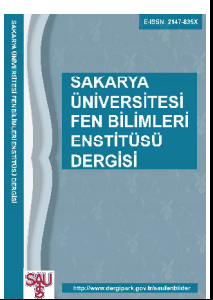
	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		
	e-ISSN: 2147-835X Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/saufenbilder		
	<u>Gelis/Received</u> 05.05.2017 <u>Kabul/Accepted</u> 06.12.2017	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.310649	

Kiriş gövdesinde berkitmeli alın levhalı birleşimlerin davranışının deneysel analiz

Merve Sağıroğlu*¹

ÖZ

Çelik yapıların, çeşitli yükler altında davranışı kiriş-kolon birleşim noktalarının davranışına bağlıdır. Dolayısıyla en iyi moment-dönme eğrileri ile temsil edilen kolon-kiriş birleşimleri davranışı, çerçeve sistemlerin davranışında önemli rol oynamaktadır ve birleşim elemanlarının geometrik parametrelerinin değişimi moment-dönme eğrisini ve analiz sonuçlarını etkilemektedir. Bu çalışma kapsamında mevcut alın levhalı birleşimden farklı olarak berkitme levhasının kiriş gövdesine ve alın levhasına kaynatılması önerilen birleşim tipinin moment-dönme karakteristiği deneysel olarak incelenmiştir. Farklı alın levha kalınlıkları için bu birleşimin göçme şekilleri, moment-dönme eğrisi ve karakteristikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ayrıca deney sonuçları, bu birleşime yakın davranış gösteren ve aynı levha kalınlıklarına sahip T-elemanlı birleşim deney sonuçları ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Alın levhası kalın olan birleşim ince olana göre daha rijit olurken, alın levhalı birleşimlerin T-elemanlı birleşimlere göre daha sünek olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: berkitme levhası, alın levhalı birleşim, moment-dönme eğrisi

Experimental analysis on behaviour of end-plate connections with web-stiffener

ABSTRACT

The behavior of steel structure depends on the behavior of beam-to-column connections under various loading. Thus, the behavior of beam-to-column connections which are presented well with moment-rotation curve plays an important role in frame systems, and variation of geometric parameters of connection elements effects analysis results and moment-rotation curves. This study suggests on experimentally understanding the structural behavior of end plate connection whose stiffener is welded in web of the beam and end-plate. It is evaluated comparatively the failure modes, moment-rotation curve and characteristics of the connections which have different end-plate thickness. Also, experimental results of the end-plate connections are compared to results of T-element connections whose flange thickness is equal to end-plate thickness. While the connection has thicker end plate is more rigid according to the connection has thinner end plate, the end-plate connection is more ductile according to T-stub connection.

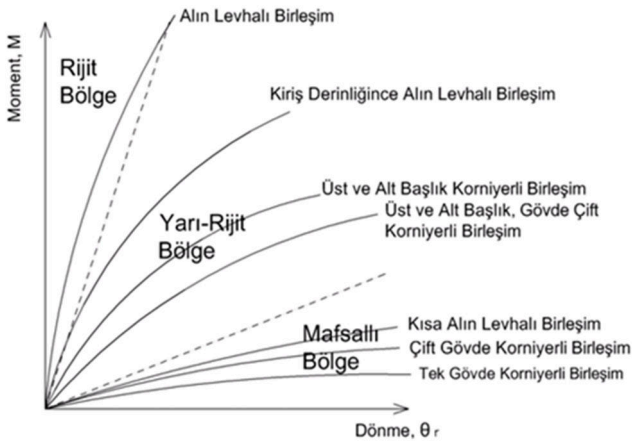
Keywords: stiffener, end-plate connection, moment-rotation curve

