

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TESTERE TİPİ SİSMİK ENERJİ SÖNÜMLEYİCİLERİN TASARIMI VE
ÇEVİRİMSSEL YÜK ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

İnş. Yük. Müh. Serhat DEMİR

**OCAK 2018
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :



Trabzon



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Serhat Demir Tarafından Hazırlanan

TESTERE TİPİ SİSMİK ENERJİ SÖNÜMLEYİCİLERİN TASARIMI VE
ÇEVİRİMSSEL YÜK ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 02 /01/2018 gün ve 1734 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

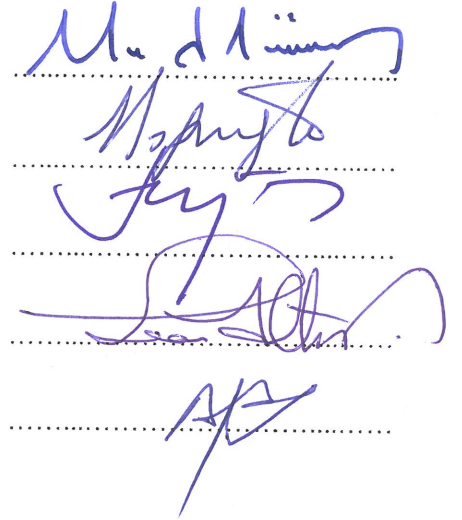
Başkan : Prof. Dr. Metin HÜSEM

Üye : Prof. Dr. Hasan SOFUOĞLU

Üye : Prof. Dr. Selim PUL

Üye : Prof. Dr. Sinan ALTIN

Üye : Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Lisansüstü eğitimim süresince, birlikte çalışma fırsatı bulduğum, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam Prof. Dr. Sayın Metin HÜSEM'e minnettar olduğumu belirtir, özellikle sorumluluk almam konusunda beni teşvik ettiği ve her zaman bana güvendiği için ayrıca teşekkür ederim.

Değerli vakitlerini ayırıp tez çalışmamı inceleyerek bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Sayın Hasan SOFUOĞLU ve Prof. Dr. Sayın Selim PUL ile jüri üyeliği görevini üstlenen değerli hocalarım Prof. Dr. Sayın Sinan ALTIN ve Prof. Dr. Sayın Adem DOĞANGÜN'e ayrı ayrı teşekkür ederim.

KTÜ sevdasını yüreğime kazıyan, her zaman deneyimlerinden yaralandığım, moral destek ve teşviklerini aldığım rahmetli hocamız Prof. Dr. Ing. Sayın Ahmet DURMUŞ'a çok şey borçlu olduğumu ifade etmek isterim.

Deney elemanlarının üretiminde tecrübesinden faydalandığım değerli dostum Mak. Müh. A. Emrah UĞUR'a ve öğrenim hayatımda çok önemli bir yeri olan matematik hocam Sayın Reşat KILIÇKAYA'ya emekleri için çok teşekkür ederim.

Bana Yurtiçi Doktora Bursu vererek ödüllendiren ve bu suretle çalışmalarımı destekleyen TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı yöneticilerine teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam süresince beni sabırla destekleyen, aynı sıkıntı ve sevinçleri benimle birlikte yaşayan güzel eşim Ayşegül DURMUŞ DEMİR'e, yetişmemde hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan anne ve babama, hayatımın her aşamasında bana yol gösteren dayım İnş. Müh. Kemal SEVİNÇ'e tüm kalbimle teşekkür ederim.

Son olarak, 2016 yılında taslak olarak yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine ilk defa sismik izolatörlerin de dahil edilmiş olması, ülkemizde de pasif enerji tüketim sistemlerinin kullanımına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Bu nedenle bu tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların araştırmacılara faydalı olacağını umarım.

Serhat DEMİR
Trabzon, 2018

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum ‘‘Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin Tasarımı ve Çevrimsel Yük Etkisindeki Davranışlarının İncelenmesi’’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Metin HÜSEM'in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda 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. 22/01/2018.

Serhat DEMİR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XV
SEMBOLLER DİZİNİ	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Yapılarda Enerji Tüketimi	2
1.2.1. Enerji Tüketim Sistemlerinin Kullanım Amacı.....	4
1.3. Enerji Tüketim Sistemleri.....	6
1.3.1. Pasif Enerji Tüketim Sistemleri.....	7
1.3.1.1. Sismik İzolasyon.....	8
1.3.1.2. Metalik Sönümleyiciler	10
1.3.1.2.1. Burkulması Önlenmiş Çelik Çaprazlar	10
1.3.1.2.2. ADAS Sistemi	12
1.3.1.2.3. T-ADAS Sistemi.....	13
1.3.1.2.4. Honeycomb Sönümleyicisi.....	14
1.3.1.2.5. Eğilmeli Çelik Elemanlar	15
1.3.1.2.6. Izgara Tipi Metalik Sönümleyiciler.....	15
1.3.1.2.7. Halka Tipi Metalik Sönümleyiciler	16
1.3.1.2.8. Çift Etkili Metalik Sönümleyiciler	17
1.3.1.2.9. Scorpion Sistemi.....	17
1.3.1.2.10. Kum Saati Tipi Şerit Sönümleyiciler.....	18
1.3.1.2.11. Çok Yönlü Burulmalı Histeretik Enerji Sönümleyici.....	19
1.3.1.3. Sürtünme Tipi Sönümleyiciler.....	19
1.3.1.3.1. Pall Sürtünmeli Sönümleyici Sistemi.....	20
1.3.1.3.2. Sumitomo Sürtünmeli Sönümleyicisi	21

1.3.1.3.3.	Enerji Sönümleyici Çaprazlar	22
1.3.1.3.4.	Oluklu Sönümleyiciler	23
1.3.1.4.	Visko Elastik Sönümleyiciler	24
1.3.1.5.	Viskoz Akışkanlı Sönümleyiciler	24
1.3.1.6.	Ayarlı Kütle Sönümleyiciler	26
1.3.1.7.	Ayarlı Sıvı Sönümleyiciler	26
1.4.	Literatürdeki Diğer Çalışmalar	26
1.5.	Literatür Özeti, Amaç ve Kapsam	27
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	30
2.1.	Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin Gelişimi	30
2.2.	Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin Tasarımı	30
2.2.1.	Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin Tasarım Esasları	35
2.2.1.1.	Sönümleyici Levha Tasarımı	35
2.2.1.2.	İç Çekirdek Tasarımı	42
2.2.1.3.	Dış tüp Tasarımı	43
2.2.1.4.	Mafsal Plakası Tasarımı	44
2.2.1.5.	Sönümleyici Levhaların Ön Boyutlandırması	45
2.3.	Sönümleyici Levha Boyutlarının Deneysel ve Sayısal Yöntemlerle Belirlenmesi	46
2.3.1.	Deneysel Yöntem	47
2.3.1.1.	Malzeme Deneyleri	47
2.3.1.2.	Eğilme Deney Elemanları	49
2.3.1.3.	Eğilme Deney Düzeneği ve Ölçüm Sistemi	50
2.3.2.	Sayısal Yöntem	54
2.3.2.1.	Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması ve Yapılan Kabuller	54
2.3.2.2.	Sonlu Elemanlara Ayırma ve Analiz	57
2.3.3.	Eğilme Deneyi Sonuçları	61
2.4.	Deneysel Çalışmalar	67
2.4.1.	Deney Elemanları ve Özellikleri	67
2.4.1.1.	TTSES8	67
2.4.1.2.	TTSES10	70
2.4.1.3.	TTSES12	70
2.4.1.4.	GÇÇ	73

2.4.3.	Deney Elemanlarının Üretimi.....	73
2.4.4.	Deney Düzenegi.....	78
2.4.4.1.	Ölçüm Sistemi ve Kullanılan Aletler.....	83
2.4.5.	Deney Elemanlarına Uygulanan Yatay Yük.....	85
2.4.6.	Ölçümlerin Değerlendirilmesi	87
2.4.6.1.	Yatay Yük- Yatay Yerdeğiştirme Grafiklerinin Elde Edilmesi.....	87
2.4.6.2.	Dayanım Zarfı Grafiklerinin Elde Edilmesi	87
2.4.6.3.	Etkili Rijitlik Değerlerinin Hesabı.....	87
2.4.6.4.	Enerji Tüketme Kapasitelerinin Hesabı.....	88
2.4.6.5.	Eşdeğer Viskoz Sönüm Oranı Hesabı.....	89
2.5.	Sayısal Çalışmalar	90
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER	93
3.1.	Giriş	93
3.2.	Deney Elemanlarının Çevrimsel Yükler Altındaki Davranışları.....	93
3.2.1.	TTSES8	93
3.2.2.	TTSES10	101
3.2.3.	TTSES12	111
3.2.4.	GÇÇ.....	116
3.3.	Deney Bulguların Karşılaştırmalı Olarak İrdelenmesi.....	122
3.3.1.	Yük Taşıma Kapasiteleri	122
3.3.2.	Rijitlikler.....	126
3.3.3.	Enerji Tüketim Kapasiteleri ve Süneklik.....	127
3.3.4.	Eşdeğer Viskoz Sönüm Oranları	129
3.4.	Deney Bulguların Sayısal ve Teorik Çalışmalarla Karşılaştırmalı Olarak İrdelenmesi	130
3.4.1.	TTSES8, TTSES10 ve TTSES12	131
3.4.2.	GÇÇ	142
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	146
5.	KAYNAKLAR	149
6.	EKLER	155
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

TESTERE TİPİ SİSMİK ENERJİ SÖNÜMLEYİCİLERİN TASARIMI VE ÇEVİRİMSSEL
YÜK ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Serhat DEMİR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Metin HÜSEM
2018, 154 Sayfa, 37 Ek Sayfa

Bu tezde yapıların depreme karşı korunabilmesi için geliştirilmiş Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyici (TTSES) olarak adlandırılan yüksek süneklik ve enerji tüketim kapasitelerine sahip bir pasif enerji tüketim sistemi üzerinde gerçekleştirilen deneysel, sayısal ve teorik çalışmalar anlatılmaktadır. TTSES' in temel özelliği literatürdeki mevcut metalik sönümleyici sistemlerine göre çok daha fazla sayıda metalik sönümleyici kullanımına imkan veren ve yapısal çerçeve ile köşegen doğrultusunda mafsallı birleşime olanak sağlayan bir tasarıma sahip olmasıdır. TTSES dış çekirdek ve iç tüp adında iki ana parçadan meydana gelmektedir. İç çekirdekte bulunan orta profilin iki yanında bir seri metalik sönümleyici levha bulunmaktadır. Metalik sönümleyici levhalar dış tüpün iç çekirdeğe göre yapacağı bağıl hareket neticesinde eğilme kuvveti etkisinde akmak üzere özel olarak tasarlanmışlardır. İki aşamadan oluşan deneysel çalışmalarda öncelikle metalik sönümleyici levhalar üzerinde bazı ön çalışmalar yapılmış daha sonra TTSES ile mevcut çelik yapı uygulamalarında sıklıkla kullanılan geleneksel çelik çaprazları temsil eden bir deney elemanı çevrimsel yükleme altında test edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sayısal çalışmalar kapsamında Ansys paket programı ile sonlu eleman analizleri yapılmıştır. Teorik çalışmalarda ise TTSES'in yük-yerdeğiştirme performansını belirlemek üzere literatürde daha önceki çalışmalarda da kullanılan bazı basitleştirilmiş yöntemlerden faydalanılmıştır. Geliştirilen sistem ile yüksek süneklik ve enerji tüketimi sağlanırken yaklaşık olarak % 45 sönüm oranına ulaşılmıştır. Sonuç olarak bu tezde gerçekleştirilen deneyler ile TTSES'in depreme dayanıklı yapı tasarımında ve mevcut yapıların güçlendirilmesinde kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Pasif Enerji Tüketimi, Metalik Sönümleyici, Sönüm, Çelik Çapraz, Çelik Yapılar, Çevrimsel Yükleme, Sonlu Elemanlar

PhD. Thesis

SUMMARY

DESIGN OF SAW TYPE SEISMIC ENERGY DISSIPATERS AND INVESTIGATION
OF THE BEHAVIOR UNDER CYCLIC LOADING TEST

Serhat DEMİR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Metin HÜSEM
2018, 154 Pages, 37 Appendix Pages

This thesis presents the experimental, numerical and theoretical studies of a high ductility and energy dissipation capacity passive energy dissipation device called the Saw Type Seismic Energy Dissipaters (TTSES) which is developed for earthquake protection of buildings. TTSES's basic feature is that it has a design that allows the use of much more metallic damper than the existing systems in the literature and allows pinned connection with structural frame in diagonal direction. TTSES is composed of two main part called inner core and outer tube. The inner core has a series of metallic damper plates on both sides of the middle profile. The metallic damper plates are specially designed to yield in bending force as a result of the relative movement of the outer tube to the inner core. The experimental part of the study is comprised of two phases: firstly, some preliminary studies were carried out on metallic damper plates and then TTSES specimens were tested under cyclic loading. Results compared with a conventional steel brace specimen often used in existing steel structure applications. Finite element analysis were conducted with Ansys software. In the theoretical studies, some of the simplified methods used in previous studies in the literature have been utilized to obtain load-displacement relationship of TTSES specimens. With the developed system, high ductility and energy dissipation were achieved, and also a damping ratio of approximately 45 % were reached. The test results of TTSES have clearly demonstrated that it can be used with a great degree of reliability in the earthquake resistant design or upgrading of buildings.

Key Words: Passive Energy Dissipation, Metallic Damper, Damping, Steel Brace, Steel Structures, Cyclic loading, Finite Elements

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Çelik çaprazlarda burkulma hasarları.....	3
Şekil 1.2. a) Tek köşegenli, b) Çift köşegenli çelik çaprazların çevrimsel yük altındaki davranışları.....	4
Şekil 1.3. Yapılarda enerji tüketim mekanizması.....	5
Şekil 1.4. Deprem şiddetine göre onarım maliyetleri.....	6
Şekil 1.5. Pasif ET sistemlerinin çalışma şekli.....	8
Şekil 1.6. Bazı ET sistemlerinin yapının yük-yerdeğiştirme ilişkisine etkisi.....	8
Şekil 1.7. Sismik izolasyon	9
Şekil 1.8. a) Kauçuk izolatör, b) Kurşun çekirdekli izolatör, c) Sürtünme tipi izolatör, d) Yay tipi izolatör.....	9
Şekil 1.9. BÖÇÇ ve GÇÇ'lerin çevrimsel yük altındaki davranışları.....	11
Şekil 1.10. BÖÇÇ'ü oluşturan elemanlar.....	11
Şekil 1.11. ADAS sistemi.....	12
Şekil 1.12. ADAS'lı ve ADAS'sız çelik çerçevelerin deprem performanslarının karşılaştırılması.....	13
Şekil 1.13. T-ADAS sistemi ve çevrimsel davranışı.....	13
Şekil 1.14. T-ADAS sisteminin çalışma şekli	14
Şekil 1.15. Honeycomb sönümleyicisi	14
Şekil 1.16. Eğilmeli çelik elemanlar.....	15
Şekil 1.17. Izgara tipi metalik sönümleyici ve çevrimsel davranışı	16
Şekil 1.18. Halka tipi metalik sönümleyici ve çevrimsel davranışı.....	16
Şekil 1.19. Çift etkili metalik sönümleyicilerin sarma masasındaki performansları.....	17
Şekil 1.20. Dökme çelik ile özel olarak üretilmiş metalik sönümleyicili çapraz sistemi	18
Şekil 1.21. Kum saati tipi şerit sönümleyiciler.....	19
Şekil 1.22. Çok yönlü burulmalı histeretik enerji sönümleyici	20
Şekil 1.23. Hasar görmüş silindirik enerji sönümleyiciler	20
Şekil 1.24. Pall sistemi	21
Şekil 1.25. Geliştirilmiş Pall Sistemi; 1) Çapraz levha, 2) Kavisli yuva, 3) Sürtünme malzemesi, 4) Köşe bulonu, 5) Kayma bulonu, 6) Yatay çubuk, 7) Düşey çubuk	21
Şekil 1.26. Sumitomo sürtünmeli sönümleyicisi.....	22

Şekil 1.27. Enerji sönümleyici çaprazlar	23
Şekil 1.28. Oluklu sönümleyicilere bazı örnekler	23
Şekil 1.29. Visko elastik sönümleyici	24
Şekil 1.30. Viskoz akışkanlı duvar	25
Şekil 1.31. Viskoz akışkanlı çelik çapraz sistemi.....	25
Şekil 1.32. Çatı katında kullanılan bir ayarlı kütle sönümleyicisi.....	26
Şekil 2.1. TTSES'i oluşturan elemanlar.....	32
Şekil 2.2. TTSES	33
Şekil 2.3. TTSES'in taşıyıcı sistemde uygulaması	34
Şekil 2.4. TTSES'in şekil değiştirmiş hali	34
Şekil 2.5. Dikdörtgen şeklindeki sönümleyici levhalarda meydana gelen şekildeğişmeler.....	35
Şekil 2.6. Üçgen şeklindeki sönümleyici levhalarda meydana gelen şekildeğişmeler ..	36
Şekil 2.7. Sönümleyici levha geometrisine göre birim şekildeğiştirme dağılımlarının karşılaştırılması.....	38
Şekil 2.8. Sönümleyici levhaya etkiyen kesit tesirleri.....	39
Şekil 2.9. Eğilmiş bir sönümleyici levhanın şematik görünümü.....	41
Şekil 2.10. Önerilen hesap yöntemine göre TTSES'lerin yük-yerdeğiştirme ilişkisini gösteren zarf eğrisi.....	42
Şekil 2.11. Orta profilde meydana gelen kesit tesirleri	44
Şekil 2.12. Mafsal plakası geometrik şartları.....	45
Şekil 2.13. Sönümleyici levhanın geometrik özellikleri.....	46
Şekil 2.14. ASTM A370'e göre üretilen çekme çubuğunun geometrik özellikleri	47
Şekil 2.15. Çekme deneyleri.....	48
Şekil 2.16. Çekme çubuklarına ait mühendislik gerilmesi - birim şekildeğiştirme eğrileri.	48
Şekil 2.17. Eğilme deney elemanlarının boyutları	50
Şekil 2.18. Eğilme deney elemanları	50
Şekil 2.19. Üst başlık.....	51
Şekil 2.20. Rijit kolon.....	52
Şekil 2.21. Eğilme deney düzeneği	53
Şekil 2.22. SG yerleşim planı	53
Şekil 2.23. SG yerleşimi tamamlanmış bir deney numunesi.....	54
Şekil 2.24. Solid185 ile modellenmiş bir sönümleyici levha	55

Şekil 2.25. Çekme numunelerinin mühendislik ve gerçek değerlere göre gerilme - birim şekildeğiştirme eğrileri.....	56
Şekil 2.26. Sonlu eleman analizlerinde kabul edilen sınır şartları.....	58
Şekil 2.27. Levha kalınlığı boyunca farklı boyutlarda sonlu elemanlara ayrılmış sayısal modeller.....	59
Şekil 2.28. Farklı sayıda sonlu elemana ayrılmış modellerden okunan reaksiyon kuvvetleri.....	60
Şekil 2.29. Farklı sayıda sonlu elemana ayrılmış modellerde aynı noktadan okunan birim şekildeğiştirme değerleri.....	60
Şekil 2.30. Eğilme deney numunelerine ait yük - düşey yerdeğiştirme eğrileri.....	62
Şekil 2.31. Eğilme deney elemanlarına ait birim şekildeğiştirme - düşey yerdeğiştirme eğrileri.....	63
Şekil 2.32. Eğilme deney numunelerinin deney sonu görünüşleri.....	64
Şekil 2.33. Sayısal çalışmalardan elde edilen birim şekildeğiştirme - düşey yerdeğiştirme eğrileri.....	65
Şekil 2.34. Sayısal çalışmalardan elde edilen birim şekildeğiştirme dağılımları	66
Şekil 2.35. TTSES8 elemanı detayı. a) İç çekirdek, b) Dış tüp.....	69
Şekil 2.36. TTSES10 elemanı detayı. a) İç çekirdek, b) Dış tüp.....	71
Şekil 2.37. TTSES12 elemanı detayı. a) İç çekirdek, b) Dış tüp.....	72
Şekil 2.38. GÇÇ elemanı detayı	73
Şekil 2.39. Lazer kesim işlemi ve hazır hale gelmiş bazı parçalar	74
Şekil 2.40. Sönümleyici levhaların su jeti ile kesim işlemi.....	74
Şekil 2.41. Deney elemanlarının üretimi	74
Şekil 2.42. Üretimi tamamlanmış deney elemanları.....	75
Şekil 2.43. Deney elemanlarından bazı görüntüler.....	76
Şekil 2.44. Boyama işlemi tamamlanan deney elemanlarından bazı görüntüler.....	77
Şekil 2.45. Deney düzeneği ve mesnetlenme biçimi	79
Şekil 2.46. Mafsallı birleşim ve 50 mm çapındaki bulon.....	80
Şekil 2.47. Deney elemanlarının bayrak levhasına bağlantısı	80
Şekil 2.48. Deney düzeneğinin şematik görünümü (mm)	81
Şekil 2.49. Deneye hazır hale getirilmiş bir deney elemanı	82
Şekil 2.50. TTSS elemanlarında kullanılan ölçüm sistemi.....	84
Şekil 2.51. GÇÇ elemanında kullanılan ölçüm sistemi	84
Şekil 2.52. 16 kanallı Coda Ai8b veri toplama cihazı	85
Şekil 2.53. Yükleme protokolü.....	86

Şekil 2.54. Her bir çevrim için etkili rijitlik değerlerinin belirlenmesi	88
Şekil 2.55. i. çevrimde tüketilen enerji ve depolanan elastik şekildeğiştirme enerjisi	90
Şekil 2.56. İç çekirdeğin sayısal modellemede dikkate alınan 1/4'lük bölümü.....	91
Şekil 2.57. Uygulanan simetri sınır durumları	91
Şekil 2.58. MPC184 elemanı ile mesnet sınır şartlarının modellenmesi.....	92
Şekil 3.1. TTSES8' in deney esnasından bir görüntüsü.....	94
Şekil 3.2. TTSES8'in çevrimsel yükleme altındaki performansı.....	96
Şekil 3.3. TTSES8'de T1 ve B1 levhalarındaki birim şekildeğiştirmeler.....	97
Şekil 3.4. Levha boyunca etkili olan şekildeğiştirmeler.....	99
Şekil 3.5. T10'da meydana gelen kopma ve diğer levhalardaki çatlaklar	99
Şekil 3.6. TTSES8' in deney sonundan bir görünümü.....	99
Şekil 3.7. İç çekirdeğin deney sonundaki görüntüsü	100
Şekil 3.8. Sönümleyici levhaların göçme durumu.....	100
Şekil 3.9. TTSES8' in çevrimsel davranışı	101
Şekil 3.10. TTSES10' un deney anından bir görünümü	102
Şekil 3.11. TTSES10'un çevrimsel yükleme altındaki performansı.....	104
Şekil 3.12. TTSES10'da T1 ve B1 levhalarındaki birim şekildeğiştirme.....	105
Şekil 3.13. TTSES10' daki sönümleyici levhalarda meydana gelen çatlaklar	107
Şekil 3.14. T1, T4 ve B2 levhalarının göçme durumu	107
Şekil 3.15. TTSES10' un deney sonundan bazı görüntüleri	108
Şekil 3.16. TTSES10' un deney sonundan bazı görüntüleri	109
Şekil 3.17. TTSES10' un çevrimsel davranışı	110
Şekil 3.18. TTSES12' nin deney anından bir görünümü	111
Şekil 3.19. TTSES12'nin çevrimsel yükleme altındaki performansı.....	113
Şekil 3.20. TTSES12'de T1 numaralı levhadaki birim şekildeğiştirmeler	115
Şekil 3.21. 53.71 mm' lik yerdeğiştirmede meydana gelen çatlaklar	115
Şekil 3.22. Yükleme başlığında meydana gelen göçme	115
Şekil 3.23. TTSES12' nin deney sonu görünümü.....	116
Şekil 3.24. GÇÇ' nin deney anından bir görünümü.....	117
Şekil 3.25. GÇÇ'nin çevrimsel yükleme altındaki performansı	118
Şekil 3.26. Burkulma bölgesindeki birim şekildeğiştirmeler	119
Şekil 3.27. Her bir yük adımına göre burkulma durumu.....	121
Şekil 3.28. Burkulma bölgesinde meydana gelen hasarlar	121

Şekil 3.29. Deney elemanlarının dayanımlarına ilişkin zarf eğrileri.....	124
Şekil 3.30. Deney elemanlarının etkili rijitlik eğrileri.....	126
Şekil 3.31. Toplam tüketilen enerjinin ötelenme oranına göre değişimi.....	127
Şekil 3.32. Her bir yerdeğiştirme adımına göre eşdeğer viskoz sönüm oranlarının karşılaştırılması.....	130
Şekil 3.33. TTSES8, TTSES10 ve TTSES12 elemanlarının sayısal modelleri ve simetri sınır şartlarının yansıttığı esas modele bir örnek.....	133
Şekil 3.34. TTSES elemanlarının deneysel ve sayısal sonuçlarının karşılaştırılması.....	135
Şekil 3.35. TTSES8'de gerilme ve birim şekildeğiştirmelerin değişimi.....	136
Şekil 3.36. TTSES10'da gerilme ve birim şekildeğiştirmelerin değişimi.....	137
Şekil 3.37. TTSES12'de gerilme ve birim şekildeğiştirmelerin değişimi.....	138
Şekil 3.38. TTSES8 elemanında sönümleyici levhadaki göçme durumu.....	139
Şekil 3.39. Orta profilde meydana gelen maksimum gerilme durumu.....	139
Şekil 3.40. Deneysel, sayısal ve teorik çalışmalardan elde edilen zarf eğrileri.....	140
Şekil 3.41. TTSES8 elemanının deneysel ve sayısal çalışmalarından elde edilen birim şekildeğiştirme eğrileri.....	141
Şekil 3.42. TTSES10 elemanının deneysel ve sayısal çalışmalarından elde edilen birim şekildeğiştirme eğrileri.....	141
Şekil 3.43. TTSES12 elemanının deneysel ve sayısal çalışmalarından elde edilen birim şekildeğiştirme eğrileri.....	142
Şekil 3.44. GÇÇ elemanının sayısal modeli.....	143
Şekil 3.45. GÇÇ elemanının deneysel ve sayısal sonuçlarının karşılaştırılması.....	143
Şekil 3.46. GÇÇ elemanının deneysel ve sayısal çalışmalarından elde edilen zarf eğrileri.....	143
Şekil 3.47. Her bir yük adımına göre burkulma durumu ve birim şekildeğiştirmeler.....	144
Şekil 3.48. GÇÇ elemanının deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen birim şekildeğiştirme eğrileri.....	145

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Çekme çubuklarının mekanik özellikleri	48
Tablo 2.2. Yük aktarıcı cıvataların özellikleri	49
Tablo 2.3. Eğilme deney elemanları ve özellikleri	49
Tablo 2.4. Deney elemanları.....	68
Tablo 2.5. Yükleme protokolü.....	86
Tablo 3.1. TTSES8'in deney sonuçları	98
Tablo 3.2. TTSES10'un deney sonuçları	106
Tablo 3.3. TTSES12'nin deney sonuçları	114
Tablo 3.4. GÇÇ'nin deney sonuçları.....	120
Tablo 3.5. Deney sonuçlarının genel görünümü.....	125
Tablo 3.6. Kümülatif enerji tüketimi ile elastik olmayan şekildeğiştirme ilişkisi.....	128
Tablo 3.7. Her bir yerdeğiştirme adımına göre eşdeğer viskoz sönüm oranları.....	130
Tablo 3.8. Deneysel, sayısal ve teorik sonuçlar	131

SEMBOLLER DİZİNİ

- a : Delik kenarından plaka kenarına olan kuvvet doğrultusundaki uzaklık
- A : En kesit alanı
- A_g : Kayıpsız en kesit alanı
- A_{pb} : Ezilme etkisinde izdüşüm alanı
- A_{sf} : Kırılma çizgisi alanı
- ADAS : Adding damping and stiffness
- AKS : Ayarlı kütle sönümleyici
- ASS : Ayarlı sıvı sönümleyici
- b : Delik kenarından plaka kenarına olan kuvvete dik doğrultudaki uzaklık
- b_c : Diş boyu
- b_e : Etkin genişlik
- b_t : Levha taban genişliği
- b_u : Levha uç genişliği
- $b(x)$: Levha genişliği
- BÖÇÇ : Burkulması önlenmiş çelik çapraz
- d : Delik çapı
- D_c : Anahtar ağzı
- d_c : Cıvata çapı
- E : Elastisite modülü
- E_d : Toplam tüketilen Enerji
- E_e : Elastik titreşim enerjisi
- E_h : Çevrimsel enerji
- E_h : İlave çevrimsel enerji
- E_i : Yapıya etkiyen enerji
- E_k : Kinetik enerji
- E_s : Elastik şekil değiştirme enerjisi
- E_ξ : Viskoz sönüm enerjisi
- ET : Enerji tüketim sistemi
- GÇÇ : Geleneksel çelik çapraz
- h : Levha kalınlığı

I	: Atalet momenti
K	: Burkulma katsayısı
K_c	: Kafa kalınlığı
k_E	: Elastik rijitlik
k_{eff}	: Etkili rijitlik
L	: Orta profilde burkulma denetimi yapılacak bölgenin mesnede olan uzaklığını
l	: Levha uzunluğu (moment kolu)
L_c	: Cıvata boyu
LPTD	: Doğrusal potansiyometrik cetvel
L10	: 10 mm levha uç genişliğine sahip eğilme deney elemanı
L11	: 11 mm levha uç genişliğine sahip eğilme deney elemanı
L12	: 12 mm levha uç genişliğine sahip eğilme deney elemanı
M	: Moment
M_p	: Plastik mafsall oluşumuna neden olan moment
M_y	: Levha yüzeyinin akma birim şekildeğiştirmesine ulaştığı anki moment
Mkin	: Multilineer kinematik sertleşmeli plastisite modeli
MPC184	: Multi point constraint
MTHD	: Çok yönlü burulmalı histeretik enerji sönümleyici
MS	: Metalik sönümleyici
N	: Eksenel yük
n	: Levha sayısı
N_p	: Plastik mafsall oluşumuna neden olan eksenel yük
P	: Yük
P_{cr}	: Kritik burkulma yükü
P_{maks}	: Maksimum yük
P_p	: Akma yükü
P_y	: Levha yüzeyinde akma birim şekildeğiştirmenin olduğu anki yük
s	: Levha aralığı
SG	: Birim şekildeğiştirme ölçer
Sİ	: Sismik izolatör
STS	: Sürtünme tipi sönümleyici
S1	: 1 numaralı çekme çubuğu
S2	: 2 numaralı çekme çubuğu

- S3 : 3 numaralı çekme çubuğu
- t : Mafsalsal plakası kalınlığı
- T_n : Mafsalsal plakasının taşıma kapasitesi
- TADAS : Triangular adding damping and stiffness
- TTSES : Testere tipi sismik enerji sönümleyici
- TTSES8: 8 mm kalınlığında 24 adet sönümleyici levhaya sahip deney elemanı
- TTSES10: 10 mm kalınlığında 20 adet sönümleyici levhaya sahip deney elemanı
- TTSES12: 12 mm kalınlığında 16 adet sönümleyici levhaya sahip deney elemanı
- V : Kesme kuvveti
- V_p : Plastik mafsalsal oluşumuna neden olan kesme kuvveti
- VAS : Viskoz akışkanlı sönümleyici
- VES : Visko elastik sönümleyici
- w : Mafsalsal plakası taban genişliği
- x : Levha tabanına olan mesafe
- δ : Yerdeğiştirme
- δ_{maks} : Maksimum yerdeğiştirme
- δ_p : Akma yüküne ulaşıldığı anki yerdeğiştirme
- δ_y : Levha yüzeyinde akma birim şekildeğiştirmesine ulaşıldığı anki yerdeğiştirme
- ε : Birim şekildeğiştirme
- ε_{gerçek} : Gerçek birim şekildeğiştirme
- ε_y : Akma birim şekildeğiştirmesi
- μ_p : Yerdeğiştirme sünekliliği katsayısı
- ξ_{eq} : Eşdeğer viskoz sönüm oranı
- ρ : Levha ucunun yatay yerdeğiştirmesi
- Δ : Kat ötelenmesi oranı
- σ_{gerçek} : Gerçek gerilme
- σ_u : Karakteristik çekme dayanımı
- σ_y : Karakteristik akma dayanımı
- Φ : Eğrilik

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Depremler bugüne kadar sayısız felakete sebep olmaları nedeniyle, şüphesiz insanoğlunun en korktuğu doğa olayıdır. Yalnızca 21. yy'da dünya genelinde çok sayıda şiddetli deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerde binlerce insan hayatını kaybetmiş ve çok büyük ekonomik kayıplar meydana gelmiştir. Araştırmacılar bu can ve mal kayıplarını en aza indirilebilmek için kullanılan yapısal tasarım yöntemlerini her geçen gün geliştirmektedirler.

Günümüzde, depreme dayanıklı yapı tasarımının temelinde süneklik ve enerji tüketimi kavramları bulunmaktadır. Bu doğrultuda yapılardan şiddetli depremlere karşı elastik davranış sergilemeleri değil, sünek olarak tasarlanmış yapısal elemanlardan, elastik olmayan davranış sergileyerek, deprem enerjisini tüketmeleri beklenmektedir. Ancak yapıda göçme yaşanmadan, yapısal elemanların elastik olmayan davranış sergileyerek enerji tüketmeleri için, yapısal elemanlardaki hasarın kontrol altında tutulması gerekmektedir.

Son 25 yıldır deprem yönetmelikleri, yapısal elemanlardaki elastik olmayan davranışı ve meydana gelecek plastik mafsalları kontrol altında tutmak için "Kapasite tasarımı" ilkesini benimsemiştir. Kapasite tasarımı ilkesine göre bir taşıyıcı sistemde, öncelikle akma dayanımına ulaşarak, sistemin mekanizma haline gelmesine olanak sağlayacak elemanlar belirlenmektedir. Bu elemanlar, projelendirme aşamasında üzerine etkiyecek yükler altında akma dayanımına diğer taşıyıcı elemanlardan daha önce ulaşacak şekilde tasarlanmaktadır. Diğer taşıyıcı elemanlar ise aynı yük seviyesinde elastik davranış sergileyecek şekilde tasarlanmaktadır. Böylelikle hem sünek davranış sağlanmakta hem de hasar bölgeleri kontrol altında tutularak yapı güvenliği sağlanabilmektedir. Ancak kapasite tasarımı ilkesine göre projelendirilmiş binaların şiddetli depremler altında hasar görmeleri kaçınılmazdır. Bu hasarlar onarılabilir olabileceği gibi yapının tamamen yıkılmasını gerektirebilecek boyutta da olabilmektedir. Her ne kadar bu durum bir dezavantaj gibi görünse de, kapasite tasarımı ilkesi; can güvenliğini sağlaması ve ekonomik bir tasarıma imkan vermesi nedeniyle mühendisler tarafından kabul görmektedir.

Geleneksel yöntemlerin yanı sıra yapıların deprem performanslarını artırmak için geliştirilmiş bazı yenilikçi "Enerji Tüketim" (ET) sistemleri de gün geçtikçe daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. Son 50 yılda ET sistemleri alanında farklı yöntemler geliştirilmiş, deneysel ve teorik çalışmalar yapılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde farklı ET sistemleri hakkında genel bilgiler verilmektedir. Ayrıca bugüne kadar geliştirilmiş olan sistemlerin avantaj ve dezavantajlarının ortaya konulduğu bir literatür araştırmasına yer verilmektedir.

1.2. Yapılarda Enerji Tüketimi

Depreme dayanıklı olarak tasarlanmış bir yapının tersinir yükler altında yeterli deprem performansını gösterebilmesi yatay yük taşıyıcı elemanların enerji tüketme kapasitelerine bağlıdır (Constantinou vd., 1998). Taşıyıcı elemanların ve dolayısıyla da yapının sünekliliğini artırarak ve plastik mafsalların oluşmasına izin vererek yapıya etkileyecek olan deprem kuvveti sınırlandırılmakta ve enerji tüketim kapasitesi arttırılabilmektedir (Chopra, 2007). Ancak yapının sünekliliğini artırmak yanal ötelenmelerin artmasına neden olarak hasarın boyutunu artırmakta hatta yapının göçmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle yeterli sünekliliğin yanı sıra yeterli rijitliğin de sağlanması gerekmektedir. Bu durumun genel olarak yapıda % 2 kat ötelenmesi oranını aşmadan yeterli enerjinin tüketilmesi ile sağlanması istenilmektedir (Whittaker vd., 1991). Betonarme yada çelik çerçeve sistemli yapılarda yeterli yanal rijitliği sağlamak ve ekonomik bir tasarım yapmak için kullanılan başlıca yöntemler çelik çaprazlar ve perde duvarlardır.

Çelik çaprazlı sistemlerde, akma dayanımına ulaşması istenen eleman çelik çaprazlardır. Çelik çaprazlardan beklenen davranış çevrimsel yük etkisinde yeterli rijitlik, süneklilik ve enerji tüketimini sağlamasıdır (Broderick vd., 2008). Ancak depreme maruz çok katlı çelik yapılarda, çaprazların erken yorulma, akma yada burkulmadan kaynaklı olarak göçmesi hasarın bazı katlarda yoğunlaşarak yumuşak kat oluşmasına sebep olabilmektedir (Aguero vd., 2006). Teorik hesapların ilk adımı olan burkulma problemi ise meydana gelen hasarların başında yer almaktadır (Şekil 1.1).

Çevrimsel yüklerle maruz bırakılan tek köşegenli çaprazlar basınç etkisi altında çekmede olduğu gibi büyük boyuna şekildeğiştirmeler yapamamaları burkulmaktadırlar (Şekil 1.2(a)). İlerleyen çevrimlerde çekme kuvveti etkisiyle artan şekildeğiştirmeler

çaprazın orta bölgesinde burkulma nedeniyle meydana gelen hasarın her çevrimde giderek artmasını tetiklemekte ve burkulma yükü giderek azalmaktadır (Tremblay, 2001) (Şekil 1.2(a)). Tek köşegenli çelik çaprazların en büyük dezavantajı simetrik bir çevrimsel davranış sergileyememesidir. Bu dezavantaj çelik çaprazların çift köşegenli olarak kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir.

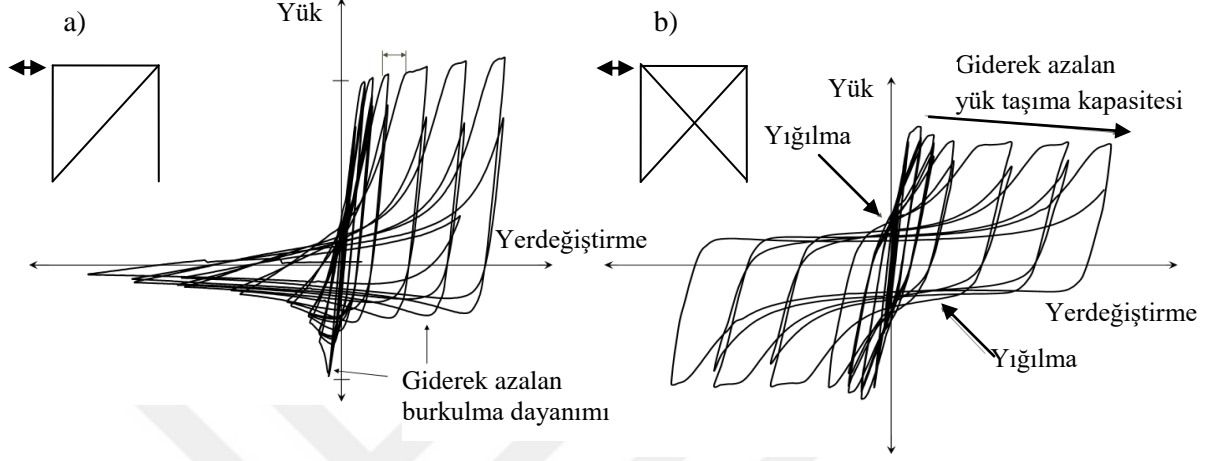


Şekil 1.1. Çelik çaprazlarda burkulma hasarları (Uriz ve Mahin, 2008).

Çift köşegenli çelik çaprazlar her ne kadar simetrik bir davranışı temin etse de burkulma problemi sistemin genel davranışını büyük ölçüde etkilemektedir (Şekil 1.2(b)). Çevrimsel yük altında çaprazlarda meydana gelen burkulma ilerleyen çevrimlerde çaprazların orta bölgelerinde ağır hasara neden olmaktadır. Bu durum sistemin yük taşıma kapasitesini giderek azaltırken yük yerdeğiştirme eğrisinde de belirli bölgelerde yığılmalara neden olmaktadır (Şekil 1.2(b)). Bilindiği gibi yanal yük taşıyıcı elemanların performansı çoğu zaman enerji tüketme kapasitesiyle ilişkilendirilir. Ancak yük-yerdeğiştirme eğrisindeki bu yığılma enerji tüketme kapasitesini oldukça azaltmaktadır (Şekil 1.2(b)).

Yapılarda yeterli yanal rijitliğin sağlanması için kullanılan betonarme perde duvarların ise en büyük dezavantajı yapının toplam ağırlığını artırmalarıdır. Her ne kadar rijitliğe önemli katkı sağlasalar da, yapıyı ağırlaştırdıkları için yapının daha fazla deprem yüküne maruz kalmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla yapının enerji tüketimi ihtiyacını da aynı oranda artırmaktadır. Enerji tüketme özelliği zayıf olan bu sistemlerin imalatı da işçilik gerektirmektedir (Whittaker vd., 1991).

Bu sistemlerin dışında, yapılarda enerji tüketimi ve sünekliliği artırırken yapıya sağladığı yüksek sönüm sayesinde taban kesme kuvvetini de azaltan ET sistemleri de son yıllarda sıkça kullanılmaktadır.



Şekil 1.2. a) Tek köşegenli, b) Çift köşegenli çelik çaprazların çevrimsel yük altındaki davranışları (Tremblay vd., 2008).

1.2.1. Enerji Tüketim Sistemlerinin Kullanım Amacı

Depreme dayanıklı yapı tasarımında yapıya etkiyecek olan deprem yükü, yapının sünekliliğine göre deprem yükü azaltma katsayısına bölünerek hesaplanmaktadır. Bu katsayı belirlenirken yapının enerji tüketme kapasitesi ve şekildeğiştirme kabiliyeti dikkate alınarak elastik olamayan davranış yapacağı öngörülür. Bu nedenle yapısal elemanların gerekli süneklilik düzeyini sağlayacak şekilde tasarlanmaları gerekmektedir.

Sünekliliğe dayalı tasarımın yanı sıra yapıdaki enerji dengesine dayalı tasarım yöntemleri de son 60 yıldır tartışılmaktadır. Bu konuda önemli gelişmeler yaşansa da, yapısal hasarın tahmininde enerji tüketim kapasitesinin tek başına yeterli olamayacağı nedeniyle somut bir tasarım yöntemi henüz geliştirilememiştir. Ancak yine de yapıların deprem performanslarının daha iyi belirlenebilmesi için yapıya etkiyecek enerjinin ve enerji tüketim kabiliyetinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu durum özellikle ET sistemlerinin kullanıldığı yapılarda, sistemin etkisini değerlendirebilmek için son derece önemlidir (Rueda, 2002).

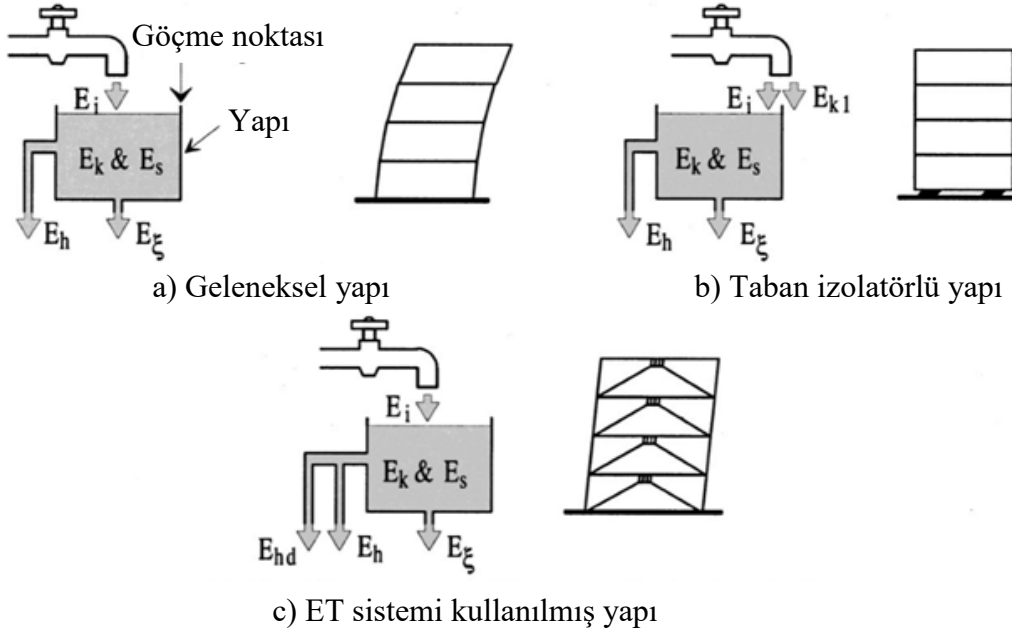
Bir yapıdaki enerji dengesi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$E_k + E_s + E_h + E_\xi = E_i \quad (1.1)$$

$$E_c + E_d = E_i \quad (1.2)$$

Burada E_i yapıya etkiyen enerjiyi, E_k kinetik enerjiyi, E_s elastik şekildeğiştirme enerjisini, E_h çevrimsel enerjiyi ve E_ξ viskoz sönüm enerjisini ifade etmektedir. Aynı zamanda E_k ve E_s 'nin toplamı elastik titreşim enerjisini (E_c), E_h ve E_ξ 'nin toplamı ise tüketilen enerjiyi (E_d) göstermektedir (Whittaker vd., 1991).

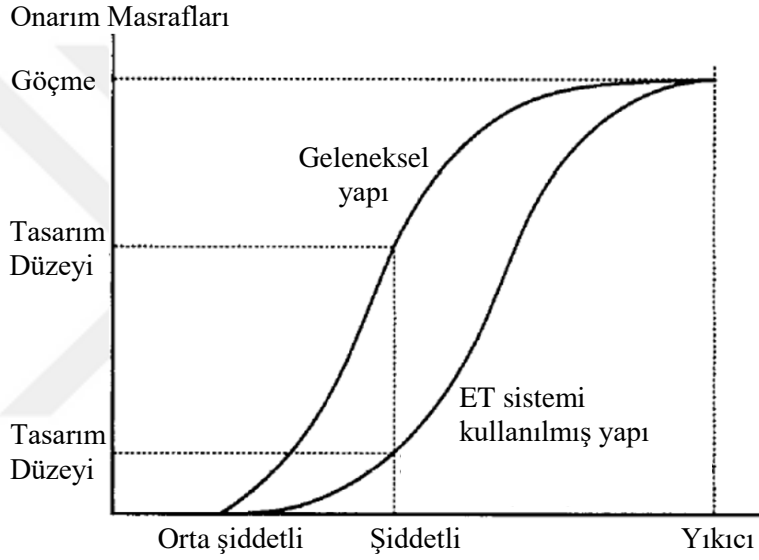
Şiddetli depremlerde yapısal davranışı iyileştirmek için, yapıya etkiyen enerjinin (E_i) kontrol edilmesi, taban izolatörleri ile azaltılması ya da yapıya ilave edilen ET sistemleri ile tüketilmesi gerekmektedir (Şekil 1.3). Şekil 1.3(a)'da depreme dayanıklı olarak inşa edilmiş geleneksel bir yapıdaki enerji tüketim mekanizması görülmektedir.



Şekil 1.3. Yapılarda enerji tüketim mekanizması (Popov vd., 1993).

Burada yapıya etkiyen enerjinin kontrol edilebilmesi için gerekli süneklik şartlarının sağlanmış olması gerekmektedir. Şekil 1.3(b)'de taban izolatörü kullanılmış bir yapıdaki enerji tüketim mekanizması görülmektedir. Taban izolatörü deprem enerjisini kinetik enerjiye çevirerek (E_{k1}) yapıya etkiyecek olan deprem enerjisini azaltmaktadır. Şekil

3(c)'de ise ET sistemi kullanılan bir yapıdaki enerji tüketim mekanizması görülmektedir. Burada kullanılan ET sistemi yapının ilave çevrimsel enerji tüketmesini (E_{hd}) sağlamaktadır. Enerji dengesine dayalı tasarım yöntemleriyle ilgili çalışmalar, yapılardaki enerji tüketimine en büyük katkının çevrimsel enerji ile sağlandığını göstermiştir (Dowrick, 1987). Bu durum çevrimsel enerji tüketimi sağlayan ET sistemlerini daha da önemli hale getirmektedir. Ayrıca ET sistemlerinin yüksek sönüm kapasiteleri deprem anında yapıda meydana gelen ivmelenmeyi azaltmakta dolayısıyla yapıya daha az taban kesme kuvveti etkileyerek hasar düzeyi de azalmaktadır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Deprem şiddetine göre onarım maliyetleri (Connor vd., 1997).

1.3. Enerji Tüketim Sistemleri

Önceleri hava ve otomobil sanayinde kullanılan ET sistemleri 1950'li yıllarda inşaat mühendislerinin dikkatini çekmiş olup zamanla bu konuda farklı tasarım yöntemleri geliştirilmiştir (Housner, 1956; Uang, 1988; Gray vd., 2014). Son 40 yılda Amerika ve Japonya'da yüzlerce yapı ET sistemleri ile güçlendirilmiş yada inşa edilmiştir (Constantinou vd., 1998; Soong ve Spencer, 2002). Bu sistemlerin yapısal davranışa etkisi deprem, rüzgar ve diğer dinamik dış etkiler neticesinde ortaya çıkan enerjinin yapıya ilave edilen bazı elemanlar tarafından kontrollü olarak tüketilmesi ve ana taşıyıcı elemanlardaki hasarın azaltılmasıyla alakalıdır. Aynı zamanda ET sistemlerinin yüksek sönüm

kapasiteleri sayesinde yapıya etkiyecek olan deprem yükleri azalmakta ve dolayısıyla daha ekonomik bir tasarım mümkün olabilmektedir. Yapıların deprem performansını artırmak için kullanılan ET sistemleri:

- ❖ Pasif enerji tüketim sistemleri,
- ❖ Aktif enerji tüketim sistemleri,
- ❖ Yarı aktif sistemler ve
- ❖ Karma sistemler,

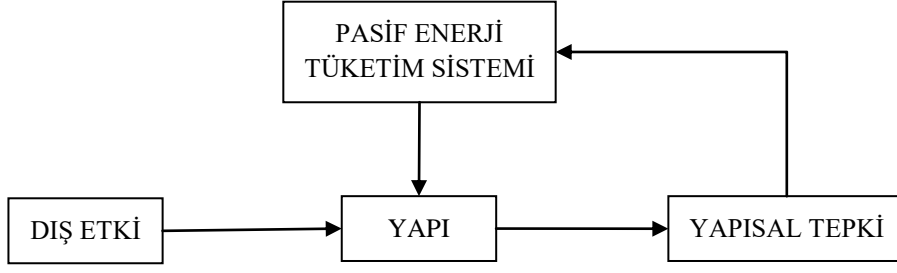
olmak üzere 4 grupta sınıflandırılmaktadır (Symans vd., 2008).

1.3.1. Pasif Enerji Tüketim Sistemleri

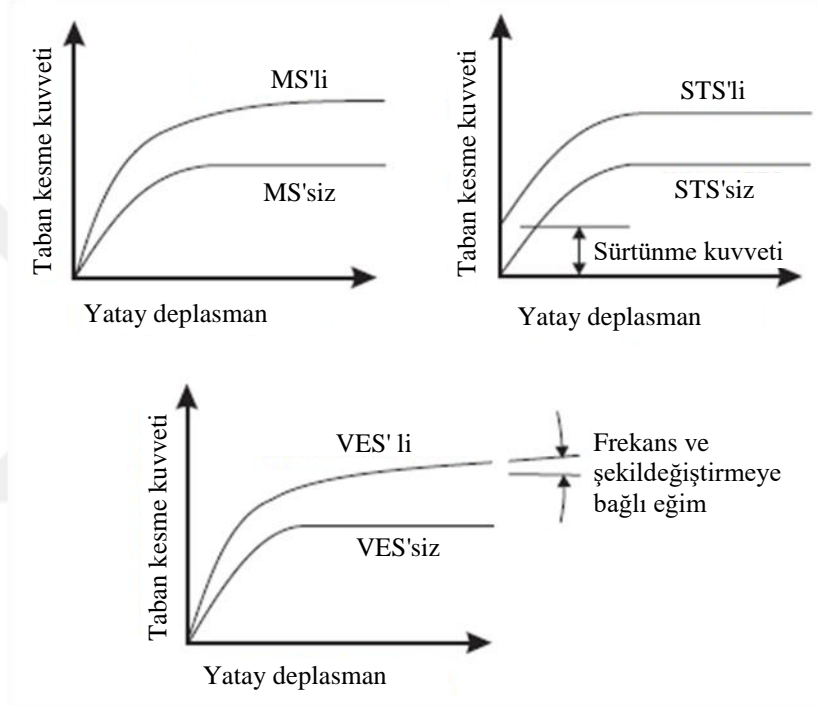
Pasif enerji tüketim sistemleri etkili, ucuz ve kolay uygulanabilir oluşu nedeniyle en çok tercih edilen sistemlerdir. Pasif enerji tüketim sistemlerinin çalışması için harici bir güç kaynağına ihtiyaç olmayıp bu sistemler deprem, rüzgar ve diğer dinamik dış etkilerin varlığında aktif hale geçmektedir (Spencer ve Nagarajaiah, 2003) (Şekil 1.5). Pasif enerji tüketim sistemleri:

- ❖ Sismik izolatörler (Sİ),
- ❖ Metalik sönümleyiciler (MS),
- ❖ Sürtünme tipi sönümleyiciler (STS),
- ❖ Visko elastik sönümleyiciler (VES),
- ❖ Visko akışkanlı sönümleyiciler (VAS),
- ❖ Ayarlı kütle sönümleyicileri (AKS) ve
- ❖ Ayarlı sıvı sönümleyiciler (ASS)

olmak üzere 7 grupta sınıflandırılmaktadır. Bu sistemler sağladıkları çevrimsel enerji tüketiminin yanı sıra yapının dayanım ve rijitliğini de artırarak yapısal performansı iyileştirmektedirler (Şekil 1.6).



Şekil 1.5. Pasif ET sistemlerinin çalışma şekli (Symans ve Constantinou, 1995).

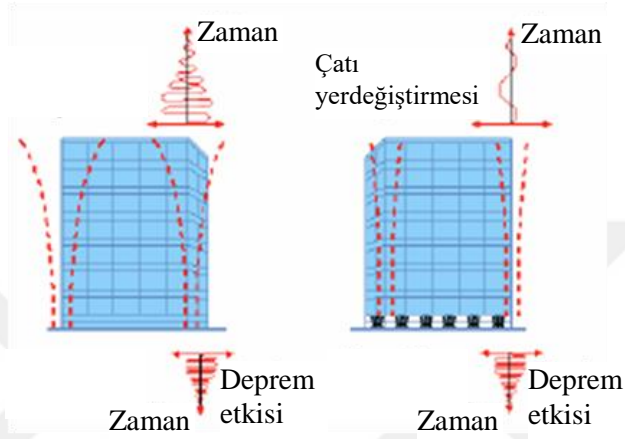


Şekil 1.6. Bazı ET sistemlerinin yapının yük-yerdeğiştirme ilişkisine etkisi (Constantinou vd., 1998).

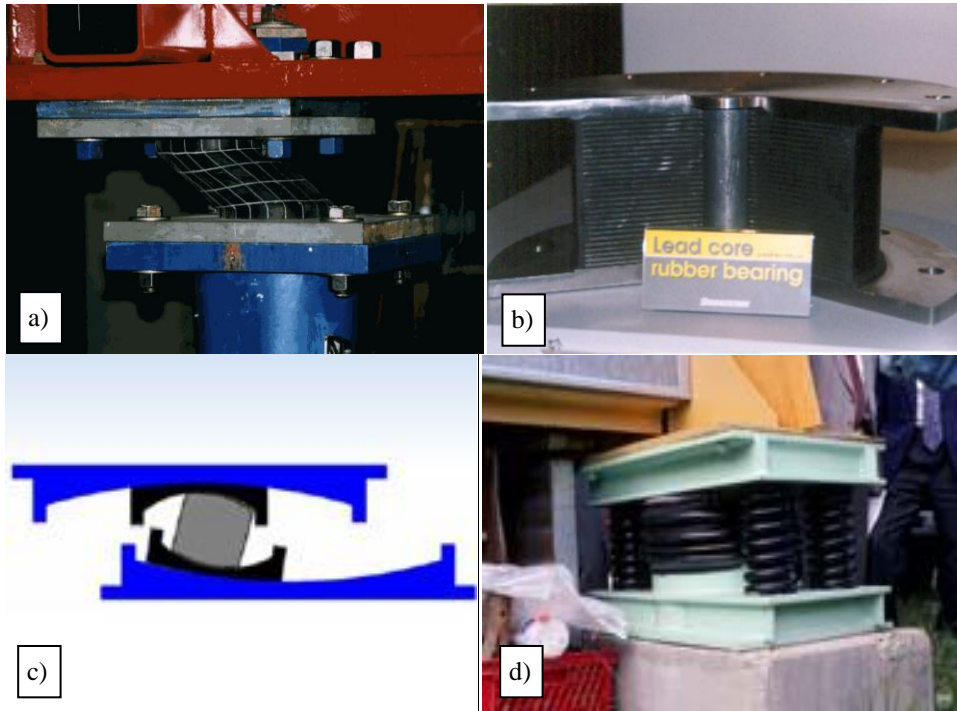
1.3.1.1. Sismik İzolasyon

Düşey taşıyıcı elemanların mesnetlerine yerleştirilen sismik izolatörler yapı ile temel sistemini birbirinden ayırmaktadırlar (Şekil 1.7). Bu izolatörlerin özelliği, yapıya göre daha esnek ve yatay rijitliklerinin düşük olmasıdır. Böylelikle yapı ile temel sistemi arasında bulunan izolatör deprem enerjisini tüketerek ve yatay deprem kuvvetlerini filtreleyerek yapıyı korur (Şekil 1.3(b)). Diğer yandan yapının doğal titreşim periyodunu azaltarak rezonans oluşumunu da engellemektedir (Housner vd., 1997) (Şekil 1.7). Sİ

sistemlerinin; kauçuk esaslı, kurşun çekirdekli kauçuk esaslı, sürtünme tipi ve yay tipi izolatörler gibi farklı uygulamaları mevcuttur (Şekil 1.8). Sİ sistemlerinin en önemli avantajlarından biri, izolatörlerin mekanik özelliklerinin uzun vadede kararlı olması ve çevre koşullarından fazla etkilenmemeleridir. Ancak, yalnızca sağlam zemine oturan az ve orta yükseklikteki yapılarda kullanılabilirler (Whittaker vd., 1991).



Şekil 1.7. Sismik izolasyon (Shustov, 1994).



Şekil 1.8. a) Kauçuk izolatör (Url-1), b) Kurşun çekirdekli izolatör (Url-2), c) Sürtünme tipi izolatör (Url-3), d) Yay tipi izolatör (Url-4).

1.3.1.2. Metalik Sönümleyiciler

Metalik sönümleyicilerin (MS) çalışma ilkesi, metalin çevrimsel yüklemeler altında elastik olmayan şekildeğıştirmeler yaparak enerji tüketme yeteneğine dayanmaktadır. Bu sistemlere histeretik sönümleyiciler adı da verilmektedir (Skinner vd., 1974). Kullanılacak olan çeliğin dış yüklere olan dayanımı ve enerji tüketme kapasitesi malzemenin elastik olmayan gerilme-birim şekildeğıştirme özelliği ile ilişkilidir. ET sistemleri arasında en ekonomik yöntem olan MS'lerin en önemli avantajları çevrimsel yük altında kararlı olmaları, düşük çevrimsel yüklemelerdeki yorulma dayanımları, uzun vade de dayanıklı olmaları, çevre koşulları ve sıcaklık değışimlerinden fazla etkilenmemeleridir (Constantinou vd., 1998). Sİ sistemlerinin aksine, MS'ler kat seviyelerinde çerçeve boşluklarında kullanıldıkları için zemin koşullarından etkilenmemekte ve her yükseklikteki yapıda kullanılabilirler (Whittaker vd., 1991).

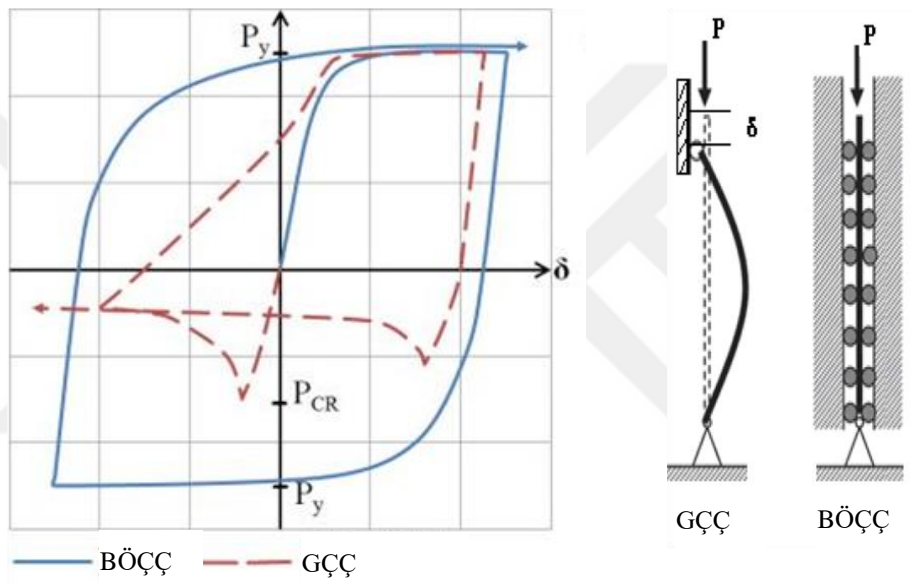
Metalik sönümleyiciler konusundaki ilk çalışmalar Kelly vd. (1972) ile Skinner vd. (1974) tarafından yapılmıştır. Bugüne kadar farklı geometrik şekillerde tasarlanmış, burulma, eğilme veya kesme kuvveti altında çalışan sistemler geliştirilmiş olsa da, temelde hepsinin sönüm mekanizması çeliğin elastik olmayan davranışına dayanmaktadır.

1.3.1.2.1. Burkulması Önlenmiş Çelik Çaprazlar

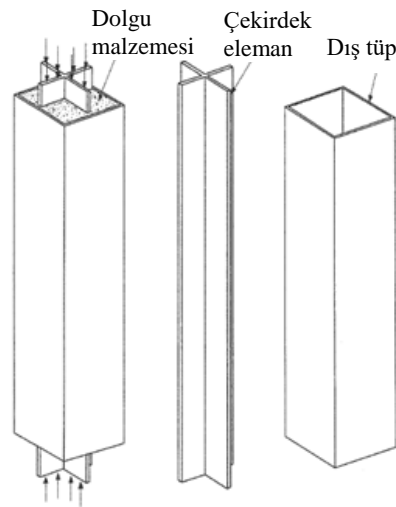
Burkulması önlenmiş çelik çaprazlar (BÖÇÇ) mevcut yapıların güçlendirilmesinde, yeni binalarda ise ET sistemi olarak kullanılan bir metalik sönümleyicidir. Geleneksel çelik çaprazların (GÇÇ) aksine BÖÇÇ'ler basınç etkisinde de tıpkı çekme etkisinde olduğu gibi büyük boyuna şekildeğıştirmeler yaparak enerji tüketmekte ve burkulma meydana gelmeden kararlı bir çevrimsel davranış sergilemektedirler (Şekil 1.9).

Tipik bir BÖÇÇ genellikle dört parçadan oluşmaktadır (Şekil 1.10). Burkulması önlenen ve aksel kuvveti taşıyan çelik çubuk “çekirdek eleman”, çekirdek elemanın burkulmasını önleyen ve akseni doğrultusunda çok küçük ya da sıfır yük alan dış eleman ise “dış tüp” olarak isimlendirilmektedir. BÖÇÇ'ün diğer bileşenleri ise dış tüple birlikte burkulmayı önleyen sistemi oluşturan “dolgu malzemesi” ve çekirdek eleman ile dolgu malzemesi arasında görev yapan “sürtünmesiz yüzey malzemesi” dir. BÖÇÇ'ün tekrarlı yükler altındaki kararlı çevrimsel davranışı dış tüpten bağımsız olarak, çekirdek elemanın

boyuna doğrultusundaki şekildeğişirmesine izin vererek, çekmede olduğu gibi basınçta da elastik olmayan şekildeğişirmeler yaparak enerji tüketmesiyle sağlanmaktadır. Çekirdek eleman akma yüküne ulaşip aksenal yerdeğiştirdiğinde yanal yerdeğiştirmesi dış tüp ve dolgu malzemesi tarafından tutulurken, iki eleman arasındaki sürtünmesiz yüzeyde aksenal kuvvetin dış tüpe aktarılmasını engellemektedir (Karataş, 2012). Bu sistemlerde meydana gelen hasarlar ise genellikle bağlantı levhalarında meydana gelen düzlem dışı burkulmalar ve bağlantı levhalarının yırtılarak çerçeveden ayrılması şeklindedir. Bu nedenle bağlantı levhalarında ilave rijitleştirici levhalar kullanılmaktadır (Tsai vd., 2004).



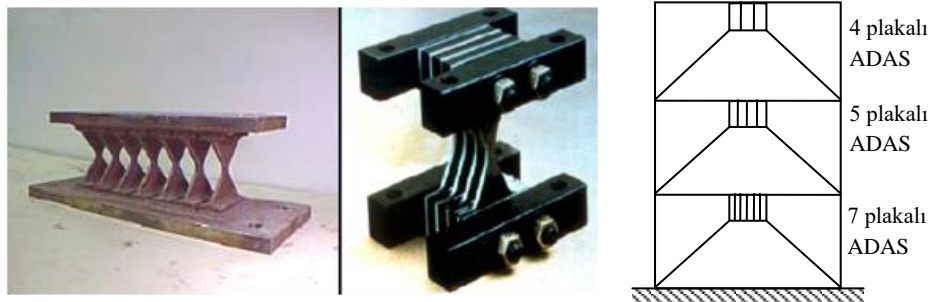
Şekil 1.9. BÖÇÇ ve GÇÇ'lerin çevrimsel yük altındaki davranışları (Xie, 2005).



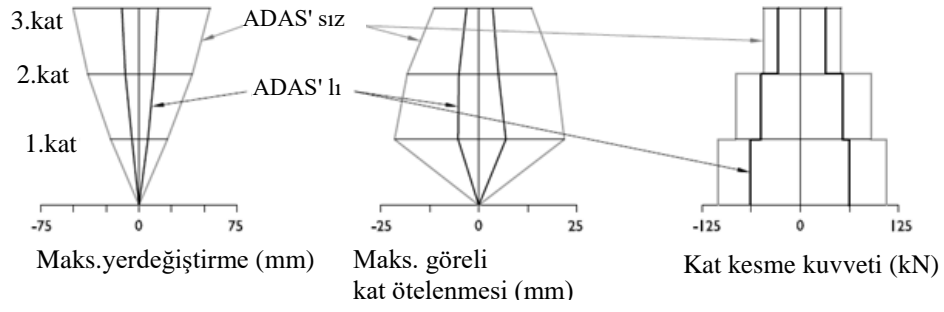
Şekil 1.10. BÖÇÇ'ü oluşturan elemanlar

1.3.1.2.2. ADAS Sistemi

ADAS (Adding damping and stiffness) sistemi Whittaker vd. (1991) tarafından geliştirilmiştir. Yapıya ilave sönüm ve ilave rijitlik sağlayan ADAS sistemi sınırlı sayıda X şeklindeki çelik plakalardan meydana gelmektedir (Şekil 1.11). Bu plakalar çerçeveye ters V çaprazları ile kiriş ara bağlantısını sağlayacak şekilde yerleştirilmektedir (Şekil 1.11). Deprem etkisinde meydana gelecek rölatif kat ötelenmeleri sonucunda çelik plakalar zayıf eksenine doğrultusunda çift eğrilikli olarak eğilmekte ve plakalarda akma meydana gelmektedir. Belirli bir yük seviyesinin de ötesinde önemli miktarda enerji tüketilebilmektedir. Böylelikle şekildeğiştirmeler ADAS sistemi üzerinde yoğunlaşmakta ve ana taşıyıcı elemanlarda azalmaktadır. Çelik plakaların X şeklinde tasarlanması sayesinde şekildeğiştirmeler plaka boyunca düzgün olarak yayılmakta, düşük çevrimlerde yorulmanın meydana gelmesi geciktirilmektedir. Aksi halde, örneğin plakaların dikdörtgen şeklinde yapılması durumunda plastik mafsallar plakaların iki ucunda oluşmakta ve şekildeğiştirmeler bu bölgelerde yoğunlaşarak sistem taşıma gücünü erken yitirmektedir (Stiemer ve Chow, 1984). ADAS sistemi yalnızca yanal yüklere karşı dayanım gösterdiği için taşıyıcı sistemin yük taşıma kapasitesini etkilememektedir. ADAS sistemi kullanılarak üretilen çelik çerçeveler üzerinde yapılan sarsma masası deneylerinde kat ötelenmelerinin ve katlara etkileyen kesme kuvvetlerini önemli oranda azaldığı görülmüştür (Whittaker vd., 1991) (Şekil 1.12). Kat kesme kuvvetlerindeki bu azalış, sistemin sönüm kapasitesinin % 40 seviyelerine ulaşmasına dayanmaktadır (Şekil 1.12). X şeklindeki çelik plakalar ile farklı deneysel ve analitik çalışmalarda yapılmıştır (Su vd. 1989; Whittaker vd. 1989, 1991,1993; Xia vd., 1990; Xia ve Hanson, 1992; Jara vd. 1993). Bu çalışmalarda çelik plakaların elastik eğilme yerdeğiştirmesinin 14 katı kadar büyük yerdeğiştirmelerde dahi kararlı çevrimsel davranış gösterdiği belirtilmiştir.



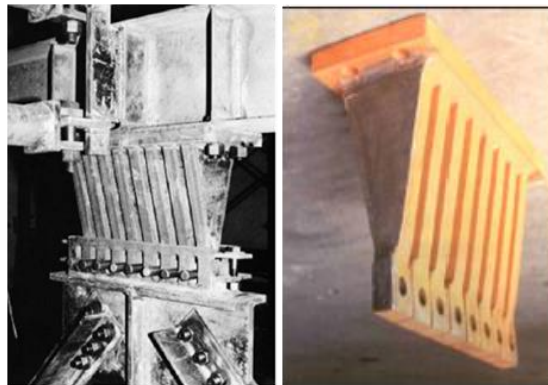
Şekil 1.11. ADAS sistemi (Whittaker vd., 1991).



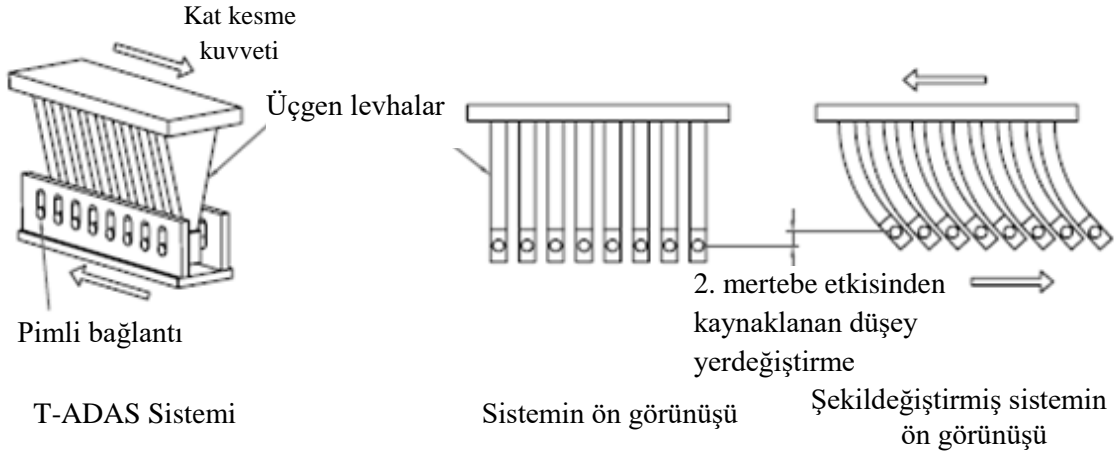
Şekil 1.12. ADAS'lı ve ADAS'sız çelik çerçevelerin deprem performanslarının karşılaştırılması (Whittaker vd., 1991).

1.3.1.2.3. T-ADAS Sistemi

ADAS sisteminin geliştirilmiş hali olan T-ADAS sistemi (Triangular adding damping and stiffness) Tsai vd. (1993) tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemde plakalar ADAS sisteminden farklı olarak üçgen şeklinde tasarlanmıştır (Şekil 1.13). Sistem bir tarafından kirişe ankastre bağlanırken, üçgen levhanın dar ucundan çelik çaprazlara pim vasıtası ile bağlanmakta ve bu uçta dönme serbest bırakılmaktadır (Şekil 1.14). Böylelikle deprem etkisinde meydana gelecek rölatif kat ötelenmeleri sonucunda çelik plakalar zayıf eksenli doğrultusunda ankastre kirişe benzer şekilde tek eğrilikli olarak eğilmektedir. Şekildeğiştirmeler plaka boyunca düzgün yayılmakta ve sistem kararlı bir çevrimsel davranış sergilemektedir (Şekil 1.1). T-ADAS sisteminde % 46 sönüm oranı elde edilebilmektedir (Tsai vd., 1993).



