

**DELİKLİ ÇELİK LEVHALARLA GÜÇLENDİRİLMİŞ TUĞLA
DUVARLARIN TERSİNİR TEKRARLANIR YÜKLER ALTINDAKİ
DAVRANIŞ VE DAYANIMI**

Rahim BABAYANI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KASIM 2012
ANKARA**

Rahim BABAYANI tarafından hazırlanan “ DELİKLİ ÇELİK LEVHALARLA GÜÇLENDİRİLMİŞ TUĞLA DUVARLARIN TERSİNİR TEKRARLANIR YÜKLER ALTINDAKİ DAVRANIŞ VE DAYANIMI” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç.Dr. Sabahattin AYKAÇ
TezDanışmanı,İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yrd.Doç.Dr. Mehmet BARAN
TezDanışmanı,İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oybirliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak Kabuledilmiştir.

Doç.Dr. Özgür ANIL
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç.Dr. Sabahattin AYKAÇ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd.Doç.Dr. Mehmet BARAN
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, K.Ü.

Tarih: 09/11/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof.Dr. Şeref SAĞIROĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Rahim BABAYANI

**DELİKLİ ÇELİK LEVHALARLA GÜÇLENDİRİLMİŞ TUĞLA
DUVARLARIN TERSİNİR TEKRARLANIR YÜKLER ALTINDAKİ
DAVRANIŞ VE DAYANIMI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Rahim BABAYANI

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Kasım 2012**

ÖZET

Yapıların depreme karşı güçlendirilmesinin önemi, özellikle son yirmi yıldır meydana gelene yıkıcı depremlerde çok sayıdaki betonarme (BA) yapının hasar görerek onarım ve güçlendirme gerektirmesiyle daha da iyi anlaşılmıştır. Güçlendirme ile ilgili çalışmalarda yetersiz yanal rijitliğin, BA yapılarındaki hasarın temel sebeplerinden birisi olduğu anlaşılmıştır. Yıllardır, BA çerçevelere yerinde dökme BA dolgu duvar eklenmesi yaygınca etkili bir yöntem olarak uygulanmıştır, fakat zahmetlidir. Halihazırda, bu gibi problemlerin üstesinden gelebilmek için GAZİ Üniversitesi Yapı Mekaniği Laboratuvarında ekonomik, yapısal olarak etkili ve uygulaması pratik depreme karşı güçlendirme yöntemleri geliştirilmektedir.

Bu tez çalışmasında önerilen tekniğin prensibi, yapıda bulunan boşluklu tuğla dolgu duvarların üzerlerine delikli sac levhalar eklenerek güçlendirilmesi esasına dayanır; öyle ki bu duvarlar yanal rijitliği artıran ve davranışı iyileştiren yerinde dökme BA dolgular gibi davranabilsinler. Bu teknik ayrıca, yapının boşaltılmasını gerektirmemekte ve hane sakinlere fazla rahatsızlık vermeden uygulanabilmektedir. Bu sebeple, bir adedi güçlendirilmemiş referans olmak üzere toplam on üç adet sıvanmış boşluklu tuğla dolgu duvarlar deprem yükünü benzeştirecek tersinir tekrarlanır yatay yükler altında test

edilmiştir. Deney elemanları üç değişik kalınlığa sahip delikli sac levhanın duvarlara bulonlarla sabitlenmesi şekliyle güçlendirilmişlerdir. Levha kalınlığı, bulon aralığı ve yetersiz boyuttan kaynaklanan levhalarda bindirmeli ek bulunması deney değişkenleridir. Ayrıca, dolgu duvarların köşeleri üç değişik teknikle, erken ezilmeye karşı, güçlendirilmiştir. Test sonuçları analiz edilerek deney elemanlarının dayanım, rijitlik, enerji dağıtımı ve süneklik özellikleri irdelenmiştir. Test sonuçları göstermiştir ki, önerilen depreme karşı güçlendirme tekniği, Türkiye’de yaygınca bölme duvarı olarak kullanılan sıvanmış tuğla dolgu duvarların deprem performanslarının artırılmasında çok etkili olabilir.

BilimKodu : 911.1.145
AnahtarKelimeler : Sismik İyileştirme, Güçlendirme, Onarım, Boşluklu
Tuğla Dolgu Duvar, Delikli Sac Levha, Betonarme
ÇerçevesizYapı, Tersinir Tekrarlanır Yatay Yükleme
SayfaAdedi :131
TezYöneticisi : Doç.Dr. Sabahattin AYKAÇ
Yrd.Doç.Dr.Mehmet BARAN

**STRENGTH AND BEHAVIOR OF MASONRY INFILL WALLS THAT
REINFORCED WITH PERFORATED STEEL PLATE UNDER THE
REVERSED CYCLIC LOADS
(M. Sc. Thesis)**

Rahim BABAYANI

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE
November 2012**

ABSTRACT

The importance of seismic rehabilitation became evident with the destructive earthquakes happened in the last twenty years, after which a large number of reinforced concrete (RC) buildings damaged required strengthening as well as repair. In the studies related to rehabilitation, it has been realized that inadequate lateral stiffness is one of the major causes of damage in RC buildings. For years, adding cast-in-place RC infill walls to RC frames has been applied widely as an effective rehabilitation technique, however it is laborious. Recently, economical, structurally effective and practically applicable seismic retrofitting techniques are being developed in GAZİ University Structural Mechanics Laboratory to overcome these kinds of problems.

The strengthening technique proposed in this thesis is on the basis of the principle of strengthening the existing hollow brick infill walls by adding perforated steel plates on to them such that they act as cast-in-place RC infills improving lateral stiffness and behaviour. Also, the technique would not require evacuation of the building and would be applicable without causing too much disturbance to the occupant. For this purpose, thirteen $\frac{1}{2}$ scaled plastered hollow brick infill walls, one being unstrengthened, were tested under reversed

cyclic lateral loading simulating earthquake loading. The specimens were strengthened using perforated steel plates of three different thickness fixed on to the wall by bolts. Test parameters were the plate thickness, bolt spacing and presence of plate lapped-splices stemming from the inadequate plate length. In addition, infill wall corners were rehabilitated by three different techniques against early crushing. Strength, stiffness, energy dissipation and ductility characteristics of the specimens were examined by evaluating the test results. Test results indicated that the proposed seismic strengthening technique can be very effective in improving the seismic performance of the plastered hollow brick infill walls commonly used as partition walls in Turkey.

ScienceCode	: 911.1.145
Keywords	: Seismic Rehabilitation, Strengthening, Repair, HollowBrick Infill Wall, Perforated Steel Plate, ReinforcedConcrete Building, Reversed Cyclic Lateral Loading
PageNumber	: 131
Adviser	: Assoc.Prof.Dr. Sabahattin AYKAÇ Assist.Prof.Dr. Mehmet BARAN

TEŞEKKÜR

Benden uzakta olmalarına rağmen, beni çalışma boyunca her anlamda destekleyen babam ve annem Fikhi ve Tuvak Taç BABAYANI'a ne kadar teşekkür etsem de azdır.

Çalışma boyunca hem ruhi hem de teknik olarak, yardımını benden esirgemeyen hayat yoldaşım, ve eşim Jeren AKHOUNDİ'e sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışmayı, önce tasarlayıp , sonra çalışmaları planlayıp ve yönelten, ayrıca bu süreçte hayatımın her yönünde desteğini benden esirgemeyen değerli hocam Doç.Dr. Sabahattin AYKAÇ'a sonsuz teşekkürlerimi arz ederim.

Çalışmanın yazma aşamasında ve analizlerinde ciddi anlamda beni destekleyen değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Mehmet BARAN'a teşekkür ederim.

Arş.Gör.Eray ÖZBEK'in büyük ruhunu ve insanlık değerini takdir eder, çalışmalarımnda verdiği bütün destekleri için sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmaları esnasında bana yardım eden Arş.Gör. Meryem BÖCEK, Arş.Gör. Murat AYHAN ve Uzm.Faruk OGÜN'e teşekkür ederim.

DORÇE Prefabrik Yapı ve İnşaat Sanayi Ticaret A.Ş. firmasından bu tezin deney çerçevesinin yapılmasında verdiği destek için teşekkür ederim. Ayrıca firmanın Genel Müdür Yardımcısı Dr.Ferzat Mercan'a hem bu çalışmadaki verdiği destek için hem de Türkiye'deki hayatımda ettiği bütün yardımları için sonsuz teşekkür ederim.

Bu tezi oluşturmamda katkısı olan ve adını sayamadığım herkese teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜRLER	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	XII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XIII
RESİMLER LİSTESİ.....	XVI
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XVII
1. GİRİŞ	1
2. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	15
2.1. Deney Programı.....	15
2.2. KullanılanMalzemeler ve Özellikleri	17
2.2.1. Tuğla	19
2.2.2. Sac levhalar	19
2.2.3. Sıva ve harç.....	20
2.2.4. Bulon, pul ve somun	22
2.3. Deney Elemanlarının Tanımı	23
2.3.1. Referans deney elemanı	24
2.3.2. S0.5-100 deney elemanı.....	24
2.3.3. S0.5-150 deney elemanı.....	24
2.3.4. S0.5-200 deney elemanı.....	25
2.3.5. S1.0-100 deney elemanı.....	25

Sayfa

2.3.6. S1.0-150 deney elemanı.....	26
2.3.7. S1.0-200 deney elemanı.....	28
2.3.8. S0.3-CB deney elemanı.....	28
2.3.9. S0.5-CB deney elemanı.....	29
2.3.10. S0.3-CL deney elemanı.....	30
2.3.11. S0.5-CL deney elemanı.....	32
2.3.12. S0.3-CC deney elemanı.....	32
2.3.13. S0.5-CC deney elemanı.....	33
2.4. Deney Düzenegi	34
2.4.1. Deney çerçevesi	34
2.4.2. Yükleme düzeni	34
2.4.3. Yükleme programı	36
2.4.4. Ölçme düzeni	37
3. DENEYLER	39
3.1. Genel.....	39
3.2. R: referans elemanı.....	39
3.3. S 0.5-200: güçlendirilmiş eleman.....	43
3.4. S 0.5-150 : güçlendirilmiş eleman.....	48
3.5. S0.5-100 : güçlendirilmiş eleman.....	53
3.6. S1.0-200 : güçlendirilmiş eleman.....	58
3.7. S1.0-150 : güçlendirilmiş eleman.....	63
3.8. S0.1-100 : güçlendirilmiş eleman.....	68
3.9. S0.3-CB : güçlendirilmiş eleman	73

Sayfa

3.10. S 0.3-CL : güçlendirilmiş eleman.....	78
3.11. S 0.5-CB : güçlendirilmiş eleman	82
3.12. S 0.5-CL : güçlendirilmiş eleman.....	87
3.13. S0.3-CC : güçlendirilmiş eleman	91
3.14. S 0.5-CC : güçlendirilmiş eleman	95
4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	100
4.1. Genel.....	100
4.2. Zarf Eğrileri	100
4.3. Dayanım ve Davranış	107
4.4. Enerji Tüketim Özellikleri.....	112
4.5. Rijitlik.....	116
4.6. Süneklik.....	118
4.7. Test sonuçlarının irdelenmesinin özeti	120
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	122
5.1. Genel.....	122
5.2. Sonuçlar	123
KAYNAKLAR	126
ÖZGEÇMİŞ	131

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Deney elemanların özellikleri.....	17
Çizelge 2.2. Sıva ve harçta kullanılan malzemelerin oranı.....	20
Çizelge 2.3. Harç ve sıvadan alınan silindir numunelerin basınç dayanımı	22
Çizelge4.1. Test sonuçlarının özetlenmesi.....	104
Çizelge4.2. Deney elemanlarının yanal yük taşıma kapasitelerinin karşılaştırılması	107
Çizelge4.3. İkinci grup deney elemanlarının ileri ve geri çekilimde taşıdığı maksimum yük.....	111
Çizelge4.4. Birinci grup deney elemanlarının ileri ve geri çevirimde taşıdığı maksimum yük.....	112
Çizelge 4.5. Tüm deney elemanlarının toplam tükettiği enerji miktarları	114
Çizelge 4.6. Deney elemanlarının ilk eğim değerleri.....	118
Çizelge 4.7. Deney elemanlarının süneklik değerleri	120
Çizelge 4.8. Önerilen tekniğin davranışa olan katkısı	121

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Deney elemanların boyutları ve detayı	15
Şekil 2.2. Köşelerin ezilmesini önlemek için uygulanan köşe takviye yöntemler.	18
Şekil 2.3. Tek ve iki parçadan oluşan sac levhanın geometrisi	20
Şekil 2.4. Kullanılan bulanların geometrisi	23
Şekil 2.5. Bulonların duvara monte edilmiş hali (Yandan bakış)	23
Şekil 2.6. S0.5-100 Deney elemanının güçlendirme detayları.....	25
Şekil 2.7. S0.5-150 Deney elemanının güçlendirme detayları.....	26
Şekil 2.8. S0.5-200 Deney elemanının güçlendirme detayları.....	27
Şekil 2.9. S0.1-100 Deney elemanının güçlendirme detayları	27
Şekil 2.10. S1.0-150 Deney elemanının güçlendirme detayları.....	28
Şekil 2.11. S0.1-200 Deney elemanının güçlendirme detayları	29
Şekil 2.12. S0.3-CB Deney elemanının güçlendirme detayları	30
Şekil 2.13. S0.5-CB Deney elemanının güçlendirme detayları	31
Şekil 2.14. S0.3-CL Deney elemanının güçlendirme detayları	31
Şekil 2.15. S0.5-CL Deney elemanının güçlendirme detayları	32
Şekil 2.16. S0.3-CC Deney elemanının güçlendirme detayları	33
Şekil 2.17. S0.5-CC Deney elemanının güçlendirme detayları	33
Şekil 2.18. Deney çerçevesi ve detayları	35
Şekil 2.19. Yükleme düzeneği	36
Şekil 2.20. Yükleme program	37
Şekil 2.21. Deney çerçevesinde LVDT lerin yerleşimi	38
Şekil 3.1. Referans elemanın her çevirimde taşıdığı maksimum yük.....	40

Şekil	Sayfa
Şekil 3.2. Referans elemanın her çevirimdeki maksimum deplasmanı	40
Şekil 3.3. Referans elemanın yük-deplasman ilişkisi	41
Şekil 3.4. Referans elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi	41
Şekil 3.5. S0.5-200 Elemanın her çevrimde taşıdığı maksimum yük	44
Şekil 3.6. S0.5-200 Elemanın her çevirimdeki maksimum deplasmanı	44
Şekil 3.7. S0.5-200 Elemanın yük-deplasman ilişkisi	45
Şekil 3.8. S0.5-200 Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi	45
Şekil 3.9. S0.5-150 Elemanın her çevirimdeki taşıdığı maksimum yük	49
Şekil 3.10. S0.5-150 Elemanın her çevirimdeki maksimum deplasmanı	49
Şekil 3.11. S0.5-150 Elemanın yük-deplasman ilişkisi	50
Şekil 3.12. S0.5-150 Elemanın Yük-Kayma Deformasyon ilişkisi	50
Şekil 3.13. S0.5-100 Elemanın her çevirimdeki taşıdığı maksimum yük	54
Şekil 3.14. S0.5-100 Elemanın her çevirimdeki maksimum deplasmanı	54
Şekil 3.15. S0.5-100 Elemanın yük-deplasman ilişkisi	55
Şekil 3.16. S0.5-100 Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi	55
Şekil 3.17. S1.0-200 Elemanın her çevirimde taşıdığı maksimum yük	59
Şekil 3.18. S1.0-200 Elemanın her çevirimde maksimum deplasmanı	59
Şekil 3.19. S1.0-200 Eleyük-deplasman ilişkisi	60
Şekil 3.20. S1.0-200 Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi	60
Şekil 3.21. S1.0-150 Elemanın her çevirimde taşıdığı maksimum yük	64
Şekil 3.22. S1.0-150 Elemanın her çevirimde maksimum deplasmanı	64
Şekil 3.23. S1.0-150 Elemanın yük-deplasman ilişkisi	65

Şekil	Sayfa
Şekil 3.24. S1.0-150 Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi.....	65
Şekil 3.25. S1.0-100 Elemanın her çevirimdeki taşıdığı maksimum yük.....	69
Şekil 3.26. S1.0-100 Elemanın her çevirimdeki maksimum deplasmanı	69
Şekil 3.27. S1.0-100 Elemanın yük-deplasman ilişkisi	70
Şekil 3.28. S1.0-100 Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi.....	70
Şekil 3.29. S0.3-CB elemanın her çevirimdeki taşıdığı maksimum yük	74
Şekil 3.30. S0.3-CB Elemanın her çevirimdeki maksimum deplasmanı	75
Şekil 3.31. S0.3-CB Elemanın yük-deplasman ilişkisi	75
Şekil 3.32. S0.3-CB Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi.....	76
Şekil 3.33. S0.3-CL Elemanın her çevirimdeki taşıdığı maksimum yük.....	79
Şekil 3.34. S0.3-CL Elemanın her çevirimdeki maksimum deplasmanı	79
Şekil 3.35. S0.3-CL Elemanın yük-deplasman ilişkisi	80
Şekil 3.36. S0.3-CL Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi.....	80
Şekil 3.37. S0.5-CB Elemanın her çevirimdeki taşıdığı maksimum yük	83
Şekil 3.38. S0.5-CB Elemanın her çevirimdeki maksimum deplasmanı	83
Şekil 3.39. S0.5-CB Elemanın yük-deplasman ilişkisi	84
Şekil 3.40. S0.5-CB Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi.....	84
Şekil 3.41. S0.5-CL Elemanın her çevirimdeki taşıdığı maksimum yük.....	87
Şekil 3.42. S0.5-CL Elemanın her çevirimdeki maksimum deplasmanı	88
Şekil 3.43. S0.5-CL Elemanın yük-deplasman ilişkisi	88
Şekil 3.44. S0.5-CL Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi.....	89
Şekil 3.45. S0.5-CC Elemanın her çevirimdeki taşıdığı maksimum yük	91
Şekil 3.46. S0.5-CC Elemanın her çevirimdeki maksimum deplasmanı	92

Şekil	Sayfa
Şekil 3.47. S0.5-CC Elemanın yük-deplasman ilişkisi	92
Şekil 3.48. S0.5-CC Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi.....	93
Şekil 3.49. S0.3-CC Elemanın her çevirimdeki taşıdığı maksimum yük	96
Şekil 3.50. S0.3-CC Elemanın her çevirimdeki maksimum deplasmanı	96
Şekil 3.51. S0.3-CC Elemanın yük-deplasman ilişkisi	97
Şekil 3.52. S0.3-CC Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi.....	97
Şekil 4.1. Deney elemanlarının yanal yük-tepe deplasmanı grafikleri – I.....	102
Şekil 4.2. Deney elemanlarının yanal yük-tepe deplasmanı grafikleri – II.....	103
Şekil 4.3. Birinci grup deney elemanlarının kat ötelenmesi	105
Şekil 4.4. İkinci grup deney elemanlarının kat ötelenmesi	106
Şekil 4.5. Deney elemanlarının dolgu duvarlarındaki kayma deformasyonları.....	109
Şekil 4.6.a. Birinci grup deneylerin enerji tüketme değerleri	115
Şekil 4.6.b. İkinci grup deneylerin enerji tüketme değerleri.....	115
Şekil 4.7. Temsili çevrim eğimleri.....	116
Şekil 4.8. Tüm deney elemanlarının rijitlik azalma eğrileri	117
Şekil 4.9. Deplasman sünekliği yöntemi.....	119

RESİMLER LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Tuğla ebatları	19
Resim 3.1. Referans elemanın deneyden önceki durumu	42
Resim 3.2. Referans elemanın deneyden sonraki durumu	43
Resim 3.3. S0.5-200 Elemanın deneyden önceki durumu	47
Resim 3.4. S0.5-200 Elemanın deneyden sonraki durumu	47
Resim 3.5. S0,5-200 elemanın deneyden sonraki yalın durumu.....	48
Resim 3.6. S0.5-150 Elemanın deneyden önceki durumu	52
Resim 3.7. S0.5-150 Elemanın deneyden sonraki durumu	52
Resim 3.8. S0.5-150 Elemanın deneyden sonraki yalın durumu	53
Resim 3.9. S0.5-100 Elemanın deneyden önceki durumu	56
Resim 3.10. S0.5-100 Elemanın deneyden sonraki durumu	57
Resim 3.11. S0.5-100 Elemanın deneyden sonraki yalın durumu	58
Resim 3.12. S1.0-200 Elemanın deneyden önceki durumu	61
Resim 3.13. S1.0-200 Elemanın deneyden sonraki durumu	62
Resim 3.14. S1.0-200 elemanın deneyden sonraki yalın durumu.....	63
Resim 3.15. S0.1-150 Elemanın deneyden önceki durumu	66
Resim 3.16. S1.0-150 Elemanın deneyden sonraki durumu	67
Resim 3.17. S1.0-150 Elemanın deneyden sonraki yalın durumu	68
Resim 3.18. S1.0-100 Elemanın deneyden önceki durumu	71
Resim 3.19. S1.0-100 Elemanın deneyden sonraki durumu	72
Resim 3.20. S1.0-100 Elemanın deneyden sonraki yalın durumu	73

Resim	Sayfa
Resim 3.21. S0.3-CB Elemanın deneyden önceki durumu.....	76
Resim 3.22. S0.3-CB Elemanın deneyden sonraki durumu.....	77
Resim 3.23. S0.3-CB Elemanın deneyden sonraki yalın durumu.....	77
Resim 3.24. S0.3-CL Elemanın deneyden önceki durumu.....	81
Resim 3.25. S0.3-CL Elemanın deneyden sonraki durumu.....	82
Resim 3.26. S0.5-CB Elemanın deneyden önceki durumu.....	85
Resim 3.27. S0.5-CB Elemanın deneyden sonraki durumu.....	86
Resim 3.28. S0.5-CL Elemanın deneyden önceki durumu.....	90
Resim 3.29. S0.5-CL Elemanın deneyden sonraki durumu.....	90
Resim 3.30. S0.5-CC Elemanın deneyden önceki durumu.....	94
Resim 3.31. S0.5-CC Elemanın deneyden sonraki durumu.....	95
Resim 3.32. S0.3-CC Elemanın deneyden önceki durumu.....	98
Resim 3.33. S 0.3-CC Elemanın deneyden sonraki durumu.....	99

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
BA	Botonarme
CB	Corner Bulon
CC	Corner Concrete
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Polymer
CL	Corner Lama Profile
FRP	Fiber Reinforced Polymer
GFRP	Glass Fiber Reinforced Polymer

1. GİRİŞ

Genel

Türkiye, yüksek sismik risk taşıyan topraklar üzerinde yer almaktadır. Yüksek sismik risk ile birlikte, düşük işçilik ve yapım kalitesi, yanlış detaylandırma ve yapısal hatalar hayli fazlaca yaşam kaybına ve ekonomik zarara yol açmıştır. Bu yüzden, sismik rehabilitasyon Türkiye’de inşaat mühendislerinin başlıca araştırma konularından bir tanesi olmaktadır.

Deprem sonrası hasar görmüş binaların rehabilitasyonu çok önemli ve dikkat çeken bir alandır. Türkiye, büyük depremlerin yol açtığı hasarların tespiti, kaldırılması veya onarılması sonucu bu konuda haylice fazla tecrübe kazanmıştır. Yine de, büyük miktarda mevcut yapı stokunun muhtemel büyük bir deprem yaşamadan önce güçlendirilmesi gerekmektedir. Hasar görmemiş mevcut yapıların güçlendirilmesi üzerine olan bu müthiş talep, araştırmacıları etkili, ekonomik ve pratik güçlendirme yöntemleri geliştirmeye yönlendirmiştir. Birçok Türk üniversitesinde değişik güçlendirme yöntemleri geliştirilip test edilmiştir. Çalışmaların büyük çoğunluğu güçlendirilecek yapının boşaltılmasını gerektirmeyecek, pratik yöntemler geliştirmek üzerine yoğunlaşmıştır.

Mevcut yüksek lisans çalışmasında amaç yapısal olarak etkili, ekonomik uygulaması son derece pratik bir güçlendirme yöntemi geliştirmektir. Öyle ki, güçlendirme yapılacak yapının boşaltılması gerekmemekle birlikte yöntem yapıya gerekli yanal dayanım ve rijitliği sağlamalıdır. Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Mekaniği Laboratuvarında gerçekleştirilmiş mevcut deneysel çalışmada 1/2 ölçekli sıvanmış boşluklu tuğla dolgu duvarlar delikli sac levhalar kullanılarak güçlendirilmişlerdir.

Betonarme çerçeveli yapıların deprem davranışına olumlu katkı sağlayabilmek için yapılan güçlendirme önemli bir problemidir. Türkiye’deki mevcut yapı stoğunun büyük bir çoğunluğu yeterli yanal dayanıma, ve/veya sünekliğe ve/veya rijitliğe sahip

değildir. Piyasada birçok rehabilitasyon tekniği dayanımı yetersiz görülen yapılara uygulanmaktadır. Bu teknikler konvansiyonel tekniklerden (BA dolgu duvar, çelik kuşaklar vb.) temel izolasyonu ve gelişmiş malzemeler kullanılan daha özel uygulamalara kadar çeşitlilik göstermektedir.

Dolgu duvarlar tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de sıklıkla bölme duvarların yerine örülmektedir. BA yapıların iç ya da dış akslarında kullanılırlar. Tuğla dolgular, yapısal çözümleme esnasında her ne kadar taşıyıcı elemanlar olarak kabul edilmeseler de, yıllardır yapılan deneysel çalışmalar ve Türkiye’de yaşanan depremlerden sonra binalar üzerinde yapılan araştırmalar bu tip dolguların yapıların dayanım ve rijitliğine olumlu yönde katkısı olduğunu ispatlamıştır. Deprem esnasında kendisini çevreleyen BA çerçeve ile sürekli doğrudan etkileşim halindedirler.

Dolgu duvarsız yalın BA çerçevelerin yanal rijitlik değerleri düşüktür ve deprem esnasında fazla yanal ötelenme yaparlar. Gevrek bir malzeme olan sıvanmış tuğla dolguların kayma dayanımları düşüktür, fakat uygun düzenlemelerle yüksek düzlemsel basınca dayanabilirler. Tuğla dolgu duvarlar yerine BA dolgu duvarların kullanılması çerçeveye oldukça yeterli yanal rijitlik sağlarken çerçevenin yanal ötelenmesini oldukça azaltırlar. Aslında, BA çerçeve yanal yüklere maruz kaldığında bu duvarlar rijit basınç çubukları gibi davranarak çerçevenin yanal ötelenmesini azaltırlar. Fakat, BA dolgu duvarlar yapıya ek ağırlık getirerek deprem esnasında yapının daha fazla yanal yüklere maruz kalmasına sebep olurlar. Getirdikleri ek rijitlik sayesinde yapının periyodu azalır. Bu yüzden son yıllarda yapılardaki mevcut bölme duvarların etkili, ekonomik ve pratik yöntemlerle güçlendirilerek BA dolgu duvar gibi davranmasını sağlamak son derece gözdedir.

Çelik plakalar kullanılarak güçlendirilmiş kolon, kiriş ve döşeme davranışlarını analiz edebilmek için birçok araştırmacı tarafından birçok deneyler yapılmıştır [1-14]. Genelde, gerçekleştirilmiş bu deneyler, çelik plakalar ile yapılan güçlendirme yöntemlerinin eleman dayanımı ve/veya sünekliğini arttırmada efektif ve uygun bir teknik olduğunu göstermiştir. Ayrıca, çelik levhalarla güçlendirme tekniği üzerine

gerçekleştirilen kuramsal çalışmalardan [15-17] elde edilen veriler, mevcut deney verileriyle iyi bir uyum göstermiştir. Bu noktadan hareketle dolgu duvar davranışının sac levha kullanılarak iyileştirilebileceği son derece nettir. Üstelik sac levhalar üzerinde delikler yerilmesi hem levhanın ağırlığını düşürecek, hem de yük altında şekil değiştirerek levhanın uzama kapasitesini artıracak, yani levhayı daha sünek hale getirecektir. Böylece gevrek davranışa sahip sıvanmış tuğla dolgu duvarlar uygun biçimde delikli sac levhalar ile biraraya gelirse çok daha sünek davranacaklardır. Beraber çalışabilen bu ikili daha fazla yük taşıma kapasitesine ve rijitliğe sahip olacaktır.

Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Mevcut yüksek lisans çalışmasında amaç yeni, yapısal olarak etkili, ekonomik ve uygulaması pratik bir dolgu duvar güçlendirme yöntemi geliştirmektir. Öyle ki bu yöntemle güçlendirilmiş dolgu duvarlar yeterli yanal rijitliğe sahip olmayan yapılardaki kullanıcılara basit bir boya-badana işleminden daha fazla iş çıkartmadan sıvanmış tuğla dolgu duvarlar üzerine basitçe uygulanabilsin. Ayrıca, bu yöntemle güçlendirilmiş dolgu duvarların yalın duvarlara oranla daha fazla dayanım ve rijitliğe sahip olduğunu deneysel olarak kanıtlamak da bu çalışmanın amaçları arasındadır.

Mevcut deneysel çalışma kapsamında:

- a) Sıvanmış tuğla dolgu duvarının yanal yük taşıma kapasitesinin incelemesi,
- b) Kullanılan delikli sac levhaların, duvarın yanal yük taşıma kapasitesine, rijitliğine ve sünekliğine olan katkılarının incelemesi,
- c) Bindirmeli ekli iki parçanın birleşiminden oluşan sacların tek parça gibi çalışıp çalışmadığının gözlemlenebilmesi,
- e) Güçlendirme işleminde değişik kalınlıkta sac levhalar kullanarak en uygun sac kalınlığının saptanabilmesi,
- f) Delikli sac levhayı sıvanmış dolgunun üzerine sabitleyebilmek ve sac ile dolgunun beraber çalışmasını sağlayabilmek için değişik mesafelerde bulonlar kullanarak en uygun mesafeyi elde edebilmek,

- g) Diyagonal yükleme doğrultusunda ezilmeye maruz kalan duvar köşelerinin üç değişik yöntemle ezilmeye karşı takviye edilmesinin etkilerinin incelenmesi ve hangi yöntemin daha iyi sonuç vereceğinin saptanması yer almaktadır.

Geçmişte Yapılmış Bazı Çalışmalar

Dolgu duvarların güçlendirilmesi üzerine yapılan deneysel ve kurumsal çalışmalar yaklaşık elli yıldır devam etmektedir. O günlerden günümüze kadar teknolojinin gelişmesi ile birlikte her geçen gün araştırmacılar tarafından yeni yöntemler geliştirilmektedir. Bu yöntemler arasında karbon lifli polimer kumaş, hasır donatılı püskürtme beton, çelik lifli sıva, çelik şeritlerle ve önüretimli yüksek dayanımlı betonarme panellerle güçlendirme, sayılmaktadır. Dolgu duvar güçlendirilmesi söz konusu olan literatör araştırmalarında, delikli sac levha ile güçlendirilmeye yönelik bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Taghdi ve diğerleri [18,19] tarafından gerçekleştirilmiş deneysel çalışmada, yedi adet 1/1 ölçekli kısa taş ve betonarme duvar elemanı test edilmiştir. Deney elemanlarından üç adedi güçlendirilmemişken geriye kalan dört adedi çelik plakalar kullanılarak güçlendirilmiştir. Dört deney elemanında duvar varken geriye kalan üçünde betonarme duvar vardır. İki adet 220 mm genişliğinde ve 3,81 mm kalınlığa sahip çelik plakalar duvarın her iki ön ve arka yüzünlerine eklenmişken, 80x3,81 mm boyutlarında ve akma dayanımı 248 MPa olan dikey çelik plakalar duvarın sağ ve sol uç (sınır) yüzlerine eklenmiştir. Yazarlar çalışmada geliştirdikleri çelik plaka sisteminin, kısa taş ve betonarme duvarların düzlem içi dayanımlarını, sünekliklerini ve de enerji sönümleme kapasitelerini artırmada çok başarılı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Taghdi ve diğerleri [20] tarafından yapılan kuramsal çalışmada ise, basit kafes elemanları ile, düşey ve diyagonal çelik plakalarla güçlendirilmiş kısa duvarların dayanım ve sünekliklerini tahmin etmeye çalışmışlardır. Deneysel verilerle çalışmada kullanılan modelleme ile elde edilen analitik sonuçları birbirleriyle başarılı bir

şekilde örtüşmüşlerdir [18, 19]. Nümerik bir örnekle de bir güçlendirme tasarımı formülize edilmiştir.

Crisafulli [21], tuğla dolgulu betonarme çerçevelerin sismik davranışı üzerine yoğunlaşmıştır. Tuğla ve bileşen malzemelerinin özellikleri gözden geçirilmiştir. Dolgulu çerçevelerin analizine yönelik çalışmada iki teorik yöntem önerilmiştir. İlk metot, tuğla dolgu duvarda kesme-sürtünmesivediyagonal basınç göçmesidurumlarının sırasıyla etkidiği iki farklı göçme durumuna karşı dolgulu çerçevenin yatay dayanımını tahmin etmeye imkan sağlayan eşdeğer kafes mekanizmasına dayanan basit bir yaklaşımdır. Diyagonal çubuğun basınç dayanımı Mann ve Müller teorisinin modifiye edilmesiyle elde edilen kesme göçmesi zarf eğrisinin dönüştürülmesiyle değerlendirilmiştir. İkinci yöntem, çerçeve üzerinde tuğla panelin etkisini daha detaylı göstermek için çoklu çubuk formülasyonuna bağlı makro ölçekli bir modeldir. Model, çift kafes mekanizması ve her bir yönde bir kesme yayı kullanarak tuğla panelin basınç ve kesme davranışını ayrı ayrı hesaplamaktadır. Badoux ve Jirsa [22], betonarme çerçevelerin çelik çaprazlarla sismik güçlendirmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çelik diyagonal ile güçlendirilecek binanın mevcut durumunun değerlendirilmesi gerekliliği üzerinde durmuşlardır. Güçlendirmenin uygulanabilir olup olmadığını değerlendirmek için, bir akış şeması ile çapraz sistemin tasarımını özetlemişlerdir. Sünek olmayan çerçevelere uygulanmış çapraz çelik sistemlerin deneysel çalışmalarından elde edilmiş bilgilere, çalışmada yer verilmiştir. Çalışmada ayrıca deneysel verileri benzeştiren analitik bir çalışma yapılmıştır. Araştırmacılar, sismik güçlendirme amacıyla güçlü kiriş ve zayıf kolonlara sahip çerçevelerde, diyagonal çelik elemanların kullanımının uygunluğu üzerinde durmuşlardır. Yatay rijitliği olmayan bu tür çerçevelerde doğrusal olmayan davranışı iyileştirmeye yönelik tavsiyelerde bulunmuşlardır. Çalışmanın sonucunda çelik çapraz sistemin, taşıyıcı olmayan elemanlar, yapısal uyumluluk, elastik olmayan burkulma ve yatay rijitliği düşük olan çerçeveler üzerindeki etkileri tartışılmıştır.

Karbon lifli kompozitlerle güçlendirilme konusunda 2011 yılında İ.T.Ü’da bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmayı gerçekleştiren Coza ve arkadaşları [23], altı adet

1/3 ölçekli duvarları tek açıklıklı ve tek katlı deney elemanları hazırlamışlardır. Yapılmış olan bu çalışmanın kapsamında birbirine bitişik, dolgu duvarlı çift taraflı sıva uygulaması mümkün olmadığı betonarme yapılarda tek ve çift yüz sıvanın etkisi ve çerçeveye olan katkısı, tek veya çift taraflı karbon lifi ile güçlendirilmenin yapıda nasıl bir performans göstereceği üzere çalışılmıştır. Bu deneylerde uygulanan yük ise yatay yöndedir. Çalışmada deneylerden elde edilen sonuçları analitik sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçta takviye edilmiş olan duvarların rijitliklerinde, dayanışında ve enerji sönümleme kapasitesinde artışlar elde edilmiştir.

Deneysel güçlendirme çalışmalarının birçoğunda liflerle güçlendirilmiş polimer kumaşlar (FRP) kullanılmaktadır. Shirve ve arkadaşları [24] tarafından bu yönde bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada üç metre yüksekliğinde olan diyagram duvarların üzerine H şeklinde olan FRP bantlarını yapıştırılarak güçlendirilmeye çalışılmıştır. Bu deneylerde yük yatay yönde ve duvarın üst tarafından verilmiştir. Bu çalışmada dikkat çeken nokta bantların H şeklinde uygulanmasıdır, ki bu yöntemi geçmişteki çalışmaları inceleyerek ve onların sonuçlarından yola çıkarak elde etmişlerdir. Bilindiği gibi bu türden yapılan çalışmaların genelinde FRP kumaşlar çapraz olarak yapıştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda güçlendirilmiş duvarların çatlak oranının azalması, ayrıca duvarın sünekliğinin artması sayesinde enerji tüketimin de kapasitesinin artması tespit edilmiştir. Yazarlar, önerilen yöntemin katkısı ile binanın kolonlarına daha az yük iletilerek binanın dayanımında artış olacağına inanmışlardır.

Ortadoğu Teknik Üniversitesi'nde gerçekleştirilen bir başka çalışmada, dolgu duvarları FRP kumaşları ile güçlendirilmişlerdir. Binici ve Özcebe [25] tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada iki katlı duvarlara FRP kumaşları çapraz olarak yapıştırılmıştır. Bu çalışmada yük üst kattan ve yatay olarak verilmiştir. Çalışmanın sonucunda, kullanılan FRP kumaşları ile güçlendirilen deney elemanların süneklik oranı tipik bir binanın betonarme perdesinin dörtte bir oranında olduğu orataya çıkmıştır. Bu sonuçtan yola çıkarak gerçek betonarme perdelerin, benzer yük altında sergileyecek davranışını tahmin edilebilmesinin katkısında bulunmuşlardır.

Dolgu duvarların güçlendirilmesi üzerine kullanılan bir başka malzeme de karbon liflerle güçlendirilmiş polimer kumaşlardır (CFRP). Deneysel bir çalışmada Vandegrift ve arkadaşları [26] güçlendirme malzemesi olarak CFRP kullanmışlardır. Deneyi yapmak üzere altı adet yaklaşık 1200 mm x2450mm ebadındaki duvarları önce yalın halde ve sonra CFRP ile güçlendirerek hazırlamışlardır. Bu çalışmada uygulanan yükün de etkisini incelemek üzere deney elemanların üç tanesine yatay ve direk duvarın kendisine, diğer üç deney elemanına ise yatay ama duvarın üstündeki kirişe dolaylı olarak verilmiştir. CFRP bantları duvarın bütün yüzeyini örtmektedir. CFRP'nin katkısından dolayı sünmede iyi artış gözlemlenmiş fakat iç duvar çok ağır hasar görmüştür. Sonuçta, CFRP'nin duvarı sünekliğini ve enerji tüketim kapasitesini arttırdığı gözlemlenmiştir.

ABD'nin Drexel Üniversitesinde gerçekleşen bir başka çalışmada dolgu duvarları GFRP(Glass Fiber Reinforced Polymer) ile güçlendirilmişlerdir. El-Dakhkhni ve arkadaşları [27] tarafından yapılan bu çalışmada 1/3 ölçeğinde hazırlanan duvarları yatay ve sismik olarak uygulanmış yükler altında test etmişlerdir. Deneylerin sonucunda bu yöntemin, duvarın dayanım ve yük taşıma kapasitesinin artmasında etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın değişik yönü, yükün iki doğrultuda uygulanmasıdır. Birinci set deneylerde yük diyagonal olarak uygulanmıştır. Bu deneylerin sonucunda duvarın sünme oranı diyagonal çerçevede %126 ve yatay yük altında %100 artış göstermiştir. Dayanım artışı ise diyagonalde %92 ve yatayda %267 oranında artmıştır. Son olarak güçlendirilmiş duvarların rijitliği diyagonal çerçevede %143 ve yatayda %117 oranında artış göstermiştir.

Özcebe ve arkadaşları [28] duvarların karbon fiber lifli polimer kumaşlarla (CFRP) güçlendirilmesi ile ilgili deneysel ve kurumsal bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada iki katlı tek açıklıklı dolgu duvarlı BA çerçeveler test edilmiştir, ve test edilen deney elemanları CFRP bantları ile güçlendirilmiştir. Bu deneylerin amacı binalarda optimum kat sayısı, onların ebadı ve güçlendirilme bağlantı detaylarını tahmin etmektir, ayrıca deneylerden ve analitik çalışmalardan elde edilen sonuçların ne kadar birbirine yakın olduğunun incelemesidir. Bu amaçla ODTÜ, İTÜ ve BOĞAZİÇİ Üniversitelerinin Laboratuvarlarında 1/3 ölçekli yedi adet deney elemanı

hazırlanmış ve test edilmiştir. Ayrıca güçlendirilmiş duvarlar ANSYS programında modellenmiş ve sonuçlar irdelenmiştir. Programın sonunda ANSYS programında yapılan analizlerde deneylerden elde edilen sonuçların arasında itina edilebilecek bir fark gözlemlenmemiştir. Dolayısı ile bir duvar ya binanın güçlendirilmesinden önce güçlendirilme detaylarını analitik yöntemler ile tahmin edilebilmesi ve daha verimli bir güçlendirilme işlemin yapılması sağlanmıştır.

Ghassan ve arkadaşlarının [29] 2002 yılında gerçekleştirdikleri başka bir çalışmada iki ve üç açıklıklı duvarları değişik bir yöntem ile güçlendirmişlerdir. Uygulanmış olan bu yöntemde duvarların dayanımını arttırmak amacıyla yönelik olarak duvarların kendisini değil de, onları çevreleyen kolon ve kirişleri ekstra donatılar ile takviye etmişler ve sonuçları irdelenmiştir. Deney elemanlarına yatay yük verilmiştir. Ayrıca bu duvarları sonlu elemanlar metodu ile de analiz etmişlerdir. Deneylerin sonucunda bu yöntemin duvarın sünme ve göçme kapasitesine katkı sağladığı gözlemlenmiştir.

Maheri ve Hajipour [30], 1/1 ölçekli üç tip çelik eleman-betonarme çerçeve köşe bağlantısı üzerine deneyler yapmıştır. Çelik bağlantı elemanları kopana kadar aksenal olarak yüklenmiştir. Deneyler sonucunda, önerilen üç farklı tipteki köşe bağlantısının da, kolon-kiriş birleşim düğümünde aktarılacak yükleri destekleyebilecek kapasitede olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca, güncel yönetmenliklerin yardımı ile yapılan dayanım tahminlerinin, deneysel veriler ile oldukça iyi bir uyum içinde olduğu belirtilmiştir.

Bush ve arkadaşlarının [31] gerçekleştirdikleri bir başka çalışmada dolgu duvarlar, demir bantlar ile güçlendirilmiştir. Bu yöntem daha önce de kullanılmıştır, fakat bu çalışmada demir bantlar hem çapraz hem de yatay yönde duvarı sarmışlardır. Bu deneylerin sonucunda demir bant sargıların katkısından dolayı göçme kapasitesi referansa göre 1,5 kat, duvarın kırılma kapasitesi %60 oranında artmıştır.

Dolgu duvarların güçlendirilmesi üzere yapılan bir başka çalışma da Maheri [32], tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada dolgu duvarları demir bantları ile

güçlendirilmiştir. Çalışmada demir bantların duvarın göçme kapasitesine olan katkısı incelenmiştir. Ayrıca bu deneylerin sonucundan yola çıkarak demir bantları ve bina katları arasında standart bir oran bulmaya çalışılmıştır. Deneylerin sonucunda duvarın güçlendirilmesinde kullanılan demir bantların oranının binanın katlarına bağlı olduğu tespit edilmiştir.

Mohebkhah ve arkadaşları [33], dolgu duvarlar üzerine deneysel ve kurumsal bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmanın amacı güçlendiriliş duvarın deneysel davranışını analitik yöntemler ile modellemektir. Bu amacı gerçekleştirmek üzere dolgu duvarları soyut elemanlar metodu(Discrete Elements Method, DEM) ve UDEC 2004 programları ile modellemiş ve analiz edilmişlerdir. Araştırmanın sonucunda duvarların davranışında, tuğlaların arasındaki harcın ve yükün uygulandığı yönün etkili olduğu ortaya çıkmıştır.

İran’da 2003 yılında meydana gelen Bam depreminden sonra, Bam telefon merkezindeki dolgu duvarların etkisine yönelik bir kurumsal çalışma yapılmıştır. Bu çalışmayı gerçekleştiren Hossein ve Toshimi [34], Bam telefon merkezinin depreme maruz kalıpta göçmemesinde dolgu duvarların etkisini incelemişlerdir. Bu analizde binanın dolgu duvarlarını iki durumda açıklıklı ve açıklıksız olarak analiz etmişlerdir. Araştırma sonucunda dolgu duvarların binada yatay yüklere karşı etkili olduğunu ve bu duvarların güçlendirildiği takdirde binayı yatay yükler tarafından korunabileceğini tespit etmişlerdir.

Baran ve arkadaşları [35-37], tarafından gerçekleştirilen deneysel ve kuramsal çalışmada iki katlı tek açıklıklı dolgulu betonarme çerçeveler önüretimli yüksek dayanımlı beton paneller ile güçlendirilmişlerdir. Deney çerçeveleri kolon eksenel yükleri altında tersinir tekrar yatay yükler altında test edilmişlerdir. Analizlerin sonucunda bu yöntemin hem ekonomik hem de yapısal olarak performanslı ve etkili olduğu ortaya konulmuştur. Analitik çalışmalarda da panellerle güçlendirilmiş tuğla dolgu duvarlar hem eşdeğer kolonlar olarak, hem de eşdeğer basınç çubukları ile modellenmişlerdir. Önerilen modellemeler ile yapılan yapısal çözümlemenin sonuçları düşük hata paylı olacağı sonucuna varılmıştır.

