

Alt ve Üst Korniyerlerli Yarı-Rijit Birleşimlerde Kaynak Boyu Etkisi

Abdulkadir Cüneyt AYDIN¹, Mahmut KILIÇ¹, Mahyar MAALI¹, Merve SAĞIROĞLU²

ÖZET: Çelik yapıların analiz ve dizaynında birleşim davranışının hesaba katılması, yapının gerçek davranışını temsil edebilmesi açısından önemlidir. Dolayısıyla, birleşim davranışının iyi bilinmesi gerekir. Birleşimler, birleşim tipine, yerleşim biçimlerine ve elemanlarına göre değişik moment-dönme eğrileri oluştururlar. Bu eğriler deneylerle elde edilen gerçek davranışın mühendislik bakış açısıyla görsel anlatımıdır. Bazı birleşimler için bu deneyler kısmen yapılmış, çeşitli veri bankaları oluşturulmuştur. Bu veri bankalarından yola çıkılarak birleşimin davranışını analizde ifade edebilmek için sınıflandırmalar yapılmış ve modeller oluşturulmuştur. Bu araştırma kapsamında literatürde olan mevcut alt-üst başlık korniyerli birleşimlerden farklı olarak alt-üst başlık korniyerlerinde ve kiriş gövdesinde berkitme kullanımı önerilmiş ve alt üst korniyerlerde kullanılan berkitmelerdeki kaynak boyu etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Berkitme, korniyer, moment-dönem eğrisi, yarı-rijit birleşim, kaynak

The Effect of Welding Length of Semi-Rigid Connections With Top and Seat Angles

ABSTRACT: Taking into account the behavior of connection in analysis and design of steel frames is important due to presenting the actual behavior of frames. So, the behavior of the connections should be well known. The connections form various moment-rotation curves according to the type of connection, the elements of connection and the shape of placement. These curves are visual expressions of the actual behavior that has been obtained from experiments. The experiments of some connections have been obtained partially and has been formed the databank. It has been done the classification and formed models by this databank to express the behavior of connection. To determine the behavior of the connection, the various connection experiments which are different from the connection with top and bottom angle in the literature are done in this thesis. The use of stiffeners in top and bottom angle and web of the connection with the top and bottom flange angle and different weld length in top and bottom angle is suggested.

Keywords: Angle, moment-rotation curves, semi-rigid connection, stiffener, welding

¹ Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Erzurum, Türkiye

² Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Erzurum, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Abdulkadir Cüneyt AYDIN, acaydin@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Günümüzdeki yaygın olarak kullanılan hesap yöntemlerinde çelik yapıların analiz ve dizaynında birleşimlerin etkisi hesaba katılmamaktadır. Bu araştırma ile birleşimlerin moment-dönme eğrilerinin elde edilmesi, analiz ve dizaynında hesaba katılması için önerilerde bulunmaktadır.

Daha önce yapılan birleşim deneylerinden yola çıkılarak birleşimler sınıflandırılmıştır. Yarı-rijit birleşimler üzerinde yapılan araştırmalardan derlenen en önemli dört veri bankası aşağıda özetlenmiştir:

1-Goverdhan (1984) veri bankası: Bu bankada 1950-1983 yılları arasında yapılan 230 adet birleşim deneyi verileri bir araya toplanmıştır. Bu deneylerde, alın levhalı birleşim tipi, kiriş derinliğince alın levhalı birleşim tipi, üst ve alt başlık korniyerli birleşim tipi, üst ve alt başlık korniyerli gövde çift korniyerli birleşim tipi, kısa alın levhalı birleşim tipi, çift korniyerli gövde birleşim tipi, tek korniyerli gövde birleşim tipleri kullanılmıştır

2-Nethercot (1985a, 1985b) veri bankası: Çelik birleşimler üzerine Avrupa da kullanılmış ilk veri bankasıdır, Nethercot, diğer araştırmacılar tarafından yapılan (Jones ve ark., 1980) 700'den fazla bireysel testleri toplayıp bu çalışmalarını 70'den fazla deneysel grupta incelemiştir. Bu deneyler levhalarla yapılmış T birleşimler üzerinedir.

