



**T.C.**  
**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SÜNEK OLMAYAN BA ÇERÇEVELERİN**  
**İNCE ÇELİK PERDELERLE**  
**GÜÇLENDİRİLMESİ**

**Ersan DİRİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Haziran-2015**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Ersan DİRİ tarafından hazırlanan "SÜNEK OLMAYAN BETONARME ÇERÇEVELERİN İNCE ÇELİK PERDELERLE GÜÇLENDİRİLMESİ" adlı tez çalışması 01.06.2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Doç. Dr. Mehmet KAMANLI

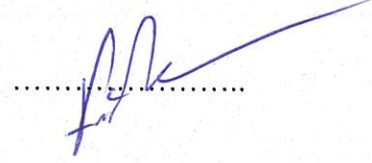
#### Danışman

Doç. Dr. Hasan H. KORKMAZ

#### Üye

Yrd. Doç. Dr. Fatih S. BALIK

### İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Prof. Dr. ....  
FBE Müdürü

Bu tez çalışması SÜ.BAP tarafından 15.201025 nolu proje ile desteklenmiştir.

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Ersan DİRİ

Tarih: 01.06.2015

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# SÜNEK OLMAYAN BA ÇERÇEVELERİN İNCE ÇELİK PERDELERLE GÜÇLENDİRİLMESİ

**Ersan DİRİ**

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ**

**2015, 98 Sayfa**

**Jüri**

**Doç. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ**

**Doç. Dr. Mehmet KAMANLI**

**Yrd. Doç. Dr. Fatih Süleyman BALIK**

Yeryüzünün oluşumundan itibaren sismik yönden aktif yerlerde çeşitli sonuçlar doğuran depremlerin meydana geldiği bilinmektedir. Bilindiği gibi Türkiye de dünyanın en aktif deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunmaktadır.

Yurdumuzda hali hazırda betonarme çerçeve tipi yapı stokunun deprem güvenliği açısından güçlendirilmesi karmaşık ve güncel bir mühendislik problemidir. Çeşitli sebepler sonucu mevcut birçok yapı yeterli deprem güvenliğine sahip bulunmamaktadır. Bu tür yapıların güçlendirilmesi için çeşitli yöntemler uygulamaktadır. Bu yöntemler yapının taşıyıcı sistemine, temel biçimine ve mimari şartlarına bağlıdır. Gerçekleştirilen güçlendirme yöntemlerinde temel hedef, yapıda dayanım, süneklik ve rijitliğin olması gereken seviyeye getirilmesidir. Yapıda rijitliğin çok düşük düzeylerde bulunması katlar arası rölatif deplasmanların büyük sorunlar oluşturmasına neden olur. Bu tür yapılarda betonarme çerçevelerin uygun gözlerine betonarme dolgu duvarlar yerleştirilerek güçlendirilmesi bir çözüm olmaktadır. Fakat buna benzer yöntemler iskan edilen mevcut binalarda uygulanırken binanın boşaltılması gibi sorunlarla karşılaşmaktadır. Konutların yanında resmi binalar, alışveriş merkezleri, okul, hastane gibi yapıların güçlendirilmesi sırasında bina boşaltılacağı için ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Yaptığımız bu çalışmada, güçlendirme için yapılan ince çelik perdeler çerçeve dışına montajlanarak yapıların boşaltılmasına gerek kalmaması ve ekonomik kayıpların en aza indirilmesi amaçlanmıştır.

Güçlendirilmiş yapıların elastik ötesi davranışlarındaki değişimin belirlenmesi, güçlendirme uygulamalarının ne kadar etkili olduğunun belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin genel amacı belirli bir deprem yükü seviyesi için yapıdan istenen deprem davranışının gerçekleşip gerçekleşmeyeceğinin kontrolüdür.

Bu sebeple bu çalışmada yapı sistemlerinin güçlendirilmesini değerlendirmek amacıyla 1/3 ölçekli boş betonarme çerçeve, tuğla duvarlı ve ince çelik perde elemanlarla güçlendirilmiş yapıların doğrusal olmayan analizlerinin gerçekleştirilmesi ve sonuçlarının karşılaştırılması amacıyla doğrusal olmayan statik itme analizleri uygulanmıştır. Güçlendirilmiş numunelerin ve mevcut yapının doğrusal olmayan analizlerinden elde edilen sonuçlar değerlendirilerek güçlendirmenin yapı üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem davranışı, güçlendirme, ince çelik perde

**ABSTRACT****MSc THESIS****STRENGTHENING OF NONDUCTILE RC FRAMES WITH STEEL PLATE  
SHEAR WALLS****Ersan DİRİ****THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
SELÇUK UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN CIVIL ENGINEERING****Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ****Year, 2015, Pages 98****Jury****Advisor Assoc. Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ****Assoc. Prof. Dr. Mehmet KAMANLI****Assist. Prof. Dr. Fatih Süleyman BALIK**

Seismically active faults creates the earthquakes and our country Turkey is situated İn a very active seismic zone. The earthquake performance improvement task of available building stock is a complex and urgent problem of the society and country. Due to several reasons, available building stock is seismically deficient. Several conventional and innovative methods are available for strengthening the reinforced concrete structures. These method depend on structural system of the building, foundation type and architectural conditions.

The main target of the strengthening is to improve ductility, capacity, rigidty of the system. If the lateral rigidity of the structural system is low, lateral drifts and relative displacement between the storeys can create problem. For that type structures, reinforced concrete infill walls seems to be best choice.

On the other hand conventional methods require the evacuation of the facilities and requires long construction times. This loss of function creates huge economic losses also for hospital or school type of structures.

In this study, exterior strengthening alternatives of reinforced concrete structures are investigated. Steel plate shear walls are intended to be fixed at the exterior side of the structures.

In the experimental part of the study 1/3 scaled, one bay, two storey RC frames are manufactured and tested under lateral loads, first specimen was the reference bare frame specimen, the other is reference specimen with infill wall. The last specimen is strengthened with steel plate shear walls.

**Keywords:** Earthquake performance, strengthening, steel plate shear walls

## ÖNSÖZ

Bu çalışmamın tüm aşamalarında bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren, karşılaştığım zor durumlarda yardımını esirgemeyen mesleki tecrübesini bizlerle paylaşan ve engin bilgilerini alabildiğimiz ölçüde bizlere aktaran kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ'a, deneysel çalışma sırasında büyük katkıları olan, her türlü desteği sağlayan Yrd. Doç. Dr. Emre AKIN'a, yardımlarını ve desteğini esirgemeyerek çalışmanın düzenlenmesine katkı sağlayan çok değerli hocam Doç. Dr. Mehmet KAMANLI'ya şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca laboratuvar aşamasında büyük yardımları olan teknisyen Yüksel ÇİFTÇİ ve arkadaşım İsmail ACIBUCU'ya, bilgi ve desteklerini esirgemeyen tüm İnşaat Mühendisliği Bölümü hocalarına ve asistanlarına çok teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca, benden desteklerini esirgemeyen, çalışmalarım süresince daima destekleyen, maddi ve manevi açıdan yanımda olan tüm aileme de şükranlarımı sunarım.

Ersan DİRİ  
KONYA-2015

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>2</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>3</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>4</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>4</b>
1.1. Çalışmanın Amacı.....	5
1.2. Çalışmanın Önemi.....	7
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>8</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>13</b>
3.1. Deney Numuneleri .....	14
3.1.1. Deney numunelerinin boyutları .....	16
3.1.2. Deney numunelerinin detayları.....	19
3.1.2.1. Betonarme çerçeve detayları.....	19
3.1.3. Deney numunelerinin malzeme özellikleri .....	22
3.1.3.1. Betonarme çerçevenin malzeme özellikleri.....	22
3.1.3.1.1. Beton.....	22
3.1.3.1.2. Donatı.....	22
3.1.4. Deney numunelerinin hazırlanması .....	23
3.1.4.1. Betonarme çerçevenin hazırlanması .....	24
3.1.4.2. Deney elemanlarının hazırlanması.....	27
3.1.4.2.1. Sıvalı tuğla dolgu duvarlı numune.....	27
3.1.4.2.2. İnce çelik perdeler ile güçlendirilmiş numune.....	29
3.2. Deney Düzeneği Ve Ölçüm Tekniği.....	32
3.2.1. Yükleme düzeneği .....	32
3.2.2. Ölçüm tekniği .....	34
3.2.2.1. Yük ölçümleri .....	35
3.2.2.2. Yer değiştirmelerin ölçülmesi.....	35
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>38</b>
4.1. Deney Sonuçları.....	38
4.1.1. Deney elemanı-1 (RF1) .....	38
4.1.2. Deney elemanı-2 (ST2).....	51
4.1.3. Deney elemanı-3 (CL3) .....	68
4.2. Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması .....	89
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>92</b>
5.1 Sonuçlar .....	92
5.2 Öneriler .....	94
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>95</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>98</b>

## 1. GİRİŞ

Ülkemiz; dünyanın en aktif deprem bölgelerinden birisinde bulunmaktadır. Son 100 yılda meydana gelen depremlerde maruz kaldığımız can kaybı çok büyük seviyededir. Gözlenen can kaybının en büyük nedeni; deprem dayanımı, rijitliği, sünekliği yetersiz, taşıyıcı sistemi deprem açısından uygun olmayan, beton malzeme kalitesi çok düşük, donatı detaylandırılması yanlış ve eksik binalara sahip olmamızdır.

Son yıllarda yapı kalitemiz artmasına rağmen mevcut binaların çoğu deprem açısından yetersizdir. Bu binaların gelecek depremler için güçlendirilmesi gerekmektedir. Mevcut binaların özellikle yatay rijitliğinin yetersiz olması dikkat çekicidir.

Bu çalışmada; beton dayanımı en az C16 olan, taşıyıcı sisteminin yatay rijitliği yetersiz binaların sismik performans iyileştirilmesinin yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla çelik binalarda çapraz elemanların yerlerine kullanılmaya başlanan ince çelik sac levhaların betonarme binalarda kullanılması araştırılmıştır. İnce çelik sac levhaların betonarme binalarda kullanılması bakımından bu deneysel araştırma literatürde ilk sıralarda yer almaktadır.

### 1.1. Çalışmanın Amacı

Türkiye, bildiğimiz aktif faylar boyunca belirli zaman dilimlerinde gerçekleşen yıkıcı ve yüzey faylanması oluşturan depremlerin yaşandığı, dünyanın aktif deprem kuşaklarından birinin üzerinde yer almaktadır. Türkiye coğrafyasının % 96'sı deprem tehdidine maruzdur; nüfusunun ise % 98'i deprem riski ile karşı karşıyadır.

Yurdumuzda meydana gelen yıkıcı depremlerin ardından hali hazırda bulunan yapıların deprem güvenliklerinin denetlenmesi önem arz eden bir durum haline gelmiştir. Gerçekleşen bu depremlerde meydana gelen kayıplar yurdumuzda çok büyük boyutlara ulaşırken, birçok gelişmiş ülkede aynı büyüklükte yaşanan bir deprem sonrası kayıpların çok az olması, üzerinde ciddiyetle durulması gereken önemli bir sorundur. Deprem sonrası hasara uğramış veya tamamen göçen yapılar üzerinde gerçekleştirilen incelemeler, hasar ve yıkılmanın farklı sebeplerden kaynaklandığını göz önüne sermektedir.

Büyük kısmı deprem tehlikesi altında bulunan yurdumuzdaki mevcut yapıların çoğunluğu ne 1975 Deprem Yönetmeliğinin ne de şu an yürürlükte olan DBYBHY



2007'nin çeşitli koşullarını sağlamamaktadırlar. Bu nedenle mevcut yapı stokunun önemli bir bölümü deprem tehlikesine karşı büyük tehdit altındadır. Mevcut yapılarımızın bu savunmasız durumunu son yıllarda gerçekleşen ve ülkemizde ciddi kayıplara sebep olan Erzincan (1992), Dinar (1995), Adana-Ceyhan (1998), Kocaeli (1999) ve Bolu-Düzce (Kasım 1999) depremleri tekrar tekrar bize göstermiştir.

Bir yapının ilk aşaması olan proje safhasından son aşaması uygulama aşamasına kadar, mühendisliğin ana hedefi güvenli, istenilene cevap veren ve ekonomik yapılar inşa etmektir. Fakat yaşamış olduğumuz depremler bu safhalarda çok büyük tasarım, kullanılan malzeme ve uygulamada işçilik hatalarının yapıldığını göz önüne sermektedir.

Genelde hasarın meydana gelmesine; zaruri zemin etütlerinin yapılmamasının, yapı mimarisinin ve taşıyıcı sistemin hatalı olmasının, kesitlerin yetersiz, proje detaylandırmasının eksik veya hatalı, uygulama kalitesinin iyi olmamasının neden olduğunu ifade etmek mümkündür.

Depremler sonrası çok sık gözlenen yapı hasarlarından biri kısa kolon ve kolon-kiriş birleşim bölgesinde meydana gelen hasarlarıdır. Bunun gibi yapı zayıflıklarının bulunduğu binalarda, deprem performanslarını güvenli düzeye çıkarmak amacıyla, bu elemanların güçlendirilmesi gerekmektedir.

Binaya etkiyen deprem kuvvetleri betonarme yapının taşıyıcı elemanlarında (özellikle betonarme kısa kolon ve kolon-kiriş birleşim bölgelerinde) büyük iç kuvvetler meydana getirmektedir. Bilindiği gibi kolon ve kolon-kiriş birleşim bölgeleri deprem esnasında yapının tamamen göçmemesi için büyük önem taşımaktadırlar. Bu elemanlarda oluşacak hasarlar yapının toptan göçmesine neden olabilmektedir.

Ülkemizdeki mevcut betonarme yapıların büyük bir bölümünün taşıyıcı sistemi yalnızca kolon ve kirişlerden meydana gelmektedir. Bu tür yapıların depreme karşı güçlendirilmesi ise sık sık gündeme gelmekte ve yapılar farklı farklı yöntemler kullanılarak güçlendirilmektedir.

Bu doğrultuda yaptığımız tez çalışmasında; betonarme çerçeve içindeki tuğla duvarın ve tuğla duvar ile örülmüş çerçevenin üzerindeki ince sac perdelerin etkisini görebilmek amacıyla boş çerçeveye oranla depreme karşı performanslarındaki değişimler kıyaslanmıştır. Tez kapsamında 1/3 ölçekli biri referans olmak üzere 3 adet numune tersinir tekrarlanır yükler altında denenmiştir.

Daha önce hazırlanan seminer çalışmasında boş betonarme çerçeve elemanın ve tuğla duvarlı betonarme çerçeve elemanın yatay yükler altındaki davranışları incelenmiş

ve tuğla duvarlı betonarme çerçeve elemanın dayanımının 2,5 kat, rijitliğinin ise 3 kat arttığı gözlemlenmiştir. Bu tez çalışmasında ise bu davranışın iyileştirilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmeye çalışılmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar da göz önüne alınarak ince sac perde elemanlarla güçlendirilmiş betonarme numunenin davranışı irdelenmiştir.

Bulunan bu değerlendirmelerin ışığında amaç:

1) Betonarme çerçevenin ince çelik sac perde ile güçlendirilerek yatay yük etkisi altındaki dayanımına katkısının araştırılmıştır.

2) Betonarme çerçevenin ince çelik sac perde ile güçlendirilerek betonarme çerçevelerin yatay yük etkisi altındaki rijitliğine katkısı araştırılmıştır.

3) Deprem yükleri altındaki bir yapıda enerji tüketme kapasitesinin oldukça önemli bir özellik olduğu dikkate alınarak, betonarme çerçevenin ince çelik sac perde ile güçlendirilerek betonarme çerçevelerin yatay yük etkisi altındaki enerji tüketme kapasiteleri araştırılmıştır.

4) Betonarme çerçevenin ince çelik sac perde ile güçlendirilerek göçme şekilleri ve buna bağlı olarak düşey taşıyıcı elemanlarda meydana gelen hasar durumu ve derecesi belirlenmiştir.

5) Deney sonuçlarının birbirleri ile karşılaştırılması yapılmıştır.

## 1.2. Çalışmanın Önemi

Yakın zamanda yaşadığımız yıkıcı depremler sonrasında yaşanan can ve mal kayıpları üzerinde ciddiyle durulması gereken bir sorundur. Mevcut yapı stokumuz göz önüne alındığında güçlendirilmesi gereken bina sayısının oldukça fazla olduğu görülmektedir.

Bir doğal afet olan depremin ne zaman, ne şekilde ve hangi şiddette meydana geleceğini önceden tahmin etmek oldukça güçtür. Bu nedenle depreme karşı bütün önlemler alınmalıdır ve mevcut yapı stokundaki güçlendirilmesi gereken binalar vakit kaybedilmeden güçlendirilmelidir.

Bir yapının ilk aşaması olan proje safhasından son aşaması uygulama aşamasına kadar, mühendisliğin ana hedefi güvenli, istenilene cevap veren ve ekonomik yapılar inşa etmektir. Yapılacak olan güçlendirme uygulaması da mühendisliğin ana hedefi olan tüm bu özellikler çerçevesinde gerçekleştirilmelidir.

Üzerinde çalışılacak olan bu çalışmanın güçlendirme uygulamalarında kabul göreceği ve yararlı olacağı umulmaktadır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Altın (1990), tarafından gerçekleştirilen tez çalışmasında 1/3 geometrik ölçekteki, tek açıklıklı iki katlı betonarme çerçeve elemanlar betonarme dolgu duvar ile güçlendirmiş, tersinir tekrarlanır yatay yükler altında test edilmiştir. Bu çalışmada; betonarme dolgu duvarın donatı düzeni, betonarme dolgu duvar ile çerçeve arasında bağlantıyı sağlayan donatıların detaylandırılması, çerçeve kolonlarının boyuna donatı oranı, kolondaki eksenel yük miktarındaki değişim ve çerçevenin beton basınç dayanımı gibi değişkenler incelenmiştir. Çalışmadan çerçeve ile dolgu arasında yük aktaran donatıların davranış ve dayanımı önemli oranda etkilediği, kolon eğilme kapasitesinin ve eksenel yük düzeyinin davranış ve dayanımı olumlu etkilediği sonuçlarına ulaşılmıştır. Buna ek olarak dolgu duvarların çerçeve elemanının dayanım ve rijitliğini artırdığı sonuçları elde edilmiştir.

Buonopane ve White (1999), yaptıkları çalışmada 1/2 ölçekli, iki açıklıklı ve iki katlı tuğla dolgulu betonarme çerçeveler dinamik yükleme altında test edilerek, sistemin deprem davranışı incelenmiştir. İkinci kat tuğla duvarlarında pencere boşluğu yer almaktadır. Çalışmada deney sonuçları kullanılarak sistemin yanal rijitlik ve deplasman kapasitesini tahmin etmek için farklı diyagonal basınç çubuğu biçimleri analitik olarak incelenmiş ve deneysel sonuçlara en uygun diyagonal basınç çubuğu modeli incelenmiştir. Ayrıca deney elemanlarının dayanımının tahmini için analitik model geliştirilmiş ve geliştirilen bu model kullanılarak elde edilen sonuçlar deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Sonuvar (2001), tarafından yapılan çalışmada, betonarme dolgular ile güçlendirilmiş betonarme çerçevelerin, tersinir-tekrarlanır yatay yükler altındaki davranışını araştırmak için, 5 adet 2 katlı, tek açıklıklı, 1/3 oranında betonarme çerçeveler hazırlamıştır. Deney numuneleri pratikte sıkça rastlanılan hatalara sahip olarak üretilmiştir. Üretilen bu çerçeveler, yatay durumda tersinir-tekrarlanır yükler altında hasara uğratıldıktan sonra, yerinde dökme dolgu duvarlar ve ilave güçlendirme vasıtalarıyla güçlendirilmiş ve yeniden tersinir-tekrarlanır yatay yükler altında deneyerek performansları araştırılmıştır. Çerçevelerin dayanım, rijitlik, enerji tüketme ve ötelenme özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, bu çalışmada yapılan modellemede ise, betonarme dolgu duvarların eşdeğer çubuk elemanlar ile modellenmesi üzerine

çalışılmış ve elde edilen sonuçlar deneysel verilerle ve bir analitik modelin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın sonucunda;

- Betonarme dolguların performansının özellikle kamalara ve işçiliğe bağlı olduğu tespit edilmiştir.
- Yatay yük-deplasman grafikleri incelendiğinde, betonarme dolgu ilavesinin yanında, uygulanan bölgesel güçlendirme tekniklerinin oldukça etkili olduğu gözlenmiştir.
- Dolgulu çerçevelerde boş çerçevelere göre 10-20 kat arasında yatay yük taşıma kapasitesi artışı gözlenmiştir.
- Çerçevenin beton kalitesi birleşim çubuklarının ankrajında etkili olmaktadır.
- Hemen hemen bütün dolgulu çerçevelerin eğilme taşıma gücü kapasitesine ulaştığı belirtilmiştir.
- İyileştirme çalışmaları ile çerçevelerin enerji tüketme kapasiteleri önemli ölçüde artmıştır.

Özcebe ve ark. (2003), çalışma kapsamında ülkemizde sıklıkla görülen zayıflıkları içeren 1/3 ölçekli, iki katlı, tek açıklıklı yedi adet betonarme çerçeve üretilmiş, çerçeve açıklıkları 1/3 ölçekli delikli tuğla duvar ile kapatılmış, ülkemizdeki genel uygulamaya uygun olarak duvarların her iki yüzü de sıvanmıştır. Bu şekilde üretilen deney elemanları, daha sonra farklı CFRP örtü uygulamaları ile güçlendirilerek test edilmiştir. Bu çalışmada üretilen betonarme çerçevelerin özellikleri;

- Kolon ve kirişlerin uç bölgeleri yetersiz sargı donatısına sahiptir.
- Etriyelerin kancaları 90°'dir.
- Dügümlerde enine donatı kullanılmamıştır.
- Kiriş alt donatıları, yeterli ankraj boyuna sahip değildir.
- Beton dayanımı düşüktür.

Dayanım, rijitlik ve enerji yutma karakteristikleri dikkate alınarak deney sonuçları değerlendirilmiştir.

Akın (2006), yapmış olduğu, 1/5 ölçekli üç katlı üç açıklıklı betonarme sistem deneylerinde, yeni bir güçlendirme metodu denemiştir. Önerilen modelde, kolon-kiriş birleşim bölgesine epoksi yardımıyla ankraj yapılan, burkulma etkisinin önemli olmadığı, çekmeye çalışan çapraz çubuklar yardımıyla yanal ötelenmenin azaltılması, rijitliğin artırılması ve dolayısıyla yatay yük taşıma kapasitesinin artırılması

hedeflenmiştir. Bu çalışmada, çekmeye çalışan çapraz çubuklar (inşaat demiri) kolon-kiriş birleşim bölgelerine basitçe ankrajlanmıştır. Bu çalışmanın kapsamını değişik yapısal özellikteki 10 adet 1/5 ölçeğinde modellenmiş betonarme çerçeve sistemi oluşturmaktadır.

Deneysel çalışma sonucunda;

- Sistem sünekliği, ortada kuşaklama olan sistemde çerçeve davranışına yakın özellik gösterirken; aynı bölgeye duvar eklenmesiyle perdeli çerçeve davranışına yönelmiş, bunun sonucu olarak gerek yatay yük, gerekse enerji tüketme kapasitesinde artış meydana gelmiştir.
- Etriyeler sistem sünekliğini, enerji tüketme kapasitesini ve yatay yük kapasitesini artırmıştır.
- Etriye kancalarının 135 derece olması etriyenin sargı etkisini artırmış ve bunun sonucu olarak gerek düşey, gerekse yatay yük kapasitesine olumlu etkiler yapmıştır.
- Etriyelerin birleşim bölgesi boyunca devam ettirilmesi, birleşim bölgesinde hasar oluşumunu engellemiş ve hasarın güçsüz elemana doğru kaymasına sebep olmuştur.
- Kuşaklamanın zemin katta tüm açıklıklarda, üst katlarda ise azalan bir şekilde uygulanması sistemin üst katlarında perde davranışından, çerçeve davranışına kaymasına yardımcı olmuştur.
- Beton kalitesi, epoksi ile yapılan ankrajın kuvvetini, dolayısıyla yatay yük kapasitesini doğrudan etkilemektedir.
- Sünekliği kontrol altında tutmak için, kuşaklamaların binanın orta bölgelerinde yapılması ve kenar açıklıklarda yapılması halinde ortaya çıkan boşluklu perde davranışı sonucu oluşan süneklik azalmasından kaçınılması gerektiği belirtilmiştir.
- Dolgu duvarlar, yatay yük taşıma kapasitesini artırmakla beraber, özellikle kenar açıklıklarda ciddi süneklik azalmasına sebep olmaktadır.

Anıl ve Altın (2007), tarafından yapılan bir çalışmada; 9 adet 1/3 geometrik ölçekli bir açıklıklı ve bir katlı olarak modellenen betonarme dolgu duvarlı çerçevelerin betonarme dolgularındaki boşluk alanı ve yerin değişimi incelenmiştir. Test edilen numunelerde, parçasal dolgu duvar uzunluğunun yüksekliğe oranı ve parçasal dolgu duvarın çerçeve içinde düzenleniş biçimleri, bu çalışmanın değişkenleri olarak düşünülmüştür. Test edilen bu numunelerde çerçeveye eklenen betonarme dolgu duvarlar, ankraj çubukları yardımıyla sisteme eklenmiştir. Mevcut çalışmada, iç perde duvarın boyutlarının artırılması durumunda sistemin rijitliğinin ve yatay yük taşıma

kapasitesinin çok önemli miktarda arttığı, iç perde duvar ile çerçevenin birleşim yeri ve türünün yine sistemin yatay yük taşıma kapasitesini önemli oranda etkilediği, özellikle kolon ve kirişlere beraber bağlanan iç perde duvarın diğerlerine göre çok daha etkin çalıştığı gözlenmiştir. Yapılan deneylerin sonucunda, güçlendirilen deney elemanları dayanımının, çerçeve deney elemanı dayanımına oranının yaklaşık 3 ile 15 kat arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Akın (2011), yaptığı çalışmada, imalat sırasında bina sakinlerinin binayı terk etmelerine gerek kalmadan uygulanabilecek bir güçlendirme yöntemini araştırmıştır. Bu amaçla, ülkemizdeki mevcut betonarme binalarda sıklıkla görülen hatalara sahip olarak üretilen 1/2 ölçekli, deprem dayanımı zayıf, iki katlı ve tek açıklıklı bir adet güçlendirilmemiş tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçeve ve 5 adet aynı özelliklere sahip betonarme çerçeve dolgu duvarları, ön üretimli yüksek dayanımlı farklı şekillerdeki beton paneller ile güçlendirilerek deprem etkisini benzeştiren tersinir tekrarlanır yatay yükleme altındaki davranışları test edilmiştir. Deneysel çalışma sonucunda, betonarme çerçevelerin dayanım, rijitlik ve enerji tüketme kapasiteleri gibi özellikleri elde edilmiş ve güçlendirilmiş numuneler aynı özellikteki güçlendirilmemiş numuneler ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın analitik kısmında, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak SAP2000 ile yapılan statik itme analizinden elde edilen sonuçlar, deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Son bölümde ise, elde edilen deneysel ve analitik sonuçlar irdelenerek değerlendirilmiş ve bundan sonra yapılacak çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur. Bu çalışma neticesinde ön üretimli panel uygulamasının, mevcut betonarme binaların deprem etkilerine karşı davranışına katkıları olumlu ve olumsuz yönleriyle ortaya konulmuştur.

Bahadır (2012), yaptığı tez çalışmasında, Türkiye'deki binalarda sıklıkla gözlenen kusurlara sahip 1/3 geometrik ölçekli, iki katlı ve tek açıklıklı 6 adet betonarme çerçeve, deprem yükünü benzeştiren tersinir-tekrarlanır yatay yükler ve sabit düşey yükler altında test edilmiştir. İlk numune güçlendirme uygulaması yapılmamış referans numunesidir. Diğer numuneler ise pencere boşluksuz düzlem dışı tam betonarme perde duvarla ve pencere boşluğuna sahip düzlem dışı betonarme perde duvarlarla güçlendirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan parametreler, pencere boşluğunun boyutu ve konumudur. Güçlendirme uygulaması yapılan numunelerin kolonları betonarme manto ile sarılmıştır. Test edilen bu deney elemanlarına ait histeresis eğrileri,

zarf eğrileri, rijitlik, süneklik ve tüketilen enerji grafikleri verilmiş, bu deney elemanları arasındaki farklar incelenerek yorumlanmıştır. Son bölümde ise elde edilen deneysel sonuçlar irdelenerek değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur. Test sonuçları, düzlem dışı dıştan perde duvarlar betonarme çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesini, rijitliğini ve enerji tüketimini önemli oranlarda arttırdığını göstermiştir.

Balık (2012), yaptığı tez çalışmasında, 6 adet, tek açıklıklı, iki katlı, 1/3 ölçekli sünek olmayan betonarme çerçeve üretmiş ve bu pencereler pencere boşluklu veya boşluksuz dolgu duvar ile güçlendirilerek depremi benzeştiren tersinir-tekrarlanır yükler altında test edilmiştir. Deney numuneleri Türkiye'deki betonarme yapılarda çoğunlukla gözlemlenen eksiklikleri yansıtacak şekilde üretilmiştir. İlk deney numunesi güçlendirme uygulaması yapılmamış referans numunedir. Diğer numuneler ise farklı pencere boşluk oranlarına ve konumuna sahip betonarme dolgu duvarlı numunelerdir. Yapılan deneylerin sonuçları betonarme dolgu duvarların, dayanım, rijitlik, enerji tüketme ve süneklik üzerindeki etkilerini ortaya koyacak şekilde değerlendirilmiştir. Deney sonuçları, betonarme dolgu duvarlı numunelerin, boş çerçevesi numuneden daha fazla yatay yük dayanımına ve rijitliğe sahip olduğunu göstermiştir.

Ünal (2012), yaptığı tez yüksek lisans tez çalışmasında, 1/3 ölçekli 4 adet deney elemanı depremi benzeştiren tersinir-tekrarlanır yatay yükler etkisinde test edilmiştir. Bu numunelerden bir tanesi herhangi bir güçlendirme yapılmayan, ülkemizde sıklıkla görülen yapı kusurları içeren ve deprem dayanımı yetersiz binaları temsil eden betonarme boş çerçevedir. Diğer deney elemanları ise, betonarme boş çerçeveye güçlendirme uygulaması yapılmış deney elemanlarıdır. İkinci deney elemanı, aksenal yükten dolayı güçlendirilmesi gereken binaları temsil etmek amacıyla oluşturulmuştur. Bu deney elemanında kolonlar üç taraftan mantolanarak güçlendirilmiştir. Üçüncü deney elemanı, pencere boşluklu düzlem dışı betonarme perde duvar ile güçlendirilmiş numunedir. Son deney elemanı ise düzlem dışı iki betonarme perde duvar ile güçlendirilmiş numunedir. Bu numunede pencere boşluklarının bulunduğu yerlere güçlendirme perdesi konulmamıştır.