Perera ve arkadaşları [38], yeterli sismik performansa sahip olmayan, tuğla dolgu duvarlı bir betonarme çerçeveyi, K tipinde uyguladıkları düşeyde kesme bağlantısı barındıran bir çelik eleman düzenlemesi ile güçlendirmeyi amaçlamışlardır. Yükleme tersinir tekrarlanır biçimde yatay olarak deney çerçevesine uygulanmıştır. Araştırmacılar, deneysel çalışmayı tam ölçekli 4 katlı 3 açıklı bir bina çerçevesi üzerinde denemişlerdir. Deney çerçevesinin 2 katındaki orta açıklıktaki çerçeve boşluğu güçlendirme yöntemin uygulanması için seçilmiştir. Çerçeve mevcut bulunan tuğla duvar kırılarak alınmış, yerine önerilen düzendeki çelik elemanlar yerleştirilmiştir. Güçlendirmenin her iki tarafında bulunan komşu açıklıklardaki tuğla duvarlara hasar verilmemiştir. Deneysel veriler, tuğla dolgu duvar yerine yerleştirilen düşey kesme bağlantılı dış merkezli çaprazlarla güçlendirilen çaprazların yatay sismik kuvvet karşısında mükemmel bir enerji tüketim kapasitesine sahip olduğu göstermiştir. Araştırmacılar, elde edilen deney verilerle uyum sağlayacak sayısal yapısal hasar modeli için basit bir önerme sunmuşlardır. Çalışmada elde ettikleri deneysel veri ile sayısal modeli kalibre ederek, uyumlu sonuçlar elde etmişlerdir.

Bilindiği gibi duvarları güçlendirilmeden önce o duvarların dayanımını doğru tahmin edebilmek ve ona göre güçlendirilmesi güçlendirilmenin uygulamasında önemli bir rol oynamaktadır. Dolgu duvarın dayanımını tahmin etmek üzere değişik yöntemler geliştirilmiştir. Saneinejad ve Hobbs [39] gerçekleştirdikleri çalışmada ilk önce dolgu duvarı normal çerçevede ve daha sonra çerçeveyi ikiye bölerek duvarı iki ayrı sistemde sonlu elemanlar metodu ile modellemiş ve sonuçları incelemişlerdir. Araştırma sonucunda iki bölünüşte iki ayrı sistemde çalışan dolgu duvarların dayanım ve rijitliğinde önemli bir artış ortaya çıkmıştır.

Duvarlar ile ilgili yapılan birçok araştırmada bu duvarlar düzlem yük etkisi altında denenmiştir. Flanagan ve Bennett [40], 1999 yılındaki yaptıkları bir araştırmada dolgu duvarlı çerçevelerin düzlem olmayan düzensiz yükler altındaki davranışlarını incelemişlerdir. Her iki durumda köşedeki tuğlaların dağıldığı tespit edilmiştir. Bu araştırmanın sonucunda düzensiz yüklemde tuğla duvarın kalınlığının etkili olduğu da ortaya çıkmıştır. Düzensiz yüklemde duvarın çerçevesinin davranışında çok bir

değişiklik olmadan yine rijit davranış göstermiştir ama tuğla duvar rijide yakın bir davranış sergilemiştir. Araştırma sonucu düzensiz yükler duvarın rijitlik ve dayanımını etkilemekte olduğu tespit edilmiştir.

Asteris [41] dolgu duvarların davranışı ile ilgili 2004 yılında bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada boşluklu dolgu duvarda mevcut olan boşluğun oranı ile duvarın kırılma kapasitesinin arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucundan yola çıkarak çok katlı binaların dolgu duvarları arasındaki boşluğun etkisi de incelenmiştir. Ayrıca bu deneylerin sonucu sonlu elemanlar metodu ile de analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda dolgu duvarın içindeki boşlukların oranı direkt olarak duvarın kırılma kapasitesini etkilediği ortaya çıkmıştır. Bu oranın %80' e kadar duvarın kırılma kapasitesini etkilediği de tespit edilmiştir.

Güçlendirilecek duvarların tasarım esnasında nasıl modellenecekleri çok önemlidir. Bu konu ile ilgili kurumsal araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmaların bir örneği ise 1997 yılında ABD'de Madan ve Reinhorn'un [42] yaptıkları çalışmadır. Bu çalışmada dolgu duvarı zamana bağlı, lineer olmayan dinamik bir analiz ile değerlendirilmişlerdir. Bilindiği gibi bu konu ile ilgili yapılan çoğu analizler sonlu elemanlar metodu ile yapılmaktadır. Bu araştırmacıların denedikleri yöntemde modellemeler IDARC2D versiyon 4 ile yapılmıştır. Ve dolgu duvarları dayanımı hariç, deprem yükleri altındaki gösterebilecek davranışını da tahmin edebilmişlerdir. Başarılı bir çalışma olarak literatürde yer almıştır.

Dolgu duvarların güçlendirilmesinde en çok kullanılan yöntem, fiber karbon bantları ile güçlendirilmesidir. Bu yöntemde önemli kısımların da biri fiber karbonu iyi bir şekilde ve büyük yükler altında kopmayacak bir şekilde duvara yapıştırılmasıdır. Bu konu ile ilgili Özdemir ve Akyüz [43] bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada fiber karbonu duvara yapıştıran ankırâjların duvara girme derinliği ve duvar ile arasındaki mesafe ile ilgilidir. Bu çalışmada yük altında olan güçlendirilmiş dolgu duvarın ankırâjlarının çekme kapasitesini ölçmüşlerdir. Deney sonucunda ankırâjların duvardan ve kolonlardan 2-3 mm mesafede olmasında ankırâj davranışı açısından

faydası olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca ankıraların etkili derinliğinin de 100 mm olduğunu ortaya koyulmuştur.

Dolgu duvar güçlendirmenin kronolojisi incelendiği zaman her geçen gün yeni bir yöntemin önerildiği rahatlıkla görülmektedir. Maheri ve arkadaşları [44] 2003 yılında yaptıkları deneysel bir araştırmada dolgu duvarların güçlendirilmesine yönelik yeni bir yöntem önerilmektedir. Bu yöntemde dolgu duvarların içini boşaltılarak kenarlarına hasır donatı yerleştirilmiştir. Aslında duvarın içinde yeni bir kolon kiriş sistemi oluşturulmaktadır. Güçlendirdikleri duvarı denedikten sonra bu yöntemin duvarın dayanım ve göçme kapasitesine önemli bir katkı sağladığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu yöntemin deprem yükü altında daha da verimli olduğu da ortaya konulmuştur.

Maheri ve Akbari'nin [45] 2003 yılında yaptıkları başka bir çalışmada içinde betonarme çerçeve oluşan bir dolgu duvarın davranışını çok katlı binaların davranışı kapsamında incelemişlerdir. Bu araştırmada iki ve üç katlı binaların dolgu duvarlarının içine betonarme kaplaması yerleştirip onları deprem yükü altında test etmişlerdir. Çalışma sonunda bu tür güçlendirmenin bina kat sayısı artınca duvarın daha da iyi bir davranış sergilemesine sebep olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Daha önce de yazıldığı üzere güçlendirilmiş dolgu duvarların tasarım çalışmalarında nasıl modelleneceği önemli noktaların biridir. Youssef ve arkadaşları [46] 2006 yılındaki bir kuramsal araştırmada dolgu duvarların tasarımında hangi yüklere daha önem verilmesi gerektiğini araştırmışlardır. Bu araştırmada duvarları deprem yükü altında test etmişler, dolgu duvarların tasarımında yanal yüklerin çok etkili olduğunu ve göz önüne alınması gerektiğini önermişlerdir. Çünkü deprem esnasında bu duvarları en çok etkileyen yüklerin yanal yükler olduğunu tespit etmişlerdir.

Orta Doğu Teknik Üniversitesindeki yapılan başka bir çalışmada [47], dolgu duvarları FRP liflerle güçlendirerek davranışları incelenmiştir. Bu çalışma iki katlı bir binaya uygulanmıştır. Bu çalışmanın amacı duvarların deprem esnasındaki deformasyonunu arttırmaktır. Bu çalışmada önce çıplak duvar sonradan FRP ile

takviye edilen duvarlar denenmiştir. Yükleme yatay yönünde ve üst kattan uygulanmıştır. Deneyin sonucunda güçlendirilmiş duvarların deformasyonu ve enerji tüketiminde yüksek derecede artış tespit edilmiştir.

Shing ve Mehrabi [48], tuğla dolgu duvarın çerçeve içerisindeki davranışını ve çerçeve ile dolgu arasındaki etkileşimin tahmin edilebilmesi amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, çerçeve ile dolgunun birbiri arasındaki etkileşiminin davranışı oldukça değiştirdiği belirtilmiştir. Araştırmacılar tarafından düşük yatay yük düzeylerinde, dolgulu çerçeve monolitik davranışın hâkim olduğunu, yatay yük düzeyindeki artış dolgunun kendisini çevreleyen çerçeveden ayrılmasına sebep olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, dolgunun çerçeveye göre sahip olduğu dayanım farklılığı, yük taşıma mekanizmasının belirlenmesinde kilit rol oynadığını, dolgu çerçeveye göre zayıfladıkça, artan yatay yük düzeyine rağmen, baskın bir diyagonal çubuk mekanizmasından söz edilemeyeceğini vurgulamışlardır. Çalışmada, dayanımlar arasındaki göreceli farklılıkların, dolgulu çerçeveler için temelde 5 farklı göçme tipi oluşturduğu ve göçme tiplerinin 25 farklı göçme mekanizmasına neden olduğu belirtilmiştir.

Acun ve Sucuoğlu 2005 yılında yaptıkları bir çalışmada [49] dolgu duvarları hasır donatı ile güçlendirmişlerdir. İki açıklıklı, iki katlı 1/3 ölçekli betonarme deney çerçevelerini test etmişlerdir. Deney çerçevelerini hasır donatı ile güçlendirerek tersinir tekrarlanır yatay yükler altında test etmişlerdir. Deney sonucunda bu yöntemin dolgu duvarın rijitlik ve yatay yük taşıma kapasitesine oldukça yüksek katkı sağladığı ortaya konulmuştur.

Korkmaz ve arkadaşlarının [50] yaptıkları bir araştırmada bu sefer dolgu duvarın, binanın yük taşıma kapasitesine olan katkısı incelenmiştir. Bu çalışmada üç katlı bir binayı doğrusal olmayan analiz ile incelemişlerdir. Bu şekilde dolgu duvarın yapısal davranışlarını belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışmada dolgu duvarı modellemek için çapraz eleman kullanmışlardır. Çalışmanın sonunda dolgu duvarların yapının deprem esnasındaki davranışında vazgeçilmez etkisi olduğu rapor edilmiştir.

İrtem ve arkadaşları [51] 2005 yılında dolgu duvarların, yapının deprem esnasındaki davranışı üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada dolgu duvarı olan ve dolgu duvarı olmayan iki binayı yatay ve orantılı olarak artan yük altında test etmişlerdir. Araştırma sonucunda binanın deprem esnasındaki davranışının dolgu duvarların yerleştirilmesine bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Dolgu duvarların performansını arttırmak üzere yapılan başka bir çalışmada Begimgil [52], dolgu duvarların harcına çeşitli katkı maddeleri katarak bir dolgu duvarları güçlendirmeye çalışmıştır. Duvarlar üzerine iki eksenli yükleme uygulanan bu çalışmada amaç dolgu duvarların yatay yük taşıma kapasitelerini arttırmaktır. Ayrıca deneyler sonlu elemanlar metodu ile de modellenerek incelenmiştir. Araştırmanın sonucunda katkı maddelerinin duvarın yatay yük altında oluşan kayma deformasyonu karşısında önemli katkılar sağladığı görülmüştür.

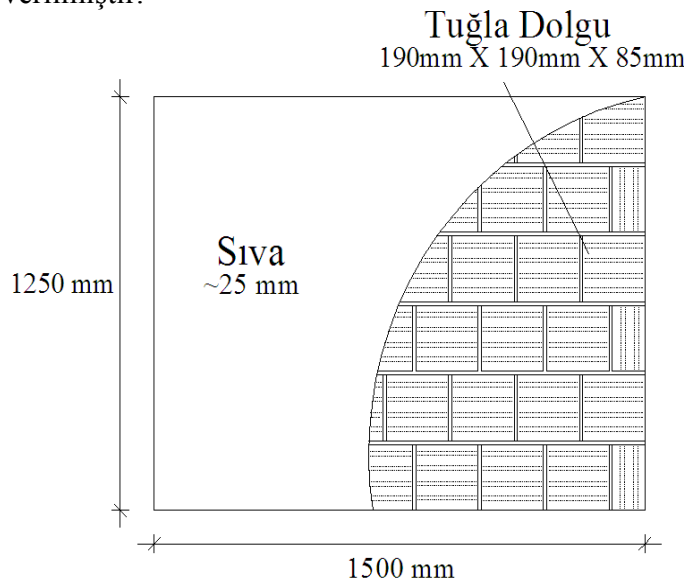
Keyder ve Gündoğmuş'un gerçekleştirdiği bir çalışmada [53] deprem esnasında hasar görmüş olan dolgu duvarları yeni bir yöntem ile güçlendirilmişlerdir. Bu yöntemde duvarlar öngermeli çubuklar ve toronlar ile güçlendirilmişlerdir. Deneyler sonucunda bu yöntem ile güçlendirilen dolgu duvarlarının yük taşıma kapasiteleri yedi kat artmıştır.

Ersoy ve Marjani [54], 2002 yılında yaptıkları bir araştırmada dolgu duvarların binanın deprem esnasındaki davranışına olan katkısını incelemişlerdir. Bu amacı gerçekleştirmek için altı adet iki katlı ve tek açıklıklı çerçeve hazırlamışlardır. Buna ilave olarak da altı adet, iki katlı ve dolgulu çerçeveyi de test etmişlerdir. Ayrıca bu konu ile ilgili kuramsal bir çalışmada yapmışlardır. Dolgulu ve dolgusuz çerçevelerinde premi benzeştirir tersinir tekrarlanır yükler altındaki davranışlarını karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda yatay yük taşıma kapasitesinin referans çerçeveye oranla sıvanmamış çerçevelerde %240 ve sıvanmış çerçevelerde %300 olduğu rapor edilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Deney Programı

Deney elemanları 1/2 ölçeğe sahip olacak şekilde ve 1500 mm x1250 mm ebadında hazırlanmıştır. Deneysel çalışmada bir adedi referans olmakla birlikte, toplam onüç adet deney elemanı test edilmiştir. Deney elemanlarının boyutları Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Deney elemanların boyutları ve detayı

Deney elemanları iki ana gruba ayrılmıştır ve her grup referans hariç altışar adettir. İlk altı deney elemanı, en uygun sac kalınlığı ve bulon aralığını yakalamak amacıyla tasarlanmıştır. İkinci altı deney elemanında ise bulon aralıkları sabit tutulmuş, önerilen güçlendirme yöntemini daha performanslı hale getirmek ve daha iyi sonuçlar elde edebilmek amacıyla dolgu duvarın dört köşesinde ezilmeleri geciktirebilmek amacıyla aşağıda ayrıntıları açıklanmış olan yöntemler uygulanmıştır.

Geçmişteki çalışmalardan ve kazanılmış tecrübelerden yola çıkılarak, deprem esnasında tuğla dolgu duvarların en çok hasar gören kısımlarının, köşeleri olduğu

tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu hasarı en aza indirmek amacıyla ikinci gruptaki deneylerde dolgu duvarları sac levha ile güçlendirmenin yanında duvarların köşeleri de üç değişik yöntem ile takviye edilmiştir. Duvarların köşesini takviye etmek amacı ile uygulamış olan ilk yöntem, duvarın dört köşesinde yer alan bulonların aralıklarının sıkıştırılmasıdır. İkinci yöntem, duvarın dört köşesinde ezilmeye maruz kalan tuğlalar aynı ebatlarda kesilerek çıkarılmış ve yerlerine beton dökülmüştür. Üçüncü yöntemde ise duvarın dört köşesine L şeklinde profiller bulonlar vasıtasıyla sabitlenmişlerdir. Yöntemler Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

Bilindiği üzere piyasada bulunan sac levhaların ebatları standarttır. Güçlendirilecek olan dolgu duvarın boyutları büyükse duvara yetecek boyutta sac levhanın bulunamaması yüksek olasılık dahilindedir. Bu duvarların güçlendirilmesi birden fazla sayıda sac levhanın birleştirilmesi ile yapılmıştır. Fakat sacların nasıl birleşeceği ve birleşen sacların nasıl çalışacağı bilinmemektedir. Bu soruya cevap bulabilmek için ikinci grup deney elemanlarında güçlendirme yapılırken saclara bindirmeli ekler uygulanmıştır, iki sac birbirleri üzerine bindirmeli ek payıyla oturtularak daha büyük boyutta sac elde edilmiştir. Çizelge 2.1’de tüm deney elemanların özellikleri tablo şeklinde verilmiştir. Tabloda özellikleri açıklanan deney elemanları, tersinir tekrarlanır yanal yükler altında test edildikten sonra:

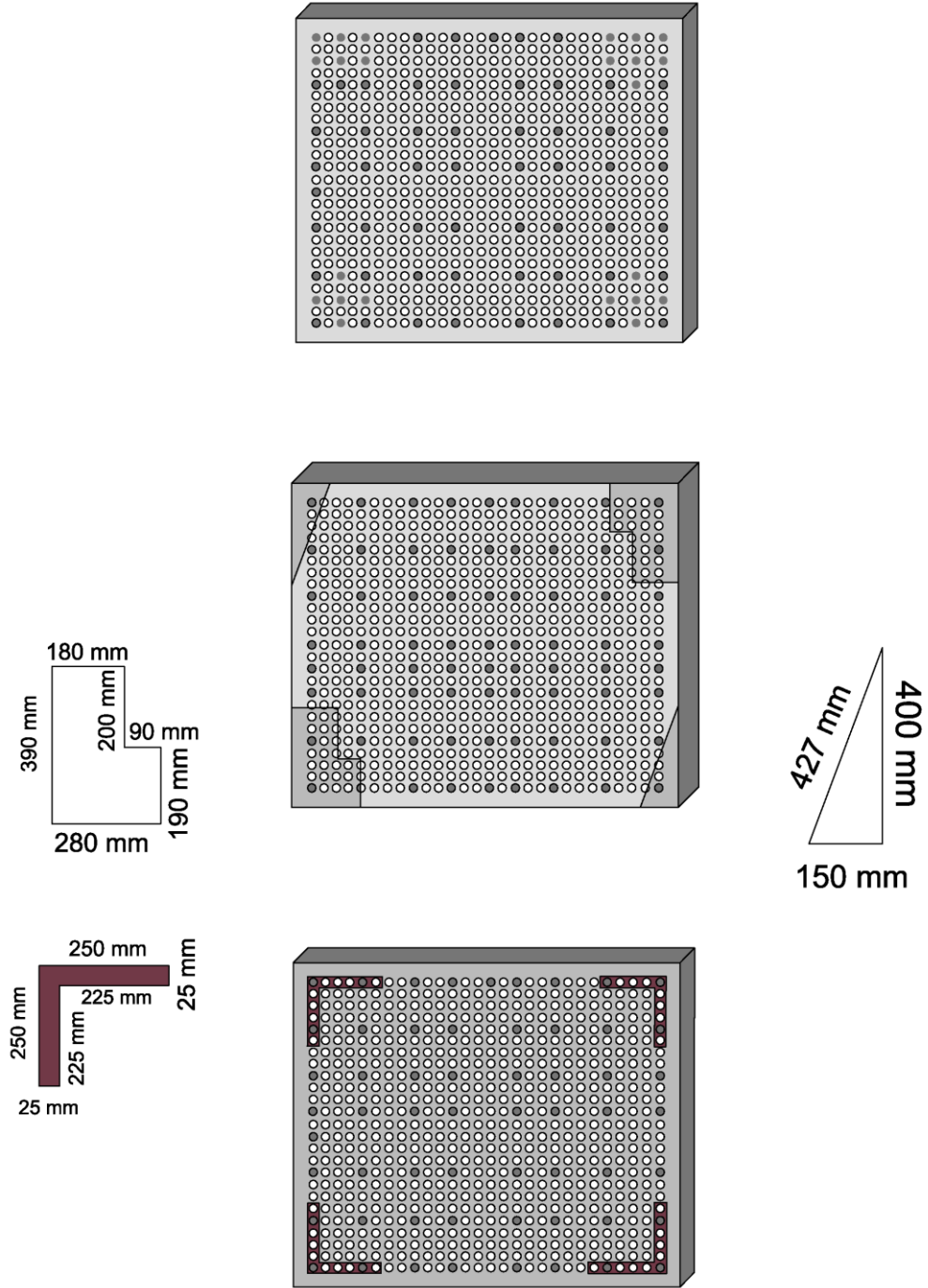
- a) Sac levha ile güçlendirilen tuğla dolgu duvarın yanal yük taşıma kapasitesi,
- b) Sac levha ile güçlendirilmiş duvarın enerji tüketim kapasitesindeki artış,
- c) Sac levhanın duvarın sünekliğine olan etkisi,
- d) İki parçanın birleşiminden oluşan sacların davranışı,
- e) Duvarın güçlendirilmesinde kullanılan sacın en uygun kalınlığı,
- f) Kolon ve kiriş yapı elemanlarının etkisi altında olmayan yalın dolgu duvarın taşıma kapasitesi incelenecektir.

2.2. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Deney sonuçlarının daha gerçekçi ve kıyaslanabilir olabilmesi için deney elemanlarının üretilmesinde kullanılan malzemelerin hepsi aynı yerden ve bir seferde tedarik edilmiştir. Ayrıca önerilen tekniğin daha ekonomik olabilmesi için deneylerde maliyeti artıracak herhangi bir özel üretilmiş malzeme kullanılmamıştır. Kullanılan malzemelerin tamamı piyasada rahatça bulunabilmektedir.

Çizelge 2.1. Deney elemanların özellikleri

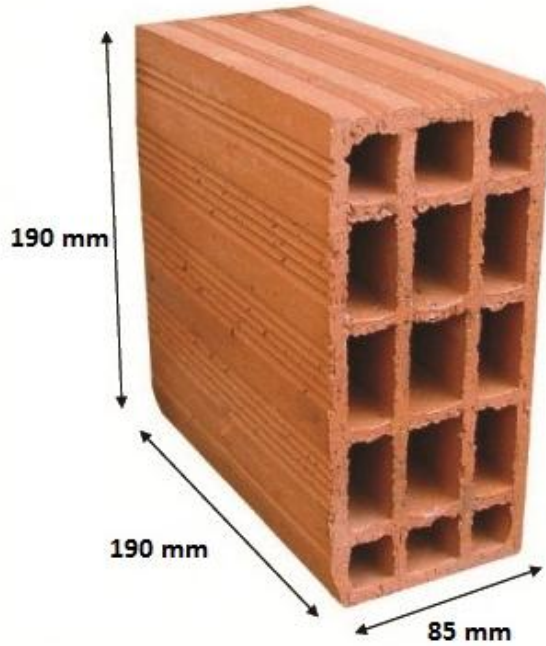
Eleman Adı	Levha kalınlığı	Bulon aralığı	Güçlendirilme Türü	Sac Levha Uygulama Türü
R	-	-	-	-
S0.5-100	0,5 mm	100 mm	Sac	Tek parça
S0.5-150	0,5 mm	150 mm	Sac	Tek parça
S0.5-200	0,5 mm	200 mm	Sac	Tek parça
S1.0-100	1,0 mm	100 mm	Sac	Tek parça
S1.0-150	1,0 mm	150 mm	Sac	Tek parça
S1.0-200	1,0 mm	200 mm	Sac	Tek parça
S0.3-CB	0,3 mm	Standart	Sac+Köşe Bulon	İki parça
S0.5-CB	0,5 mm	Standart	Sac+Köşe Bulon	Tek parça
S0.3-CL	0,3 mm	Standart	Sac+Köşe L Profil	İki parça
S0.5-CL	0,5 mm	Standart	Sac+Köşe L Profil	Tek parça
S0.3-CC	0,3 mm	Standart	Sac+ Beton Kaplama	İki parça
S0.5-CC	0,5 mm	Standart	Sac+ Beton Kaplama	Tek parça



Şekil 2.2. Köşelerin ezilmesini önlemek için uygulanan köşe takviye yöntemle

2.2.1. Tuğla

Dolgu duvarların örülmesinde piyasada 8.5'lik olarak bilinen yatay delikli blok tuğlalar (85 mm x190mm x190mm) kullanılmıştır. Basınç dayanımı, tuğla deliklerine paralel yönde 12,0 MPa, boşluklara dik-kısa yönde 2,8 MPa ve boşluklara dik-uzun yönde 3,2 MPa olarak ölçülmüştür. Tuğla dolgular olabildiğince sıradan bir işçilikle sıvanmışlardır. Tuğlaların tamamı aynı yerden ve bir seferde alınmıştır. Kullanılan tuğlaların ebatları Resim 2.1'de gösterilmiştir.

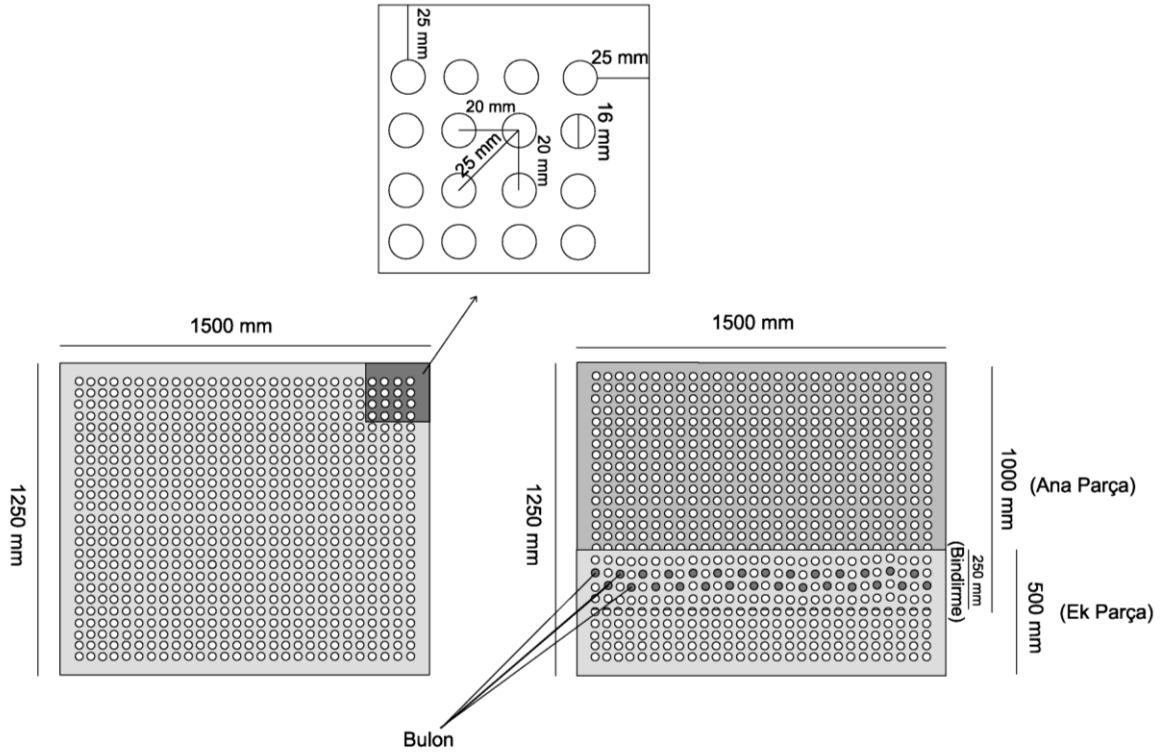


Resim 2.1. Tuğla ebatları

2.2.2. Sac levhalar

Sıvanmış tuğla dolgu duvarların güçlendirilmesinde kullanılan sac levhaların da hepsi bir seferde ve aynı yerden tedarik edilmiştir. Deneylerde kullanılan saclar 0,3 mm, 0,5 mm ve 1,0 mm olmak üzere üç ayrı kalınlıktadır. Sacların üzerlerindeki delikler, sacların tedarik edildiği fabrikada üretilmeleri esnasında delinmiştir. Sacların boyutları Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Duvarlar örüldükten ve sıvandıktan

sonra, dayanım kazanmaları amacıyla yaklaşık bir ay bekletilmişler ve çatlamalarını önlemek amacıyla her gün sulanmışlardır.



Şekil 2.3. Tek ve iki parçadan oluşan sac levhanın geometrisi

2.2.3. Sıva ve harç

Örülen tuğla dolgular, karışım oranı Tablo 4.2’de verilen çimento-kireç-kum karışımı ile 25 mm kalınlığında olacak şekilde sıvanmışlardır. Karışımındaki kullanılan malzemelerin oranı ağırlıkça kilogram cinsinden Tablo 2.2.de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Sıva ve harçta kullanılan malzemelerin oranı

Malzeme	Çimento	Kum	Kireç	Su
Oranı (kg)	10	30	5	5

Burada belirtilmesi gereken nokta, harcın ve sıvanın hazırlanmasında karışımın su oranlarının, kullanım amaçlarının değişikliğinden ötürü, farklı tutulmuş olmasıdır. Harçta 5 kg dan daha az, sıva da ise daha fazla miktarda su kullanılmıştır. Deney sonuçlarının gerçekçi olabilmesi için bütün karışımlar aynı yerde ve sıcaklık koşullarında hazırlanmıştır. Karışımların hepsi de laboratuvarında bulunan aynı mikser ile hazırlanmıştır. Kullanılan harç ve sıvanın dayanımını belirleyebilmek amacıyla her dökümden 3 silindir numune alınmıştır ve deneyler esnasında silindir numuneleri de kırılarak harç ve sıva dayanımları elde edilmiştir.

Harç ve sıva dayanımı olarak 3-5 MPa mertebesinde bir basınç dayanımı elde edebilmek amaçlandıysa da, karışımdan ve bakımdan kaynaklanması muhtemel bir göreceli yüksek bir dayanım seviyesi elde edilmiştir. Tüm deney elemanlarının harç ve sıva dayanımları yaklaşık aynı seviyelerde olduğu için bu durumun deney sonuçlarında karşılaştırma yapabilmek veya farklılık oluşturması yönünden bir dezavantaj sağlamayacağı kesindir.

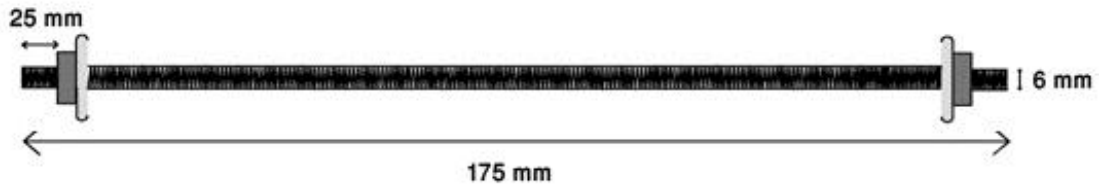
Çizelge 2.3. Harç ve sıvadan alınan silindir numunelerin basınç dayanımı

Deney Elemanı	Harç (MPa)	Sıva (MPa)
Referans	13,02	11,64
S0.5-200	17,24	12,7
S0.5-150	15,49	11,81
S0.5-100	14,17	12,47
S1.0-200	13,72	11,82
S1.0-150	13,33	11,4
S1.0-100	15,52	14,33
S0.3-CB	12,98	12,21
S0.5-CB	13,19	11,41
S0.3-CC	13,67	11,64
S0.5-CC	12,8	11,96
S0.3-CL	13,46	12,17
S0.5-CL	16,03	13,89

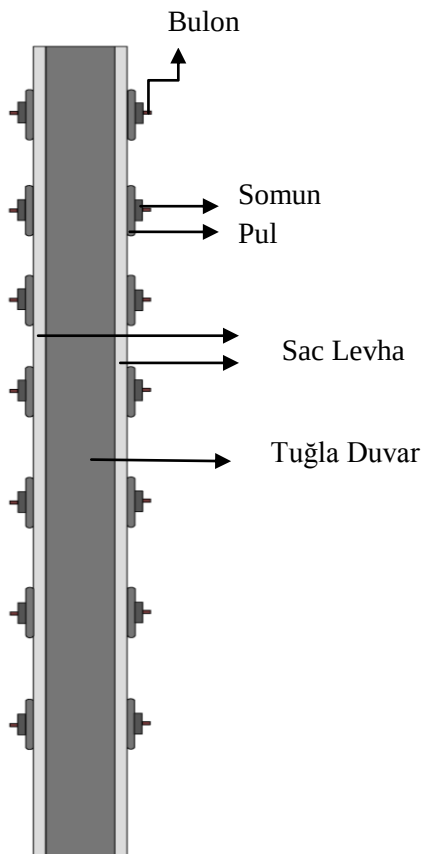
2.2.4. Bulon, pul ve somun

Sac levhayı duvara sabitleyebilmek amacıyla ve ikinci grup deney numunelerinde iki parçadan oluşan sacların beraber çalışabilmesi amacıyla bulonlar kullanılmıştır. Deneye hazırlanmış olan sıvanmış boşluklu tuğla duvarın üzerine sac konularak bulonların yerleştirilmesi gereken yerler işaretlenmiş, sonra matkap ile duvarda gerekli yerlere delikler açılmış ve bulonlar duvarın bir tarafından diğer tarafına uzatılarak pullar takılmış ve somunlar vasıtasıyla sıkılmışlardır.

Deneylerde kullanılan bulonlar bir metrelik gijonlar halinde ve çeşitli çaplarla piyasada bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan bulonların çapı 6 mm dir. Bir metre boyunda olan bulonlar laboratuarda kesilerek 170mm lik parçalara ayrılmışlardır. Bulonlar duvardan geçiririp somun ve pulladıktan sonra ardgerme etkisi için 3 N.m' lik tork ile sıkılmışlardır.



Şekil 2.4. Kullanılan bulonların geometrisi



Şekil 2.5. Bulonların duvara monte edilmiş hali (Yandan bakış)

2.3. Deney Elemanlarının Tanımı

Referans deney elemanı ile birlikte toplam onüç adet deney elemanı hazırlanmış ve tersinir tekrarlanır yanal yükler altında test edilmişlerdir. Deney elemanları 1/2 ölçeğe sahip olacak şekilde ve 1500 mm x1250 mm ebadında hazırlanmıştır. Deney

elemanların özellikleri ve önerilen yöntemle güçlendirilme ayrıntıları aşağıdaki gibidir:

2.3.1. Referans deney elemanı

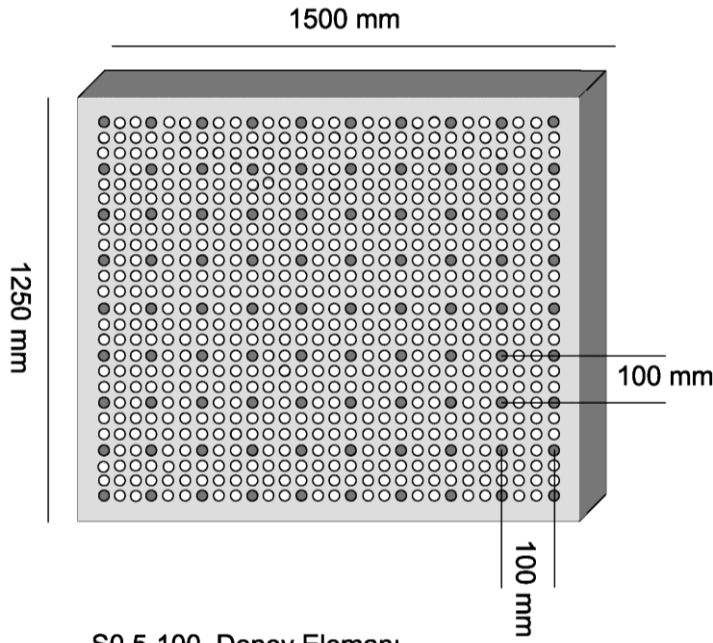
Referans deney elemanıdır. Üzerine herhangi bir güçlendirilme işlemi yapılmamıştır. Sıvanmış boşluklu tuğla dolgu duvar yalın bir halde bırakılarak tersinir tekrarlanır yükler yanal yükler altında test edilmiştir.

2.3.2. S0.5-100 deney elemanı

Sac kalınlığı 0,5 mm ve sacı duvara sabitleyen bulonların arasındaki mesafe 100 mm olan bu deney elemanı birinci grup deney setinde yer almakta olup minimum bulon aralığına sahiptir. Bu deney elemanının da aralarında bulunduğu birinci grup, duvar dayanımının ve enerji tüketme kapasitesinin artırılması amacıyla güçlendirilmiştir. Ayrıca birinci grup deneyler en uygun sac kalınlığını ve bulonlar arası mesafeyi elde edebilmek üzere tasarlanmıştır. Deney öncesi, bu numuneden orta seviyede bir performans bekleniyordu. Bu elemanın güçlendirme detayları Şekil 2.6'da belirtilmiştir.

2.3.3. S0.5-150 deney elemanı

Bu deney elemanında da güçlendirme için kullanılan sacın kalınlığı 0,5 mm'dir. Fakat sacı duvara sabitleyen bulonların arasındaki mesafe bir önceki numuneye göre 50 mm artırılarak 150 mm'ye çıkmıştır. Elemanın güçlendirilme detayları Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



S0.5-100 Deney Elemanı

Bulonların arasındaki mesafe: 100 mm

Sac kalınlığı: 0.5 mm

Şekil 2.6. S0.5-100 Deney elemanının güçlendirme detayları

2.3.4. S0.5-200 deney elemanı

Birinci deney grubunda en fazla bulon aralığına sahip olan bu numunenin sac kalınlığı 0,5 mm ve bulonlar arası mesafe ise 200 mm'dir. Hazırlanan numunelerin en zayıfları arasında yer almaktadır. Elemanın güçlendirme detayları şekil 2.8'te gösterilmiştir.

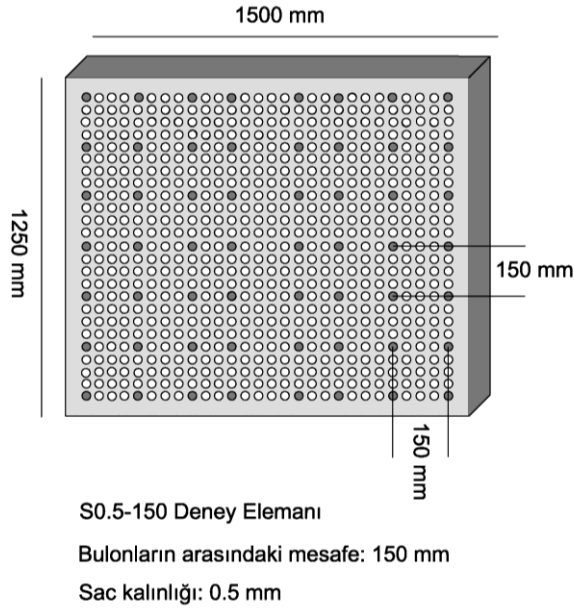
2.3.5. S1.0-100 deney elemanı

Hazırlanan bu deney elemanının sac kalınlığı önceki numunelerin iki katı yani 1.0 mm'dir. Bulonlar arasındaki mesafe ise 100 mm olarak tasarlanmıştır. Bu eleman da, yukarıdaki bölümlerde anlatılmış diğer elemanlar gibi duvarın yük taşıma kapasitesini ve sünekliğini arttırmak üzere tasarlanmıştır. Bu deney elemanı en yüksek sac kalınlığı ve en az bulon aralığına sahip olduğu için birinci grup

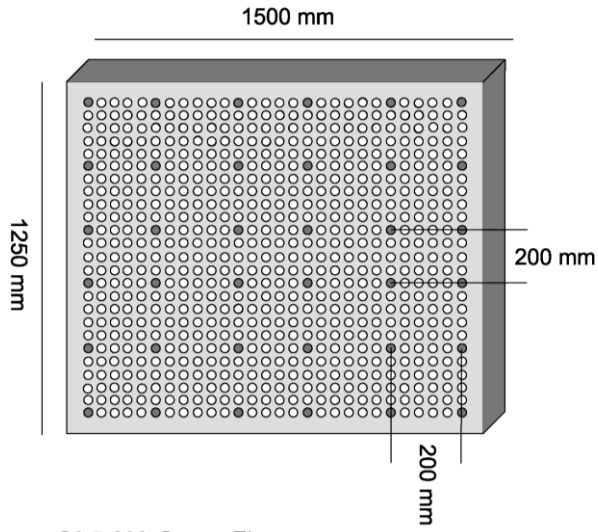
deneylerdeki en güçlü deney elemanıdır. Deney elemanının güçlendirme detayları Şekil 2.9’da gösterilmiştir.

2.3.6. S1.0-150 deney elemanı

Sac kalınlığının 1.0 mm ve bu sacı sıvanmış tuğla dolguya sabitleyen bulonların arasındaki mesafenin 150 mm olduğu bu deney elemanı orta seviyede güçlendirilmiştir. Dolayısıyla bu deney elemanından orta-üst seviye arası bir performans beklenmektedir. Deney elemanının güçlendirme detayları şekil 2.10’da verilmiştir.



Şekil 2.7. S0.5-150 Deney elemanının güçlendirme detayları

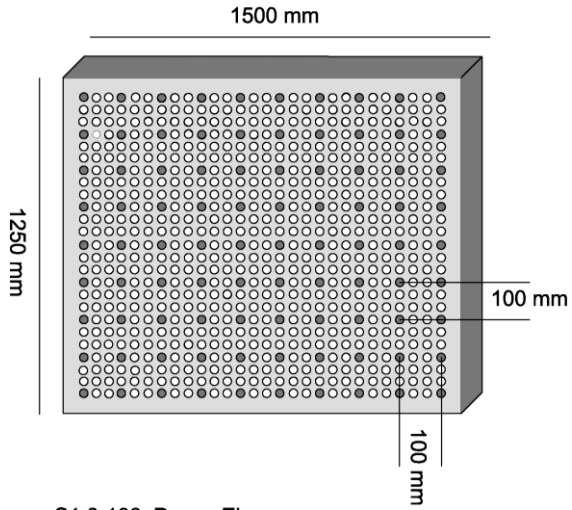


S0.5-200 Deney Elemanı

Bulonların arasındaki mesafe: 200 mm

Sac kalınlığı: 0.5 mm

Şekil 2.8. S0.5-200 Deney elemanının güçlendirme detayları



S1.0-100 Deney Elemanı

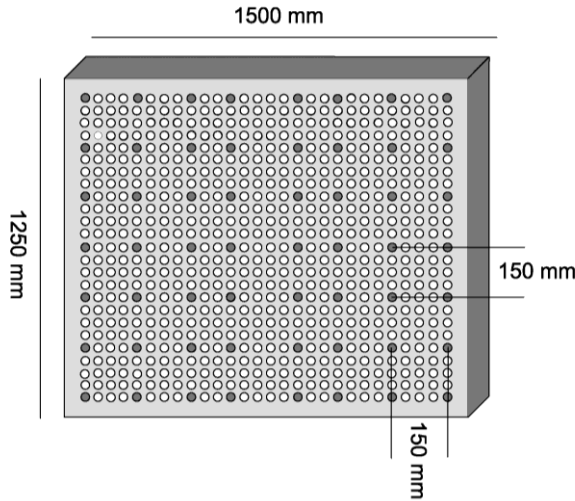
Bulonların arasındaki mesafe: 100 mm

Sac kalınlığı: 1.0 mm

Şekil 2.9. S1.0-100 Deney elemanının güçlendirme detayları

2.3.7. S1.0-200 deney elemanı

Birinci grup deneylerin sonuncu elemanı olarak bu elemanda sac kalınlığı 1.0 mm ve bulon aralığı 200 mm olarak seçilmiştir. Bu deney elemanında hem sac kalınlığı hem de bulonlar arasındaki mesafe en yüksek maksimum olduğundan, bu deney elemanından orta seviyede bir performans beklenmektedir. Deney elemanının güçlendirme detayları Şekil 2.11’de verilmiştir.