3-Çelik birleşimlerin veri bankası: Amerika Birleşim Devletleri tarafından yapılan bu veri bankası Kishi ve Chen (1986a, 1986b) ve Goverdhan (1984) tarafından 1936-1986 yılları arasında yapılan 303 deneysel çalışmayı kapsamaktadır. Bu veri bankasında sunulan deneylerle kurulan matematik model arasında ilişki bulunmaya çalışılmıştır. 1995 yılında Abdalla ve Chen 46 adet deney ile bu verileri artırmışlardır. Bu deneylerde alın levhalı birleşim tipi, kiriş derinliğince alın levhalı birleşim tipi, üst ve alt başlık korniyerli birleşim tipi, üst ve alt başlık

korniyerli gövde çift korniyerli birleşim tipi, kısa alın levhalı birleşim tipi, çift korniyerli gövde birleşim tipi, tek korniyerli gövde birleşim tipi incelenmiştir.

4-SERICON veri bankası: Avrupa deney sonuçları Arbed Recherches ve Aachen Üniversitesi tarafından kompozit birleşimler için incelenmiştir. Bu veri bankası Cruz ve arkadaşları 1998 tarafından genişletilmiş ve SERICON II veri bankası oluşturulmuştur.

Birleşim davranışının analizde kullanımını ifade edebilmek için bu veri bankaları ile sınıflandırmalar ve matematiksel modellemeler elde edilmiştir. Fakat sınıflandırmaya konu olan birleşimler 7 tipte sınırlı kalmıştır ve günümüzde kullanılan birleşim tiplerinin önemli bir kısmı bu sınıflandırma içerisinde nerede olduğu bilinmemektedir. Bu 7 tip birleşim, 1958-1990 yıllarında araştırılmıştır ve bunlar Çizelge 1.'de deneyler yıllarıyla özetlenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yapı Malzemeleri ve Tatbiki Mekanik Laboratuvarında yapılmış ve malzemeler bir çelik firma yardımıyla hazırlanmıştır. Deneylerde çerçeveler laboratuvardaki beton kütleyle ankraj edilmiş Hidrolik basınç aleti (Pompanın kapasitesi 90 ton dur), Loadcell (Kullanılan yükleme hücresi TEDS markalı ve maksimum kapasitesi 250 kN'dur) ile yükleme yapılmıştır; deformasyonlar, ve LVDT(Linear Variable Differential Transformers)'ler (100 mm, SDP-100C modeli Japonya da üretilmiştir) ile ölçülmüş ve okunan veriler datalogger cihazıyla toplanıp bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bu 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.

Çizelge 1. 7 Tip Birleşim Deneyleri

Birleşim tipi	Yazarlar	Deney Âdeti	Deney yılı
Çift korniyerli gövde birleşim tipi	Davison ve ark.	2	1987
	W. C. Bell ve ark.	4	1958
	C. W. Lewitt ve ark.	6	1966
	W. H. Sommer	4	1969
	B. Bose	1	1981
Üst ve alt başlık korniyerli birleşim tipi	Davison ve ark.	4	1987
	A. Azizinamini ve ark	20	1985
Alın levhalı birleşim tipi	Zandonini ve Zanon	10	1988
	Moore ve P.A. Sims	2	1986
	J. R. Bailey	26	1970
	J. A. Packer ve ark.	3	1977
	S. A. Ioannides	6	1978
	R. J. Dews	3	1979
	P. Grundy ve ark.	2	1980
Kiriş derinliğince alın levhalı birleşim tipi	Davison ve ark.	3	1987
	Phillips ve Packet	5	1986
	J. R. Ostrander	24	1970
Kısa alın levhalı birleşim tipi	Aggarwal	6	1990
	Davison ve ark.	1	1987
	W. H. Sommer	20	1969
Kısa alın levhalı ve alt başlık korniyerli birleşim tipi	Aggarwal	2	1990
Alt başlık korniyerli birleşim	Aggarwal	9	1990

Fakat günümüzdeki çelik yapı projelerinde birçok farklı birleşim tipi yapılmaktadır. Literatürde

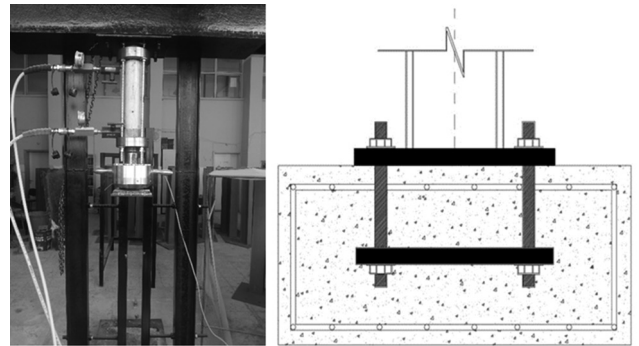
bu birleşim tipleri için deneysel veriler olmadığından bu birleşimlerin gerçek davranışı bilinmemektedir.