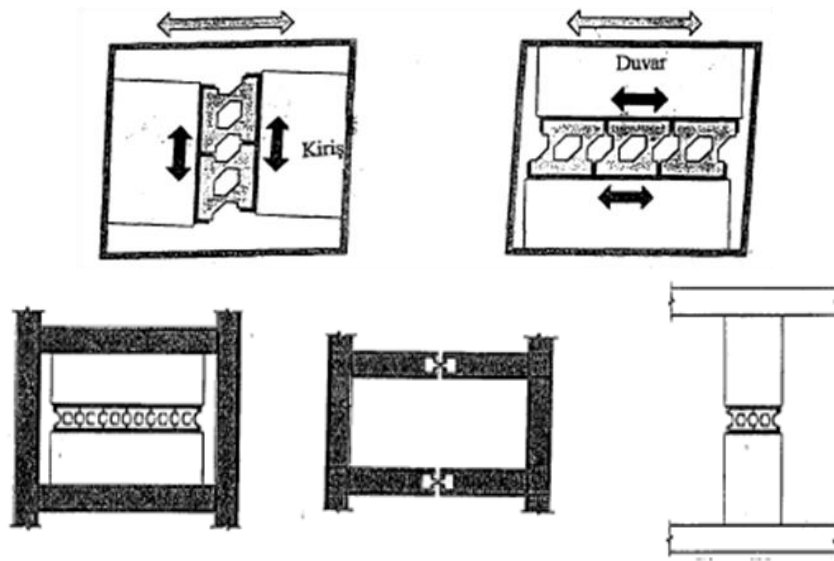
Şekil 1.13. T-ADAS sistemi ve çevrimsel davranışı (Tsai vd., 1993).



Şekil 1.14. T-ADAS sisteminin çalışma şekli (Christopoulos ve Filiatrault, 2006).

1.3.1.2.4. Honeycomb Sönümleyicisi

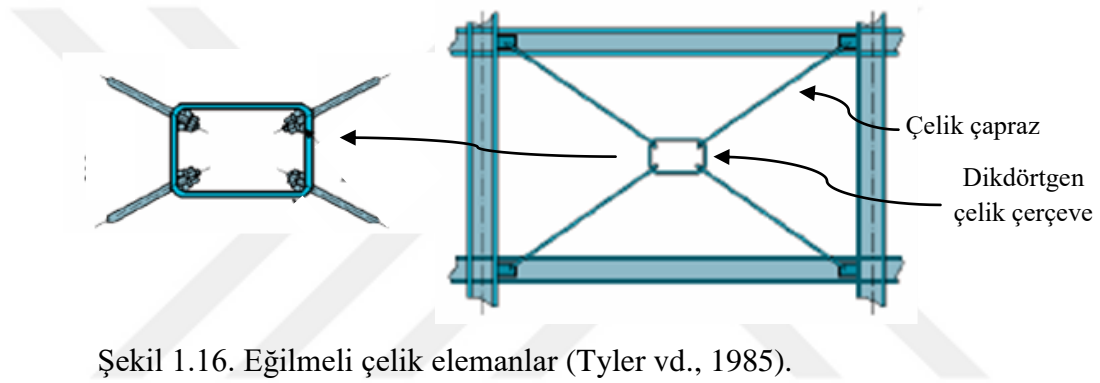
Adını görünümü nedeniyle bal peteğinden alan Honeycomb sönümleyicisi birden fazla çelik plakanın bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Bu sönümleyici ana yapısal elemanlar arasına yerleştirilerek meydana gelen rölatif ötelenmeler neticesinde elastik olmayan şekildeğiştirmeler yaparak enerji tüketmekte ve kararlı çevrimsel davranış sergilemektedir (Şekil 1.15). Sistemde ADAS ve T-ADAS'dan farklı olarak plakların güçlü eksenine eğilme doğrultusunda yerleştirilmiştir. Sistemin sönüm oranı %46 seviyelerindedir (Sakamoto ve Kabori, 1993).



Şekil 1.15. Honeycomb sönümleyicisi (Sakamoto ve Kabori, 1993).

1.3.1.2.5. Eğilmeli Çelik Elemanlar

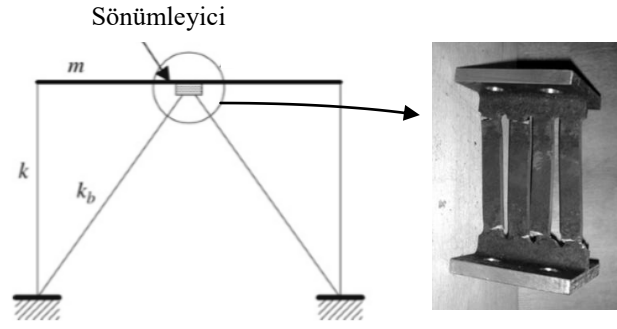
Eğilmeli çelik elemanlar yapıların deprem performanslarını artırmak için kullanılan MS sistemlerdendir. Bu sistemde, enerji tüketimi, çelik çaprazların birleşim bölgelerine yerleştirilen çelik çerçevenin çelik çaprazlardaki çekme etkisi üzerine eğilmesi ile sağlanmaktadır (Şekil 1.16). Basınç etkisinde ise çaprazlar çerçevenin içinde serbestçe kaymaktadırlar (Skinner vd., 1980; Tyler, 1985). Böylelikle çaprazlarda burkulma meydana gelmemektedir. Eğilmeli çelik elemanlar konusunda farklı çalışmalar ve uygulamalar da yapılmıştır (Ciampi vd., 1995).



Şekil 1.16. Eğilmeli çelik elemanlar (Tyler vd., 1985).

1.3.1.2.6. Izgara Tipi Metalik Sönümleyiciler

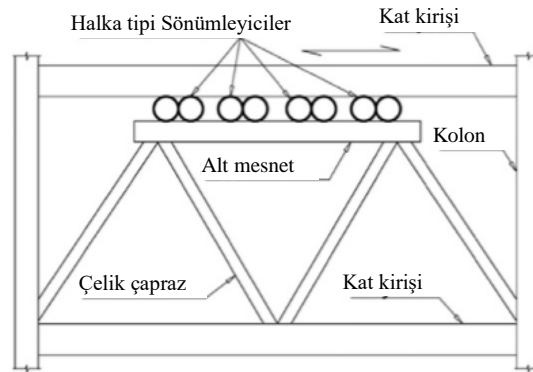
Çalışma prensibi ADAS sistemine benzeyen bir diğer sistem ise ızgara tipi metalik sönümleyicilerdir (Chan ve Albermani, 2007). Belirli bir uzunluktaki geniş başlı I profillerin gövde kısmına açılan yarıklar ile gövde kısmında ızgara görünümlü bir metalik sönümleyici oluşturulmaktadır. Sistemin çalışma prensibi ADAS yönteminde olduğu gibi sönümleyicinin ters V şeklindeki çelik çapraz ile kiriş arasında mesnetlendirilmesi şeklindedir (Şekil 1.17). Sistem yüksek enerji tüketimi ve süneklik kapasitesinin yanı sıra %40 seviyesinde sönüm oranı sağlayabilmektedir.



Şekil 1.17. Izgara tipi metalik sönümleyici ve çevrimsel davranışı (Chan ve Albermani, 2007).

1.3.1.2.7. Halka Tipi Metalik Sönümleyiciler

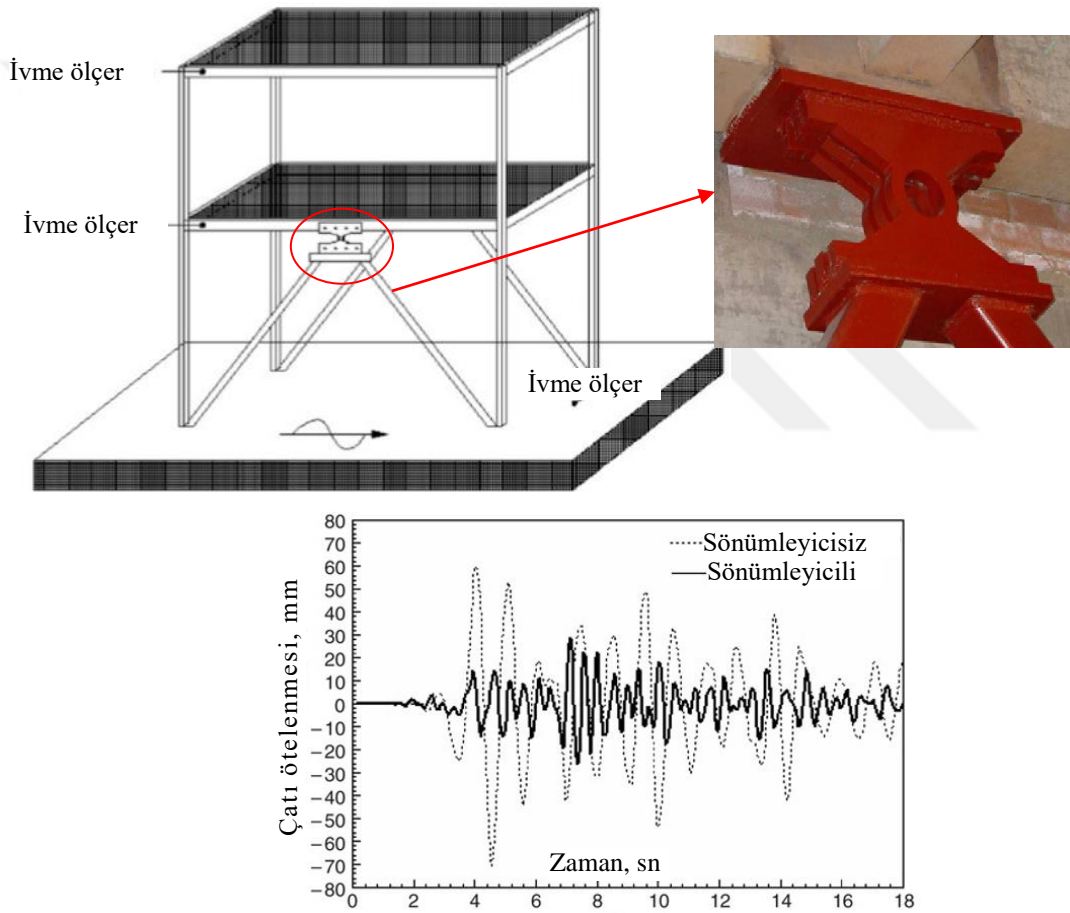
Halka tipi metalik sönümleyiciler Maleki ve Mahjoubi (2013) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde de sönümleyici diğer yöntemlerdeki gibi ters V şeklindeki çaprazlar ile kiriş arasına mesnetlenmektedir (Şekil 1.18). Alt ve üst başlıklara kaynaklanan halka sönümleyiciler başlıklar arasındaki göçme neticesinde kesme etkisine maruz kalmaktadırlar. % 30-36 aralığında şekil değiştirme yapabilen bu sistem sayesinde yüksek enerji tüketimi sağlanabilmektedir. Sistemin sönüm oranı % 45 olarak belirtilmiştir. İlerleyen çalışmalarda ise yazarlar halkaların içini kurşun ve çinko alaşımları ile doldurarak metaller arasında meydana gelecek sürtünmenin etkisini de araştırmışlardır (Maleki ve Mahjoubi, 2014).



Şekil 1.18. Halka tipi metalik sönümleyici ve çevrimsel davranışı (Maleki ve Mahjoubi, 2013).

1.3.1.2.8. Çift Etkili Metalik Sönümleyiciler

Li ve Li (2007) geliştirdikleri çift etkili metalik sönümleyiciler üzerinde çevrimsel yükleme testleri ve 4 farklı deprem kaydına göre sarsma masası testleri yapmışlardır (Şekil 1.19). Sonuç olarak çift etkili metalik sönümleyicilerin yapının enerji tüketimi ve sönümü kapasitesini artırdığı dolayısıyla da yapısal tepkinin azalarak göçme riskinin azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca hasarların ana taşıyıcı sistemde azalarak büyük şekildeğiştirme kapasitesine sahip sönümleyicilerde yoğunlaştığı belirtilmiştir.



Şekil 1.19. Çift etkili metalik sönümleyicilerin sarma masasındaki performansları (Li ve Li, 2007).

1.3.1.2.9. Scorpion Sistemi

Gray vd. (2014) geliştirdikleri yöntemde çelik çaprazların uç bölgelerine yerleştirdikleri ve dökme çelik ile özel olarak ürettikleri üçgen şeklindeki çelik levhaları

sönümleyici olarak kullanmışlardır (Şekil 1.20). Çevrimsel yük altında simetrik bir davranış sergileyen sistemden yüksek sönüm ve enerji tüketimi elde edilmiştir. İkinci mertebe etkilerinden ötürü levhaların aşırı şekildeğiştirme yaparak göçtüğü ve bu durumun levha sayısı az olan deney elemanlarının performansını önemli oranda etkilediğini belirtilmiştir. Bu nedenle bu olumsuz etkiyi azaltmak için sönümleyici olarak kullanılan levha sayısının 10'dan fazla olması önerilmiştir.



Şekil 1.20. Dökme çelik ile özel olarak üretilmiş metalik sönümleyicili çapraz sistemi (Gray vd., 2014).

1.3.1.2.10. Kum Saati Tipi Şerit Sönümleyiciler

Lee vd. (2016) tarafından geliştirilen kum saati şeklindeki şerit sönümleyiciler çerçeveye ters V çaprazları ile giriş ara bağlantısını sağlayacak şekilde yerleştirilmektedir. Sönümleyicilerde oluşacak elastik olmayan şekildeğiştirmelerin sönümleyici boyunca eşit olarak dağılabilmesi için kum saatine benzer bir geometrik şekil tasarlanmıştır (Şekil 1.21). Deney elemanlarının deneysel performansı yükleme protokolüne göre değişiklik göstermektedir. Sistem yalnızca itme etkisinde çevrimsel yüklemeye göre daha büyük

yerdeğiştirme ve yük taşıma kapasitesine ulaşırken, çevrimsel yükleme altında daha sünek davranış sergilemekte ve daha yüksek enerji tüketimi sağlayabilmektedir.



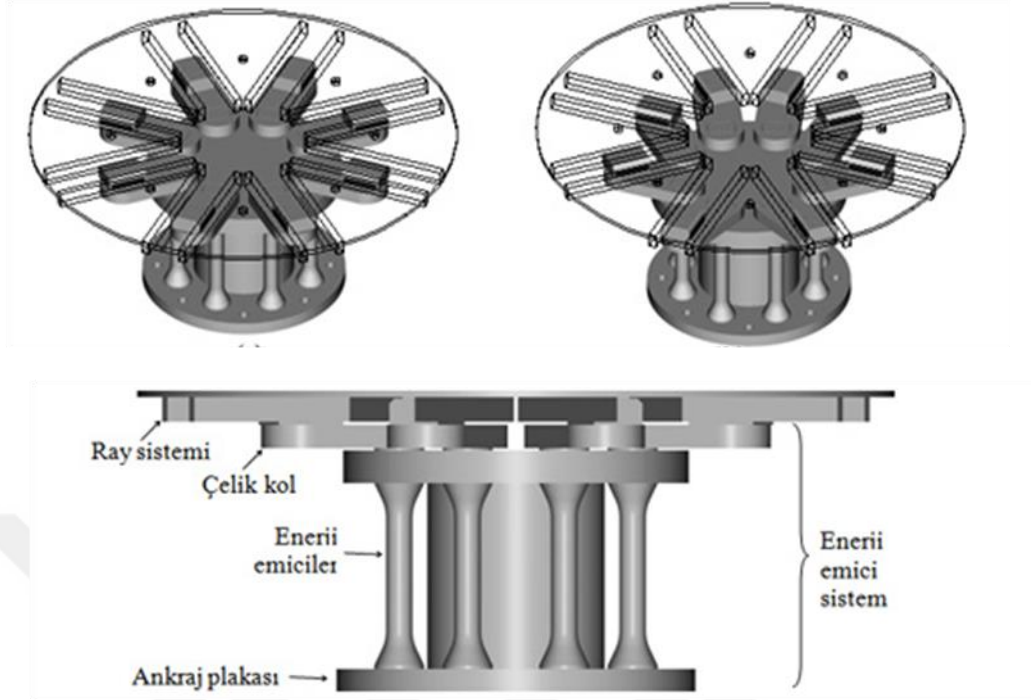
Şekil 1.21. Kum saati tipi şerit sönümleyiciler (Lee vd., 2016).

1.3.1.2.11. Çok Yönlü Burulmalı Histeretik Enerji Sönümleyici

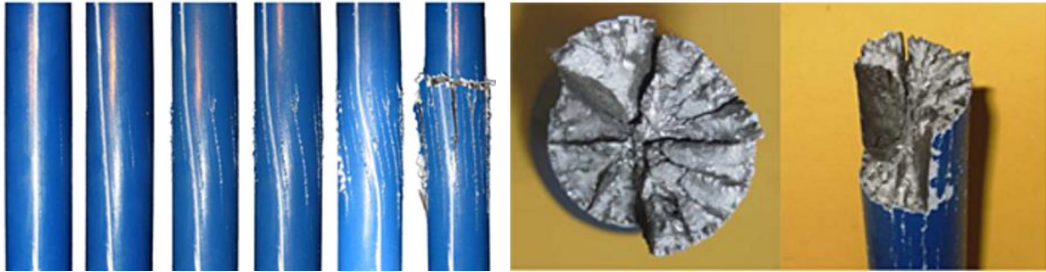
Milani ve Dicleli (2016a, 2016b) tarafından büyük yerdeğiştirmelerin beklendiği köprü tabliyesi ve mesnet birleşiminin (başlık kiriş) arası gibi noktalara monte edilerek yapıların depreme karşı korunabilmesi için geliştirilen çok yönlü burulmalı histeretik enerji sönümleyici (MTHD) alt ve üst kısımları genişletilmiş silindirik şeklindeki sekiz adet enerji sönümleyiciden oluşmaktadır. Silindirik enerji sönümleyicilerin kollar tarafından sistemde meydana getirilen burulma kuvvetiyle akma yüküne ulaşması amaçlanmıştır (Şekil 1.22). Sistemin en büyük avantajlarından birisi şiddetli depremlerden sonra enerji sönümleyici silindirlerin değiştirilerek sistemin kolaylıkla tekrar işlev görür hale getirilebilmesidir (Şekil 1.23).

1.3.1.3. Sürtünme Tipi Sönümleyiciler

Sürtünme tipi sönümleyiciler (STS) otomobillerin fren sistemlerinde kullanılan yonteme benzer şekilde enerji sönümleyen sistemlerdir. 1980'lerden günümüze birçok STS geliştirilmiş olup bu sistemler mekanik aksamları ve sürtünme yüzeyleri arasında kullanılan malzemeler açısından farklılıklar göstermektedir (Soong, 1998). STS'lerin sürtünme yüzeylerinde kullanılan malzemeler; çelik üstüne çelik, çelik üstüne pirinç veya paslanmaz çelik üzerine grafit ile kaplanmış bronzdan oluşmaktadır. Bu malzemelerin sistemin çalışma ömrü boyunca kararlı bir sürtünme özelliği göstermesi gerekmektedir.



Şekil 1.22. Çok yönlü burulmalı histeretik enerji sönümleyici (Milani ve Dicleli 2016b).

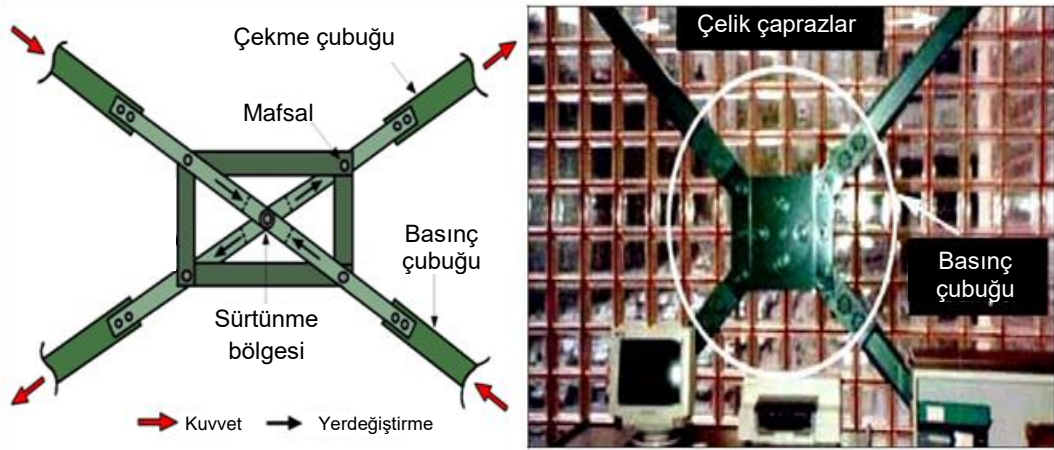


Şekil 1.23. Hasar görmüş silindirik enerji sönümleyiciler (Milani ve Dicleli 2016a).

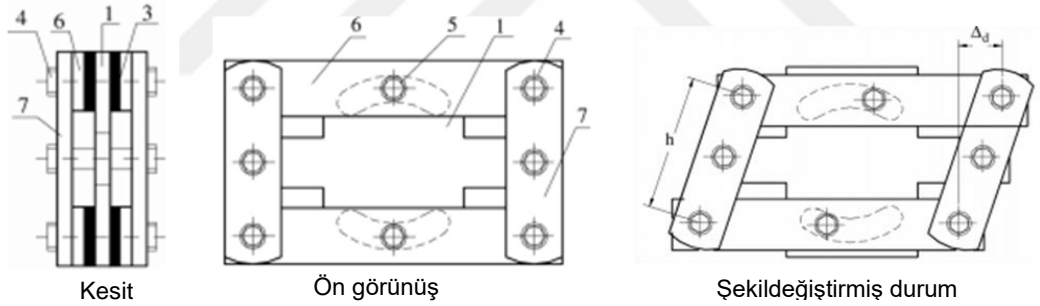
1.3.1.3.1. Pall Sürtünlü Sönümleyici Sistemi

Pall sürtünlü sönümleyici sistemi geliştirilen ilk STS sistemlerindedir (Pall ve March, 1982). Bu sistem, çerçeve açıklığındaki çelik çaprazların birleşim bölgesine yerleştirilmektedir (Şekil 1.24). Bu sistemler servis yükleri ve orta şiddetli depremlerde sürtünme bölgelerinde kayma olmayacak şekilde tasarlanmakta ve geleneksel çelik çaprazlar gibi yapıya rijitlik kazandırmaktadırlar. Şiddetli depremlerde sürtünme yüzeyleri arasında kayma yaratacak büyüklükte bir yük etkimesi durumunda, sürtünme yüzeyleri

birbirleri üzerinde kayarak enerji tüketimi sağlamaktadırlar (Filiatrault ve Cherry, 1987). Wu vd. (2005) ise Pall sistemini geliştirerek aynı özelliklerde ancak imalatı daha kolay bir sistem önermişlerdir (Şekil 1.25).



Şekil 1.24. Pall sistemi (Pall ve March, 1982).

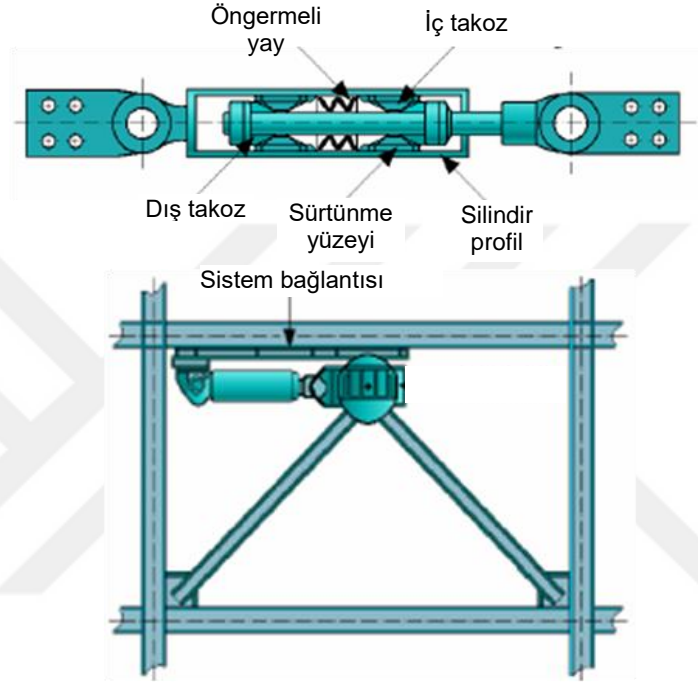


Şekil 1.25. Geliştirilmiş Pall Sistemi; 1) Çapraz levha, 2) Kavisli yuva, 3) Sürtünme malzemesi, 4) Köşe bulonu, 5) Kayma bulonu, 6) Yatay çubuk, 7) Düşey çubuk (Wu vd., 2005).

1.3.1.3.2. Sumitomo Sürtünlü Sönümleyicisi

Japonya'da Sumitomo Metal Endüstrisi tarafından demiryollarında kullanılmak üzere geliştirilen sumitomo sürtünlü sönümleyicisi son yıllarda yapısal uygulamalarda da kullanılmaktadır (Şekil 1.26). Sistem daire kesitli çelik profil içine yerleştirilmiş ve grafit içeren çelik bloklar, yay ve bakır alaşımli takozlardan oluşmaktadır. Bu sistemde öngerilmeli yayın iç ve dış takozu zorlaması ile sürtünme yüzeylerine normal kuvvet etkimekte ve sürtünme ile enerji tüketilmektedir. Bakır alaşımli sürtünme yüzeyi grafit

içermektedir. Grafit temas yüzeyinin yağlanması, sürtünme katsayısının sabit kalmasını ve sönüm işleminin sessiz olmasını sağlamaktadır. Yapılan deneylerde yapının enerji tüketme kapasitesinin önemli oranda artığı ve çevrimsel yüklemeler altında dikdörtgene benzer kararlı bir davranış sergilediği görülmüştür. Ancak taban kesme kuvvetinde belirgin bir farklılık olmamaktadır (Aiken ve Kelly, 1990).



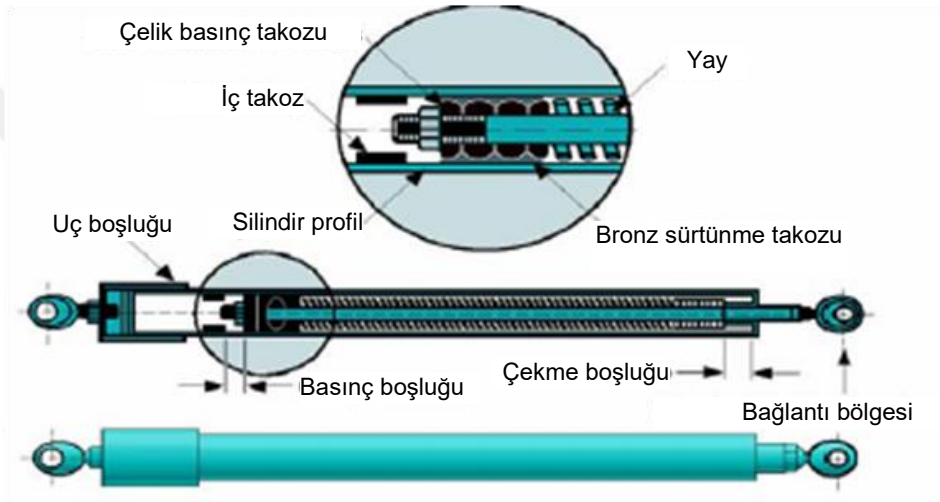
Şekil 1.26. Sumitomo sürtünmeli sönümleyicisi (Aiken ve Kelly, 1990).

1.3.1.3.3. Enerji Sönümleyici Çaprazlar

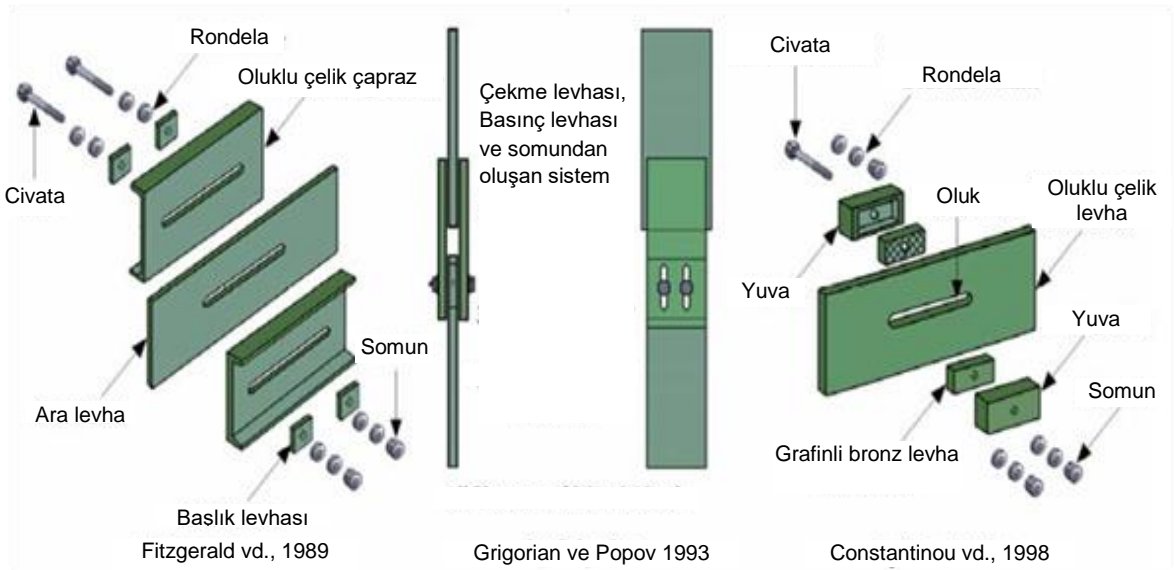
Enerji sönümleyici çaprazlar 1993 yılında Fluor Daniel Şirketi tarafından geliştirilmiştir (Şekil 1.27). Çalışma prensibi olarak sumitomo sürtünmeli sönümleyicisi ile benzerlik göstermektedir. Bu sistemde çelik silindir profil içindeki yaylar sayesinde oluşan aksel kuvvet çelik silindir ile bronz yüzeyler arasında sürtünmeye neden olmaktadır. Çekme ve basınç etkisinde hareketi sınırlandırmak amacıyla iç kısımda çelik takozlar kullanılmıştır. Yay uzunluğu gerekli sürtünme kuvvetine göre değiştirilebilmektedir.

1.3.1.3.4. Oluklu Sönümleyiciler

Oluklu sönümleyiciler ilk olarak 1989 yılında Fitzgerald vd. tarafından önerilmiştir (Şekil 1.28). Bu sistemde çelik levhalarda bırakılan oluklar sayesinde üst ve alt levhaların ara levha üzerinde sürtünmesi ile sönüm sağlanmaktadır. Grigorian ve Popov (1993) yaptıkları çalışmada sürtünme elemanı olarak pirinç kullanmış ve çelik yüzeylere göre daha kararlı çevrimsel davranış elde etmişlerdir. Constantinou vd. (1998) ise sürtünme yüzeyinde grafinli bronz malzeme kullanarak sürtünme etkisini artırmaya çalışmışlardır.



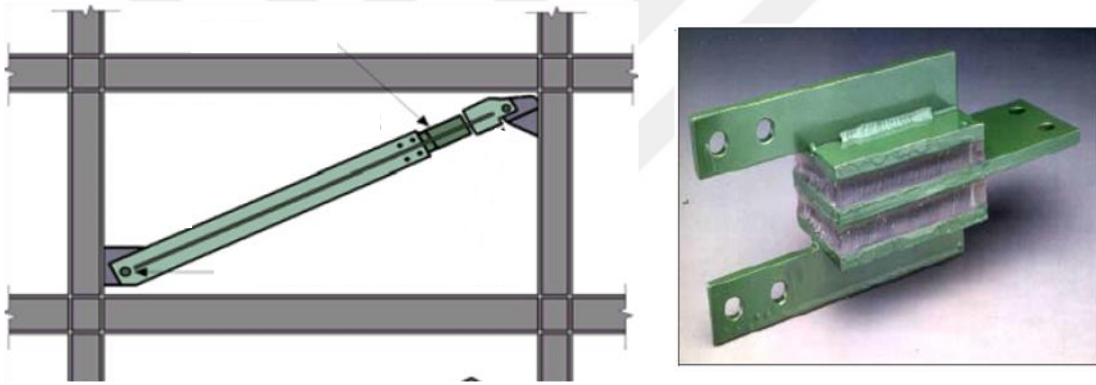
Şekil 1.27. Enerji sönümleyici çaprazlar (Fluor Daniel Şirketi, 1993).



Şekil 1.28. Oluklu sönümleyicilere bazı örnekler

1.3.1.4. Visko Elastik Sönümleyiciler

Yapılarda sismik etkilerin yanı sıra rüzgar yüklerine karşı da kullanılan visko elastik sönümleyiciler çelik levhaların arasına yerleştirilen karbon polimeri veya ona benzer katı maddelerden oluşmaktadırlar (Şekil 1.29). Visko elastik sönümleyiciler visko elastik tabakaların kayma şekil değiştirmeleri ile enerji tüketmektedirler. Visko elastik malzemelerin dinamik yükler altındaki davranışları titreşimin frekansına, şekil değiştirmeye ve sıcaklığa bağlıdır. Bu konuda yapılan deneysel çalışmalarda yapılardaki görelî kat ötelenmelerinin, kat kesme kuvvetlerinin ve yapının elastik olmayan şekil değiştirme gereksiniminin azaldığı belirlenmiştir (Ashour ve Hanson 1987, Aiken vd., 1990, Min vd., 2004).

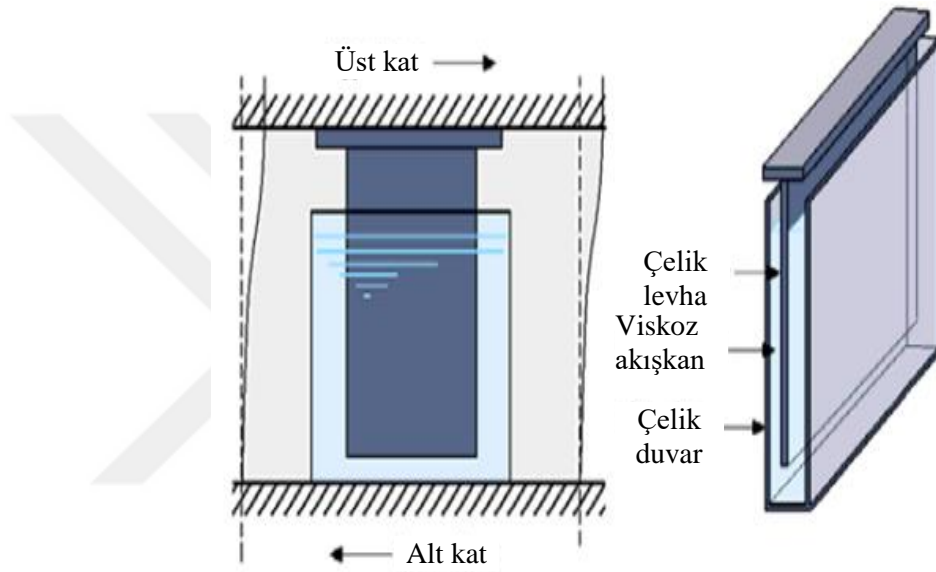


Şekil 1.29. Visko elastik sönümleyici (Chang vd., 1993).

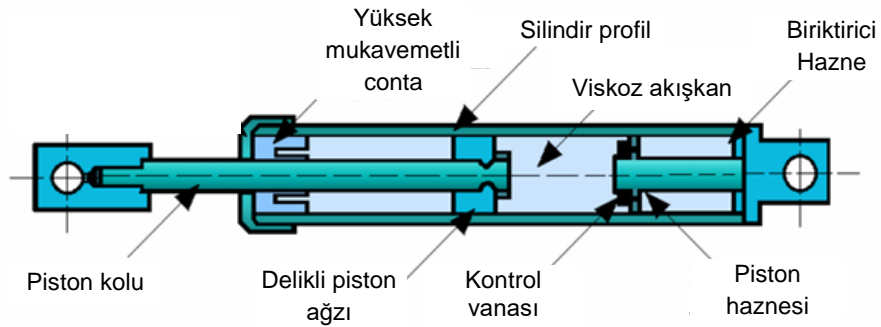
1.3.1.5. Viskoz Akışkanlı Sönümleyiciler

Viskoz akışkanlı sönümleyiciler içindeki viskoz akışkan maddenin hareketine dayalı olarak büyük miktarda enerji tüketebilen sistemlerdir. Viskoz akışkanlı duvar sistemi Sumitomo İnşaat Şirketi tarafından Japonya'da geliştirilmiştir. Bu sistemin çalışma prensibi çelik bir duvarın içinde yüksek viskoziteye sahip sıvının duvarın içindeki levha aracılığıyla hareketine dayalıdır (Şekil 1.30). İki kat arasındaki görelî hız farkı ile viskoz sönüm meydana gelmektedir. Arima vd. (1988) 4 katlı çelik bir yapı üzerinde viskoz akışkanlı duvar sistemlerinin deneysel davranışlarını araştırmışlardır. Sonuç olarak viskoz akışkanlı duvarların yapıya etkiyen deprem yükünü %60-80 oranında azalttığı görülmüştür. Ayrıca Japonya'da 78 m yüksekliğindeki çelik bir binada kullanılan viskoz

akışkanlı duvarlar yapıya %20-30 oranında sönüm kabiliyeti kazandırırken yapısal tepkiyi de %70-80 oranında azaltmıştır (Miyazaki ve Mitsusaka, 1992). Diğer uygulamada viskoz akışkan, içinde pistonun hareket ettiği bir silindir içine doldurulmuş olup Şekil 1.31'de görülmektedir. Pistonun yüksek viskoziteli akışkan içerisinde hareketi neticesinde mekanik enerji ısı enerjisine dönüşür (Lee ve Taylor, 2001). Viskoz akışkanlı sönümleyiciler ısı değişimlerinden pek etkilenmemektedir ancak yüksek sönüm kuvveti gerekeceği için rijit yapılarda kullanılamamaktadır.



Şekil 1.30. Viskoz akışkanlı duvar (Sumitomo İnşaat Şirketi, 1996).



Şekil 1.31. Viskoz akışkanlı çelik çapraz sistemi (Lee ve Taylor, 2002).

1.3.1.6. Ayarlı Kütle Sönümleyiciler

Ayarlı kütle sönümleyicileri yapıya birbirine paralel yay ve viskoz sönümleyici ile bağlanmış ve yapıya göre görelî hareket eden bir kütleden oluşmaktadır. Ayarlı kütle sönümleyicilerinde enerji tüketimi yapıda meydana gelen titreşim neticesinde kinetik enerjinin AKS'ye aktarılarak tüketilmesi ile sağlanmaktadır. Özellikle rüzgar etkisi altında yapının performansını önemli oranda artırmaktadır. Şekil 1.32'de çatı katında kullanılan bir ayarlı kütle sönümleyicisi görülmektedir.



Şekil 1.32. Çatı katında kullanılan bir ayarlı kütle sönümleyicisi

1.3.1.7. Ayarlı Sıvı Sönümleyiciler

Ayarlı sıvı sönümleyiciler de, ayarlı kütle sönümleyicilerine benzer olarak yapıya ilave sönüm sağlayarak yapının performansını artırmaktadır. Akışkanın viskoz hareketi ve dalga kırınlarla enerji tüketimi artırılmaktadır. Çalışmalar sonucu rüzgarın neden olduğu titreşimlere karşı çeşitli uygulamalar geliştirilmiştir.

1.4. Literatürdeki Diğer Çalışmalar

Mahmoudi ve Abdi (2012) T-ADAS sistemini kullandıkları geleneksel çerçeveli bir yapının deprem yükü azaltma katsayısını belirlemek için bazı sayısal çalışmalar yapmışlardır. Sonuç olarak deprem yükü azaltma katsayısını 15.92 olarak elde etmişlerdir. Bunun yanı sıra bina yüksekliğinin artmasıyla süneklik katsayısının azaldığını belirtmişlerdir.

Bagheri vd. (2015) geliştirdikleri U şeklindeki metalik sönümleyicileri kullanarak farklı yüksekliklerdeki yapıların farklı deprem kayıtları altındaki davranışını incelemişlerdir. Çerçeve boşluğında kiriş alt yüzeyine mesnetlenen U şeklindeki metalik sönümleyicilerin kullanıldığı yapılarda ana taşıyıcı elemanlardaki elastik olamayan şekildeğiştirmenin önemli oranda azalarak sönümleyicilerde yoğunlaştığı, bazı depremlerde ise tamamen yok olduğunu belirtilmiştir. Ayrıca sönümleyicilerin kullanıldığı yapılarda maksimum taban kesme kuvvetlerinde %6-%40 arasında, çatı ötelenmelerinde ise %13-%57 oranında azalmanın meydana geldiği belirtilmiştir.

Sahoo vd. (2015) ADAS sistemine çelik perde duvarlar ilave ederek deneysel ve nümerik çalışmalar yapmışlardır. Sonuçta çelik perde duvar ilavesinin sistemin yanal yük taşıma kapasitesi, yanal ötelenme rijitliğini, enerji tüketim kapasitesini ve sönüm oranını artırdığı görölmüştür. Ayrıca sistemin performansını artırmak için ADAS elemanları yerine çelik perde duvarın boyutlarının artırılmasının daha ekonomik olacağı belirtilmiştir.

Tagawa vd. (2016), tahterevallili şerit sönümleyici sistemini geliştirmişlerdir. Geliştirilen sistemde tahterevalli gibi çalışan bir konsolun iki ucuna şerit sönümleyiciler mesnetlenmiş ve köşegen doğrultusunda meydana gelen uzama ve kısalmalar neticesinde çelik çaprazlar konsolun tahterevallili gibi hareket etmesini sağlamıştır. Bu sırada konsol ile kiriş arasında bulunan şerit sönümleyiciler sayesinde yüksek enerji tüketimi elde edilmiştir. Aynı zamanda konsolun tahterevallili gibi davranması sayesinde çelik çaprazların deneyler boyunca yalnızca çekme kuvvetine maruz kaldığı gözlemlenmiştir.

Cheraghi ve Zahrai (2016) iç içe geçmiş halka tipi sismik sönümleyicileri çelik çaprazların orta bölgesinde kullanarak çevrimsel yükleme altındaki performanslarını incelemişlerdir. Sonuç olarak yüksek süneklilik elde edilirken %37-%50 arasında sönüm oranına ulaşılmıştır. Ayrıca bu sistemin kullanıldığı 5, 10 ve 15 katlı yapılar üzerinde gerçekteştirilen analizler neticesinde maksimum kat ötelenmelerinde sırasıyla %79, %63 ve %27'lik azalmalar meydana gelmiştir.

1.5. Literatür Özeti, Amaç ve Kapsam

20. yüzyılın başlarında inşaat mühendisliği yapılarının projelendirilmesinde yalnızca yapı ağırlığına göre dikkate alınan deprem etkisi, yapılardaki atalet kuvvetlerinin kavranmaya başlamasıyla farklı bir boyut kazanmaya başlamıştır. Bu yüzyılın ortalarına

gelindiğinde ise süneklilik, sönüm, enerji tüketimi gibi kavramların da önemi anlaşılmaya başlanmış ve deprem yönetmelikleri bu doğrultuda şekillenmeye başlamıştır.

Bu gelişmeler doğrultusunda, yapılarda yanal ötelenmeleri sınırlandıracak rijitlikte ve yapının enerji tüketim kapasitesine katkı sağlayacak süneklilikte yapısal elemanların tasarımına gerek duyulmuştur. Bu amaçla geleneksel çelik çaprazların kullanıldığı çelik yapılarda 1985 Mexico City, 1989 Loma Prieta, 1994 Northridge ve 1995 Hyogo-ken Nanbu depremlerinde beklenmedik hasarlar meydana gelmiştir. Bu depremlerde yapıların büyük bölümünde göçme meydana gelmese de onarılamayacak boyutta ağır hasarlar oluşmuş ve büyük ekonomik kayıplar yaşanmıştır. Meydana gelen hasarlar incelendiğinde çelik çaprazların yüksek rijitlikleri sayesinde yapıların yanal ötelenmelerini sınırlandırma konusunda başarılı oldukları görülse de süneklilik konusunda yeterli performansı sergileyemedikleri anlaşılmıştır. Özellikle, çelik çaprazlardaki burkulma problemi, yapıların performansını olumsuz yönde etkilemiştir. Burkulma problemi sistemin yük taşıma kapasitesinde hızlı bir düşüşe neden olarak burkulmanın meydana geldiği katları zayıflatmış ve hasarların bu katlarda yoğunlaşmasıyla onarılamaz hasarlara sebep olmuştur. Daha sonra deprem yönetmelikleri bu gibi hasarları engellemek yada sınırlandırmak üzere geliştirilmiş olsa da günümüzde de kullanılan geleneksel çelik çaprazların sünekliliklerinin yetersiz olduğu ve deprem gibi tekrarlı yüklemeler karşısında yorulma dayanımlarının zayıf olduğu bilinmektedir.

Yukarıda bahsedilen problemler, bazı yenilikçi inşaat mühendislerinin dikkatini çekmiş ve farklı yöntemler geliştirmeye yöneltmiştir. Bu doğrultuda 20. yüzyılın son çeyreğinden günümüze kadar bakıldığında yapılara ilave rijitlik ve enerji tüketimi sağlayacak, süneklilik kapasitesi yüksek, farklı özelliklerde bir çok enerji tüketim sistemi geliştirildiği ve bu konulardaki araştırmalara olan ilginin gün geçtikçe arttığı görülmektedir. Bu sistemlerin önemli bir kısmı "Genel Bilgiler" başlığı altında anlatılmıştır.

Bugüne kadar geliştirilen metalik sönümleyicili enerji tüketim sistemlerine bakıldığında çeliğin eğilme, burulma yada eksenel yükleme altındaki sünek davranışından faydalandığı görülmektedir. Ancak geliştirilen sistemlerin neredeyse tamamına yakını çelik yapılardaki çerçeve boşluklarında ters V şeklindeki çelik elemanlar yada çelik bloklar ile kirişlerin orta alt bölgeleri arasına monte edilerek kullanıldığı görülmektedir. Bu nedenle kirişlerde meydana gelen düzlem dışı yada düşey şekildeğişiklikler bu sistemlerin davranışlarını olumsuz etkilemesi kaçınılmazdır. Aynı zamanda bu sistemler bağlı

buldukları kirişlerin ilave kesit tesirlerine maruz kalmalarına sebep olmaktadır. Yapılan tasarımlara bakıldığında dar bir alanda oldukça sınırlı sayıda metalik sönümleyiciyi kullanma imkanı bulunmaktadır. Bu durumda herhangi bir metalik sönümleyicide meydana gelen hasar sistemin yük taşıma kapasitesinin önemli oranda azaltmasına sebep olmaktadır. Dolayısı ile bu sistemleri çerçevede diyagonal doğrultuda kullanılması daha doğru görünmektedir. Literatürde eğilme etkisinde çalışan metalik sönümleyicili sistemlerin çerçeve boşluğunda diyagonal doğrultuda kullanılmasına olanak veren tek bir sistem bulunmaktadır. Ancak bu sistemde de sınırlı sayıda metalik sönümleyici kullanılabilir. Bu durum yüksek yük taşıma kapasitesine ihtiyaç duyulan elemanlarda daha kalın metalik sönümleyici levhaların kullanılmasını gerektirmektedir. Ancak eğilmek üzere tasarlanmış metalik sönümleyici levhaların kalınlıklarının artması bu elemanlarda kayma gerilmelerini baskın hale getirerek göçme biçimini değiştirmektedir. Ayrıca bu sistemin ana çerçeveye ankastre bağlı olması sistemin diyagonal doğrultuda uzama ve kısalma hareketine ilave olarak diğer kesit tesirlerine de maruz kalmasına ve düzlemi dışında da zorlanmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı çerçeveye diyagonal doğrultuda mafsalı birleşime ve mevcut sistemlere kıyasla oldukça fazla sayıda metalik sönümleyici levhanın kullanımına olanak veren özgün bir metalik sönümleyicili çelik çapraz sisteminin geliştirilmesidir. Sistemin ana çerçeveye diyagonal doğrultuda mafsalı birleşimi sayesinde yalnızca aksenal doğrultuda uzama ve kısalma yapması amaçlanmış ve diğer kesit tesirlerinin göz ardı edilmesi planlanmıştır. Böylelikle, projelendirme aşamasında sistemin tıpkı geleneksel çelik çaprazlar gibi modellenmesi ve yalnızca üzerine etkiyecek aksenal yüke göre tasarlanmasının yeterli olacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra geliştirilen sistemin literatürdeki mevcut sistemler gibi, yapıya yüksek enerji tüketimi sağlaması ve yüksek bir sönüm oranına ulaşarak kat kesme kuvvetlerini de azaltması beklenmektedir.

Bu amaçlar doğrultusunda öncelikle bu çalışma kapsamında geliştirilen metalik sönümleyicili çelik çapraz sisteminin özellikleri ve tasarım esasları anlatılmıştır. Daha sonra sistem üzerinde yapılan deneysel, sayısal ve teorik çalışmalara yer verilmiştir. 3. Bölüm'de yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular irdelenmiş ve 4. Bölüm'de sonuçlar ortaya konulmuştur.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin Gelişimi

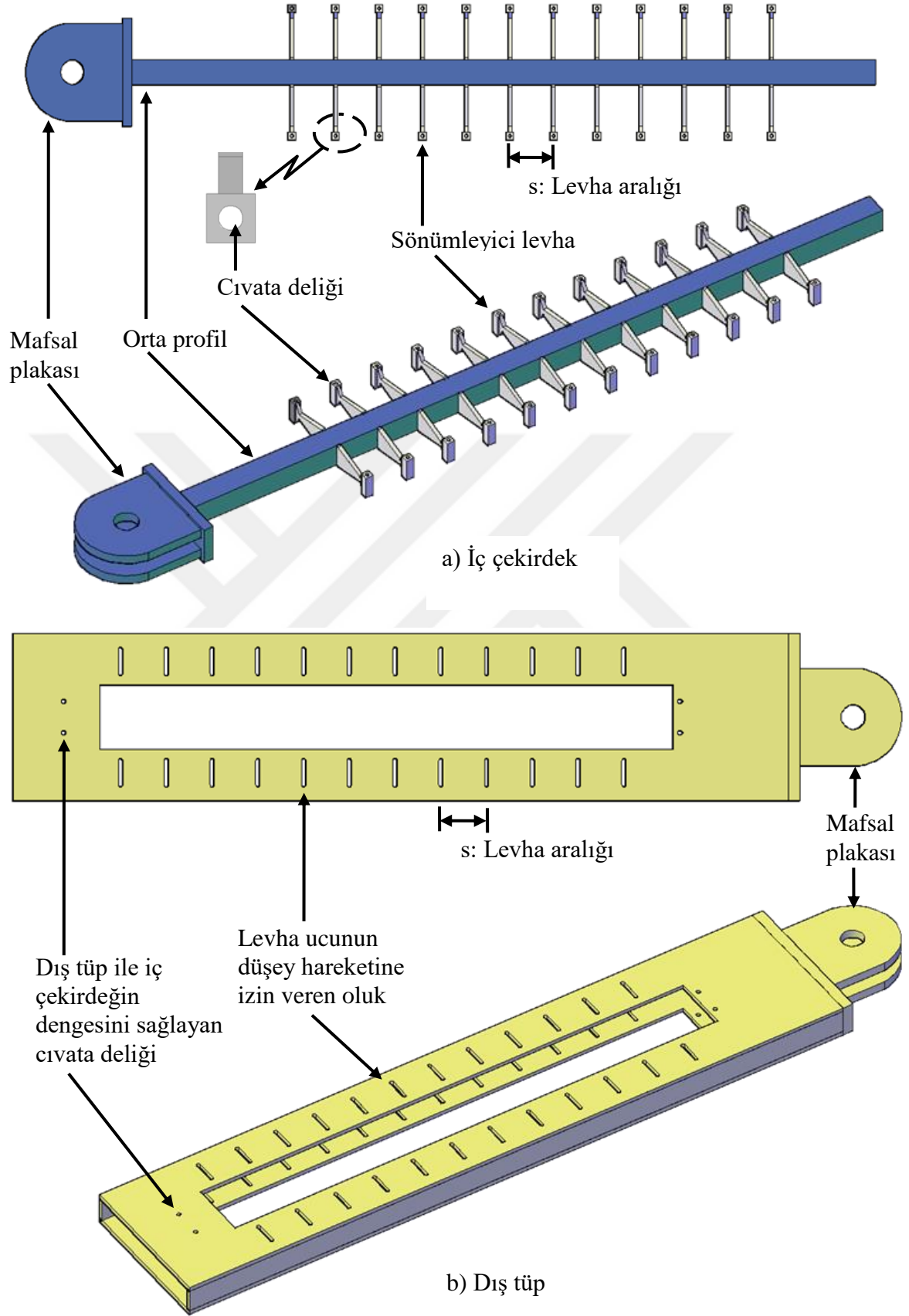
Şiddetli depremler yapılar da önemli seviyede hasarlara neden olmakta ve buna bağı olarak ana taşıyıcı elemanların rijitlik ve dayanımlarında önemli azalmalar meydana gelmektedir. Bir önceki bölümde bu hasarları azaltmak için geliştirilmiş yöntemlerden bahsedilmiştir. Bu yöntemlerde amaç yapıya ilave edilecek sismik enerji sönümleyiciler ile kat kesme kuvvetlerini azaltmak ve hasarı sönümleyici sistemlerde yoğunlaştırarak ana taşıyıcı elemanlardaki hasarı azaltmak veya geciktirmektir. Olası bir depremde yapıdaki hasarın sismik enerji sönümleyicilerde yoğunlaşabilmesi için kullanılacak sistemin özel olarak tasarlanmış ve konumlandırılmış olması gerekmektedir. Geliştirilen sistemler içinden metalik sönümleyicilere bakıldığında genellikle çeliğin eğilme etkisindeki sünek davranışından yararlanıldığı görülmektedir. Ancak sönümleyici olarak kullanılan çelik levhaların ADAS ve T-ADAS sistemlerinde olduğu gibi kirişin alt yüzeyinde mesnetlendirilmesi kullanılacak levha sayısında kısıtlamalara ve mesnetlendikleri kirişlerde ilave kesit tesirlerine neden olmaktadır. Bu çalışmada geliştirilen Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyiciler (TTSES) ise tüm bu dezavantajları ortadan kaldıran, burkulması önlenmiş çelik çaprazlar ve T-ADAS sistemlerinden ilham alınarak ortaya çıkmış yeni ve özgün bir metalik sönümleyicili çelik çapraz sistemidir.

2.2. Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin Tasarımı

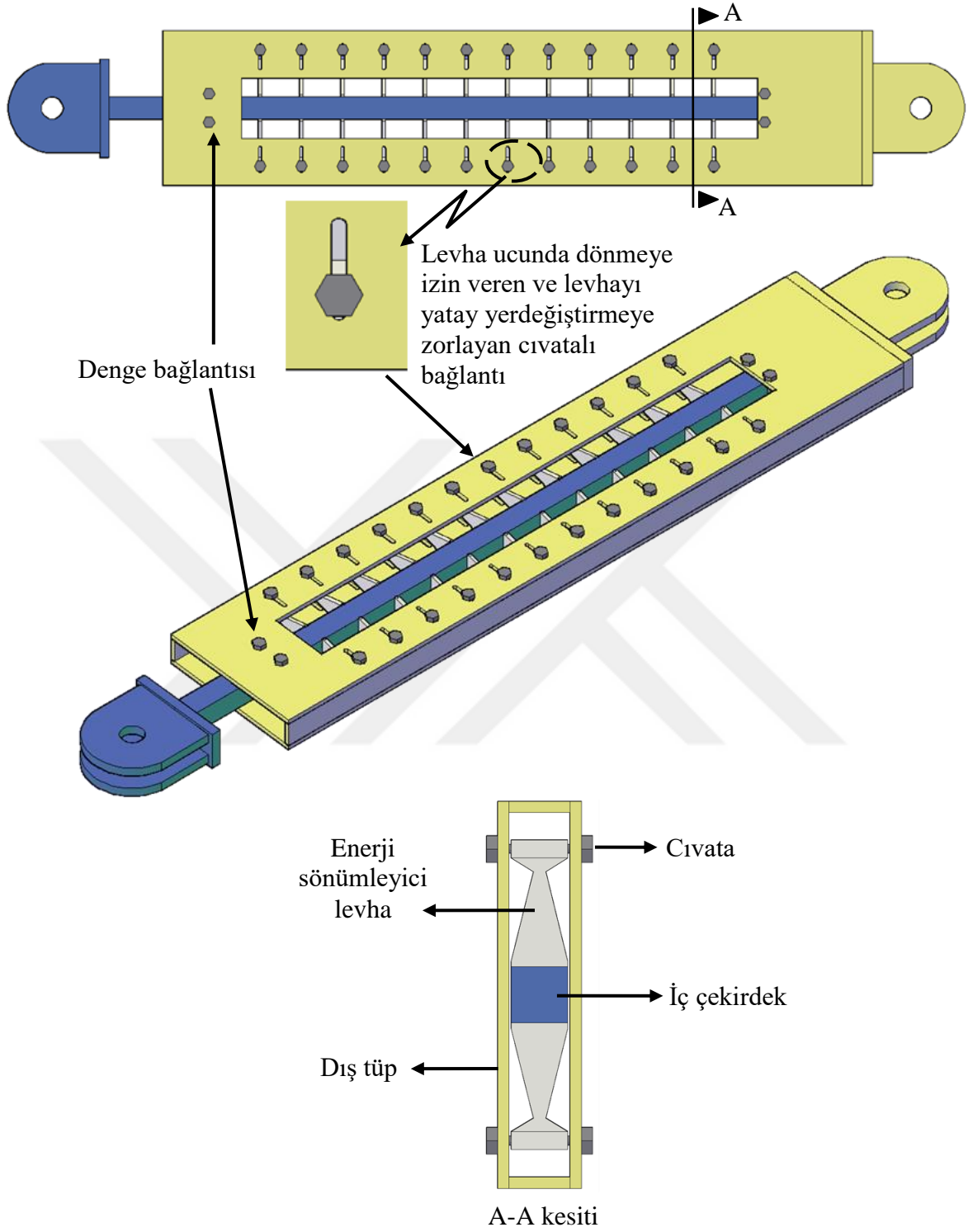
TTSES iç çekirdek (Şekil 2.1(a)) ve dış tüp (Şekil 2.1(b)) olarak isimlendirilen iki ayrı parçanın birleşiminden oluşmaktadır (Şekil 2.2). Sönümleyici levhalar iç çekirdek boyunca orta profilin iki yanına simetrik olarak belirli aralıklarla yerleştirilmektedir. İç çekirdek dış tüpün içine yerleştirilmektedir. Bu iki parçanın birleşimi için dış tüp boyunca sönümleyici levhalar ile aynı aralıkta ve dış tüp eksenine dik doğrultuda oluklar bırakılmıştır. Bu oluklardan geçirilen yüksek dayanımlı cıvatalar ile her bir sönümleyici levhanın dış tüpe bağlantısı sağlanmaktadır. Meydana gelen TTSES, iç çekirdek ve dış tüpün serbest uçlarından çerçeveye köşegen doğrultusunda mesnetlenecektir (Şekil 2.3).

Çerçevede köşegen doğrultusunda meydana gelecek uzama ve kısaltmalar neticesinde iç çekirdek dış tüp içinde ve dış tüpe göre bağıl hareket edecektir. Bir ucundan iç çekirdeğe ankastre bağılı, diğer ucundan ise dış tüpe dönmesi serbest şekilde cıvata ile bağılı bulunan sönümleyici levhalar iç çekirdeğin dış tüpe göre bağıl hareketi neticesinde cıvatalar vasıtası ile eğilmeye zorlanacaktır (Şekil 2.4).

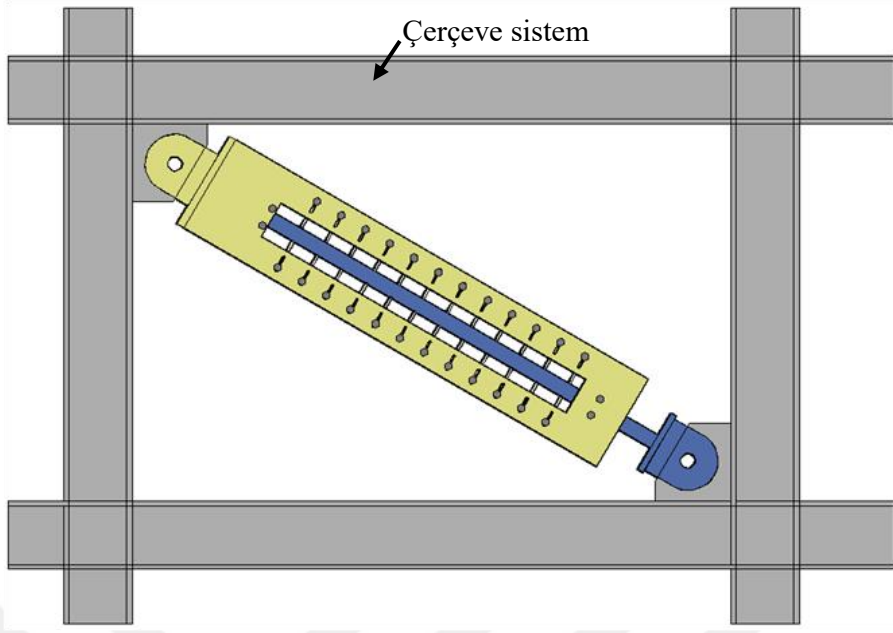




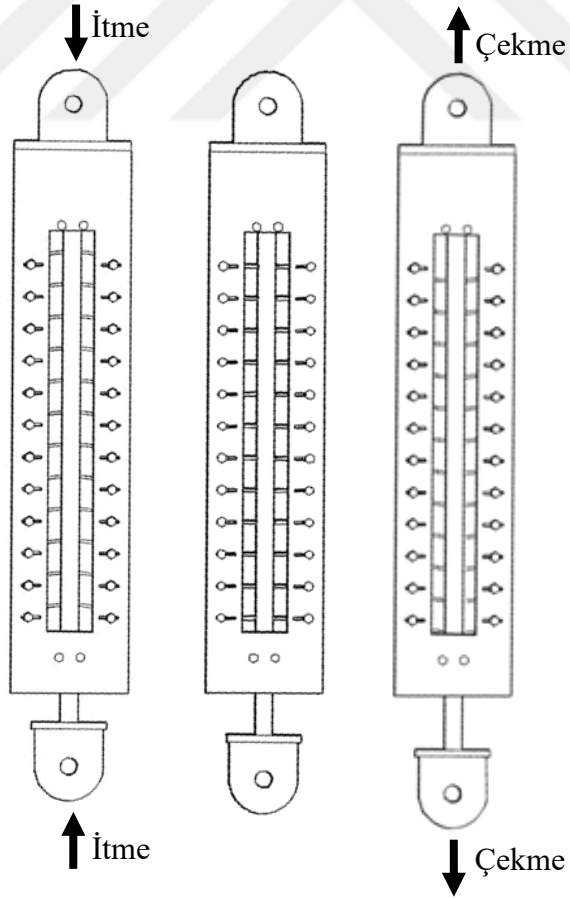
Şekil 2.1. TTSES'i oluşturan elemanlar



Şekil 2.2. TTSES



Şekil 2.3. TTSES'in taşıyıcı sistemde uygulaması

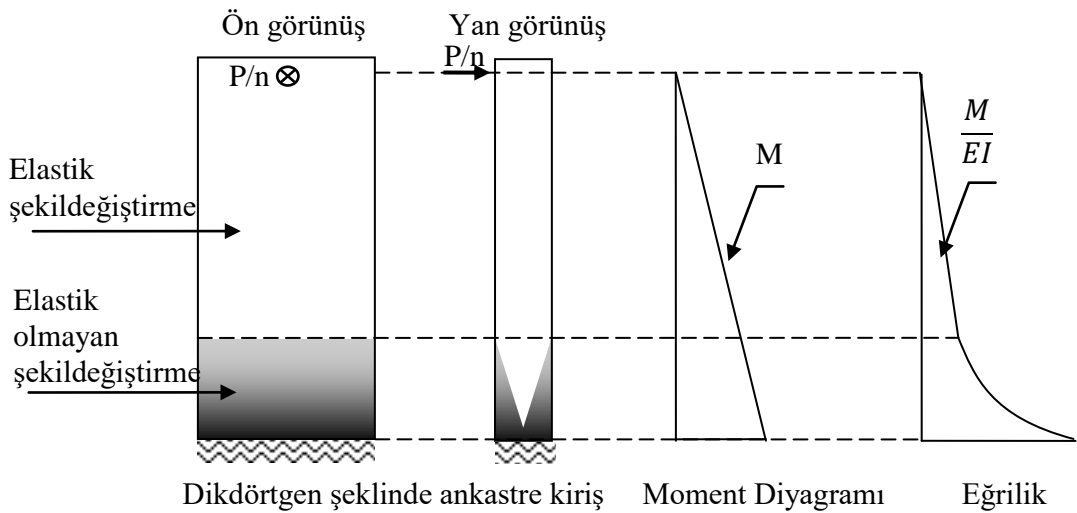


Şekil 2.4. TTSES'in şekil değiştirmiş hali

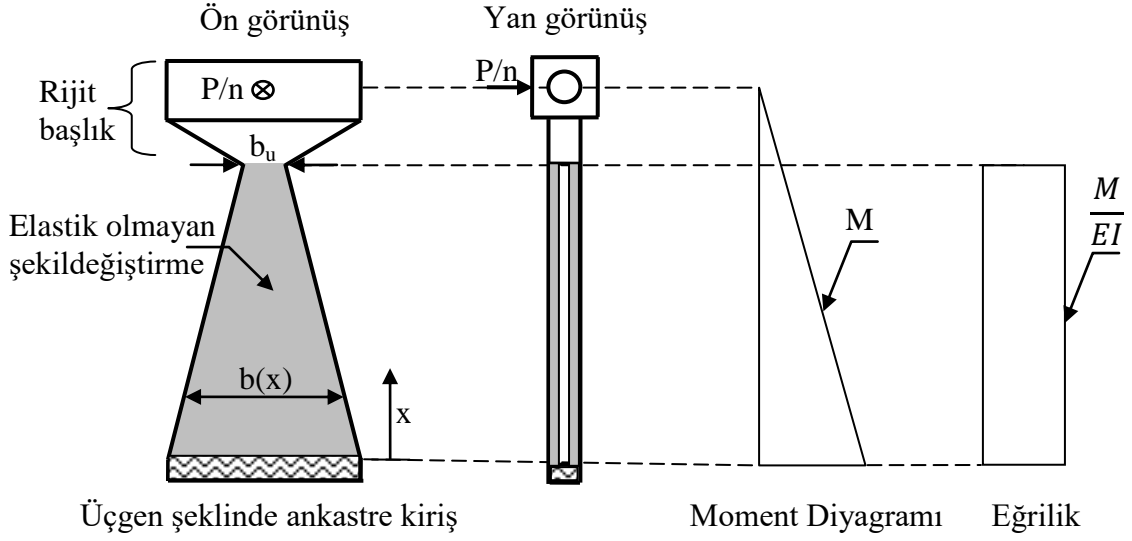
2.2.1. Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin Tasarım Esasları

2.2.1.1. Sönümleyici Levha Tasarımı

Sismik enerji sönümleyicili sistemlerin tasarımında en önemli husus sönümleyici elemanların kendinden beklenen sünek davranışı sergileyebilecek özellikte olmasıdır. Metalik sönümleyicili sistemlerde sönümleyici levhalar çoğu zaman eğilme etkisine maruz bir ankastre kiriş gibi tasarlanmaktadır. Bilindiği gibi eğilme etkisine maruz dikdörtgen şeklindeki sönümleyici levhalarda eğrilik ve elastik olmayan şekildeğiştirme mesnet bölgesine yakın yerlerde birikimli olarak artmaktadır (Şekil 2.5) (Bruneau vd. 1998). Bu durumda elastik olmayan şekildeğiştirmeler bu bölgelerde yoğunlaşarak sistemin erkenden göçmesine neden olmakta ve yeterli süneklik sağlanamamaktadır. Bölüm 1'de anlatıldığı gibi, ADAS ve T-ADAS sistemlerinde kullanılan sönümleyici levhalar elastik olmayan şekildeğiştirmenin neredeyse tüm levha boyunca eşit olarak yayılmasını temin edecek şekilde tasarlanmıştır. Tasarımda üçgene benzer bir geometri kullanılarak eğrilik levha boyunca yaklaşık eşit olması ve dolayısıyla hasarın da eşit olarak yayılması sağlanabilmektedir (Şekil 2.6). Böylelikle dikdörtgen şeklindeki levhalara göre göçme geciktirilmekte ve sünek davranış sağlanabilmektedir (Şekil 2.7). Bu çalışmadaki sönümleyici levhaların boyutlandırılmasında Tsai vd. (1993) tarafından önerilen tasarım yönteminden faydalanılmıştır.



Şekil 2.5. Dikdörtgen şekilde ankastre kirişin mekanik davranışını gösteren grafikler (Bruneau vd., 1998).



Şekil 2.6. Üçgen şeklindeki sönümleyici levhalarda meydana gelen şekildeğişimler (Tsai vd., 1993).

Tsai vd. (1993) sönümleyici levhaların tasarımı için geliştirdikleri yöntemde kapasite tasarımını esas almışlardır. Buna göre serbest ucundan eğilmeye zorlanan ankastre kirişlerdeki moment değişimi ankastre uçtan serbest uca doğru doğrusal olarak azaltmaktadır. Bu durumda kiriş boyutlarının da moment diyagramıyla uyumlu olarak değişmesi sünek ve ekonomik bir tasarıma imkan vermektedir.

TTSES'de, n levha sayısını göstermek üzere, her bir sönümleyici levhaya etkiyecek olan kuvvet P/n 'dir. P/n yükünün levhada oluşturacağı kesit tesirleri Şekil 2.8'de şematik olarak gösterilmiştir. Bu kesit tesirlerinin hesabında; l levha uzunluğunu (moment kolu) ve x levha tabanına olan mesafeyi göstermek üzere sönümleyici levhaya etkiyen moment, $M(x)$, ve kesme kuvveti, $V(x)$, aşağıdaki denklemlerle hesaplanabilir:

$$M(x) = \frac{P(l-x)}{n} \quad (2.1)$$

$$V(x) = \frac{P}{n} \quad (2.2)$$

Plastik mafsalsın olduğu bir dikdörtgen kesitte normal kuvvet, $N(x)$, kesme kuvveti, $V(x)$ ve moment, $M(x)$, arasında aşağıdaki şartın sağlanması gerekmektedir (Neal 1961):

$$\frac{M(x)}{M_p(x)} + \left(\frac{N(x)}{N_p(x)}\right)^2 + \frac{\left(\frac{V(x)}{V_p(x)}\right)^4}{\left[1 - \left(\frac{N(x)}{N_p(x)}\right)^2\right]} = 1 \quad (2.3)$$

Burada $M_p(x)$, $V_p(x)$ ve $N_p(x)$ kesitte plastik mafsal oluşumuna neden olan kuvvetler olup dikdörtgen kesitler için aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$M_p(x) = \frac{b(x)h^2}{4} \sigma_y \quad (2.4)$$

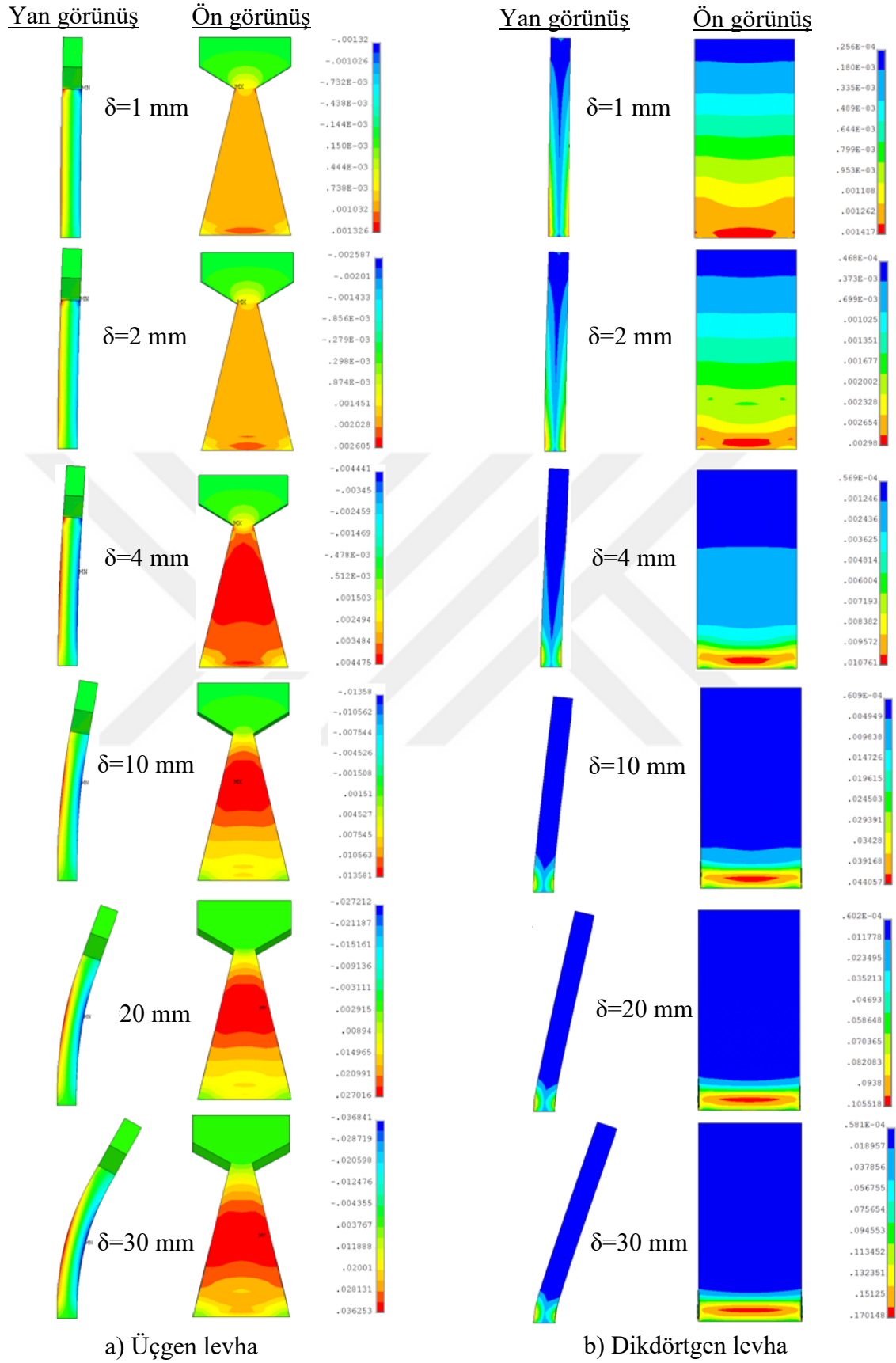
$$V_p(x) = \frac{b(x)h}{2} \sigma_y \quad (2.5)$$

$$N_p(x) = b(x)h\sigma_y \quad (2.6)$$

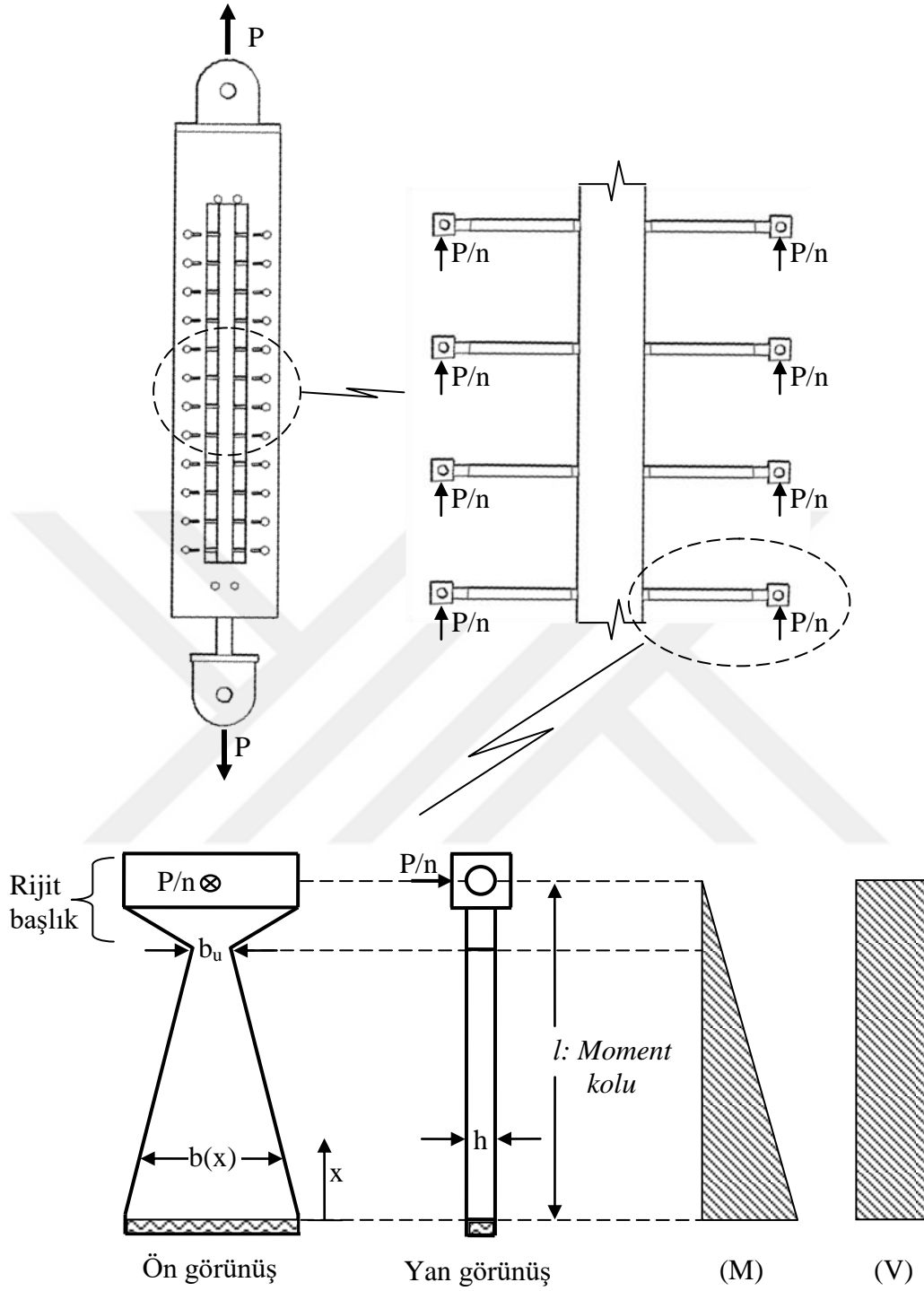
TTSES'lerde kullanılan sönümleyici levhalar bir ucundan dönmesi serbest şekilde dış tüpe bağlanmaktadır (Şekil 2.1 ve 2.2). Serbest uçtan eğilmeye zorlanacak levhanın serbest ucunun dış tüpe bırakılan oluk içerisindeki yatay hareketi serbest bırakılmıştır. Bu nedenle eğilme esnasında levhaya yalnızca moment ve kesme kuvveti etki edecek olup normal kuvvet göz ardı edilebilecek kadar küçüktür. Bu durumda Denklem 2.3 yeniden düzenlenir ve Denklem 2.1, 2.2, 2.4 ve 2.5 yerine yazılırsa:

$$\frac{4P_p(l-x)}{nb(x)h^2\sigma_y} + \left(\frac{2P_p}{nb(x)h\sigma_y}\right)^4 = 1 \quad (2.7)$$

denklemi elde edilir. Burada σ_y çeliğin akma dayanımını, $b(x)$ levha genişliğini, h levha kalınlığını, l levha uzunluğunu (moment kolunu) ve P_p TTSES'in akma yükünü göstermektedir (Şekil 2.8). Denklem 2.7 kullanılarak TTSES'in akma yüküne göre sönümleyici levhalar için gerekli ön boyutlandırma ve levha sayısı belirlenebilmektedir.



