



T.C.

EGE ÜNİVERSİTESİ



Fen Bilimleri Enstitüsü

**KOMPOZİT KOLON- KİRİŞ BİRLEŞİM NOKTASININ  
TERSİNİR YÜKLER ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞININ  
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

Farhan Abdi ABDILAHİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yapı Yüksek Lisans Programı

İzmir  
2021



T.C.

EGE ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

**KOMPOZİT KOLON- KİRİŞ BİRLEŞİM NOKTASININ  
TERSİNİR YÜKLER ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞININ  
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

Farhan Abdi ABDILAHİ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Bengi ARISOY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yapı Yüksek Lisans Programı

İzmir

2021



Farhan Abdi ABDILAHİ tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “Kompozit Kolon-Kiriş Birleşim Noktasının Tersinir Yükler Etkisindeki Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 03/03/2021 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı	: Doç. Dr. Bengi ARISOY	.....
Raportör Üye	: Doç. Dr. Emre ERCAN	.....
Üye	: Dr. Öğr. Üye. Fethi ŞERMET	.....



# EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Hareketli Güneş Enerji Modülünün Yapısal Tasarımı” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

03 / 03 / 2021

Farhan Abdi ABDILAHİ



**ÖZET****KOMPOZİT KOLON- KİRİŞ BİRLEŞİM NOKTASININ TERSİNİR  
YÜKLER ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞININ DENEYSEL OLARAK  
İNCELENMESİ**

ABDILAHİ, Farhan Abdi

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Bengi ARISOY

Mart 2021, 73 sayfa

Deprem bölgelerinde yapılan çok katlı yüksek binalarda yatay yük taşıyıcı sistemlerde en önemli unsurlardan biri kolon-kiriş birleşim noktalarıdır. Bu çalışmada deney elemanı olarak yüksek katlı çerçeve yapının moment sıfır noktalarındaki iç kolon-kiriş birleşimlerinin tersinir yükler etkisindeki davranışı incelenmiştir. Yapıda deprem esnasında oluşan enerjiye karşı sünek davranış gösterip yaptığı deplasmanlar ile sönmülemeye eğilim göstermezse, birikip artan bölgesel enerji yapının ani göçmesine neden olur. (ERCAN and ARISOY 2016). Ani kırılmayı önlemek ve mukavemet ve süneklik gereksinimlerini karşılamak için yapılardaki kiriş-kolon düğüm noktaları için uygun bir yaklaşım ile güçlendirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında belirlenen amaç doğrultusunda 1/2 ölçekte üç adet iç kolon-kiriş birleşimi hazırlanmıştır. Deney elemanlardan bir tanesi referans elamanıdır, ikinci eleman I kesitli çelik profili kolon içine yerleştirip kompozit kolon betonarme kiriş birleşim eleman tasarlanmıştır ve üçüncü eleman çelik korniyer (köşebent) kullanarak güçlendirilmiş eleman tanıtılmıştır. Ege Üniversitesi Yapı Mühendisliği Laboratuvarı'nda yer alan yükleme çerçevesini kullanarak tanımlanan elemanlar deprem yükünü temsil eden tersinir tekrarlı yüke tabi tutulmuştur. Deneyden elde edilen sonuçları kıyaslamak amacıyla ABAQUS paket programı ile sonlu eleman modelleri oluşturulup nümerik analizleri yapılmıştır. Ve son olarak, birleşim noktaları dayanım, süneklik ve enerji tüketimi açısından karşılaştırılıp değerlendirilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Kompozit Kolon - Kiriş Birleşimi, ABAQUS, Tekrarlı yük



**ABSTRACT****EXPERIMENTAL EVALUATION OF BEHAVIOR OF COMPOSITE  
COLUMN- BEAM CONNECTIONS UNDER CYCLIC LOADING**

ABDILAH, Farhan Abdi

M.Sc. in Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Bengi ARISOY

March 2021, 73 pages

The column-beam joints are one of the most important elements in horizontal load bearing systems in multi-storey buildings constructed in earthquake zones. In this study, the behavior of inner column-beam joint element at moment zero points high-rise frame structure was experimentally investigated under the effect of reversible loads. If the structure does not show a ductile behavior against the energy generated during the earthquake and does not tend to damp with displacements, the accumulated and increasing regional energy causes instant collapses of the structure (ERCAN and ARISOY 2016). In order to prevent sudden failure and to meet the strength and ductility requirements, it is necessary to strengthen the beam-column joints in the structures with an appropriate approach.

In this master thesis study, towards the predetermined objectives three inner column-beam joints in 1/2 scale were prepared. One of the experimental elements is indicated as reference element, the second element is designed as composite column-beam joint element by embedding I-section steel profile into the column and the third element is defined as a strengthening element by using steel angles. The elements were subjected to reversible repetitive loads representing the earthquake load using the loading frame in the structural engineering laboratory at Ege University. In order to compare the results obtained from the experiment, finite element models were created with ABAQUS package program and numerical analysis was performed. And finally, the strength of the joints, ductility and energy dissipation capacity are compared and evaluated.

**Keywords:** Composite Column– beam Joint, ABAQUS, Recycle Load



**İÇİNDEKİLER**Sayfa

ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	ix
İÇİNDEKİLER .....	xi
ŞEKİL DİZİNİ .....	xiv
TABLolar DİZİNİ .....	xviii
1 GİRİŞ .....	1
1.1 Genel .....	1
1.2 Tezin Amacı Ve Kapsamı .....	1
1.3 Tezin Ana Hattı .....	3
2 KAYNAK TARAMASI .....	4
3 METERYAL VE YÖNTEM .....	11
3.1 Kompozit Kolon-Betonarme Kiriş Birleşimi .....	11
3.2 Kompozit Kolon Tasarımı Ve Detaylandırma Kuralları .....	12
3.3 Kullanılan Malzemeler Ve Özellikleri .....	13
3.3.1 Donatı .....	13

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.3.2 Beton .....	13
3.3.3 Kullanılan köşebent ölçüleri .....	16
3.4 Deney Numunelerinin Hazırlanması .....	16
3.4.1 Referans betonarme birleşim elemanı (R1) .....	17
3.4.2 Kompozit birleşim elemanı (R2) .....	19
3.4.3 Köşebent profilli kompozit birleşim elemanı (R3) .....	21
4 DENEY PROSEDÜRÜ VE VERİ TOPLAMA SİSTEMİ.....	22
4.1 Deney Düzeneği .....	22
4.2 Veri Toplama Sistemi.....	24
4.3 Potansiyometrik Cetveller ve Yerleşimi.....	24
4.4 Gerinim Ölçer.....	25
5 DENEYLERİN YAPILIŞI VE DENEYSEL BULGULAR.....	26
5.1 Referans Betonarme Birleşim Elemanı (R1).....	26
5.2 Kompozit Birleşim Elemanı (R2).....	32
5.3 Köşebent profilli Kompozit Birleşim Elemanı (R3) .....	40

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
6	DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ ..... 48
6.1	Dayanım ve Süneklik ..... 48
6.2	Enerji Yutama Kapasitesi ..... 49
7	SONLU ELEMANLAR ANALİZİ ..... 52
7.1	Genel ..... 52
7.2	ABAQUS'te işlem adımları ..... 52
7.3	Sonlu eleman (SEA) analiz sonuçları ..... 55
7.3.1	Model-1 ..... 55
7.3.2	Model-2 ..... 60
7.3.3	Model-3 ..... 64
8	SONUÇLAR ..... 68
	KAYNAKLAR DİZİNİ ..... 70
	TEŞEKKÜR ..... 72
	ÖZGEÇMİŞ ..... 73

**ŞEKİL DİZİNİ**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Deneş elemanlarının temsil ettiği yapı sistemi 3D .....	11
3.2 (a) Deneş elemanlarının temsil ettiği idealize yapı sistemi (b) Eleman boyutları 2D.....	12
3.3 Kompozit kolon kesit detayı (mm) .....	13
3.4 Beton küp numuneler .....	15
3.5 (a) Çelik profil kesit detayları b) gerçek kesitli IPE 100 profili .....	15
3.6 Kullanılan köşebent profili .....	16
3.7 Referans betonarme birleşim elemanı (R1) .....	17
3.8 Gerinim ölçer yerleşimi .....	18
3.9 Hazırlanan deneş kalıbı .....	18
3.10 Kompozit birleşim elemanı (R2) .....	19
3.11 Gerinim ölçer yerleşimi (R2) .....	19
3.12 Hazırlanan donatıların kalıba yerleştirilmesi .....	20
3.13 Beton dökümünden sonra deneş elemanları .....	20
3.14 Köşebent profilli kompozit birleşim elemanı (R3) .....	21
4.1 Deneş düzeneği.....	22
4.2 Deneş elemanının yükleme çerçevesinin içindeki yerleşimi .....	23

**ŞEKİL DİZİNİ (devam)**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.3 Deneş elemanının yükleme çerçevesinin içindeki yerleşimi (3D).....	23
4.4 Veri toplama sistemi .....	24
4.5 Potansiyometrik cetvel.....	24
4.6 Gerinim ler .....	25
5.1 Referans betonarme birleşim elemanı (R1) deney düzeneği .....	26
5.2 Yük evrim grafiği.....	27
5.3 Tepe yükü – deplasman grafiği (R1) .....	27
5.4 Deneş sonunda referans betonarme birleşim elemanında meydana gelen hasar (R1) .....	31
5.5 Akma meydana geldiği anda deney elemanında oluşan hasar.....	31
5.6 Kompozit birleşim elemanı (R2) deney düzeneği .....	32
5.7 Yük evrim grafiği.....	33
5.8 Tepe yükü – deplasman grafiği (R2) .....	33
5.9 Deneş sonunda elemanda meydana gelen hasar.....	39
5.10 Deneş sonunda elemanda meydana gelen hasar.....	39
5.11 Kşebant profili kompozit birleşim elemanı (R3) deney düzeneği.....	40

**ŞEKİL DİZİNİ (devam)**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.12 Yük çevrim grafiği .....	41
5.13 Tepe yükü – deplasman grafiği (R3).....	41
5.14 Deney sonunda elemanda meydana gelen hasar .....	47
5.15 Deney sonunda elemanda meydana gelen hasar .....	47
6.1 Deney elemanların yük (P) – deplasman ( $\Delta$ ) zarf eğrileri.....	48
6.2 OriginPro programı .....	50
6.3 Kümülatif enerji tüketimi .....	51
7.1 ABAQUS/CAE programın genel görünümünü.....	52
7.2 Beton eleman ile boyuna ve enine donatı elemanının bir araya getirilmesi .....	53
7.3 Sınır Koşulları .....	54
7.4 Desplasman döngüsü .....	55
7.5 Model-1 a) Beton mesh edilmiş hali b)donatı ve etriyelerin montajlanmış hali.....	56
7.6 Model-1 donatı gerilme dağılımları .....	58
7.7 Model-1 meydana gelen hasarları .....	58

**ŞEKİL DİZİNİ (devam)**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
7.8 Model-1 ve deney elemanı (R1) yük-yer değiştirme eğrisi .....	59
7.9 Model-2 Beton mesh edilmiş hali.....	60
7.10 Model-2 donatı ve etriyelerin montajlanmış hali.....	60
7.11 Model-2 meydana gelen hasarları.....	62
7.12 Model-2 donatı gerilme dağılımları.....	62
7.13 Model-2 ve deney elemanı (R2) yük-yer değiştirme eğrisi .....	63
7.14 Model-3 Beton mesh edilmiş hali.....	64
7.16 Model-3 meydana gelen hasarları.....	66
7.17 Model-3 donatı gerilme dağılımları.....	67
7.18 Model-3 ve deney elemanı (R3) yük-yer değiştirme eğrisi .....	67

**TABLolar DİZİSİ**

<b><u>Tablo</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
3-1 Beton malzemeleri karışım oranları .....	14
3-2 Deney elemanlarının ortalama basınç dayanımı .....	14
3-3 Çelik profil özellikleri .....	16
5-1 Deney sırasında elde edilen gözlemler.....	28
5-2 Deney sırasında elde edilen gözlemler.....	34
5-3 Deney sırasında elde edilen gözlemler.....	42
6-1 Yük ve deplasman değerleri.....	49
6-2 Süneklik oranı ( $\mu$ ) değerleri .....	49
6-3 Tablo 6 4 Deney elemanları enerji tüketimi.....	50
7-1 Deney elemanı (R1) ve Model-1 sonuçlarının karşılaştırılması .....	57
7-2 Deney elemanı (R2) ve Model-2 sonuçlarının karşılaştırılması .....	61
7-3 Deney elemanı (R3) ve Model-3 sonuçlarının karşılaştırılması .....	66

# 1 GİRİŞ

## 1.1 Genel

Büyük bir bölümü deprem zonu üzerinde olan ülkemizde meydana gelen şiddetli depremler yüksek süneklikli betonarme yapıların önemini artırmıştır. Araştırmacılar ve tasarımcılar depreme dayanıklı yapı tasarımında kiriş-kolon düğüm noktalarının önemine dikkat çekmişlerdir. Yapıların deprem performansı kiriş-kolon düğüm noktalarının performansına bağlıdır. H.Said, (2016),.

Yapı, deprem esnasında oluşan enerjisine karşı sünek davranışı gösterip deplasmanlar ile sönümlenmeye eğilim göstermezse, birikip artan bölgesel enerji yapının ani göçmesine neden olur ERCAN and ARISOY, (2016),. Ani kırılmayı önlemek için mukavemet ve süneklik gereksinimlerini karşılamak için yapılardaki kiriş-kolon düğüm noktalarının uygun bir yaklaşım ile güçlendirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır.

Kiriş-kolon birleşimlerinin sismik performansını artırmak için kapsamlı araştırmalar yapılmıştır. Ancak kiriş-kolon birleşimlerinin sismik güçlendirilmesi için pratik tetkiklere daha az dikkat edilmiştir. Bu nedenlerden dolayı, düğüm noktalarının yeterliliğini belirlemek ve bina rehabilitasyonu değerlendirme esasları geliştirmek için ayrıntılı olarak incelenmesi gerekir.

Betonarme çerçevenin sünekliğini artırmak için kirişteki plastik mafsalların kolon yüzeyinden uzağa yerleştirilmesi önerilir. Bu, birleşimler farklı bir gülendirme tekniği ile elde edilebilir. Bu çalışmada da plastik mafsalların kolon yüzeyinden uzağa yerleştirilmesi için çelik korniyer kullanılmıştır.

## 1.2 Tezin Amacı Ve Kapsamı

Depreme dayanıklı yapı tasarımının esası "göçmenin önlenmesi" esasına dayanmaktadır. Deprem yükleri dolayısı ile oluşan enerji yapıda çatlak ve şekil değiştirmelerin oluşması ile harcanmaktadır. "Göçmenin önlenmesi" performans kriterinde yapının yapabileceği en büyük yerdeğiştirmeleri yapıp, deprem yüklerini

harcaması ancak yıkılmamasının sağlanması gerekmektedir. Yapıların göçmeden şekil değiştirerek deprem enerjisini harcaması ancak yapının yeterli süneklikte tasarlanması ile sağlanmaktadır. Bugüne kadar oluşan büyük hasarlı depremlerde betonarme binalarda en çok hasar düğüm noktalarının göçmesi ile gerçekleşmiştir. Tasarım kriterleri içinde sünek tasarım yanı sıra "kuvvetli kolon-zayıf kiriş" tasarım kriterinin de sağlanması gerekmektedir. Bu kriter sağlandığı takdirde, deprem yükleri karşısında oluşacak hasar düğüm noktalarından kiriş üzerine taşınacaktır. Deprem sırasında oluşan enerjinin öncelikle kirişlerin mafsallaşması ile harcanması "sünek tasarım" kriterinin sağlanmış olduğunun göstergesi olacaktır. Bu açıdan depreme dayanıklı yapı tasarımında kompozit sistemler giderek önem kazanmaktadır. Betona gömülü çelik profil kompozit kolon-betonarme kiriş çerçeve sistemlerde "kuvvetli kolon-zayıf kiriş" tasarım kriteri kolaylıkla sağlanmaktadır. Bununla beraber konu üzerine yapılmış çalışmalar sismik yük etkisindeki kompozit kolon-betonarme kiriş birleşimlerinde plastik mafsallaşmanın kiriş üzerinde ve kolon yüzeyinden uzak bir bölgede gerçekleştiğini göstermiştir Şermet, 2018. Plastik mafsallaşmanın kiriş üzerinde kolon yüzeyinden uzak bir bölgede oluşması süneklik kriterinin sağlanması açısından önemlidir. Bu bağlamda bu çalışmada kompozit kolon-betonarme kiriş birleşim noktasında sismik yüklerden oluşacak olan plastik mafsalların kiriş üzerinde kolon yüzeyinden uzakta oluşmasını sağlayacak bir detay çalışılmıştır.

Bu tez çalışmasında betona gömülü çelik profil kompozit kolon-betonarme kiriş düğüm noktasında, düğüm noktasının çelik korniyerler ile kuşatılması durumunda birleşim bölgesinin tersinir tekrarlı yükler etkisi altındaki davranışı hem deneysel olarak hem de nümerik olarak incelenmiştir.

Çelik korniyerlerle kuşatılarak güçlendirilmiş kompozit kolon-betonarme kiriş birleşim bölgesinin tersinir tekrarlı yükler etkisi altındaki davranışı dayanım, enerji yutma kapasitesi ve rijitliği açısından incelenmiş, geleneksel betonarme kolon-kiriş ve kompozit kolon-betonarme kiriş birleşim elemanları ile kıyaslanmıştır.

Bu bağlamda beton kesitleri aynı olan 1/2 ölçekte 1) geleneksel betonarme kolon-kiriş birleşim elemanı, 2) betona gömülü çelik profil kompozit kolon-

betonarme kiriş birleşim elemanı 3) birleşim bölgesi çelik korniyerler ile kuşatılmış betona gömülü çelik profil kompozit kolon-betonarme kiriş birleşim elemanı olmak üzere üç adet numune hazırlanıp test edilmiştir. Numunelerde kolon sabit eksenel yük etkisi altındadır. Düğüm noktalarında moment oluşturacak şekilde kolon tepe noktadan deprem yüklerini temsil eden tersinir tekrarlı yük uygulanmıştır.. Böylelikle numunelerin süneklik mertebeleri ve göçme mekanizmalarına göre hem çelik korniyer hem de çelik profilin kompozit kolon-kiriş üzerindeki etkisi değerlendirilecektir.

### 1.3 Tezin Ana Hattı

Betonarme kiriş – kompozit kolon birleşiminden oluşan iç çerçeve elemanı temsil eden deney numunelerinin deprem etkileri altındaki davranışlarının incelenmesi ve hasar modlarının belirlenmesi amacı ile gerçekleştirilen çalışma on bölümden oluşmaktadır.

- ✓ İlk bölümde giriş, genel bilgi ve tezin amacı verilmiştir.
- ✓ İkinci bölümde daha önce yapılmış çalışmalar ve sonuçları sunulmuştur.
- ✓ Üçüncü bölümde, deney elemanlarının malzeme ve geometrik özellikleri ve deney parametreleri anlatılmıştır.
- ✓ Dördüncü bölümde deney prosedürü ve veri toplama sistemi sunulmuştur.
- ✓ Beşinci bölümde, deneylerin yapılışı ve deneysel bulgular sunulmuştur.
- ✓ Altıncı bölümde, deney sonuçlarının değerlendirilmesi anlatılmıştır.
- ✓ Yedinci bölümde, sonlu elemanlar analizi verilmiştir.
- ✓ Sekizinci bölümde, sonuçlar verilmiştir.

## 2 KAYNAK TARAMASI

Kompozit düğüm noktalarının davranışı konusunda bir çok çalışma yapılmıştır. Çalışmalar genellikle kompozit kolon-kompozit kiriş yada kompozit kolon-çelik kiriş birleşim detaylarını kapsamaktadır. Bu bölümde kompozit kolon ile teşkil edilmiş çalışmaların özeti sunulmuştur.

(Lai, Liew ve Xiong, 2019) monotonik yükleme altında yüksek mukavemetli kompozit saplama kolonlarının aksel performansı deneysel olarak incelenmiştir. Bu kompozit kolonun yapısal performansını incelemek için kırılma mekanizması, süneklik ve yük taşıma kapasitesi incelenmiştir. Nihai mukavemeti etkileyen ana parametreler, beton mukavemeti, enine donatı aralığı ve yüksek mukavemetli betona çelik liflerin eklenmesi incelenmiştir. Deneysel sonuçlardan, yüksek beton mukavemetine (C120) sahip numunelerin, kabuk beton ezilmesi nedeniyle basınç mukavemetine ulaşıldıktan sonra bir hasar gösterdiği bulunmuştur. Oysa normal beton mukavemetine (C50) sahip numuneler, basınç mukavemetine ulaştıktan sonra numuneler aksel yük ve sünekliğin kademeli olarak azaldığını göstermiştir.

Vasdravellis et al., (2009), kompozit bağlantının sismik davranışını incelemek için deneysel çalışma eşliğinde sayısal araştırma yapılmıştır. Dört adet kısmi güçlendirilmiş çelik beton kompozit kolon-kiriş bağlantısının tam ölçekli elamanı inşa edilmiştir ve tekrarlı yükleme altında test edilmiştir. Deneysel araştırma sırasında moment kapasitesi, enerji yutması, dönme sünekliği ve histerik davranış gibi parametreler dikkate alınmıştır. Ayrıca döşemeli veya döşemesiz numunelerde sismik donatıların etkisi araştırılmıştır. Deney programının ardından ABAQUS yazılımı kullanılarak üç boyutlu sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Sayısal analizlerin amacı, optimum bağlantı yapılandırmasını tanımlamak ve mevcut mukavemet ve süneklik seviyesini değerlendirmektir. Deneysel test ve sayısal analizden elde edilen sonuçlar: Test edilen tüm örnekler için pozitif ve negatif eğilme momenti stabil ve sünek davranış gözlenmiştir. Deneysel ve analitik sonuçların karşılaştırılması, geliştirilen sonlu eleman modelinin elastik aralıktaki kompozit bağlantının tepkisini doğru bir şekilde simüle edilebileceğini ortaya koymuştur.

Ma et al., (2019), bu çalışmada düğüm noktasının sismik performansını araştırmak için 13 adet beton kaplı beton dolgulu çelik boru (CFST) bağlantısı üzerinde periyodik yük altında deney testler gerçekleştirilmiştir. Deneylerin kırılma modunu bulması ve birleşme noktasının sismik davranışını, rijitlik azalmasını, mukavemet azalmasını, süneklik ve enerji dağılımı açısından değerlendirmesi amaçlanmıştır. Farklı mühendislik gereksinimlerine göre altı çeşit bağlantı örneği dikkate alınmıştır. Örneğin; çift kiriş bağlantı, dikdörtgen kolon dış bağlantı, dikdörtgen kolon iç bağlantı, kare kolon iç bağlantı, kademeli bağlantı, simetrik bağlantı. Bu çalışma için incelenen başlıca parametreler şunlardır: bağlantı tipleri, eksenel yük seviyesi, bağlantıda enine donatı hacimsel oranı, kiriş boyuna donatı oranı ve kiriş kesit boyutu. Test sonuçları ve diğer mevcut model analizleri ile karşılaştırıldıktan sonra şu sonuçlar elde edilmiştir: Dört tipik kırılma modu bulunmuştur: kiriş eğilme kırılması, kiriş eğilme-kesme kırılması, kolon basıncı-eğilme kırılması ve birleşim noktada kesme kırılması. Farklı bağlantı türlerinin, bağlantıların mukavemeti, sünekliği ve enerji dağılımı kapasitesi üzerinde çok az etkisi olduğu bulunmuştur.

