



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME BİNALARDAKİ KOLON VE KİRİŞLERİN DEPREM KUVVETLERİNE KARŞI ÇELİK KORNİYER VE LAMALARLA GÜÇLENDİRİLMESİ

Eyyup Erdal YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan-2017
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETONARME BİNALARDAKİ KOLON VE KİRİŞLERİN DEPREM KUVVETLERİNE KARŞI ÇELİK KORNİYER VE LAMALARLA GÜÇLENDİRİLMESİ

Eyyup Erdal YILMAZ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ

2017, 88 Sayfa

Jüri

Deprem; Yerküre içerisinde oluşan hareketler ve kırılmalar nedeniyle aniden meydana gelen enerjinin sonucu ortaya çıkan titreşim dalgalarının ilerlemesiyle geçtikleri ortamları ve yeryüzünü sarsma olayıdır. Deprem, insanoğlunun dünya var olduğundan beri birlikte yaşamak durumunda kaldığı doğal bir gerçekliktir. Depremler sonucunda milyonlarca insanın yaşamını yitirdiği, sayısız yapının yıkıldığı bilinmektedir.

Dünyadaki en etkin deprem kuşaklarının üzerinde bulunan Türkiye'nin bilinen geçmişinde bu topraklarda pek çok deprem olmuş, bunların azımsanamayacak bir kısmı da önemli can ve mal kayıplarına yol açmıştır. Depreme karsı hazırlıklı olmanın en önemli unsuru, içinde yaşadığımız yapıların deprem güvenliğine sahip olmasıdır.

Ülkemizde bulunan mevcut yapıların, depreme karşı güvenliğinin sağlanabilmesi için güçlendirme yöntemlerinin geliştirilmesi önemli bir mühendislik dalıdır. Ülkemizde bulunan birçok yapı maalesef deprem kuvvetlerine karşı yeterli güvenliğe sahip değildir. Bunun nedeni olarak yanlış projelendirme, kalitesiz malzeme kullanımı, işçilik hataları gibi sebepler sayılabilir. Tüm bu sebepleri ortadan kaldırmak için çeşitli güçlendirme teknikleri uygulanmaktadır. Yapılan güçlendirme tekniklerinde esas hedef, yapıda dayanım, süneklik ve rijitliğin istenilen düzeye getirilmesidir. Binalarımızda rijitliğin alt seviyelerde olması katlar arası rölatif deplasmanların ciddi problemler teşkil etmesine neden olur. Böyle yapılarda betonarme çerçeveyi oluşturan kolon ve kirişlere çelik elemanlar yerleştirilerek güçlendirilmesi çözüm teşkil etmektedir. Bu yöntemle dayanım, rijitlik ve süneklikte artış ekonomik bir şekilde sağlanmaktadır. Ancak şüphesiz betonarme yapının çelik ile güçlendirilmesinde bağlantı detayları ve işçilik çok büyük önem arz etmektedir.

Güçlendirme uyguladığımız yapıların elastik ötesi davranışlarındaki değişimlerinin değerlendirilmesi, güçlendirme tekniklerimizin ne derece önemli olduğunun fark edilmesi için kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinde amaç belirli bir seviyede deprem kuvveti ile yapıda amaçlanan deprem davranışının görülüp görülmediğinin kontrolüdür.

Çalışmamızda yapıların güçlendirilmesini değerlendirmek için 1/3 ölçekli boş betonarme çerçeve, bu çerçevenin çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmiş halinin doğrusal olmayan analizlerinin bulunması ve sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla 'doğrusal olmayan statik itme analizleri' uygulanmıştır. Güçlendirilmiş çerçevelerin ve güçlendirme uygulanmamış çerçevenin doğrusal olmayan analizlerinden elde ettiğimiz sonuçlar incelenerek güçlendirme yönteminin yapı üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deprem davranışı, güçlendirme, çelik korniyer ve lama

ABSTRACT

MSc THESIS

STRENGTHENING OF COLUMNS AND BEAMS IN REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH STEEL ANGLE AND FLAT STEEL AGAINIST EARTHQUAKE FORCES

Eyyup Erdal YILMAZ

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN CIVIL ENGINEERING

Advisor: Asst. Prof. Dr. M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ

Year, 2017, Pages 88

Jury

-

-

-

Earthquake is the shaking of the surface of the Earth and the areas impacted by heading of the seismic waves resulting from the sudden occure of energy due to moments and refractions inside the Globe. Earthquake is a natural fact that the mankind has had to live with since the world has existed. It is known that as a result of earthquakes, millions of people have died and countless numbers of structures have collapsed.

Turkey located on the most active earthquake belt in the world has experienced lots of earthquakes in its known past and most of them have caused remarkable number of casualties and property losses. The most important component of being ready for the earthquake is having earthquake safety of the buildings we live in.

Improving the strengthening methods is an important engineering branch for being able to provide earthquake safety of current structures in our country. Unfortunately, many of the structures in our country has no sufficient safety aganist earthquake forces. Factors such as false projecting, using cheap materials and workers failures can be stated as reasons. To eradicate these reasons, some strengthening techniques are applied. The main purpose of applied strengthening techniques is taking the endurance, ductility and stiffness of the structure to the desired level. Low level of stiffness in our buildings makes interstage relative displacements cause serious problems. In these type of structures placing steel elements strengthening columns and beams which are constituting reinforced concrete frame brings the solution and with this method an increase in endurance, stiffness and ductility is economically provided. However, undoubtedly connectivity details and workmanship have great importance for strengthening concrete structure with steel.

Evaluating the change in behavior of the reinforced structures beyond the elastic limit is used for realizing how important our reinforce techniques are. The aim of nonlinear analyzing methods is to check if there is an earthquake behavior when certain level of earthquake force applied.

In our study, to evaluate strengthening of the structures, 1/3 scaled unfilled reinforced concrete frame is used. To obtain nonlinear analysis of reinforced version of this frame with steel angle and flat steels and evaluate its results ‘’non linear static repulse analysis’’ are applied. Examining the obtained results from nonlinear analysis of reinforced and unreinforced frames, the effects of the strenghtening methods on the structure have been compared.

Key words : Earthquake behavior, strenghtening, steel angle and flat steel.

ÖNSÖZ

Betonarme binalardaki kolon ve kirişlerin deprem kuvvetlerine karşı çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmesi konulu tez çalışması Yrd. Doç. Dr. M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ gözetiminde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaların her döneminde gösterdiği ilgi, anlayış ve destek için hocama minnettarım. Çalışmalar esnasında laboratuvar işlerinde yardımlarından dolayı teknisyen Yüksel ÇİFTÇİ'ye teşekkür ederim. Gerek ders döneminde gerekse tez döneminde gösterdiği destekten ötürü Doç. Dr. Mehmet KAMANLI'ya şükranlarımı sunarım. Maddi ve manevi açıdan hiçbir zaman desteğini esirgemeyen aileme de çok teşekkür ederim.

Eyyup Erdal YILMAZ

KONYA-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT v
ÖNSÖZ vi
İÇİNDEKİLER vii
1. GİRİŞ 1
1.1. Çalışmanın Amacı 1
1.2. Çalışmanın Önemi 3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 3
3.MATERYAL VE YÖNTEM 7
3.1. Deney Numuneleri 8
3.1.1. Deney numunelerinin boyutları 9
3.1.2. Deney numunelerinin detayları 12
3.1.2.1. Betonarme çerçeve detayları 12
3.1.3. Deney numunelerinin malzeme özellikleri 16
3.1.3.1. Betonarme çerçevenin malzeme özellikleri 16
3.1.3.1.1. Beton 16
3.1.3.1.2. Donatı 16
3.1.4. Deney numunelerinin hazırlanması 17
3.1.4.1. Betonarme çerçevenin hazırlanması 18
3.1.4.2. Deney elemanlarının hazırlanması 21
3.1.4.2.1 Çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmiş numune 21
3.1.4.2.2 Çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmiş ek olarak çelik çapraz atılmış numune 22
3.2. Deney Düzeneği ve Ölçüm Tekniği 23
3.2.1. Yükleme düzeneği 23
3.2.2. Ölçüm tekniği 25
3.2.2.1. Yük ölçümleri 26
3.2.2.2. Yer değiştirmelerin ölçülmesi 26
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 29
4.1. Deney Sonuçları 29
4.1.1. Deney elemanı-1 (RF1) 29
4.1.2. Deney elemanı-2 (KL2) 42
4.1.3. Deney elemanı-3 (KL3) 59
4.2. Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması 82
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 84
5.1 Sonuçlar 84

5.2 Öneriler 85
KAYNAKLAR 86
ÖZGEÇMİŞ 88

1. GİRİŞ

Ülkemiz yerkürenin en aktif ve tehlikeli deprem bölgelerinden birisini oluşturmaktadır. Ülkemizdeki bölgelere bakıldığında birçoğu birinci deprem bölgesini barındırmaktadır. Son dönemlerde meydana gelen depremlerin sonuçlarında çok ciddi can kayıpları ve hasarlar oluşmuştur. Deprem sonucu binaların durumu irdelendiğinde oluşan hasarların birçok nedeni olduğu ortaya çıkmıştır.

Binalarımızın deprem davranışlarının iyileştirilmesi ve depreme karşı performanslarının arttırılması deprem mühendisliğinin en önemli konusu haline gelmiştir. Günümüzdeki binaların deprem davranışlarının arttırılması için güçlendirme çok önemli bir hal almıştır. Bu nedenle farklı durumlar için uygun olabilecek güçlendirme yöntemlerini geliştirmek için deneysel çalışmalar yapılmalıdır.

Bu çalışmada; beton dayanımı minimum C16 olan bir yapının taşıyıcı sisteminde yatay rijitliğinin yetersizliği öngörülerek sismik performansının iyileştirilmesi planlanmıştır. Bu amaçla betonarme bir yapının kolon ve kirişleri çelik korniyer, lamalar ve kaynak yardımıyla güçlendirilmesi araştırılmıştır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Ülkemiz, çok ciddi zararlar verebilecek depremlerin yaşandığı, yerkürenin en aktif deprem kuşaklarının birinde bulunmaktadır. Türkiye'mizin yeryüzü olarak %96 nüfus olarak %98 depremle iç içe yaşamaktadır.

Ülkemizde daha önceki yıllarda meydana gelen depremlerin sonuçları bize gösterdiği mevcut yapı stoğumuzun depreme karşı dayanımını incelemek çok önemli bir hal almıştır. Ülkemizde şiddetli bir deprem sonrası oluşan tablo ile daha farklı ülkelerde aynı şiddette oluşan deprem sonrası oluşan tablonun farklılıkları, üzerinde çok ciddi incelemelerin yapılması gereken önemli bir konudur. Deprem sonrası yapılarda yapılan incelemelere göre hasar ve yıkılmanın çok çeşitli sebeplerden oluştuğu gözlemlenmektedir.

Ülkemizdeki aktif fayların üzerinde bulunan birçok yapının olası depreme dayanımı riskli bir durumdadır. Yapılan incelemelerde bu yapıların ne 1975 Deprem Yönetmeliğinin ne de şu an yürürlükte olan DBYBHY 2007'nin bazı koşullarını

sağlamadığı görülmüştür. Bu nedenle ülkemizde bulunan mevcut yapılar ciddi bir risk altındadır.

Yapının ilk adımı olan projelendirme döneminden son adımı olan uygulama zamanına kadar, mühendisin görevi güvenli, ergonomik yapılar yapmaktır. Ancak başımıza gelen depremler bu adımlarda çok büyük projelendirme, kullanılan malzeme ve uygulamada işçilik hatalarının meydana geldiğini göstermektedir.

Depremler sonucu hasarların oluşmasında; zemin etütlerinin düzgün yapılmaması, yapıda mimari ve taşıyıcı sistemin uyumsuzlukları, kesitlerin yetersiz tasarlanması, proje detaylarının yetersizliği, uygulamanın kötü olması söylenebilir. Bu sebepleri biraz daha irdeleyecek olursak karşımıza; kısa kolon, kolon kiriş birleşiminin zayıf olması, kolonların narin olması gibi nedenleri sıralayabiliriz. Bu problemlerin çözümü için mevcut binalarda güçlendirme yöntemleri gün yüzüne çıkmıştır.

Bu doğrultuda yaptığımız tez çalışmasında; betonarme çerçevenin kolon ve kirişlerini çelik lama ve korniyerlerle güçlendirerek boş çerçeveye oranla depreme karşı performanslarındaki farklılıklar irdelenmiştir. Tez kapsamında 1/3 ölçekli biri referans olmak üzere üç tane deney numunesi tersinir ve tekrarlanır yükler altında denenmiştir.

Bulunan bu değerlendirmelerin ışığında amaç:

1) Betonarme çerçevenin kolon ve kirişlerinin çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilerek yatay yük etkileri altında dayanıma katkıları araştırılmıştır.

2)) Betonarme çerçevenin kolon ve kirişlerinin çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilerek yatay yük etkileri altında rijitliğe katkıları araştırılmıştır.

3) Deprem yükleri yapıya etkimeye başladığında yapının enerji yutma kapasitesi oldukça mühimdir. Betonarme çerçevenin kolon ve kirişlerinin çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilerek yatay yük etkileri altında enerji yutma kapasitesine katkıları araştırılmıştır.

4) Betonarme çerçevenin kolon ve kirişlerinin çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilerek göçme şekilleri ve bunun sonucunda düşey taşıyıcı elemanlarda oluşan hasar durumu ve derecesi belirlenmiştir.

5) Deney sonuçlarının birbirlerine göre durumları irdelenmiştir.

1.2. Çalışmanın Önemi

Son zamanlarda yaşanılan depremlerin sonuçlarında ciddi can ve mal kayıpları oluşmuştur. Bu duruma bakıldığında mevcut yapılarımızın durumunu da düşünürsek güçlendirmenin ne kadar önemli bir konu olduğu ortaya çıkıyor. Depremin ne zaman, nerde, ne şiddette ortaya çıkacağı bilinemez bu sebeple ülkemizin tüm bölgelerinde vakit kaybetmeden güçlendirme işlemleri yapılmalıdır. Mühendisler yapının projelendirme ve yapım gibi konularda görevleri olduğu gibi güçlendirme konusunda da çok ciddi görevleri vardır. Bu çalışmanın tüm bu güçlendirme konularına ışık olması umulmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

(Anil & Altin, 2007), tarafından yapılan tez çalışmalarında 1/3 geometrik ölçekteki, bir açıklıklı iki katlı betonarme yapı elemanları betonarme dolgu duvar ile güçlendirmiş, tersinir tekrarlanır yatay yükler altında test denenmiştir. Böylece; betonarme dolgu duvarın donatı durumu, betonarme dolgu duvar ile yapı arasında ilişkiyi sağlayan donatıların detayı, çerçeve kolonlarının boyuna donatı oranı, kolondaki eksenel yük miktarındaki değişim ve çerçevenin beton basınç dayanımı gibi değişimler incelenmiştir. Bu çalışmada çerçeve ile dolgu arasında yük aktaran donatıların davranış ve dayanımı çok ciddi 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 görülmüştür.

(Buonopane & White, 1999), yaptıkları çalışmada 1/2 ölçekli, iki açıklıklı ve iki katlı tuğla dolgulu betonarme çerçeveler dinamik yükleme altında test edilerek, sisteminin depreme karşı hareketi incelenmiştir. İkinci kat tuğla duvarlarında pencere boşluğu yer bulunmaktadır. Çalışmada deneylerin sonuçlarından yola çıkılarak sistemin yanal rijitlik ve deplasman kapasitesini bulabilmek için farklı diyagonal basınç çubuğu biçimleri analitik olarak irdelenmiş ve deneysel sonuçlara en uygun diyagonal basınç çubuğu modeli incelenmiştir.

(Sonuvar, 2001), tarafından yapılan bu çalışmada, betonarme dolgular ile güçlendirilmiş betonarme çerçevelerin, tersinir-tekrarlanır yatay yükler altındaki davranışını fazlalaştırmak için, 5 adet 2 katlı, tek açıklıklı, 1/3 oranında betonarme çerçeveler düzenlenmiştir. Deney numuneleri uygulamada çokça denk gelen hatalara

sahip olarak üretilmiştir. Üretilen bu çerçeveler, yatay durumda tersinir-tekrarlanır yükler altında hasar aldıktan sonra, yerinde yapılan dolgu duvarlar ve ek güçlendirme vasıtalarıyla güçlendirilmiş ve tekrar tersinir-tekrarlanır yatay yükler ile denenerek performansları irdelemiştir. Çerçevelerin dayanım, rijitlik, enerji tüketme ve ötelenme durumları irdelenmiştir.

Çalışmanın nihayetinde;

• Betonarme dolguların durumlarının özellikle kamalara ve uygulama kalitesine bağlı olduğu görülmüştür.

• Yatay yük-deplasman durumları irdelendiğinde, betonarme dolgu ilavesine ek olarak, yapılan bölgesel güçlendirme tekniklerinin oldukça önemli olduğu gözlemlenmiştir.

• Dolgulu çerçevelerde boş çerçevelere göre 10-20 kat arasında yatayda yük taşıma kapasitesinde fazlalığı görülmüştür.

• Çerçevenin beton kalitesi birleşim çubuklarının ankrajında önem arz etmektedir.

• Görünüşte bütün dolgulu çerçevelerin eğilme taşıma gücü kapasitesine vardığı belirtilmiştir.

• İyileştirme çalışmaları ile çerçevelerin enerji yutma durumları çok ciddi oranda artış göstermiştir.

(Ozcebe, 2003), çalışmalarında ülkemizde çokça gördüğümüz 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 duruma göre her iki tarafı sıvanmıştır. Bu tipte üretilen deney elemanları, daha sonra farklı CFRP örtü uygulamaları ile güçlendirilerek test edilmiştir. Bu durumda üretilen betonarme çerçevelerin özellikleri;

• Kolon ve kirişlerin uç bölgeleri yetersiz sargı donatısına sahiptir.

• Etriyelerin kancaları 90°'dir.

• Düğümlerde enine donatı kullanılmamıştır.

• Kiriş alt donatıları, yeterli ankraj boyuna sahip değildir.

• Beton dayanımı düşüktür.

Dayanım, rijitlik ve enerji yutma karakteristikleri göz önüne alınarak deney sonuçları irdelenmiştir.

(S. Akın, 2006), yapmış olduğu, 1/5 ölçekli üç katlı üç açıklıklı betonarme sistem deneylerinde, yeni bir güçlendirme tarzı denemiştir. Bu modelde, kolon-kiriş birleşim noktasında epoksi ile ankraj yapılan, burkulma etkisinin önemsiz olduğu, çekmeye çalışan çapraz çubuklar ile yanal ötelenmenin azaltılması, rijitliğin artırılması ve dolayısıyla yatay yük taşıma kapasitesinin fazlalaştırılması hedeflenmiştir. Bu çalışmada, çekmeye çalışan çapraz çubuklar (inşaat demiri) kolon-kiriş birleşim noktalarına kolayca ankrajlanmıştır. Bu çalışmanın çerçevesinde değişik yapısal özellikteki 10 adet 1/5 ölçeğinde modellenmiş betonarme çerçeve sistemi oluşturmaktadır.

Deneysel çalışma sonucunda;

• Sistem sünekliği, ortada kuşaklama görülen yapıda çerçeve davranışına yakın hareket ederken; aynı noktaya duvar eklenmesiyle perdeli yapı gibi davranmıştır, buna göre gerek yatay yük, gerekse enerji tüketme kapasitesinde artış gözlemlenmiştir.

• Etriyeler sistem sünekliğini, enerji tüketme ve yatay yük kapasitesini artırmıştır.

• Etriye kancalarının 135 derece olması etriyenin sargı etkisini fazlalaştırmış ve bunun sonucunda yatay ve düşey yük kapasitesi olumlu etkilenmiştir.

• Etriyelerin birleşim bölgesi boyunca devam sürekli olması, birleşim noktalarında hasar oluşumunu durdurmuş ve hasarın güçsüz elemana doğru gitmesine sebep olmuştur.

• Kuşaklamanın zemin katta tüm açıklıklarda, üst katlarda ise azalarak uygulanması sistemin üst katlarında perde davranışından, çerçeve davranışına kaymasına yardımcı olmuştur.

• Betonun kalite durumu, epoksi ile yapılan ankrajın kuvvetini, yani yatay yük kapasitesini direkt etkilemiştir.

• Sünekliği kontrolde tutmak için, kuşaklamaların binanın ortasında yapılması ve kenar açıklılarda yapılması halinde ortaya çıkan boşluklu perde davranışı sonucu oluşan süneklik azalmasından kaçınılması gerektiği belirtilmiştir.

• Dolgu duvarlar, yatay yük taşıma kapasitesini artırmasının yanında, özellikle kenar açıklıklarda ciddi süneklik azalmasına neden olmaktadır.