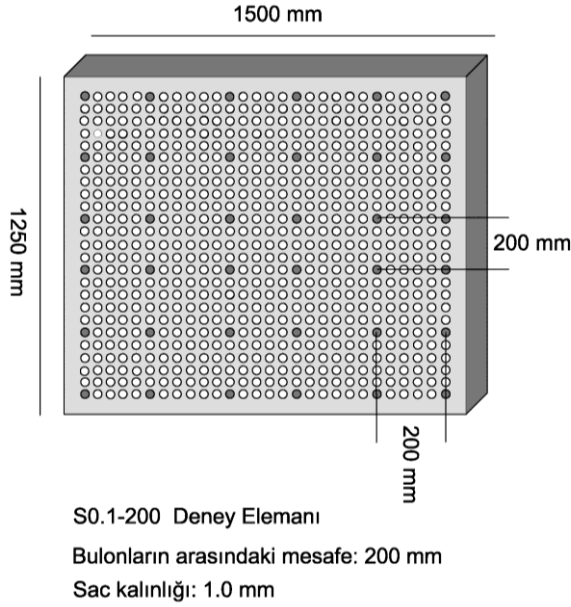
S0.1-150 Deney Elemanı
Bulonların arasındaki mesafe: 150 mm
Sac kalınlığı: 1.0 mm

Şekil 2.10. S1.0-150 Deney elemanının güçlendirme detayları

2.3.8. S0.3-CB deney elemanı

İkinci grup deneylerin birincisi olan bu deney elemanını güçlendirmek üzere iki parçadan oluşan 0,3 mm kalınlığında sac kullanılmıştır. İki parça sac da 25 cm bindirmeli ek bulunmaktadır. Bulonların arasındaki mesafe ise bu gruptaki tüm deney elemanlarında aynıdır. Duvarın köşelerinde sıkışık ve duvarın ortasına doğru seyrekleştirilmiş bulon dağılımı Şekil 2.12’de gösterilmiştir. Bu deney elemanında amaç duvarın güçlendirilmesinin yanında duvarın köşelerinin ezilmesini önlemektir. Bu amaca yönelik bu ve bir sonraki deney elemanının dört köşesindeki bulonlar sıklaştırılmıştır. Ayrıca bu deney elemanında kullanılan sac iki parçadan oluştuğu

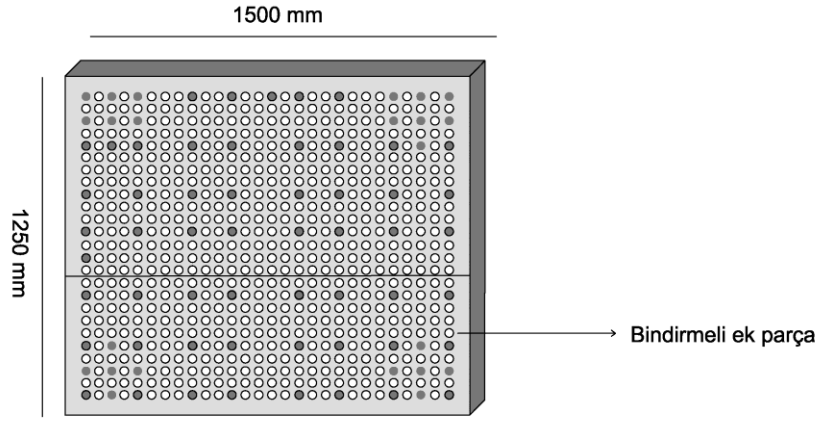
için bindirmeli ekli sacların da davranışı inceleyecektir. Deney elemanının güçlendirme detayları Şekil 2.12’de verilmiştir.



Şekil 2.11. S0.1-200 Deney elemanının güçlendirme detayları

2.3.9. S0.5-CB deney elemanı

Teste hazırlanan bu deney elemanının da güçlendirilme amacı ve köşelerinin takviye tekniği bir önceki bölümde açıklanan S0.3-CB deney elemanındaki gibidir. Fakat bu elemanda kullanılan sac tek parçadan oluşmakta ve 0,5 mm kalınlığındadır. Deney elemanının güçlendirme detayları Şekil 2.13’de verilmiştir.



S0.3- CB Deney Elemanı

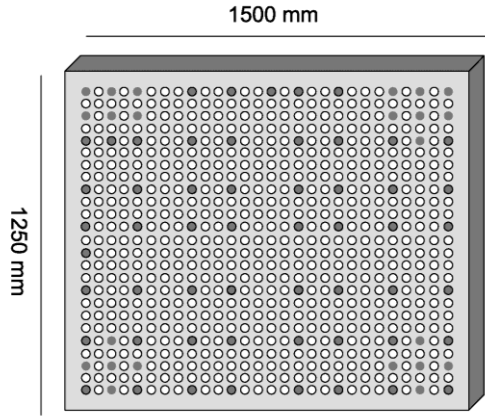
Köşelerin takviyesi: Bulonların sıkıştırılması

Sac kalınlığı: 0.3 mm (iki sacın bindirmeli ekle beraber çalıştırması)

Şekil 2.12. S0.3-CB Deney elemanının güçlendirme detayları

2.3.10. S0.3-CL deney elemanı

Teste hazırlanan bu deney elemanın da iki parçadan oluşan ve kalınlığı 0,3 mm olan saclar kullanılmıştır. Ekli bindirmeler bulonlar aracılığı ile kenetlenmişlerdir. Ayrıca bu ve bir sonraki deney elemanlarında duvarın köşelerinin ezilmesini engellemek amacıyla duvarın dört köşesine L şeklinde lama profiller bulonlar yardımıyla sabitlenmişlerdir. Lama profiller ve deney elemanının güçlendirme detayları Şekil 2.14'te verilmiştir.

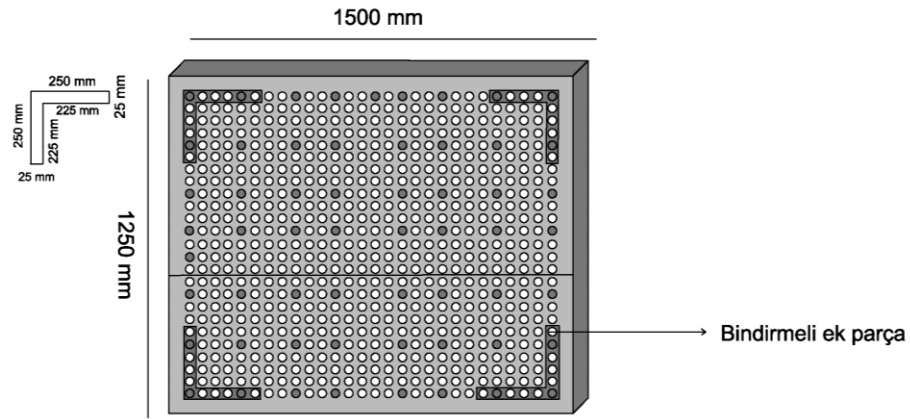


S0.5- CB Deney Elemanı

Köşelerin takviyesi: Bulonların sıkıştırılması

Sac kalınlığı: 0.5 mm

Şekil 2.13. S0.5-CB Deney elemanının güçlendirme detayları



S0.3- CL Deney Elemanı

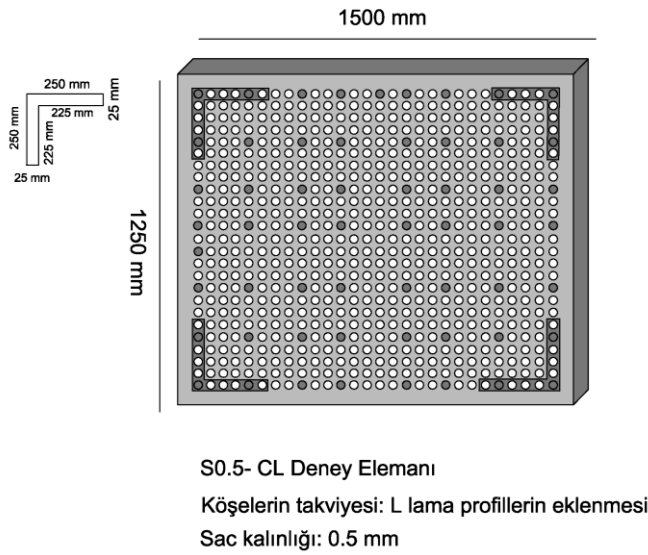
Köşelerin takviyesi: L lama profillerin eklenmesi

Sac kalınlığı: 0.3 mm (İki sacın bindirmeli ekle beraber çalıştırması)

Şekil 2.14. S0.3-CL Deney elemanının güçlendirme detayları

2.3.11. S0.5-CL deney elemanı

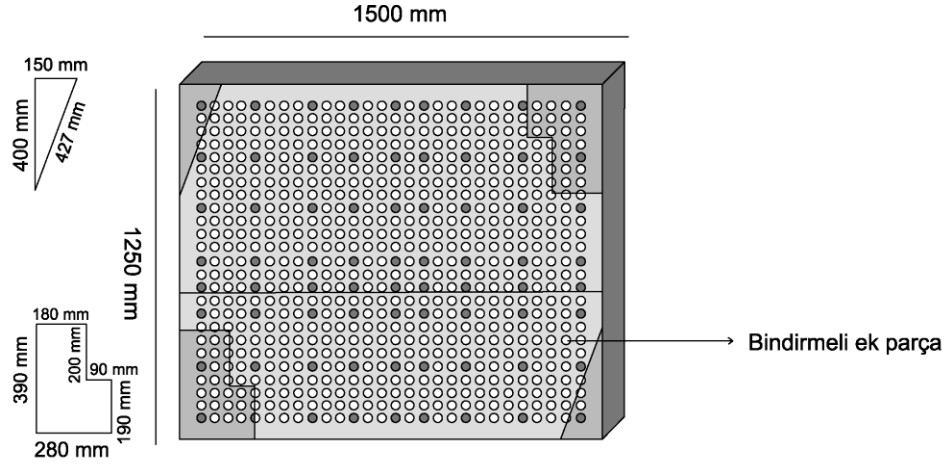
Hazırlanan bu deney elemanı da bir önceki eleman gibi bu elemanın da dört köşesi lama profillerle takviye edilmiştir. Fakat bu deney elemanında kalınlığı 0,5 mm olan tek parça sac kullanılmıştır. Deney elemanının güçlendirilme detayları Şekil 2.15'te gösterilmiştir.



Şekil 2.15. S0.5-CL Deney elemanının güçlendirme detayları

2.3.12. S0.3-CC deney elemanı

Kalınlığı 0,3 mm olan iki parça sac bulonlar ile birbirine sabitlenerek güçlendirilen bu deney elemanının köşelerinin ezilmesini önlemek amacıyla duvarın dört köşesindeki boşluklu tuğla duvarlar kesilerek çıkarılmış ve yerlerine betonarme parçalar dökülmüştür. Duvarın köşelerinin kesilme detayı ve deney elemanının güçlendirilme detayları Şekil 2.16'da gösterilmiştir.



S0.3- CC Deney Elemanı

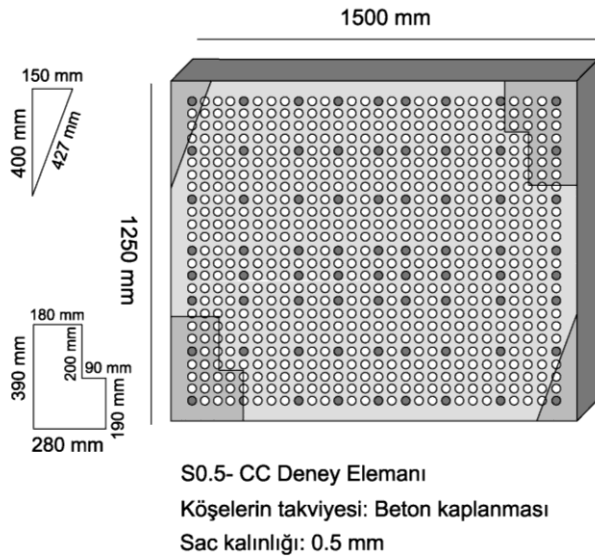
Köşelerin takviyesi: Beton kaplanması

Sac kalınlığı: 0.3 mm (İki sacın bindirmeli ekle beraber çalışması)

Şekil 2.16. S0.3-CC Deney elemanının güçlendirme detayları

2.3.13. S0.5-CC deney elemanı

Sonuncu deney elemanı da bir önceki eleman gibi kalınlığı 0,5 mm olan tek parça sac kullanılarak güçlendirilmiş ve sonra dört köşesinde yer alan tuğlalar kesilerek yerine beton parçalar dökülmüştür. Duvarın köşelerinin kesilme detayı ve deney elemanının güçlendirilme detayları Şekil 2.17’de gösterilmiştir.



Şekil 2.17. S0.5-CC Deney elemanının güçlendirme detayları

2.4. Deney Düzeneği

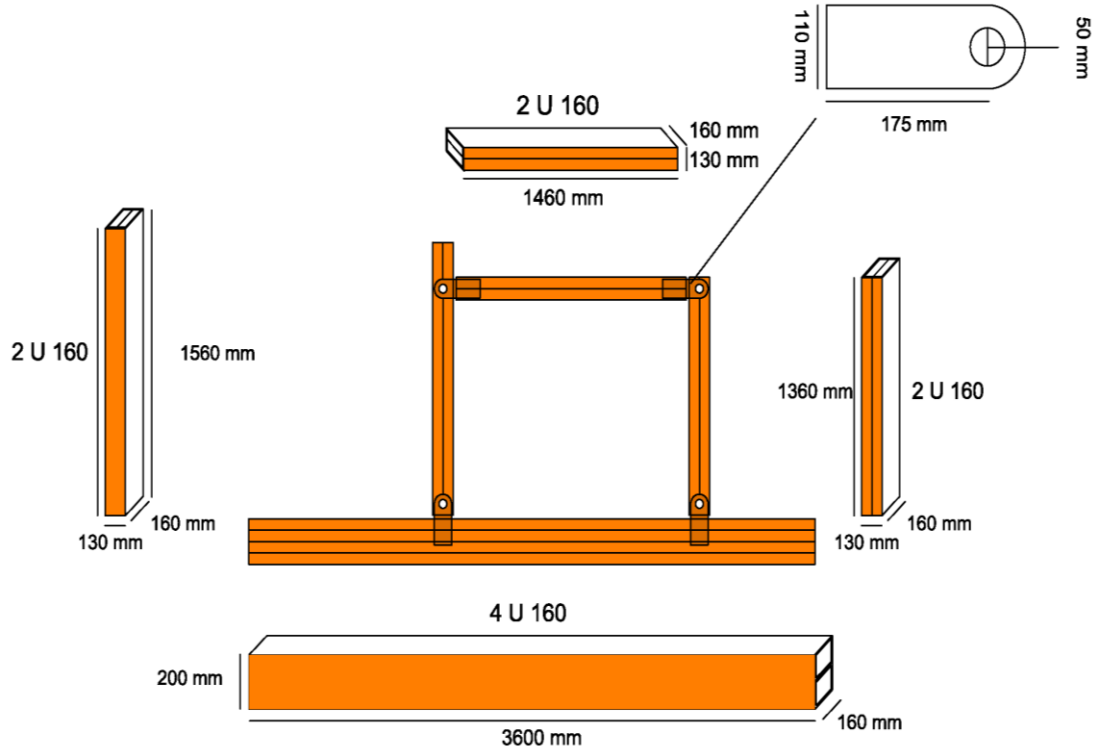
2.4.1. Deney çerçevesi

Deney elemanları Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Mekaniği laboratuvarında test edilmişlerdir.

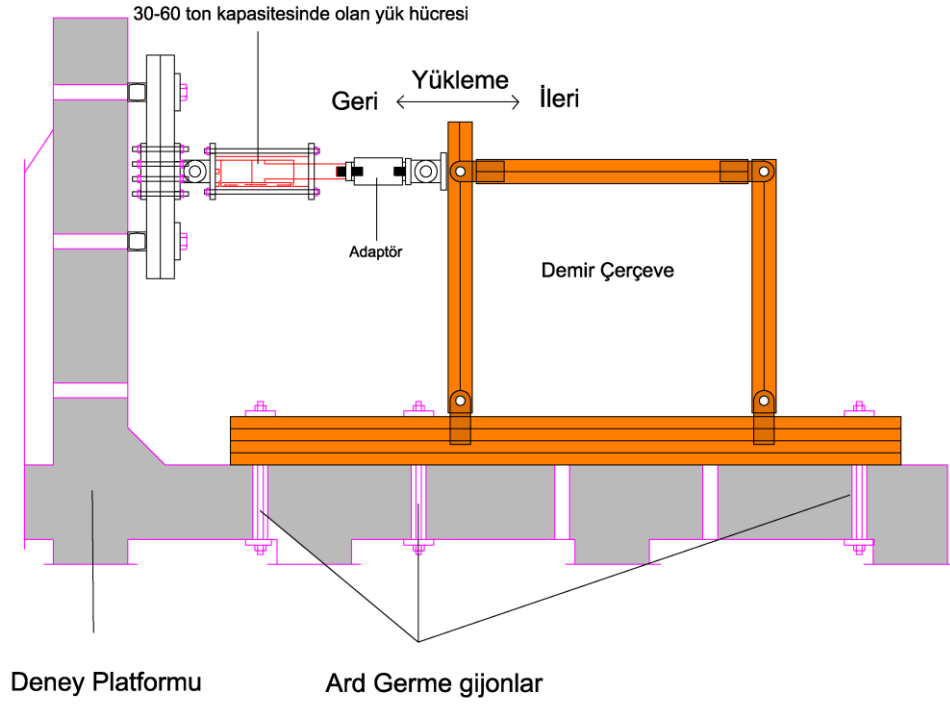
Deney çerçevelerine tersinir tekrarlanır yatay yükler bir çelik çerçeve yardımıyla uygulanmıştır. Çelik çerçevenin dört köşesinde mafsallı birleşimler yer almaktadır. Burada asıl amaç, BA çerçevede bulunan yapı elemanları (kolonlar, kiriş, temel) tarafından çevrelenen sıvanmış tuğla dolgu duvarlara uygulanan yükleri gerçeğe en yakın şekilde simüle etmektir. Tersinir tekrarlanır yatay yükler hidrolik krikolarla çerçevenin üst tarafından uygulanmıştır. Çerçevenin 500 KN yük kapasitesine sahip olması düşünölmüş ve bu yükü karşılayabilecek kapasitede tasarlanmıştır. Çerçevenin detayları şekil 2.18’te belirtilmiştir.

2.4.2. Yükleme düzeneği

Deney platformunun sol üst tarafına bir yük hücresi ve hidrolik krikolar monte edilmiştir. Hidrolik krikolarla çerçevenin sol üst tarafından ve yatay yönde deney çerçevesine yük uygulanmıştır. Şekil 2.19’da deney çerçevesinin platform üzerine yerleştirilmiş hali ve deney düzeneği gösterilmektedir.



Şekil 2.18. Deney çerçevesi ve detayları

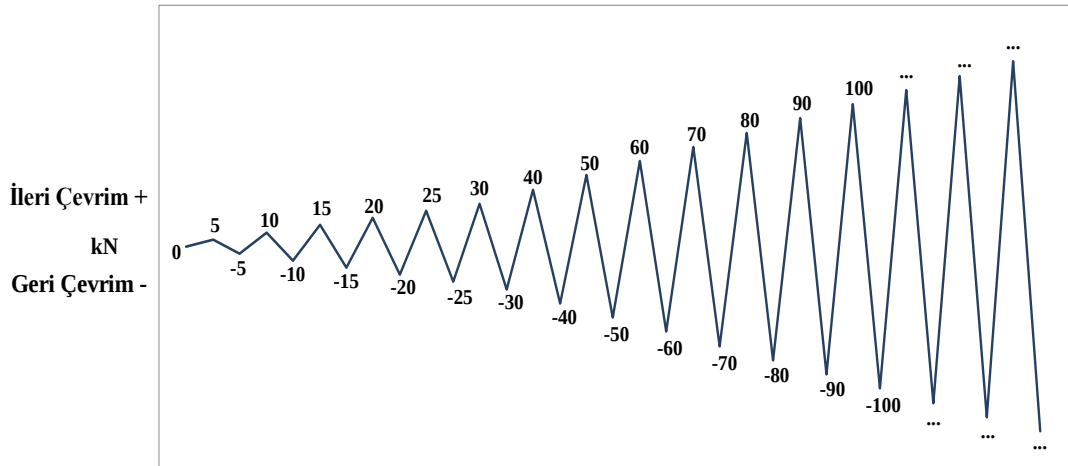


Şekil 2.19. Yükleme düzeneği

2.4.3. Yükleme programı

Deney elemanları çelik çerçevenin iki yan kolunu açılarak çerçevenin içine yerleştirilmiştir. Yanal yük ise çerçevenin sol üst tarafından hidrolik kriko vasıtasıyla çerçeveye ve de dolgu duvara tersinir tekrarlanır yanal yük olarak uygulanmıştır.

İki safhalı yükleme şablonunun ilk safhasında 5 kN artan yük değerleriyle 40 kN yatay yük değerine ulaşıp devamında yük artırımını 10 kN'a çıkarılmış, kapasiteye ulaştıktan sonraki ikinci safhada ise artan deformasyon kontrollü yükleme yapılmıştır. Yükleme programı şekil 2.20'de gösterilmiştir.



Şekil 2.20. Yükleme programı

2.4.4. Ölçme düzeni

Deneyler sırasında yük ölçümü için 40 ton kapasitesinde bir yük hücresi kullanılmıştır. Testi yapılan dolgu duvarın ve deney çerçevesinin yük etkisi altında yaptığı deplasmanları ölçebilmek için 0.01 mm hassasiyetle ölçüm yapabilen elektronik deplasman ölçerler (LVDT) kullanılmıştır. Kullanılan bu LVDT'lere gelen veriler bir okuyucu tarayıcıdan geçtikten sonra bilgisayara kaydedilmiştir. Deneyler esnasında, dolgu duvarın maksimum tepe deplasmanı ile yükün değişimi bilgisayarın ekranında yük-deplasman grafiği olarak çizdirilmiştir. Özellikle deneylerin ikinci safhası olan deplasman kontrollü yüklemede bu grafik izlenerek yüklemeler yönlendirilmiştir. Her deneyden önce LVDT'lerin kalibrasyonları kontrol edilmiştir. Deneylerde toplam 7 adet LVDT kullanılmıştır. Her LVDT'ye ``D`` harfi ile başlayan ve sonunda LVDT numarası olan bir kod adı verilmiştir. Ölçüm sisteminde duvarın yatay deplasmanını ölçmek için D1 ve D2 kodlu LVDT'lerin kullanılması uygun görülmüştür. D3, D4 ve D5 kodlu LVDT'ler ise deney çerçevesinde oluşabilecek muhtemel deplasmanları ölçmek için kullanılmışlardır. D6 ve D7 kodlu LVDT'ler ise dolgu duvardaki kayma deformasyonlarını ölçebilecek şekilde, diyagonal olarak yerleştirilmişlerdir. Duvar ve çerçevenin üzerine yerleştirilen

3. DENEYLER

3.1. Genel

Bu bölümde, daha önceki bölümlerde ayrıntılarıyla üretimi yapılmış olan deney elemanlarının Gazi Üniversitesi Yapı Mekaniği Laboratuvarında yükleme programına uygun şekilde yapılmış tersinir tekrarlanır yanal yükler altındaki deneyleri anlatılmıştır. Deney elemanların her biri kaç kN yük taşıyabildiği ve bu yük altındaki deplasmanları belirtilmiştir. Ayrıca her eleman için hesaplanan kayma deplasmanı ve grafiği de verilmiştir. Bunların haricinde deney esnasında gözlemlenen önemli olaylardan da bahsedilmiştir. Ayrıca deney elemanın deneyden önceki ve deneyden sonraki halinden de resimler eklenmiştir.

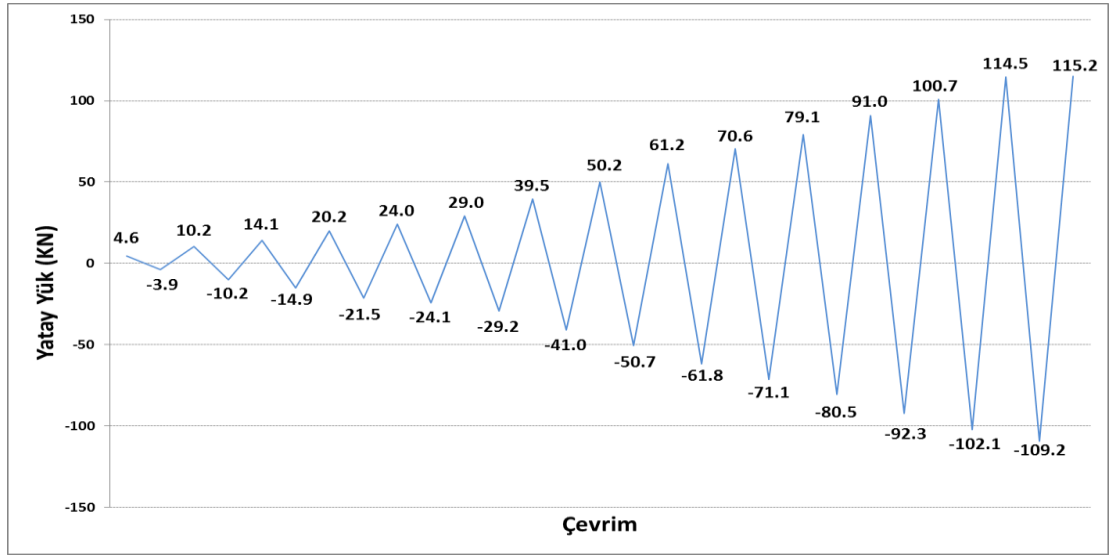
Toplam olarak her deney elemanı için, yük-deplasman, yük- kayma deformasyon, her çevrimdeki taşınan maksimum yük ve her çevrimdeki maksimum deplasman olmak üzere dört grafik ve elemanın deneyden önceki ve sonraki halini görebilmek için de deneyden önce ve deneyden sonra olmak üzere üç resim eklenmiştir.

3.2. R: Referans Elemanı

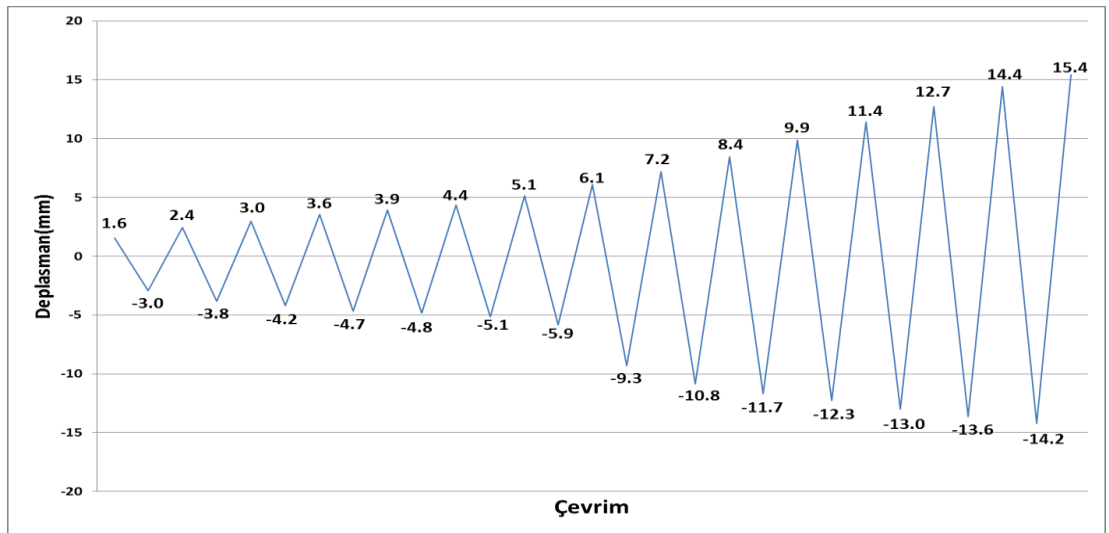
Bu çalışmada güçlendirilmiş olan deney elemanının kıyaslanması amacı ile R, referans elemanı hazırlanmıştır. Referans elemanın üzerine herhangi bir güçlendirilme işlemi yapılmamıştır, fakat her iki tarafı da sıvalanmıştır.

Referans elemanın taşıyabildiği maksimum yük, ileri ve geri çevrimde, sırasıyla 115,2 kN ve 109,2 kN, ve bu yükteki deformasyon miktarları 15,4 mm ve 14,2 mm olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca referans elemanında hesaplanan maksimum kayma deformasyon, ileri ve geri çevrimde, sırası ile 10,07 mm ve 7,59 mm'dir.

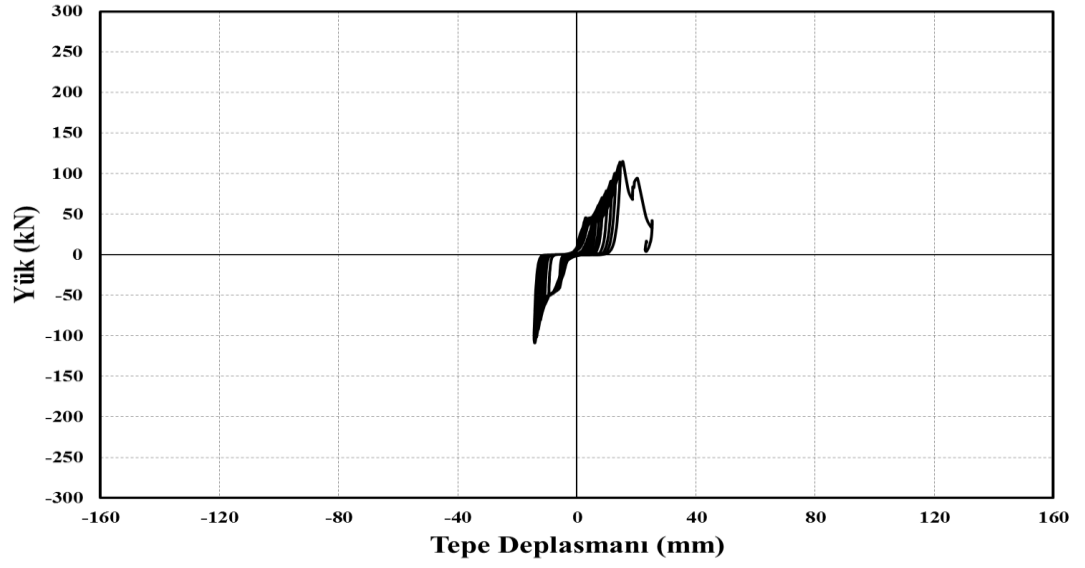
Deney elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük Şekil 3.1 ve maksimum deplasmanı Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Ayrıca Deney elemanın yük-deformasyon ilişkisi Şekil 3.3 ve yük-kayma deformasyon grafiği de Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



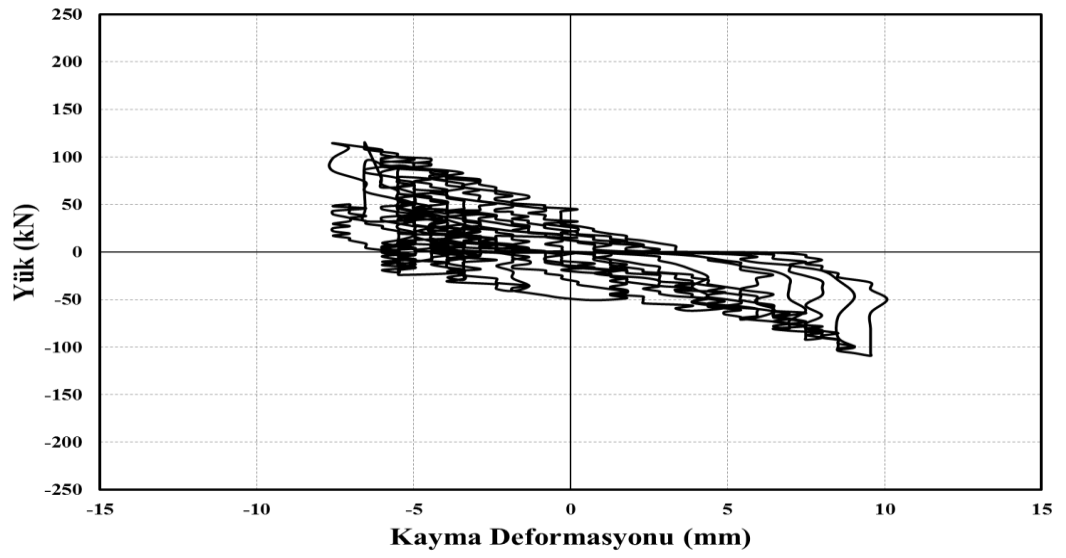
Şekil 3.1. Referans elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük



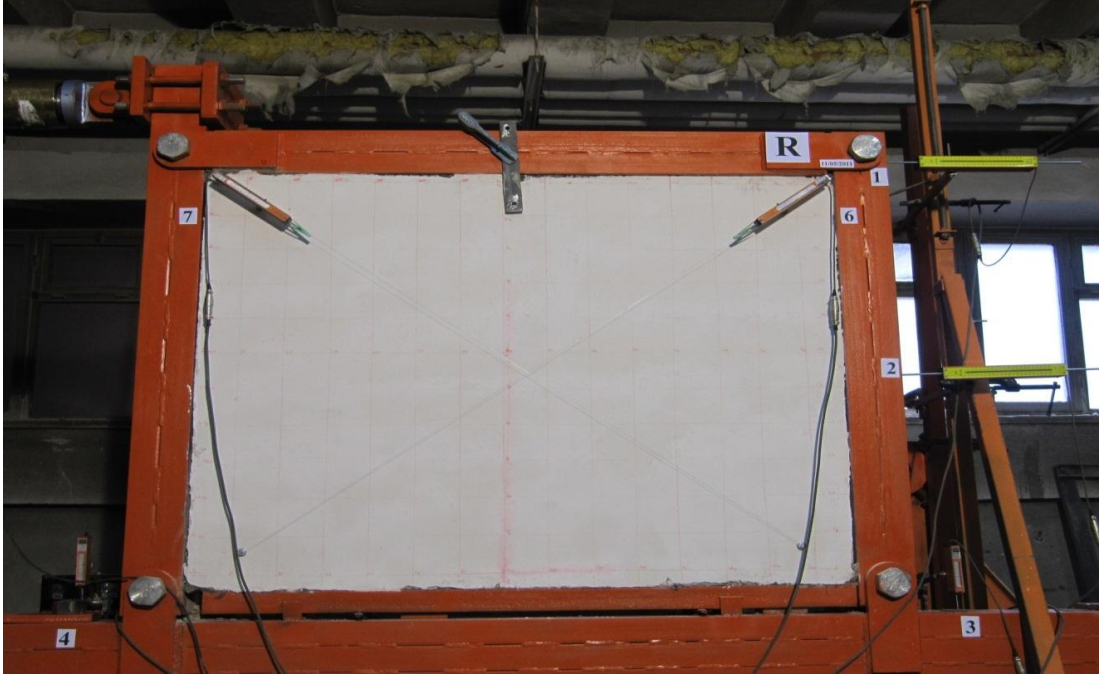
Şekil 3.2. Referans elemanın her çevrimdeki maksimum deplasmanı



Şekil 3.3. Referans elemanın yük-deplasman ilişkisi



Şekil 3.4. Referans elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi



Resim 3.1. Referans elemanın deneyden önceki durumu

Deney esnasında gözlemlenen önemli olaylar:

- Deney başladıktan sonra 10 kN yük ve 2,4 mm deformasyonda, duvarın sağ alt köşesinde ilk çatlak gözlemlenmiştir.
- 45 kN yük ve 14,5 mm deplasmanda, duvarın sağ üst köşe ve 104 cm yüksekliğinde ilk ezilme tespit edilmiştir.
- Yük arttıkça ezilmelerin belirginleşmeye başladığı tespit edilmiştir.
- 55 kN yük ve 6,3 mm deplasmanda, ikinci çatlak oluşmuştur. Bu çatlağın sol üst köşede ve $y=118$ mm yüksekliğinde başlayıp ve $y=104$ mm'ye kadar devam eden düşey bir çatlak olduğu görülmüştür.
- Deneyin sonuna doğru giderken çatlaklar ilerlemeye ve ezilmeler daha da belirginleşmeye başlamıştır.
- 85 kN yük ve 12,8 mm deplasmanda, duvarın sağ alt köşesindeki tuğlalar parçalanmaya başlamıştır.
- Deneyin sonunda 115 kN yük ve 25 mm deplasmanda, duvarda çapraz çatlağın oluşmaya başladığı görülmüş, duvarın dayanımının tamamen kaybolduğu tespit edilerek deneye son verilmiştir.

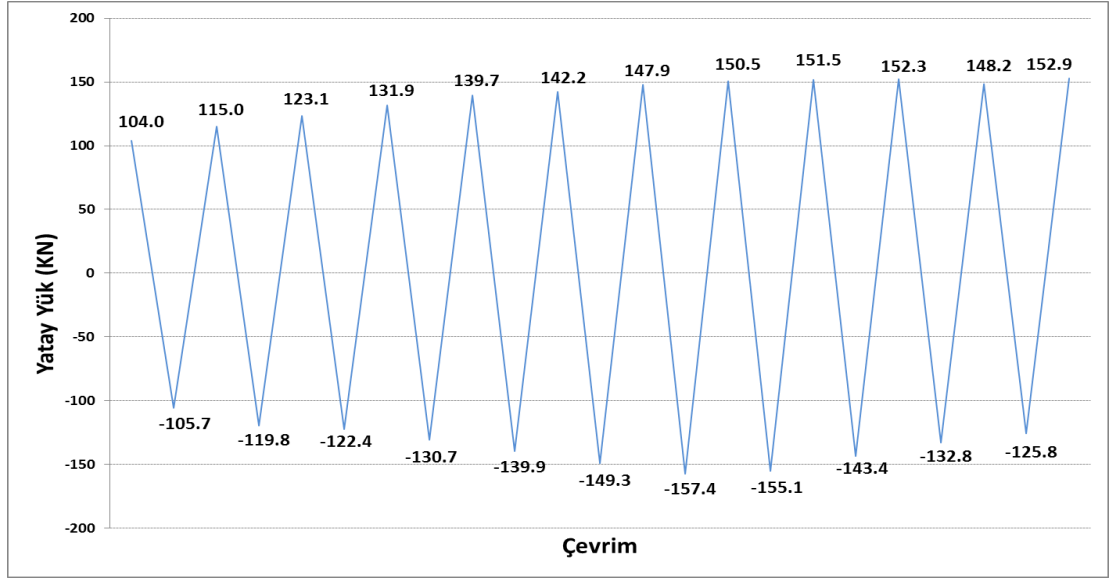


Resim 3.2. Referans elemanın deneyden sonraki durumu

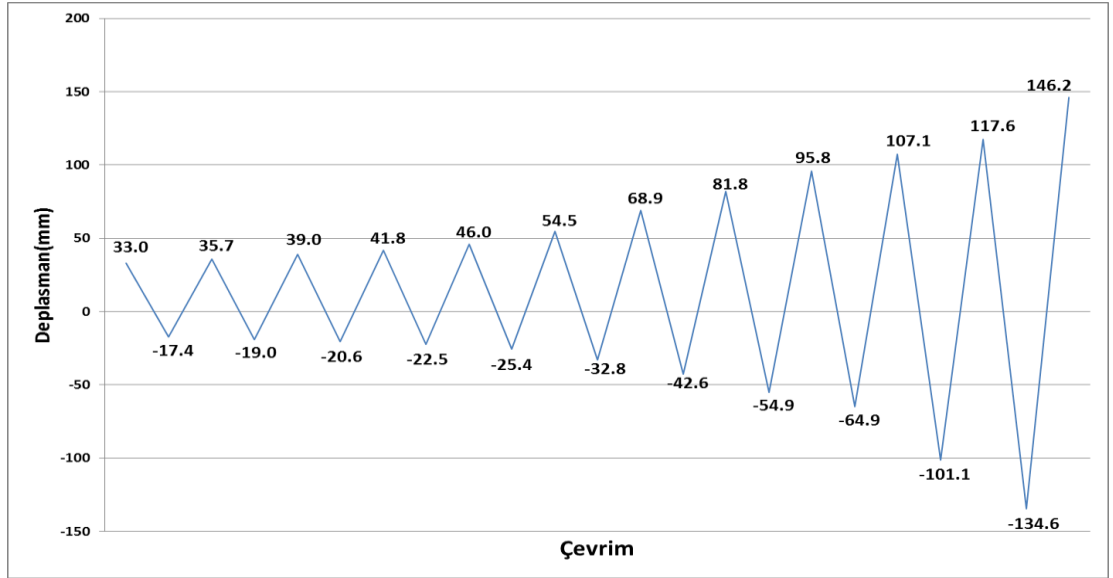
3.3. S 0.5-200: Güçlendirilmiş Eleman

S0,5-200mm elemanı, her iki tarafına 0,5 mm kalınlığında olan delikli sacı yapıştırılarak güçlendirilmiş olan deney elemanıdır. Delikli saclar, bulonlar ile sabitlenmiştir. Bulonların arasındaki mesafe 200 mm'dir.

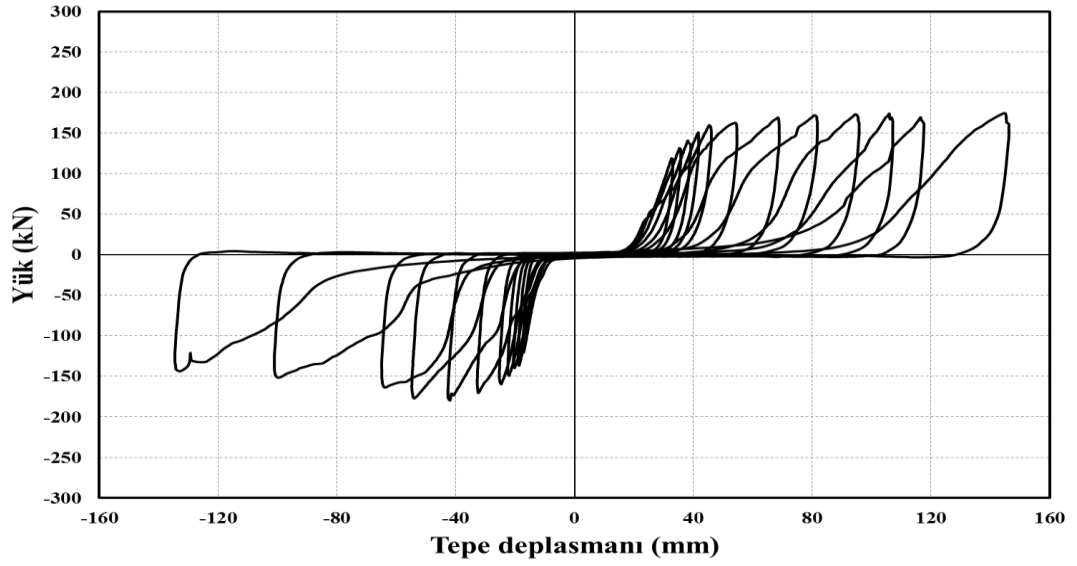
Deney elemanın taşıyabildiği maksimum yük, ileri ve geri çevrimde, sırası ile 152,3 kN ve 157,4 kN ve bu yükteki deplasman miktarları sırası ile 107,1 mm ve 42,6 mm olarak kayıt edilmiştir. Deney esnasında deney elemanın her çevrimde taşıdığı maksimum yük Şekil 3.5'te ve her çevrimdeki maksimum deplasmanı Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Deney elemanın yük-deformasyon ilişkisini gösteren grafik Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Ayrıca deney esnasında elemanın maksimum kayma deplasmanı da ileri ve geri çevrimde sırası ile 4,13 mm ve 1,23 mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi de Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



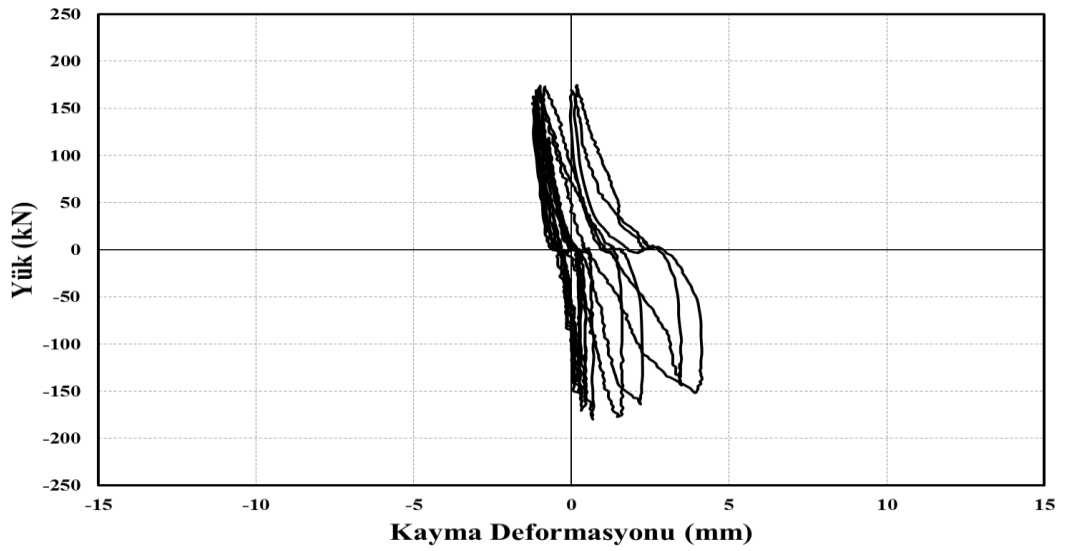
Şekil 3.5. S0.5-200 Elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük



Şekil 3.6. S0.5-200 Elemanın her çevrimdeki maksimum deplasmanı



Şekil 3.7. S0.5-200 Elemanın yük-deplasman ilişkisi



Şekil 3.8. S0.5-200 Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi

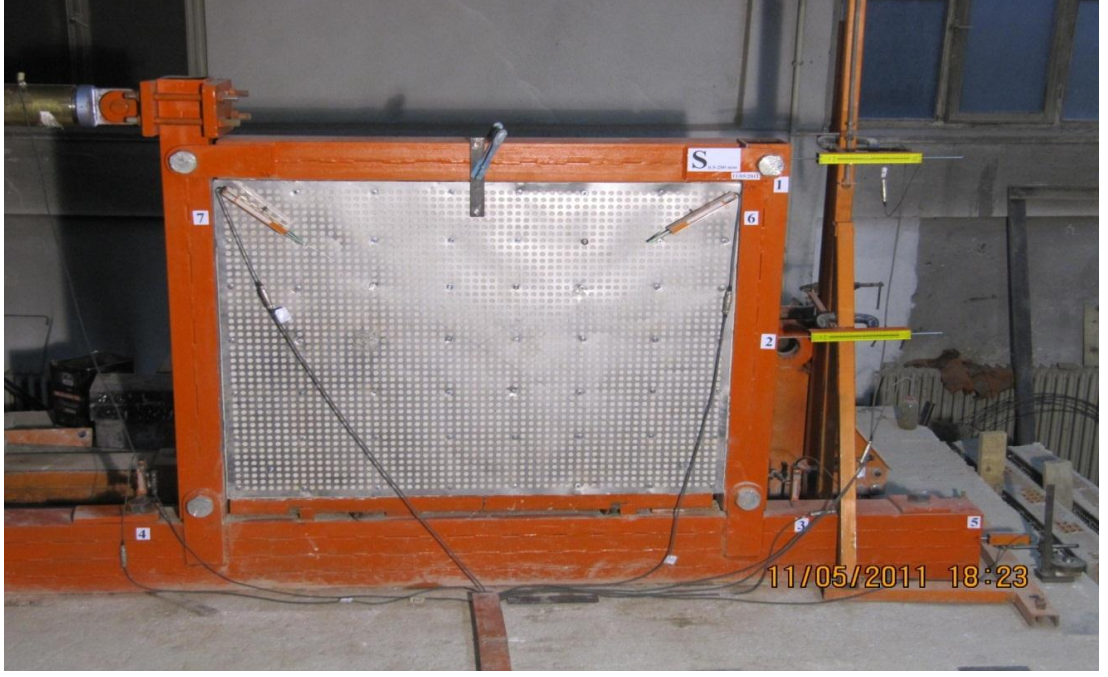
Deney esnasında gözlemlenen önemli olaylar:

- Deneyin başlangıcından, 100 kN yanal yük ve 22,7 mm deplasman yaptığı ana kadar, sac ve duvarda herhangi bir hasar gözlemlenmemiştir.
- 110 kN yük ve 25 mm deplasmanda, sacın sol üst ve sağ alt köşesinde kayma deformasyonlarından dolayı oluşan bombeleşmeler gözlemlenmiştir.