Test edilen bu deney elemanlarına ait histerezis eğrileri, zarf eğrileri, rijitlik, süneklik ve tüketilen enerji grafikleri verilmiş, bu deney elemanları arasındaki farklar incelenerek yorumlanmıştır. Son bölümde ise elde edilen deneysel sonuçlar irdelenerek değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Türkiye’de 1970’li yıllardan itibaren betonarme çerçevelerin betonarme dolgu duvar ile güçlendirilmesi ile ilgili deneysel çalışmalar sürmektedir. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte son yıllarda betonarme çerçevelerin güçlendirilmesi ile ilgili deneysel çalışmalarda da artış gözlenmiştir. Bu çalışmaların sebeplerinde biri de dünyada ve ülkemizde bulunan yapı stoğunun istenilen deprem dayanımını sağlayamaması ve inşa edilen yapıların özen gösterilmeden ve bilinçsizce yapılmasıdır. Güçlendirme çalışmaları günümüzde de güncelliğini korumakta ve yeni güçlendirme teknikleri geliştirilmesi için araştırmalar devam etmektedir. Yapılan çalışmalarda genellikle tek katlı, tek açıklıklı ve iki katlı tek açıklıklı betonarme çerçeveler betonarme dolgu duvarlarla güçlendirilip tersinir tekrarlanır yükler altında test edilmektedir. Betonarme dolgu duvarlarıyla güçlendirme yönteminin etkinliği ve dolgu duvarın, betonarme çerçevenin davranış ve dayanımı üzerindeki etkileri incelenmektedir (Kara, 2006).

Türkiye’de konu ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunda mevcut betonarme çerçevelerdeki kusurlar çerçevelere yansıtılmakla beraber, bu çalışmalarda tuğla dolgu duvar çerçeve düzleminin içine yerleştirilerek test edilmiştir.

Ancak çerçeve düzlemi içine tuğla dolgu duvar ilavesi sırasında, hesaplarda göz önüne alınmayan fakat yapının dayanımına katkısı olan tuğla duvarların sıvanması gerekmektedir. Ayrıca bu güçlendirme yöntemlerinde bina sakinlerinin evlerini boşaltmaları gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı yapılan bu çalışmaya ilave olarak betonarme çerçeve düzlemine bitişik olan ince çelik perdeler ile güçlendirilmiş betonarme çerçeveler imal edilmiş, hem mevcut tuğla duvarın korunması hem de bina sakinlerinin binayı boşaltmasını gerektirmeyecek şekilde tasarlanmıştır.

Bu bölümde, deprem güvenliği olmayan yani depreme dayanıklı betonarme bina yapım kurallarına uymayan ve uygulamada sıkça karşılaşılan tasarım ve yapım kusurlarını içerecek şekilde imal edilmiş 3 adet deney numunesinin geometrik özellikleri, malzeme özellikleri, yükleme ve ölçüm sistemleri açıklanmıştır.

Bu çalışmada, daha önce Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde A.Ünal, F. Bahadır ve F. Balık, tarafından yapılan deneysel çalışmada kullanılan; herhangi bir güçlendirme yapılmayan, yurdumuzda sıklıkla rastlanılan yapım hatalarını bulunduran ve depreme etkisi karşısındaki dayanımı yetersiz yapıları temsil eden betonarme boş çerçeve boyutları ve taşıma gücü referans alınmıştır. Diğer



deney elemanları referans numune ile aynı geometrik boyutlarda, iki katlı, tek açıklıklı, 1/3 ölçekli betonarme çerçeve olarak imal edilmiştir. Türkiye’de taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşan sistemlerde gözlemlenen bazı kusurlar, deney elemanlarının hazırlanmasında da göz önünde tutulmuştur. Betonarme çerçeve deney elemanlarının tasarlanıp üretilmesinde uygulanan kusurlar şunlardır;

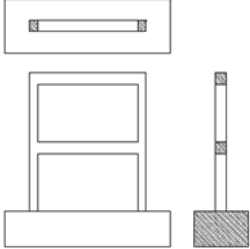
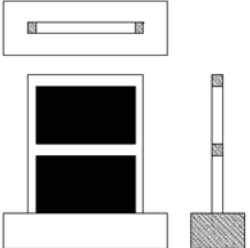
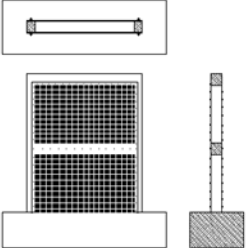
- a) Beton dayanımının düşük olması,
  - b) Kolon-kiriş birleşim bölgesi içinde etriyelerin devam ettirilmemesi,
  - c) Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde etriye sıklaştırmasının olmaması,
  - d) Etriye kancalarının 90° olması,
  - e) Kuvvetli kiriş-zayıf kolon birleşimi,
- (Ünal, 2012).

### 3.1. Deney Numuneleri

Bu çalışmada deneye tabi tutulan betonarme çerçeveler tek açıklıklı ve 2 katlı olarak üretilmişlerdir. Betonarme deney elemanlarının tümünde çerçevelerin geometrik boyutları ve donatı düzeni tamamen aynıdır. Betonarme numune boyutları, mevcut binaların yükseklik ve açıklıkları ile kolon kiriş boyutları göz önüne alınarak tasarlanmış ve çerçeve boyutları 1/3 geometrik ölçek ile hazırlanmıştır. Çerçevelerde kat yüksekliği 900 mm, çerçeve açıklığı ise dıştan dışa 1500 mm’dir. Kuvvetli kiriş – zayıf kolon uygulaması için, kirişlerin boyutu 150x150 mm ve kolonların boyutları ise 100x150 mm olarak tasarlanmıştır. Betonarme çerçevenin mesnetlendiği temel ise 500x700x2500 mm boyutlarındadır. Bu çalışmada deneye tabi tutulan numunelere; betonarme çerçeve içerisine bir yüzü çerçevenin dış yüzeyinde olacak şekilde 135 mm kalınlığında tuğla duvar örülmüştür. Örme işleminde harç olarak çimento+kireç+kum+su karışımı kullanılmıştır. Tuğla duvar yüzeyi yine bu malzemeler karışımı ile sıvanmıştır.

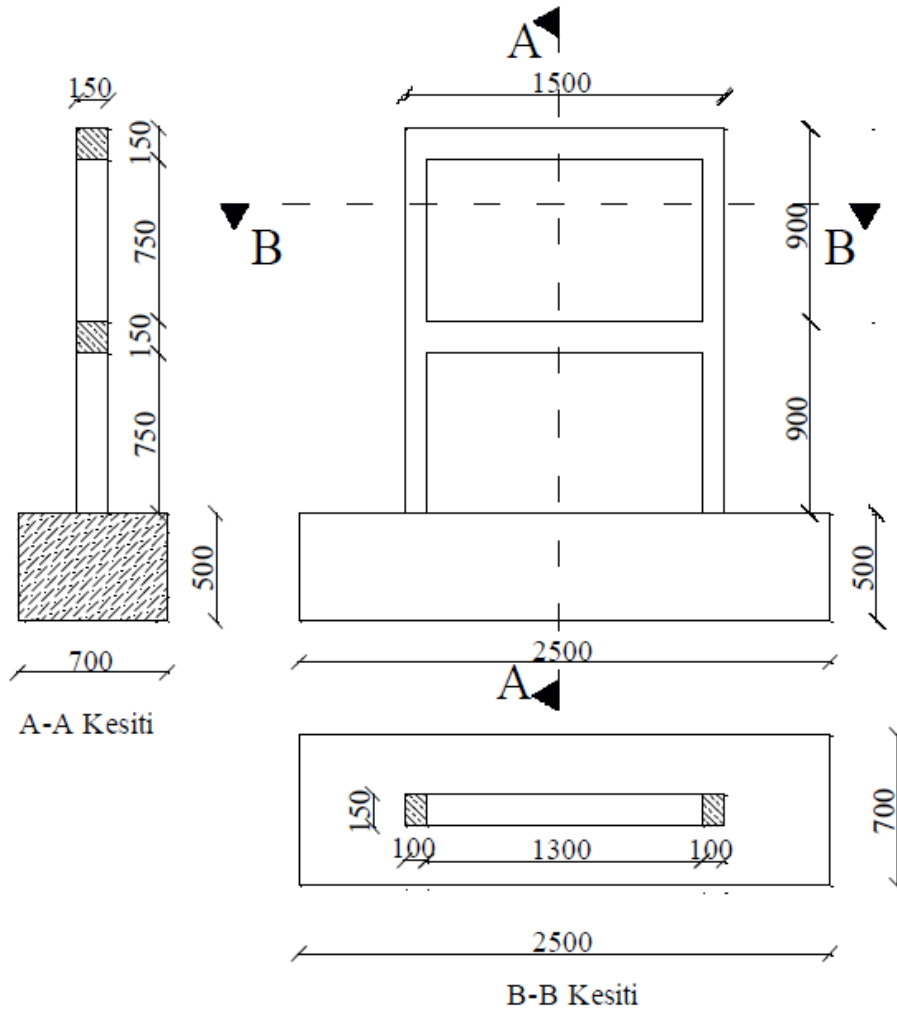
Deney programı içerisinde 3 adet deney numunesi hazırlanmış ve tersinir tekrarlanır yükler altında test edilmiştir. Deney elemanları ve deneysel çalışmada bulunan değişkenler Çizelge 3.1’ de verilmiştir. Deney programında ilk deney referans numune olarak üretilen betonarme boş çerçevedir, (Kaltakçı ve ark., 2011). İkinci deney de ise piyasada sıkça kullanılan sıvalı tuğla duvarlı betonarme çerçeve incelenmiştir. Diğer numunede ise sıvalı tuğla duvar dolgulu betonarme çerçeve düzlem dışı ince çelik perde ile güçlendirilmiştir.

Çizelge 3.1. Deney numunelerinin genel özellikleri

Deney Numarası	Deney Numunesinin Özellikleri	Deney Numunesi
1. Deney	Betonarme Boş Çerçeve	
2. Deney	Sıvalı Tuğla Duvarlı Betonarme Çerçeve	
3. Deney	Sıvalı Tuğla Duvarlı İnce Çelik Perdeler İle Güçlendirilmiş Betonarme Çerçeve	

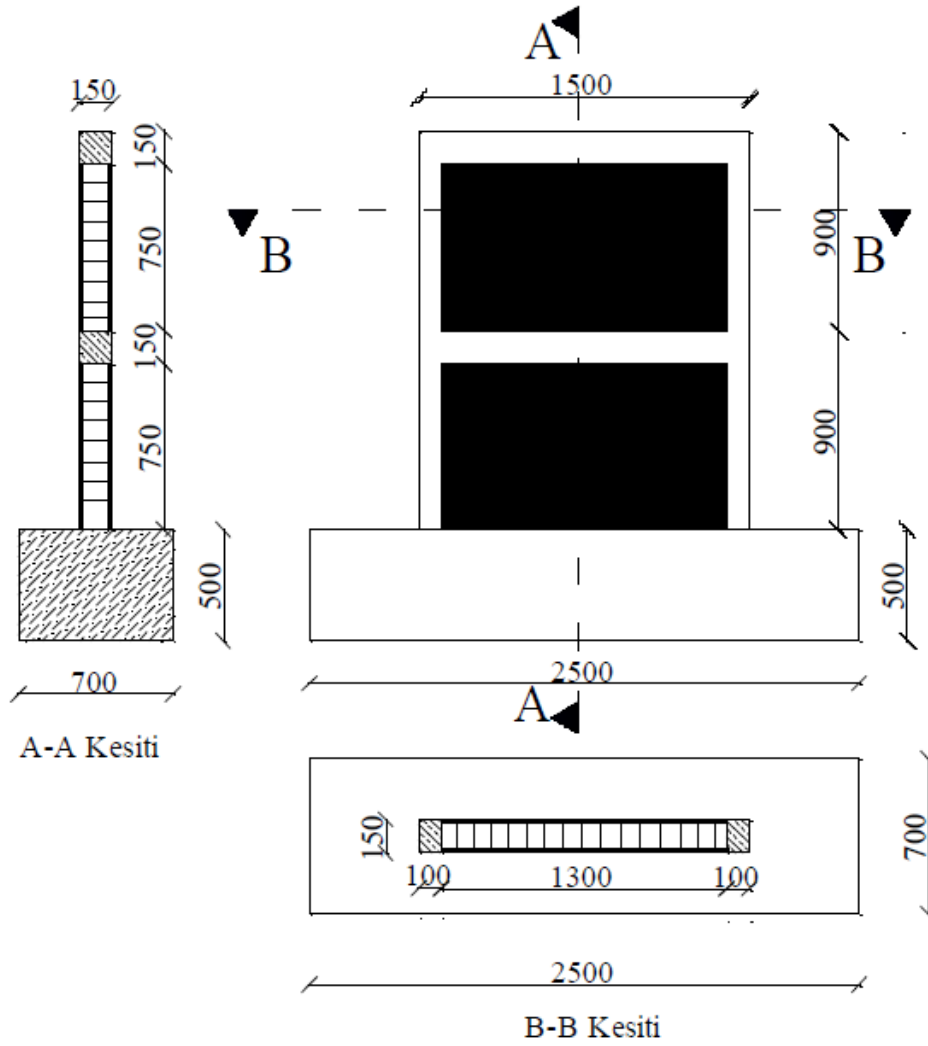
### 3.1.1. Deney numunelerinin boyutları

Betonarme boş çerçeve tasarlanırken mevcut binalardaki açıklık ve yükseklik ile kolon kiriş boyutları dikkate alınmış ve çerçeve boyutlarının 1/3 geometrik ölçeği ile hazırlanmıştır. Betonarme çerçevede açıklık dıştan dışa 1500 mm, kat yüksekliği ise temel üstünden 1. Kat kirişinin üst seviyesine kadar 900 mm'dir. Temel bölgesinde herhangi bir ölçüm yapılamayacağı için temel boyutları oldukça rijit seçilmiş olup 500x700x2500 mm boyutlarında bir temel imal edilmiştir. Kolon boyutları olarak 100x150 mm'lik, kiriş boyutları olarak da, kuvvetli kiriş zayıf kolon oluşumu için 150x150 mm'lik bir kesit seçilmiştir. Referans boş çerçevenin boyutları Şekil 3.1' de verilmiştir, (Ünal, 2012).



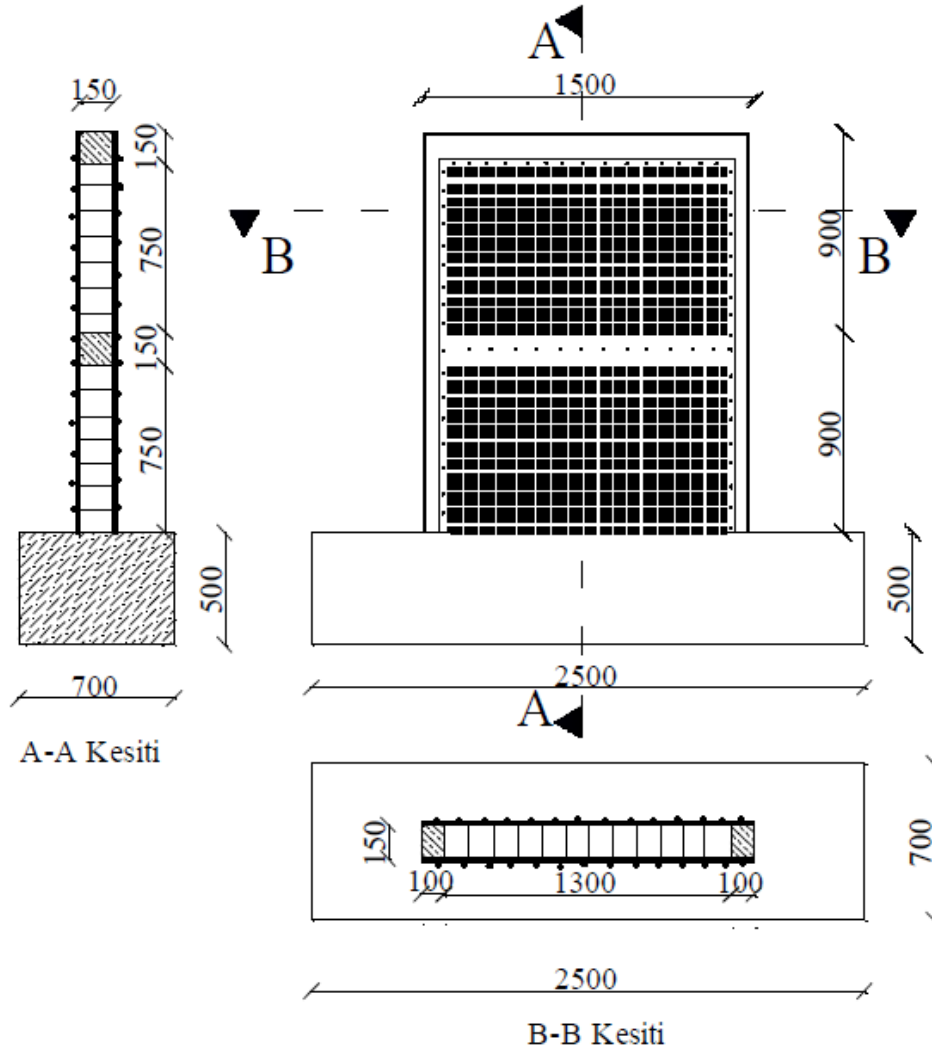
Şekil 3.1. Referans boş betonarme çerçevenin boyutları (ölçüler mm'dir)

Tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçeve referans boş çerçeveye aynı boyutlara ve donatı düzenine sahiptir. Referans numuneye göre ek olarak betonarme çerçeve içerisine bir yüzü çerçevenin dış yüzeyinde olacak şekilde 135mm kalınlığında tuğla duvar örülmüştür. Örme işleminde harç olarak çimento+kireç+kum+su karışımı kullanılmıştır. Tuğla duvar yüzeyi yine bu malzemeler karışımı ile sıvanmıştır. Bu numuneye ait boyutlar Şekil 3.2’ de verilmiştir.



Şekil 3.2. Sıvalı tuğla dolgu duvarlı çerçevenin boyutları (ölçüler mm'dir)

Sıvalı tuğla dolgu duvarlı çerçevede ve ince çelik perdeler ile güçlendirilmiş çerçeve de referans numune ile aynı boyutlara ve donatı düzenine sahiptir. Referans numuneye göre ek olarak betonarme çerçeve içerisine bir yüzü çerçevenin dış yüzeyinde olacak şekilde 135 mm kalınlığında tuğla duvar örülmüştür. Örme işleminde harç olarak çimento+kireç+kum+su karışımı kullanılmıştır. Tuğla duvar yüzeyi yine bu malzemeler karışımı ile sıvanmıştır. Sıvalı tuğla dolgu duvarlı bu numuneye ek olarak çerçevenin her iki yüzeyi ince çelik perde levhalar ile kapatılmıştır. Çelik levhalar kolon ve kirişler üzerine çelik yivli miller ve bulon yardımıyla ankrajlanmıştır. Bu numuneye ait boyutlar Şekil 3.3’ te verilmiştir.



Şekil 3.3. İnce çelik perde ile güçlendirilmiş çerçevenin boyutları (ölçüler mm'dir)

### 3.1.2. Deney numunelerinin detayları

#### 3.1.2.1. Betonarme çerçeve detayları

Bu çalışmada kullanılan beton ve donatı detayları, Türkiye’de taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşan yapılarda sıkça karşılaşılan bazı yapım kusurlarını içerecek şekilde tasarlanmıştır. Çerçevede kullanılan betonun basınç dayanımının  $f_c=16$  MPa olması hedeflenmiştir.

Çerçevelerde kullanılan donatının düz yüzeyli (S220) olması hedeflenmişse de, piyasadan nervürsüz donatı temin edilemediği için, nervürlü donatı (S420) kolon ve kirişlerde boyuna donatı olarak kullanılmıştır.

Çerçeve numunelerinin kirişlerinde açıklıkta altta 3Ø10 eğilme donatısı ve üstte 3Ø10 montaj donatısı kullanılmıştır. Kirişlerde pilye kullanılmamış, açıklıkta ve mesnette donatı oranı sabit tutulmuştur. Kirişlerde kullanılan eğilme donatısı oranı;  $\rho=0,0105$ ’tir. Bu donatı oranı TS500’de belirtilen sınırlar dahilindedir.

$$0,02) \rho = \frac{A_{st}}{b_w \times h} = \frac{3 \times 79}{150 \times 150} = 0,01053 \geq \rho_{\min} = 0,8 \times \frac{0,85}{3,65} = 0,00186 \quad (3.1)$$

Kolonlarda ise 4Ø10 boyuna donatı kullanılmış olup donatı oranı  $\rho=0.02106$  olmaktadır. Bu donatı oranı yönetmelikte belirtilen sınırlar dahilinde olmaktadır.

$$\rho = \frac{A_{st}}{b_w \times h} = \frac{4 \times 79}{150 \times 100} = 0,02106 \geq \rho_{\min} = 0,01 \quad (3.2)$$

Kirişlerde alt ve üst donatılar, kolon dış yüzeyine kadar uzatılmış ve bu noktadan itibaren kiriş yüksekliği boyunca (150 mm) yukarı ve aşağı yönde bükülmüştür. Kolon donatılarında ise boyuna donatı yerleşiminde sürekli donatı detayı uygulanmış ve bindirmeli ek yapılmamıştır. Korkmaz ve Ark. (2010) çalışmalarında yetersiz bindirmeli ek yapılarak üretilen kolonlarda boyuna donatı sıyrılması deneyleri olumsuz yönde etkilemiş ve deneyde incelenen parametrelerin etkisinin görülmeden deneylerin sonlanmasına sebep olmuştur. Bu nedenle tez çalışması kapsamındaki numunelerde boyuna donatılar sürekli olarak yapılmıştır.

Kolon ve kirişlerde Ø6/100 mm aralıklarla enine donatı (etriye) kullanılmıştır. TS-500-1984’de minimum etriye çapı 8 mm olarak verilmiştir. TS-500-2000 ve TDY2007’de ise etriye çapı için minimum değer 8 mm, etriye aralığı için ise en fazla 12Ø ya da 200 mm’dir.

Kolonlar için;

$$\text{Etriye çapı en az } \phi_l / 3 = 8 / 3 = 2,67 \text{ mm} \quad (3.3)$$

$$\begin{aligned} \text{Etriye aralıkları } s &\leq 12\phi_l = 12 \times 10 = 120 \text{ mm} \\ &200/3 = 67 \text{ mm} \end{aligned} \quad (3.4)$$

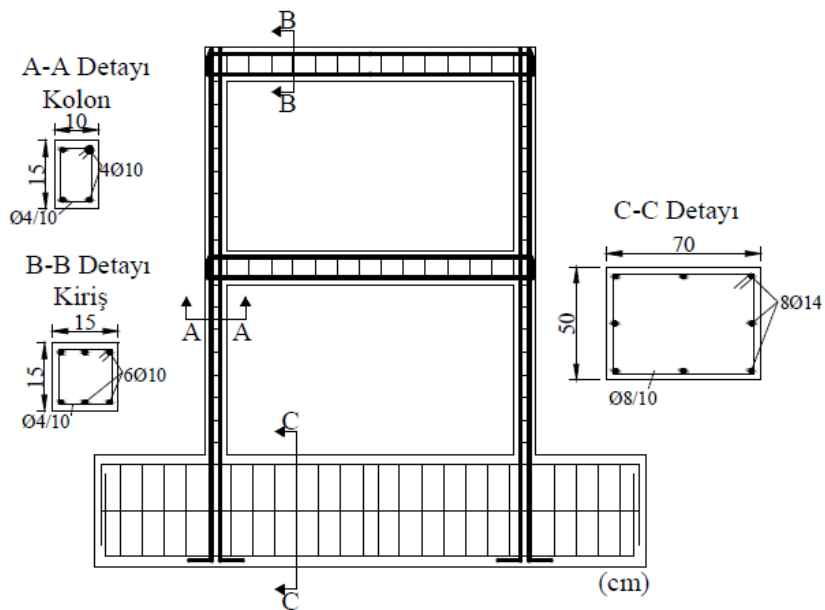
Kirişler için;

$$\text{Etriye çapı en az } \phi_l / 3 = 8 / 3 = 2,67 \text{ mm} \quad (3.5)$$

$$\text{Etriye aralıkları sarılma bölgesi dışında } s \leq d / 2 = 100 / 2 = 50 \text{ mm} \quad (3.6)$$

Bu sebeplerden dolayı 1/3 ölçekli deney elemanlarında kolon ve kirişlerde  $\phi 6/50$  mm enine donatı kullanılması uygundur. Fakat etriye aralıklarının ilgili yönetmelik ve standartlara uygun yerleştirilmemesinin etkisi incelendiği için, etriye aralıkları 100 mm olacak şekilde düzenlenmiştir.

Betonarme çerçevelerde temel donatısı olarak  $8\phi 14$  boyuna donatı kullanılmış,  $\phi 8/100$  mm enine donatı kullanılmıştır. Şekil 3.4.' de betonarme çerçevelerin donatı detayları verilmiştir. Bu şekilde A-A kesiti kolon donatılarının detayını, B-B kesiti kiriş donatılarının detayını ve C-C kesiti de temel donatılarının detayını göstermektedir, (Ünal,2012).



Şekil 3.4. Betonarme çerçevelerin donatı detayları (ölçüler cm'dir)

Kolon ve kiriş etriyelerinin kancaları, uygulamadaki durum dikkate alınarak  $90^\circ$  olacak şekilde düzenlenmiştir. Bütün deney elemanlarında paspayı, donatı yüzünden itibaren 10 mm olarak yapılmıştır. Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da betonarme çerçevelerin üretilmesi sırasında çekilen bazı fotoğraflar verilmiştir, (Ünal, 2012)



Şekil 3.5. Donatıları yerleştirilmiş çerçeve numunesi



Şekil 3.6. Kolon ve kiriş donatılarının düzenlenmesi



### **3.1.3. Deney numunelerinin malzeme özellikleri**

Deney elemanlarında kullanılan malzeme özelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla çerçeve elemanlarının ve güçlendirme elemanlarının malzeme özellikleri ayrı ayrı verilmiştir.

#### **3.1.3.1. Betonarme çerçevenin malzeme özellikleri**

##### **3.1.3.1.1. Beton**

Deney için hazırlanan betonarme çerçeveler S.Ü. Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Deprem Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır. Deney elemanlarında kullanılan betonun dayanımının yaklaşık 16 MPa olması amaçlanmıştır.

Ülkemizde daha önce yapılan binalarda beton dayanımının 16 MPa'dan çok daha düşük olduğu bilinmektedir, fakat düşük kalitede beton, sistem davranışına olumsuz etkiler göstermekte ve inceleyeceğimiz parametrelerde olumsuz sonuçlar doğurabileceğinden daha yüksek beton dayanımı tercih edilmiştir. Beton santralinden sipariş edilen beton mikserler vasıtasıyla hazırlanan kalıplara yerleştirilmiştir. Beton dökümü numuneler yatay konumdayken gerçekleşmiştir, (Ünal, 2012).

##### **3.1.3.1.2. Donatı**

Ülkemizde deprem davranışı zayıf, sünek olmayan yapılardaki donatılar genellikle nervürsüz donatılardır. Deney elemanlarında nervürsüz donatı kullanılması düşünülmüşse de piyasadan nervürsüz donatı temin edilemediği için, kolon, kiriş ve donatıları nervürlü olarak temin edilmiştir. Kolon ve kirişlerde enine donatılar düz olarak temin edilebilmiş ve deney elemanlarında etriye olarak kullanılmışlardır. Kullanılan bu donatılar S.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarı'nda 80 ton kapasiteli çelik çekme cihazında test edilmiştir. Kullanılan donatının karakteristik değerlerinin belirlenebilmesi amacıyla 3'er adet 400 mm uzunluğunda numuneler alınarak test edilmiştir. Donatıların test edilme aşamasındaki görünümü Şekil 3.7'de, donatı çubuklarının test sonuçları ise Çizelge 3.2'de verilmiştir, (Ünal, 2012).



Şekil 3.7. Donatı çeliği çekme deneyi

Çizelge 3.2. Donatı çubuklarının test sonuçları

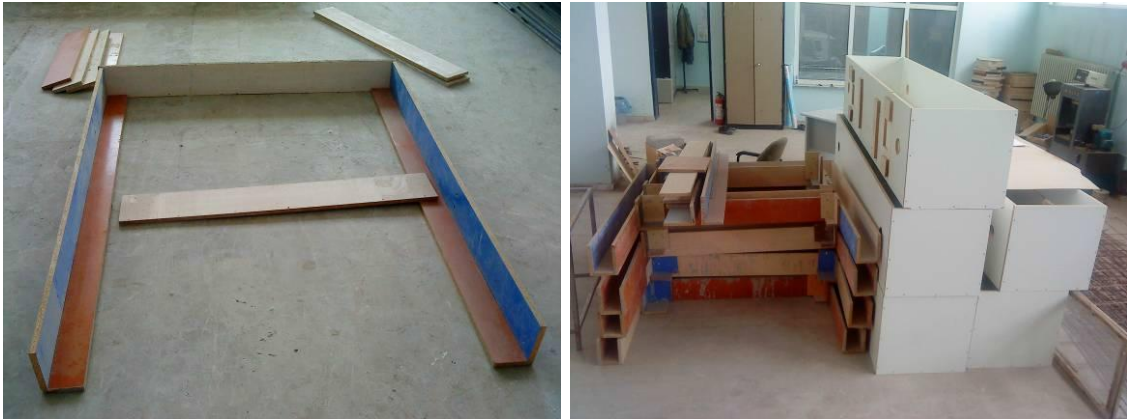
Donatı çapı (mm)	Akma dayanımı $f_{yk}$ (MPa)		Maksimum çekme dayanımı $f_{su}$ (MPa)		Donatı türü ve kullanıldığı yerler
	Ölçülen	Ortalama	Ölçülen	Ortalama	
$\phi 8$	384	390	486	489	S420, Temel enine donatıları
	402		497		
	384		483		
$\phi 10$	394	394	644	643	S420, Kolon ve kiriş boyuna donatıları
	396		645		
	391		640		
$\phi 14$	363	367	452	456	S420, Temel boyuna donatıları
	375		456		
	364		459		

### 3.1.4. Deney numunelerinin hazırlanması

Deney numuneleri Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Deprem Laboratuvarında hazırlanmıştır. Hazırlanan deney elemanlarının çerçeve özelliklerinin aynı olması istendiğinden hepsi aynı anda hazırlanmış, daha sonra güçlendirme elemanlarının montajları yapılmıştır.

### 3.1.4.1. Betonarme çerçevenin hazırlanması

Betonarme çerçeveler hazırlanırken ilk olarak kalıplar hazırlanmış, sonra donatılar hazırlanıp kalıp içine yerleştirilmiş ve son olarak da beton dökülerek numuneler hazırlanmıştır. Deney elemanları yatay şekilde yerde imal edilmişlerdir. Betonarme boş çerçevenin kalıpları 20 mm kalınlığında sunta kullanılarak imal edilmiştir. İlk olarak temel kalıpları yapılmış kolonların bulunduğu yerler boş bırakılarak donatıların temel içinde oluşturulması amaçlanmıştır. Ayrıca temel kalıpları yapılırken Deprem Laboratuvarındaki döşemelere numuneyi sabitlemek amacıyla, daha önceden belirlediğimiz mesafelerden delikler açılmış ve bu deliklere çelik borular yerleştirilerek beton dökümü esnasında bu deliklerin kapanması engellenmiştir. Kolon ve kirişler için de 20 mm kalınlığındaki suntalar kullanılmış ve istenilen ölçülerde kesilmişlerdir. Kolon-kiriş ve temel-kolon birleşim bölgelerine ek parçalar yapılarak bu bölgelerin herhangi bir durumda kırılmaması veya açılmaması hedeflenmiştir, (Ünal, 2012). Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’ da Betonarme boş çerçevelerin hazırlanması verilmiştir.