(Anil & Altin, 2007), yaptıkları çalışma ile; 9 tane 1/3 geometrik ölçekli tek açıklıklı ve tek katlı olarak modellenen betonarme dolgu duvarlı çerçevelerin betonarme dolgularındaki boşluk alanı ve yer değiştirme irdelenmiştir. İncelenen numunelerde, parçasal dolgu duvar uzunluğunun yüksekliğe oranı ve parçasal dolgu duvarın çerçeve

içinde düzenleniş biçimleri, bu çalışmanın değişkenleri olarak düşünülmüştür. İncelemelerin sonucunda, güçlendirme yapılan elemanların dayanımının, çerçeve deney elemanı dayanımına oranının takriben 3 ile 15 kat arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

(A. Akın, 2011), çalışmalarında güçlendirme sürecinde binada yaşayan insanların güçlendirme sırasında binayı terk etmemelerini sağlayacak bir araştırma yapmıştır. Buna bağlı olarak yurdumuzdaki binalarda sürekli görülen sıkıntılara sahip 1/2 ölçekli, deprem dayanımı güçsüz, iki katlı ve bir açıklıklı bir adet güçlendirilmemiş tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçeve ve 5 adet yine aynı tip özelliklere sahip betonarme çerçeve dolgu duvarları, ön üretimli yüksek dayanımlı farklı şekillerdeki beton paneller ile güçlendirilerek deprem altında davranışlarını incelemiştir. Çalışmalarında SAP2000 programı kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda ön üretimli panel uygulamasının, mevcut betonarme binaların deprem etkilerine karşı davranışına katkıları olumlu ve olumsuz yönleriyle ortaya konulmuştur.

(Bahadır, 2012), çalışmalarında, ülkemizdeki yapılarda sürekli görülen hatalara sahip 1/3 ölçeğe sahip, iki katlı ve bir açıklıklı altı tane betonarme çerçeve, deprem yükleri altında irdelenmiştir. Başta güçlendirme yapılmamış referans numunesi kullanılmıştır. Geriye kalan numunelerde pencere boşluğu olmayan perde duvarlar ve pencere boşluğuna sahip perde duvarlar ile güçlendirilmiştir. Güçlendirme yapılan numune kolonları betonarme manto ile sarılmıştır. Deneyler sonucunda, perde duvarlar yatay yük taşıma kapasitesinde, rijitlik ve enerji yutmada ciddi seviyelerde artış göstermiştir.

(Balık, 2012), deneylerinde, 6 tane, bir açıklıklı, iki katlı, 1/3 ölçekli sünek olmayan betonarme çerçeve üretmiş ve bu numuneler pencere boşluklu yada boşluksuz dolgu duvar ile güçlendirilip deprem performansına tabi tutulmuştur. Numuneler ülkedeki sıklıkla karşılaşılan hatalara göre üretilmiştir. Baştaki numune güçlendirme yapılmayan deney numunesidir. Geriye kalanlar ise farklı yer ve büyüklükteki pencere boşluğuna sahip olan betonarme dolgu duvarlı numunelerdir. Yapılan deneylerin sonuçları betonarme dolgu duvarların, dayanım, rijitlik, enerji tüketme ve süneklik üzerindeki etkilerini ortaya koyacak şekilde değerlendirilmiştir. Deneyler sonucunda, perde duvarlar yatay yük taşıma kapasitesinde, rijitlik ve enerji yutmada ciddi seviyelerde artış göstermiştir.

(Ünal, 2012), deneylerinde 1/3 ölçeğe sahip olan 4 tane numuneyi deprem etkisine tabi tutmuştur. Baştaki numune güçlendirme yapılmayan deney numunesidir. Geriye kalan numuneler, betonarme boş çerçevesi güçlendirilmiş deney elemanlarıdır. İkinci sıradaki numune ise eksenel yük nedeniyle güçlendirme yapılması gerekli olan binayı temsil etmiştir. Bu numunede kolonlar üç taraftan mantolanarak güçlendirilmiştir. Üçüncü numune, pencere boşluğuna sahip betonarme perdeyle güçlendirilmiştir. Sonuncu numunemiz ise iki adet betonarme perde ile güçlendirilmiştir. Deney sonuçları incelenerek önerilerde bulunulmuştur.

Diri (2015), deneylerinde 1/3 ölçeğe sahip olan 3 tane numuneyi deprem etkisine tabi tutmuştur. İlk numune ülkemizde karşılaşılan hatalara göre düzenlenmiş referans numunesidir. İkinci numune boşlukların dolgu duvar uygulaması yapılmış halidir. Üçüncü numune ise dolgu duvarlı numunenin ince çelik perdelerle güçlendirilmesi ile oluşmuştur. Numunelerin deprem kuvvetlerine tabi tutularak birbirlerine göre durumlarına göre sonuç elde edilmiştir.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

Ülkemizde uzun yıllardır betonarme çerçevenin güçlendirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Teknolojik gelişmeler sonucu ortaya çıkan yeni malzeme ve yöntemler güçlendirme ile ilgili çeşitlilik sağlamaktadır. Bu çalışmalarda artış olmasının nedeni yerkürenin sarsıntılarına karşılık ülkemizdeki yapıların dayanım sağlayamaması ve yapılardaki işçiliklerin özensiz olmasıdır. Güçlendirme ihtiyacı aynı zamanda yapının kullanımının değişmesi nedeniyle; konut olarak yapılan bir binanın okul olarak faaliyet gösterme ihtiyacı gibi sebeplerle de oluşur. Yapılan deneylerin büyük çoğunluğunda ülkemizde görülen hatalardan yola çıkılarak kusurlu numuneler hazırlanıp güçlendirmeye tabi tutulduğu görülmüştür.

Araştırmamızın bu bölümünde, ülkemizde görülen hatalara göre üretilen üç adet numunenin 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,

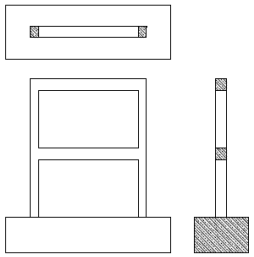
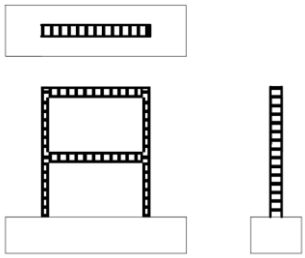
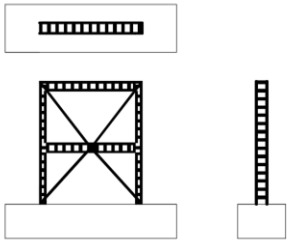
e) Kuvvetli kiriş-zayıf kolon birleşimi,

(Ünal, 2012).

3.1. Deney Numuneleri

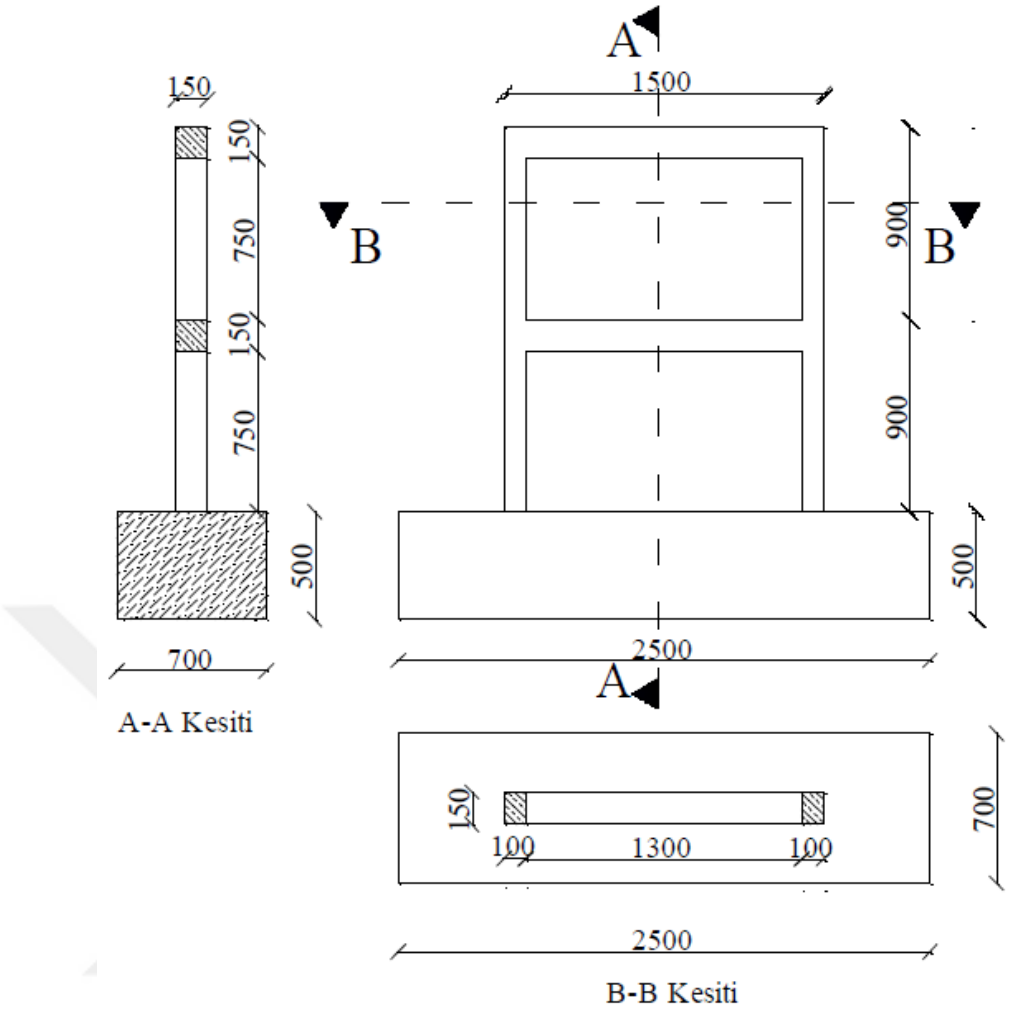
Çalışmamızda teste tabi tutulan betonarme çerçeveler tek açıklıklı ve 2 katlı olarak yapılmıştır. Numunelerimizin tüm özellikleri tamamen aynıdır. Çerçevelerimizin boyutları, ülkemizdeki bina stoğunun yükseklik ve açıklık ile kolon kiriş durumlarına dikkat edilerek 1/3 ölçekle hazırlanmıştır. Numunelerimizin kat yüksekliği 900 mm, çerçeve açıklığı ise dıştan dışa 1500 mm'dir. Güçlü kiriş – zayıf kolon görülmesi için, kiriş boyutlarımız 150x150 mm ve kolon boyutlarımız ise 100x150 mm olarak projelendirilmiştir. Çerçevemizin mesnetlendiği temel ise 500x700x2500 mm boyutundadır. Bu çalışmada deneye tabi tutulan numunelere; çelik korniyer ve lamalarla birlikte kaynak işlemine tabi tutularak güçlendirilmiştir.

Çizelge 3.1. Deney numunelerinin genel özellikleri

Deney Numarası	**Deney Numunesinin Özellikleri**	**Deney Numunesi**
1. Deney	Betonarme Boş Çerçeve	
2. Deney	Çelik Korniyer ve Lamalarla Güçlendirilmiş Betonarme Çerçeve	
3. Deney	Çelik Korniyer ve Lamalarla Güçlendirilmiş Ek Olarak Çelik Çapraz Atılmış Betonarme Çerçeve	

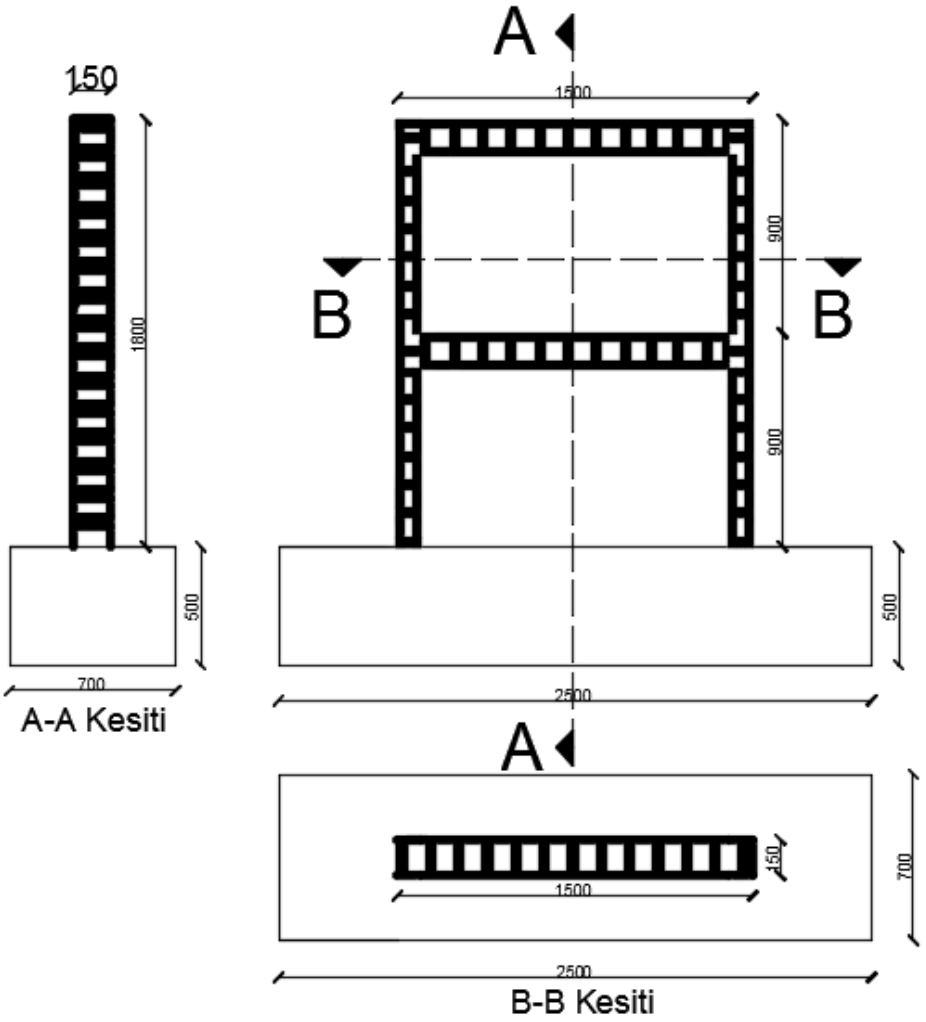
3.1.1. Deney numunelerinin boyutları

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).



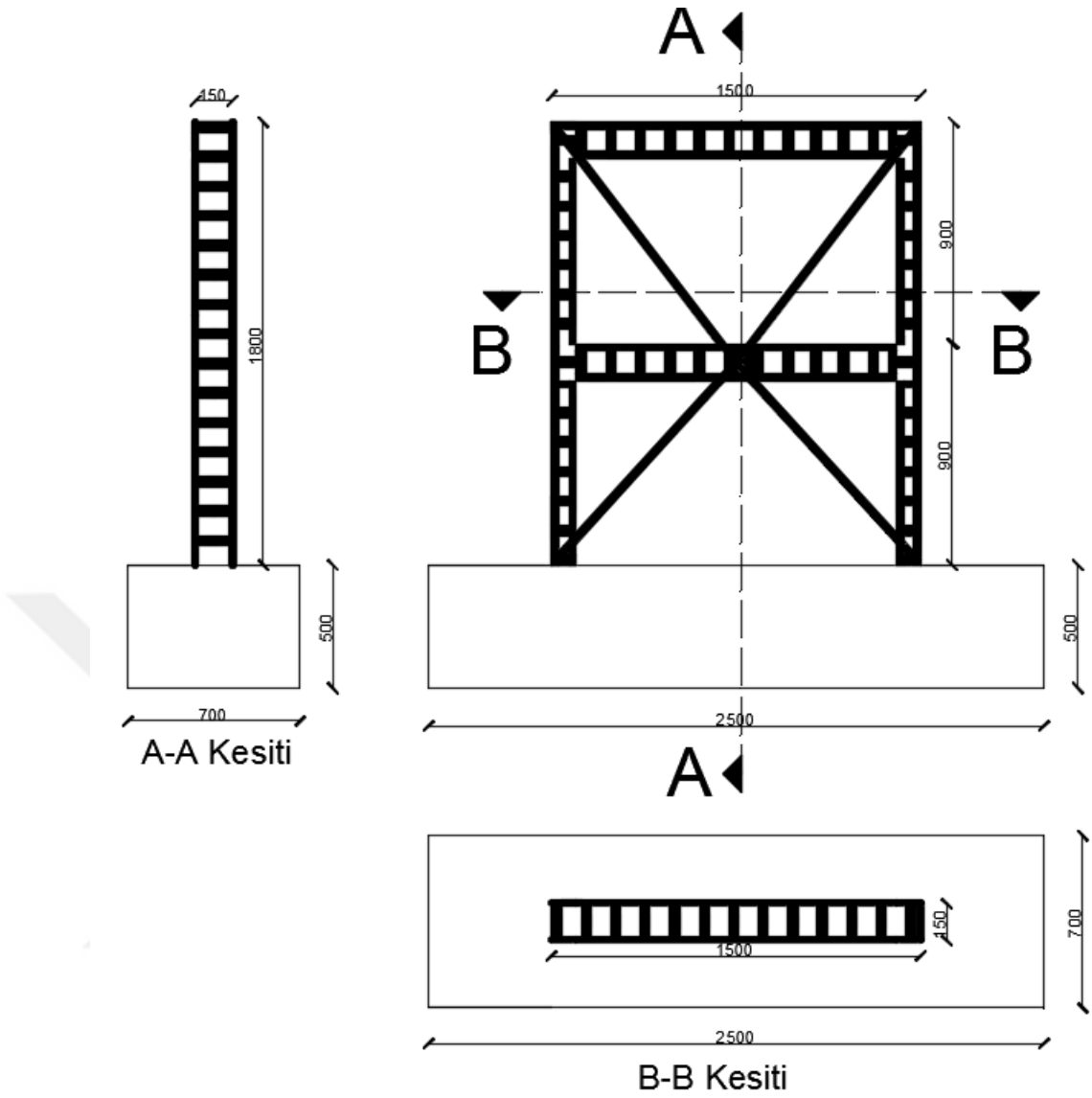
Şekil 3.1. Referans boş betonarme çerçevenin boyutları (ölçüler mm'dir)

Çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmiş betonarme çerçeve referansımız olan boş çerçevemiz ile aynı betonarme özelliklere sahiptir. Referans numunemize ek olarak kolon ve kiriş etrafları çelik korniyer ve lamalarla kaynak yardımıyla güçlendirme uygulanmıştır. Bu numuneye ait boyutlar Şekil 3.2' de verilmiştir.



Şekil 3.2. Çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmiş betonarme çerçeve (ölçüler mm'dir)

Çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmiş betonarme çerçeve referansımız olan boş çerçevemiz ile aynı betonarme özelliklere sahiptir. Referans numunemize ek olarak kolon ve kiriş etrafları çelik korniyer ve lamalarla kaynak yardımıyla güçlendirme uygulanmış artı olarak çelik korniyerler ile çaprazlar kaynak yardımıyla montajlanmıştır. Bu numuneye ait boyutlar Şekil 3.3' de verilmiştir.



Şekil 3.3. Çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmiş ek olarak çelik çapraz atılmış betonarme çerçeve (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 fc=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; ρ=0,0105'tir. Bu donatı oranı TS500'de belirtilen sınırlar dahilindedir.