Deney Düzenegi

İnşaat Mühendisliği Yapı Malzemeleri ve Tatbiki Mekanik Laboratuvarı Laboratuvarı'nda öncelikle mevcut çerçeve sisteminde değişiklikler yapılarak deney için uygun hale getirildi.

Deneylerde kirişin burkulmasını engellemek için sistem geliştirildi, bunun için iki adet seyyar kolan bağlandı ve daha sonra bu kolonlara mesafeleri ayarlanabilen kutu profiller monte edildi. Şekil.1. deney düzenegi görülmektedir.

Deformasyon cihazlarını sisteme bağlamak için çerçevesel sistem imal edildi. Bunun yapılmasında ki amaç; deney esnasında deformasyon cihazlarını



Şekil 2. Deney düzenegi

sabitlemek ve ölçüm hassasiyetinin korunmasıdır. Şekil.2.'de çerçevesel sistem görülmektedir.



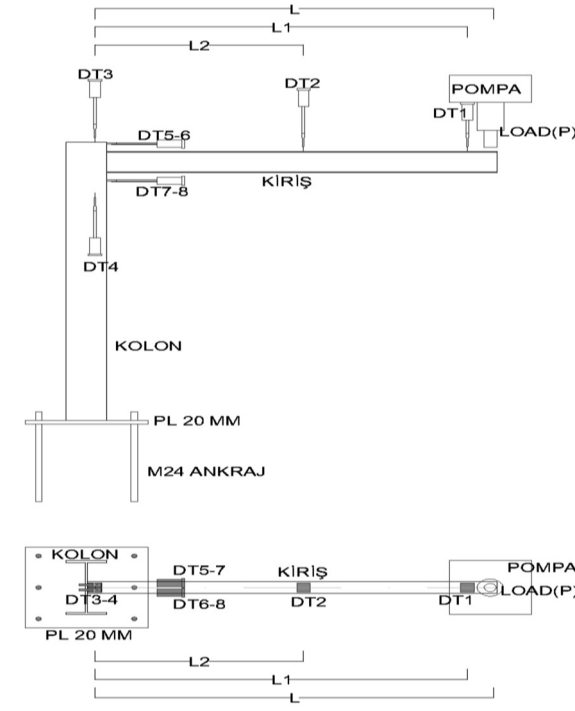
Şekil 3. Çerçeve ve deney düzeneği

Deneyel Verilerin Formüllerle İstenilen Verilere Çevrilmesi

Bu deneysel araştırmada amaç moment-dönme davranışını incelemektir. Bu nedenle kirişin mesnetleri ankastre olacak ve mesnetlerdeki moment aşağıdaki formül ile hesaplanacaktır.

$M=PL$, Burada; $P=$ Eksenel yük ve $L=$ Kiriş açıklığıdır. (1)

Şekil 3’da görüldüğü gibi yatay ve dikey LVDT’lerle deplasmanlar ölçülerek aşağıdaki formüller ile kirişlerde ve birleşimlerdeki dönme hesaplanacaktır (Coelho ve Bijlaard, 2007).