* Corresponding Author: Merve Sağıroğlu

¹ Affiliation, e-mail: merve.sagiroglu@erzurum.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çelik bir yapının gerçek davranışını anlayabilmek için birleşimlerin davranışı hakkında bilgi sahibi olmak gerekmektedir. Çelik yapıların davranışının gerçekçi olarak incelenebilmesi için malzeme, geometri gibi temel özelliklerinin yanında kiriş-kolon birleşim davranışının da göz önüne alınması gerekmektedir. Birleşimler kuvvetleri bir elemandan diğerine aktaran araçlardır ve yapı sistemlerindeki birleşimlerin aktardığı en önemli kuvvet momenttir. Dönme deformasyonları, birleşimde momentin bir fonksiyonu olarak ifade edilir. Kiriş-kolon birleşimlerinin taşıma gücü için yapılan deneylerin sonuçları da moment-dönme eğrileri ile yapı elemanlarının birleşim davranışlarının daha iyi ifade edilebildiğini gösterilmiştir. Moment-dönme eğrisi, moment ve ona bağlı olan dönme miktarının karşılıklı etkileşimini gösterir. Yaygın kullanılan birleşim çeşitlerinin moment-dönme (M- θ) davranışı Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. 7 tip birleşim için moment-dönme eğrileri
(Moment-rotation curves for 7 connection types)

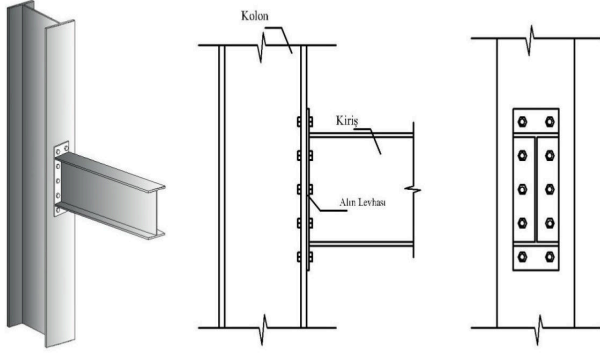
Tasarlanan birleşimler, içerdikleri bileşenlere ve bunların yerleştiriliş şekline göre değişik moment-dönme eğrilikleri oluşturmaktadırlar. Bu moment-dönme eğrilikleri, seçilen birleşim tipinin levha ve korniyer kalınlığı, bulon çapı, birleşim derinliği gibi geometrik parametrelere bağlı olarak oluşmaktadır. Birleşime giren elemanların geometrik parametrelerinin değişimi, moment-dönme eğrisini ve analiz sonuçlarını oldukça etkileyebilmektedir [1]. Ngo-Huu ve diğ. [2] üç boyutlu çelik çerçevelerin lineer olmayan analizi için nümerik bir çalışma yapmış, birleşimin rijitliğinin çelik çerçevenin dayanım ve deplasmanını etkilediğini göstermiştir. Yük altında bulon, kaynak, levha, korniyerler gibi deforme olabilen birleşim elemanlarının

malzemeleri elastik aralıkta olsa dahi Şekil 1’de görüldüğü gibi kiriş-kolon birleşimleri doğrusal olmayan davranış gösterirler [3].

Birleşimlerin gerçek moment-dönme karakteristiklerini elde etmenin bir yolu; gerçek boyutlarda yapılan deneylerdir. 1930’lardan beri, birleşimlerin moment-dönme eğrilerinin modellenmesinin metotları, deneysel çalışmalar ile birlikte geliştirilmiştir. Davison ve diğ. [4] deneysel çalışmalardan elde edilen moment-dönme eğrilerini toplamış, hem veri bankası oluşturmuş hem de davranışa şekil verebilmek için verileri sayısallaştırmıştır. Bazı araştırmacılar [5], deneysel sonuçlardan yola çıkarak yarı-rijit birleşimlerin modellenmesi için M- θ eğrileri oluşturan çeşitli matematiksel modeller de önermişlerdir. Bazı araştırmacılar, alt ve üst korniyerli birleşim tipi için hem korniyerlerde hem de kiriş gövdesinde berkitme kullanımını önerdikleri bir birleşim tipini deneysel olarak çalışmışlardır [6-7]. Maali ve diğ [6] kiriş gövdesi berkitmesini farklı kalınlıklarda incelemiş, kalınlık arttıkça moment dayanımı artmasına rağmen süneklik, maksimum yükteki dönme ve enerji yutma kapasiteleri azalmıştır. Bu sebeple, kiriş gövdesi berkitmesinin kullanımı önerilmemiştir. Aydın ve diğ. [7] alt-üst başlık korniyer berkitmelerini farklı kalınlıklarda incelemiş, bu berkitmelerin kalınlıklarının artı ile moment kapasitesinin ve dönme miktarının arttığını göstermişlerdir.