Xie et al., (2017), eksenel yük altında I çelik takviyeli beton dolgulu GFRP tüpüler kısa kolonların mekanik davranışı üzerine deneysel bir araştırma gerçekleştirilmiştir. 25 adet kompozit kolonda, çelik oranı, GFRP kalınlığı ve betonun basınç dayanımı dahil mekanik davranışı etkileyen ana parametreler dikkate alınarak test edilmiştir. Çalışmada mekanik davranışı, kırılma modları, eksenel yük-şekil değiştirme tepkisi, eksenel yük-eksenel yer değiştirme ve nihai yükler açısından araştırmıştır. Deneysel çalışma sonuçlarına dayanarak, şu sonuçlar elde edilmiştir: Tüm test numuneleri, GFRP tübünün başarısızlığı ve çekirdek betonun çökmesi nedeniyle gevrek bir kırılma sergilemiştir. Nihai yük taşıma kapasitesi, beton mukavemeti ve GFRP'nin kalınlığı arttıkça artmıştır.

Shafaei, Zareian, et al., (2014), OpenSees yazılım programı kullanılarak çok katlı bir çerçeve yapısının modellenmesi, daha sonra modellenen çerçeve, doğrusal olmayan statik ve artımlı dinamik analizler kullanılarak farklı birleşim detaylarının davranışının modeller ile uyumlu olduğunu doğrulamak için Deneysel bir çalışma yapılmıştır. Deney programında 1/3 ölçekli dış betonarme kiriş-kolon düğüm noktası tersinir yük etkisi altında test edilmiştir. Numuneler, sismik olarak

detaylandırılan yeterli enine donatı sahip bir örnekten ve enine donatı sağlamayan ve 1970'lerden önce İran inşaat uygulamasını temsil eden örneklerden oluşmaktadır. Bütün test üniteleri 23 MPa basınç dayanımına sahip hazır beton kullanılarak yapılmıştır. Test sırasında kolona 220 kN sabit eksenel yük uygulanmıştır. Aşağıdaki sonuçlar deneysel testlerden ve analitik sonuçlardan elde edilmiştir.

- Sismik olarak detaylandırılmış örnek, kiriş-kolon birleşim bölgesinde eğilmeli akma davranışı gösterirken, sismik olmayan numuneler, nihai eğilme dayanımına ulaşmadan önce kayma kırılmasını göstermiştir.

- Sismik olmayan numune için ortalama süneklikteki azalma, sismik olarak detaylandırılmış örneğe kıyasla % 27 ve % 54'e ulaşmıştır. Ayrıca sismik olarak detaylandırılmış numuneye göre ortalama pik yük itme yönünde % 14 ve % 42 ve çekme yönünde % 11 ve % 13 azalmıştır.

- Sismik olarak detaylandırılmamış kiriş kolon bağlantılarının davranışı analiz edilirken, birleşim bölgesindeki donatı detaylarına bakılmaksızın rijit birleşme yeri kabul etmenin uygun olmadığı bulunmuştur.

Borghini et al., (2016), sismik yüklere karşı zayıf olan mevcut betonarme yapıların kiriş-kolon kayma kırılmasını değerlendirmek için yeni bir basitleştirilmiş yaklaşım önermiştir. Bu kırılmayı tarif etmek için kiriş ve kolon arasında bir bağlantı elemanı eklenmiştir. Bu çalışma için özel olarak geliştirilen bağlantı elemanı, iki boyutlu sonlu eleman modeli kullanılarak çeşitli laboratuvar deney sonuçları ve sayısal analizlerle kontrol edilmiştir. Deney programlarını yürütmek için, Floransa yakınlarındaki Bagno a Ripoli'de Santa Maria Annunziata Hastanesi'nin mevcut betonarme yapısının iki tip dış kiriş-kolon birleşim noktası seçilmiştir. Bu çalışmaya dayanarak, aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

- Yapılan çalışmada, analizde rijit birleşme varsayımının, kapasite eğrisinin hem maksimum taban kayması hem de süneklik açısından güvenilir olmayan bir tahmine yol açabileceğini vurgulamıştır.

- Mevcut betonarme sismik kapasitesini tanımlamak için kiriş ve kolon arasına bir bağlantı elemanı yerleştirilmiş ve deneysel test doğrulanmıştır.

Qudah and Maalej, (2014), geleneksel beton ve enine donatı yerine ultra-sünek Tasarlanmış Kompozit Beton (ECC-Engineered Cementitious Composite)

kullanılarak kayma mukavemeti, enerji emme kapasitesi ve sünekliği geliştirmek açısından kiriş-kolon bağlantılarının sismik performansını arttırmanın bir yolu sunulmuştur. Kiriş-kolon bağlantılarının yapısal davranışını değerlendirmek için deneysel testler yapılmıştır. Deneysel programlar sırasında, sismik bölgelerde tasarlanmış bir binanın parçası olan üçte bir ölçekli dış kiriş-kolon düğüm noktası dikkate alınmıştır. Aşağıdaki sonuçlar deneyden elde edilmiştir.

- ECC kullanımı, ECC ile zenginleştirilmiş tüm numunelerin enerji tüketimini arttırmıştır. ve ECC kullanımından elde edilen artış, referans örneğe kıyasla % 11'den % 20'ye çıkmıştır.
- ECC kullanımı, kontrol örneğine kıyasla ECC ile zenginleştirilmiş tüm numunelerin nihai yükünü de arttırmıştır.
- Enine donatıların azaltılmasına bakılmaksızın, ECC kullanımı, kırılma modu ve çatlak tepkisi açısından yüksek performans ve yapısal bütünlük sergilemiştir.
- ECC kullanımı, donatı yerleşimini basitleştirdi ve tıkanıklığı ortadan kaldırdı.

Omidi and Behnamfar, (2015), kiriş-kolon birleşimin elastik ve elastik-olmayan davranışını simüle etmek için rijit denge elemanlarından oluşan yeni bir doğrusal-doğrusal-olmayan sayısal model önerilmiştir. Önerilen model ticari yazılım paketlerinde kolayca uygulanabilir. Doğrusal modelin, bağlantının başlangıç rijitliği tahmin etmesi içerirken, doğrusal olmayan model, kiriş ve kolonun doğrusal olmayan davranışını takip edecektir. Önerilen sayısal modelin oluşumunu doğrulamak için 23 deneysel eleman ve 187 sonlu eleman modelinin kullanılmıştır. Sap200 Yazılımında önerilen bağlantı modeli uygulanarak örneklere itme (pushover) analizi yapılmıştır.

Liao et al., (2014), betona gömülü kompozit kolon (CFST) -çelik kiriş veya (CFST) - betonarme kiriş iç bağlantısı test edilmiş ve analiz edilmiştir. Kompozit kolon (CFST) - kiriş düğüm noktasının sismik performansını incelemek için, bağlantı tipi, eksenel yük seviyesi ve betonarme döşemenin varlığı gibi pek çok parametre dikkate alınmıştır. Kompozit kolonların dördü, güçlü kolon zayıf kiriş prensibine göre betonarme kiriş ile bağlanmıştır. Uygulanan eksenel yük, kompozit kolonun eksenel basınç kapasitesinin % 20'si veya % 50'si olarak kabul edilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda; enerji sönmüleme, dayanım kaybı, süneklik ve rijitlik azalması gibi çeşitli parametreleri incelemişlerdir.

- Tüm kompozit kolon-betonarme kiriş deney elemanlarında güçlü kolon-zayıf kiriş tasarım kriteri nedeniyle, betonarme döşemenin varlığına bağlı olmaksızın hasar kırışlerde meydana gelmiştir. Kompozit kolon-çelik kirişten oluşan deney elemanlarında ise betonarme döşemenin varlığı kiriş mukavemetini arttırıp hasarın kirişten birleşim bölgesine ve kolona geçmesine neden olmuştur.

- Tüm numunelerde, kiriş eğilme momenti kapasitesinin kolon moment kapasitesine ( $M_b / M_c$ ) oranı 0,96'ya ulaştığında kiriş hasar modu gösterilmiştir. ancak, ( $M_b / M_c$ ) 1.38'e yükseldiğinde, hasar modu kiriş kırılma modundan birleşim bölgesi ve kolon hasar moduna dönüşmüştür.

Ma et al., (2019), düğüm noktasının sismik performansını araştırmak için beton kaplı on üç beton dolgulu çelik boru şekilli (CFST) bağlantılar üzerinde döngüsel yükler altında deneysel testler gerçekleştirilmiştir. Deneylerin hasar modunu bulması ve bağlantıların sismik davranışı, rijitlik azalması, mukavemet azalması, süneklik ve enerji dağılımı açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Farklı mühendislik gereksinimlerine göre altı çeşit birleşim elemanı dikkate alınmıştır, örneğin 1) Çift kiriş birleşim. 2) Dikdörtgen kolon dış birleşim. 3. Dikdörtgen kolon iç birleşim. 4. Kare kolon iç birleşim. 5. Çapraz birleşim. 6. Simetrik olmayan birleşim. Bu çalışma için incelenen ana parametreler şunlardır:

- Bağlantı türleri.
- Eksenel yük seviyesi.
- Birleşim hacimsel etriye oranı.
- Kiriş boyuna donatı oranı .
- Kirişin kesit boyutu.

Test sonuçları ve diğer mevcut model analizleri ile karşılaştırıldıktan sonra elde edilen sonuçlar:

- Dört tip tipik kırılma modu bulunur: kiriş eğilme kırılması, kiriş eğilme-kayma kırılması, kolon basınç-eğilme kırılması ve birleşim kayma kırılması oluşmuştur.

- Farklı bağlantı türlerinin, birleşim mukavemeti, sünekliği ve enerji kaybı kapasitesi üzerinde çok az etkisi olduğu bulunmuştur.

Chou and Uang, (2002), düğüm noktasının sismik performansını değerlendirmek için çelik kaplı betonarme kolonun-çelik kirişe yeni bağlantı

tasarımı önermişlerdir. 2 adet tam ölçekli numunede yapım kolaylığı için süreklilik plakaları eklenmesiyle daha az etriye kullanılmıştır. Birleşim noktasının taşıdığı kesme kuvvetini arttırmak için iki çift bağlantı levhası kolon yüzünden uzağa yerleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar, iki çift bağlantı plakaları yerleşmesi ve plakaların sürekliliğinin eklenmesi önerilen düğüm noktasında kesme kuvvetini karşılamada önemli bir katkı sağlamıştır. Test edilen her iki numunede plastik rotasyon geliştirmiştir ve hiçbir kaynak kırığı gözlemlenmemiştir.

Chen and Wu, (2017), flanşlı çapraz şekilli çelik kesit kullanılarak aksel basıncı davranışını tahmin etmek için çelik-betonarme kompozit (SRC) kolonunda analitik modelleme gerçekleştirilmiştir. Beton ve çelik kesit arasındaki etkileşimi incelemek için SRC kolonunun farklı bileşenlerinin malzeme modellemesi kurulmuştur. Daha sonra çelik takviyeli beton ve kısmen çelik takviyeli beton (PSRC) için birleşik analitik model, malzeme modeline göre gerçekleştirilmiştir. Önerilen modeli doğrulamak için, analitik sonuçlar hem SRC hem de PSRC'nin daha önceki deneysel sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. elde edilen sonuçlar: SRC ve PSRC'nin aksel basıncı davranışını ve nihai taşıma kapasitesini tahmin etmek için birleştirilmiş analitik model sonuçları, deneysel sonuçlarla yakın sonuçlar vermiştir.

ŞERMET and ARISOY, (2018a), beton kaplı çelik kompozit kolonlu betonarme kiriş üzerinde döngüsel yükler altında deneysel testler ve sayısal analizler yapmıştır. Çalışma, kompozit kolonun betonarme kiriş bağlantısına olan yükünün yer değiştirmesi, histerik eğri, süneklik, rijitlik, mukavemet kaybı ve enerji sönmeme açısından davranışını incelemeyi amaçlamıştır. Yüksek katlı bina iç kiriş-kolon bağlantısının beş yarım ölçekli numunesi, konvansiyonel betonarme kiriş-kolon birleşiminden (F1) ve kompozit kolon-betonarme kiriş bağlantısından (F2) oluşan iki kontrol örneği de üretilmiştir. Diğer üç örnek (F3, F4 ve F5), çelik profilli kirişe 50 cm'ye kadar yerleştirilerek ve zayıf ve güçlü eksenlerine göre konumlandırılarak üretilmiştir. Sayısal analiz yapmak için, test edilen örneklerin sonlu eleman modellemesi ABAQUS programı kullanılarak yapılmıştır, sonra doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Son olarak, deneysel test sonuçlarının sayısal sonuçlarla karşılaştırılması sunulmuştur. Sonuç olarak, mevcut bina yapılarını temsil eden zayıf kolon kuvvetli kiriş prensibi ile tasarlanan betonarme referans

numunesinin hasarın birleşim bölgesinde geliştiği bulunmuştur. Bununla birlikte, kolona çelik profil eklenmesi ile hasar kırışlar üzerinde taşınmıştır ve plastik mafsalar kırışların uçlarında oluşmuştur. Referans elemanlara (F1 ve F2) kıyasla, hem ortalama yük bakım kapasitesi hem de başlangıç rijitlik sırasıyla % 34.2 ve % 23.72 artmıştır. Birleşim bölgesindeki çelik profil ile test elemanlarının (F3, F4, F5) sünekliği, F1 elemanından % 26.90 daha yüksektir. F2 test elemanının sünekliği, F1 elemanına göre % 18.27 daha yüksektir. Ayrıca birleşim bölgesinin dışında başarıyla plastik mafsaları ötelemiştir. Son olarak, yapılmış ve önerilen model ile deney sonuçlarının tutarlı olduğu vurgulanmıştır.

Yurdakul and Avcı, (2016), Bu çalışmada, dıştan uygulanan gergi çubukları ile dış kırış-kolon birleşimini güçlendirmek için bir yöntem önerilmiştir. Kolon-kiriş bağlantı bölgesindeki kesme donatı eksikliği, düşük mukavemetli beton ve düz yuvarlak boyuna donatı sahip ve Türkiye'deki yetersiz betonarme binaları temsil eden beş adet tam ölçekli numune dikkate alınmıştır. Tüm örnekler % 8 kaymaya kadar döngüsel yarı statik yük altında test edilmiştir. Önerilen yöntemle deney elemanlarının yük taşıma kapasitelerinin arttığını belirtmişlerdir.

Shafaei, Hosseini, et al., (2014), önerilmeli çelik köşebentler kullanılarak bağlantı genişlemesi ile eksik ayrıntılı kolon-kiriş bağlantısının pratik bir güçlendirme yönteminin araştırılması sunulmaktadır. Üç referans numunesi ve dört güçlendirilmiş numuneyi içeren yedi yarım ölçekli dış betonarme kırış-kolon bağlantı, artan genlikte döngüsel yükleme altında test edilmiştir. Sonradan güçlendirilen tüm elemanlar, mukavemet, rijitlik, süneklik ve enerji dağılımı dahil olmak üzere bağlantının sismik kapasitesinin arttığını göstermiştir. Ayrıca sonuçlar plastik mafsalların kırış uçlarından uzaklaştığını göstermiştir.

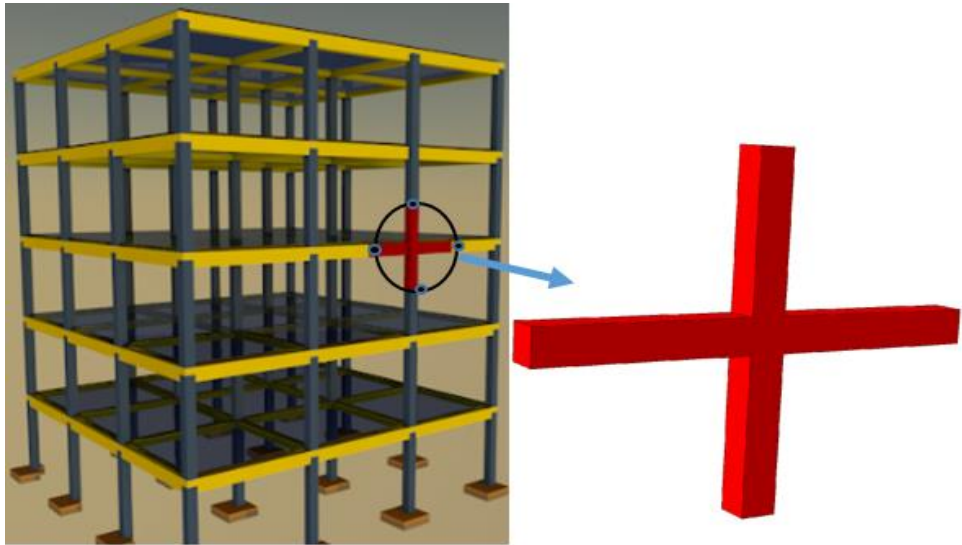
### 3 METERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Kompozit Kolon-Betonarme Kiriş Birleşimi

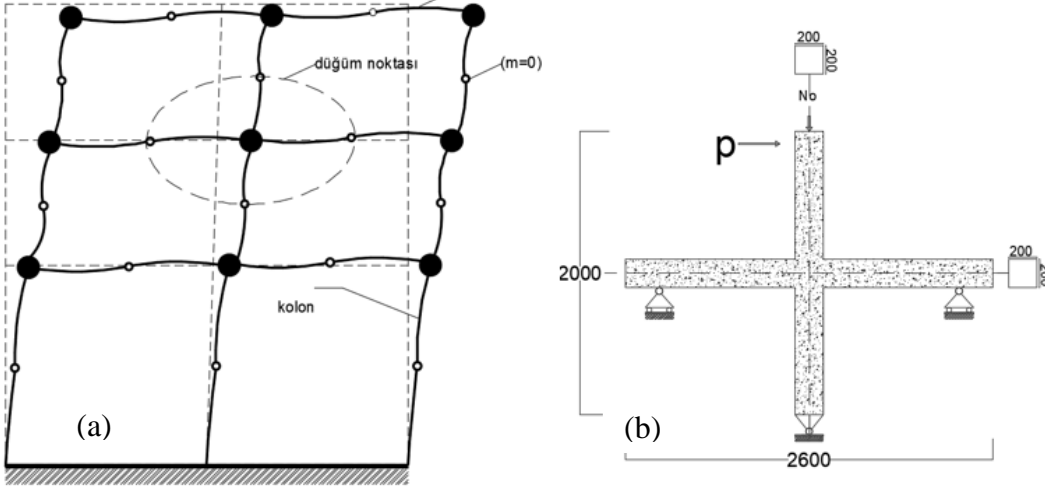
Sunulan çalışma deneysel bir çalışmadır. Çalışılmış olan düğüm noktası çok katlı bir çerçeve sisteme ait iç kolon-kiriş birleşimidir. Temsili çok katlı çerçeve sistem Şekil 3.1'de ve idealize edilmiş sistem Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Kolon ve kiriş en kesit boyutları 200 mm genişlik ve 200 mm yükseklik olarak tasarlanmıştır. Üç tür birleşim dikkate alınmıştır:

- 1) Geleneksel betonarme kolon-kiriş birleşimi,
- 2) Beton içine gömülü IPE100 çelik profil kompozit kolon-betonarme kiriş birleşimi,
- 3) Düğüm noktası çelik korniyerler ile kuşatılmış beton içine gömülü IPE100 çelik profil kompozit kolon-betonarme kiriş birleşimi.

İncelenmiş olan düğüm noktası idealize edilmiş çerçeve sistemde (Şekil 3.1.2-a'da çerçevenin moment sıfır noktalarından bölünerek çıkarılmış elemandır (Şekil 3.1.2.b). Modelin bu şekilde seçilmesi düğüm elemanının modele en uygun şekilde yüklenerek test edilmesini sağlayacaktır.



Şekil 3.1 Deney elemanlarının temsil ettiği yapı sistemi 3D

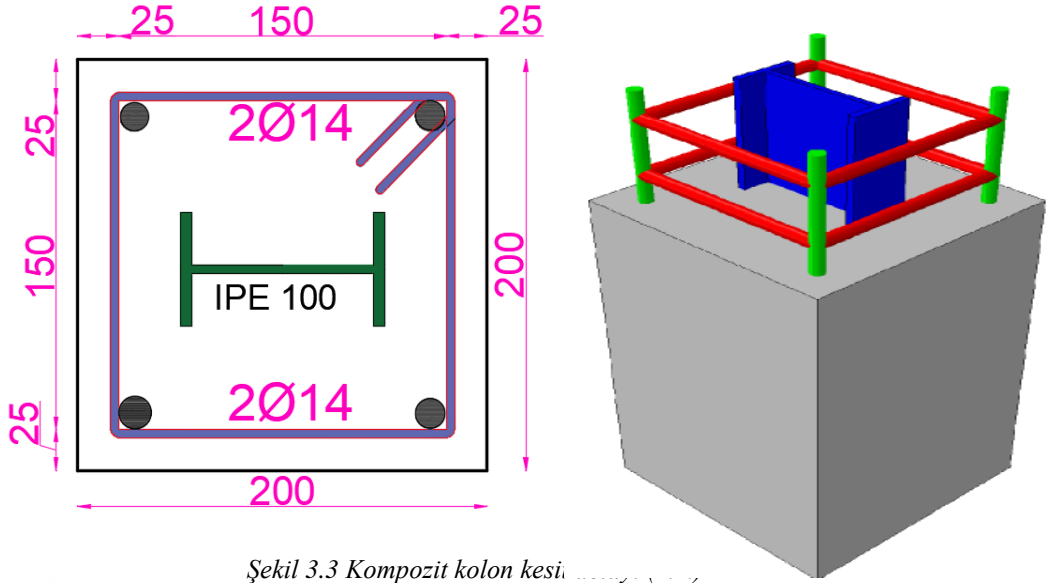


Şekil 3.2 (a) Deney elemanlarının temsil ettiği idealize yapı sistemi (b) Eleman boyutları 2D

### 3.2 Kompozit Kolon Tasarımı Ve Detaylandırma Kuralları

Sunulan deney çalışmada kompozit kolon tasarımı, detaylandırma kuralları ve malzeme sınırları 'Çelik Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (2016)' ile 'Eurocode 4 yönetmelik kurallarına göre tasarlanmıştır. Betona gömülü kompozit kolon en kesit detayı Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Betona gömülü kompozit elemanlar, beton, beton çeliği, yapısal çelik dayanımları ile ilgili minimum şartları aşağıda açıklanmıştır.