Şekil 3. Deney sistemi birleşim tipi için kirişin LVDT bağlama ve yükleme noktaları gösterimi

$$\delta_{b.el}(DT_i) = -\frac{P}{E_b I_b} \left(X^3 \frac{DT_i}{6} \right) - L_{load} \left(X^2 \frac{DT_i}{2} \right) \quad (2)$$

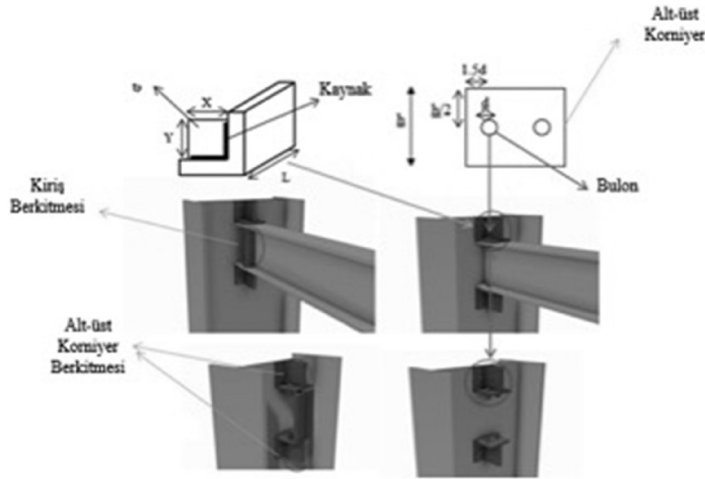
$$\theta_B = \frac{\arctan(\delta_{DT1} - \delta_{DT4} - \delta_{b.el}(DT1))}{L_1} = \frac{\arctan(\delta_{DT2} - \delta_{DT4} - \delta_{b.el}(DT2))}{L_2} \quad (3)$$

Burada; $E=$ Kirişin elastisite modülü, $I=$ Kirişin atalet momenti, $\Theta=$ Kirişin dönme değeri ve $\delta=$ Kirişin deplasmanı

Modellerin Seçimi ve Adlandırılması

Bu araştırma korniyerdeki berkitmelerde kullanılan kaynak boyunun etkisi incelenmiştir. Deneylelerden elde edilen verilerle birleşimin moment-dönme eğrileri çizilmiştir. Böylece moment-dönme eğrisinin temsil ettiği birleşimin rijitlik, moment dayanımı ve dönme kapasitesi ile ilgili davranışsal karakteristikleri ile ilgili bilgiler ve diğer birleşimlerle karşılaştırılarak değerlendirilen tüm sonuçlar literatüre sunulacaktır. Çeşitli araştırmacılar (Limaa ve ark.,2002; Shi ve ark. 2007; Abidelah ve Kerdal.,

2012) birleşimlerde dönme davranışını iyileştirmek için, berkitme kullanmışlardır. Limaa ve ark.. (2002) de çalışmasında alın levhalı birleşimleri berkitmesi kullanmış, deneysel sonuçlarla yük-deplasman eğrisini çizdirmiştir. Shi ve ark. (2007) kolon gövdesinde ve kiriş gövdesinde berkitme kullanmış, deneysel sonuçlarla moment-dönme eğrisini çizdirmişlerdir. Abidellah ve Kerdal (2012) alın levhalı plakalı birleşimlerde kiriş başlıklarında üçgen kesilmiş berkitmeler kullanmış, moment-dönme eğrilerini çizdirmişlerdir. Şekil. 4. de ve Çizelge 2 birleşim detayları ve deney adları verilmiştir.



Şekil 4. Alt-üst başlıklı korniyerli birleşim tipi

Çizelge 2. Deneylelerin adlandırılması

Deney Adı	Korniyer	Korniyer Boyu(L) (mm)	Berkitme Kalınlığı (tP) (mm)	Kiriş Berkitmesi	Kiriş Berkitme Kalınlığı (mm)	Kaynak Boyu(W) (mm)
A60-L73-SA5-W55	L60*60*6	73	5	---	---	55
A60-L73-SA5-W15	L60*60*6	73	5	---	---	15
A50-L73-SA5-W45	L50*50*5	73	5	---	---	45
A50-L73-SA5-W15	L50*50*5	73	5	---	---	15
A50-L73-SA5-SB10-W45	L50*50*5	73	5	YES	10	45
A50-L73-SA5-SB10-W15	L50*50*5	73	5	YES	10	15