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

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

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

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;

Etriye çapı en az $\varnothing_l/3=8/3=2,67mm$ (3.3)

Etriye aralıkları $s\leq 12\varnothing_l=12\times 10=120mm$ (3.4)
200/3=67mm

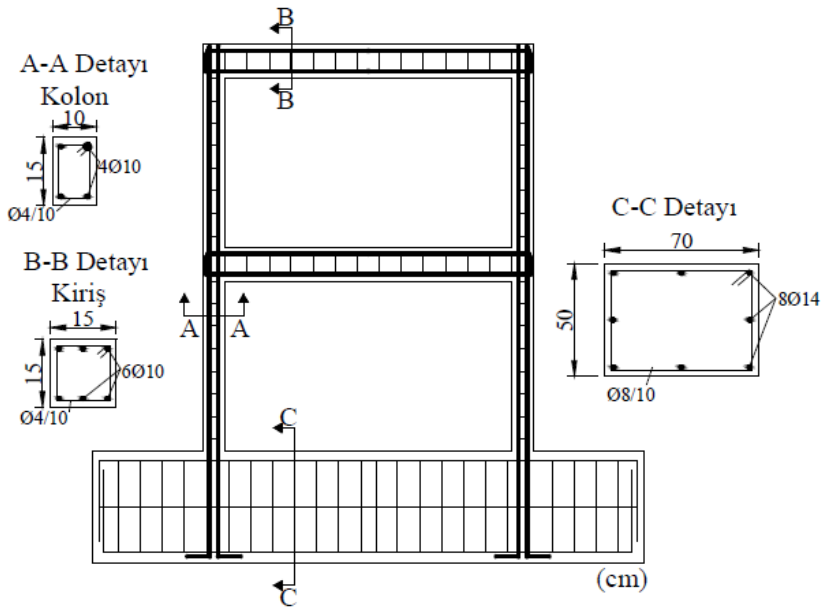
Kirişler için;

Etriye çapı en az $\varnothing_l/3=8/3=2,67mm$ (3.5)

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

Bu sebeplerden dolayı 1/3 ölçekli deney elemanlarında kolon ve kirişlerde Ø6/50 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 8Ø14 boyuna donatı kullanılmış, Ø8/100 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^{o} 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	
ϕ8	384	390	486	489	S420, Temel enine donatıları
	402		497		
	384		483		
ϕ10	394	394	644	643	S420, Kolon ve kiriş boyuna donatıları
	396		645		
	391		640		
ϕ14	363	367	452	456	S420, Temel boyuna donatıları
	375		456		
	364		459		

3.1.4. Deney numunelerinin hazırlanması

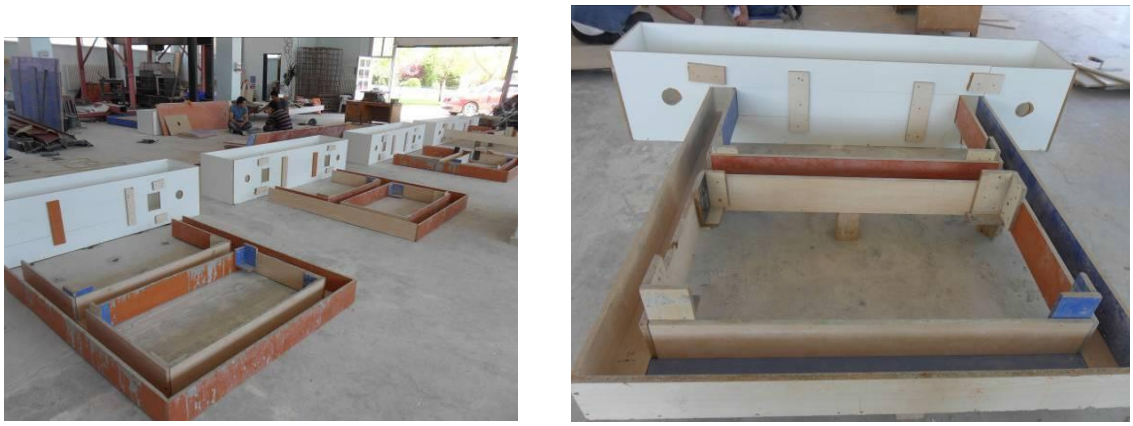
Deney numuneleri Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Deprem Laboratuvarında hazırlanmıştır. Hazırlanan deney elemanlarının çerçeve özelliklerinin aynı olması istendiğinden hepsi aynı anda hazırlanmış, daha sonra güçlendirme elemanlarının montajları yapılmıştır.

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. Temellerde 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 suntadan 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 Çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmiş numune

Daha önce belirtildiği gibi hazırlanan betonarme boş numune çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmiştir. Güçlendirme işleminde 30*30*3 mm korniyer ve 40*3 mm lamalar kullanılmıştır. Kullanılan malzemeler Şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12. Korniyer ve lama örnekleri



Şekil 3.13. Boş betonarme çerçeve beton dökümü



Şekil 3.14. Çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmiş numune

3.1.4.2.2 Çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmiş ek olarak çelik çapraz atılmış numune

3.1.4.2.1.'de anlatıldığı gibi hazırlanan çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmiş çerçeveye ek olarak çelik çaprazlar kaynak yardımıyla eklenilmiştir.



Şekil 3.15. Çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmiş ek olarak çelik çapraz atılmış numune

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.

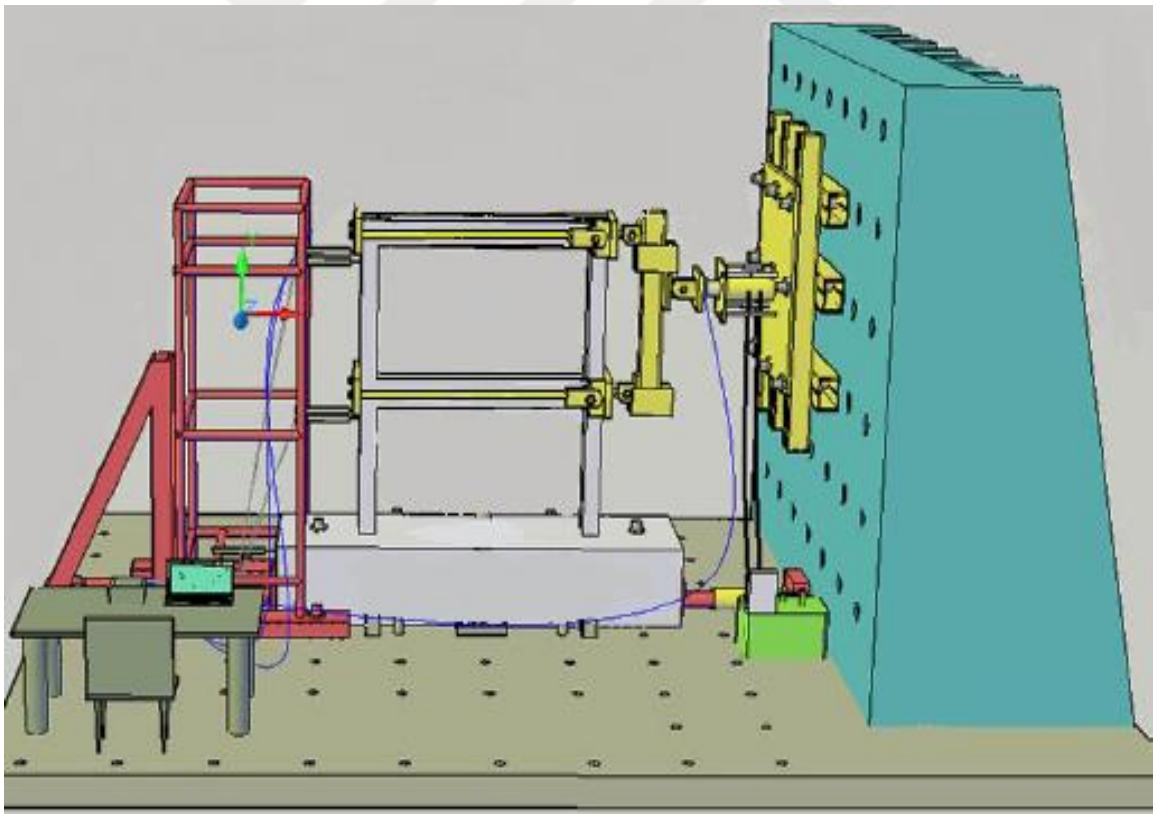
Yerleştirilen betonarme numuneler, yüksek dayanımlı çelik millerin laboratuvar döşemesindeki deliklerden geçirilmesi ile döşemeye sabitlenmiştir. Yükleme sistemi ise dayanma duvarında bulunan delikler sayesinde sabitlenmiş ve numuneye pistonlar aracılığı ile yatay yük aktarımı gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar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

3.2.1. Yükleme düzeneği

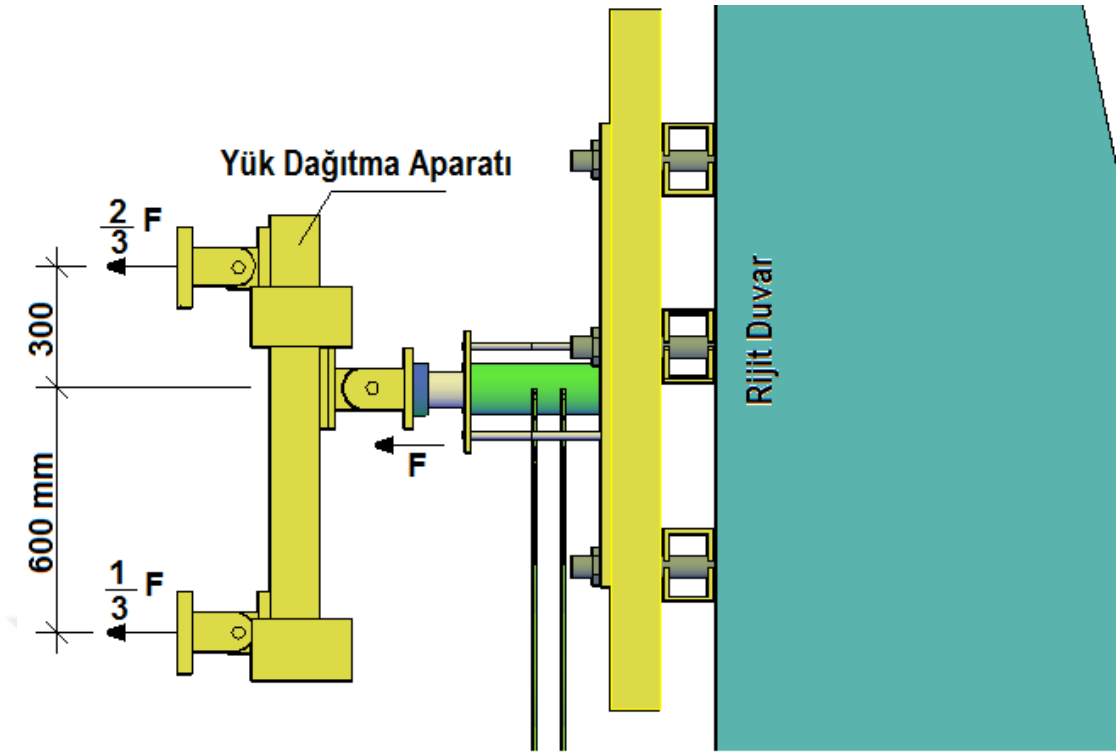
Deney numuneleri 500 kN basınç, 500 kN çekme kuvveti kapasiteli bir hidrolik silindir aracılığıyla yüklenmiştir. Deney sırasında yapacağımız yük ölçümlerini okuyabilmek için hidrolik silindire yük hücresi (loadcell) bağlanması gerektiğinden, silindirin ucuna yiv açılmıştır. Böylece hem basınç hem de 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 mafsallı 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, 2012).

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 "I" 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.



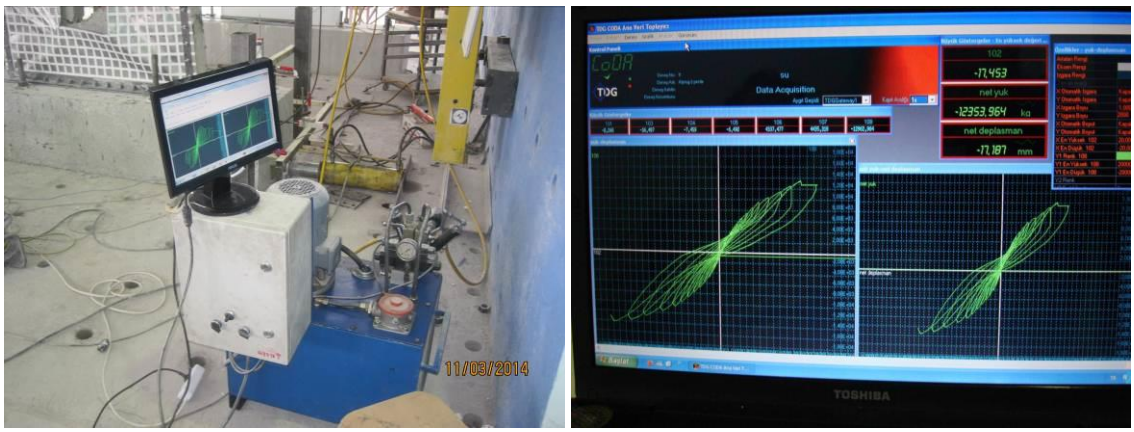
Şekil 3.16. Deney düzeneğinin görünümü (Balık, 2012)



Şekil 3.17. Yükleme düzeneğinin görünümü (Balık, 2012)

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.



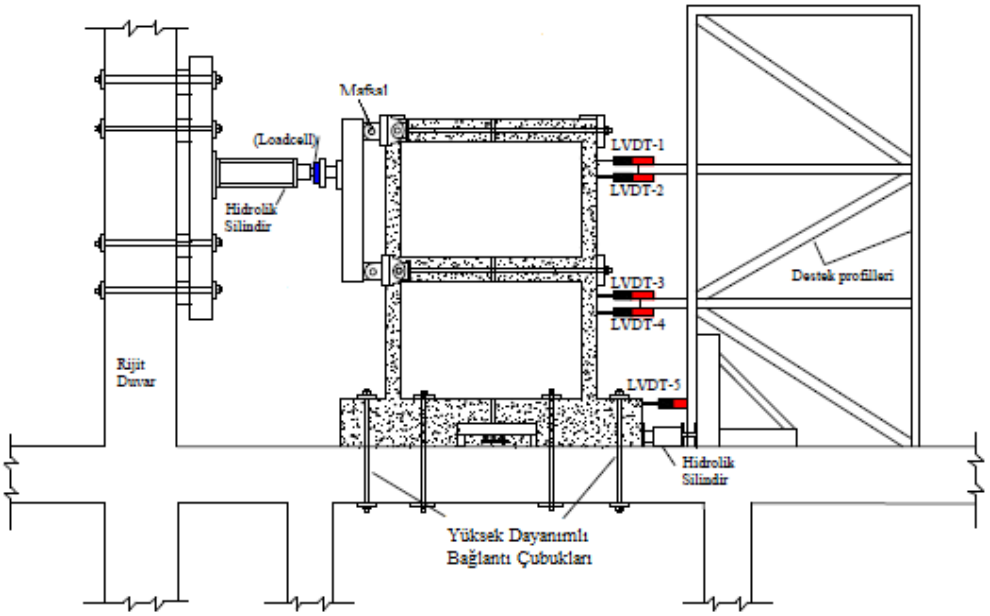
Şekil 3.18. Veri toplama sistemi

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.

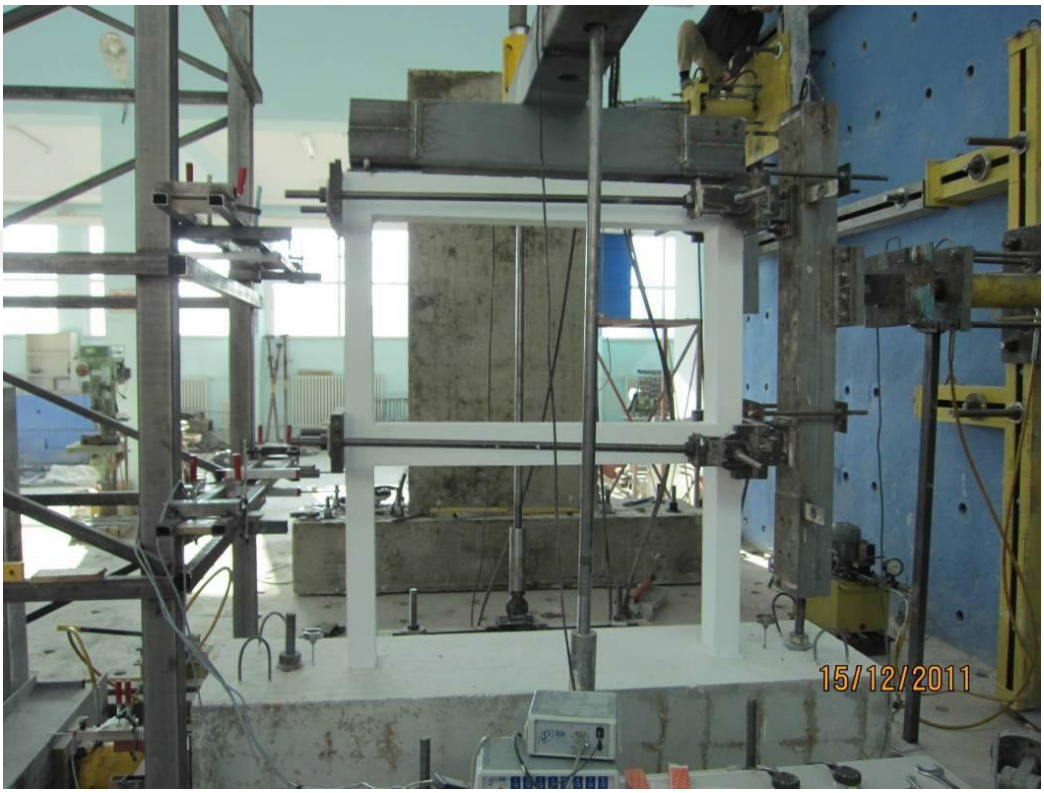
3.2.2.2. Yer değiştirmelerin ölçülmesi

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 3.19. Deneye tabi tutulan betonarme çerçeve (Ünal, 2012)

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 3.20’de, “Sıvalı Tuğla Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçeve” numune Şekil 3.21’de, ve “İnce Çelik Perde Levhalar İle Güçlendirilmiş Betonarme Çerçeve” numune Şekil 3.22’de verilmiştir.



Şekil 3.20. Referans boş betonarme çerçeve deneyinde kullanılan yükleme ve ölçüm düzeneği (Ünal, 2012)



Şekil 3.21. Çelik korniyer ve lama ile güçlendirilen betonarme çerçevede kullanılan yükleme ve ölçüm düzeneği



Şekil 3.22. Çelik korniyer ve lamalara ek olarak çelik çapraz ile güçlendirilen betonarme çerçevede kullanılan yükleme ve ölçüm düzeneği

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Tezimizin bu bölümünde çerçevelerimiz tersinir tekrarlanır deprem kuvvetleri altında test edilmiş ve sonuçları irdelenmiştir. Çerçevelerimiz farklı dayanımlara sahip oldukları için hepsine aynı yükleme programı uygulanmıştır. Teste tabi tutulan numunelerimiz üçgen yük dağılımı prensibine göre 2. kata 2 birim, 1. kata 1 birim yük uygulanarak yüklenmiştir. Yaptığımız bütün deneylerde ilk olarak yük kontrollü başlanıp, yük deplasman eğrisi yatay konuma gelince yani akma sınırına ulaştığımızda, deplasman kontrollü olacak şekilde devam edilip, çerçevelerimizde ciddi hasarlar oluşana kadar sürdürülmüştür.

Deneylerimizde yükleme esnasında oluşan çatlaklar güçlendirme elemanlarının izin verdiği kadarıyla işaretlenip kayıt altına alınmıştır. Çerçevelerimizde en son çevrimin akabinde meydana gelen hasarlar fotoğraf ile kayıt altına alınmıştır. Deney sonuçları belirtildikten sonra çerçevelerin birbirlerine göre durumları 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

Çalışmada ilk 4 çevrimde çatlak görülmemiştir. Çalışmada 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).



YÜK: 10,70 kN TEPE DEPLASMANI: 5,41 mm

Şekil 4.2. Pozitif 5. Çevrim deney numunesinin görünümü

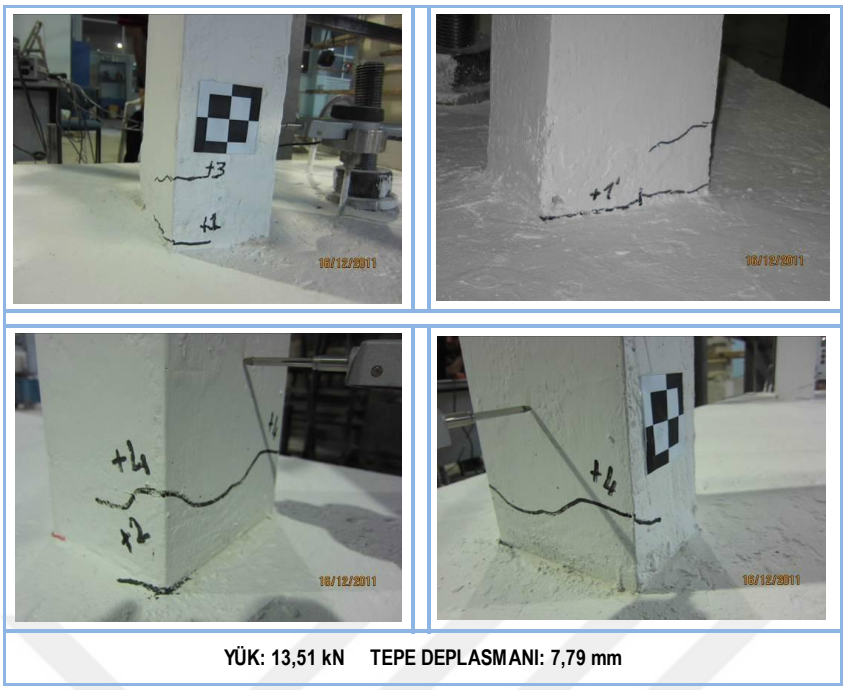
Pozitif 5. çevrimde; 10.70 kN toplam yük ve karşılık gelen 5.41 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.2'deki hasarlar oluşmuştur.