Şekil 3.8. Betonarme boş çerçevelerin hazırlanması



Şekil 3.9. Betonarme boş çerçevelerin hazırlanması

Kalıplar kullanıma hazır hale getirildikten sonra donatılar kalıplara yerleştirilmiştir. Donatı düzeni daha önce öngörülen hatalar dikkate alınarak donatılar düzenlenmiştir. Kolon kiriş ve temel donatıları ayrı ayrı kalıp dışında hazırlanıp sonra kalıplara yerleştirilmiştir. Temelerde üstte 3Ø14 mm, altta 3Ø14 mm donatı ve gövde donatısı olarak 2Ø14 mm donatı kullanılmıştır. Temelde etriyeler Ø10/100 mm olarak dizayn edilmiştir. Kolon boyuna donatıları 4Ø10 mm olarak hazırlanmış ve Ø8/100 mm etriye kullanılarak bağlanmıştır. Kolonlarda sarılma bölgesi oluşturulmamış, temel ve kiriş birleşim bölgelerinde etriyeler devam ettirilmemiştir. Kirişlerde ise üstte 3Ø10 mm, altta 3Ø10 mm boyuna donatı ve Ø8/100 mm enine donatı kullanılmıştır. Kirişlerin kolon içerisine giren bölümlerinde etriyeler devam ettirilmemiş ve birleşim bölgelerine yakın yerlerde etriye sıklaştırılması yapılmamıştır.

Önce temel donatıları yerleştirilen numuneye kolon donatıları konulmuş ve kolon donatıları temel donatılarının içerisine geçirilerek bağ teli ile bağlanmıştır. Daha sonra ise kolon donatılarının içerisine kiriş donatıları geçirilerek donatılar tamamen kalıba yerleştirilmişlerdir. Şekil 3.10'da donatıların hazırlanması ve kalıplara donatının yerleştirilmesi gösterilmiştir.



**Şekil 3.10.** Donatıların hazırlanması ve kalıplara donatının yerleştirilmesi

Donatıların kalıplara yerleştirilmesinden sonra beton dökülmesi için kalıplar hazırlanmıştır. Bu amaçla kalıpların beton dökülmesi aşamasında açılmaması için laboratuvarda bulundan çeşitli malzemeler yardımıyla kalıplar sabitlenmiştir. Betonarme çerçeveler tasarlanırken beton basınç dayanımının  $f_c=16$  Mpa olması hedeflenmiştir. Bu sebeple Konya’da bulunan özel bir beton santralinden temin edilen beton Deprem Laboratuvarımıza getirilerek kalıplara dökülmüştür. Bir yandan beton dökülürken diğer yandan vibratör yardımıyla ve çelik bir çubukla şişlenerek betonun kalıplara iyi yerleştirilmesine çalışılmıştır. Tüm çerçeveler aynı anda imal edildiklerinden 3 çerçeveye de aynı anda beton dökülmüştür, (Ünal, 2012). Şekil 3.11’de beton döküldükten sonra numunelerin durumu verilmiştir.



**Şekil 3.11.** Beton döküldükten sonra numunelerin durumu

Beton yerleştikten sonra prizini alan beton 1 hafta sonra kalıptan çıkarılmıştır. Betonun numuneye yapışmaması ve kolayca kalıptan çıkarılabilmesi için pürüzsüz ve kaygan yüzeye sahip suntuadan üretilen kalıplar kullanılmıştır. Deprem Laboratuvarında bulunan vinç sayesinde yatay konumdan dik konuma getirilen numuneler beton dayanımını alabilmesi için bir ay bekletilmiştir.

### 3.1.4.2. Deney elemanlarının hazırlanması

#### 3.1.4.2.1 Sıvalı tuğla dolgu duvarlı numune

3.1.4.1.'de anlatıldığı gibi hazırlanan betonarme boş çerçeveler tuğla ile örülmüştür. Dolgu duvarların örülmesinde piyasada 8.5'luk olarak bilinen yatay delikli blok tuğlalar (85mmx190mmx190mm) 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. Kullanılan tuğlaların boyutları Şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12. Tuğla ebatları



Şekil 3.13. Boş betonarme çerçeve



**Şekil 3.14.** Tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçeve

Tuğla dolgu duvarlar; kum+çimento+kireç+su karışımından oluşan harç ile olabildiğince sıradan bir işçilikle sıvanmışlardır. Sıva duvarın her iki yüzeyinde de uygulanmıştır. Sıvanan numune beyaz boya ile boyanmıştır.



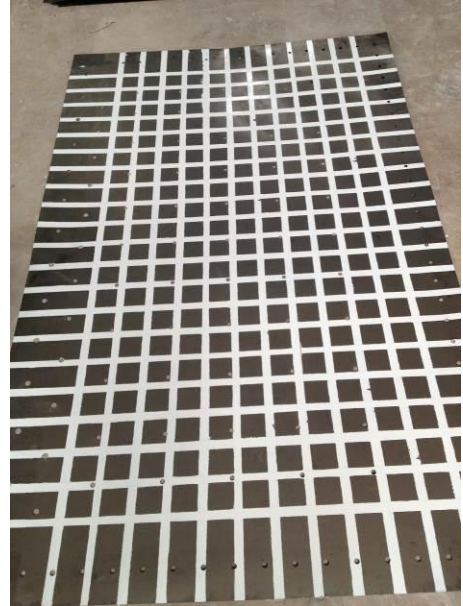
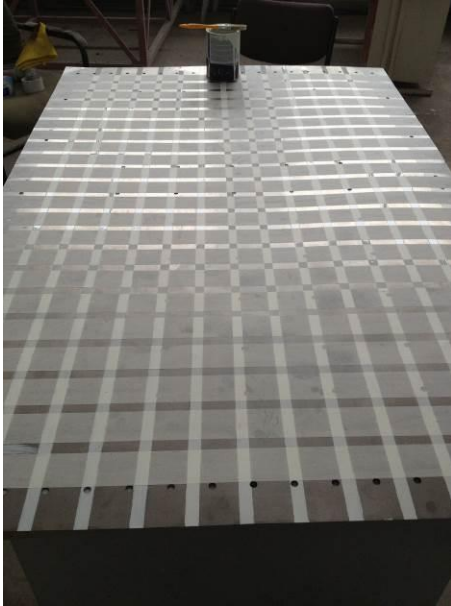
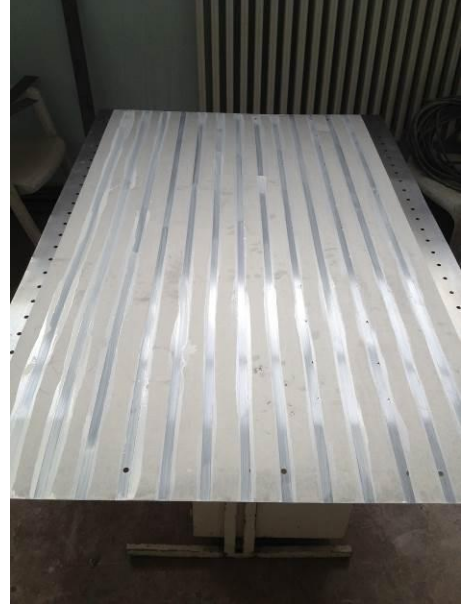
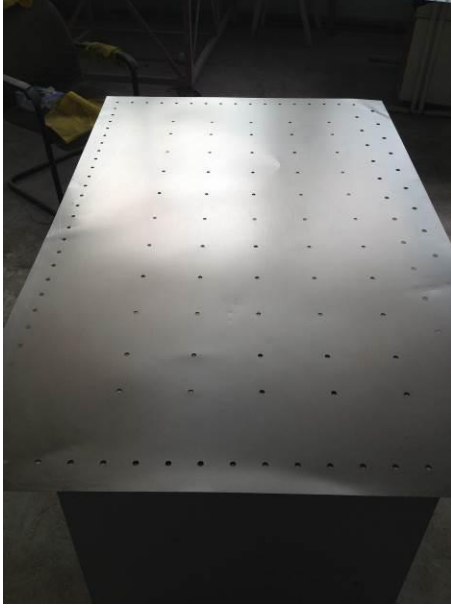
**Şekil 3.15.** Sıvalı tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçeve



**Şekil 3.16.** Boyalı sıvanmış tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçeve

### 3.1.4.2.2 İnce çelik perdeler ile güçlendirilmiş numune

3.1.4.2.1.'de anlatıldığı gibi hazırlanan sıvalı tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçevenin her iki dış yüzeyi ince çelik perde levhalar ile kaplanmıştır. Kalınlığı 0,3 mm olan çelik levhalar Şekil 3.17'de görüldüğü gibi boyanarak karolajlanmıştır.

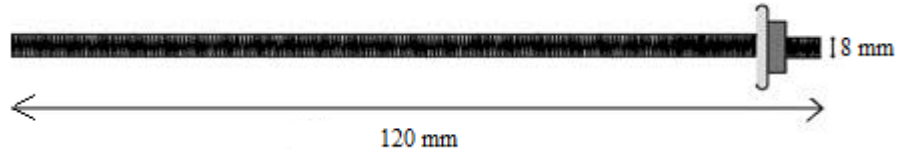


Şekil 3.17. Karolajı yapılan çelik levhalar

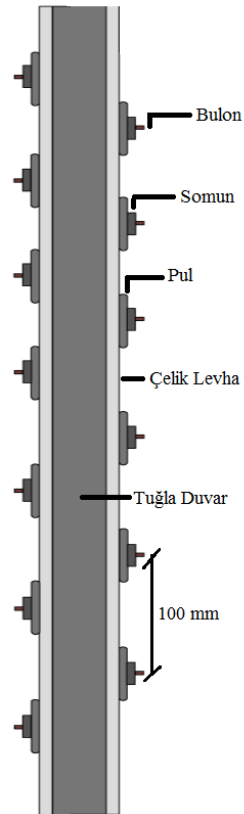


Karolajı tamamlanan çelik levhalar betonarme numuneye 10 cm aralıklı bulonlar yardımı ile sabitlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan bulonların çapı 8mm'dir. Bir metre boyunda olan bulonlar laboratuarda kesilerek 120mm'lik parçalara ayrılmışlardır. Levhaları sabitleme işlemine öncelikle betonarme çerçeve üzerinde bulonların yerlerinin işaretlenmesi ile başlanmıştır. Yerleri işaretlenen noktalar matkap yardımı ile delinmiştir. Bu delikler basınçlı hava kompresörü ile iyice tozundan arındırılmıştır. Temizliği yapılan delikler epoksi ile ankrajlanmaya hazır hale getirilmiştir. Çelik levhaları betonarme çerçeveye sabitleyecek bulonlar epoksi yardımı ile ankrajlanmıştır. Pul ve somun yardımı ile sabitleme işlemi sonlandırılmıştır.

İnce çelik levhaların yırtılmalarını engellemek amacı ile çerçeve kenarları boyunca I ve L şeklinde ve 5 mm kalınlığındaki levhalar ile desteklenmiştir.

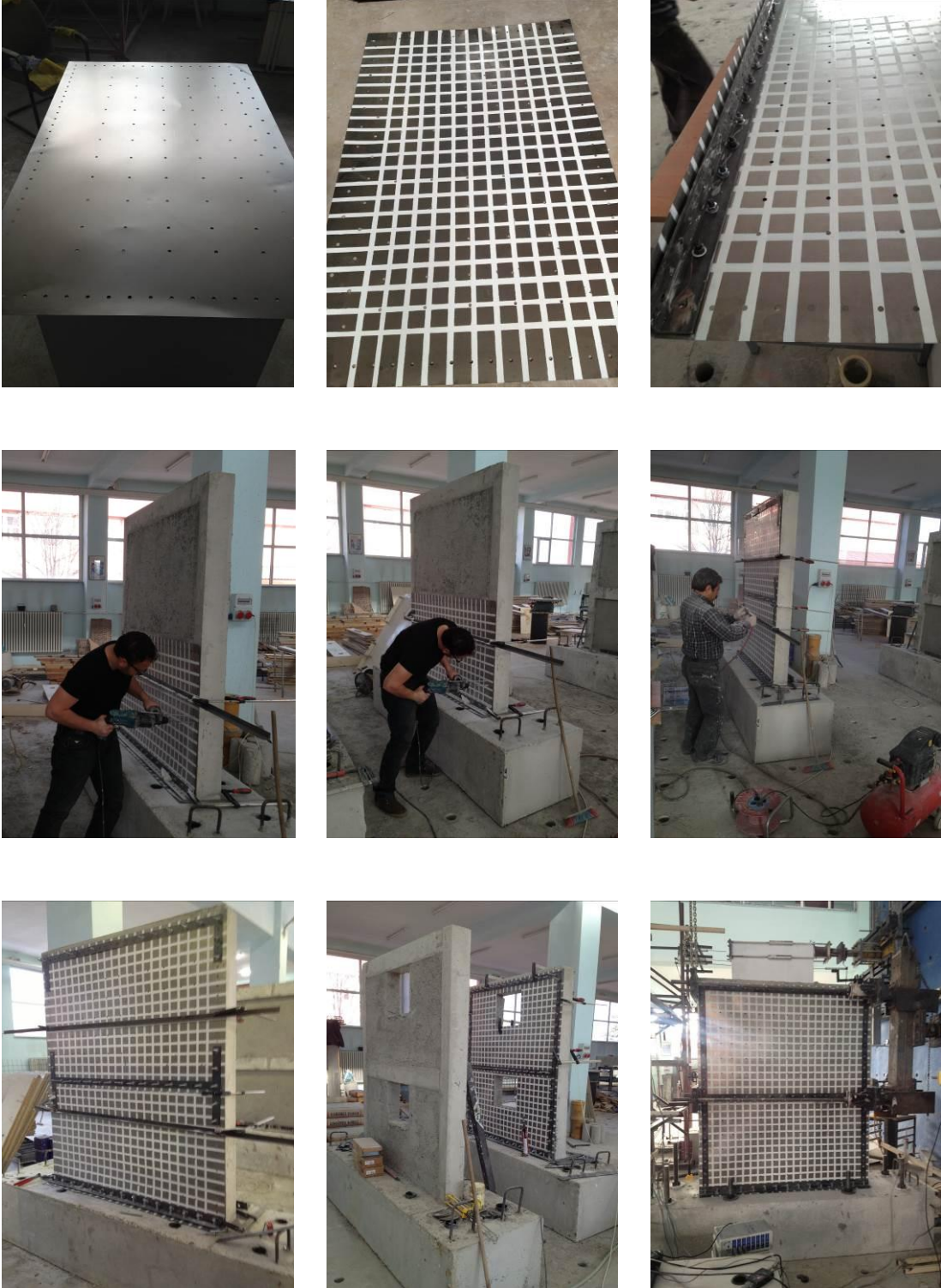


Şekil 3.18. Kullanılan bulonlar



Şekil 3.18. İnce çelik levha ile güçlendirilmiş betonarme çerçeve kesiti

İnce elik levhalar ile gclendirilmiş betonarme numunenin hazırlanma aşamaları Şekil 3.19’da gösterilmiştir.



**Şekil 3.19.** İnce elik levha ile gclendirilmiş betonarme ereve hazırlama aşamaları

### 3.2. Deney Düzeneği ve Ölçüm Tekniği

İki katlı, tek açıklıklı olarak üretilen betonarme çerçeveler, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Deprem Laboratuvarında imal edilmiştir. Numunenin kalıpları istenilen boyutlarda kesilerek hazırlanmış ve bu parçalar çivi yardımı ile birbirine sabitlenerek çerçeve kalıpları oluşturulmuştur. Bu esnada hazırlanan donatılar çerçeve kalıbına yerleştirilmiştir. Beton döküm işlemi de gerçekleştirilen numuneler bakım ve kürü yapılarak prizini almak üzere dinlenmeye bırakılmıştır. Laboratuvarda üretilen numune kalıbı söküldükten sonra laboratuvarda mevcut bulunan vinç ile düşey olarak deney düzeneğine yerleştirilmiştir.

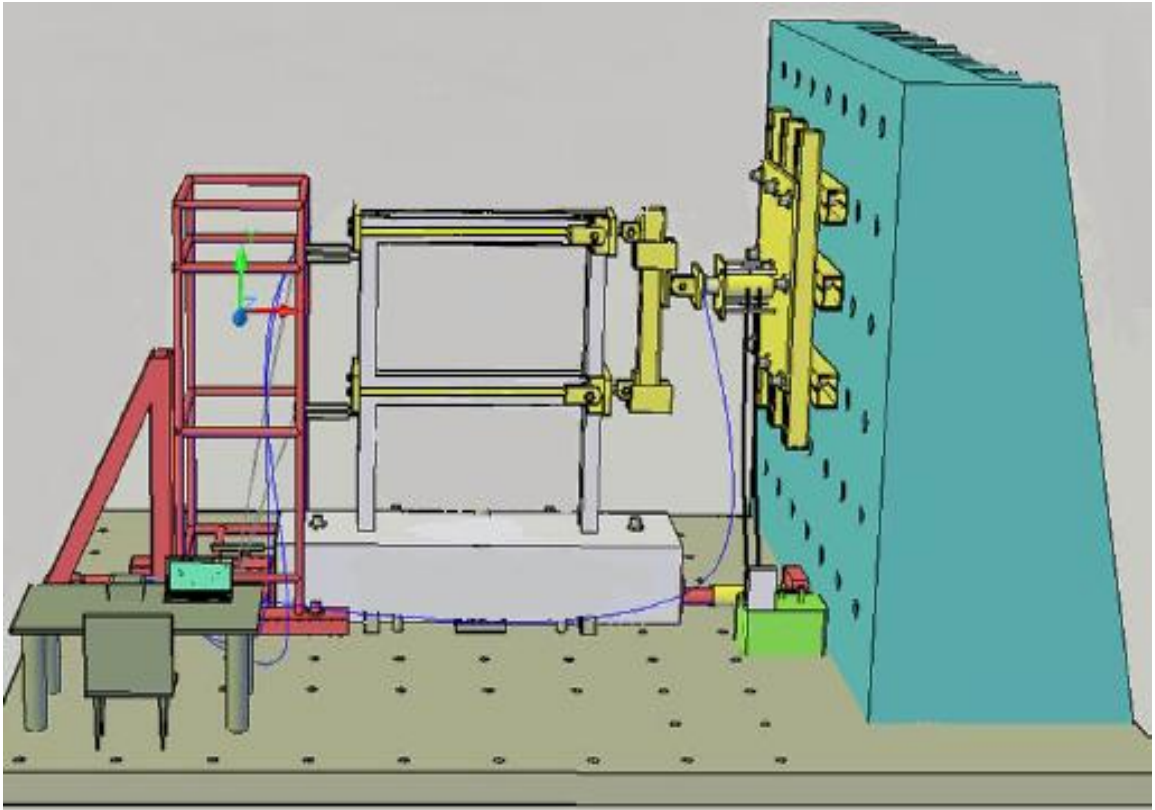
Yerleştirilen betonarme numuneler, yüksek dayanımlı çelik millerin laboratuvar döşemesindeki deliklerden geçirilmesi ile döşemeye sabitlenmiştir. Yükleme sistemi ise dayanma duvarında bulunan delikler sayesinde sabitlenmiş ve numuneye pistonlar aracılığı ile yatay yük aktarımı gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar destekli veri okuma sistemi ile okunan yük ve yer değiştirme değerleri yine sistem aracılığı ile kayıt altına alınmıştır.

#### 3.2.1. Yükleme düzeneği

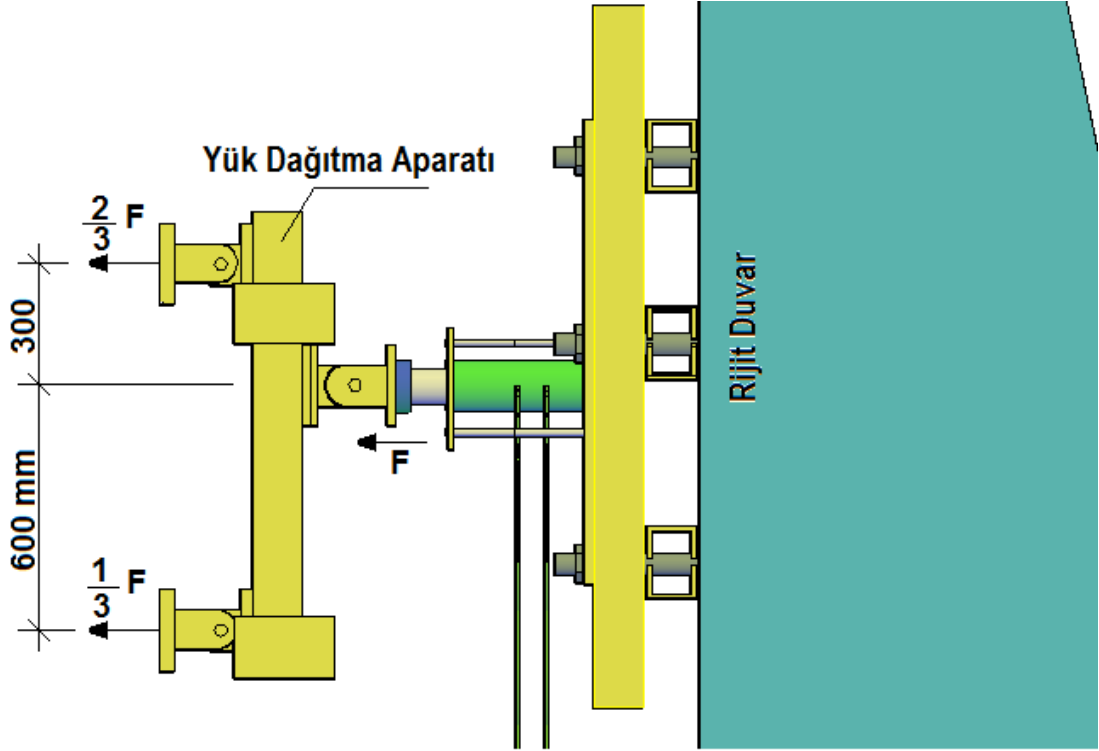
Deney numuneleri 500 kN basınç, 500 kN çekme kuvveti kapasiteli bir hidrolik silindir aracılığıyla yüklenmiştir. Deney sırasında yapacağımız yük ölçümlerini okuyabilmek için hidrolik silindire yük hücresi (loadcell) bağlanması gerektiğinden, silindirin ucuna yiv açılmıştır. Böylece hem basınç hem de çekme kuvveti uygulandığında yük hücresinden okunan yük değerleri bilgisayar ortamına aktarılabilmiştir. Hidrolik silindirin ucuna bağlanan yük hücresi kapasitesi basınç ve çekme kuvveti olarak 500 kN'dur. Betonarme çerçevenin katları arasındaki oluşabilecek farklı deplasmanlarda, yükleme sisteminin rahatça hareket edebilmesi için yük hücresi çelik levhaya sabitlenmiş ve bu levhanın ucuna mafsal bir plaka sistemi yapılmıştır. En üst kirişin ortasından 300 mm aşağıda ve alt kat kirişinin ortasından 600 mm yukarıda olan bu mafsal, 300x300 mm kesitinde 1500 mm boyunda bir kutu profile kaynaklanmıştır. Bu düzenek sayesinde, 900 mm yüksekliği olan numuneye; etkiyen yatay yükün 2/3'ü üst kata, 1/3'ü ise alt kata olmak üzere yük aktarılması sağlanmıştır. Literatürdeki bazı araştırmalarda, yükleme sistemindeki sorundan kaynaklı olarak, alt katın tamamen hasar gördüğü ve üst katta herhangi bir hasarın meydana gelmediği,

hatta çatlak oluşumunun bile gözlenmediği görülmüştür. Bu durumu engellemek için kutu profil doğrudan numuneye bağlanmamış, alt ve üst katlar hizasından mafsallı plakalar konularak deprem etkisi tam olarak verilmeye çalışılmıştır. Rijit çelik profil, mafsallar vasıtasıyla numune kat hizalarından bağlanmıştır. Kat hizalarında kirişlere paralel şekilde yerleştirilen transmisyon milleri ile yükün çekme çevrimlerinde de uygulanması sağlanmıştır, Ünal ve Ark. (2013).

Deney esnasında çerçeveye gelen büyük yüklerin etkisi ile temelde oluşabilecek harekete izin verilmemesi gerektiğinden, betonarme çerçeve temel kirişi vasıtasıyla zeminde bulunan deliklerden geçirilen miller ile sabitlenmiştir. Çelik olan bu miller 70 mm çapında ve 200 mm uzunluğundadır. Numunenin her iki yanından dörder adet olmak üzere toplam 8 adet mil döşemeye bulonlar ile bağlanmıştır. Tersinir tekrarlanır yükler altında temelin ve deplasman ölçer (LVDT) aletlerinin hareket etmemeleri için “T” profilden yapılan dayanma düzeneği kullanılmış ve bu düzenek ile çerçeve temeli arasına hidrolik silindir yerleştirilerek temel sıkıştırılmıştır. Bu düzenek de yine döşemelerde bulunan deliklere miller aracılığıyla sabitlenmişlerdir.



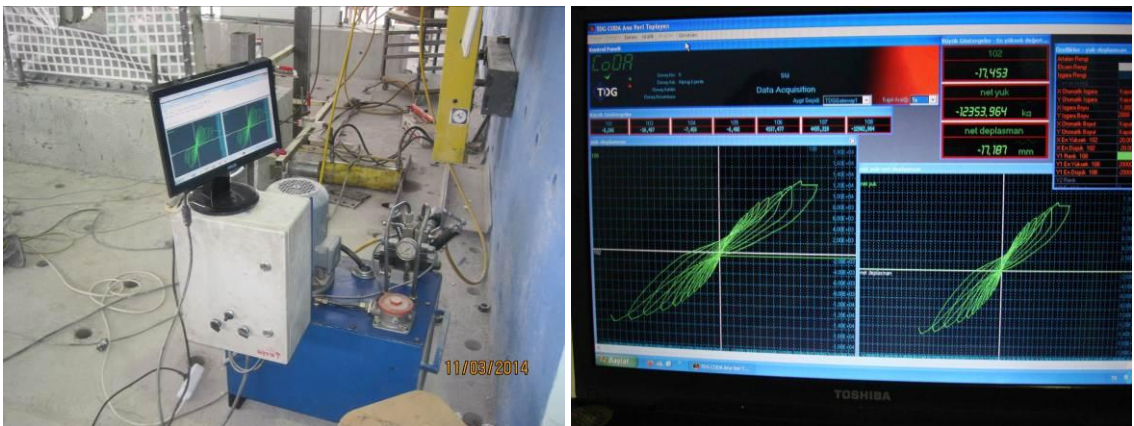
Şekil 3.20. Deney düzeneğinin görünümü (Kaynak: F. S. Balık)



Şekil 3.21. Yükleme düzeneğinin görünümü (Kaynak: F. S. Balık)

### 3.2.2. Ölçüm tekniği

Deneyde yük ölçümleri, yük hücreleri (loadcell) ile deney elemanındaki yer değiştirmeler ise LVDT ile ölçülmüştür. Bu aletlerden okunan değerler bilgisayara TDG marka veri toplama (data logger) sistemi vasıtası ile aktarılmış ve kayıt altına alınmıştır.



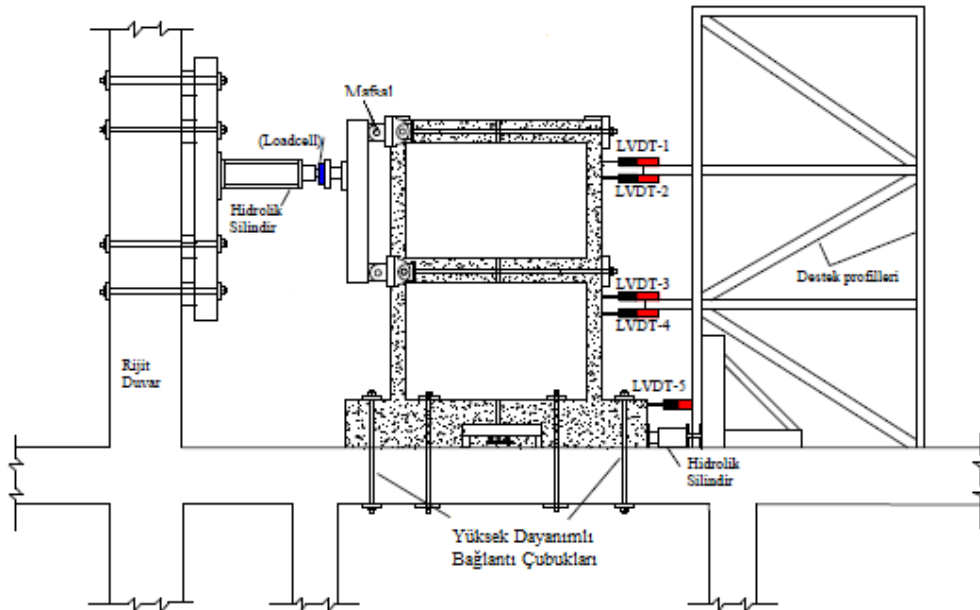
Şekil 3.22. Veri toplama sistemi

### 3.2.2.1. Yük ölçümleri

Yük hücreleri vasıtasıyla deneylerde uygulanan yatay yük büyüklükleri okunmuştur. Basınç ve çekme kuvvetleri uygulandığında değerlerin okunması ve dijital ortama aktarılması yük hücrelerinde bulunan yivler aracılığı ile sağlanmaktadır. Bilgisayara kaydedilen yükleme değerleri data logger kutusundan alınmaktadır ve kutudan alınan bu değerler data logger kutusuna yük hücrelerinin çıkış uçları ile aktarılmaktadır.

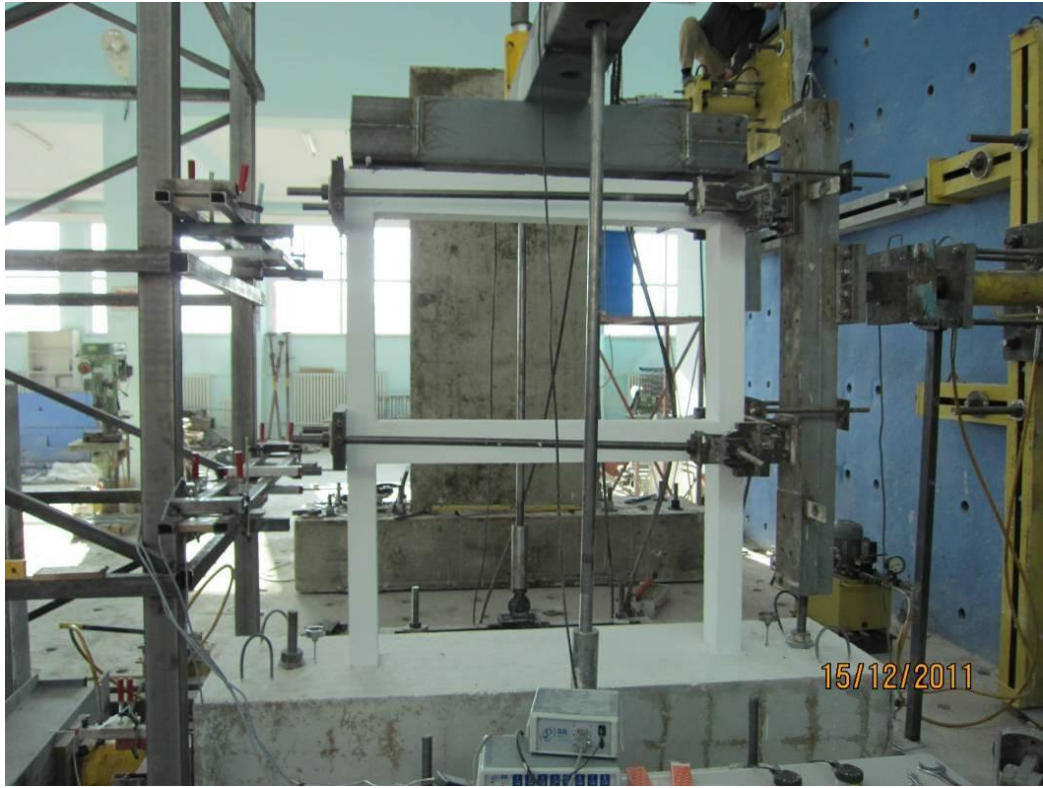
### 3.2.2.2. Yer değiştirmelerin ölçülmesi

Elektronik yer değiştirme ölçüm aleti olan LVDT ile deneyde oluşan yer değiştirmeler ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen değerler veri toplayıcı alet vasıtasıyla bilgisayar ortamına ulaştırılıp, deneyde kullanılan yazılıma kaydedilmiştir. Yer değiştirmelerin ölçülebilmesi için 8 adet LVDT kalibre edilmiştir. Her bir kata ikişer adet olmak üzere toplam 4 adet LVDT kat kirişi hizasından yerleştirilmiştir. Diğer LVDT'ler ise temel hareketlerini tespit etmek için temel gövdesine yerleştirilmiştir. Deneylerde üst kata bağlanan LVDT'ler 300 mm, orta kata bağlanan LVDT'ler 200 mm, temele bağlanan LVDT'ler ise 150 mm'lik bir okuma yapabilmektedir.