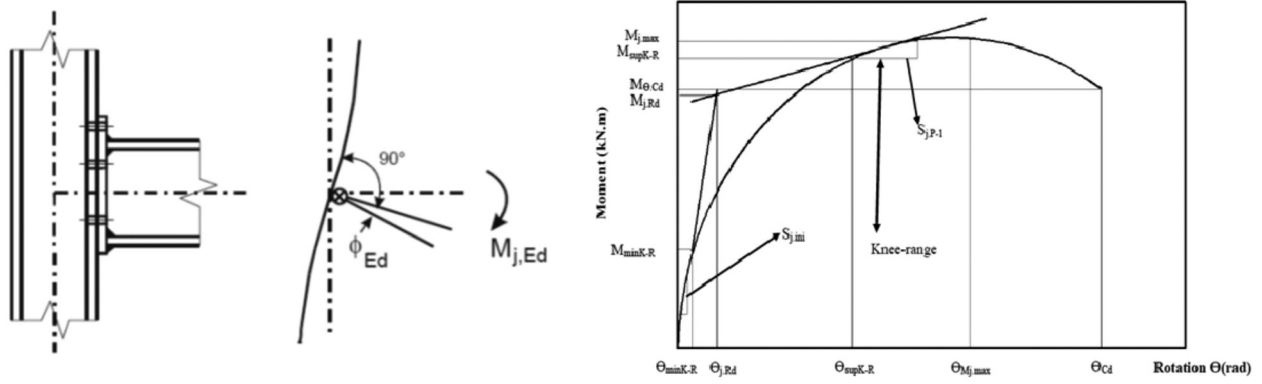
A= Alt-üst Korniyer L50x50x5 and L60x60x6, L= Korniyer Boyu, SA= Korniyer Berkitmesi SB= Kiriş Berkitmesi

BULGULAR VE TARTIŞMA

Eurocode-3 Yönetmeliği Tasarımlarda Moment-Dönme Özellikleri: Şekil. 5.'de görülen moment-dönme eğrisi, eğilme momenti (MRd) ile bu

momente karşılık gelen dönme (ΘMRd) arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır.

Ayrıca, Şekil. 6.'de görüldüğü gibi genel olarak moment dönme eğrisi doğrusal değildir.