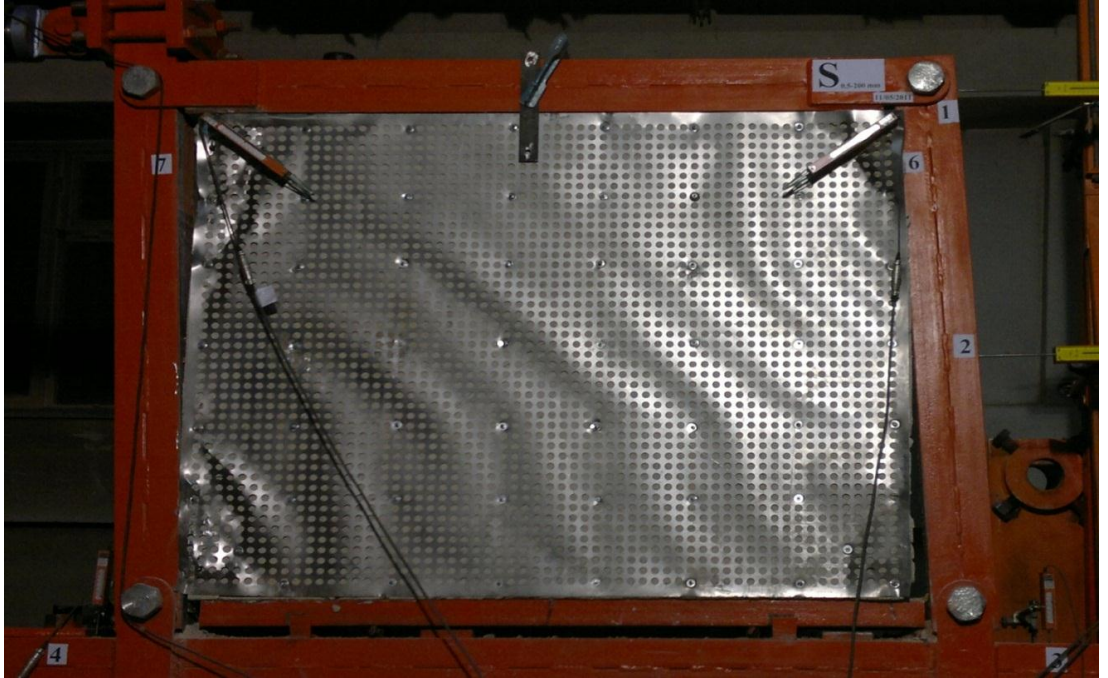
- Yük 120 kN ve deplasman 30 mm seviyesinde saclarda dalgalanma başladığı da görülmüştür.
- 150 kN yük ve 38 mm deplasman seviyesinde, sacın sağ alt köşesinde hafif da olsa kabarmalar gözlemlenmiştir.
- Yük hücresinin duvara uyguladığı yk arttıka sacdaki kabarmalar belirginleşmeye başlamıştır. Ayrıca bu kabarmaların bulonları kopmaya zorladığı da tespit edilmiştir.
- Yük 160 kN seviyesine çıkarken sacın sağ alt köşesindeki bulonların birisinde somun atması tespit edilmiştir.
- 170 kN yük yanal yük ve 68 mm deplasman seviyesinde deneye son verilmiştir.

Deney ile ilgili değerlendirmeler aşağıdaki şekilde listelenebilir:

- Test edilen Deney eleman, güçlendirilen elemanların arasında en zayıfı (maksimum bulon aralığı ve birinci setteki minimum sac kalınlığına sahip) olmasına rağmen, çok iyi bir davranış sergilemiştir. Referans deney elemanına oranla hem yk hem de deformasyonda yaklaşık %50 artış kazandırmıştır.



Resim 3.3. S0.5-200 Elemanın deneyden önceki durumu



Resim 3.4. S0.5-200 Elemanın deneyden sonraki durumu



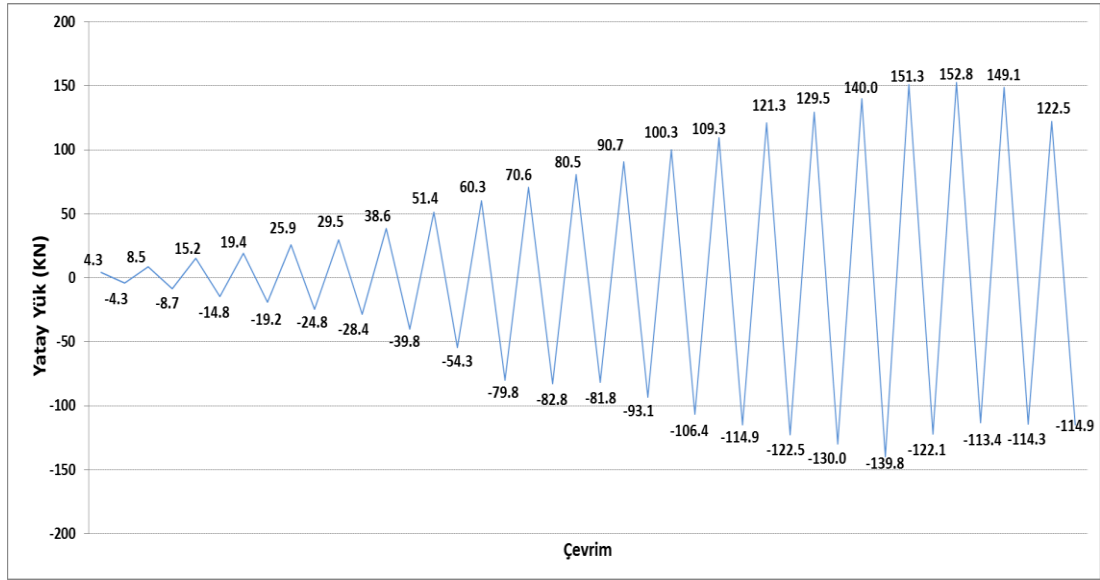
Resim 3.5. S0.5-200 elemanın deneyden sonraki yalın durumu

3.4. S 0.5-150 : Güçlendirilmiş Eleman

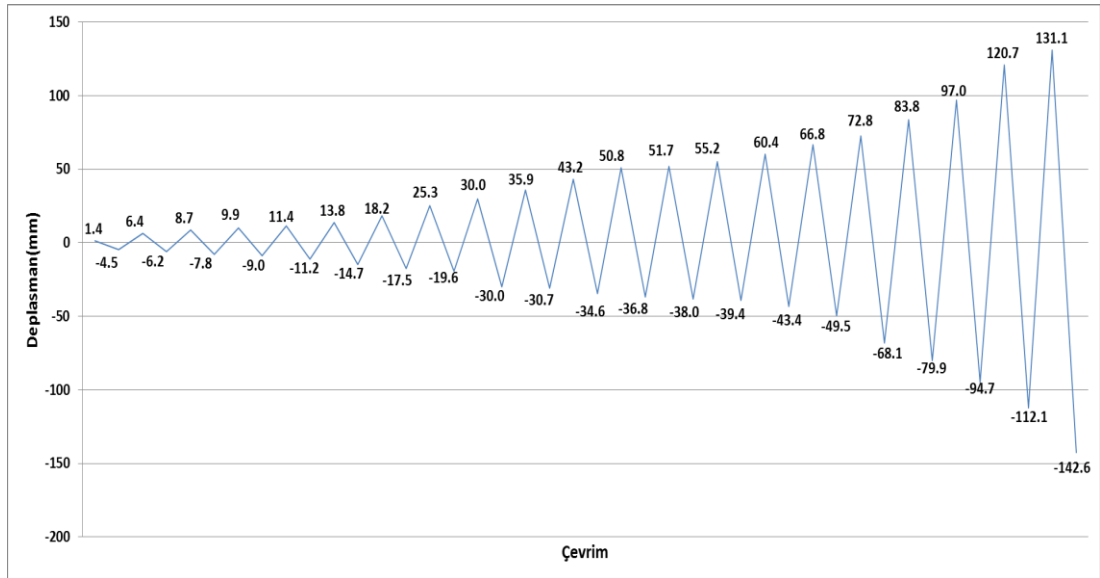
Kalınlığı 0,5 mm olan delikli sac ile güçlendirilmiş olan deney elemanıdır. Delikli sac duvarın her iki tarafına bulonlar ile sabitlenmiştir. Bulonların arasındaki mesafe 150 mm dir.

Deney elemanı tersinir tekrarlanır yanal yükler altında denenmiştir. Deney elemannın taşıyabildiği maksimum yanal yük, ileri ve geri çevrimde sırasıyla 152,8 kN ve 139,83 kN'dır. Bu yükteki deplasman miktarları sırasıyla 97 mm ve 68,1 mm'dir.

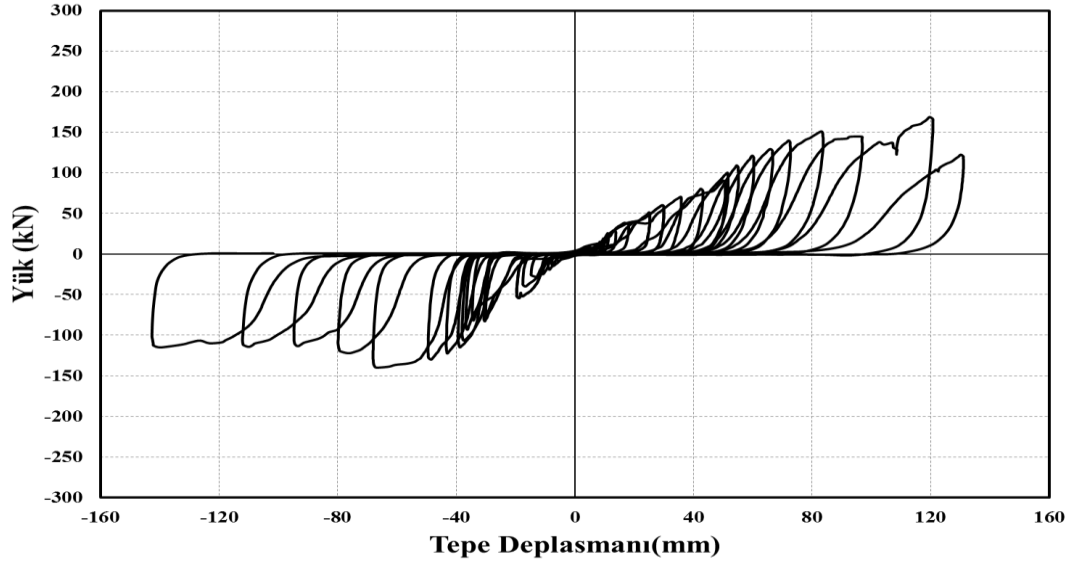
Deney elemanının deney esnasında her çevrimde taşıdığı maksimum yük Şekil 3.9 ve her çevrimdeki maksimum deplasmanı ise Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Deney elemannın deney esnasındaki yük-deplasman ilişki grafiği, Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Ayrıca deney elemanın ileri ve geri çevrimdeki maksimum kayma deplasmanı sırasıyla 1,9 mm ve 3,12 mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



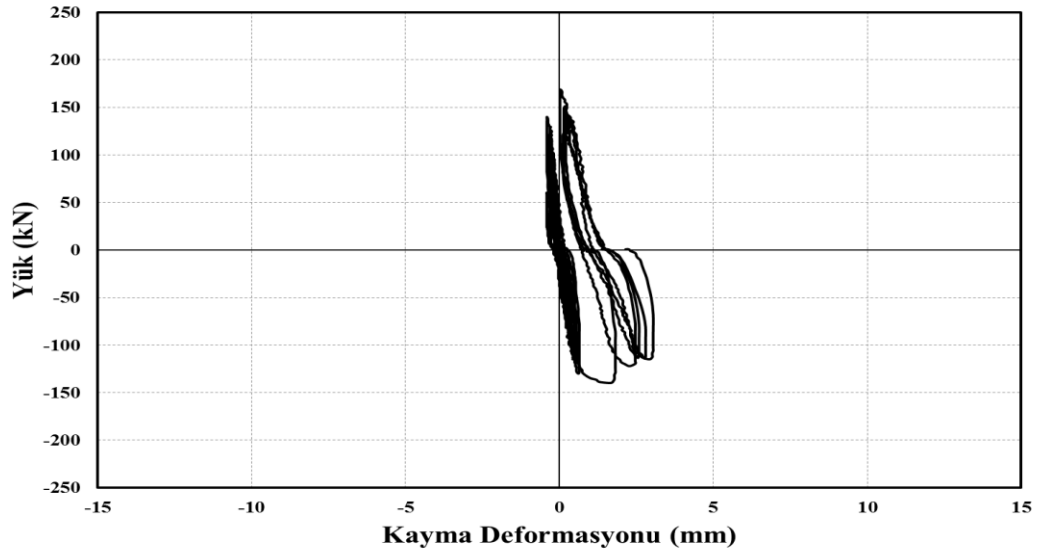
Şekil 3.9. S0.5-150 Elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük



Şekil 3.10. S0.5-150 Elemanın her çevrimdeki maksimum deplasmanı



Şekil 3.11. S0.5-150 Elemanın yük-deplasman ilişkisi



Şekil 3.12. S0.5-150 Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi

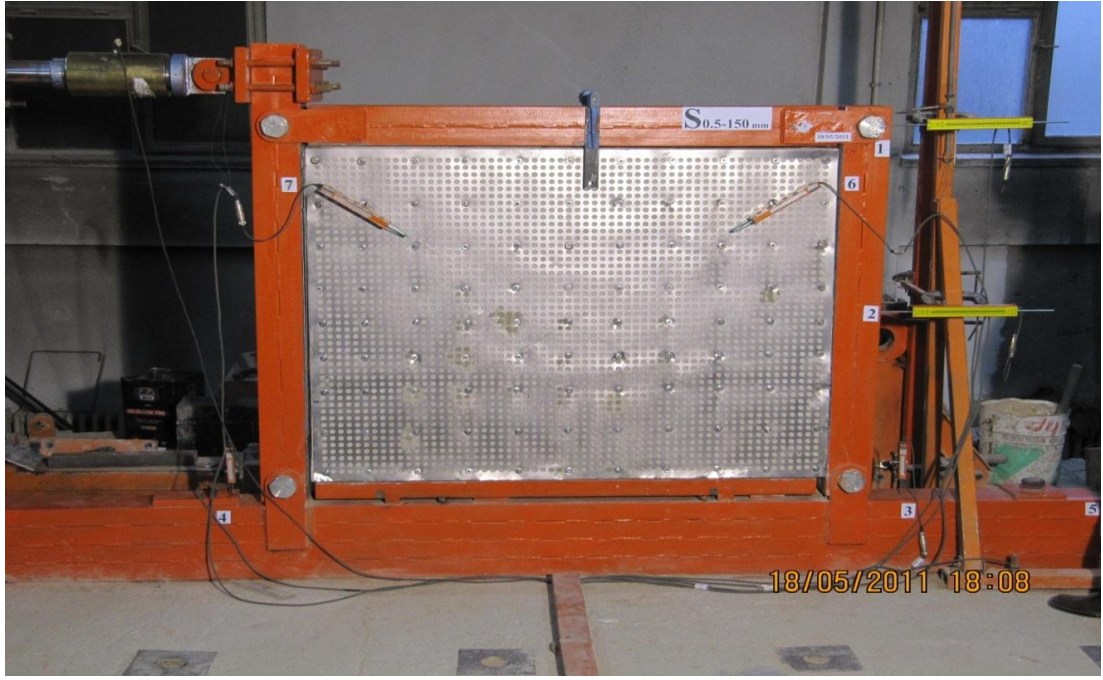
Deney esnasında gözlemlenen önemli olaylar aşağıdaki gibi listelenebilir:

- 40 kN yük ve 21 mm deplasman seviyesine kadar sac ve duvarda herhangi bir değişiklik görülmemiştir.

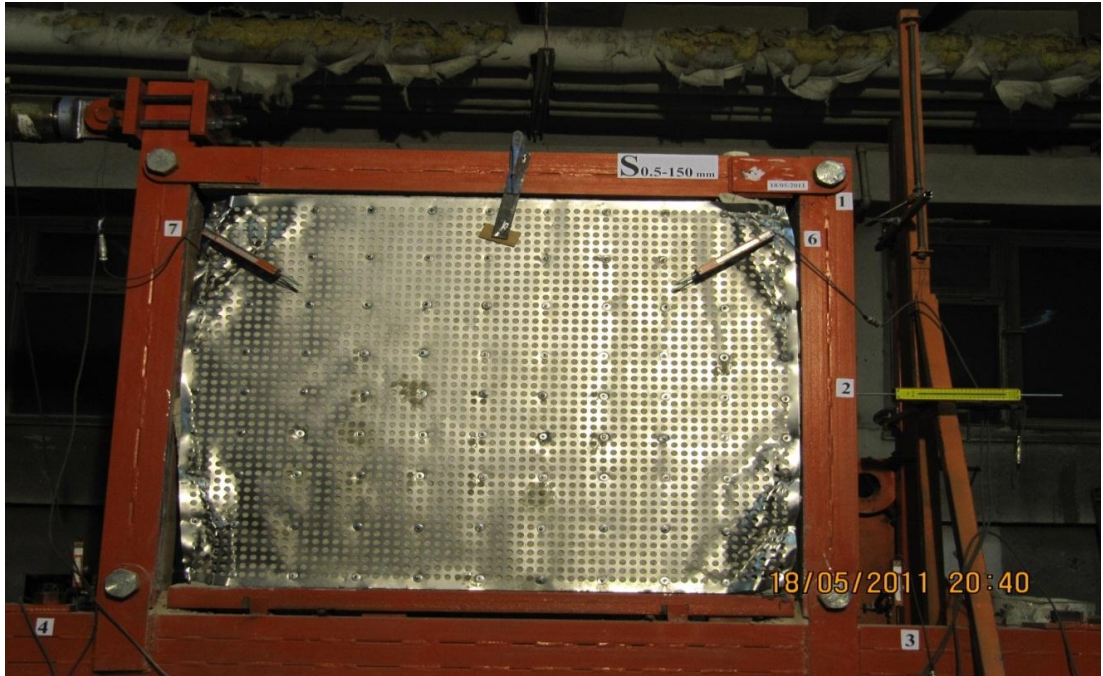
- Yük 40 kN seviyesini aştığı andan itibaren sac levhanın sağ alt köşesinde buruşmaların başladığı gözlemlenmiştir. Deplasman miktarı ise 18 mm olarak kayıt edilmiştir.
- 80 kN yük ve 48 mm deplasmanda, sacın köşesindeki buruşmaların devam ederek birleştiği tespit edilmiştir. Ama buna rağmen duvarın i bölgesinde gerilme yoğunlaşması gözlemlenmemiştir.
- Yük -150 kN'a vardığında sacın sağ üst köşesindeki bulonun içeri girdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca sac levhada kayıpların başladığı tespit edilmiştir. Deplasman miktarı -94 mm olarak kayıt edilmiştir.
- Yük 150 kN'a çıkarken iki,  noktada bulonlar sacı yırtarak kurtulmuştur. Deney devam ettikçe buruşmaların başladığı görülmüştür.
- Yükleme 173 kN'a kadar devam ettirilerek deneye son verilmiştir. Deplasman miktarı da 118 mm olarak kayıt edilmiştir.

Deneyin değerlendirilmesi:

- Deney bitene kadar deney elemanı yk almaya devam etmiştir. Ayrıca dayanımında da bir kayıp görülmemiştir. Bunun muhtemel sebebi, bir nceki (S0,5-200mm) deneye göre bulonların arasındaki mesafenin daha sıkışık olması olabilir.



Resim 3.6. S0.5-150 Elemanın deneyden önceki durumu



Resim 3.7. S0.5-150 Elemanın deneyden sonraki durumu

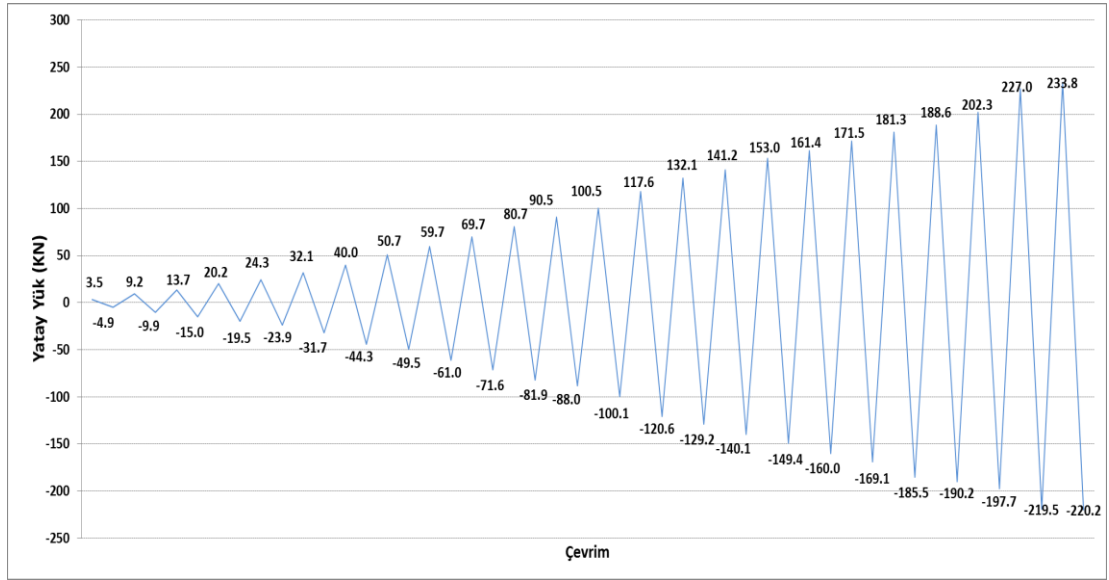


Resim 3.8. S0.5-150 Elemanın deneyden sonraki yalın durumu

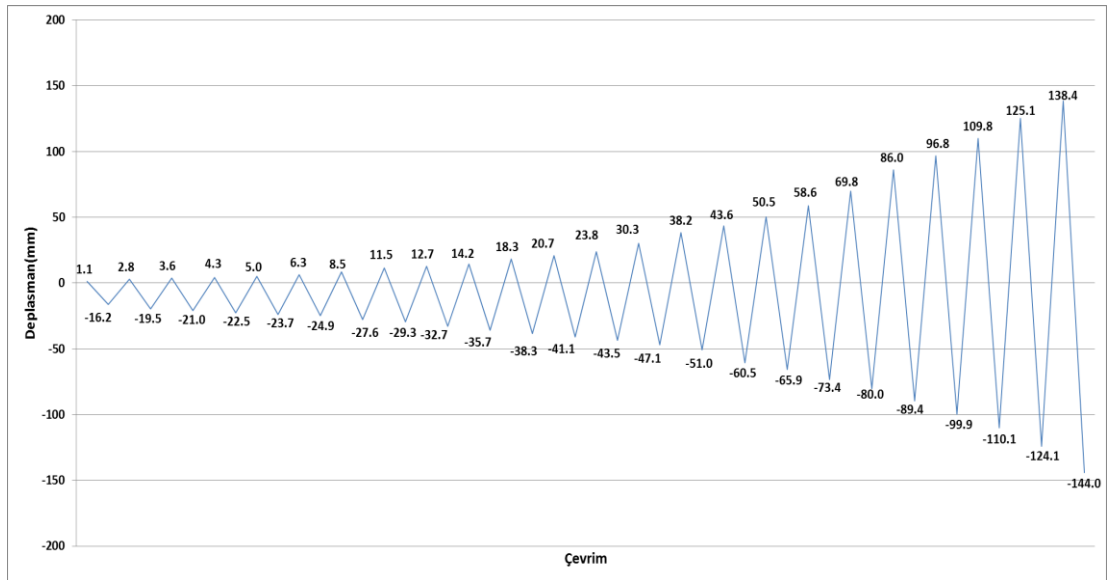
3.5. S0.5-100 : Güçlendirilmiş Eleman

Kalınlığı 0,5 mm olan delikli sac levha ile güçlendirilmiş deney elemanıdır. Delikli sac levhalar, aralıkları 100 mm olan bulonlar ile duvarın her iki tarafına sabitlenmiştir.

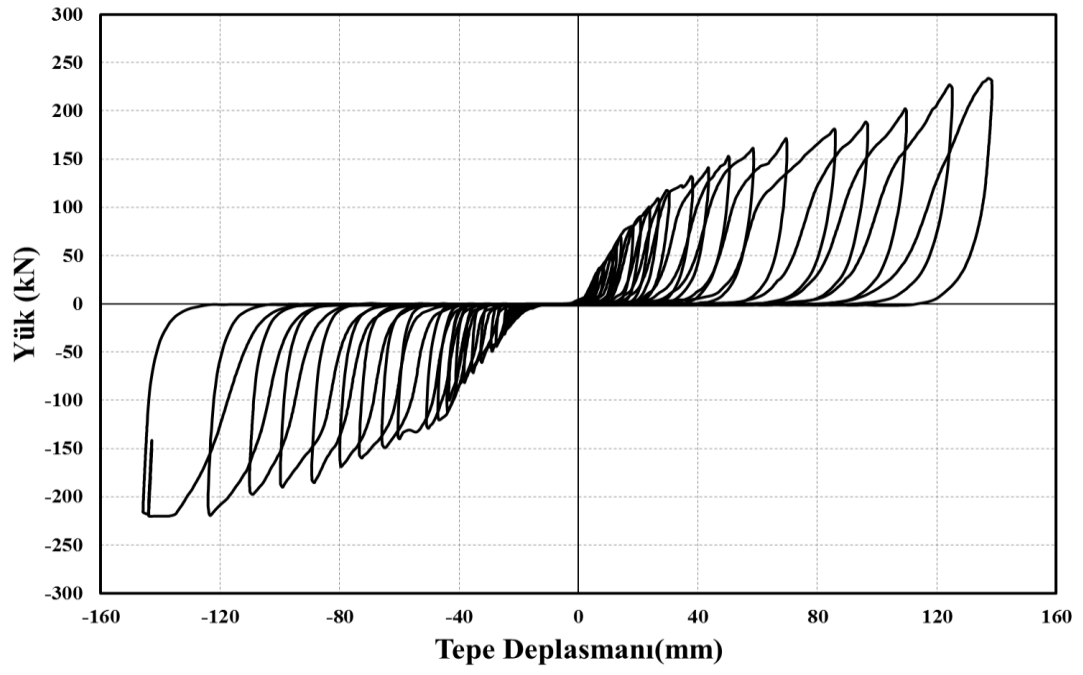
Deney esnasında deney Deney elemansine uygulanan maksimum yük, ileri ve geri çevrimde sırasıyla 233,8 kN ve 220,2 kN ve maksimum deplasman 138,4 mm ve 144 mm olarak kayıt edilmiştir. Deney elemanına her çevrimde uygulanan maksimum yük, Şekil 3.13 ve maksimum deplasman ise Şekil 3.14'te gösterilmiştir. Ayrıca, deney elemanın yük-tepe deplasman ilişkisi de Şekil 3.15'te gösterilmektedir. Bunlara ek olarak deney Deney elemansinin maksimum kayma deformasyonu da ileri ve geri çevrimde sırasıyla 1,50 mm ve 2,35 mm olarak hesaplanmıştır. Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi Şekil 3.16'da gösterilmiştir.



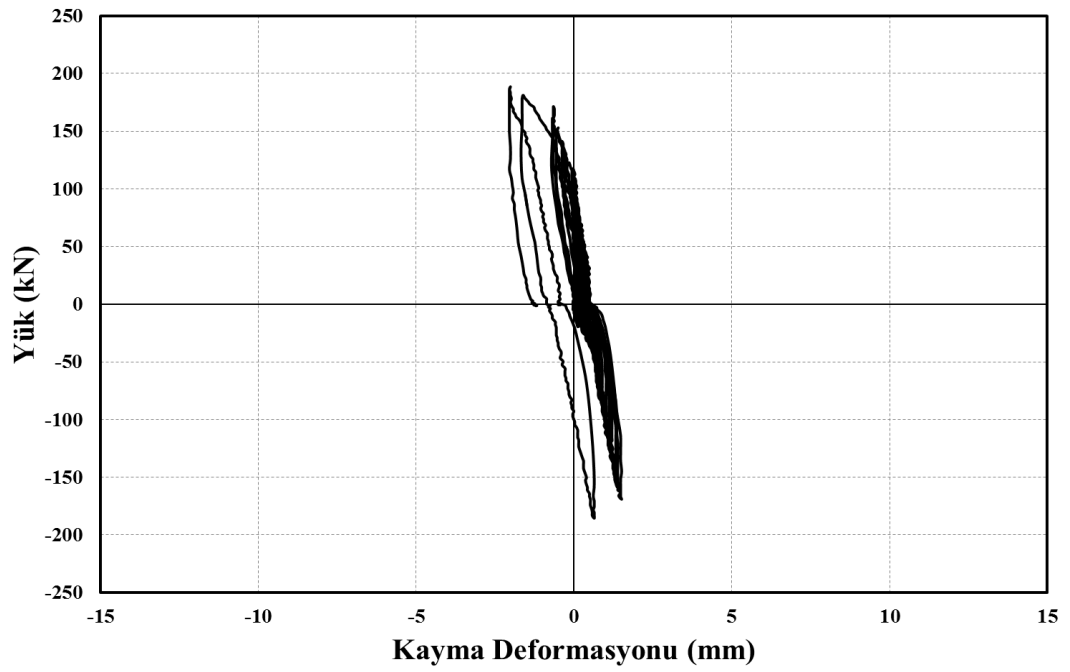
Şekil 3.13. S0.5-100 Elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük



Şekil 3.14. S0.5-100 Elemanın her çevrimdeki maksimum deplasmanı



Şekil 3.15. S0.5-100 Elemanın yük-deplasman ilişkisi



Şekil 3.16. S0.5-100 Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi



Resim 3.9. S0.5-100 Elemanın deneyden önceki durumu

Deney esnasında gözlemlenen önemli olaylar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- 70 kN yük ve 15 mm deplasman seviyesine kadar duvar ve sac ta hasar görülmemiştir.
- -72 kN ve -16 mm deplasmanda sacın sağ üst ve sol alt köşesinde hafif buruşmaların olduğu gözlemlenmiştir.
- 80 kN yük ve 21 mm deplasman seviyesinde duvardan çatırdama sesleri duyulmaya başlanmıştır. Ayrıca duvarın arka yüzündeki sacın sol üst köşesinde buruşmalar görülmüştür.
- Yük 120 kN seviyesine ulaşırken levhanın köşelerinde şişme gözlemlenmiştir. Deplasman miktarı ise 30 mm olarak kayıt edilmiştir. Bu yük seviyesinde hasar düzeyinin az-orta arasında olduğu tespit edilmiştir.
- Yük 170 kN'a vardıktan sonra deneye deplasman kontrolü ile devam edilmiş, deplasmanlar beşer milimetre arttırılmıştır.
- Yük 180 kN'a vardıktan sonra, tekrardan yük alabildiği tespit edilmiştir. Deneye tekrardan yük kontrolü ile devam edilmiştir.
- -230 kN yük ve -130 mm deplasman seviyesinde deneye son verilmiştir.

Deneyin değerlendirilmesi ile ilgili notlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Deney elemanı son noktaya kadar yük alabilmiştir. Ayrıca deney bitene kadar yükte herhangi bir azalma görölmemiş, yük sürekli artış göstermiştir.
- Deney elemanının güçlendirme sonucu çok iyi bir performans seviyesine ulaştığı gözlemlenmiştir.



Resim 3.10. S0.5-100 Elemanın deneyden sonraki durumu

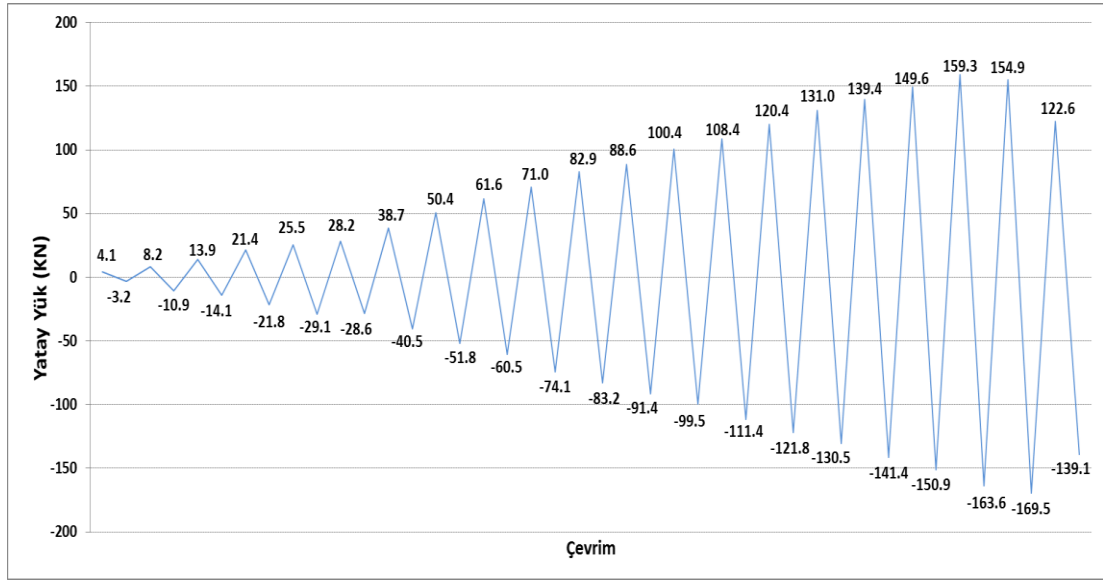


Resim 3.11. S0.5-100 Elemanın deneyden sonraki yalın durumu

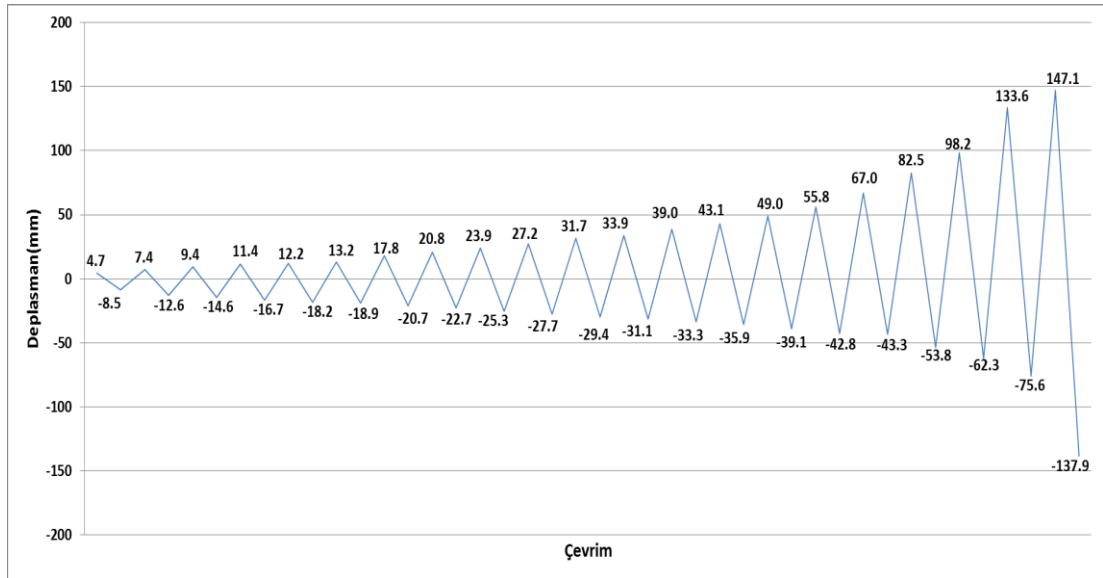
3.6. S1.0-200 : Güçlendirilmiş Eleman

S1.0-200 deney elemanı, kalınlığı 1 mm olan delikli sac ile güçlendirilmiştir. Bu saclar duvarın her iki tarafına aralıkları 200 mm olan bulonlar ile sabitlenmiştir.

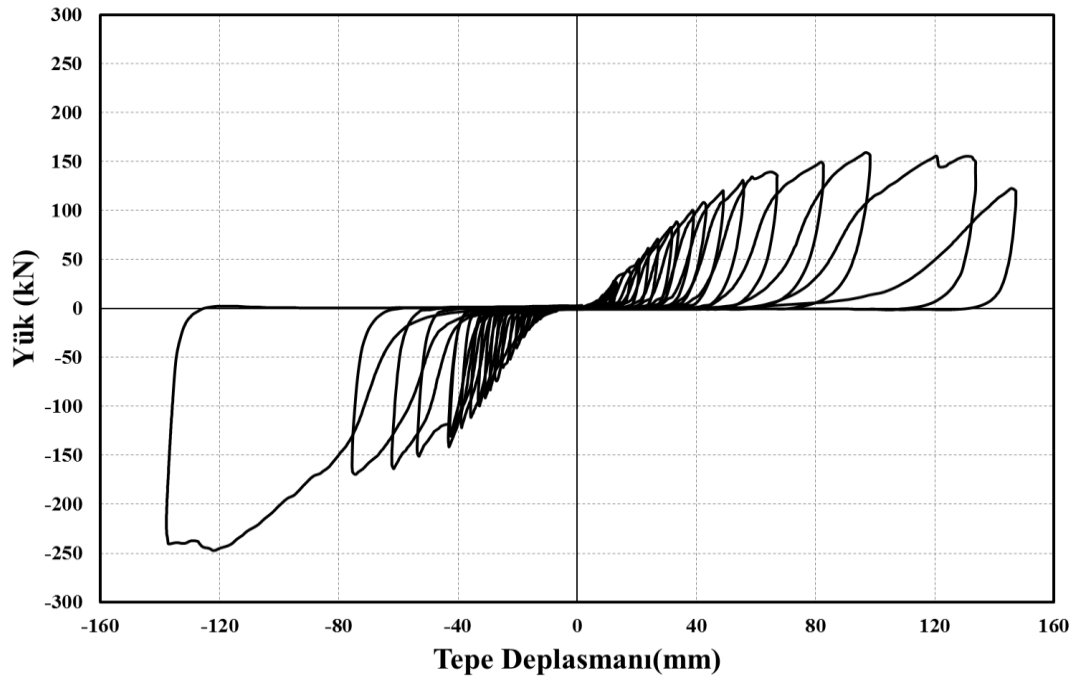
Her çevrimde Deney elemanyne uygulanan maksimum yük Şekil 3.17 ve her çevrimdeki maksimum deplasman 3.18’de gösterilmiştir. İleri ve geri çevrimde, deney elemanına uygulanan maksimum yük sırasıyla 159,3 kN ve 169,5 kN olmuştur. Bu yükler etkisinde deformasyon miktarları ise sırası ile 98,2 mm ve 75,6 mm olmuştur. Deney elemanın yük-deplasman ilişkisini gösteren grafik Şekil 3.19’da görülmektedir. Şekil 3.20’de görüldüğü gibi elemanın maksimum kayma deplasmanı ileri ve geri çevrimde, sırası ile 2,40 mm ve 2,54 mm olmuştur.



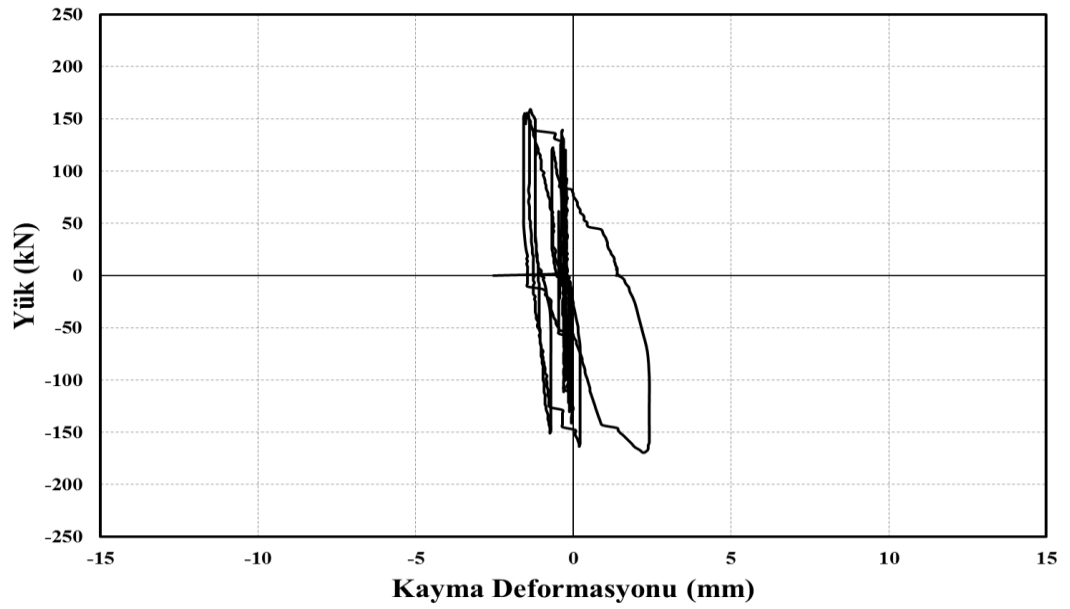
Şekil 3.17. S1.0-200 Elemanın her çevrimde taşıdığı maksimum yük



Şekil 3.18. S1.0-200 Elemanın her çevrimdeki maksimum deplasmanı



Şekil 3.19. S1.0-200 Elemanının yük-deplasman ilişkisi



Şekil 3.20. S1.0-200 Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi



Resim 3.12. S1.0-200 Elemanın deneyden önceki durumu

Deney esnasında gözlemlenen önemli olaylar aşağıdaki Şekilde sıralanabilir:

- Yük 70 kN seviyesine kadar hem duvar hem de sacın hasarsız olduğu gözlemlenmiş, ancak geri çevrimde levhanın sağ alt köşesinde ezilme belirtisi görülmüştür. Bu yükte deformasyon miktarı -26 mm olarak kaydedilmiştir.
- 100 kN yük ve 38 mm deplasman seviyesinde sac levhanın karşılıklı köşelerinde buruşmaların olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, uygulanan yük arttıkça levhadaki buruşmalarda artışlar gözlemlenmiştir.
- 130 kN yanal yük ve 56 mm deformasyon seviyesinde levhanın sağ alt ve sol üst köşelerindeki buruşma oranının diğer köşelere göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.
- Duvarda gözlemlenen ilk çatlak, 146 kN yük ve 87 mm deformasyonda oluşmuştur. Buna ek olarak bir sonraki çevrimde duvarın sağ alt ve sol üst köşesinde yine bir çatlağın olduğu görülmüştür. Deplasman miktarı -59 mm olarak kaydedilmiştir.
- İkinci çatlak oluşuktan birkaç çevrim sonra deneye deplasman kontrolü ile devam edilmiştir.

- Duvardaki deformasyon 147 mm seviyesinde iken hidrolik krikonun strok kapasitesinin bitmesinden dolayı deneye son verilmiştir.
- Deney bitmeden hemen önce yanal yük seviyesi 114 kN olarak kayıt edilmiştir. Hidrolik krikonun geri çevriminde kaydedilen maksimum yük -240 kN ve bu yükteki deplasman miktarı 138 mm olarak kayıt edilmiştir.
- Deney bittikten sonra dolgu duvarda 40 cm yüksekliğinde yatay derz çatlağın olduğu da görülmüştür.