Şekil 3.23. Deneye tabi tutulan betonarme çerçeve (Kaynak: A. Unal)

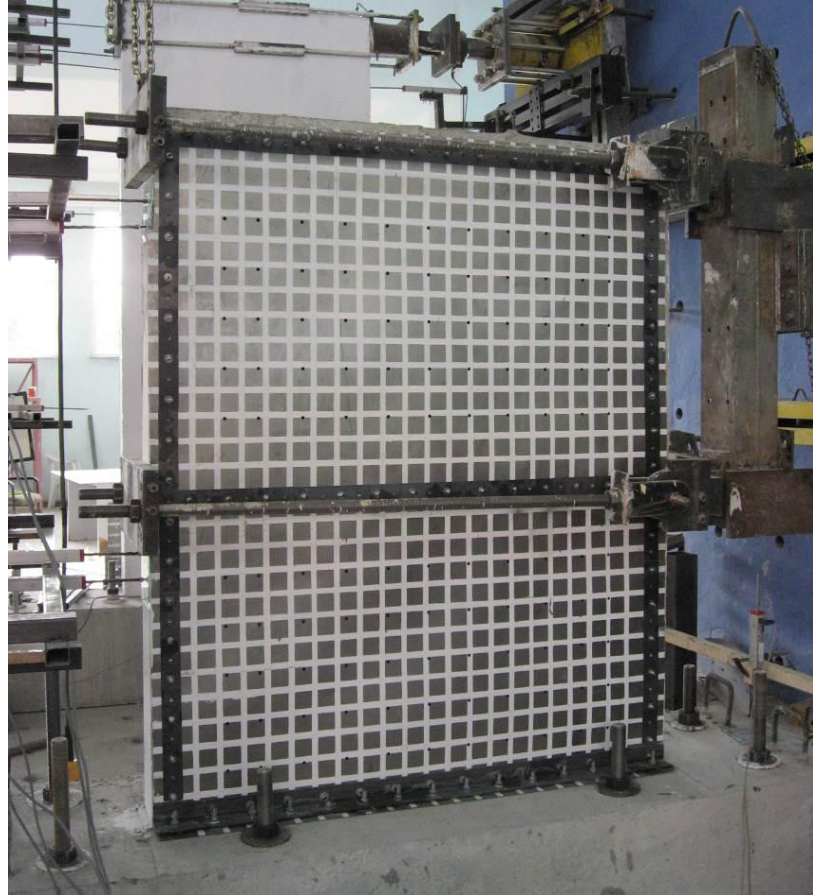
Test edeceğimiz numuneler daha önceki açıklamalarda da anlatılan şekilde deney düzeneğine yerleştirilmiş ve yatay yönde tersinir tekrarlanır yükler altında test edilmiştir. Düzeneğe yerleştirilen “Referans Boş Betonarme Çerçeve” numune Şekil 3.24’de, “Sıvalı Tuğla Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçeve” numune Şekil 3.25’de, ve “İnce Çelik Perde Levhalar İle Güçlendirilmiş Betonarme Çerçeve” numune Şekil 3.26’da verilmiştir.



**Şekil 3.24.** Referans boş betonarme çerçeve deneyinde kullanılan yükleme ve ölçüm düzeneği  
(Kaynak: A. Unal)



Şekil 3.25. Sıvalı tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçevede kullanılan yükleme ve ölçüm düzeneği



Şekil 3.26. İnce çelik perde ile güçlendirilmiş betonarme çerçevede kullanılan yükleme ve ölçüm düzeneği



## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde deney elemanlarının tersinir tekrarlanır yükler altında test edilmesi ve bu testlerin sonuçları açıklanmıştır. Deney elemanları farklı dayanımlarda olduğu için özdeş bir yükleme programı uygulanamamıştır. Test edilen deney elemanlarında üçgen yük dağılımı prensibiyle 2. kata 2 birim, 1. kata 1 birim yük gelecek şekilde yüklenmiştir. Tüm deneylerde yüklemeye önce yük kontrollü olarak başlanmış, yük deplasman eğrisi yatay konuma geldiğinde (nominal akma sınırına ulaşıldığı zaman), deplasman kontrollü olarak devam edilmiş, deney elemanında büyük hasarlar meydana gelene kadar deneyler devam ettirilmiştir. Sistem nominal akma sınırına ulaştıktan sonra deplasman artışları ile deneye devam edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada deney esnasında oluşan çatlaklar işaretlenerek numaralandırılmış ve bu çatlaklar fotoğraflanmıştır. Deney elemanlarında son çevrimden sonra oluşan hasarlar fotoğraflanarak verilmiştir. Deney sonuçlarının açıklanmasının ardından yapılan çalışmaların birbirleri ile karşılaştırmaları grafiklerle gösterilmiş ve deney sonuçları yorumlanmıştır.

### 4.1. Deney Sonuçları

#### 4.1.1. Deney elemanı-1 (RF1)

İlk test edilen numune hiçbir güçlendirme elemanı içermeyen referans boş çerçevedir. Türkiye'deki mevcut yapı stoğunun önemli bir bölümünü temsil eden bu numunede, çerçeve beton dayanımı için yapılan basınç testine göre beton basınç dayanımı 19 MPa'dır. Bu numunenin kirişleri kolonlardan daha güçlü olarak tasarlanmış, etriye aralıkları mevcut yönetmelik ve standartlara uygun yapılmamış, kolon kiriş birleşim bölgelerinde etriye devam ettirilmemiş, etriye sıklaştırılması yapılmamış, etriye kancaları 90° yapılmış ve beton dayanımı düşük numuneyi temsil etmektedir. Bu deney elemanı deprem davranışı düşük olan numuneyi temsil etmiş olup, güçlendirilmiş numuneler arasındaki farkları incelemek için tersinir tekrarlanır yükler altında test edilmiştir. Referans boş çerçevenin deney öncesi görünümü Şekil 4.1' de görülmektedir. (Ünal, 2012)



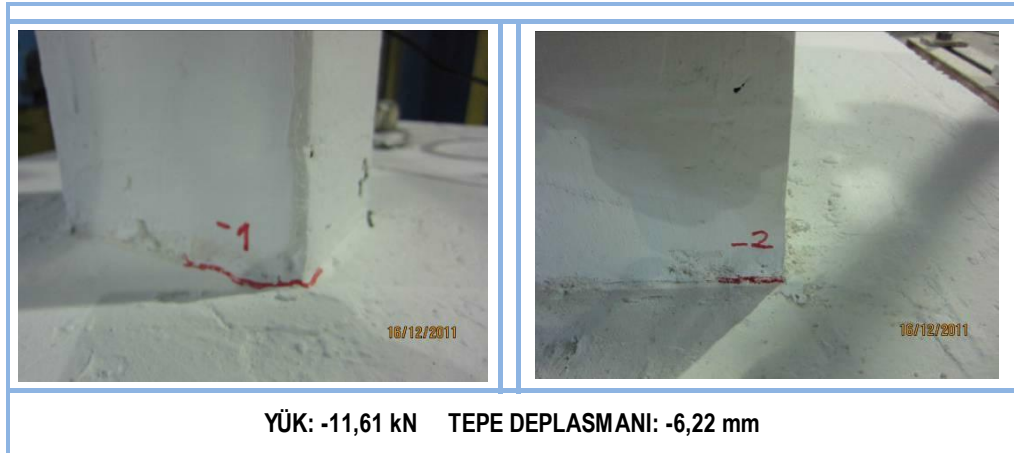
Şekil 4.1. Referans boş çerçevenin deney öncesi görünümü

Deneyde ilk 4 çevrimde herhangi bir belirgin çatlak gözlenmemiştir. Bu çevrimler akma sınırının altında elastik çevrimler olarak uygulanmış ve numunenin elastik özelliklerini görmek için değerlendirilmiştir. Deneyde ilk çatlaklar pozitif 5. çevrimde S101 kolonunda +1 ve S102 kolonunda + 2 numaralı çatlaklar oluşmuş (Şekil 4.2) ve 10.70 kN toplam yük ve karşılık gelen 5.41 mm tepe deplasmanına ulaşılmıştır. Bu çatlaklar kolonların temel ile birleştiği bölgelerde oluşmuştur, (Ünal, 2012).



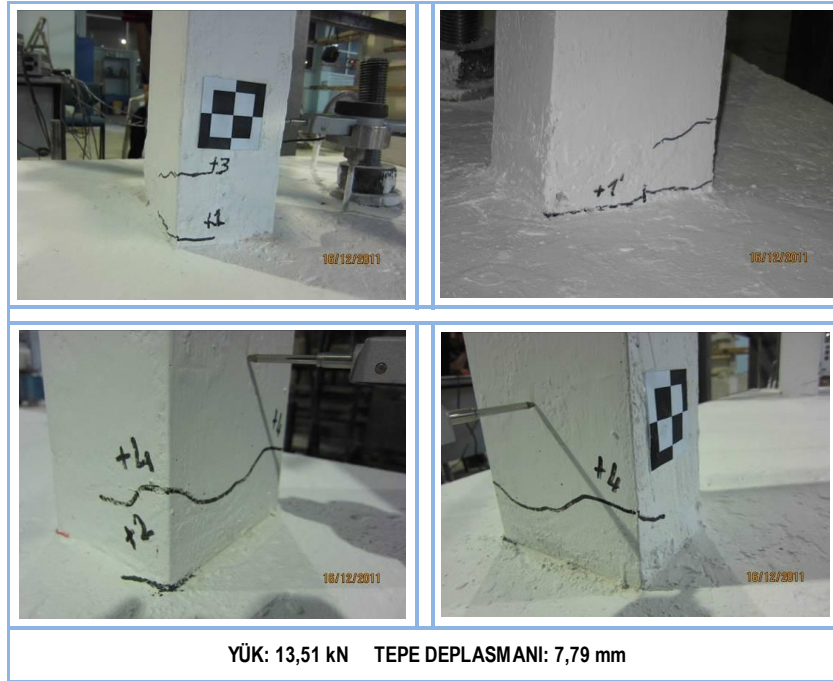
Şekil 4.2. Pozitif 5. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 5. çevrimde; 10.70 kN toplam yük ve karşılık gelen 5.41 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.2'deki hasarlar oluşmuştur.



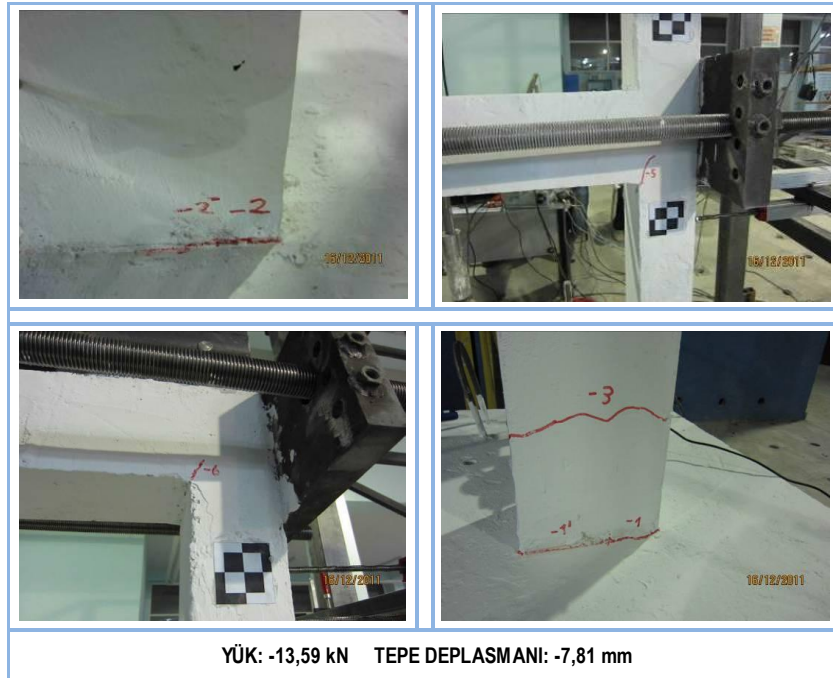
Şekil 4.3. Negatif 5. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 5. çevrimde; -11.61 kN toplam yük ve karşılık gelen -6.22 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.3'deki hasarlar oluşmuştur.



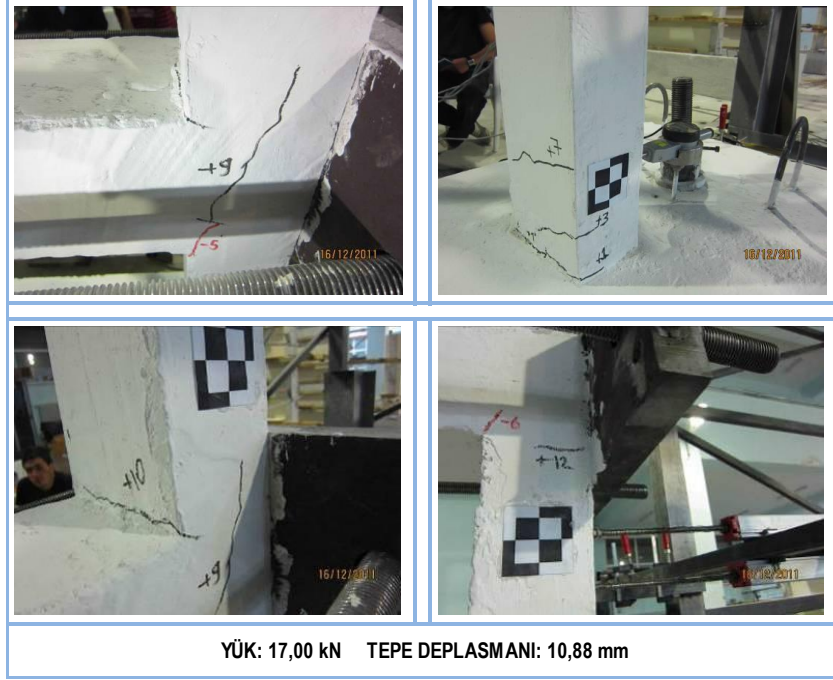
Şekil 4.4. Pozitif 6. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 6. çevrimde; 13.51 kN toplam yük ve karşılık gelen 7.79 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.4'deki hasarlar oluşmuştur.



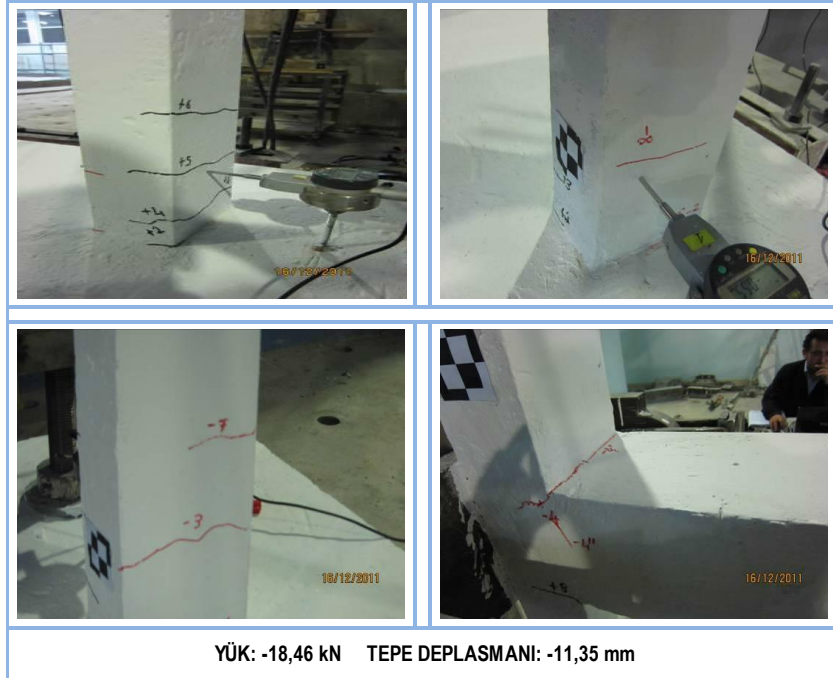
Şekil 4.5. Negatif 6. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 6. çevrimde; -13.59 kN toplam yük ve karşılık gelen -7.81 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.5'deki hasarlar oluşmuştur.



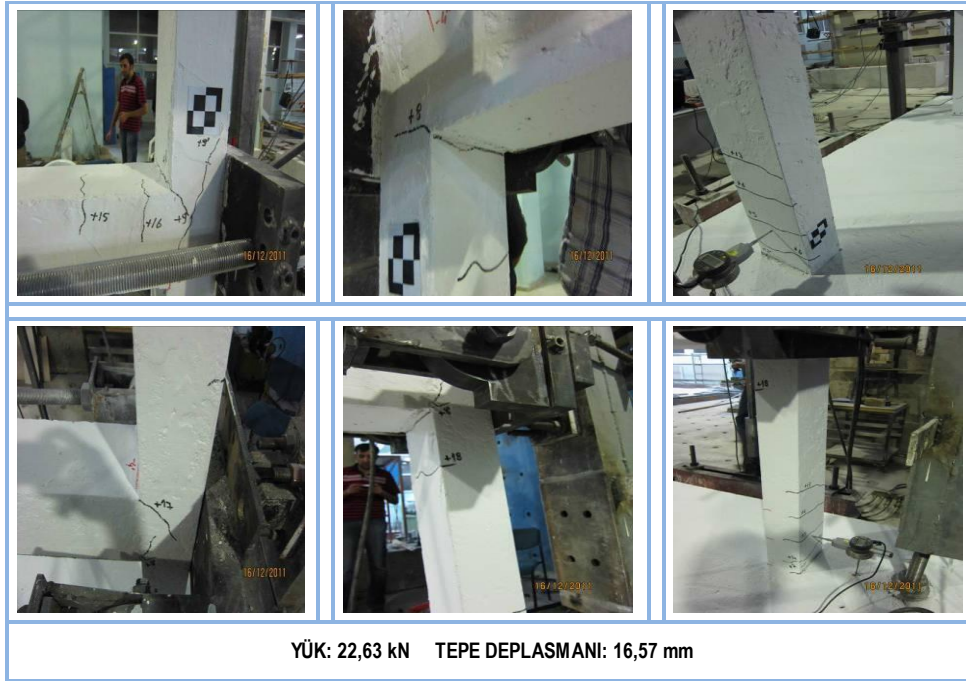
**Şekil 4.6.** Pozitif 7. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 7. çevrimde; 17.00 kN toplam yük ve karşılık gelen 10.88 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.6'daki hasarlar oluşmuştur.



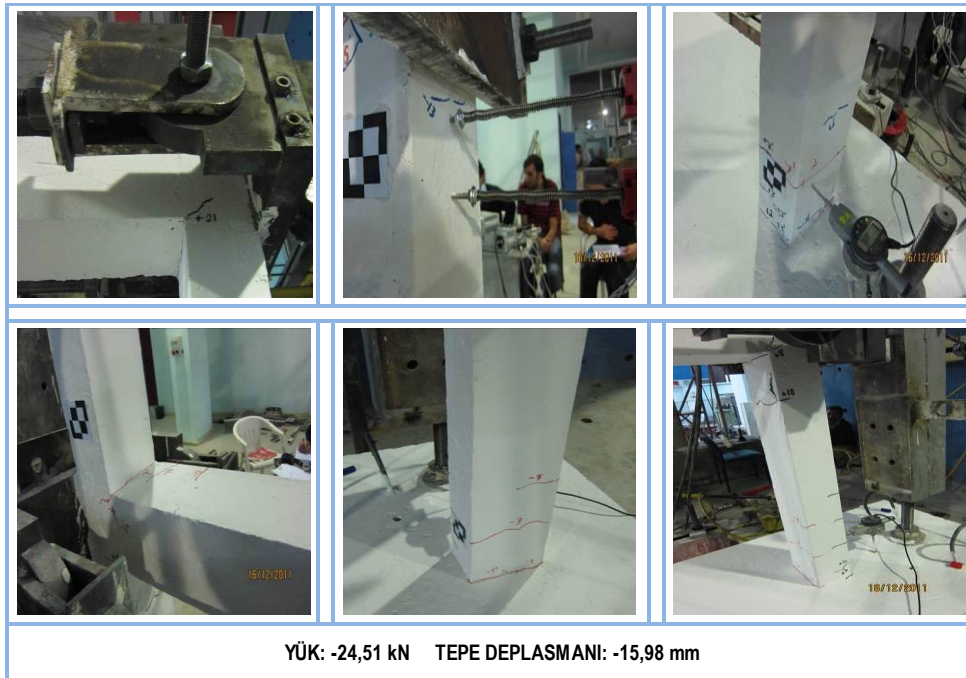
**Şekil 4.7.** Negatif 7. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 7. çevrimde; -18.46 kN toplam yük ve karşılık gelen -11.35 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.7'deki hasarlar oluşmuştur.



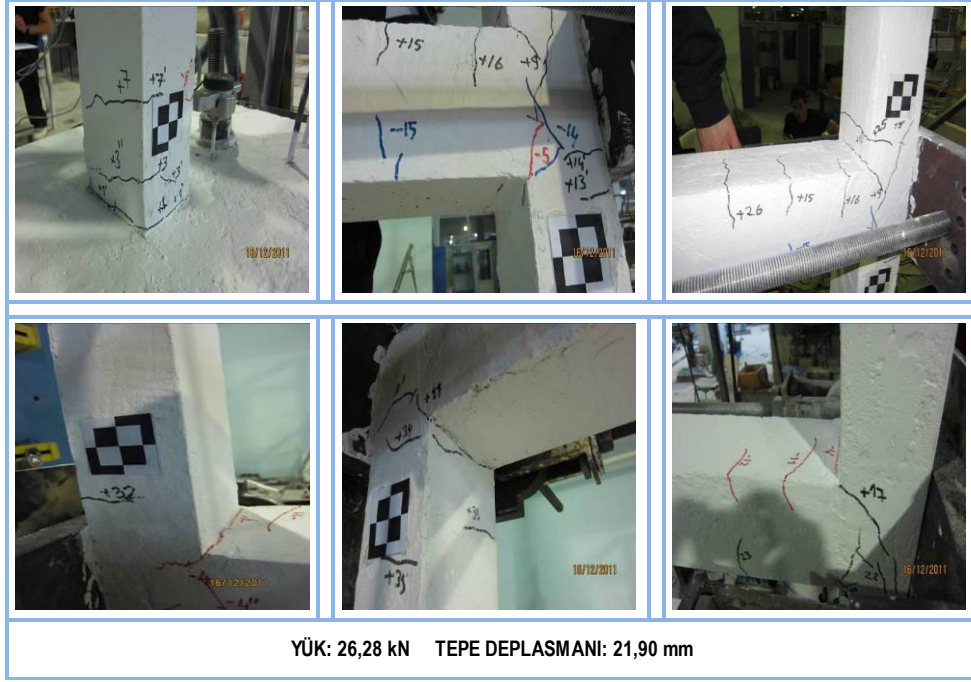
Şekil 4.8. Pozitif 8. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 8. çevrimde; 22.63 kN toplam yük ve karşılık gelen 16.57 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.8'deki hasarlar oluşmuştur.



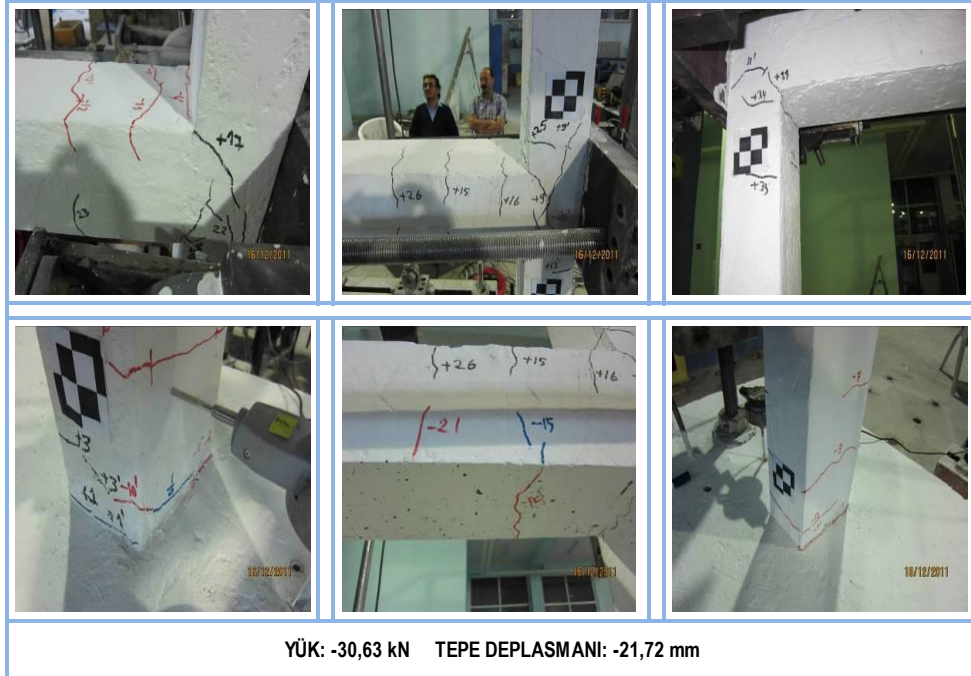
Şekil 4.9. Negatif 8. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 8. çevrimde; -24.51 kN toplam yük ve karşılık gelen -15.98 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.9'daki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.10. Pozitif 9. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 9. çevrimde; 26.28 kN toplam yük ve karşılık gelen 21.90 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.10'daki hasarlar oluşmuştur.



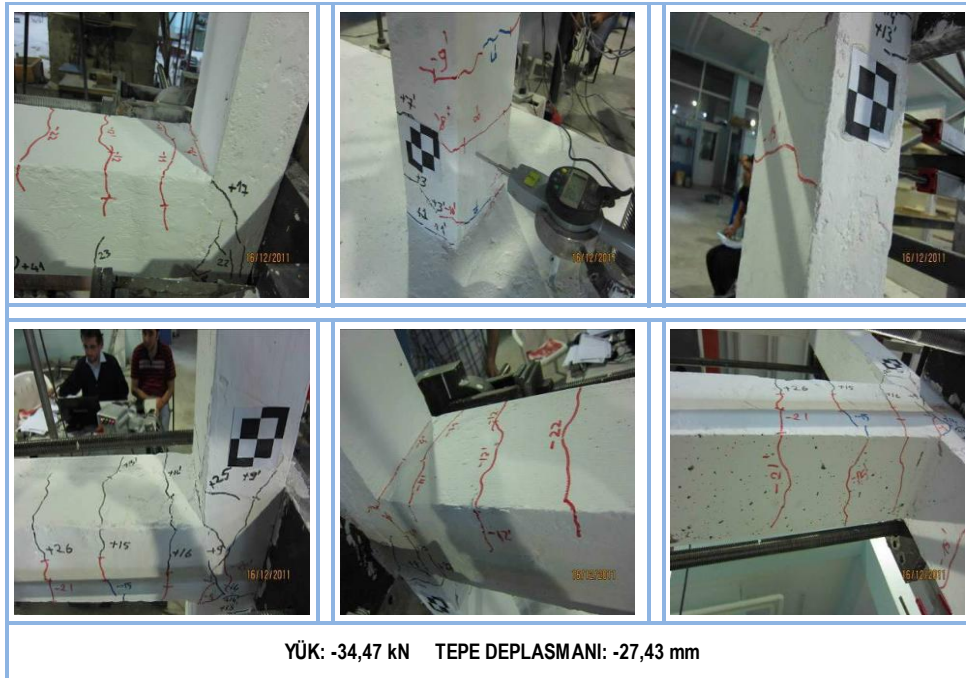
Şekil 4.11. Negatif 9. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 9. çevrimde; -30.63 kN toplam yük ve karşılık gelen -21.72 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.11'deki hasarlar oluşmuştur.



**Şekil 4.12.** Pozitif 10. Çevrim deney numunesinin görüntüsü

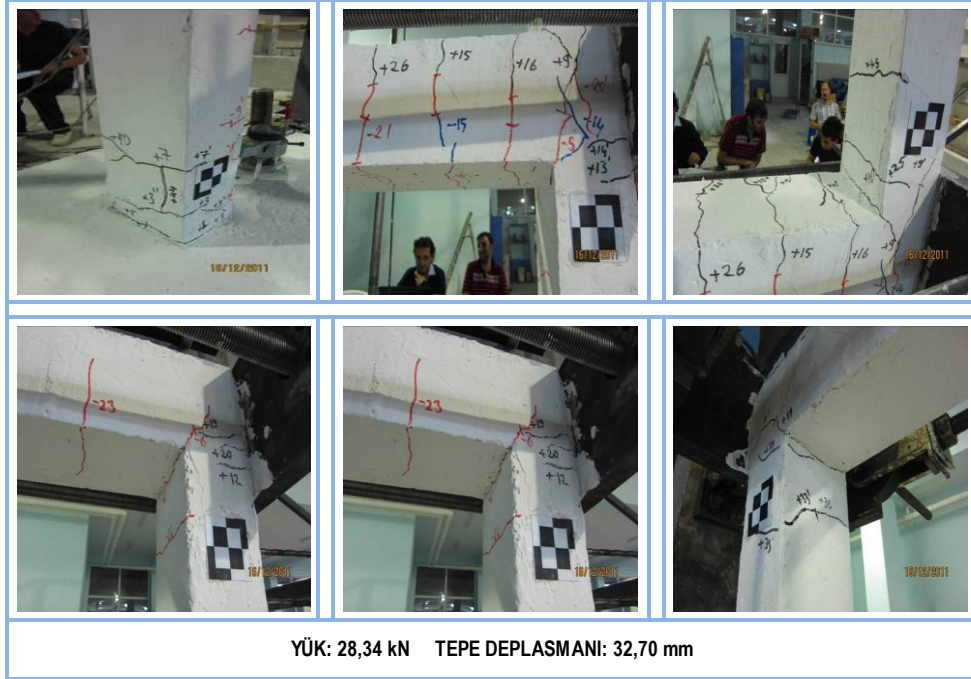
Pozitif 10. çevrimde; 28.06 kN toplam yük ve karşılık gelen 27.72 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.12'deki hasarlar oluşmuştur.