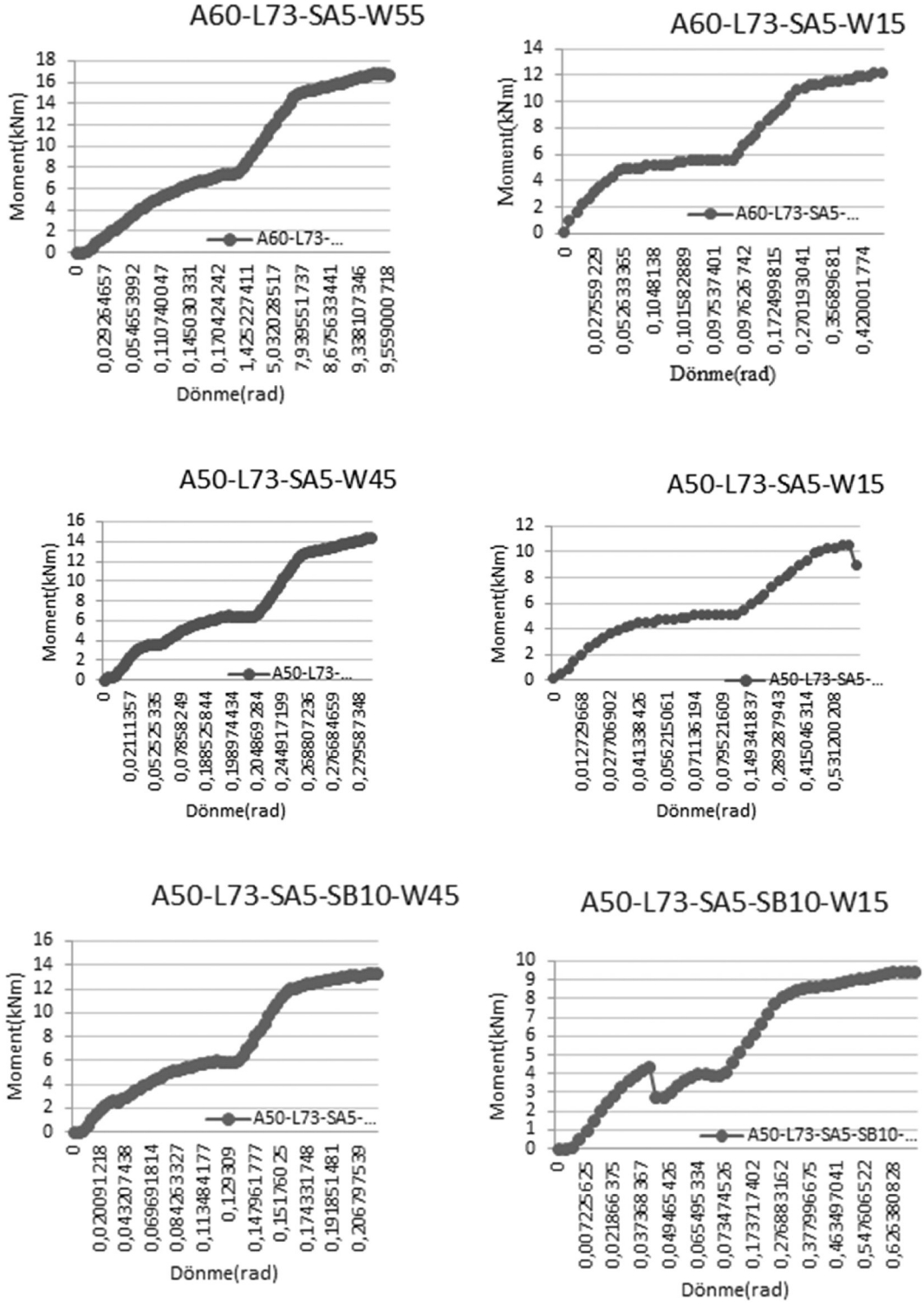
Şekil 5. Görülen moment-dönme eğrisi

Bir moment-dönme eğrisinden 3 tane önemli özellik elde edilir: Moment dayanımı (moment resistance), Dönme rijitliği (rotational stiffness) ve Dönme kapasitesi (rotation capacity). Çizelge.4 ve Şekil. 6 bunlardan elde edilmiştir. Çizelge. 3.

birleşimin sünekliği gösterilmiştir. Birleşimlerim kaynak boyları fazla oldukça süneklik azalmıştır. Korniyer birleşim kalınlığı arttıkça süneklikte azalma olduğu görülmüştür. Eğer kirişin gövdesinde berkitme kullanıldığında süneklik azalmaktadır.

Çizelge.3. Birleşimlerin süneklikler

Deney	$\Theta_{MR,d}$ (rad)	$\Theta-M_j, \max$ (rad)	$\Theta_{C,d}$ (rad)	$\Psi_j = \frac{\Theta_{C,d}}{\Theta_{MR,d}}$	$\Psi_{j,maxload} = \frac{\Theta_{M_j,max}}{\Theta_{MR,d}}$
A60-L73-SA5-W55	4.98	9.78	9.75	1.95	1.96
A60-L73-SA5-W15	0.10	0.44	0.45	4.5	4.4
A50-L73-SA5-W45	0.19	0.28	0.285	1.5	1.47
A50-L73-SA5-W15	0.037	0.56	0.57	15.40	15.13
A50-L73-SA5-SB10-W45	0.15	0.21	0.22	1.46	1.4
A50-L73-SA5-SB10-W15	0.067	0.63	0.066	0.98	9.4



Şekil 6. Moment-dönme eğriler

Şekil. 7. de kırılmalar görülmektedir. Kaynak boyu uzun olan korniyerli birleşimlerde kırılma bulonlarda meydana gelirken, kaynak boyu kısa olan birleşimlerde önce kaynaklarda kopma

meydana gelmiş daha sonar bulonlarda kopma meydana gelmiştir. Kolanlarda sehimler meydana gelmiştir, bu sehimleri önlemek için kolonda berkitme kullanılmalıdır.