YÜK: -11,61 kN TEPE DEPLASMANI: -6,22 mm

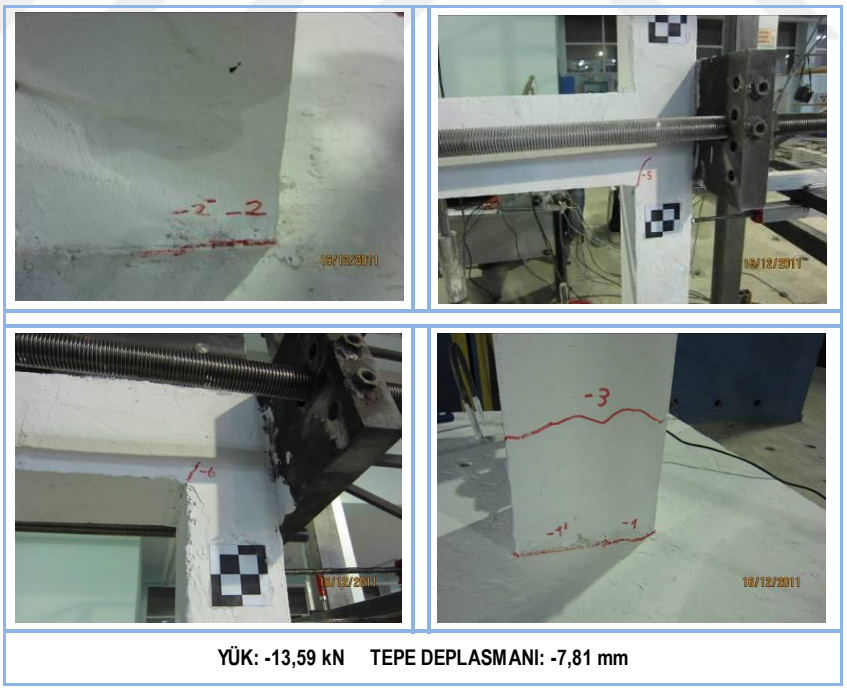
Şekil 4.3. Negatif 5. Çevrim deney numunesinin görünümü

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



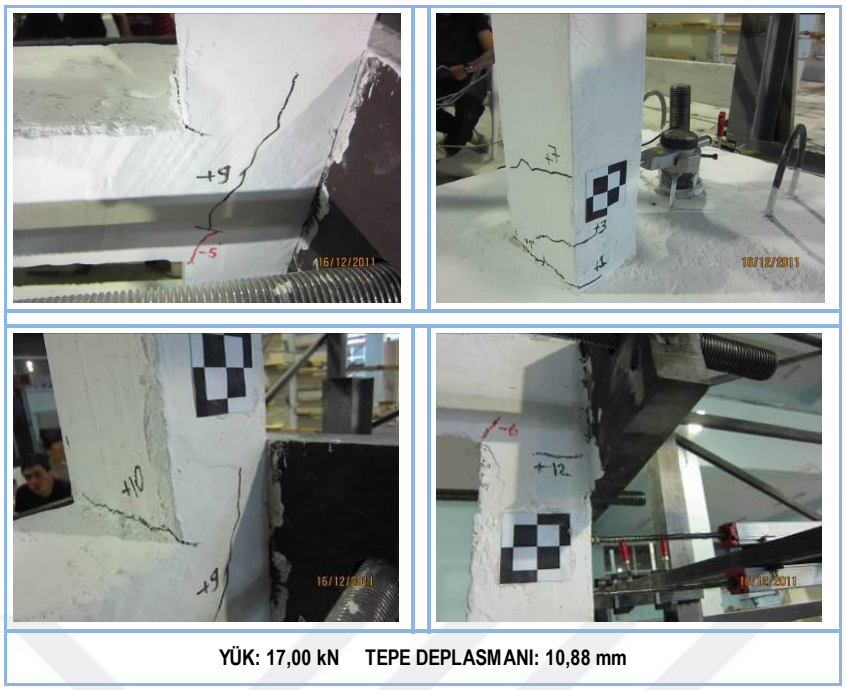
Şekil 4.4. Pozitif 6. Çevrim deney numunesinin görünümü

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



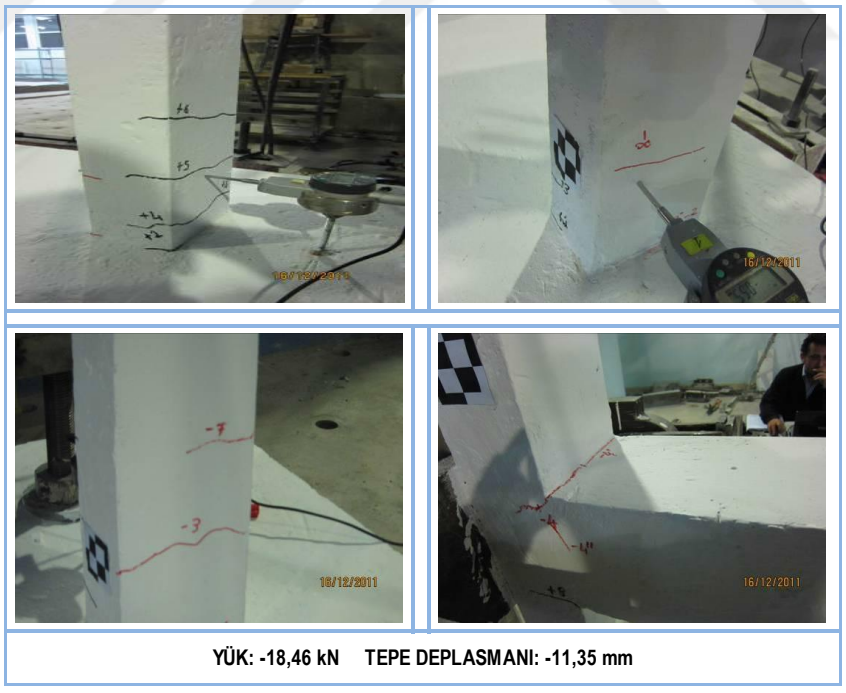
Şekil 4.5. Negatif 6. Çevrim deney numunesinin görünümü

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



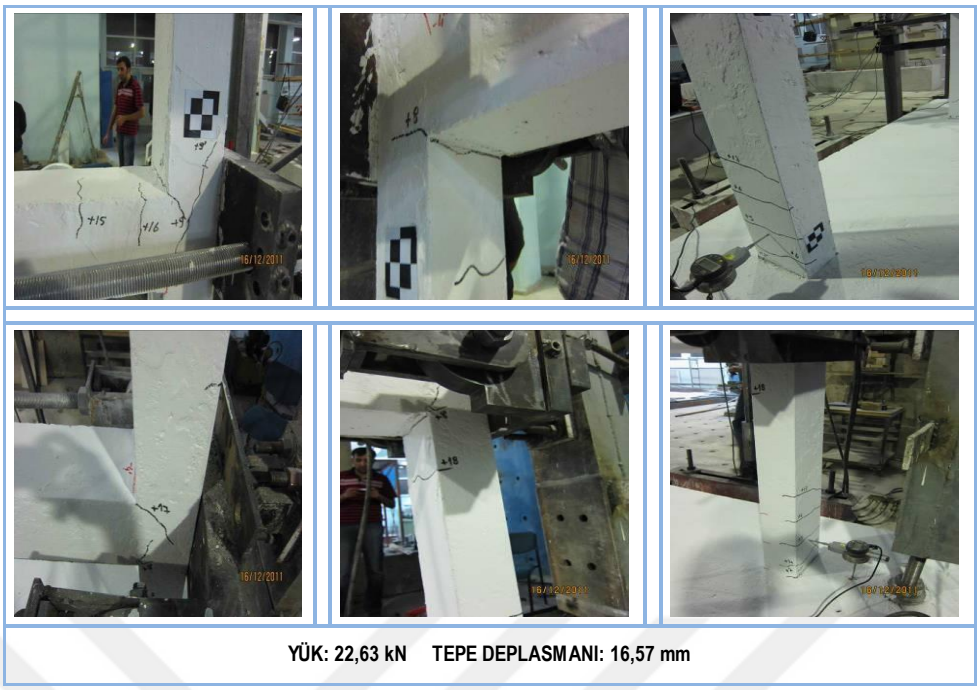
Şekil 4.6. Pozitif 7. Çevrim deney numunesinin görünümü

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



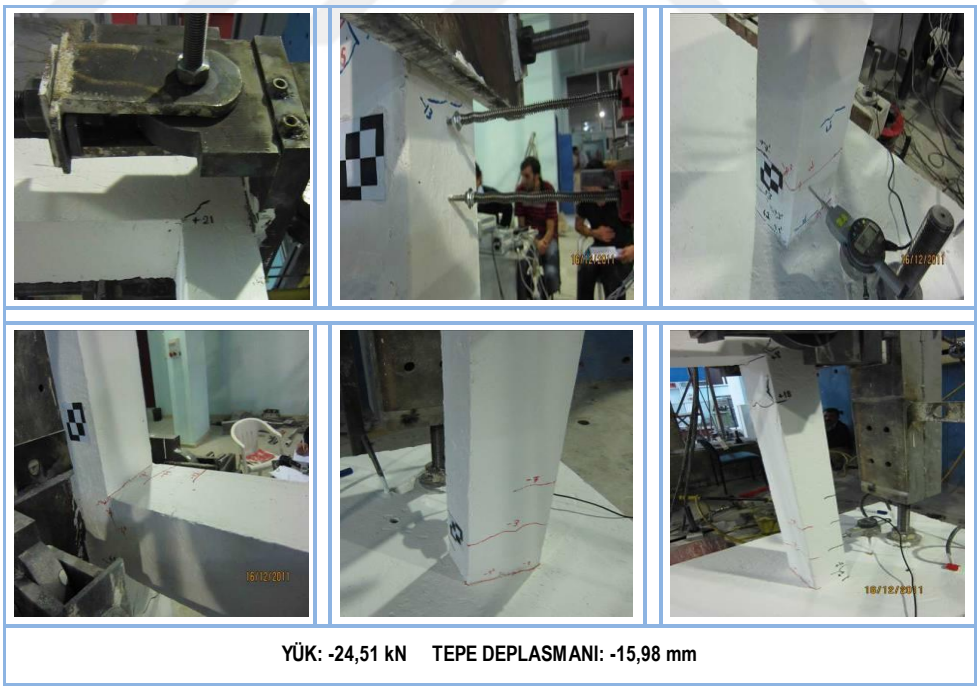
Şekil 4.7. Negatif 7. Çevrim deney numunesinin görünümü

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.



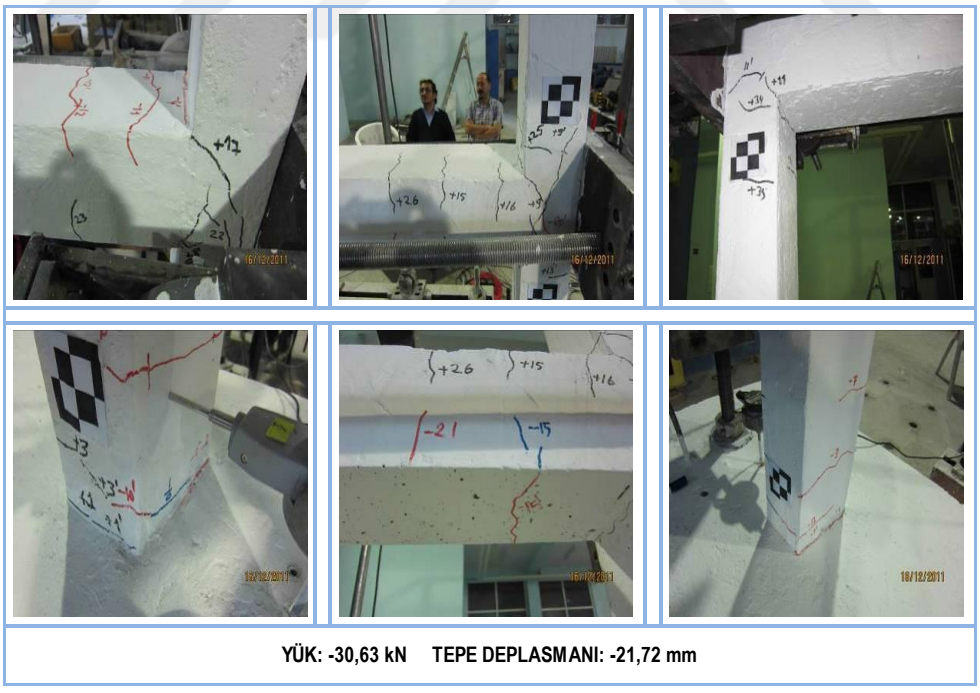
Şekil 4.9. Negatif 8. Çevrim deney numunesinin görünümü

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.



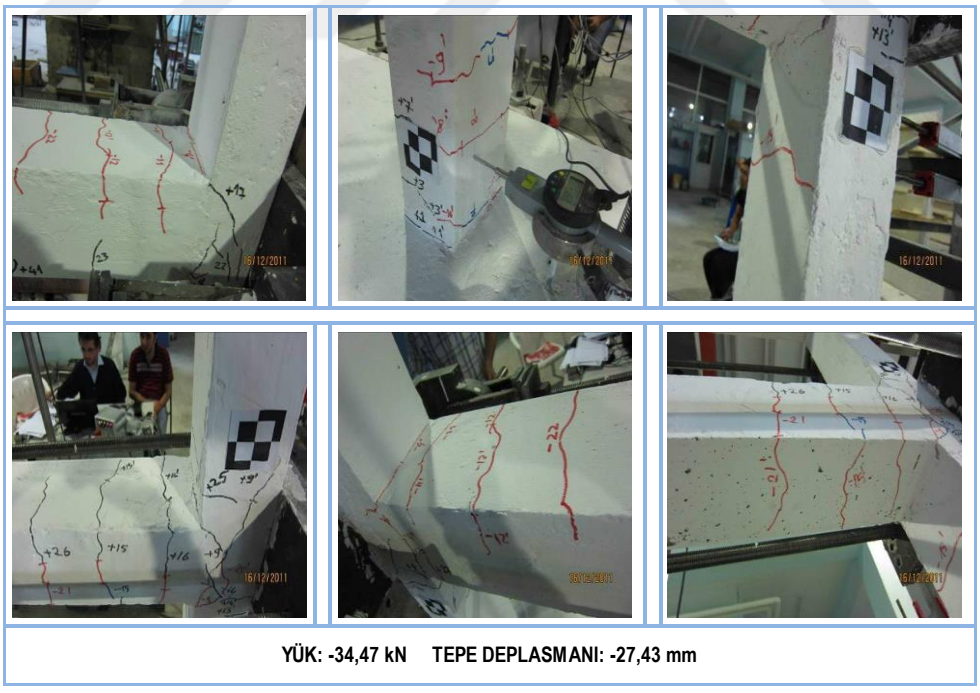
Şekil 4.11. Negatif 9. Çevrim deney numunesinin görünümü

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 görünümü

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



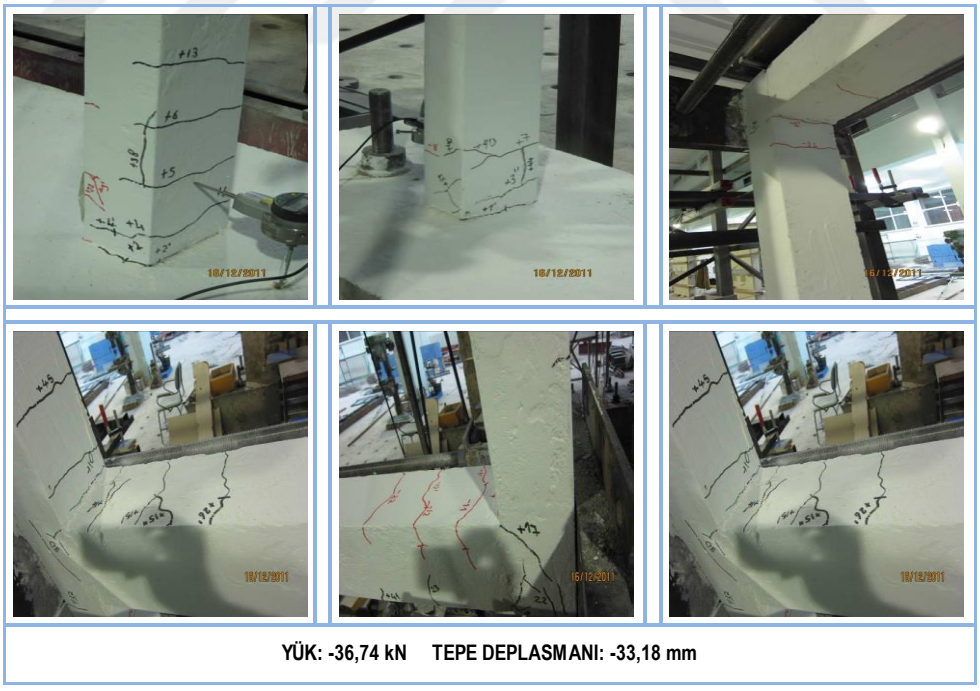
Şekil 4.13. Negatif 10. Çevrim deney numunesinin görünümü

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



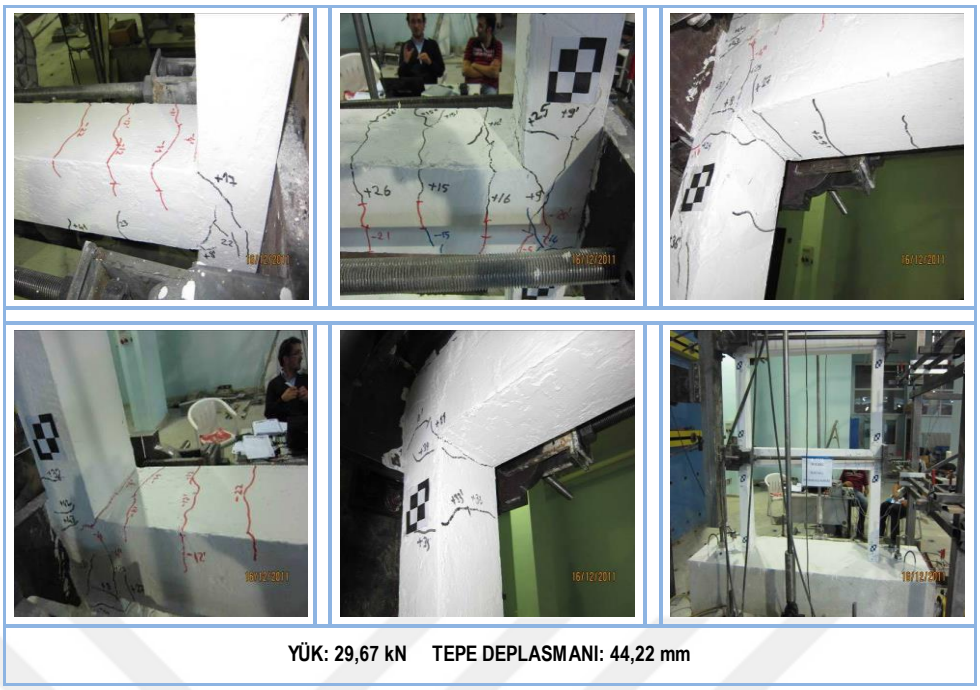
Şekil 4.14. Pozitif 11. Çevrim deney numunesinin görünümü

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



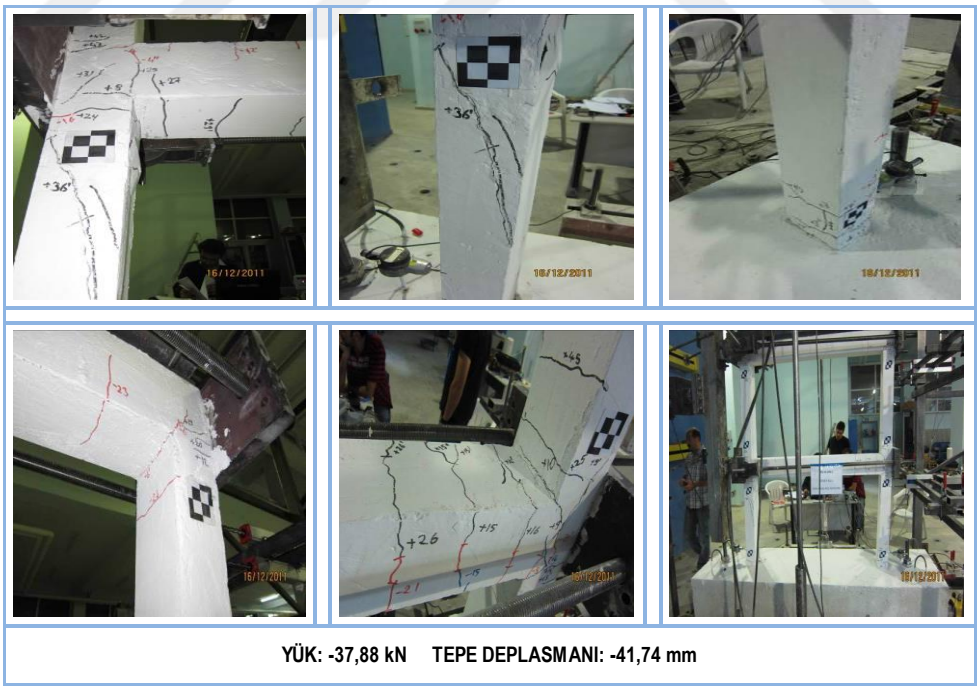
Şekil 4.15. Negatif 11. Çevrim deney numunesinin görünümü