Şekil 2’de gösterilen alın levhalı birleşim tipi literatürde en çok çalışılan ve uygulamada da üretim ve kurulum kolaylığı açısından çokça rastlanılan bir birleşim tipidir. Abidellah ve diğ. [8] aksenal yük altında hem kiriş altından berkitmeli hem de kiriş alt ve üstünden berkitmeli 8 adet uzun alın levhalı birleşimler için deney yapmışlardır. Bu çalışmada, berkitmenin davranışı ve etkisi analitik metotlarla karşılaştırılmış; berkitme kullanımının moment dayanımını artırırken birleşim sünekliğinde düşüşe sebep olduğunu, fakat bu düşüşe rağmen birleşim sünekliğinin yapının plastik davranışına izin verecek düzeyde olduğunu göstermişlerdir. Coelho ve diğ. [9] yüksek mukavemetli çelikten yapılmış alın levhalı birleşimlerin düktilite analizini ve nonlineer davranışın karakteristikliğini deneysel olarak incelemişlerdir. Ayrıca, deneysel çalışmalara ek olarak araştırmacılar kiriş üst ve alt tarafında berkitme yapılan alın levhalı birleşimlerin davranışını teorik olarak [10] ve

sonlu elemanlar metodu [11-12] ile de çalışmışlardır.



Şekil 2. Alın levhalı birleşim (Extended end-plate connection)

Bu çalışmada farklı alın levhası kalınlığına sahip 2 alın levhalı birleşim deneysel olarak incelenmiştir. Bu birleşim literatürden farklı olarak berkitme levhaları kiriş başlıklarına değil kiriş gövdesine ve alın levhasına kaynaklanmıştır. Kiriş gövdesindeki berkitme levhalarının alın levhalı birleşimin davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Birleşim davranışı moment-dönme eğrileri ile ifade edilmiş ve göçme modları değerlendirilmiştir. Sonuçlar bağlantı noktaları (ikisi de sadece gövdeden bağlı) ve levha kalınlığı (levha kalınlıkları aynı seçilerek) benzerliğinden dolayı moment-dönme eğrisinde yakın bölgeye denk geleceği öngörülen T-elemanlı birleşimin deney sonuçları [13] ile karşılaştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL TEST)

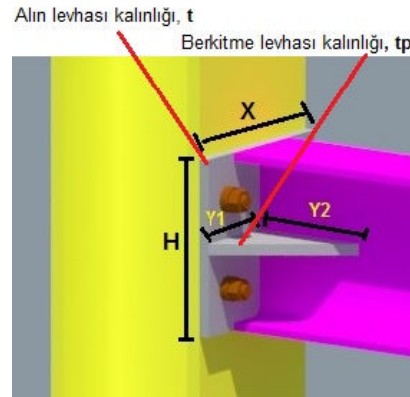
2.1. Birleşim Detayları (Connection Details)

Bu çalışmada, Eurocode 3 [14] şartnamesinde de yer alan ve uygulama rahatlığı dolayısıyla uygulamada sıkça rastlanılan alın-levha birleşim tipi kullanılmıştır ve literatürden farklı olarak alın levhalı birleşimde kullanılan üçgen hazırlanmış berkitme levhası kiriş başlığına değil kiriş gövdesine kaynaklanmıştır. Bu levha aynı zamanda alın levhasına da kaynaklanmıştır. Deneyde diğer tüm geometrik özellikler sabit tutulurken alın levhasının kalınlığı değiştirilmiştir. Böylece, 7,4 mm ve 8,5 mm kalınlığa sahip 2 alın levhalı birleşimin (Şekil 3a) gövdesindeki berkitme levhasının etkisi moment-dönme eğrileri ile incelenmiştir. Deney adları ve kullanılan birleşim elemanlarının boyutları Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca, bu çalışma kapsamında yapılan deney sonuçları ile karşılaştırılacak T160 ve T200 isimli [13] T-elemanlı birleşim Şekil

3b'de görülmektedir. Bu deneylerdeki T160 birleşimi IPE160 profilinden ve T200 birleşimi de IPE200 profilinden kesilerek elde edilen T-elemanlarla oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında incelenen levha kalınlıkları da bu birleşimlerle aynı olması için 7,4 mm ve 8,5 mm seçilmiştir (IPE160 başlık kalınlığı 7,4 mm ve IPE200 levha kalınlığı 8,5 mm'dir).