A60-L73-SA5-W55



A60-L73-SA5-SB10-W15



A50-L73-SA5-W45



A50-L73-SA5-W15



A60-L73-SA5-SB10-W45



A60-L73-SA5-W15-SB10-W15

Şekil 7. Deformasyon ve kırılma şekilleri

Çizelge 4. Moment dönme verileri

Deney Adı	Dayanım (kg m)			Rijitlik (kg m/rad)					Dönme (rad)			
	KR (knee- range)	MR.d	Mj. max	MÖCd	Sj.ini	Sj.p-1	Sj.ini/ Sj.p-1	ÖMR.d	ÖMin .K.R.	ÖM- sup.k.R	Ö Mj. max	ÖC.d
A60-L73- SA5-W55	5.11- 14.97	13.47	16.96	16.74	0.61	0.347	1.757	4.98	0.11	7.79	9.78	9.75
A60-L73- SA5-W15	4.96- 11.003	8.50	12.10	12.09	0.87	0.20	4.35	0.10	0.05	0.25	0.44	0.45
A50-L73- SA5-W45	3.63- 12.84	9.77	14.44	14.45	0.77	0.36	2.138	0.19	0.05	0.26	0.28	0.285
A50-L73- SA5-W15	3.59-9.87	4.85	10.41	8.92	0.88	0.33	2.66	0.037	0.031	0.47	0.56	0.57
A50-L73- SA5- SB10-W45	5.25- 11.39	10.87	13.26	13.20	0.58	0.196	0.2959	0.15	0.084	0.15	0.21	0.22
A50-L73- SA5- SB10-W15	4.41-7.73	6.70	9.43	9.42	1.02	0.29	3.51	0.067	0.041	0.25	0.63	0.66

Çizelge 4. bakıldığında en fazla dayanım kaynak boyunun fazla olduğu birleşimlerde görülmüştür. Dayanımları birbirleriyle karşılaştırdığımızda Mrd %36.89 dan %50.35 oranında arttığı yani kaynak uzunluğu arttıkça Mrd nin arttığı görülmüştür. Mjmax larda bu artış 28.65 den 38.27 ye kadar olduğu görülmektedir. MÖcd ye bakıldığında bu artış %27.77 den %38.26 ya kadar olduğu görülmektedir. Ayrıca çizelge.4. Bakıldığında kaynak boyu arttıkça rijitlik azalmıştır.

Dönmeleri karşılaştırdığımızda kaynak boyu arttıkça dönmeye azalma olmuştur. Modellerde kaynak boyu sabit olduğunda, birleşim kalınlığını arttığı zaman dayanım artış göstermiş bu artış Mrd de %27.46, Mjmax da %14.85, MÖrd %27.77 dir. Rijitlikde alt-üst korniyer kalınlığı arttıkça kaynak boyu büyük modellerde azalma görülmüş ve bu oran %22.08 dir. Kaynak boyu küçük olan birleşimlerde ise %38.85 dir. Dönmeyi karşılaştırdığımızda boy ve kalınlık arttıkça %119 oranında artış olduğu görülmüştür. Eğer kirişin gövdesinde berkitme kullanıldığı zaman dayanım, rijitlik ve dönme artış göstermişlerdir. MRd dayanımında bu artış %10.11 den %27.61 dir.

KAYNAKLAR

- Abdalla KM, Chen WF, 1995. Expanded database of semi-rigid steel connections. *Computers & Structures*, 56(4): 553-64.
- Abidelah A, Bouchaï A, Kerdal DE, 2012. Experimental and analytical behavior of bolted end-plate connections with or without stiffeners. *Journal of Constructional Steel Research*, 76: 13-27.
- Aydın AC, Kılıç M, Maali M, Sağiroğlu M, 2015. Experimental Assessment of the Semi-rigid Connections Behavior with Angles and Stiffeners. *Journal of Constructional Steel Research*, Volume 114: Pages 338-348.
- Aydın AC, Maali M, Kılıç M, Sağiroğlu M, 2015. Experimental Investigation of Sinus Beams with End-Plate Connection. *Journal of Thin Walled structures*, 97:35-43.
- Aggarwal AK., 1990. Behaviour of flexible beam-to-column connections. *The Institution of Engineers Australia Structural Engineering Conf*, 462-467.
- Azizinamini A, Bradbum JH, Radzinski JB, 1985. Static and cyclic behavior of semi-rigid steel beam-column connections. *Dept. of Civ. Engrg., Univ. of South Carolina, Columbia, S.C.*
- Bailey JR, 1970. Strength and rigidity of bolted beam-to-column connections. *Conf. on Joints in Structures*, Univ. of Sheffield, Sheffield, England, 1, 4.
- Bell WG, Chesson E, Munse WH, 1958. Static tests of standard riveted and bolted beam-to-column connections. *Univ. of Illinois Engrg. Experiment Station, Urbana*, 111.