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



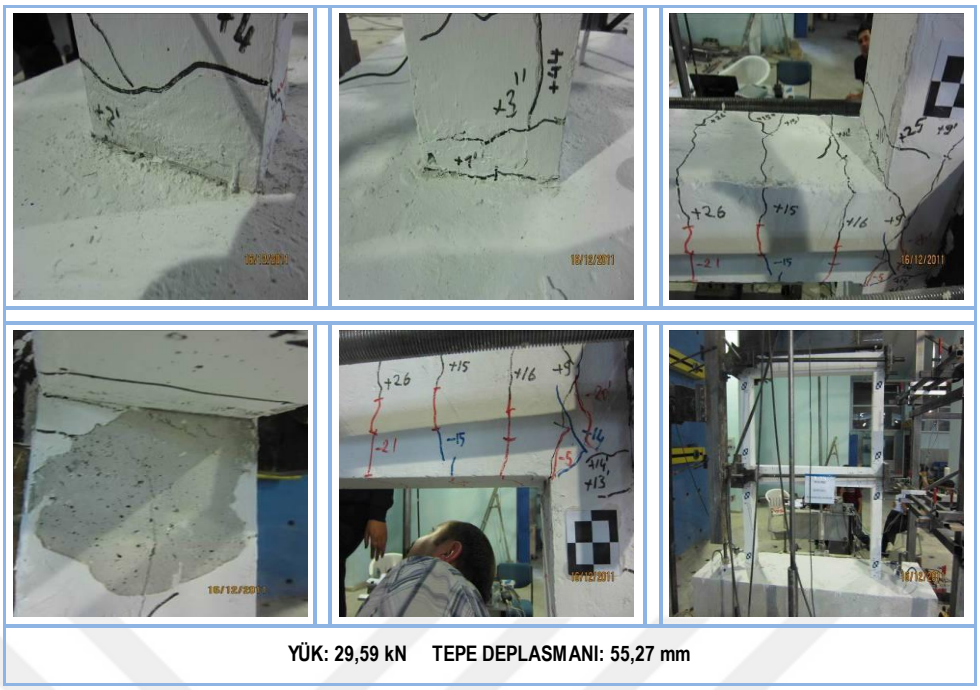
Şekil 4.16. Pozitif 12. Çevrim deney numunesinin görünümü

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



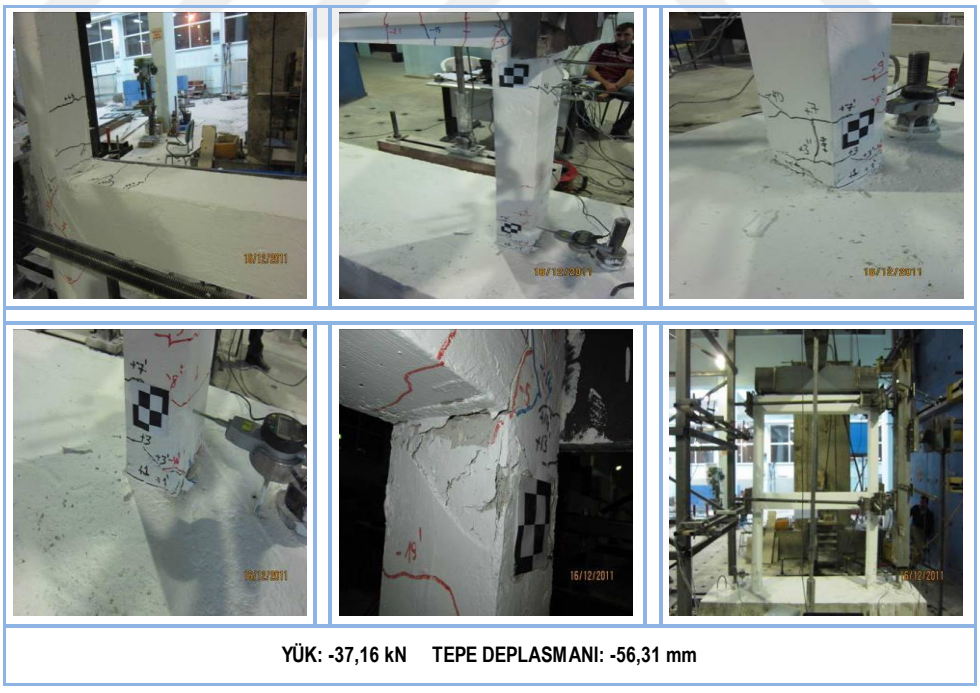
Şekil 4.17. Negatif 12. Çevrim deney numunesinin görünümü

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 görünümü

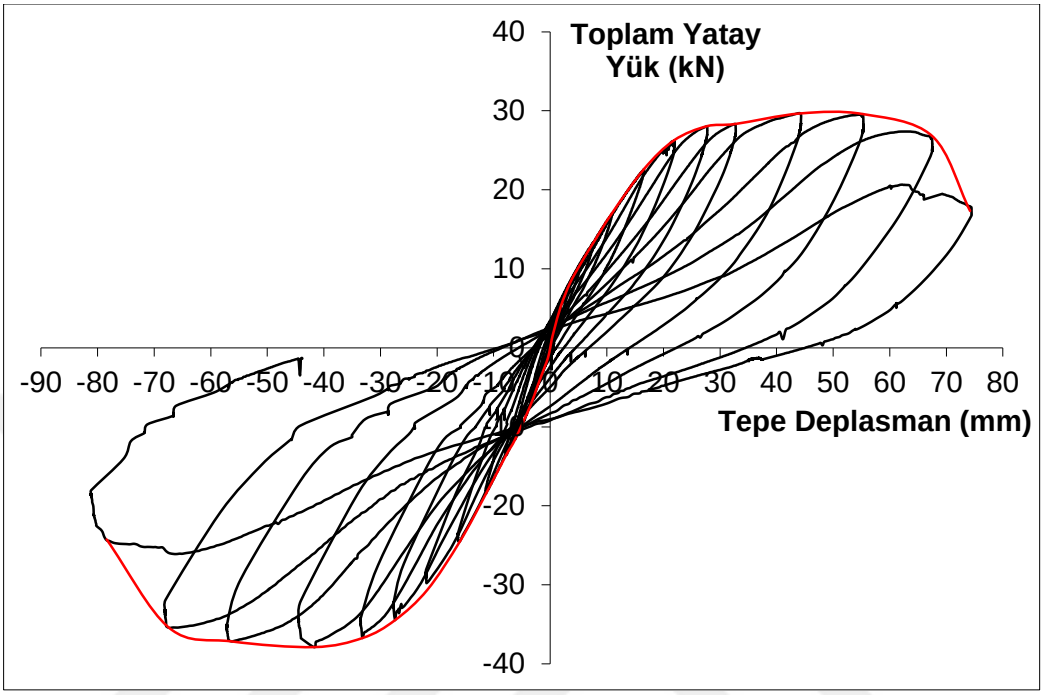
Pozitif 13. çevrimde; 29.59 kN toplam yük ve karşılık gelen 55.27 mm tepe deplasmanına ulaşılmış ve Şekil 4.18'deki hasarlar oluşmuştur.



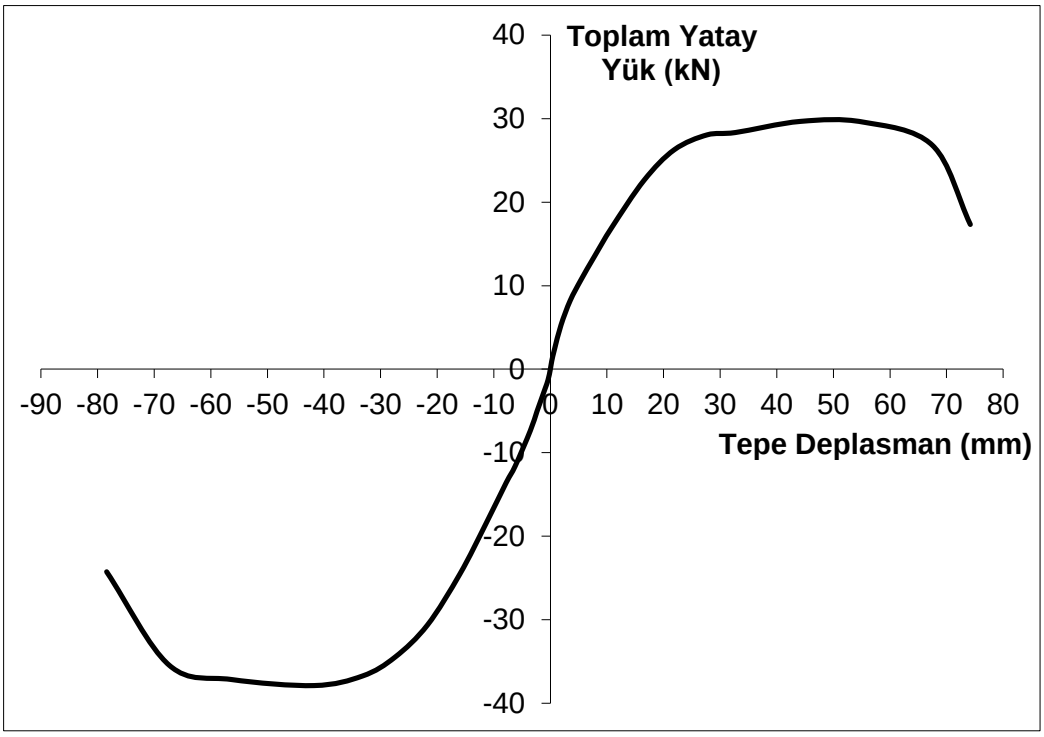
Şekil 4.19. Negatif 13. Çevrim deney numunesinin görünümü

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

Numunemiz (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

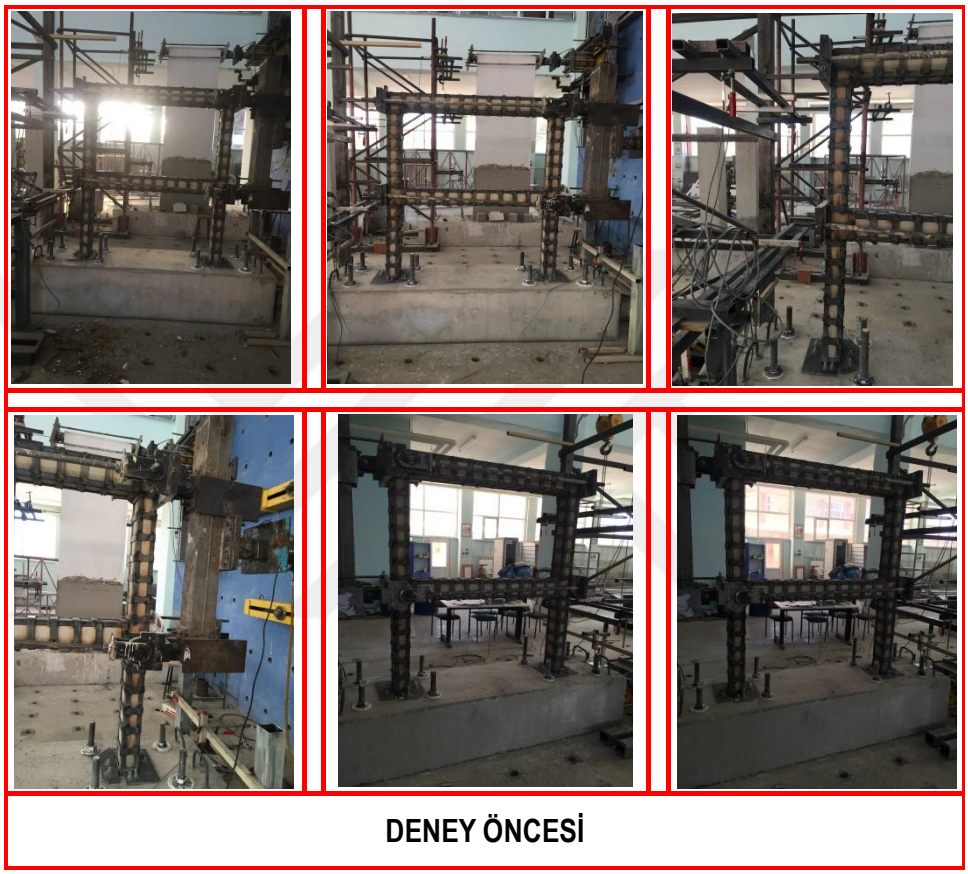
Çizelge 4.1. RF1'e ait 2. kat yatay yük - tepe deplasman değerleri tablosu

	Çevrim	Deplasman (mm)	Toplam Yük (kN)
NEGATİF	15. Çevrim	-78,4	-24,26
	14. Çevrim	-67,34	-35,45
	13. Çevrim	-56,31	-37,16
	12. Çevrim	**-41,74**	**-37,88**
	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	-2,4
	1. Çevrim	-0,41	-1,29
BAŞLANGIÇ		0	0
POZİTİF	1. Çevrim	0,24	0,98
	2. Çevrim	0,74	2,42
	3. Çevrim	1,88	5,28
	4. Çevrim	3,5	8,21
	5. Çevrim	5,41	10,7
	6. Çevrim	7,79	13,51
	7. Çevrim	10,88	17
	8. Çevrim	16,57	22,63
	9. Çevrim	21,9	26,28
	10. Çevrim	27,72	28,06
	11. Çevrim	32,7	28,34
	12. Çevrim	**44,22**	**29,67**
	13. Çevrim	55,27	29,59
	14. Çevrim	67,5	26,81
	15. Çevrim	74,2	17,33

4.1.2. Deney elemanı-2 (KL2)

Rijit duvar ve deney sistemine montajlanan numuneye yatay yönde kuvvet uygulanmıştır. Çerçeveye etkiyen yük ve bunun sonucunda oluşan deplasman LVDT'ler yardımıyla bilgisayara kayıt edilmiştir.

KL2 numunesi RF1'den farklı olarak korniyer ve lamalar ile güçlendirilmiştir.



Şekil 4.22. Sisteme montajlanan numunenin görünümü



Şekil 4.23. Numune üzerinde kiriş ve kolonların numaralandırılması



Şekil 4.24. Sisteme montajlanan numunenin görünümü



Şekil 4.25. Sisteme montajlanan numunenin görünümü

Pozitif 1. Çevrimimizde; 5 kN toplam yüke karşılık olarak 0.54 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Negatif 1. Çevrimimizde; -5 kN toplam yüke karşılık olarak -1.98 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Pozitif 2. Çevrimimizde; 10 kN toplam yüke karşılık olarak 1.71 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Negatif 2. Çevrimimizde; -10 kN toplam yüke karşılık olarak -3.44 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Pozitif 3. Çevrimimizde; 15 kN toplam yüke karşılık olarak 3.38 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Negatif 3. Çevrimimizde; -15 kN toplam yüke karşılık olarak -5.34 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Pozitif 4. Çevrimimizde; 20 kN toplam yüke karşılık olarak 5.22 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Negatif 4. Çevrimimizde; -20 kN toplam yüke karşılık olarak -8.11 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Pozitif 5. Çevrimimizde; 25 kN toplam yüke karşılık olarak 7.73 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Negatif 5. Çevrimimizde; -25 kN toplam yüke karşılık olarak -11.1 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir ve Şekil 4.26'daki S102-K101 birleşimindeki 1 nolu çatlak ile numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.26. Negatif 5. Çevrimde numunenin durumu

Pozitif 6. Çevrimimizde; 30 kN toplam yüke karşılık olarak 10.28 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Negatif 6. Çevrimimizde; -30 kN toplam yüke karşılık olarak -16.38 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir ve Şekil 4.26'daki S102-K101 birleşimindeki 2 nolu çatlak ile numunenin mevcut durumu oluşmuştur.

Pozitif 7. Çevrimimizde; 35 kN toplam yüke karşılık olarak 13.19 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

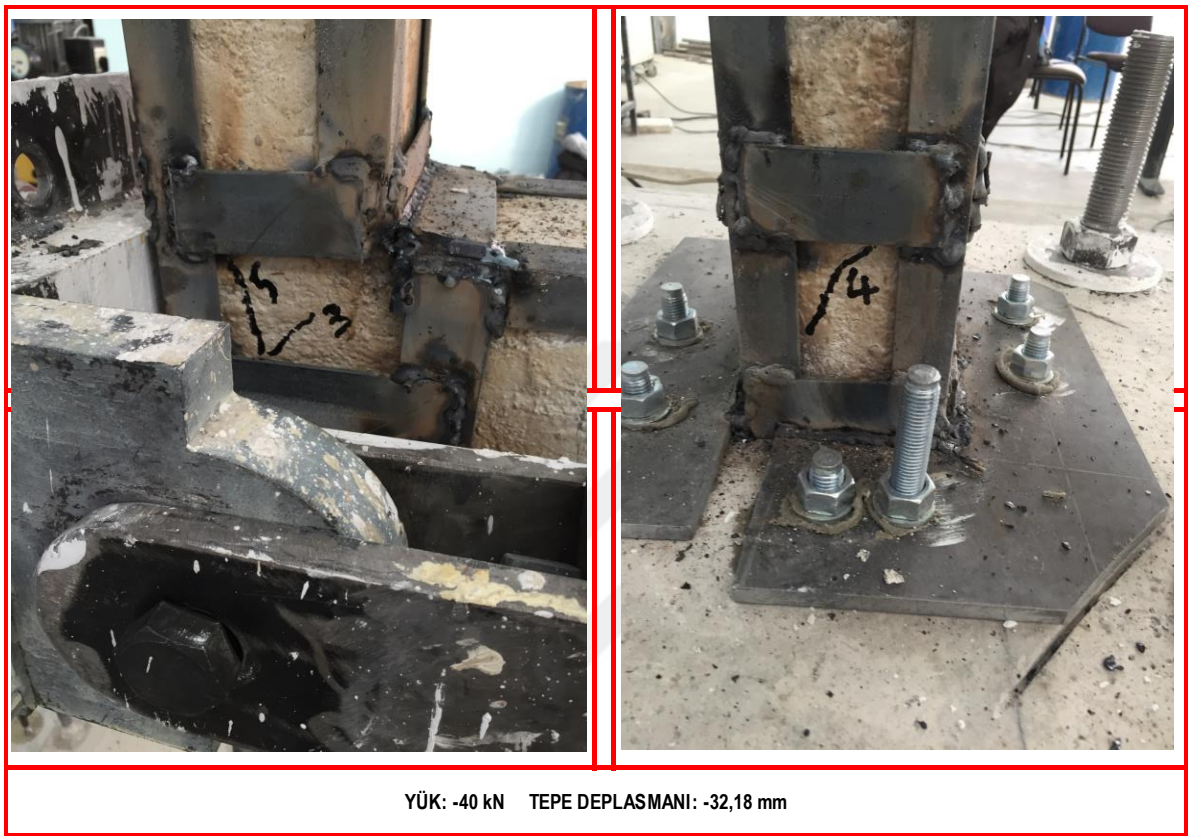
Negatif 7. Çevrimimizde; -35 kN toplam yüke karşılık olarak -22.8 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Bu çevrim esnasında kaynaklardan çok ciddi sesler duyulmuştur.