- (a) Çelik çekirdek ile buna en yakın boyuna donatı çubuğu arasındaki uzaklık donatı çapının 1.5 katından ve 40 mm' den az olmamalıdır.
- (b) Beton çeliğinin karakteristik akma dayanımı,  $F_{ysr}$ , 500MPa ile sınırlıdır.
- (c) Yapısal çelik elemanların karakteristik akma dayanımı,  $F_y$ , 460MPa ile sınırlıdır.
- (d) Yapısal çelik çekirdeğin en kesit alanı, toplam kompozit en kesit alanının en az %1'i kadar olmalıdır



Şekil 3.3 Kompozit kolon kesiti

### 3.3 Kullanılan Malzemeler Ve Özellikleri

Yapılacak deney elemanlarının temel malzemelerini beton, çelik profil ve donatı oluşturmaktadır. Deneysel ve nümerik sonuçlarının karşılaştırılabilmesi için deneysel çalışmada kullanılan beton ve çelik donatı özellikleri belirlenmiştir. Böylece gerçek değerleri programa tanıtılmıştır.

#### 3.3.1 Donatı

Bu çalışmada kolonda boyuna donatı olarak 14 mm çapa sahip kirişde ise 12 mm çapa sahip S420 nervürlü inşaat çeliği kullanılmıştır ve bütün numuneler aynı etriye kullanılmıştır. Etriye olarak kullanılan donatıların çapı 10 mm'dir.

#### 3.3.2 Beton

Hedef dayanımı C30 MPa olan beton karışımında 3 mm ince agrega, 5/15 mm iri agrega ve 15/25 mm iri agrega üç farklı agrega kullanılmıştır. Çimento CEM I 42.5 R marka çimento kullanılmıştır. Beton malzemeleri karışım oranları Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3-1 Beton malzemeleri karışım oranları

Malzemeler	Ağırlık (kg)	Ağırlıkça oranı (%)
Çimento (CEM I)	330 kg/m <sup>3</sup>	13.72
0/3 mm ince agrega:	865 kg/m <sup>3</sup>	35.97
5/15 mm iri agrega:	440 kg/m <sup>3</sup>	18.3
15/25 mm iri agrega:	610 kg/m <sup>3</sup>	25.36
Su:	160 kg/m <sup>3</sup>	6.65
akışkanlaştırıcı katkı	1.5 %	
Toplam	2405kg/m <sup>3</sup>	100

### 3.3.2.1 Beton basınç deneyi

Deney elemanlarının basınç dayanımları belirlenmesi için beton deney elemanlarının beton dökümü sırasında her birinden 3'er adet standart küp ve silindir numuneler alınmıştır. Alınan numunelere deney elemanı ile aynı yerde ve koşulda kür uygulanmıştır. Numunelere ait hesaplanmış ortalama basınç dayanımı Tablo 3-2'de verilmiştir.

Numune No	BetonTasarım Sınıfı	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)
9 adet	C 30	34

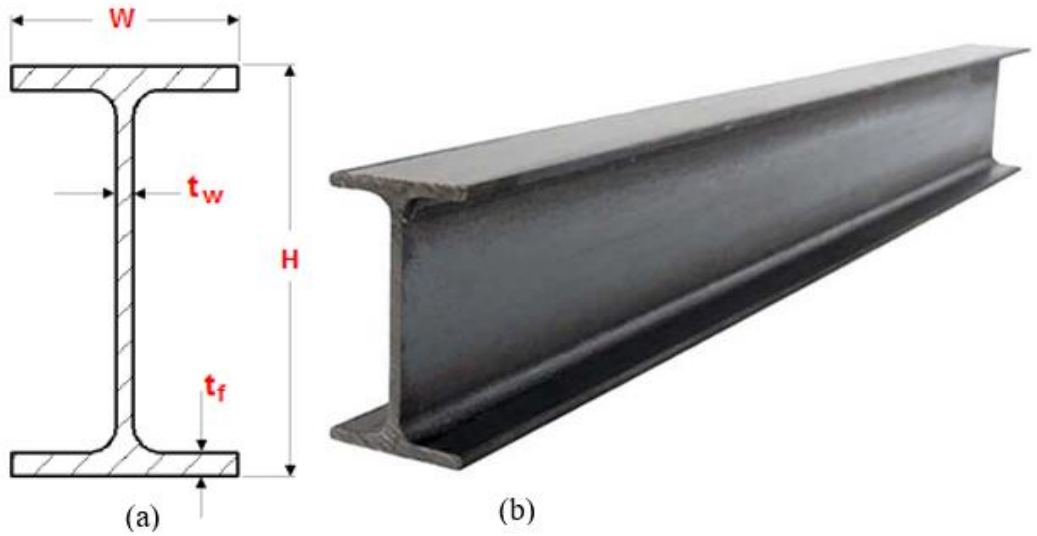
Tablo 3-2 Deney elemanlarının ortalama basınç dayanımı



Şekil 3.4 Beton küp numuneler

### 3.3.2.2 Çelik profil özellikleri

Kompozit kolon tasarlamak amacıyla betona gömülerek S275 IPE100 çelik profili kullanılmıştır. Çelik profil kesit detayları ve ölçüleri şekil 3.5'te ve tablo 3.3'de gösterilmiştir.



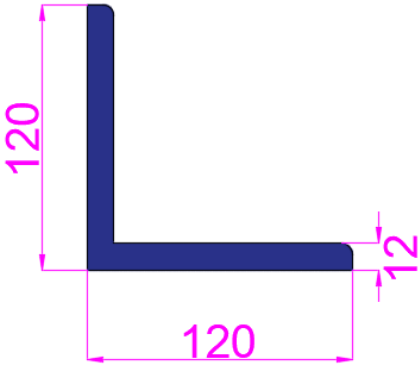
Şekil 3.5 (a) Çelik profil kesit detayları b) gerçek kesitli IPE 100 profili

Tablo 3-3 Çelik profil özellikleri

Tip	(H)	(W)	(t <sub>r</sub> )	(t <sub>w</sub> )	A	G	A/M
	mm	mm	mm	mm	m <sup>2</sup>	kg/m	m <sup>2</sup> /m
<b>IPE 100</b>	100	55	5.7	4.1	10.32	8.1	0.400

### 3.3.3 Kullanılan köşebent ölçüleri

Plastik mafsalların kolon yüzeyinden uzağa yerleştirilmesi için kullanılan çelik korniyer kesit detayları ve ölçüleri şekil 3.6'da gösterilmiştir.



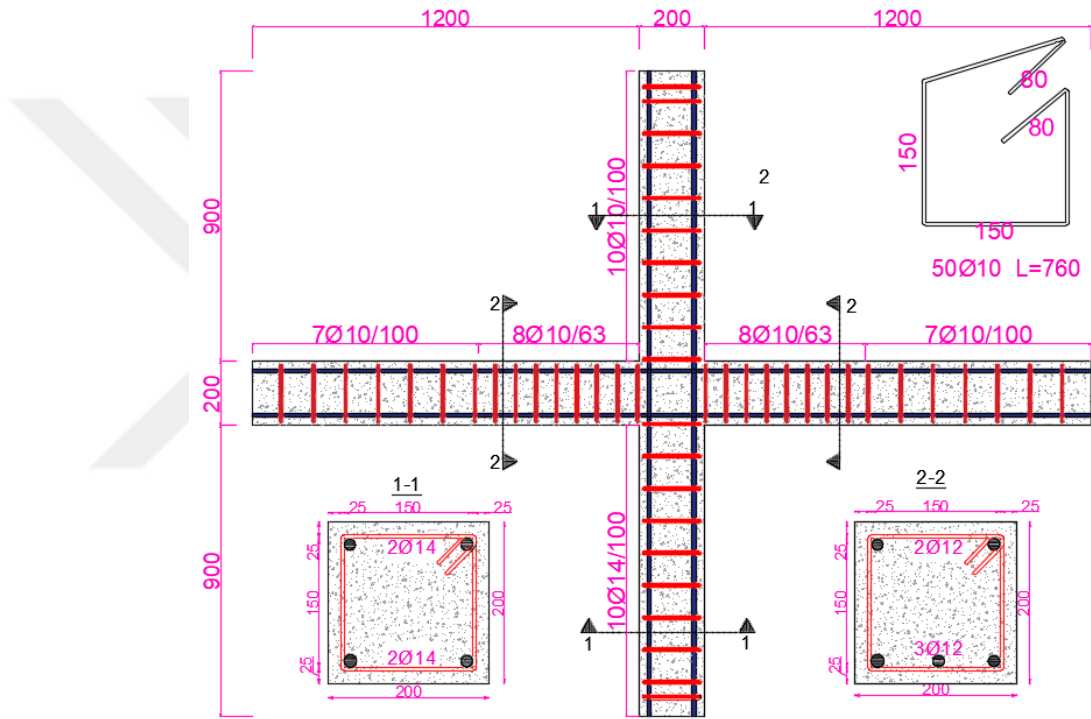
Şekil 3.6 Kullanılan köşebent profili

### 3.4 Deney Numunelerinin Hazırlanması

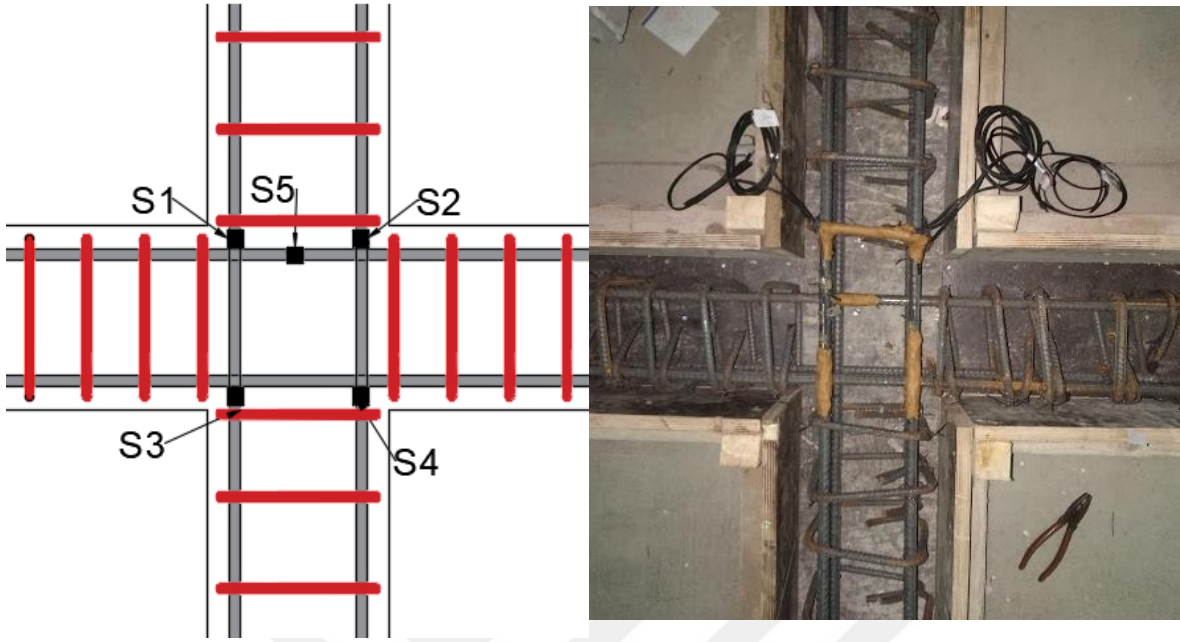
Deney numuneleri Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında hazırlanmıştır. Hazırlanan donatılar ahşap kalıplara yerleştirildikten sonra beton dökülerek numuneler hazırlanmıştır.

### 3.4.1 Referans betonarme birleşim elemanı (R1)

Deneysel çalışmada referans olarak kullanılan betonarme birleşim elemanı kolon ve kiriş kesitleri 200x200 mm olurken kolon uzunluğu 2000 mm ve kiriş uzunluğu da 2600 mm olarak tasarlanmıştır. Şekil 3.7'de ve Şekil 3.7'de Referans betonarme birleşim elemanı (R1) ve kalıba yerleştirilmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Referans betonarme birleşim elemanı (R1)



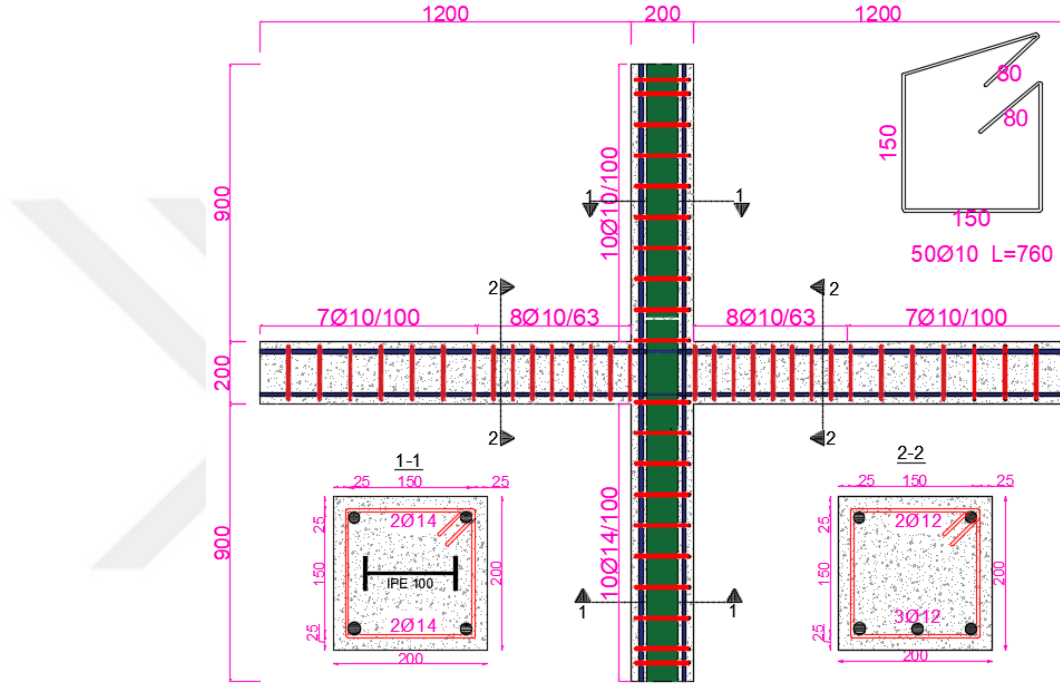
Şekil 3.9 Gerinim ölçer yerleşimi



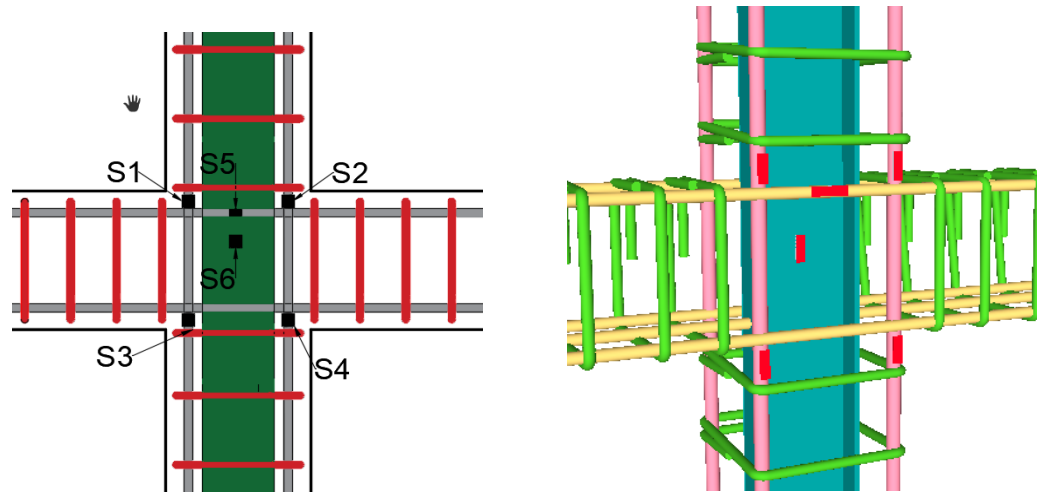
Şekil 3.8 Hazırlanan deney kalıbı

### 3.4.2 Kompozit birleşim elemanı (R2)

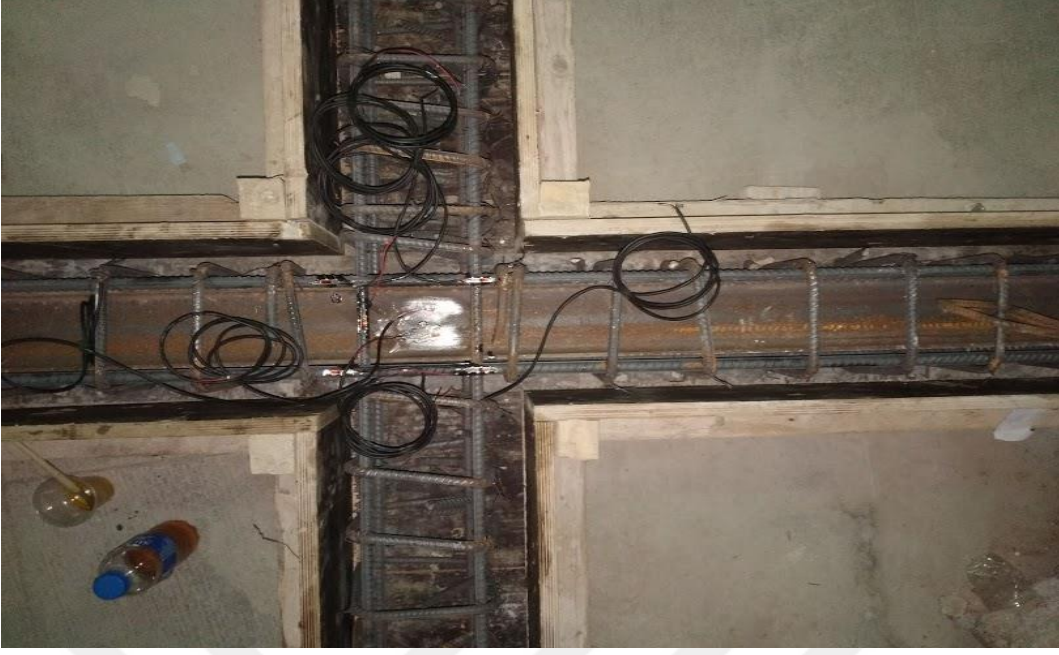
Kompozit kolon – betonarme kiriş birleşim elemanı kolon ve kiriş kesitleri 200x200 mm olurken kolon uzunluğu 2000 mm ve kiriş uzunluğu da 2600 mm olarak tasarlanmıştır. Yapısal IPE 100 çelik profili güçlü eksen yönünde kolon içine gömülü olacak şekilde yerleştirilerek kompozit kolon oluşturulmuştur. Şekil 3.10'da kompozit birleşim elemanı (R2) gösterilmiştir.



Şekil 3.10 kompozit birleşim elemanı (R2)



Şekil 3.11 Gerinim ölçer yerleşimi (R2)



*Şekil 3.12 Hazırlanan donatuların kalıba yerleştirilmesi*



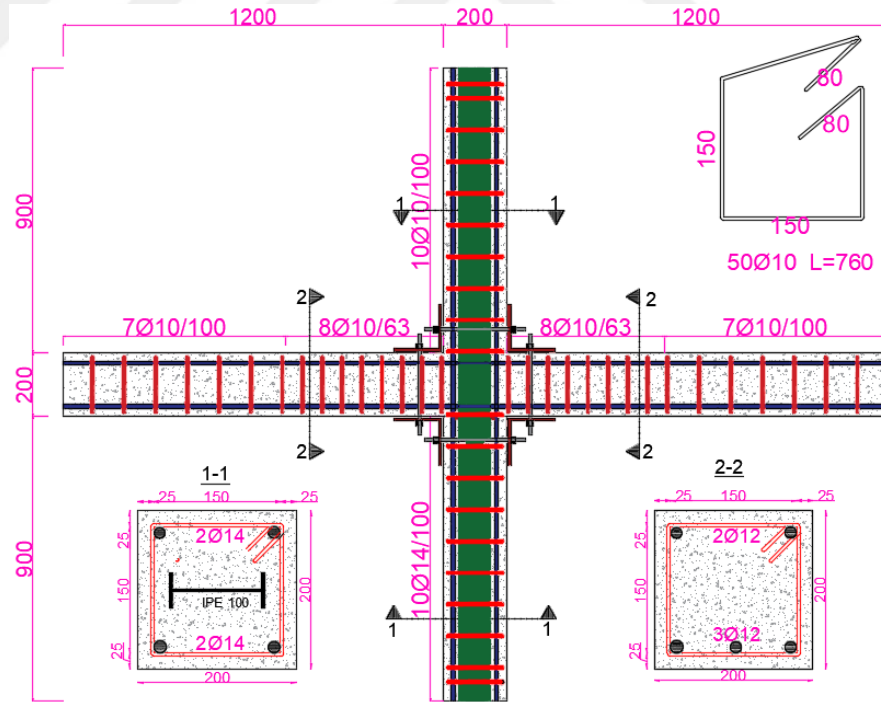
*Şekil 3.13 Beton dökümünden sonra deney elemanları*

### 3.4.3 Köşebent profilli kompozit birleşim elemanı (R3)

R3 birleşim elemanı çelik korniyer ile güçlendirilen kompozit kolon kesiti 200 x 200 mm olup çekme ve basınç bölgesinde 2Ø14 boyuna donatı ve Ø10 etriye donatısı kullanılmıştır. IPE100 S275 çelik profil güçlü eksen yönünde yerleştirilmiştir.

Kiriş-kolon bağlantılarının performansını arttırmak ve plastik mafsalların düğüm noktasından uzakta oluşması amacıyla; R3 elemanı, çelik köşebentler kullanılarak tasarlanmıştır.

Bu güçlendirme yaklaşımı; birleşimin sünekliğini arttıracak, aynı zamanda istenmeyen ani ve gevrek birleşim kırılmalarını da önleyecektir.