Şekil 2.7. Sönümleyici levha geometrisine göre birim şekildeğiştirme dağılımlarının karşılaştırılması



Şekil 2.8. Sönümleyici levhaya etkiyen kesit tesirleri

TTSES'lerin elastik rijitliği sönümleyici levhaların elastik yük taşıma kapasiteleriyle doğru orantılıdır. Dikdörtgen kesitli bir sönümleyici levhada en dış lifte akma birim şekildeğiştirmesinin meydana geldiği andaki moment, M_y , elastik mukavemet momenti yardımı ile aşağıdaki şekilde bulunabilir:

$$M_p = \frac{b(x)h^2}{4} \sigma_y \quad (2.8)$$

$x=0$ iken; $b(x)=b_t$ levha taban genişliğini göstermek üzere Denklem 2.1 Denklem 2.8'de yerine yazılırsa sönümleyici levhada en dış lifte akma birim şekildeğiştirmesinin meydana geldiği anda TTSES'in taşıyacağı yük aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$P_p = \frac{nb_t h^2}{4l} \sigma_y \quad (2.9)$$

Sönümleyici levha boyunca eğriliğin, Φ , sabit olması levha ucuna etkiyen yüke karşılık gelen yerdeğiştirmenin, δ , bulunmasında büyük kolaylık sağlamaktadır. Şekil 2.9'daki geometrik bağıntılardan faydalanarak levha ucunda meydana gelen yerdeğiştirme yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\delta = \Phi l \frac{1}{2} \quad (2.10)$$

Düzlem kesitlerin düzlem kaldığı kabul edilerek; Denklem 2.10, levhanın en dış lifindeki birim şekildeğiştirmenin, ε , bir fonksiyonu olarak yazılırsa levha ucunun yaptığı düşey yerdeğiştirmeyi veren ifade aşağıdaki gibi elde edilir:

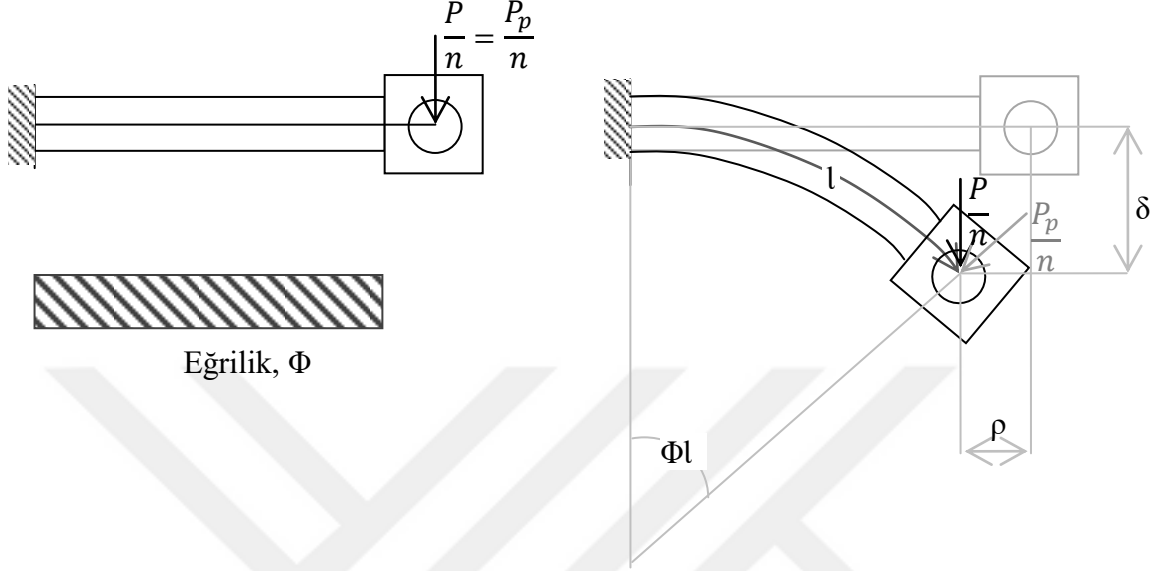
$$\delta = \left(\frac{2\varepsilon}{h}\right) \left(\frac{l^2}{2}\right) = \frac{\varepsilon l^2}{h} \quad (2.11)$$

Sönümleyici levhada en dış lifte akma birim şekildeğiştirmesinin meydana geldiği andaki yerdeğiştirme kullanılan malzemenin akma birim şekildeğiştirmesinin, ε_y , bilinmesi durumunda aşağıdaki gibi elde edilir:

$$\delta_p = \frac{\varepsilon_y l^2}{h} \quad (2.12)$$

TTSES'de kullanılan bütün sönümleyici levhalar aynı geometrik özelliklerde olduğu için, E elastisite modülünü göstermek üzere, sistemin elastik rijitliği, k_E , aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$k_E = \left(\frac{P_y}{\delta_y} \right) = \frac{nb_t \sigma_y}{6\varepsilon_y} \left(\frac{h}{l} \right)^3 = \frac{nb_t E h^3}{6l^3} \quad (2.13)$$



Şekil 2.9. Eğilmiş bir sönümleyici levhanın şematik görünümü (Gray vd., 2015).

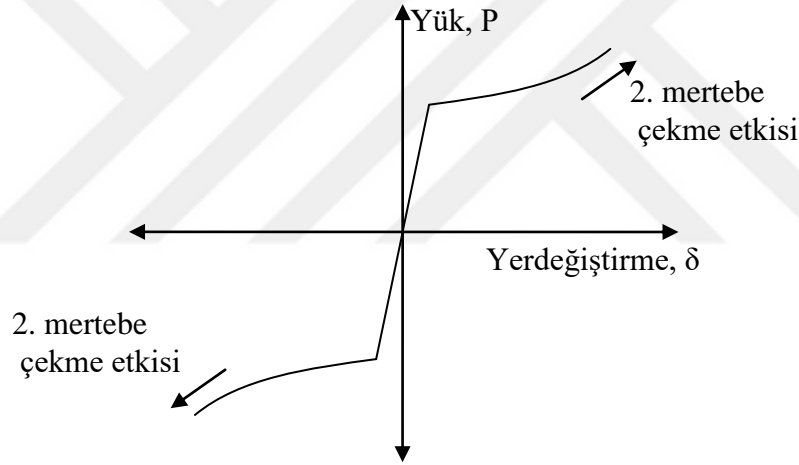
Sönümleyici levhaların sünekliliği TTSES'lerin elastik aşamadan sonraki performanslarını önemli ölçüde etkilemektedir. TTSES'lerde sönümleyici levhalar dış tüp ile iç çekirdeğin birbirine göre bağıl hareketi neticesinde civatalar vasıtası ile eğilmeye zorlanmaktadır. Sönümleyici levha ne kadar eğilirse eğilsin civatalar sönümleyici levhanın ucundaki delik içinde serbestçe dönebilmektedir. Bu durumda sönümleyici levhayı eğilmeye zorlayan kuvvet, P/n , daima orta profile paralel olacaktır (Şekil 2.9). Eğiliğin sönümleyici levha boyunca sabit olduğu kabul edilerek P/n kuvveti P_p/n kuvvetinin bir fonksiyonu olarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$P = \frac{P_p}{\cos(\Phi l)} \quad (2.14)$$

Denklem 2.10 Denklem 2.14'de yerine yazılırsa TTSES'lerin akma yükünden sonraki performansı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$P = \frac{P_p}{\cos\left(\frac{2\delta}{T}\right)} \quad (2.15)$$

Burada önerilen yaklaşık hesap yöntemine göre TTSES'in yük-yerdeğiştirme ilişkisini gösteren zarf eğrisi Şekil 2.12'de şematik olarak gösterilmiştir. Burada TTSES'in akma yükünden sonraki performansı sönümleyici levhanın geometrik ve mekanik özelliklerinin sağlayacağı sünekliliğe bağlıdır. Daha önce de bahsedildiği gibi, sönümleyici levha geometrisinin, meydana gelecek olan birim şekildeğiştirme dağılımının levha boyunca eşit olmasını temin edecek şekilde tasarlanması levhanın göçmesini geciktirmektedir. Bu sayede çeliğin pekleşmesinden de yararlanılarak sistemin yük taşıma kapasitesi ve sünekliliği artmaktadır.



Şekil 2.10. Önerilen hesap yöntemine göre TTSES'lerin yük-yerdeğiştirme ilişkisini gösteren zarf eğrisi

2.2.1.2. İç Çekirdek Tasarımı

İç çekirdek, orta profil ve onun iki yanına belli aralıklarla simetrik olarak yerleştirilen sönümleyici levhalardan meydana gelmektedir (Şekil 2.1(a)). Cıvatalar vasıtasıyla eğilmeye zorlanan sönümleyici levhaların orta profil boyunca yarattığı kesit etkileri Şekil 2.11'de gösterilmiştir. Sönümleyici levhalar orta profilin iki yanında simetrik olarak yerleştirildiği için orta profil yalnızca aksenal yüke maruz kalmaktadır. Aksenal yük orta profilin serbest ucundan alt mesnedine kadar artarak devam etmektedir. Bu durumda tek bir yük ve tek bir burkulma boyu için değil, aksenal yükün değiştiği her

bölüm için ayrıca burkulma denetimi yapılması gerekmektedir. Bu denetim; I orta profilin zayıf eksenini doğrultusundaki atalet momentini, L orta profilde burkulma denetimi yapılacak bölgenin mesnede olan uzaklığını ve P_{cr} burkulma denetimi yapılacak bölgedeki aksinel yükü göstermek üzere Euler burkulma yükü formülü ile aşağıdaki gibi yapılabilir:

$$\frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \geq P_{cr} \quad (2.16)$$

Burada burkulma katsayısı $K=1$ alınmalıdır.

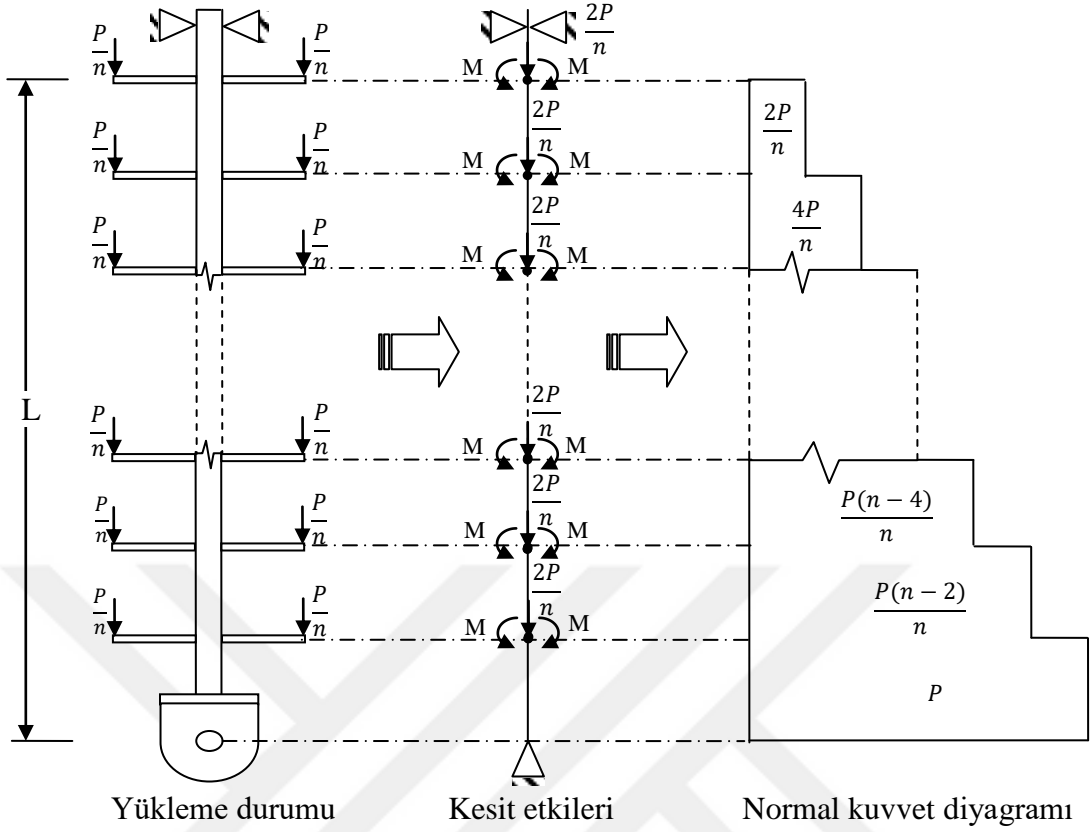
İç çekirdek çevrimsel yükleme nedeniyle aksinel basınç yükünün yanı sıra aksinel çekme yüküne de maruz kalmaktadır. Bu nedenle; A orta profilin enkesit alanını göstermek üzere aşağıdaki şartın sağlanması gerekmektedir:

$$\frac{P}{A} \leq \sigma_y \quad (2.17)$$

2.2.1.3. Dış tüp Tasarımı

Dış tüp ve iç çekirdek çerçevede köşegen doğrultusunda meydana gelen uzama ve kısalmalar neticesinde birbirlerine göre bağıl hareket yapmaktadırlar. Bu esnada iç çekirdeğin dış tüpe bağlantısını sağlayan cıvatalar dış tüp üzerindeki oluklarda yatay hareket yapmaktadırlar. Sönümleyici levhaların aksinel yüke maruz kalmaması için cıvataların bu yatay hareketi serbestçe yapabilmeleri gerekmektedir. Bu nedenle dış tüp üzerindeki olukların yeterli uzunlukta bırakılması gerekir. Sönümleyici levhalardaki eğrilik sabit kaldığı sürece levha ucunun yatay yerdeğiştirilmesi, ρ , Şekil 2.9'daki geometriden yararlanılarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\rho = l - \frac{l^2 \sin\left(\frac{2\delta}{l}\right)}{2\delta} \quad (2.18)$$

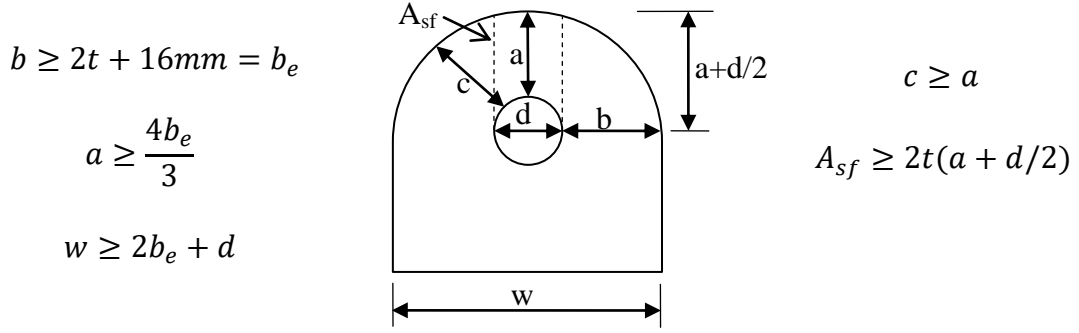


Şekil 2.11. Orta profilde meydana gelen kesit tesirleri

2.2.1.4. Mafsals Plakası Tasarımı

Dış çekirdek ve iç tüpün çerçeve sisteme bağlantısını sağlayan mafsals plakaları, çevrimsel yükleme altında çekme ve basınç kuvvetlerine maruz kalmaktadır. TTSES'in yalnızca aksenal yüke maruz kalmasını sağlayabilmek için mafsals plakalarının çerçeve sisteme bağlantısında bulon kullanılmalıdır. AISC 360-10'a göre mafsals plakaları Şekil 2.12'deki geometrik şartları sağlamalıdır. Burada; b delik kenarından plaka kenarına olan kuvvete dik doğrultudaki uzaklığı, t mafsals plakası kalınlığını, b_e etkin genişliği, a delik kenarından plaka kenarına olan kuvvet doğrultusundaki uzaklığı, w mafsals plakası taban genişliğini, A_{sf} kırılma çizgisi alanını ve d bulon deliği çapını göstermektedir.

Mafsals plakasının taşıma kapasitesi T_n , çekme kırılması sınır durumu (Denk. 2.19), kesme kırılması sınır durumu (Denk. 2.20), ezilme (Denk. 2.22) ve akma sınır durumları (Denk. 2.24) esas alınarak hesaplanacak mevcut dayanımların en küçüğü ile belirlenmelidir (AISC 360-10).



Şekil 2.12. Mafsals plakası geometrik şartları (AISC 360-10).

$$T_n = \sigma_u(2tb_e) \quad (2.19)$$

$$T_n = 0.6\sigma_u A_{sf} \quad (2.20)$$

$$A_{pb} = dt \quad (2.21)$$

$$T_n = 1.8\sigma_u A_{pb} \quad (2.22)$$

$$A_g = wt \quad (2.23)$$

$$T_n = \sigma_y A_g \quad (2.24)$$

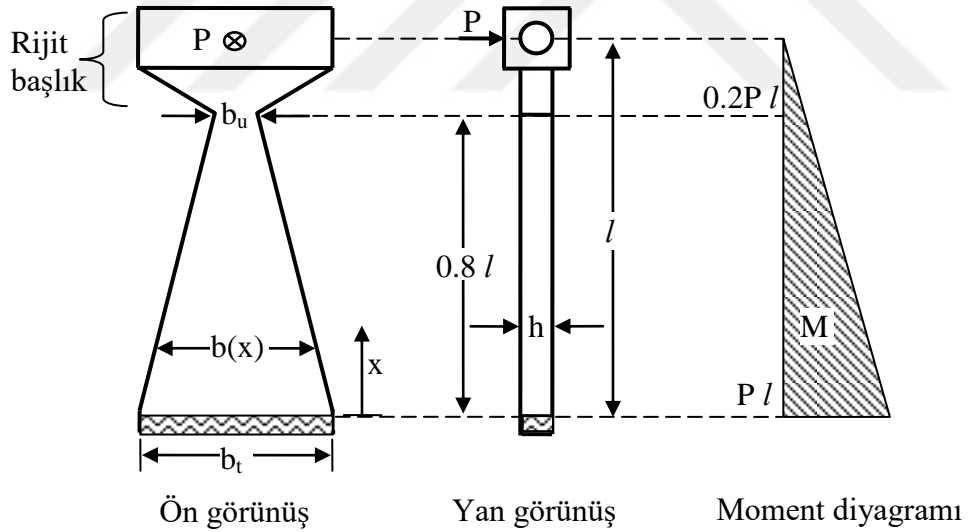
Burada σ_u karakteristik çekme dayanımını, σ_y karakteristik akma dayanımını, A_g kayıpsız en kesit alanını ve A_{pb} ezilme etkisinde iz düşüm alanını göstermektedir.

2.2.1.5. Sönümleyici Levhaların Ön Boyutlandırması

TTSES'lerin performanslarını etkileyecek en önemli unsur sönümleyici levha boyutlarıdır. Enerji tüketimi, süneklik ve sönüm kapasitesinin artırılabilmesi için sönümleyici levhaların çevrimsel yük etkisinde taşıma gücünü erkenden kaybetmesi engellenmelidir. Bu durum sönümleyici levhada eğilme etkisiyle meydana gelecek birim şekildeğiştirmenin levha boyunca düzgün olarak dağılmasıyla sağlanabilmektedir.

Şekil 2.13'de bir sönümleyici levhanın ucuna etkiyecek düşey yük neticesinde meydana gelecek moment, şematik olarak gösterilmiştir. Tasarımda $0.8l$ uzunluğundaki levha yüzeyi boyunca birim şekildeğiştirmenin eşit dağılması amaçlanmıştır. M_y momenti, $b(x)$ levha genişliğini, h levha kalınlığını ve σ_y çeliğin karakteristik akma dayanımını

göstermek üzere; levha kesitinin elastik moment taşıma kapasitesi Denk 2.8 ile hesaplanabilmektedir. P yükü altında levhada meydana gelen maksimum moment $l=0$ 'da Pl olarak meydana gelmektedir. Levha kalınlığı sabit olmak koşulu ile $l=0$ 'da Pl momenti etkisinde akma birim şekildeğiştirmesinin meydana geleceği, levha taban genişliği b_t olarak kabul edilmiştir. Aynı şekilde $0.8l$ 'de oluşacak $0.2Pl$ momenti etkisinde akma birim şekildeğiştirmesinin meydana geleceği levha uç genişliği b_u olarak kabul edilmiştir. Sonuç olarak $0.8l$ uzunluğundaki levha yüzeyi boyunca birim şekildeğiştirmenin düzgün olarak dağılabilmesi için levha uç genişliğinin levha taban genişliğine oranının $b_u/b_t=0.2$ olması gerekmektedir (Ek-1). Dikkat edilirse levha boyunca moment değişimi doğrusaldır. Bu nedenle $0.8l$ uzunluğundaki levha boyunca levha genişliğindeki değişiminde doğrusal olması gerekmektedir. Böylelikle sönümleyici levha boyunca birim şekildeğiştirmelerin yaklaşık olarak eşit dağılmasını sağlayacak ön boyutlandırma yapılmıştır. Bu çalışmada $0.8l$ uzunluğundaki levha boyu dikkate alınarak hesap yapılmış olup farklı boyutlarda levha tasarımları yapmakta mümkündür.



Şekil 2.13. Sönümleyici levhanın geometrik özellikleri

2.3. Sönümleyici Levha Boyutlarının Deneysel ve Sayısal Yöntemlerle Belirlenmesi

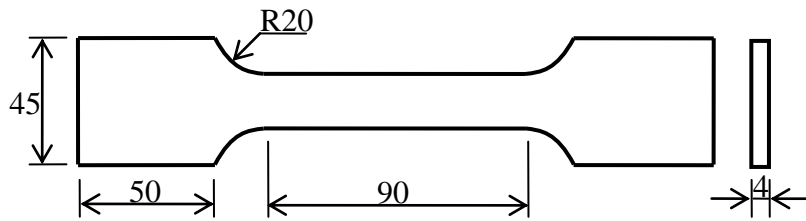
Sönümleyici levhaların ön boyutlandırmasında kullanılan yöntemde, sönümleyici levhalarda meydana gelecek birim şekildeğiştirmenin levha yüzeyi boyunca eşit olarak dağılmasını sağlayabilmek için, yalnızca moment etkisi dikkate alınmış olup kayma

gerilmeleri ihmal edilmiştir. Ancak sönümleyici levhalara etkiyen kesme kuvveti levha boyunca eşittir (Şekil 2.8). Dolayısıyla levha ucuna doğru gidildikçe enkesit alanı azaldığından kayma gerilmeleri giderek artmaktadır. Bu durum levha ucuna doğru gidildikçe birim şekildeğiştirme dağılımında sapmaların olacağını göstermektedir. Bu durumda sönümleyici levha yüzeyi boyunca meydana gelecek birim şekildeğiştirme dağılımının deneysel ve sayısal yöntemlerle belirlenerek levha uç genişliğinin revize edilmesi gerekmektedir. Bu bölümde TTSES'lerin imalatında kullanılmak üzere ön boyutlandırması yapılan sönümleyici levhalar üzerinde yapılan deneysel ve sayısal çalışmalar anlatılmaktadır. Bu çalışmalar neticesinde ön boyutlandırması yapılan sönümleyici levhaların yüzeylerinde meydana gelen birim şekildeğiştirme dağılımları incelenerek levha uç genişliği (b_u) revize edilmiştir.

2.3.1. Deneysel Yöntem

2.3.1.1. Malzeme Deneyleri

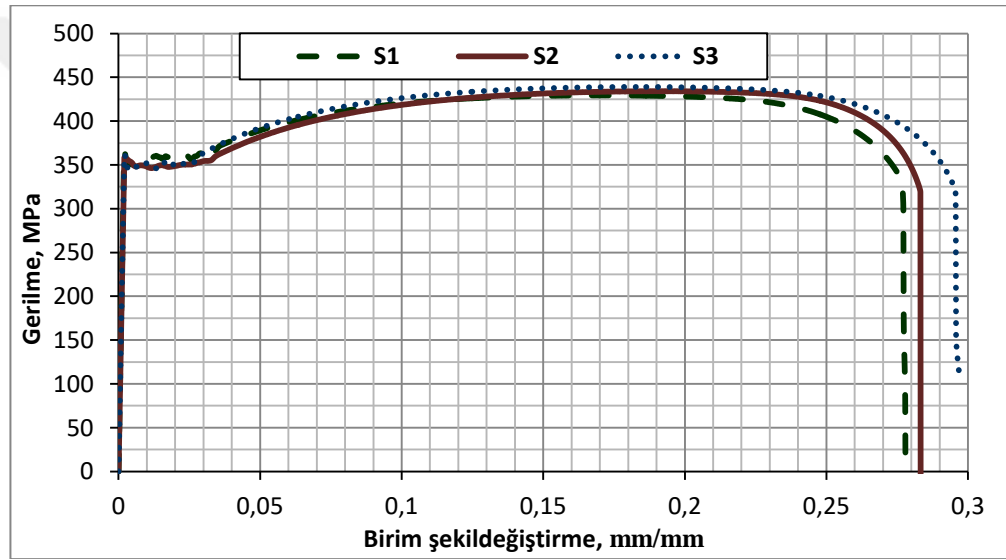
Sönümleyici levhaların üretiminde kullanılan S355JR kalitesindeki çeliğin mekanik özelliklerini belirlemek için Karadeniz Teknik Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nde çekme deneyleri yapılmıştır. Çelik plakalardan ASTM A370 standardına uygun olarak üretilen 3 adet çekme çubuğunun geometrik özellikleri Şekil 2.14'de gösterilmiştir. Şekil 2.15'de çekme deneyleri yapılan numuneler, Şekil 2.16'da deneyleri yapılan numunelere ait mühendislik gerilmesi - birim şekildeğiştirme eğrileri ve Tablo 2.1'de sonuçlar verilmiştir. Sönümleyici levhalarda kullanılan yük aktarıcı civataların özellikleri ise Tablo 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.14. ASTM A370'e göre üretilen çekme çubuğunun geometrik özellikleri (mm)



Şekil 2.15. Çekme deneyleri



Şekil 2.16. Çekme çubuklarına ait mühendislik gerilmesi - birim şekil değiştirme eğrileri

Tablo 2.1. Çekme çubuklarının mekanik özellikleri

Çekme deney elemanı	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Elastisite modülü (MPa)	Akma dayanımı (MPa)	Akma birim şekil değiştirme (ε)	Çekme dayanımı (MPa)
S1	20.00	4.03	180078.81	365.56	0.00203	429.40
S2	19.99	4.03	182412.93	366.65	0.00201	434.07
S3	20.02	4.03	186394.87	363.47	0.00195	438.93
Ort.	20.00	4.03	183527.63	365.22	0.00199	419.07

Tablo 2.2. Yük aktarıcı cıvataların özellikleri

Çap, d_c	Anahtar ağzı, D_c (mm)	Kafa kalınlığı, K_c (mm)	Cıvata boyu, L_c (mm)	Diş boyu, b_c (mm)	Karakteristik akma dayanımı (MPa)	Karakteristik çekme dayanımı (MPa)
M8	13	8	80	25	1080	1200

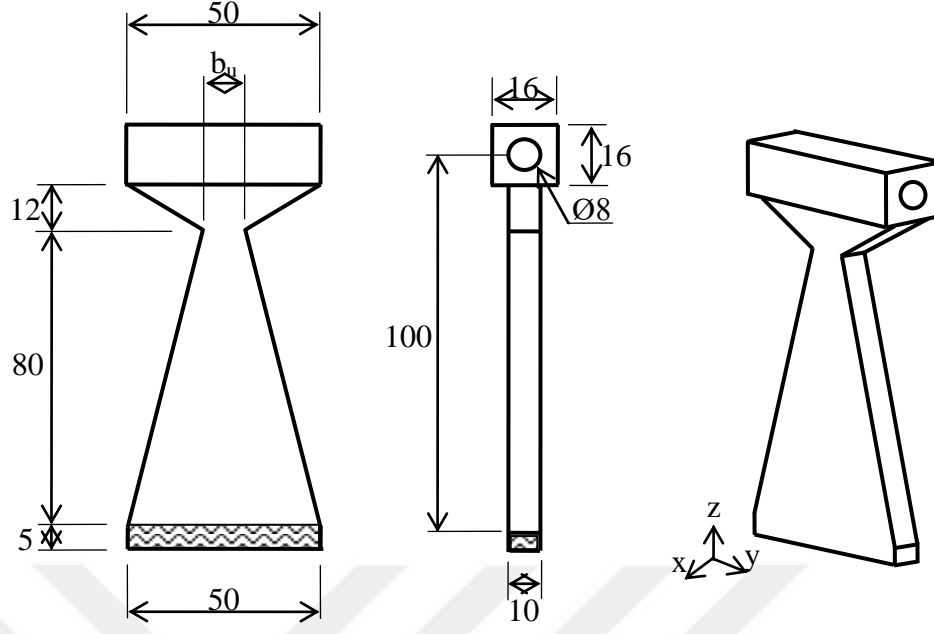
2.3.1.2. Eğilme Deney Elemanları

Sönümleyici levhaların uç genişliklerinin deneysel olarak belirlenmesi için farklı levha uç genişliklerine sahip 3 çift sönümleyici levha üretilerek test edilmiştir. Tablo 2.3'de eğilme deney numunelerinin özellikleri, Şekil 2.17'de boyutları ve Şekil 2.18'de deney elemanlarından bir görünüm verilmiştir. L10 isimli deney elemanı referans numunesi olup ön boyutlandırma işlemi bir önceki bölümde anlatılmıştır.

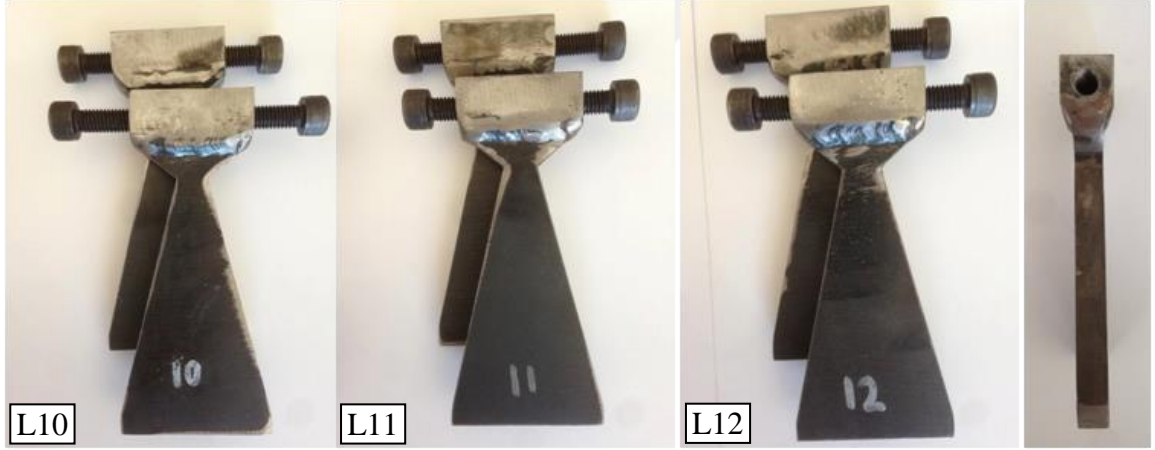
Tablo 2.3. Eğilme deney elemanları ve özellikleri

Eğilme deney elemanı	Sönümleyici levha			
	Taban genişliği (b_t), mm	Uç genişliği (b_u), mm	Kalınlık (h), mm	Moment kolu (l), mm
L10*	50	10	10	100
L11		11		
L12		12		

* Referans numunesi



Şekil 2.17. Eğilme deney elemanlarının boyutları (mm)

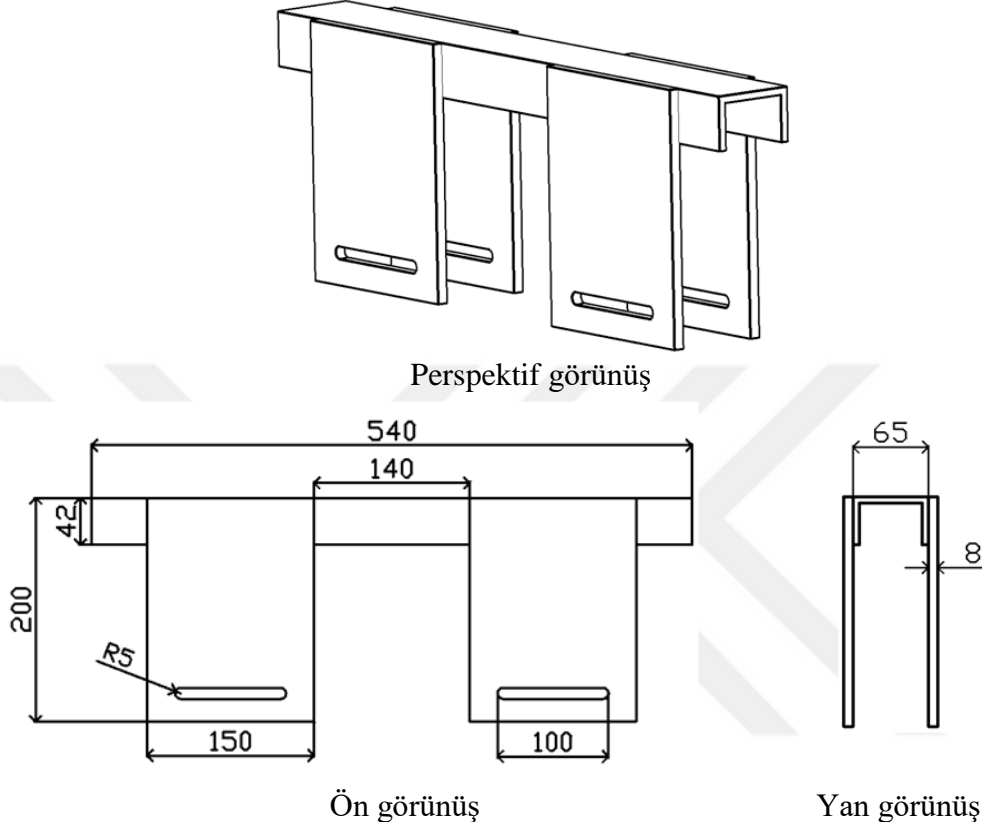


Şekil 2.18. Eğilme deney elemanları

2.3.1.3. Eğilme Deney Düzeneği ve Ölçüm Sistemi

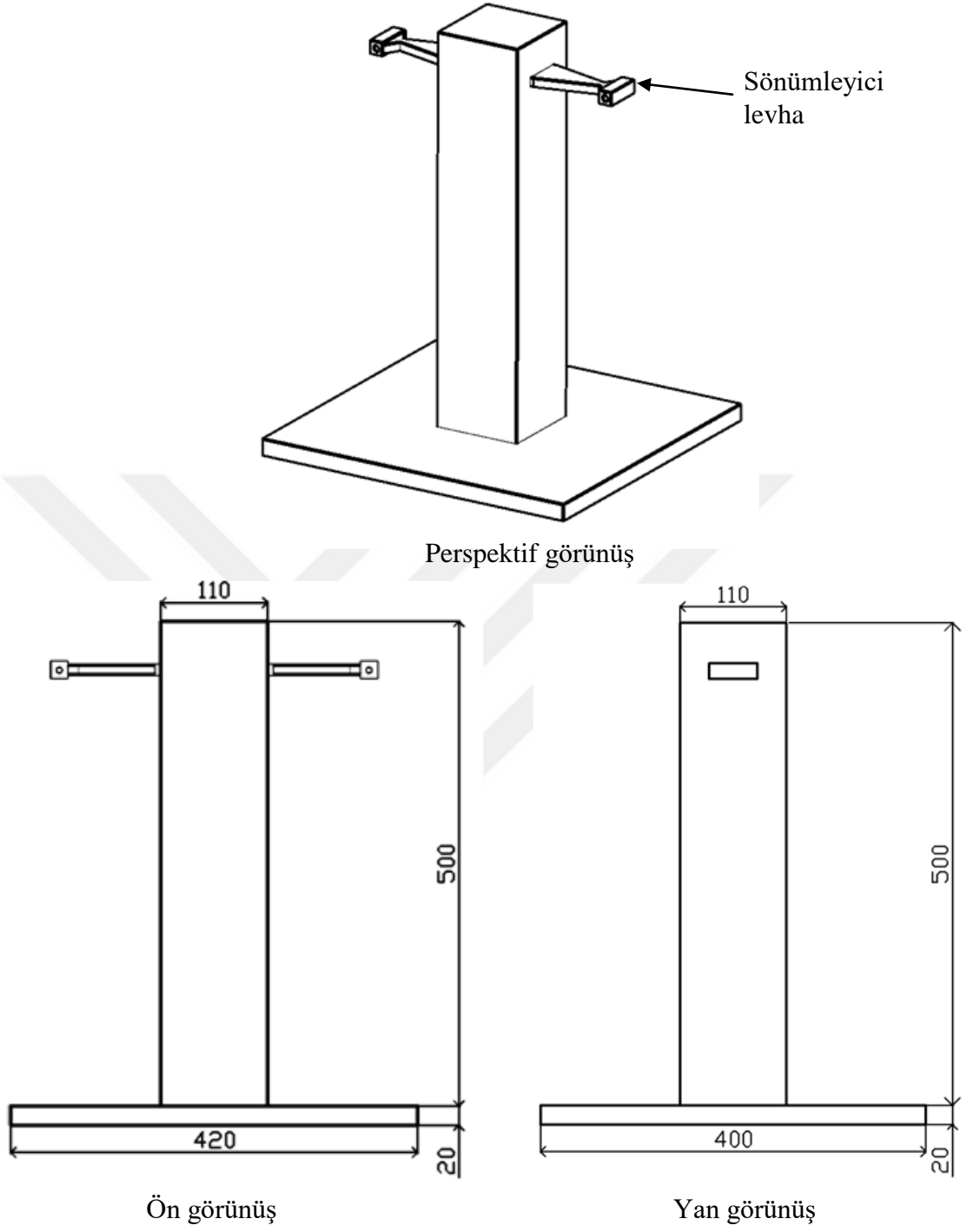
Eğilme deneyleri için TTSES'in davranışını ve mesnet koşullarını en iyi şekilde temsil edebilecek deney düzeneği tasarlanmıştır. Tasarlanan deney düzeneği yükleme başlığı (Şekil 2.19) ve rijit kolondan meydana gelmektedir (Şekil 2.20). Deneyleri yapılacak sönümleyici levhalar rijit kolonun sağ ve sol yanına kaynaklanmıştır. Sönümleyici levhalar ile üst başlık arasındaki bağlantı 8 mm çapında ve 12.9 kalitesinde yüksek dayanımlı cıvatalar ile sağlanmaktadır. Yükleme başlığı üzerinde tıpkı dış tüpteki

gibi yatay oluklar bırakılarak sönümleyici levha ucunun yatay hareketi ve dönmesi serbest bırakılmıştır. Deneysel düzeneğin genel görünümü Şekil 2.21'de gösterilmektedir.

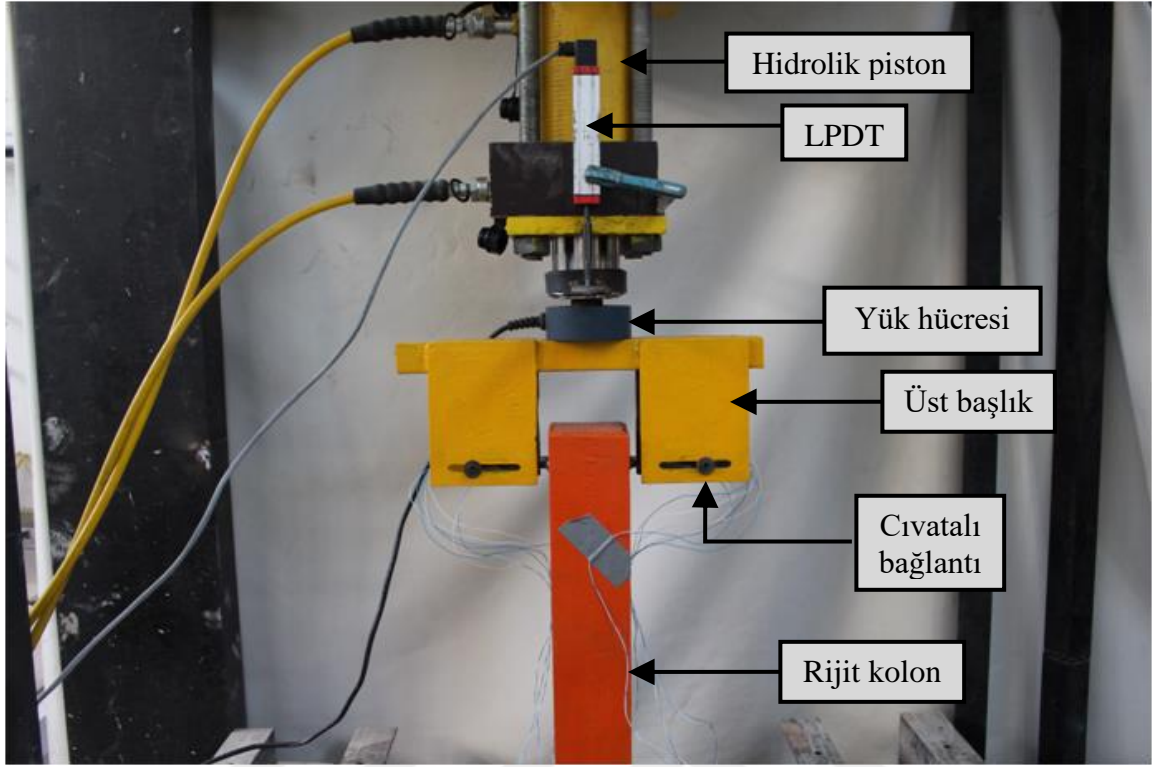


Şekil 2.19. Üst başlık (mm)

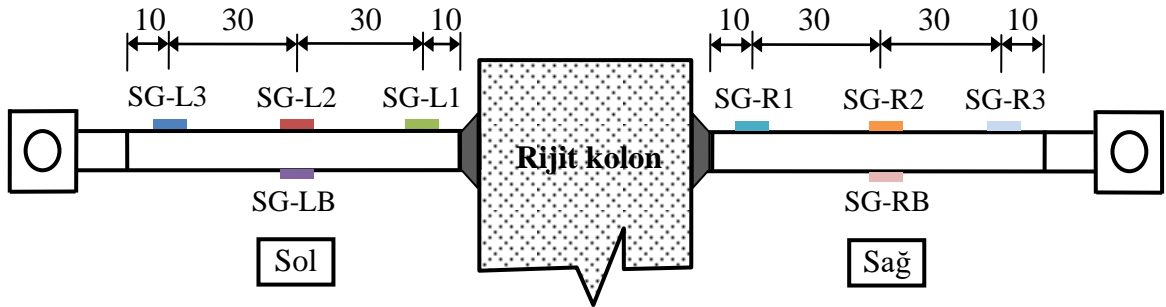
Özellikleri Tablo 2.3'de verilen eğilme deney numuneleri sırasıyla orta profilin iki yanına kaynaklanarak pistonun aşağı yönlü hareketi neticesinde üst başlık vasıtasıyla eğilmeye zorlanmaktadır. Bu esnada sönümleyici levhaların yüzeyleri boyunca meydana gelecek birim şekildeğiştirme dağılımlarını tespit edebilmek için sönümleyici levhaların üst yüzeyi boyunca 3 adet ve alt yüzeyinde ise 1 adet 2 mm uzunluğunda FLA tipi birim şekildeğiştirme ölçerler (SG) yerleştirilmiştir. SG'lerin yerleşim planı Şekil 2.22'de, yerleşimi tamamlanmış bir numune ise Şekil 2.23'de görülmektedir. Üst başlığın düşey yerdeğiştirmesi neticesinde sönümleyici levhaların gösterdiği reaksiyon kuvveti ve meydana gelen düşey yerdeğiştirme hidrolik pistonun ucuna yerleştirilen 100 kN kapasiteli yük hücresi ve LPDT ile ölçülmüştür.



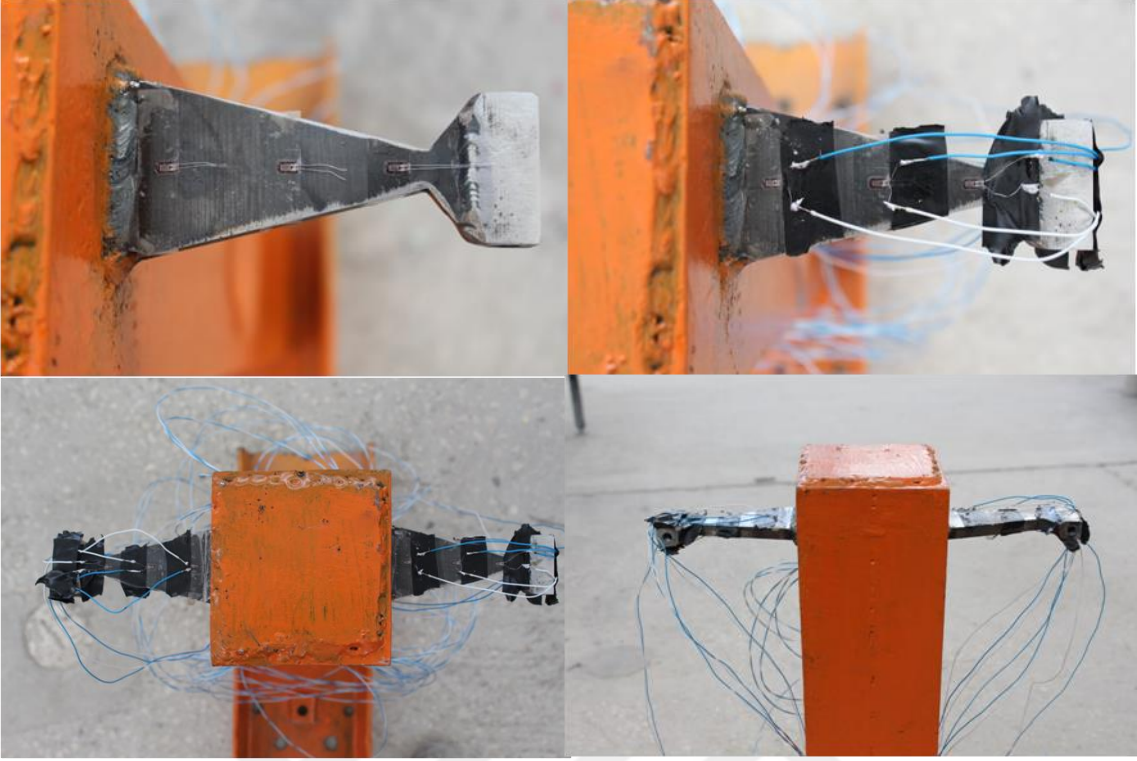
Şekil 2.20. Rijit kolon (mm)



Şekil 2.21. Eğilme deney düzeneği



Şekil 2.22. SG yerleşim planı (mm)



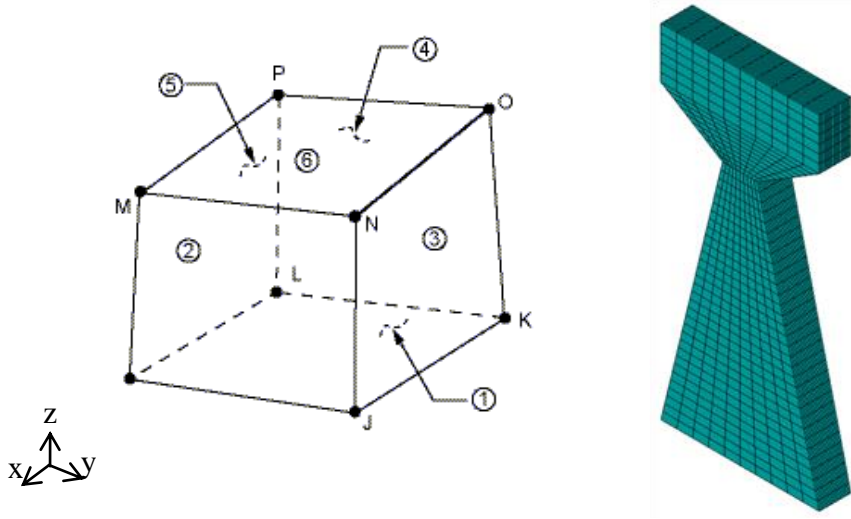
Şekil 2.23. SG yerleşimi tamamlanmış bir deney numunesi

2.3.2. Sayısal Yöntem

Bu bölümde eğilme deneylerini bilgisayar ortamında gerçekleştirebilmek için analizlerde kullanılan eleman tipi, malzeme modeli, sınır şartları ve çözüm yöntemi anlatılmaktadır.

2.3.2.1. Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması ve Yapılan Kabuller

Sönümleyici levhalardaki birim şekildeğiştirme dağılımını daha iyi gözlemleyebilmek için Ansys (2016) programı ile üç boyutlu elastik olmayan sonlu eleman analizleri yapılmıştır. Sönümleyici levhaların modellenmesinde program bünyesinde Solid185 olarak tanımlı bulunan eleman tipi kullanılmıştır. Bu eleman tipi büyük yerdeğiştirme ve elastik olmayan şekildeğiştirme yapması beklenen cisimlerin modellenmesinde kullanılan sekiz düğüm noktalı katı elemandır. Her düğüm noktasında x, y, z yönlerinde üç ötelenme serbestlik derecesine sahiptir (Şekil 2.24).



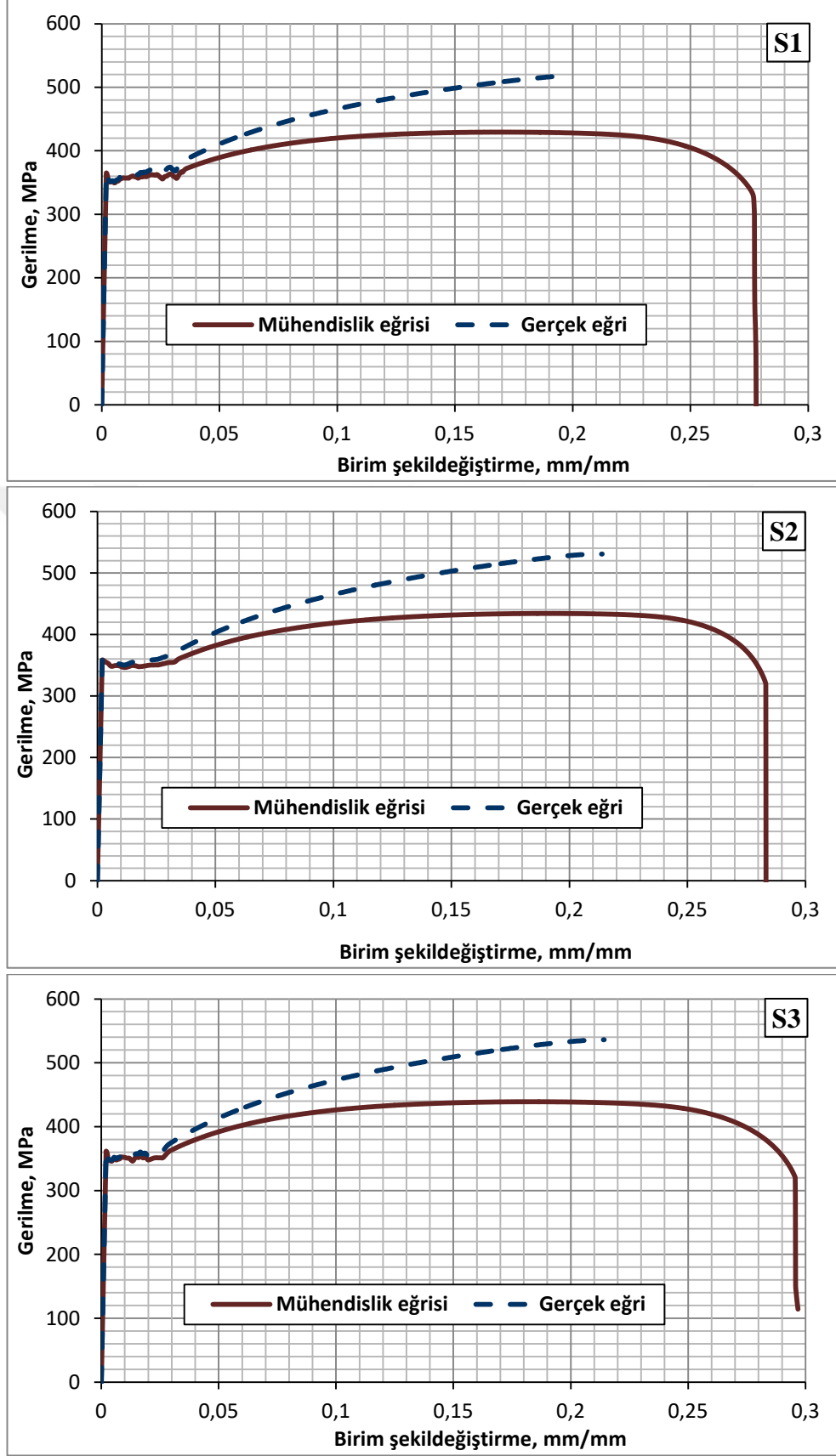
Şekil 2.24. Solid185 ile modellenmiş bir sönümleyici levha

Deneysel ve sayısal sonuçlar arasında iyi bir korelasyonun sağlanabilmesi için doğru malzeme modelinin seçilmesi ve malzemenin mekanik özelliklerinin iyi belirlenmesi çok önemlidir. Malzeme modeli olarak çeliğin pekleşme özelliğini de dikkate alan ve program tarafından çelik ve benzeri malzemeler için önerilen multilineer kinematik sertleşmeli plastisite modeli (Mkin) kullanılmıştır. Sönümleyici levhaların üretiminde kullanılan çeliğin mekanik özellikleri çekme çubukları üzerinde yapılan çekme deneyleri ile belirlenmiştir (Bölüm 2.5.1.1.1.). Bu deneylerde elde edilen veriler mühendislik gerilmesi - birim şekil değiştirme ilişkisini göstermektedir. Ancak çekme deneyleri esnasında şekil değiştirmiş kesitin (daralmış kesit) alanını da göz önünde bulundurarak sonuçların düzenlenmesi ve elde edilecek gerçek gerilme - birim şekil değiştirme eğrisinin analizlerde kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle Şekil 2.16'da verilen mühendislik gerilmesi - birim şekil değiştirme eğrileri aşağıdaki formüller ile gerçek gerilme - birim şekil değiştirme eğrilerine dönüştürülerek analizlerde kullanılmıştır (Boresi ve Schmidt, 2003):

$$\sigma_{gerçek} = \sigma(1 + \varepsilon) \quad (2.25)$$

$$\varepsilon_{gerçek} = \ln(1 + \varepsilon) \quad (2.26)$$

Burada $\sigma_{gerçek}$ gerçek gerilmeyi, $\varepsilon_{gerçek}$ gerçek birim şekil değiştirmeyi, σ mühendislik gerilmesini ve ε mühendislik birim şekil değiştirmesini göstermektedir. Şekil 2.25'de dönüşümü yapılan gerilme - birim şekil değiştirme eğrileri gösterilmiştir.



Şekil 2.25. Çekme numunelerinin mühendislik ve gerçek değerlere göre gerilme - birim şekildeğiştirme eğrileri

Malzeme modelinin yanı sıra sonlu eleman analizlerini etkileyecek bir diğer önemli husus ise kabul edilen sınır şartlarının deney düzeneğini en iyi şekilde temsil etmesidir. Deneylede sönümleyici levhalar, rijit başlığın tam ortasında bulunan cıvatalara üst başlık vasıtası ile aktarılan statik itme etkisi ile eğilmeye zorlanmaktadır (Şekil 2.18 ve Şekil 2.21). Eğilme esnasında cıvata rijit başlık içinde serbestçe dönebilmektedir. Sonlu eleman modelinde ise rijit başlıkta cıvata yuvası bırakılmamış ve yük aktarımı için cıvata kullanılmamıştır (Şekil 2.26). Bunun yerine rijit başlıkta cıvatanın orta noktasından geçen doğru parçası üzerinde bulunan düğüm noktaları seçilmiş ve bu noktalardan yükleme yapılmıştır. Yüklemenin yalnızca bir doğru parçası üzerinde bulunan düğüm noktalarına uygulanması ile tıpkı deneylede olduğu gibi rijit başlığın "y" ekseninde serbestçe dönmesine de imkan verilmiştir. Bir diğer sınır şartı ise sönümleyici levhanın rijit kolona mesnetlenme şeklidir. Deneylede sönümleyici levha ile rijit kolon birleşimi, sönümleyici levha tabanına uygulanan 4 mm kalınlığındaki kaynak ile sağlanmıştır. Sonlu eleman analizlerinde ise sönümleyici levhaların taban alanları seçilerek her üç doğrultuda da hareketi engellenmiştir (Şekil 2.26).

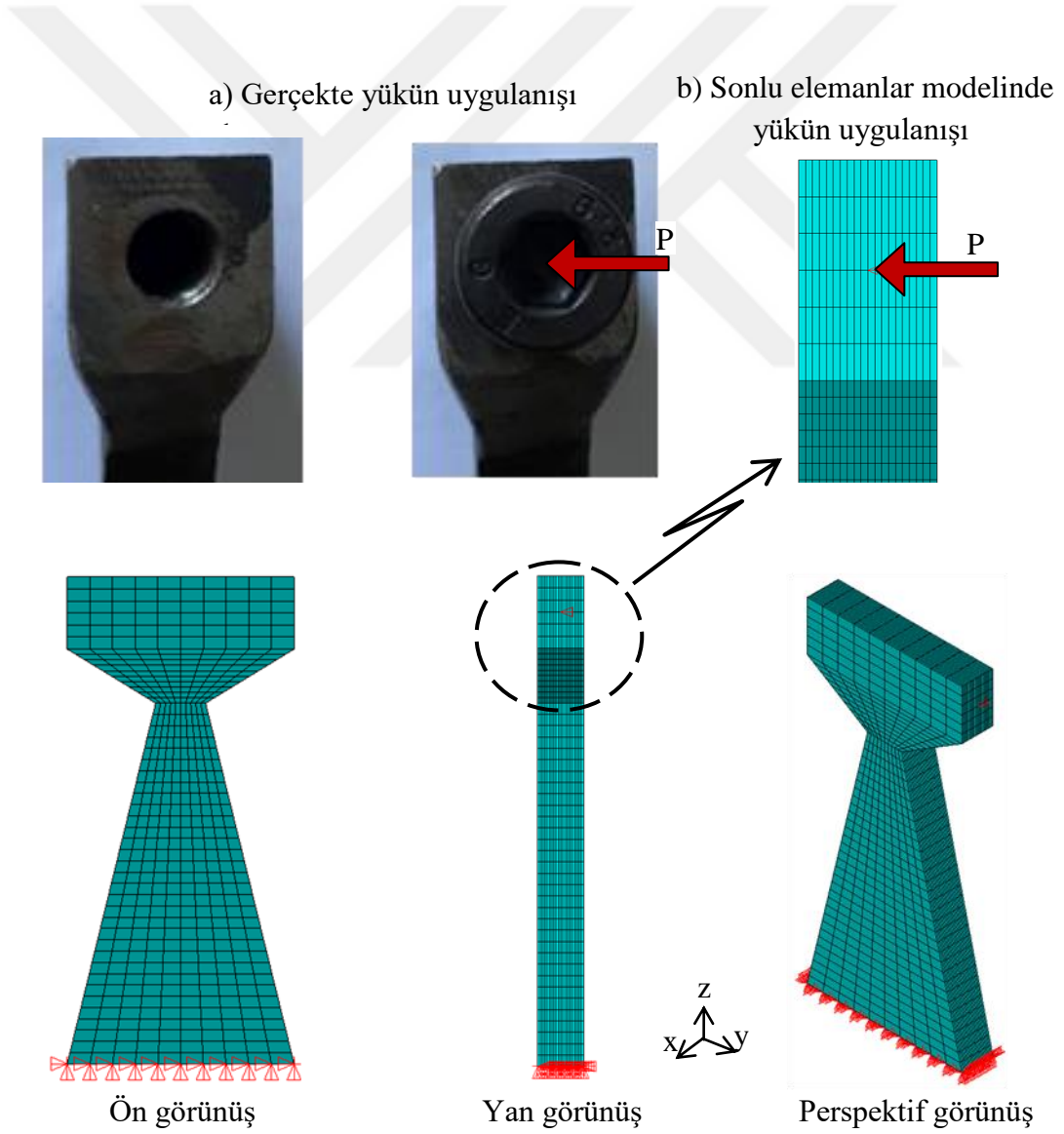
2.3.2.2. Sonlu Elemanlara Ayırma ve Analiz

Fiziksel bir tanım aralığının daha küçük sonlu elemanlara ayrılması bir diferansiyel denklemin çözümünü kolaylaştırmakla birlikte sonuçları da etkilemektedir. Sonlu elemanlar yöntemi yaklaşık çözümler üreten bir metottur. Bu nedenle elde edilecek sonuçların doğruluğu, kullanılan eleman sayısına ve eleman tipine bağlıdır. Çoğu zaman kullanılan eleman sayısı arttıkça doğru sonuca yakınsama artmaktadır. Ancak eleman sayısındaki artış, özellikle elastik olmayan analizlerde analiz süresini önemli miktarda arttırmakta ve bilgisayarlarda büyük miktarda saklama alanını işgal etmektedir. Bu nedenlerle fiziksel tanım aralığının istenilen yakınsama oranına göre yeterli miktarda sonlu elemana ayrılması gerekmektedir. Yeterli miktarda sonlu elemanın belirlenmesi için analizlerde farklı boyutlarda sonlu elemanların kullanılarak sonuçlar arasındaki farkların değerlendirilmesi gerekmektedir.

Sonlu elemanlara ayırma işleminde kullanılan eleman tiplerinden hexahedral şeklindeki elemanlar tetrahedral şekilli elemanlara göre daha iyi sonuçlar vermektedirler. Ayrıca hexahedral şekilli elemanların kullanılması eleman sayısını önemli miktarda düşürerek analiz süresini ve analiz sonrası işlem süresini düşürmektedir. Bunlara ek olarak

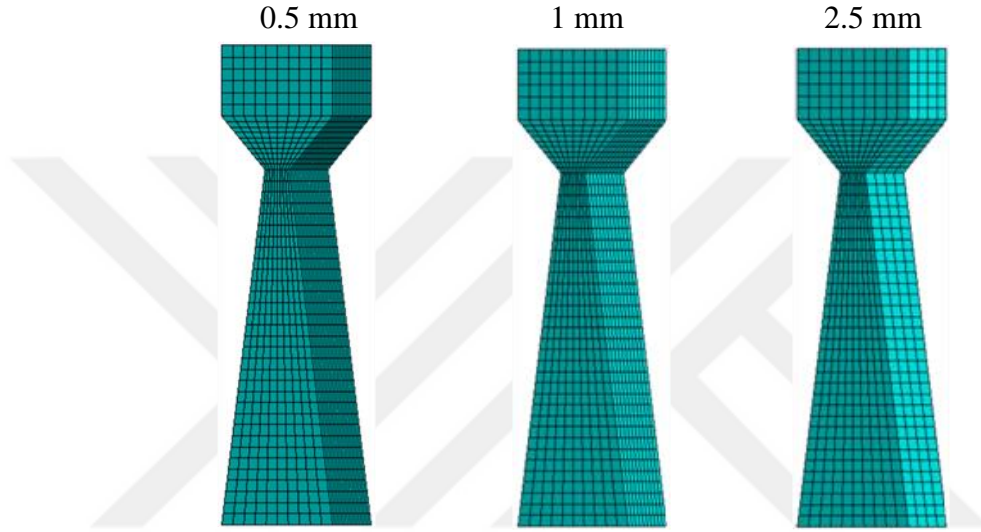
elastik olmayan analizler için elemanların dizilişinin fiziksel olarak önemli olduğu yerlerde hexahedral şekilli elemanların kullanımı daha uygun olmaktadır. Bu nedenle sonlu elemanlara ayırma işleminde hexahedral elemanlar kullanılmış ve ortogonal diziliş tercih edilmiştir.

Deneysel yöntemde sönümleyici levhaların yüzeylerine yapıştırılan birim şekildeğiştirme ölçerler ile birim şekildeğiştirme okumaları yapılmıştır. Bu nedenle deneysel sonuçlara yaklaşabilmek için sonlu elemanlara ayırma işlemi sönümleyici levhaların kalınlıkları dikkate alınarak yapılmıştır. Bunun için L10 elemanı kullanılmış ve kalınlığı boyunca 0.5, 1 ve 2.5 mm'lik elemanlara ayrılarak 3 farklı sayısal model oluşturulmuştur (Şekil 2.27).



Şekil 2.26. Sonlu eleman analizlerinde kabul edilen sınır şartları

Oluşturulan sonlu eleman modelleri üzerinde yerdeğiştirme kontrollü statik itme analizleri gerçekleştirilmiştir. Program analizlerde, Newton-Raphson yöntemini kullanmakta ve uygulanan yükü alt adımlara bölerek toplam yüke ulaşana kadar hesap yapmaktadır. Maksimum adım aralığı 0.1 mm olarak sınırlandırılmakla birlikte, olası yakınsama hatalarını en aza indirebilmek için adım artırımının program tarafından otomatik olarak yapılması sağlanmıştır.

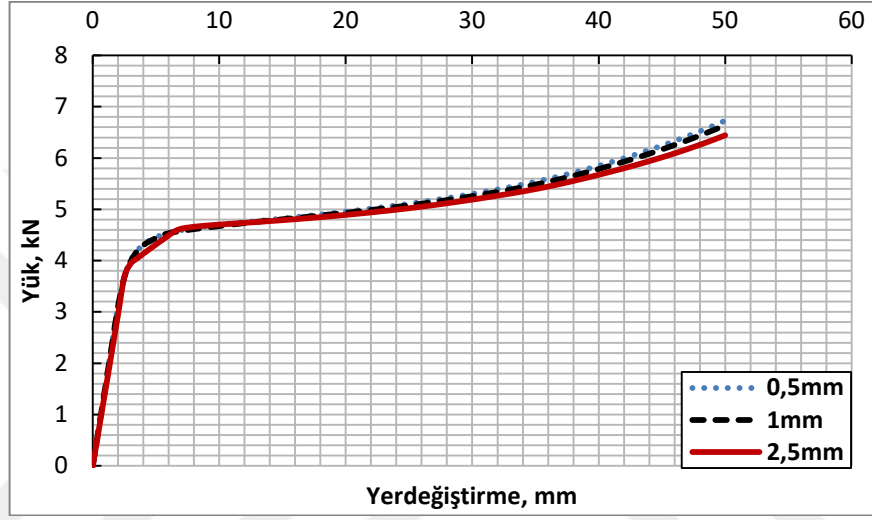


Şekil 2.27. Levha kalınlığı boyunca farklı boyutlarda sonlu elemanlara ayrılmış sayısal modeller

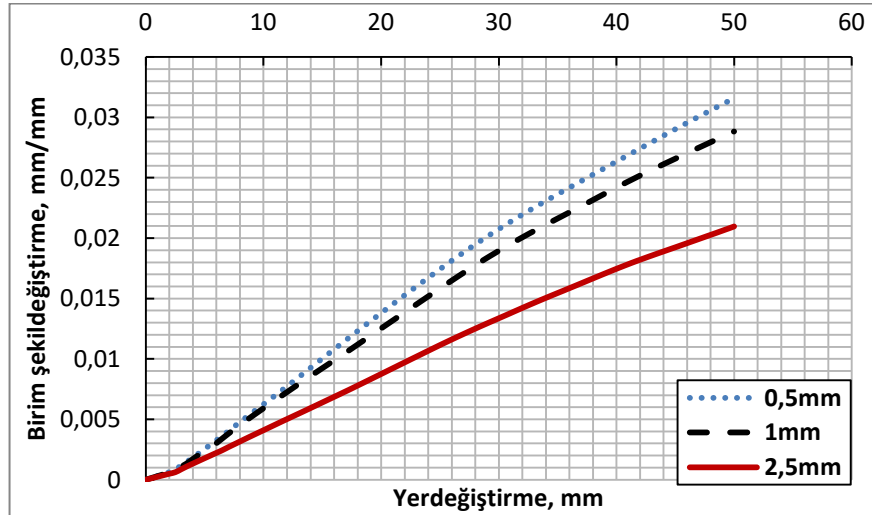
Yapılan analizler neticesinde elde edilen reaksiyon kuvvetleri Şekil 2.28'de gösterilmektedir. Şekil 2.28'e göre sayısal modeller arasında önemli bir fark olmamakla birlikte ilerleyen yerdeğiştirmelerde 2.5 mm'lik elemanlara ayrılan modelden 0.5 ve 1 mm'lik elemanlara ayrılan modellere göre farklı sonuçların okunduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmalarındaki en önemli parametre sönümleyici levhalarda meydana gelecek olan birim şekildeğiştirmelerdir. Bu nedenle her üç sayısal modelin yüzeyinde aynı noktadan okunan birim şekildeğiştirme değerleri Şekil 2.29'da karşılaştırılmıştır. Her ne kadar Şekil 2.28'deki reaksiyon kuvvetleri arasında, özellikle 0.5 ve 1 mm'lik elemanlara ayrılan modeller için, yeterli yakınlıkta sonuçlar elde edilmiş olsa da, Şekil 2.29'a bakıldığında birim şekildeğiştirme dağılımlarında önemli farklılıkların meydana geldiği görülmektedir. 2.5 mm'lik elemanlara ayrılan modelden akma birim şekildeğiştirmesinden sonra diğer modellere göre oldukça farklı sonuçlar elde edilmiştir. 1 mm'lik elemanlara

ayrılan model ile 0.5 mm'lik elemanlara ayrılan modelden elde edilen sonuçlar arasında ise 10 mm'lik yerdeğiştirmeden sonra önemli farklar meydana gelmiştir. Sonuç olarak oluşturulan sayısal modellerin levha kalınlığınca 0.5 mm'lik sonlu elemanlara ayrılmasına karar verilmiştir. Bu değer, bu çalışma için oluşturulan sayısal modeller için kullanılabilir alt limit olup daha küçük değerler program tarafından belirtilen "boyut oranı" sınırını aşmaktadır.