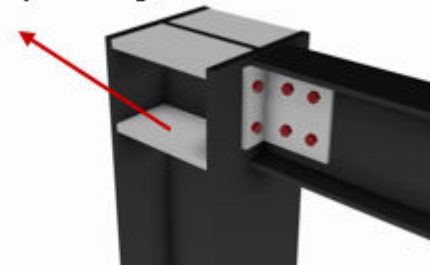
Tablo 1. Deneylerde kullanılan birleşim elemanlarının boyutları (element dimensions of connections used in experiments)

Deney Adı	E160	E200
H (mm)	300	
X (mm)	160	
Y1(mm)	75	
Y2(mm)	75	
Bulon çapı (M8.8)	10	
tp (mm)	6	
Kiriş profili	IPE160	
Kolon profili	HEB160	
t (mm)	7,4	8,5



Şekil 3a. Kiriş gövdesinde berkitmeli alın levhalı birleşim (Web-stiffened end-plate connection)

T-eleman başlık kalınlığı, t



Şekil 3b. T-elemanlı birleşim [13] (T-stub connection)

2.2. Deney Düzenegi (Test Set-up and Procedure)

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarında yapılmıştır. Deney düzeneginde

hidrolik pompa, yükleme hücresi (loadcell-250 kN), deformasyon ölçüm cihazları (LVDTs-100 mm), gerinim pulları (strain gauges), veri toplama cihazı (datalogger) ve bilgisayar kullanılmıştır. Hidrolik pompa yükü yüklemek için kullanılmış ve yükleme hücre aleti, hidrolik pompaya bağlanmıştır. Gerinim pullarının kullanılacağı yer bu deneylerde metalik olduğundan, yüzey önce taşlanıp zımparalanmış sonra asetona, eter gibi eriticilerle yüzey yağından temizlenmiştir. Gerinim pulları için yaygın kullanılan iki bileşenli yapıştırıcılar ölçüm yapılacak yere sürülmüştür. Deney numuneleri (kiriş-kolon birleşimleri) bir çelik inşaat firması yardımıyla hazırlanmıştır. Zemin 2x1.5x1.5m boyutlarında kazılarak ankraj elemanları yerleştirilmiş ve çelik bağlantılı kütle betonu dökülmüştür. Deneylerde kolon laboratuvarındaki bu beton kütleyle ankraj edilmiştir. Çalışmada amaç sadece kirişin eğilme davranışından birleşimin moment-dönme davranışı elde etmek olduğundan, kolonun eğilmesini engellemek için kolon boyutu büyük seçilmiş; kirişin burulmasını engellemek için kiriş ucuna iki adet seyyar kolon bağlanmış ve bu kolonlara mesafeleri ayarlanabilen kutu profiller monte edilmiştir. Deformasyon cihazlarını sisteme bağlamak için çerçevesel sistem imal edilmiştir. Bunun yapılmasında ki amaç; deney esnasında deformasyon cihazlarını sabitlemek ve ölçüm hassasiyetinin korumaktır. Şekil 4a'da temel beton ankrajı detayları ve Şekil 4b'de deney düzeneği ile deney numunesi (kiriş-kolon birleşim) görülmektedir.



Şekil 4a. Temel beton ankrajı (Concrete anchorage)



Şekil 4b. Deney düzeneği ve deney numunesi (Test set-up and beam-to column connection)

2.3. Deneysel Verilerin Toplanması (Calculation of Experimental Database)

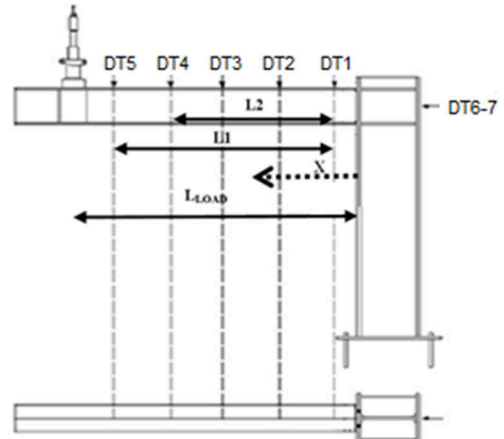
Deneysel verilerden elde edilen veriler çeşitli matematiksel işlemlerle moment ve dönme değerlerine dönüştürülmüş, moment-dönme eğrileri çizdirilmiş ve moment-dönme eğrisinin temsil ettiği, rijitlik, dönme kapasitesi ve moment dayanımı ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Bu çalışmada amaç moment-dönme davranışını incelemektir. Bu nedenle kirişin mesnetleri ankastre olacak ve mesnetlerdeki moment aşağıdaki formül ile hesaplanacaktır:

$$M = PL_{load} \quad (1)$$

Burada; P, yük ve L_{load} , yükün uygulandığı noktadan birleşim noktasına olan uzaklıktır. Birleşimdeki dönme Şekil 5'de görüldüğü gibi 5 dikey (DT1-DT5) ve 2 yatay (DT6-DT7) LVDT'lerle deplasmanlar ölçülerek aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır:

$$\theta = \frac{\arctan(\delta_{DT1} - \delta_{DT5} - \left(\frac{P}{EI} \left(\frac{X_{DT1}^3}{6} - \frac{L_{load} X_{DT1}^2}{2} \right) \right)}{L1} \quad (2)$$

Burada; I, kirişin atalet momenti ve E, elastisite modülüdür. θ , kirişin dönme değeri ve δ , kirişin deplasmanıdır.



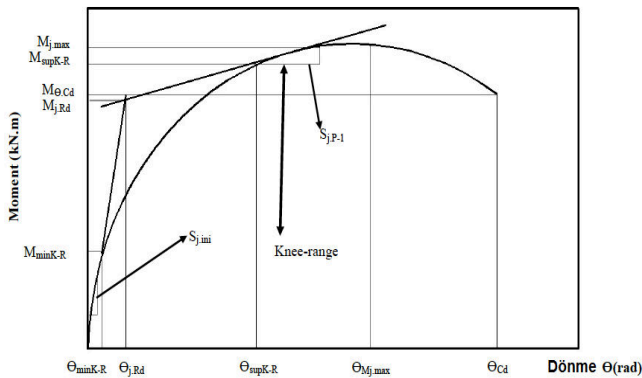
Şekil 5. Deney sistemi (Test arrangements)

3. DENEYSEL SONUÇLAR (EXPERIMENTAL RESULTS)

3.1. Moment-Dönme Davranışı (Moment-Rotation Behaviour)

Şekil 6'da görülen moment-dönme eğrisi, eğilme momenti ($M_{j,Rd}$) ile bu momente tekabül eden dönme ($\Theta_{j,Rd}$), maksimum moment ($M_{j,max}$) ile bu momente tekabül eden dönme ($\Theta_{Mj,max}$) ve eğilme moment kapasitesi ($M_{\Theta,Cd}$) ile bu momente tekabül eden dönme (Θ_{Cd}) arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır [14]. Bir moment-dönme eğrisinden öne çıkan özellikler:

1. Maksimum moment dayanımı ($M_{j,max}$); moment-dönme eğrisindeki maksimum momente eşittir.
2. Moment dayanımı ($M_{j,Rd}$); moment-dönme eğrisinde elastik bölgeden çizilen teğet ile plastik bölgeden çizilen teğetin keşişim noktasındaki moment değeridir.
3. Dönme rijitliği (S_{ij}); sekant rijitliğidir. Elastik bölgenin eğiminin (başlangıç rijitliği) plastik bölgenin eğimine oranıdır. ($S_{ij} = S_{j,ini}/S_{j,p-1}$).
4. Dönme kapasitesi (Θ_{Cd}); moment-dönme eğrisindeki maksimum dönmeye eşittir.
5. Birleşim duktilitesi (Ψ_j); dönme kapasitesinin dönme moment dayanımındaki dönmeye oranına eşittir ($\Psi_j = \Theta_{Cd}/\Theta_{j,Rd}$).
6. Birleşim maksimum yük duktilitesi (Ψ_{jmax}); maksimum momentteki dönmenin moment dayanımındaki dönmeye oranına eşittir ($\Psi_{jmax} = \Theta_{Cd}M_{j,max}/\Theta_{j,Rd}$).
7. Knee bölgesi; elastik bölge sınırına çizilen teğet ile plastik bölge sınırına çizilen teğet noktasının arasında kalan mesafeye denir.