Resim 3.13. S1.0-200 Elemanın deneyden sonraki durumu

Deneyin değerlendirilmesi ile ilgili notlar aşağıdaki Şekilde sıralanabilir:

- Sac levhada görülen buruşma oranı yüksek olmasına rağmen levhanın etkili çalıştığı gözlemlenmiştir.
- Dolgu duvardaki erken oluşan çatlakların muhtemel sebebi olarak levhaları sabitlemek için açılan bulon deliklerinin çapının 8 mm olmasıdır, bulon çapları bundan sonraki deneylerde azaltılacaktır.
- Bu deneyde yaşanan başka bir olumsuz durum ise duvarın köşelerindeki sacın aşırı derecede buruşmasıdır. Bu olumsuz duruma bir çözüm olarak düşünülen

yöntem, sonraki deneylerde duvarın köşesinde yer alan bulonların sıklaştırılmasıdır.

- Deney elemanı tüm bu olumsuzluklara rağmen umut verici Şekilde performans sergilemiştir.

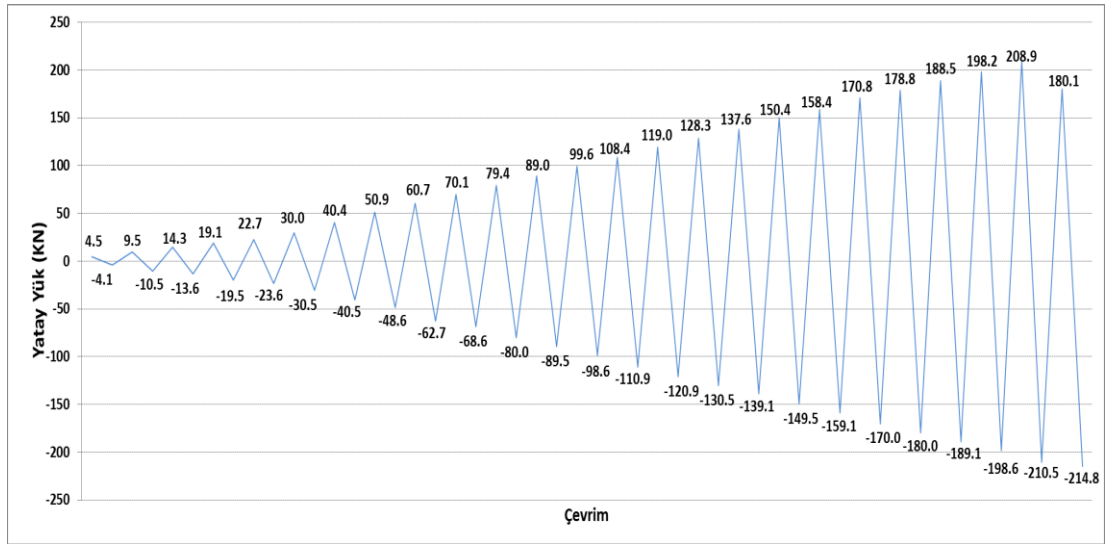


Resim 3.14. S1.0-200 Elemanın deneyden sonraki yalın durumu

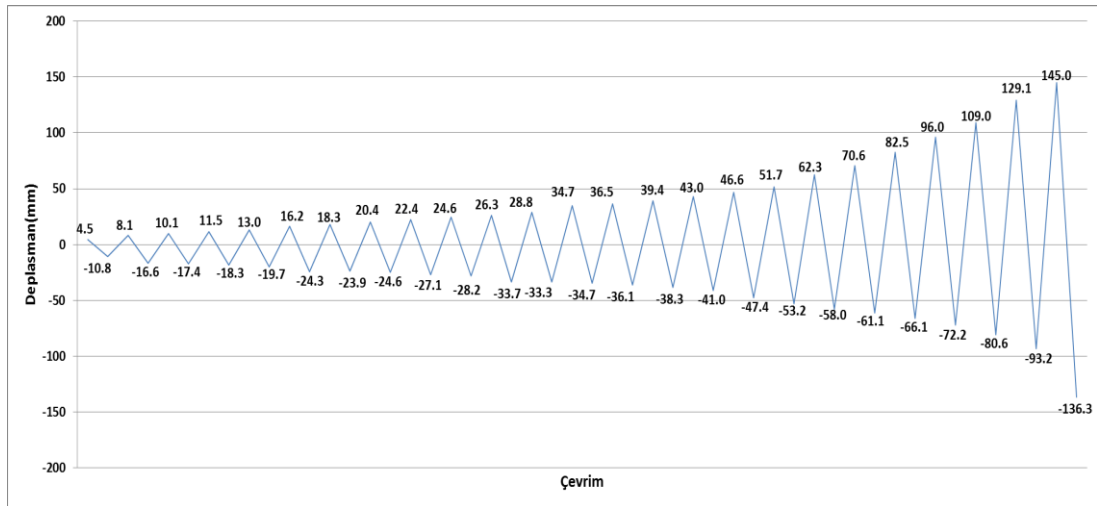
3.7. S1.0-150 : Güçlendirilmiş Eleman

S1.0-150 deney elemanı, kalınlığı 1 mm olan delikli sac levha ile güçlendirilmiş bir deney elemanıdır. Bu saclar deney elemanın her iki tarafına bulonlar ile sabitlenmiştir. Bulonların arasındaki mesafe ise 150 mm olarak ayarlanmıştır.

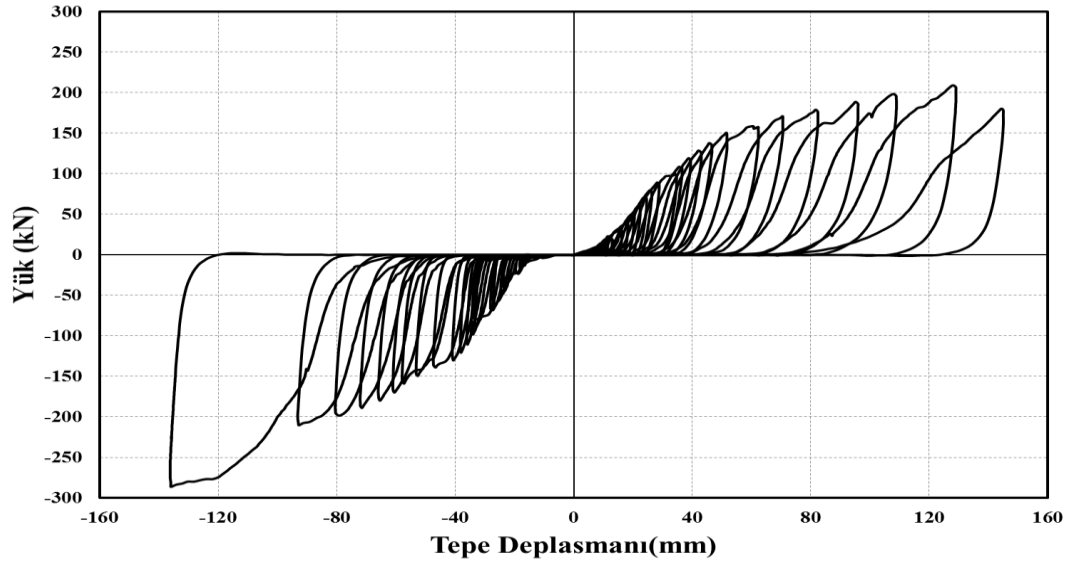
Şekil 3.21’de görüldüğü gibi deney elemanın ileri ve geri çevrimde sırası ile maksimum, 208,9 kN ve 214,6 kN olmuştur. Bu yüklere denk gelen deformasyon miktarları ise sırası ile 129,1 mm ve 126,3 mm olmuştur. Her çevrimdeki maksimum deplasman Şekil 3.22’de gösterilmiştir. Deney elemanın yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.23’te gösterilmiştir. Deney elemanının maksimum kayma deplasmanları da ileri ve geri çevrimde 1,90 mm ve 3,12 mm olarak kayıt edilmiştir. Deney elemanın yük-kayma deplasman ilişkisi Şekil 3.24’te gösterilmektedir.



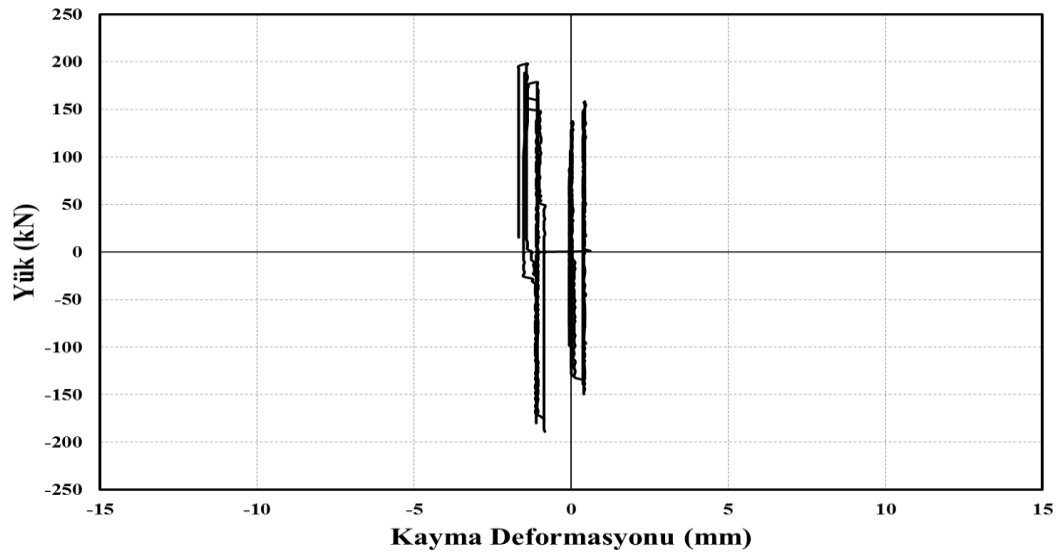
Şekil 3.21. S1.0-150 Elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük



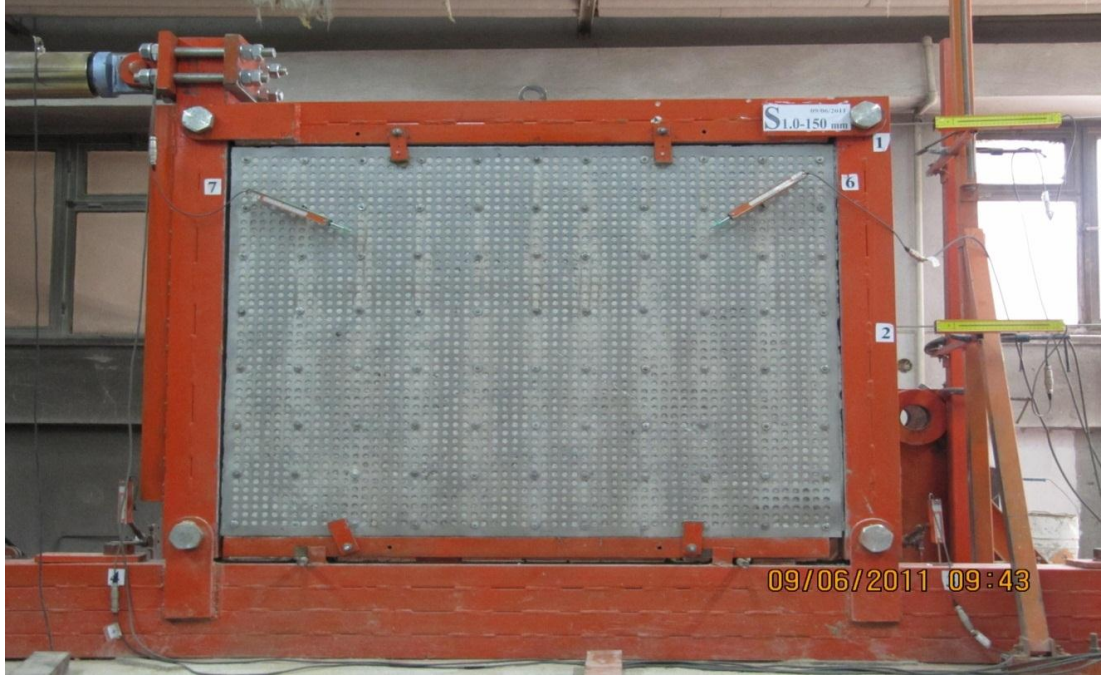
Şekil 3.22. S1.0-150 Elemanın her çevrimdeki maksimum deplasmanı



Şekil 3.23. S1.0-150 Elemanın yük-deplasman ilişkisi



Şekil 3.24. S1.0-150 Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi



Resim 3.15. S0.1-150 Elemanın deneyden önceki durumu

Deney esnasında gözlemlenmiş önemli noktalar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- 70 kN yük ve 24 mm deformasyona kadar duvar ve saclarda herhangi bir çatlak görülmemiştir.
- 80 kN yük ve 26 mm deformasyonda levhanın sağ alt köşesinde bombeleşmeler görülmüştür.
- -130 kN yük ve -43,64 mm deformasyonda, levhanın sol alt ve sağ alt köşesindeki bombeleşmeler daha da belirgin olmaya başlamıştır.
- 190 kN yük ve 91 mm deformasyonda, duvarın sol üst köşesinde ezilmeler ve bulonların duvarı zorladığı gözlemlenmiştir. Ve bir sonraki çevrimde duvarın sol köşesindeki ezilmeler daha da belirgin hale gelmiştir.
- Deneyin devamında buruşmalara rağmen, yük kapasitesinde bir kayıp görülmemiştir. Sonuçta hidrolik krikonun strok kapasitesinin bitmesinden dolayı deneye son verilmiştir. Ayrıca son çevrimde duvarın zorlanmasından dolayı -270 kN yük civarında sağ üst köşeden sol alt köşeye doğru çapraz bir çatlak oluşmuştur. Bu deneyde ulaşılan maksimum yük ve deplasman sırasıyla -285 kN ve -136 mm olarak kayıt edilmiştir.

Deneyin değerlendirilmesi ile ilgili notlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Deney esnasında yaşanan bazı bulon atma olaylarına rağmen hidrolik krikonun strok kapasitesine ulaşılmasına kadar duvarın yük taşıma kapasitesinde bir kayıp görülmemiştir.
- Deney esnasında köşelerde yer alan bulonların duvarın davranışına ne kadar etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Levhanın duvara monte edilmesi esnasında köşe bulonlarının montajında daha özenli olunması gerektiği ortaya çıkmıştır.
- Bir önceki deneyde (S1,0-200mm), deliklerin gerektiğinden fazla geniş olmasından dolayı oluşan çatlak bu deneyde yaşanmadığından dolayı, daha küçük bulon deliklerinin performansa ve çatlak oluşumuna etkisi tespit edilmiştir.



Resim 3.16. S1.0-150 Elemanın deneyden sonraki durumu

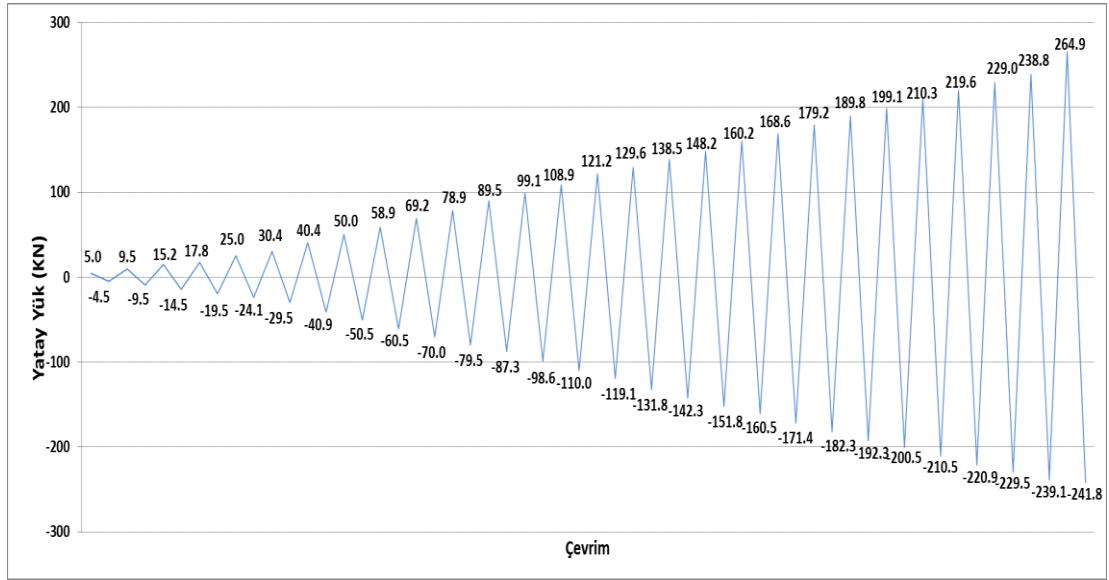


Resim 3.17. S1.0-150 Elemanın deneyden sonraki yalın durumu

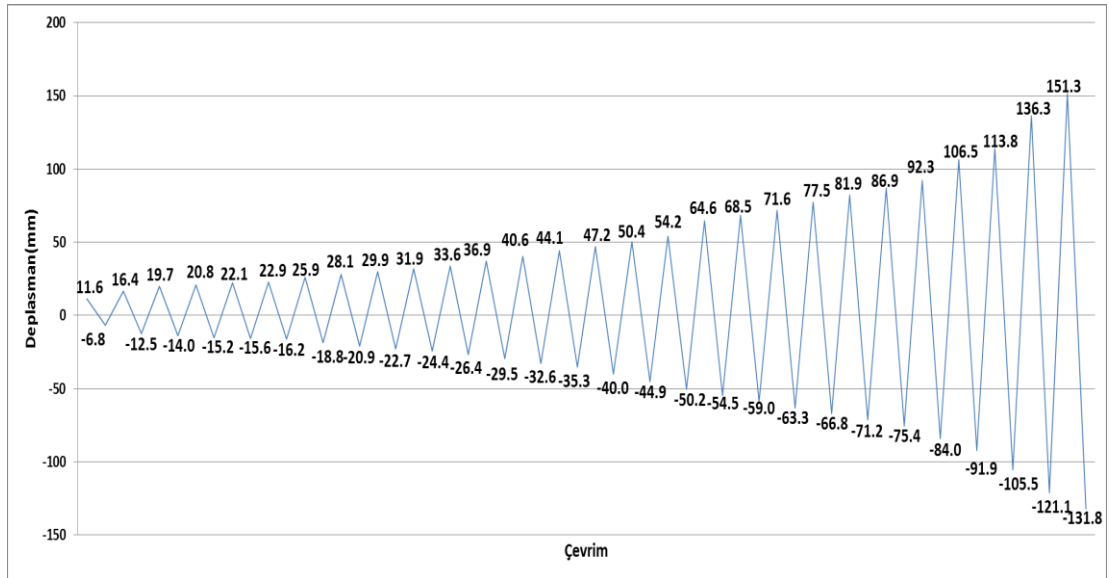
3.8. S0.1-100 : Güçlendirilmiş Eleman

S1.0-100, deney elemanı 1mm kalınlığında levhaların her iki yüzüne sabitlenmesi şekliyle güçlendirilmiştir. Bulonların arasındaki mesafe ise 100 mm'dir.

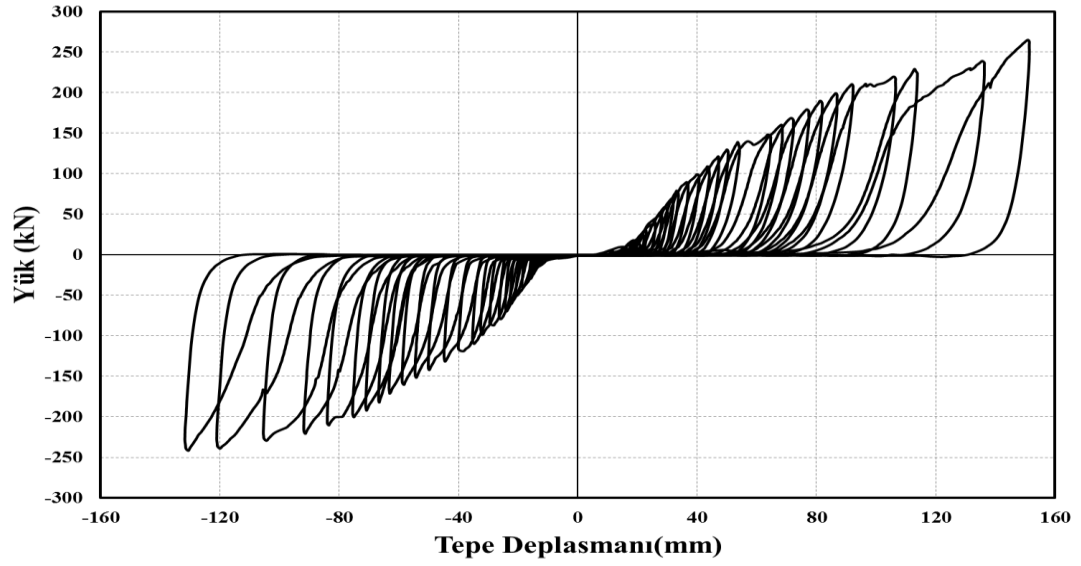
Deney elemanın ileri ve geri çevriminde maksimum yük kapasitesi sırasıyla 264,9 kN ve 241,8 kN ve maksimum deformasyonu ise sırasıyla 151,3 mm ve 131,8 mm olmuştur. Deney elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük Şekil 3.25'te ve her çevrimdeki maksimum deplasman Şekil 3.26'da gösterilmiştir. Deney elemanın deney esnasındaki yük-deformasyon ilişkisi Şekil 3.27'de gösterilmiştir. Ayrıca deney elemanın maksimum kayma deplasmanı ileri ve gerim çevrimde sırası ile, 2,03 mm ve 1,91 mm olarak kayıt edilmiştir. Deney elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi Şekil 3.28'de gösterilmektedir.



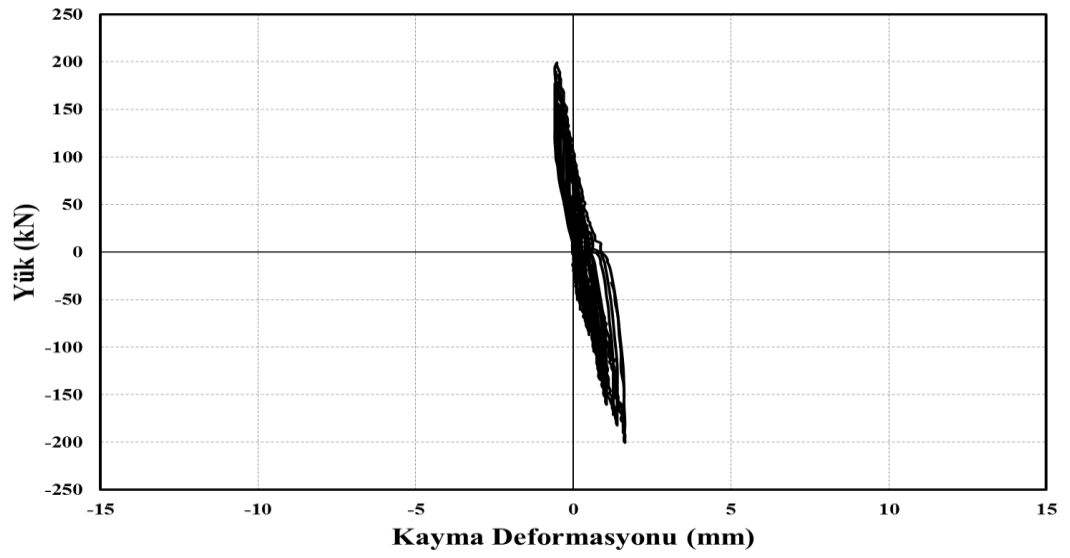
Şekil 3.25. S1.0-100 Elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük



Şekil 3.26. S1.0-100 Elemanın her çevrimdeki maksimum deplasmanı



Şekil 3.27. S1.0-100 Elemanın yük-deplasman ilişkisi



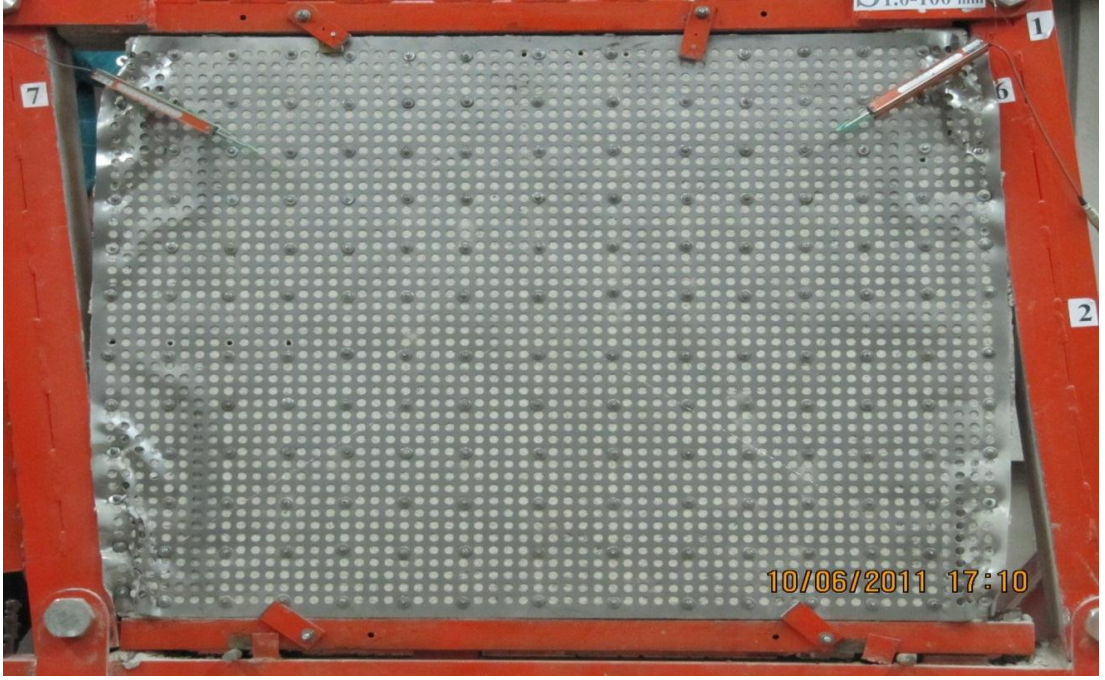
Şekil 3.28. S1.0-100 Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi



Resim 3.18. S1.0-100 Elemanın deneyden önceki durumu

Deney esnasında yaşanan önemli olaylar:

- 140 kN yük ve 66,15 mm deformasyona kadar hem duvar hem de sacların hasarsız olduğu görülmüştür.
- -140 kN yük ve -51mm deformasyonda, levhanın köşelerinden şişmeye çalıştığı gözlemlenmiştir ama, bulonların arasındaki mesafe az (100 mm) olduğundan dolayı etkili bir şekilde şişme engellenmiştir.
- -170 kN yük ve -66 mm deformasyonda, sac levhanın köşesindeki ezilmeler belirgin olmaya başlamıştır.
- -210 kN yük ve -89 mm deformasyonda, levhanın sağ üst ve sol alt köşesinde ezilmeler oluşmuştur ama, arası sıkışık olan bulonların sayesinde, bu ezilmelerin sınırlı kaldıkları gözlemlenmiştir.
- 220 kN yük ve 102 mm deformasyonda, duvarın sağ üst köşesindeki bulonun levha deliğini yırtarak çıktığı görülmüştür ama levhanın bu olaya rağmen çalışmakta olduğu tespit edilmiştir.
- Sonuçta -240 kN yük ve -130 mm deplasmanda, hidrolik krikonun strok kapasitesine ulaşmasından dolayı deneye son verilmiştir.



Resim 3.19. S1.0-100 Elemanın deneyden sonraki durumu

Deneyin değerlendirilmesi ile ilgili notlar aşağıdaki Şekilde sıralanabilir:

- Deneyin sonunda sıkışık bulon aralığının duvar dayanım ve davranışı üzerindeki önemli etkisi ortaya çıkmıştır.

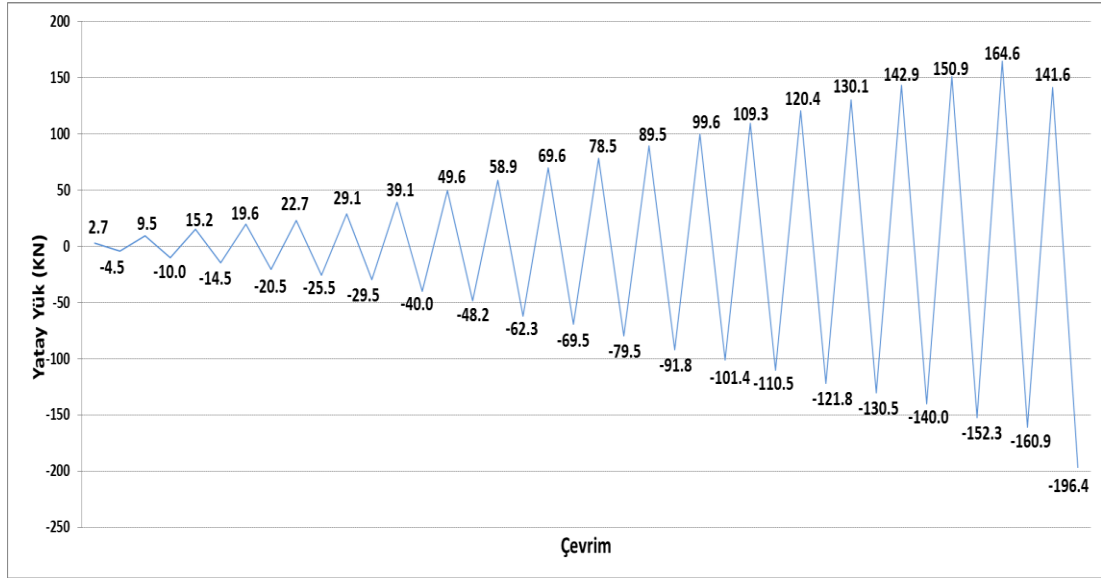


Resim 3.20. S1.0-100 Elemanın deneyden sonraki yalın durumu

3.9. S 0.3-CB : Güçlendirilmiş Eleman

Kalınlığı 0,3 mm olan iki parça levhanın birbiri üzerine bindirmeli ek yapılarak ve bulonlarla sabitlenerek güçlendirilmiş güçlendirilmiş deney elemanıdır. Levhanın duvara monte edilmesinde de belli aralıklarla bulon kullanılmıştır. Bunların haricinde duvarın köşelerinin ezilmesini engellemek amacı ile, duvarın dört köşesinde yer alan bulonların aralıkları diğerlerine göre daha sıkışık olarak ayarlanmıştır.

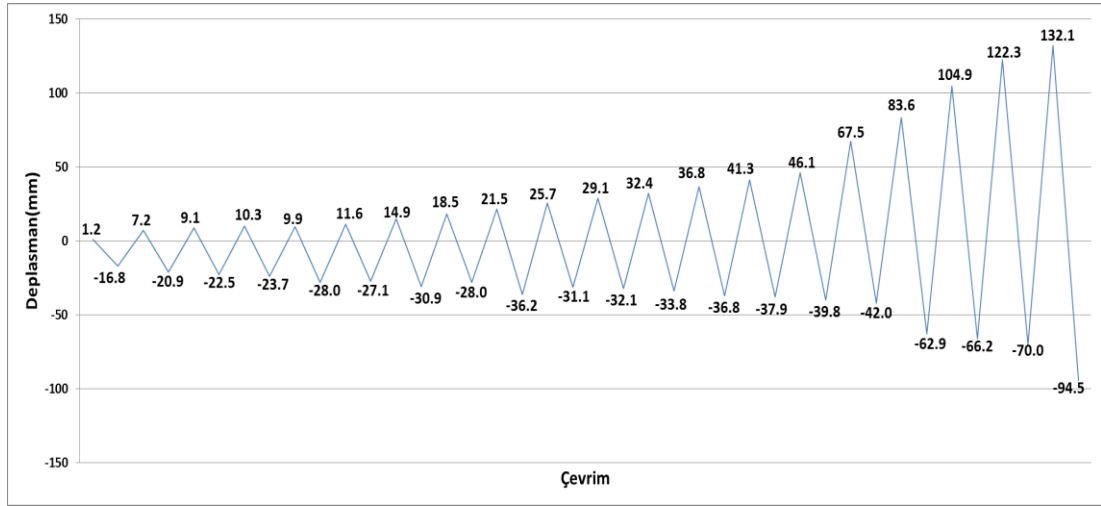
Deney elemanın yükleme esnasında ileri ve geri çevrimde maksimum yük kapasitesi sırasıyla 164,6 kN ve 196,4 kN olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca deney esnasında kayıt edilen maksimum yükteki deplasmanlar da ileri ve geri çevrimde sırasıyla 122,3 mm ve 94,5 mm olmuştur. Deney elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük Şekil 3.29'da ve her çevrimdeki kayıt edilen maksimum deplasman da Şekil 3.30'da gösterilmiştir. Ayrıca deney elemanın, deney esnasındaki yük-deplasman ilişkisi de Şekil 3.31'de gösterilmiştir. Deney elemanının deney esnasındaki maksimum kayma deformasyonu da ileri ve geri çevrimde sırasıyla 1,54 mm ve 2,40 mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi de Şekil 3.32'da gösterilmiştir.



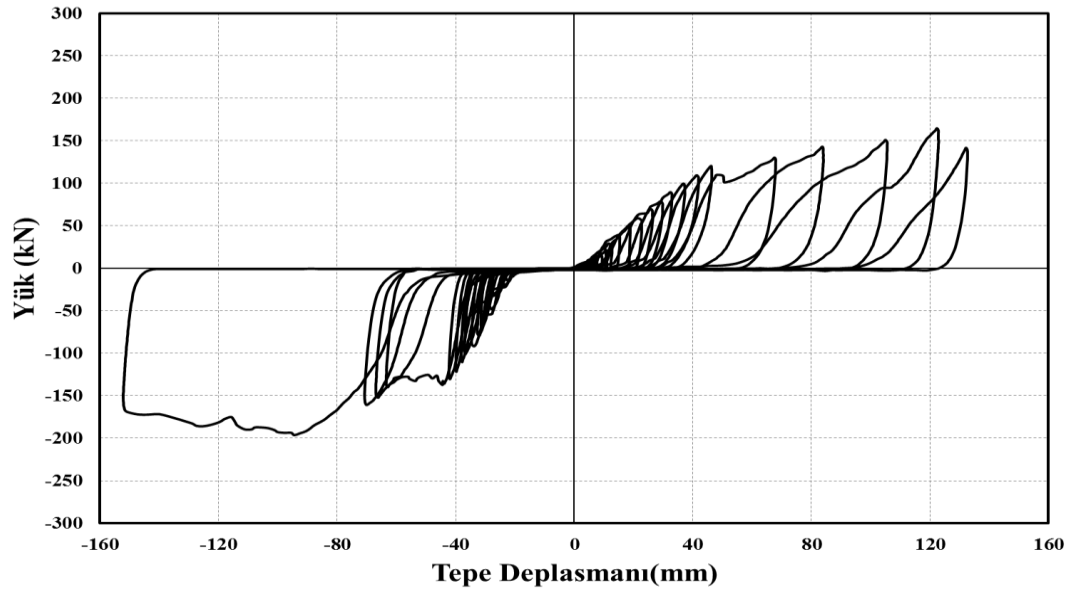
Şekil 3.29. S0.3-CB elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük

Deney esnasında gözlemlenen önemli olaylar aşağıdaki Şekilde sıralanabilir:

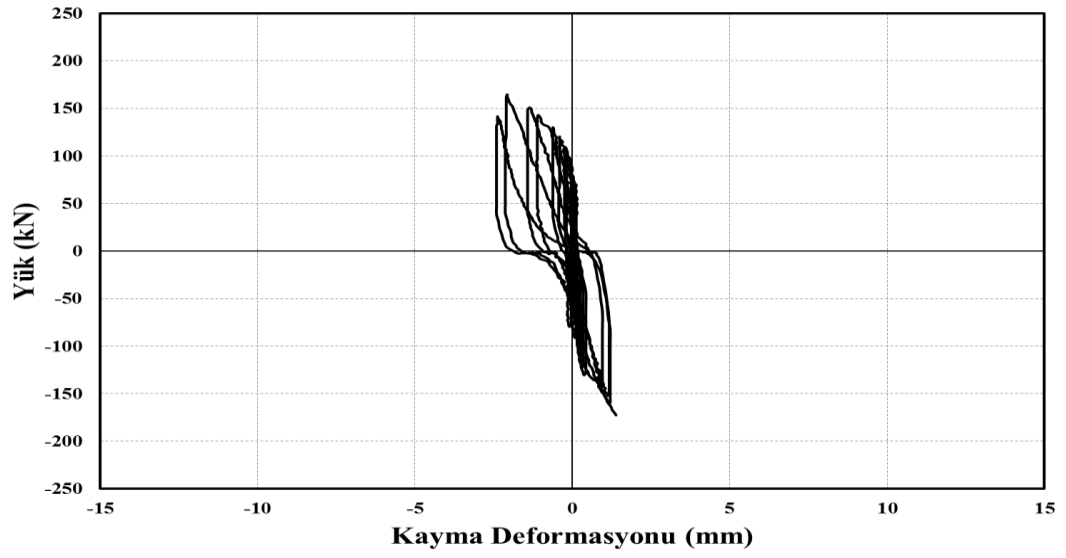
- 30 kN'a kadar hem sac hem de duvarda herhangi bir hasar gözlemlenmemiştir.
- Ancak 30 kN yük ve 12 mm deplasman seviyesinde sacın sol üst ve sağ alt köşesinde hafif buruşmalar görülmüştür. Gözlemlenmiş olan bu buruşmaların haricinde 50 kN yüke kadar elemanın oldukça iyi durumda olduğu gözlemlenmiştir.
- -60 kN ve -36 mm deplasmanda yükte hafif bir kayıp olduğu tespit edilmiştir. Gözlemlenen bu kaybın haricinde -100 kN' a kadar duvarda belirgin bir hasar görülmemiştir.
- 130 kN yükte, duvarın köşelerinde ezilme olunca yükte ani bir azalma görülmüştür, ancak sargılama basıncının etkisinden dolayı elemanın yanal yükünde artış başlamıştır.
- Sonuçta -160 kN yük ve -71 mm deplasmandahidrolik krikonun strok kapasitesine ulaşılmasından dolayı deneye son verilmiştir.



Şekil 3.30. S0.3-CB Elemanın her çevrimdeki maksimum deplasmanı



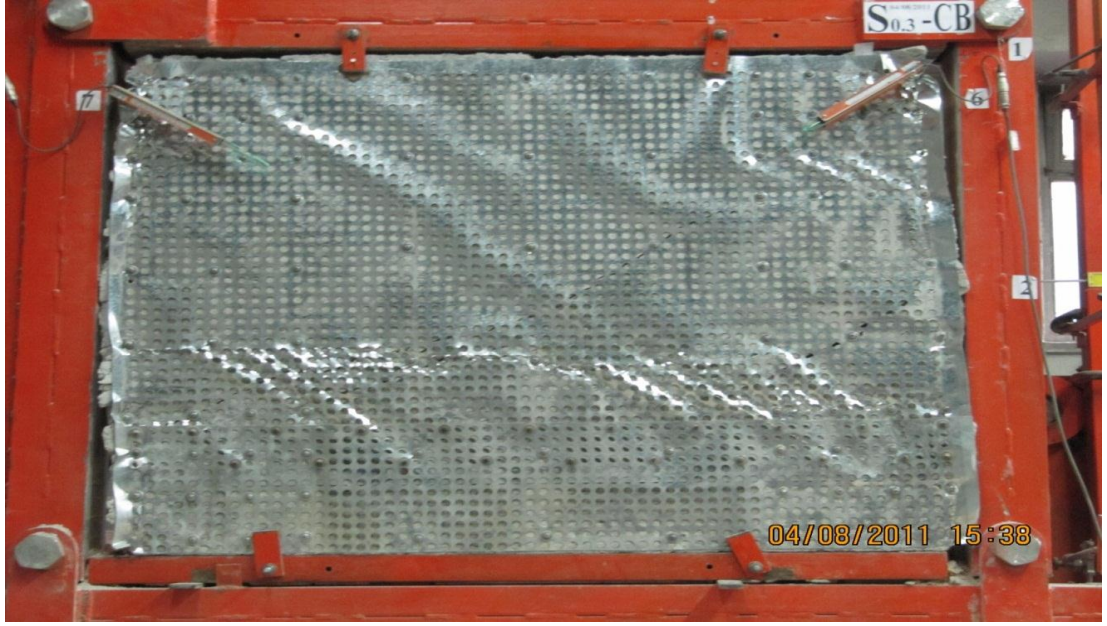
Şekil 3.31. S0.3-CB Elemanın yük-deplasman ilişkisi



Şekil 3.32. S0.3-CB Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi



Resim 3.21. S0.3-CB Elemanın deneyden önceki durumu



Resim 3.22. S0.3-CB Elemanın deneyden sonraki durumu



Resim 3.23. S0.3-CB Elemanın deneyden sonraki yalın durumu

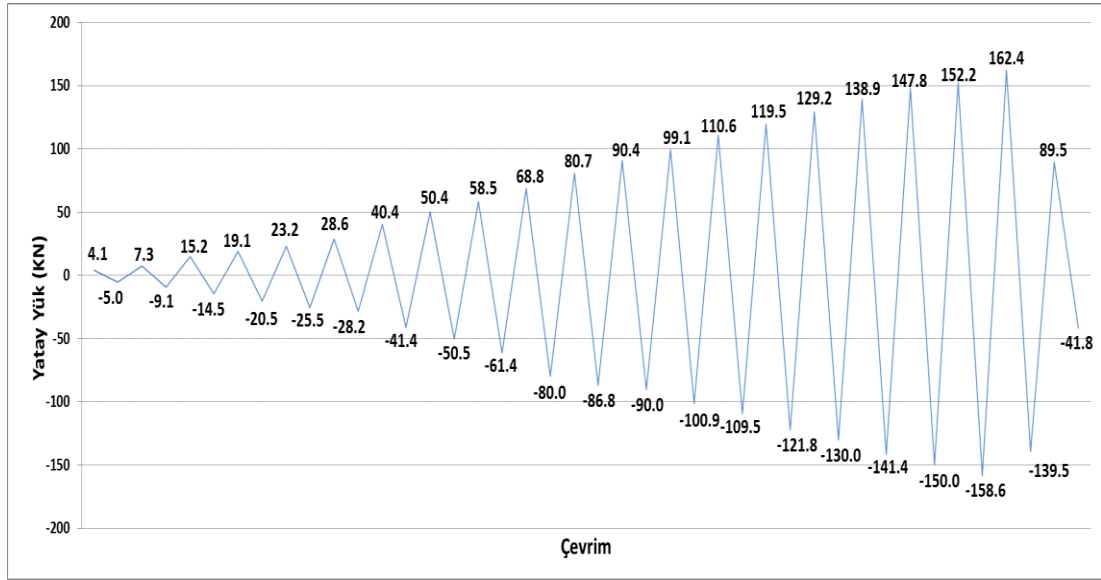
Deneyin değerlendirilmesi ile ilgili notlar aşağıdaki Şekilde sıralanabilir:

- Duvarın dört köşesindeki bulonların aralıklarının sıkışık olmasının duvarın davranışı üzerine olumlu katkıları olduğu gözlemlenmiştir.
- Sacların iki parça olarak bindirmeli ekle sabitlenmesi deney esnasında herhangi bir problem yaratmamıştır.

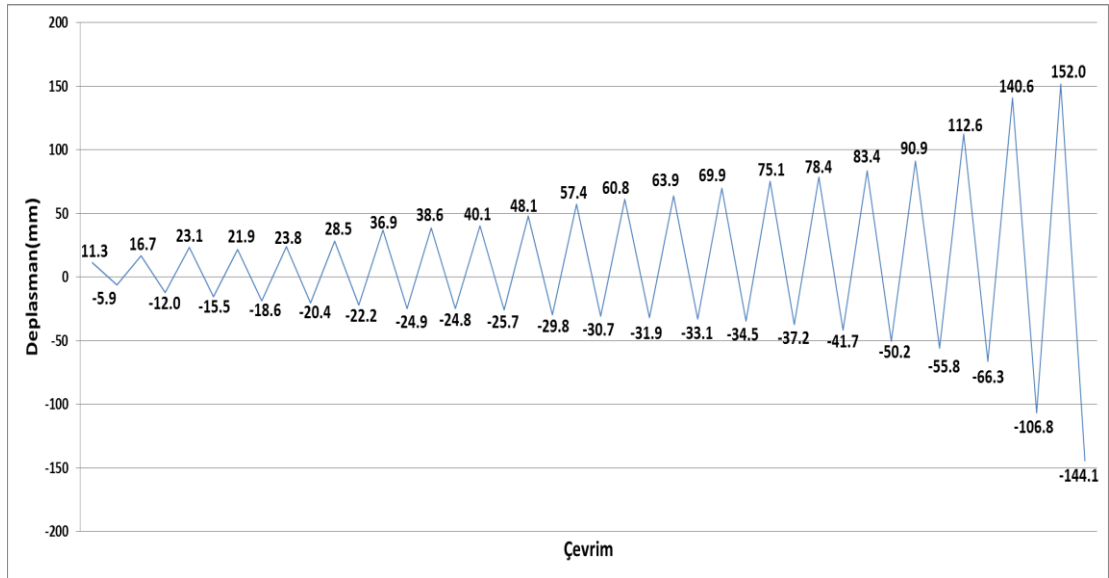
3.10. S 0.3-CL : Güçlendirilmiş Eleman

Kalınlığı 0,3 mm olan iki parça levhanın birbiri üzerine bindirmeli ek yapılarak ve bulonlarla sabitlenerek güçlendirilmiş deney elemanıdır. Ayrıca sacın duvara monte edilmesinde de belli aralıklarla bulon kullanılmıştır. Bunların haricinde duvarın köşelerinin ezilmesini engellemek amacı ile, duvarın dört köşesinde lama şeklinde olan profiller monte edilmiştir.