Şekil 2.28. Farklı sayıda sonlu elemana ayrılmış modellerden okunan reaksiyon kuvvetleri



Şekil 2.29. Farklı sayıda sonlu elemana ayrılmış modellerde aynı noktadan okunan birim şekildeğiştirme değerleri

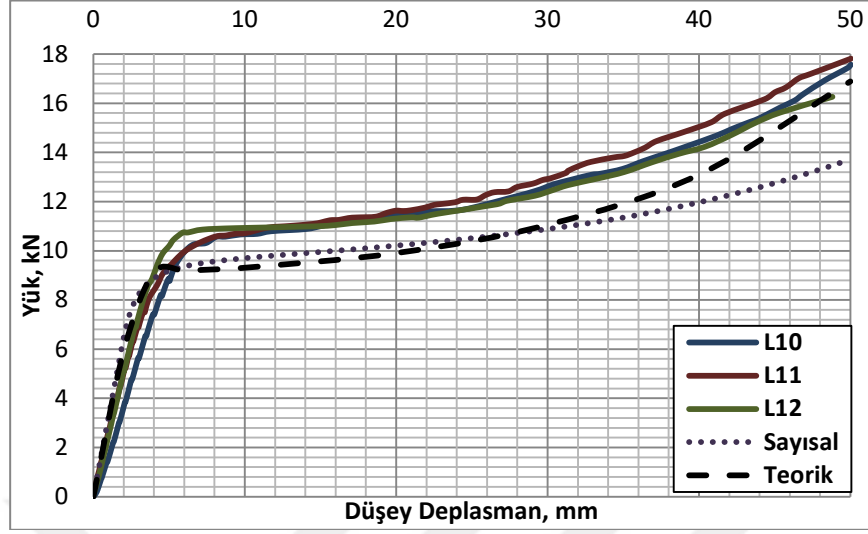
2.3.3. Eğilme Deneyi Sonuçları

Eğilme deneylerinde özellikleri Tablo 2.3'de verilen farklı levha uç genişliklerine sahip 3 çift sönümleyici levha statik itme etkisi altında eğilmeye zorlanmıştır. Şekil 2.30'da her bir deney elemanı için deneysel, sayısal ve teorik çalışmalardan elde edilen yük - düşey yerdeğiştirme eğrileri gösterilmiştir. Beklenildiği gibi farklı levha uç genişliklerinin kullanılması levhaların yük - düşey yerdeğiştirme ilişkileri arasında önemli bir farka neden olmamıştır. Deneysel çalışmada L10, L11 ve L12 nolu elemanlardan elde edilen başlangıç rijitliği sırasıyla 2.25, 2.63, 2.47 kN/mm olarak elde edilmiştir. Sayısal ve teorik çalışmalarda üç deney elemanından da aynı yük yerdeğiştirme ilişkisi elde edildiği için Şekil 2.30'da tek bir eğri gösterilmiştir. Sayısal ve teorik çalışmalarda başlangıç rijitlikleri ise sırasıyla 3.23 ve 2.96 kN/mm olarak elde edilmiştir. Sayısal ve teorik çalışmalardan elde edilen başlangıç rijitlikleri, deney düzeneğinde meydana gelen esnemeler nedeniyle, deneysel çalışmalara göre daha büyük çıkmıştır.

Deneysel çalışmalarda elde edilen akma yükü, P_p , yaklaşık olarak 6 mm'lik yerdeğiştirmede sırasıyla 9.96, 10.01 ve 10.60 kN olarak elde edilirken, sayısal ve teorik çalışmalarda 4 mm'lik yerdeğiştirmede sırasıyla 8.88 ve 9.12 kN olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak sayısal ve teorik çalışmalardan elde edilen yük - düşey yerdeğiştirme eğrileri birbirleriyle oldukça uyumludur. Deneysel çalışmalarda ise deney düzeneği ile hidrolik piston arasındaki boşluklar nedeni ile sayısal ve teorik sonuçlara göre daha büyük düşey yerdeğiştirme değerleri elde edilmiştir.

Deneysel çalışmalar sonucunda yerleşim planları Şekil 2.22 ve Şekil 2.23'de verilen birim şekildeğiştirme ölçerlerden alınan ve levha boyunca birim şekildeğiştirme dağılımını gösteren eğriler Şekil 2.31'de gösterilmiştir.

Deneylerde, bütün deney elemanlarından elde edilen birim şekildeğiştirme dağılımları sol ve sağ levhalarda oldukça simetriktir. Önerilen hesap yöntemi ile boyutları belirlenen ve deney elemanlarında kullanılması planlanan L10 elemanında levha yüzeyi boyunca meydana gelen birim şekildeğiştirme dağılımlarında beklenildiği gibi farklılıklar gözlemlenmiştir. Her ne kadar levha boyunca meydana gelen birim şekildeğiştirme dağılımı akma anına kadar düzgün yayılı olsa da, bu andan sonra daha önce de belirtildiği gibi artan kayma gerilmeleri nedeniyle levha ucuna gidildikçe artmıştır. Bu sonuç tasarımda kayma gerilmelerinin ihmal edilerek yalnızca eğilmeden kaynaklı gerilmelerin dikkate alınması nedeniyle meydana gelen ve beklenen bir sonuçtur.



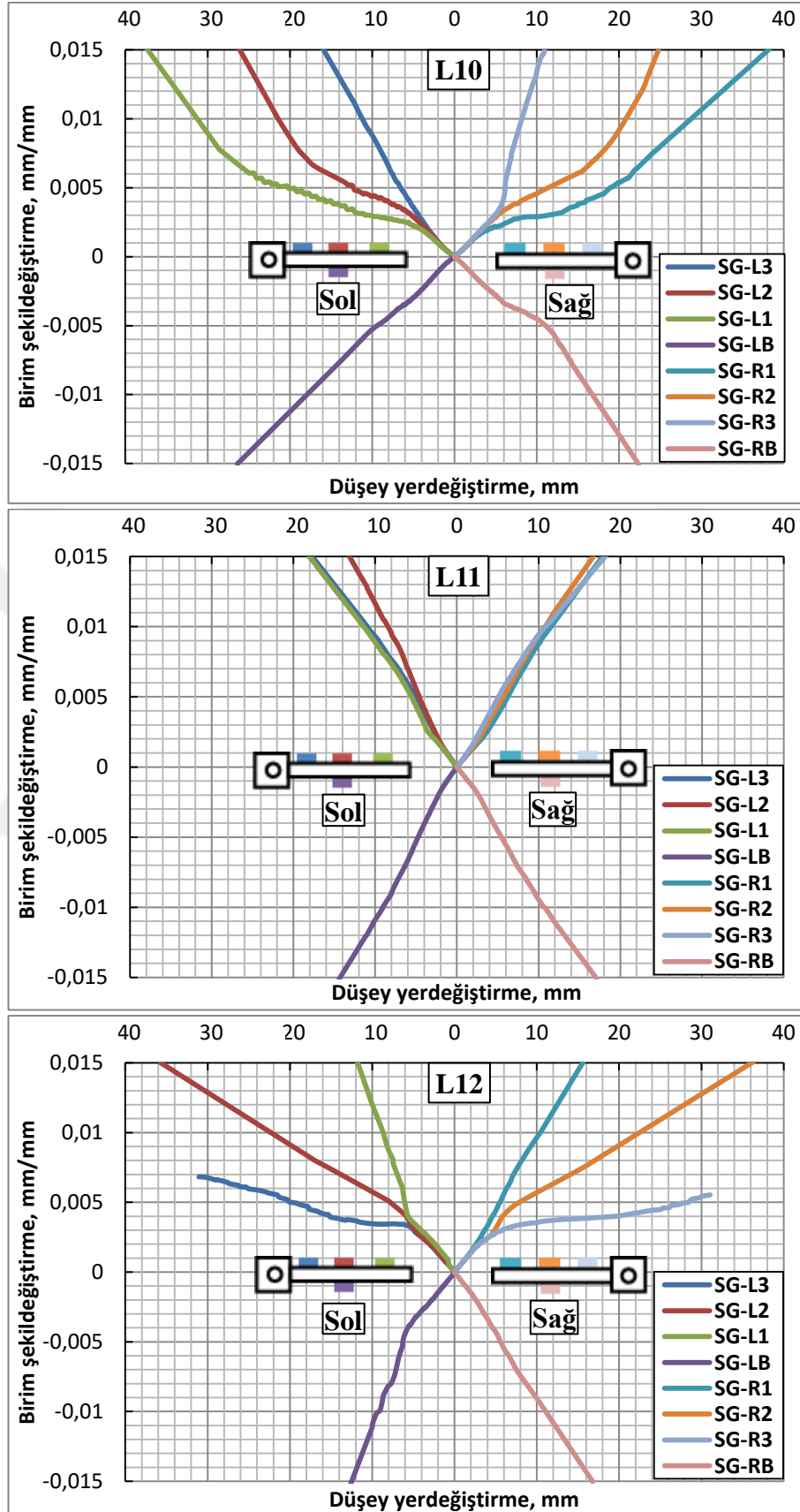
Şekil 2.30. Eğilme deney numunelerine ait yük - düşey yerdeğiştirme eğrileri

L11 elemanında levha yüzeyi boyunca meydana gelen birim şekildeğiştirme dağılımında L10'a göre önemli farklar meydana gelmiştir. Levha ucunda yapılan 1 mm'lik genişletme sayesinde kayma gerilmelerinin etkisi minimuma düşürülmüş ve levha boyunca birim şekildeğiştirmenin eşit bir şekilde yayılması sağlanmıştır.

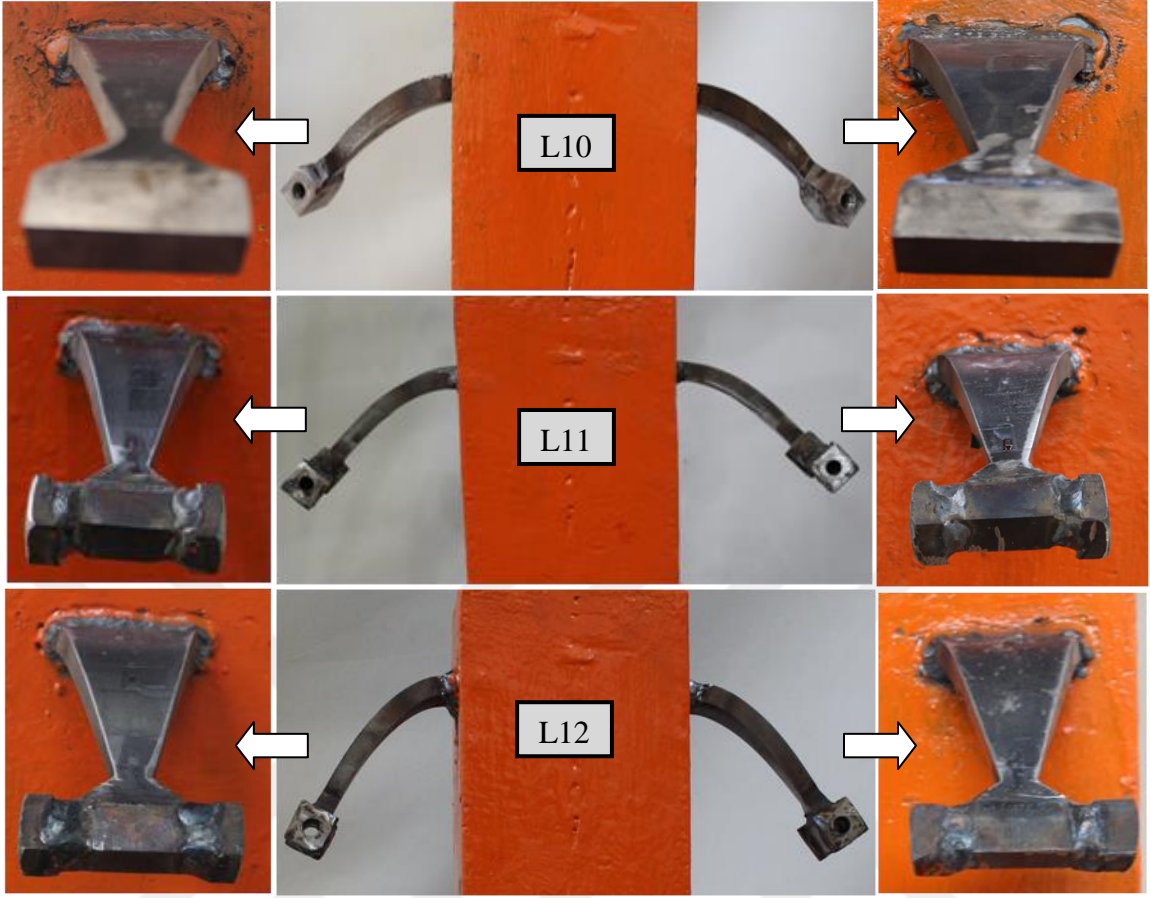
L12 elemanında yapılan 2 mm'lik genişletme ile diğer iki deney elemanının aksine birim şekildeğiştirmeler levha tabanına doğru yoğunlaşmıştır. Deney elemanlarının deney sonu görümleri Şekil 2.32'da verilmiştir.

Sönümleyici levhalarda meydana gelen birim şekildeğiştirme dağılımlarını daha iyi anlayabilmek için yapılan sayısal çalışmalar neticesinde elde edilen birim şekildeğiştirme-düşey yerdeğiştirme eğrileri Şekil 2.33'de verilmiştir. Burada görülen değerler deneysel çalışmalarda birim şekildeğiştirme ölçerler ile aynı noktadan alınan değerlerdir.

Sayısal çalışmalarda L10 elemanında meydana gelen birim şekildeğiştirme dağılımı deneysel çalışmalarda olduğu gibi, akma anına kadar levha yüzeyi boyunca düzgün yayılı olsa da bu andan sonra artan kayma gerilmeleri nedeniyle levha ucuna doğru gidildikçe yoğunlaşmaktadır. L11 elemanındaki birim şekildeğiştirme dağılımına bakıldığında L10 elemanına kıyasla dağılımın daha homojen olduğu görülmekle beraber deneysel çalışmalarda kadar yakın değerlerin elde edilemediği görülmektedir.



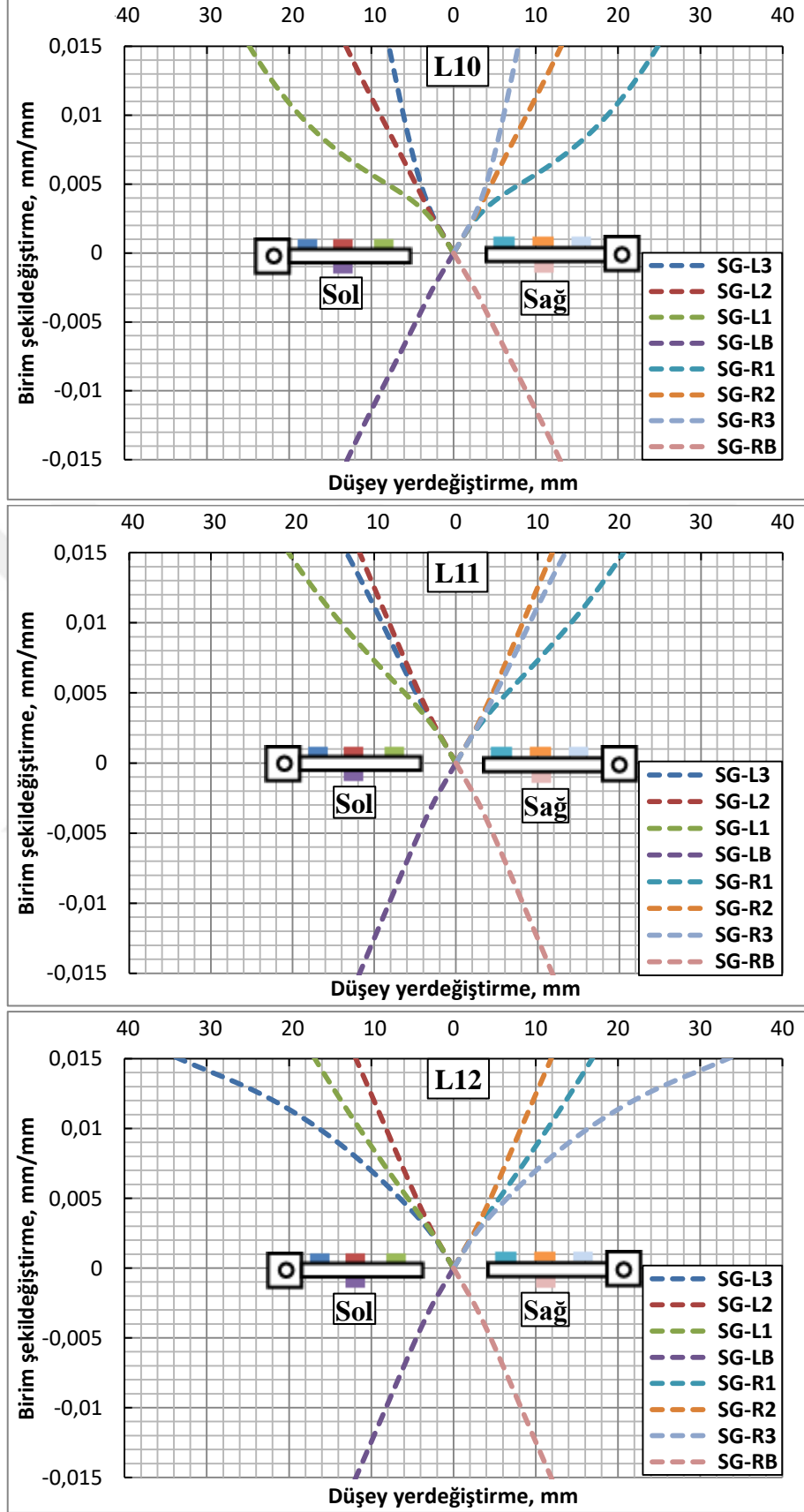
Şekil 2.31. Eğilme deney elemanlarına ait birim şekildeğiştirme - düsey yerdeğiştirme eğrileri



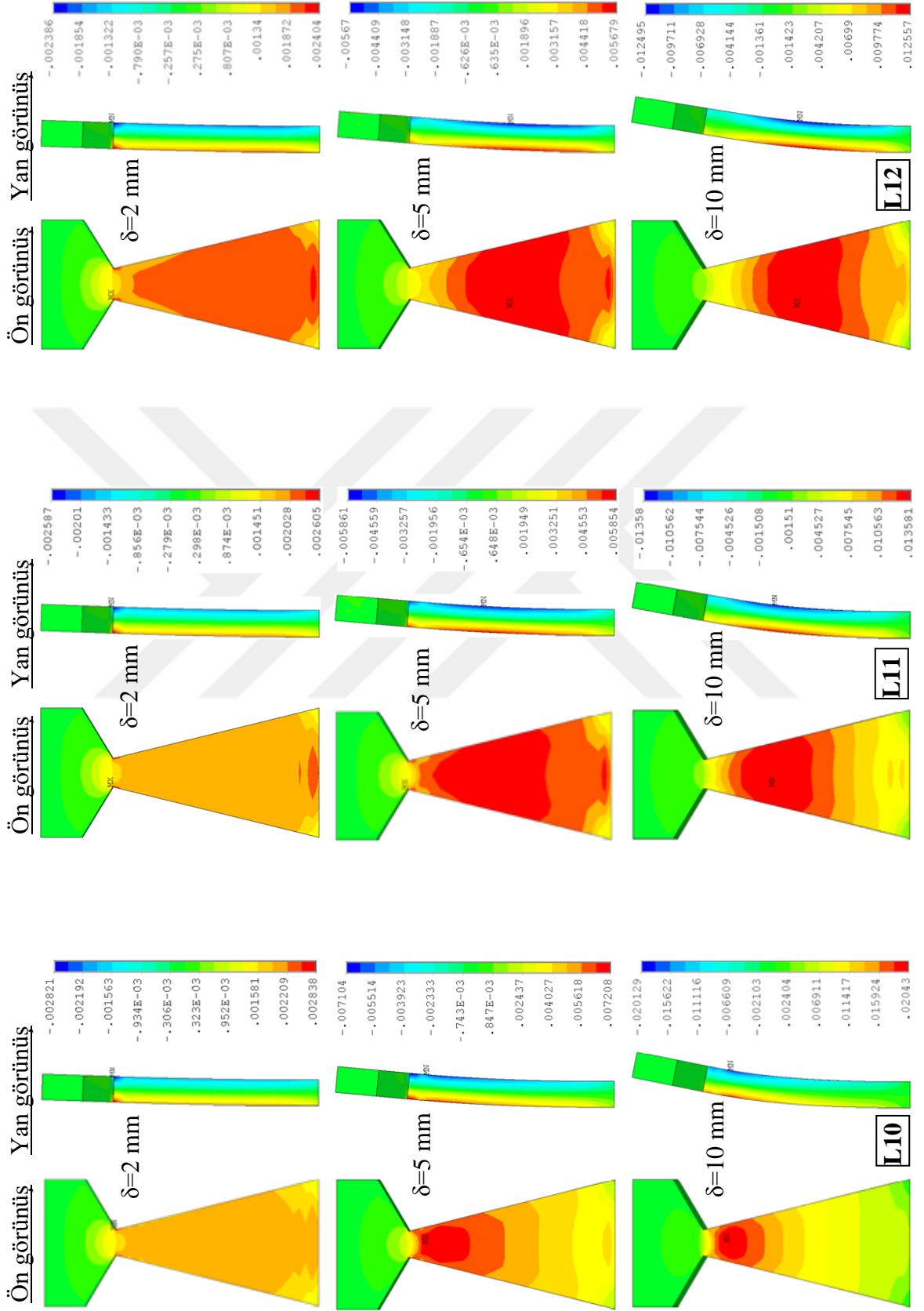
Şekil 2.32. Eğilme deney numunelerinin deney sonu görünüşleri

L12 elemanındaki birim şekildeğiştirme dağılımına bakıldığında L11 elemanındakine benzer bir dağılım görülmekle beraber L11 elemanından elde edilen sonuçların daha homojen olduğu görülmektedir. Sayısal çalışmalarda sönümleyici levhaların yüzeylerinde meydana gelen birim şekildeğiştirme dağılımları 2, 5 ve 10 mm'lik yerdeğiştirmeler için Şekil 2.34'de gösterilmiştir.

Sonuç olarak, deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen veriler değerlendirildiğinde levha yüzeyi boyunca meydana gelen birim şekildeğiştirme dağılımının her iki yöntemde de L11 elemanında daha homojen olduğu görülmektedir. Bu nedenle Tablo 2.3'de ön tasarımları yapılan ve önerilen hesap yöntemine göre, levha uç genişlikleri 10 mm olarak belirlenmiş olan sönümleyici levhalarda levha uç genişlikleri 11 mm olarak revize edilmiştir.



Şekil 2.33. Sayısal çalışmalardan elde edilen birim şekildeğiştirme - düşey yerdeğiştirme eğrileri



Şekil 2.34. Sayısal çalışmalardan elde edilen birim şekilgeğiştirme dağılımları

2.4. Deneysel Çalışmalar

Bu bölümde yapıları depremden korumak amacıyla geliştirilmiş olan TTSES'ler üzerinde yapılan deneysel çalışmalar anlatılmaktadır.

TTSES'lerin çevrimsel yük etkisindeki performansları Karadeniz Teknik Üniversitesi Yapı ve Malzeme laboratuvarında gerçekleştirilen çalışmalar ile belirlenmiştir. Bu kapsamda yaklaşık 1/2 ölçekli dört farklı deney elemanı üretilmiştir. Bu deney elemanlarından üçünü, toplam hacimsel oran sabit kalmak koşulu ile, farklı kalınlıklardaki sönümleyici levhalara sahip TTSES'ler oluşturmaktadır. Böylelikle levha kalınlığının TTSES'lerin süneklik, enerji tüketme ve yük taşıma kapasitelerine etkisi de araştırılacaktır. Dördüncü deney elemanı ise karşılaştırma yapabilmek amacıyla, 76.1 mm çapındaki boru profilden üretilmiş bir geleneksel çelik çaprazdır (GÇÇ). Bütün deney elemanlarının üretiminde özellikleri Bölüm 2.3.1.1'de verilen S355JR kalitesindeki çelik kullanılmıştır. Deney elemanlarının boyutlandırılması deneylerde kullanılacak olan hidrolik pistonun kapasitesi (280 kN) dikkate alınarak yapılmıştır. Tablo 2.4'de; Bölüm 2.2 ve Bölüm 2.3'e göre boyutlandırılmış deney elemanları ve kullanılacak sönümleyici levhaların özellikleri verilmiş olup gerekli hesaplamalar Ek-2'de gösterilmiştir.

2.4.1. Deney Elemanları ve Özellikleri

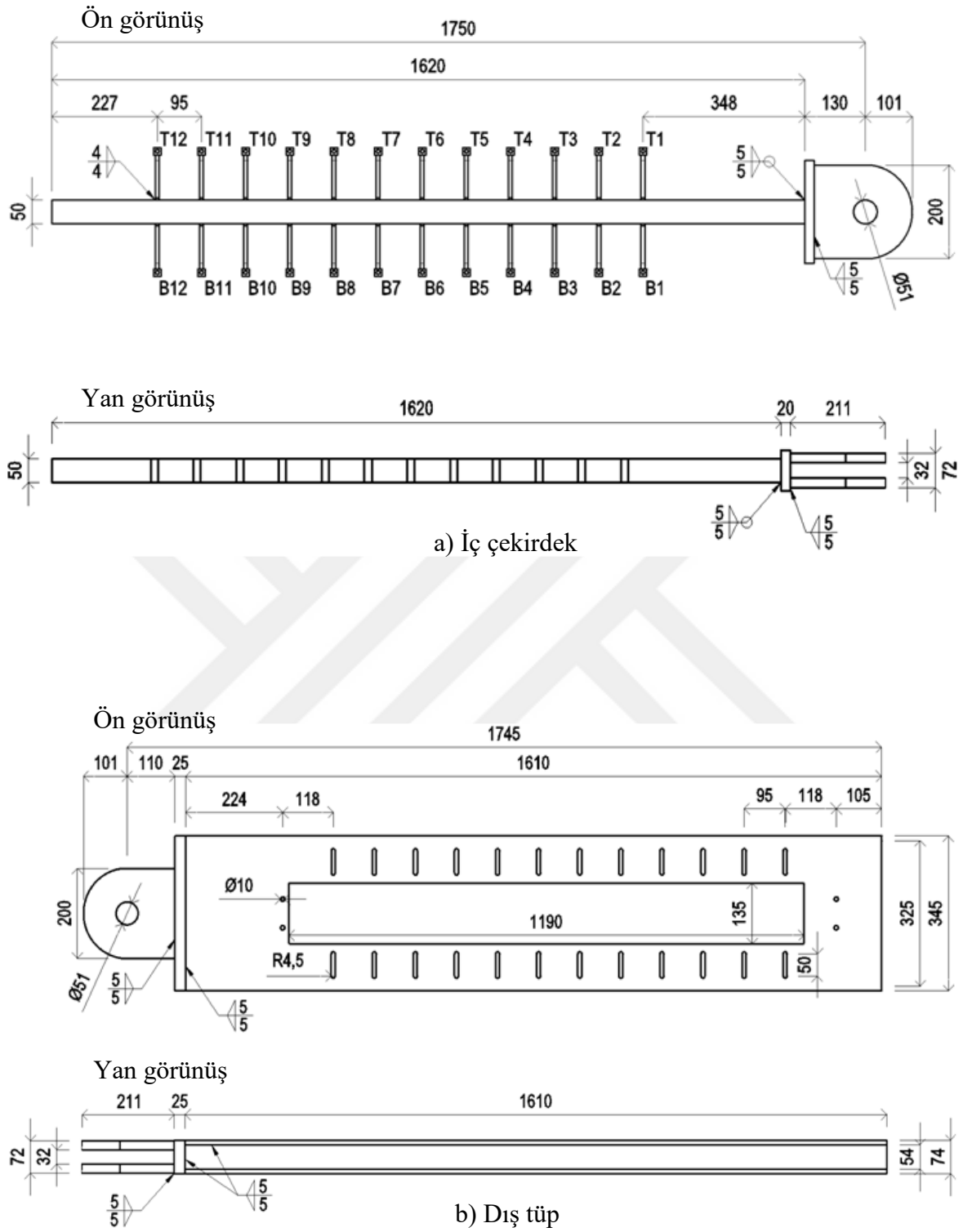
2.4.1.1. TTSES8

TTSES8 elemanında iç çekirdek boyunca 8 mm kalınlığında 24 adet sönümleyici levha bulunmaktadır (Şekil 2.35). Sönümleyici levhalar 95 mm ara ile orta profilin üst ve alt yüzeylerine mesnetlenmişlerdir. Orta profilin üst yüzeyinde bulunan sönümleyici levhalar sırasıyla T1-T12, alt yüzeyinde bulunan sönümleyici levhalar ise sırasıyla B1-B12 şeklinde numaralandırılmıştır. Orta profil ile sönümleyici levhaların birleşimi 4 mm kalınlığında köşe kaynağı ile sağlanmıştır. Orta profil olarak 50x50 mm ebatlarında dolu profil kullanılmıştır. Orta profilin alın levhası ile birleşimi 5 mm kalınlığında köşe kaynağı ile sağlanmıştır.

Tablo 2.4. Deney elemanları

Deney elemanı	İç çekirdek							
	Sönümleyici levha					Orta profil		
	Taban genişliği (b _t)	Uç genişliği (b _u)	Kalınlık (h)	Moment kolu (l)	Levha sayısı (n)	En	Boy	Yükseklik
TTSES8	50	11*	8	100	24	50	50	1620
TTSES10			10		20			
TTSES12			12		16			
Deney elemanı	Dış tüp							
	En	Boy	Yükseklik	Et kalınlığı	Düşey oluk			
					En	Boy		
TTSES8	74	345	1610	10	8.5	50		
TTSES10								
TTSES12								
Deney elemanı	Mafsals plakası			Alın plakası			Cıvata	
	Taban genişliği (w)	Kalınlık (t)	Bulon deliği çapı (d)	En	Boy	Kalınlık	Çap	Net uzunluk
	TTSES8	200	15	50.5	84	220	20	8
TTSES10								
TTSES12								
Deney elemanı	Uzunluk		Dış çap		İç çap		Et kalınlığı	
GÇÇ	2000		76.1		71.1		2.5	

*: Deneysel ve sayısal çalışmalara göre revize edilmiş değerdir.
Ölçüler mm'dir.



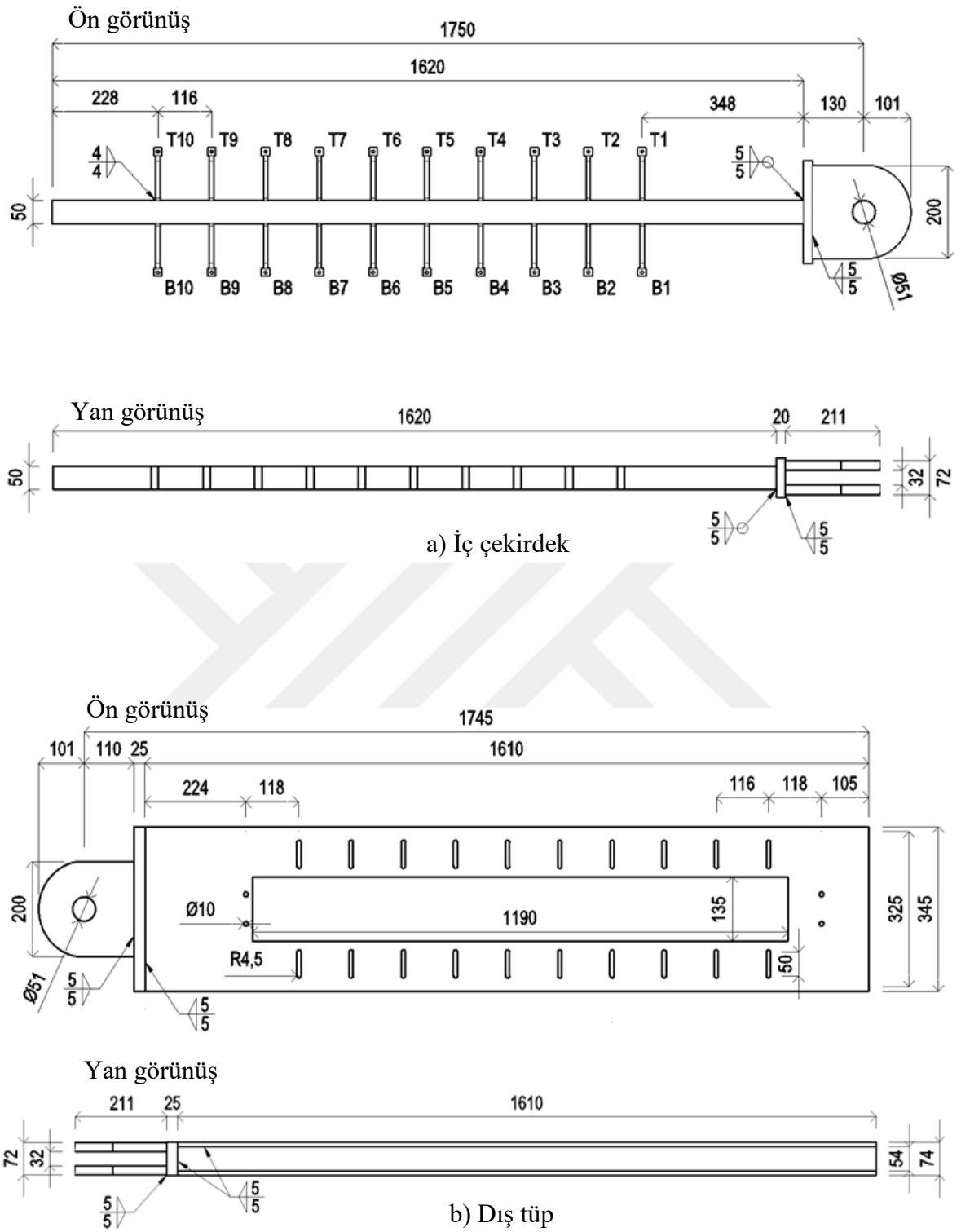
Şekil 2.35. TTSES8 elemanı detayı. a) İç çekirdek, b) Dış tüp

2.4.1.2. TTSES10

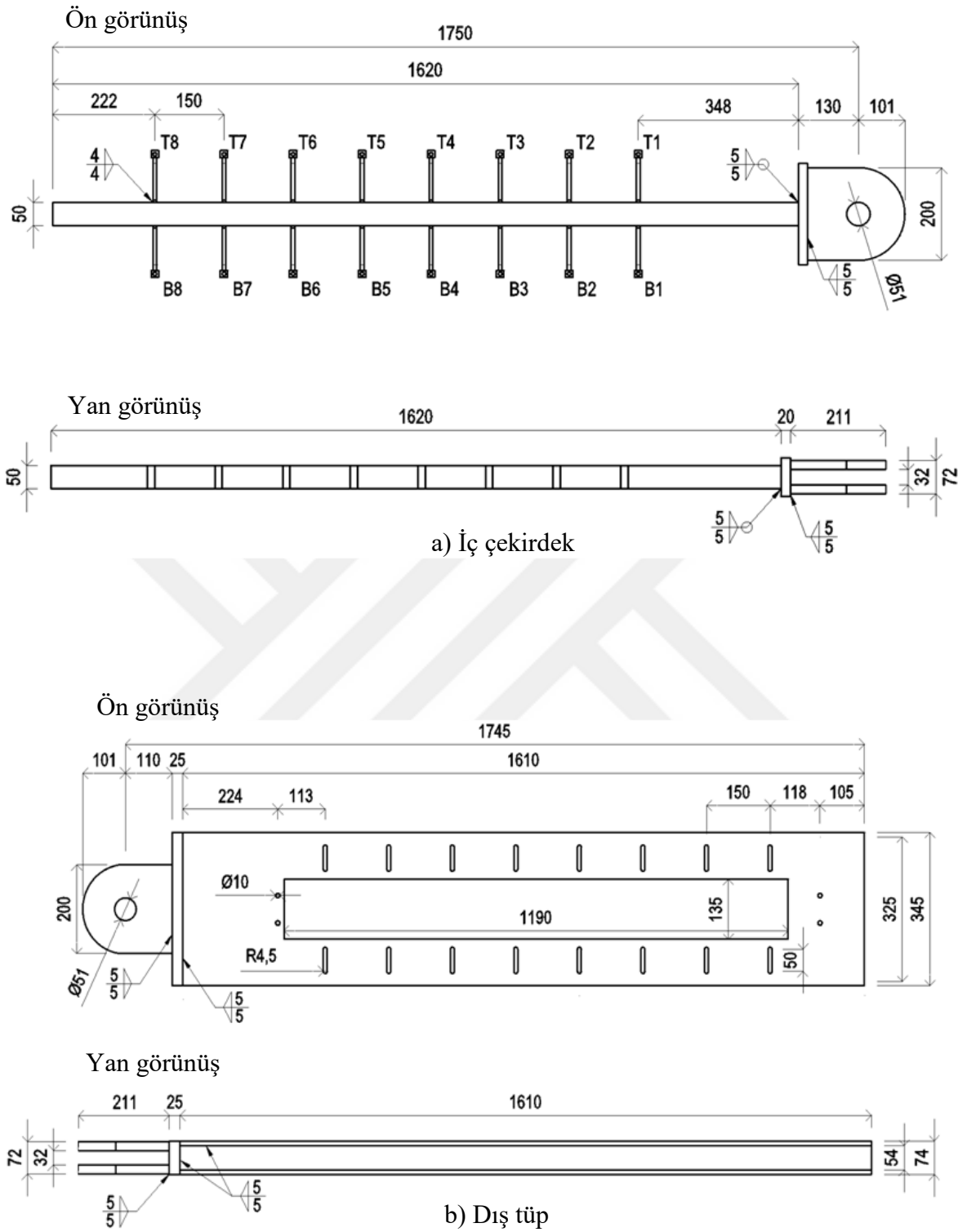
TTSES10 elemanında iç çekirdek boyunca 10 mm kalınlığında 20 adet sönümleyici levha bulunmaktadır (Şekil 2.36). Sönümleyici levhalar 116 mm ara ile orta profilin üst ve alt yüzeylerine mesnetlenmişlerdir. Orta profilin üst yüzeyinde bulunan sönümleyici levhalar sırasıyla T1-T10, alt yüzeyinde bulunan sönümleyici levhalar ise sırasıyla B1-B10 şeklinde numaralandırılmıştır. Orta profil ile sönümleyici levhaların birleşimi 4 mm kalınlığında köşe kaynağı ile sağlanmıştır. Orta profil olarak 50x50 mm ebatlarında dolu profil kullanılmıştır. Orta profilin alın levhası ile birleşimi 5 mm kalınlığında köşe kaynağı ile sağlanmıştır.

2.4.1.3. TTSES12

TTSES12 elemanında iç çekirdek boyunca 12 mm kalınlığında 16 adet sönümleyici levha bulunmaktadır (Şekil 2.37). Sönümleyici levhalar 150 mm ara ile orta profilin üst ve alt yüzeylerine mesnetlenmişlerdir. Orta profilin üst yüzeyinde bulunan sönümleyici levhalar sırasıyla T1-T8, alt yüzeyinde bulunan sönümleyici levhalar ise sırasıyla B1-B8 şeklinde numaralandırılmıştır. Orta profil ile sönümleyici levhaların birleşimi 4 mm kalınlığında köşe kaynağı ile sağlanmıştır. Orta profil olarak 50x50 mm ebatlarında dolu profil kullanılmıştır. Orta profilin alın levhası ile birleşimi 5 mm kalınlığında köşe kaynağı ile sağlanmıştır.



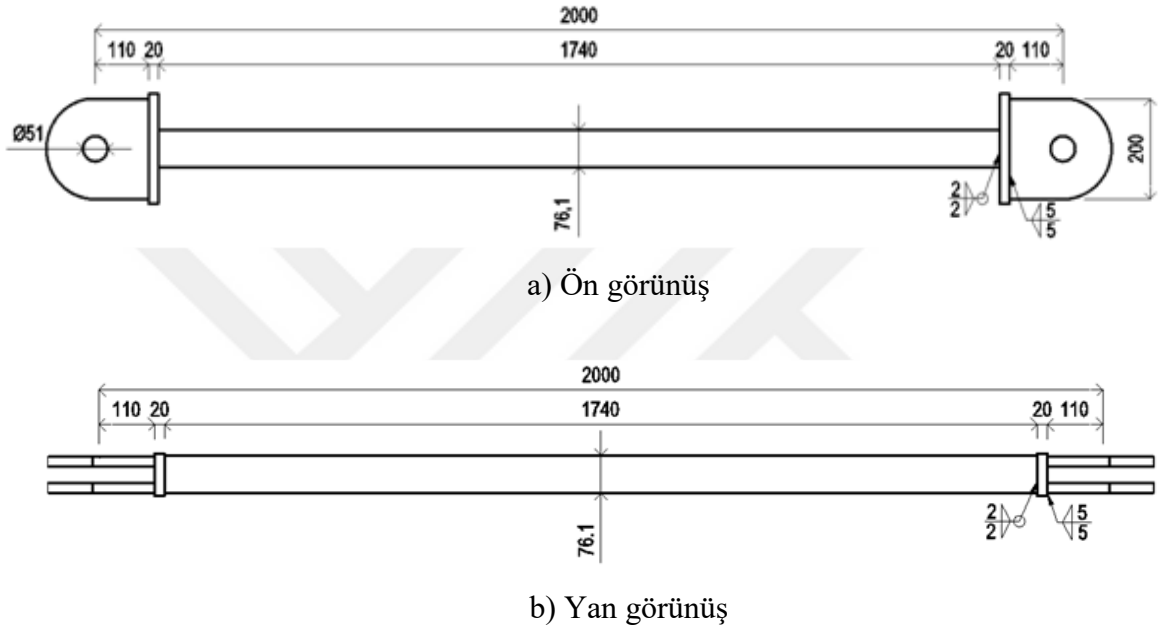
Şekil 2.36. TTSES10 elemanı detayı. a) İç çekirdek, b) Dış tüp



Şekil 2.37. TTSES12 elemanı detayı. a) İç çekirdek, b) Dış tüp

2.4.1.4. GÇÇ

GÇÇ, geleneksel çelik çaprazların davranışları ile testere tipi sismik enerji sönümleyicilerin davranışlarını karşılaştırabilmek için üretilmesi planlanan deney elemanıdır. Bu deney elemanını 76.1 mm çapında, 2.5 mm et kalınlığında ve 2000 mm uzunluğunda boru profilden meydana gelmektedir (Şekil 2.38).



Şekil 2.38. GÇÇ elemanı detayı

2.4.3. Deney Elemanlarının Üretimi

Deney elemanlarını oluşturan farklı özelliklerde bir çok parça bulunmaktadır. Bu parçalar iki boyutlu çizimleri bilgisayar ortamında yapıldıktan sonra CNC makinesinde yeterli kalınlıktaki çelik plakalardan lazer ile kesilerek birleşime hazır hale getirilmiştir (Şekil 2.39). Sönümleyici levhaların kesim işlemi ise lazer kesim esnasında açığa çıkan yüksek ısının çeliğin sertleşmesine yol açacağı düşünülerek su jeti ile yapılmıştır (Şekil 2.40).

Cıvataların dış çekirdek üzerindeki düşey oluktan ve sönümleyici levha başlığındaki delikten kusursuz bir şekilde geçebilmesini temin edebilmek için öncelikle sönümleyici levhalar cıvatalar ile dış tüpe sabitlenmiş daha sonra serbest uçlarından orta profile puntolanmıştır (Şekil 2.41). Her bir sönümleyici levhanın puntolama işlemi

tamamlandıktan sonra gerekli ölçümler yapılmış ve sönümleyici levhalar ile orta profil birleşimi tamamlanmıştır. Daha sonra dış tüp ve mafsal bağlantıları da tamamlanarak deney elemanlarının üretimleri tamamlanmıştır (Şekil 2.42 ve 2.43). Son olarak iç çekirdek, dış tüp ve sönümleyici levhaların kolayca ayırt edilebilmesi için sırasıyla mavi, sarı ve beyaza, boyanmışlardır (Şekil 2.44). GÇÇ elemanında ise boru profilinde beyaz renk mafsallar ise mavi renk kullanılmıştır.



Şekil 2.39. Lazer kesim işlemi ve hazır hale gelmiş bazı parçalar



Şekil 2.40. Sönümleyici levhaların su jeti ile kesim işlemi



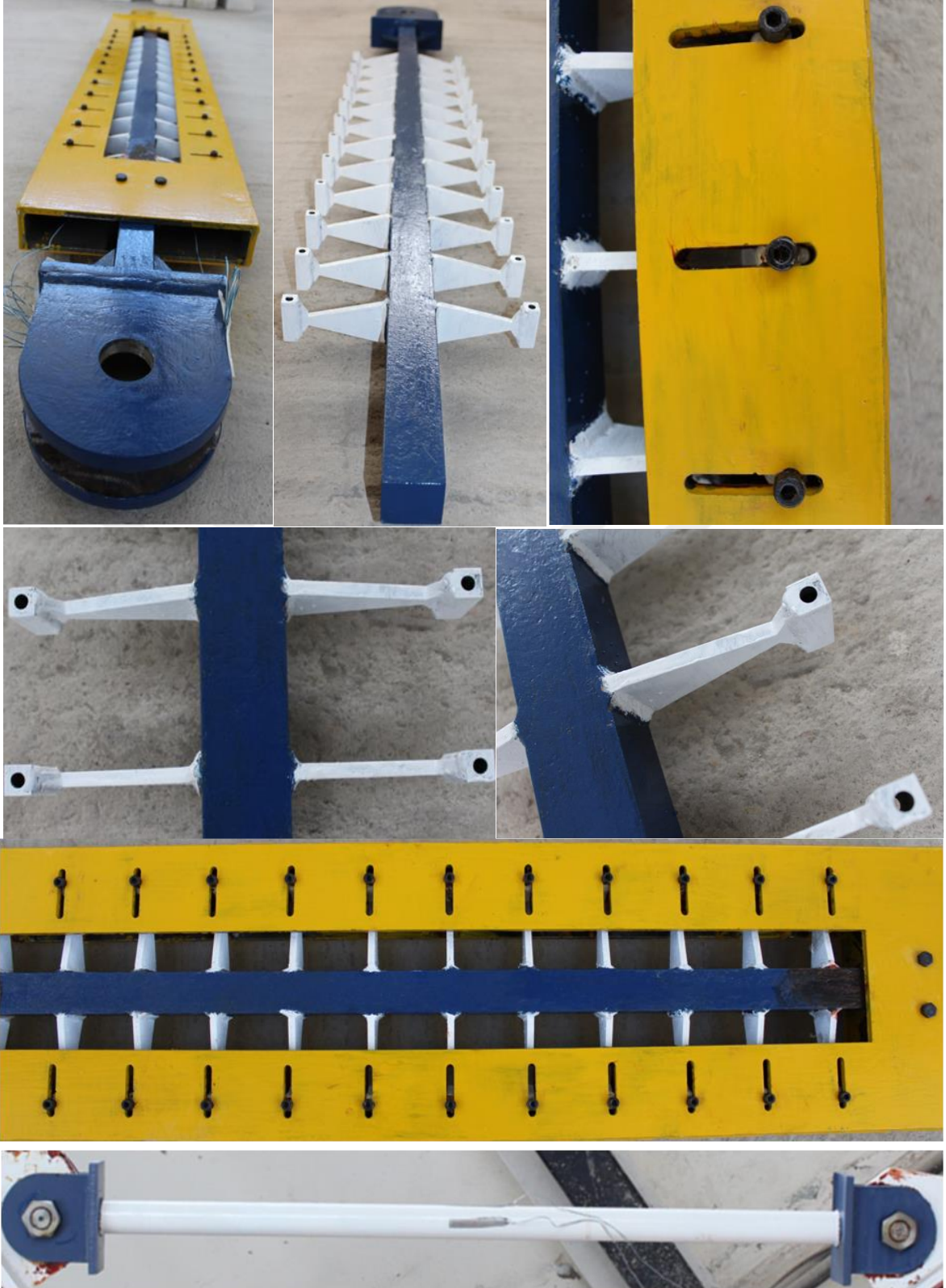
Şekil 2.41. Deney elemanlarının üretimi



Şekil 2.42. Üretimi tamamlanmış deney elemanları



Şekil 2.43. Deney elemanlarından bazı görüntüler



Şekil 2.44. Boyama işlemi tamamlanan deney elemanlarından bazı görüntüler

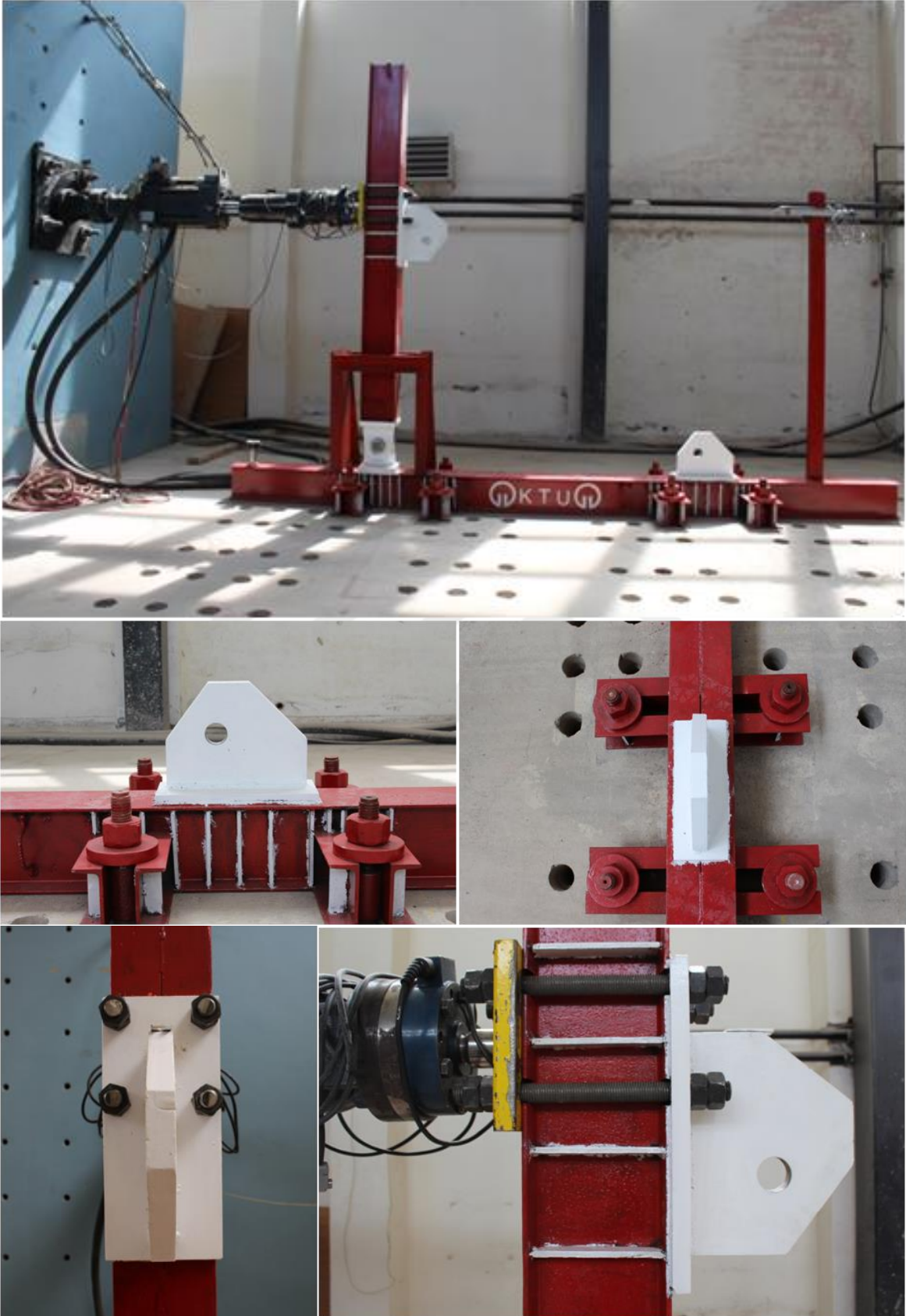
2.4.4. Deney Düzeneği

Deneysel alışmalar Karadeniz Teknik Üniversitesi Yapı Mekanik Laboratuvarında bulunan rijit yükleme platformunda gerçekleştirilmiştir. Rijit yükleme platformu deney düzeneğinin montajına imkan sağlayan delikli rijit döşeme ve yatay yükleme yapmayı sağlayan hidrolik silindirin asılı bulunduğu delikli rijit duvardan meydana gelmektedir.

Yükleme platformuna mesnetlenecek olan deney düzeneği, 2 adet I200 profilinin birleştirilmesiyle meydana gelen rijit kolon ve kiriş ile düzlem dışı hareketi engelleyici payandalardan oluşmaktadır. Rijit kiriş, rijit döşemeye 8 adet yüksek dayanımlı bulon ile bağlanarak ankastre mesnet şartları sağlanmıştır. Rijit kolon ise rijit duvarda asılı bulunan ve sisteme yatay yükleme yapacak olan hidrolik silindire 4 adet yüksek dayanımlı bulon ile bağlanmıştır (şekil 2.45).

Rijit kolon ile kirişin bağlantısı mafsallı birleşim ile sağlanmıştır (şekil 2.46). Deney elemanlarının deney düzeneğine montajı, deney düzeneğine kaynaklanan bayrak levhaları ile sağlanmıştır (şekil 2.47). Tüm birleşimlerde 50 mm çapında bulon kullanılmıştır. Deney elemanlarının deney düzeneğindeki stabilizesini sağlayan mesnet noktaları berkitme levhaları ile güçlendirilmiştir (şekil 2.45).

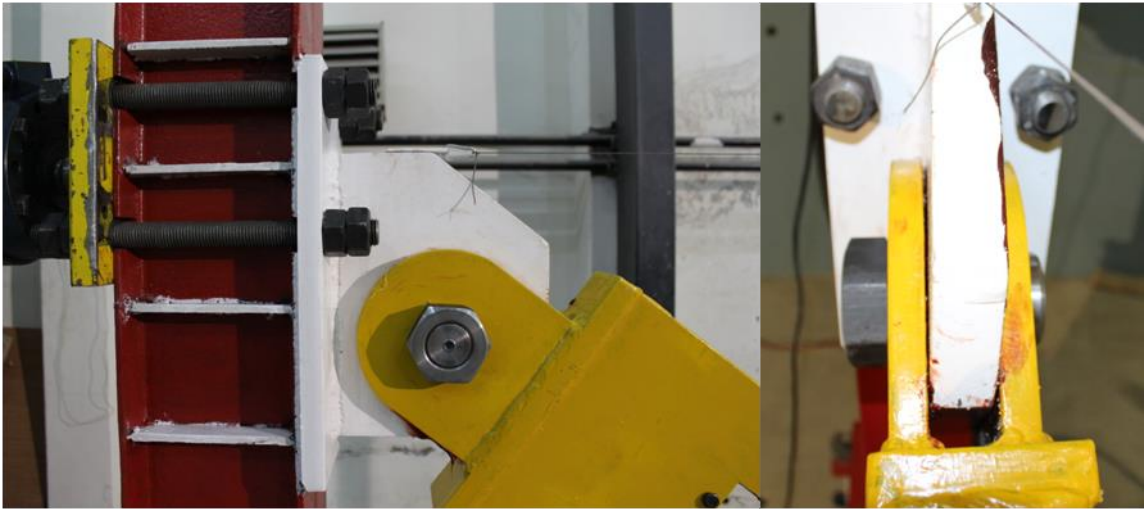
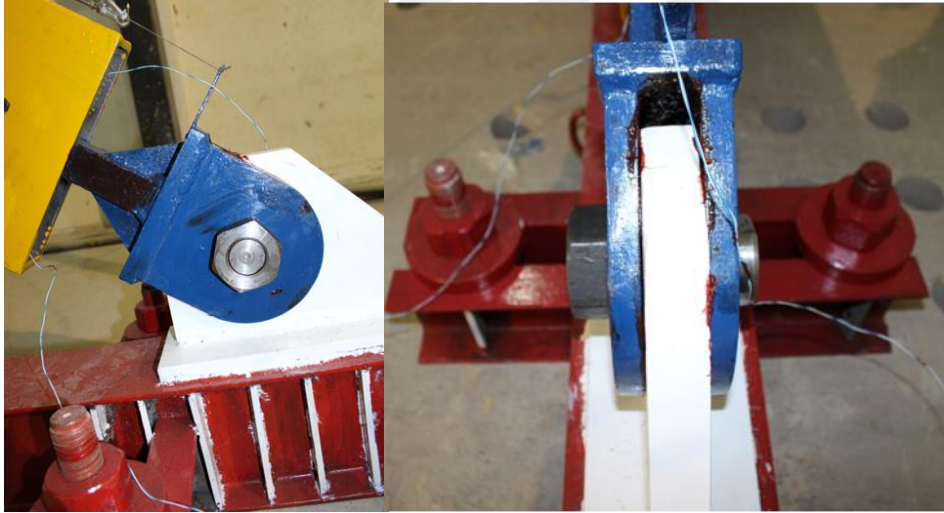
şekil 2.48'de deney düzeneğinin şematik görünümü gösterilmektedir. Yatayla 37° açı yapacak şekilde düzeneğe yerleştirilen deney elemanları hidrolik silindire göre herhangi bir dışmerkezlik yaratmamaktadır. Hidrolik silindirden gelen yük kolon eksenini ile deney elemanlarının yerleştirileceği eksenin çakıştığı düğüm noktasına uygulanmaktadır. şekil 2.47'de deney düzeneğine yerleştirilmiş bir deney elemanı görülmektedir.



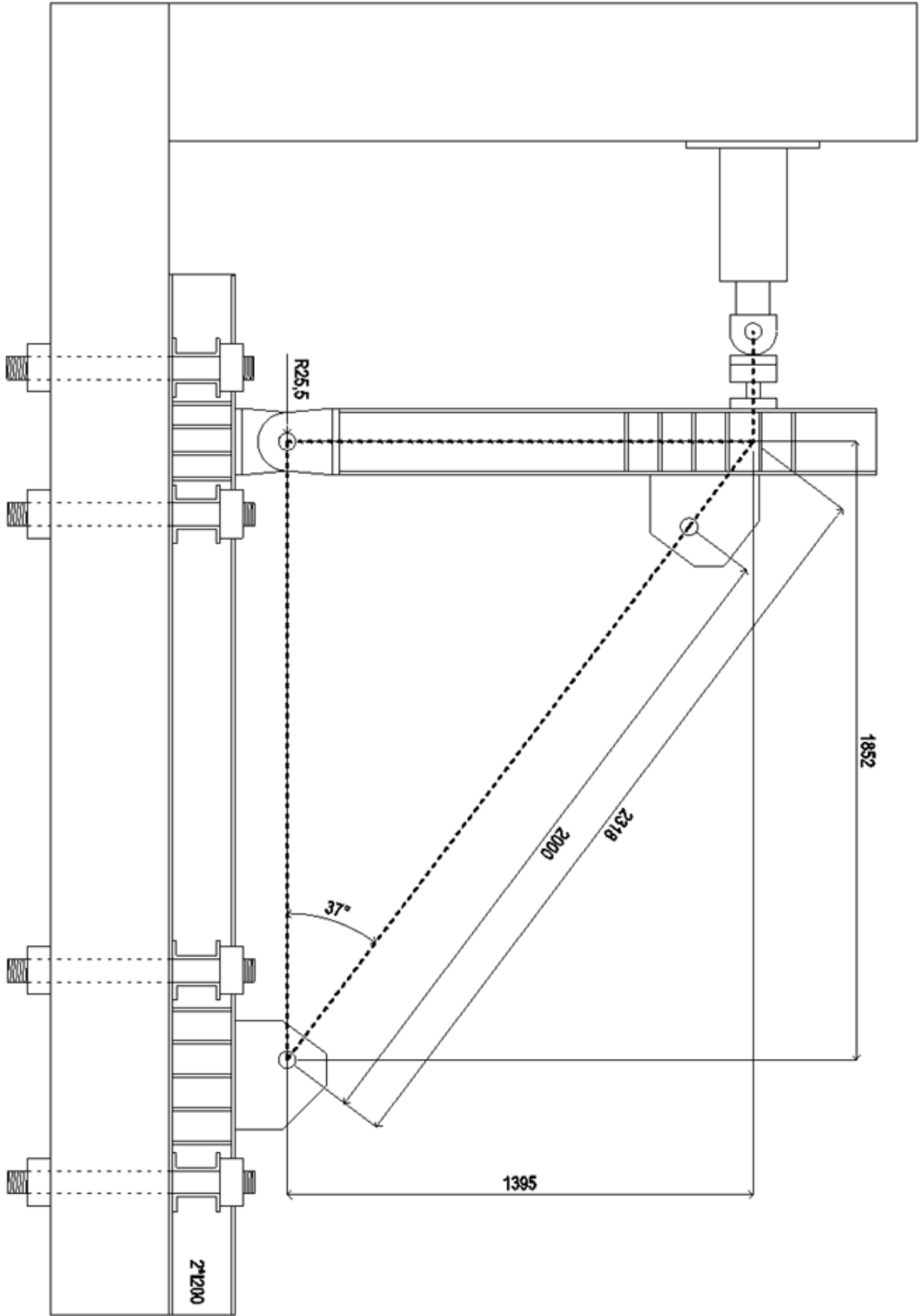
Şekil 2.45. Deney düzeneği ve mesnetlenme biçimi



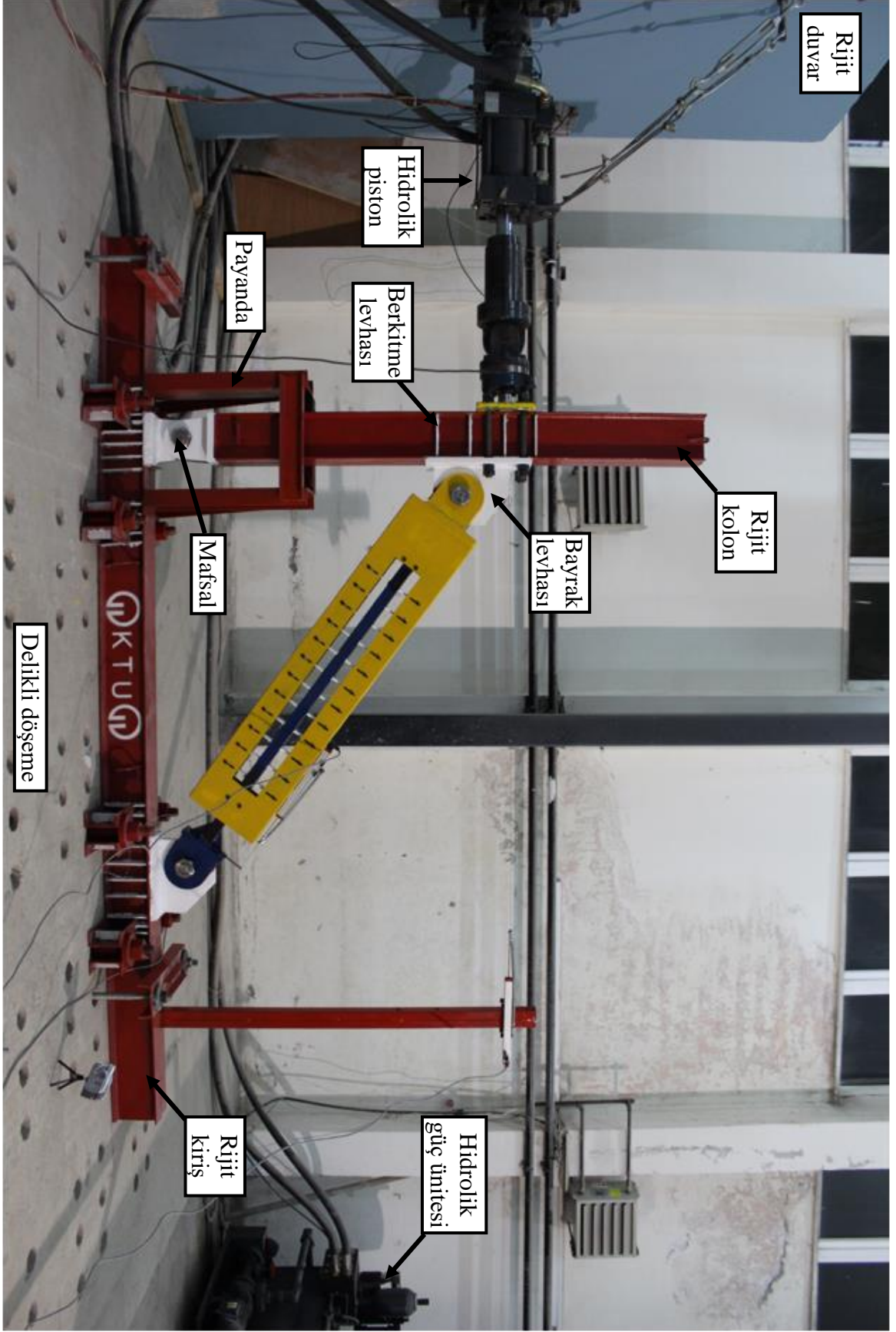
Şekil 2.46. Mafsallı birleşim ve 50 mm çapındaki bulon



Şekil 2.47. Deney elemanlarının bayrak levhasına bağlantısı



Şekil 2.48. Deney düzeneğinin şematik görünümü (mm)

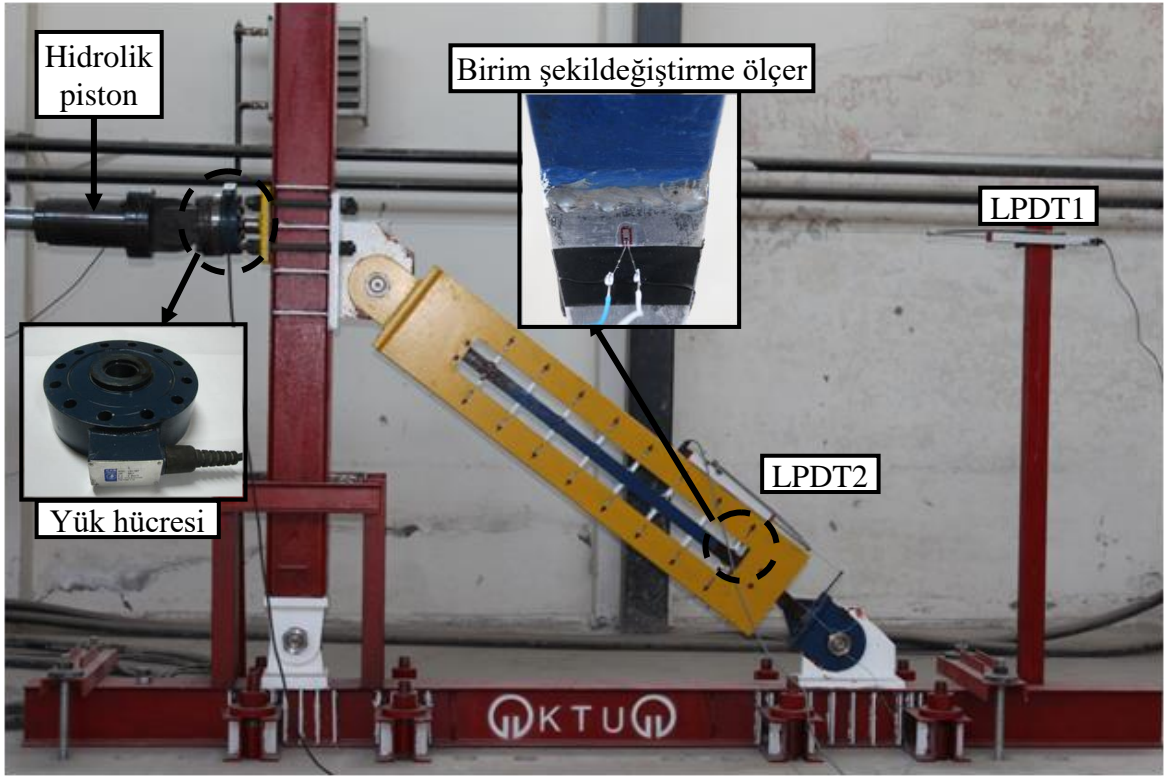


Şekil 2.49. Deneye hazır hale getirilmiş bir deney elemanı

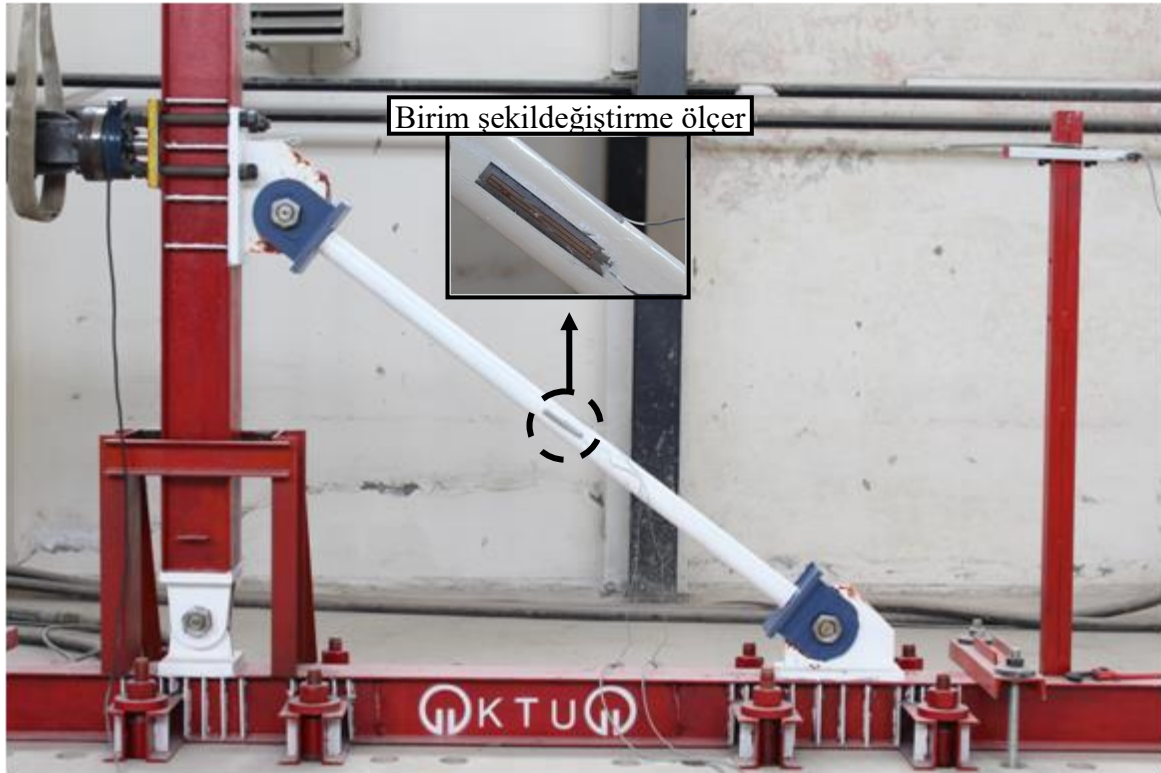
2.4.4.1. Ölçüm Sistemi ve Kullanılan Aletler

Deneyleerde yatay yük, yerdeğiştirme ve birim Şekildeğiştirme ölçümleri yapılmıştır. Deneyle elemanlarına uygulananan yatay yüklenme; besleme hortumları vasıtasıyla güç ünitesine bağlı bir hidrolik piston ile yapılmıştır. 200 mm açılma kapasitesi olan hidrolik piston, çevrimsel (itme-çekme) olarak yüklenme yapabilmektedir. Hidrolik piston her iki ucundan da mafsallı olarak teşkil edildiği için deneyle elemanının olası düşey hareketi sırasında yüklemenin farklı gerilmelere yol açması engellenmektedir. Yatay yük ölçümleri rijit kolon ile rijit duvar arasında bulunan hidrolik silindirin ucuna bağlanan ve yükü elektronik olarak ölçebilen 500 kN kapasiteli yük hücresi (Loadcell) ile yapılmıştır. Deneyle elemanlarının istenilen noktalarındaki yerdeğiştirmeleri LPDT'ler (doğrusal potansiyometrik cetveller) yardımı ile elektronik olarak ölçülmüş ve bilgisayara aktarılmıştır. Bunun için hidrolik pistonun yatay hareketini ölçen LPDT1 ve deneyle elemanında aksenal doğrultuda meydana gelen uzama ve kısalmayı ölçen LPDT2 olarak isimlendirilmiş iki adet 300 mm kapasiteli cetvel kullanılmıştır. Deneyleler esnasında sönümleyici levhalarda meydana gelen birim Őekildeğiřtirmeyi belirlemek amacıyla her bir deneyle elemanındaki T1 ve B1 numaralı sönümleyici levhalara birer adet aktif boyu 2 mm olan FLA tipi birim Şekildeğiştirme ölçerler yerleştirilmiştir. Birim Şekildeğiştirme ölçerlerinin yapıştırılabilmesi için ilgili levhalarda boyama işlemi yapılmamıştır. Yapıştırıldıktan sonra kalibrasyonu yapılan birim Şekildeğiştirme ölçerler ± 0.015 aralığında ölçüm yapabilmektedir (Şekil 2.50). GÇÇ elemanında ise aktif boyu 90 mm olan iki adet birim Şekildeğiştirme ölçer kullanılmıştır. Bu Şekildeğiştirme ölçerler burkulmanın meydana gelmesi beklenen yere, yani deneyle elemanının tam orta noktasında, numunenin üst (SG1) ve yan (SG2) tarafına yapıştırılmıştır. GÇÇ elemanında diğer deneyle elemanlarından farklı olarak LPDT2 kullanılmamıştır (Şekil 2.51).

Deneyleler boyunca elde edilen okumalar saniyede sekiz veri kaydetme özelliğine sahip on altı kanallı CODA Ai8b veri toplama cihazı vasıtası ile kayıt altına alınmıştır (Şekil 2.52).