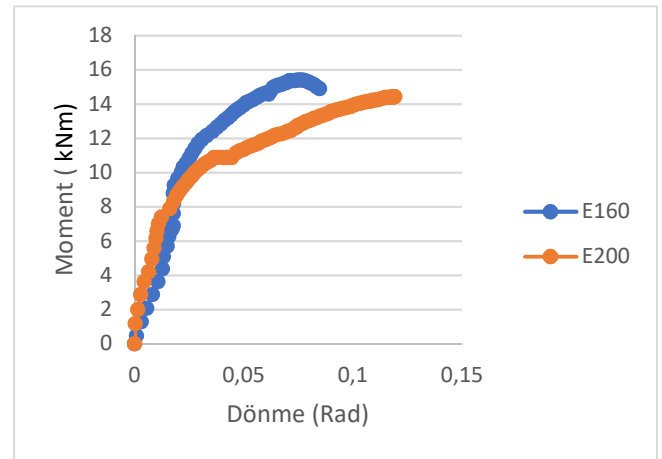
Şekil 6. Moment-dönme eğrisi karakteristikleri [7]
(Characteristics of moment-rotation curve)

Tablo 1'de tanımlanan 2 adet deney gerçekleştirilmiş, Şekil 7'de bu deneyler için önerilen birleşimlerin moment-dönme eğrileri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Tablo 2'de bu deneylere ait moment-dönme eğrisinin

karakteristik değerleri ve Şekil 8'de ise önerilen birleşimler ile T-element birleşimlerin moment-dönme eğrileri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 2. Moment-dönme eğrisi karakteristik değerleri
(characteristic values of moment-rotation curve)

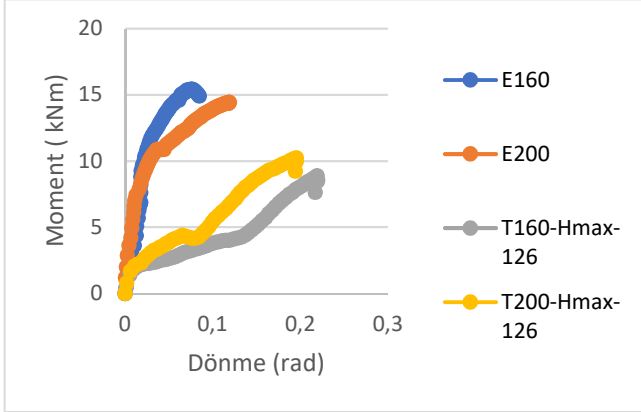
Deney adı	E160		E200	
	E160	E200	T160-Hmax-126 [13]	T200-Hmax-126 [13]
Knee bölgesi aralığı	4,38-14,28	4,22-12,47	1,82-8,35	2,07-8,55
Dayanım (KNm)	$M_{j,Rd}$	13,81	10,89	2,38
	$M_{j,max}$	15,42	14,44	8,91
	$M_{\Theta Cd}$	14,91	14,44	7,64
Rijitlik (KN m/rad)	$S_{j,ini}$	6,91	2,81	3,05
	$S_{j,p-1}$	0,099	0,16	0,55
	$S_{j,ini}/S_{j,p-1}$	9,13	17,11	5,68
Dönme (rad)	$\Theta_{j,Rd}$	0,037	0,016	0,013
	$\Theta_{Min.K.R}$	0,012	0,006	0,0094
	$\Theta_{Msup.k.R}$	0,054	0,071	0,206
	$\Theta_{Mj,max}$	0,077	0,118	0,219
	Θ_{Cd}	0,085	0,119	0,219
Ψ_j	2,29	7,44	16,85	8,86
$\Psi_{j,max load}$	2,08	7,38	16,85	8,86
Enerji Kapasitesi (kNmrad)	Yutma		0,63	0,86
			0,98	1



Şekil 7. E160 ve E200 birleşimlerin moment-dönme eğrileri
(moment-rotation curves of E160 and E200 connections)