**Şekil 4.13.** Negatif 10. Çevrim deney numunesinin görüntüsü

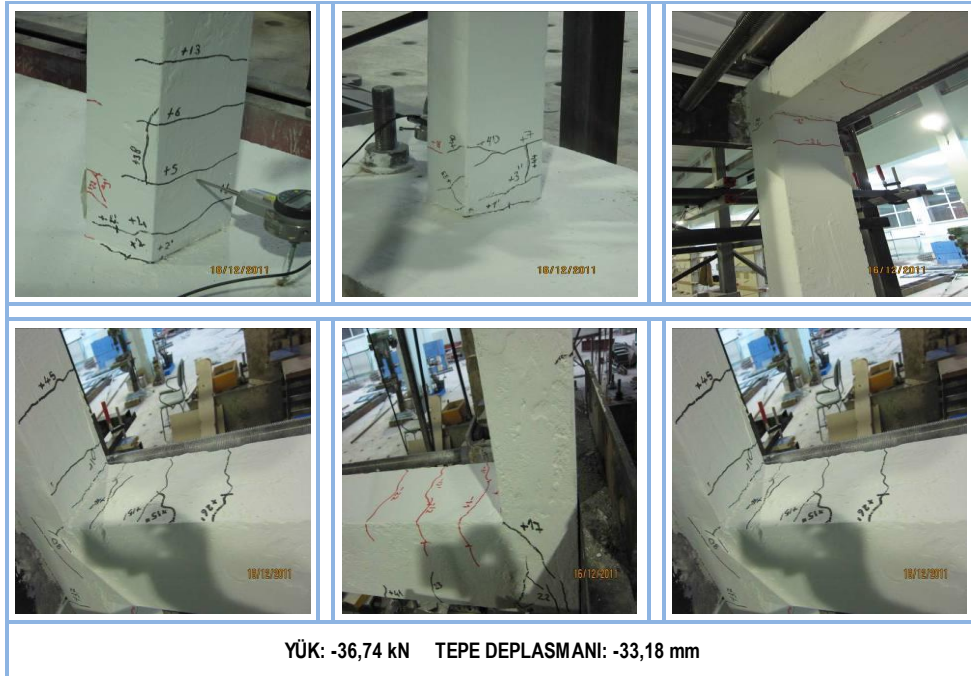
Negatif 10. çevrimde; -34.47 kN toplam yük ve karşılık gelen -27.43 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.13'deki hasarlar oluşmuştur.





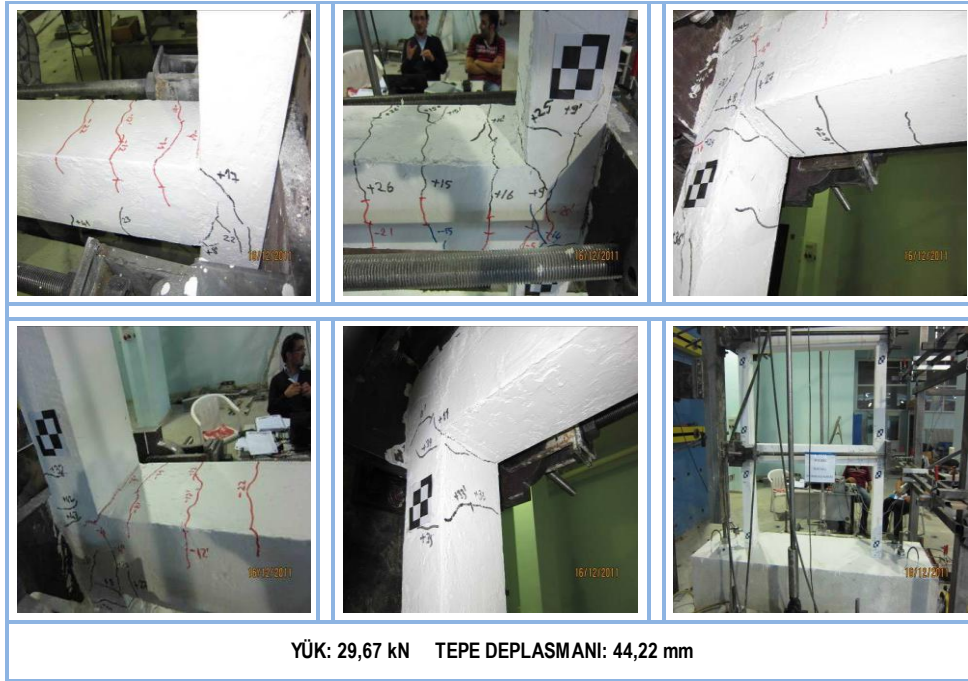
Şekil 4.14. Pozitif 11. Çevrim deney numunesinin görüntüsü

Pozitif 11. çevrimde; 28.34 kN toplam yük ve karşılık gelen 32.70 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.14'deki hasarlar oluşmuştur.



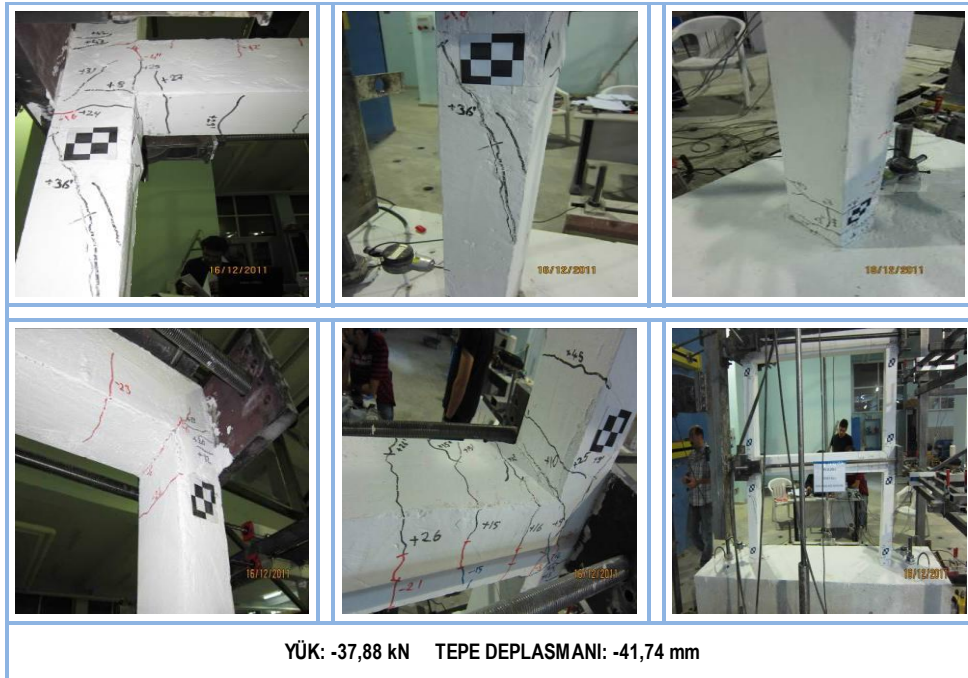
Şekil 4.15. Negatif 11. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 11. çevrimde; -36.74 kN toplam yük ve karşılık gelen -33.18 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.15'deki hasarlar oluşmuştur.



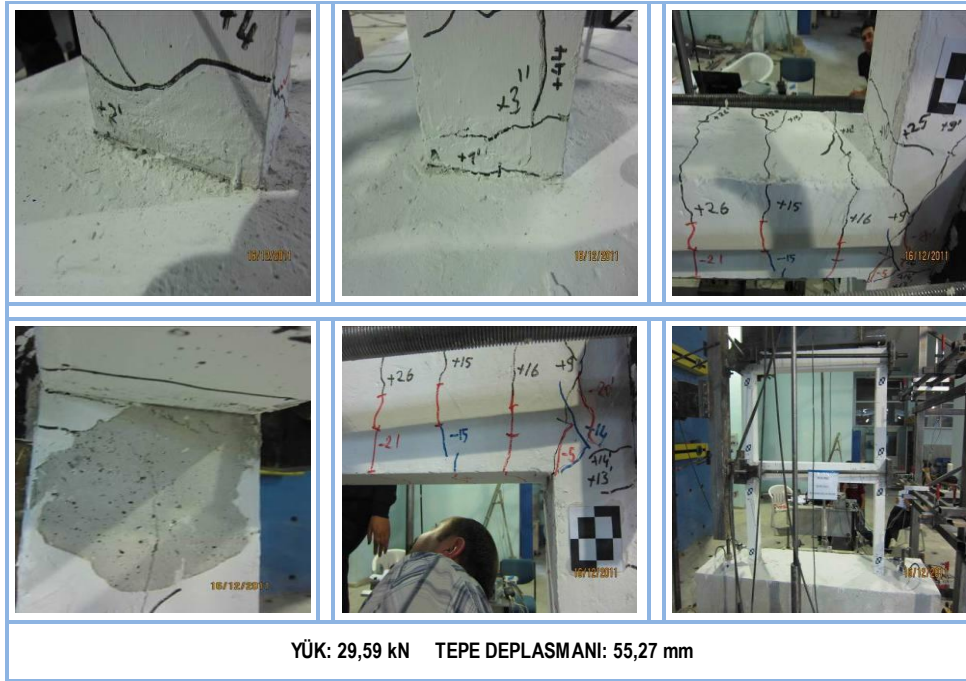
Şekil 4.16. Pozitif 12. Çevrim deney numunesinin görüntüsü

Pozitif 12. çevrimde; 29.67 kN toplam yük ve karşılık gelen 44.22 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.16'daki hasarlar oluşmuştur.



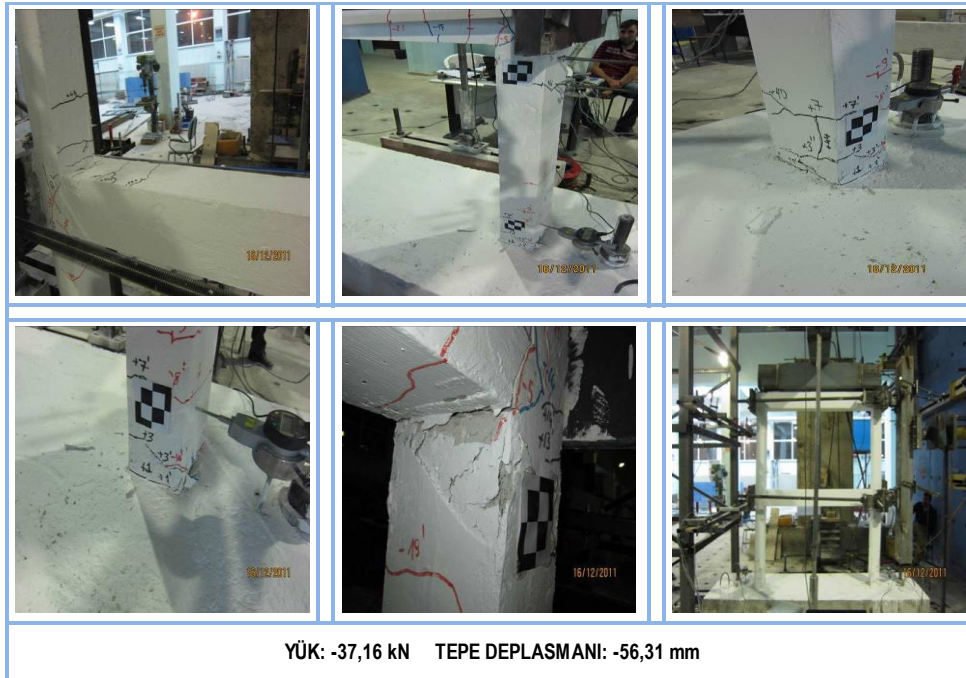
Şekil 4.17. Negatif 12. Çevrim deney numunesinin görüntüsü

Negatif 12. çevrimde; -37.88 kN toplam yük ve karşılık gelen -41.74 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.17'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.18. Pozitif 13. Çevrim deney numunesinin görüntüsü

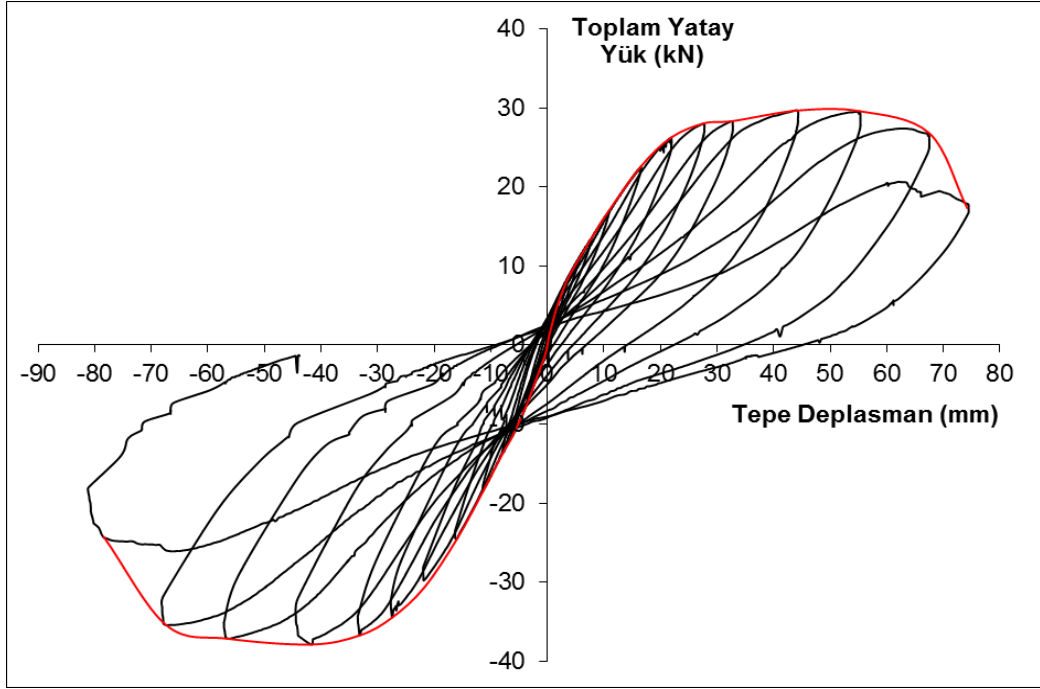
Pozitif 13. çevrimde; 29.59 kN toplam yük ve karşılık gelen 55.27 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.18'deki hasarlar oluşmuştur.



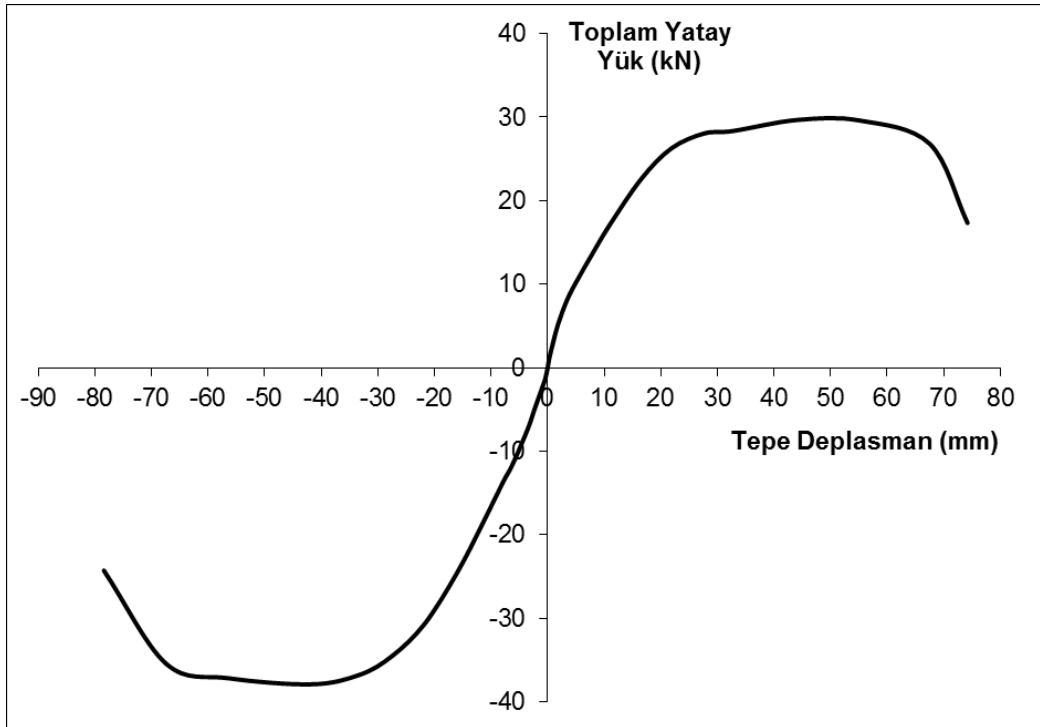
Şekil 4.19. Negatif 13. Çevrim deney numunesinin görüntüsü

Negatif 13. çevrimde; -37.16 kN toplam yük ve karşılık gelen -56.31 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.19'daki hasarlar oluşmuştur.

Deneye tabi tutulan betonarme çerçeveye (RF1) ait 2. Kata gelen yük değerine karşılık, 2. Katta meydana gelen yatay yük - tepe deplasman değerlerinin eğrileri Şekil 4.20'de ve Şekil 4.21'de, değer tablosu ise Çizelge 4.1'de bilgisayar ortamında hazırlanarak verilmiştir.



Şekil 4.20. RF1'e ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman histeresis eğrisi



Şekil 4.21. RF1'e ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman zarf eğrisi

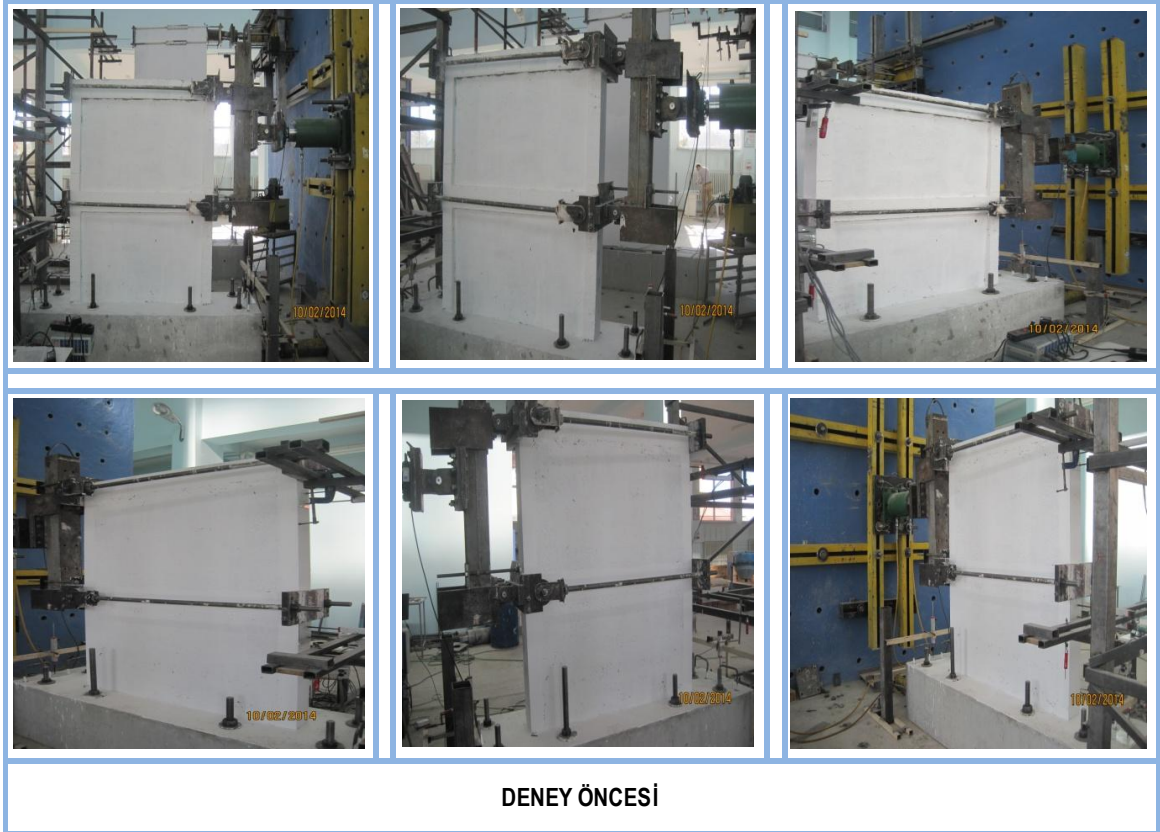
Çizelge 4.1. RF1'e ait 2. kat yatay yük - tepe deplasman değerleri tablosu

	Çevrim	Deplasman (mm)	Toplam Yük (kN)
<b>NEGATİF</b>	15. Çevrim	-78,40	-24,26
	14. Çevrim	-67,34	-35,45
	13. Çevrim	-56,31	-37,16
	12. Çevrim	<b>-41,74</b>	<b>-37,88</b>
	11. Çevrim	-33,18	-36,74
	10. Çevrim	-27,43	-34,47
	9. Çevrim	-21,72	-30,63
	8. Çevrim	-15,98	-24,51
	7. Çevrim	-11,35	-18,46
	6. Çevrim	-7,81	-13,59
	5. Çevrim	-6,22	-11,61
	4. Çevrim	-3,54	-7,35
	3. Çevrim	-2,37	-5,06
	2. Çevrim	-0,97	-2,40
	1. Çevrim	-0,41	-1,29
<b>BAŞLANGIÇ</b>		0,00	0,00
<b>POZİTİF</b>	1. Çevrim	0,24	0,98
	2. Çevrim	0,74	2,42
	3. Çevrim	1,88	5,28
	4. Çevrim	3,50	8,21
	5. Çevrim	5,41	10,70
	6. Çevrim	7,79	13,51
	7. Çevrim	10,88	17,00
	8. Çevrim	16,57	22,63
	9. Çevrim	21,90	26,28
	10. Çevrim	27,72	28,06
	11. Çevrim	32,70	28,34
	12. Çevrim	<b>44,22</b>	<b>29,67</b>
	13. Çevrim	55,27	29,59
	14. Çevrim	67,50	26,81
	15. Çevrim	74,20	17,33

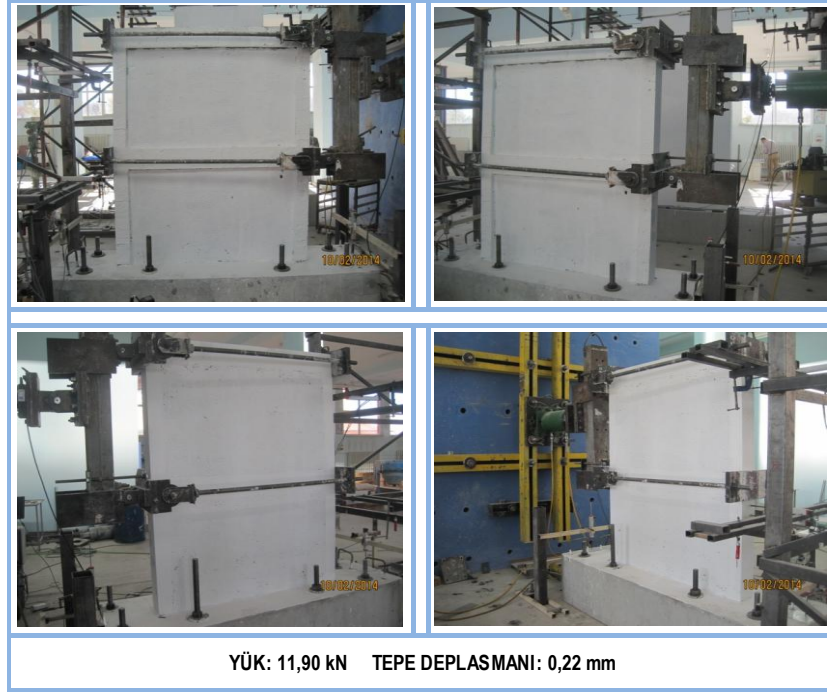
#### 4.1.2. Deney elemanı-2 (ST2)

Düzeneğe sabitlenen ve gerekli bağlantıları yapılan numuneye yatay yönde kuvvet uygulanarak deneye başlanmıştır. Numuneye uygulanan yük ve numunenin yapmış olduğu deplasman değerleri düzeneğe bağlanan yük hücresi ve LVDT'ler aracılığı ile bilgisayarda kayıt altına alınmıştır.

ST2 numunesinin RF1 numunesinden farkı betonarme boş çerçevenin içerisinde sıvalı tuğla dolgu duvar ile doldurulmasıdır.

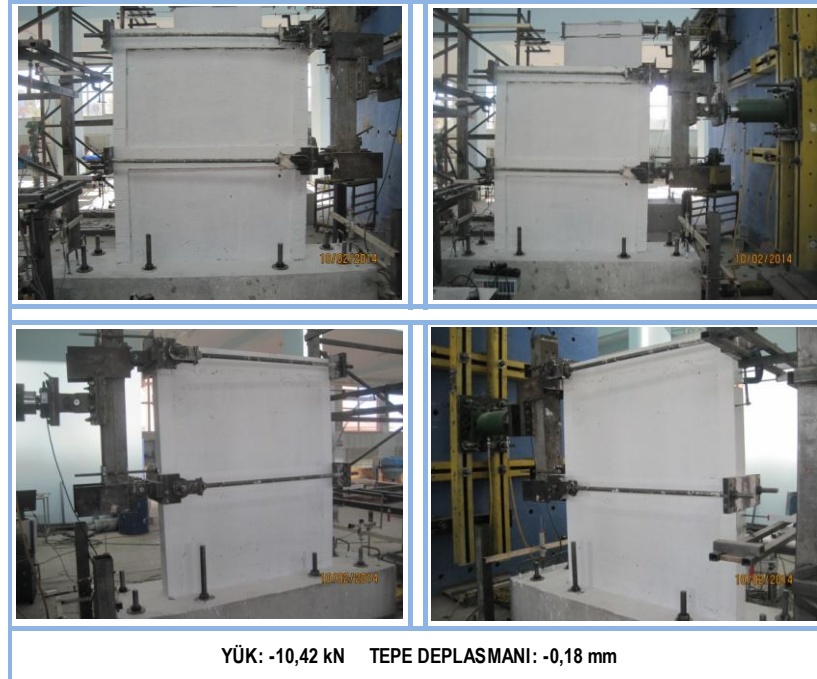


Şekil 4.22. Düzeneğe yerleştirilen numunenin görünümü



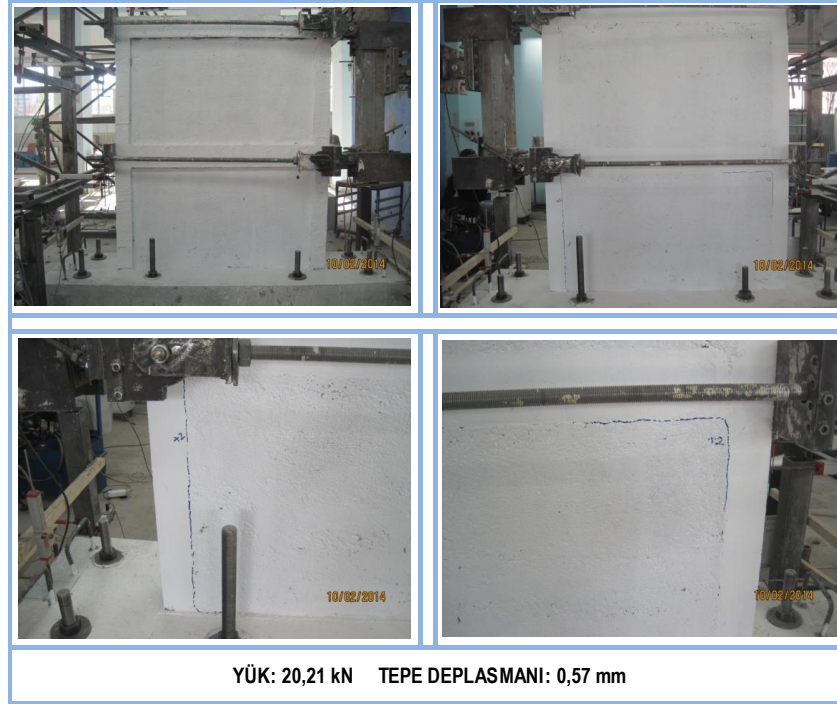
Şekil 4.23. Pozitif 1. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 1. Çevrimde; 11.90 kN toplam yük ve karşılık gelen 0.22 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.23'deki hasarlar oluşmuştur.



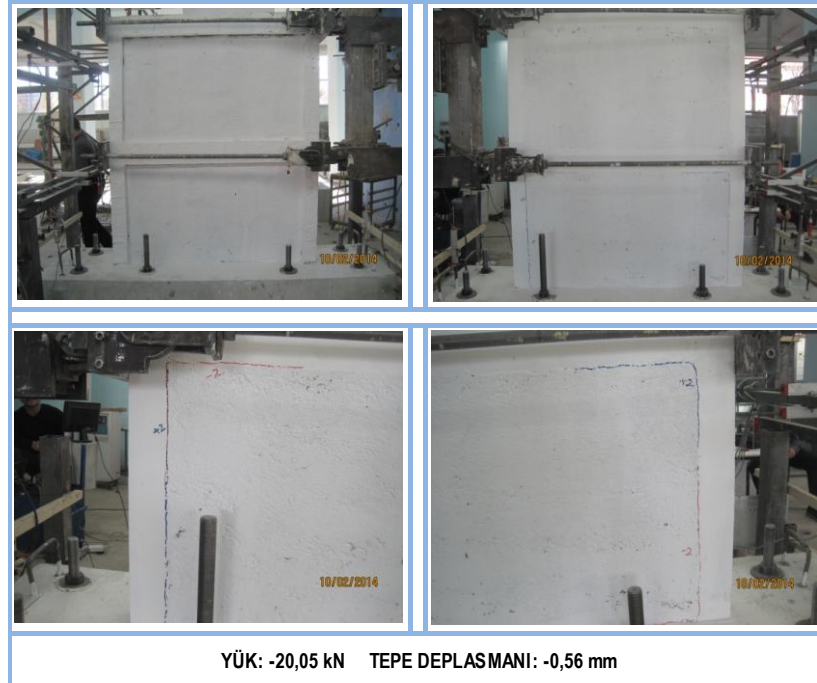
Şekil 4.24. Negatif 1. çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 1. çevrimde; -10.42 kN toplam yük ve karşılık gelen -0.18 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.24'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.25. Pozitif 2. çevrim deney numunesinin görünümü

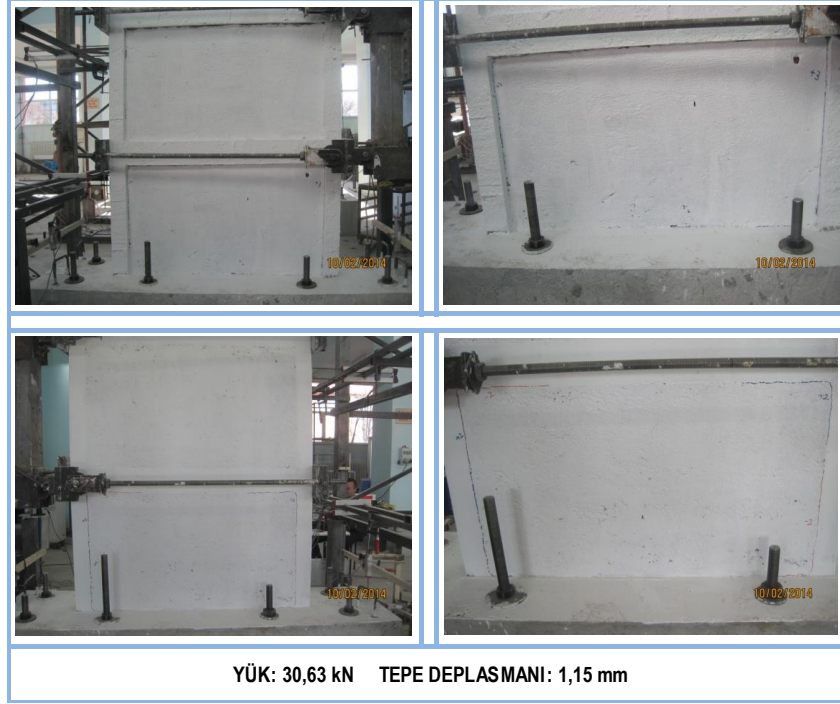
Pozitif 2. çevrimde; 20.21 kN toplam yük ve karşılık gelen 0.57 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.25’deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.26. Negatif 2. çevrim deney numunesinin görünümü

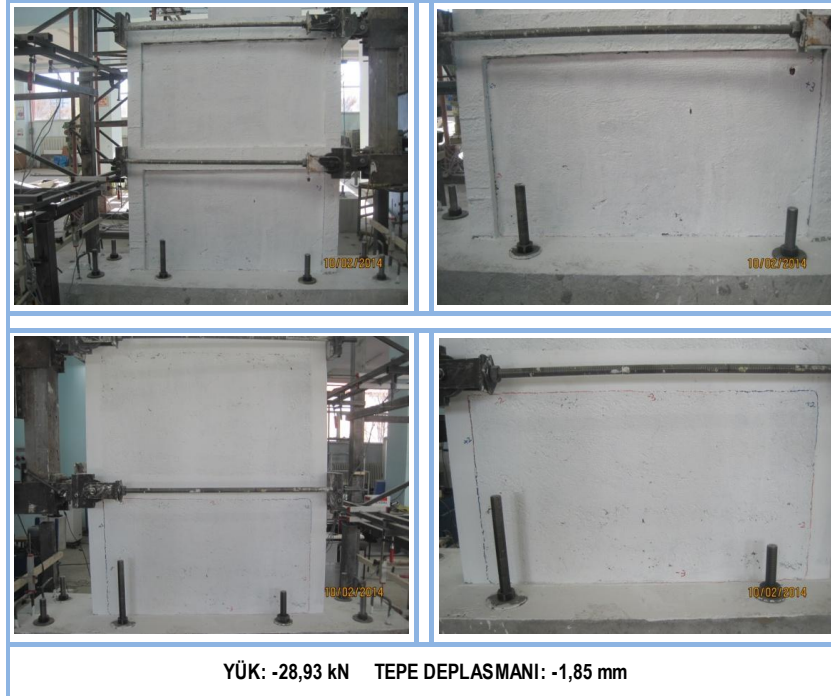
Negatif 2. çevrimde; -20.05 kN toplam yük ve karşılık gelen -0.56 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.26’deki hasarlar oluşmuştur.