Pozitif 8. Çevrimimizde; 40 kN toplam yüke karşılık olarak 18.28 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir ve Şekil 4.27'deki S101-K101 birleşimindeki 3 nolu çatlak ile numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.27. Pozitif 8. Çevrimde numunenin durumu

Negatif 8. Çevrimimizde; -40 kN toplam yüke karşılık olarak -32.18 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir ve Şekil 4.28'deki S101-K101 birleşimindeki çatlak açılmaya başladı, S101-Temel birleşiminde 4 numaralı çatlak oluştu, S101-K101 birleşiminde 5 numaralı çatlak ile numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.28. Negatif 8. Çevrimde numunenin durumu

Pozitif 9. Çevrimimizde; 42.8 kN toplam yüke karşılık olarak 25.4 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir ve Şekil 4.29'daki S102-K101 birleşimindeki 6 ve 7 numaralı çatlaklar, S202-K201 birleşimindeki 8 numaralı çatlak, S102-Temel birleşimindeki 9 numaralı çatlak, S201-K201 birleşimindeki 10 numaralı çatlak, S101-K101 birleşimindeki 11 numaralı çatlaklar ile numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.29. Pozitif 9. Çevrimde numunenin durumu

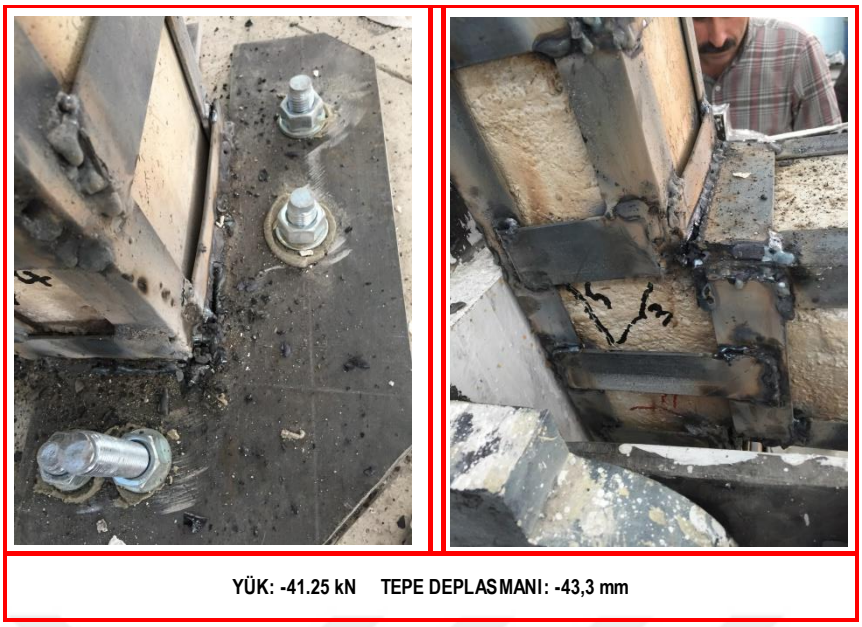
Negatif 9. Çevrimimizde; -41.7 kN toplam yüke karşılık olarak -38.8 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir ve Şekil 4.30'daki kolon kiriş birleşimlerindeki kaynaklar açılmaya başlamış ve numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.30. Negatif 9. Çevrimde numunenin durumu

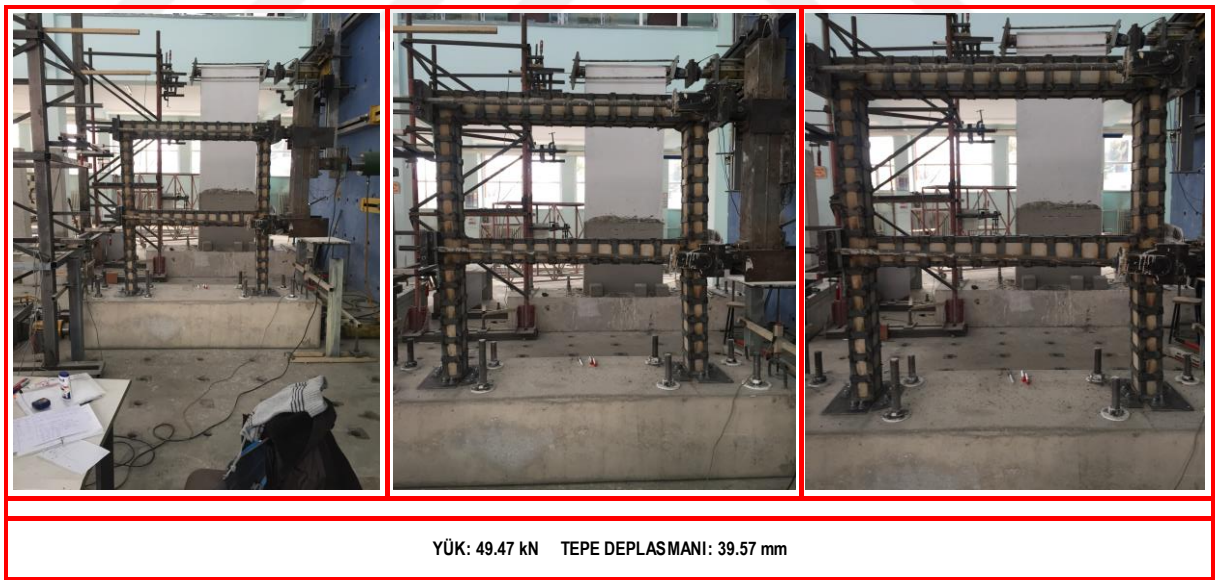
Pozitif 10. Çevrimimizde; 44.0 kN toplam yüke karşılık olarak 30 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir, bazı kaynaklarımız ciddi açılmalara maruz kalarak işlev göremez hale gelmiştir ve Şekil 4.31'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.

Negatif 10. Çevrimimizde; -41.25 kN toplam yüke karşılık olarak -43.3 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir ve Şekil 4.31'de görüldüğü gibi S101 kolonu ile temel plakasını birleştiren kaynak iş göremez hale gelip ayrılmalar meydana gelmiş ve numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



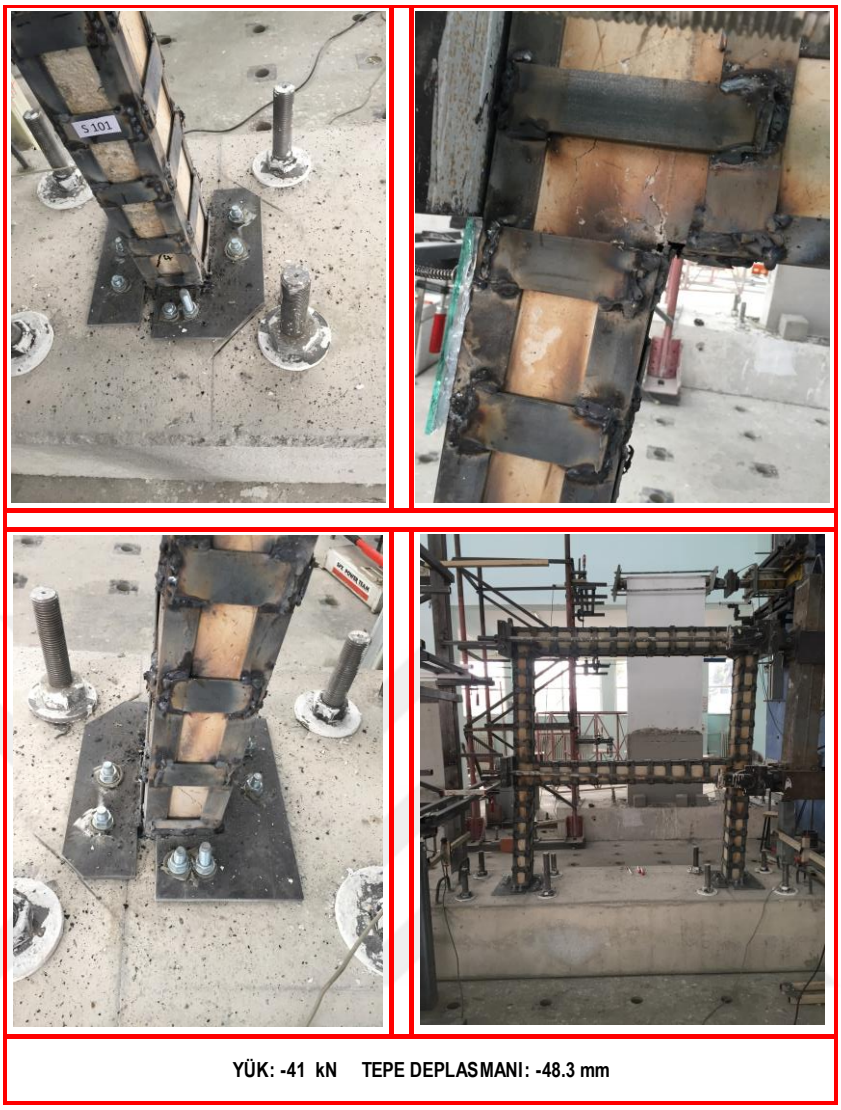
Şekil 4.31. Negatif 10. Çevrimde numunenin durumu

Pozitif 11. Çevrimimizde; 49.47 kN toplam yüke karşılık olarak 39.57 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir, Şekil 4.32'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



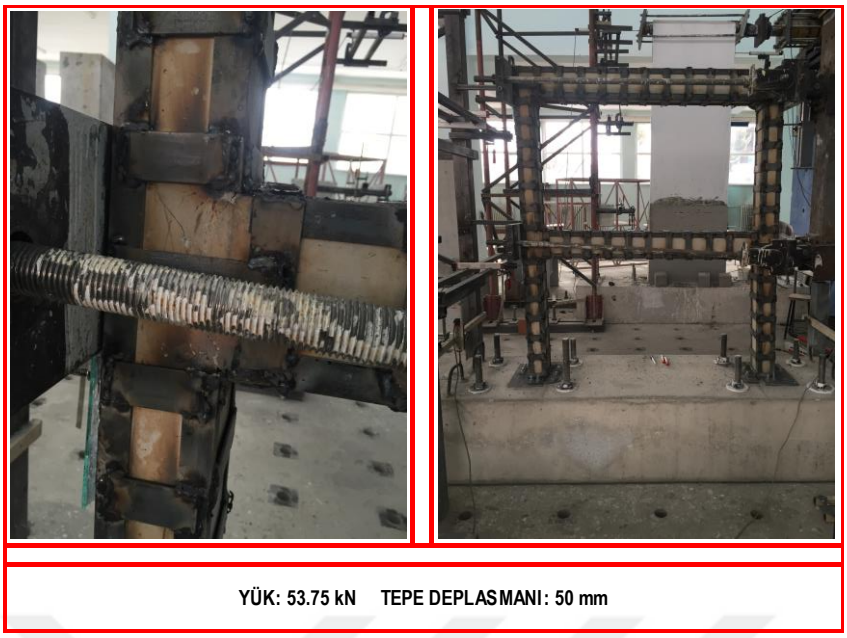
Şekil 4.32. Pozitif 11. Çevrimde numunenin durumu

Negatif 11. Çevrimimizde; -41.00 kN toplam yüke karşılık olarak -48.3 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir ve Şekil 4.33'de görüldüğü gibi kaynaklarda genişlemeler meydana gelip numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.33. Negatif 11. Çevrimde numunenin durumu

Pozitif 12. Çevrimimizde; 53.75 kN toplam yüke karşılık olarak 50 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir, kaynaklarda çeliklerden ayrılmalar ve dökülmeler görülmüştür, Şekil 4.34'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



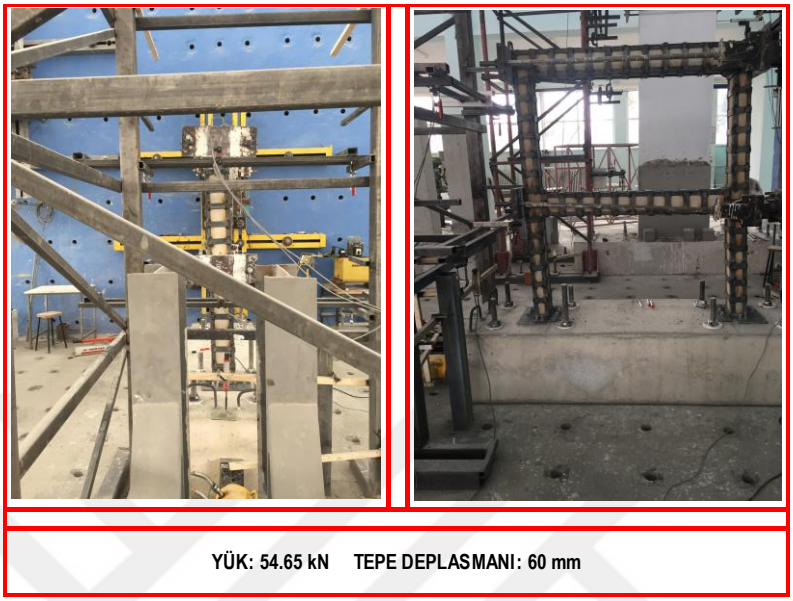
Şekil 4.34. Pozitif 12. Çevrimde numunenin durumu

Negatif 12. Çevrimimizde; -40.80 kN toplam yüke karşılık olarak -53.2 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir ve Şekil 4.35'de görüldüğü gibi kaynaklarda genişlemeler meydana gelip numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.35. Negatif 12. Çevrimde numunenin durumu

Pozitif 13. Çevrimimizde; 54.65 kN toplam yüke karşılık olarak 60 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir, yük ekseninde burulma oluşarak Şekil 4.36'daki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.36. Pozitif 13. Çevrimde numunenin durumu

Negatif 13. Çevrimimizde; -40.70 kN toplam yüke karşılık olarak -58.24 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir ve Şekil 4.37'de görüldüğü gibi numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.37. Negatif 13. Çevrimde numunenin durumu

Pozitif 14. Çevrimimizde; 53.8 kN toplam yüke karşılık olarak 73.53 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir, çerçevemizde çok ciddi hasarlar oluşarak Şekil 4.38'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.38. Pozitif 14. Çevrimde numunenin durumu

Negatif 14. Çevrimimizde; -40.03 kN toplam yüke karşılık olarak -62.78 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir ve Şekil 4.39'da ve Şekil 4.40'da görüldüğü gibi numunenin mevcut durumu oluşmuştur.

Pozitif 15. Çevrimimizde; 51.55 kN toplam yüke karşılık olarak 87.5 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Şekil 4.39'da ve Şekil 4.40'da görüldüğü gibi numunenin mevcut durumu oluşmuştur. Loadcell daha fazla yükleme yapamaz duruma ulaşmıştır ayrıca deneye devam etmek tehlikeli olabileceğinden deneye son verilmiştir.

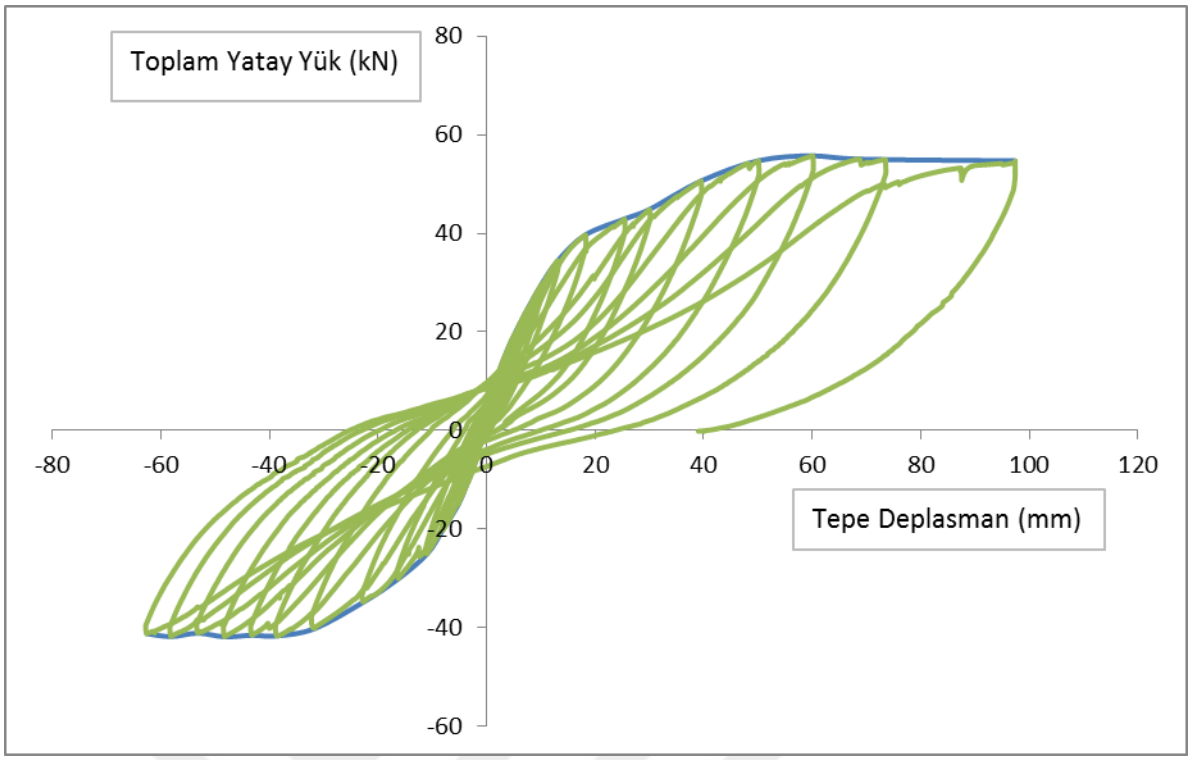


Şekil 4.39. Pozitif 15. Çevrimde ve deney sonunda numunenin durumu

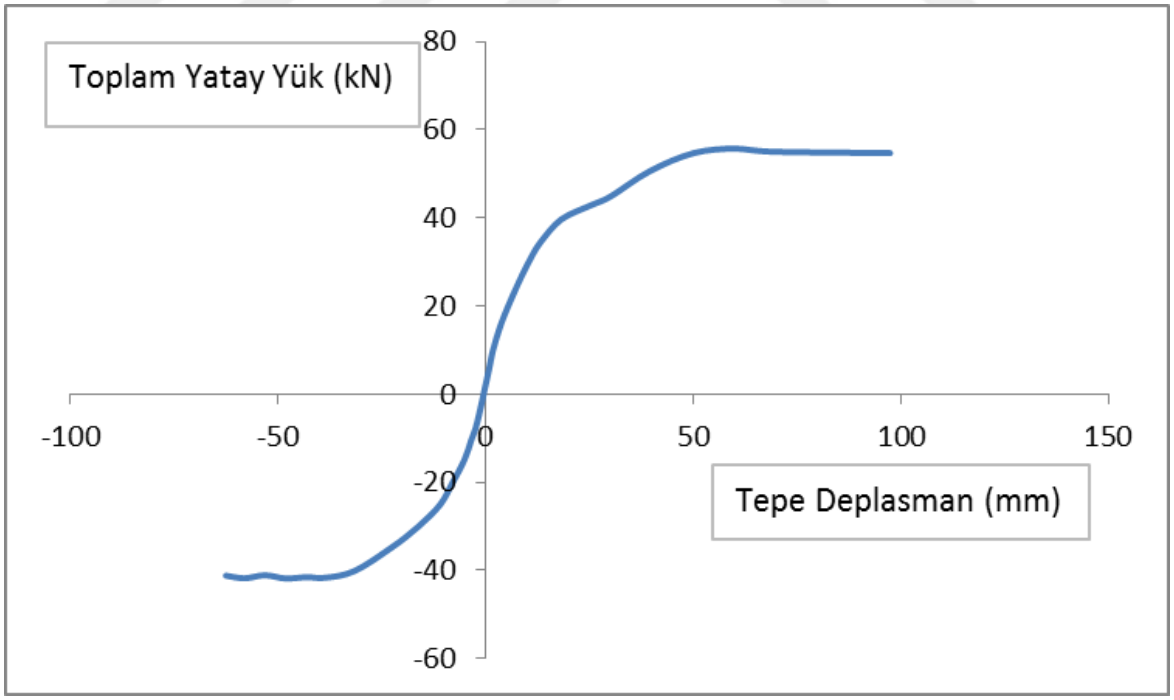


Şekil 4.40. Pozitif 15. Çevrimde ve deney sonunda numunenin durumu

Deneye tabi tutulan korniyer ve lamalarla güçlendirilmiş betonarme çerçeveye (KL2) ait 2. Kata etkiyen yük değerine karşılık, 2. Katta oluştuğu görülen yatay yük - tepe deplasman değerlerinin eğrileri Şekil 4.41'de ve Şekil 4.42'de, değer tablosu ise Çizelge 4.2'de bilgisayar yardımıyla oluşturularak verilmiştir.