Bu çalışma kapsamında yapılan E160 ve E200 deneyleri için Tablo 2'de görüldüğü gibi birleşimlerin alın levhası kalınlığı arttıkça süneklik %225,32, maksimum süneklik %256,25 ve enerji yutma kapasitesi %36,51 artmıştır. Deney numunelerinin dayanımları birbirleriyle

karşılaştırıldığında, alın levhasının kalınlığı arttıkça M_{jRd} nin %26,81 oranında, $M_{\Theta cd}$ nin %3,15 oranında ve M_{jmax} nin %6,35 oranında azaldığı görülmüştür. Sonuç olarak alın levha kalınlığı arttıkça dayanım oranının azaldığı görülmüştür. Ayrıca alın levhasının kalınlığı arttıkça rijitlik oranı da %87,40 artmıştır. Dönme oranları ise, alın levhasının kalınlığı arttıkça $\Theta_{Mj,max}$ 'da %53,24 ve Θ_{Cd} 'da %40 artmıştır. Sonuç olarak, alın levhasının kalınlığının artması moment dayanımını azaltırken, dönme kapasitesini artırmıştır.



Şekil 8. E160, E200, T160-Hmax-126 ve T200-Hmax-126 birleşimlerin moment-dönme eğrileri (Moment-rotation curves of E160, E200, T160-Hmax-126, and T200-Hmax-126 connections)

Bu deney sonuçları, T-elemanlı birleşim deney sonuçları ile karşılaştırıldığında; E160 ve T160-Hmax-126 ile E200 ve T200-Hmax-126 karşılaştırıldığında sırasıyla maksimum moment % 73 ve %41 artarken, maksimum dönme %61 ve %39 azalmıştır. Yine sırasıyla rijitlik %61 ve %137 artarken, enerji yutma kapasitesi %36 ve %14 oranında azalmıştır. Böylece, alın levhalı birleşimde gövde de berkitme kullanımı, birleşimi T şeklinde yapıp gövdeden bulonlamaktan daha rijit yaparken enerji yutma kapasitesini de azalmıştır.

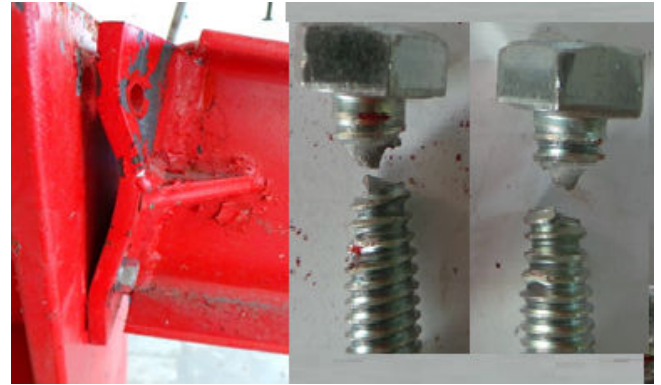
3.2. Göçme Şekilleri (Failure Modes)

E160 ve E200 birleşimlerinin her ikisinde de göçme üst bulon kırılması ile meydana gelmiştir. Ayrıca, Şekil 9'da görüldüğü gibi alın levhası, kullanılan berkitme levhasının etkisiyle sinüs şeklini alarak deforme olmuştur. Yani berkitme levhasının olduğu bölge kirişe bağlantı olması dolayısıyla bu şekli almıştır. E160 deneyinde yani alın levhası kalınlığının az olduğu birleşimde alın levhası daha fazla sinüs şeklini alırken alın levhasının kalın olduğu birleşim daha rijit davranmıştır. T-elemanla yapılan birleşimlerin Şekil 10'da görülen göçme şekillerine

bakıldığında alın levhalı bileşim ile aynı göçme davranışını gösterdiği görülmektedir. Kırılma üst bulonlardadır ve bulonlar başlığa yakın alanlardan kırılmışlardır. T-elemanlı birleşimlerde gövde 2 sıra bulonlu bağlı olduğundan T-elemanın başlığı üst bulon ucundan eğilmiştir. Fakat alın levhalı birleşimlerde ortadan levha ile kaynaklı olduğundan sinüs şeklini almışlardır.