Şekil 2.50. TTSS elemanlarında kullanılan ölçüm sistemi



Şekil 2.51. GÇÇ elemanında kullanılan ölçüm sistemi



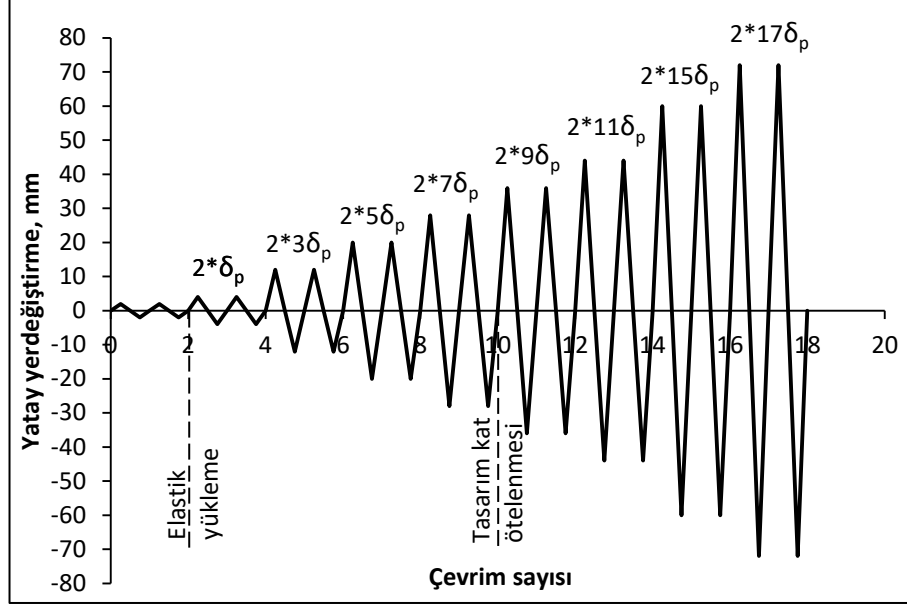
Şekil 2.52. 16 kanallı Coda Ai8b veri toplama cihazı

2.4.5. Deney Elemanlarına Uygulanan Yatay Yük

Deney elemanlarına uygulanacak olan çevrimsel yatay yük rijit duvara asılı 280 kN itme ve çekme kapasiteli, ± 100 mm yatay yerdeğiştirme uygulayabilen bilgisayar kontrollü hidrolik silindir ile gerçekleştirilmiştir. Yerdeğiştirme kontrollü olarak yapılan deneylerde yatay yük, iki yönlü giderek artan yerdeğiştirme çevrimleri şeklinde uygulanmıştır. Yerdeğiştirme çevrimlerinin belirlenmesinde burkulması önlenmiş çelik çaprazlar için AISC 341-10 (2010) Bölüm K3'de önerilen esaslar dikkate alınmıştır. Her bir çevrim iki kez uygulanmıştır.

δ_p , deney elemanlarında akma yüküne ulaşıldığı andaki yatay yerdeğiştirmeyi göstermek üzere deney elemanlarına uygulanan çevrimsel yatay yükleme protokolü Şekil 2.53'de ve Tablo 2.5'de gösterilmiştir. Deney elemanlarında akma yüküne ulaşıldığı andaki yatay yerdeğiştirmeler, δ_p , Bölüm 2.3'de yapılan çalışmalar dikkate alınarak belirlenmiştir. AISC 341-10 (2010)'da tasarım kat ötelenmesi kat yüksekliğinin % 1'inden daha küçük olamamak şartıyla $5\delta_p$ olarak kabul edilebileceği belirtilmektedir. Bu çalışmada ise tasarım kat ötelenmesi oranı olarak kat yüksekliğinin % 2'si dikkate alınmıştır. Deney elemanlarının akma yüküne ulaşacağı yatay yerdeğiştirmeden önceki elastik bölgede $0.2\delta_p=1$ mm'lik yerdeğiştirme çevrimleri uygulanmış ve ardından standart yükleme protokolüne geçilmiştir. AISC 341-10 (2010)'a göre yükleme protokolü sonunda toplam elastik olmayan yerdeğiştirmenin en az $200\delta_p$ olması gerekmekte olup belirlenen yükleme

protokolüne göre toplam elastik olmayan yerdeğiştirme $240\delta_p$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 2.5).



Şekil 2.53. Yükleme protokolü

Tablo 2.5. Yükleme protokolü

Yerdeğiştirme adımı	Çevrim sayısı	Yatay yerdeğiştirme		Yerdeğiştirme hızı	Elastik olmayan yerdeğiştirme	Kümülatif elastik olmayan yerdeğiştirme
1	2	$0.2\delta_p$	1 mm	0.05 mm/s	0	$0\delta_p$
2	2	$1\delta_p^*$	5 mm	0.05 mm/s	$2*2(1\delta_p - \delta_p) = 0$	$0\delta_p$
3	2	$3\delta_p$	15 mm	0.1 mm/s	$2*2(3\delta_p - \delta_p) = 8\delta_p$	$8\delta_p$
4	2	$5\delta_p^{**}$	25 mm	0.1 mm/s	$2*2(5\delta_p - \delta_p) = 16\delta_p$	$24\delta_p$
5	2	$7\delta_p$	35 mm	0.1 mm/s	$2*2(7\delta_p - \delta_p) = 24\delta_p$	$48\delta_p$
6	2	$9\delta_p$	45 mm	0.25 mm/s	$2*2(9\delta_p - \delta_p) = 32\delta_p$	$80\delta_p$
7	2	$11\delta_p$	55 mm	0.25 mm/s	$2*2(11\delta_p - \delta_p) = 40\delta_p$	$120\delta_p$
8	2	$15\delta_p$	75 mm	0.25 mm/s	$2*2(15\delta_p - \delta_p) = 56\delta_p$	$176\delta_p$
9	2	$17\delta_p$	85 mm	0.5 mm/s	$2*2(17\delta_p - \delta_p) = 64\delta_p$	$240\delta_p$

* Akma yükü

** Tasarım kat ötelenmesi

2.4.6. Ölçümlerin Değerlendirilmesi

2.4.6.1. Yatay Yük- Yatay Yerdeğiştirme Grafiklerinin Elde Edilmesi

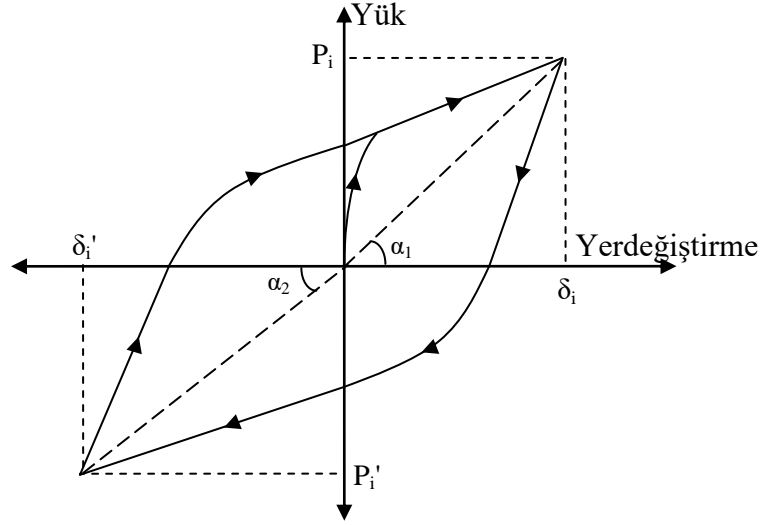
Şekil 2.53'de gösterilen yükleme protokolüne göre yapılan deneylerde her bir deney elemanı için, deney elemanlarının eksenleri ile rijit kolonun ekseninin çakıştığı düğüm noktasının yatay yerdeğiştirmesi ve buna karşılık gelen yatay yük değerleri ölçüm sisteminde kullanılan aletler vasıtası ile ölçülmüş ve kayıt altına alınmıştır. Deney elemanlarının eksenel yük taşıma kapasiteleri ise yatay yükün deney elemanlarının eksenine indirgenmesi ile (Yatay yük/Sin37°) hesaplanmıştır.

2.4.6.2. Dayanım Zarfı Grafiklerinin Elde Edilmesi

Eksenel yük - yatay yerdeğiştirme grafiği üzerindeki her çevrim için, en büyük yük değeri ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirme miktarı dayanım zarfı üzerinde bir koordinat olmak üzere, ileri ve geri çevrimlerden elde edilen koordinatların birleştirilmesi ile dayanım zarfı eğrileri elde edilmiştir.

2.4.6.3. Etkili Rijitlik Değerlerinin Hesabı

Çevrimsel yük etkisinde, deney elemanlarının rijitlikleri ilerleyen her çevrimde azalmaktadır. Deney elemanlarının rijitlik değerleri, her çevrim için yük-yerdeğiştirme grafiğinin eğimi bulunarak elde edilmiştir (Şekil 2.54).



Şekil 2.54. Her bir çevrim için etkili rijitlik değerlerinin belirlenmesi

Burada; i. çevrimde yük-yerdeğiştirme eğrisinde okunan yük değerleri P_i ve P_i' ile yerdeğiştirme değerleri δ_i ve δ_i' olmak üzere, etkili rijitlik değeri itme ve çekme için sırasıyla:

$$k_{eff(i)} = \tan(\alpha_1) = \frac{P_i}{\delta_i} \quad (2.27)$$

$$k_{eff(c)} = \tan(\alpha_2) = \frac{P_i'}{\delta_i'} \quad (2.28)$$

bağıntıları ile hesaplanmıştır. Deney elemanları için elde edilen rijitlik değerlerinin kat ötelenme oranlarına göre değişiminin grafiksel olarak çizilmesi ile rijitlik azalımı grafikleri elde edilmiştir.

2.4.6.4. Enerji Tüketme Kapasitelerinin Hesabı

Yük altındaki yapılar, üzerlerine etkiyen yüklerin oluşturduğu enerjinin bir kısmını şekildeğiştirmeler yaparak tüketmektedirler. Tüketilen bu enerji özellikle deprem gibi dinamik yükleme durumları için oldukça önemlidir. Deney elemanlarının tüketebileceği enerji elastik olmayan şekildeğiştirme kapasitelerine bağlıdır. Deney elemanlarına uygulanan çevrimsel yükleme neticesinde elde edilen yatay yük - yatay yerdeğiştirme

eğrisinde her bir çevrimin kapsadığı alan (E_{hi}) hesaplanmıştır (Şekil 2.55). Daha sonra her çevrim için tüketilen enerji değerleri artımsal olarak toplanarak toplam tüketilen enerji değeri hesaplanmıştır.

2.4.6.5. Eşdeğer Viskoz Sönüm Oranı Hesabı

Eşdeğer viskoz sönüm oranı, ξ_{eq} , çevrimsel yükleme altında deney elemanlarının sönümlediği enerji miktarını ifade etmenin bir diğer yolu olmakla birlikte, akma yükünden, P_p , sonra yük taşıma kapasitesindeki değişimin sistemin enerji tüketme kapasitesi ile ilişkisi hakkında da fikir vermektedir. Eşdeğer viskoz sönüm oranı elastik olmayan yerdeğiştirmenin gerçekleştiği her yük adımının ikinci çevrimi için aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır (Chopra, 2011):

$$\xi_{eq} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{h_i}}{E_{S_i}} \quad (2.29)$$

Burada E_{hi} numune tarafından i . çevrimde tüketilen çevrimsel enerjidir. E_{Si} ise i . çevrimde depolanan elastik şekildeğiştirme enerjisi olup aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır (Şekil 2.55) :

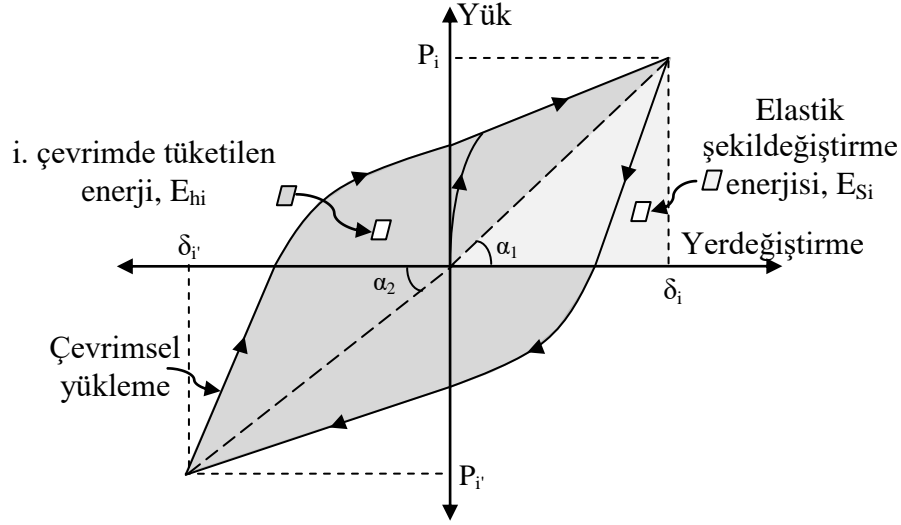
$$E_{S_i} = \frac{P_i \delta_i}{2} \quad (2.30)$$

Denk. (2.30) Denk. (2.29)'da yerine yazılırsa:

$$\xi_{eq} = \frac{1}{2\pi} \frac{E_{h_i}}{P_i \delta_i} \quad (2.31)$$

denklemini elde edilir.

EN 15129 (2010)'a göre metalik sönümleyicilerin eşdeğer viskoz sönüm oranının en az $\xi_{eq} > \%15$ olması ve sistemin yön değiştiren tekrarlı yükler altında stabil ve kararlı davranışı sağlayacak özellikte olması gerekmektedir.



Şekil 2.55. i. çevrimde tüketilen enerji ve depolanan elastik şekil değiştirme enerjisi (Chopra, 2011).

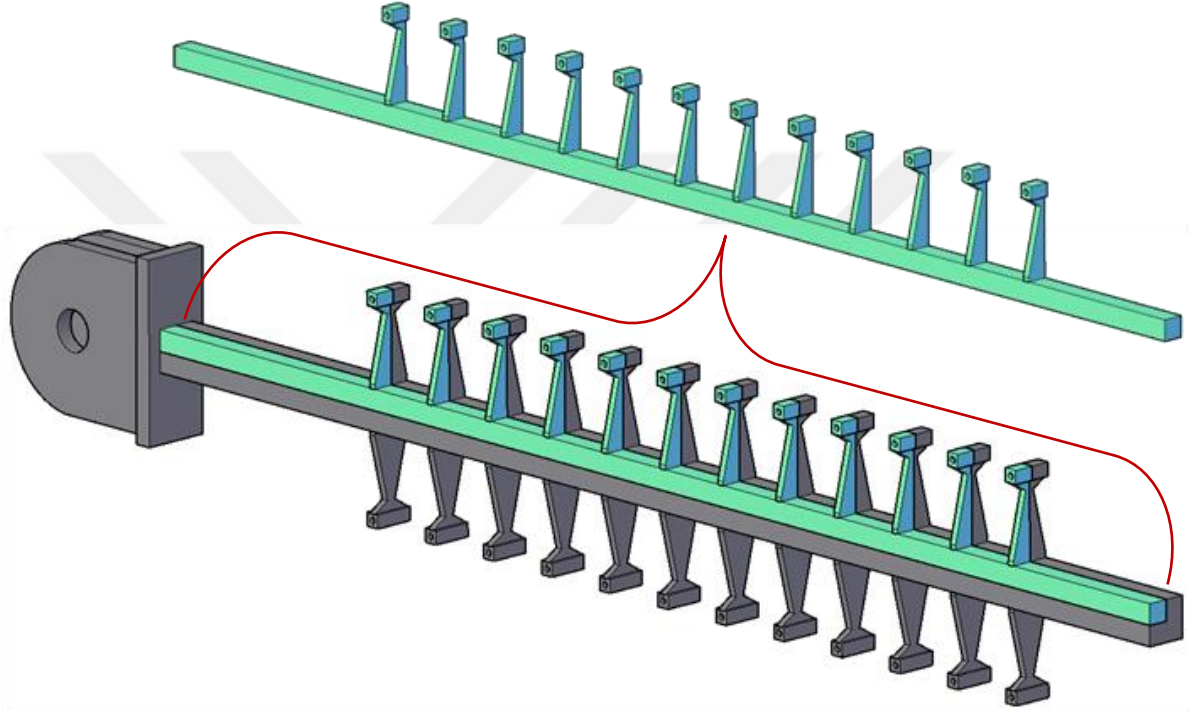
2.5. Sayısal Çalışmalar

Bu bölümde çevrimsel yükleme altında deneysel davranışları incelenen ve özellikleri Tablo 2.3'de verilen deney elemanlarının elastik olmayan davranışlarını incelemek üzere bilgisayar ortamında yapılan sayısal çalışmalar anlatılmaktadır.

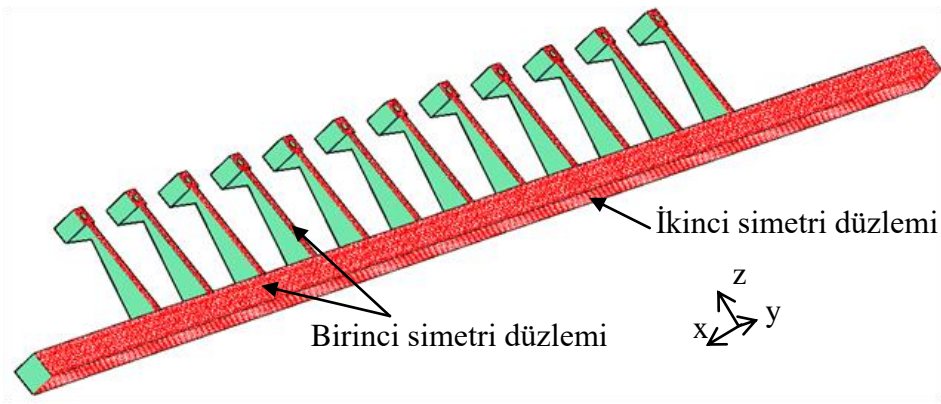
Şekil 2.35, 2.36, 2.37 ve 2.38'de detayları verilen deney elemanlarının üç boyutlu modelleri Autocad (2017) programında oluşturulduktan sonra Ansys (2016) programına aktarılmıştır. Deney elemanlarının geometrisinden faydalanılarak sayısal modellerin büyüklüğünü ve analiz süresini azaltmak amacıyla TTSES8, TTSES10 ve TTSES12 elemanlarının 1/4'ü modellenmiştir (Şekil 2.56). Oluşturulan modellerin iç çekirdeğin tamamının davranışını temsil etmesi için gerekli sınır şartlarının sağlanması gerekmektedir. Bu amaçla xz düzleminde birinci simetri, xy düzleminde ise ikinci simetri düzlemi tanımlanmıştır. Böylelikle birinci simetri düzleminde y ekseninde ötelenme, x ve z eksenlerinde ise dönme; ikinci simetri düzleminde ise z ekseninde ötelenme, x ve y eksenlerinde ise dönme serbestlikleri engellenmiştir (Şekil 2.57).

Deney elemanlarının mesnetlerindeki sınır şartlarının modellenmesinde ise MPC184 (Multi Point Constraint) elemanı kullanılmıştır. Bunun için deneysel çalışmada mesnetlerde dönmeye olanak sağlayan bulonlar merkez noktalarında tanımlanan birer adet düğüm noktası ile modellenmiştir. Daha sonra bu düğüm noktaları MPC184 elemanı kullanılarak deney elemanlarının iki ucundaki düğüm noktaları ile birleştirilmiştir (Şekil

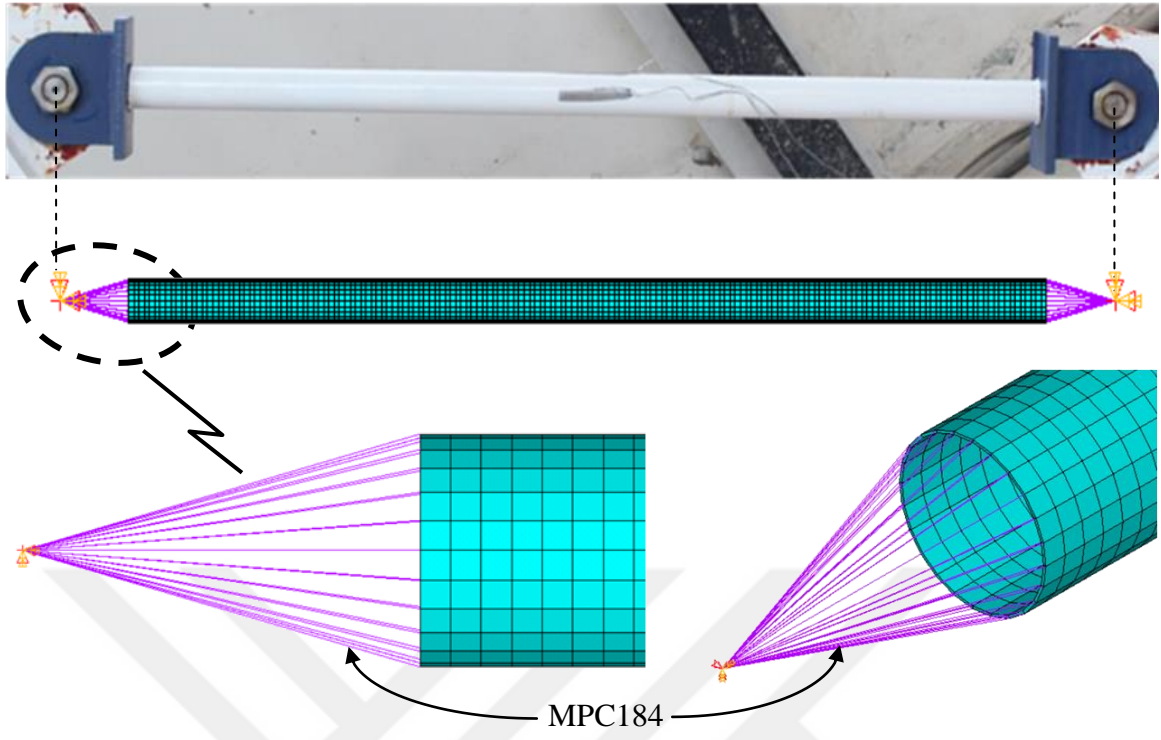
2.58). Bulonların merkez noktalarına tanımlanan düğüm noktalarının birinde ötelenmeler engellenirken bulon eksenindeki dönmeler serbest bırakılmış, diğerinde ise deney elemanının eksenini doğrultusundaki ötelenmeler ve bulon eksenindeki dönmeler serbest bırakılarak deneysel çalışmadaki mesnet şartları sağlanmıştır. Modellemede kullanılan diğer eleman tipleri, malzeme modeli, ve çözüm yöntemi Bölüm 2.4.2'de anlatılmıştır. Analizler için oluşturulan Ansys kodları (log.file) Ek-3'de verilmiştir.



Şekil 2.56. İç çekirdeğin sayısal modellemede dikkate alınan 1/4'lük bölümü



Şekil 2.57. Uygulanan simetri sınır durumları



Şekil 2.58. MPC184 elemanı ile mesnet sınır şartlarının modellenmesi

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

3.1. Giriş

Bu bölümde, testere tipi sismik enerji sönümleyicilerin çevrimsel yük etkisindeki davranışlarını belirlemek üzere yapılan deneysel, sayısal ve teorik çalışmalardan elde edilen bulgular verilmekte ve birtakım irdelemeler yapılmaktadır.

Çevrimsel yük etkisinde test edilen dört adet deney elemanından üçünü TTSES8, TTSES10 ve TTSES12 isimli testere tipi sismik enerji sönümleyiciler oluşturmaktadır. GÇÇ isimli dördüncü deney elemanı ise mevcut çelik yapı uygulamalarında sıklıkla kullanılan geleneksel çelik çaprazları temsil etmektedir. TTSES8, TTSES10 ve TTSES12 isimli deney elemanlarının tasarımında her biri için kullanılan malzemenin toplam hacimsel oranı sabit tutularak farklı kalınlık ve sayıda sönümleyici levhalar kullanılmıştır (Ek-2).

Tüm deney elemanları yaklaşık 1/2 ölçekli olup boyutlandırmalar deneylerde kullanılan 280 kN kapasiteli hidrolik pistonu uygun olarak yapılmıştır. Tüm deneylere ilk olarak itme yüklemesi ile başlanmıştır. Grafiklerde "+" itme yüklemesini, "-" çekme yüklemesini göstermektedir.

3.2. Deney Elemanlarının Çevrimsel Yükler Altındaki Davranışları

3.2.1. TTSES8

Çevrimsel yük etkisinde davranışları incelenen deney elemanlarından TTSES8'in deney esnasından bir görünümü Şekil 3.1'de, deney sonunda elde edilen yatay yük - yatay yerdeğiştirme eğrisi ile her bir çevrimin detaylı görünümü ise Şekil 3.2'de verilmiştir. Bununla birlikte T1 ve B1 numaralı sönümleyici levhalara yapıştırılan birim şekildeğiştirme ölçerlerden elde edilen birim şekildeğiştirme - yatay yerdeğiştirme eğrileri Şekil 3.3'de ve sonuçlar Tablo 3.1'de özetlenmiştir.



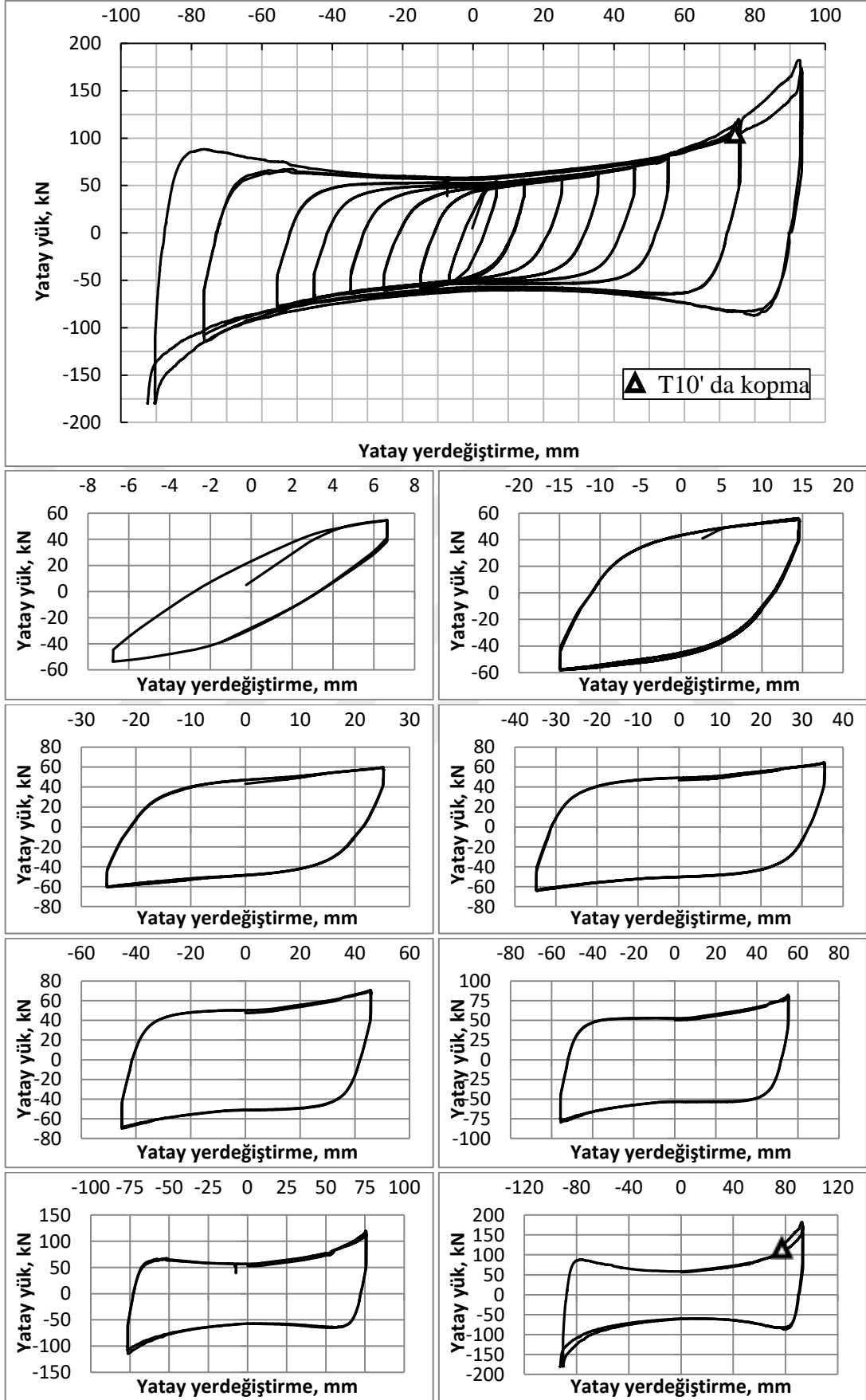
Şekil 3.1. TTSES8' in deney esnasından bir görüntüsü

İkinci yerdeğiştirme adımında, T1 ve B1 numaralı sönümleyici levhaların yüzeylerinde, sırasıyla 2.69 ve 2.76 mm'lik yerdeğiştirmelerde, akma birim şekildeğiştirmesi meydana gelmiştir. Aynı çevrimin devamında akma yükü, P_p , itmede 6.65 mm'lik yerdeğiştirmede 54.57 kN, çekmede ise 6.77 mm'lik yerdeğiştirmede 53.60 kN olarak elde edilmiştir. Akma yüküne ulaşıldığı anda T1 ve B1 levhalarının yüzeylerindeki birim şekildeğiştirmeler sırasıyla 0.00386 ve 0.00402 olarak meydana gelmiştir. Bu seviyeden sonra sönümleyici levhaların plastikleşmesi ve akma yüküne ulaşılması ile yük - yerdeğiştirme eğrisi yataylaşmaya başlamıştır. Tasarım kat ötelenmesi sınırına gelindiğinde (üçüncü yerdeğiştirme adımı) itmede 25.25 mm'lik yerdeğiştirmede 59.43 kN, çekme de ise 25.35 mm'lik yerdeğiştirmede 60.47 kN'luk yük değerleri elde edilmiştir. Bu aşamada sistemin yük taşıma kapasitesinin akma yüküne göre % 10.1 arttığı görülmektedir. Bu ana kadar sönümleyici levhalarda herhangi bir hasar gözlemlenmemiştir. İlerleyen çevrimlerde yük değerleri giderek artmaya. 75.95 mm'lik sekizinci yerdeğiştirme adımında, sönümleyici levhalar boyunca etkili olan şekildeğiştirmeler nedeniyle gözle görülür çatlaklar meydana gelmiş ve levhaların üzerindeki beyaz renkli boyanın kabarak bazı levhalardan tamamen ayrıldığı gözlemlenmiştir (Şekil 3.4). 85 mm olması gereken son yük adımında hidrolik pistonun 92.28 mm'lik yerdeğiştirme yapması ile düşey oluk içinde hareket eden cıvatalar, oluğun sonuna dayanmış ve bu nedenle sönümleyici levhalara çekme kuvveti uygulamıştır. Bu yerdeğiştirme adımının ikinci çevriminde T10 numaralı sönümleyici levha tabanına yakın

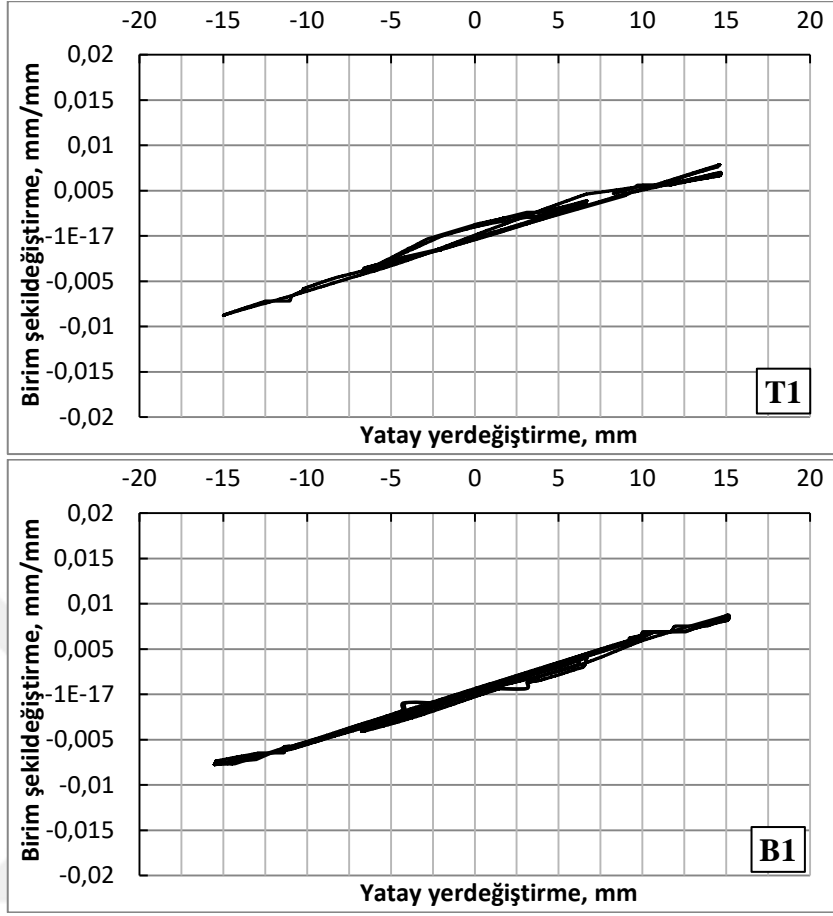
bir bölgeden koparak iç çekirdekten ayrılmıştır (Şekil 3.5). Ancak bu durum sistemin yük taşıma kapasitesinde önemli bir düşüğe neden olmamıştır. Son yerdeğiştirme adımında itmede 92.28 mm'lik yerdeğiştirmede 182.18 kN, çekmede ise 90.26 mm'lik yerdeğiştirmede 179.27 kN'luk maksimum yük değerlerine ulaşılmıştır. Bu yerdeğiştirme adımında sistemin yük taşıma kapasitesinin akma yüküne göre % 206 arttığı görülmektedir. TTSES8 standart yükleme protokolünü yük taşıma kapasitesinde sürekli artış göstererek tamamlamış, itme ve çekmede tam simetrik davranış sergilemiştir.

Standart yükleme protokolü tamamlandığında, T10 numaralı sönümleyici levha dışında herhangi bir levhada kopma yaşanmamıştır. Ancak levha yüzeylerinde gözle görülür boyutta çatlaklar oluşmuştur (Şekil 3.5). Bu ana kadarki kümülatif elastik olmayan yerdeğiştirme $179.98\delta_p$ olarak elde edilmiştir. Standart yükleme protokolünün tamamlanmasından sonra sisteme, yük taşıma kapasitesini kaybedene kadar 60 mm/s hızında, 30 mm genlikli sinüs yüklemesi uygulanmıştır. Bu aşamada bilgisayar kaydı alınmamıştır. Bu yükleme esnasında sırasıyla T10, B5, B7, B8, B10, B6, T1, T7, T9, T2, T4 numaralı sönümleyici levhalarda tabana yakın bölgelerden kopma meydana gelmiştir. Şekil 3.6'da deney sonundan bir görüntü verilmiştir.

Deney sonunda iç çekirdek ve dış tüp birbirinden ayrılarak deney elemanı incelenmiştir (Şekil 3.7). Sönümleyici levhalardaki kopmalar, levha tabanlarına yakın bölgelerde meydana gelmiştir (Şekil 3.8). Diğer sönümleyici levhalarda ise ağır hasarlar meydana gelse de, hala yük taşıma kapasitelerini kaybetmemişlerdir. Sönümleyici levhaların dış tüpe bağlantısını sağlayan yüksek dayanımlı cıvatalarda deney sonunda herhangi bir hasar görülmemiştir. Bu cıvatalar sinüs yüklemeleri de dahil olmak üzere deneyler boyunca düşey oluk içinde beklenildiği gibi hareket etmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.2. TTSES8'in çevrimsel yükleme altındaki performansı



Şekil 3.3. TTSES8'de T1 ve B1 levhalarındaki birim şekil değişimleri

Tablo 3.1. TTSES8'in deney sonuçları

Yerdeğiştirme adımı	Çevrim sayısı	İtme (+)		Çekme (-)		Elastik olmayan yerdeğiştirme	Kümülatif elastik olmayan yerdeğiştirme	Deneysel gözlemler
		P, kN	δ , mm	P, kN	δ , mm			
2	2	54.57	6.65	-53.60	-6.77	-	-	Akma yüküne ulaşıldı
3	2	55.39	14.61	-57.96	-14.91	4.79 δ_p	4.79 δ_p	Hasar gözlemlenmedi
4	2	59.43	25.25	-60.47	-25.35	11.19 δ_p	15.98 δ_p	"
5	2	64.15	35.55	-64.10	-34.77	17.38 δ_p	33.36 δ_p	"
6	2	70.74	45.91	-69.95	-45.27	23.61 δ_p	56.97 δ_p	"
7	2	81.84	55.54	-79.83	-55.67	29.4 δ_p	86.37 δ_p	"
8	2	118.02	75.95	-114.56	-76.41	41.68 δ_p	128.05 δ_p	Gözle görülür boyutta çatlaklar oluştu
9	2	182.18	92.98	-179.27	-90.26	51.93 δ_p	179.98 δ_p	T10'da kopma meydana geldi



Şekil 3.4. Levha boyunca etkili olan şekildeğişimler



Şekil 3.5. T10' da meydana gelen kopma ve diğer levhalardaki çatlaklar



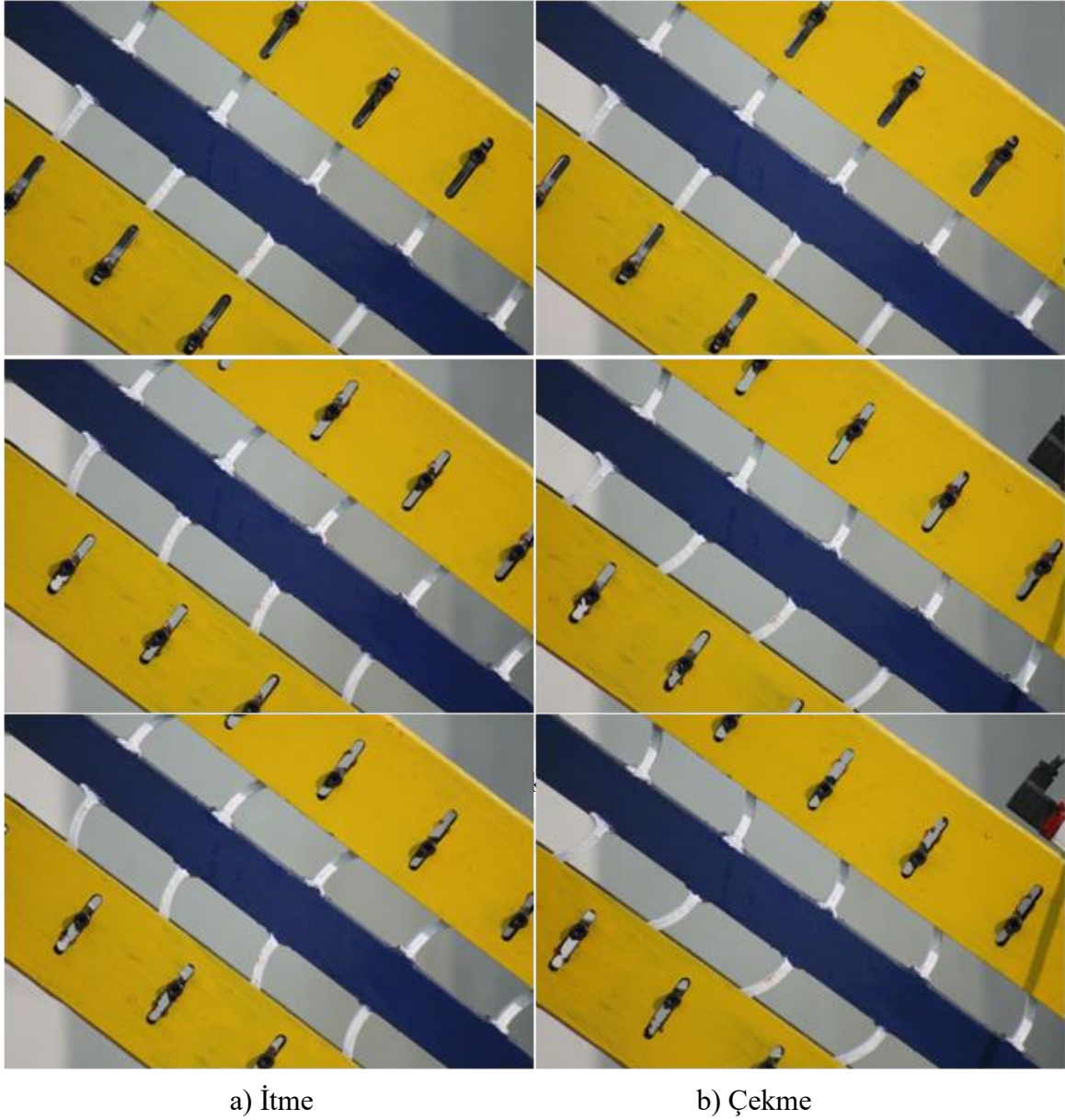
Şekil 3.6. TTSES8' in deney sonundan bir görünümü



Şekil 3.7. İç çekirdeğin deney sonundaki görüntüsü



Şekil 3.8. Sönümleyici levhaların göçme durumu



a) İtme

b) Çekme

Şekil 3.9. TTSES8' in çevrimsel davranışı

3.2.2. TTSES10

Çevrimsel yük etkisinde deneye tabi tutulan TTSES10'un deney esnasından bir görünümü Şekil 3.10'da, deney sonunda elde edilen yatay yük - yatay yerdeğiştirme eğrisi ile her bir çevirimin detaylı görünümü Şekil 3.11'de verilmiştir. Bununla birlikte T1 ve B1 numaralı sönümleyici levhalara yapıştırılan birim şekildeğiştirme ölçerlerden elde edilen birim şekildeğiştirme - yatay yerdeğiştirme eğrileri Şekil 3.12'de ve sonuçlar Tablo 3.2'de özetlenmiştir.



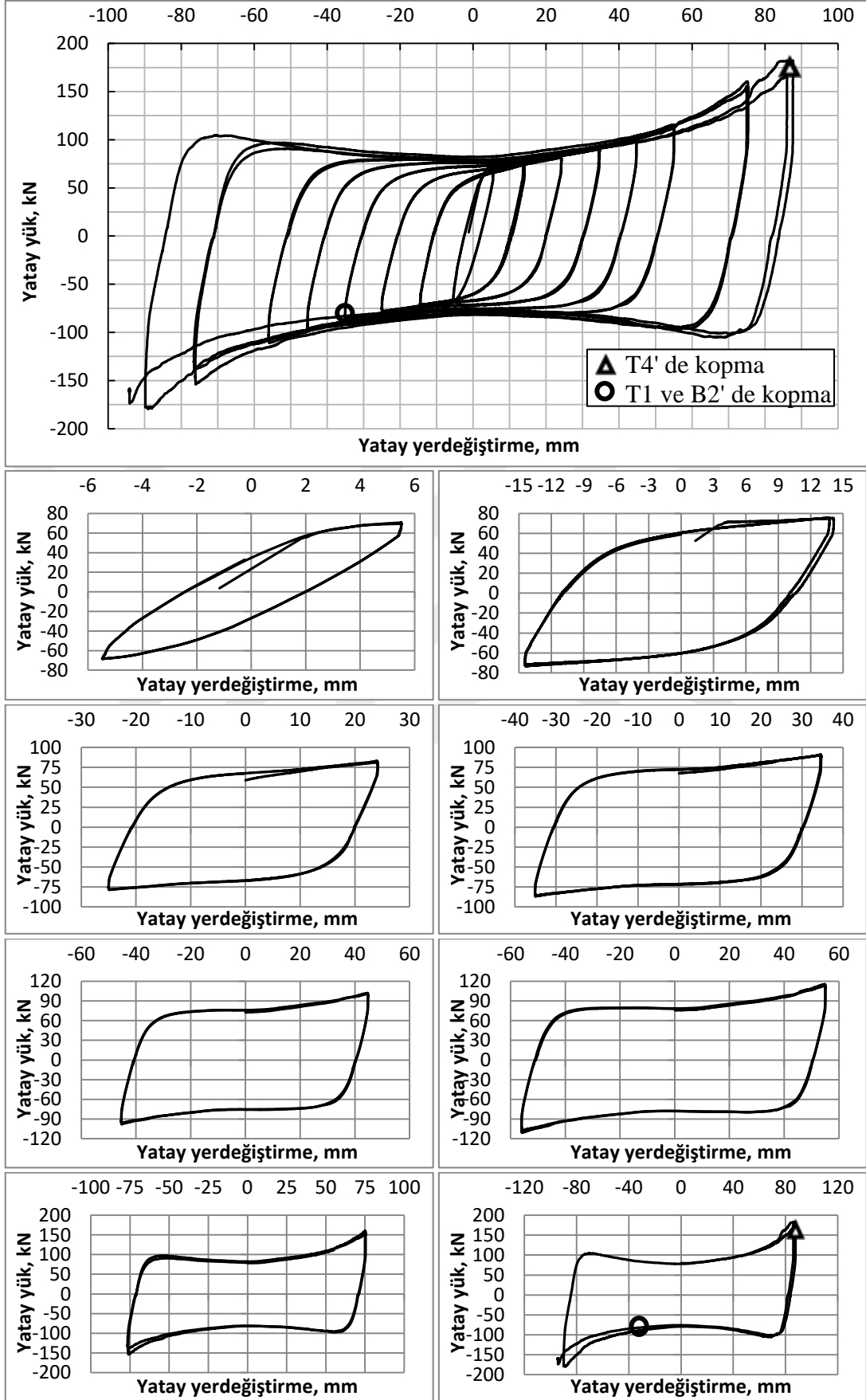
Şekil 3.10. TTSES10' un deney anından bir görünümü

T1 ve B1 numaralı sönümleyici levhaların yüzeylerindeki akma birim şekildeğiştirmeleri, ikinci yerdeğiştirme adımının ilk çevriminde, sırasıyla 2.28 ve 2.12 mm'lik yerdeğiştirmelerde meydana gelmiştir. İkinci yerdeğiştirme adımı tamamlandığında akma yükü, P_p , itmede 5.50 mm'lik yerdeğiştirmede 70.65 kN, çekmede ise 5.45 mm'lik yerdeğiştirmede 68.37 kN olarak elde edilmiştir. Bu aşamada T1 ve B1 levhalarının yüzeylerindeki birim şekildeğiştirmeler sırasıyla 0.00378 ve 0.00382 olarak meydana gelmiştir. Akma yüküne ulaşıldıktan sonra 15 mm'lik üçüncü yerdeğiştirme adımından itibaren yük-yerdeğiştirme eğrisi yataylaşmaya başlamıştır. Tasarım kat ötelenmesi sınırına gelindiğinde (dördüncü yerdeğiştirme adımı) itmede 24.20 mm'lik yerdeğiştirmede 81.46 kN, çekme de ise 25 mm'lik yerdeğiştirmede 78.44 kN'luk yük değerleri elde edilmiştir. Bu aşamada sistemin yük taşıma kapasitesi akma yüküne göre % 11.5 artmıştır. İlerleyen çevrimlerde deney elemanının taşıdığı yük artmaya devam etmiştir. 75 mm'lik sekizinci yerdeğiştirme adımında bazı sönümleyici levhaların yüzeyleri boyunca gözle görülür çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 3.13). Son yerdeğiştirme adımında ise T1, T4 ve B2 numaralı sönümleyici levhaların tabanlarına yakın bölgelerde geniş çatlaklar oluşmuştur ve bu yük adımının ikinci çevriminde itmede T4, çekmede ise T1 ve B2 numaralı sönümleyici levhalar koparak iç çekirdekten ayrılmıştır (Şekil 3.14). Bu yük adımında, itmede 85.98 mm'lik yerdeğiştirmede 181.67 kN, çekmede ise 89.81 mm'lik yerdeğiştirmede 179.15 kN'luk maksimum yük değerlerine ulaşılmıştır. Bu yük adımına

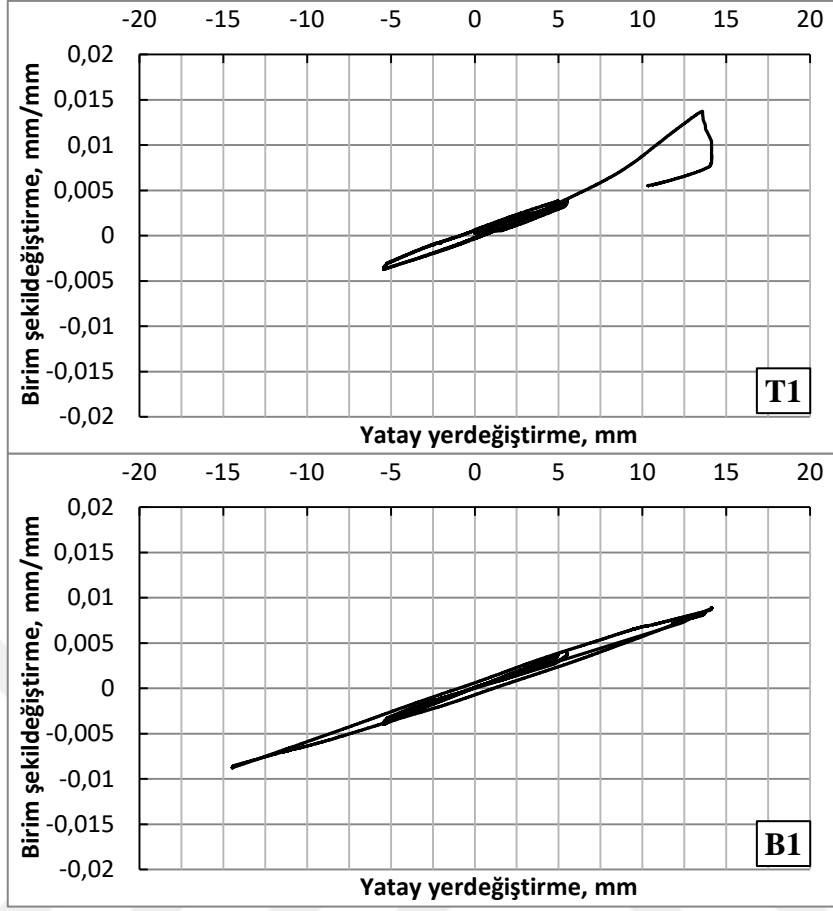
gelindiğinde sistemin yük taşıma kapasitesi akma yüküne göre % 157 artmıştır. TTSES10 standart yükleme protokolünü yük taşıma kapasitesinde sürekli artış göstererek tamamlamış, itme ve çekmede tam simetrik davranış sergilemiştir.

Standart yükleme protokolü tamamlandığında, kümülatif elastik olmayan yerdeğiştirme $214.8\delta_p$ olarak elde edilmiştir. Standart yükleme protokolünün tamamlanmasından sonra sistem yük taşıma kapasitesini kaybedene kadar 60 mm/s hızında 30 mm genlikli sinüs yüklemesi uygulanmıştır. Bu aşamada bilgisayar kaydı alınmamıştır. Bu yükleme esnasında sırasıyla B1, T10, B6, T9, B5, T5, B3, B4, T2, T6 numaralı sönümleyici levhalarda tabana yakın bölgelerden kopma meydana gelmiştir. Şekil 3.15'de deney sonundan bazı görüntüler verilmiştir.

Deney sonunda iç çekirdek ve dış tüp birbirinden ayrılarak deney elemanı incelenmiştir (Şekil 3.16). Sönümleyici levhalardaki kopmalar TTSES8'e kıyasla levhaların orta bölgelerine doğru yaklaşmıştır. Sönümleyici levhaların dış tüpe bağlantısını sağlayan yüksek dayanımlı cıvatalarda deney sonunda herhangi bir hasar görülmemiştir. Deney boyunca bütün cıvatalar düşey oluk içinde aynı çevrimsel davranışı sergilemiştir (Şekil 3.17).



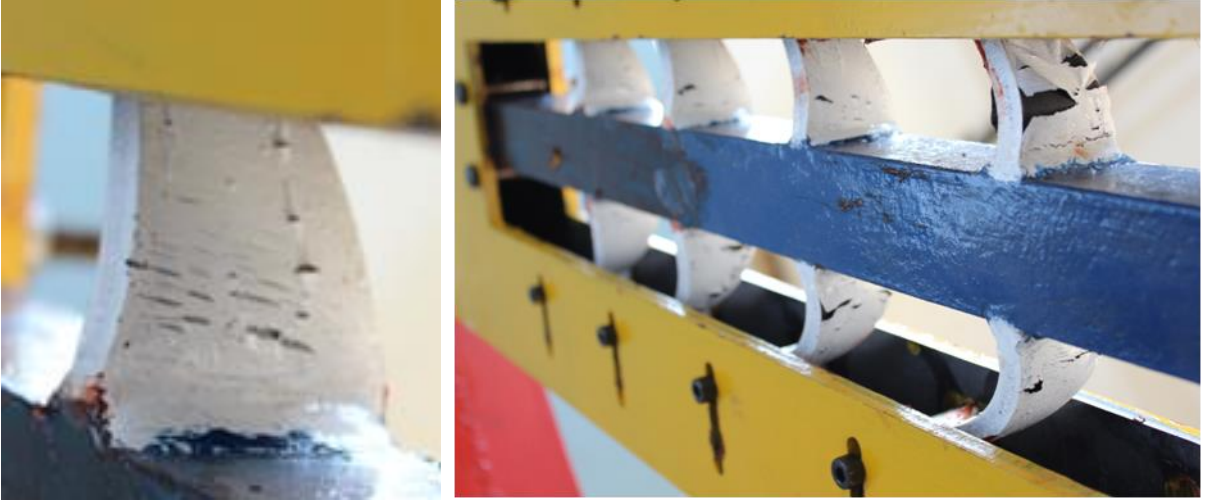
Şekil 3.11. TTSES10'un çevrimsel yükleme altındaki performansı



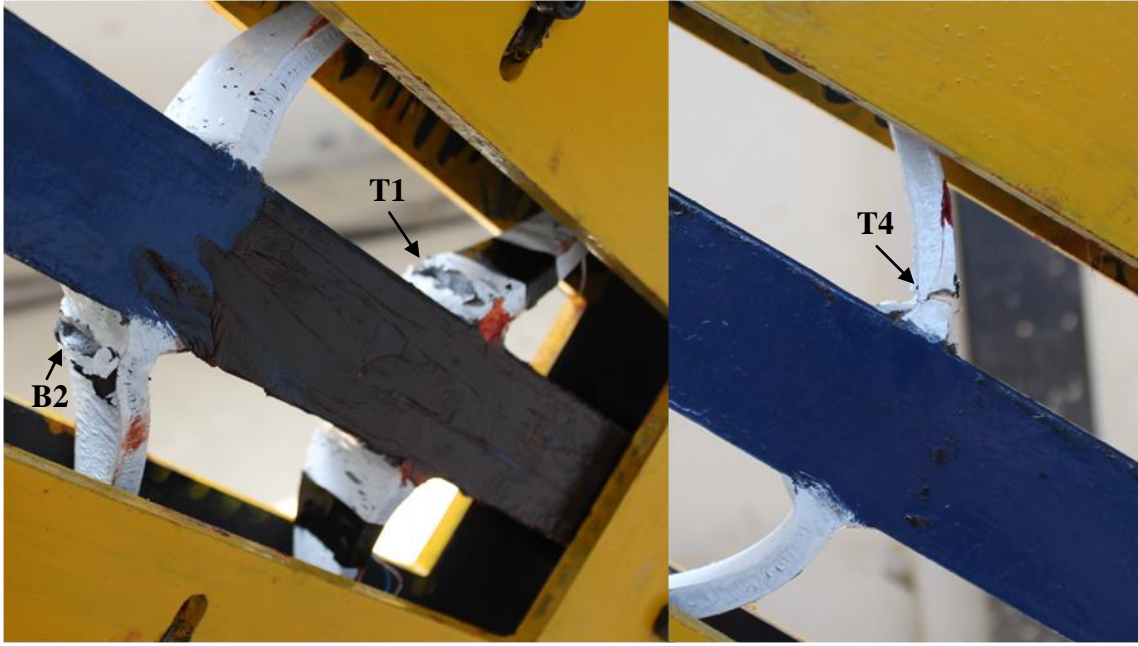
Şekil 3.12. TTSES10'da T1 ve B1 levhalarındaki birim Şekildeğiştirme

Tablo 3.2. TTSES10'un deney sonuçları

Yerdeğiştirme adımı	Çevrim sayısı	İtme (+)		Çekme (-)		Elastik olmayan yerdeğiştirme	Kümülatif elastik olmayan yerdeğiştirme	Deneysel gözlemler
		P, kN	δ , mm	P, kN	δ , mm			
2	2	70.65	5.50	-68.37	-5.45	-	-	Akma yüküne ulaşıldı
3	2	75.42	14.12	-71.85	-14.46	6.23 δ_p	6.23 δ_p	Hasar gözlemlenmedi
4	2	81.46	24.20	-78.44	-25	13.6 δ_p	19.83 δ_p	"
5	2	90.27	34.45	-86.82	-35.05	21.05 δ_p	40.88 δ_p	"
6	2	102.25	44.78	-98.04	-45.32	28.57 δ_p	69.45 δ_p	"
7	2	115.51	55	-110.84	-56.01	36.00 δ_p	105.45 δ_p	"
8	2	160.45	75.38	-153.98	-76.12	50.82 δ_p	156.27 δ_p	Gözle görülür boyutta çatlaklar oluştu
9	2	181.67	85.98	-179.15	-89.81	58.53 δ_p	214.8 δ_p	Geniş çatlaklar meydana geldi T1, T4 ve B2'de kopma meydana geldi



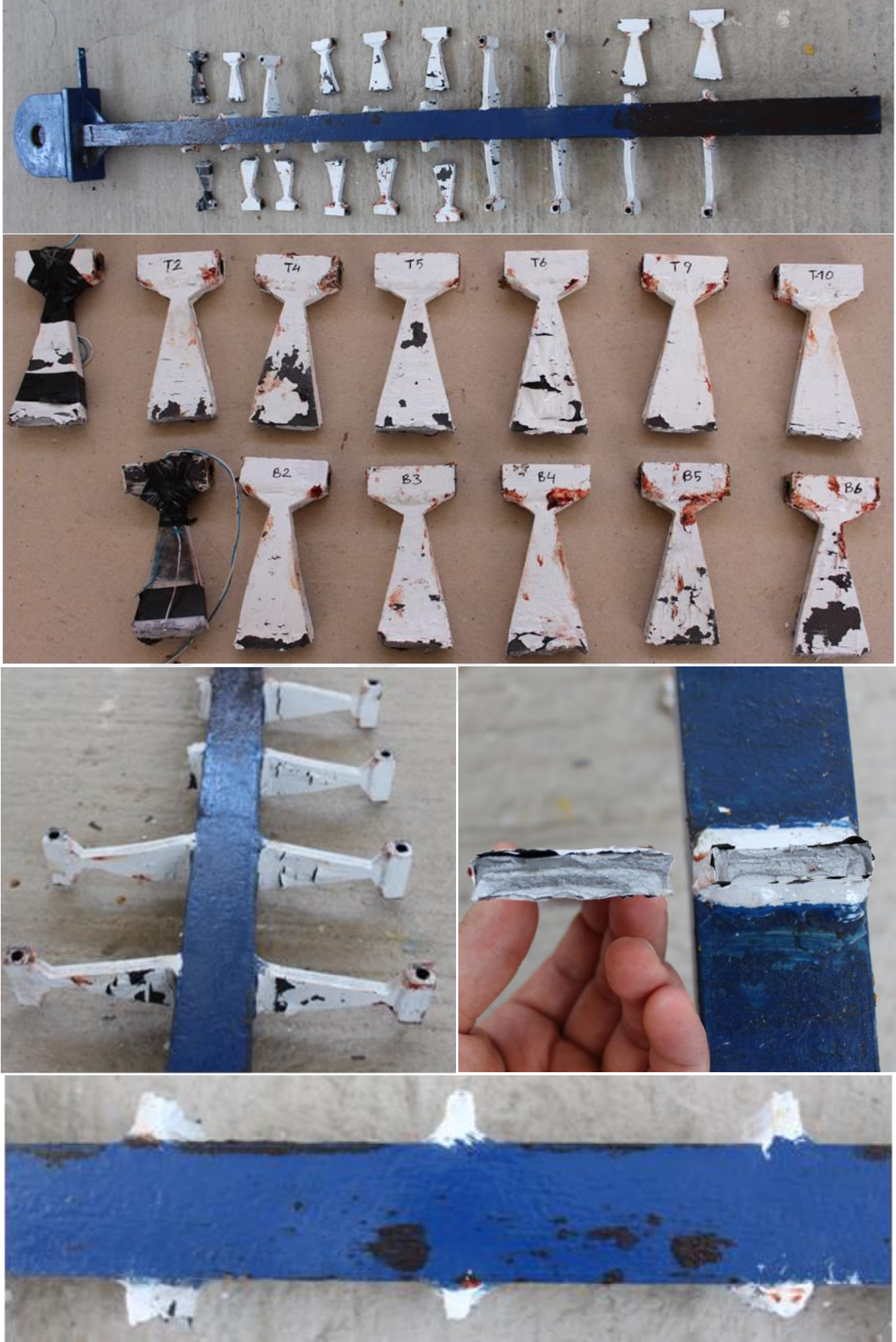
Şekil 3.13. TTSES10' daki sönümleyici levhalarda meydana gelen çatlaklar



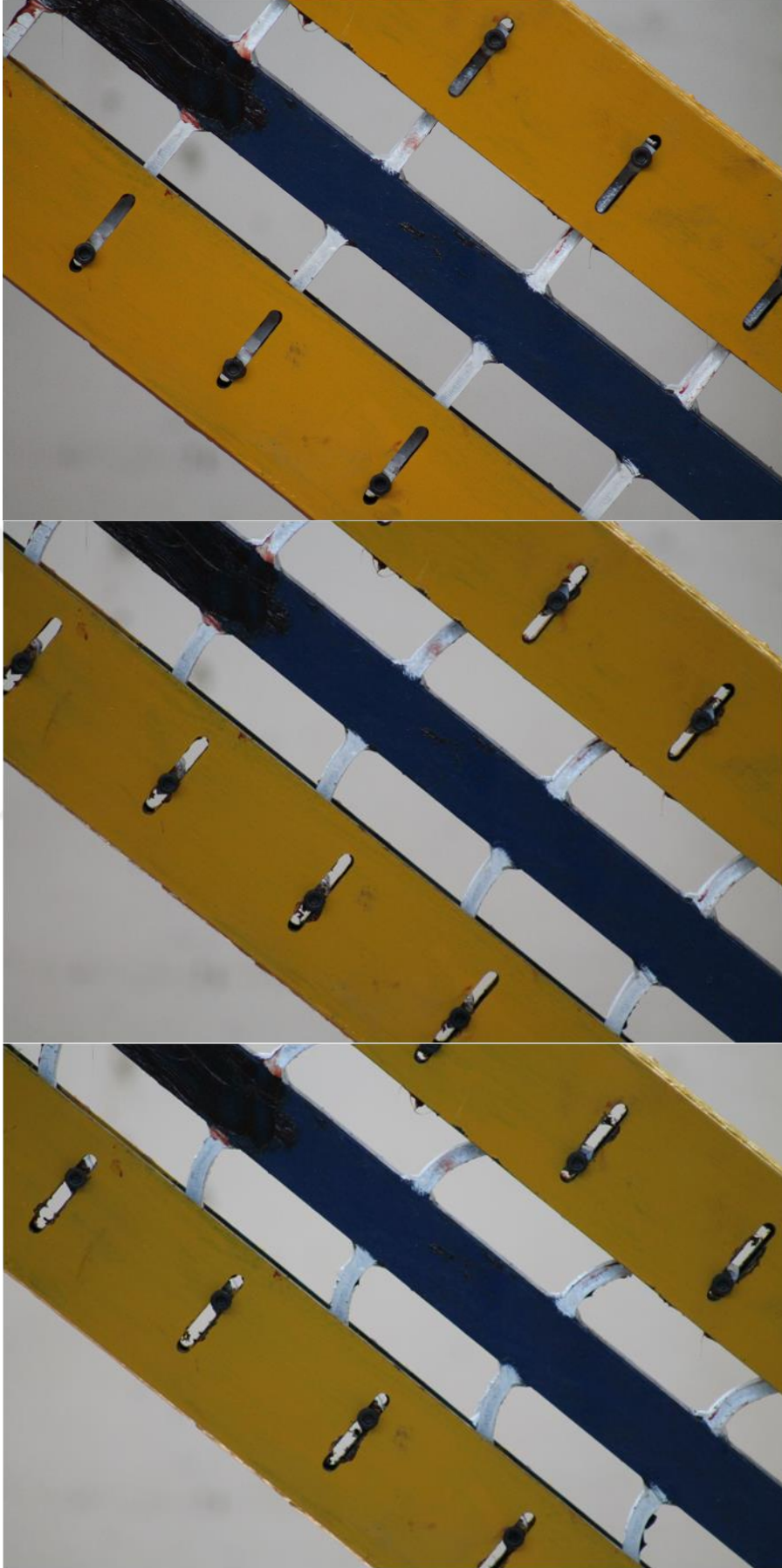
Şekil 3.14. T1, T4 ve B2 levhalarının göçme durumu



Şekil 3.15. TTSES10' un deney sonundan bazı görüntüleri



Şekil 3.16. TTSES10' un deney sonundan bazı görüntüleri



Şekil 3.17. TTSES10' un çevrimsel davranışı

3.2.3. TTSES12

Çevrimsel yük etkisinde deneye tabi tutulan TTSES12'nin deney esnasından bir görünümü Şekil 3.18'de, deney sonunda elde edilen yatay yük - yatay yerdeğiştirme eğrisi ile her bir çevirimin detaylı görünümü ise Şekil 3.19'da verilmiştir. Bu deney elemanında da diğer deney elemanlarında olduğu gibi T1 ve B1 numaralı sönümleyici levhalara birim şekildeğiştirme ölçerler yapıştırılmış ancak yalnızca T1'den veri alınabilmektedir (Şekil 3.20). Deney sonuçları Tablo 3.3'de özetlenmiştir.



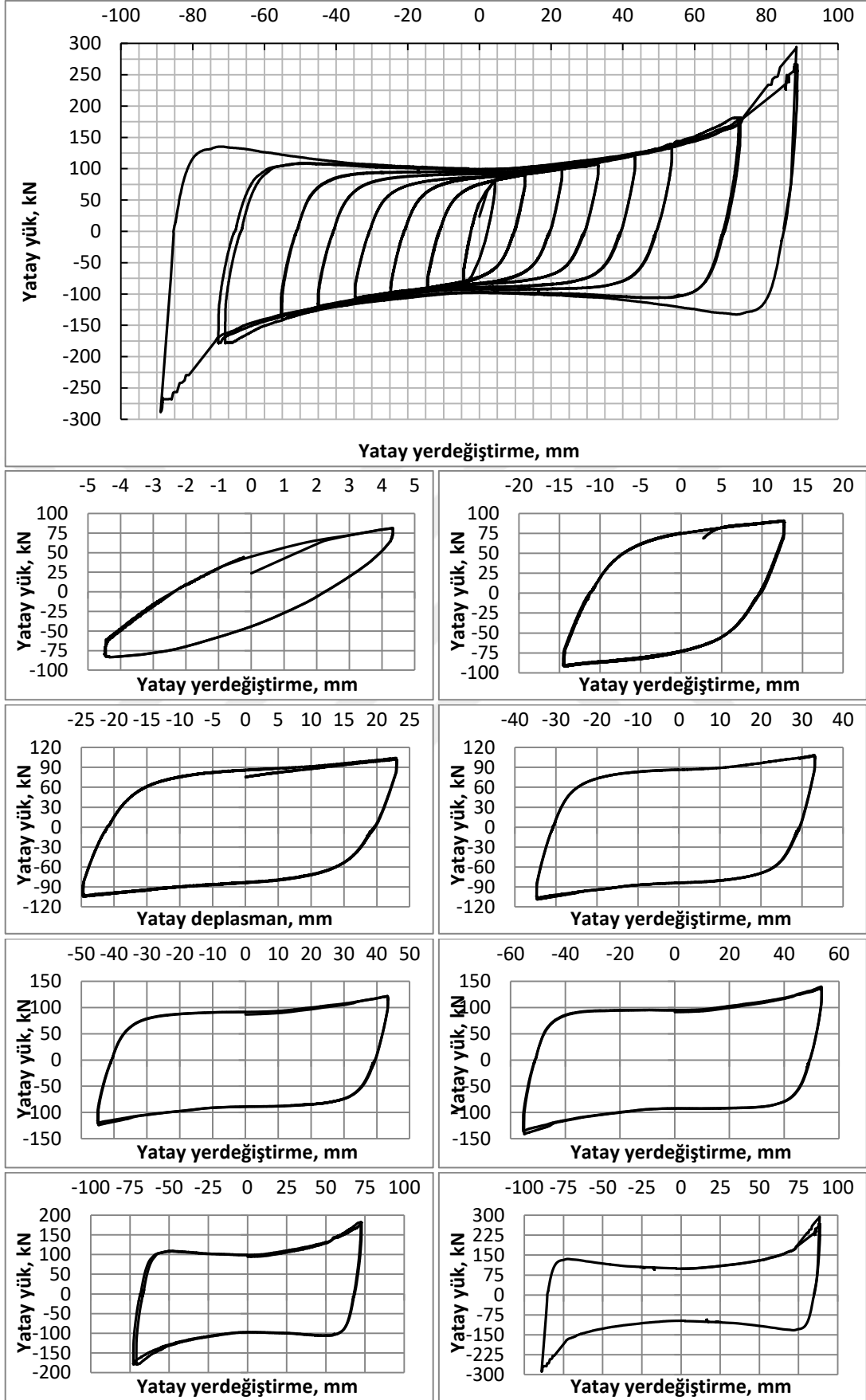
Şekil 3.18. TTSES12' nin deney anından bir görünümü

İkinci yerdeğiştirme adımında itmede 1.87 mm'lik yerdeğiştirmede sönümleyici levha yüzeylerinde akma birim şekildeğiştirmesi meydana gelmiştir. İkinci yerdeğiştirme adımı tamamlandığında akma yükü, P_p , itmede 4.33 mm'lik yerdeğiştirmede 81.34 kN, çekmede ise 4.45 mm'lik yerdeğiştirmede 83.35 kN olarak elde edilmiştir. Bu aşamada T1 numaralı levhanın yüzeyindeki birim şekildeğiştirme 0.00385 olarak gerçekleşmiştir. Akma yüküne ulaşıldıktan sonra ikinci yerdeğiştirme adımından itibaren yük-yerdeğiştirme eğrisi yataylaşmaya başlamıştır. Tasarım kat ötelenmesi sınırına

gelindiğinde (dördüncü yerdeğiştirme adımı) itmede 23.05 mm'lik yerdeğiştirmede 102.21 kN, çekme de ise 24.79 mm'lik yerdeğiştirmede 104.43 kN'luk yük değerleri elde edilmiştir. Bu aşamada sistemin yük taşıma kapasitesi akma yüküne göre % 25.6 artmıştır. İlerleyen çevrimlerde deney elemanının taşıdığı yük artmaya devam etmiştir. 55 mm'lik yedinci yerdeğiştirme adımında bazı sönümleyici levhaların yüzeyleri boyunca gözle görülür boyutta çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 3.21). 72.22 mm'lik bir sonraki yerdeğiştirme adımında çatlak genişlikleri artmaya başlamıştır. 88.60 mm'lik son yerdeğiştirme adımında hidrolik pistonun kapasitesine ulaşılmış ve yükleme başlığında göçme meydana gelmiştir (Şekil 3.22). Bu nedenle bu yük adımının ikinci çevrimi tamamlanamamıştır. Bu yük adımında itmede 88.60 mm'lik yerdeğiştirmede 294.41 kN, çekmede ise 88.96 mm'lik yerdeğiştirmede 288.64 kN'luk maksimum yük değerlerine ulaşılmıştır. Bu aşamada sistemin yük taşıma kapasitesi akma yüküne göre % 232.3 artmıştır. TTSES12 de TTSES8 ve TTSES10 gibi deney boyunca yük taşıma kapasitesinde sürekli artış göstermiş, itme ve çekmede tam simetrik davranış sergilemiştir.

TTSES12'de standart yükleme protokolü tamamlandığından ve yükleme sisteminin kapasitesine ulaşıldığından diğer deney elemanlarına uygulanan sinüs yüklemesi yapılamamıştır. Deney sonunda kümülatif elastik olmayan yerdeğiştirme $301.84\delta_p$ olarak elde edilmiştir.

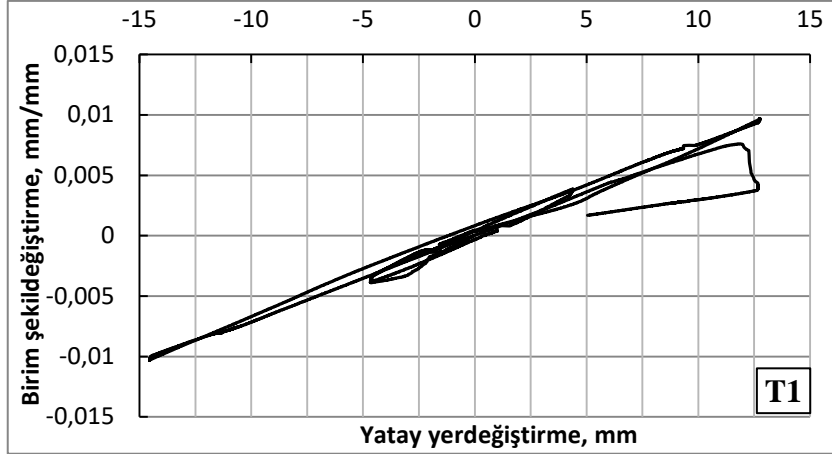
Deney sonunda iç çekirdek ve dış tüp birbirinden ayrılarak deney elemanı incelenmiştir (Şekil 3.23). Bazı sönümleyici levhalarda geniş çatlakların meydana geldiği görülse de, sistem yük taşıma kapasitesini kaybetmemiştir. Sönümleyici levhaların dış tüpe bağlantısını sağlayan yüksek dayanımlı cıvatalarda deney sonunda herhangi bir hasar görülmemiş olup diğer deney elemanlarında olduğu gibi deney boyunca düşey oluk içerisinde beklenildiği gibi hareket etmiştir.