Şekil 3.14 Köşebent profilli kompozit birleşim elemanı (R3)

## 4 DENEY PROSEDÜRÜ VE VERİ TOPLAMA SİSTEMİ

### 4.1 Deney Düzeneği

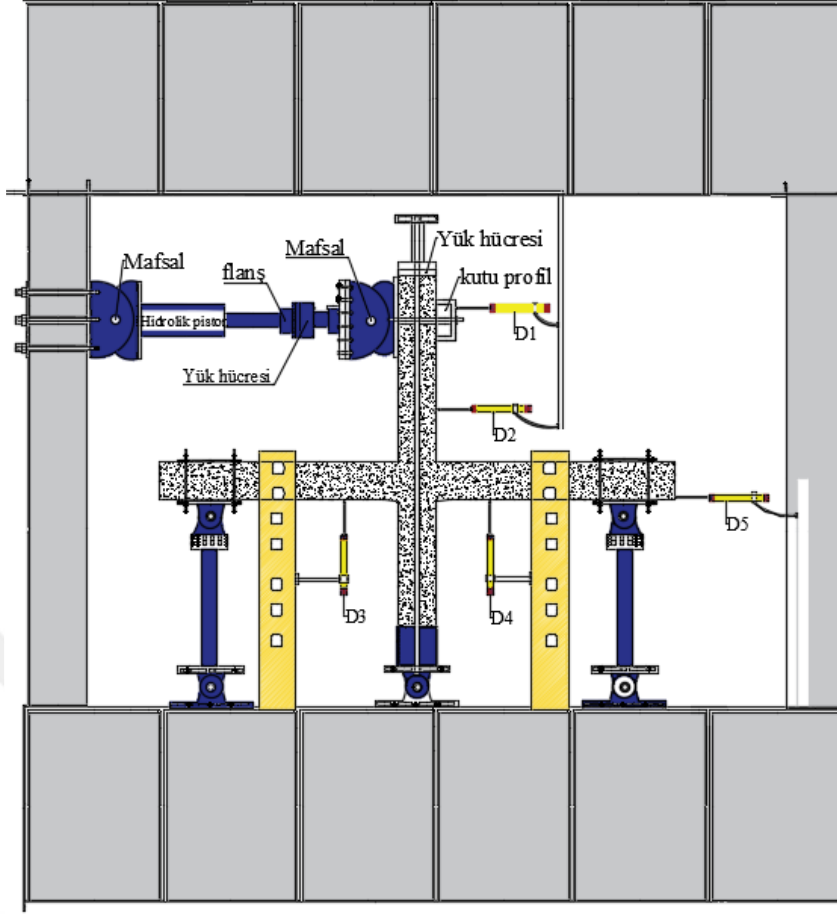
Kullanılacak yükleme çerçevesi Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı'nda yer almaktadır. Yükleme platformu, yüksek dayanımlı rijit çelik I kesitli kolon ve kiriş profilli kapalı çerçeve sisteminden oluşmaktadır. Yükleme çerçevesi üç adet 500 kN kapasiteli pistondan oluşmaktadır. Bunlardan ikisi yatayda çalışan ve bir dikeyde çalışan pistonlardır. Deney düzeneği Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



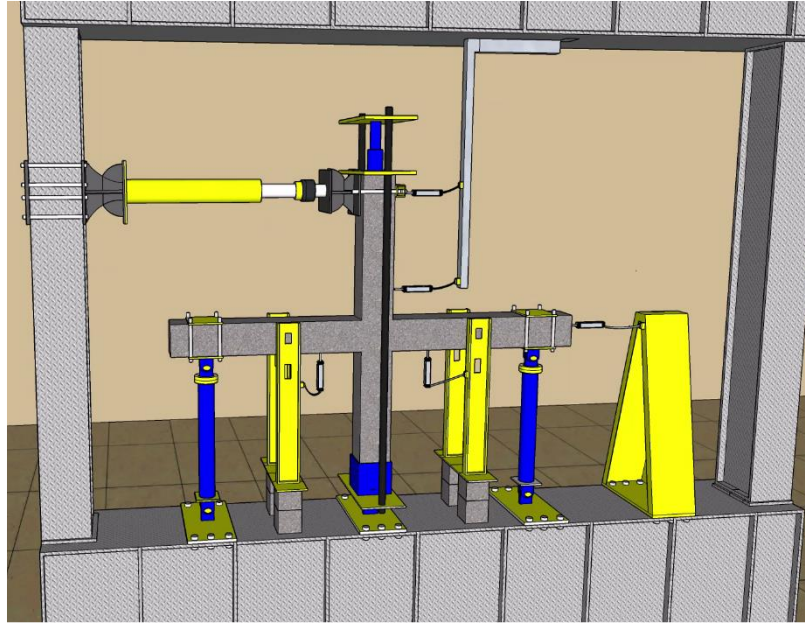
Şekil 4.1 Deney düzeneği

Deney elemanlarına 500 mm genlikli hidrolik ve 500 kN basınç ve 300 kN çekme kapasitesine sahip olan piston vasıtasıyla kolon üst noktasından 100 mm uzaklıkta Tersinir–tekrarlı yük etkilmiştir.

Kolona sabit aksenal yük vermek için hidrolik kriko kullanılmıştır, kolon aksenal yük taşıma kapasitesinin %15'i düzeyinde aksenal basınç yükü uygulanmıştır. Deney elemanın yükleme çerçevesinin içindeki yerleşimi şekil 4.2'de gösterilmiştir.



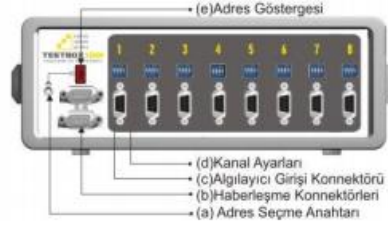
Şekil 4.2 Deney elemanının yükleme çerçevesinin içindeki yerleşimi



Şekil 4.3 Deney elemanının yükleme çerçevesinin içindeki yerleşimi (3D)

## 4.2 Veri Toplama Sistemi

Test edilen deney elemanının deneysel davranışını elde etmek ve verilerin bilgisayar programına aktarılması için 8 kanallı olan veri toplama cihazı (Şekil 4.4) kullanarak deney elemanında belli noktalara yerleştirilen deplasman ölçerlerden (LVDT) ve gerinim ölçerlerden (strain gaugeler) verileri toplanmıştır



Şekil 4.4 Veri toplama sistemi

## 4.3 Potansiyometrik Cetveller ve Yerleşimi

Deney sırasında deney elemanlarında oluşacak ötelenmelerin ve deformasyonları belirlemek amacıyla 5 adet potansiyometrik cetvel (PC) farklı noktalara yerleştirilmiştir. Kolon üst noktasında yükün uygulandığı yere, kirişte meydana gelecek yatay deplasman için kiriş ucuna ve kirişte ve kolunda plastik mafsallı oluşabilecek bölgelere deplasman ölçerler yerleştirilmiştir. Kullanılan potansiyometrik cetveller yerleşimi ve isimlendirilmeleri Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5 Potansiyometrik cetvel

#### 4.4 Gerinim Ölçer

Donatı ve çelik profilde oluşabilecek birim şekil değiştirme deformasyonlarının(uzamaların) belirlenebilmesi amacıyla 120 ohm'luk gerinim ölçerler kullanılmıştır. Gerinim ölçerler konumları Şekil 3.8 ve Şekil 3.12 gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Gerinim ölçer

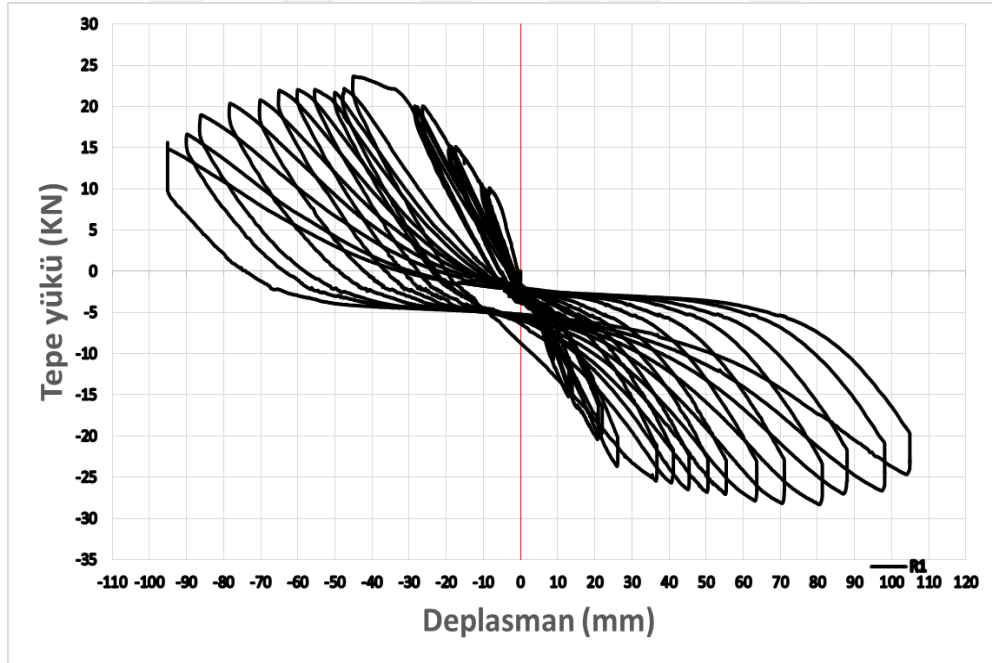
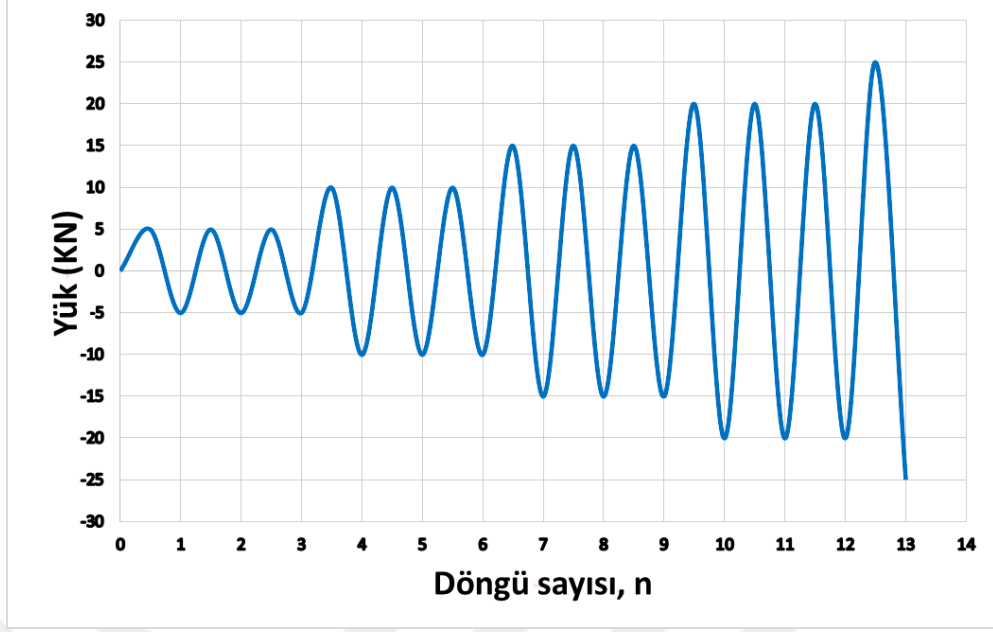
## 5 DENEYLERİN YAPILIŞI VE DENEYSEL BULGULAR

### 5.1 Referans Betonarme Birleşim Elemanı (R1)

Deneysel çalışmada referans olarak kullanılan betonarme birleşim elemanı kolon ve kiriş kesitleri 200x200 mm olurken kolon uzunluğu 2000 mm ve kiriş uzunluğu da 2600 mm olarak tasarlanmıştır. Referans betonarme birleşim elemanı (R1) deney düzeneği Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Deney elemanına +5 kN itme yükü uygulanarak başlatılmıştır ve yük çevrim grafiği Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Deney sonrasında elemana meydana gelen tepe yükü – deplasman grafiği Şekil 5.3’te verilmiştir. Deney sırasında elde edilen gözlemler tablo 5.1’de özetlenmiştir.

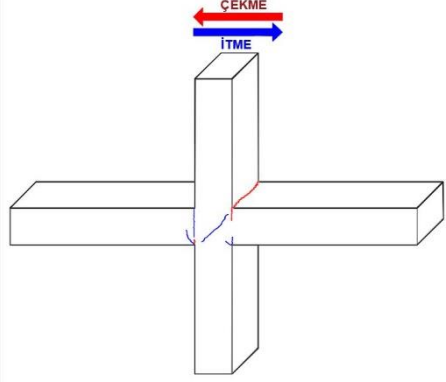
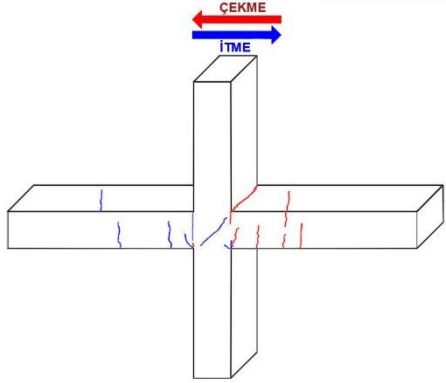
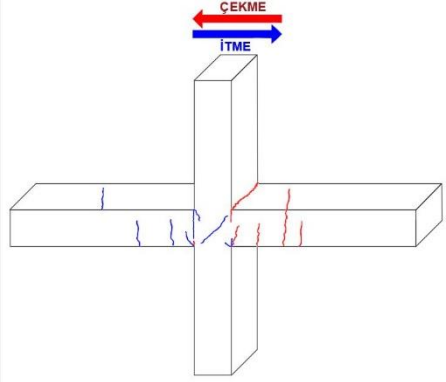


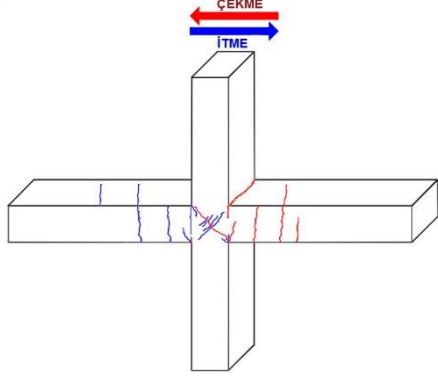
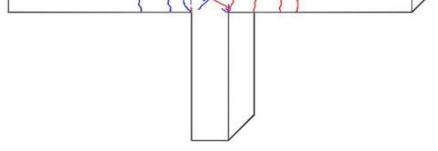
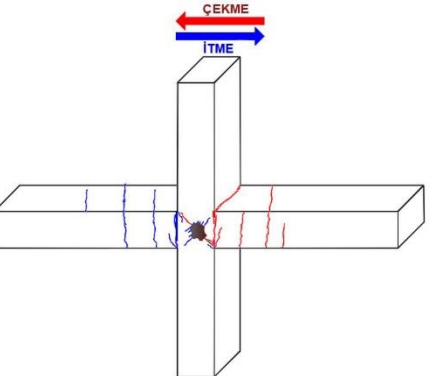
Şekil 5.1 Referans betonarme birleşim elemanı (R1) deney düzeneği

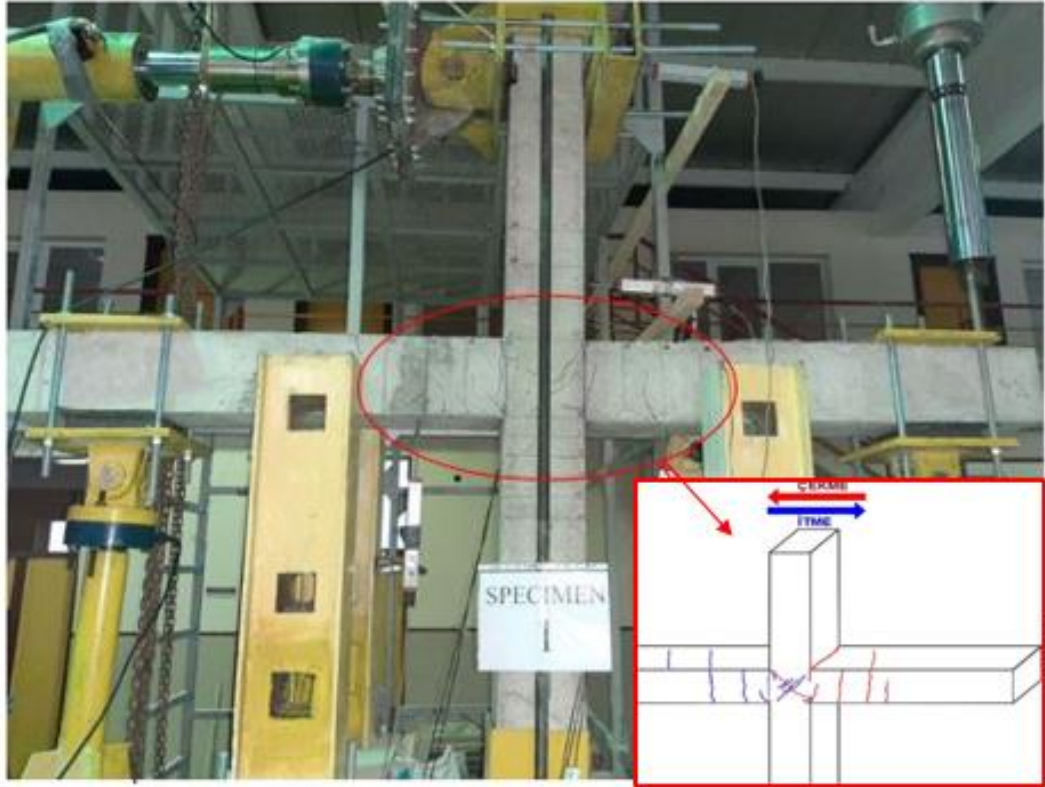


Tablo 5-1 Deney sırasında elde edilen gözlemler.

Çevrim	Çevrim yükü	Gözlemler	Çatlak Biçimi
1 2 3	Pozitif 5 kN  Negatif 5 kN	İlk üç çevrimde +5 kN ve -5 kN uygulanması sonucu herhangi bir çatlak gözlenmemiştir.	
4 5	Pozitif 10 kN  Negatif 10 kN	10 kN uygulanmasında kolon – kiriş birleşimde ön yüzünde sağ kiriş 0 cm noktasında ve sol kiriş 0 cm alt noktasında eğilme çatlakları gözlemlemeye başlamıştır. Ayrıca -10 kN sol kiriş 0 cm noktasında da oluşmaya başlamıştır	
6	Pozitif 10 kN  Negatif 10 kN	10 kN ve -10 kN yükler üçüncü kez uygulanmasında eğilme çatlağı büyüyerek daha belirgin olmuştur. Arka yüzünde sağ ve sol kirişin 0 cm noktalarında eğilme çatlakları oluşmuştur.	
7 8	Pozitif 15 kN  Negatif 15 kN	15 kN düğüm noktasında ilk diyagonal çatlaklar başlamıştır. Aynı şekilde -15 kN uygulanmasında eğilme çatlaklar devam etmiştir.	

9	Pozitif 15 kN	Üçüncü kez 15 kN yük uygulanması sonucunda kolon-kiriş kesişim noktasındaki sağ kiriş altında çatlaklar açılmaya başlamıştır. Arka yüzde de çatlaklar devam etmiştir.	
	Negatif 15 kN		
10	Pozitif 20 kN	20 kN itme yükü altında sağ kiriş 30 cm 45cm ve sol kiriş 15cm, 40 cm mesafelerde eğilme çatlakları oluşmuştur. Kirişlerde oluşan eğilme çatlakları meydana gelmiştir. Arkada diyagonal çatlak oluştu. -20 kN çekme yükü altında sağ kiriş 15 cm 28cm ve sol kiriş 15 cm, 40 cm mesafelerde eğilme çatlakları oluşmuştur. Ayrıca düğüm noktasındaki çatlaklar artmıştır.	
	Negatif 20 kN		
11 12	Pozitif 20 kN	-20 kN yükte düğüm noktasındaki çatlaklar artmaya devam etmiştir.	
	Negatif 20 kN		

13	Pozitif 25kN	25 kN yük uygulanırken 23 kN yük seviyesinde akma başladı ve tepe deplasman-34.5 mm ölçülmüştür. Birleşim bölgesindeki diyagonal ataklar derinleşmiştir.	
	Negatif 25 kN	-25 kN yük uygulandığında da -25 kN ulaştı ve 36.74 mm deplasman yaparak eğilme çatlaklar ve diyagonal çatlaklar devam etmiştir.	
Akma meydana geldikten sonra deney deplasman kontrollü olarak devam ettirilmiştir.			
14		-65.20 yer değiştirme seviyesinde 21.07 kN yük ölçülmüştür. Düğüm noktada diyagonal çatlaklar büyümüştür. 63.64 yer değiştirme seviyesinde -26.82 kN yük ölçülmüştür. 104.88 mm yer değiştirme seviyesinde -23.69 kN yük ölçülmüştür. Düğüm noktası bölgesi beton ezilmesi olmuştur ve göçmüştür.	



Şekil 5.5 Akma meydana geldiği anda deney elemanında oluşan hasar



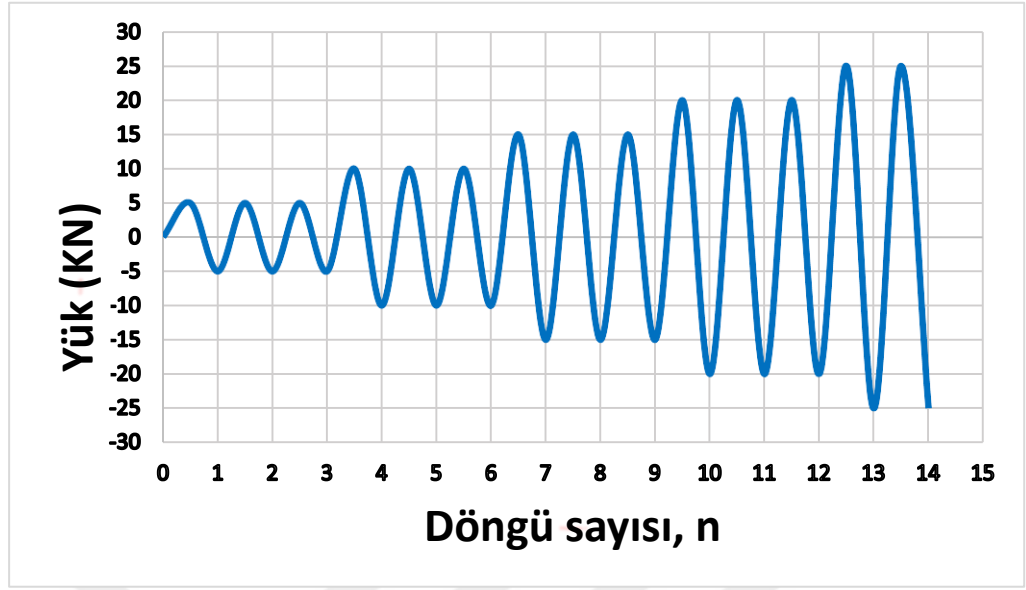
Şekil 5.4 Deney sonunda referans betonarme birleşim elemanında meydana gelen hasar (R1)

## 5.2 Kompozit Birleşim Elemanı (R2)

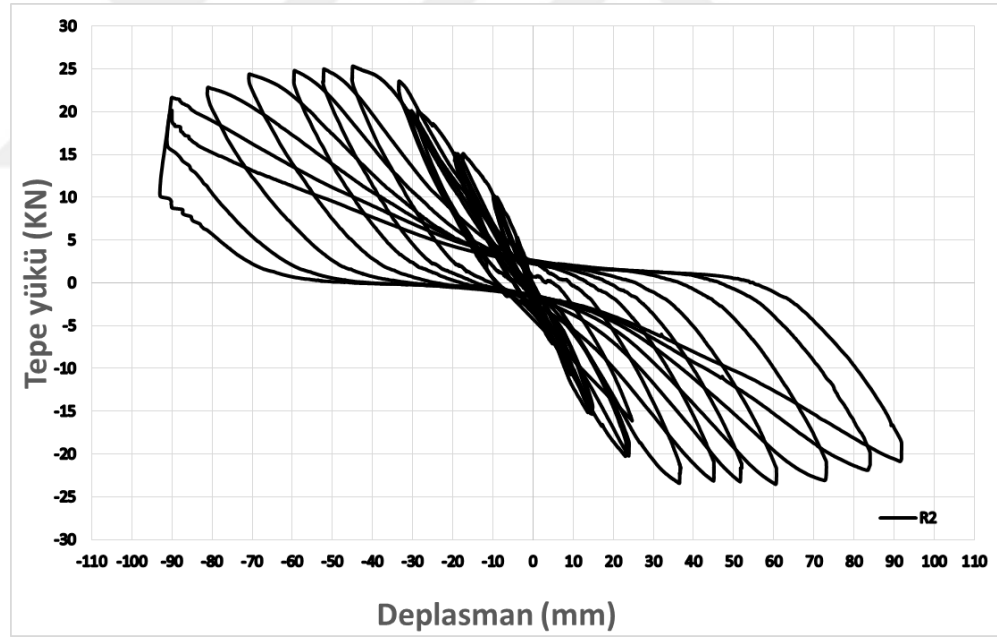
Kompozit kolon – betonarme kiriş birleşim elemanı kolon ve kiriş kesitleri referans betonarme birleşim elemanı (R1) aynı kesitlere sahiptir. çelik profil güçlü eksen yönünde yerleştirilmiştir. Kompozit birleşim elemanı (R2) deney düzeneği Şekil 5.6’da gösterilmiştir. Deney elemanına +5 kN itme yükü uygulanarak başlatılmıştır ve yük çevrim grafiği Şekil 5.7’de gösterilmiştir. Deney sonrasında elemanda meydana gelen tepe yükü – deplasman grafiği Şekil 5.8’de verilmiştir Deney sırasında elde edilen gözlemler tablo 5.2’de özetlenmiştir.