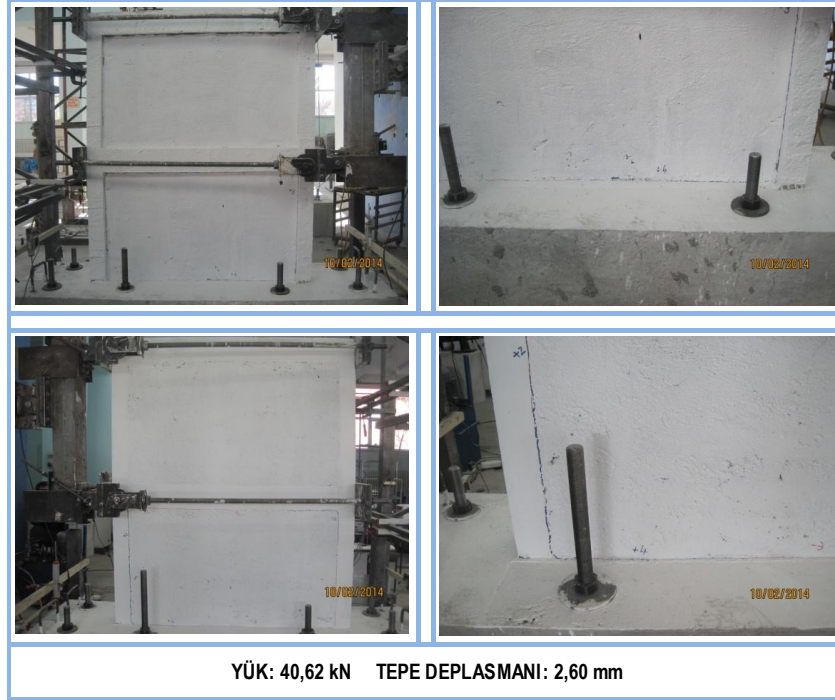
Şekil 4.27. Pozitif 3. çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 3. çevrimde; 30.63 kN toplam yük ve karşılık gelen 1.15 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.27'deki hasarlar oluşmuştur.



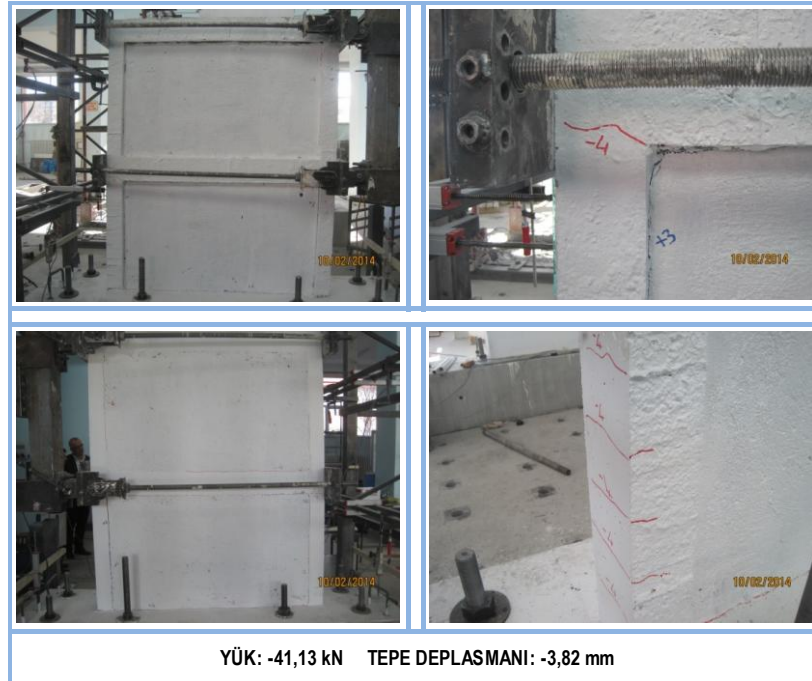
Şekil 4.28. Negatif 3. çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 3. çevrimde; -28.93 kN toplam yük ve karşılık gelen -1.85 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.28'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.29. Pozitif 4. çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 4. çevrimde; 40.52 kN toplam yük ve karşılık gelen 2.60 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.29'daki hasarlar oluşmuştur.



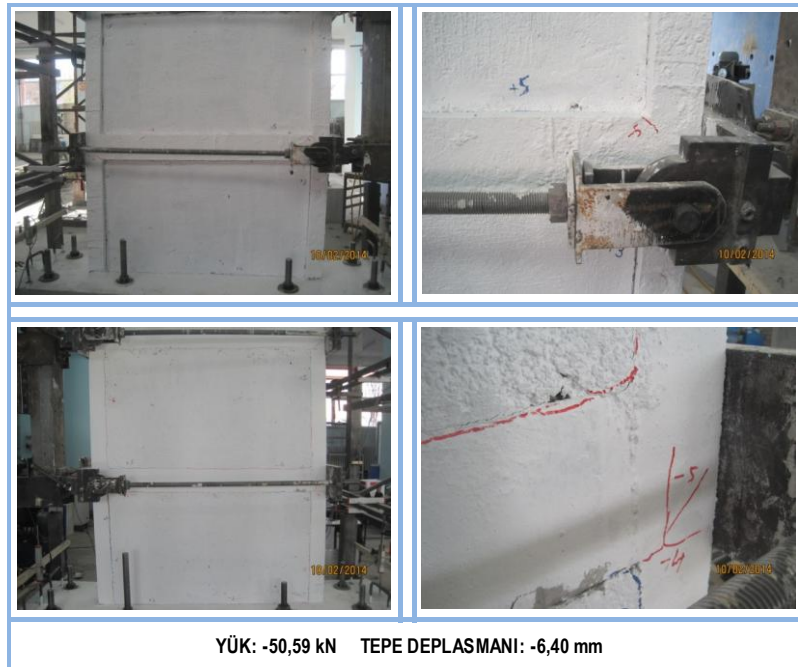
Şekil 4.30. Negatif 4. çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 4. çevrimde; -41.13 kN toplam yük ve karşılık gelen -3.82 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.30'daki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.31. Pozitif 5. çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 5. çevrimde; 50.49 kN toplam yük ve karşılık gelen 4.75 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.31'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.32. Negatif 5. çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 5. çevrimde; -50.59 kN toplam yük ve karşılık gelen -6.40 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.32'deki hasarlar oluşmuştur.



**Şekil 4.33.** Pozitif 6. çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 6. çevrimde; 56.60 kN toplam yük ve karşılık gelen 7.60 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.33'deki hasarlar oluşmuştur.



**Şekil 4.34.** Negatif 6. çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 6. çevrimde; -52.50 kN toplam yük ve karşılık gelen -7.80 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.34'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.35. Pozitif 7. çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 7. çevrimde; 56.74 kN toplam yük ve karşılık gelen 9.23 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.35'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.36. Negatif 7. çevrim deney numunesinin görünümü

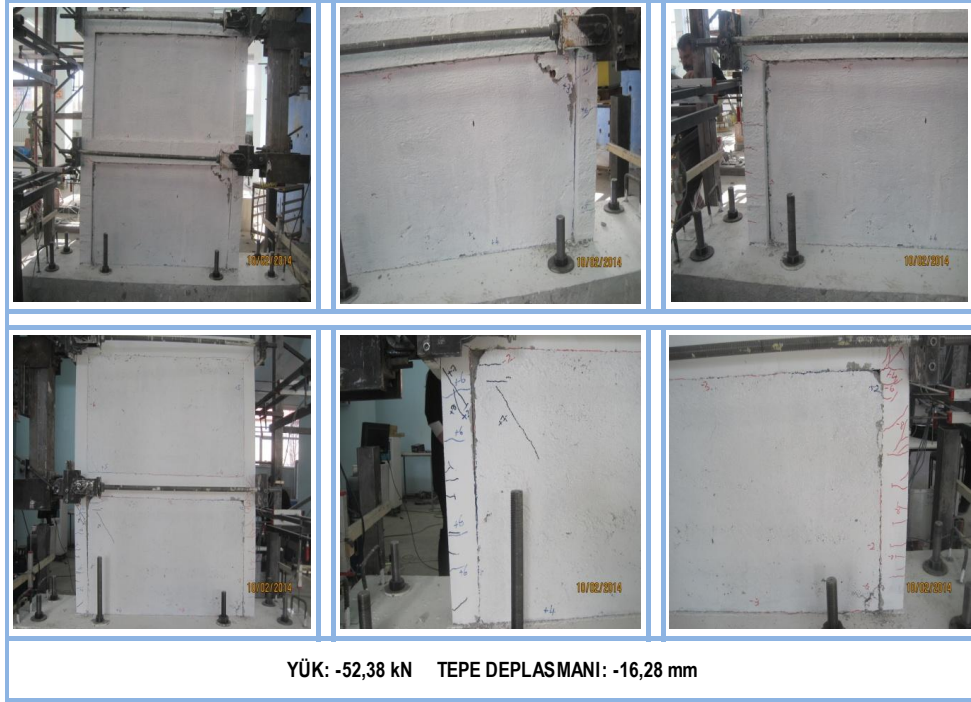
Negatif 7. çevrimde; -55.73 kN toplam yük ve karşılık gelen -10.33 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.36'daki hasarlar oluşmuştur.

7. çevrim sonunda deney numunesi yatay yük taşıma kapasitesine erişmiştir. Bu kapasitede çerçeve tarafından yatay yönde taşınan yük 56,74 kN ve çerçevenin yapmış olduğu deplasman değeri 9,23 mm'dir. Bu çevrimden sonra yükte artış olmamasına hatta düşüş olmasına rağmen tepe noktasındaki yatay deplasmanda önemli ölçüde artış meydana geldiği gözlenmiştir. Taşıma kapasitesi aşıldıktan sonra hızla artan deplasmanlar dikkate alınarak yükleme yapmaya devam edilmiş ve LVDT ölçüm değerinin sonuna gelene kadar deney devam ettirilmiştir.



Şekil 4.37. Pozitif 8. çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 8. çevrimde; 54.92 kN toplam yük ve karşılık gelen 16.45 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.37'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.38. Negatif 8. çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 8. çevrimde; -52.38 kN toplam yük ve karşılık gelen -16.28 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.38'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.39. Pozitif 9. çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 9. çevrimde; 51.93 kN toplam yük ve karşılık gelen 19.68 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.39'daki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.40. Negatif 9. çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 9. çevrimde; -47.16 kN toplam yük ve karşılık gelen -22.05 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.40'daki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.41. Pozitif 10. çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 10. çevrimde; 45.53 kN toplam yük ve karşılık gelen 28.23 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.41'deki hasarlar oluşmuştur.





Şekil 4.42. Negatif 10. çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 10. çevrimde; -41.89 kN toplam yük ve karşılık gelen -28.16 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.42'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.43. Pozitif 11. çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 11. çevrimde; 36.47 kN toplam yük ve karşılık gelen 33.18 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.43'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.44. Negatif 11. çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 11. çevrimde; -37.75 kN toplam yük ve karşılık gelen -33.33 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.44'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.45. Pozitif 12. çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 12. çevrimde; 32.35 kN toplam yük ve karşılık gelen 44.64 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.45'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.46. Negatif 12. çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 12. çevrimde; -36.19 kN toplam yük ve karşılık gelen -44.70 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.46'daki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.47. Pozitif 13. çevrim deney numunesinin görünümü

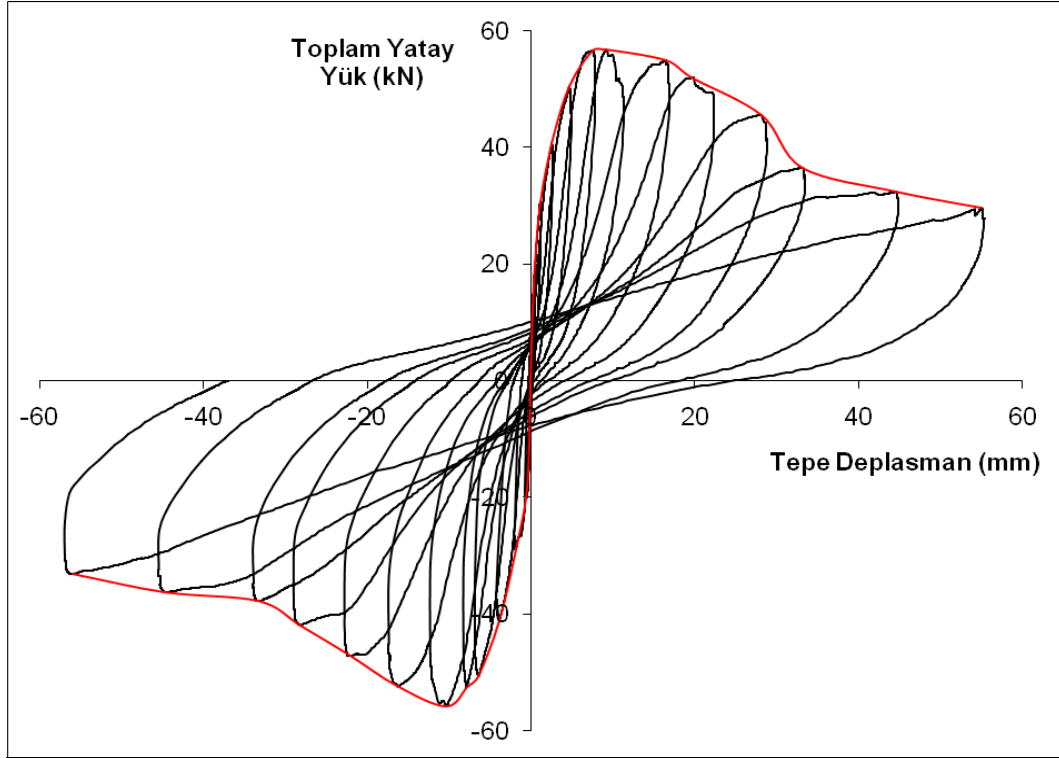
Pozitif 13. çevrimde; 29.53 kN toplam yük ve karşılık gelen 55.11 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.47'deki g hasarlar oluşmuştur.



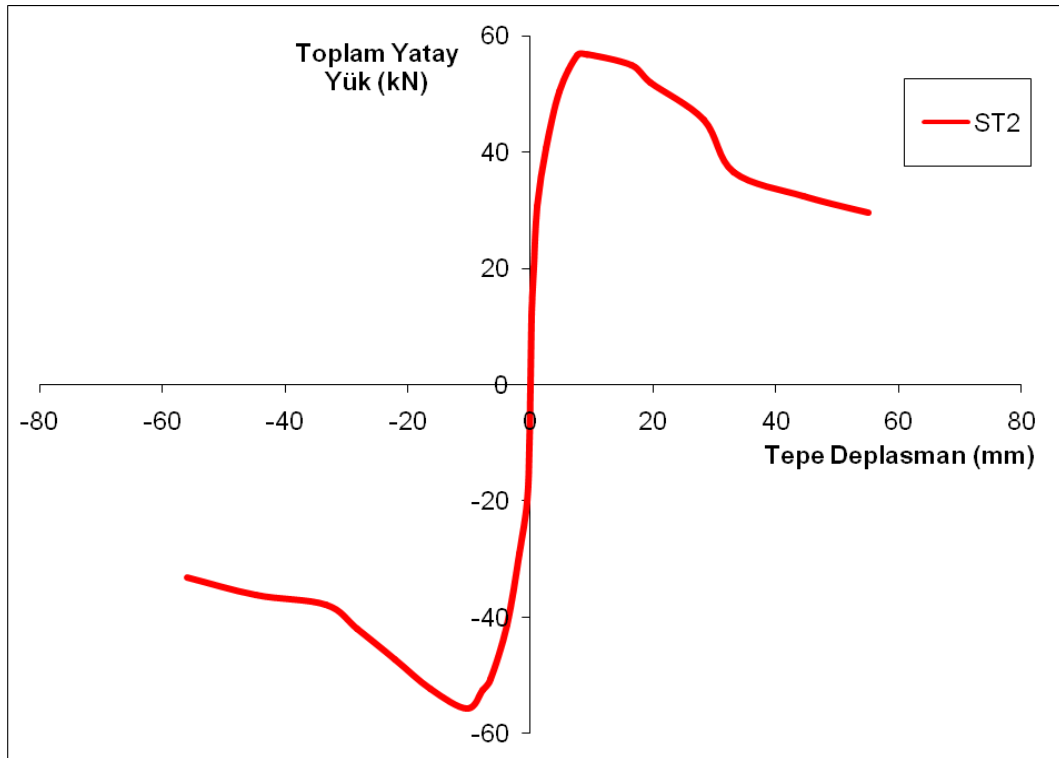
**Şekil 4.48.** Negatif 13. çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 13. çevrimde; -33.15 kN toplam yük ve karşılık gelen -55.97 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.48'deki hasarlar oluşmuştur.

Deneye tabi tutulan sıvalı tuğla duvarlı betonarme çerçeveye (ST2) ait 2. Kata gelen yük değerine karşılık, 2. Katta meydana gelen yatay yük - tepe deplasman değerlerinin eğrileri Şekil 4.49'da ve Şekil 4.50'de, değer tablosu ise Çizelge 4.2'de bilgisayar ortamında hazırlanarak verilmiştir.



Şekil 4.49. ST2'ye ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman histeresis eğrisi



Şekil 4.50. ST2'ye ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman zarf eğrisi

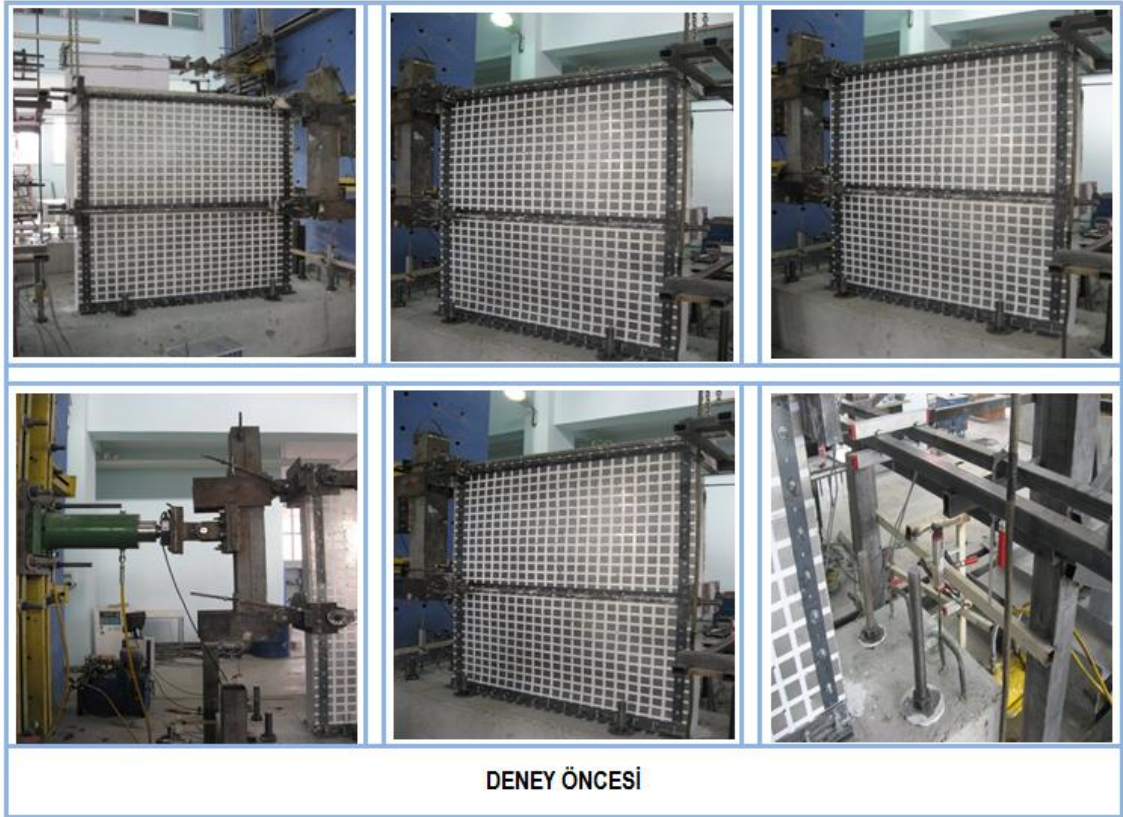
Çizelge 4.2. ST2'ye ait 2. kat yatay yük - tepe deplasman değerleri tablosu

	Çevrim	Deplasman (mm)	Toplam Yük (kN)
	<b>NEGATİF</b>	13. Çevrim	-55,97
12. Çevrim		-44,70	-36,19
11. Çevrim		-33,33	-37,75
10. Çevrim		-28,16	-41,89
9. Çevrim		-22,05	-47,16
8. Çevrim		-16,28	-52,38
7. Çevrim		<b>-10,33</b>	<b>-55,73</b>
6. Çevrim		-7,80	-52,50
5. Çevrim		-6,40	-50,59
4. Çevrim		-3,82	-41,13
3. Çevrim		-1,85	-28,93
2. Çevrim		-0,56	-20,05
1. Çevrim		-0,18	-10,42
<b>BAŞLANGIÇ</b>		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>POZİTİF</b>	1. Çevrim	0,22	11,90
	2. Çevrim	0,57	20,21
	3. Çevrim	1,15	30,63
	4. Çevrim	2,60	40,62
	5. Çevrim	4,75	50,49
	6. Çevrim	7,60	56,60
	7. Çevrim	<b>9,23</b>	<b>56,74</b>
	8. Çevrim	16,45	54,92
	9. Çevrim	19,68	51,93
	10. Çevrim	28,23	45,53
	11. Çevrim	33,18	36,47
	12. Çevrim	44,64	32,35
	13. Çevrim	55,11	29,53

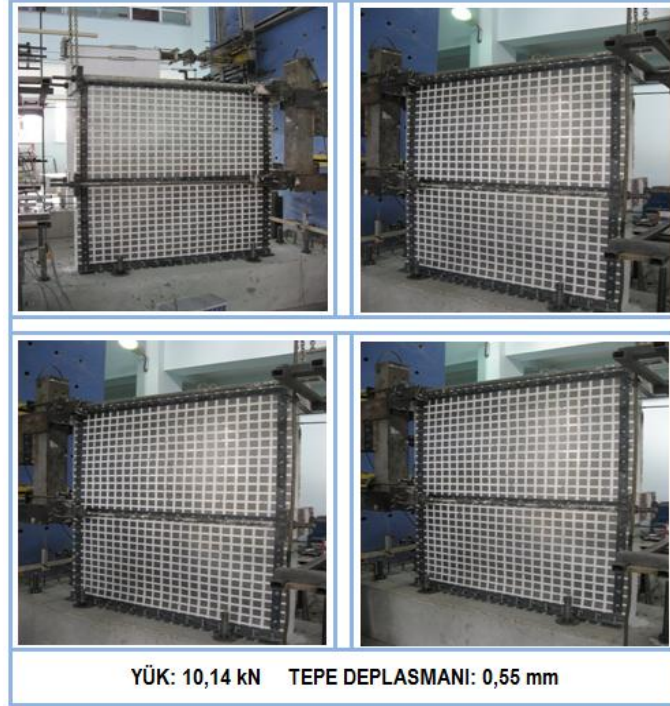
#### 4.1.3. Deney elemanı-3 (CL3)

Düzeneğe sabitlenen ve gerekli bağlantıları yapılan numuneye yatay yönde kuvvet uygulanarak deneye başlanmıştır. Numuneye uygulanan yük ve numunenin yapmış olduğu deplasman değerleri düzeneğe bağlanan yük hücresi ve LVDT'ler aracılığı ile bilgisayarda kayıt altına alınmıştır.

CL3 numunesinin ST2 numunesinden farkı sıvalı tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçevenin dıştan her iki yüzeyinin de ince çelik perde ile güçlendirilmesidir.

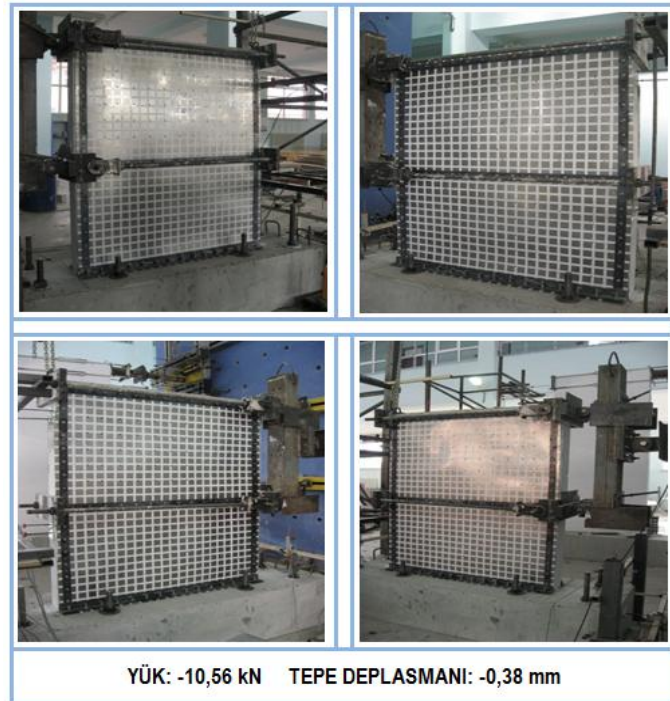


Şekil 4.51. Düzeneğe yerleştirilen numunenin görünümü



Şekil 4.52. Pozitif 1. Çevrim deney numunesinin görünümü

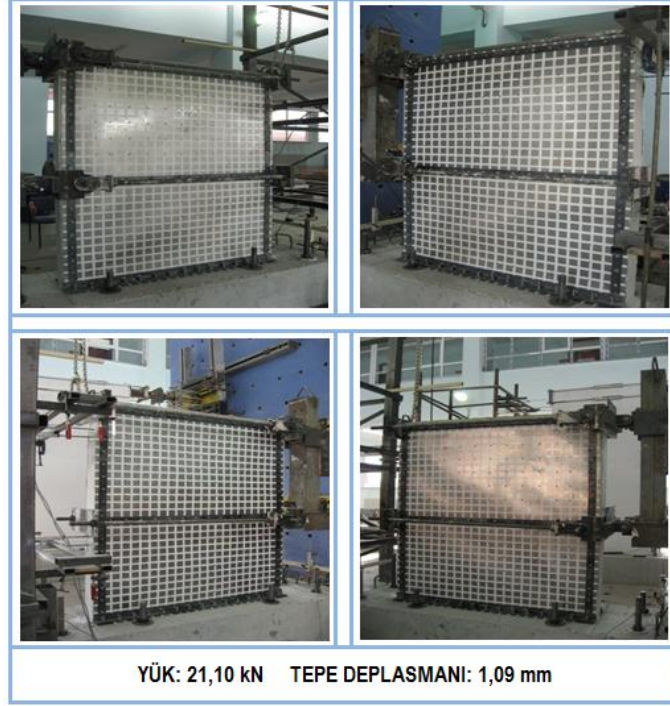
Pozitif 1. Çevrimde; 10.14 kN toplam yük ve karşılık gelen 0.55 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.52'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.53. Negatif 1. Çevrim deney numunesinin görünümü

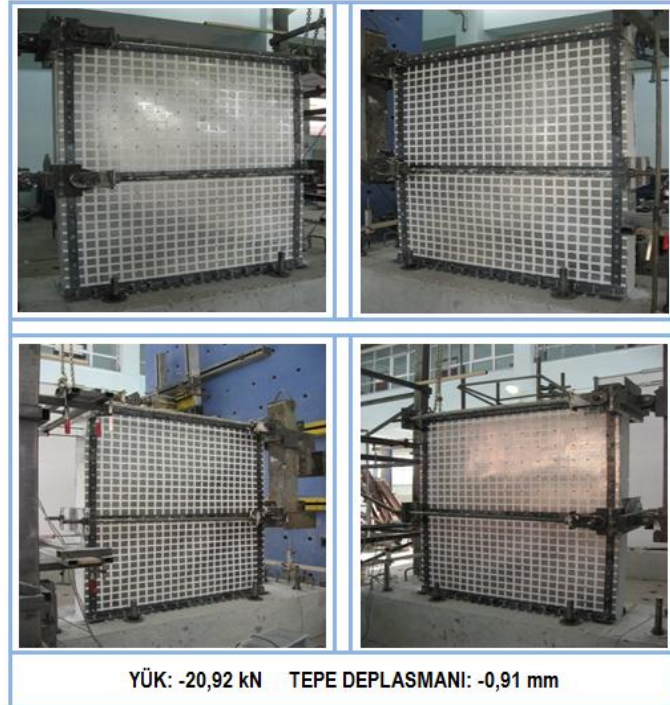
Negatif 1. Çevrimde; -10.56 kN toplam yük ve karşılık gelen -0.38 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.53'deki hasarlar oluşmuştur.





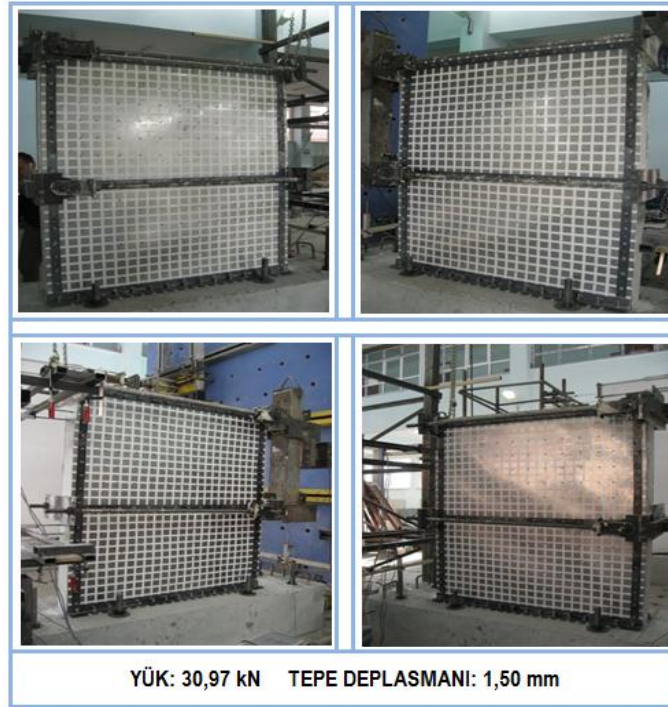
Şekil 4.54. Pozitif 2. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 2. Çevrimde; 21.10 kN toplam yük ve karşılık gelen 1.09 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.54'deki hasarlar oluşmuştur.