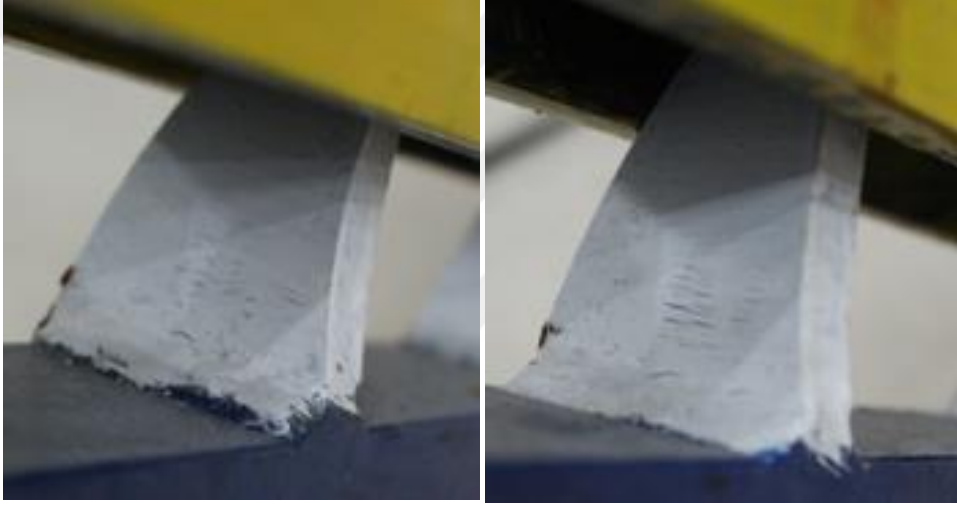
Şekil 3.19. TTSES12'nin çevrimsel yükleme altındaki performansı

Tablo 3.3. TTSES12'nin deney sonuçları

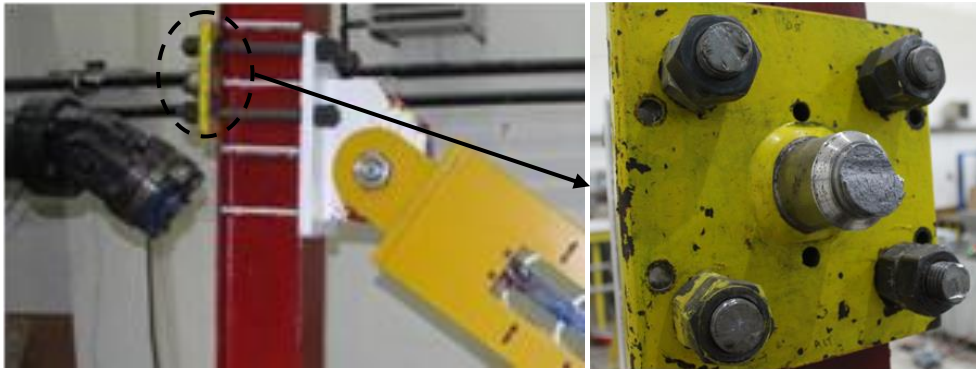
Yerdeğiştirme adımı	Çevrim sayısı	İtme (+)		Çekme (-)		Elastik olmayan yerdeğiştirme	Kümülatif elastik olmayan yerdeğiştirme	Deneysel gözlemler
		P, kN	δ , mm	P, kN	δ , mm			
2	2	81.34	4.33	-83.35	-4.45	-	-	Akma yüküne ulaşıldı
3	2	91.11	12.75	-91.45	-14.54	11.76 δ_p	11.76 δ_p	Hasar gözlemlenmedi
4	2	102.21	23.05	-104.43	-24.79	21.28 δ_p	33.04 δ_p	"
5	2	107.22	33.11	-108.74	-34.65	30.6 δ_p	63.64 δ_p	"
6	2	121.54	43.39	-124.25	-44.82	40.08 δ_p	103.72 δ_p	"
7	2	139.81	53.71	-141.46	-55.08	49.6 δ_p	153.32 δ_p	Gözle görülür boyutta çatlaklar oluştu
8	2	181.38	72.22	-178.16	-72.80	66.68 δ_p	220 δ_p	Geniş çatlaklar meydana geldi
9	2	294.41	88.60	-288.64	-88.96	81.84 δ_p	301.84 δ_p	Yükleme sisteminin kapasitesine ulaşıldığından bu yük adımının ikinci çevrimi tamamlanamamıştır.



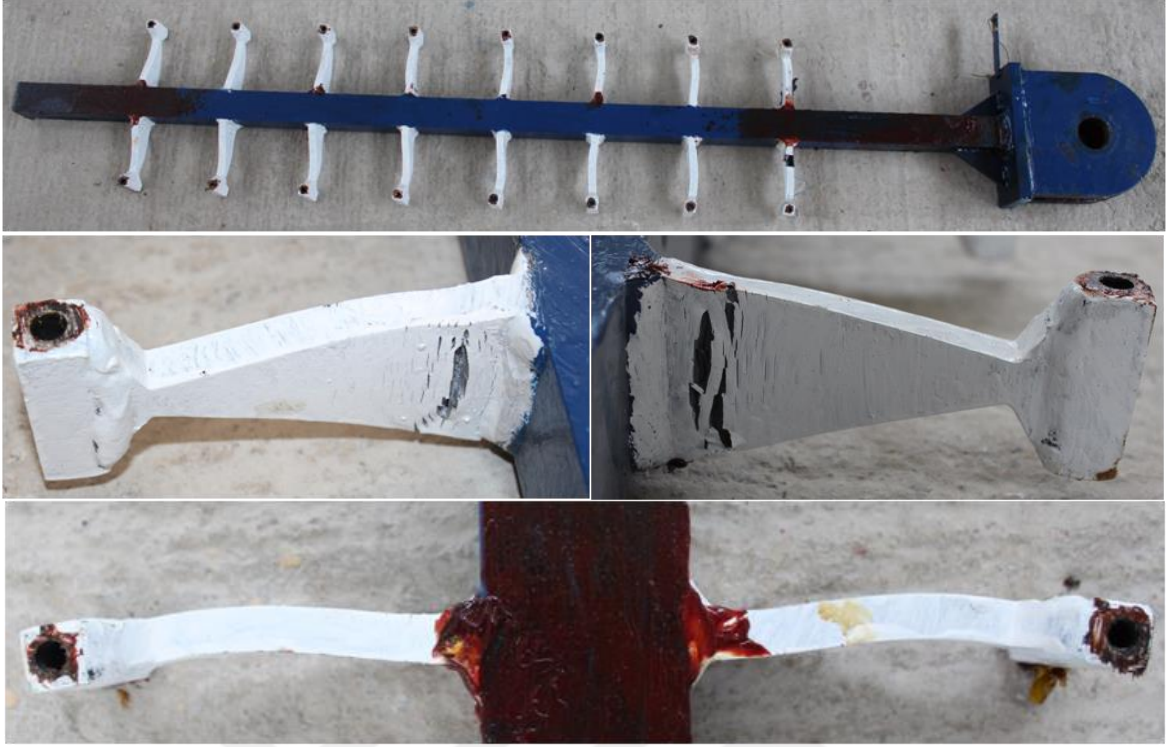
Şekil 3.20. TTSES12'de T1 numaralı levhadaki birim şekildeğiştirmeler



Şekil 3.21. 53.71 mm' lik yerdeğiştirmede meydana gelen çatlaklar



Şekil 3.22. Yükleme başlığında meydana gelen göçme



Şekil 3.23. TTSES12' nin deney sonu görünümü

3.2.4. GÇÇ

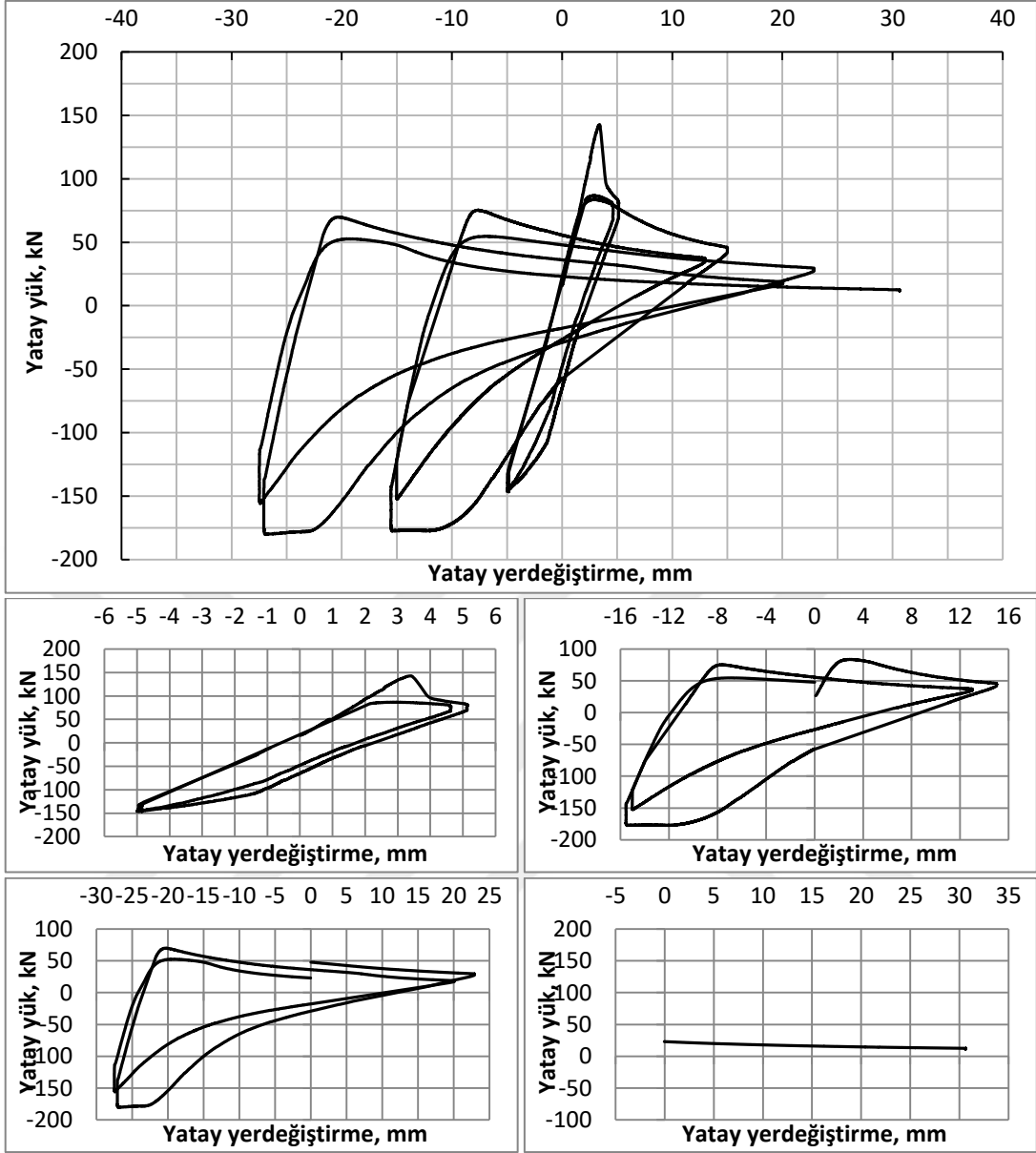
Testere tipi sismik enerji sönümleyicilerden elde edilen sonuçlar ile kıyaslama yapmak üzere, çevrimsel yük etkisinde test edilen GÇÇ'nin deney esnasından bir görünümü Şekil 3.24'de, deney sonunda elde edilen yatay yük - yatay yerdeğiştirme eğrisi ile her bir çevrimin detaylı görünümü ise Şekil 3.25'de verilmiştir. Deney elemanının orta bölgesinde üst (SG1) ve yan (SG2) tarafına yapıştırılan birim şekildeğiştirme ölçerlerden elde edilen birim şekildeğiştirme-yatay yerdeğiştirme eğrileri Şekil 3.26'da, sonuçlar Tablo 3.4'de özetlenmiştir.

İkinci yerdeğiştirme adımında, itmede 3.33 mm'lik yerdeğiştirmede ve 142.32 kN yük seviyesinde deney elemanının orta bölgesinde burkulma meydana gelmiştir. Bu anda deney elemanının orta bölgesindeki SG1 ve SG2 isimli birim şekildeğiştirme ölçerlerde sırasıyla -0.001 ve -0.0014'lük birim kısalma meydana gelmiştir (Şekil 3.26). Burkulma anından sonra SG1'de uzama meydana gelmeye başlarken SG2'de kısalma devam etmiştir. SG2, 3.87 mm'lik yerdeğiştirmede akma birim kısalmasına ulaşmış olup bu aşamada SG1'de 0.0006'lık birim uzama meydana gelmiştir. İkinci yerdeğiştirme adımı tamamlandığında itmede 5.14 mm'lik yerdeğiştirmede 81.83 kN'luk yük değeri elde

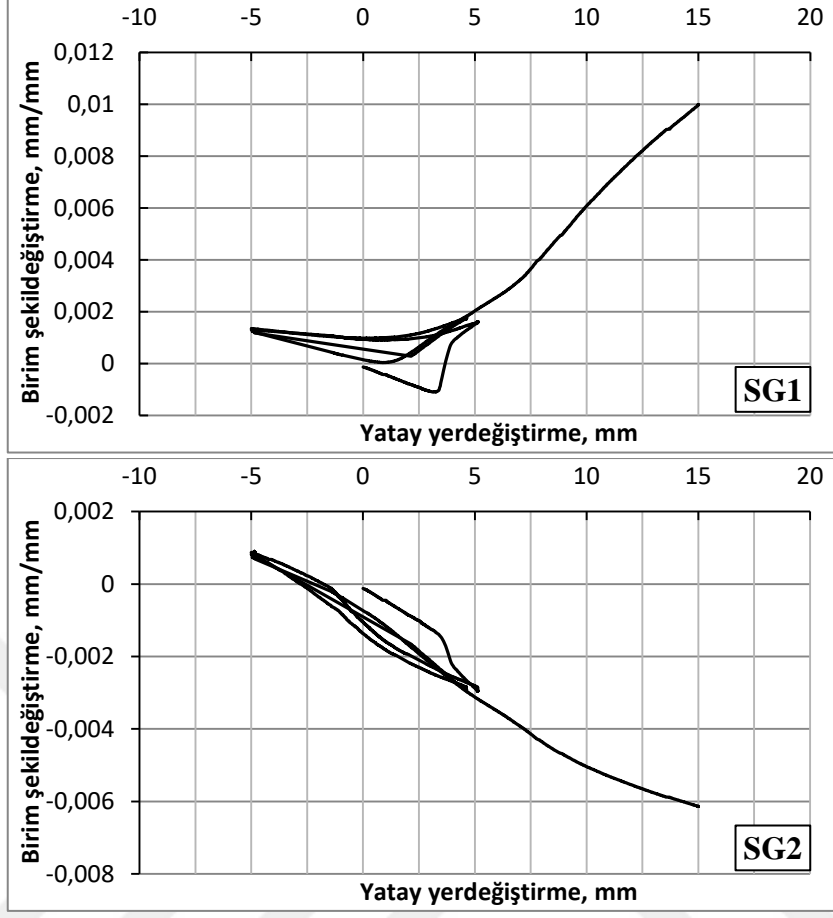
edilirken SG1 ve SG2'deki birim şekildeğiştirmeler sırasıyla 0.0016 ve -0.0029 olarak elde edilmiştir. Bu yerdeğiştirme adımında çekmede 4.99 mm'lik yerdeğiştirmede -146.41 kN'luk yük değerine ulaşılırken SG1 ve SG2'de sırasıyla 0.0013 ve 0.0009 birim uzama meydana gelmiştir. Üçüncü yerdeğiştirme adımının ilk çevriminde, burkulma 2.51 mm'lik yerdeğiştirmede 83.86 kN'da meydana gelirken ikinci çevrimde -7.75 mm'lik yerdeğiştirmede 75.18 kN olarak elde edilmiştir. Bu yerdeğiştirme adımı tamamlandığında itmede 15 mm'lik yerdeğiştirmede 45.01 kN, çekmede ise 15.54 mm'lik yerdeğiştirmede 177.22 kN'luk yük değerleri elde edilmiş ve çekmede 7.38 mm'lik yerdeğiştirmede SG2 akma birim kısalmasına ulaşmıştır. Üçüncü yerdeğiştirme adımı sonunda SG1 ve SG2 deki birim şekildeğiştirmeler 0.01 ve -0.006 olarak elde edilmiştir. İlerleyen çevrimlerde hasarlar burkulma bölgesinde yoğunlaşarak sistemin yük taşıma kapasitesinde hızlı bir düşüş yaşanmıştır (Şekil 3.27 ve 3.28). Tasarım kat ötelenmesi sınırına gelindiğinde (dördüncü yerdeğiştirme adımı) sistemin yük taşıma kapasitesi burkulma yüküne göre % 79 azalarak 29.57 kN olarak elde edilmiştir. Beşinci yerdeğiştirme adımında deney elemanı taşıma gücünü kaybettiği için deney durdurulmuştur. GÇÇ elemanı standart yükleme protokolünü tamamlayamamıştır. Deney sonunda kümülatif elastik olmayan yerdeğiştirme $40.22\delta_p$ olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.24. GÇÇ' nin deney anından bir görünümü



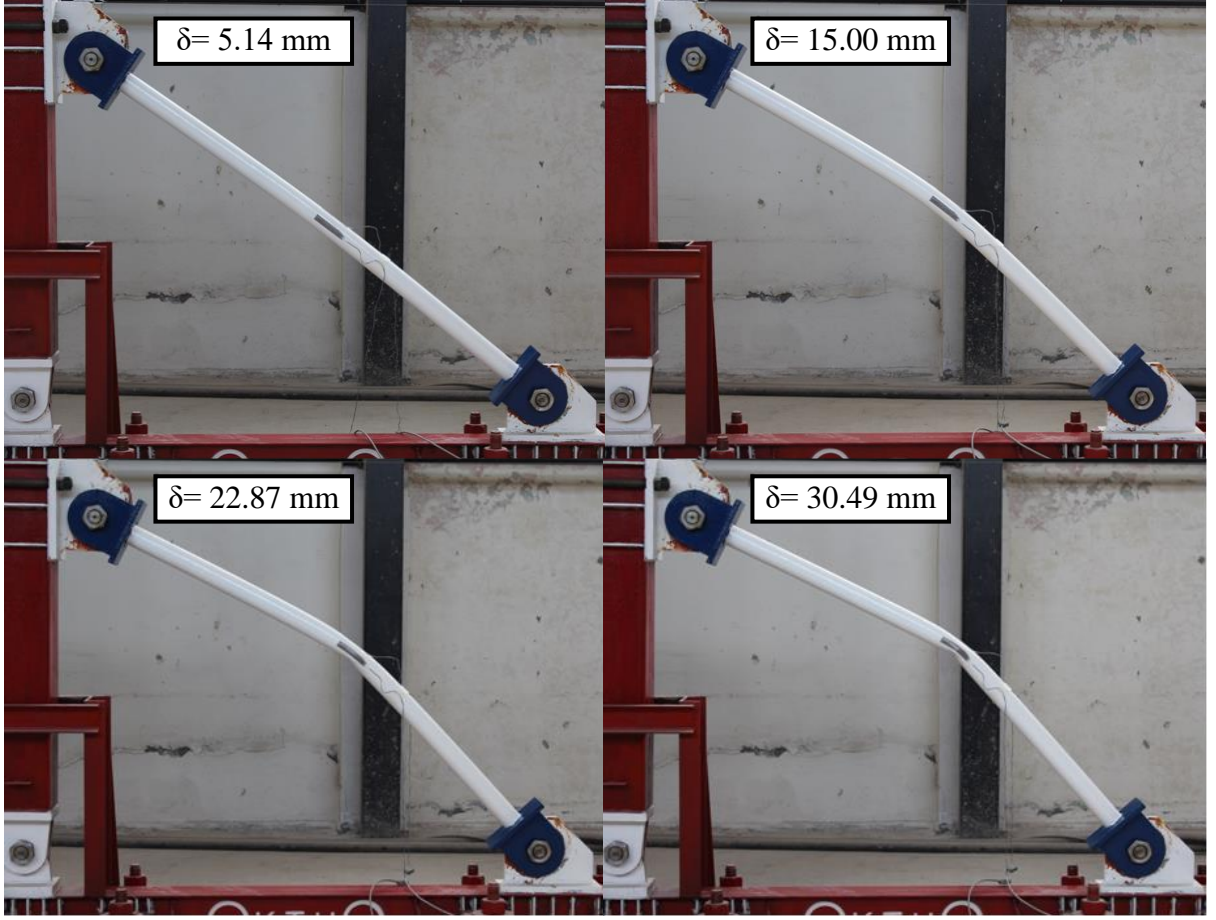
Şekil 3.25. GÇÇ'nin çevrimsel yükleme altındaki performansı



Şekil 3.26. Burkulma bölgesindeki birim şekil değişimleri

Tablo 3.4. GÇÇ'nin deney sonuçları

Yerdeğiştirme adımı	Çevrim sayısı	İtme (+)		Çekme (-)		Elastik olmayan yerdeğiştirme	Kümülatif elastik olmayan yerdeğiştirme	Deneyel gözlemler
		P, kN	δ , mm	P, kN	δ , mm			
2	2	81.83	5.14	-146.41	-4.99	-	-	3.33 mm'de burkulma meydana geldi
3	2	45.01	15.00	-177.22	-15.54	14.02 δ_p	14.02 δ_p	Orta bölgede hasar yoğunlaştı
4	2	29.57	22.87	-180.42	-27.07	23.47 δ_p	37.49 δ_p	"
5	2	12.57	30.49	-	-	9.15 δ_p	46.64 δ_p	Deney elemanı taşıma gücünü kaybettiği için deney sonlandırıldı



Şekil 3.27. Her bir yük adımına göre burkulma durumu



Şekil 3.28. Burkulma bölgesinde meydana gelen hasarlar

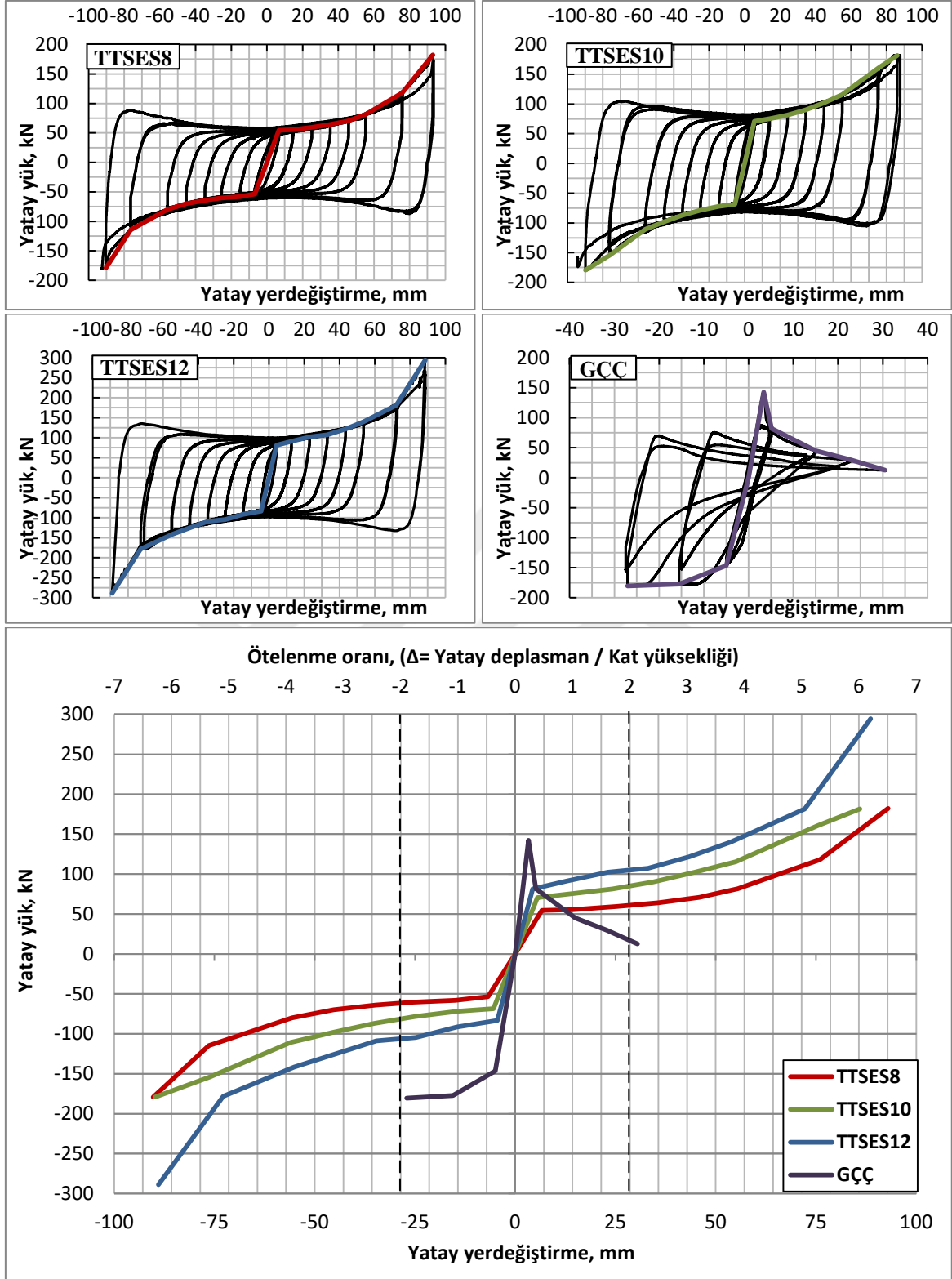
3.3. Deneysel Bulguların Karşılaştırmalı Olarak İrdelenmesi

3.3.1. Yük Taşıma Kapasiteleri

Çevrimsel yük etkisinde test edilen deney elemanlarından elde edilen dayanım zarfı eğrileri Şekil 3.29 ve sonuçlar Tablo 3.5'de karşılaştırılmıştır. Şekil 3.29'daki dayanım zarfı eğrileri incelendiğinde GÇÇ elemanı diğer deney elemanlarının aksine itmede ve çekmede simetrik davranış sergileyememiştir. TTSES8 elemanı akma yüküne itmede 54.57 kN, çekmede ise 53.60 kN luk yük seviyesinde ulaşırken, TTSES10 ve TTSES12 elemanları sırasıyla itmede 70.65 ve 81.34 kN, çekmede ise 68.37 ve 83.35 kN'luk yük seviyelerinde ulaşmışlardır. GÇÇ elemanı ise akma yüküne itmede 142.32 kN, çekmede ise 146.61 kN yük seviyelerinde ulaşmıştır. Bu aşamada en yüksek yük taşıma kapasitesine GÇÇ elemanı ulaşmış olup TTSES8, TTSES10 ve TTSES12 elemanlarına göre sırasıyla itmede % 160, % 100 ve % 74 çekmede ise %173, %114 ve %75 daha fazla yük taşımıştır. Ancak GÇÇ elemanında bu yükten hemen sonra itmede burkulma meydana gelmiş ve deney elemanının yük taşıma kapasitesi çok hızlı bir şekilde azalmaya başlamıştır. GÇÇ'nin yük taşıma kapasitesi azalarak itmede 3.75 mm'lik yerdeğiştirmede 114.24 kN olmuş ve maksimum yük taşıma kapasitesinin % 80'ine düştüğünden deney elemanı göçmüş kabul edilmiştir. 30.49 mm'lik yerdeğiştirmede ise yük taşıma kapasitesini tamamen kaybetmiştir. Diğer deney elemanlarının yük taşıma kapasiteleri ise akma yükünden sonra artmaya devam etmiştir. TTSES8 elemanı itmede 92.98 mm'lik yerdeğiştirmede 182.18 kN'da, çekmede ise 90.26 mm'lik yerdeğiştirmede 179.27 kN'da maksimum yüke ulaşırken; TTSES10 ve TTSES12 elemanları sırasıyla itmede 85.98 ve 89.91 mm'lik yerdeğiştirmelerde 181.67 ve 294.41 kN'da, çekmede ise 89.81 ve 88.96 mm'lik yerdeğiştirmelerde 179.15 ve 288.64 kN'da maksimum yüke ulaşmışlardır. GÇÇ elemanı ise itmede 3.33 mm'de 142.32 kN'da, çekmede ise 27.07 mm'de 180.42 kN'da maksimum yüke ulaşmıştır. Görüldüğü gibi akma yüküne ulaşıldığında GÇÇ elemanı diğer deney elemanlarına göre daha fazla yük taşısa da burkulma nedeniyle yük taşıma kapasitesini kaybetmiş ve nihai durumda TTSES8 ve TTSES10, GÇÇ elemanına göre itmede sırasıyla % 28 ve % 27 daha fazla yük taşırken; çekmede yaklaşık olarak aynı yükü taşımışlardır. TTSES12 elemanı ise nihai durumda GÇÇ elemanına göre itmede % 106, çekmede ise % 60 daha fazla yük taşımıştır. TTSES8, TTSES10, TTSES12 ve GÇÇ elemanlarının taşıdıkları maksimum yüklerin akma yüklerine (P_{maks}/P_p) oranı ise itmede sırasıyla 3.34, 2.57, 3.62 ve 1 iken çekmede 3.34, 2.62, 3.46,

1.23'dür. Sönümleyici levha kalınlıkları TTSES'lerin yük taşıma kapasitelerini önemli oranda değiştirmiştir. TTSES12 elemanı akma yüküne göre TTSES8 ve TTSES10 elemanlarından itmede sırasıyla % 50 ve % 16; çekmede ise % 56 ve % 22 daha fazla yük taşımıştır. Maksimum yüke göre ise itmede sırasıyla % 61 ve % 62; çekmede ise % 61 ve % 61 daha fazla yük taşımıştır. TTSES10 elemanı ise akma yüküne göre TTSES8'den itmede % 29; çekmede ise % 27 daha fazla yük taşımıştır. Maksimum yüke göre ise itme ve çekmede yaklaşık aynı yükleri taşımışlardır.





Şekil 3.29. Deney elemanlarının dayanımlarına ilişkin zarf eğrileri

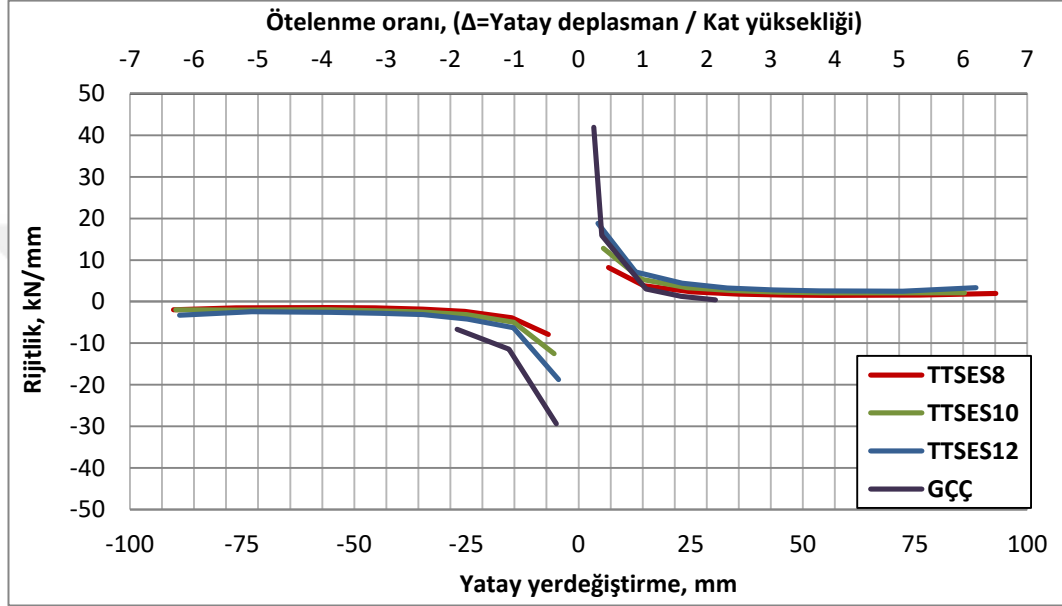
Tablo 3.5. Deneysel sonuçların genel görünümü

Deneysel elemanı	Maksimum yük										Maksimum yerdeğiştirme*					
	İtme (+)					Çekme (-)					İtme (+)			Çekme (-)		
	P_{maks} (kN)	δ (mm)	Δ (%)	P_{maks} (kN)	δ (mm)	Δ (%)	P_{maks} (kN)	δ (mm)	Δ (%)	P (kN)	δ_{maks} (mm)	Δ (%)	P_{maks} (kN)	δ_{maks} (mm)	Δ (%)	
TTSES8	182.18	92.98	6.66	-179.27	-90.26	6.47	182.18	92.98	6.66	182.18	92.98	6.66	-179.27	-90.26	6.47	
TTSES10	181.67	85.98	6.16	-179.15	-89.81	6.44	181.67	85.98	6.16	181.67	85.98	6.16	-179.15	-89.81	6.44	
TTSES12	294.41	88.60	6.35	-288.64	-88.96	6.38	294.41	88.60	6.35	294.41	88.60	6.35	-288.64	-88.96	6.38	
GÇÇ	142.32	3.33	0.24	-180.42	-27.07	1.94	114.24	3.75	0.27	114.24	3.75	0.27	-180.42	-27.07	1.94	
Akma yükü																
Deneysel elemanı	İtme (+)					Çekme (-)					Çekme (-)					
	P_p (kN)	δ_p (mm)	Δ (%)	K_p (kN/mm)	P_{maks}/P_p	μ_p	P_p (kN)	δ_p (mm)	Δ (%)	K_p (kN/mm)	P_{maks}/P_p	μ_p	P_p (kN)	δ_p (mm)	Δ (%)	
	P_p (kN)	δ_p (mm)	Δ (%)	K_p (kN/mm)	P_{maks}/P_p	μ_p	P_p (kN)	δ_p (mm)	Δ (%)	K_p (kN/mm)	P_{maks}/P_p	μ_p	P_p (kN)	δ_p (mm)	Δ (%)	
TTSES8	54.57	6.65	0.48	8.21	3.34	13.98	-53.60	-6.77	0.49	-7.92	3.34	13.33	54.57	6.65	0.48	
TTSES10	70.65	5.50	0.39	12.84	2.57	15.63	-68.37	-5.45	0.39	-12.54	2.57	16.48	70.65	5.50	0.39	
TTSES12	81.34	4.33	0.31	18.79	3.62	20.46	-83.35	-4.45	0.32	-18.73	3.62	19.99	81.34	4.33	0.31	
GÇÇ	142.32	3.33	0.24	42.74	1	1.13	-146.41	-4.99	0.36	-29.34	1	5.42	142.32	3.33	0.24	

*: $0.80P_{maks}$

3.3.2. Rijitlikler

Çevrimsel yükleme etkisindeki deney elemanlarının rijitliklerinde meydana gelen değişimin hesabında, sekant rijitliği dikkate alınmıştır. Bu rijitliklerin ötelenme oranıyla değişim eğrileri Şekil 3.30'da verilmektedir.



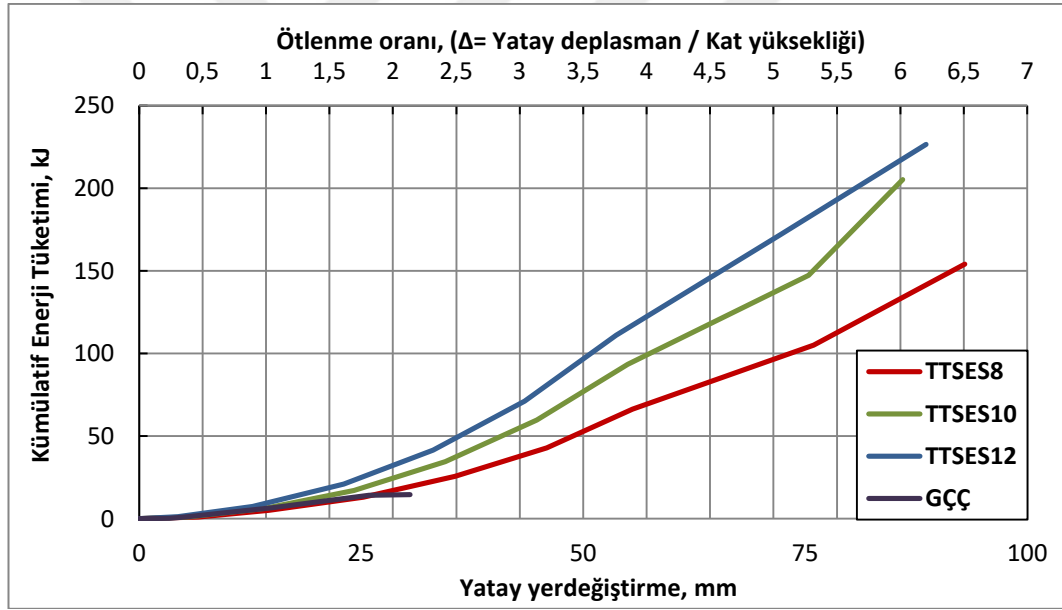
Şekil 3.30. Deney elemanlarının etkili rijitlik eğrileri

TTSES8, TTSES10, TTSES12 ve GÇÇ elemanlarının başlangıç rijitlikleri, K_p , itmede sırasıyla 8.21, 12.84, 18.79 ve 42.74 olarak elde edilirken, çekmede 7.92, 12.54, 18.73 ve 29.34 olarak elde edilmiştir. Buradan GÇÇ elemanının diğer deney elemanlarına göre oldukça rijit davrandığı anlaşılmaktadır. Ancak burkulmanın meydana gelmesiyle GÇÇ elemanının rijitliğinde ani bir düşüş meydana gelmiş ve itmede henüz % 1 kat ötelenmesi oranına ulaşıldığında rijitlik değeri % 93 azalarak 3 kN/mm değerine gerilemiştir. Bu anda diğer deney elemanlarının rijitlikleri ise itmede sırasıyla % 54, % 58, % 62 azalarak 3.79, 5.34, 7.14 kN/mm olarak elde edilmiştir. % 2 kat ötelenmesi seviyesine gelindiğinde GÇÇ elemanı yük taşıma kapasitesini kaybederken diğer deney elemanlarının yük taşıma kapasitelerindeki artış bu deney elemanlarının kararlı bir rijitlik sergilemelerini sağlamıştır. Bu kararlı rijitlik, yük taşıma kapasitesindeki artış ile beraber deney sonuna kadar devam etmiştir. Deneyler esnasında TTSES elemanlarındaki bazı

sönümleyici levhalarda meydana gelen göçmeler, bu deney elemanlarının rijitliğinde önemli bir değişikliğe neden olmamıştır.

3.3.3. Enerji Tüketim Kapasiteleri ve Süneklik

Yapısal elemanların deprem performanslarını anlamada en etkin ölçütlerden birisi olan enerji tüketme kapasiteleri, bu çalışmada test edilen deney elemanları için yatay yük - yatay yerdeğiştirme eğrilerindeki her bir çevrimin kapsadığı alanların artımsal olarak toplanmasıyla elde edilmiştir (Şekil 3.31). Ayrıca Tablo 3.6'da deney elemanlarının enerji tüketme kapasitelerinin yaptıkları elastik olmayan şekildeğiştirmelerle ilişkisi özetlenmiştir.



Şekil 3.31. Toplam tüketilen enerjinin ötelenme oranına göre değişimi

Şekil 3.31 ve Tablo 3.6 incelendiğinde deney elemanlarının enerji tüketme kapasitelerinin yük taşıma kapasiteleri ile değil, süneklilikleri ile alakalı olduğu anlaşılmaktadır. Zira % 2 ötelenme oranına kadar GÇÇ elemanı TTSES8'e göre % 160 daha fazla yük taşıdığı halde, tükettiği enerji yaklaşık olarak aynıdır. Bununla birlikte GÇÇ ve TTSES8'in yaptıkları kümülatif elastik olmayan şekildeğiştirmeler sırasıyla $33.04\delta_p$ ve $15.98\delta_p$ olarak hesaplanmıştır. Buradan GÇÇ de burkulma nedeniyle aşırı bir elastik olmayan şekildeğiştirmenin meydana geldiği ve bunun enerji tüketimine önemli bir

katkısının olmadığı anlaşılmaktadır. Nihai durumda ise tükettikleri enerjiler sırasıyla 14.64 ve 154.16 kJ olurken TTSES8 elemanı GÇÇ'ye göre % 953 daha fazla enerji tüketmiştir. Bu aşamada yaptıkları kümülatif elastik olmayan şekildeğişirmeler sırasıyla $46.64\delta_p$ ve $179.98\delta_p$ olarak elde edilmiştir. TTSES elemanları kendi içlerinde değerlendirildiklerinde ise levha kalınlıklarının artmasıyla birlikte enerji tüketme kapasitelerinde de önemli artışlar meydana gelmiştir. TTSES12 elemanı % 2 ötelenme oranına kadar TTSES8 ve TTSES10'dan sırasıyla % 90 ve % 25 daha fazla; TTSES10 elemanı ise TTSES8'den % 53 daha fazla enerji tüketmiştir. Nihai durumda ise TTSES12 elemanı TTSES8 ve TTSES10'dan sırasıyla % 47 ve % 10 daha fazla; TTSES10 elemanı ise TTSES8'den % 33 daha fazla enerji tüketmiştir. Ayrıca TTSES elemanlarının enerji tüketme kapasitelerindeki artışın elastik olmayan şekildeğiştirme kapasiteleri ile doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir (Tablo 3.6).

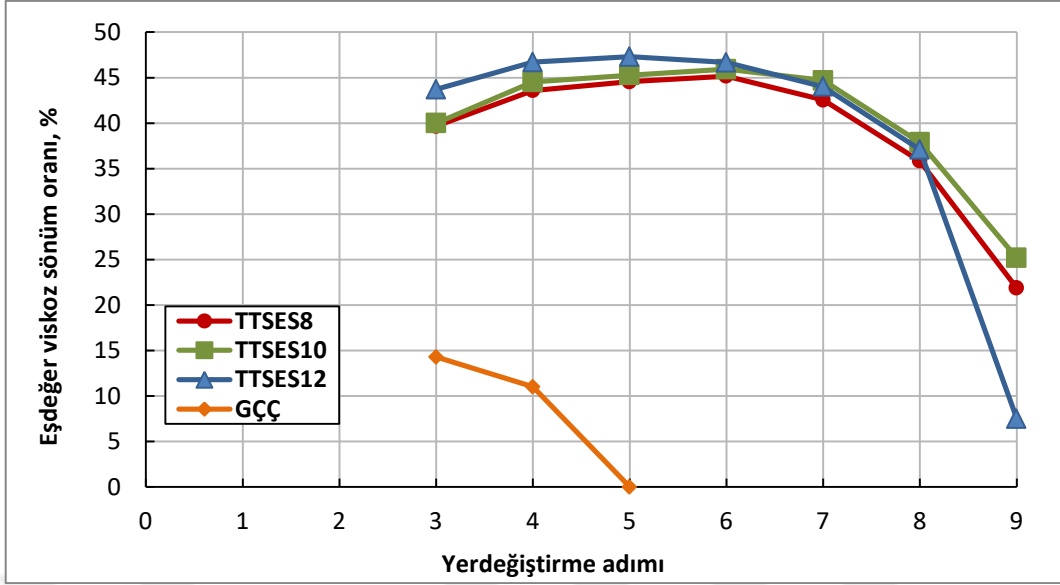
TTSES8, TTSES10, TTSES12 ve GÇÇ elemanlarının yerdeğiştirme süneklikleri itmede sırasıyla 13.98, 15.63, 20.46 ve 1.13; çekmede ise 13.33, 16.48, 19.99 ve 5.42 olarak elde edilmiştir (Tablo 3.5). TTSES elemanlarının GÇÇ elemanına oranla oldukça sünek oldukları anlaşılmaktadır. GÇÇ elemanında meydana gelen burkulma nedeniyle göçme ani olmuş ve bu deney elemanı yüksek rijitliğinin aksine sünek davranış sergileyememiştir. TTSES elemanlarında ise levha kalınlığının artışı ile hem rijitliğin hem de yerdeğiştirme sünekliğinin birlikte arttığı görülmektedir.

Tablo 3.6. Kümülatif enerji tüketimi ile elastik olmayan şekildeğiştirme ilişkisi

Deney elemanı	Tasarım kat ötelenmesi (% 2)		Maksimum yerdeğiştirme	
	Kümülatif enerji tüketimi (kJ)	Kümülatif elastik olmayan şekildeğiştirme	Kümülatif enerji tüketimi (kJ)	Kümülatif elastik olmayan şekildeğiştirme
TTSES8	13.12	$15.98 \delta_p$	154.16	$179.98 \delta_p$
TTSES10	20.05	$19.63 \delta_p$	205.25	$214.80 \delta_p$
TTSES12	25.00	$33.04 \delta_p$	226.70	$301.84 \delta_p$
GÇÇ	14.13	$37.49 \delta_p$	14.64	$46.64 \delta_p$

3.3.4. Eşdeğer Viskoz Sönüm Oranları

Deneyleerde elastik olmayan şekildeğiştirmenin meydana geldiği her bir yerdeğiştirme adımının ikinci çevrimi için hesaplanan eşdeğer viskoz sönüm oranları Şekil 3.32'de gösterilmiştir. TTSES elemanları GÇÇ'nin aksine, deneyleer boyunca oldukça yüksek ve kararlı bir sönüm sergilemişlerdir. Elastik olmayan şekildeğiştirmenin meydana geldiği ikinci yerdeğiştirme adımında, TTSES8, TTSES10, TTSES12 ve GÇÇ elemanlarının eşdeğer viskoz sönüm oranları sırasıyla % 39.66, % 39.99, % 43.71 ve % 14.30 olarak hesaplanmıştır. TTSES elemanları % 2 ötelenme oranına maksimum eşdeğer viskoz sönüm oranlarına ulaşırken, bu değerler TTSES8, TTSES10, TTSES12 için sırasıyla % 45.16, % 45.93 ve % 47.33 olarak hesaplanmıştır. Genel olarak TTSES elemanlarının eşdeğer viskoz sönüm oranları birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Buradan sönümleyici levha kalınlığının eşdeğer viskoz sönüm oranı üzerinde çok az bir etkisinin olduğu anlaşılmaktadır. GÇÇ'nin eşdeğer viskoz sönüm oranında ilerleyen yerdeğiştirme adımlarında, hızlı bir düşüş yaşanmış ve dördüncü yük adımında sönüm kabiliyetini kaybetmiştir. TTSES elemanlarında ise eşdeğer viskoz sönüm oranı altıncı yerdeğiştirme adımına kadar kararlı bir şekilde artış göstermiş; bu yerdeğiştirme adımından sonra ise azalmaya başlamıştır. Tablo 3.7'de deney elemanlarının eşdeğer viskoz sönüm oranları ile etkili rijitlik değerleri arasındaki ilişki gösterilmektedir. Bu tablodan eşdeğer viskoz sönüm oranının etkili rijitlik ile ters orantılı olduğu anlaşılmaktadır. Zira etkili rijitlik değerleri azalırken, eşdeğer viskoz sönüm oranı artmakta; artarken ise azalmaktadır. TTSES12'de son yerdeğiştirme adımının ikinci çevrimi tamamlanamadığı için bu yük adımındaki eşdeğer viskoz sönüm oranı diğer deney elemanlarına göre daha düşüktür.



Şekil 3.32. Her bir yerdeğiştirme adımına göre eşdeğer viskoz sönüm oranlarının karşılaştırılması

Tablo 3.7. Her bir yerdeğiştirme adımına göre eşdeğer viskoz sönüm oranları

Yerdeğiştirme adımı	TTSES8		TTSES10		TTSES12		GÇÇ	
	Sönüm oranı (%)	Etkili rijitlik (kN/mm)	Sönüm oranı (%)	Etkili rijitlik (kN/mm)	Sönüm oranı (%)	Etkili rijitlik (kN/mm)	Sönüm oranı (%)	Etkili rijitlik (kN/mm)
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	39.66	3.80	39.99	5.34	43.71	7.15	14.30	3.00
4	43.58	2.35	44.52	3.37	46.74	4.43	11.02	1.29
5	44.55	1.80	45.27	2.62	47.33	3.24	0	0.41
6	45.16	1.54	45.93	2.28	46.66	2.80	-	-
7	42.55	1.47	44.69	2.10	44.22	2.60	-	-
8	35.84	1.55	37.89	2.13	37.18	2.67	-	-
9	21.87	1.96	25.19	2.28	7.51	3.32	-	-

3.4. Deneysel Bulguların Sayısal ve Teorik Çalışmalarla Karşılaştırmalı Olarak İrdelenmesi

Bu bölümde deney elemanlarının performanslarını belirlemek üzere yapılan sayısal ve teorik çalışmaların sonuçları deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmaktadır. Teorik

çalışmalarda kullanılan yöntem Bölüm 2.3'de, sayısal çalışmalar ise Bölüm 2.6'da anlatılmıştır. Sayısal çalışmalarda uygulanan çevrimsel yüklemeler için deneysel çalışmalardaki her bir çevrimde elde edilen maksimum yerdeğiştirmeler dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.8'de özetlenmiştir.

3.4.1. TTSES8, TTSES10 ve TTSES12

TTSES elemanlarının sayısal modellerine ilişkin görseller Şekil 3.33'de gösterilmektedir. Burada simetri sınır koşullarının yansıttığı esas sayısal modellere de bir örnek gösterilmiştir. Şekil 3.34'de deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen yatay yük - yatay yerdeğiştirme eğrileri karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.8. Deneysel, sayısal ve teorik sonuçlar

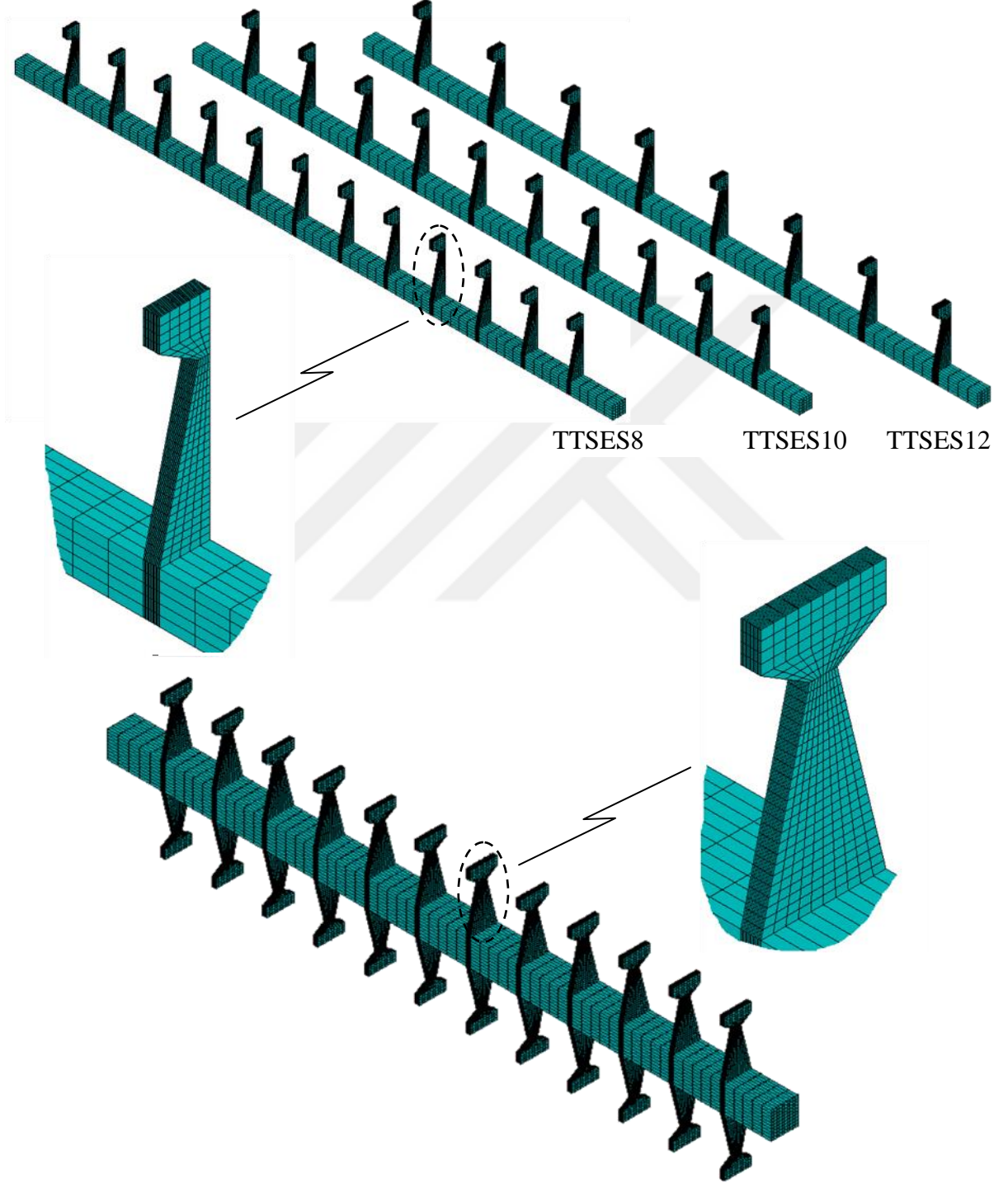
Deneysel eleman	Yöntem	Akma yükü						Maksimum yerdeğiştirme			
		İtme (+)			Çekme (-)			İtme (+)		Çekme (-)	
		P _p (kN)	δ _p (mm)	K _p (kN/mm)	P _p (kN)	δ _p (mm)	K _p (kN/mm)	P (kN)	δ _{maks} (mm)	P (kN)	δ _{maks} (mm)
TTSES8	Deneysel	54.57	6.65	8.21	-53.60	-6.77	-7.92	182.18	92.98	-179.27	-90.26
	Sayısal	51.86	6.39	8.11	-51.68	-6.30	-8.20	130.42	92.19	-124.38	-90.38
	Teorik	55.36	6.33	8.75	-55.36	-6.33	-78.75	545.22	92.98	-383.95	-90.26
TTSES10	Deneysel	70.65	5.50	12.84	-68.37	-5.45	-12.54	181.67	85.98	-179.15	-89.81
	Sayısal	66.97	5.12	13.08	-66.90	-5.08	-13.17	149.97	85.95	-163.32	-89.75
	Teorik	72.08	5.06	14.28	-72.28	-5.06	-14.28	342.06	85.98	-476.67	-89.81
TTSES12	Deneysel	81.34	4.33	18.79	-83.35	-4.45	-18.73	294.41	88.60	-288.64	-88.96
	Sayısal	76.63	4.30	17.72	-76.71	-4.32	-17.75	185.76	88.61	-185.90	-88.61
	Teorik	83.04	4.22	19.73	-83.26	-4.22	-19.73	488.22	88.60	-504.87	-88.96
GÇÇ	Deneysel	142.32	3.33	42.74	-146.41	-4.99	-29.34	114.24	3.75	-180.42	-27.07
	Sayısal	116.13	3.19	36.40	-145.07	-5.06	28.67	92.05	3.51	-165.5	-27.06
	Teorik	141.08	-	-	-167.10	4.00	41.77	-	-	-	-

Şekil 3.34'den sayısal çalışmalardan elde edilen yatay yük yatay yerdeğiştirme çevrimlerinin deneysel sonuçlarla oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. Özellikle akma yüküne kadar deneysel ve sayısal çalışmanın tam uyumludur. TTSES8 elemanı akma

yüküne, deneysel ve sayısal çalışmalarda sırasıyla itmede 6.65 ve 6.39 mm'lik yerdeğiştirmelerde 54.57 ve 51.86 kN'luk yük seviyelerinde; çekmede ise 6.77 ve 6.30 mm'lik yerdeğiştirmelerde 53.60 ve 51.68 kN'luk yük seviyelerinde ulaşmıştır. Bu aşamaya kadar deneysel ve sayısal sonuçlar arasındaki farklar % 5'den küçüktür. TTSES8 elemanı maksimum yüke ise deneysel ve sayısal çalışmalarda sırasıyla itmede 92.98 ve 92.19 mm'lik yerdeğiştirmelerde 182.18 ve 130.42 kN'luk yük seviyelerinde, çekmede ise 90.26 ve 90.38 mm'lik yerdeğiştirmelerde 179.27 ve 124.38 kN'da ulaşmıştır. Görüldüğü gibi TTSES8 elemanında deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen sonuçlar arasındaki farklar maksimum yüke gidildikçe artmış ve maksimum yükte % 30'a ulaşmıştır. TTSES10 elemanının akma yükü, deneysel ve sayısal çalışmalarda sırasıyla itmede 5.50 ve 5.12 mm'lik yerdeğiştirmelerde 70.65 ve 66.97 kN olarak; çekmede ise 5.45 ve 5.08 mm'lik yerdeğiştirmelerde 68.37 ve 66.90 kN olarak elde edilmiştir. Bu aşamaya kadar deneysel ve sayısal sonuçlar arasındaki farklar % 7'den küçüktür. TTSES10 elemanı maksimum yüke ise deneysel ve sayısal çalışmalarda sırasıyla itmede 85.98 ve 85.95 mm'lik yerdeğiştirmelerde 181.67 ve 149.97 kN'luk yük seviyelerinde, çekmede ise 89.81 ve 89.175 mm'lik yerdeğiştirmelerde 179.15 ve 163.32 kN'da ulaşmıştır. TTSES10 elemanında da deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen sonuçlar arasındaki farklar maksimum yüke gidildikçe artmış ve maksimum yükte % 20'ye ulaşmıştır. TTSES12 elemanın da akma yükü, deneysel ve sayısal çalışmalarda sırasıyla itmede 4.33 ve 4.30 mm'lik yerdeğiştirmelerde 81.34 ve 76.63 kN olarak; çekmede ise 4.45 ve 4.32 mm'lik yerdeğiştirmelerde 83.35 ve 76.71 kN olarak elde edilmiştir. Bu aşamaya kadar deneysel ve sayısal sonuçlar arasındaki farklar % 10'dan küçüktür. TTSES12 elemanı maksimum yüke ise deneysel ve sayısal çalışmalarda sırasıyla itmede 88.60 ve 88.61 mm'lik yerdeğiştirmelerde 294.41 ve 185.76 kN'luk yük seviyelerinde, çekmede ise 88.96 ve 88.61 mm'lik yerdeğiştirmelerde 288.64 ve 185.90 kN'da ulaşmıştır. Görüldüğü gibi TTSES12 elemanında da deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen sonuçlar arasındaki farklar maksimum yüke gidildikçe artmış ve maksimum yükte % 40'a ulaşmıştır.

Görüldüğü gibi, deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen yatay yük - yatay yerdeğiştirme eğrileri arasındaki farklar akma yükünden sonra artmaya başlamıştır. Aynı zamanda bu farkların levha kalınlığı arttıkça da arttığı anlaşılmaktadır. Burada levha kalınlığının artması ile levhalardaki hasarların daha erken meydana gelmesi etkili olmuş ve hasarlar arttıkça sayısal çalışma ile deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar arasındaki farklarda artmıştır. Bunların yanı sıra, deneysel çalışmalarda akma yükünden sonra çeliğin

pekleşmesi ve ikinci mertebe çekme etkileri nedeniyle yük taşıma kapasitelerindeki artış sayısal çalışmada da benzer biçimde gerçekleşmiştir.

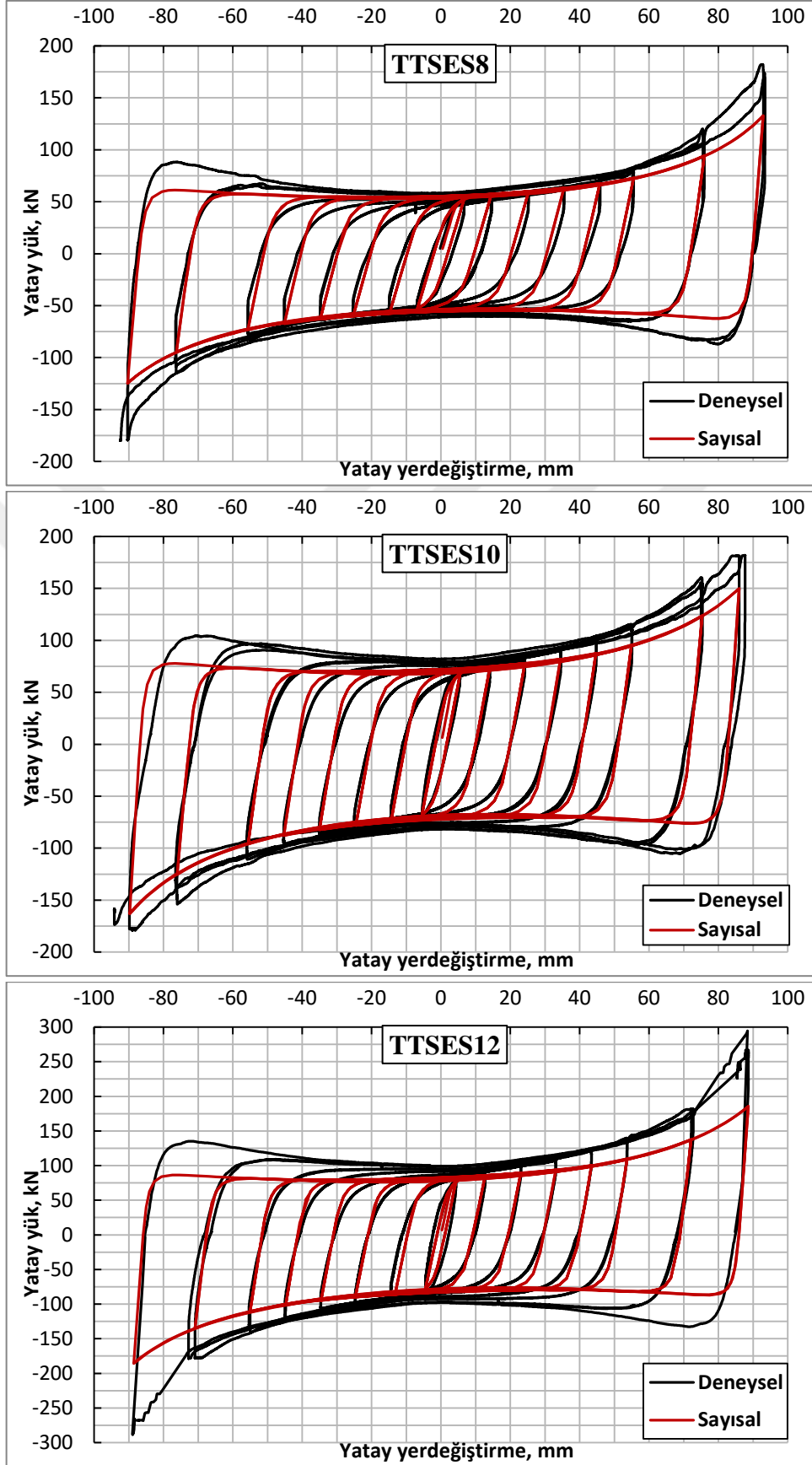


Şekil 3.33. TTSES8, TTSES10 ve TTSES12 elemanlarının sayısal modelleri ve simetri sınır şartlarının yansıttığı esas modele bir örnek

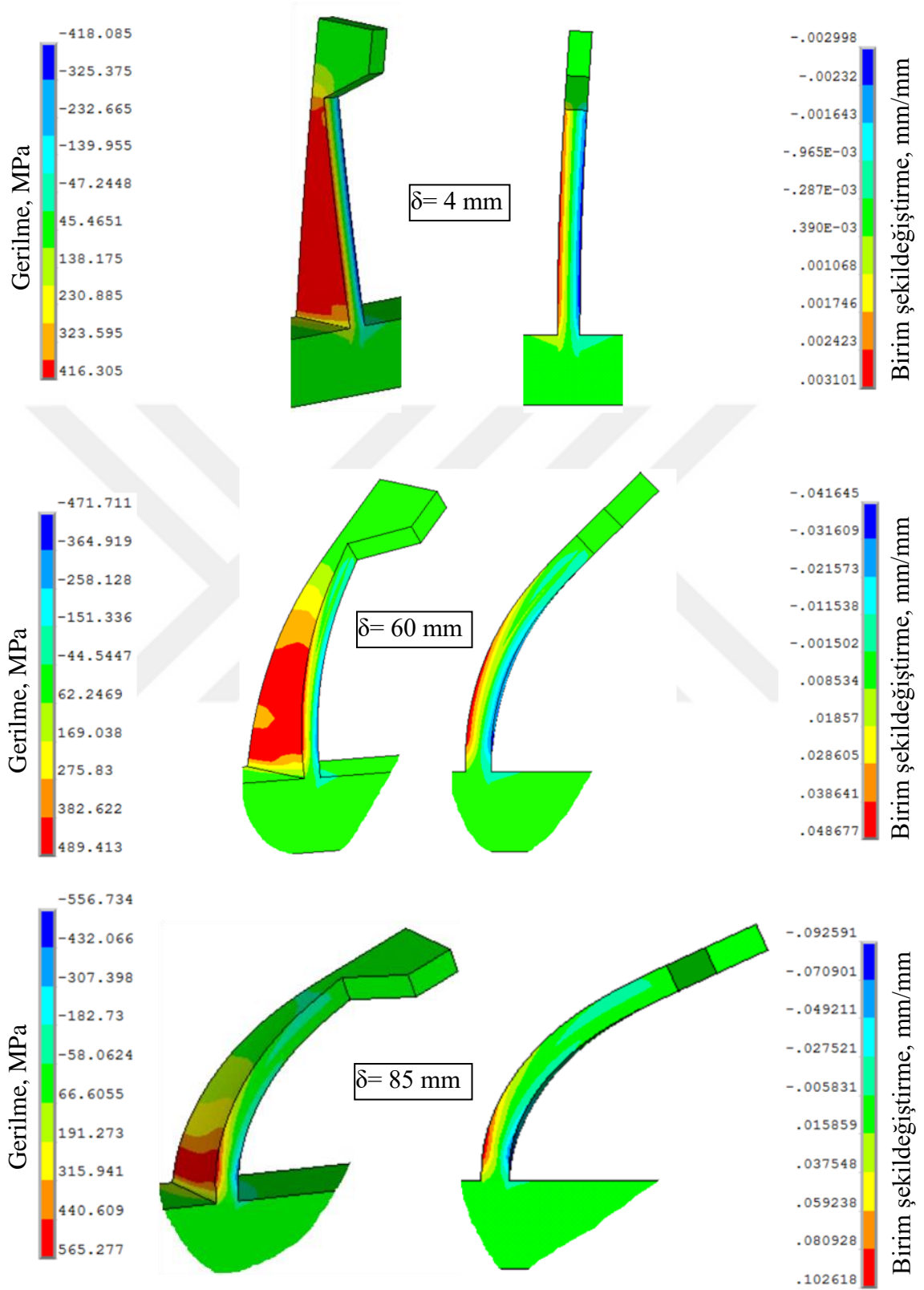
Sayısal çalışmalarda sönümleyici levhalarda meydana gelen birim şekildeğiştirmeler levha boyunca homojen olarak yayılırken, ilerleyen yerdeğiştirmelerde bu homojenlik giderek kaybolmaya başlamıştır. TTSES elemanlarında yaklaşık 60 mm'lik yerdeğiştirmeden sonra elastik olmayan şekildeğiştirmeler levha tabanına doğru yoğunlaşmıştır (Şekil 3.35, 3.36 ve 3.37). Şekil 3.35, 3.36 ve 3.37'deki birim şekildeğiştirme değerleri incelendiğinde sayısal çalışmada sönümleyici levhalarda meydana gelen maksimum birim şekildeğiştirmelerin sırasıyla 0.103, 0.116 ve 0.130 olduğu ve henüz kopma birim uzamasına ulaşmadıkları görülmektedir. Bu durum sönümleyici levhalarda düşük çevrimsel yorulmanın bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Son çevrimde levha yüzeyinde meydana gelen birim şekildeğiştirme dağılımı Şekil 3.38'de gösterilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi, sayısal çalışmada sönümleyici levhaların çevrimsel yükleme sonundaki göçme biçimi, deneysel çalışmaları doğrular niteliktedir. Orta profil çevrimsel yükleme boyunca elastik davranmıştır (Şekil 3.39).

Şekil 3.40'da deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen zarf eğrileri ile teorik çalışmadan elde edilen zarf eğrileri karşılaştırılmıştır. Teorik çalışmadan elde edilen zarf eğrileri, deneysel ve sayısal sonuçlarla oldukça uyumludur. Bu uyum yaklaşık 60 mm'lik yerdeğiştirmeye kadar devam etmiştir. Bu andan itibaren teorik çalışmadan elde edilen yük değerleri deneysel ve sayısal çalışmaya göre belirgin şekilde fark etmeye başlamış ve nihai durumda deneysel sonuçlara göre sırasıyla itmede % 199, % 88 ve % 66; çekmede ise % 114, % 166 ve % 75 daha büyük sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuç yaklaşık 60 mm'den sonra sönümleyici levha yüzeyindeki birim şekildeğiştirme dağılımının düzgün olduğu kabulünün gerçeği yansıtmadığını göstermektedir. Zira Şekil 3.35, 3.36 ve 3.37'de sayısal çalışmada sönümleyici levha yüzeyindeki birim şekildeğiştirme dağılımının ilerleyen yerdeğiştirmelerle değiştiği ve son yük adımıyla levha tabanında yoğunlaştığından bahsedilmiş olup bu sonuç teorik çalışmada da sonuçlara yansımıştır.

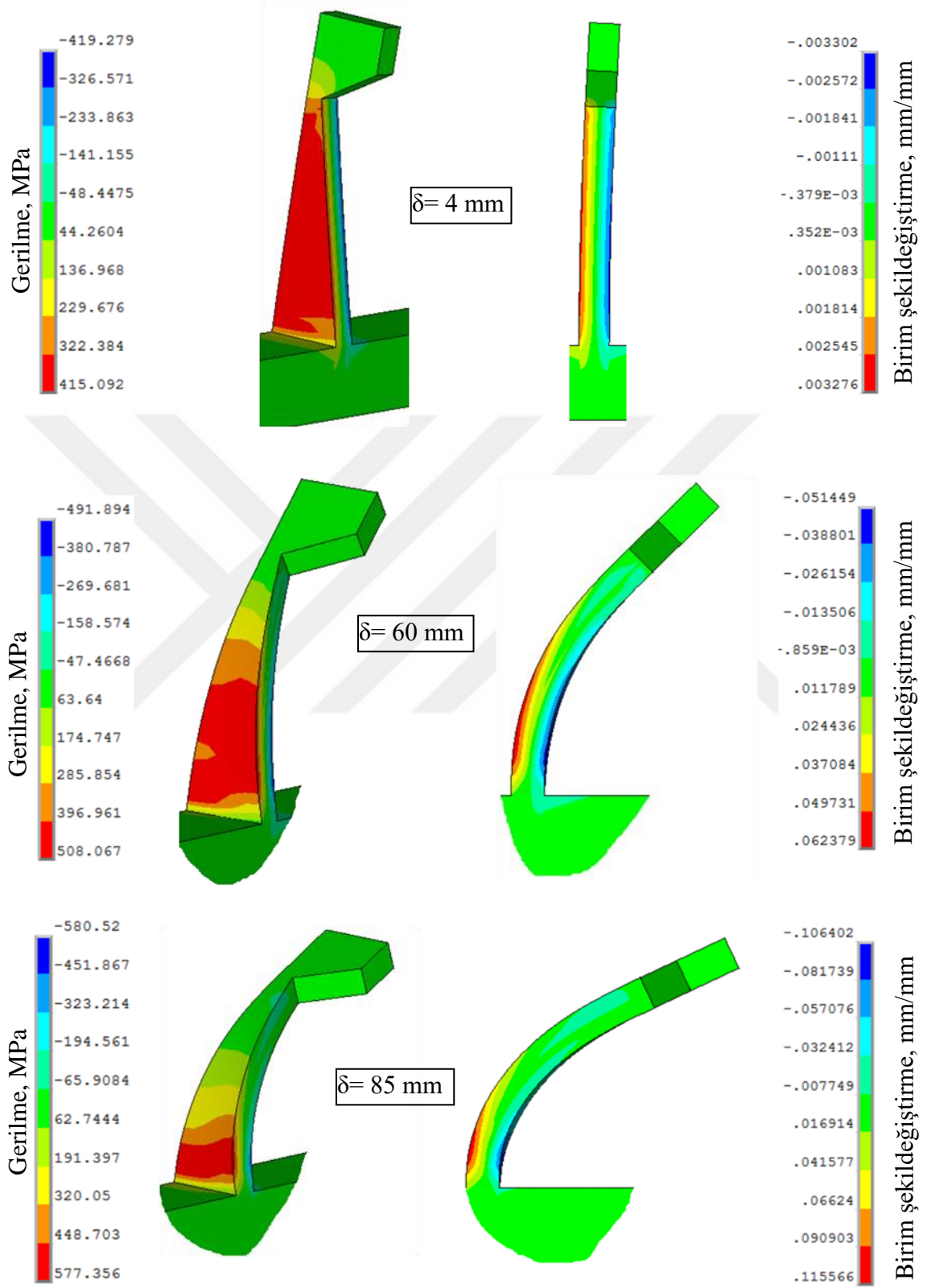
Şekil 3.40, 3.41 ve 3.42'de deneysel çalışmalarda T1 ve B1 numaralı sönümleyici levha yüzeylerinden okunan birim şekildeğiştirme eğrileri ile sayısal çalışmalarda aynı noktalardan elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. İleri ve geri çevrimlerde eğrilerde bazı farklılıklar görülse de nihai durumda oldukça yakın sonuçlar elde edilmiştir.