Şekil 5.6 Kompozit birleşim elemanı (R2) deney düzeneği

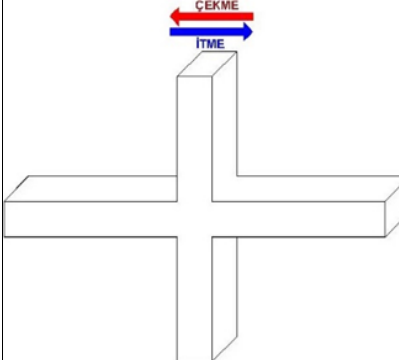
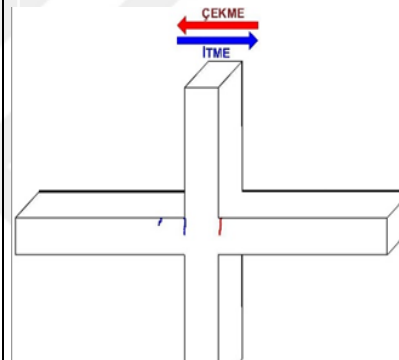
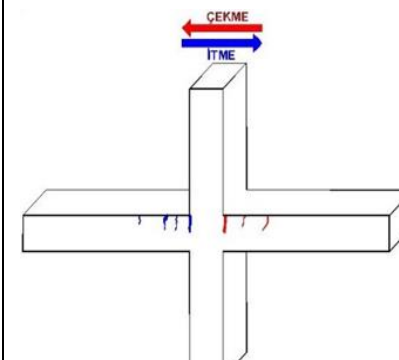


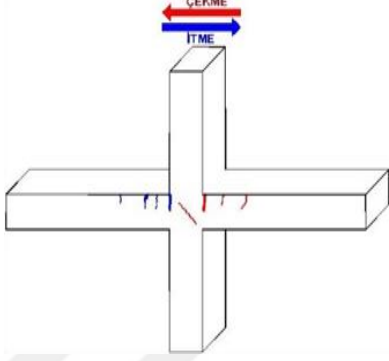
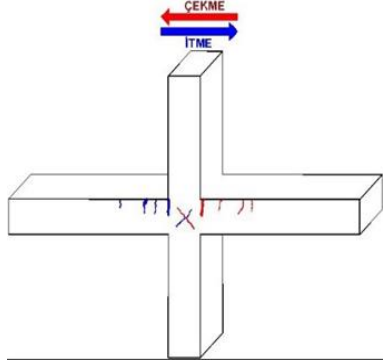
Şekil 5.7 Yük çevrim grafiği

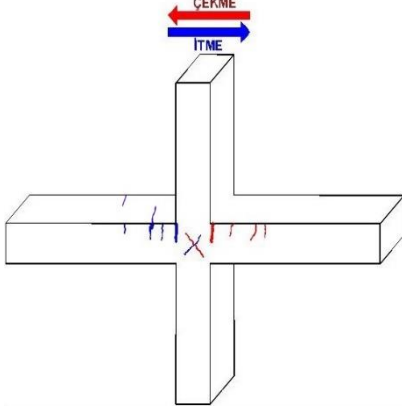
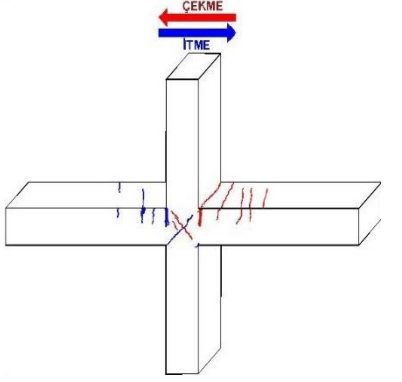


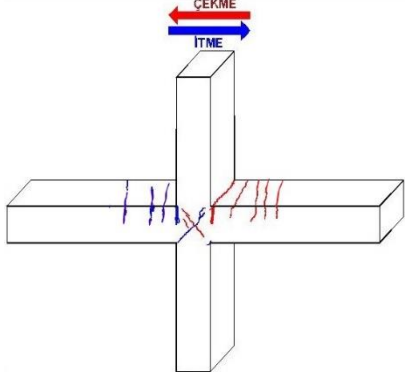
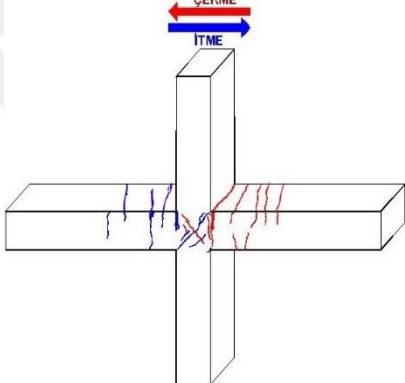
Şekil 5.8 Tepe yükü – deplasman grafiği (R2)

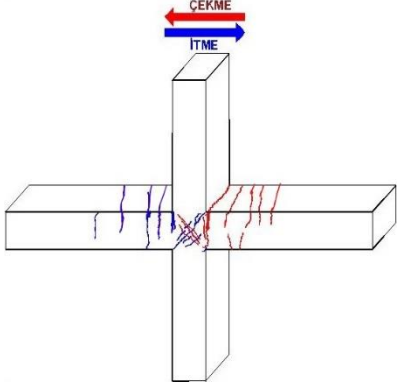
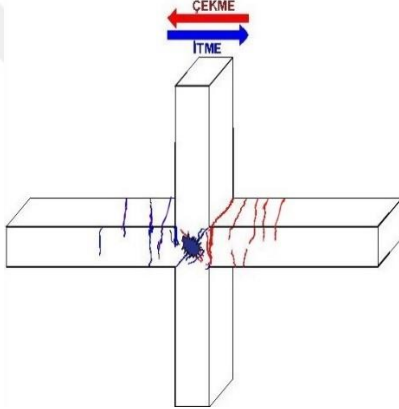
Tablo 5-2 Deneysel sırada elde edilen gözlemler.

Çevrim	Çevrimsel Yük	Gözlemler	Çatlak biçimi
1 2 3	Pozitif 5 kN	İlk üç çevrimde +5 kN ve -5 kN uygulaması sonucu herhangi bir çatlak gözlenmemiştir.	
	Negatif 5 kN		
4 5 6	Pozitif 10 kN	10 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde sol kiriş 0 cm ve 15 cm noktalarında eğilme çatlakları oluştu. Ayrıca -10 kN sağ kiriş 0 cm noktasında da eğilme çatlakları oluşmaya başlamıştır. 5. ve 6. Çevrimde çatlaklar genişlemiştir.	
	Negatif 10 kN		
7	Pozitif 15 kN	15 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde sol kirişte 10 cm ve 30 cm noktalarında eğilme çatlakları oluşmaya başladı. 15cm deki eğilme çatlakları açıldı. Sol kirişin alt yüzünde 0 cm noktasında eğilme çatlakları oluştu. Kolon-kiriş birleşiminin arka yüzünde sağ kirişte 0 cm noktasında eğilme çatlakları oluşmaya başladı. -15 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde sağ kirişte	
	Negatif 15 kN		

		11 cm ve 25 cm noktalarına eğilme çatlakları oluşmaya başlamıştır.	
8	Pozitif 15 kN	+15 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde sol kirişte mevcut çatlaklar açılmaya devam etmiştir.	
	Negatif 15 kN	-15 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin düğüm noktasında diyagonal çatlak oluşmaya başlamıştır.	
9	Pozitif 15 kN	+15 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde düğüm noktasında diyagonal çatlak oluşmaya başladı. Sol kirişte 10 cm noktasında mevcut çatlak açılmaya devam etti. Kolon-kiriş birleşiminin arka yüzünde sağ kirişte 0 cm noktasında mevcut çatlak açılmaya devam etmiştir.	
	Negatif 15 kN	-15 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde sağ kirişte 30 cm noktasında eğilme çatlakları oluşmaya başladı, sağ kirişte 25 cm noktasındaki mevcut çatlak açılmaya devam etmiştir.	

10	Pozitif 20 kN	+20 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin alt yüzünde sağ kirişte 15cm, 20cm ve 30cm noktalarında eğilme çatlakları oluşmaya başladı.	
	Negatif 20 kN	<p>Kolon-kiriş birleşiminin üst yüzünde 15cm ve 30cm noktalarında eğilme çatlakları oluşmaya başlamıştır.</p> <p>Kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde düğüm noktasında diyagonal çatlaklar ve sol kirişte 0cm noktasında çatlaklar açılmaya devam etmiştir.</p> <p>-20 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin alt yüzünde 20cm ve 30cm noktalarında eğilme çatlakları oluşmaya başladı. Ön yüzünde düğüm noktasında diyagonal çatlaklar açılmaya devam etmiştir.</p>	
11 12	Pozitif 20 kN	11 ve 12 çevrimlerinin +20 kN uygulamalarında kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde düğüm noktasında diyagonal çatlaklar açılmış, üst yüzünde sol kirişte mevcut çatlaklar açılmıştır.	
	Negatif 20 kN	11. çevrimde -20 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin üst yüzünde sağ kirişte 0cm, 10cm, 25cm, 30cm ve 40cm noktalarında eğilme çatlakları oluşmaya başlamıştır.	

13	Pozitif 25 kN	+25 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde ve üst yüzünde sol kirişte mevcut çatlaklar açılmaya devam etti. Arka yüzünde düğüm noktasında diyagonal çatlak oluşmuştur.	
	Negatif 25 kN	-25 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin alt yüzünde sol kirişte 30cm noktasında eğilme çatlağı oluştu, 0cm noktasında mevcut çatlak açılmaya devam etmiştir. Ön yüzünde sağ kirişte 40cm noktasında eğilme çatlağı oluştu. Arka yüzünde düğüm noktasında diyagonal çatlak oluşmuştur.	
14	Pozitif 25 kN	+25 kN uygulamasında 24 kN seviyesinde sistem akmaya başladı ve tepe deplasmanı-45.15cm ölçülmüştür. Alt yüzeyde sağ kirişte 0cm, 10cm ve 20cm noktalarında eğilme çatlakları açılmaya devam etti. Ön yüzünde sol kirişte 40cm noktasında eğilme çatlağı oluştu, 10cm ve 30cm noktalarında eğilme çatlakları açılmaya devam etmiştir.	
	Negatif 25 kN	-25 kN uygulamasında Kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde sağ kirişte 10cm ve 20cm noktalarında eğilme çatlakları oluşmuştur.	
Akma meydana geldikten sonra deney deplasman kontrollü olarak devam ettirilmiştir.			

15		<p>-59.6 mm yer değiştirme seviyesinde 23.5 kN yük llmştr. Kolon-kiriş birleşiminin n yüzünde düğüm noktasında beton ezilmeye başladı.</p> <p>60.7 mm yer değiştirme seviyesinde-22.9 kN yük llmştr. Düğüm noktasında ilave çatlaklar oluşmuştur.</p> <p>70 mm yer değiştirme seviyesinde 19.83 KN yük llmştr. Düğüm noktası bölgesi beton ezilmesi oluştu ve göçmüştür.</p>	
20		<p>-93mm yer değiştirme seviyesinde 10.33 kN yük llmştr. Kolon-kiriş birleşiminin n yüzünde düğüm noktasında beton ezilmesi devam ettirmiştir ve gtmştr.</p>	



*Şekil 5.9 Deney sonunda elemanda meydana gelen hasar*



*Şekil 5.10 Deney sonunda elemanda meydana gelen hasar*

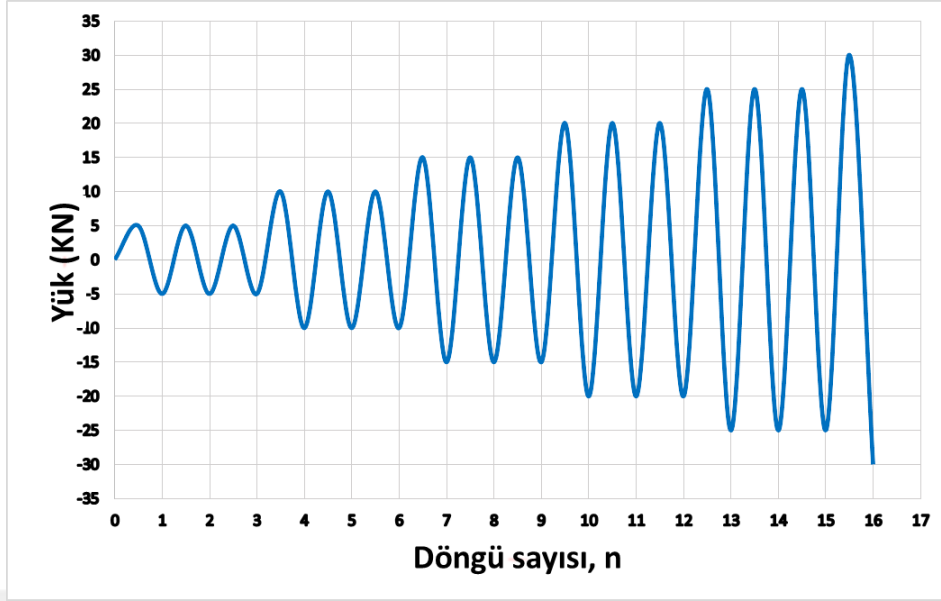
### 5.3 Köşebent Profilli Kompozit Birleşim Elemanı (R3)

R3 birleşim elemanı çelik korniyer ile güçlendirilen kompozit kolon kesiti 200 x 200 mm olup alt ve üst bölgesinde 2Ø14 boyuna donatı ve Ø10 etriye donatısı kullanılmıştır. IPE100 S275 çelik profil güçlü eksen yönünde yerleştirilmiştir.

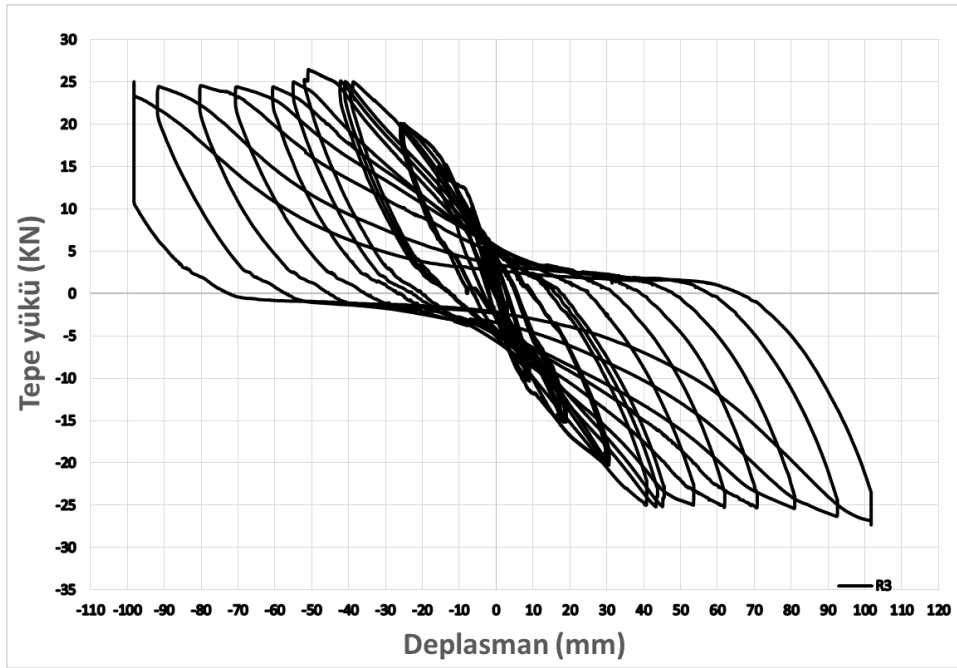
Kompozit birleşim elemanı (R2) deney düzeneği Şekil 5.11’de gösterilmiştir. Deney elemanına +5 kN itme yükü uygulanarak başlatılmıştır ve yük çevrim grafiği Şekil 5.12’de gösterilmiştir. Deney sonrasında elemenda meydana gelen tepe yükü – deplasman grafiği Şekil 5.13’te verilmiştir. Deney sırasında elde edilen gözlemler tablo 5.3’te özetlenmiştir.



Şekil 5.11 Köşebent profilli kompozit birleşim elemanı (R3) deney düzeneği



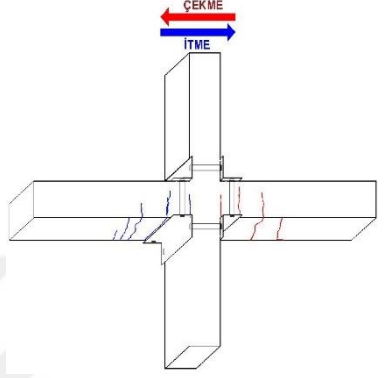
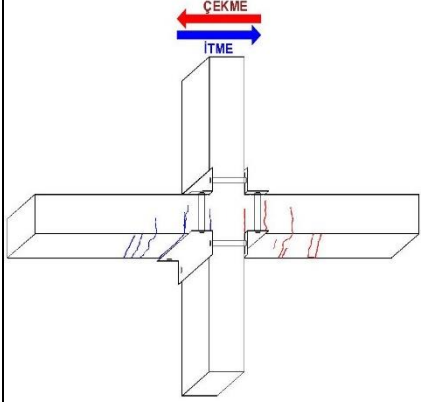
Şekil 5.12 Yük çevrim grafiği

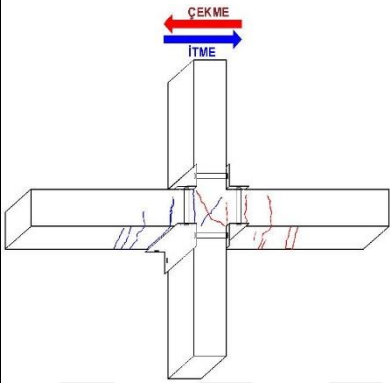
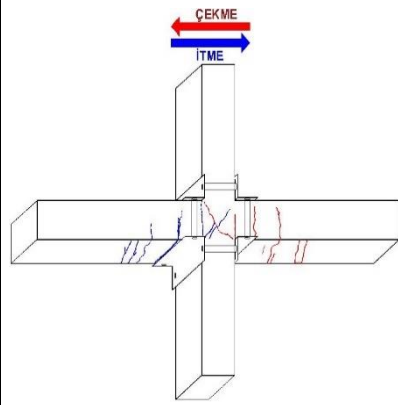


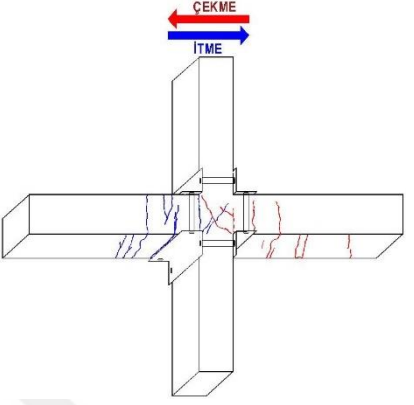
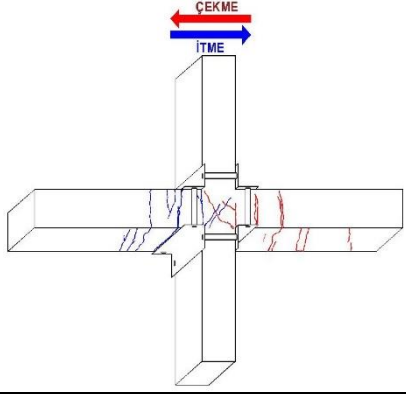
Şekil 5.13 Tepe yükü – deplasman grafiği (R3)

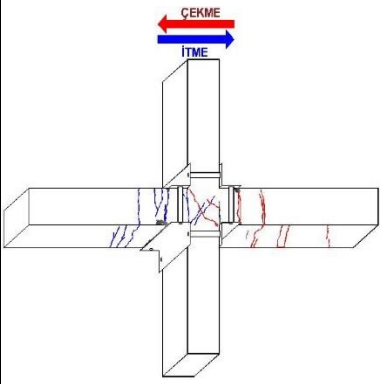
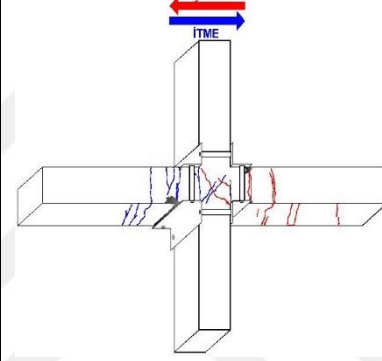
Tablo 5-3 Deney sırasında elde edilen gözlemler.

Çevrim	Çevrimsel yük	Gözlemler	Çatlak biçimi
1	Pozitif 5 kN	+5 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde sağ kirişte 10 cm ve 25 cm noktalarında eğilme çatlakları oluşmuştur.	
	Negatif 5 kN	-5 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde sol kirişte 0 cm ve 13cm noktalarında eğilme çatlakları oluştu. Alt yüzünde sol kirişte 13 cm noktasında eğilme çatlakları oluştu. Arka yüzünde sağ kirişte 12 cm noktasında eğilme çatlakları oluşmuştur.	
2	Pozitif 5 kN	+5 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin alt yüzünde sağ kirişte 25 cm noktasında eğilme çatlakları oluştu. Ön yüzünde 25 cm noktasında mevcut eğilme çatlakları açılmaya devam etti.	
	Negatif 5 kN	-5 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin ön ve alt yüzünde sol kirişte 30 cm noktasında eğilme çatlakları oluştu. Arka yüzünde sağ kirişte 30 cm noktasında eğilme çatlakları oluştu. Ön yüzünde 13 cm noktasında mevcut çatlak açılmaya devam etmiştir.	
3	Pozitif 5 kN	+5 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşim yerinin ön yüzünde sağ kirişte 0 cm noktasında eğilme çatlakları oluştu. 10 cm ve 25 cm noktalarında mevcut çatlaklar açılmaya devam etti.	
	Negatif 5 kN	-5 kN uygulamasında alt yüzünde sol kirişte 42 cm noktasında eğilme çatlakları oluşmuştur.	