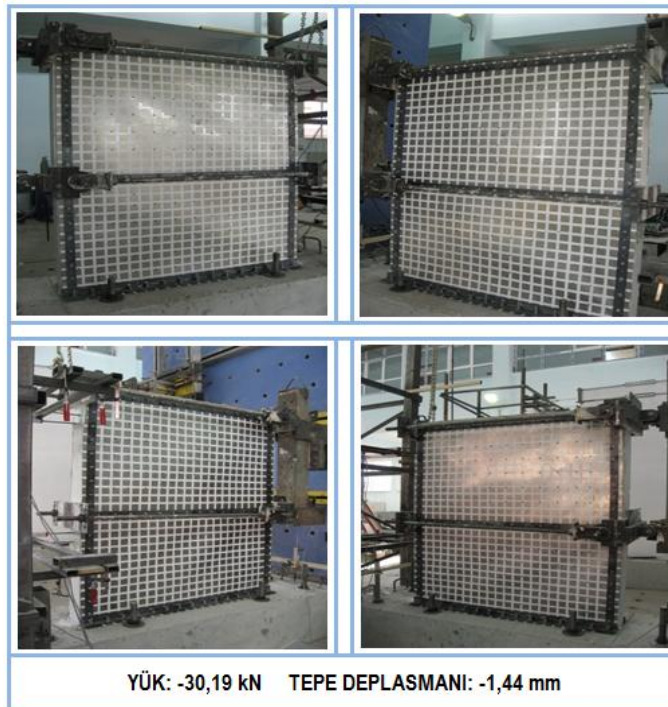
Şekil 4.55. Negatif 2. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 2. Çevrimde; -20.92 kN toplam yük ve karşılık gelen -0.91 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.55'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.56. Pozitif 3. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 3. Çevrimde; 30.97 kN toplam yük ve karşılık gelen 1.50 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.56'daki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.57. Negatif 3. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 3. Çevrimde; -30.19 kN toplam yük ve karşılık gelen -1.44 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.57'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.58. Pozitif 4. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 4. Çevrimde; 40.08 kN toplam yük ve karşılık gelen 1.90 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.58'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.59. Negatif 4. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 4. Çevrimde; -40.08 kN toplam yük ve karşılık gelen -2.15 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.59'daki hasarlar oluşmuştur.



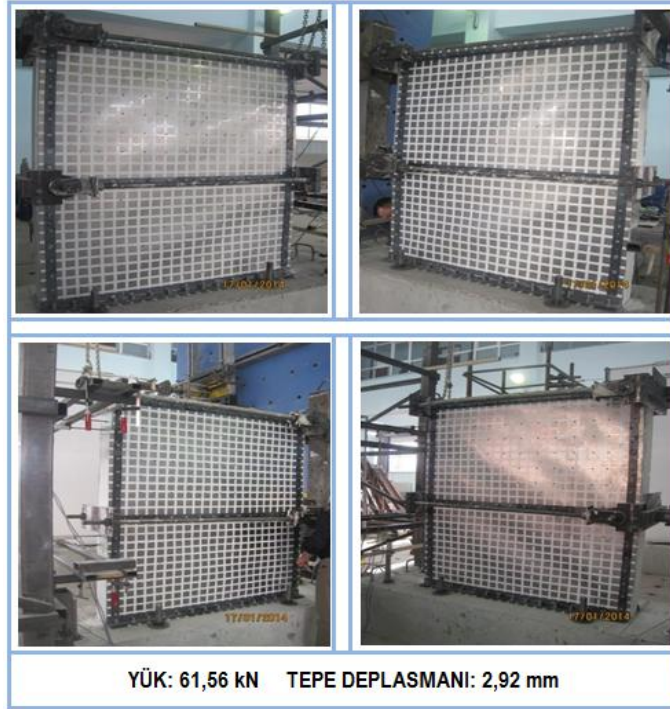
Şekil 4.60. Pozitif 5. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 5. Çevrimde; 49.46 kN toplam yük ve karşılık gelen 2.33 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.60'daki hasarlar oluşmuştur.



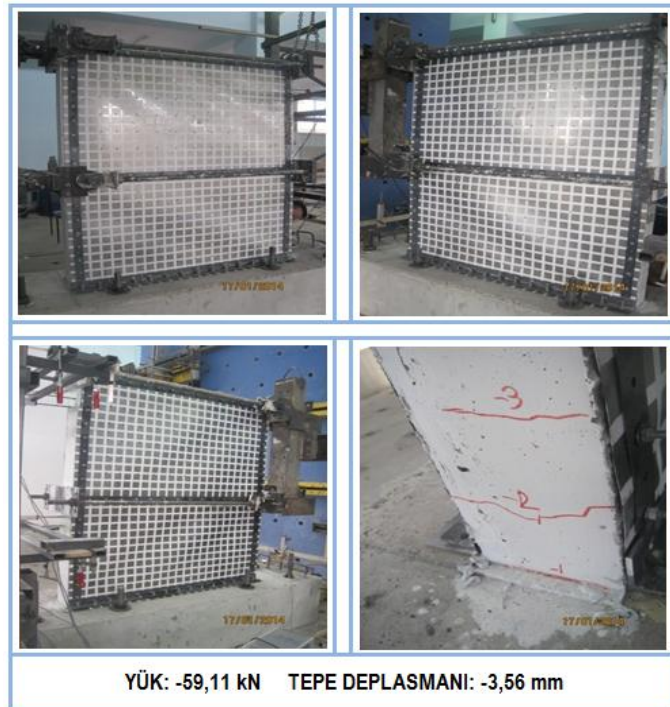
Şekil 4.61. Negatif 5. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 5. Çevrimde; -50.27 kN toplam yük ve karşılık gelen -2.88 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.61'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.62. Pozitif 6. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 6. Çevrimde; 61.56 kN toplam yük ve karşılık gelen 2.92 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.62'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.63. Negatif 6. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 6. Çevrimde; -59.11 kN toplam yük ve karşılık gelen -3.58 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.63'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.64. Pozitif 7. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 7. Çevrimde; 80.72 kN toplam yük ve karşılık gelen 4.03 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.64'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.65. Negatif 7. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 7. Çevrimde; -80.59 kN toplam yük ve karşılık gelen -5.27 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.65'deki hasarlar oluşmuştur.



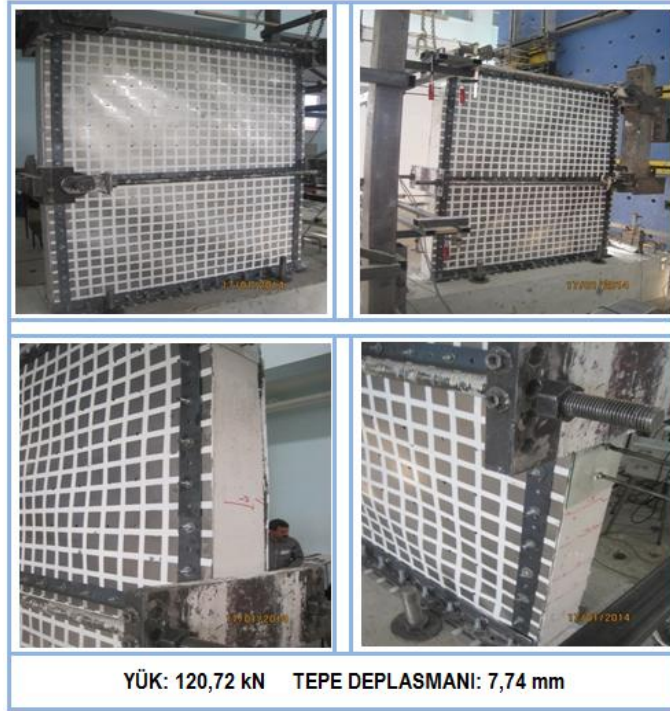
Şekil 4.66. Pozitif 8. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 8. Çevrimde; 100.17 kN toplam yük ve karşılık gelen 5.53 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.66'daki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.67. Negatif 8. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 8. Çevrimde; -100.47 kN toplam yük ve karşılık gelen -7.56 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.67'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.68. Pozitif 9. Çevrim deney numunesinin görünümü

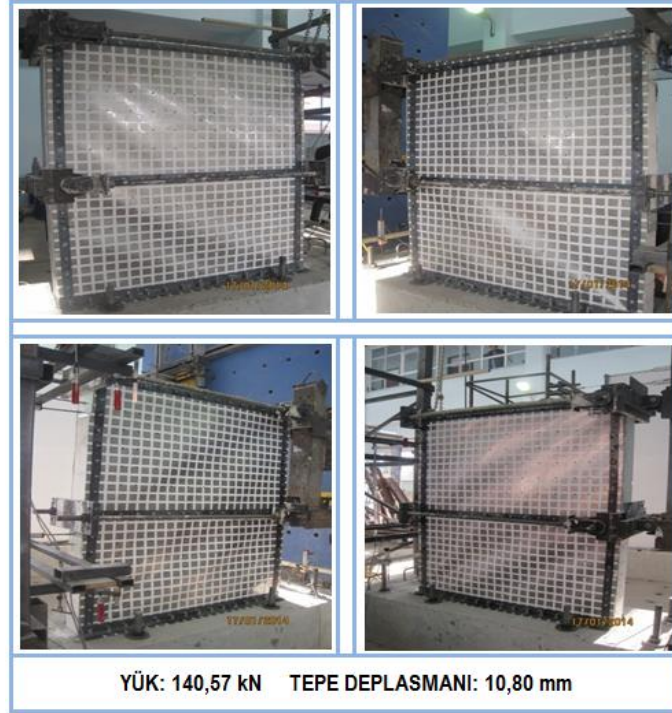
Pozitif 9. Çevrimde; 120.72 kN toplam yük ve karşılık gelen 7.74 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.68'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.69. Negatif 9. Çevrim deney numunesinin görünümü

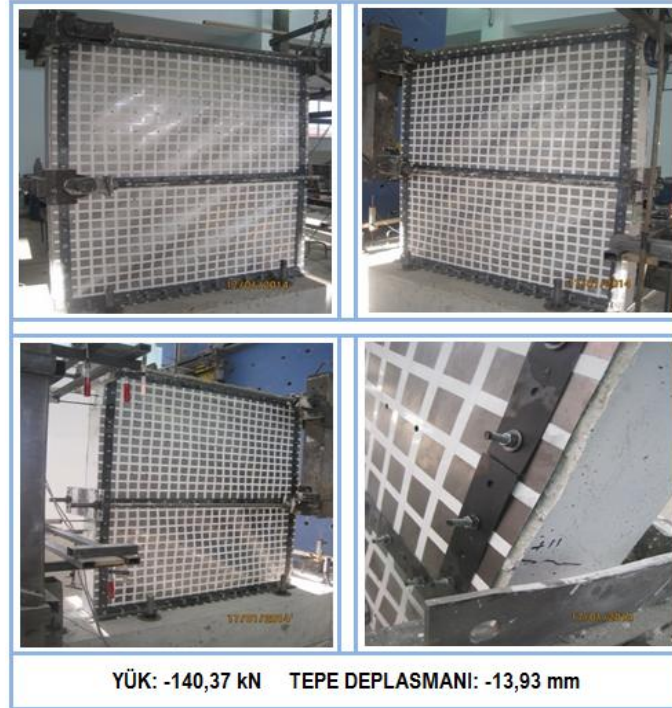
Negatif 9. Çevrimde; -120.58 kN toplam yük ve karşılık gelen -10.46 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.69'daki hasarlar oluşmuştur.





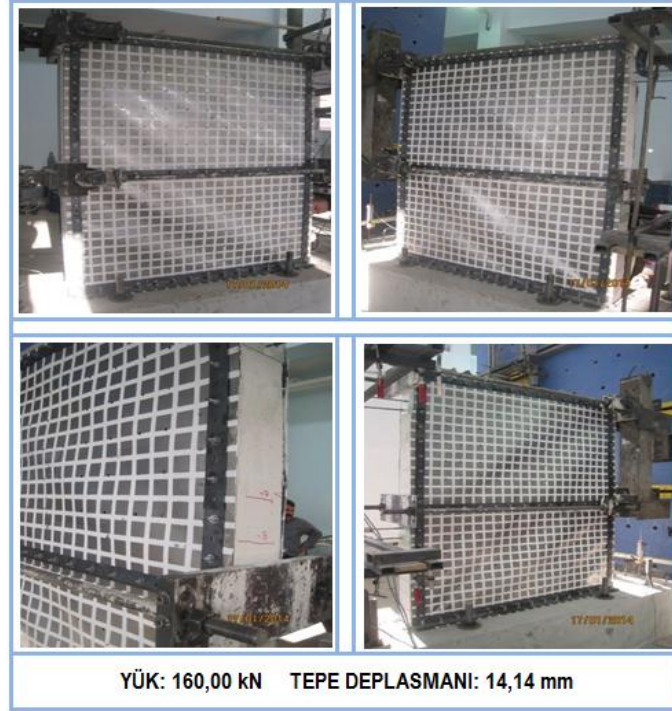
Şekil 4.70. Pozitif 10. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 10. Çevrimde; 140.57 kN toplam yük ve karşılık gelen 10.80 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.70'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.71. Negatif 10. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 10. Çevrimde; -140.37 kN toplam yük ve karşılık gelen -13.93 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.71'deki hasarlar oluşmuştur.



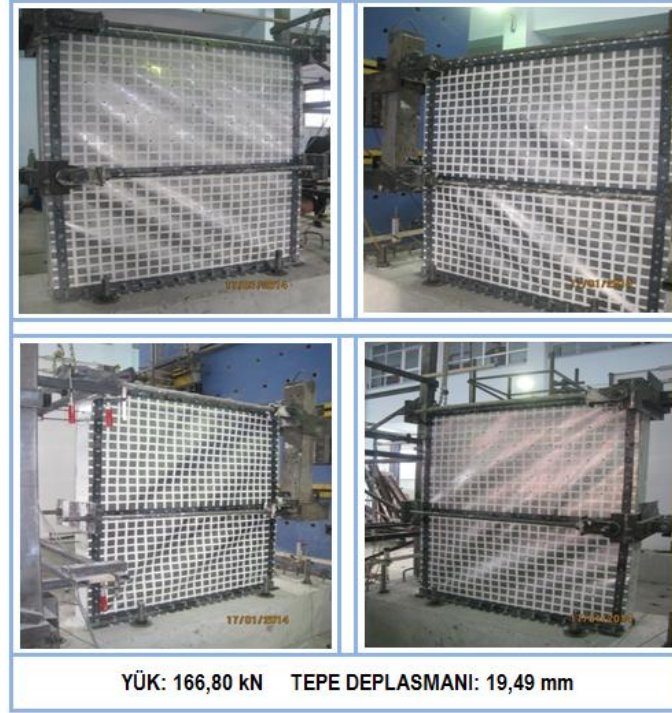
Şekil 4.72. Pozitif 11. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 11. Çevrimde; 160.00 kN toplam yük ve karşılık gelen 14.14 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.72'deki hasarlar oluşmuştur.



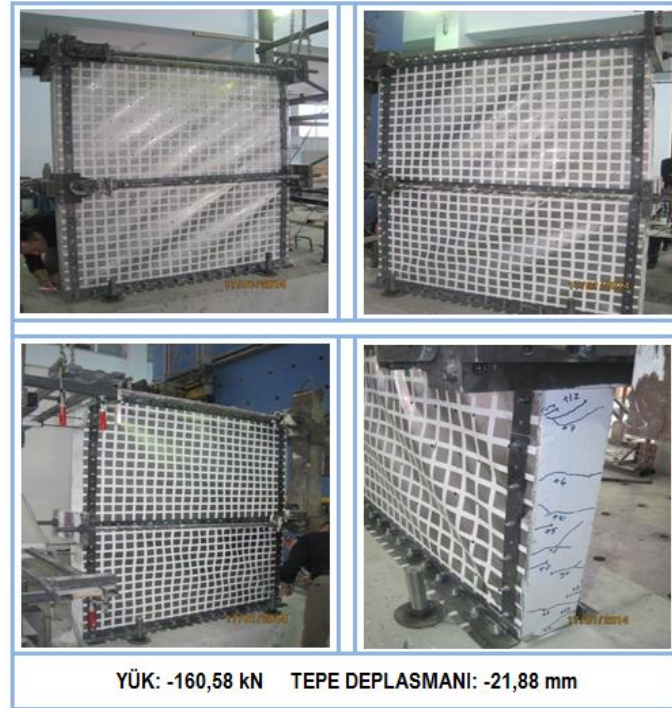
Şekil 4.73. Negatif 11. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 11. Çevrimde; -160.37 kN toplam yük ve karşılık gelen -18.96 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.73'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.74. Pozitif 12. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 12. Çevrimde; 166.80 kN toplam yük ve karşılık gelen 19.49 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.74'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.75. Negatif 12. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 12. Çevrimde; -160.58 kN toplam yük ve karşılık gelen -21.88 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.75'deki hasarlar oluşmuştur.



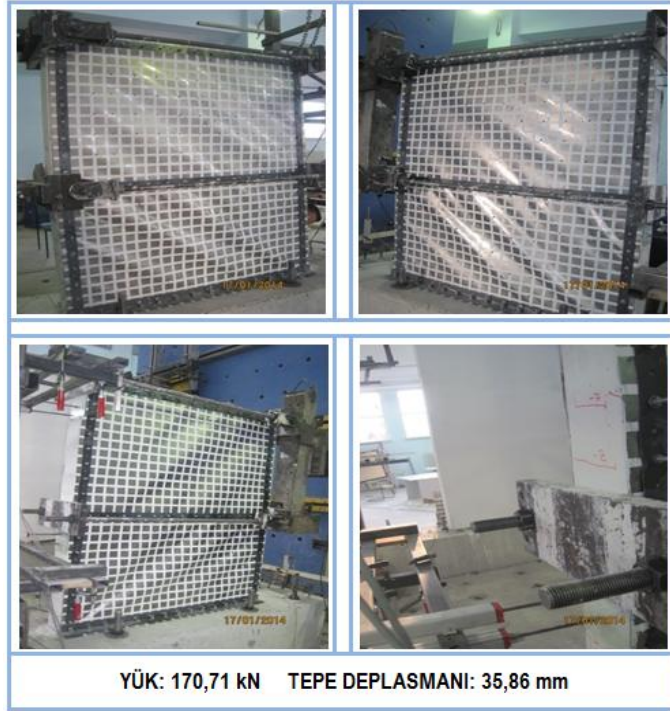
Şekil 4.76. Pozitif 13. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 13. Çevrimde; 178.10 kN toplam yük ve karşılık gelen 29.48 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.76'daki hasarlar oluşmuştur.



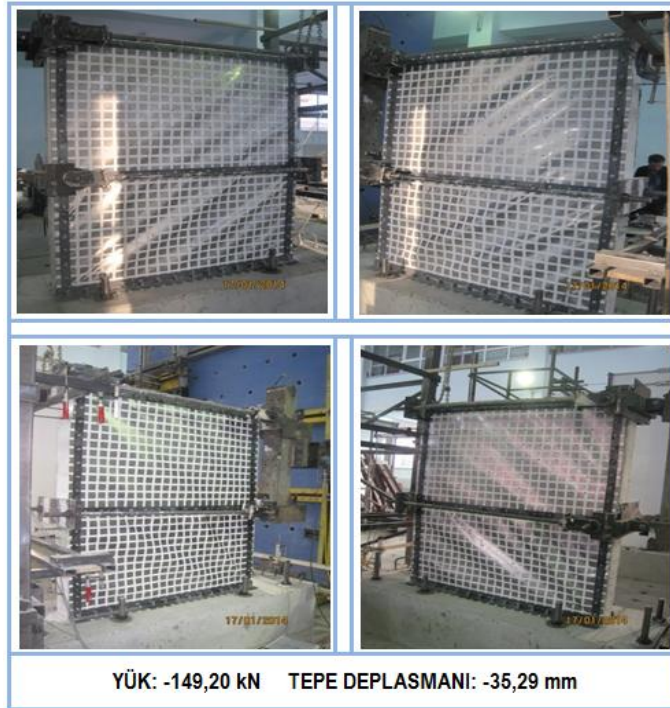
Şekil 4.77. Negatif 13. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 13. Çevrimde; -161.32 kN toplam yük ve karşılık gelen -28.68 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.77'deki hasarlar oluşmuştur.



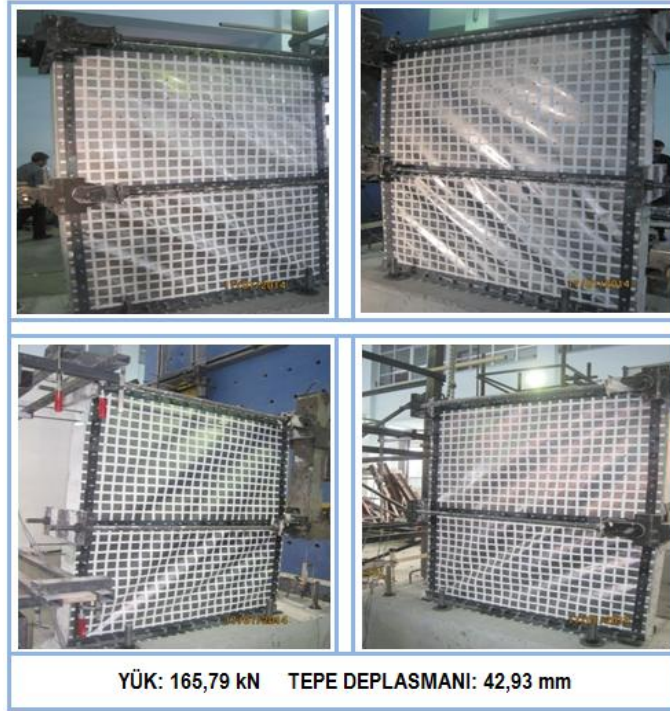
Şekil 4.78. Pozitif 14. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 14. Çevrimde; 170.71 kN toplam yük ve karşılık gelen 35.86 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.78'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.79. Negatif 14. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 14. Çevrimde; -149.20 kN toplam yük ve karşılık gelen -35.29 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.79'daki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.80. Pozitif 15. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 15. Çevrimde; 165.79 kN toplam yük ve karşılık gelen 42.93 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.80'deki hasarlar oluşmuştur.



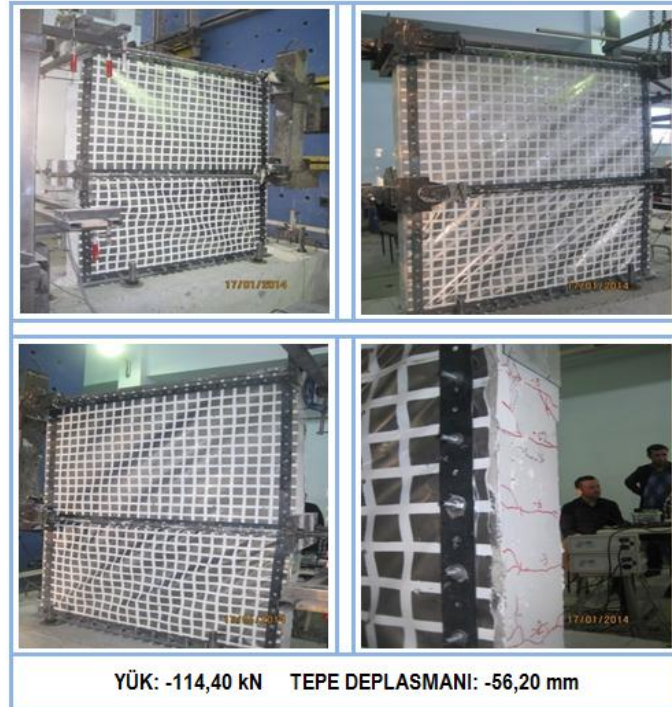
Şekil 4.81. Negatif 15. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 15. Çevrimde; -138.57 kN toplam yük ve karşılık gelen -42.65 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.81'deki hasarlar oluşmuştur.



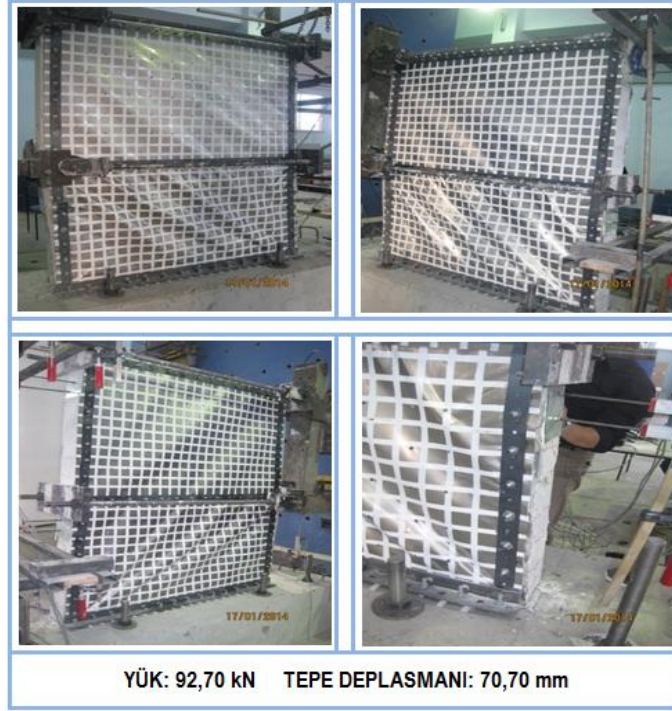
Şekil 4.82. Pozitif 16. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 16. Çevrimde; 144.00 kN toplam yük ve karşılık gelen 55.50 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.82'deki hasarlar oluşmuştur.



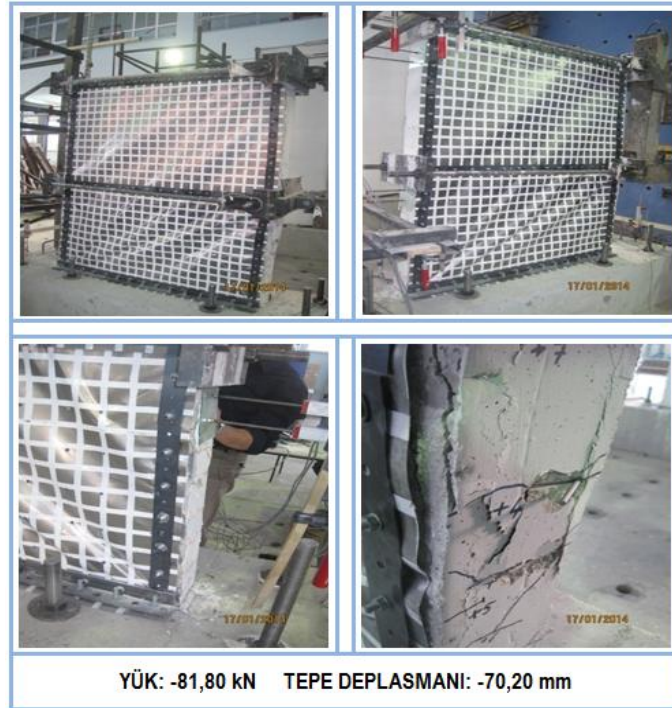
Şekil 4.83. Negatif 16. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 16. Çevrimde; -114.40 kN toplam yük ve karşılık gelen -56.20 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.83'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.84. Pozitif 17. Çevrim deney numunesinin görünümü

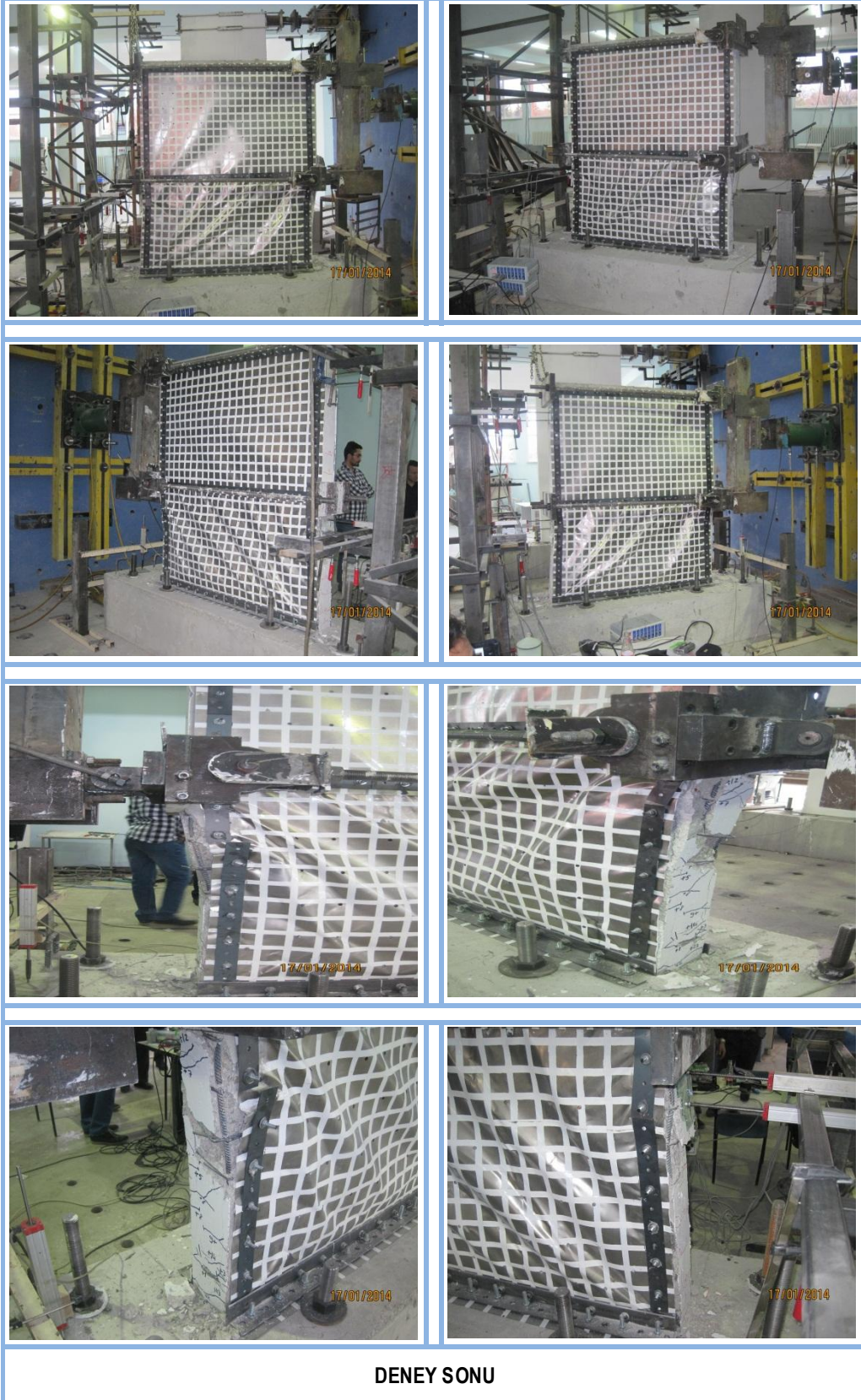
Pozitif 17. Çevrimde; 92.70 kN toplam yük ve karşılık gelen 70.70 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.84'deki hasarlar oluşmuştur.