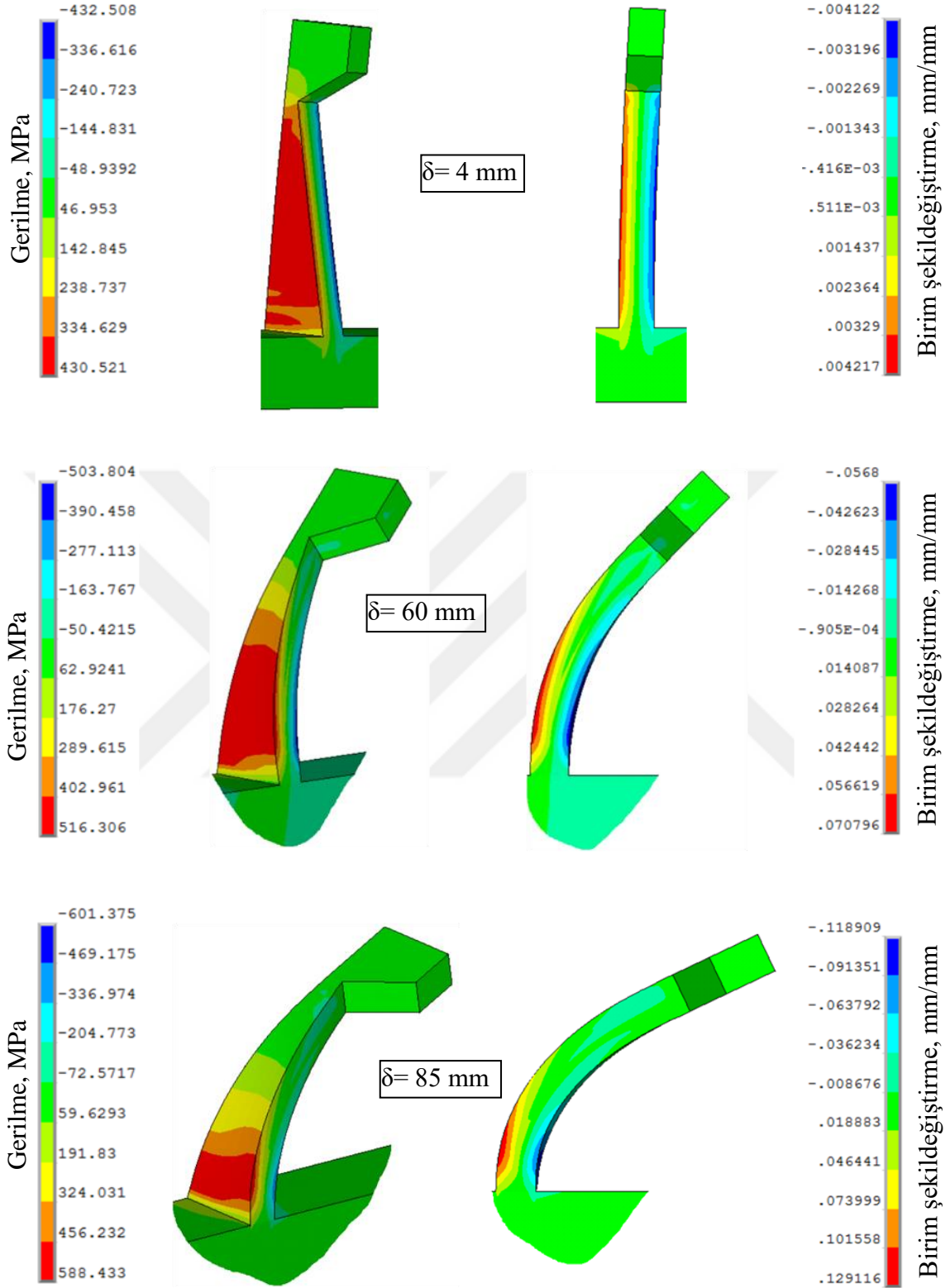
Şekil 3.34. TTSES elemanlarının deneysel ve sayısal sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 3.35. TTSES8'de gerilme ve birim şekildegistirmelerin değişimi



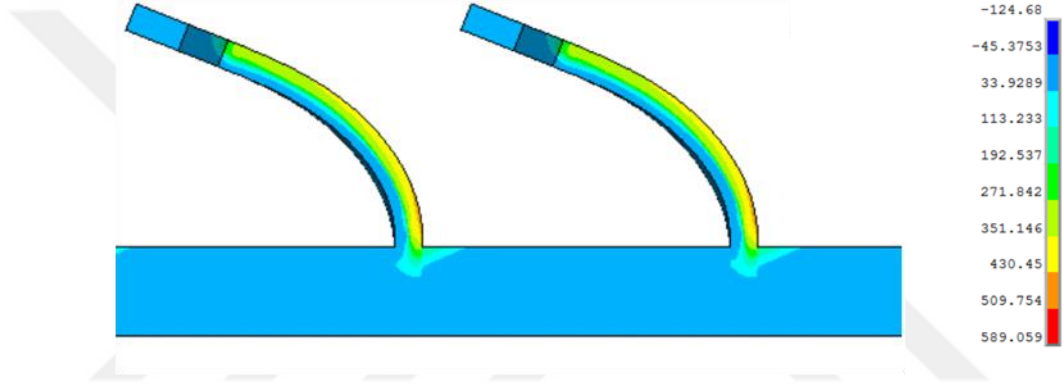
Şekil 3.36. TTSES10'da gerilme ve birim şekildeğişimlerin değişimi



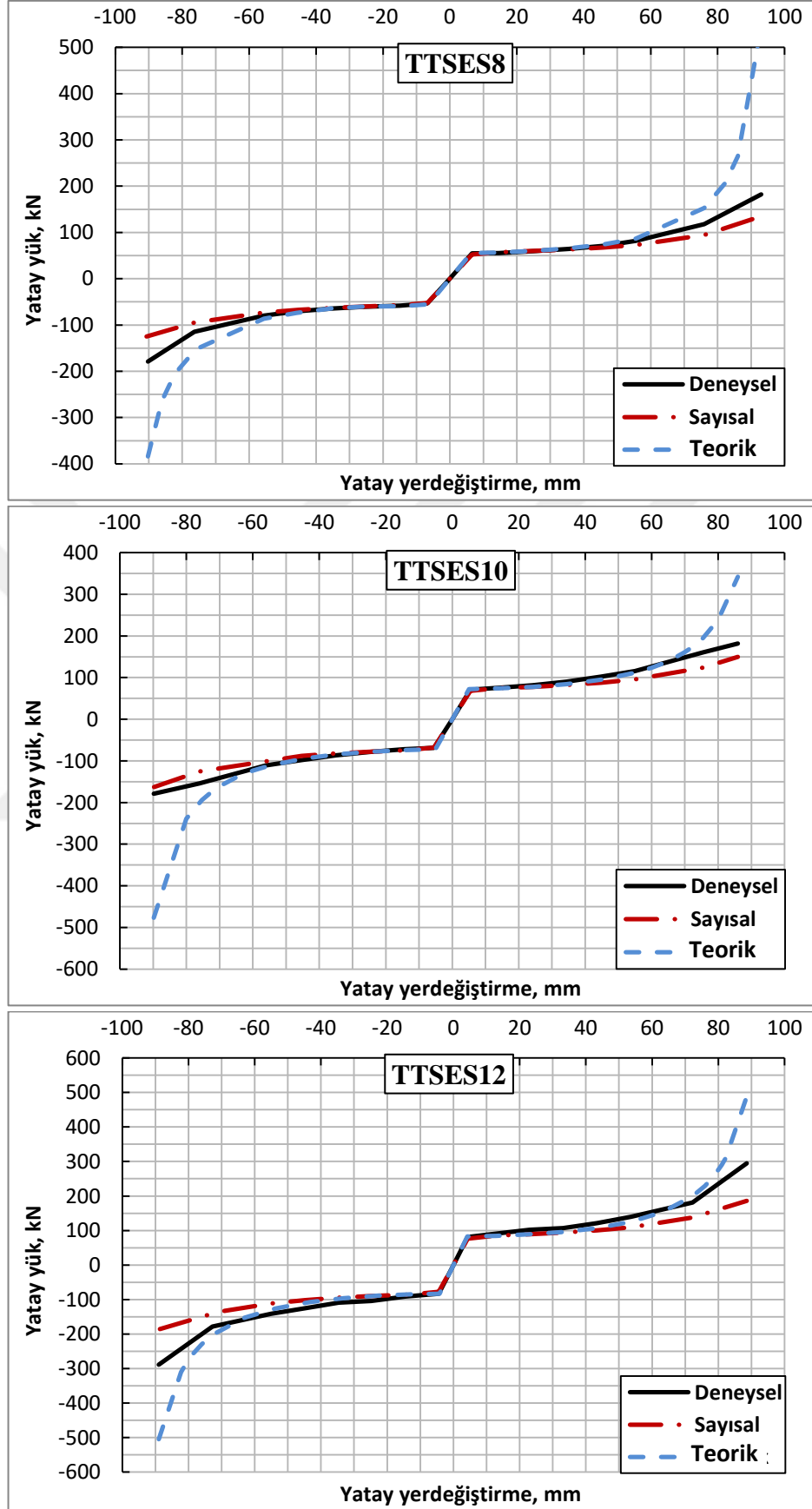
Şekil 3.37. TTSES12'de gerilme ve birim şekildeğiştirmelerin değişimi



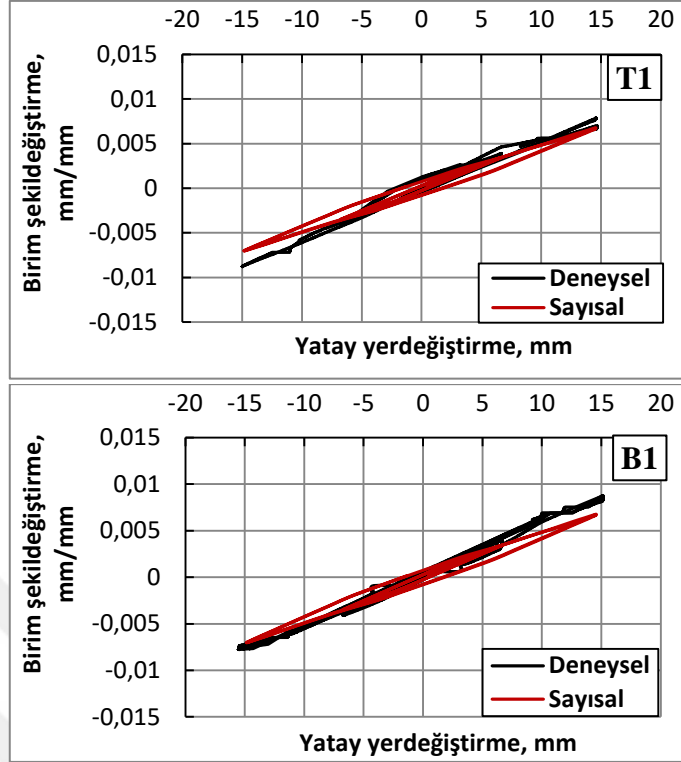
Şekil 3.38.TTSES8 elemanında sönümleyici levhadaki göçme durumu



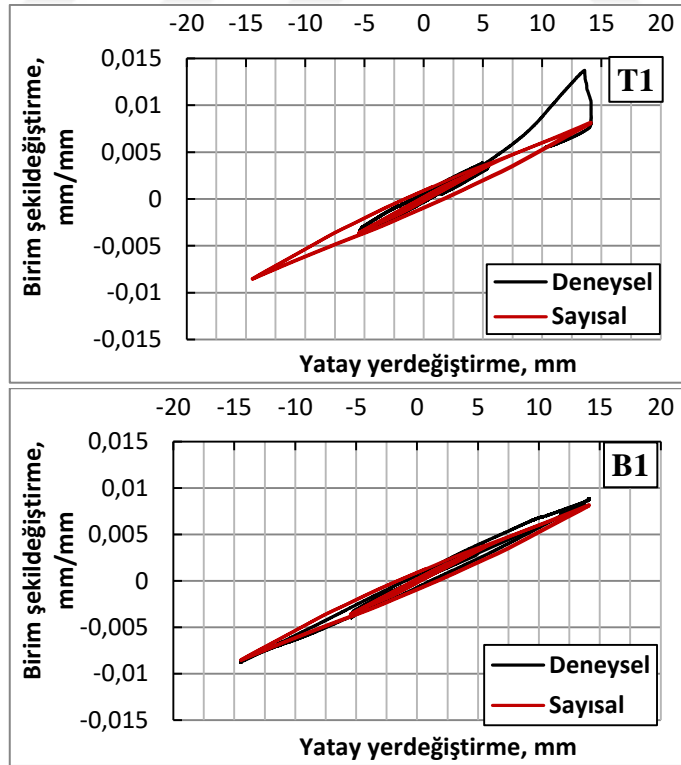
Şekil 3.39. Orta profilde meydana gelen maksimum gerilme durumu



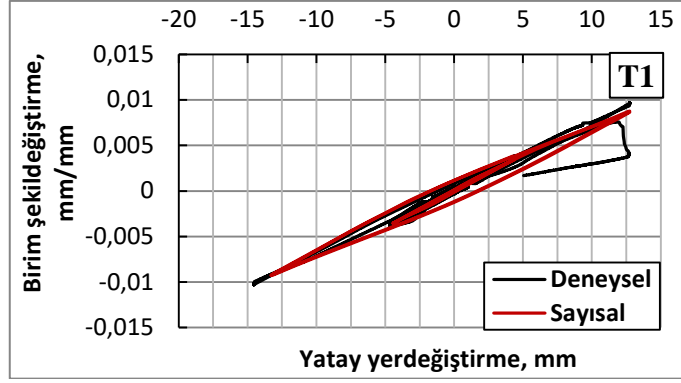
Şekil 3.40. Deneysel, sayısal ve teorik çalışmalardan elde edilen zarf eğrileri



Şekil 3.41. TTSES8 elemanın deneysel ve sayısal çalışmalarından elde edilen birim şekildeğiştirme eğrileri



Şekil 3.42. TTSES10 elemanın deneysel ve sayısal çalışmalarından elde edilen birim şekildeğiştirme eğrileri



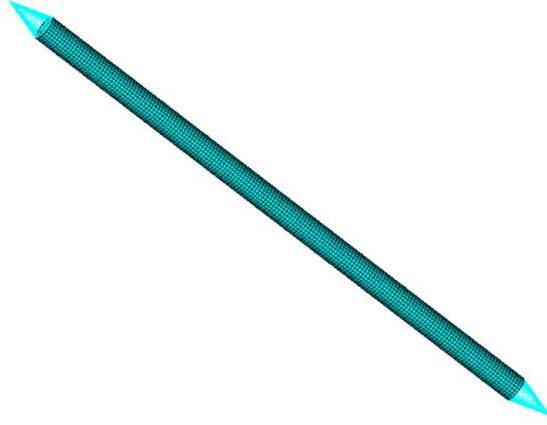
Şekil 3.43. TTSES12 elemanının deneysel ve sayısal çalışmalarından elde edilen birim şekil değiştirme eğrileri

3.4.2. GÇÇ

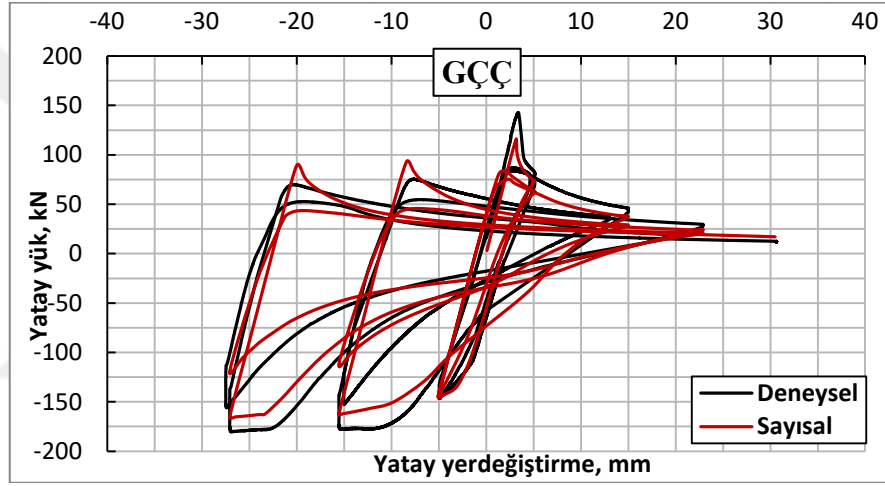
GÇÇ elemanının sayısal modeline ilişkin bir görsel Şekil 3.44'de gösterilmektedir. Şekil 3.45'de deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen yatay yük - yatay yer değiştirme eğrileri, Şekil 3.46'da ise zarf eğrileri karşılaştırılmıştır.

Deneysel çalışmada burkulma yükü 3.33 mm'lik yer değiştirmede 142.32 kN olarak elde edilirken, sayısal çalışmada 3.19 mm'lik yer değiştirmede 116.13 kN olarak elde edilmiştir. Görüldüğü gibi, sayısal çalışmadan elde edilen burkulma yükü deneysel sonuca göre % 18 daha küçük iken, yatay yer değiştirmeler oldukça uyumludur. Burkulma anından sonra yük taşıma kapasitesindeki azalmalar ve burkulma nedeniyle çevrimsel eğrilerdeki yığılmalar deneysel ve sayısal çalışma için oldukça uyumludur. Şekil 3.47'da deneysel ve sayısal çalışmada meydana gelen hasar durumları karşılaştırılmıştır.

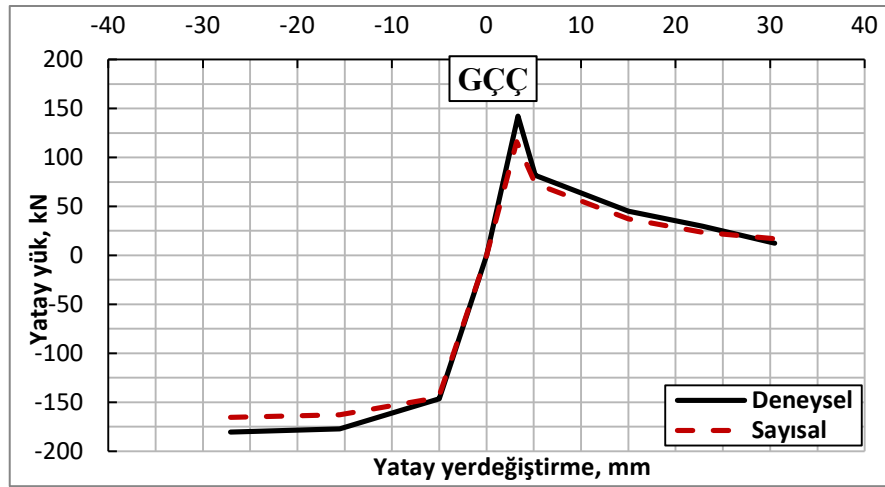
Deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen birim şekil değiştirme eğrileri burkulma anına kadar oldukça uyumludur (Şekil 3.48). Burkulma anında SG1'den okunan birim şekil değiştirme değerleri deneysel ve sayısal çalışmalar için sırasıyla 0.00071 ve 0.00106 iken; SG2 den 0.00136 ve 0.00139 olarak elde edilmiştir. Burkulma anından sonra çevrimsel eğriler birbirlerinden uzaklaşmaya başlasalar da genel olarak birbirlerine benzer davranışlar sergilemişlerdir.



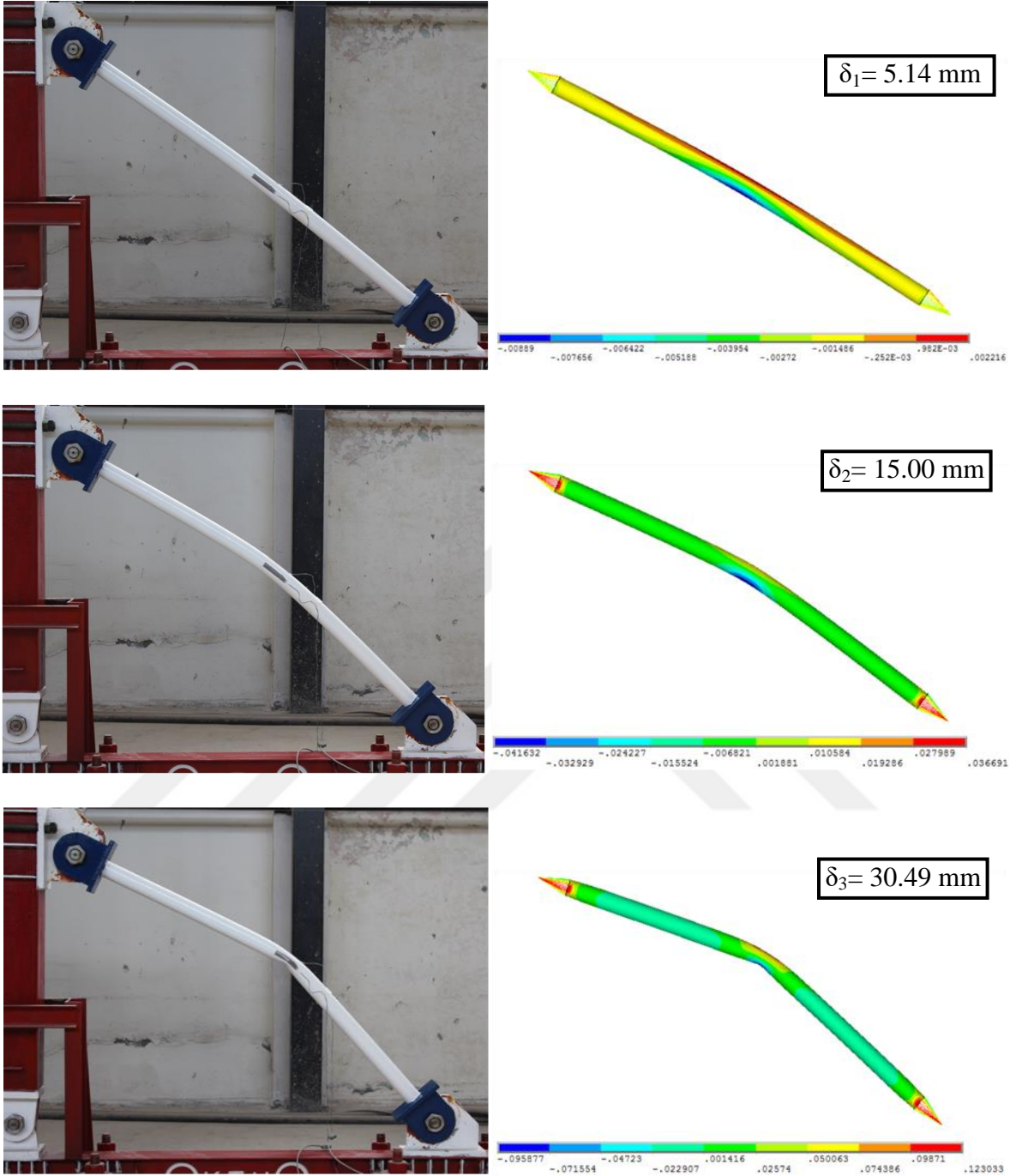
Şekil 3.44. GÇÇ elemanın sayısal modeli



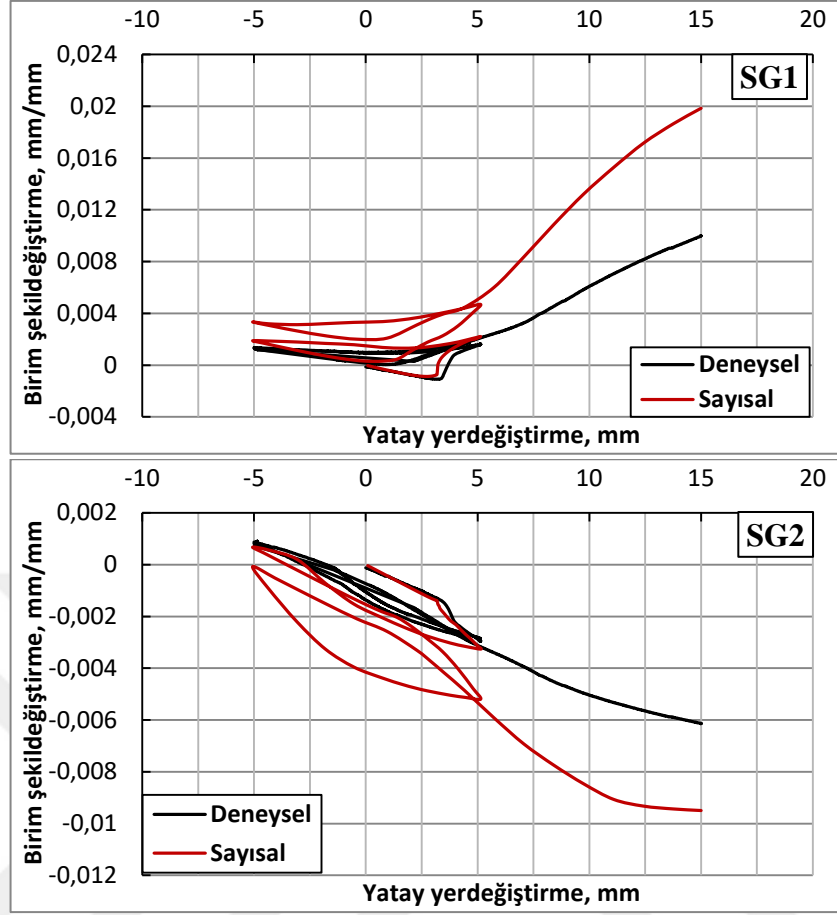
Şekil 3.45. GÇÇ elemanın deneysel ve sayısal sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 3.46. GÇÇ elemanın deneysel ve sayısal çalışmalarından elde edilen zarf eğrileri



Şekil 3.47. Her bir yük adımına göre burkulma durumu ve birim şekildeğişimleri



Şekil 3.48. GÇÇ elemanının deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen birim şekildeğiştirme eğrileri

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yapıları depremden korumak için yeni bir pasif enerji tüketim sistemi geliştirilmiştir. Sistemin gelişiminde, birinci bölümde anlatılan mevcut sistemlerin dezavantajları göz önünde bulundurularak, yapısal performansı artıracak bir tasarım yapılmaya çalışılmıştır. Geliştirilen Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyiciler üzerinde gerçekleştirilen deneysel, sayısal ve teorik çalışmalardan elde edilen başlıca sonuçlar ve bazı öneriler aşağıda özetlenmiştir:

- Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyiciler çevrimsel yük etkisinde oldukça kararlı davranışlar sergilemişlerdir. Deneyler sonunda tam simetrik yatay yük yatay yerdeğiştirme eğrileri elde edilmiştir. Bu sayede, geleneksel çelik çaprazların aksine, yapısal uygulamalarda tek köşegenli olarak kullanılmaları mümkün olabilmektedir.
- Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin yük taşıma kapasitelerinde akma yükünden sonra önemli oranda artışlar meydana gelmiştir. Bu nedenle, yapısal uygulamalarda, Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin geleneksel çelik çaprazların yerine kullanılması durumunda, burkulma sebebiyle katlarda meydana gelen ani rijitlik değişimlerinin engellenebileceği gibi, aşırı yatay yerdeğiştirmelerin meydana gelebileceği şiddetli depremlerde yapıların rijitlik talepleri karşılanabilir.
- Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin üretiminde kullanılan sönümleyici levha kalınlığının artması ile sistemin başlangıç rijitliği, akma yükü ve maksimum yük taşıma kapasitelerinin yanı sıra yerdeğiştirme sünekliği, elastik olmayan şekildeğiştirme kapasiteleri ve enerji tüketme kapasiteleri de önemli oranda artmıştır. Ancak bu sonuç, bu çalışmada kullanılan sönümleyici levha kalınlıkları için geçerlidir.
- Yatay yük - yatay yerdeğiştirme eğrilerindeki geri dönüş çevrimlerinde elde edilen yüksek dayanımın deneylerin sonuna kadar devam etmesi kullanılan sönümleyici levhaların geometrik ve mekanik özelliklerinin bir sonucudur.
- Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin elastik olmayan yerdeğiştirme kapasiteleri geleneksel çelik çapraza göre oldukça yüksektir. Bununla birlikte TTSES10 ve TTSES12, AISC 341-10 (2010)'da önerilen $200\delta_p$ 'lik kümülatif elastik olmayan şekildeğiştirme oranını sağlamıştır.

- Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyici deney elemanları, geleneksel çelik çapraza göre yatay yükü % 58 oranına kadar azaltırken, aynı zamanda ondan 14 kata kadar daha fazla enerji tüketmişlerdir. Bu nedenle, yapısal uygulamalarda, geleneksel çelik çaprazlar yerine Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin kullanılması ile kat kesme kuvvetlerinin azaltılması ve ana taşıyıcı elemanların daha küçük kesit tesirlerine göre boyutlandırılması yada bu elemanlardaki hasarın geciktirilmesi mümkün olacaktır.
- Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin eşdeğer viskoz sönüm oranları yaklaşık olarak % 45 olup, EN 15129 (2010)'da önerilen $\xi_{eq} > \% 15$ şartı sağlanmaktadır. Bununla birlikte, sönümleyici levha kalınlığının eşdeğer viskoz sönüm oranı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.
- Çok sayıda sönümleyici levha kullanılması ile bazı sönümleyici levhalarda meydana gelen göçmelerin, deney elemanlarının yük taşıma kapasitelerine etkisi ihmal edilebilecek seviyede olmuştur.
- % 4 kat ötelenmesi seviyesinden sonra sönümleyici levhalarda geniş çatlaklar oluştuğu halde, deney elemanlarının yük taşıma kapasitelerinde herhangi bir azalma meydana gelmemiştir. Ayrıca bu çatlaklar, deney elemanlarının göçme durumunun önceden belirlenebilmesine, dolayısıyla da önlem alınmasına imkan vermektedir.
- Orta profil boyunca sönümleyici levhaların iki yana simetrik olarak yerleştirilmesi ile orta profil yalnızca yayılı aksenal yüke maruz kalmıştır. Bu durumda, orta profilde burkulma boyu maksimum iken aksenal yük minimum, burkulma boyu minimum iken aksenal yük maksimum olmaktadır. Bu sayede orta profil için ekonomik bir boyutlandırma yapmak mümkün olmaktadır.
- Geleneksel çelik çapraz % 2 kat ötelenmesi seviyesine kadar Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerden daha fazla elastik olmayan şekildeğiştirme yaptığı halde daha az enerji tüketmiştir. Buradan burkulmadan kaynaklanan elastik olmayan şekildeğiştirmelerin enerji tüketimine önemli bir katkısının olmadığı anlaşılmaktadır.
- Sönümleyici levhaların davranışlarının basit eğilme etkisindeki konsol kirişlere benzemesi ve çeliğin çevrimsel yük etkisindeki kararlı davranışı sayısal çalışmaların güvenilirliğini artırmaktadır.
- Deneyler sonunda, sönümleyici levha yüzeylerinde geniş çatlaklar oluşmuş ve bazıları göçmüştür. Bu anda, sönümleyici levhaların yüzeylerindeki birim uzamalar, sayısal çalışmada, yaklaşık olarak 0.11 olarak elde edilmiştir. Bu durum, düşük

çevrimsel yorulmanın sönümleyici levhaların çevrimsel davranışlarını etkilediğini göstermektedir.

- Teorik çalışmalarda kullanılan basitleştirilmiş yöntem ile hesaplanan zarf eğrileri, deneysel çalışmalardan elde edilen zarf eğrileri ile yaklaşık olarak % 4 kat ötelenmesi seviyesine kadar oldukça uyumludur. Bu aşamadan sonra sönümleyici levha yüzeylerinde çatlamların olması ve ikinci merteye çekme etkilerinin belirginleşmesi ile sönümleyici levhalar boyunca eğriliğin eşit olduğu kabulü gerçekliğini yitirmiştir. Bu nedenle teorik yöntem % 4 kat ötelenmesinden sonra sağlıklı sonuçlar vermemektedir.
- Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerde çok sayıda sönümleyici levhanın aynı anda kullanılabilmesi; farklı kalınlıkta, geometrik özellikte yada farklı malzemelerden üretilmiş sönümleyici levhaların birlikte kullanımına imkan vermektedir. Bu sayede aynı akma yüküne sahip ancak farklı rijitliklerde deney elemanlarının tasarımı yapılabilir.
- Sönümleyici levha boyutlandırılmalarında, levha uç genişliğinin levha taban genişliğine oranının 0.2 olduğu durumlarda, levha uç genişliğinin % 10 artırılması önerilir.
- Bu çalışmada sönümleyici levhalar orta profilin iki yanına simetrik olarak yerleştirilmiştir. Ancak orta profilin dört yanına da yerleştirilerek artı şeklinde bir iç çekirdek - dış tüp tasarımı da yapılabilir.
- Üretim aşamasında, bu çalışmada olduğu gibi kaynaklı birleşim tercih edilebilir. Bunun yanı sıra, orta profil ile sönümleyici levhaların bir döküm üretilip daha sonra alın plakası ile kaynaklı birleşimi de mümkündür.
- Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyiciler mevcut yapıların güçlendirilmesinde yada yeni yapıların projelendirilmesinde kullanılabilir.

Özetle, bu çalışma kapsamında geliştirilen Testere Tipi Sismik Enerji Sönümleyicilerin gerek süneklikleri, gerek enerji tüketme kapasiteleri gerekse yatay yük taşıma kapasiteleri, bu sistemlerin mevcut yapıların güçlendirilmesinde yada yeni yapıların projelendirilmesinde kullanılabileceğini göstermektedir. Burada geliştirilen sistemin, çok katlı yapısal sistemlere uygulanarak, sarsma masasında test edilmesi ve dinamik davranışlarının da belirlenmesi faydalı olacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Aguero, A., Izvernari, C. ve Tremblay, R., 2006. Modelling of the Seismic Response of Concentrically Braced Steel Frames Using the OpenSees Analysis Environment, Int. J. of Advanced Steel Construction, 2, 3, 242-274.
- Aiken, I., D. ve Kelly, J., M., 1990. Earthquake Simulator Testing and Analytical Studies of Two Energy Absorbing System for Multistorey Structures, Report No.UBC/EERC-90/03, Earthquake Engineering Research Center, University of California at Berkeley, Berkeley, CA.
- Aiken, I., D., Kelly, J., M. ve Mahmoodi, P. 1990. The Application of VE Dampers to Seismically Resistant Structures, Proc. 4th U.S. National Conf. on Earthquake Engineering, Palm Springs, California, 3, 459-468.
- ANSI/AISC 360-10, 2010. Specification for Structural Steel Buildings, AISC, Chicago.
- ANSI/AISC 341-10, 2010 Seismic Provisions for Structural Steel Buildings AISC, Chicago.
- ANSYS 15.0, 2016. ANSYS Inc., Canonsburg, PA.
- Ashour, S., A. ve Hanson, R. 1990. Elastic Seismic Response of Buildings with Supplemental Damping, Report No. UMCE 87-1, University of Michigan, Ann Arbor, MI.
- Bagheri, S., Barghian, M., Saieri, F. ve Farzinfar, A. 2015. U-Shaped Metallic-Yielding Damper in Building Structures: Seismic Behavior and Comparison With A Friction Damper, Structures, 3, 163-171.
- Boresi, P. ve Schmidt, R., J., 2003. Advanced Mechanics of Materials, 6th ed., New York, John Wiley and Sons.
- Broderick, B., M., Elghazouli, A., Y. ve Goggins, J. 2008. Earthquake Testing and Response Analysis of Concentrically-Braced Sub-Frames, J. Constr. Steel Res., 64, 997-1007.
- Bruneau, M., Uang, C., M., ve Whittaker, A., 1998. Ductile Design of Steel Structures, McGraw-Hill, NY.
- Chan, R., W., K. ve Albermani, F. 2008. Experimental Study of Steel Slit Damper for Passive Energy Dissipation, Engineering Structures, 30, 4, 1058-1066.
- Chang, K., C., Soong, T., T., Lai, M., L. ve Nielsen, E., J. 1993. Viscoelastic Dampers as Energy Dissipation Devices for Seismic Applications, Earthquake Spectra, 9, 3, 371-388.

- Chang, K., C., Chen, S., J., Hsu, C., J., Chou, F., P. ve Lai, M., L. 1995. Inelastic Seismic Behavior of a Three Story Steel Frame with Added Viscoelastic Dampers, Proc. First World Conf. on Structural Control, 2, 117-126.
- Cheraghi, A. ve Zahrai, S., M. 2016. Innovative Multi-Level Control With Concentric Pipes Along Brace To Reduce Seismic Response of Steel Frames, Journal of Constructional Steel Research, 127, 120-135.
- Christopoulos, C. ve Filiatrault, A., 2006. Principles of Passive Supplemental Damping and Seismic Isolation, IUSS Press, Pavia, Italy.
- 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.
- Ciampi, V., De Angelis, M. ve Paolacci, F. 1995. Design of Yielding or Friction Based Dissipative Bracing for Seismic Protection of Buildings, Engineering Structures, 17, 381-391.
- Connor, J., J., Wada, A., Iwata, M., ve Huang Y., H., 1997. Damage Controlled Structures. I: Preliminary Design Methodology for Seismically Active Regions, J. of Structural Eng., 123, 4, 423-431.
- Constantinou, M., C., Soong, T., T. ve Dargush, G., F., 1998. Passive Energy Dissipation Systems for Structural Design and Retrofit, Monograph No.1, Multidisciplinary Center for Earthquake Research, Buffalo, NY.
- Dowrick, D., J., 1987. Earthquake Resistant Design: for Engineers and Architects, John Wiley & Sons.
- EN 15129, 2010. Anti-seismic devices. European Committee for Standardization (CEN/TC 340).
- Filiatrault, A. ve Cherry, S. 1987. Performance Evaluation of Friction Damped Braced Steel Frames Under Simulated Earthquake Loads, Earthquake Spectra, 3, 1, 57-78.
- Fitzgerald, T., F., Anagnos, T., Goodson, M. ve Zsutty., T. 1989. Slotted Bolted Connections in a Seismic Design of Concentrically Braced Connections, Earthquake Spectra, 5, 2, 383-391.
- Gray, M., G., Christopoulos, C. ve Packer, J., A. 2013. Cast Steel Yielding Brace System for Concentrically Braced Frames: Concept Development And Experimental Validations, Journal of Structural Engineering, 140, 4, 04013095.
- Grigorian, C., E. ve Popov E., P. 1993. Slotted Bolted Connection Energy Dissipater, Earthquake Spectra, 9, 3. 491-504.

- Housner, G., W., 1956. Limit Design of Structures to Resist Earthquakes, 1st World Conference on Earthquake Engineering, California, 5, 1–11.
- Housner, G., W., Bergman, L., A., Caughey, T., K., Chassiakos, A., G., Claus, R., O., Masri, S., F., Skelton, R., E., Soong, T., T., Spencer, B., F., ve Yao, J., T., P. 1997. Structural control: past, present, and future, Journal of Engineering Mechanics, 123, 897-971.
- Jara, J., M., Gomez-Soberon, C., Vargas, E. ve Gonzalez, R. 1993. Seismic Performance of Buildings with Energy Dissipating Systems, ATC-17-1 Seminar on Seismic Isolation, Passive Energy Dissipation, and Active Control, San Francisco, CA, 663-674.
- Karataş, Ç., 2012. ve Alüminyum Alaşımli Çekirdekli Burkulması Önlenmiş Çaprazların (BÖÇ) Tasarımı, Üretimi ve Yön Değiştiren Tekrarlı Yükler Etkisindeki Davranışı, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kelly, J., M., Skinner, R., I., ve Heine, A., J. 1972. Hysteretic Dampers for Earthquake Resistant Structures, New Zealand Society for Earthquake Engineering, 5, 3, 63-88.
- Lee, D. ve Taylor, D., P. 2001. Viscous Damper Development and Future Trends, The Structural Design of Tall Buildings, 10, 5, 311-320.
- 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.
- Li, H., N. ve Li, G. 2007. Experimental Study of Structure with “Dual Function” Metallic Dampers, Engineering Structures, 29, 8, 1917-1928.
- Mahmoudi, M. ve Abdi, M., G. 2012. Evaluating Response Modification Factors of TADAS Frames. Journal of Constructional Steel Research, 71, 162-170.
- Maleki, S. ve Mahjoubi, S. 2013. Dual-Pipe Damper, Journal of Constructional Steel Research, 85, 81-91.
- Maleki, S. ve Mahjoubi, S. 2014. Infilled-Pipe Damper, Journal of Constructional Steel Research, 98, 45-58.
- Martinez-Rueda, J., E. 2002. On the Evolution of Energy Dissipation Devices for Seismic Design, Earthquake Spectra, 18, 2, 309-346.
- Milani, A., S. ve Dicleli, M. 2016a. Systematic Development of a New Hysteretic Damper Based on Torsional Yielding: Part I - Design and Development, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 45, 845-867.

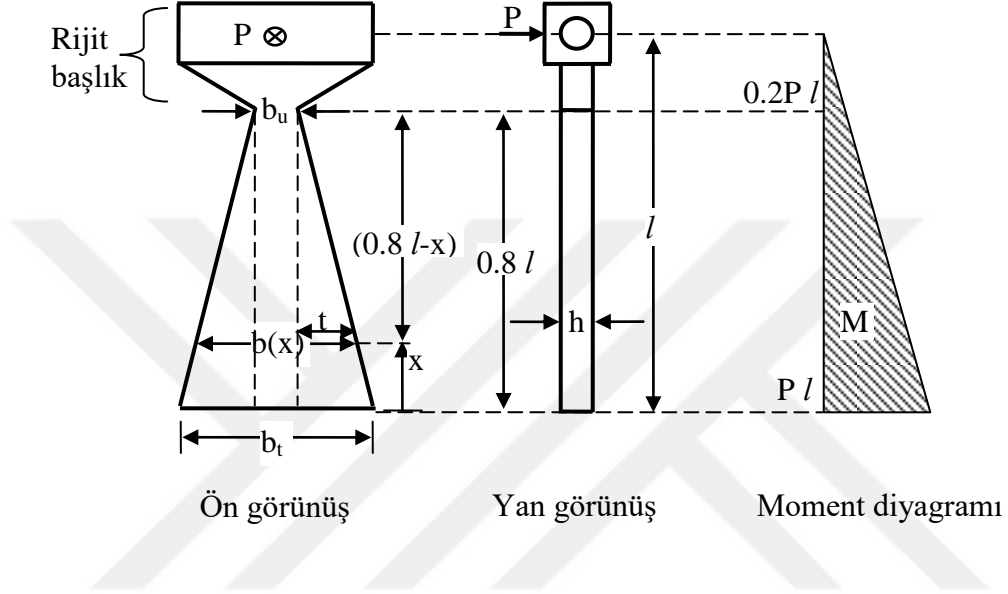
- Milani, A., S. ve Dicleli, M. 2016b. Systematic Development of a New Hysteretic Damper Based on Torsional Yielding: Part II - Experimental Phase, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 45, 5, 779-796.
- Min, K., W., K,m, J. ve Lee, S., H. 2004. Vibration Tests of 5 Storey Steel Frame with Viscoelastic Dampers, Engineering Structures, 26, 6, 831-839.
- Neal, B., G. 1961. The Effect of Shear and Normal Forces on The Fully Plastic Moment of a Beam of Rectangular Cross Section, Journal of Applied Mechanics, 28, 2, 269-274.
- Pall, A., S. ve Marsh, C. 1982. Seismic Response of Friction Damped Braced Frames, Journal of the Structural Division, 108, 1313-1323.
- Popov, E., P., Yang, T. ve Grigorian, C., E. 1993. New Directions in Structural Seismic Designs, Earthquake Spectra, 9, 4, 845-875.
- Sahoo, D., R., Singhal, T., Taraithia, S., S. ve Saini, A. 2015. Cyclic Behavior of Shear and Flexural Yielding Metallic Dampers, Journal of Constructional Steel Research, 114, 247-257.
- Sakamoto, M. ve Kobori, T. 1993, Research, Development and Practical Application of Structural Response Control, US/JAPAN Workshop on Smart and High Performance Materials and Systems, Tsukuba, Japan.
- Serino, S. 1995. Passive and Active Structural Control in Earthquake Engineering, Lecture Notes of The 5th and 6th Short Intensive Courses On Integrated CAD of Earthquake Resistant Buildings and CE Structures, University of Ljubljana, 29–52.
- Shustov, V. 1994. Adaptive Systems: A New Application, Proc. 1st World Conf. on Structural Control, Pasadena, CA, 3, 32-41.
- Skinner, R., I., Tyler, R., G., Heine, A., J. ve Robinson, W., H. 1980. Hysteretic Dampers for the Protection of Structures From Earthquakes, Bulletin of The New Zealand National Society For Earthquake 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. 1998. Experimental Simulation of Degrading Structures Through Active Control, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 27, 2, 143–154.
- 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.
- Spencer, B., F. ve Nagarajaiah, S. 2003. State of the Art of Structural Control, Journal of Structural Engineering, 129, 7, 845-856.

- Stiemer, S., F., ve Chow, F., L. 1984. Curved Plate Energy Absorbers for Earthquake Resistant Structures. Proceedings of the Eighth World Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, CA, 967-974.
- Su, L., Ahmadi, G. ve Tadjbakhsh, I., G. 1989. A Comparative of Performances of Various Base Isolation Systems, Part I: Shear Beam Structures, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 18, 11-32.
- Symans, M., D. ve Constantinou, M., C. 1995. Development and Experimental Study of Semi-active Fluid Damping Devices for Seismic Protection of Structures, Technical Report NCEER-95-0011, National Center for Earthquake Engineering Research, Buffalo, NY.
- Symans, M., D., Charney, F., A., Whittaker, A., S. ve Constantinou, M., C. 2008. Energy Dissipation Systems for Seismic Applications: Current Practice and Recent Developments, Journal of Structural Engineering, 134, 1, 3-21.
- Tagawa, H., Yamanishi, T., Takaki, A. ve Chan, R., W. 2016. Cyclic Behavior of Seesaw Energy Dissipation System With Steel Slit Dampers, Journal of Constructional Steel Research, 117, 24-34.
- Tremblay, R. 2001. Seismic Behavior and Design of Concentrically Braced Steel Frames. AISC Engineering Journal, 38, 3, 148-166.
- Tremblay, R., Christopoulos, C., Packer, J., A. ve de Oliveira, J., C. 2008. Quasi-Static Cyclic Testing of Individual Full-Scale Circular Steel Tubular Braces Equipped with Cast Connex High Strength Connectors, Ecole Polytechnique de Montreal, Groupe de Recherche en Genie des Structures Report SR08-05/University of Toronto, Department of Civil Engineering Publication No. 2008-01, Toronto, ON.
- 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.
- Tsai, K., C., Wang, Y., T., Lin, M., L. Chen, C., H. ve Hsiao, P., C. 2004. Displacement Based Seismic Design and Performance Evaluation Tests of a Full-Scale BRB Composite Frame, Performance-Based Seismic Design Concepts and Implementation - Proceedings of an International Workshop. Bled, Slovenia, 254-256.
- Uang, C., M. ve Bertero, V., V. 1988. Use of Energy as a Design Criterion in Earthquake-Resistant Design, Technical Report UCB/EERC-88/18, University of California, Berkeley, CA.
- Uriz, P. ve Mahin, S.,A. 2008. Toward Earthquake-Resistant Design of Concentrically Braced Steel-Frame Structures, PEER Report 2008/08, Pacific Earthquake Engineering Research Center College of Engineering University of California, Berkeley, CA.

- Whittaker, A., Bertero, V., Thompson, C. ve Alonso, J. 1989. Earthquake Simulator Tests of Steel Plate Added Damping and Stiffness Elements, Report No, UCB/EERC 89-02, Earthquake Engineering Research Center, University of California at Berkeley, Berkeley, CA.
- Whittaker, A., Bertero, V., Thompson, C. ve Alonso, J. 1991. Seismic Testing of Steel Plate Energy Dissipation Devices, Earthquake Spectra, 7, 563-604.
- Whittaker, A., Aiken, I., Bergman, D., M., Clark, P., Cohen, J., Kelly, J., M. ve Scholl, R. 1993. Code Requirements for the Design and Implementation of Passive Energy Dissipation, ATC-17-1 Seminar on Seismic Isolation, Passive Energy Dissipation, and Active Control, San Francisco, CA, 497-508.
- Wu, B., Zhang, J., Williams, M., S. ve Qu, J. 2005. Hysteretic Behaviour of Improved Pall Typed Frictional Dampers, Engineering Structures, 27, 1258–1267.
- Xia, C., Hanson, R. ve Wight, J. 1990. A Study of ADAS Element Parameters and Their Influence on Earthquake Response of Building Structures, Report No. UMCE 90-12, University of Michigan, Ann Arbor, MI.
- Xia, C. ve Hanson, R. 1992. Influence of ADAS Element Parameters on Building Seismic Responce, Journal of Structural Engineering, 118, 7, 1903-1918.
- Xie, Q. 2005. State of the Art of Buckling Restrained Braces in Asia. Journal of Constructional Steel Research, 61, 6, 727-748.
- URL-1, www.iris.edu, 15 Ekim 2015
- URL-2, <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/year/byyear.php>, 15 Ekim 2015
- URL-3, www.nees.buffalo.edu, 15 Ekim 2015
- URL-4, www.gopixpic.com, 15 Ekim 2015

6. EKLER

Ek 1. Levha Uç Genişliğinin Belirlenmesi (b_u/b_t)



$$\frac{b_t - b_u}{2 \cdot 0,8 \cdot l} = \frac{t}{0,8 \cdot l - x}$$

$$0,8 \cdot l \cdot t = \frac{(b_t - b_u)}{2} (0,8 \cdot l - x)$$

$$t = \frac{(b_t - b_u) (0,8 \cdot l - x)}{2 \cdot 0,8 \cdot l}$$

$$t = \frac{(b_t - b_u)}{2} \left(1 - \frac{x}{0,8 \cdot l}\right)$$

$$t = \frac{(b_t - b_u)}{2} - \frac{(b_t - b_u)}{1,6 \cdot l} x \dots \dots \dots (1)$$

$$b(x) = b_u + 2 \cdot t \dots \dots \dots (2)$$

Denklem (1), denklem (2)'de yerine yazılırsa:

Ek 1'in devamı

$$b(x) = b_u + 2 \cdot \left(\frac{b_t - b_u}{2} - \frac{b_t - b_u}{1,6 \cdot l} \cdot x \right)$$

$$b(x) = b_u + (b_t - b_u) - \left(\frac{b_t - b_u}{0,8 \cdot l} \cdot x \right)$$

$$b(x) = b_t - (b_t - b_u) - \frac{x}{0,8 \cdot l} \dots\dots\dots (3)$$

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

$$\frac{M(x)}{I} \cdot y = E \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{M(x)}{E \cdot I} = K \cdot y \dots\dots\dots (4)$$

$$y = \frac{h}{2} (\pm) \dots\dots\dots (5)$$

$$I = \frac{b(x) \cdot h^3}{12} \dots\dots\dots (6)$$

Denklem (5) ve (6), denklem (4)'de yerine yazılırsa;

$$\varepsilon = \frac{M(x)}{E \cdot \frac{b(x) \cdot h^3}{12}} \cdot \frac{h}{2} = \frac{M(x)}{E} \cdot \frac{12}{b(x) \cdot h^3} \cdot \frac{h}{2}$$

$$\varepsilon = \frac{M(x)}{E} \cdot \frac{6}{b(x) \cdot h^2} \dots\dots\dots (7)$$

Denklem (3), denklem (7)'de yerine yazılırsa;

$$\varepsilon = \frac{M(x)}{E} \cdot \frac{6}{h^2} \cdot \frac{0,8 \cdot l}{0,8 \cdot l \cdot b_t - (b_t - b_u) \cdot x}$$

$$M(x) = P \cdot l - P \cdot x$$

$$\varepsilon = \frac{6}{E \cdot h^2} \cdot (P \cdot l - P \cdot x) \cdot \frac{0,8 \cdot l}{0,8 \cdot l \cdot b_t - (b_t - b_u) \cdot x}$$

$$\varepsilon = \frac{6 \cdot P}{E \cdot h^2} \cdot \frac{(l - x) \cdot 0,8 \cdot l}{0,8 \cdot l \cdot b_t - (b_t - b_u) \cdot x}$$

Ek 1'in devamı

$$x = 0 \rightarrow \varepsilon = \frac{6 \cdot P \cdot (0,8 \cdot l^2)}{E \cdot h^2 \cdot (0,8 \cdot l) \cdot b_t} \dots\dots\dots (8)$$

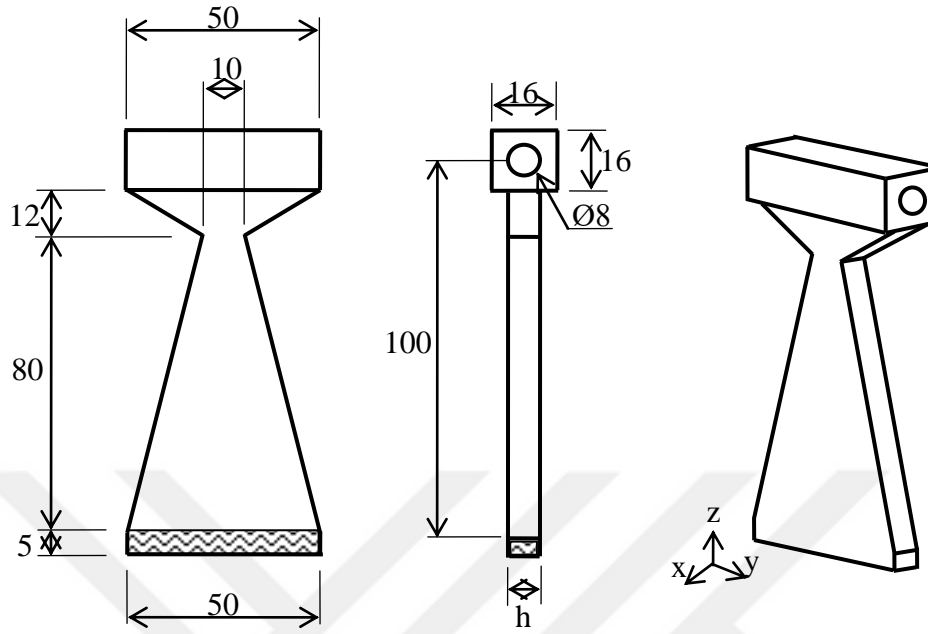
$$x = 0,8l \rightarrow \varepsilon = \frac{6 \cdot P \cdot (0,2 \cdot l) \cdot (0,8 \cdot l)}{E \cdot h^2 \cdot (0,8 \cdot l) \cdot b_u} \dots\dots\dots (9)$$

Denklem (8) ve (9) eşitlenirse;

$$\frac{6 \cdot P \cdot l}{E \cdot h^2 \cdot b_t} = \frac{6 \cdot P \cdot (0,2 \cdot l)}{E \cdot h^2 \cdot b_u} \rightarrow \frac{b_u}{b_t} = 0,2 \quad \checkmark$$



Ek 2. Testere tipi sismik enerji sönümleyicilerin boyutlandırılması



Sönümleyici levhaların hacimsel oranı

Deney Elemanı	Levha kalınlığı, h, (mm)	Levha adedi, n	Toplam hacim (n.h.A ₁ *)
TTSES8	8	24	192A ₁
TTSES10	10	20	200A ₁
TTSES12	12	16	192A ₁

*Levha yüzey alanı (A₁)

Ek 2'nin devamı

Yük Taşıma Kapasiteleri: TTSES8	
Akma yükü, (kN) $(P_p = \frac{n \cdot b(x) \cdot h^2}{4 \cdot l} \cdot \sigma_y \cdot \cos(37))$	Akma yerdeğiştirmesi, (mm) $(\delta_p = \frac{2 \cdot \epsilon_y \cdot l^2}{h} \cdot \frac{1}{\cos(37)})$
$P_p = \frac{24 \cdot 50 \cdot 8^2}{4 \cdot 100} 365,0,79 \rightarrow P_p = 55,36$	$\delta_p = \frac{2 \cdot 0,002 \cdot 100^2}{8} \frac{1}{0,79} \rightarrow \delta_p = 6,33$
Elastik olmayan bölge için yatay yük, (kN) $(P = \frac{P_p}{\cos(\frac{2 \cdot (0,79 \cdot \delta)}{l})})$	Elastik olmayan bölge için yatay yerdeğiştirme, (mm) (0,79 · δ)
$P = \frac{55,36}{\cos(\frac{2 \cdot 7,9}{100})} \rightarrow P = 56,05$	0,79 · 10 = 7,9
$P = \frac{55,36}{\cos(\frac{2 \cdot 15,8}{100})} \rightarrow P = 58,24$	0,79 · 20 = 15,8
$P = \frac{55,36}{\cos(\frac{2 \cdot 23,7}{100})} \rightarrow P = 62,21$	0,79 · 30 = 23,7
$P = \frac{55,36}{\cos(\frac{2 \cdot 31,6}{100})} \rightarrow P = 68,61$	0,79 · 40 = 31,6
$P = \frac{55,36}{\cos(\frac{2 \cdot 39,5}{100})} \rightarrow P = 78,65$	0,79 · 50 = 39,5
$P = \frac{55,36}{\cos(\frac{2 \cdot 47,4}{100})} \rightarrow P = 94,91$	0,79 · 60 = 47,4
$P = \frac{55,36}{\cos(\frac{2 \cdot 55,3}{100})} \rightarrow P = 123,5$	0,79 · 70 = 55,3
$P = \frac{55,36}{\cos(\frac{2 \cdot 63,2}{100})} \rightarrow P = 183,30$	0,79 · 80 = 63,2
$P = \frac{55,36}{\cos(\frac{2 \cdot 71,1}{100})} \rightarrow P = 373,42$	0,79 · 90 = 71,1

Ek 2'nin devamı

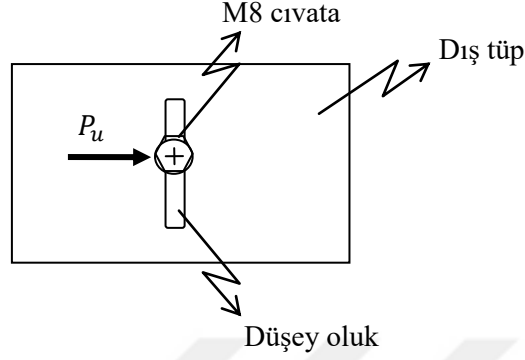
Yük Taşıma Kapasiteleri: TTSES10	
Akma yükü, (kN) $(P_p = \frac{n \cdot b(x) \cdot h^2}{4 \cdot l} \cdot \sigma_y \cdot \cos(37))$	Akma yerdeğiştirmesi, (mm) $(\delta_p = \frac{2 \cdot \epsilon_y \cdot l^2}{h} \cdot \frac{1}{\cos(37)})$
$P_p = \frac{20.50 \cdot 10^2}{4.100} 365.0,79 \rightarrow P_p = 72,08$	$\delta_p = \frac{2.0,002 \cdot 100^2}{10} \frac{1}{0,79} \rightarrow \delta_p = 5,06$
Elastik olmayan bölge için yatay yük, (kN) $(P = \frac{P_p}{\cos(\frac{2 \cdot (0,79 \cdot \delta)}{l})})$	Elastik olmayan bölge için yatay yerdeğiştirme, (mm) $(0,79 \cdot \delta)$
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2,7,9}{100})} \rightarrow P = 72,97$	$0,79 \cdot 10 = 7,9$
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2,15,8}{100})} \rightarrow P = 75,83$	$0,79 \cdot 20 = 15,8$
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2,23,7}{100})} \rightarrow P = 84,90$	$0,79 \cdot 30 = 23,7$
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2,31,6}{100})} \rightarrow P = 89,33$	$0,79 \cdot 40 = 31,6$
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2,39,5}{100})} \rightarrow P = 102,40$	$0,79 \cdot 50 = 39,5$
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2,47,4}{100})} \rightarrow P = 123,57$	$0,79 \cdot 60 = 47,4$
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2,55,3}{100})} \rightarrow P = 160,80$	$0,79 \cdot 70 = 55,3$
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2,63,2}{100})} \rightarrow P = 238,67$	$0,79 \cdot 80 = 63,2$
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2,71,1}{100})} \rightarrow P = 486,17$	$0,79 \cdot 90 = 71,1$

Ek 2'nin devamı

Yük Taşıma Kapasiteleri: TTSES12	
Akma yükü, (kN) $(P_p = \frac{n \cdot b(x) \cdot h^2}{4 \cdot l} \cdot \sigma_y \cdot \cos(37))$	Akma yerdeğiştirmesi, (mm) $(\delta_p = \frac{2 \cdot \epsilon_y \cdot l^2}{h} \cdot \frac{1}{\cos(37)})$
$P_p = \frac{16.50.12^2}{4.100} 365.0,79 \rightarrow P_p = 83,04$	$\delta_p = \frac{2.0,002.100^2}{12} \frac{1}{0,79} \rightarrow \delta_p = 4,22$
Elastik olmayan bölge için yatay yük, (kN) $(P = \frac{P_p}{\cos(\frac{2 \cdot (0,79 \cdot \delta)}{l})})$	Elastik olmayan bölge için yatay yerdeğiştirme, (mm) (0,79. δ)
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2.7,9}{100})} \rightarrow P = 84,06$	0,79.10=7,9
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2.15,8}{100})} \rightarrow P = 87,36$	0,79.20=15,8
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2.23,7}{100})} \rightarrow P = 97,81$	0,79.30=23,7
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2.31,6}{100})} \rightarrow P = 102,91$	0,79.40=31,6
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2.39,5}{100})} \rightarrow P = 117,97$	0,79.50=39,5
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2.47,4}{100})} \rightarrow P = 142,39$	0,79.60=47,4
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2.55,3}{100})} \rightarrow P = 185,25$	0,79.70=55,3
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2.63,2}{100})} \rightarrow P = 275,00$	0,79.80=63,2
$P = \frac{83,04}{\cos(\frac{2.71,1}{100})} \rightarrow P = 560,14$	0,79.90=71,1

Ek 2'nin devamı

Yük Aktarıcı Cıvataların Hesabı



Cıvatalı birleşime etkiyen yükleme durumu.

Yük aktarıcı cıvataların özellikleri

Çap, d_c	Anahtar ağzı, D_c (mm)	Kafa kalınlığı, K_c (mm)	Cıvata boyu, L_c (mm)	Diş boyu, b_c (mm)	Karakteristik akma dayanımı (MPa)	Karakteristik çekme dayanımı (MPa)
M8	13	8	80	25	1080	1200

Sönümleyici levhaları eğilmeye zorlayan cıvataların uygunluğu için makaslama/kesmeye zorlanan çift tesirli cıvata hesabı yapılacaktır. En kalın sönümleyici levhalar TTSES12'de kullanıldığı için cıvata kesmeye zorlanan kuvvet olarak TTSES'de kullanılan tek bir sönümleyici levhanın akma yükünün 3 katı dikkate alınmıştır.

Tasarım kesme kuvveti:

$$P_u = 3 \cdot \frac{bh^2}{4 \cdot l} \sigma_y$$

Ek 2'nin devamı

$$P_u = 3 \cdot \frac{50 \cdot 12^2}{4 \cdot 100} \cdot 365 = 19,71 \text{ kN}$$

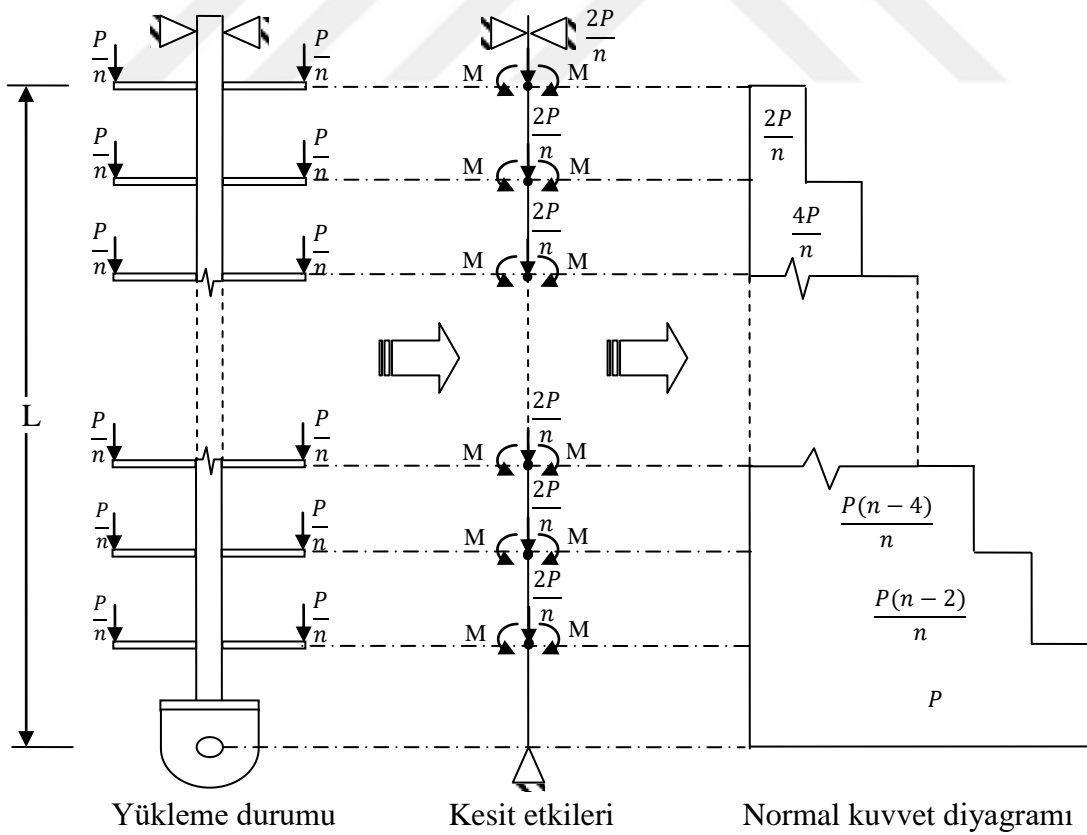
Cıvatanın makaslama dayanımı:

$$\phi R_n = \phi \cdot 0,60 \cdot F_u \cdot A_b \cdot N_s$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 0,60 \cdot 1200 \cdot \frac{\pi \cdot 8^2}{4} \cdot 2 = 54,28 \text{ kN}$$

$$54,28 \text{ kN} > 19,71 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Orta Profilin Boyutlandırılması:



Ek 2'nin devamı

Orta profilde meydana gelen eksenel basınç kuvvetine göre her bir bölge için ayrı ayrı burkulma denetimi yapılacaktır. En büyük yük taşıma kapasitesine TTSES12 sahip olduğu için yalnızca bu deney elemanına göre denetim yapılmıştır. Burkulma katsayısı, $K=1$, kabul edilmiştir. Burkulma hesabı için her bir sönmüleyici levhanın akma yükünün 3 katı dikkate alınarak hesap yapılmıştır.