	Pozitif 10 kN	4. Çevrimde +10 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde mevcut çatlaklar açılmaya devam etmiştir.	
	Negatif 10 kN	5. Çevrimde +10 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin alt yüzünde sağ kirişte 40 cm noktasında eğilme çatlağı oluşmuştur. 6. Çevrimde +10 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin arka yüzünde sol kirişte 10 cm noktasında eğilme çatlağı oluşmuştur. 4. Çevrimde -10 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin alt yüzünde 10 cm noktasındaki eğilme çatlağı açılmıştır. 5. Çevrimde -10 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin alt yüzünde sol kirişte 50 cm noktasında ve arka yüzünde sağ kirişte 50cm noktasında eğilme çatlakları oluşmuştur. 6. Çevrimde -10 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin arka yüzünde 0 cm ve 10 cm noktalarında eğilme çatlağı oluşmuştur.	
4 5 6			
	Pozitif 15 kN	7. Çevrimde +15 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin arka yüzünde sol kirişte 0 cm noktasında eğilme çatlağı oluşmuştur.	
	Negatif 15 kN	8. Çevrimde +15 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin alt yüzünde sağ kirişte 25 cm ve 45 cm noktalarında eğilme çatlağı oluşmuştur. 9 çevrimde +15 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin alt yüzünde 15 cm noktasında kılcal eğilme çatlakları oluşmuştur. 7.çevrimde -15 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin alt yüzünde 50 cm ve 40 cm noktalarında eğilme çatlakları açılmaya devam etti.	
7 8 9			

		9. Çevrimde -15 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin alt yüzünde sol kirişte 50 cm noktasında eğilme çatlağı açılmaya devam etmiştir.	
10	Pozitif 20 kN	+20 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde düğüm noktasında diyagonal çatlak oluştu. Ön yüzünde sağ kirişte 25 cm noktasında eğilme çatlağı açılmaya devam etmiştir.	
	Negatif 20 kN	-20 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde düğüm noktasında diyagonal çatlak oluştu. Üst yüzünde sağ kirişte 20 cm noktasında eğilme çatlağı oluşmuştur.	
11 12	Pozitif 20 kN	11. Çevrimde +20 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin arka yüzünde düğüm noktasında diyagonal çatlak oluşmuştur. Ön yüzünde düğüm noktasında diyagonal çatlaklar açılmaya devam etti. Üst yüzünde sol kirişte 40 cm noktasında eğilme çatlakları oluşmuştur.	
	Negatif 20 kN	12. Çevrimde +20 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin alt yüzünde sol kirişte 20 cm noktasında eğilme çatlağı açılmaya devam etmiştir. 11. Çevrimde -20 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin arka yüzünde düğüm noktasında diyagonal çatlak oluştu, sağ kirişte 10 cm noktasında eğilme çatlağı açılmaya devam etti. Üst yüzünde sağ kirişte 43 cm noktasında eğilme çatlağı oluşmuştur. 12. Çevrimde -20 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin alt yüzünde sol kirişte 30 cm noktasında eğilme çatlağı açılmaya devam etmiştir.	

13 14 15	Pozitif 25 kN	13.çevrimde +25 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin alt yüzünde sağ kirişte 65 cm noktasında eğilme çatlağı oluştu, 10 cm ve 20 cm noktalarındaki eğilme çatlağı açılmaya devam etti. Üst yüzünde sol kirişte 30 cm noktasında eğilme çatlağı oluştu. Arka yüzünde sol kirişte 20 cm noktasında eğilme çatlağı açılmaya devam etmiştir.	
	Negatif 25 kN	14. Çevrimde +25 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin üst yüzeyinde 50 cm ve 15 cm noktalarında eğilme çatlağı oluştu. Ön yüzünde sağ kirişte 10 cm ve 25 cm noktalarında eğilme çatlakları açılmaya devam etmiştir. 13. Çevrimde -25 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin ön yüzünde diyagonal çatlaklar açılmaya devam etti, sol kirişte 15 cm noktasında eğilme çatlakları açılmaya devam etti. 14. Çevrimde -25 kN uygulamasında kolon-kiriş birleşiminin üst yüzünde sağ kirişte 20 cm ve 25 cm eğilme çatlakları oluştu. Arka yüzünde sağ kirişte 15 cm eğilme çatlağı açılmaya devam etmiştir.	
16	Pozitif 30 kN	+26.48 kN yüklemde kolon-kiriş birleşimi akmaya başladı. -50.90 mm deplasman ölçüldü -25 kN yüklemde 52.90 mm deplasman ölçülmüştür.	
	Negatif 30 kN		
Akma meydana geldikten sonra deney deplasman kontrollü olarak devam ettirilmiştir.			

19		<p>-70.23 mm yer değiştirme seviyesinde 24.42 kN yük llmştr.</p> <p>Kolon-kiriş birleşiminin bütün yüzeylerinde 12cm noktalarında beton ezilmeye başlamıştır.</p> <p>80.36 mm yer değiştirme seviyesinde -25.39 kN yük llmştr.</p> <p>70 mm yer değiştirme seviyesinde 19.83 kN yük llmştr. Düğüm noktası bölgesi beton ezilmesi olmuştu ve göçmüştür.</p>	
22		<p>-98.23 mm yer değiştirme seviyesinde 25.03 kN yük llmştr. Kolon-kiriş birleşiminin bütün yüzlerinde 12 cm noktalarında beton ezilmesi artmış ve sistem göçmüştür.</p>	



*Şekil 5.14 Deney sonunda elemanda meydana gelen hasar*



*Şekil 5.15 Deney sonunda elemanda meydana gelen hasar*

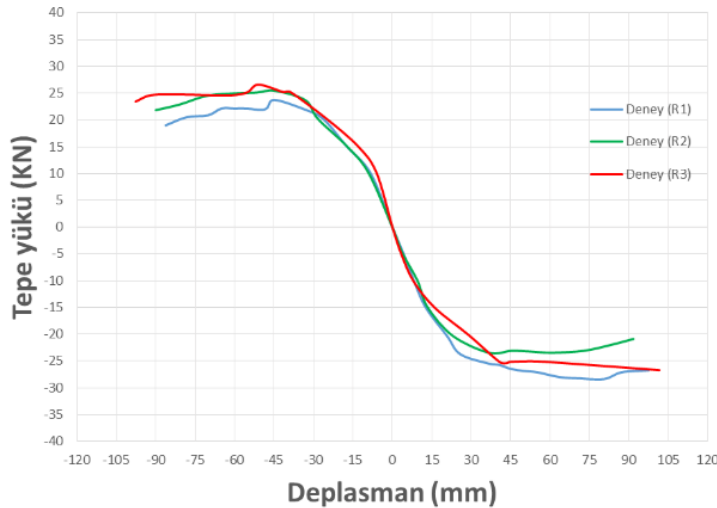
## 6 DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, yürütülen deneysel çalışmanın sonuçları tartışılmaktadır. deney çalışmasında elde edilen sonuçları, tepe yük deplasman grafikleri yardımıyla dayanım, süneklik ve enerji tüketimi başlıkları altında karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

### 6.1 Dayanım ve Süneklik

Dayanım, çelik profil ve çelik korniyer güçlendirme yöntemleri ile elde edilen katkının değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir parametredir. Deney elemanlarının dayanımları yük-deplasman grafikleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Elemanların çevrimsel eğriler üzerindeki tepe noktası birleştirilerek elde edilen yük (P) – deplasman ( $\Delta$ ) zarf eğrileri Şekil 6.1'de verilmiştir.

ŞERMET ve ARISOY, (2018), tarafından kopma anındaki yük  $P_u = 0.85 P_{max}$  olduğu ve ona karşılık gelen deplasman  $\Delta_u = 0.85 \Delta_{max}$  olduğu kabul edilmiştir ve değerler Tablo 6.1'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1 Deney elemanların yük (P) – deplasman ( $\Delta$ ) zarf eğrileri

Tablo 6-1 Yükleme ve deplasman değerleri

numune	Akma				Maksimum				Kopma			
	Py (kN)		Δy (mm)		Pmax(kN)		Δmax(mm)		Pu (kN)		Δu(mm)	
	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(+)	
Deney (R)	23	25	34.5	36.74	23.65	28.3	44.71	80.54	14.86	24.75	94.93	68.459
Deney (R)	24	23.42	45.15	36.42	25.27	24.8	44.53	59.5	16.10	-20.89	91.28	91.79
Deney (R)	26.48	24.9	50.90	52.97	26.5	27.4	50.1	101.7	23.42	26.71	97.72	101.64

Deney elemanlarının süneklik oranları açısından değerlendirmek için Tablo 6.1'de elemanında akmanın yaşandığı deplasman ( $\Delta y$ ) ve kopma anındaki deplasmanın ( $\Delta u$ ) kullanılmıştır. Sünek oranı  $\mu = \Delta u / \Delta y$  olarak hesaplanmıştır. Akma deplasmanının ( $\Delta y$ ) ve kopma anındaki deplasmanın ( $\Delta u$ ) ve süneklik oranı ( $\mu$ ) değerleri Tablo 6.2'de gösterilmiştir.

Tablo 6-2 Süneklik oranı ( $\mu$ ) değerleri

numune	Akma $\Delta y$ (mm)		Kopma $\Delta u$ (mm)		süneklik oranı	
	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)
Deney (R1)	34.5	36.74	94.93	68.459	2.75	2.28
Deney (R2)	45.15	36.42	91.28	91.79	2.02	2.52
Deney (R3)	50.90	52.97	97.72	101.64	1.92	1.92

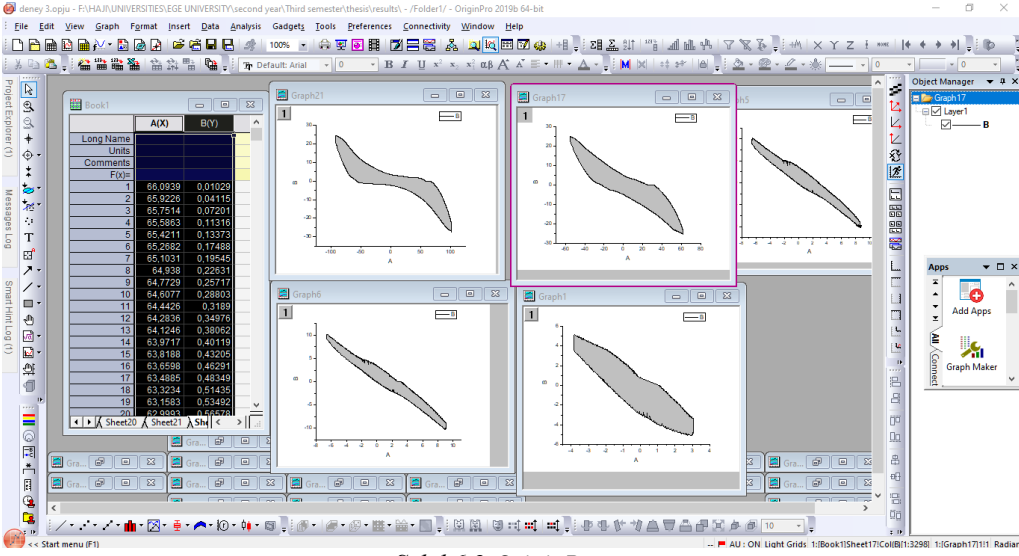
## 6.2 Enerji Yutma Kapasitesi

Bu çalışmada, kiriş-kolon birleşimlerinin enerji yutma kapasitesi tepe yük-deplasman grafik eğrilerinin altında kalan alanını hesaplanmasıyla elde edilmiştir.

Deney elemanlarının tükettiği enerji değerlerine eşit olan alanı hesaplanmak için tepe yük-deplasman grafikleri her çevrimde OriginPro (Şekil 6.2) programda çizilerek istenilen alanlar ayrı ayrı hesaplanmıştır. Daha sonra, elde edilen alanlar

toplanarak her bir bileşenin kümülatif enerji tüketimi elde edilmiş ve değerleri Tablo 6.2’te verilmiştir.

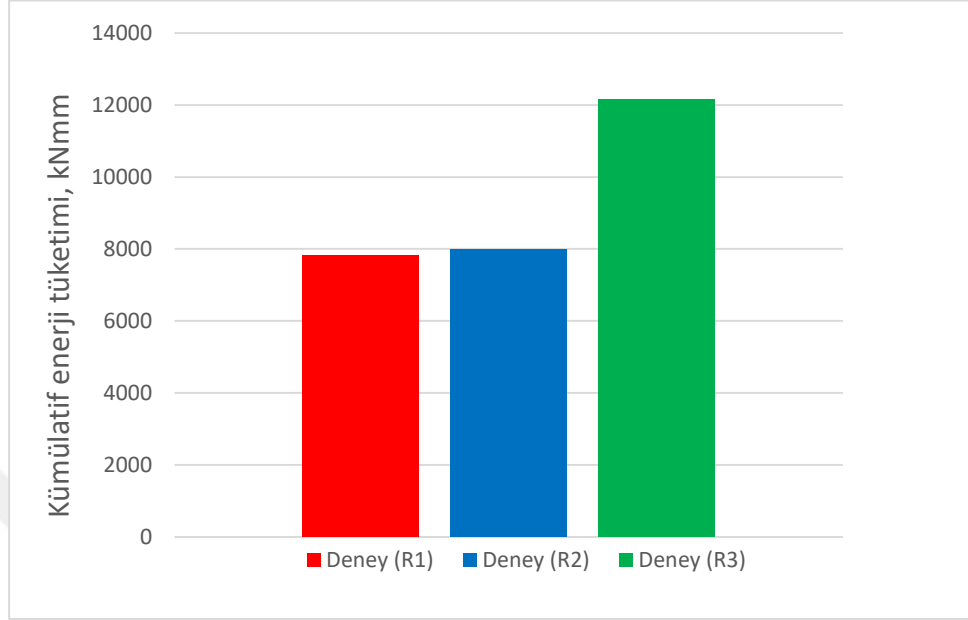
Deney elemanları karşılaştırıldığında en az enerji tüketimi referans betonarme birleşim elemanı (R1)’da gerçekleşmiştir. En fazla enerji tüketim kapasitesine sahip köşebent profilli kompozit birleşim elemanı (R3)’dir. (Şekil 6.3).



Şekil 6.2 OriginPro programı

Tablo 6-3 Tablo 6 4 Deney elemanları enerji tüketimi

Deney Elemanı	Kümülatif enerji tüketimi (kNmm)
Deney (R1)	7813.89
Deney (R2)	7982.97
Deney (R3)	12165.16

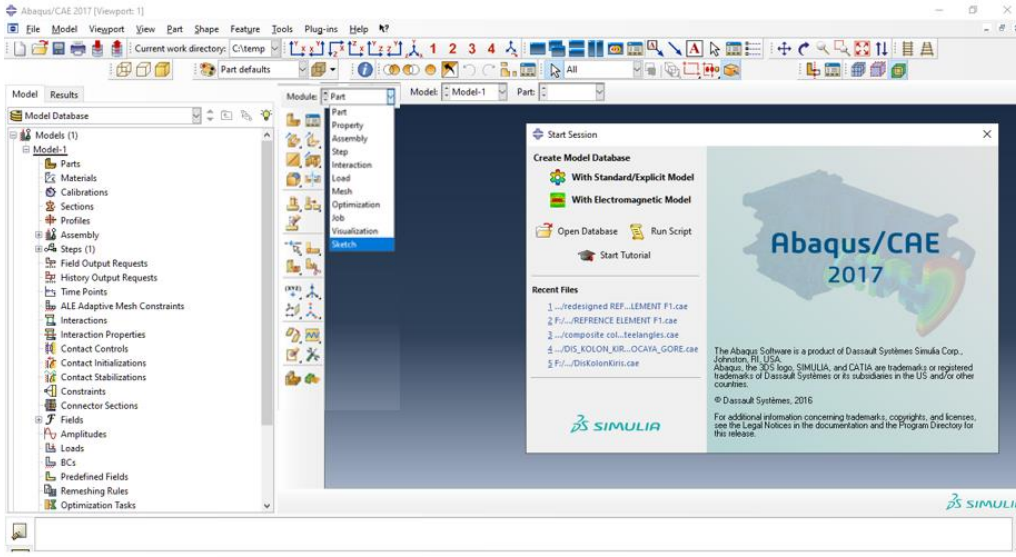


Şekil 6.3 Kümülatif enerji tüketimi

## 7 SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

### 7.1 Genel

Bu çalışmada, kompozit kolon-betonarme kiriş deney çalışması ve simüle edilmiş modellerin sonuçlarını karşılaştırmak için sonlu eleman yöntemini kullanan ABAQUS/CAE 2017 yazılımını kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Şekil 7.1 ABAQUS/CAE programının genel görünümünü göstermektedir.



Şekil 7.1 ABAQUS/CAE programının genel görünümünü

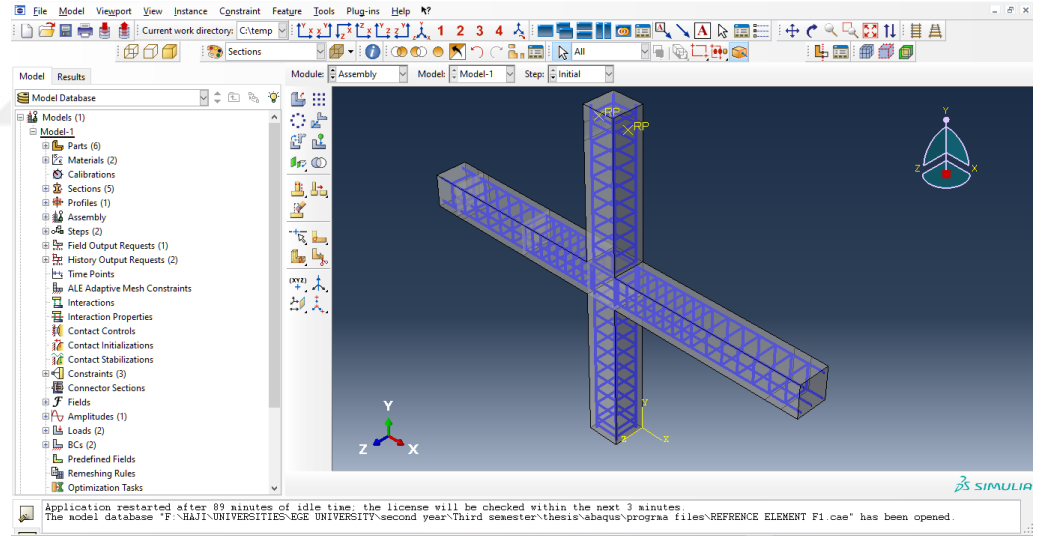
### 7.2 ABAQUS'te işlem adımları

Bu çalışmada sonlu eleman modeli, doğrusal olmayan üç boyutlu bir model olarak temsil edilmiştir. ABAQUS'te işlem adımları sırasıyla programın Part bölümünde, iki ya da üç boyutlu geometrik parçaların oluşturulmasından sonra Malzeme Özellikleri (Property) bölümünde, malzeme özellikleri tanımlanması kesitlerin oluşturulması, kesitlere malzeme atanması parçalara kesitlerin atanması sağlanmaktadır. Çalışmada, beton, IPE100 çelik profil elemanların ve çelik köşebentler modellenmek için C3D8R elemanı ("C", sürekliliği (continuum), "3D", elemanının üç, "8" sekiz adet düğüm noktası, "R" ise azaltılmış

integrasyonu) kullanılmaktadır. Boyuna donatıları ve etriyeleri modellemek için T2D2 elemanı (“T”, kafes elemanı, “2D2” iki boyutlu ve iki düğüm noktası) kullanılmıştır.

Beton elemanın davranışını simüle etmek için ABAQUS'ta mevcut olan, smeared crack concrete modeli (beton dağılı çatlak modeli ve brittle crack concrete modeli (gevrek çatlak beton modeli) çatlama modelleri gibi, beton doğrusal olmayan davranışı yarı kırılğan bir malzeme olarak tanımlayan kurucu modeller arasında, Beton Hasar Plastisite (Concrete Damaged Plasticity CDP) seçilmiştir ve sayısal modele dahil edilmiştir. Çelik donatıların malzeme özellikleri belirlenirken donatıların elasto-plastik davranış gösterdikleri kabul edilip St37 değerleri girilmiştir.

Assembly bölümünde, parçaların oluşturulduktan sonra montaj yapılarak bir araya toplanması işlemi gerçekleştirilmiştir. (Şekil 7.2)



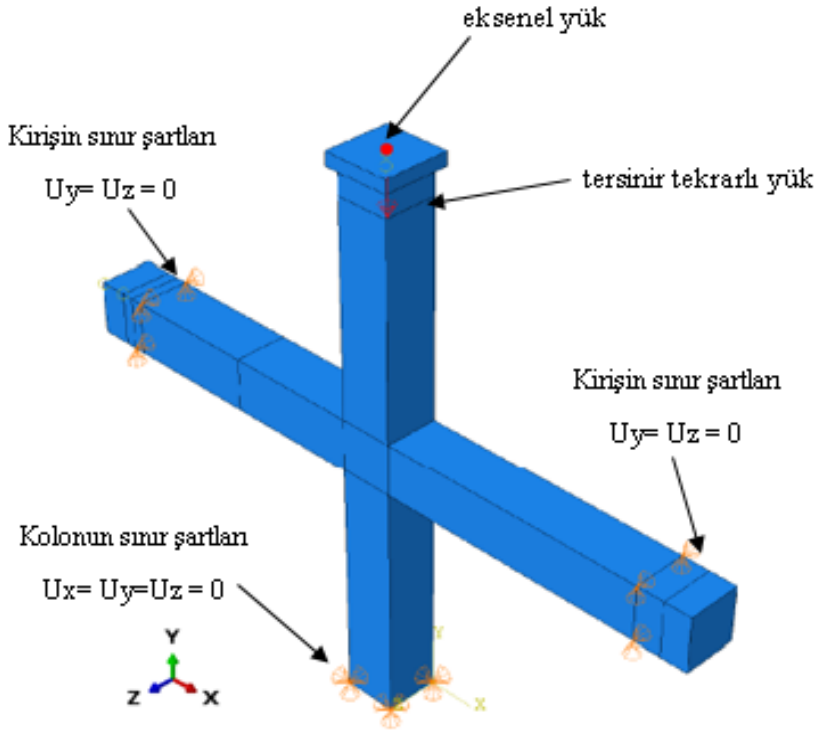
Şekil 7.2 Beton eleman ile boyuna ve enine donatı elemanının bir araya getirilmesi

Step kısmında, analiz adımları ve analiz tipi tanıtılmasından sonra interaction bölümünde, donatı-beton arasındaki aderansı doğru bir şekilde simüle

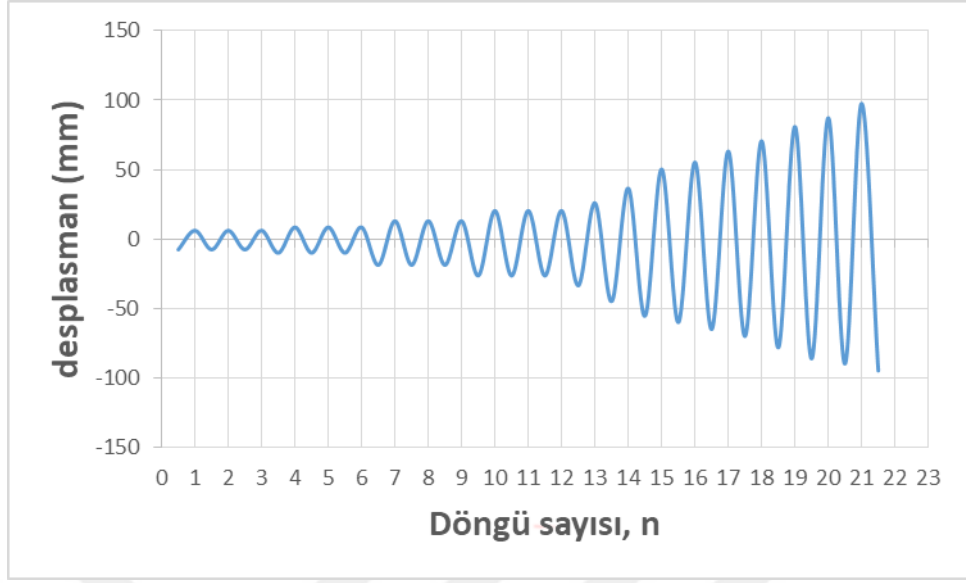
etmek için donatı ve donatıyı çevreleyen beton arasındaki bağı embedded olarak tanımlanmıştır.