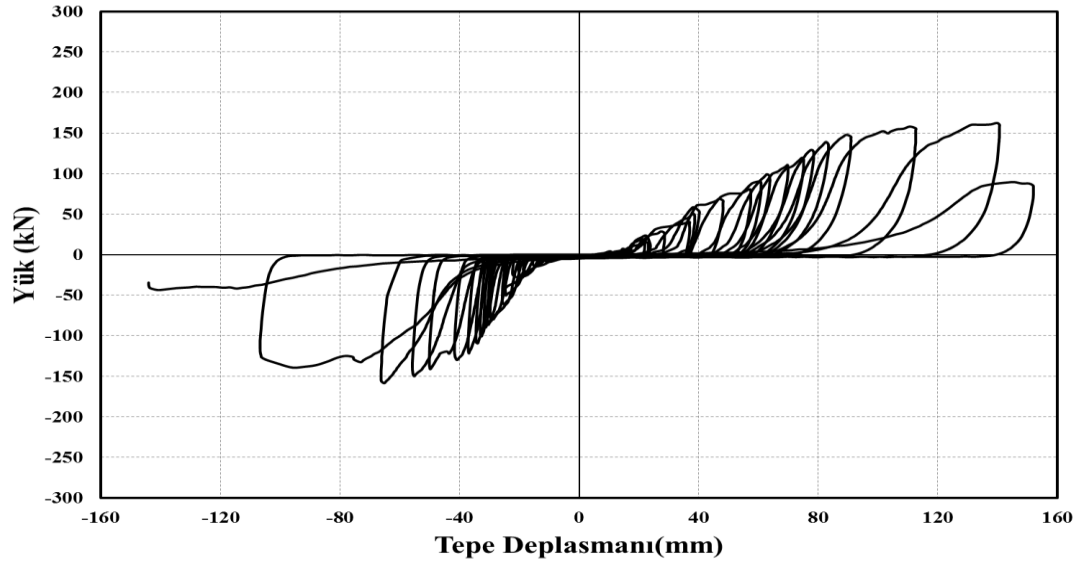
Deney elemanın yükleme esnasında ileri ve geri çevrimindeki maksimum yük kapasitesi sırasıyla 162,4 kN ve 158,6 kN olmuştur. Bu yük seviyelerindeki deplasmanlar da ileri ve geri çevrimde sırasıyla 140,6 mm ve 66,3 mm olmuştur. Deney elemanın her çevrimde taşıdığı maksimum yük Şekil 3.33’da ve her çevrimdeki kayıt edilen maksimum deplasman da Şekil 3.34’te gösterilmiştir. Ayrıca deney elemanın, deney esnasındaki yük-Deplasman ilişkisi de Şekil 3.35’te gösterilmiştir. Deney elemanının deney esnasındaki maksimum kayma deformasyonu da ileri ve geri çevrimde sırasıyla 1,75 ve 2,19 mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanın yük-Kayma deformasyon ilişkisi de Şekil 3.36’da gösterilmiştir.



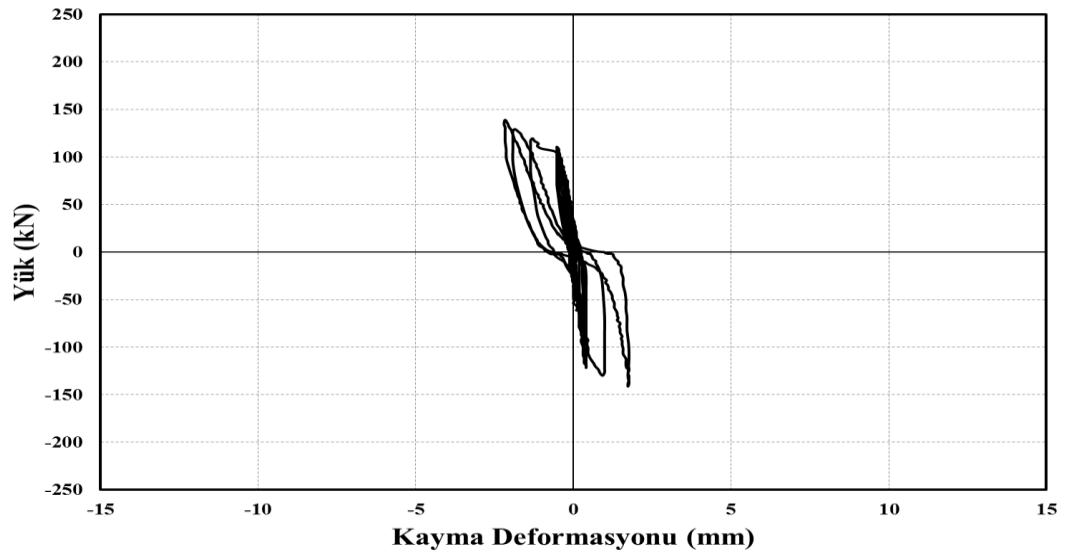
Şekil 3.33. S0.3-CL Elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük



Şekil 3.34. S0.3-CL Elemanın her çevrimdeki maksimum deplasmanı



Şekil 3.35. S0.3-CL Elemanın yük-deplasman ilişkisi



Şekil 3.36. S0.3-CL Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi



Resim 3.24. S0.3-CL Elemanın deneyden önceki durumu

Deney esnasında gözlemlenen önemli olaylar aşağıdaki Şekilde sıralanabilir:

- Uygulanan yük 90 kN'a varana kadar duvar ve sacda herhangi bir hasar görülmemiştir. Bu olay, ezilmeyi önleme amacı ile kullanılan profillerin işe yaradığını göstermektedir.
- 120 kN yük ve 76 mm deplasmanda, duvarın sol üst ve sağ alt köşesinin içten çatladığı görülmüştür. Ama buna rağmen deliklerde yırtılma görülmemiştir ve duvarın iyi durumda olduğu tespit edilmiştir.
- 140 kN yük ve 82 mm deplasmana kadar levhada buruşmalar görülmüştür ama profillerin ezilmeyi sınırlayarak buruşmaların iç kısma girmesine izin vermediği tespit edilmiştir.
- 150 kN yük ve 92 mm deplasmanda, duvarın sağ alt köşesinden sol üst köşeye doğru diyagonal bir çatlak oluşmuştur.
- 160 kN yük ve 100 mm deplasmanda, levhanın çok gergin bir durumda olduğu gözlemlenmiştir. Ama buna rağmen deliklerde yırtılma ve duvarın köşelerinde ezilme görülmemiştir. Yüklemeye devam edilirken duvarın 450 mm yüksekliğinde yırtılma başladığı görülmüş olup deneye son verilmiştir.

Deneyin değerlendirilmesi ile ilgili notlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Deneyin sonucunda, köşelerdeki ezilmeleri sınırlı tutması ve ezilmelerin duvarın iç kısmına girmesini engellemesinden dolayı L profilin çok işe yaradığı tespit edilmiştir. Ayrıca aşırı deformasyolara rağmen duvarın arka yüzünde yırtılma görülmemiştir.



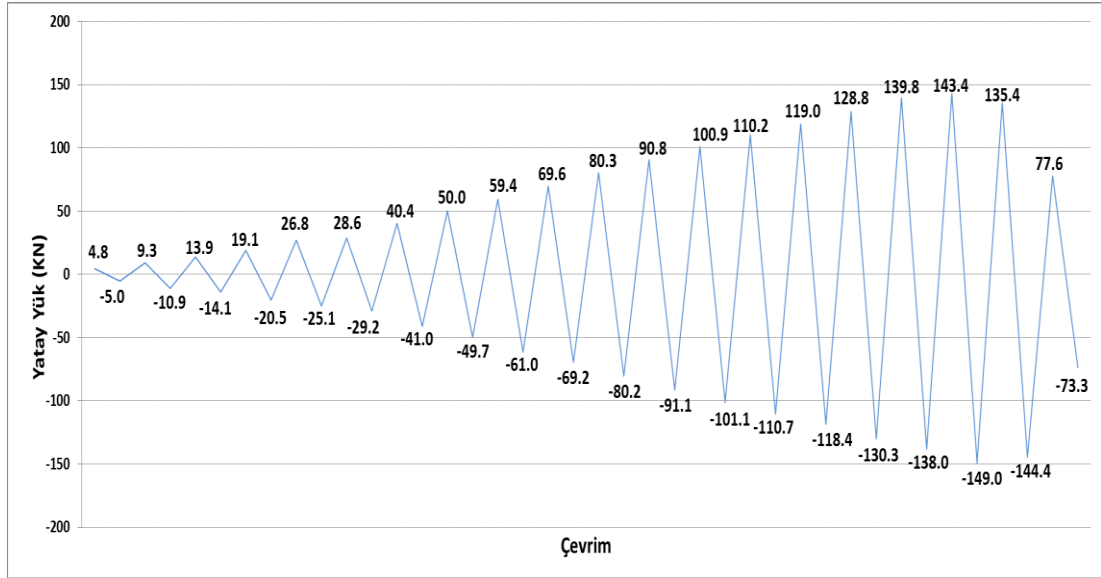
Resim 3.25. S0.3-CL Elemanın deneyden sonraki durumu

3.11. S 0.5-CB : Güçlendirilmiş Eleman

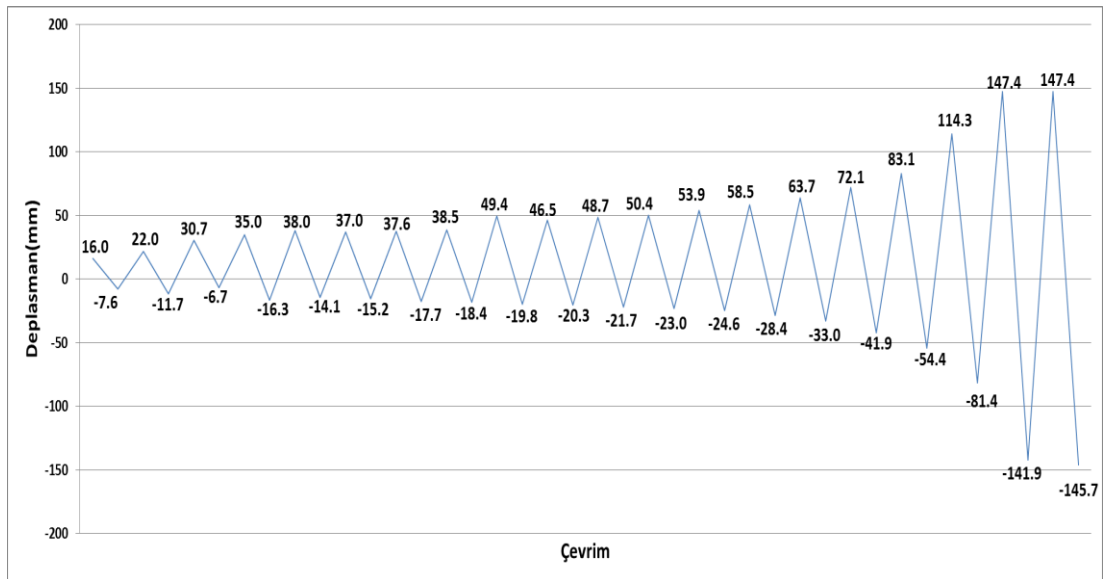
Kalınlığı 0,5 mm olan delikli sac levha ile güçlendirilmiş deney elemanıdır. Saclar, bulonlar ile duvarın her iki tarafına monte edilmiştir. Ayrıca duvarın köşelerinin ezilmesini engellemek amacı ile, duvarın dört köşesinde yer alan bulonların aralıkları diğerlerine göre daha sıkıştırılmıştır.

Deney elemanın yükleme esnasında ileri ve geri çevrimde maksimum yanal yükleri sırasıyla 143,4 kN ve 149 kN olmuştur. Ayrıca bu yük seviyelerinde kayıt edilen maksimum deplasmanlar da ileri ve geri çevrimde sırasıyla 114,3 mm ve 81,4 mm olmuştur. Deney elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük Şekil 3.37’de ve

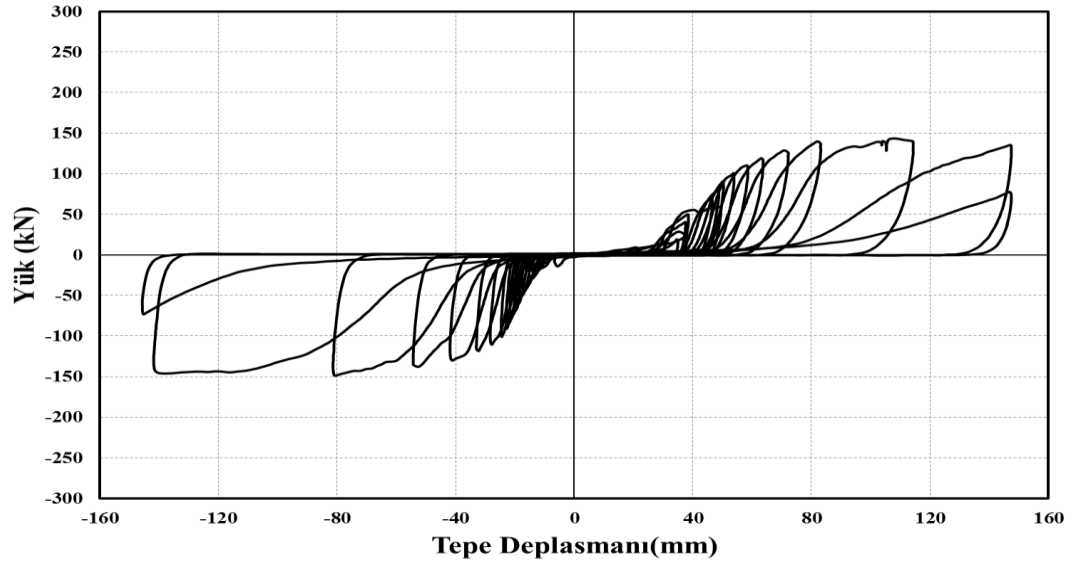
her çevrimde kayıt edilen maksimum deplasman da Şekil 3.38’de gösterilmiştir. Ayrıca deney elemanın, deney esnasındaki yük-deplasman ilişkisi de Şekil 3.39’da gösterilmiştir. Deney elemanının deney esnasındaki maksimum kayma deformasyonu da ileri ve geri çevrimde sırasıyla 1,93 mm ve 2,38 mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi de Şekil 3.40’ta gösterilmiştir.



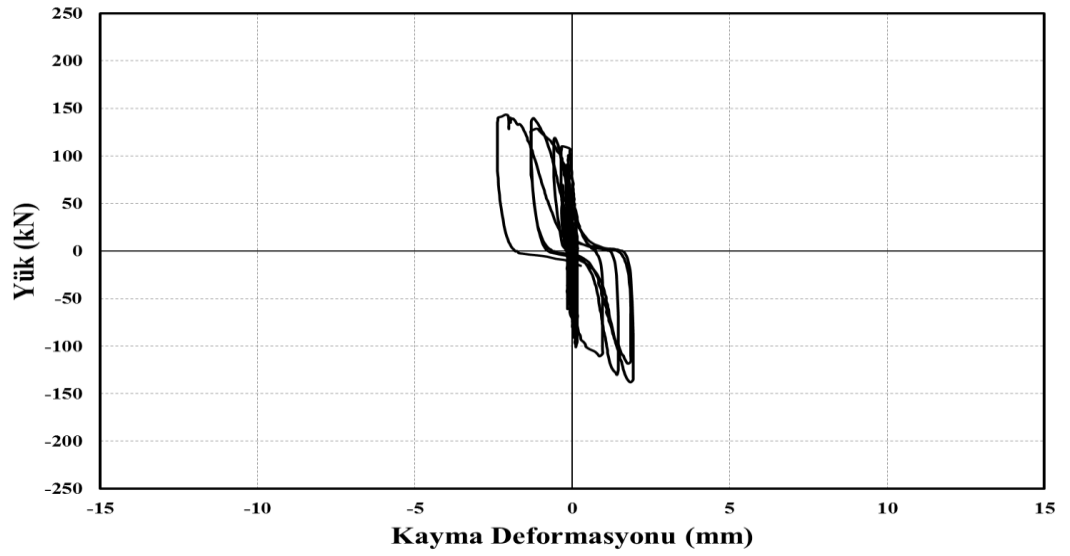
Şekil 3.37. S0.5-CB Elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük



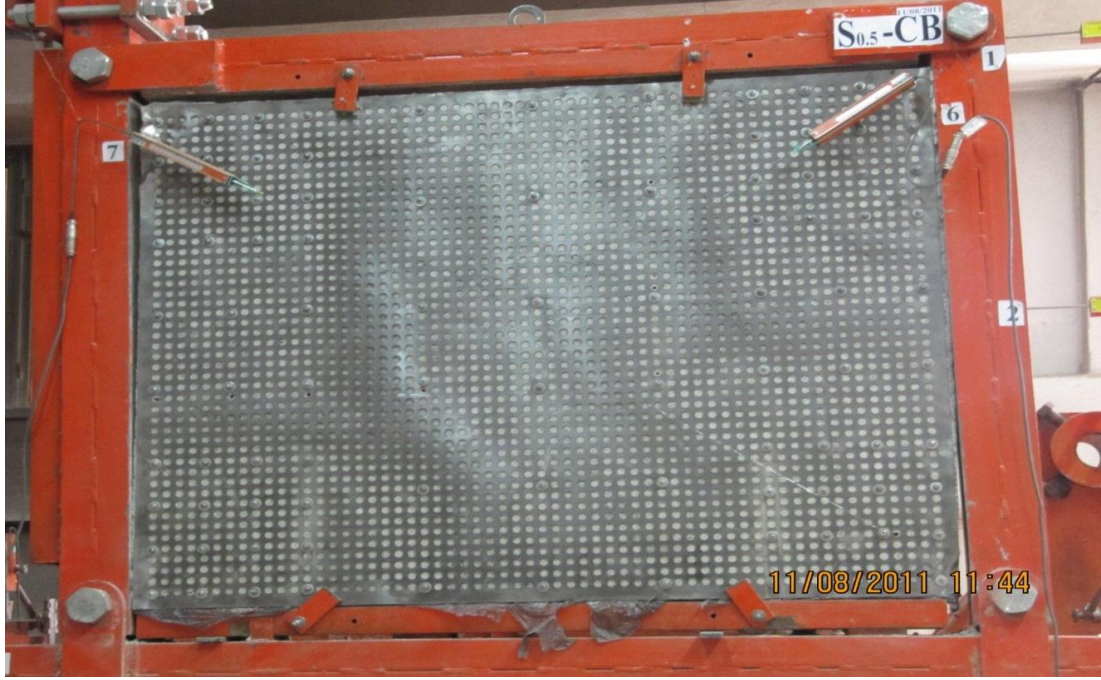
Şekil 3.38. S0.5-CB Elemanın her çevrimdeki maksimum deplasmanı



Şekil 3.39. S0.5-CB Elemanın yük-deplasman ilişkisi



Şekil 3.40. S0.5-CB Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi



Resim 3.26. S0.5-CB Elemanın deneyden önceki durumu

Deney esnasında gözlemlenen önemli olaylar:

- Deneyin başlangıcından 70 kN yüke kadar duvar ve sacda herhangi bir hasar görülmemiştir.
- 70 kN yük ve 43 mm deplasmanda, sacın sağ alt ve sol üst köşesinde hafif da olsa buruşmalar oluşmaya başlamıştır.
- 80 kN yük ve 45 mm deplasmanda, duvarın sağ alt ve sol üst köşesindeki buruşmalardan dolayı ezilmeler gözlemlenmiştir.
- 120 kN yük ve 59 mm deplasmanda, yük uygulandığı doğrultusundaki köşelerde hafif ezilmeler görülmüştür, ama köşelerde yer alan bulonların arası sıkışık olduğundan dolayı ezilmeler içeri girmemiştir ve dış kısımda sınırlı kaldığı tespit edilmiştir. Fakat bu dayanıma rağmen duvarın sol üstünden sağ altına ve sol altından sağ üstüne iki çatlağın geliştiği görülmüştür.
- 130 kN yük ve 67 mm deplasmanda, bulonların arası sıkışık olduğu kısımlarda, levhadaki gerilmelerden dolayı oluşan çatlağın daha fazla açılmasını etkili bir şekilde engellenmesi tespit edilmiştir.

- Sonuçta 135 kN yükte, strok kapasitesi bitmesinden dolayı deneye son verilmiştir.



Resim 3.27. S0.5-CB Elemanın deneyden sonraki durumu

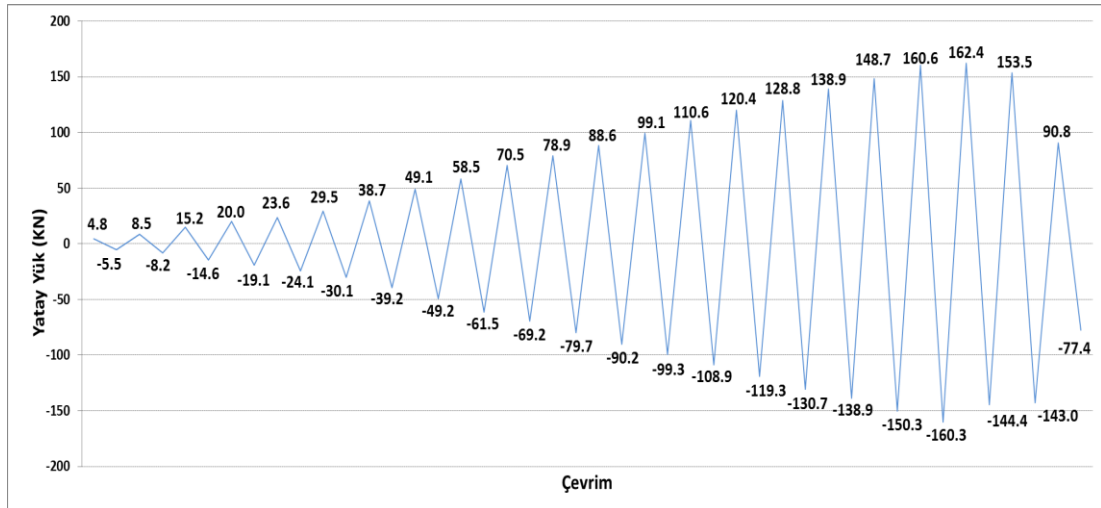
Deneyin değerlendirilmesi:

- Duvarın köşelerinin ezilmesini engellemek amacı ile bu deneyde kullanılan yöntemin işe yaradığı tespit edilmiştir. Sebebi de yük 135 kN'u geçtikten sonra ve köşeler ezilmeye başladığında bulonların aralığı sıkışık olan bölgelerde ezilmenin dış kısımlarda sınırlı kalmasıdır. Ayrıca duvarda oluşan çatlaklar orta kısımlarda geniş iken kenar kısımlara hiç girmemiştir ve ya girse bile çatlak genişliğinin sınırlı kaldığı görülmüştür. Bunların haricinde deliklerin bazılarında ovalleşme olmasına rağmen yırtılma görülmemiştir.

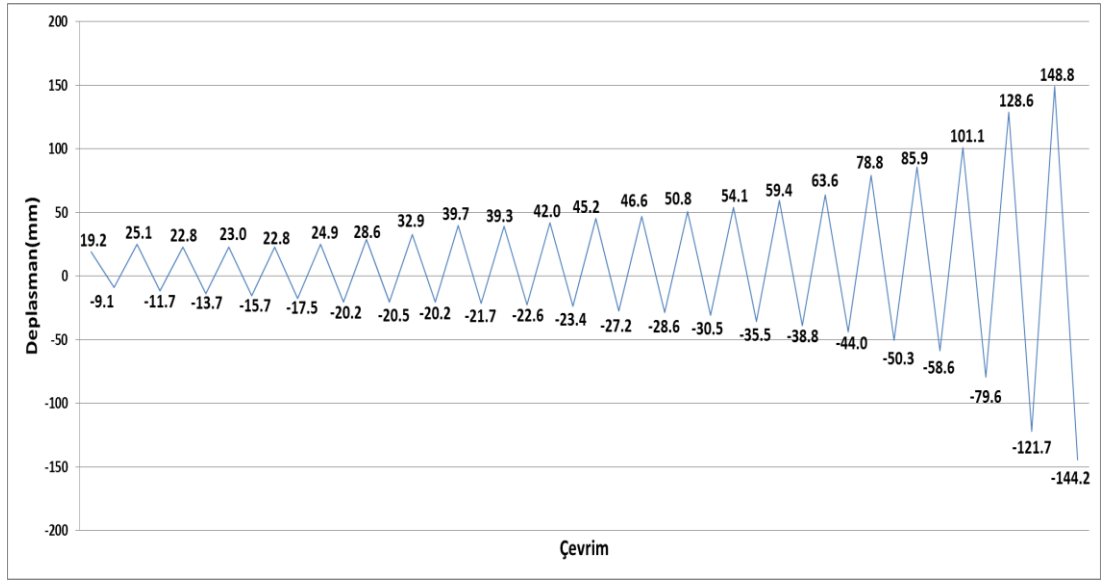
3.12. S 0.5-CL : Güçlendirilmiş Eleman

Kalınlığı 0,5 mm olan delikli saç levha ile güçlendirilmiş deney elemanıdır. Saclar, bulonlar ile duvarın her iki tarafına monte edilmiştir. Ayrıca duvarın köşelerinin ezilmesini engellemek amacı ile, duvarın dört köşesinde L Şekilinde olan lamalar monte edilmiştir.

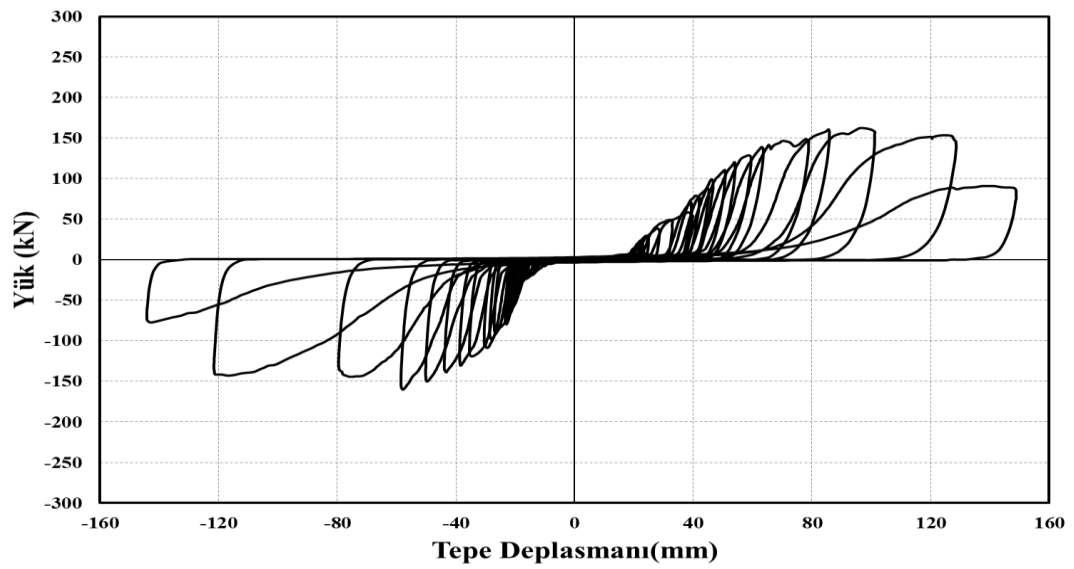
Deney elemanın yükleme esnasında ileri ve geri çevrimde dayandığı maksimum yanal yük, sırası ile: 162,4 ve 160,3 kN olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca deney esnasında kayıt edilen maksimum deplasman miktarı da, ileri ve geri çevrimde sırası ile: 101,1 ve 58,6 mm olmuştur. Deney elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük Şekil 3.41’de ve her çevrimdeki kayıt edilen maksimum deplasman da Şekil 3.42’de gösterilmiştir. Ayrıca deney elemanın, deney esnasındaki yük-deplasman ilişkisi de Şekil 3.43’te gösterilmiştir. Deney elemanının deney esnasındaki maksimum kayma deformasyonu da ileri ve geri çevrimde, sırası ile: 3,51 ve 4,19 mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi de Şekil 3.44’te da gösterilmiştir.



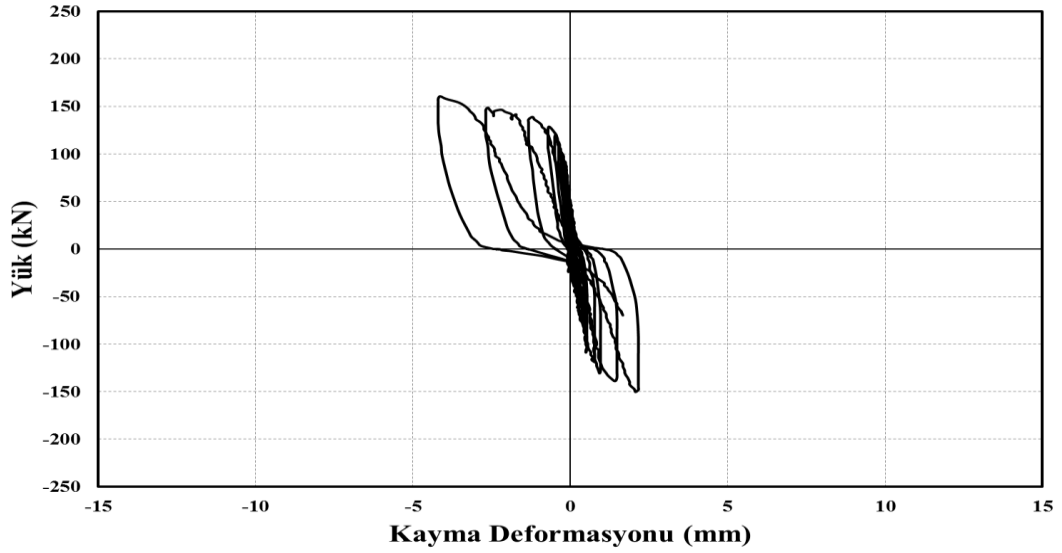
Şekil 3.41. S0.5-CL Elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük



Şekil 3.42. S0.5-CL Elemanın her çevrimdeki maksimum deplasmanı



Şekil 3.43. S0.5-CL Elemanın yük-deplasman ilişkisi



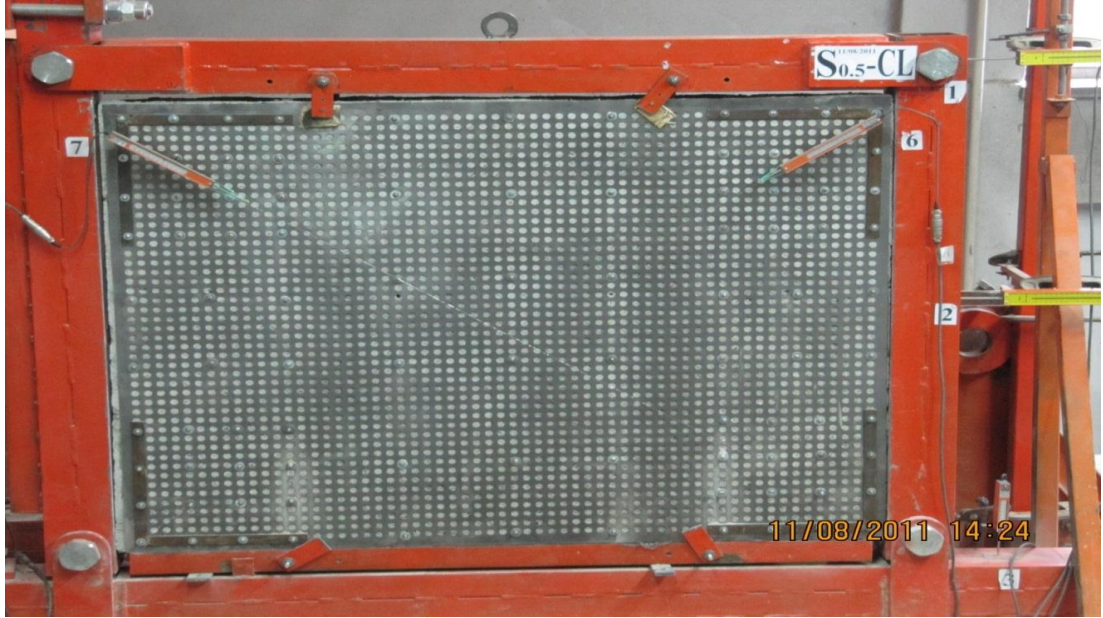
Şekil 3.44. S0.5-CL Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi

Deney esnasında gözlemlenen önemli olaylar:

- Yük 130 kN'a varana kadar duvar ve sacda herhangi bir hasar görülmemiştir.
- 130 kN yük ve 58 mm deplasmanda, duvarın köşesindeki lama profilin dış kısmı ile çerçevenin iç kısmının arasındaki bölgede ezilmeler görülmüştür, ama elemanın iç bölgesi oldukça iyi durumda olduğu tespit edilmiştir. Bu durum 150 kN yüke kadar devam ederek iç bölgelere girmemiş ve aynı kalmıştır.
- -150 kN yük ve -52,5 mm deplasmanda, duvarın sol üst köşesinden sağ alt köşeye doğru bir çatlak oluşması görülmüştür fakat oluşan bu çatlak iç bölgede sınırlı kalarak, lama konulmuş olan bölgeye girmemiştir.
- 160 kN yükte duvarın ortasında yaklaşık yatay bir çatlak oluşmuştur. Ayrıca orta bölgelerde sıvanın kabarmış durumda olduğu görülmüştür, ama sıklaştırılmış bölgelerde hasar düzeyin çok hafif olduğu tespit edilmiştir. Bu durum yaşandıktan sonra, duvar çok fazla yük almadığı için deneye deplasman kontrolü ile her çevrimde 20 mm arttırarak devam edilmiştir.
- Deneye son verilmesi düşünülürken duvarın durumu hala iyi ve yük alabilecek kapasitesinde olduğu görülmüştür. Bu durumda duvarın yatay derz boyunca deliklerde ovelleşme olduğu ama yırtılma olmadığı tespit edilmiştir.

Ayrıca ortada 150 mm lik yatay bölge içerisinde tuğlalar sıyrılmış durumda olduğu görülmüştür. Bu olayların hepsine rağmen duvar hala ayakta ve yük alabilecek kapasitesinde olduğu tespit edilmiştir.

- Deneye 134 kN yükte son verilmiştir.



Resim 3.28. S0.5-CL Elemanın deneyden önceki durumu

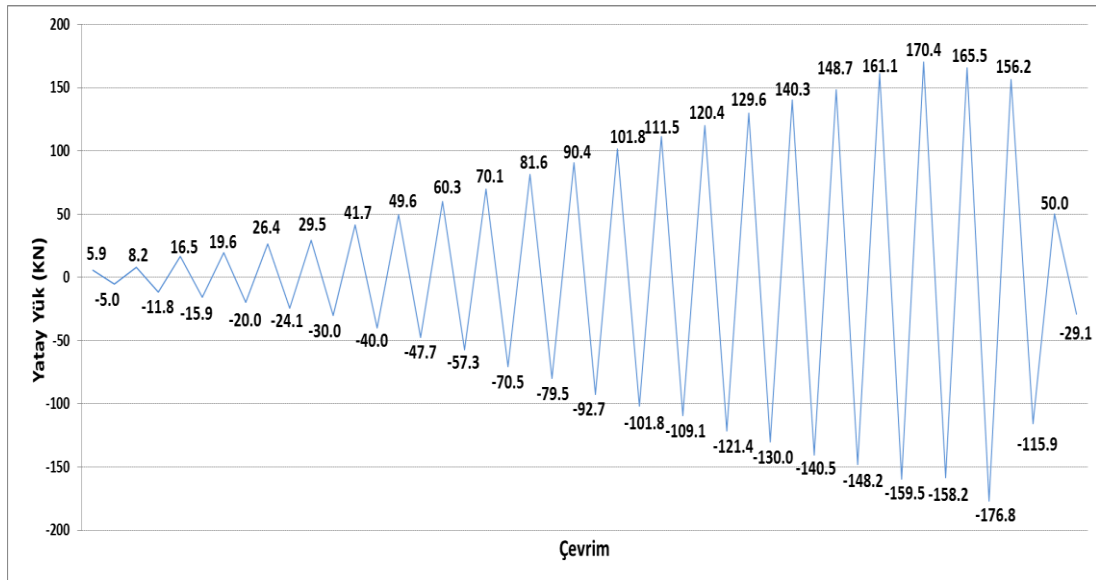


Resim 3.29. S0.5-CL Elemanın deneyden sonraki durumu

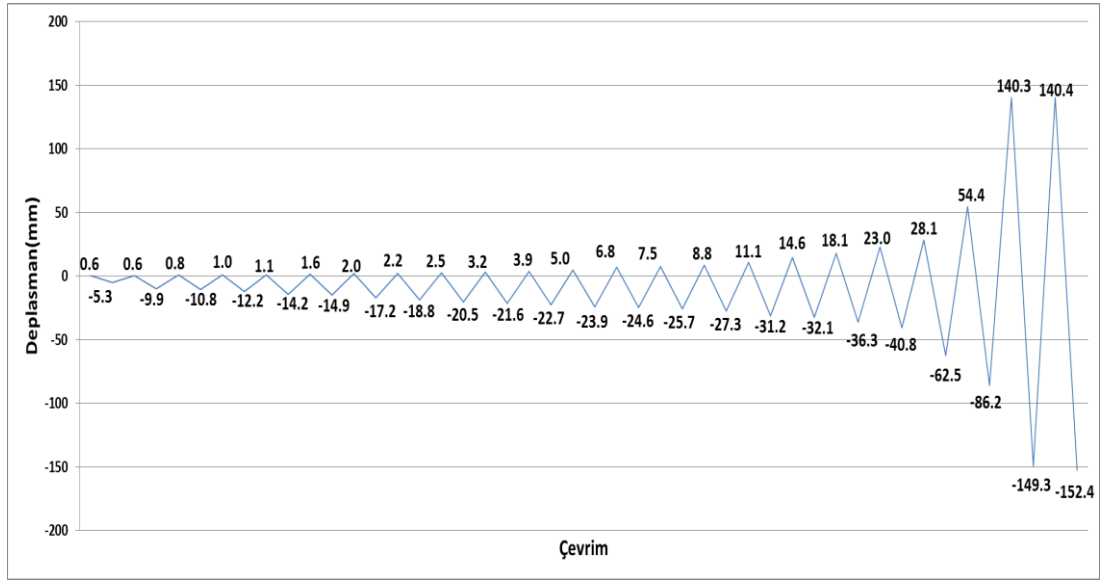
3.13. S 0.5-CC : Güçlendirilmiş Eleman

Kalınlığı 0,5 mm olan delikli sac levha ile güçlendirilmiş deney elemanıdır. Saclar, bulonlar ile duvarın her iki tarafına monte edilmiştir. Ayrıca duvarın köşelerinin ezilmesini engellemek amacı ile, duvarın dört köşesinde yer alan tuğlalar kesilerek yerine beton kaplanmıştır.

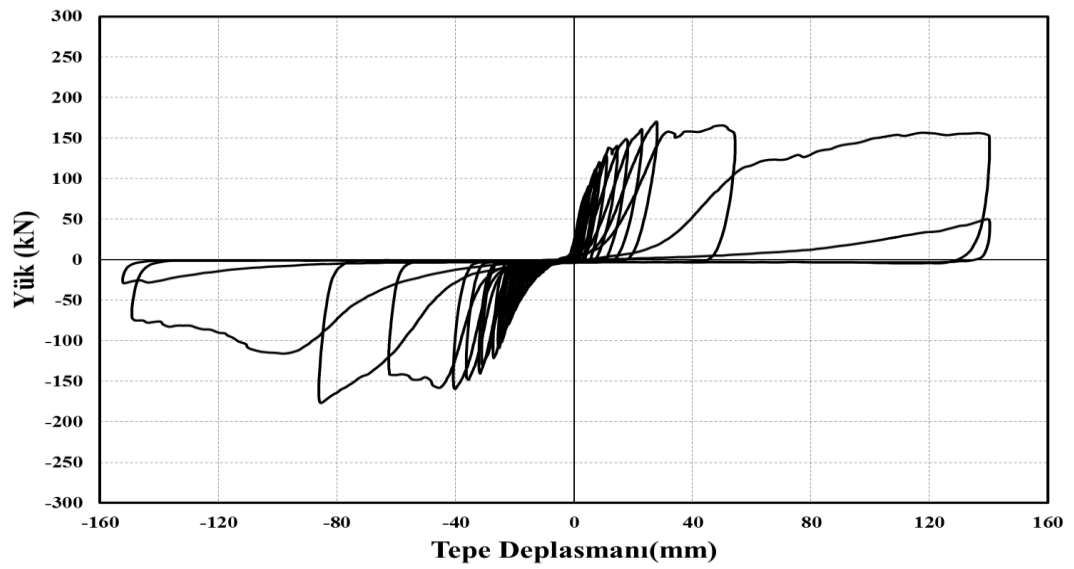
Deney elemanın yükleme esnasında ileri ve geri çevrimde dayandığı maksimum yük, sırası ile: 170,4 ve 176,8 kN olaral kayıt edilmiştir. Ayrıca deney esnasında kayıt edilen maksimum deplasman miktarı da, ileri ve geri çevrimde sırası ile: 28,1 ve 86,2 mm olmuştur. Deney elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük Şekil 3.45'te ve her çevrimdeki kayıt edilen maksimum deplasman da Şekil 3.46'da gösterilmiştir. Ayrıca deney elemanın, deney esnasındaki yük-deplasman ilişkisi de Şekil 3.47'de gösterilmiştir. Deney elemanın deney esnasındaki maksimum kayma deformasyonu da ileri ve geri çevrimde,sırası ile: 2,22 ve 3,52 mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi de Şekil 3.48'de gösterilmiştir.



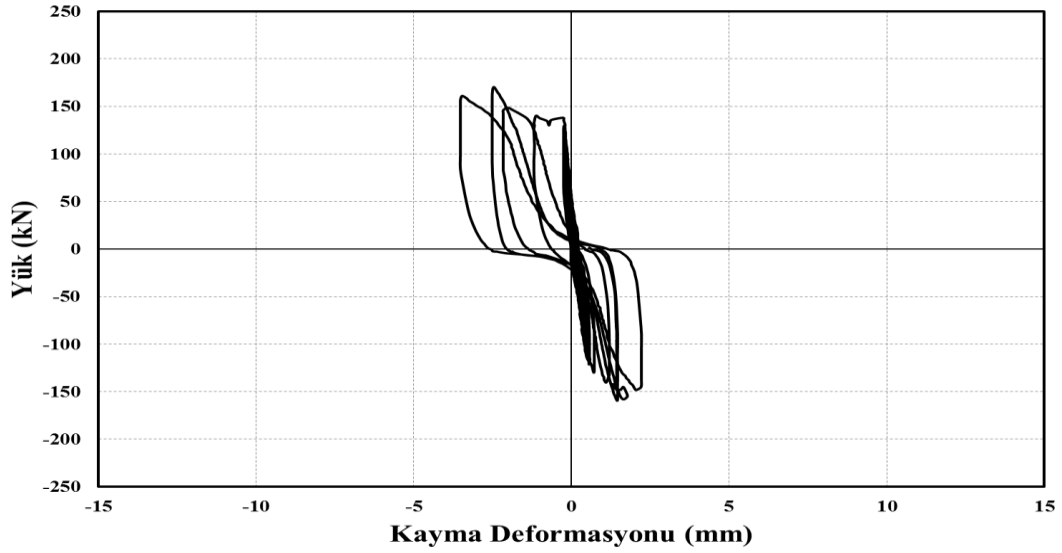
Şekil 3.45. S0.5-CC Elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük



Şekil 3.46. S0.5-CC Elemanın her çevrimdeki maksimum deplasmanı



Şekil 3.47. S0.5-CC Elemanın yük-deplasman ilişkisi



Şekil 3.48. S0.5-CC Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi

Deney esnasında gözlemlenen önemli olaylar:

- Deneyin başlangıcından 130 kN yüke kadar duvar ve sacda herhangi bir hasar görülmemiştir.
- 140 kN yük ve 14 mm deplasmanda, duvarın sol üst köşesinden sağ alt köşesine doğru ve 3 mm genişliğinde bir çatlakın oluşması görülmüştür, ama buna rağmen duvarın iyi durumda olduğu tespit edilmiştir.
- 150 kN yük ve 18 mm deplasmanda, oluşan çatlakın genişliği 1 mm arttığı görülmüştür, ama yine de duvarın köşelerinde hasar düzeyi sıfıra çok yakın olduğu tespit edilmiştir.
- -150 kN yük ve -36 mm deplasmanda, oluşan çatlakın genişliği yine 1 mm daha artarak 3 mm olduğu görülmüştür. Ayrıca bu çatlakın etkisinden dolayı levhada gerginleşmeler ortaya geldiği de görülmüştür, ancak elemanın hala iyi durumda olduğu tespit edilmiştir. Yükleme devam ettikçe çatlakların ilerlemeye başladığı görülmüştür, fakat duvarın beton kapalı kısmında sınırlı kaldığı tespit edilmiştir.
- Deneyin devamında yük 146 kN'a düşmüştür, ama deplasman miktarı 53 mm olarak kayıt edilmiştir. Yükün düşmesinin sebebi de yük artışından dolayı duvarın beton kapalı kısımların ezilmesi ve duvarın dayanım kaybına

uğraması olduğu olarak tespit edilmiştir. Yük düşüşünün devamında duvarın sol üstünden sağ altına doğru ve 20 mm genişliğinde bir çatlakın oluştuğu görülmüştür, ama buna rağmen beton kaplanan köşelerde ezilme olsa bile hasar düzeyi sıfıra yakın olduğu tespit edilmiştir.