Tek bir sönmüleyici levhanın akma yükü

$$P_p = \frac{b \cdot h^2}{4 \cdot l} \cdot \sigma_y = \frac{50 \cdot 12^2}{4 \cdot 100} \cdot 365 = 6,57 \text{ kN}$$

Orta profilin özellikleri

Enkesit	Çelik cinsi	Elastisite modülü, (E)	Karakteristik akma dayanımı (σ_y)	Atalet momenti (I)	Burkulma katsayısı (K)
50*50 mm ²	S355JR	180GPa	355 Mpa	520833 mm ⁴	1

TTSES12'de burkulma denetimi					
Bölge	Boy, L, (mm)	Burkulma boyu, K.L, (mm)	Toplam levha adedi, (n)	Kiritik burkulma yükü, $P_{cr} = n \cdot 3 \cdot P_p$, (kN)	Euler burkulma dayanımı, $\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(K \cdot L)^2}$, (kN)
1	1528	1528	2	39,47	396,3
2	1378	1378	4	78,84	487,3
3	1228	1228	6	118,26	613,6
4	1078	1078	8	157,68	796,2
5	928	928	10	197,1	1074,4
6	778	778	12	236,52	1528,6
7	628	628	14	275,94	2346,1
8	478	478	16	315,36	4049,6

Ek 2'nin devamı

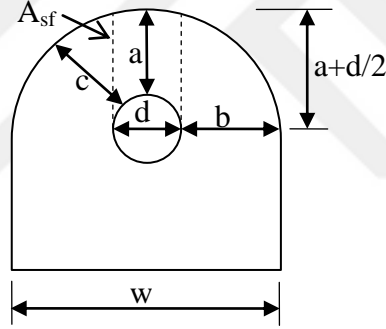
Dış Tüp Üzerinde Bulunan Düşey Oluğun Uzunluk Hesabı:

Düşey oluğun uzunluğu Denklem (2.18) kullanılarak ve hidrolik pistonun maksimum açılma kapasitesi (100 mm) dikkate alınarak yapılmıştır.

$$\rho = l - \frac{l^2 \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \delta}{l}\right)}{2 \cdot \delta} = 100 - \frac{100^2 \sin\left(\frac{2 \cdot 100}{100}\right)}{2 \cdot 100} = 54,53 \text{ mm}$$

Seçilen: 85 mm > 54,53 mm ✓

Mafsal Plakası Hesabı:



Mafsal Plakası özellikleri

Çelik cinsi	Elastisite modülü, (E)	Kalınlık (t)	Karakteristik çekme dayanımı (σ_u)	Karakteristik akma dayanımı (σ_y)	Delik Çapı (d)
S355JR	180 GPa	15 mm	470 MPa	355 MPa	50,5 mm

Mafsal plakası geometrik şartları:

$$b \geq 2 \cdot t + 16 \text{ mm} = b_e \rightarrow 62 \geq 2 \cdot 15 + 16 \text{ mm} = 46 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$a \geq \frac{4 \cdot b_e}{3} \rightarrow 62 \geq \frac{4}{3} \cdot 46 \rightarrow 62 \text{ mm} \geq 61,33 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Ek 2'nin devamı

$$w \geq 2 \cdot b_e + d \rightarrow 175\text{mm} \geq 2 \cdot 46 + 50,5\text{mm} \quad \checkmark$$

$$c \geq a \rightarrow 62\text{mm} \geq 62\text{mm} \quad \checkmark$$

Hidrolik pistonun kapasitesi 300 kN olmak üzere; bir birleşimde iki adet mafsal plakası olup her birine gelebilecek maksimum yük:

$$P_u = \frac{300}{2} \cdot \frac{1}{\cos 37} = 189 \text{ kN}$$

Net etkili alanda karakteristik çekme dayanımı:

$$T_n = \sigma_u \cdot (2 \cdot t \cdot b_e) \rightarrow \phi T_n = 0,75 \cdot 470 \cdot (2 \cdot 15 \cdot 46) \rightarrow 972 \text{ kN} \geq 189 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Kesmede kopma dayanımı:

$$T_n = 0,6 \cdot \sigma_u \cdot A_{sf} \rightarrow \phi T_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 470 \cdot (2 \cdot 87 \cdot 15) \rightarrow 552 \text{ kN} \geq 189 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Taşıma kapasitesi:

$$A_{pb} = d \cdot t = 50,5 \cdot 15 = 750 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 1,8 \cdot \sigma_y \cdot A_{pb} \rightarrow 0,75 \cdot 1,8 \cdot 355 \cdot 750 = 359 \text{ kN} \geq 189 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Çekmede akma dayanımı:

$$A_g = w \cdot t = 175 \cdot 15 = 2625 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_n = 0,9 \cdot \sigma_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 355 \cdot 2625 = 838 \text{ kN} \geq 189 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Ek 3. TTSES8 modeli için yazılan Ansys log-file kodları

```

/BATCH
/COM,ANSYS RELEASE 14.0  UP20111024  01:42:39  06/23/2017
/input,menust,tmp, " ,,,,,,,,,,,,,,1
/GRA,POWER
/GST,ON
/PLO,INFO,3
/GRO,CURL,ON
/CPLANE,1
/REPLOT,RESIZE
WPSTYLE,,,,,,,,,0
/AUX15
!*
IOPTN,IGES,SMOOTH
IOPTN,MERGE,YES
IOPTN,SOLID,YES
IOPTN,SMALL,YES
IOPTN,GTOLER,DEFA
IGESIN,'TTSS8- CEYREK','iges','C:\Users\Asus_Pc\Desktop \'
VPLOT
!*

/GRAPHICS,FULL
/RGB,INDEX,100,100,100,
0
/RGB,INDEX, 80, 80, 80,13
/RGB,INDEX, 60, 60, 60,14
/RGB,INDEX, 0, 0, 0,15
/REPLOT
/COLOR,U,RED
/PREP7
ET,1,SOLID185

!*
KEYOPT,1,2,1
KEYOPT,1,3,0
KEYOPT,1,6,0

!*
!*
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,1,,184823
MPDATA,PRXY,1,,0.3
TB,KINH,1,1,20,0
TBTEMP,0
TBPT,,0,0
TBPT,,0.00198,365.95
TBPT,,0.03410,380.50
TBPT,,0.04345,400.13
TBPT,,0.05640,420.04
TBPT,,0.06407,430.06
TBPT,,0.07263,440.07
TBPT,,0.08214,450.05
TBPT,,0.09300,460.10
TBPT,,0.10499,470.03
TBPT,,0.11890,480.02
TBPT,,0.13456,490.01
TBPT,,0.15237,500.01
TBPT,,0.17337,510.01
TBPT,,0.19623,518.01
TBPT,,0.21940,510.97
TBPT,,0.22629,500.97
TBPT,,0.23416,480.95
TBPT,,0.23687,470.66
TBPT,,0.23899,460.80
FLST,2,1,5,ORDE,1
FITEM,2,73
VEXT,P51X, , ,0,16,0,,,

FLST,3,4,6,ORDE,4
FITEM,3,1
FITEM,3,3
FITEM,3,10
FITEM,3,-11
VGEN, ,P51X, , ,,-10, , , ,1
FLST,5,12,4,ORDE,12
FITEM,5,1
FITEM,5,3
FITEM,5,6
FITEM,5,10
FITEM,5,17
FITEM,5,-18
FITEM,5,21
FITEM,5,24
FITEM,5,53
FITEM,5,62
FITEM,5,66
FITEM,5,72
CM,_Y,LINE
LSEL, , , ,P51X

```

Ek 3'ün devamı

CM,_Y1,LINE	LESIZE,_Y1,,4,,,,,1	FITEM,5,103
CMSEL,,_Y		FITEM,5,109
!* LESIZE,_Y1,0.5,,,,,,1	FLST,5,8,4,ORDE,8	CM,_Y,LINE
	FITEM,5,13	LSEL,, , ,P51X
FLST,5,12,4,ORDE,12	FITEM,5,15	CM,_Y1,LINE
FITEM,5,25	FITEM,5,20	CMSEL,,_Y
FITEM,5,27	FITEM,5,22	!* LESIZE,_Y1,,5,,,,,1
FITEM,5,30	FITEM,5,37	!* FLST,5,14,4,ORDE,14
FITEM,5,34	FITEM,5,39	FITEM,5,49
FITEM,5,41	FITEM,5,44	FITEM,5,51
FITEM,5,-42	FITEM,5,46	FITEM,5,56
FITEM,5,45	CM,_Y,LINE	FITEM,5,-57
FITEM,5,48	LSEL,, , ,P51X	FITEM,5,67
FITEM,5,73	CM,_Y1,LINE	FITEM,5,70
FITEM,5,75	CMSEL,,_Y	FITEM,5,77
FITEM,5,94	!* LESIZE,_Y1,,24,,,,,1	FITEM,5,79
FITEM,5,100		FITEM,5,84
CM,_Y,LINE	FLST,5,30,4,ORDE,29	FITEM,5,-85
LSEL,, , ,P51X	FITEM,5,5	FITEM,5,95
CM,_Y1,LINE	FITEM,5,7	FITEM,5,98
CMSEL,,_Y	FITEM,5,-8	FITEM,5,106
!* LESIZE,_Y1,0.5,,,,,,1	FITEM,5,12	FITEM,5,112
	FITEM,5,14	CM,_Y,LINE
FLST,5,16,4,ORDE,15	FITEM,5,16	LSEL,, , ,P51X
FITEM,5,2	FITEM,5,19	CM,_Y1,LINE
FITEM,5,4	FITEM,5,23	CMSEL,,_Y
FITEM,5,9	FITEM,5,29	!* LESIZE,_Y1,,5,,,,,1
FITEM,5,11	FITEM,5,31	
FITEM,5,26	FITEM,5,-32	FLST,5,12,4,ORDE,12
FITEM,5,28	FITEM,5,36	FITEM,5,50
FITEM,5,33	FITEM,5,38	FITEM,5,52
FITEM,5,35	FITEM,5,40	FITEM,5,55
FITEM,5,64	FITEM,5,43	FITEM,5,58
FITEM,5,-65	FITEM,5,47	FITEM,5,78
FITEM,5,68	FITEM,5,54	FITEM,5,80
FITEM,5,71	FITEM,5,59	FITEM,5,83
FITEM,5,81	FITEM,5,-61	FITEM,5,86
FITEM,5,89	FITEM,5,63	FITEM,5,102
FITEM,5,-91	FITEM,5,69	FITEM,5,104
CM,_Y,LINE	FITEM,5,74	FITEM,5,107
LSEL,, , ,P51X	FITEM,5,76	FITEM,5,110
CM,_Y1,LINE	FITEM,5,82	CM,_Y,LINE
CMSEL,,_Y	FITEM,5,87	
!* LESIZE,_Y1,0.5,,,,,,1	FITEM,5,-88	
	FITEM,5,97	

Ek 3'ün devamı

LSEL, , , ,P51X	FITEM,2,22	FITEM,2,206
CM,_Y1,LINE	FITEM,2,25	FITEM,2,209
CMSEL,,_Y	FITEM,2,-26	FITEM,2,-210
!*	FITEM,2,29	FITEM,2,213
LESIZE,_Y1,20, , , , , ,1	FITEM,2,32	FITEM,2,216
	FITEM,2,34	FITEM,2,218
FLST,5,11,6,ORDE,2	FITEM,2,38	FITEM,2,222
FITEM,5,1	FITEM,2,49	FITEM,2,233
FITEM,5,-11	FITEM,2,52	FITEM,2,236
CM,_Y,VOLU	FITEM,2,-53	FITEM,2,-237
VSEL, , , ,P51X	FITEM,2,57	FITEM,2,240
CM,_Y1,VOLU	FITEM,2,67	FITEM,2,243
CHKMSH,'VOLU'	FITEM,2,-69	FITEM,2,245
CMSEL,S,_Y	FITEM,2,80	FITEM,2,249
!*	FITEM,2,83	FITEM,2,260
VSWEEP,_Y1	FITEM,2,-84	FITEM,2,263
!*	FITEM,2,88	FITEM,2,-264
CMDELE,_Y	FITEM,2,91	FITEM,2,267
CMDELE,_Y1	FITEM,2,95	FITEM,2,270
CMDELE,_Y2	FITEM,2,-96	FITEM,2,272
!*	FITEM,2,99	FITEM,2,276
	FITEM,2,-100	FITEM,2,287
FLST,3,5,6,ORDE,5	FITEM,2,103	FITEM,2,290
FITEM,3,3	FITEM,2,107	FITEM,2,-291
FITEM,3,-4	FITEM,2,-109	FITEM,2,294
FITEM,3,7	FITEM,2,114	FITEM,2,297
FITEM,3,-8	FITEM,2,125	FITEM,2,299
FITEM,3,11	FITEM,2,128	FITEM,2,303
VGEN,11,P51X, , ,95, , , ,0	FITEM,2,-129	FITEM,2,314
	FITEM,2,132	FITEM,2,317
nummrg,node,0.01,,low	FITEM,2,135	FITEM,2,-318
nummrg,kp,0.01,,low	FITEM,2,137	FITEM,2,321
	FITEM,2,141	FITEM,2,324
EPlot	FITEM,2,152	FITEM,2,326
	FITEM,2,155	DA,P51X,SYMM
FINISH	FITEM,2,-156	
/SOL	FITEM,2,159	FLST,2,72,1,ORDE,72
	FITEM,2,162	FITEM,2,4019
FLST,2,1,5,ORDE,1	FITEM,2,164	FITEM,2,4067
FITEM,2,110	FITEM,2,168	FITEM,2,4271
!*	FITEM,2,179	FITEM,2,4319
/GO	FITEM,2,182	FITEM,2,4430
DA,P51X,ALL,	FITEM,2,-183	FITEM,2,4433
FLST,2,86,5,ORDE,84	FITEM,2,186	FITEM,2,4436
FITEM,2,2	FITEM,2,189	FITEM,2,4439
FITEM,2,7	FITEM,2,191	FITEM,2,4610
FITEM,2,11	FITEM,2,195	FITEM,2,4613

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,4616	FITEM,2,41669	FITEM,2,16718
FITEM,2,4619	FITEM,2,41672	FITEM,2,16721
FITEM,2,12377	FITEM,2,41675	FITEM,2,16724
FITEM,2,12440	FITEM,2,45641	FITEM,2,16727
FITEM,2,12560	FITEM,2,45704	FITEM,2,20693
FITEM,2,12563	FITEM,2,45824	FITEM,2,20756
FITEM,2,12566	FITEM,2,45827	FITEM,2,20876
FITEM,2,12569	FITEM,2,45830	FITEM,2,20879
FITEM,2,16535	FITEM,2,45833	FITEM,2,20882
FITEM,2,16598	FITEM,2,49799	FITEM,2,20885
FITEM,2,16718	FITEM,2,49862	FITEM,2,24851
FITEM,2,16721	FITEM,2,49982	FITEM,2,24914
FITEM,2,16724	FITEM,2,49985	FITEM,2,25034
FITEM,2,16727	FITEM,2,49988	FITEM,2,25037
FITEM,2,20693	FITEM,2,49991	FITEM,2,25040
FITEM,2,20756	!*	FITEM,2,25043
FITEM,2,20876	/GO	FITEM,2,29009
FITEM,2,20879	D,P51X, ,5.24, , , ,UX, , , ,	FITEM,2,29072
FITEM,2,20882	NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29192
FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195
FITEM,2,24851	AUTOTS,1	FITEM,2,29198
FITEM,2,24914	NEQIT,500	FITEM,2,29201
FITEM,2,25034	TIME,1	FITEM,2,33167
FITEM,2,25037	NLGEOM,ON	FITEM,2,33230
FITEM,2,25040	LSWRITE,1	FITEM,2,33350
FITEM,2,25043		FITEM,2,33353
FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356
FITEM,2,29072	FITEM,2,4019	FITEM,2,33359
FITEM,2,29192	FITEM,2,4067	FITEM,2,37325
FITEM,2,29195	FITEM,2,4271	FITEM,2,37388
FITEM,2,29198	FITEM,2,4319	FITEM,2,37508
FITEM,2,29201	FITEM,2,4430	FITEM,2,37511
FITEM,2,33167	FITEM,2,4433	FITEM,2,37514
FITEM,2,33230	FITEM,2,4436	FITEM,2,37517
FITEM,2,33350	FITEM,2,4439	FITEM,2,41483
FITEM,2,33353	FITEM,2,4610	FITEM,2,41546
FITEM,2,33356	FITEM,2,4613	FITEM,2,41666
FITEM,2,33359	FITEM,2,4616	FITEM,2,41669
FITEM,2,37325	FITEM,2,4619	FITEM,2,41672
FITEM,2,37388	FITEM,2,12377	FITEM,2,41675
FITEM,2,37508	FITEM,2,12440	FITEM,2,45641
FITEM,2,37511	FITEM,2,12560	FITEM,2,45704
FITEM,2,37514	FITEM,2,12563	FITEM,2,45824
FITEM,2,37517	FITEM,2,12566	FITEM,2,45827
FITEM,2,41483	FITEM,2,12569	FITEM,2,45830
FITEM,2,41546	FITEM,2,16535	FITEM,2,45833
FITEM,2,41666	FITEM,2,16598	FITEM,2,49799

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,49862	FITEM,2,24851	AUTOTS,1
FITEM,2,49982	FITEM,2,24914	NEQIT,500
FITEM,2,49985	FITEM,2,25034	TIME,3
FITEM,2,49988	FITEM,2,25037	NLGEOM,ON
FITEM,2,49991	FITEM,2,25040	LSWRITE,3
!*	FITEM,2,25043	
/GO	FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72
D,P51X, ,-5.35, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29072	FITEM,2,4019
NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29192	FITEM,2,4067
OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195	FITEM,2,4271
AUTOTS,1	FITEM,2,29198	FITEM,2,4319
NEQIT,500	FITEM,2,29201	FITEM,2,4430
TIME,2	FITEM,2,33167	FITEM,2,4433
NLGEOM,ON	FITEM,2,33230	FITEM,2,4436
LSWRITE,2	FITEM,2,33350	FITEM,2,4439
	FITEM,2,33353	FITEM,2,4610
FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356	FITEM,2,4613
FITEM,2,4019	FITEM,2,33359	FITEM,2,4616
FITEM,2,4067	FITEM,2,37325	FITEM,2,4619
FITEM,2,4271	FITEM,2,37388	FITEM,2,12377
FITEM,2,4319	FITEM,2,37508	FITEM,2,12440
FITEM,2,4430	FITEM,2,37511	FITEM,2,12560
FITEM,2,4433	FITEM,2,37514	FITEM,2,12563
FITEM,2,4436	FITEM,2,37517	FITEM,2,12566
FITEM,2,4439	FITEM,2,41483	FITEM,2,12569
FITEM,2,4610	FITEM,2,41546	FITEM,2,16535
FITEM,2,4613	FITEM,2,41666	FITEM,2,16598
FITEM,2,4616	FITEM,2,41669	FITEM,2,16718
FITEM,2,4619	FITEM,2,41672	FITEM,2,16721
FITEM,2,12377	FITEM,2,41675	FITEM,2,16724
FITEM,2,12440	FITEM,2,45641	FITEM,2,16727
FITEM,2,12560	FITEM,2,45704	FITEM,2,20693
FITEM,2,12563	FITEM,2,45824	FITEM,2,20756
FITEM,2,12566	FITEM,2,45827	FITEM,2,20876
FITEM,2,12569	FITEM,2,45830	FITEM,2,20879
FITEM,2,16535	FITEM,2,45833	FITEM,2,20882
FITEM,2,16598	FITEM,2,49799	FITEM,2,20885
FITEM,2,16718	FITEM,2,49862	FITEM,2,24851
FITEM,2,16721	FITEM,2,49982	FITEM,2,24914
FITEM,2,16724	FITEM,2,49985	FITEM,2,25034
FITEM,2,16727	FITEM,2,49988	FITEM,2,25037
FITEM,2,20693	FITEM,2,49991	FITEM,2,25040
FITEM,2,20756	!*	FITEM,2,25043
FITEM,2,20876	/GO	FITEM,2,29009
FITEM,2,20879	D,P51X, ,5.24, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29072
FITEM,2,20882	NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29192
FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,29198	FITEM,2,4319	FITEM,2,37508
FITEM,2,29201	FITEM,2,4430	FITEM,2,37511
FITEM,2,33167	FITEM,2,4433	FITEM,2,37514
FITEM,2,33230	FITEM,2,4436	FITEM,2,37517
FITEM,2,33350	FITEM,2,4439	FITEM,2,41483
FITEM,2,33353	FITEM,2,4610	FITEM,2,41546
FITEM,2,33356	FITEM,2,4613	FITEM,2,41666
FITEM,2,33359	FITEM,2,4616	FITEM,2,41669
FITEM,2,37325	FITEM,2,4619	FITEM,2,41672
FITEM,2,37388	FITEM,2,12377	FITEM,2,41675
FITEM,2,37508	FITEM,2,12440	FITEM,2,45641
FITEM,2,37511	FITEM,2,12560	FITEM,2,45704
FITEM,2,37514	FITEM,2,12563	FITEM,2,45824
FITEM,2,37517	FITEM,2,12566	FITEM,2,45827
FITEM,2,41483	FITEM,2,12569	FITEM,2,45830
FITEM,2,41546	FITEM,2,16535	FITEM,2,45833
FITEM,2,41666	FITEM,2,16598	FITEM,2,49799
FITEM,2,41669	FITEM,2,16718	FITEM,2,49862
FITEM,2,41672	FITEM,2,16721	FITEM,2,49982
FITEM,2,41675	FITEM,2,16724	FITEM,2,49985
FITEM,2,45641	FITEM,2,16727	FITEM,2,49988
FITEM,2,45704	FITEM,2,20693	FITEM,2,49991
FITEM,2,45824	FITEM,2,20756	!*
FITEM,2,45827	FITEM,2,20876	/GO
FITEM,2,45830	FITEM,2,20879	D,P51X, ,11.5, , , ,UX, , , , ,
FITEM,2,45833	FITEM,2,20882	NSUBST,15,100,8
FITEM,2,49799	FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL
FITEM,2,49862	FITEM,2,24851	AUTOTS,1
FITEM,2,49982	FITEM,2,24914	NEQIT,500
FITEM,2,49985	FITEM,2,25034	TIME,5
FITEM,2,49988	FITEM,2,25037	NLGEOM,ON
FITEM,2,49991	FITEM,2,25040	LSWRITE,5
!*	FITEM,2,25043	
/GO	FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72
D,P51X, ,-5.35, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29072	FITEM,2,4019
NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29192	FITEM,2,4067
OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195	FITEM,2,4271
AUTOTS,1	FITEM,2,29198	FITEM,2,4319
NEQIT,500	FITEM,2,29201	FITEM,2,4430
TIME,4	FITEM,2,33167	FITEM,2,4433
NLGEOM,ON	FITEM,2,33230	FITEM,2,4436
LSWRITE,4	FITEM,2,33350	FITEM,2,4439
	FITEM,2,33353	FITEM,2,4610
FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356	FITEM,2,4613
FITEM,2,4019	FITEM,2,33359	FITEM,2,4616
FITEM,2,4067	FITEM,2,37325	FITEM,2,4619
FITEM,2,4271	FITEM,2,37388	FITEM,2,12377

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,12440	FITEM,2,45641	FITEM,2,16727
FITEM,2,12560	FITEM,2,45704	FITEM,2,20693
FITEM,2,12563	FITEM,2,45824	FITEM,2,20756
FITEM,2,12566	FITEM,2,45827	FITEM,2,20876
FITEM,2,12569	FITEM,2,45830	FITEM,2,20879
FITEM,2,16535	FITEM,2,45833	FITEM,2,20882
FITEM,2,16598	FITEM,2,49799	FITEM,2,20885
FITEM,2,16718	FITEM,2,49862	FITEM,2,24851
FITEM,2,16721	FITEM,2,49982	FITEM,2,24914
FITEM,2,16724	FITEM,2,49985	FITEM,2,25034
FITEM,2,16727	FITEM,2,49988	FITEM,2,25037
FITEM,2,20693	FITEM,2,49991	FITEM,2,25040
FITEM,2,20756	!*	FITEM,2,25043
FITEM,2,20876	/GO	FITEM,2,29009
FITEM,2,20879	D,P51X,,-11.7,, ,UX, , , ,	FITEM,2,29072
FITEM,2,20882	NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29192
FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195
FITEM,2,24851	AUTOTS,1	FITEM,2,29198
FITEM,2,24914	NEQIT,500	FITEM,2,29201
FITEM,2,25034	TIME,6	FITEM,2,33167
FITEM,2,25037	NLGEOM,ON	FITEM,2,33230
FITEM,2,25040	LSWRITE,6	FITEM,2,33350
FITEM,2,25043		FITEM,2,33353
FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356
FITEM,2,29072	FITEM,2,4019	FITEM,2,33359
FITEM,2,29192	FITEM,2,4067	FITEM,2,37325
FITEM,2,29195	FITEM,2,4271	FITEM,2,37388
FITEM,2,29198	FITEM,2,4319	FITEM,2,37508
FITEM,2,29201	FITEM,2,4430	FITEM,2,37511
FITEM,2,33167	FITEM,2,4433	FITEM,2,37514
FITEM,2,33230	FITEM,2,4436	FITEM,2,37517
FITEM,2,33350	FITEM,2,4439	FITEM,2,41483
FITEM,2,33353	FITEM,2,4610	FITEM,2,41546
FITEM,2,33356	FITEM,2,4613	FITEM,2,41666
FITEM,2,33359	FITEM,2,4616	FITEM,2,41669
FITEM,2,37325	FITEM,2,4619	FITEM,2,41672
FITEM,2,37388	FITEM,2,12377	FITEM,2,41675
FITEM,2,37508	FITEM,2,12440	FITEM,2,45641
FITEM,2,37511	FITEM,2,12560	FITEM,2,45704
FITEM,2,37514	FITEM,2,12563	FITEM,2,45824
FITEM,2,37517	FITEM,2,12566	FITEM,2,45827
FITEM,2,41483	FITEM,2,12569	FITEM,2,45830
FITEM,2,41546	FITEM,2,16535	FITEM,2,45833
FITEM,2,41666	FITEM,2,16598	FITEM,2,49799
FITEM,2,41669	FITEM,2,16718	FITEM,2,49862
FITEM,2,41672	FITEM,2,16721	FITEM,2,49982
FITEM,2,41675	FITEM,2,16724	FITEM,2,49985

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,49988	FITEM,2,25037	NLGEOM,ON
FITEM,2,49991	FITEM,2,25040	LSWRITE,8
!* /GO	FITEM,2,25043	
D,P51X, ,11.5, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72
NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29072	FITEM,2,4019
OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29192	FITEM,2,4067
AUTOTS,1	FITEM,2,29195	FITEM,2,4271
NEQIT,500	FITEM,2,29198	FITEM,2,4319
TIME,7	FITEM,2,29201	FITEM,2,4430
NLGEOM,ON	FITEM,2,33167	FITEM,2,4433
LSWRITE,7	FITEM,2,33230	FITEM,2,4436
	FITEM,2,33350	FITEM,2,4439
	FITEM,2,33353	FITEM,2,4610
FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356	FITEM,2,4613
FITEM,2,4019	FITEM,2,33359	FITEM,2,4616
FITEM,2,4067	FITEM,2,37325	FITEM,2,4619
FITEM,2,4271	FITEM,2,37388	FITEM,2,12377
FITEM,2,4319	FITEM,2,37508	FITEM,2,12440
FITEM,2,4430	FITEM,2,37511	FITEM,2,12560
FITEM,2,4433	FITEM,2,37514	FITEM,2,12563
FITEM,2,4436	FITEM,2,37517	FITEM,2,12566
FITEM,2,4439	FITEM,2,41483	FITEM,2,12569
FITEM,2,4610	FITEM,2,41546	FITEM,2,16535
FITEM,2,4613	FITEM,2,41666	FITEM,2,16598
FITEM,2,4616	FITEM,2,41669	FITEM,2,16718
FITEM,2,4619	FITEM,2,41672	FITEM,2,16721
FITEM,2,12377	FITEM,2,41675	FITEM,2,16724
FITEM,2,12440	FITEM,2,45641	FITEM,2,16727
FITEM,2,12560	FITEM,2,45704	FITEM,2,20693
FITEM,2,12563	FITEM,2,45824	FITEM,2,20756
FITEM,2,12566	FITEM,2,45827	FITEM,2,20876
FITEM,2,12569	FITEM,2,45830	FITEM,2,20879
FITEM,2,16535	FITEM,2,45833	FITEM,2,20882
FITEM,2,16598	FITEM,2,49799	FITEM,2,20885
FITEM,2,16718	FITEM,2,49862	FITEM,2,24851
FITEM,2,16721	FITEM,2,49982	FITEM,2,24914
FITEM,2,16724	FITEM,2,49985	FITEM,2,25034
FITEM,2,16727	FITEM,2,49988	FITEM,2,25037
FITEM,2,20693	FITEM,2,49991	FITEM,2,25040
FITEM,2,20756	!* /GO	FITEM,2,25043
FITEM,2,20876	D,P51X, ,-11.7, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29009
FITEM,2,20879	NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29072
FITEM,2,20882	OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29192
FITEM,2,20885	AUTOTS,1	FITEM,2,29195
FITEM,2,24851	NEQIT,500	FITEM,2,29198
FITEM,2,24914	TIME,8	FITEM,2,29201
FITEM,2,25034		FITEM,2,33167

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,33230	FITEM,2,4433	FITEM,2,37514
FITEM,2,33350	FITEM,2,4436	FITEM,2,37517
FITEM,2,33353	FITEM,2,4439	FITEM,2,41483
FITEM,2,33356	FITEM,2,4610	FITEM,2,41546
FITEM,2,33359	FITEM,2,4613	FITEM,2,41666
FITEM,2,37325	FITEM,2,4616	FITEM,2,41669
FITEM,2,37388	FITEM,2,4619	FITEM,2,41672
FITEM,2,37508	FITEM,2,12377	FITEM,2,41675
FITEM,2,37511	FITEM,2,12440	FITEM,2,45641
FITEM,2,37514	FITEM,2,12560	FITEM,2,45704
FITEM,2,37517	FITEM,2,12563	FITEM,2,45824
FITEM,2,41483	FITEM,2,12566	FITEM,2,45827
FITEM,2,41546	FITEM,2,12569	FITEM,2,45830
FITEM,2,41666	FITEM,2,16535	FITEM,2,45833
FITEM,2,41669	FITEM,2,16598	FITEM,2,49799
FITEM,2,41672	FITEM,2,16718	FITEM,2,49862
FITEM,2,41675	FITEM,2,16721	FITEM,2,49982
FITEM,2,45641	FITEM,2,16724	FITEM,2,49985
FITEM,2,45704	FITEM,2,16727	FITEM,2,49988
FITEM,2,45824	FITEM,2,20693	FITEM,2,49991
FITEM,2,45827	FITEM,2,20756	!*
FITEM,2,45830	FITEM,2,20876	/GO
FITEM,2,45833	FITEM,2,20879	D,P51X, ,-20.03, , , ,UX, , , ,
FITEM,2,49799	FITEM,2,20882	,
FITEM,2,49862	FITEM,2,20885	NSUBST,15,100,8
FITEM,2,49982	FITEM,2,24851	OUTRES,ALL,ALL
FITEM,2,49985	FITEM,2,24914	AUTOTS,1
FITEM,2,49988	FITEM,2,25034	NEQIT,500
FITEM,2,49991	FITEM,2,25037	TIME,10
!*	FITEM,2,25040	NLGEOM,ON
/GO	FITEM,2,25043	LSWRITE,10
D,P51X, ,19.95, , , ,UX, , , ,	FITEM,2,29009	
,	FITEM,2,29072	FLST,2,72,1,ORDE,72
NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29192	FITEM,2,4019
OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195	FITEM,2,4067
AUTOTS,1	FITEM,2,29198	FITEM,2,4271
NEQIT,500	FITEM,2,29201	FITEM,2,4319
TIME,9	FITEM,2,33167	FITEM,2,4430
NLGEOM,ON	FITEM,2,33230	FITEM,2,4433
LSWRITE,9	FITEM,2,33350	FITEM,2,4436
	FITEM,2,33353	FITEM,2,4439
FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356	FITEM,2,4610
FITEM,2,4019	FITEM,2,33359	FITEM,2,4613
FITEM,2,4067	FITEM,2,37325	FITEM,2,4616
FITEM,2,4271	FITEM,2,37388	FITEM,2,4619
FITEM,2,4319	FITEM,2,37508	FITEM,2,12377
FITEM,2,4430	FITEM,2,37511	FITEM,2,12440

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,12560	FITEM,2,45704	FITEM,2,16727
FITEM,2,12563	FITEM,2,45824	FITEM,2,20693
FITEM,2,12566	FITEM,2,45827	FITEM,2,20756
FITEM,2,12569	FITEM,2,45830	FITEM,2,20876
FITEM,2,16535	FITEM,2,45833	FITEM,2,20879
FITEM,2,16598	FITEM,2,49799	FITEM,2,20882
FITEM,2,16718	FITEM,2,49862	FITEM,2,20885
FITEM,2,16721	FITEM,2,49982	FITEM,2,24851
FITEM,2,16724	FITEM,2,49985	FITEM,2,24914
FITEM,2,16727	FITEM,2,49988	FITEM,2,25034
FITEM,2,20693	FITEM,2,49991	FITEM,2,25037
FITEM,2,20756	!*	FITEM,2,25040
FITEM,2,20876	/GO	FITEM,2,25043
FITEM,2,20879	D,P51X, ,19.95, , , ,UX, , , ,	FITEM,2,29009
FITEM,2,20882	,	FITEM,2,29072
FITEM,2,20885	NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29192
FITEM,2,24851	OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195
FITEM,2,24914	AUTOTS,1	FITEM,2,29198
FITEM,2,25034	NEQIT,500	FITEM,2,29201
FITEM,2,25037	TIME,11	FITEM,2,33167
FITEM,2,25040	NLGEOM,ON	FITEM,2,33230
FITEM,2,25043	LSWRITE,11	FITEM,2,33350
FITEM,2,29009		FITEM,2,33353
FITEM,2,29072	FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356
FITEM,2,29192	FITEM,2,4019	FITEM,2,33359
FITEM,2,29195	FITEM,2,4067	FITEM,2,37325
FITEM,2,29198	FITEM,2,4271	FITEM,2,37388
FITEM,2,29201	FITEM,2,4319	FITEM,2,37508
FITEM,2,33167	FITEM,2,4430	FITEM,2,37511
FITEM,2,33230	FITEM,2,4433	FITEM,2,37514
FITEM,2,33350	FITEM,2,4436	FITEM,2,37517
FITEM,2,33353	FITEM,2,4439	FITEM,2,41483
FITEM,2,33356	FITEM,2,4610	FITEM,2,41546
FITEM,2,33359	FITEM,2,4613	FITEM,2,41666
FITEM,2,37325	FITEM,2,4616	FITEM,2,41669
FITEM,2,37388	FITEM,2,4619	FITEM,2,41672
FITEM,2,37508	FITEM,2,12377	FITEM,2,41675
FITEM,2,37511	FITEM,2,12440	FITEM,2,45641
FITEM,2,37514	FITEM,2,12560	FITEM,2,45704
FITEM,2,37517	FITEM,2,12563	FITEM,2,45824
FITEM,2,41483	FITEM,2,12566	FITEM,2,45827
FITEM,2,41546	FITEM,2,12569	FITEM,2,45830
FITEM,2,41666	FITEM,2,16535	FITEM,2,45833
FITEM,2,41669	FITEM,2,16598	FITEM,2,49799
FITEM,2,41672	FITEM,2,16718	FITEM,2,49862
FITEM,2,41675	FITEM,2,16721	FITEM,2,49982
FITEM,2,45641	FITEM,2,16724	FITEM,2,49985

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,49988	FITEM,2,25034	TIME,13
FITEM,2,49991	FITEM,2,25037	NLGEOM,ON
!* /GO	FITEM,2,25040	LSWRITE,13
D,P51X, ,-20.03, , , ,UX, , , ,	FITEM,2,25043	
,	FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72
NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29072	FITEM,2,4019
OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29192	FITEM,2,4067
AUTOTS,1	FITEM,2,29195	FITEM,2,4271
NEQIT,500	FITEM,2,29198	FITEM,2,4319
TIME,12	FITEM,2,29201	FITEM,2,4430
NLGEOM,ON	FITEM,2,33167	FITEM,2,4433
LSWRITE,12	FITEM,2,33230	FITEM,2,4436
	FITEM,2,33350	FITEM,2,4439
	FITEM,2,33353	FITEM,2,4610
FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356	FITEM,2,4613
FITEM,2,4019	FITEM,2,33359	FITEM,2,4616
FITEM,2,4067	FITEM,2,37325	FITEM,2,4619
FITEM,2,4271	FITEM,2,37388	FITEM,2,12377
FITEM,2,4319	FITEM,2,37508	FITEM,2,12440
FITEM,2,4430	FITEM,2,37511	FITEM,2,12560
FITEM,2,4433	FITEM,2,37514	FITEM,2,12563
FITEM,2,4436	FITEM,2,37517	FITEM,2,12566
FITEM,2,4439	FITEM,2,41483	FITEM,2,12569
FITEM,2,4610	FITEM,2,41546	FITEM,2,16535
FITEM,2,4613	FITEM,2,41666	FITEM,2,16598
FITEM,2,4616	FITEM,2,41669	FITEM,2,16718
FITEM,2,4619	FITEM,2,41672	FITEM,2,16721
FITEM,2,12377	FITEM,2,41675	FITEM,2,16724
FITEM,2,12440	FITEM,2,45641	FITEM,2,16727
FITEM,2,12560	FITEM,2,45704	FITEM,2,20693
FITEM,2,12563	FITEM,2,45824	FITEM,2,20756
FITEM,2,12566	FITEM,2,45827	FITEM,2,20876
FITEM,2,12569	FITEM,2,45830	FITEM,2,20879
FITEM,2,16535	FITEM,2,45833	FITEM,2,20882
FITEM,2,16598	FITEM,2,49799	FITEM,2,20885
FITEM,2,16718	FITEM,2,49862	FITEM,2,24851
FITEM,2,16721	FITEM,2,49982	FITEM,2,24914
FITEM,2,16724	FITEM,2,49985	FITEM,2,25034
FITEM,2,16727	FITEM,2,49988	FITEM,2,25037
FITEM,2,20693	FITEM,2,49991	FITEM,2,25040
FITEM,2,20756	!* /GO	FITEM,2,25043
FITEM,2,20876	D,P51X, ,28, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29009
FITEM,2,20879	NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29072
FITEM,2,20882	OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29192
FITEM,2,20885	AUTOTS,1	FITEM,2,29195
FITEM,2,24851	NEQIT,500	FITEM,2,29198
FITEM,2,24914		FITEM,2,29201

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,33167	FITEM,2,4433	FITEM,2,37514
FITEM,2,33230	FITEM,2,4436	FITEM,2,37517
FITEM,2,33350	FITEM,2,4439	FITEM,2,41483
FITEM,2,33353	FITEM,2,4610	FITEM,2,41546
FITEM,2,33356	FITEM,2,4613	FITEM,2,41666
FITEM,2,33359	FITEM,2,4616	FITEM,2,41669
FITEM,2,37325	FITEM,2,4619	FITEM,2,41672
FITEM,2,37388	FITEM,2,12377	FITEM,2,41675
FITEM,2,37508	FITEM,2,12440	FITEM,2,45641
FITEM,2,37511	FITEM,2,12560	FITEM,2,45704
FITEM,2,37514	FITEM,2,12563	FITEM,2,45824
FITEM,2,37517	FITEM,2,12566	FITEM,2,45827
FITEM,2,41483	FITEM,2,12569	FITEM,2,45830
FITEM,2,41546	FITEM,2,16535	FITEM,2,45833
FITEM,2,41666	FITEM,2,16598	FITEM,2,49799
FITEM,2,41669	FITEM,2,16718	FITEM,2,49862
FITEM,2,41672	FITEM,2,16721	FITEM,2,49982
FITEM,2,41675	FITEM,2,16724	FITEM,2,49985
FITEM,2,45641	FITEM,2,16727	FITEM,2,49988
FITEM,2,45704	FITEM,2,20693	FITEM,2,49991
FITEM,2,45824	FITEM,2,20756	!*
FITEM,2,45827	FITEM,2,20876	/GO
FITEM,2,45830	FITEM,2,20879	D,P51X, ,28, , , ,UX, , , , ,
FITEM,2,45833	FITEM,2,20882	NSUBST,15,100,8
FITEM,2,49799	FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL
FITEM,2,49862	FITEM,2,24851	AUTOTS,1
FITEM,2,49982	FITEM,2,24914	NEQIT,500
FITEM,2,49985	FITEM,2,25034	TIME,15
FITEM,2,49988	FITEM,2,25037	NLGEOM,ON
FITEM,2,49991	FITEM,2,25040	LSWRITE,15
!*	FITEM,2,25043	
/GO	FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72
D,P51X, ,-27.5, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29072	FITEM,2,4019
NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29192	FITEM,2,4067
OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195	FITEM,2,4271
AUTOTS,1	FITEM,2,29198	FITEM,2,4319
NEQIT,500	FITEM,2,29201	FITEM,2,4430
TIME,14	FITEM,2,33167	FITEM,2,4433
NLGEOM,ON	FITEM,2,33230	FITEM,2,4436
LSWRITE,14	FITEM,2,33350	FITEM,2,4439
	FITEM,2,33353	FITEM,2,4610
FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356	FITEM,2,4613
FITEM,2,4019	FITEM,2,33359	FITEM,2,4616
FITEM,2,4067	FITEM,2,37325	FITEM,2,4619
FITEM,2,4271	FITEM,2,37388	FITEM,2,12377
FITEM,2,4319	FITEM,2,37508	FITEM,2,12440
FITEM,2,4430	FITEM,2,37511	FITEM,2,12560

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,12563	FITEM,2,45824	FITEM,2,20756
FITEM,2,12566	FITEM,2,45827	FITEM,2,20876
FITEM,2,12569	FITEM,2,45830	FITEM,2,20879
FITEM,2,16535	FITEM,2,45833	FITEM,2,20882
FITEM,2,16598	FITEM,2,49799	FITEM,2,20885
FITEM,2,16718	FITEM,2,49862	FITEM,2,24851
FITEM,2,16721	FITEM,2,49982	FITEM,2,24914
FITEM,2,16724	FITEM,2,49985	FITEM,2,25034
FITEM,2,16727	FITEM,2,49988	FITEM,2,25037
FITEM,2,20693	FITEM,2,49991	FITEM,2,25040
FITEM,2,20756	!*	FITEM,2,25043
FITEM,2,20876	/GO	FITEM,2,29009
FITEM,2,20879	D,P51X, ,-27.5, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29072
FITEM,2,20882	NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29192
FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195
FITEM,2,24851	AUTOTS,1	FITEM,2,29198
FITEM,2,24914	NEQIT,500	FITEM,2,29201
FITEM,2,25034	TIME,16	FITEM,2,33167
FITEM,2,25037	NLGEOM,ON	FITEM,2,33230
FITEM,2,25040	LSWRITE,16	FITEM,2,33350
FITEM,2,25043		FITEM,2,33353
FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356
FITEM,2,29072	FITEM,2,4019	FITEM,2,33359
FITEM,2,29192	FITEM,2,4067	FITEM,2,37325
FITEM,2,29195	FITEM,2,4271	FITEM,2,37388
FITEM,2,29198	FITEM,2,4319	FITEM,2,37508
FITEM,2,29201	FITEM,2,4430	FITEM,2,37511
FITEM,2,33167	FITEM,2,4433	FITEM,2,37514
FITEM,2,33230	FITEM,2,4436	FITEM,2,37517
FITEM,2,33350	FITEM,2,4439	FITEM,2,41483
FITEM,2,33353	FITEM,2,4610	FITEM,2,41546
FITEM,2,33356	FITEM,2,4613	FITEM,2,41666
FITEM,2,33359	FITEM,2,4616	FITEM,2,41669
FITEM,2,37325	FITEM,2,4619	FITEM,2,41672
FITEM,2,37388	FITEM,2,12377	FITEM,2,41675
FITEM,2,37508	FITEM,2,12440	FITEM,2,45641
FITEM,2,37511	FITEM,2,12560	FITEM,2,45704
FITEM,2,37514	FITEM,2,12563	FITEM,2,45824
FITEM,2,37517	FITEM,2,12566	FITEM,2,45827
FITEM,2,41483	FITEM,2,12569	FITEM,2,45830
FITEM,2,41546	FITEM,2,16535	FITEM,2,45833
FITEM,2,41666	FITEM,2,16598	FITEM,2,49799
FITEM,2,41669	FITEM,2,16718	FITEM,2,49862
FITEM,2,41672	FITEM,2,16721	FITEM,2,49982
FITEM,2,41675	FITEM,2,16724	FITEM,2,49985
FITEM,2,45641	FITEM,2,16727	FITEM,2,49988
FITEM,2,45704	FITEM,2,20693	FITEM,2,49991

Ek 3'ün devamı

!* /GO D,P51X, ,36.2, , ,UX, , , , , NSUBST,15,100,8 OUTRES,ALL,ALL AUTOTS,1 NEQIT,500 TIME,17 NLGEOM,ON LSWRITE,17 FLST,2,72,1,ORDE,72 FITEM,2,4019 FITEM,2,4067 FITEM,2,4271 FITEM,2,4319 FITEM,2,4430 FITEM,2,4433 FITEM,2,4436 FITEM,2,4439 FITEM,2,4610 FITEM,2,4613 FITEM,2,4616 FITEM,2,4619 FITEM,2,12377 FITEM,2,12440 FITEM,2,12560 FITEM,2,12563 FITEM,2,12566 FITEM,2,12569 FITEM,2,16535 FITEM,2,16598 FITEM,2,16718 FITEM,2,16721 FITEM,2,16724 FITEM,2,16727 FITEM,2,20693 FITEM,2,20756 FITEM,2,20876 FITEM,2,20879 FITEM,2,20882 FITEM,2,20885 FITEM,2,24851 FITEM,2,24914 FITEM,2,25034 FITEM,2,25037 FITEM,2,25040	FITEM,2,25043 FITEM,2,29009 FITEM,2,29072 FITEM,2,29192 FITEM,2,29195 FITEM,2,29198 FITEM,2,29201 FITEM,2,33167 FITEM,2,33230 FITEM,2,33350 FITEM,2,33353 FITEM,2,33356 FITEM,2,33359 FITEM,2,37325 FITEM,2,37388 FITEM,2,37508 FITEM,2,37511 FITEM,2,37514 FITEM,2,37517 FITEM,2,41483 FITEM,2,41546 FITEM,2,41666 FITEM,2,41669 FITEM,2,41672 FITEM,2,41675 FITEM,2,45641 FITEM,2,45704 FITEM,2,45824 FITEM,2,45827 FITEM,2,45830 FITEM,2,45833 FITEM,2,49799 FITEM,2,49862 FITEM,2,49982 FITEM,2,49985 FITEM,2,49988 FITEM,2,49991 !* /GO D,P51X, ,-35.7, , ,UX, , , , , NSUBST,15,100,8 OUTRES,ALL,ALL AUTOTS,1 NEQIT,500 TIME,18 NLGEOM,ON LSWRITE,18	FLST,2,72,1,ORDE,72 FITEM,2,4019 FITEM,2,4067 FITEM,2,4271 FITEM,2,4319 FITEM,2,4430 FITEM,2,4433 FITEM,2,4436 FITEM,2,4439 FITEM,2,4610 FITEM,2,4613 FITEM,2,4616 FITEM,2,4619 FITEM,2,12377 FITEM,2,12440 FITEM,2,12560 FITEM,2,12563 FITEM,2,12566 FITEM,2,12569 FITEM,2,16535 FITEM,2,16598 FITEM,2,16718 FITEM,2,16721 FITEM,2,16724 FITEM,2,16727 FITEM,2,20693 FITEM,2,20756 FITEM,2,20876 FITEM,2,20879 FITEM,2,20882 FITEM,2,20885 FITEM,2,24851 FITEM,2,24914 FITEM,2,25034 FITEM,2,25037 FITEM,2,25040 FITEM,2,25043 FITEM,2,29009 FITEM,2,29072 FITEM,2,29192 FITEM,2,29195 FITEM,2,29198 FITEM,2,29201 FITEM,2,33167 FITEM,2,33230 FITEM,2,33350
--	--	--

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,33353	FITEM,2,4610	FITEM,2,41546
FITEM,2,33356	FITEM,2,4613	FITEM,2,41666
FITEM,2,33359	FITEM,2,4616	FITEM,2,41669
FITEM,2,37325	FITEM,2,4619	FITEM,2,41672
FITEM,2,37388	FITEM,2,12377	FITEM,2,41675
FITEM,2,37508	FITEM,2,12440	FITEM,2,45641
FITEM,2,37511	FITEM,2,12560	FITEM,2,45704
FITEM,2,37514	FITEM,2,12563	FITEM,2,45824
FITEM,2,37517	FITEM,2,12566	FITEM,2,45827
FITEM,2,41483	FITEM,2,12569	FITEM,2,45830
FITEM,2,41546	FITEM,2,16535	FITEM,2,45833
FITEM,2,41666	FITEM,2,16598	FITEM,2,49799
FITEM,2,41669	FITEM,2,16718	FITEM,2,49862
FITEM,2,41672	FITEM,2,16721	FITEM,2,49982
FITEM,2,41675	FITEM,2,16724	FITEM,2,49985
FITEM,2,45641	FITEM,2,16727	FITEM,2,49988
FITEM,2,45704	FITEM,2,20693	FITEM,2,49991
FITEM,2,45824	FITEM,2,20756	!*
FITEM,2,45827	FITEM,2,20876	/GO
FITEM,2,45830	FITEM,2,20879	D,P51X, ,-35.7, , , ,UX, , , , ,
FITEM,2,45833	FITEM,2,20882	NSUBST,15,100,8
FITEM,2,49799	FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL
FITEM,2,49862	FITEM,2,24851	AUTOTS,1
FITEM,2,49982	FITEM,2,24914	NEQIT,500
FITEM,2,49985	FITEM,2,25034	TIME,20
FITEM,2,49988	FITEM,2,25037	NLGEOM,ON
FITEM,2,49991	FITEM,2,25040	LSWRITE,20
!*	FITEM,2,25043	
/GO	FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72
D,P51X, ,36.2, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29072	FITEM,2,4019
NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29192	FITEM,2,4067
OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195	FITEM,2,4271
AUTOTS,1	FITEM,2,29198	FITEM,2,4319
NEQIT,500	FITEM,2,29201	FITEM,2,4430
TIME,19	FITEM,2,33167	FITEM,2,4433
NLGEOM,ON	FITEM,2,33230	FITEM,2,4436
LSWRITE,19	FITEM,2,33350	FITEM,2,4439
	FITEM,2,33353	FITEM,2,4610
FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356	FITEM,2,4613
FITEM,2,4019	FITEM,2,33359	FITEM,2,4616
FITEM,2,4067	FITEM,2,37325	FITEM,2,4619
FITEM,2,4271	FITEM,2,37388	FITEM,2,12377
FITEM,2,4319	FITEM,2,37508	FITEM,2,12440
FITEM,2,4430	FITEM,2,37511	FITEM,2,12560
FITEM,2,4433	FITEM,2,37514	FITEM,2,12563
FITEM,2,4436	FITEM,2,37517	FITEM,2,12566
FITEM,2,4439	FITEM,2,41483	FITEM,2,12569

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,16535	FITEM,2,45833	FITEM,2,20882
FITEM,2,16598	FITEM,2,49799	FITEM,2,20885
FITEM,2,16718	FITEM,2,49862	FITEM,2,24851
FITEM,2,16721	FITEM,2,49982	FITEM,2,24914
FITEM,2,16724	FITEM,2,49985	FITEM,2,25034
FITEM,2,16727	FITEM,2,49988	FITEM,2,25037
FITEM,2,20693	FITEM,2,49991	FITEM,2,25040
FITEM,2,20756	!*	FITEM,2,25043
FITEM,2,20876	/GO	FITEM,2,29009
FITEM,2,20879	D,P51X, ,43.9, , , ,UX, , , ,	FITEM,2,29072
FITEM,2,20882	NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29192
FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195
FITEM,2,24851	AUTOTS,1	FITEM,2,29198
FITEM,2,24914	NEQIT,500	FITEM,2,29201
FITEM,2,25034	TIME,21	FITEM,2,33167
FITEM,2,25037	NLGEOM,ON	FITEM,2,33230
FITEM,2,25040	LSWRITE,21	FITEM,2,33350
FITEM,2,25043		FITEM,2,33353
FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356
FITEM,2,29072	FITEM,2,4019	FITEM,2,33359
FITEM,2,29192	FITEM,2,4067	FITEM,2,37325
FITEM,2,29195	FITEM,2,4271	FITEM,2,37388
FITEM,2,29198	FITEM,2,4319	FITEM,2,37508
FITEM,2,29201	FITEM,2,4430	FITEM,2,37511
FITEM,2,33167	FITEM,2,4433	FITEM,2,37514
FITEM,2,33230	FITEM,2,4436	FITEM,2,37517
FITEM,2,33350	FITEM,2,4439	FITEM,2,41483
FITEM,2,33353	FITEM,2,4610	FITEM,2,41546
FITEM,2,33356	FITEM,2,4613	FITEM,2,41666
FITEM,2,33359	FITEM,2,4616	FITEM,2,41669
FITEM,2,37325	FITEM,2,4619	FITEM,2,41672
FITEM,2,37388	FITEM,2,12377	FITEM,2,41675
FITEM,2,37508	FITEM,2,12440	FITEM,2,45641
FITEM,2,37511	FITEM,2,12560	FITEM,2,45704
FITEM,2,37514	FITEM,2,12563	FITEM,2,45824
FITEM,2,37517	FITEM,2,12566	FITEM,2,45827
FITEM,2,41483	FITEM,2,12569	FITEM,2,45830
FITEM,2,41546	FITEM,2,16535	FITEM,2,45833
FITEM,2,41666	FITEM,2,16598	FITEM,2,49799
FITEM,2,41669	FITEM,2,16718	FITEM,2,49862
FITEM,2,41672	FITEM,2,16721	FITEM,2,49982
FITEM,2,41675	FITEM,2,16724	FITEM,2,49985
FITEM,2,45641	FITEM,2,16727	FITEM,2,49988
FITEM,2,45704	FITEM,2,20693	FITEM,2,49991
FITEM,2,45824	FITEM,2,20756	!*
FITEM,2,45827	FITEM,2,20876	/GO
FITEM,2,45830	FITEM,2,20879	D,P51X, ,-44, , , ,UX, , , ,

Ek 3'ün devamı

NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29192	FITEM,2,4067
OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195	FITEM,2,4271
AUTOTS,1	FITEM,2,29198	FITEM,2,4319
NEQIT,500	FITEM,2,29201	FITEM,2,4430
TIME,22	FITEM,2,33167	FITEM,2,4433
NLGEOM,ON	FITEM,2,33230	FITEM,2,4436
LSWRITE,22	FITEM,2,33350	FITEM,2,4439
	FITEM,2,33353	FITEM,2,4610
FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356	FITEM,2,4613
FITEM,2,4019	FITEM,2,33359	FITEM,2,4616
FITEM,2,4067	FITEM,2,37325	FITEM,2,4619
FITEM,2,4271	FITEM,2,37388	FITEM,2,12377
FITEM,2,4319	FITEM,2,37508	FITEM,2,12440
FITEM,2,4430	FITEM,2,37511	FITEM,2,12560
FITEM,2,4433	FITEM,2,37514	FITEM,2,12563
FITEM,2,4436	FITEM,2,37517	FITEM,2,12566
FITEM,2,4439	FITEM,2,41483	FITEM,2,12569
FITEM,2,4610	FITEM,2,41546	FITEM,2,16535
FITEM,2,4613	FITEM,2,41666	FITEM,2,16598
FITEM,2,4616	FITEM,2,41669	FITEM,2,16718
FITEM,2,4619	FITEM,2,41672	FITEM,2,16721
FITEM,2,12377	FITEM,2,41675	FITEM,2,16724
FITEM,2,12440	FITEM,2,45641	FITEM,2,16727
FITEM,2,12560	FITEM,2,45704	FITEM,2,20693
FITEM,2,12563	FITEM,2,45824	FITEM,2,20756
FITEM,2,12566	FITEM,2,45827	FITEM,2,20876
FITEM,2,12569	FITEM,2,45830	FITEM,2,20879
FITEM,2,16535	FITEM,2,45833	FITEM,2,20882
FITEM,2,16598	FITEM,2,49799	FITEM,2,20885
FITEM,2,16718	FITEM,2,49862	FITEM,2,24851
FITEM,2,16721	FITEM,2,49982	FITEM,2,24914
FITEM,2,16724	FITEM,2,49985	FITEM,2,25034
FITEM,2,16727	FITEM,2,49988	FITEM,2,25037
FITEM,2,20693	FITEM,2,49991	FITEM,2,25040
FITEM,2,20756	!* /GO	FITEM,2,25043
FITEM,2,20876	D,P51X, ,43.9, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29009
FITEM,2,20879	NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29072
FITEM,2,20882	OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29192
FITEM,2,20885	AUTOTS,1	FITEM,2,29195
FITEM,2,24851	NEQIT,500	FITEM,2,29198
FITEM,2,24914	TIME,23	FITEM,2,29201
FITEM,2,25034	NLGEOM,ON	FITEM,2,33167
FITEM,2,25037	LSWRITE,23	FITEM,2,33230
FITEM,2,25040		FITEM,2,33350
FITEM,2,25043		FITEM,2,33353
FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356
FITEM,2,29072	FITEM,2,4019	FITEM,2,33359

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,37325	FITEM,2,4619	FITEM,2,41672
FITEM,2,37388	FITEM,2,12377	FITEM,2,41675
FITEM,2,37508	FITEM,2,12440	FITEM,2,45641
FITEM,2,37511	FITEM,2,12560	FITEM,2,45704
FITEM,2,37514	FITEM,2,12563	FITEM,2,45824
FITEM,2,37517	FITEM,2,12566	FITEM,2,45827
FITEM,2,41483	FITEM,2,12569	FITEM,2,45830
FITEM,2,41546	FITEM,2,16535	FITEM,2,45833
FITEM,2,41666	FITEM,2,16598	FITEM,2,49799
FITEM,2,41669	FITEM,2,16718	FITEM,2,49862
FITEM,2,41672	FITEM,2,16721	FITEM,2,49982
FITEM,2,41675	FITEM,2,16724	FITEM,2,49985
FITEM,2,45641	FITEM,2,16727	FITEM,2,49988
FITEM,2,45704	FITEM,2,20693	FITEM,2,49991
FITEM,2,45824	FITEM,2,20756	!*
FITEM,2,45827	FITEM,2,20876	/GO
FITEM,2,45830	FITEM,2,20879	D,P51X, ,60, , , ,UX, , , , ,
FITEM,2,45833	FITEM,2,20882	NSUBST,30,300,20
FITEM,2,49799	FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL
FITEM,2,49862	FITEM,2,24851	AUTOTS,1
FITEM,2,49982	FITEM,2,24914	NEQIT,500
FITEM,2,49985	FITEM,2,25034	TIME,25
FITEM,2,49988	FITEM,2,25037	NLGEOM,ON
FITEM,2,49991	FITEM,2,25040	LSWRITE,25
!*	FITEM,2,25043	
/GO	FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72
D,P51X, ,-44, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29072	FITEM,2,4019
NSUBST,15,100,8	FITEM,2,29192	FITEM,2,4067
OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195	FITEM,2,4271
AUTOTS,1	FITEM,2,29198	FITEM,2,4319
NEQIT,500	FITEM,2,29201	FITEM,2,4430
TIME,24	FITEM,2,33167	FITEM,2,4433
NLGEOM,ON	FITEM,2,33230	FITEM,2,4436
LSWRITE,24	FITEM,2,33350	FITEM,2,4439
	FITEM,2,33353	FITEM,2,4610
FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356	FITEM,2,4613
FITEM,2,4019	FITEM,2,33359	FITEM,2,4616
FITEM,2,4067	FITEM,2,37325	FITEM,2,4619
FITEM,2,4271	FITEM,2,37388	FITEM,2,12377
FITEM,2,4319	FITEM,2,37508	FITEM,2,12440
FITEM,2,4430	FITEM,2,37511	FITEM,2,12560
FITEM,2,4433	FITEM,2,37514	FITEM,2,12563
FITEM,2,4436	FITEM,2,37517	FITEM,2,12566
FITEM,2,4439	FITEM,2,41483	FITEM,2,12569
FITEM,2,4610	FITEM,2,41546	FITEM,2,16535
FITEM,2,4613	FITEM,2,41666	FITEM,2,16598
FITEM,2,4616	FITEM,2,41669	FITEM,2,16718

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,16721	FITEM,2,49982	FITEM,2,24914
FITEM,2,16724	FITEM,2,49985	FITEM,2,25034
FITEM,2,16727	FITEM,2,49988	FITEM,2,25037
FITEM,2,20693	FITEM,2,49991	FITEM,2,25040
FITEM,2,20756	!*	FITEM,2,25043
FITEM,2,20876	/GO	FITEM,2,29009
FITEM,2,20879	D,P51X, ,-60.3, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29072
FITEM,2,20882	NSUBST,30,300,20	FITEM,2,29192
FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195
FITEM,2,24851	AUTOTS,1	FITEM,2,29198
FITEM,2,24914	NEQIT,500	FITEM,2,29201
FITEM,2,25034	TIME,26	FITEM,2,33167
FITEM,2,25037	NLGEOM,ON	FITEM,2,33230
FITEM,2,25040	LSWRITE,26	FITEM,2,33350
FITEM,2,25043		FITEM,2,33353
FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356
FITEM,2,29072	FITEM,2,4019	FITEM,2,33359
FITEM,2,29192	FITEM,2,4067	FITEM,2,37325
FITEM,2,29195	FITEM,2,4271	FITEM,2,37388
FITEM,2,29198	FITEM,2,4319	FITEM,2,37508
FITEM,2,29201	FITEM,2,4430	FITEM,2,37511
FITEM,2,33167	FITEM,2,4433	FITEM,2,37514
FITEM,2,33230	FITEM,2,4436	FITEM,2,37517
FITEM,2,33350	FITEM,2,4439	FITEM,2,41483
FITEM,2,33353	FITEM,2,4610	FITEM,2,41546
FITEM,2,33356	FITEM,2,4613	FITEM,2,41666
FITEM,2,33359	FITEM,2,4616	FITEM,2,41669
FITEM,2,37325	FITEM,2,4619	FITEM,2,41672
FITEM,2,37388	FITEM,2,12377	FITEM,2,41675
FITEM,2,37508	FITEM,2,12440	FITEM,2,45641
FITEM,2,37511	FITEM,2,12560	FITEM,2,45704
FITEM,2,37514	FITEM,2,12563	FITEM,2,45824
FITEM,2,37517	FITEM,2,12566	FITEM,2,45827
FITEM,2,41483	FITEM,2,12569	FITEM,2,45830
FITEM,2,41546	FITEM,2,16535	FITEM,2,45833
FITEM,2,41666	FITEM,2,16598	FITEM,2,49799
FITEM,2,41669	FITEM,2,16718	FITEM,2,49862
FITEM,2,41672	FITEM,2,16721	FITEM,2,49982
FITEM,2,41675	FITEM,2,16724	FITEM,2,49985
FITEM,2,45641	FITEM,2,16727	FITEM,2,49988
FITEM,2,45704	FITEM,2,20693	FITEM,2,49991
FITEM,2,45824	FITEM,2,20756	!*
FITEM,2,45827	FITEM,2,20876	/GO
FITEM,2,45830	FITEM,2,20879	D,P51X, ,60, , , ,UX, , , , ,
FITEM,2,45833	FITEM,2,20882	NSUBST,30,300,20
FITEM,2,49799	FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL
FITEM,2,49862	FITEM,2,24851	AUTOTS,1

Ek 3'ün devamı

NEQIT,500	FITEM,2,29201	FITEM,2,4430
TIME,27	FITEM,2,33167	FITEM,2,4433
NLGEOM,ON	FITEM,2,33230	FITEM,2,4436
LSWRITE,27	FITEM,2,33350	FITEM,2,4439
	FITEM,2,33353	FITEM,2,4610
FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356	FITEM,2,4613
FITEM,2,4019	FITEM,2,33359	FITEM,2,4616
FITEM,2,4067	FITEM,2,37325	FITEM,2,4619
FITEM,2,4271	FITEM,2,37388	FITEM,2,12377
FITEM,2,4319	FITEM,2,37508	FITEM,2,12440
FITEM,2,4430	FITEM,2,37511	FITEM,2,12560
FITEM,2,4433	FITEM,2,37514	FITEM,2,12563
FITEM,2,4436	FITEM,2,37517	FITEM,2,12566
FITEM,2,4439	FITEM,2,41483	FITEM,2,12569
FITEM,2,4610	FITEM,2,41546	FITEM,2,16535
FITEM,2,4613	FITEM,2,41666	FITEM,2,16598
FITEM,2,4616	FITEM,2,41669	FITEM,2,16718
FITEM,2,4619	FITEM,2,41672	FITEM,2,16721
FITEM,2,12377	FITEM,2,41675	FITEM,2,16724
FITEM,2,12440	FITEM,2,45641	FITEM,2,16727
FITEM,2,12560	FITEM,2,45704	FITEM,2,20693
FITEM,2,12563	FITEM,2,45824	FITEM,2,20756
FITEM,2,12566	FITEM,2,45827	FITEM,2,20876
FITEM,2,12569	FITEM,2,45830	FITEM,2,20879
FITEM,2,16535	FITEM,2,45833	FITEM,2,20882
FITEM,2,16598	FITEM,2,49799	FITEM,2,20885
FITEM,2,16718	FITEM,2,49862	FITEM,2,24851
FITEM,2,16721	FITEM,2,49982	FITEM,2,24914
FITEM,2,16724	FITEM,2,49985	FITEM,2,25034
FITEM,2,16727	FITEM,2,49988	FITEM,2,25037
FITEM,2,20693	FITEM,2,49991	FITEM,2,25040
FITEM,2,20756	!*	FITEM,2,25043
FITEM,2,20876	/GO	FITEM,2,29009
FITEM,2,20879	D,P51X,,-60.3, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29072
FITEM,2,20882	NSUBST,30,300,20	FITEM,2,29192
FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195
FITEM,2,24851	AUTOTS,1	FITEM,2,29198
FITEM,2,24914	NEQIT,500	FITEM,2,29201
FITEM,2,25034	TIME,28	FITEM,2,33167
FITEM,2,25037	NLGEOM,ON	FITEM,2,33230
FITEM,2,25040	LSWRITE,28	FITEM,2,33350
FITEM,2,25043		FITEM,2,33353
FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356
FITEM,2,29072	FITEM,2,4019	FITEM,2,33359
FITEM,2,29192	FITEM,2,4067	FITEM,2,37325
FITEM,2,29195	FITEM,2,4271	FITEM,2,37388
FITEM,2,29198	FITEM,2,4319	FITEM,2,37508

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,37511	FITEM,2,12560	FITEM,2,45704
FITEM,2,37514	FITEM,2,12563	FITEM,2,45824
FITEM,2,37517	FITEM,2,12566	FITEM,2,45827
FITEM,2,41483	FITEM,2,12569	FITEM,2,45830
FITEM,2,41546	FITEM,2,16535	FITEM,2,45833
FITEM,2,41666	FITEM,2,16598	FITEM,2,49799
FITEM,2,41669	FITEM,2,16718	FITEM,2,49862
FITEM,2,41672	FITEM,2,16721	FITEM,2,49982
FITEM,2,41675	FITEM,2,16724	FITEM,2,49985
FITEM,2,45641	FITEM,2,16727	FITEM,2,49988
FITEM,2,45704	FITEM,2,20693	FITEM,2,49991
FITEM,2,45824	FITEM,2,20756	!*
FITEM,2,45827	FITEM,2,20876	/GO
FITEM,2,45830	FITEM,2,20879	D,P51X, ,-71.4, , , ,UX, , , , ,
FITEM,2,45833	FITEM,2,20882	NSUBST,30,300,20
FITEM,2,49799	FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL
FITEM,2,49862	FITEM,2,24851	AUTOTS,1
FITEM,2,49982	FITEM,2,24914	NEQIT,500
FITEM,2,49985	FITEM,2,25034	TIME,30
FITEM,2,49988	FITEM,2,25037	NLGEOM,ON
FITEM,2,49991	FITEM,2,25040	LSWRITE,30
!*	FITEM,2,25043	
/GO	FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72
D,P51X, ,73.4, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29072	FITEM,2,4019
NSUBST,30,300,20	FITEM,2,29192	FITEM,2,4067
OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195	FITEM,2,4271
AUTOTS,1	FITEM,2,29198	FITEM,2,4319
NEQIT,500	FITEM,2,29201	FITEM,2,4430
TIME,29	FITEM,2,33167	FITEM,2,4433
NLGEOM,ON	FITEM,2,33230	FITEM,2,4436
LSWRITE,29	FITEM,2,33350	FITEM,2,4439
	FITEM,2,33353	FITEM,2,4610
FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356	FITEM,2,4613
FITEM,2,4019	FITEM,2,33359	FITEM,2,4616
FITEM,2,4067	FITEM,2,37325	FITEM,2,4619
FITEM,2,4271	FITEM,2,37388	FITEM,2,12377
FITEM,2,4319	FITEM,2,37508	FITEM,2,12440
FITEM,2,4430	FITEM,2,37511	FITEM,2,12560
FITEM,2,4433	FITEM,2,37514	FITEM,2,12563
FITEM,2,4436	FITEM,2,37517	FITEM,2,12566
FITEM,2,4439	FITEM,2,41483	FITEM,2,12569
FITEM,2,4610	FITEM,2,41546	FITEM,2,16535
FITEM,2,4613	FITEM,2,41666	FITEM,2,16598
FITEM,2,4616	FITEM,2,41669	FITEM,2,16718
FITEM,2,4619	FITEM,2,41672	FITEM,2,16721
FITEM,2,12377	FITEM,2,41675	FITEM,2,16724
FITEM,2,12440	FITEM,2,45641	FITEM,2,16727

Ek 3'ün devamı

FITEM,2,20693	FITEM,2,49991	FITEM,2,25040
FITEM,2,20756	!*	FITEM,2,25043
FITEM,2,20876	/GO	FITEM,2,29009
FITEM,2,20879	D,P51X, ,73.4, , , ,UX, , , , ,	FITEM,2,29072
FITEM,2,20882	NSUBST,30,300,20	FITEM,2,29192
FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL	FITEM,2,29195
FITEM,2,24851	AUTOTS,1	FITEM,2,29198
FITEM,2,24914	NEQIT,500	FITEM,2,29201
FITEM,2,25034	TIME,31	FITEM,2,33167
FITEM,2,25037	NLGEOM,ON	FITEM,2,33230
FITEM,2,25040	LSWRITE,31	FITEM,2,33350
FITEM,2,25043		FITEM,2,33353
FITEM,2,29009	FLST,2,72,1,ORDE,72	FITEM,2,33356
FITEM,2,29072	FITEM,2,4019	FITEM,2,33359
FITEM,2,29192	FITEM,2,4067	FITEM,2,37325
FITEM,2,29195	FITEM,2,4271	FITEM,2,37388
FITEM,2,29198	FITEM,2,4319	FITEM,2,37508
FITEM,2,29201	FITEM,2,4430	FITEM,2,37511
FITEM,2,33167	FITEM,2,4433	FITEM,2,37514
FITEM,2,33230	FITEM,2,4436	FITEM,2,37517
FITEM,2,33350	FITEM,2,4439	FITEM,2,41483
FITEM,2,33353	FITEM,2,4610	FITEM,2,41546
FITEM,2,33356	FITEM,2,4613	FITEM,2,41666
FITEM,2,33359	FITEM,2,4616	FITEM,2,41669
FITEM,2,37325	FITEM,2,4619	FITEM,2,41672
FITEM,2,37388	FITEM,2,12377	FITEM,2,41675
FITEM,2,37508	FITEM,2,12440	FITEM,2,45641
FITEM,2,37511	FITEM,2,12560	FITEM,2,45704
FITEM,2,37514	FITEM,2,12563	FITEM,2,45824
FITEM,2,37517	FITEM,2,12566	FITEM,2,45827
FITEM,2,41483	FITEM,2,12569	FITEM,2,45830
FITEM,2,41546	FITEM,2,16535	FITEM,2,45833
FITEM,2,41666	FITEM,2,16598	FITEM,2,49799
FITEM,2,41669	FITEM,2,16718	FITEM,2,49862
FITEM,2,41672	FITEM,2,16721	FITEM,2,49982
FITEM,2,41675	FITEM,2,16724	FITEM,2,49985
FITEM,2,45641	FITEM,2,16727	FITEM,2,49988
FITEM,2,45704	FITEM,2,20693	FITEM,2,49991
FITEM,2,45824	FITEM,2,20756	!*
FITEM,2,45827	FITEM,2,20876	/GO
FITEM,2,45830	FITEM,2,20879	D,P51X, ,-71.4, , , ,UX, , , , ,
FITEM,2,45833	FITEM,2,20882	NSUBST,30,300,20
FITEM,2,49799	FITEM,2,20885	OUTRES,ALL,ALL
FITEM,2,49862	FITEM,2,24851	AUTOTS,1
FITEM,2,49982	FITEM,2,24914	NEQIT,500
FITEM,2,49985	FITEM,2,25034	TIME,32
FITEM,2,49988	FITEM,2,25037	NLGEOM,ON

Ek 3'ün devamı

LSWRITE,32

LSSOLVE,1,32,1

/POST26

NUMVAR,200

RFORCE	,	2	,	4019	,	F	,	X	,	FX_2
RFORCE	,	3	,	4067	,	F	,	X	,	FX_3
RFORCE	,	4	,	4271	,	F	,	X	,	FX_4
RFORCE	,	5	,	4319	,	F	,	X	,	FX_5
RFORCE	,	6	,	4430	,	F	,	X	,	FX_6
RFORCE	,	7	,	4433	,	F	,	X	,	FX_7
RFORCE	,	8	,	4436	,	F	,	X	,	FX_8
RFORCE	,	9	,	4439	,	F	,	X	,	FX_9
RFORCE	,	10	,	4610	,	F	,	X	,	FX_10
RFORCE	,	11	,	4613	,	F	,	X	,	FX_11
RFORCE	,	12	,	4616	,	F	,	X	,	FX_12
RFORCE	,	13	,	4619	,	F	,	X	,	FX_13
RFORCE	,	14	,	12377	,	F	,	X	,	FX_14
RFORCE	,	15	,	12440	,	F	,	X	,	FX_15
RFORCE	,	16	,	12560	,	F	,	X	,	FX_16
RFORCE	,	17	,	12563	,	F	,	X	,	FX_17
RFORCE	,	18	,	12566	,	F	,	X	,	FX_18
RFORCE	,	19	,	12569	,	F	,	X	,	FX_19
RFORCE	,	20	,	16535	,	F	,	X	,	FX_20
RFORCE	,	21	,	16598	,	F	,	X	,	FX_21
RFORCE	,	22	,	16718	,	F	,	X	,	FX_22
RFORCE	,	23	,	16721	,	F	,	X	,	FX_23
RFORCE	,	24	,	16724	,	F	,	X	,	FX_24
RFORCE	,	25	,	16727	,	F	,	X	,	FX_25
RFORCE	,	26	,	20693	,	F	,	X	,	FX_26
RFORCE	,	27	,	20756	,	F	,	X	,	FX_27
RFORCE	,	28	,	20876	,	F	,	X	,	FX_28
RFORCE	,	29	,	20879	,	F	,	X	,	FX_29
RFORCE	,	30	,	20882	,	F	,	X	,	FX_30
RFORCE	,	31	,	20885	,	F	,	X	,	FX_31
RFORCE	,	32	,	24851	,	F	,	X	,	FX_32
RFORCE	,	33	,	24914	,	F	,	X	,	FX_33
RFORCE	,	34	,	25034	,	F	,	X	,	FX_34
RFORCE	,	35	,	25037	,	F	,	X	,	FX_35
RFORCE	,	36	,	25040	,	F	,	X	,	FX_36
RFORCE	,	37	,	25043	,	F	,	X	,	FX_37
RFORCE	,	38	,	29009	,	F	,	X	,	FX_38
RFORCE	,	39	,	29072	,	F	,	X	,	FX_39
RFORCE	,	40	,	29192	,	F	,	X	,	FX_40
RFORCE	,	41	,	29195	,	F	,	X	,	FX_41

Ek 3'ün devamı

RFORCE	,	42	,	29198	,	F	,	X	,	FX_42
RFORCE	,	43	,	29201	,	F	,	X	,	FX_43
RFORCE	,	44	,	33167	,	F	,	X	,	FX_44
RFORCE	,	45	,	33230	,	F	,	X	,	FX_45
RFORCE	,	46	,	33350	,	F	,	X	,	FX_46
RFORCE	,	47	,	33353	,	F	,	X	,	FX_47
RFORCE	,	48	,	33356	,	F	,	X	,	FX_48
RFORCE	,	49	,	33359	,	F	,	X	,	FX_49
RFORCE	,	50	,	37325	,	F	,	X	,	FX_50
RFORCE	,	51	,	37388	,	F	,	X	,	FX_51
RFORCE	,	52	,	37508	,	F	,	X	,	FX_52
RFORCE	,	53	,	37511	,	F	,	X	,	FX_53
RFORCE	,	54	,	37514	,	F	,	X	,	FX_54
RFORCE	,	55	,	37517	,	F	,	X	,	FX_55
RFORCE	,	56	,	41483	,	F	,	X	,	FX_56
RFORCE	,	57	,	41546	,	F	,	X	,	FX_57
RFORCE	,	58	,	41666	,	F	,	X	,	FX_58
RFORCE	,	59	,	41669	,	F	,	X	,	FX_59
RFORCE	,	60	,	41672	,	F	,	X	,	FX_60
RFORCE	,	61	,	41675	,	F	,	X	,	FX_61
RFORCE	,	62	,	45641	,	F	,	X	,	FX_62
RFORCE	,	63	,	45704	,	F	,	X	,	FX_63
RFORCE	,	64	,	45824	,	F	,	X	,	FX_64
RFORCE	,	65	,	45827	,	F	,	X	,	FX_65
RFORCE	,	66	,	45830	,	F	,	X	,	FX_66
RFORCE	,	67	,	45833	,	F	,	X	,	FX_67
RFORCE	,	68	,	49799	,	F	,	X	,	FX_68
RFORCE	,	69	,	49862	,	F	,	X	,	FX_69
RFORCE	,	70	,	49982	,	F	,	X	,	FX_70
RFORCE	,	71	,	49985	,	F	,	X	,	FX_71
RFORCE	,	72	,	49988	,	F	,	X	,	FX_72
RFORCE	,	73	,	49991	,	F	,	X	,	FX_73
ADD	,	181	,	2	,	3	,	4		
ADD	,	182	,	181	,	5	,	6		
ADD	,	181	,	182	,	7	,	8		
ADD	,	182	,	181	,	9	,	10		
ADD	,	181	,	182	,	11	,	12		
ADD	,	182	,	181	,	13	,	14		
ADD	,	181	,	182	,	15	,	16		
ADD	,	182	,	181	,	17	,	18		
ADD	,	181	,	182	,	19	,	20		
ADD	,	182	,	181	,	21	,	22		
ADD	,	181	,	182	,	23	,	24		
ADD	,	182	,	181	,	25	,	26		

Ek 3'ün devamı

ADD ,	181 ,	182 ,	27 ,	28
ADD ,	182 ,	181 ,	29 ,	30
ADD ,	181 ,	182 ,	31 ,	32
ADD ,	182 ,	181 ,	33 ,	34
ADD ,	181 ,	182 ,	35 ,	36
ADD ,	182 ,	181 ,	37 ,	38
ADD ,	181 ,	182 ,	39 ,	40
ADD ,	182 ,	181 ,	41 ,	42
ADD ,	181 ,	182 ,	43 ,	44
ADD ,	182 ,	181 ,	45 ,	46
ADD ,	181 ,	182 ,	47 ,	48
ADD ,	182 ,	181 ,	49 ,	50
ADD ,	181 ,	182 ,	51 ,	52
ADD ,	182 ,	181 ,	53 ,	54
ADD ,	181 ,	182 ,	55 ,	56
ADD ,	182 ,	181 ,	57 ,	58
ADD ,	181 ,	182 ,	59 ,	60
ADD ,	182 ,	181 ,	61 ,	62
ADD ,	181 ,	182 ,	63 ,	64
ADD ,	182 ,	181 ,	65 ,	66
ADD ,	181 ,	182 ,	67 ,	68
ADD ,	182 ,	181 ,	69 ,	70
ADD ,	181 ,	182 ,	71 ,	72
ADD ,	182 ,	181 ,	73 ,	

ÖZGEÇMİŞ

Serhat DEMİR 1986 yılında Ankara' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Ankara' da tamamladıktan sonra 2004 yılında Hacettepe Üniversitesi Kimya Bölümünü (İngilizce), 2007 yılında ise Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2009 yılında Avrupa Birliği Yaşam Boyu Öğrenim Programı bursuyla Almanya' da 3 aylığına staj yaptı. 2011 yılında Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden "Onur Öğrencisi" olarak mezun oldu. Kısa bir süre özel sektörde İnşaat Mühendisi olarak çalıştıktan sonra Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak akademik çalışmalara başladı. 2013 yılında "Mevcut Betonarme Yapılarda Kısa Kolon Davranışlarının İyileştirilmesi" başlıklı yüksek lisans tezini tamamladı. Aynı yıl doktora eğitimine başladı ve TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Programı tarafından Yurtiçi Doktora Bursu ile ödüllendirildi. 2015, 2016 ve 2017 yıllarında Amerikan Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından uzun yıllardır düzenlenen Uluslararası Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Yarışmasında Karadeniz Teknik Üniversitesi adına finale kalarak çeşitli başarılar elde etti. 2017 yılında ANSYS firması tarafından "Üstün Mühendislik" ödülüne layık görüldü ve doktora tezi kapsamında geliştirdiği sistem ile ilgili çalışmalarda bulunmak üzere misafir araştırmacı olarak ABD' de bulunan Oregon Eyalet Üniversitesine davet edildi. Aynı yıl doktora tezi kapsamında geliştirdiği sistemin patenti ve tasarım tescili için Türk Patent Enstitüsüne başvuruda bulundu. Evli ve 2 çocuk babası olan Serhat DEMİR İngilizce bilmektedir.

SCI/SCIE kapsamındaki dergilerde yayınlanmış makaleleri:

1. **Demir S.**, Husem M., Pul S., "Failure Analysis Of Steel Column-Rc Base Connections Under Lateral Cyclic Loading", *Structural Engineering And Mechanics*, Vol.50, pp. 459-469, 2014
2. **Demir S.**, Husem M., "Investigation Of Bond-Slip Modeling Methods Used In FE Analysis Of RC Members", *Structural Engineering And Mechanics*, Vol.56, pp. 275-291, 2015
3. Husem M., Pul S., Gorkem S.E., **Demir S.**, "The Behaviour Of High-Strength Reinforced Concrete Columns Under Low Eccentric Loading", *European Journal of Environmental And Civil Engineering*, Vol.20, pp. 486-502, 2016

4. Komurlu E., Cihangir F., Kesimal A., **Demir S.**, "Effect Of Adhesive Type On The Measurement Of Modulus Of Elasticity Using Electrical Resistance Strain Gauges", *Arabian Journal For Science And Engineering*, Vol.41, pp. 433-441, 2016
5. Komurlu E., Kesimal A., **Demir S.**, "Experimental And Numerical Analyses On Determination Of Indirect (Splitting) Tensile Strength Of Cemented Paste Backfill Materials Under Different Loading Apparatus", *Geomechanics And Engineering*, Vol.10, No.6, pp. 775-791, 2016
6. Husem M., **Demir S.**, Park H.G. , Cosgun S.I., "Diagonal Bracing Of Steel Frames With Multi-Cable Arrangements ", *Structural Engineering And Mechanics*, Vol.59, No.6, pp. 1121-1137, 2016
7. Komurlu E., Kesimal A., **Demir S.**, "Experimental And Numerical Study On Determination Of Indirect (Splitting) Tensile Strength Of Rocks Under Various Load Apparatus", *Canadian Geotechnical Journal*, Vol.53, No.2, pp. 360-372, 2016
8. Pul S., Ghaffari A., Oztekin E., Husem M., **Demir S.**, " Experimental Determination Of Cohesion And Internal Friction Angle On Conventional Concretes" *ACI Structural And Materials Journal*, Vol.114, pp. 407-416, 2017