Load bölümünde, Yükleme tipi ve miktarı ve sınır koşulları tanımlanmıştır. Test düzeneğinde ele alınan sınır koşullarına göre numunenin kolonunun alt yüzeyinde ve kiriş ucu yüzeylerinde tanımlanmıştır. Sonlu eleman modellerine uygulanan betonarme kiriş-kolon birleşimlerinin geometrisi ve sınır koşulları ile ilgili detaylar Şekil 7.3'te gösterilmektedir. Kullanılan desplasman döngüsü Şekil 7.4'te gösterilmiştir.

Mesh bölümünde, elemanlara uygun bir şekilde mesh yapılmıştır. Job bölümünde, model çalıştırılmıştır.



Şekil 7.3 Sınır Koşulları



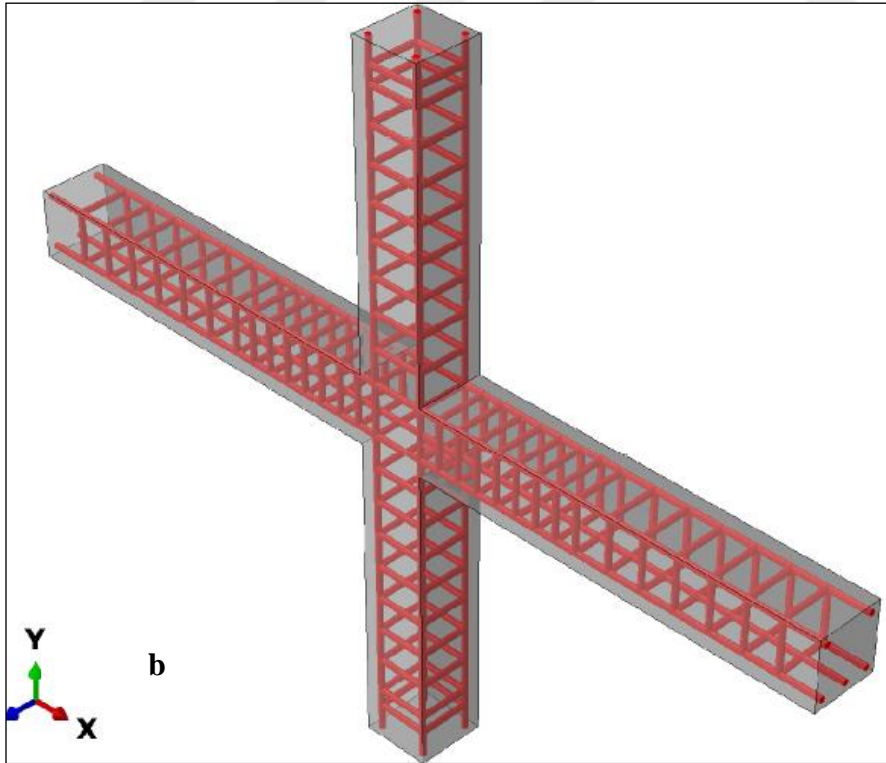
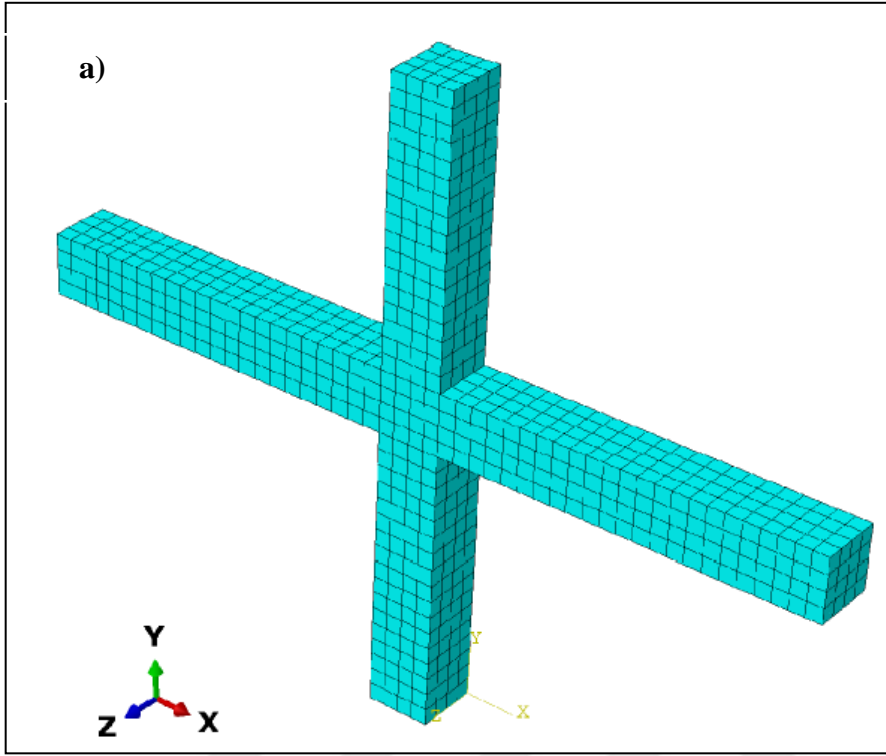
Şekil 7.4 Desplasman döngüsü

### 7.3 Sonlu eleman (SEA) analiz sonuçları

Tersinir tekrarlı yüklemeye maruz kalan kiriş-kolon bağlantılarının sonlu eleman analiz (SEA) sonuçları, bağlantı elemanlarının sismik davranışının farklı kilit noktalarında izlenen yük-yer değiştirme eğrileri verilmiştir. Simülasyonla elde edilen kuvvet-yer değiştirme eğrileri ile bağlantı örneklerinin deneysel sonuçları arasında bir karşılaştırma sunulmaktadır.

#### 7.3.1 Model-1

Deneysel çalışmada referans olarak kullanılan betonarme birleşim elemanı Model-1 olarak simüle edilmiştir. Kolon ve kiriş kesitleri 200x200 mm olurken kolon uzunluğu 2000 mm ve kiriş uzunluğu da 2600 mm olarak modellenmiştir (Şekil 7.5).



Şekil 7.5 Model-1 a) Beton mesh edilmiş hali b) donatı ve etriyelerin montajlanmış hali

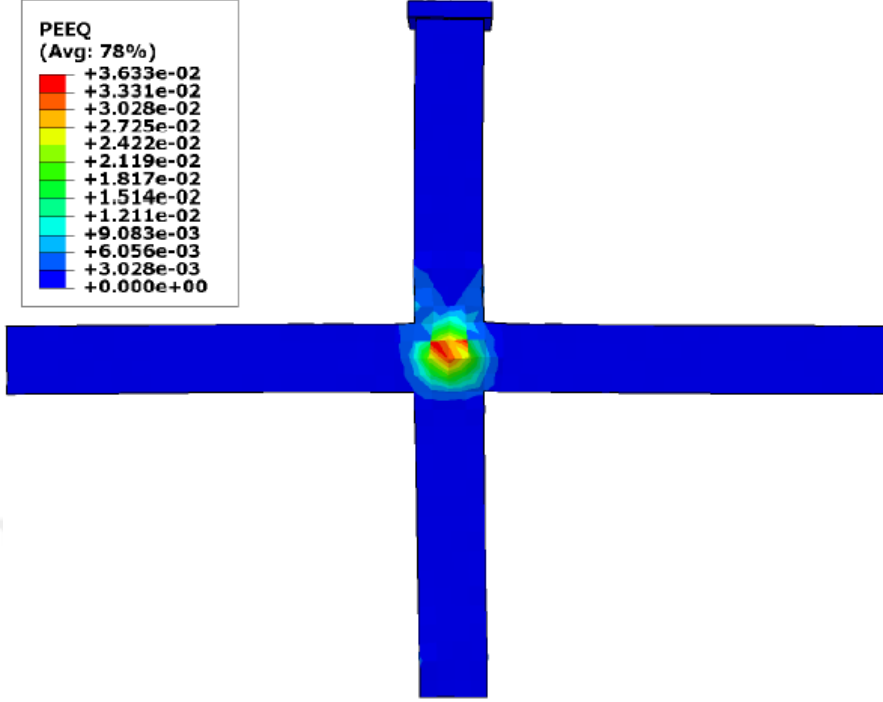
Deneysel çalışmada, Referans betonarme birleşim elemanı (R1) 23 kN yük ve bu yüke karşılık gelen -34.5 mm deplasmanda akmaya başlarken, ABAQUS/CAE 2017 programından elde ettiğimiz sonlu elemanlar metodu (SEM) analiz sonuçlarında 26.85 kN yük ve bu yüke karşılık gelen -36.84 mm deplasmanda akmaya başlamıştır. Tablo 7 1' de sonuçlar verilmiştir.

Referans betonarme birleşim elemanı (R1) ve Model-1 SEM analiz sonuçları, iki elemanda da göçme modları benzer şekilde olup hasarlar birleşim bölgesinde oluşmuşken, akma yükü ve ona karşılık gelen akma deplasmanında deney sonuçlarından daha yüksek çıkmıştır. Şekil 7.7'de ve Şekil 7.8'de Model-1'de meydana gelen hasarlar gösterilmiştir.

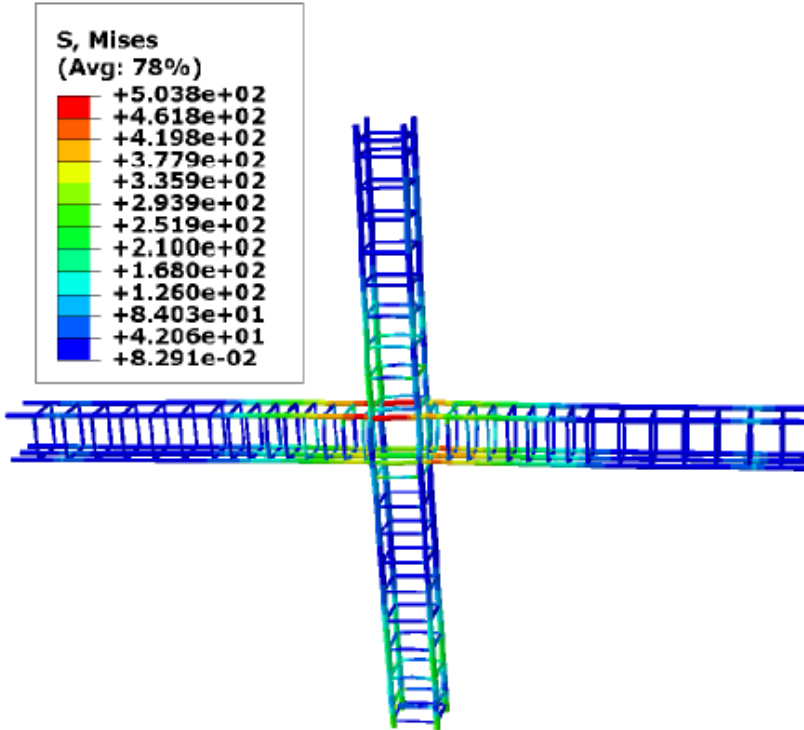
Deneysel çalışmadan ve SEM analiz sonuçlardan elde ettiğimiz yük – deplasman grafiği Şekil 7. 9'de verilmiştir.

*Tablo 7-1 Deney elemanı (R1) ve Model-1 sonuçlarının karşılaştırılması*

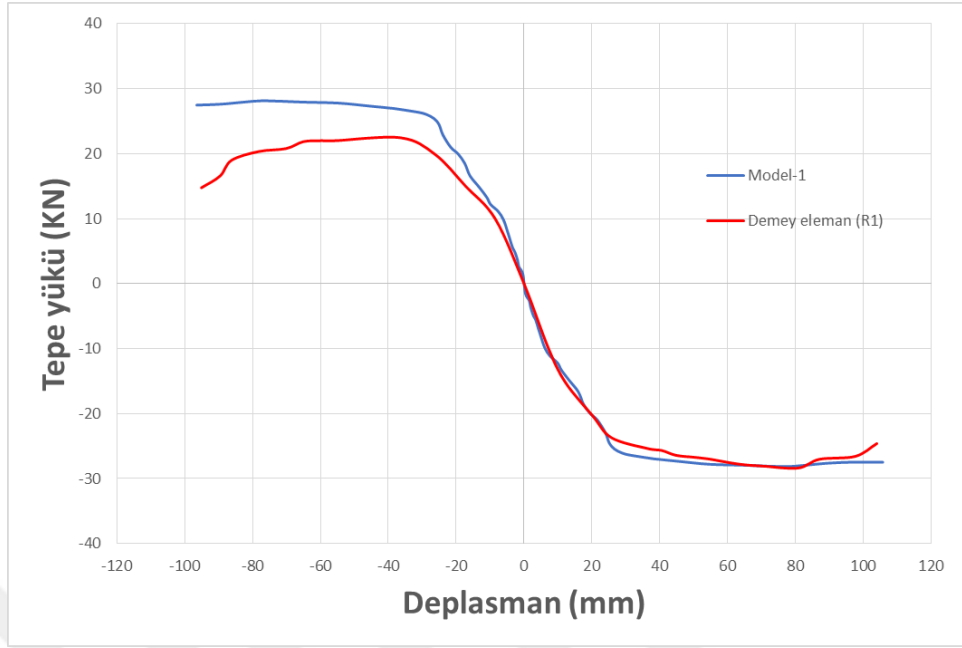
Numune	Akma yükü	Deplasman
	Py (kN)	$\Delta y$ (mm)
Deney (R1)	23	-34.5
Model-1	26.85	-36.84



Şekil 7.7 Model-1 meydana gelen hasarları



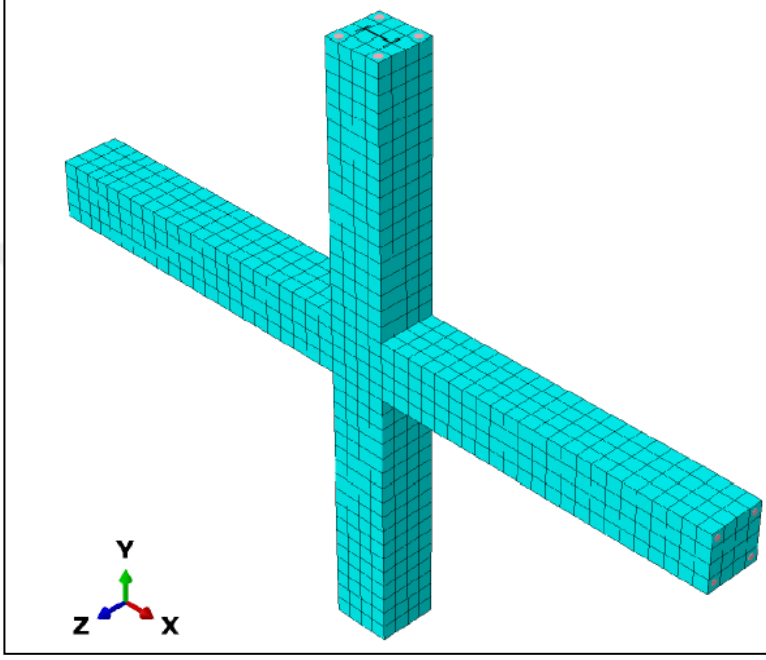
Şekil 7.6 Model-1 donatı gerilme dağılımları



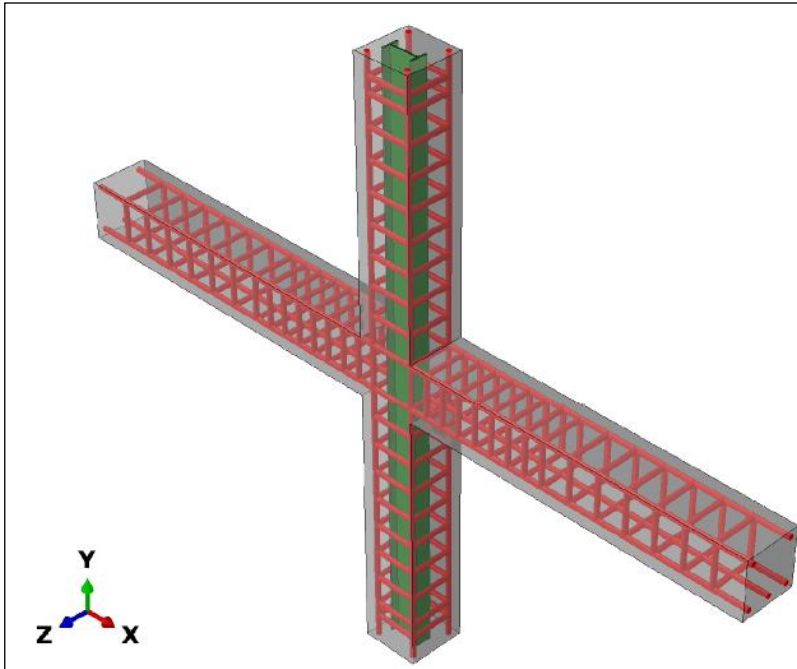
Şekil 7.8 Model-1 ve deney elemanı (R1) yük-yer değiştirme eğrisi

### 7.3.2 Model-2

Kompozit kolon – betonarme kiriş birleşim elemanı kolon ve kiriş kesitleri 200x200 mm olurken kolon uzunluğu 2000 mm ve kiriş uzunluğu da 2600 mm olarak tasarlanmıştır. Kompozit numunenin içine gömülü IPE100 çelik profil ile güçlü eksen yönünde olacak şekilde teşkil edilmiştir (Şekil 7.10 ve Şekil 7.11).



Şekil 7.9 Model-2 Beton mesh edilmiş hali



Şekil 7.10 Model-2 donatı ve etriyelerin montajlanmış hali

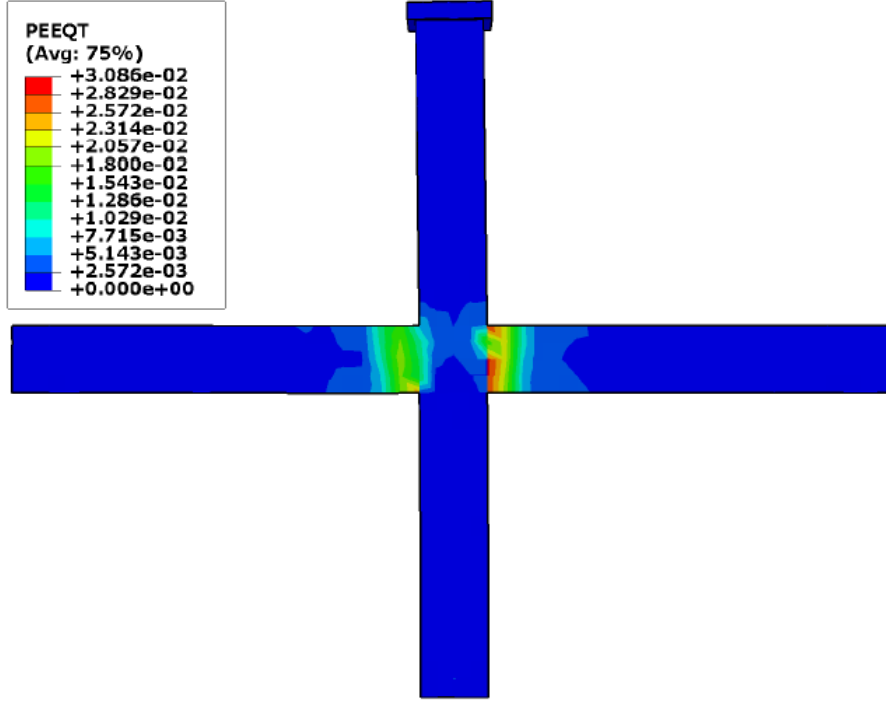
Deneysel çalışmada, kompozit birleşim elemanı (R2) 24 kN yük ve bu yüke karşılık gelen -45.15 mm deplasmanda akmaya başlarken, ABAQUS/CAE 2017 programından elde ettiğimiz sonlu elemanlar metodu (SEM) analiz sonuçlarında 27.32 kN yük ve bu yüke karşılık gelen -33.33mm deplasmanda akmaya başlamıştır. Tablo 7 2’de sonuçlar verilmiştir.

Kompozit birleşim elemanı (R2) ve Model-2 SEM analiz sonuçları, iki elemanda da göçme modları benzer şekilde olup hasarlar kiriş uçlarında yoğunlaşmışken, Model-2 sonuçlarında akma yükü ve ona karşılık gelen akma deplasmanında deney sonuçlarından daha yüksek çıkmıştır. Şekil 7.13 ve Şekil 7.14’te Model-1’de meydana gelen hasarlar gösterilmiştir.

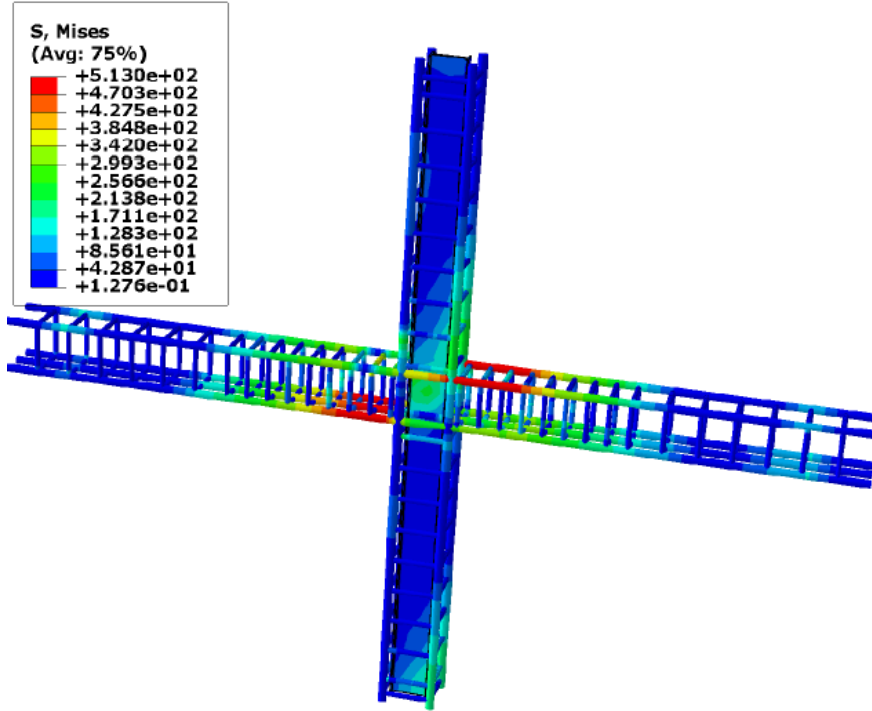
Deneysel çalışmadan ve SEM analiz sonuçlardan elde ettiğimiz yük – deplasman grafiği Şekil 7.15’te verilmiştir.