- Sonuçta -170 kN yük ve -89 mm deplasmanda, deneye son verilmiştir.



Resim 3.30. S0.5-CC Elemanın deneyden önceki durumu

Deneyin değerlendirilmesi:

- Deney elemanın orta bölgelerindeki oluşan çatlaklardan dolayı dayanım kaybı görülmüştür.
- Elemanın son derece hasarlı olmasına rağmen, zar etkisinden dolayı dağılması engellenmiştir.
- Bu deneyde duvar en büyük dayanım kaybına uğradığı görülmüştür ama, yine de başarılı olarak değerlendirilmiştir. Başarılı olmasının sebebi, deduvarın çok hasar görmesine rağmen dağılmamasıdır çünkü bu set deneylerde amac, duvarın dağılmasını engellenmesi olarak belirtilmişti ki ona ulaşılmış olunmuştur.

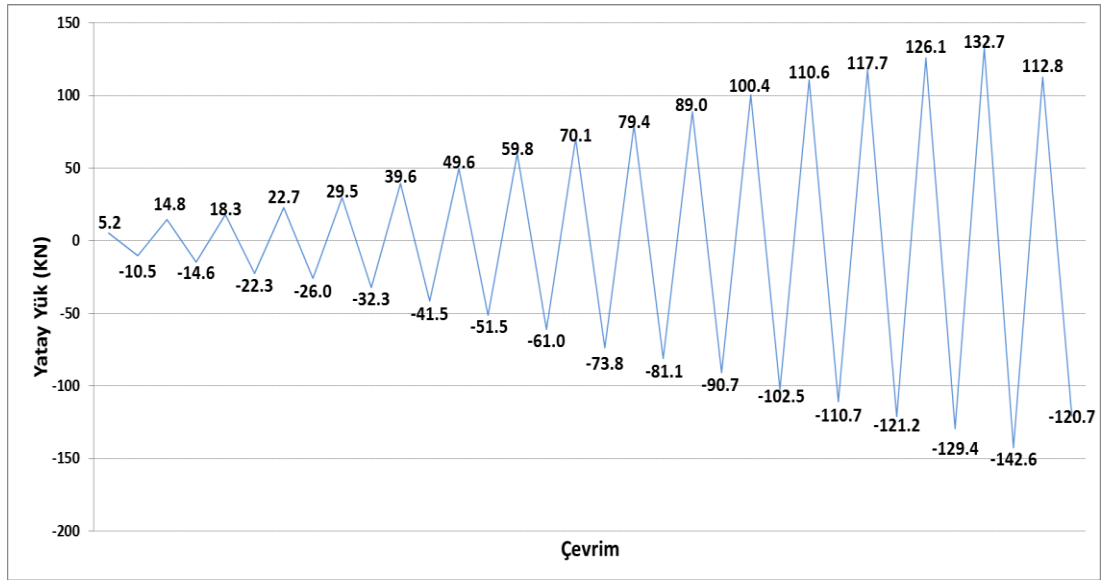


Resim 3.31. S0.5-CC Elemanın deneyden sonraki durumu

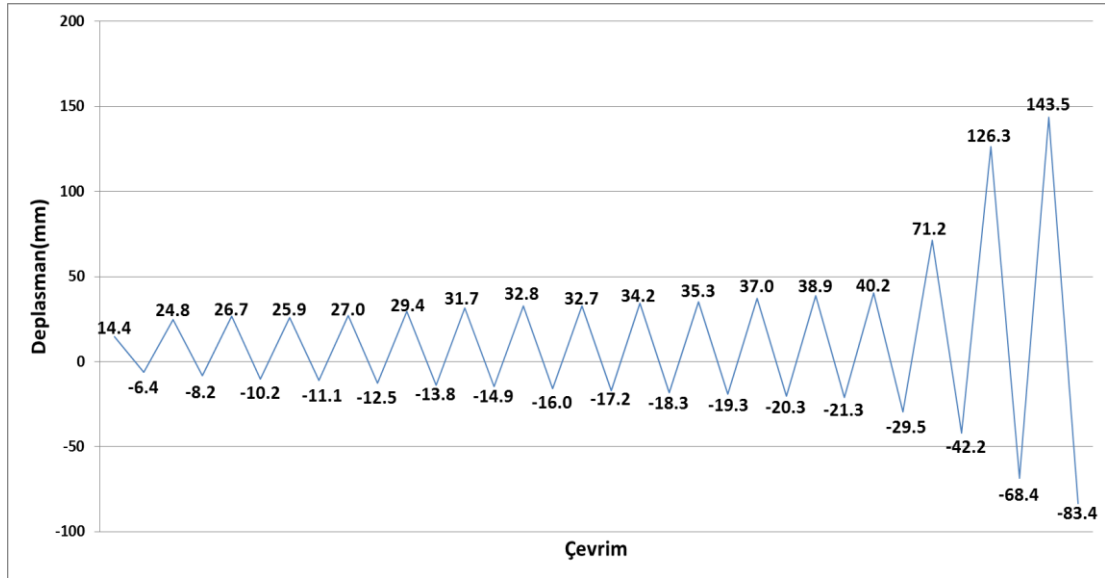
3.14. S0.3-CC : Güçlendirilmiş Eleman

Kalınlığı 0,3 mm, ve iki parçanın birleşiminden teşkil eden delikli sac levha ile güçlendirilmiş deney elemanıdır. Saclar, bulonlar ile birbirine monte edilmiştir. Ayrıca sacın duvara monte edilmesinde de belli aralıklarla bulon kullanılmıştır. Bunların haricinde duvarın köşelerinin ezilmesini engellemek amacı ile, duvarın dört köşesinde yer alan bulonların aralıkları diğerlerine göre daha sıkıştırılmıştır.

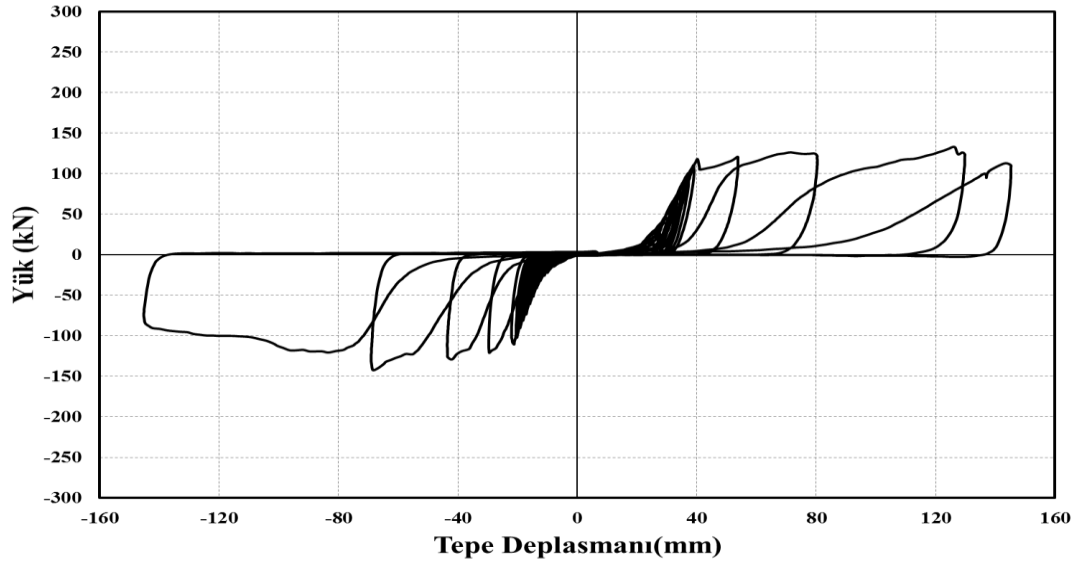
Deney elemanın yükleme esnasında ileri ve geri çevrimde dayandığı maksimum yük, sırası ile: 132,7 ve 142,6 kN olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca deney esnasında kayıt edilen maksimum deplasman miktarı da, ileri ve geri çevrimde sırası ile: 126,3 ve 68,4 mm olmuştur. Deney elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük Şekil 3.49'da ve her çevrimdeki kayıt edilen maksimum deplasman da Şekil 3.50'de gösterilmiştir. Ayrıca deney elemanın, deney esnasındaki yük-deplasman ilişkisi de Şekil 3.51'de gösterilmiştir. Deney elemanının deney esnasındaki maksimum kayma deformasyonu da ileri ve geri çevrimde, sırası ile: 0,01 ve 0,15 mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi de Şekil 3.52'de gösterilmiştir.



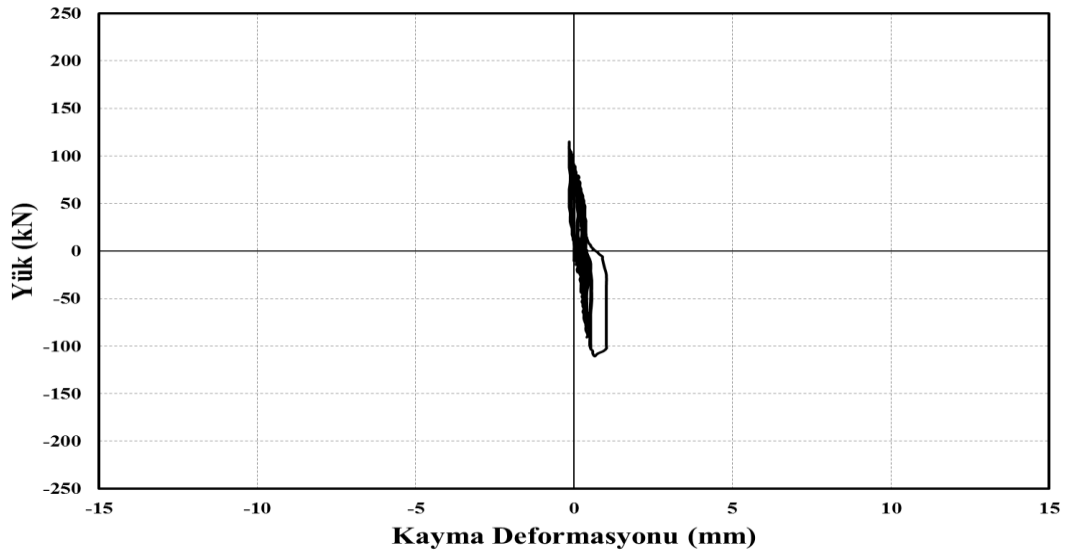
Şekil 3.49. S0.3-CC Elemanın her çevrimdeki taşıdığı maksimum yük



Şekil 3.50. S0.3-CC Elemanın her çevrimdeki maksimum deplasmanı



Şekil 3.51. S0.3-CC Elemanın yük-deplasman ilişkisi



Şekil 3.52. S0.3-CC Elemanın yük-kayma deformasyon ilişkisi

Deney esnasında gözlemlenen önemli olaylar:

- 110 kN yüke kadar sac ve duvarda herhangi bir hasar görülmemiştir.
- 110 kN yük ve 38 mm deplasmanda, sacda dalgalanmalar, sağ üst köşeden, sağ alt köşeye diyagonal çatlaklar ve hafif da olsa bembeleşmeler görülmüştür.

- -130 kN yük ve -44 mm deplasmanda, duvarın sağ alt köşesinde 15 mm kalınlığında bir çatlak oluşmuştur. Bu halde, levha çok gergin bir durumda olmasına rağmen deliklerde ovalleşme olsa bile çok az miktarda olduğu tespit edilmiştir.
- Yük -140 kN'agiderken diyagonal çatlağın ilerlemesine rağmen ezilmelerin ilerlememesi gözlemlenmiştir. Deplasman miktarı -59 mm olarak kayıt edilmiştir.
- 160 kN yükte diyagonalın iyice ezildiği gözlemlenmiştir. Çatlağın genişliği 15 mm olmasına rağmen, gözlemlenen hasar tuğlalara göre daha az olduğu tespit edilmiştir, Ayrıca deliklerde ovalleşme görülmemiştir.
- Deneyin sonuna doğru giderken levha iyi durumda olduğu görülmüştür. Fakat ovalleşmelerin belirginleşmesi tespit edilmiştir, ama deliklerin hiç biri yırtılmamıştır. Çatlak genişliği 20 mm'ye ulaşmıştır. Strok kapasitesi bitmesinden dolayı 160 kN'da deneye son verilmiştir.



Resim 3.32. S0.3-CC Elemanın deneyden önceki durumu



Resim 3.33. S 0.3-CC Elemanın deneyden sonraki durumu

4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Genel

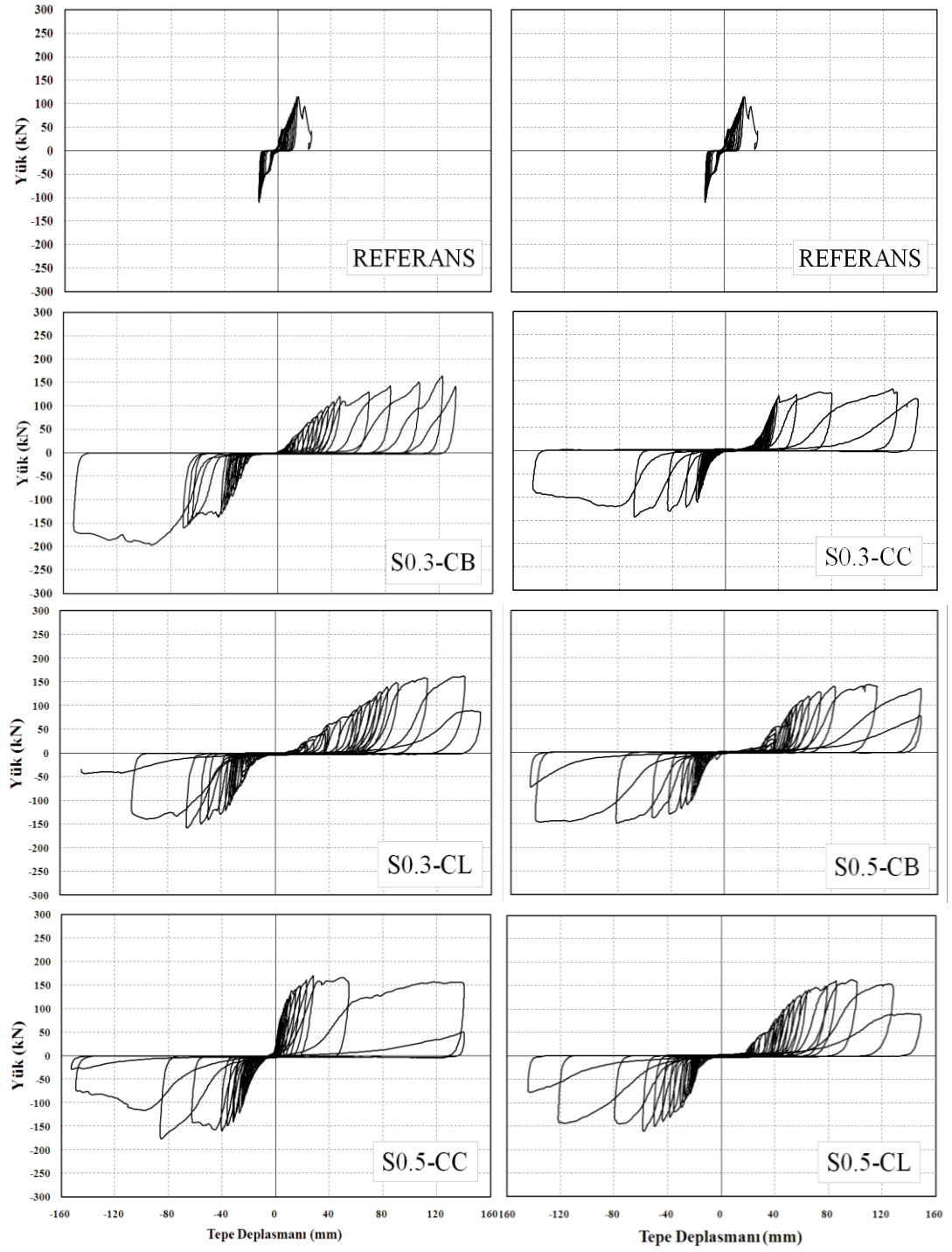
Bu bölümde deney sonuçları yanal dayanım, rijitlik, enerji tüketme ve kat ötelenmesi değerleri açısından incelenecektir. Tüm deney elemanlarının yanal yük–tepe ötelenmesi grafikleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de, deney sonuçları da Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

4.2. Zarf Eğrileri

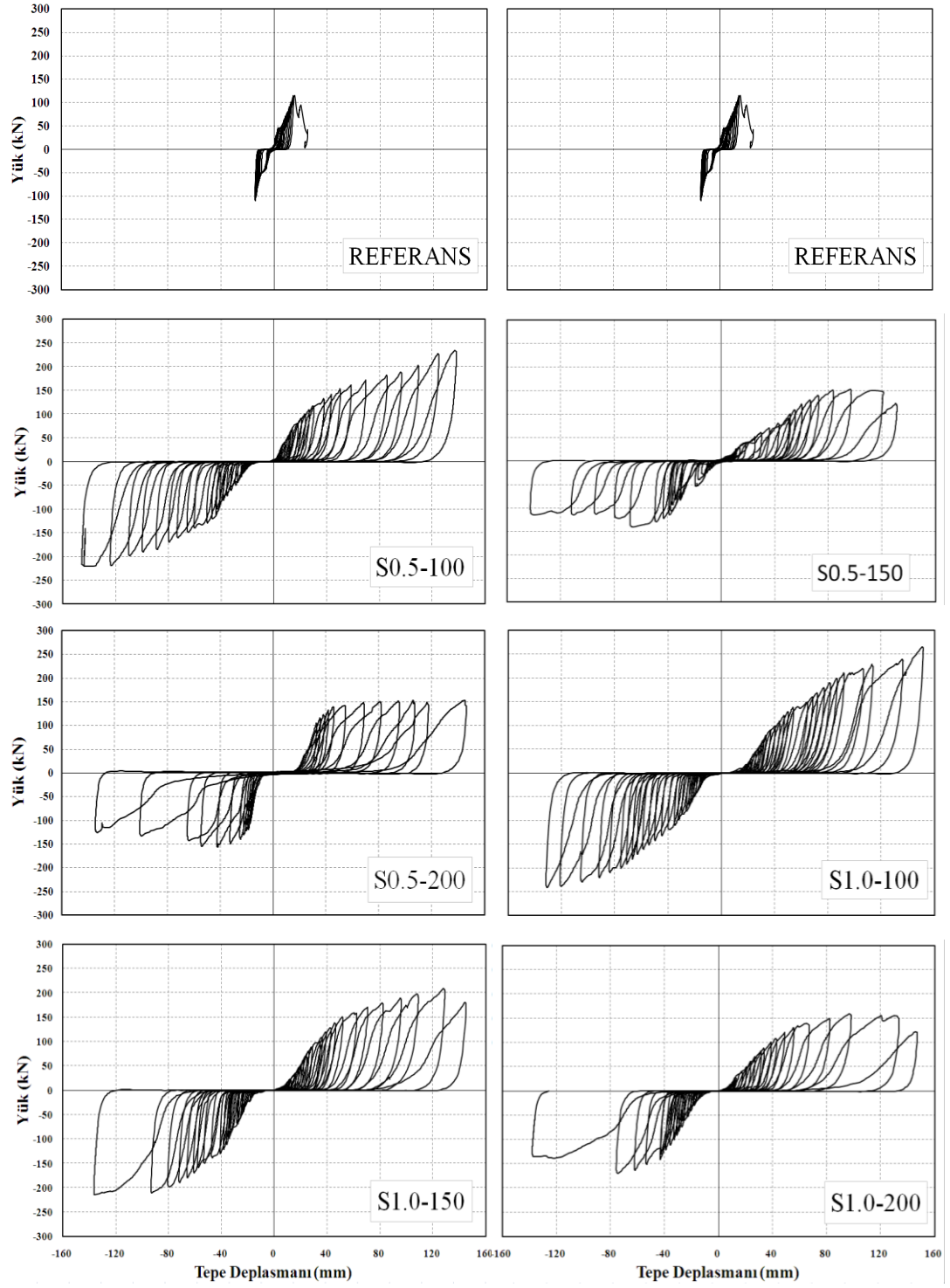
Deney elemanlarının dayanım karakteristikleri zarf eğrilerinin yardımıyla değerlendirilmiştir. Zarf eğrileri deney elemanlarının tüm ileri ve geri çevrimlerinde ulaştıkları tepe noktalarının birleştirilmesiyle edilmiş yanal yük – tepe deplasmanı eğrileridir. Tüm deney elemanlarının zarf eğrileri Şekil 4.3 ve 4.4’te, karşılaştırma yapabilmek üzere birinci ve ikinci set deneylere ayrılarak sunulmuştur.

Şekil 4.2’den de görülebildiği üzere, güçlendirilmiş deney elemanlarının davranış performansları, güçlendirilmemiş referans deney elemanına oranla, oldukça üstün durumdadır. Deney elemanlarından S0.5-150, S0.5-200, S1.0-150 ve S1.0-200 hariç diğer tümü hem ileri hem de denk gelen geri çevrimlerindeki yanal yük değerlerindeki küçük farklar dışında simetriğe yakın davranış sergilemişlerdir. Deney elemanlarından S0.3-CB’nin son geri çevrimindeki yanal yük taşıma kapasitesi değeri denk gelen ileri çevrimdeki değerine oranla daha yüksek çıkmakla birlikte bu elemanda ileri ve geri yükleme çevrimlerinde çok benzer davranış sergilemiştir. Deney elemanlarından S0.3-CL’nin yanal yük taşıma kapasitesi ileri çevrimde, S0.5-CB’nin değeri de geri çevrimde maksimum değerine ulaştıktan sonra hızlı bir şekilde düşmüş, S0.5-100 ve S1.0-100’ün yanal yük taşıma kapasiteleri de düzenli olarak deneyin sonuna kadar artmıştır. Genellikle, deney

elemanlarının yük taşıma kapasitelerindeki düşüşler dolgu duvarlarda oluşan hasarlardan kaynaklanmıştır. Zarf eğrilerinde de gözlemlenebileceği üzere tüm dolgu duvar elemanları ile delikli sac levhalar beraber monolitik davranış sergilemiş olup, güçlendirilen elemanların yanal yük taşıma kapasiteleri ve rijitliklerindeki artış son derece performanslı olmuştur.



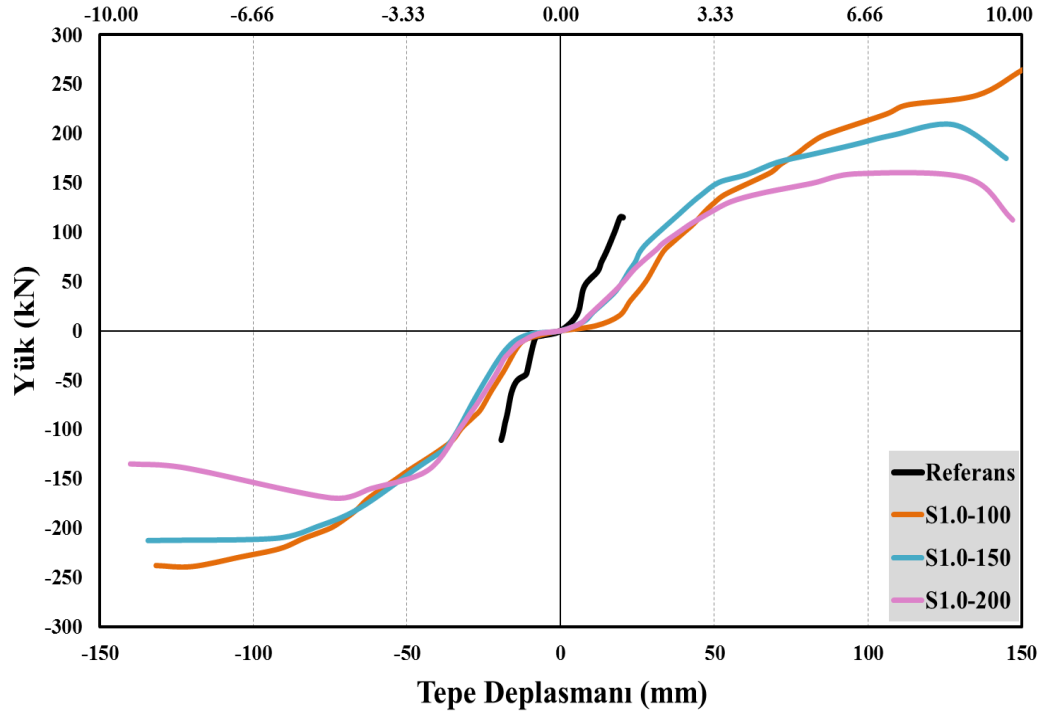
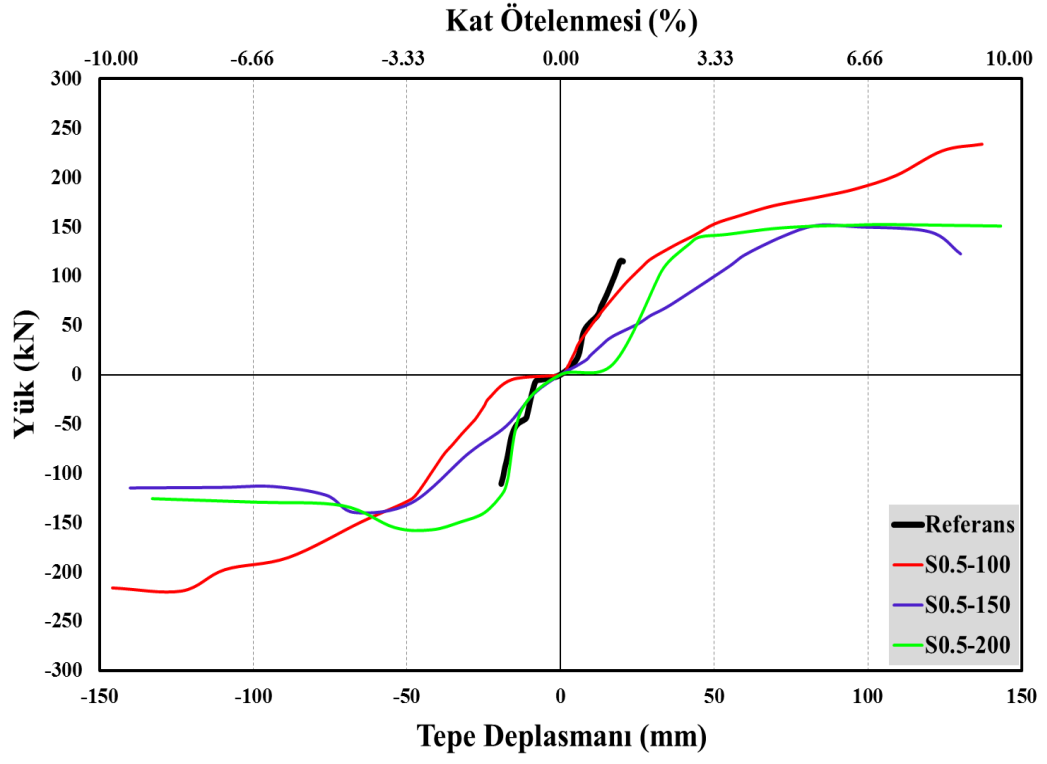
Şekil 4.1. Deney elemanlarının yanal yük-tepe deplasmanı grafikleri – I



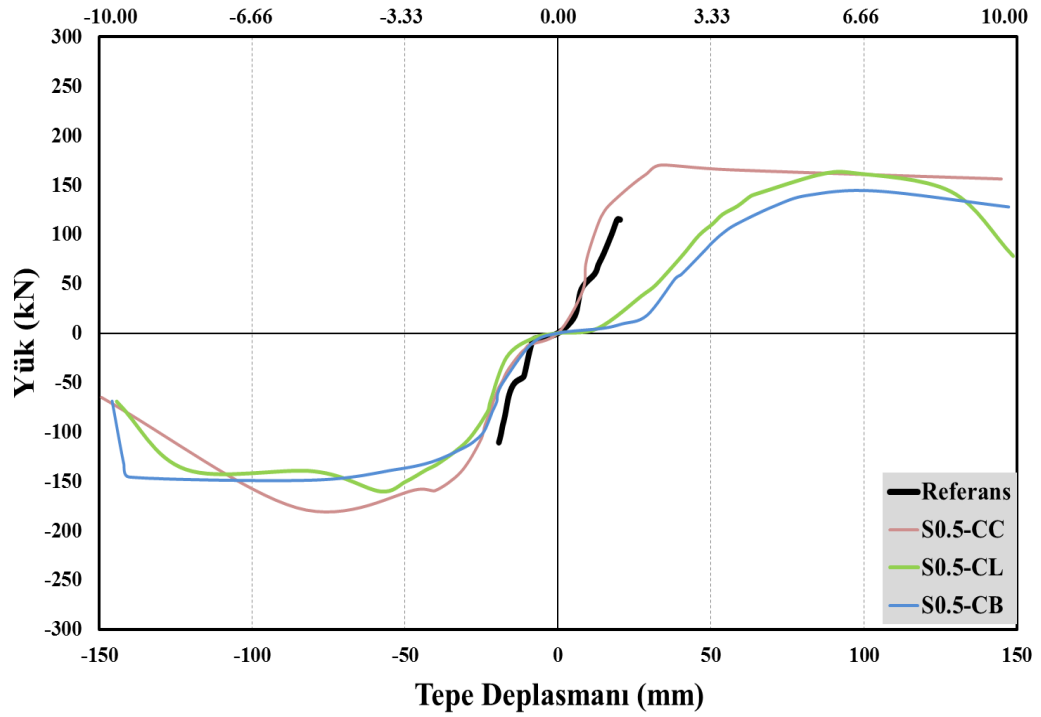
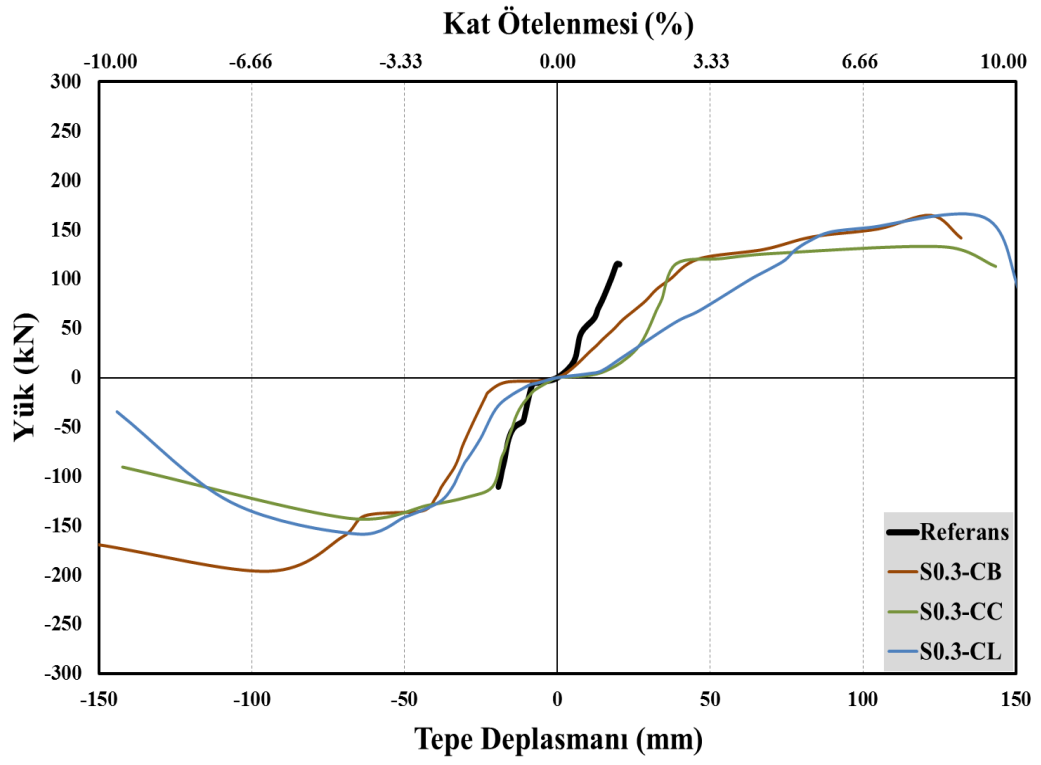
Şekil 4.2. Deney elemanlarının yanal yük-tepe deplasmanı grafikleri – II

Çizelge 4.1. Test sonuçlarının özetlenmesi

Deneç Elemanı	Sac Kalınlığı (mm)	Bulon Aralığı (mm)	Harç Dayanımı (MPa)	Sıva Dayanımı (MPa)	Köşelerde Bulon Sıkıştırılması	Köşelerde Beton Takviyesi	Köşelerde Lama Takviyesi	Sac Bindirmeli Ek Durumu	İleri Yükleme		Geri Yükleme		İlk Sertlik (kN/mm)	Toplam Dağıtılan Enerji (kN.m)
									Maks. Y yük (kN)	1 st Kat Seviyesi Ötelenmesi (mm)	Maks. Y yük (kN)	1 st Kat Seviyesi Ötelenmesi (mm)		
Referans	-	-	13,0	11,6	-	-	-	-	115,0	20,4	110,7	19,3	3,8	7,1
S0.3-CB	0.3	Standart	13,0	12,2	+	-	-	+	164,6	122,3	196,4	94,5	6,2	47,3
S0.3-CC	0.3	Standart	13,7	11,6	-	+	-	+	132,7	126,3	142,6	68,4	5,6	36,5
S0.3-CL	0.3	Standart	12,5	12,2	-	-	+	+	162,4	139,8	158,6	65,3	6,1	44,6
S0.5-100	0.5	100	14,2	12,5	-	-	-	-	233,8	137,2	219,5	123,4	7,0	58,0
S0.5-150	0.5	150	15,5	11,8	-	-	-	-	151,3	83,2	139,8	66,9	6,2	45,6
S0.5-200	0.5	200	17,2	12,7	-	-	-	-	152,3	105,9	157,4	42,0	7,9	56,3
S0.5-CB	0.5	Standart	13,2	11,4	+	-	-	-	144,0	104,0	149,0	80,8	7,3	46,7
S0.5-CC	0.5	Standart	12,8	12,0	-	+	-	-	170,4	33,9	176,8	85,4	7,6	52,8
S0.5-CL	0.5	Standart	16,0	13,9	-	-	+	-	162,4	96,4	160,4	57,9	6,8	48,6
S1.0-100	1	100	15,5	14,3	-	-	-	-	264,9	150,5	239,1	120,0	7,5	66,5
S1.0-150	1	150	13,3	11,4	-	-	-	-	208,9	128,0	212,7	134,3	7,0	57,4
S1.0-200	1	200	13,7	11,8	-	-	-	-	159,3	96,8	169,6	74,5	6,2	42,8



Şekil 4.3. Birinci grup deney elemanlarının kat ötelenmesi



Şekil 4.4. İkinci grup deney elemanlarının kat ötelenmesi

4.3. Dayanım ve Davranış

Bir rehabilitasyon yönteminin iyileştirme performansını belirleyen en önemli parametrelerden bir tanesi yanal yük taşıma kapasitesidir. Dayanım özelliklerinin değerlendirilebilmesi için deney elemanlarının yanal yük taşıma kapasiteleri belirlenmiştir. Deney elemanlarının yanal yük taşıma kapasitelerinin karşılaştırılmaları Çizelge 4.2’ de yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Deney elemanlarının yanal yük taşıma kapasitelerinin Karşılaştırılması

Deney Elemanı	Maksimum Yük (İleri Çev.) (kN)	Referans Deney Elemanının Değerine Oranı	Maksimum Yük (Geri Çev.) (kN)	Referans Deney Elemanının Değerine Oranı
Referans	115,0	1,00	110,7	1,00
S0.3-CB	164,6	1,43	196,4	1,77
S0.3-CC	132,7	1,15	142,6	1,29
S0.3-CL	162,4	1,41	158,6	1,43
S0.5-100	233,8	2,03	219,5	1,98
S0.5-150	151,3	1,32	139,8	1,26
S0.5-200	152,3	1,32	157,4	1,42
S0.5-CB	144,0	1,25	149,0	1,35
S0.5-CC	170,4	1,48	176,8	1,60
S0.5-CL	162, 4	1,41	160,4	1,45
S1.0-100	264,9	2,30	239,1	2,16
S1.0-150	208,9	1,82	212,7	1,92
S1.0-200	159,3	1,39	169,6	1,53

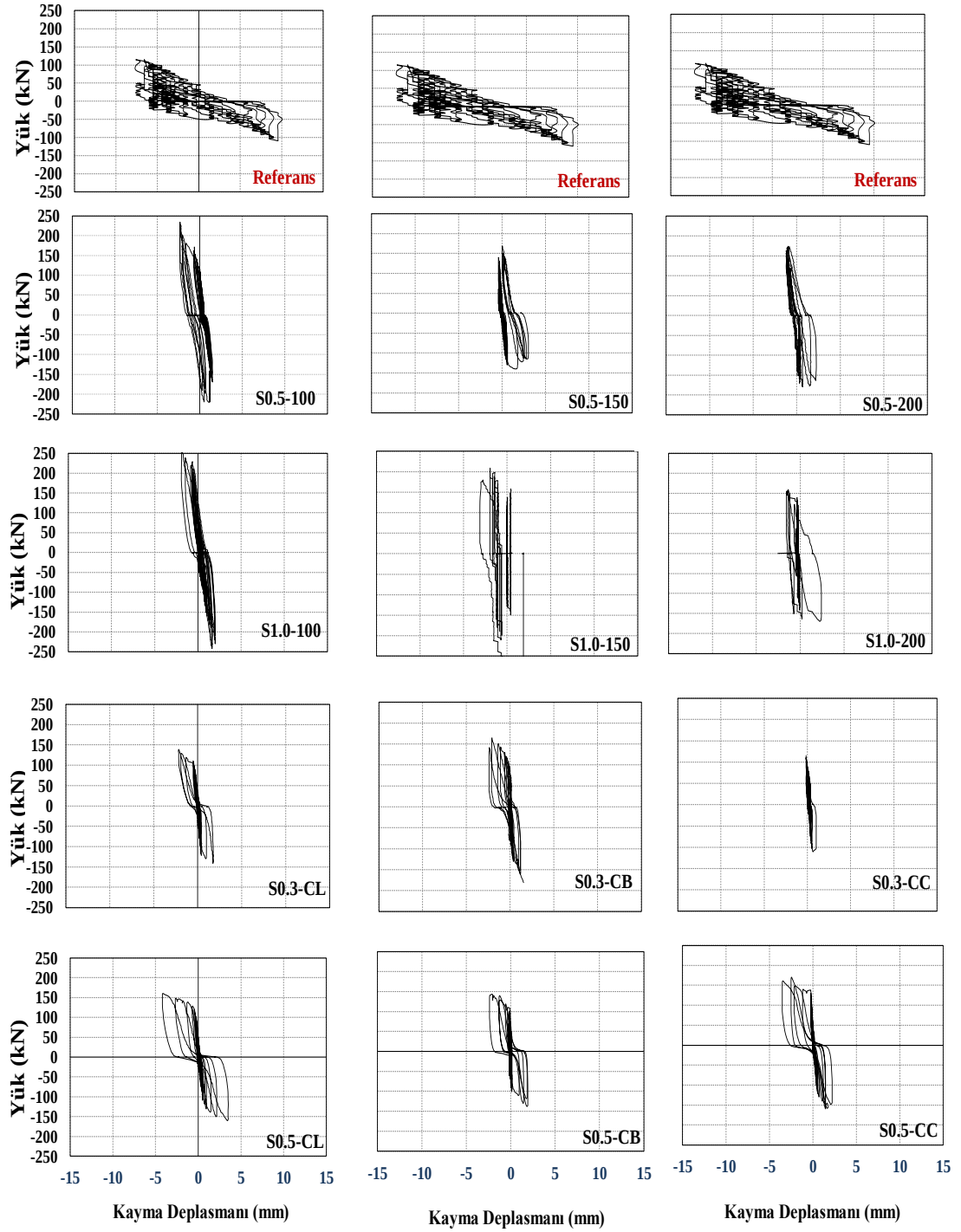
Tüm deney elemanlarının yanal yük-tepe deplasmanı grafikleri incelendiği zaman delikli sac levhalarla güçlendirilen deney elemanlarının yanal yük taşıma kapasitesindeki artış rahatlıkla gözlemlenebilir. Yanal yük taşıma kapasitesindeki

bu artış Çizelge 4.2’de verilmiştir. Şekil 4.1ve 4.2’den de görülebileceği üzere, mevcut sıvanmış tuğla dolgu duvarının delikli sac levhaların belli aralıklara sahip bulonlar yardımıyla her iki yüzden takviyesi ile güçlendirilmesi sonucu deney elemanlarının davranışı da, yanal yük taşıma kapasitesinin artışı yanında, olumlu etkilenmiştir. Güçlendirilmiş deney elemanlarının yük-deplasman grafiklerindeki çevrim alanları, referans deney elemanının alanlarına oranla, daha geniştir, ki bu durum da enerji tüketim kapasitesindeki artışla sonuçlanmaktadır. Şekil 4.6.a ve 4.6.b’den de gözlemlenebileceği üzere, daha geniş çevrim alanları yüksek enerji tüketimi sonuçlanmaktadır. Delikli sac levhaların bulonlarla sıvanmış boşluklu tuğla dolgulara sabitlenmesi yöntemi deney elemanlarının ilk rijitlik ve yanal rijitlik değerlerini de artırmıştır.

Tüm deney elemanlarının yanal yük-kayma deplasmanı grafikleri Şekil 4.5’te verilmiştir. Delik sac levhaların sabitlenmesi güçlendirilmiş deney elemanlarının kayma deformasyonlarına karşı direncini arttırmışlardır. Şekilden de görülebildiği üzere, referans deney elemanında gözle görülebilir kayma deformasyonu mevcuttur. Delikli sac levhaların sabitlenmesi ile güçlendirilmiş deney elemanlarındaki kayma deformasyonları başarılı bir şekilde azalmıştır. Delikli sac levhalar rijit davranmışlardır, öyle ki dolgu duvar üzerindeki kayma deformasyonlarını azaltmışlardır.

Referans deney elemanı çok erken çevrimlerde hasara uğramış ve deneyi sonlandırılmıştır. Referans deney elemanı üzerindeki hasar dolgu duvarın köşelerinde ezilme ile birlikte diyagonal çatlağın oluşması şeklinde olmuştur. Bu testin sonlarında hasar köşelerde kırılma şeklinde yoğunlaşmıştır. Bulonlarla dolgunun üzerine sabitlenen delikli sac levhalar deney elemanlarının yapısının monolitik olarak kalmasını sağlamıştır ve bu yüzden güçlendirilmiş tüm deney elemanlarının testleri daha fazla ileri ve geri çevrimlere daha rahat ulaşmıştır. Üstelik güçlendirilmiş deney elemanlarının bazılarının köşelerinde ek önlemler alınmamasına rağmen bu testlerde köşelerde daha geç ezilme ve dökülme meydana

gelmiştir. Bu testlerde dahi delikli sac levhalar köşelerde az da olsa sargılama etkisi yapmıştır.



Şekil 4.5. Deney elemanlarının dolgu duvarlarındaki kayma deformasyonları

Tüm delikli sac levharın bulonlarla sabitlenerek güçlendirildiği deney elemanları referans deney elemanına oranla daha yüksek tepe ötelenmesi değerlerine ulaşarak daha yüksek yanal yük taşımışlardır. S0.3-CL ve S0.5-CL deney elemanları hariç tüm diğer güçlendirilmiş elemanların köşelerinde yanal yükler altında ezilip kırılmalar ve takiben parçalanarak dökülmeler meydana gelmiştir. Bu iki deney elemanında köşelerde minimum hasar gözlemlenmiştir. Lamalar ile birlikte bulon sıklaştırması bu iki deney elemanının köşelerinin bütünlüğünü korumuş, sargı etkisi ile köşeler minimum hasar almıştır. Özellikle bu iki deney elemanın hasarları kayma deformasyonlarından kaynaklanmış, S1.0-200, S0.3-CB, S0.5-CB, S0.3-CC güçlendirilmiş deney elemanlarında da kayma deformasyonları kaynaklı hasarlar oluşmuştur. Köşelerinde ekstra önlem olarak bulon sıklaştırması yöntemi uygulanan güçlendirilmiş deney elemanlarından S0.3-CB ve S0.5-CB'nin köşelerindeki hasar S0.3-CL ve S0.5-CL'ye göre daha fazla olmakla birlikte S0.3-CC ve S0.5-CC deney elemanlarına göre çok daha az olmuştur. S0.3-CC ve S0.5-CC deney elemanlarının köşelerinden parçalar kesilerek çıkartılmış ve yerine aynı büyüklükte beton dökülmüş ve bu beton parçalar sıkıştırılarak priz aldırılmıştır. Fakat sonradan dökülen bu parça betonlar dolgu duvar ile bir bütün gibi davranamamışlar, üzerlerine delikli sac levhalar monte edildiği halde yanal yükler altında hasar alıp kırılmışlardır.