Şekil 4.41. KL2'ye ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman histeresis eğrisi



Şekil 4.42. KL2'ye ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman zarf eğrisi

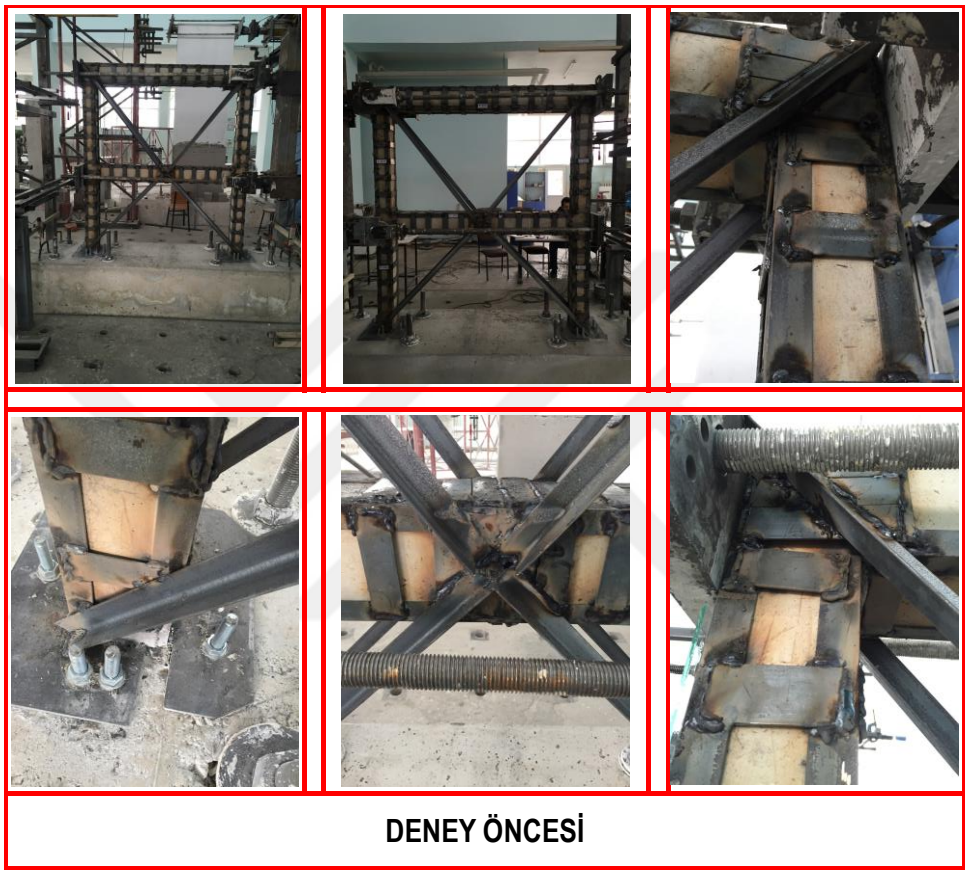
Çizelge 4.2. KL2'ye ait 2. kat yatay yük - tepe deplasman değerleri tablosu

	Çevrim	Deplasman (mm)	Toplam Yük (kN)
NEGATİF	14. Çevrim	-62,78	-40,03
	13. Çevrim	-58,24	-40,7
	12. Çevrim	-53,2	-40,8
	11. Çevrim	-48,3	-41
	10. Çevrim	-43,3	-41,25
	9. Çevrim	**-38,8**	**-41,7**
	8. Çevrim	-32,18	-40
	7. Çevrim	-22,8	-35
	6. Çevrim	-16,38	-30
	5. Çevrim	-11,1	-25
	4. Çevrim	-8,11	-20
	3. Çevrim	-5,34	-15
	2. Çevrim	-3,44	-10
	1. Çevrim	-1,98	-5
BAŞLANGIÇ		0	0
POZİTİF	1. Çevrim	0,54	5
	2. Çevrim	1,711	10
	3. Çevrim	3,38	15
	4. Çevrim	5,22	20
	5. Çevrim	7,73	25
	6. Çevrim	10,28	30
	7. Çevrim	13,19	35
	8. Çevrim	18,28	40
	9. Çevrim	25,4	42,8
	10. Çevrim	30	44
	11. Çevrim	39,57	49,47
	12. Çevrim	50	53,75
	13. Çevrim	**60**	**54,65**
	14. Çevrim	73,53	53,8
	15. Çevrim	87,5	51,55

4.1.3. Deney elemanı-3 (KL3)

Rijit duvar ve deney sistemine montajlanan numuneye yatay yönde kuvvet uygulanmıştır. Çerçeveye etkiyen yük ve bunun sonucunda oluşan deplasman LVDT'ler yardımıyla bilgisayara kayıt edilmiştir.

KL3 numunesi KL2'den farklı olarak çapraz lamalar ile güçlendirilmiştir.



Şekil 4.43. Düzeneğe yerleştirilen numunenin görünümü



Şekil 4.44. Düzeneğe yerleştirilen numunenin görünümü

Pozitif 1. Çevrimimizde; 5 kN toplam yüke karşılık olarak 0.23 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Negatif 1. Çevrimimizde; -5 kN toplam yüke karşılık olarak -0.32 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Pozitif 2. Çevrimimizde; 10 kN toplam yüke karşılık olarak 0.54 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Negatif 2. Çevrimimizde; -10 kN toplam yüke karşılık olarak -0.66 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Pozitif 3. Çevrimimizde; 15 kN toplam yüke karşılık olarak 0.993 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Negatif 3. Çevrimimizde; -15 kN toplam yüke karşılık olarak -0.91 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Pozitif 4. Çevrimimizde; 20 kN toplam yüke karşılık olarak 1.309 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Negatif 4. Çevrimimizde; -20 kN toplam yüke karşılık olarak -1.13 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir.

Pozitif 5. Çevrimimizde; 25 kN toplam yüke karşılık olarak 1.697 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan sesler gelmeye başlamıştır.

Negatif 5. Çevrimimizde; -25 kN toplam yüke karşılık olarak -1.645 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan sesler gelmeye başlamıştır.

Pozitif 6. Çevrimimizde; 30 kN toplam yüke karşılık olarak 2.022 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan sesler gelmeye başlamıştır.

Negatif 6. Çevrimimizde; -30 kN toplam yüke karşılık olarak -2.235 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan sesler gelmeye başlamıştır.

Pozitif 7. Çevrimimizde; 35 kN toplam yüke karşılık olarak 2.35 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan sesler gelmeye başlamıştır.

Negatif 7. Çevrimimizde; -35 kN toplam yüke karşılık olarak -2.738 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan sesler gelmeye başlamıştır. Şekil 4.45'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



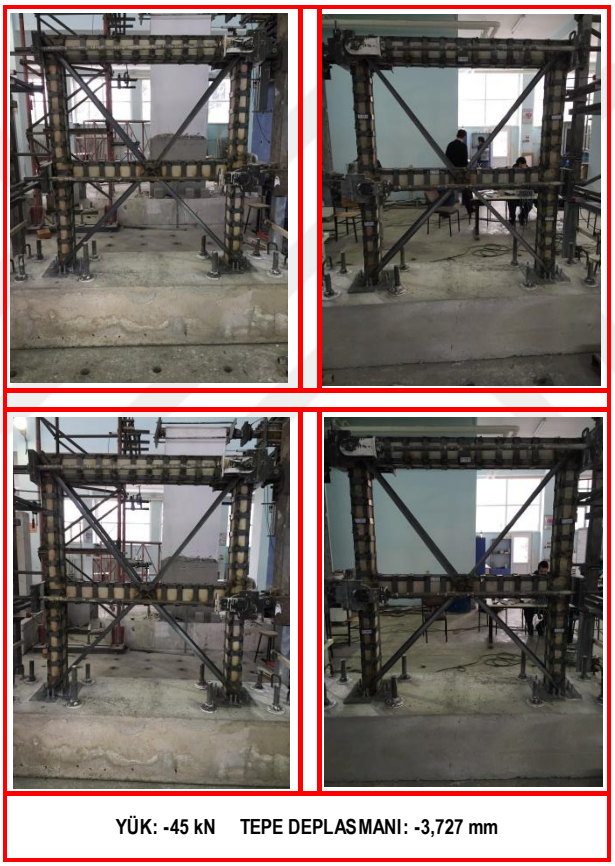
Şekil 4.45. Negatif 7. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 8. Çevrimimizde; 40 kN toplam yüke karşılık olarak 2.708 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü.

Negatif 8. Çevrimimizde; -40 kN toplam yüke karşılık olarak -3.276 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü.

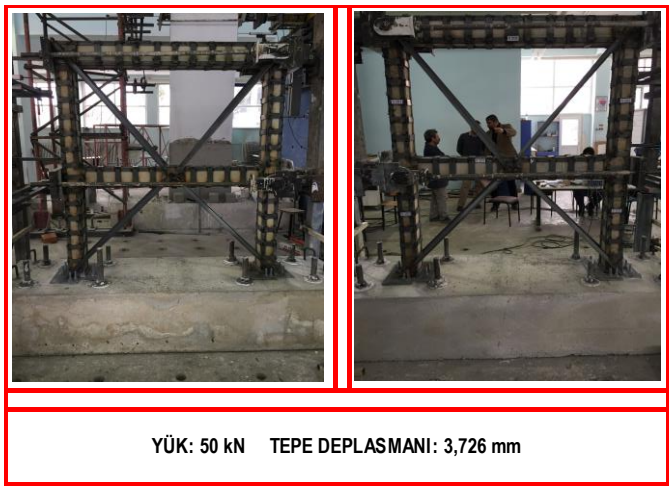
Pozitif 9. Çevrimimizde; 45 kN toplam yüke karşılık olarak 3.236 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü.

Negatif 9. Çevrimimizde; -45 kN toplam yüke karşılık olarak -3.727 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.46'daki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.46. Negatif 9. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 10. Çevrimimizde; 50 kN toplam yüke karşılık olarak 3.726 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.47'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.47. Pozitif 10. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 10. Çevrimimizde; -50 kN toplam yüke karşılık olarak -4.534 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.48'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.48. Negatif 10. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 11. Çevrimimizde; 55 kN toplam yüke karşılık olarak 4.356 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.49'daki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.49. Pozitif 11. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 11. Çevrimimizde; -55 kN toplam yüke karşılık olarak -4.854 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.50'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.50. Negatif 11. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 12. Çevrimimizde; 60 kN toplam yüke karşılık olarak 5.376 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.51'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.51. Pozitif 12. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 12. Çevrimimizde; -60 kN toplam yüke karşılık olarak -5.24 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. S102 üstünde çaprazla kolon birleşimini oluşturan kaynağın tamamen ayrıldığı görüldü. Şekil 4.52'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



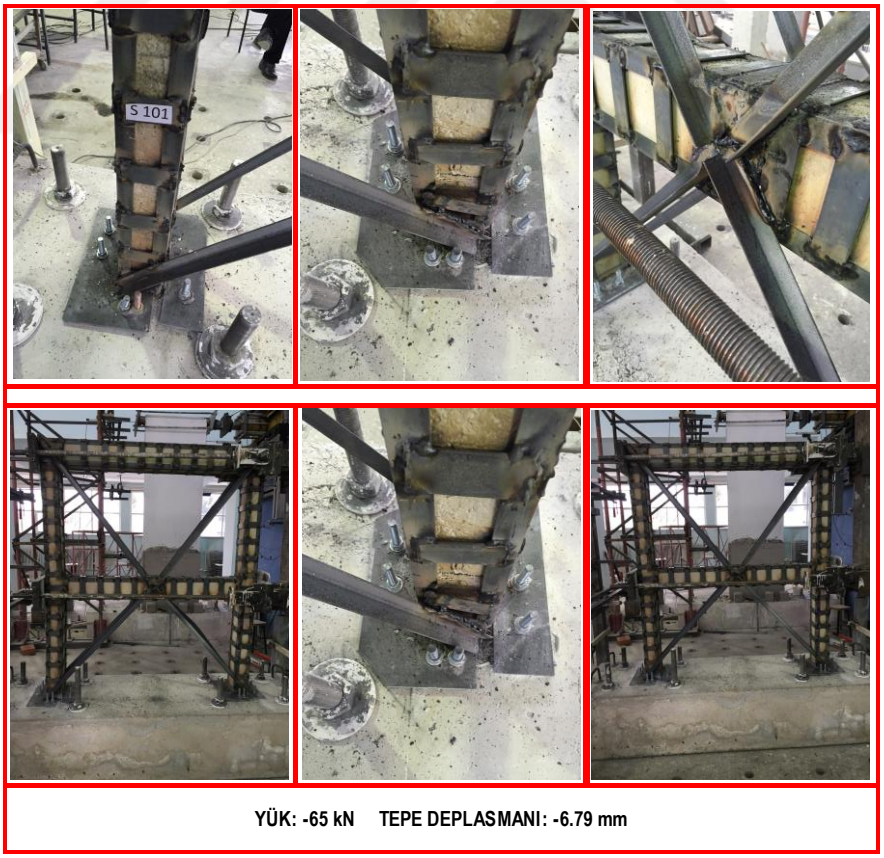
Şekil 4.52. Negatif 12. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 13. Çevrimimizde; 65 kN toplam yüke karşılık olarak 6.31 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.53'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.53. Pozitif 13. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 13. Çevrimimizde; -65 kN toplam yüke karşılık olarak -6.79 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. S202 üstünde K101 ile birleşen çaprazın kaynağının tamamen ayrıldığı görüldü. Betonarme çerçevemizde 1 numaralı çatlak oluştu. Şekil 4.54'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.54. Negatif 13. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 14. Çevrimimizde; 70 kN toplam yüke karşılık olarak 7.403 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü.

Negatif 14. Çevrimimizde; -70 kN toplam yüke ulaşılmasından sonra -54 kN'a kadar yükte boşalma oluştu buna karşılık olarak -21.19 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Yük -70 kN'a ulaştığında çaprazlarda burkulma oluştu ve yük -54 kN'a geriledi. S101 ve S202 kolonlarının çevrelerinde ezilmeler oluştu. Çaprazların orta birleşim yerlerindeki kaynaklar tamamen ayrıldı. S102 temel birleşimindeki kaynakta ayrılma oluştu. Şekil 4.55'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.55. Negatif 14. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 15. Çevrimimizde; 75 kN toplam yüke karşılık olarak 14.48 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.56'daki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.56. Pozitif 15. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 15. Çevrimimizde; -49,8 kN toplam yüke karşılık olarak -25 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.57'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



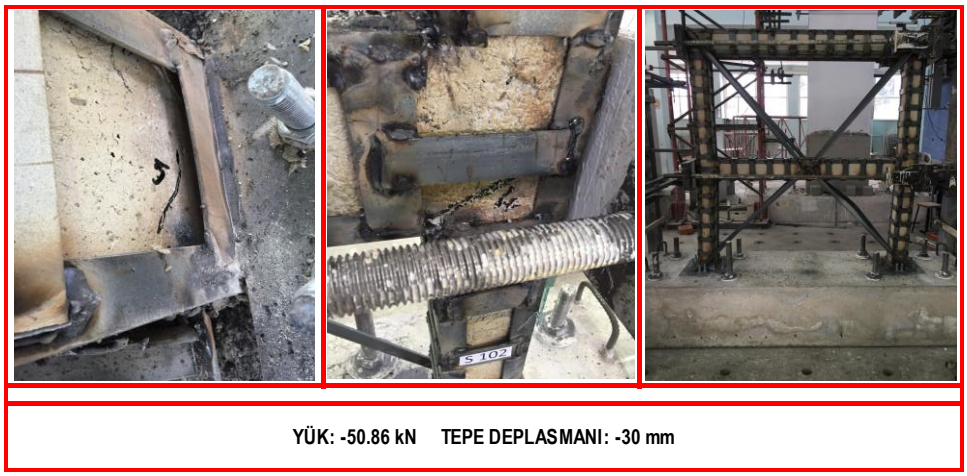
Şekil 4.57. Negatif 15. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 16. Çevrimimizde; 78,4 kN toplam yüke karşılık olarak 20 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.58'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.58. Pozitif 16. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 16. Çevrimimizde; -50,86 kN toplam yüke karşılık olarak -30 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. 4 ve 5 numaralı çatlaklar oluştu. S102 kolonu altında betonarmede ezilme oluştu. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.59'daki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



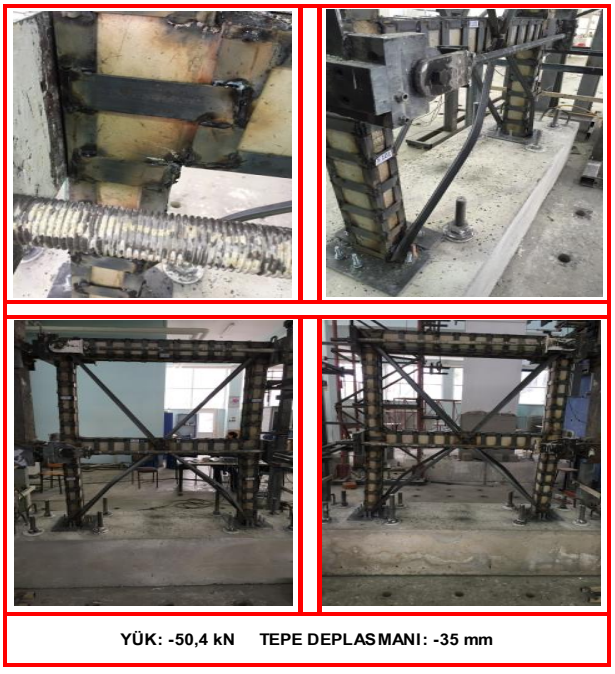
Şekil 4.59. Negatif 16. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 17. Çevrimimizde; 59 kN toplam yüke karşılık olarak 25 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.60'daki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.60. Pozitif 17. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 17. Çevrimimizde; -50,4 kN toplam yüke karşılık olarak -35 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. 6 numaralı çatlak oluştu. Çerçevede bulunan çaprazlarda burkulmalar arttı. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.61'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.61. Negatif 17. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 18. Çevrimimizde; 53 kN toplam yüke karşılık olarak 30 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.62'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.62. Pozitif 18. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 18. Çevrimimizde; -50,26 kN toplam yüke karşılık olarak -45 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Düğüm noktalarında ezilmeler devam etti. Çatlaklarda genişlemeler görüldü. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.63'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.63. Negatif 18. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 19. Çevrimimizde; 57,1 kN toplam yüke karşılık olarak 40 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.64'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.64. Pozitif 19. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 19. Çevrimimizde; -46,83 kN toplam yüke karşılık olarak -55 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Düğüm noktalarında ezilmeler devam etti. Çatlaklarda genişlemeler görüldü. S101 ve S102 kolonlarında çok ciddi deformasyonlar oluştu. Kaynaklardan gelen seslerde artış görüldü. Şekil 4.65'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.65. Negatif 19. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 20. Çevrimimizde; 57,5 kN toplam yüke karşılık olarak 50 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Çatlaklarda genişlemeler görüldü. Betonarmede çok ciddi deformasyonlar görülmeye devam edildi. Şekil 4.66'daki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.66. Pozitif 20. Çevrim deney numunesinin görünümü

Negatif 20. Çevrimimizde; -41,18 kN toplam yüke karşılık olarak -65 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Çatlaklarda genişlemeler görüldü. Betonarmede çok ciddi deformasyonlar görülmeye devam edildi. Şekil 4.67'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.67. Negatif 20. Çevrim deney numunesinin görünümü

Pozitif 21. Çevrimimizde; 49 kN toplam yüke karşılık olarak 60 mm tepe noktasında deplasman meydana gelmiştir. Şekil 4.68'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.68. Pozitif 21. Çevrim deney numunesinin görünümü

Deney sona erdirilmiş Şekil 4.69, Şekil 4.70 ve Şekil 4.71'deki numunenin mevcut durumu oluşmuştur.