*Tablo 7-2 Deney elemanı (R2) ve Model-2 sonuçlarının karşılaştırılması*

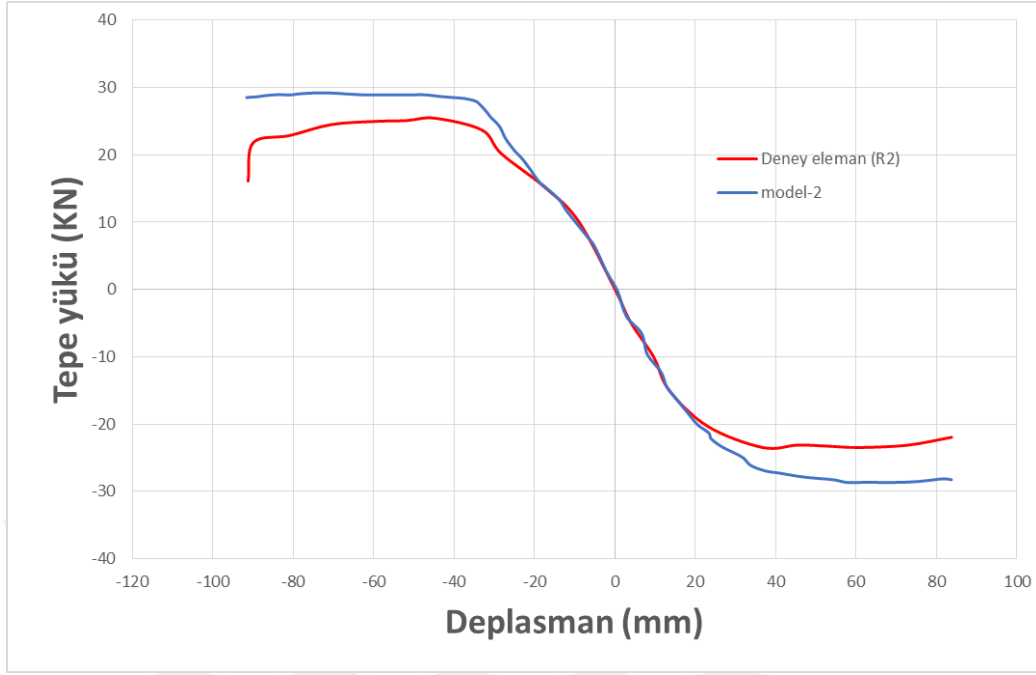
Numune	Akma yükü	Deplasman
	$P_y$ (kN)	$\Delta y$ (mm)
Deney (R2)	24	-45.15
Model-1	27.32	-33.33



Şekil .7.11 Model-2 meydana gelen hasarları



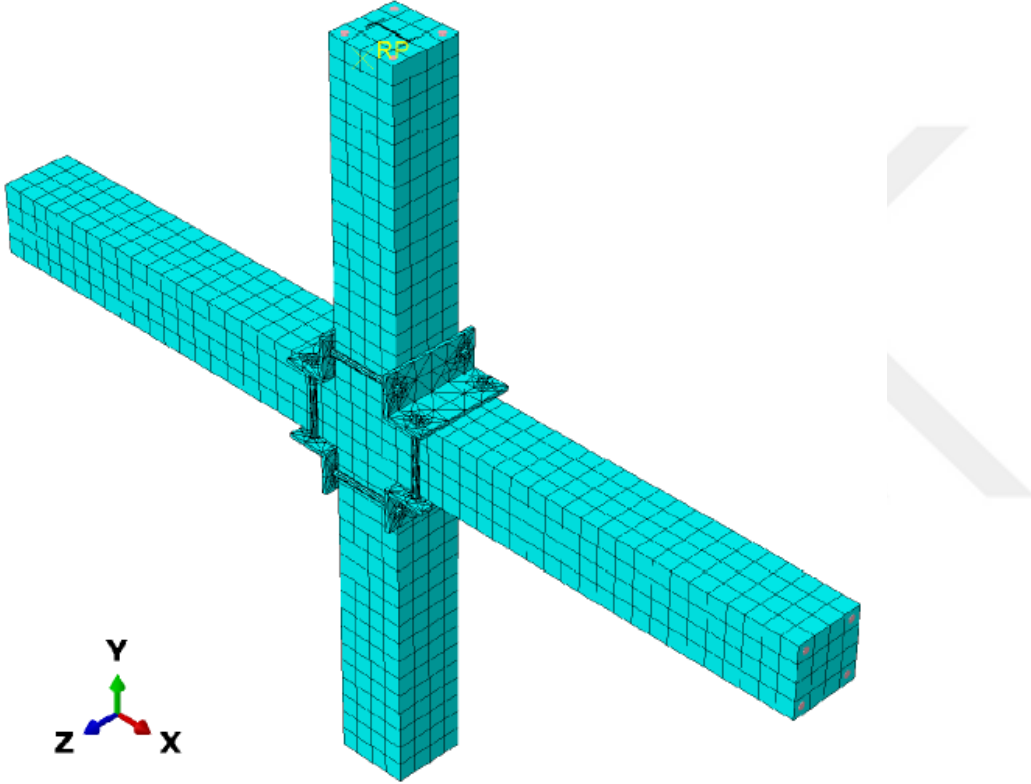
Şekil 7.12 Model-2 donatı gerilme dağılımları



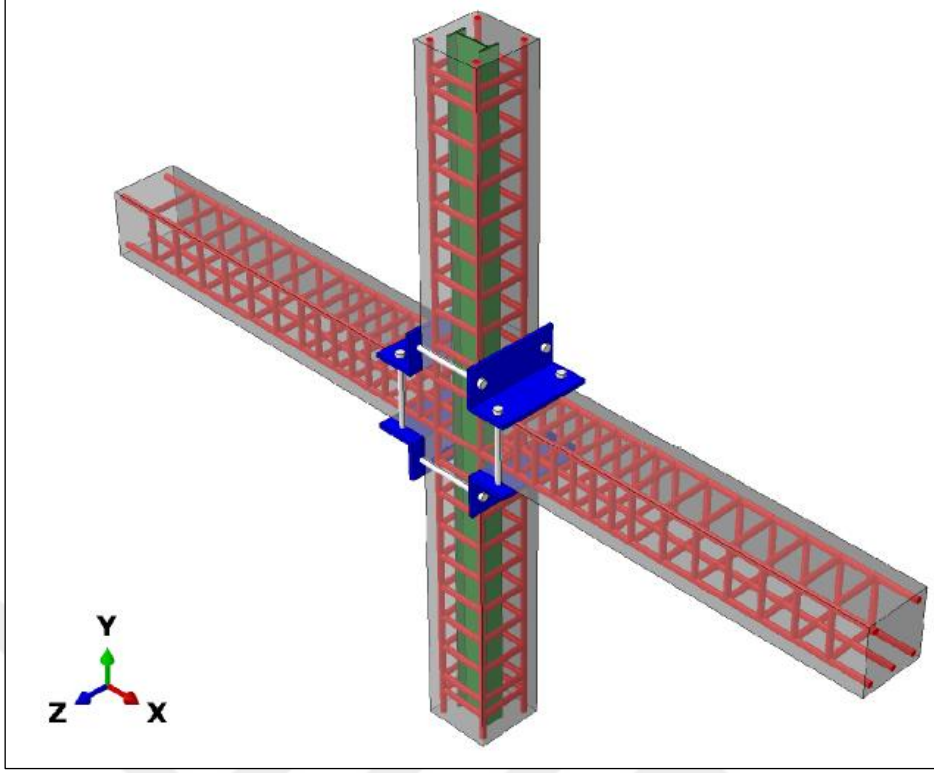
Şekil 7.13 Model-2 ve deney elemanı (R2) yük-yer değiştirme eğrisi

### 7.3.3 Model-3

R3 birleşim elemanı çelik korniyer ile güçlendirilen kompozit kolon kesiti 200 x 200 mm olup çekme ve basınç bölgesinde 2Ø14 boyuna donatı ve Ø10 etriye donatısı kullanılmıştır. IPE100 S275 çelik profil güçlü eksen yönünde yerleştirilmiştir.



Şekil 7.14 Model-3 Beton mesh edilmiş hali



*Şekil 7.15 Model-3 donatı ve etriyelerin montajlanmış hali*

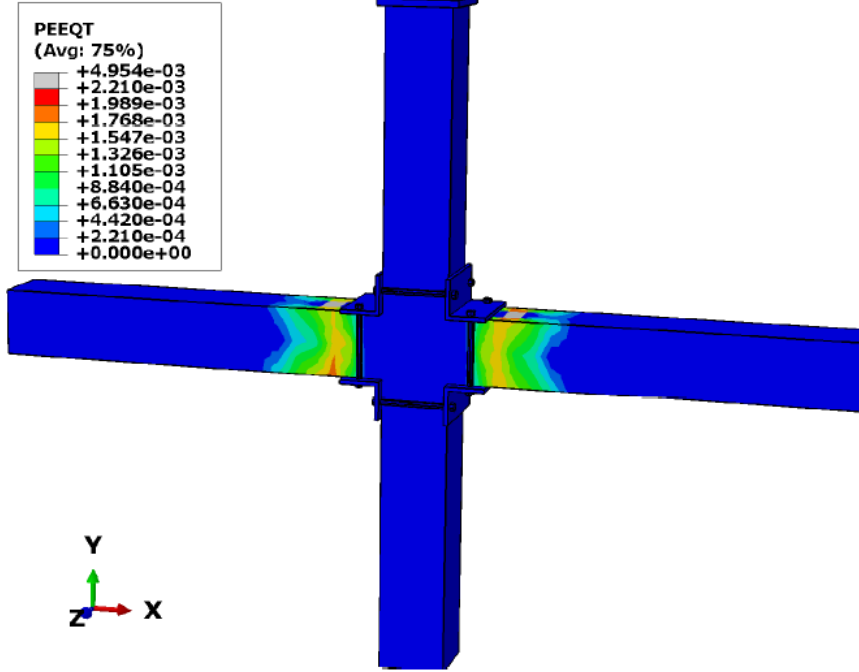
Deneysel çalışmada, köşebent profilli kompozit birleşim elemanı (R3) 26.48 kN yük ve bu yüke karşılık gelen -50.90 mm deplasmanda akmaya başlarken, ABAQUS/CAE 2017 programından elde ettiğimiz sonlu elemanlar metodu (SEM) analiz sonuçlarda 29.33 kN yük ve bu yüke karşılık gelen --42.37 mm deplasmanda akmaya başlamıştır. Tablo 7 3’de sonuçlar verilmiştir.

Köşebent profilli kompozit birleşim elemanı (R3) ve Model-1 SEM analiz sonuçları, iki elemanda da göçme modları benzer şekilde olup hasarlar kiriş üzerinde oluşmuşken, Model-1 sonuçlarında akma yükü ve ona karşılık gelen akma deplasmanında deney sonuçlarından daha yüksek çıkmıştır. Şekil 7.18’de ve Şekil 7.19’da Model-1’de meydana gelen hasarlar gösterilmiştir.

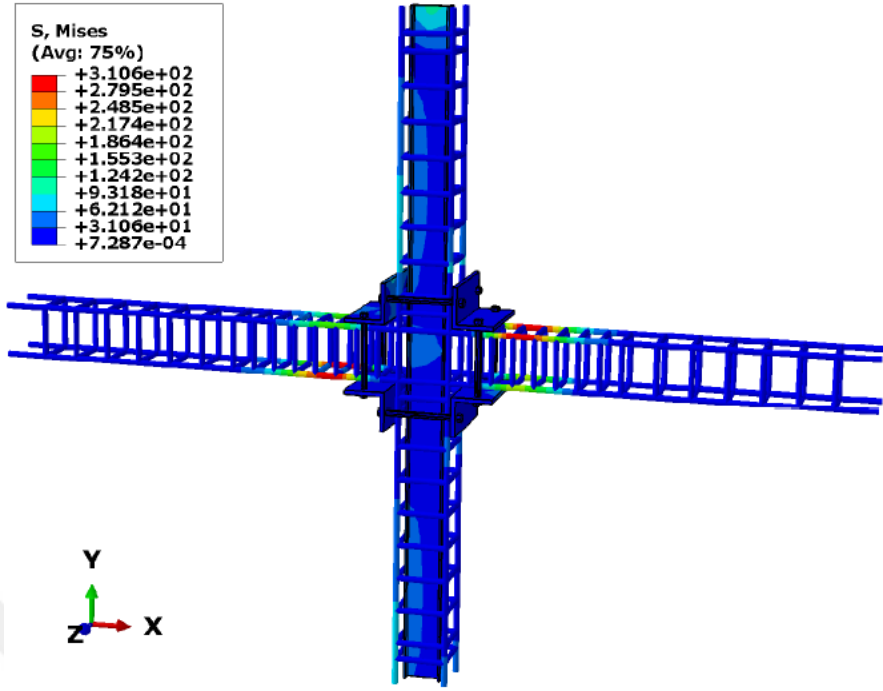
Deneysel çalışmadan ve SEM analiz sonuçlardan elde ettiğimiz yük – deplasman grafiği Şekil 7.20’de verilmiştir.

Tablo 7-3 Deney elemanı (R3) ve Model-3 sonuçlarının karşılaştırılması

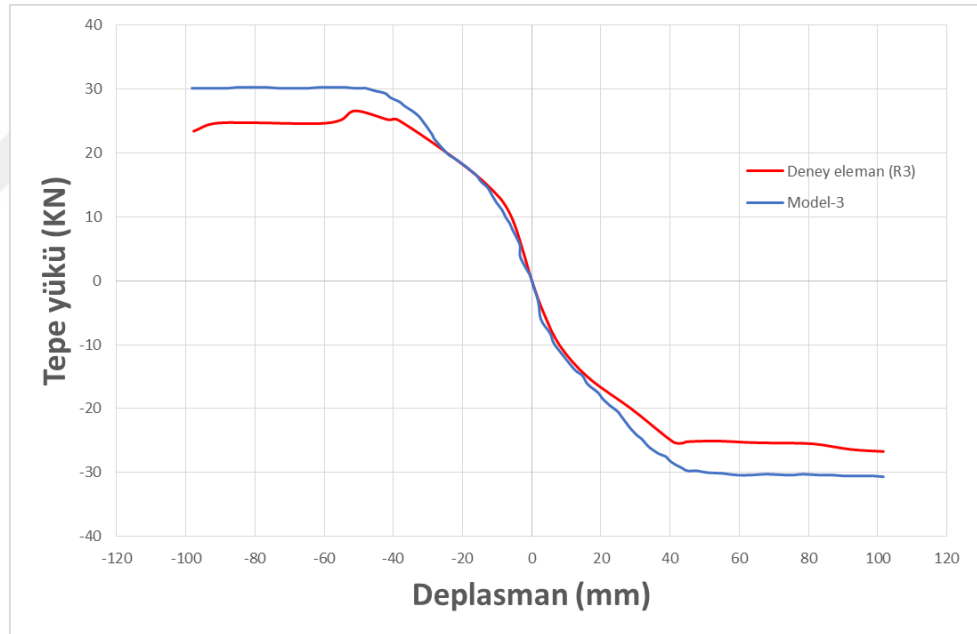
Numune	Akma yükü	Deplasman
	Py (kN)	$\Delta y$ (mm)
Deney (R3)	26.48	-50.90
Model-1	29.33	-42.37



Şekil 7.16 Model-3 meydana gelen hasarları



Şekil 7.17 Model-3 donatı gerilme dağılımları



Şekil 7.18 Model-3 ve deney elemanı (R3) yük-yer değiştirme eğrisi

## 8 SONUÇLAR

Bu yüksek lisans tez çalışmasında belirlenen amaç doğrultusunda 1 / 2 ölekte üç adet iç kolon-kiriş birleşimi hazırlanmıştır. Deney elemanlardan bir tanesi geleneksel betonarme kolon-kiriş birleşimi elemanıdır, ikinci eleman da I kesitli çelik profili kolon içine yerleştirip kompozit kolon betonarme kiriş birleşim elemanı tasarlanmıştır ve üçüncü eleman da çelik korniyer ( köşebent) kullanarak güçlendirilmiş eleman tanıtılmıştır. Ege Üniversitesi Yapı Mühendisliği Laboratuvarı'nda yer alan yükleme çerçevesi üzerinde, elemanlar deprem yükünü temsil eden tersinir tekrarlı yüke tabi tutulmuştur.

Çalışma kapsamında birleşim noktalarının dayanım, süneklik, rijitlik, ve enerji tüketimi açısından karşılaştırılıp değerlendirilmiştir. Deneyden elde edilen sonuçları kıyaslamak amacıyla ABAQUS paket programı ile sonlu eleman modelleri oluşturulup nümerik analizleri yapılmıştır.

- Referans deney elemanı ile karşılaştırıldığında, kompozit birleşim deney elemanında yüzde 6.84, köşebent profili kompozit birleşim deney elemanında yüzde 12.1 dayanım değeri için artış gözlemlenmiştir.
- Referans betonarme birleşim elemanında (R1) hasarlar kolon-kiriş birleşim bölgesinde yoğunlaşmışken kompozit birleşim deney elemanında çelik profil eklenmesi vasıtasıyla ile hasarlar kiriş uçlarında gelişmiştir.
- Köşebent profili kompozit birleşim deney elemanında kolonlara çelik profil eklenmesi ve çelik köşebentler ile hasar beklendiği gibi kiriş üzerine taşınıp plastik mafsalları kiriş uçlarından köşebent profi bitimine ötelenmiştir.
- Referans betonarme birleşim elemanında (R1) yaklaşık 7813.89 kNmm olan enerji yutma kapasitesi, , kompozit birleşim deney elemanı için 7982.97 kNmm, köşebent profili kompozit birleşim deney elemanı için 12165.16 kNmm olarak hesaplanmıştır.

- Sonlu Elemanlar Metodu (SEM) analizleri sonucunda kompozit kolonda çelik profil kullanılmasından dolayı, akma yükü sırasıyla, %38.79 ve %38.44 ,R2 ve R3 deney elemanlara göre artmıştır.
- SEM analizleri sonucunda deney elemanına benzer şekilde hasarlar, Model-1'de birleşim bölgesinde oluşmuştur. Model-2'de plastik mafsallaşma giriş uçlarında Model-3'te birleşim bölgesinde güçlendirilmiş çelik korniyer nedeniyle plastik mafsallaşma giriş uçlarında oluşmuştur.



**KAYNAKLAR DİZİNİ**

- Borghini, A., Gusella, F. and Vignoli, A.,** 2016, Seismic vulnerability of existing R.C. buildings: A simplified numerical model to analyse the influence of the beam-column joints collapse, *121*, Elsevier Ltd, Vol. 121, pp. 19–29.
- Chen, S. and Wu, P.,** 2017, Analytical model for predicting axial compressive behavior of steel reinforced concrete column, *128*.
- Chou, C. and Uang, C.,** 2002, Cyclic performance of a type of steel beam to steel-encased reinforced concrete column moment connection, *58*, Vol. 58, pp. 637–663.
- Ercan, E. And Arısoy, B.,** 2016, *Betonarme giriş kolon irleşim noktalarının güçlendirmesi.Pdf*, Ege Üniversitesi Bilimsel.
- H. Said, S.H.R.,** 2016, Structural behavior of RC engineered cementitious composite (ECC) exterior beam–column joints under reversed cyclic loading.
- Liao, F.Y., Han, L.H. and Tao, Z.,** 2014, Behaviour of composite joints with concrete encased CFST columns under cyclic loading: Experiments, *59*, Elsevier Ltd, Vol. 59, pp. 745–764.
- Ma, D., Han, L. and Zhao, X.,** 2019, Seismic performance of the concrete-encased CFST column to RC beam joint : Experiment, *154*, Elsevier Ltd, Vol. 154, pp. 134–148.
- Omidi, M. and Behnamfar, F.,** 2015, A numerical model for simulation of RC beam-column connections, *88*.
- Qudah, S. and Maalej, M.,** 2014, Application of Engineered Cementitious Composites (ECC) in interior beam-column connections for enhanced seismic resistance, *69*.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)**

- ŞERMET, F. and ARISOY, B.**, 2018, *Kompozit kolon – betonarme kiriş.Pdf*, Ege University.
- Shafaei, J., Hosseini, A. and Marefat, M.S**, 2014, Seismic retrofit of external RC beam – column joints by joint enlargement using prestressed steel angles, *81*, Elsevier Ltd, Vol. 81, pp. 265–288.
- Shafaei, J., Zareian, M.S., Hosseini, A. and Marefat, M.S.**, 2014, Effects of joint flexibility on lateral response of reinforced concreteframes.pdf, *81*, Vol. 81, pp. 412–431 Contents.
- Vasdravellis, G., Valente, M. and Castiglioni, C.A.**, 2009, Behavior of exterior partial-strength composite beam-to-column connections: Experimental study and numerical simulations, *65*, Elsevier Ltd, Vol. 65 No. 1, pp. 23–35.
- Xie, W., Chen,Y., Han, S., Zhou,W. and He, K.**, 2017, Research on I steel reinforced concrete-filled GFRP tubular short columns, *120*, Elsevier Ltd, Vol. 120 No. April, pp. 282–296.
- Yurdakul, Ö. and Avs, Ö.**, 2016, Strengthening of substandard reinforced concrete beam-column joints by external post-tension rods, *107*, Vol. 107, pp. 9–22.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin boyunca her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, tez çalışmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, yönlendiren değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Bengi ARISOY'a, teşekkürlerimi sunarım. Deneysel çalışmalarının süresince hiç bir zaman yardımlarını esirgemeyen yanımda olan hocam Sayın Doç. Dr. Emre ERCAN'a teşekkürlerimi sunarım. Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığına destekleri için teşekkür ederim.

Hayatımın her anında bana maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım

03/ 03 / 2021

Farhan Abdi ABDILAHI

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler:

Adı Soyadı : Farhan abdi ABDILAHİ  
Doğum Yeri : .....  
Uyruğu : Somalı  
Yabancı Dili : T.C. : İngilizce, Türkçe ve Arapça

### Eğitim Bilgileri (Kurum ve Yıl):

Lisans : University Of Hargaysa, İnşaat Mühendisliği  
Bölümü (09/2012-05/2017)  
Lise : Farah Omar Secondary School (09/2008-06/20012)

### İş Deneyimleri (Kurum ve Yıl):

Cesda Engineering Corporation – Hargeisa, Somalia (/2013-2014)  
Farah Omar Secondary School (2012-20014)

### Program Bilgisi:

Sap2000

Etabs

AutoCad

SketchUp

Abaqus