Şekil 4.85. Negatif 17. Çevrim deney numunesinin görünümü

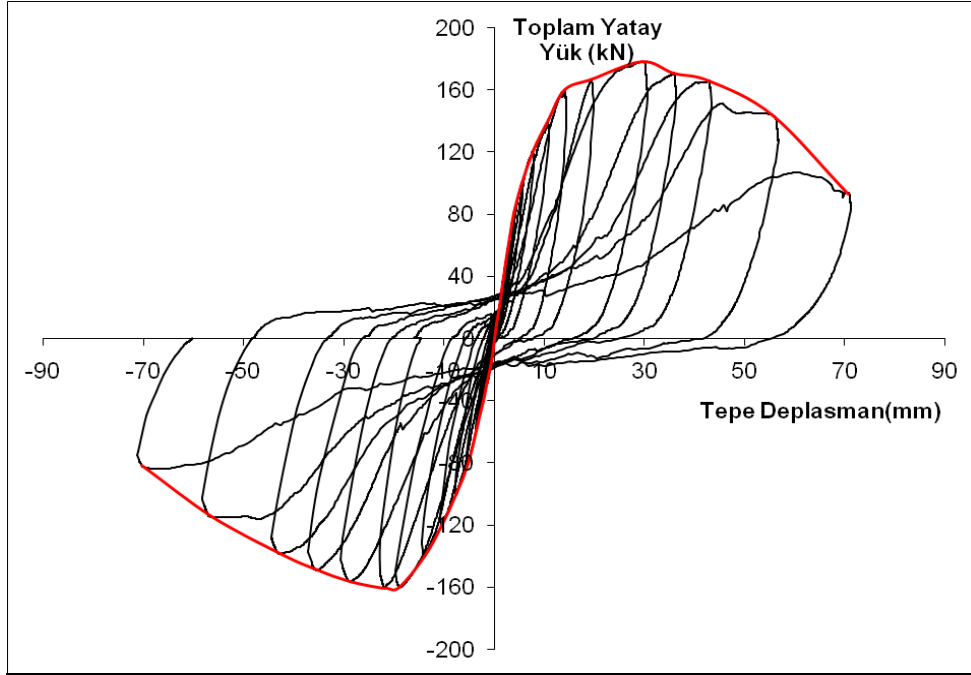
Negatif 17. Çevrimde; -81.80 kN toplam yük ve karşılık gelen -70.20 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.85'deki hasarlar oluşmuştur.



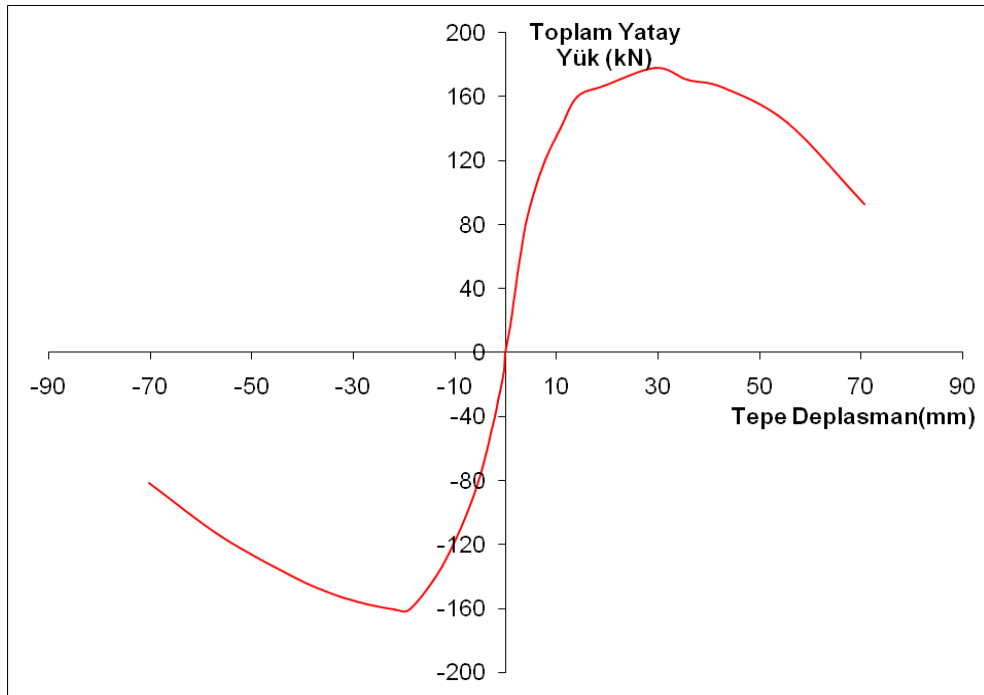


**Şekil 4.86.** Deney sonunda numunenin görünümü

Deneye tabi tutulan sıvalı tuğla duvarlı ince çelik perdeler ile güçlendirilmiş betonarme çerçeveye (CL3) ait 2. Kata gelen yük değerine karşılık, 2. Katta meydana gelen yatay yük - tepe deplasman değerlerinin eğrileri Şekil 4.87’de ve Şekil 4.88’de, değer tablosu ise Çizelge 4.3’de bilgisayar ortamında hazırlanarak verilmiştir.



Şekil 4.87. CL3'e ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman histeresis eğrisi



Şekil 4.88. CL3'e ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman zarf eğrisi

Çizelge 4.3. CL3'e ait 2. kat yatay yük - tepe deplasman değerleri tablosu

	Çevrim	Deplasman (mm)	Toplam Yük (kN)
	<b>NEGATİF</b>	17. Çevrim	-70,20
16. Çevrim		-56,20	-114,40
15. Çevrim		-42,65	-138,57
14. Çevrim		-35,29	-149,19
13. Çevrim		<b>-28,68</b>	<b>-161,32</b>
12. Çevrim		-21,88	-160,58
11. Çevrim		-18,96	-160,37
10. Çevrim		-13,93	-140,37
9. Çevrim		-10,46	-120,58
8. Çevrim		-7,56	-100,47
7. Çevrim		-5,27	-80,59
6. Çevrim		-3,56	-59,11
5. Çevrim		-2,88	-50,27
4. Çevrim		-2,15	-40,08
3. Çevrim		-1,44	-30,19
2. Çevrim		-0,91	-20,92
1. Çevrim		-0,38	-10,56
<b>BAŞLANGIÇ</b>		<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>POZİTİF</b>	1. Çevrim	0,54	10,14
	2. Çevrim	1,09	21,09
	3. Çevrim	1,50	30,97
	4. Çevrim	1,90	40,08
	5. Çevrim	2,33	49,46
	6. Çevrim	2,92	61,56
	7. Çevrim	4,03	80,72
	8. Çevrim	5,54	100,17
	9. Çevrim	7,74	120,72
	10. Çevrim	10,80	140,57
	11. Çevrim	14,14	160,00
	12. Çevrim	19,49	166,80
	13. Çevrim	<b>29,48</b>	<b>178,10</b>
	14. Çevrim	35,86	170,71
	15. Çevrim	42,93	165,79
	16. Çevrim	55,50	144,00
	17. Çevrim	70,70	92,70

#### 4.2. Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde; yapılan deneyler sonucu deney elemanlarının davranış, dayanım gibi özellikleri karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Deneyler karşılaştırılırken deney sonuçlarından elde edilen grafikler, aynı ölçekte ve tek bir grafikte çakıştırılarak karşılaştırmanın daha güvenilir yapılması amaçlanmıştır. Bu grafiklerde her bir deney elemanına ait eğri farklı renklerde oluşturulmuştur.

Daha önce Balık, Bahadır ve Ünal (2012) tarafından üretilen ve deneye tabi tutulan boş betonarme çerçeve (RF1) referans numune olarak kullanılmıştır. Bu referans numune ile üretilen deneyini gerçekleştirdiğimiz sıvalı tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçevenin (ST2) ve ince çelik levhalarla güçlendirilmiş betonarme çerçevenin (CL3) Yük-Deplasman eğrileri aynı grafik üzerinde çizilmiş ve karşılaştırması yapılmıştır. Bunun yanında her üç numunenin dayanımlarının, sünekliklerinin, rijitliklerinin ve enerji tüketimlerinin karşılaştırılması yapılmış ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Referans numune (RF1) deneyinde ulaşılan maksimum yük pozitif çevrimlerde 29.59 kN olup bu yüke karşılık gelen deplasman 55.27 mm'dir. Negatif çevrimlerde ise ulaşılan maksimum yük -37.88 kN olup bu yüke karşılık gelen deplasman -41.74 mm'dir. Deneye tabi tutulan (RF1) boş betonarme çerçeve; deplasman ölçer ve silindirik yükleme pistonunun kapasitelerini aşmamak amacıyla, en fazla 78,40 mm değerine kadar yatay yer değiştirme yapmıştır. İlk deney elemanı referans boş çerçeve (RF1) olduğundan diğer deney sonuçları, referans numune ile karşılaştırılacaktır.

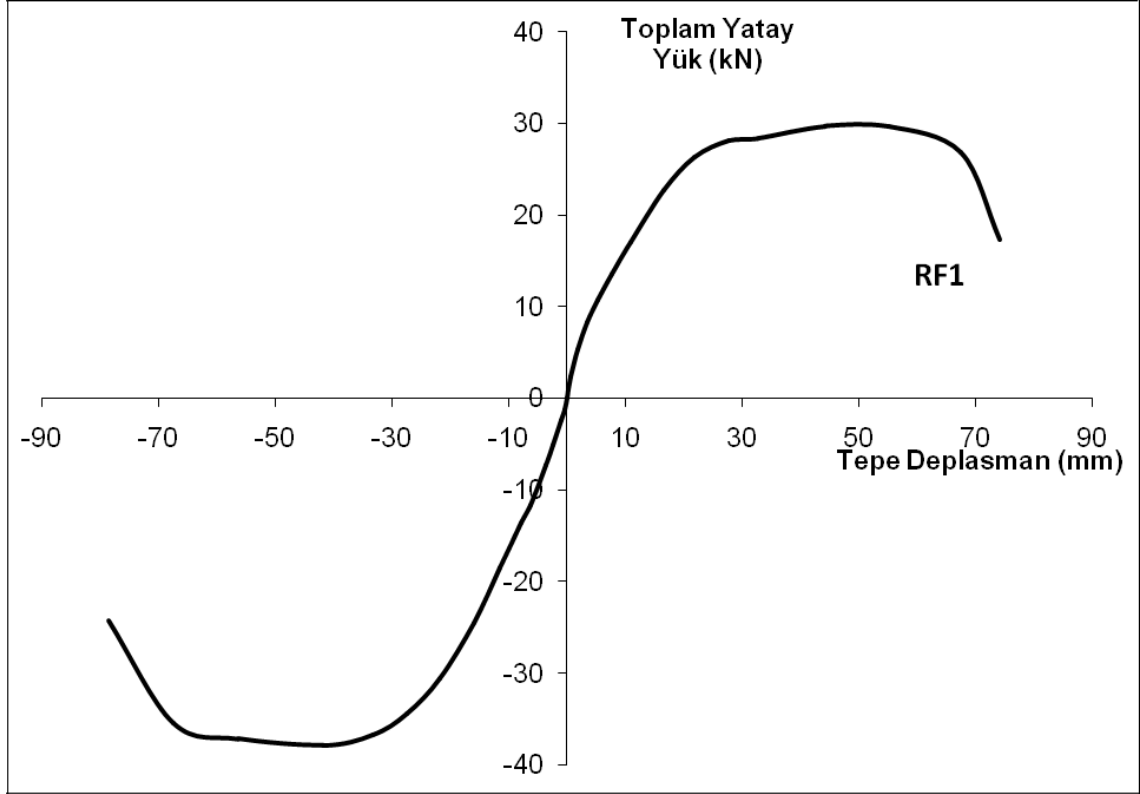
İkinci numune olan ST2 numunesi pozitif çevrimlerde 56.74 kN yüke ulaşmış ve bu yüke karşılık gelen 9.23 mm tepe deplasmanına ulaşılmıştır. Negatif çevrimlerde ise -55.73 kN yatay yüke dayanabilen ST2 numunesi bu yükte -10.33 mm tepe deplasmanına ulaşmıştır.

Üçüncü deney elemanı olan CL3 numunesi pozitif çevrimlerde 178.10 kN yatay yüke kadar dayanabilmiş ve bu yükte 29.48 mm tepe deplasmanına ulaşmıştır. Negatif çevrimlerde ise -161.32 kN yatay yüke dayanabilen deney elemanı, bu yükte -28.68 mm tepe deplasmanına ulaşmıştır.

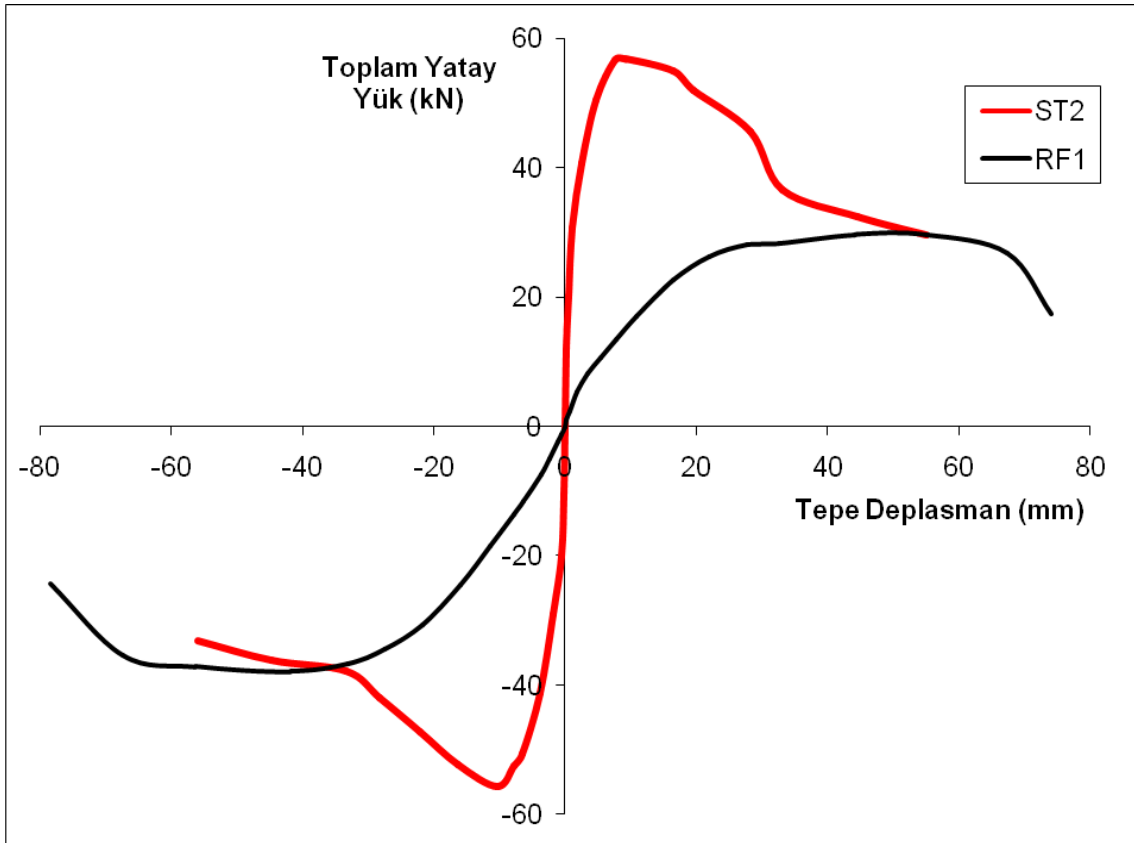
Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde referans numuneye göre güçlendirilmiş numunelerin dayanımları önemli ölçüde artmıştır. Bu artışları yüzde olarak incelemek gerekirse; referans numuneye (RF1) göre ST2 numunesi pozitif çevrimlerde % 92, negatif çevrimlerde % 47 dayanım artışı göstermiş, CL3 numunesi pozitif çevrimlerde % 502, negatif çevrimlerde % 326 daha fazla dayanım göstermiştir.

Ayrıca en yüksek dayanıma sahip olan numune CL3 numunesi olup, bu deney elemanı da ST2 numunesinden pozitif çevrimlerde % 214, negatif çevrimlerde % 189 daha fazla dayanım göstermiştir.

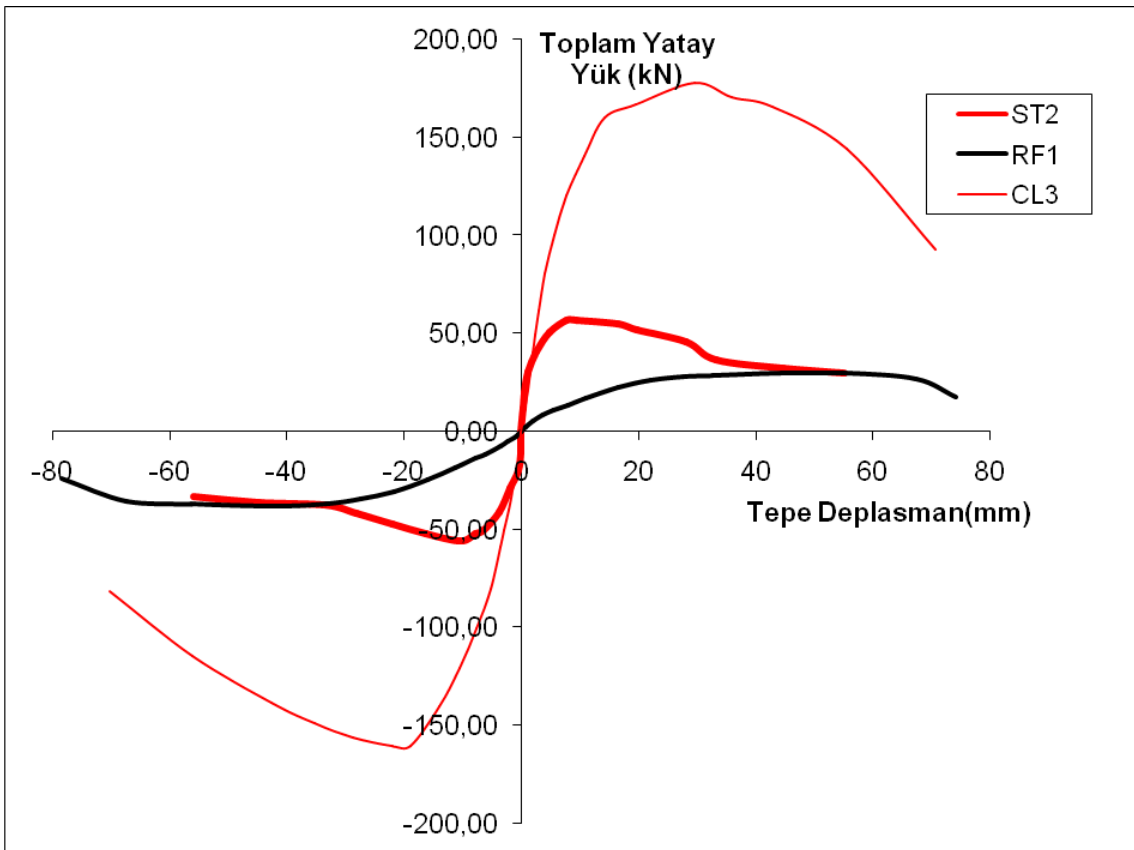
Teste tabi tutulan 3 adet deney numunesine ait toplam yatay yük-tepe deplasmanı histeresis eğrisinin oluşturduğu zarf eğrileri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.89. RF1'e ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman zarf eğrisi



Şekil 4.90. ST2'ye ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman zarf eğrisi



Şekil 4.91. CL3'e ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman zarf eğrisi

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yakın zamanda güçlendirme yöntemleri ile ilgili çalışmalar oldukça önem arz etmeye başlamıştır. Yapılan bu güçlendirme çalışmalarının çoğunda yapıların tamamen boşaltılması gerektiği görülmüştür. Ancak bu durum söz konusu olduğunda okul, hastane, devlet daireleri, öğrenci yurtları, bankalar gibi binalarda uygulandığında büyük ekonomik kayıplarla ve zaman kaybıyla karşı karşıya kalındığı görülmektedir. Bu çalışmadaki, güçlendirme yönteminde ince çelik perde levhalar düzlem dışına yerleştirildikleri için yapıların tamamen boşaltılmasına gerek kalmaması, zaman ve ekonomik kayıpların en aza indirilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmada deprem dayanımı yetersiz sünek olmayan betonarme çerçevelere sıvalı tuğla dolgu duvarların etkisi ve bu çerçevelerin düzlem dışı ince çelik perde levhalar ile güçlendirilmesi incelenmiştir.

### 5.1 Sonuçlar

Toplam 3 adet numunenin test edildiği deney serisinde depremi benzeştiren tersinir tekrarlanır yatay yükler altında çalışma yapılmıştır.

1. deney numunesi güçlendirme içermeyen ve Türk yapı stoğunda sıkça rastlanan detaylandırma hatalarına sahip güçlendirme içermeyen boş çerçevedir. Bu deney numunesi ileri çevrimlerde 29.59 kN, geri çevrimlerde 37.88 kN toplam yatay yük taşımıştır.

Güçlendirme üzerine yapılan bu çalışmada 2. deney olarak sıvalı tuğla duvarların taşıyıcı sistem üzerindeki etkilerinin görülmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda hazırlanan sıvalı tuğla duvarlı numune (ST2) statik yatay yükleme altında test edilmiştir. Bu deney numunesi ileri çevrimlerde 56.74 kN, geri çevrimlerde 55.73 kN toplam yatay yük taşımıştır.

Önerilen güçlendirme yönteminin denendiği 3. deney numunesi (CL3) ince çelik perde levhalar ile güçlendirilmiştir. Bu deney numunesi ileri çevrimlerde 178.10 kN, geri çevrimlerde 161.32 kN toplam yatay yük taşımıştır.

Çelik saç levhalarla güçlendirilmiş numune (CL3), sadece tuğlalı numuneye (CL3) göre 3.1 kat, boş çerçeveye göre 6.0 kat fazla yatay yük taşımıştır. Bu bakımdan uygulanan güçlendirme, saç levhanın 0.3 mm olmasına rağmen, yatay yük taşıma kapasitesinde deney öncesinde hedeflenenden fazla katkı sağlamıştır.

Yapılan güçlendirmelerin başlangıç rijitliğine etkisi incelendiğinde, ilk dayanım rijitliği küçükten büyüye doğru sırasıyla; referans numune (RF1), sıvalı tuğla dolgu duvarlı numune (ST2) ve ince çelik perde levhalar ile güçlendirilmiş numune (CL3) olarak belirlenmiştir. Tüm numuneler için ilerleyen deplasmanlarda çevrim rijitlikleri azalmaktadır. Deney sonuçları enerji tüketimi bakımından değerlendirildiğinde ise elde edilen enerji tüketim değerleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; ince çelik perde levhalar ile güçlendirilmiş numune (CL3), sıvalı tuğla dolgu duvarlı numune (ST2), referans numune (RF1) şeklinde tespit edilmiştir.

Bu çalışmadan anlaşıldığı üzere tuğla duvarların etkisi ile, binalardaki taşıyıcı sistemin yatay yük taşıma kapasitesinin ve rijitliklerinin son derecede arttığı gözlenmiştir. Bunun yanında tuğla duvarın varlığı betonarme çerçevenin enerji tüketme kapasitesini artırmıştır. Özellikle tuğla duvarlarda sıva kullanımının, dolgulu çerçeve sisteminin yatay göçme yükünü, yatay rijitliğini ve enerji tüketme kapasitesini önemli ölçüde artırdığı açıkça görülmüştür. Bu nedenle, uygulamada sıva yapılmasına özel önem verilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

Sıvalı tuğla dolgu duvarlı numunenin (ST2) her iki yüzüne ince çelik perde levhaların bulonlar yardımıyla bağlandığı güçlendirilmiş CL3 deney numunesinin yanal yük taşıma kapasitesinin, sünekliğinin ve rijitliğinin artmış ve deney elemanının davranışlarının önemli ölçüde iyileştiği görülmüştür.

Geliştirilen bu güçlendirme yöntemi ile güçlendirilen duvarların davranışı beklentilerin ötesinde sünek bir davranış sergilemiştir. Uygulamadan bilindiği üzere oldukça gevrek bir davranış sergileyen tuğla duvarlarda ulaşılan sünek davranışın dikkate değer ölçüde olduğu görülmüştür.

İnce çelik perde levha kullanımı tuğla dolgu duvarların düzlem dışına doğru devrilmesini ve duvarların ezilmesini oldukça geciktirmektedir. Bunun yanında levhaları sabitlerken kullanılan L ve I ilave levhaları çelik perdelerin yırtılmasını engellemektedir.

Geliştirilen güçlendirme yönteminin uygulanması sırasında yapının boşaltılmasına gerek kalmayacağı ve binada bulunan insanları ve çevredekileri rahatsız etmeden uygulanabileceği görülmüştür. Yapıların deprem kuvvetlerine karşı güçlendirilmesi için denenen ve geliştirilen yöntemin oldukça ekonomik, kullanışlı ve uygulanabilir olduğu görülmüştür.



## 5.2 Öneriler

Yurdumuzdaki yapı stoğu değerlendirildiğinde bu tür güçlendirme çalışmalarının yapılması hem bilimsel açıdan hem de yapı stoğunun ekonomik olarak iyileştirilmesi açısından son derece önem arz etmektedir.

Bu tez kapsamında denenen numunelerin, analitik çözümlemesinin de yapılması ileri çalışmaların hedefi olarak yararlı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Akdemir, B., Güneş, S. and Genç, A., 2009, Artificial neural network training models in prediction of concrete compressive strength using euclidean normalization method, *3<sup>rd</sup> Int. Conf. on Complex Systems and Applications-ICCSA 2009*, Le Havre-France, 160-165.
- Akın, S. K., 2006, Betonarme çerçevelerin çapraz çubuklar yardımıyla güçlendirilmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 350.
- Akın, A., 2011, Önüretimli beton panellerle güçlendirilmiş dolgulu betonarme çerçevelerin deprem davranışının deneysel ve analitik olarak incelenmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 339.
- Altay G., Deodatis G., Franco, G., Gulkan, P., Kunreuther, H., Lus, H., Mete E., Seeber, N. (2002). Benefit cost analysis for earthquake mitigation: evaluating measures for apartment houses in Turkey. *Second Annual IIASA-DPRI Meeting*. Istanbul.
- Altın, S., 1990, Strengthening of R/C frames with R/C infills”, Doktora Tezi, *Ortadoğu Teknik Üniversitesi*, Ankara. Corliss, R., 1993, *Pacific Overtures Times*, 142 (11), 68-70.
- Anıl, Ö. ve Altın S., 2007, An experimental study on reinforced concrete partially infilled frames, *Engineering Structures*, 29, 449-460.
- Anonim, 2006, Tarım istatistikleri özeti, DİE Yayınları, No:12, Ankara, 22-23.
- Anonymous, 1989, Farm accountancy data network, an A-Z of methodology” Commission Report of the EC, Brussels, 16-19.
- Babayani, 2012, Delikli çelik levhalarla güçlendirilmiş tuğla duvarların tersinir tekrarlanır yükler altındaki davranışı ve dayanımı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi
- Bahadır, F., 2012, Düzlem dışı perde duvarla güçlendirilmiş deprem davranışı yetersiz betonarme çerçevelerin davranışına pencere boşluklarının etkisi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 318.
- Balık, F. S., 2012, Betonarme dolgu duvarla güçlendirilmiş deprem davranışı yetersiz betonarme çerçevelerin davranışına pencere boşluklarının etkisi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 245.
- Buonopane, S.G., White, R.N., 1999, Pseudodynamic testing of masonry infilled reinforced concrete frames, *ASCE, J of Structural Engineering*, 125 (6), 578-589.
- Can, Özbek, Dolgu tuğla duvarların çelik profillerle güçlendirilmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 27, No 4, 921-929, 2012

- Dasgupta, D., 1998, Artificial immune systems and their applications, *Springer-Verlag*, Berlin - Heidelberg, 45-52.
- De Castro, L. N. and Von Zuben, F. J., 2000, Artificial immune systems: Part I- Basic theory and applications, *DCA-RT 02/00, Brasil*, 23-28.
- Diri, 2014, Düzlem doğrultusunda sıvalı tuğla duvarın betonarme çerçeve üzerindeki etkisi, Yüksek Lisans Semineri, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Güneş, S. ve Polat, K., 2009, Elektrokardiyogram (EKG) aritmi teşhisinde en az kareli destek vektör makinaları kullanımına dayalı medikal teşhis destek sistemi, *13. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, BİYOMUT-2009*, İstanbul, 170-173.
- Holland, M., 2002, *Guide to citing Internet sources* [online], Poole, Bournemouth University, [http://www.bournemouth.ac.uk/library/using/guide\\_to\\_citing\\_internet\\_sourc.html](http://www.bournemouth.ac.uk/library/using/guide_to_citing_internet_sourc.html) [Ziyaret Tarihi: 4 Kasım 2002].
- Kaltakçı, M. Y., Köken A., Korkmaz H. H., Kamanlı M., 2006, Dolgu duvarlı çelik çerçevelerin tersinir tekrarlanır yükler altında davranışı üzerinde deneysel bir çalışma, *Selçuk Üniversitesi, Mühendislik- Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, KONYA*
- Kaltakçı, M. Y., Ünal, A., Korkmaz H. H., 2011. TDY 2007'ye göre tasarlanmamış betonarme çerçevelerin düzlem dışı perde duvarla güçlendirilmesi, *Ulusal Yapı Mekaniği Laboratuvarları Toplantısı*, 14-15 Mayıs, Kocaeli.
- Korkmaz, S. Z., Kamanlı, M., Korkmaz, H. H., Döndüren, M. S., Çöğürçü, T., 2010, Experimental study on the behaviour of nonductile infilled RC frames strengthened with external mesh reinforcement and plaster composite, *Nat Hazards and Earth Syst Sci*, 10, 2305-2316.
- Mason, J., 1832, Map of the countries lying between Spain and India, 1:8.000.000, London: Ordnance Survey.
- Okyay Ç., 2006, Betonarme çerçevelerin betonarme dolgu duvarlar ile güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi
- Özbay, Y., 1999, EKG aritmilerini hızlı tanıma, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 10-15.
- Özcebe, G., Ersoy, U., Tankut, T., Erduran, E., Keskin, R.S.O., Mertol, H.C., 2003, Strengthening of Brick-Infilled RC Frames with CFRP, Research Project, YMAÜ-İÇTAG-1575, NATO Sfp977231, March.
- Özgören, M., 2006, Flow Structure in the downstream of square and circular cylinders, *Flow Measurement and Instrumentation*, 17 (4), 225-235.
- Özmen, 2007, Isparta sanayi yapılarının deprem davranışlarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta

- Sonuvar, M.O., 2001, Hysteretic response of reinforced concrete frames repaired by means of reinforced concrete infill's, Doktora Tezi, *Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara*.
- Ünal, A., 2012, DBYBHY 2007'ye göre tasarlanmamış betonarme çerçevelerin düzlem dışı perde duvarla güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 365.
- Yaşa, 2006, 1998 Ceyhan depremi, depremde hasar gören yapılar ve güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Ersan DİRİ  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Fatsa 1988  
**Telefon** : 0 507 776 85 19  
**Faks** : ~~  
**e-mail** : ersandr52@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Fatsa YDA Lisesi, Fatsa, Ordu	2006
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2012
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2015

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2012-2013	Entegre Proje Yönetim	Saha Mühendisi
2013-2014	KNG YAPI	İnşaat Mühendisi
2014-Halen	YAPISEM İnşaat San. ve Tic. A.Ş.	İnşaat Mühendisi Yönetim Kurulu Bşk. Yrd.

### UZMANLIK ALANI

1. Çelik Yapılar
2. Şantiye Teknikleri

### YABANCI DİLLER

1. İngilizce