Şekil 4.69. Deney sonucunda oluşan numunenin görünümü

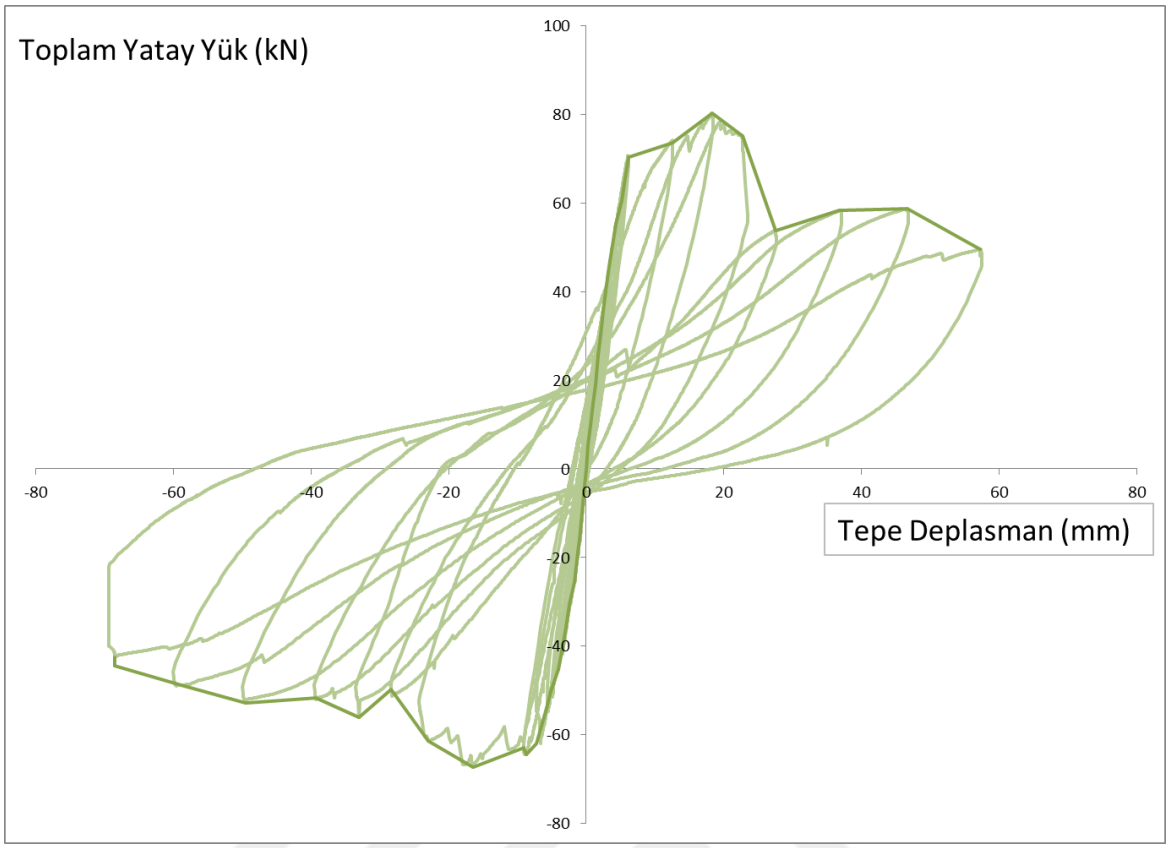


Şekil 4.70. Deney sonucunda oluşan numunenin görünümü

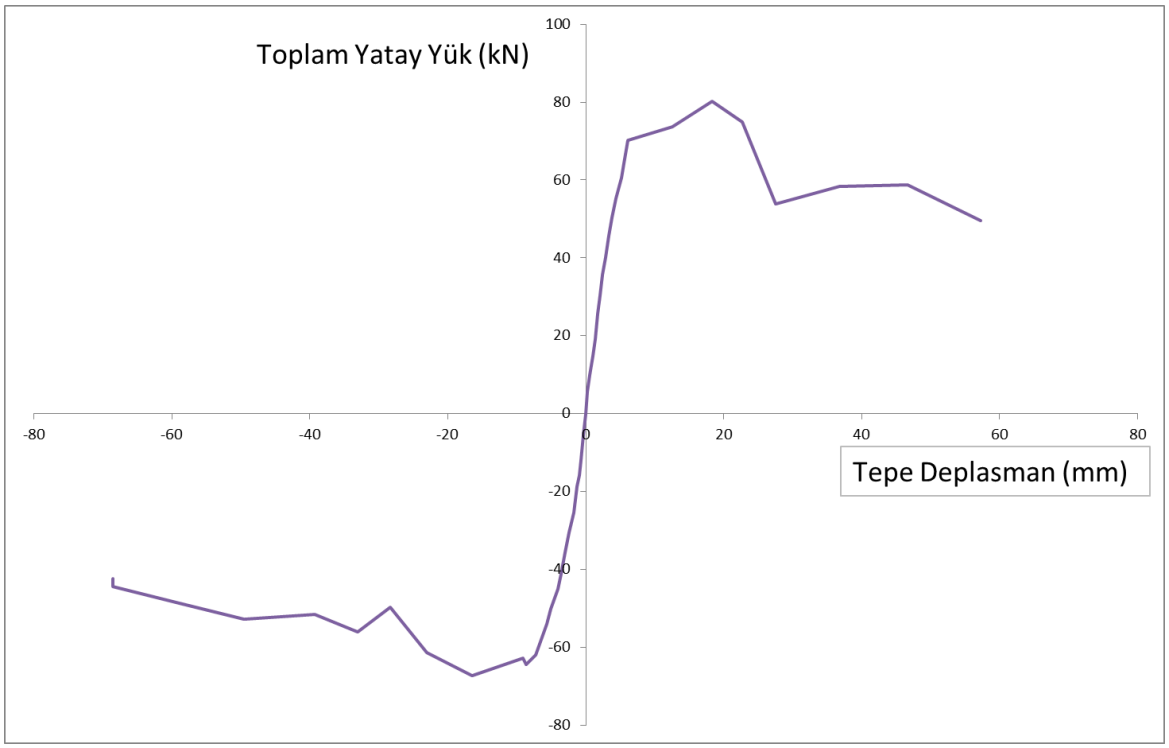


Şekil 4.71. Deney sonucunda oluşan numunenin görünümü

Deneye tabi tutulan çelik korniyer ve lamalarla güçlendirilmiş ek olarak çelik çapraz atılmış betonarme çerçeveye (KL3) ait 2. Kata etkiyen yük değerine karşılık, 2. Katta oluştuğu görülen yatay yük - tepe deplasman değerlerinin eğrileri Şekil 4.72'de ve Şekil 4.73'de, değer tablosu ise Çizelge 4.3'de bilgisayar yardımıyla oluşturularak verilmiştir.



Şekil 4.72. KL3'e ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman histeresis eğrisi



Şekil 4.73. KL3'e ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman zarf eğrisi

Çizelge 4.3. KL3'e ait 2. kat yatay yük - tepe deplasman değerleri tablosu

	Çevrim	Deplasman (mm)	Toplam Yük (kN)
NEGATİF	20.Çevrim	-65	-41,18
	19.Çevrim	-55	-46,83
	18.Çevrim	-45	-50,26
	17.Çevrim	-35	-50,4
	16.Çevrim	-30	-50,86
	15.Çevrim	-25	-49,8
	14. Çevrim	**-21,19**	**-70**
	13. Çevrim	-6,79	-65
	12. Çevrim	-5,24	-60
	11. Çevrim	-4,854	-55
	10. Çevrim	-4,534	-50
	9. Çevrim	-3,727	-45
	8. Çevrim	-3,276	-40
	7. Çevrim	-2,738	-35
	6. Çevrim	-2,235	-30
	5. Çevrim	-1,645	-25
	4. Çevrim	-1,13	-20
	3. Çevrim	-0,91	-15
	2. Çevrim	-0,66	-10
	1. Çevrim	-0,32	-5
BAŞLANGIÇ		0	0
POZİTİF	1. Çevrim	0,23	5
	2. Çevrim	0,54	10
	3. Çevrim	0,993	15
	4. Çevrim	1,309	20
	5. Çevrim	1,697	25
	6. Çevrim	2,022	30
	7. Çevrim	2,35	35
	8. Çevrim	2,708	40
	9. Çevrim	3,236	45
	10. Çevrim	3,726	50
	11. Çevrim	4,356	55
	12. Çevrim	5,376	60
	13. Çevrim	6,31	65
	14. Çevrim	7,403	70
	15. Çevrim	14,48	75
	16. Çevrim	**20**	**78,4**
	17. Çevrim	25	59
	18. Çevrim	30	53
	19. Çevrim	40	57,1
	20. Çevrim	50	57,5
	21. Çevrim	60	49

4.2. Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu kısımda; tatbikini gerçekleştirdiğimiz deneylerin sonucunda çerçevelerimizin davranış, dayanım gibi durumları birbirleriyle eşleştirilmiş ve ortaya çıkan verilerin yorumu yapılmıştır. Karşılaştırmalar yapılırken tüm çerçevelerimizin yük deplasman grafikleri aynı ölçekli grafikler üzerine çakıştırılarak yapılmıştır.

Önceden (Balık, 2012), (Bahadır, 2012) ve (Ünal, 2012) ürettiği ve deneyde kullandıkları boş çerçeve (RF1) referans olarak değerlendirilmiştir. Bu referans numuneye göre üretimini yapıp çelik korniyer ve lamalarla güçlendirdiğimiz çerçevenin (KL2) ve çelik korniyer ve lamalara ek olarak çapraz korniyer atarak güçlendirdiğimiz çerçevenin (KL3) yük - deplasman eğrileri aynı grafik üzerinde çakıştırılarak karşılaştırması ve değerlendirilmesi gerçeklemiştir. Ayrıca tüm çerçevelerin süneklik, dayanım, rijitlik ve enerji yutma kapasiteleri birbirlerine göre irdelenmiştir.

En başta referans numunemizin (RF1) deneyinde çıkılan maksimum yük pozitif çevrimlerde 29.59 kN olup buna karşın deplasman 55.27 mm'dir. Negatif çevrimlerde ise elde edilen maksimum yük -37.88 kN olup buna karşın deplasman -41.74 mm'dir. En başta kullandığımız çerçeve referans numunemiz (RF1) olduğu için diğer sonuçlarımız referans numune ile eşleştirilerek irdelenecektir.

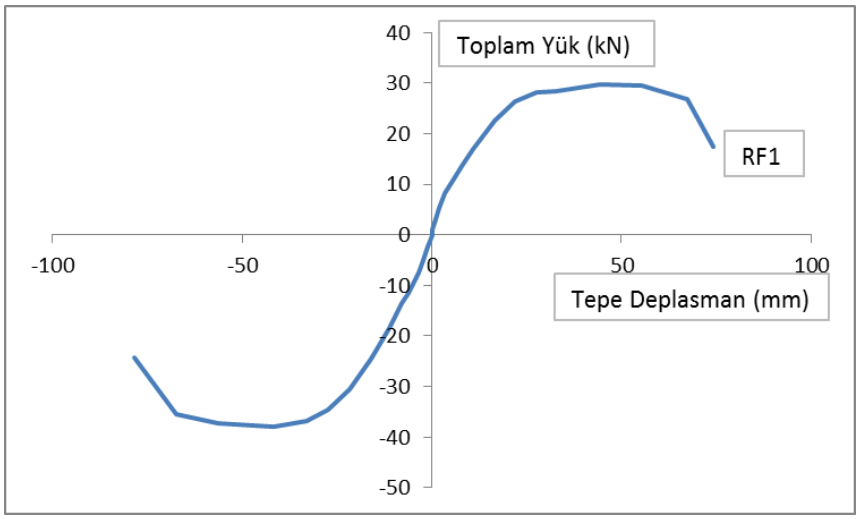
İkinci numunemiz KL2 deneyinde çıkılan maksimum yük pozitif çevrimlerde 54.65 kN yüke ulaşmış ve buna karşın deplasman 60 mm'dir. Negatif çevrimlerde ise elde edilen maksimum yük -41.70 kN olup buna karşın deplasman -38.80 mm'dir.

Üçüncü numunemiz KL3 deneyinde çıkılan maksimum yük pozitif çevrimlerde 78.4 kN yüke ulaşmış ve buna karşın deplasman 20 mm'dir. Negatif çevrimlerde ise elde edilen maksimum yük -70 kN olup buna karşın deplasman -21.19 mm'dir.

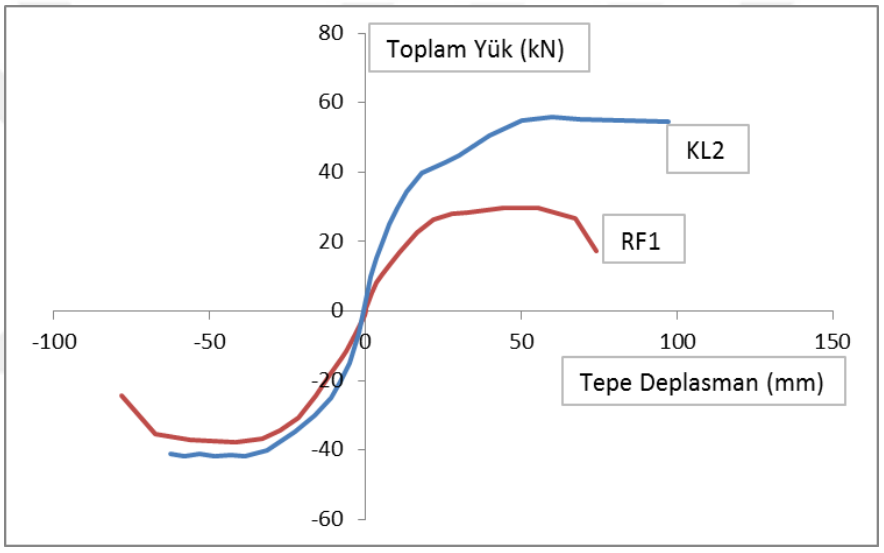
Deney sonuçlarında elde ettiğimiz değerlere bakıldığında güçlendirilmiş çerçeveler referans numuneye göre dayanımı artırmıştır. Bu artış durumlarını yüzdeye vuracak olursak; referans numuneye (RF1) göre KL2 numunesi tüm çevrimlerin toplamında %63 dayanımında artış sağlamış, KL3 numunesi tüm çevrimlerin toplamında %71 dayanımda artış sağlamıştır.

KL2 ile KL3 kendi aralarında kıyaslayacak olursak tüm çevrimlerin toplamında KL3 numunesi KL2 numunesinden %5 dayanımda artış sağlamıştır.

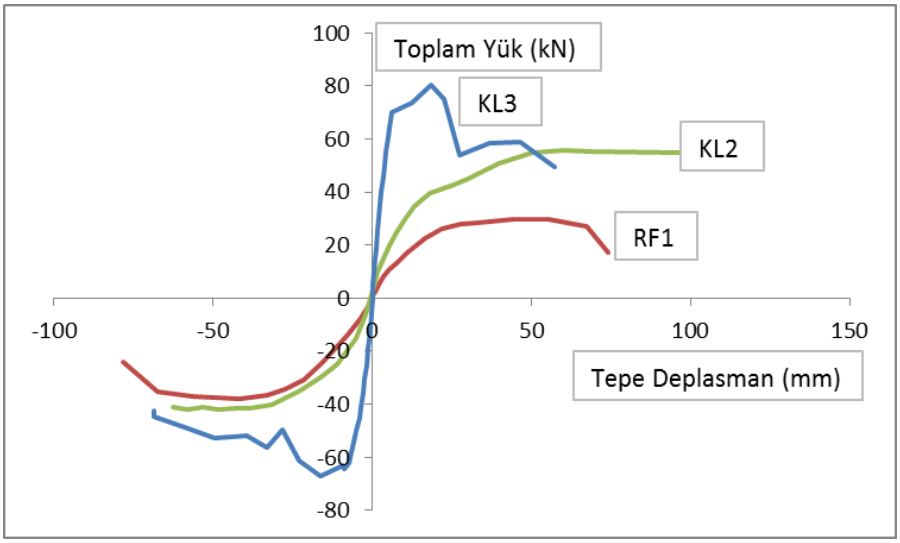
Tüm numunelerimizin toplam yatay yük-tepe deplasmanı histeresis eğrisinin oluşturduğu grafikler aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.74. RF1'e ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman zarf eğrisi



Şekil 4.75. KL2'ye ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman zarf eğrisi



Şekil 4.76. KL3'e ait 2. kat yatay yük- tepe deplasman zarf eğrisi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemizde günümüze kadar oluşan şiddetli depremlerin sonuçlarına bakıldığında mevcut yapı stoğumuzun deprem performansının ne kadar az olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeptendir ki güçlendirme konusu çok büyük önem teşkil etmektedir. Yakın zamanda güçlendirme yöntemleri ile ilgili çalışmalar oldukça önem arz etmeye başlamıştır. Ülkemizdeki yöntemlere bakıldığında çok çeşitli güçlendirme tekniklerinden bahsetmek mümkündür. Çelik korniyer ve lamalarla betonarme yapıların güçlendirilmesi, ekonomik olmasının yanında deprem performansına pozitif yönde önemli derecede katkı sağladığı bilinen bir yöntemdir. Ancak şüphesiz betonarme yapının çelik ile güçlendirilmesinde bağlantı detayları ve işçilik çok büyük önem arz etmektedir.

Çalışmamızda deprem dayanımı yeterli olmayan betonarme çerçeveye çelik korniyer ve lamalarla güçlendirme yapmanın etkisi ve bu güçlendirilmiş çerçeveye ek olarak çapraz korniyer atılması sonucu elde edilen çerçevenin durumları irdelenmiştir.

5.1 Sonuçlar

Totalde üç adet numunemizi aynı düzenekte tersinir tekrarlanır yükler kullanarak deprem etkisi yaratılmıştır.

İlk çerçevemiz güçlendirmeye tabi tutulmamış ve ülkemizde sürekli karşımıza çıkan detay hatalarına sahip numunedir. Bu çerçevemiz ileri çevrimlerde 29.59 kN, geri çevrimlerde 37.88 kN toplam yatay yük taşımıştır.

Çalışmamızda ikinci numunemiz kolon ve kirişlerin çelik korniyer ile lamaların kaynak yardımıyla güçlendirilmesinin, taşıyıcı sisteme etkisi irdelemek istenilmiştir. Bu bağlamda oluşturulan çerçevemiz (KL2) tersinir tekrarlanır yüklere tabi tutularak incelenmiştir. Bu çerçevemiz ileri çevrimlerde 54.65 kN, geri çevrimlerde 41.7 kN toplam yatay yük taşımıştır.

Son olarak üçüncü numunemiz güçlendirme yaptığımız ikinci çerçeveye ek olarak çelik çapraz korniyerler eklenmiştir ve bunun taşıyıcı sisteme etkisi irdelemek istenilmiştir. Bu bağlamda oluşturulan çerçevemiz (KL3) tersinir tekrarlanır yüklere tabi tutularak incelenmiştir. Bu çerçevemiz ileri çevrimlerde 78.4 kN, geri çevrimlerde 70 kN toplam yatay yük taşımıştır.

Yapmış olduğumuz güçlendirme deneylerinin başlangıç rijitliğine etkileri irdelendiğinde, ilk dayanım rijitliği küçükten büyüye doğru sıralı olarak; (RF1), (KL2) ve (KL3) olarak gözlemlenmiştir. Bütün çerçevelerimiz için ilerleyen deplasmanlarda çevrim rijitlikleri azalmaktadır. Sonuçlarımız enerji yutma kapasitesine göre değerlendirildiğinde değerler büyükten küçüğe doğru sırasıyla (KL3), (KL2) ve (RF1) şeklinde tespit edilmiştir.

Çalışmalarımızın sonuçları irdelendiğinde kiriş ve kolonların; çelik korniyer ve lamaların kaynak yardımıyla güçlendirilmesi, yapılarımızda taşıyıcı sistemin yatay yük taşıma kapasitesini ve rijitliğini arttırdığı görülmüştür. Buna ek olarak yaptığımız güçlendirme ile betonarme çerçevenin enerji tüketme kapasitesi artış göstermiştir.

Korniyer ve lamalarla güçlendirdiğimiz numune (KL2) boş çerçevemize (RF1) göre yatay yük taşıma kapasitesini, sünekliği ve rijitliği önemli derecede artırmış ve davranışı ciddi ölçüde iyileştirdiği gözlemlenmiştir.

Güçlendirme yöntemimiz ile boş çerçeveye göre sünek bir davranış elde edilmiştir.

Bu güçlendirme yöntemi ile eksenel taşıma gücü artırılabilir. Lamalar yardımıyla sargı etkisi sağlanabilmektedir. Dezavantaj olarak yangın etkisi ve katlar arası moment aktarımının zorluğu söylenebilir.

Sonuç olarak bu güçlendirme yöntemi, uygulama esnasında dikkat edilmesi gerekilen detaylara bağlı kalındığında, basit malzemeler, basit işlemler ve kolay tedarik edilebilecek ekipmanlar ile gerçekleştirilebilen yeterli, etkili ve ekonomik bir yöntemdir.

5.2 Öneriler

Ülkemizde yapı güçlendirilmesi acil konulardan biridir. Hızlı güçlendirme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Kontrolsüz güçlendirmenin bir felakete sebebiyet verebilme ihtimalide dikkate alınmalıdır. Yapılan güçlendirme çalışmaları hem bilimsel hem de ülke ekonomisi açısından son derece önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Akın, A. (2011). Ön üretimli beton panellerle güçlendirilmiş dolgulu betonarme çerçevelerin deprem davranışının deneysel ve analitik olarak incelenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Akın, S. (2006). Betonarme çerçevelerin Çapraz Çubuklar Yardımıyla Güçlendirilmesi. SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

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.

Anil, Ö., & Altin, S. (2007). An experimental study on reinforced concrete partially infilled frames. Engineering Structures, 29(3), 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. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Balık, F. S. (2012). Betonarme dolgu duvarla güçlendirilmiş deprem davranışı yetersiz betonarme çerçevelerin davranışına pencere boşluklarının etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Buonopane, S., & White, R. (1999). Pseudodynamic testing of masonry infilled reinforced concrete frame. Journal 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 - Heidelnerg, 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, 2015 Sünek olmayan ba çerçevelerin ince çelik perdelerle güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, 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,

Kaltakcı, 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

Kaltakcı, 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., Çöğürcü, T., 2010, Experimental study on the behaviour of nonductile infilled RC frames strrengthened 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.

Ozcebe, G. (2003). Strengthening of brick-infilled RC frames with CFRP: Department of Civil Engineering, Middle East Technical Univ.

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. (2001). Hysteretic response of reinforced concrete frames repaired by means of reinforced concrete infills. A Doctor of Philosophy Thesis in Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara.

Ünal, A. (2012). TDY 2007'ye göre tasarlanmamış betonarme çerçevelerin düzlem dışı perde duvarla güçlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yaşa, 2006, 1998 Ceyhan depremi, depremde hasar gören yapılar ve güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Eyyup Erdal YILMAZ
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Ankara-Altındağ 1987
Telefon	**:**	0 505 510 53 81
Faks	**:**	~~
e-mail	**:**	erdyilm@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	İnönü Lisesi, Altındağ, Ankara	2004
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2012
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2017

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2012-2013	SPC İnşaat	Saha Mühendisi
2013-2014	KNG Yapı	İnşaat Mühendisi
2014-Halen	YAPISEM İnşaat San. ve Tic. A.Ş.	İnşaat Mühendisi Yönetim Kurulu Üyesi

UZMANLIK ALANI

1. Çelik Yapılar
2. Prefabrik yapılar
3. Mimari ince işler
4. Şantiye Teknikleri

YABANCI DİLLER

1. İngilizce