Köşelerde ekstra önlem olarak bulon sıklaştırması, beton parça dökümü ve de çelik lama kullanılan CB, CC ve CL serisi deney elemanları iki set olarak test edilmişlerdir. Bu altı adet deney elemanlarında iki temel parametre bulunmaktadır. Parametrelerden ilki kullanılan sac levha kalınlığıdır, 0.3 serisinde 0.3mm kalınlığında, 0.5 serisinde 0.5mm kalınlığında delikli sac levha kullanılmıştır. İkinci parametre ise 0.3 serisinde, deney elemanının her iki yüzünde de ikişer adet delikli sac levhalar, birbirleri üzerine bindirmeli ek yapılarak deney elemanı üzerine bulonlarla sabitlenmişlerdir. Söz konusu altı adet deney elemanının yanal yük taşıma kapasiteleri Çizelge 4.3'de verilmektedir. Çizelgedeki değerler incelendiğinde 0.3mm serisinde bindirmeli ek bulunmasının ve de daha ince sac

kullanılmasının yanal yük taşıma kapasitesine belirgin bir etkisinin bulunmadığı rahatlıkla görülebilmektedir. Bununla birlikte 0.3 ve 0.5 serilerinin yanal yük taşıma kapasiteleri kendi içlerinde değerlendirildikleri zaman, köşeleri lama ile ekstra güçlendirilmiş olan deney elemanları S0.3-CC ve S0.5-CC'nin yanal yük taşıma kapasiteleri maksimum olmasa da, yukarıda da belirtildiği üzere dolgu duvar davranışı ve bütünlüğü yönünden en olumlu davranışı sergilemişlerdir.

Çizelge 4.3. İkinci set deney elemanlarının ileri ve geri çekilimde taşıdığı maksimum yük

İleri Yükleme					Geri Yükleme				
Deney Elemanı	Maksimum Yük	Deney Elemanı	Maksimum Yük	Oran	Deney Elemanı	Maksimum Yük	Deney Elemanı	Maksimum Yük	Oran
S0.3-CB	164,6	S0.5-CB	144,0	1,14	S0.3-CB	196,4	S0.5-CB	149,0	1,32
S0.3-CC	132,7	S0.5-CC	170,4	0,78	S0.3-CC	142,6	S0.5-CC	176,8	0,81
S0.3-CL	162,4	S0.5-CL	162,4	1,00	S0.3-CL	158,6	S0.5-CL	160,4	0,99

Kalınlığı 0.5 mm ve 1.0 mm olan delikli sac levhalar, bulon aralıkları 100mm, 150mm ve 200 mm olmak kaydıyla üç değişik grupta test edilmişlerdir. Söz konusu bu altı adet deneyin en önemli parametresi delikli sac kalınlığı olmakla birlikte olması gereken optimum bulon aralığı da bu deney grubunun parametresidir. Söz konusu bu altı adet deneyin ileri ve geri çevrimlerde ulaştıkları maksimum yanal yük taşıma kapasiteleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelgede verilen değerler incelendiğinde, aynı delikli sac kalınlığında bulon aralığı daraldığı zamana deney elemanının yanal yük taşıma kapasitesi genelde artmaktadır. Bu durum sadece deney elemanlarında S0.5-150 için geçerli değildir çünkü bu deney elemanı bulon aralığı daha geniş olan S0.5-200'den hafifçe az yanal yük taşımıştır. Bu durumun muhtemel sebebi de S0.5-150 deney elemanında bulonların geçeceği deliklerin 8mm çapında açılmış olması olarak değerlendirilmektedir. Daha sonraki deney elemanlarında bu delikler 6mm çapında açılmışlardır. Daha geniş delikler

yüzünden S0.5-150 deney elemanının dolgu duvarında beklenenden önce çatlaklar oluşmuş ve böylece bu deney elemanı S0.5-200 deney elemanından daha az yanal yük taşımıştır. Ayrıca, deney elemanlarında daha kalın delikli sac levha kullanımı deney elemanlarının yanal yük taşıma kapasitesini arttırmıştır. Sac kalınlığının etkisi 150mm bulon aralığı kullanılan S0.5-150 ve S1.0-150 deney elemanlarında daha belirgin gibi gözükse de S0.5-150 deney elemanının beklenenden daha az yanal yük taşıması bu oranın değerini belirgin kılmaktadır. Burada hatırlatılması gereken noktanın, S0.5-150 deney elemanının yanal yük taşıma kapasitesinin daha yüksek olması bu oranı daha makul değerlere çekecek olmasıdır.

Çizelge 4.4. Birinci set deney elemanlarının ileri ve geri çevirimde taşıdığı maksimum yük

İleri Yükleme					Geri Yükleme				
Deney Elemanı	Maksimum Yük	Deney Elemanı	Maksimum Yük	Oran	Deney Elemanı	Maksimum Yük	Deney Elemanı	Maksimum Yük	Oran
S0.5-100	233,8	S1.0-100	264,9	0,88	S0.5-100	219,5	S1.0-100	239,1	0,92
S0.5-150	151,3	S1.0-150	208,9	0,72	S0.5-150	139,8	S1.0-150	212,7	0,66
S0.5-200	152,3	S1.0-200	159,3	0,96	S0.5-200	157,4	S1.0-200	169,6	0,93

Deney elemanlarının üzerlerine herhangi bir eksenel yük uygulanmaması, gerçekteki uygulamada sıvanmış tuğladan oluşan bölme duvarların üzerlerinde yük olmamasından ötürü deney elemanlarının lehine görünmektedir.

4.4. Enerji Tüketim Özellikleri

Deney elemanının tükettiği enerji, yanal yük-tepe ötelenmesi grafiğinin herbir ileri ve geri yükleme çevriminin altında kalan alanların toplanması ile elde edilmiştir. Herbir tam çevrimin yarısını teşkil eden yarı çevrimin yük-ötelenme grafiğinin alanı o yarı çevrimde tüketilen enerjiyi vermekte, sonra hem ileri hem de geri yarı çevrimlerin altındaki alanların toplamı sözkonusu tam çevrimde tüketilen toplam

alanı vermektedir. En sonunda, bütün tam çevrimlerde tüketilen enerjilerin toplamı bir deney elemanının tükettiği toplam enerjiyi vermektedir.

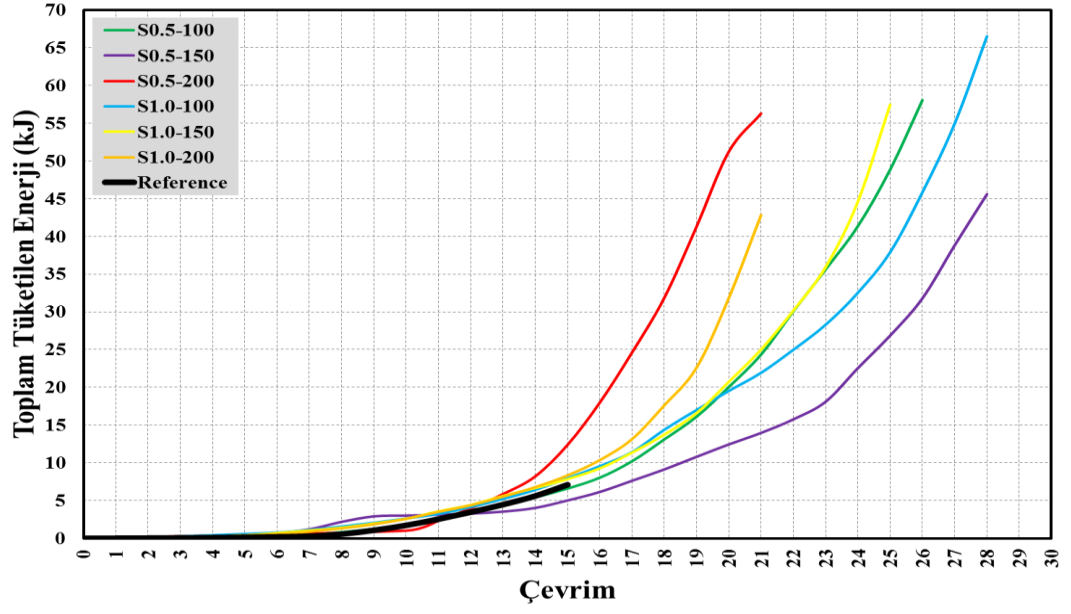
Deney elemanlarının enerji tüketim dağıtım özellikleri deney elemanlarının yükleme geçmişlerine doğrudan bağlıdır. Tüm deney elemanlarının yükleme geçmişlerinin aynı olması için özen gösterilmişse de, deney elemanlarının davranışları lineer ötesi bölgeye geçtiği zaman, ileri ve geri çevrimleri giriş düzeyindeki deplasmanlar ile kontrol edilmeye başlanmıştır. İleri ve geri çevrimler için aynı deplasmanlara gidilmeye çalışılmıştır. Tüm deney elemanlarının enerji tüketim kapasiteleri aynı grafik üzerinde, Şekil 4.4'te verilmiştir.

Burada hatırlatılması gereken nokta deney elemanlarından S0.3-CC, S0.3-CL ve S1.0-200, diğer deney elemanlarına göre daha az enerji tüketmişlerdir. Bu durumun muhtemel sebepleri arasında az sayıda yüksek deplasmanlara gidilmiş elastik ötesi çevrim ve/veya daha az yanal yük taşıma kapasitesi sayılabilir. Tüm deney elemanlarının tükettiği enerji değerleri Çizelge 4.6.a ve 4.6.b'de verilmektedir.

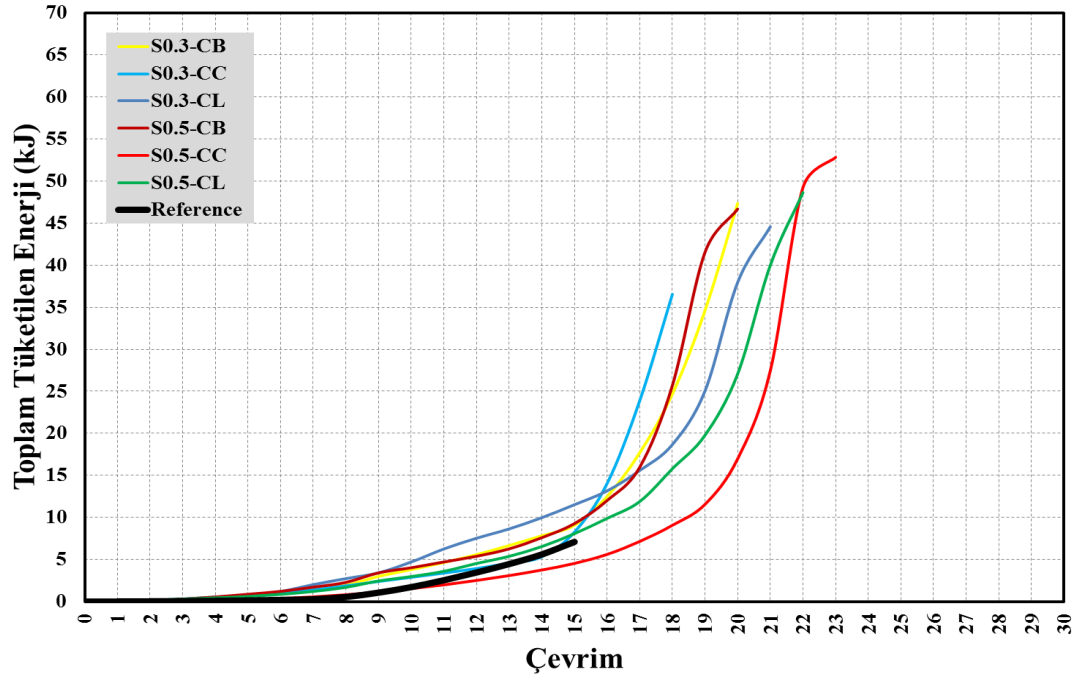
Çizelge 4.5'te verilen değerlerin de gösterdiği üzere, güçlendirilmiş deney elemanlarının enerji tüketim değerlerindeki artış, referans deney elemanına oranla %515 ile %936 arasında olmuştur, ki bu da önerilen güçlendirme tekniğinin deney elemanlarının enerji tüketme karakteristiklerini son derece iyileştirdiğini göstermektedir.

Çizelge 4.5. Tüm deney elemanlarının toplam tükettiği enerji miktarları

Deney Elemanı	Toplam Tüketilen Enerji (Joule)	Toplam Tüketilen Enerji Miktarının Referans Deney El. Değerine Oranı
Referans	7,101	1,00
S0.3-CB	47,338	6,67
S0.3-CC	36,537	5,15
S0.3-CL	44,562	6,28
S0.5-100	58,045	8,17
S0.5-150	45,572	6,42
S0.5-200	56,267	7,92
S0.5-CB	46,676	6,57
S0.5-CC	52,817	7,44
S0.5-CL	48,632	6,85
S1.0-100	66,489	9,36
S1.0-150	57,435	8,09
S1.0-200	42,825	6,03



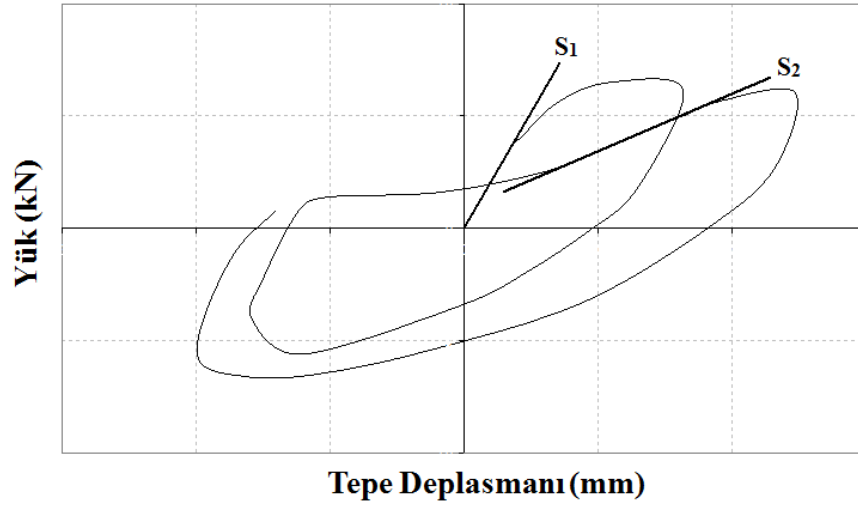
Şekil 4.6.a. Birinci grup deneylerin enerji tüketme değerleri



Şekil 4.6.b. İkinci grup deneylerin enerji tüketme değerleri

4.5. Rijitlik

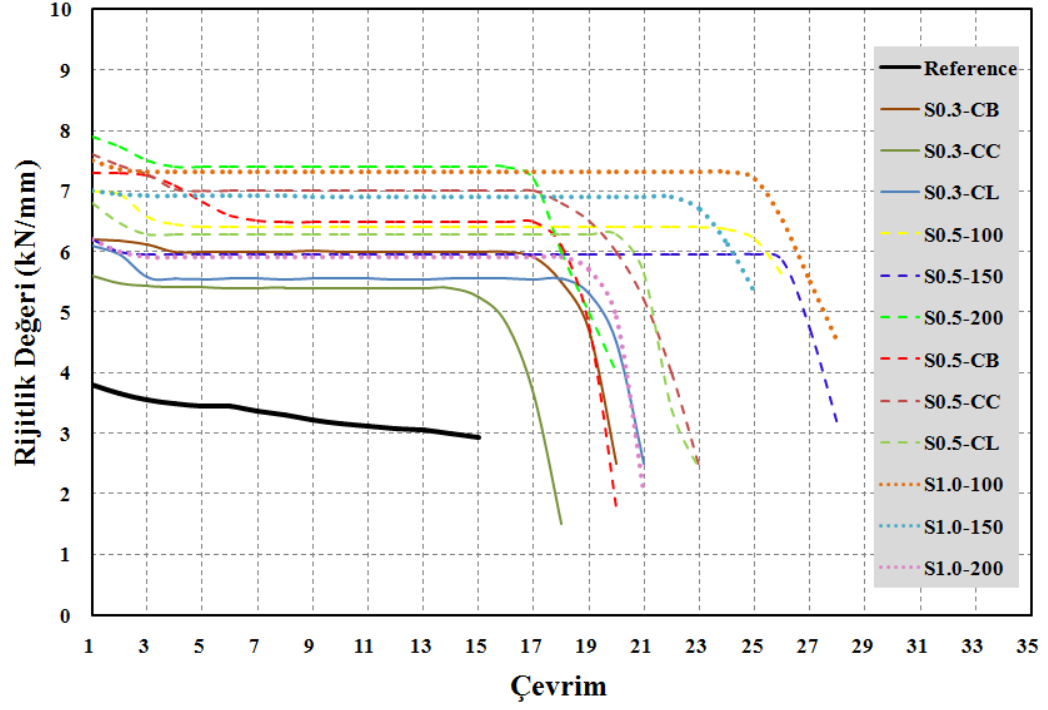
Rijitlik yapıların deformasyonlara karşı direncini tanımlayan bir terimdir. Rijitlik değerinin göstergesi olarak, basitçe yük-deplasman eğrilerinin tanjant eğimleri rijitliğin göstergesi olarak kabul edilecektir ve bu durum Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Bu temsili çevrimlerin eğim değerleri deneysel yük-deplasman eğrilerinden hesaplanmıştır. Bu yaklaşım, gerçek rijitlik değerleri yerine mutlak değerler karşılaştırdığı için, kabul edilebilir [55] . Tüm deney elemanlarının rijitlik azalma eğrileri Şekil 4.8’te verilmektedir.



Şekil 4.7. Temsili çevrim eğimleri

İlk çevrimin rijitlik değeri ilk eğim olarak belirlenmiştir ve gerçek ilk rijitlik değeri ile bir ilgisi yoktur. Tüm deney elemanlarının davranışlarını karşılaştırmak için kullanılmaktadır. Tüm deney elemanlarının ilk eğim değerleri Çizelge 4.6’da verilmektedir. Bu Çizelgede verilen değerlerden de görülebildiği üzere, güçlendirilmiş deney elemanlarının ilk eğim değerlerindeki artış ~%147 ile ~%208 arasında olmuştur. Bu değerler önerilen güçlendirme tekniğinin, deney elemanlarının yanal rijitlik değerleri artışıındaki verimliliği göstermektedir.

Deney elemanlarının ilk eğim değerleri boşluklu tuğla dolgu duvarın örülme, sıvanma ve güçlendirilme esnasındaki işçiliğin kalitesi ile doğrudan bağlantılıdır.



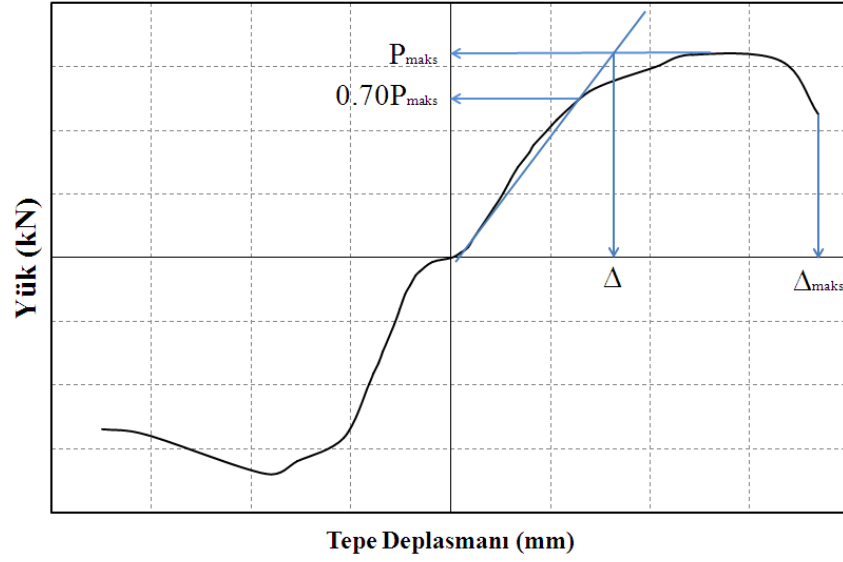
Şekil 4.8. Tüm deney elemanlarının rijitlik azalma eğrileri

Çizelge 4.6. Deney elemanlarının ilk eğim değerleri

Deney Elemanı	İlk Eğim (kN/mm)	İlk Eğim Değerinin Referans Deney Elemanı Değerine Oranı
Referans	3,8	1,00
S0.3-CB	6,2	1,63
S0.3-CC	5,6	1,47
S0.3-CL	6,1	1,61
S0.5-100	7,0	1,84
S0.5-150	6,2	1,63
S0.5-200	7,9	2,08
S0.5-CB	7,3	1,92
S0.5-CC	7,6	2,00
S0.5-CL	6,8	1,79
S1.0-100	7,5	1,97
S1.0-150	7,0	1,84
S1.0-200	6,2	1,63

4.6. Süneklik

Deplasman sünekliği en yüksek deplasmanın akma deplasmanına oranı olarak tanımlanmıştır. Akma deplasman değeri orijin noktasından başlayan ve eleman maksimum yanal yük taşıma kapasitesinin tepe öncesinde %70 değerine ulaştığı noktalar arasında çizilen sekant ile tanımlanabilir ve bu sekant doğrusu ile maksimum yanal yük seviyesinden yatay olarak uzatılan doğrunun kesiştiği noktadaki tepe deplasmanı değeri akma deplasmanı olarak kabul edilmiştir [56]. Deney Elemanının yük-tepe deplasmanı grafikteki orijin noktası, deney düzeneğindeki çelik çerçeve ile deney elemanı arasındaki boşluktan kaynaklı deplasmanlar hesaba katılarak bulunmuştur. Yöntem Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Deplasman sünekliği yöntemi

Deney elemanlarının süneklik değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Değerler incelendiğinde, tüm güçlendirilmiş elemanlarının sünekliklerinin REFERANS’a göre %135 ile %533 arasında değişen değerlerde arttığı görülmektedir. Sac levhaların sünekliği dolgu duvara göre yüksek olmakla birlikte delikli sac levhalar süneklik konusunda daha da başarılıdır. Delikli sac levhaların dolgu duvara her iki yüzden bulonlarla sabitlenmesi işlemi güçlendirilmiş elemanların sünekliğini başarılı bir şekilde arttırmıştır.

Çizelge 4.7. Deney elemanlarının süneklik değerleri

Deney Elemanı	Deplasman Sünekliği	Süneklik Değerinin Referans Deney Elemanı Değerine Oranı
Referans	1,08	1,00
S0.3-CB	2,21	2,05
S0.3-CC	3,13	2,90
S0.3-CL	1,54	1,43
S0.5-100	1,66	1,54
S0.5-150	1,71	1,58
S0.5-200	3,43	3,18
S0.5-CB	2,24	2,07
S0.5-CC	5,76	5,33
S0.5-CL	2,21	2,05
S1.0-100	1,46	1,35
S1.0-150	2,13	1,97
S1.0-200	2,37	2,19

4.7. Test Sonuçlarının İrdelenmesinin Özeti

Yanal Yük-Tepe deplasmanı grafikleri, zarf eğrileri, yanal yük-kayma deformasyon grafikleri, toplam tüketilen enerji eğrileri, rijitlik azalma eğrileri incelendiğinde, önerilen tekniğin yani sıvanmış tuğla duvarların her iki yüzüne delikli sac levhaların bulonlar yardımıyla sabitlenmesi ve güçlendirilmiş dolgu duvarın köşelerinin ezilmeye karşı fazla bulon kullanımı, beton parça kullanımı ve çelik lama kullanılarak güçlendirildiği yöntem dolgu duvarların dayanım ve sismik davranışını iyileştirmiştir. Güçlendirilmiş deney elemanlarının deprem direnci ve yanal rijitliği başarılı bir şekilde artmıştır. Çizelge 4.8’de verilen değerler önerilen tekniğin başarısını ve performansta gerçekleştirdiği artışı gözler önüne sermektedir.

Çizelge 4.8. Önerilen tekniğin davranışa olan katkısı

	Referans deney elemanına olan artış oranı
Yanal Yük Taşıma Kapasitesi	1,15 – 2,30 kat
Yanal Rijitlik	1,47 – 2,08 kat
Süneklik	1,35 – 5,33 kat
Toplam Tüketilen Enerji	5,15 – 9,36 kat

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Genel

Türkiye sismik hareketliliği yüksek bir ülkedir ve mevcut yapı stoğunun büyük bir çoğunluğunun yetersiz deprem dayanımından, deprem hasarlarından ve/veya yönetmelik değişimlerinden dolayı yapısal olarak rehabilite edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden, yapıların sismik rehabilitasyonu, diğer deprem bölgelerinde bulunan ülkelerde de olduğu gibi, Türkiye’de de önemli ve dikkat çekici hale gelmekte olan bir alandır.

Değişik ülkelerde yürütülen birçok araştırma programlarında, birkaç rehabilitasyon tekniği geliştirilmiş ve uygulanmaktadır. Sözkonusu bu çalışmalarda ortak amaç ekonomik, hızlı, basit ve güvenilir sismik iyileştirme teknikleri geliştirmektir. Mevcut çalışma, Gazi Üniversitesi Yapı Mekaniği Laboratuvarında yürütülen bir proje kapsamında geliştirilmiştir.

Mevcut çalışmada, toplam onüç adet 1/2 ölçeğe sahip sıvanmış boşluklu tuğla dolgu duvar, deprem yükünü benzeştirir tersinir tekrarlanır yatay yükler altında test edilmişlerdir. Deney elemanlarından birincisi üzerine hiçbir güçlendirme işlemi yapılmamış yalın dolgu duvar elemanıdır. Deney elemanları, gerçekteki uygulamayı yansıtması amacıyla, sıradan işçilikle örülmüş, sıvanmışlar ve üç değişik kalınlığa sahip delikli sac levhaların bulonlar yardımıyla her iki yüzden üzerlerine sabitlenmesi şekliyle güçlendirilmişlerdir. Deneylerdeki temel değişkenler; delikli sac levha kalınlığı, sac levhaların duvara sabitlenmesinde kullanılan bulon sayısı ve duvar köşelerinde ekstra önlemler (bulon sıklaştırması, beton parça dökümü ve çelik lama kullanılması) sayılabilir.

Test sonuçları, deney elemanlarının, dayanım, rijitlik, enerji tüketim ve süneklik özelliklerini değerlendirilerek, irdelenmiştir.

5.2. Sonuçlar

Gazi Üniversitesi Yapı Mekaniği Laboratuvarında gerçekleştirilen sınırlı sayıdaki bu deneylerden ulaşılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir. 0.3 mm kalınlığındaki delikli sac levhalarla güçlendirilmiş elemanlar uygulamaya dönük olmayıp sadece güçlendirme tekniğinin sınırlarını zorlamak için yapılmıştır. Bu nedenle aşağıda özetlenen sonuçlar, genellikle bu gruptaki elemanlar ayrı tutularak verilmiştir.

- Yapıların sismik yüklere karşı güçlendirilmesi için geliştirilen, kullanıcı dostu, yöntem oldukça başarılı olmuştur. Sıvanmış boşluklu tuğla dolgu duvarların her iki yüzüne delikli sac levhaların bulonlar yardımıyla bağlanarak güçlendirilmesi deney elemanlarının yanal yük taşıma kapasitesini, sünekliğini ve rijitliğini arttırmış ve deney elemanlarının davranışını önemli ölçüde iyileştirmiştir.
- Güçlendirilmiş deney elemanlarının yanal yük taşıma kapasitesindeki artış referans deney elemanına oranla 1,25 kat ile 2,30 kat arasında değişmiş, birçok durumda referans deney elemanı dayanımı en az %50 geçilmiştir.
- Bu yöntem ile güçlendirilen duvarların davranışı beklenenin ötesinde sünek bir davranış göstermiştir. Birçok elemanda dayanımda önemli bir kayıp olmaksızın %10 luk kat telenmelerine ulaşılmıştır. Bilindiği gibi oldukça gevrek bir davranışa sahip tuğla duvarlarda ulaşılan bu değerler şaşılacak ölçüde büyüktür.
- Deprem sırasında binaya iletilen enerjinin dönüştürülmesi veya tüketilmesi vazgeçilmez derecede önemlidir. Önerilen güçlendirme tekniğinde elemanların enerji tkete kapasitelerinin 5-10 kat arttığı belirlenmiştir.
- Duvarların yanal rijitlikleri, kat deplasmanlarının sınırlanmasında önemli bir etkiye sahiptir. Bu değer büyüdükçe kat deplasmanları dolayısıyla ikinci mertebe etkileri küçülmektedir. Deneylerde duvar rijitlikleri, güçlendirmeden sonra 1.5-2 kat artmıştır. Daha da önemlisi çevrim sayısı artsa bile oldukça

uzunca bir süre duvar rijitliklerini yaklaşık sabit kaldığı belirlenmiştir. Betonarme sünek elemanlarda bile birçok durumda böyle bir davranış gözlenmemektedir.

- Önerilen teknikle güçlendirilmiş deney elemanları, görelî kat ötelenme değerleri Türk Deprem Yönetmeliğinde [57] tanımlanan göçme bölgesi sınır değerlerine ulaştığı halde, etkinliklerini sürdürmüşlerdir. Delikli sac levha kullanımı duvarların düzlem dışında devrilmesini veya ezilmesini son derece başarılı bir şekilde geciktirmektedirler.
- Köşelerin ezilmesini geciktirmek için alınan ek önlemler (bulon sıklaştırması, beton parça dökümü ve çelik lama kullanılması) oldukça etkili olmuştur. Özellikle köşeleri lamalar ile güçlendirilmiş elemanların dolgu duvar davranışı ve bütünlüğünün korunması yönünden en olumlu davranışı sergilemişlerdir.
- Üç değişik kalınlıkta delikli sac levhaların kullanıldığı güçlendirilmiş elemanlarından en yüksek dayanım ve en olumlu davranışı 1,0 mm kalınlığında sac kullanılmış elemanlar sergilemişlerdir. Buna rağmen 0.5 mm kalınlığında delikli sac kullanılmış elemanların davranışı da 1,0 mm kalınlığında sac kullanılan elemanlarınkine yakın olmuştur. 0,3 mm lik saçlarla güçlendirilen elemanlar da referans elemana göre oldukça iyi bir davranış göstermiş olmasına rağmen ulaşılan sonuçlar yeterli görülmediğinden önerilmemektedir.
- Bulon aralıklarının da davranışı etkilediği belirlenmiştir. Genellikle sık bulonlu elemanlarda daha iyi bir davranış gözlenmiştir.
- Yukarıda verilen sonuçlar $\frac{1}{2}$ ölçekli elemanlar için verilmiştir. Dolayısıyla uygulama için verilen tüm ölçüler 2 ile çarpılmalıdır. Uygulamada 1,0 mm veya 2,0 mm kalınlığında sac levha kullanılabilir. 1 mm kalınlığında sac kullanılması durumunda bulon aralıklarının maksimum 300 mm, 2 mm lik saçlarda ise maksimum 400 mm olması önerilmektedir.

- Dolgu duvarlarının güçlendirilmesinde, delikli sac levhalarda bindirmeli ek buluması dayanım ve davranışta belirgin bir dezavantaj yaratmamaktadır. Fakat, bindirmeli eklerin olduğu bölgelerde bulon aralıklarının daha sık yapılması gerekmektedir.
- Önerilen güçlendirme tekniğinin uygulanması esnasında yapının boşaltılmasının gerekmeyeceği ve binada yaşayanları fazla rahatsız etmeden uygulanabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Irwin, C. A. K., "Strengthening of Concrete Beams by Bonded Steel Plates", TRRL Supplementary Report 160 UC, **Bridge Design Division**, Structural Dept., Crowthorne, Berkshire, England, (1975).
2. Matsuishi, M., Nishimaki, K., Iwata, S., and Suhara, T., "On the strength of composite steel-concrete structure of a sandwich system (4th report)" **Hitachi Zosen Tech**, Osaka, Japan, 40, December (1980).
3. Roeder, C.W., "Bond stress of embedded steel shapes in concrete" Composite and Mixed Construction, **ASCE Special Publication**, New York, 227-240, (1985).
4. Adams, P. F., and Zimmerman, T. J. E., "Design and behaviour of composite ice-resisting walls" **C-FER Special Publication**, No. 1, Centre for Frontier Engineering Research, Edmonton, Canada, 23-40, (1987).
5. Jones, R., Swamy, R. N., and Charif, A., "Plate separation and anchorage of reinforced concrete beams strengthened by epoxy-bonded steel plates." **The Structural Engineer**, 66(5):85-94, (1988).
6. Yoshimura, K., Kikuchi, K., and Iguchi, K., "A proposal of seismic shear strengthening method for R/C short columns in existing building structures." Proc., **9th World Conf. on Earthquake Engineering**, Maruzen Co., Tokyo, 327-332, (1988).
7. Harries, K., Cook, W., and Mitchell, D. "Seismic retrofit of reinforced concrete coupling beams using steel plates." **ACI Special Publication**, SP-160, American Concrete Institute, Detroit, 93-113, (1994).
8. McKenna, J. K., and Erki, M. A., "Strengthening of reinforced concrete flexural members using externally applied steel plates and fibre composite sheets a survey." **Canadian Journal of Civil Engineering**, Ottawa, 21(1):16-24, (1994).
9. Sharif, A., Hussain M., Basunbul, I. A., Baluch, M. H., Al-Sulaimani, G. J., "Steel Plate Bonding As an External Reinforcement to Damaged R/C Beams", **The Fourth Saudi Engineering Conference**, 2:65-73, November (1995).
10. Alfarabi, H. M., Basunbul, I. A., Baluch, M. H., "Plate Separation and Anchorage of RC Beams", **ACI Structural Journal**, 92:20-21, (1995).
11. Priestley, M. J. N., and Calvi, G. M., "Seismic design of retrofit of bridges" **Wiley**, New York, (1996).

12. Subedi, N. K., Baglin, P. S., “External plate reinforcement for concrete beams”, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 124(12):1490–1495,(1998).
13. Ashrafuddin, M., Baluch, M.H., Sharif, A., Al-Sulaimani, G. J., Azad, A. K., Khan, A. R., “Peeling and Diagonal Tension Failures in Steel Plated R/C Beams”, *Construction and Building Materials*, 13:459-467, (1999).
14. Adhikary, B. B., Mutsuyoshi, H., Sano, M., “Shear strengthening of reinforced concrete beams using steel plates bonded on beam web: experiments and analysis”, *Construction and Building Materials*, 14(5): 237–244, (2000).
15. Roberts, T. M., “Approximate Analysis of Shear and Normal Stress Concentrations in the Adhesive Layer of Plated RC Beams”, *The Structural Engineer*, 67 (12): 229-233, June (1989).
16. Ziraba, Y. N., and Baluch, M.H., “Computational model for reinforced concrete beams strengthened by epoxy bonded steel plates”, *Finite Elements in Analysis and Design*, 20(4): 253-271, September (1995).
17. Ziraba, Y. N., Baluch, M. H., Basunbul, I. A., Azad, A. K., Al-Sulaimani, G. J. and Sharif, A. M., “Combined experimental–numerical approach to characterization of steel–glue–concrete interface”, *Materials and Structures*, 28:518–525,(1995).
18. Taghdi, M., “Seismic Retrofitting of Existing Low-Rise Masonry and Concrete Walls by Steel Strips”, *Ph. D. Thesis*, Department of Civil Engineering, University of Ottawa, Ottawa,(1998).
19. Taghdi, M., Bruneau, M., Saatcioglu, M., “Seismic Retrofitting of Low-Rise Masonry and Concrete Walls Using Steel Strips”, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 126(9): 1017-1025 ,September (2000).
20. Taghdi, M., Bruneau, M., Saatcioglu, M., “Analysis and Design of Low-Rise Masonry and Concrete Walls Retrofitted using Steel Strips”, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 126(9):1026-1032, September (2000).
21. Crisafulli, F. J., “Seismic Behavior of Reinforced Concrete Structures with Masonry Infills”. *Ph.D. Thesis*, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, (1997).
22. Badoux, M., Jirsa, J.O. , “Steel Bracing of RC Frames for Seismic Retrofitting,” , J. Struct. Eng., *ASCE*, 116(1): 55-74, (1990).
23. Coza, H., Özgen, K., “Dolgu duvarlı çerçevelerin karbon lifli kompozitlerle güçlendirilmesi” , İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Bilimleri Programı,

- Taşkışla, İstanbul , *itüdergisi/a* , mimarlık, planlama, tasarım , 10(1):137-150, Mart (2011).
24. Shirve,N.G. Masia, M.J. & Lissel, S.L. , ‘‘Strengtheing and Rehabilitation of Masnory Using Fibre Reinforced Polymers’’ **University of Calgary**, Alberta, Canada (2001).
 25. Birinci,B., Ozcebe,G. , ‘‘Seismic Evalution Of İnfilled Reinforced Concrete Frames Strengthened With FRPS’’ **Proceeding of the 8 U.S National Conference on Earthquake Engineering** , San Francisco,California,USA (2006).
 26. Vandegrift, J., Geregly,J. , Young , D.T. ‘‘Cfrp Retrofit of Masonry Walls’’, **UNC Charlote**, Cahrlote NC.
 27. Dakhakhni, W.EL, Hamid, A., Elgaaly , M., ‘‘GFRP Reinforcing of Concrete Masnory Infill Walls’’, **Dexel University**, Philadolphia. USA.
 28. Özcebe,G., Binici, B.,Ersoy, U.,Tankut,T., Middle East Technical University, Ankara,Turkey. Özden,S. Kocaeli University, Turkey. Karadogan, F . Yüksel,E. Ilki, A. Istanbul Technical University, Turkey. ‘, Analysis of Infilled Reinforced Concrete Frames Strengthened With FRPS’’.
 29. Ghassan, A., Issa, M. Sweeney, S., ‘‘ Behavior of Masonry-Infilled Nonductile ReinforcedConcrete Frames’’ Laboratories, Champaign . **Univ. of Illinois at Chicago**, Chicago(2002).
 30. Maheri, M., R,Hadjipour, A., ‘‘Experimental Investigation and Design of Steel BraceConnection to RC Frame’’, **Engineering Structures**, 25(13):1707-1714, (2003).
 31. T, Bush., E, Jones. , J, Jirsa. ,‘‘ Behavior of RC frame strengthened using Structural steelbracing.’’, **Journal of Structural Engineering**,17(4):257-309. April, (1991).
 32. Maheri,M.R, Department of Civil Engineering, **Shiraz University**. Ghaffarzadeh, H . Department of Civil Engineering, **University of Tabriz**, Tabriz, Iran.’‘Connection overstrength in steel-braced RC frames’’, February (2008).
 33. Mohebkah, A ., Tasnimi, A ., Department of Civil Engineering, School of Engineering, TarbiatModares University, Tehran, Iran., Moghadam , Department of Civil Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.,’’ Nonlinear analysis of masonry-infilled steel frameswith openings using discrete element method.’’ ,**Journal of Constructional Steel Research**, January (2008).

34. Mostafaei, H., Earthquake Research Institute, Kabeyasawa, T., The University of Tokyo., "Effect of Infill Masonry Walls on the Seismic Response of Reinforced Concrete Buildings Subjected to the Bam Earthquake Strong Motion: A Case Study of Bam Telephone Center.", **Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo**.13.(2003).
35. Baran, M., Tankut, T., "Experimental Study on Seismic Strengthening of RC Frames by Precast Concrete Panels", **ACI Structural Journal**, 108,(2):227-237, March-April (2011).
36. Baran, M., Tankut, T., "Retrofit of Non-Ductile RC Frames with Precast Concrete (PC) Wall Panels", **Advances in Structural Engineering**, 14(6):1149-1166, (2011).
37. Baran, M., Canbay, E., Tankut, T., "Seismic Strengthening with Precast Panels – Theoretical Approach", Turkish Chamber of Civil Engineers, **Technical Journal**, Digest 2010, 21:1403-1423, December (2010).
38. Perera, R., Gómez, S., Alarcón E., "Experimental and Analytical Study of Masonry Infill Reinforced Concrete Frames Retrofitted with Steel Braces", **J. Struct. Engng.**, 130(12): 2032-2039, (2004).
39. Saneinejad, A., Hobbs, B., "Inelastic Design of Infield Frames.", **Jornal of Structural Engineering**, 121(4), April (1995).
40. Flanagan, R., Bennett, R., "In-Plane Behavior of Structural Clay Tile Infilled Frames.", **Journal of Structural Engineering**, 125 (6), June, (1999).
41. Asteris, P. G., "Lateral Stiffness of Brick Masonry Infilled Plane Frames", **Journal of Structural Engineering**, 129(8), August, (2003).
42. Madan, A., Reinhorn, A.M., M., J.B., "Modeling of Masonry infill Panels for Structural Analysis.", **Jornal of structural Engineering**. 123(10):1295-1302. October (1997).
43. Özdemir, G., Akyüz, U., "Tensile Capacities of CFRP Anchors", Department of Civil Engineering, **Middle east Technical University**, 06531, Ankara, Turkey.
44. Maheri, M.R., Kousari, R., and Razazan, M., "Pushover Tests on Steel X-Braced and Knee-Braced RC Frames", **Engineering Structures**, 25(13):1697-1705, (2003).
45. Maheri, M.R., Akbari, R., "Seismic Behaviour Factor, R, for Steel X-Braced and Knee-Braced RC Buildings", **Engineering Structures**, 25(12):1505-1513, (2003).

46. Youssef , M.A., Ghaffarzadeh, H., Nehdi ,M., ‘’ Seismic performance of RC frames with concentric internal steel bracing’’, August (2006).
47. Binici, B., Ozcebe, G., ‘‘Seismic Evalution Of İnfilled Reinforced Concrete Frames Strengthened With FRPS’’ **,Proceeding of the 8 U.S National Conference on Earthquake Engineering** , San Francisco,California,USA (2006).
48. Shing P. B., Mehrabi A. B., ‘‘Behaviour and analysis of masonry-infilled frames,’’ **Prog. Struct. Engng. Mater.**, 4, 320–331, (2002).
49. Acun,B.,Sucuoglu,H.,’’Tuğla Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Hasır Donatı İle Güçlendirilmesi’’ **Deprem Sempozyumu**, Kocaeli,Turkey,(Mart 2005).
50. Korkmaz, K.A., Demir, F., Sivri, M., ‘’ Earthquake Assessment of R/C Structures with MasonryInfill Walls’, **International Journal of Science & Technology**. 2(2):155-164, (2007).
51. Eetem,E.,Türker, K., Hasgöl,U. ,’’Dolgu duvarlarının betonarme binada vranışına etkisi.’’, **İTÜDERGİSİ/d**, 4(4), (2005).
52. Begimgil,M.,’’Tuğla Duvarın Kayma Dayanımının Güçlendirilmesi Üzere Deneysel ve Analitik Bir Çalışma.’’, **İ.T.Ü.İstanbul**.Türkiye.
53. Keyder,E., Gündöğmuş,H.K .,’’Hasarlı Betonarme Çerçevelerin Öngerilmeli Çubukları İle Güçlendirilmesi’’, **O.D.T.Ü. Ankara**.Türkiye.
54. Marjani,F., Ersoy,U., ’’Behavior of Brick Infilled Reinforced Concrete FramesUnder Reversed Cyclic Loading.’’, **ECAS 2002 International Symposium on Structural and Earthquake Engineering**, Middle East Technical University, Ankara, Turkey,October 14, (2002).
55. Baran, M., ‘’ Precast Concrete Panel Reinforced Infill Walls for SeismicStrengthening of Reinforced Concrete Framed Structures’’, **Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ODTÜ**, Ankara, (2005).
56. Baran, M., ‘‘ Investigation of the Effects of Infill Walls on the Behavior of Reinforced Concrete Framed Structures’’, **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, 27(2), (2012).
57. Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik – **TDY**, (2007).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı :BABAYANI, Rahim
 Uyruğu :İran
 Doğum tarihi ve yeri :28.08.1979, Tahran
 Medeni hali :Evli
 Telefon :0(534)356 65 87
 e-mail :Rahim.Babayani@gmail.com.

Eğitim

Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet tarihi

Lisans

Gorgan Azad Üniversitesi/ İnşaat

2006

Lise

Hedayat Lisesi

2001

İş Deneyimi

Yıl

Yer

Görev

2005-2007

Şomal Müşavir Co./Sari/İran

Saha Şefi

2003-2005

Taksaz Bana Co./Gonbad/İran

Proje Kordinator

Yabancı Dil

İngilizce, Türkmençe, Farsça, Arapça

Yayınlar

1. “Nept Yol Planı” ,İran Cumhur Başkanlığına Sunulmuş ve onaylanmış olan ekonomik ve turistik yol geliştirme planı 2005.(2012 yılında uygulanmaya başlamıştır ve şuan devam etmektedir).

Hobiler

Şiir, Edebiyat, Felsefe ve Piskolojik araştırmalar, Müzik (Saz Çalmak), Voleybol