Şekil 9a. E160 birleşimi için göçme şekilleri (Failure modes for E160 connection)



Şekil 9b. E200 birleşimi için göçme şekilleri (Failure modes for E200 connection)



Şekil 10a. T160-Hmax-126 birleşimi için göçme şekilleri [13] (Failure modes for T160-Hmax-126 connection)



Şekil 10b. T200-Hmax-126 birleşimi için göçme şekilleri [13] (Failure modes for T200-Hmax-126 connection)

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada, önerilen alın levhalı birleşimin davranışını temsil eden moment-dönme eğrisinin belirlenmesi için deneysel çalışmalar yapılmıştır. Yapılan deneyler göstermiştir ki, birleşimin moment-dönme eğrisi birleşim elemanın boyutlarına göre değişmektedir. Buna bağlı olarak birleşimin eleman boyutlarındaki farklılığın moment-dönme eğrisinin temsil ettiği rijitlik, moment dayanımı, süneklik ve enerji yutma kapasitesi vs ne ölçüde değiştirdiği ile ilgili bilgi edinilmektedir. Bu çalışma kapsamında önerilen, berkitme levhası kiriş gövde ve alın levhasına kaynaklanan alın levhalı birleşimler benzer göçme modları gösteren birleşim tiplerine göre daha az dönme ve enerji yutma kapasitesine sahip olmaktadır. Ayrıca bu birleşimlerde alın levhasının kalınlığının artması birleşimin rijitliğini de artırmaktadır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Bu çalışma kapsamında profil temini ve işçilik desteklerinden dolayı Gençler Metal Ltd. Şti.' ye ve deneyler süresince yardımını esirgemeyen Prof. Dr. A. Cüneyt Aydın, Dr. Mahyar Maali ve Mahmut KILIÇ' a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] M. Sağıroğlu and A. C. Aydın, "Design and analysis of non-linear space frames with semi-rigid connections," *Steel and Composite Structures*, vol. 18, no. 6, pp. 1405-1421, 2015.
- [2] C. Ngo-Huu, P. Nguyen and S. Kim, "Second-order plastic-hinge analysis of space semi-rigid steel frames," *Thin-Walled Structures*, vol. 60, pp. 98-104, 2012.
- [3] B. S. Dhillon and J. W. O'Malley, "Interactive design of semi-rigid steel frames," *Structural Engineering*, vol. 125, pp. 556-564, 1999.
- [4] J. Davison, B. P. Kirby and A. Nethercot, "Rotational stiffness characteristics of steel beam-to-column connections," *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 8, pp. 17-54, 1987.
- [5] M. J. Frye and G. A. Morris, "Analysis of flexibly connected steel frames," *Canadian Journal of Civil Engineering*, no. 2, pp. 280-291, 1975.
- [6] M. Maali, M. Kılıç, M. Sağıroğlu and A. C. Aydın, "Experimental model for predicting the semi-rigid connections behavior with angles and stiffeners," *Advances in Structural Engineering*, vol. 20, no. 6, pp. 884-895, 2017.
- [7] A. C. Aydın, M. Kılıç, M. Maali and M. Sağıroğlu, "Experimental assessment of the semi-rigid connections behavior with angles and stiffeners," *Journal of Constructional Steel Research*, no. 114, pp. 338-348, 2015.
- [8] A. Abidellah, A. Bouchair and D. E. Kerdal, "Experimental and analytical behavior of bolted end-plate connections with or without stiffeners," *Journal of Constructional Steel Research*, no. 76, pp. 13-27, 2012.
- [9] A. M. G. Coelho, F. S. K. Bijlard and L. S. Silva, "Experimental behavior of high strength steel end-plate connections," *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 63, pp. 1228-1240, 2007.
- [10] Y. Shi, G. Shi and Y. Wang, "Experimental and theoretical analysis of the moment-rotation behavior of stiffened extended end-plate connections," *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 63, pp. 1279-1293, 2007.
- [11] M. D'Aniello, R. Tartaglia, S. Costanzo and R. Landolfo, "Seismic design of extended end-plate joints in the framework of Eurocodes," *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 128, pp. 512-527, 2017.
- [12] A. K. Dessouki, A. H. Youssef and M. M. Ibrahim, "Behavior of I-beam bolted extended end-plate moment connections," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 4, pp. 685-699, 2013.
- [13] M. Sağıroğlu, M. Maali, M. Kılıç and A. C. Aydın, "Characteristics of Moment-Rotation Curves of Bolted T-Stub Connections: An Experimental Study," *Advances in Structural Engineering*, vol. 20, No 6 PP 884-895, 2017".
- [14] EN1993-1-8, Eurocode 8: Design of steel structures-Parts 1-8: General Rules-Design of joints, CEN, 2005