- Bose B, 1981. Moment-rotation characteristic of semi-rigid joints in steel structures. *J. Inst. Engrs. (India), Part CI, Civ. Engrg., Div.*, 62(2): 128-132.
- Coelho AMG, Bijlaard FSK, 2007. Experimental behaviour of high strength steel end-plate connections. *Journal of Constructional Steel Research*, 63(9): 1228–40.
- Davison J, Kirby BP, Nethercot A, 1987. Rotational stiffness characteristics of steel beam-to column connections. *J. construct. Steel Res.*, 8: 17-54.
- Dews RJ, 1979. Experimental test results on experimental end-plate moment connections. Thesis presented to Vanderbilt University, at Nashville, Tenn., in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science.
- European Committee for Standardization (CEN) 2005. Design of steel structures. Part 1.8: Design of joints”. Stage 49 draft, Brussels.
- Goverdhan AV, 1984. A collection of experimental moment-rotation curves and valuation of prediction equations for semi-rigid connections. Master thesis. Nashville (TN), Vanderbilt University.
- Grundy P, Thomas IR, Bennetts ID, 1980. Beam-to-column moment connections. *J. Struct. Div., ASCE*, 106(ST1): 313-330.
- Ioannides SA, 1978. Flange behavior in bolted end-plate moment connections. Thesis presented to Vanderbilt University, at Nashville, Tenn., in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
- Jones SW, Kirby PA, Nethercot DA, 1980. Effect of semi-rigid connections on steel column strength. *Journal of Constructional Steel Research*, 1: 38–46.
- Kishi N, Chen WF, 1986a. Steel connection data bank program. In: *Structural engineering*. 2nd ed. School of Civil Engineering, Purdue University, West Lafayette, Report no. CE-STR86-18.
- Kishi N, Chen WP, 1986b. Data base of steel beam-to-column connections. In: *Structural engineering*. School of Civil Engineering, Purdue University, West Lafayette, 1/2, Report no. CE-STR-86-26.
- Lewitt CW, Chesson E, Munse WH, 1966. Restraint characteristics of flexible riveted and bolted beam-to-column connections. *Dept. of Civ. Engrg., Univ. of Illinois, Urbana*, 111.
- Lima LRO, Andrade SAL, Vellascob PCG, Silvac LS, 2002. Experimental and mechanical model for predicting the behaviour of minor axis beam-to-column semi-rigid joints. *International Journal of Mechanical Sciences*, 44: 1047–1065.
- Maali M, Aydin AC, Sagioglu M, Investigation of innovative steel runway beam in industrial building, *Microsilica SADHANA Academy Proceedings in Engineering Sciences*. in press.
- Moore DB, Sims PAC, 1986. The influence of backing plates on the behaviour of Extended end plate connections. *Construct steel*, 6: 95-122.
- Nethercot DA., 1985a. Steel beam-to-column connections: a review of test data and its applicability to the evaluation of joint behaviour in the performance of steel frames. CIRIA report. 338.
- Nethercot DA., 1985b. Utilization of experimentally obtained connection data in assessing the performance of steel frames. Chen WF, editor. *Connection flexibility and steel frames*. Detroit: Proc. of a Session Sponsored by the ASCE Structural Division.
- Ostrander JR, 1970. An experimental investigation of end-plate connections. Thesis presented to the University of Saskatchewan, at Saskatoon, Saskatchewan, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science.
- Packer JA, Morris LJ, 1977. A limit state design method for the tension region of bolted beam-column connections. *The Struct. Eng.*, 55(10): 446-458.
- Philips J, Packet JA, 1986. The effect of plate thickness plate connections. *J. construct. Steel Res.*, 6, 95-122.
- Sagioglu M, Aydin AC, Design and analysis of non-linear space frames with semi-rigid connections, *Steel and Composite Structures, Int. J.*, Vol. 18: No. 6: June 2015.
- Shi Y, Shi G, Wang Y, 2007. Experimental and theoretical analysis of themoment-rotation behaviour of stiffened extended end-plate connections. *Journal of Constructional Steel Research*, 63(9): 1279–93.
- Sommer WH, 1969. Behavior of welded-header-plate connections. Thesis presented to University of Toronto, at Toronto, Canada, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Applied Science.
- Zandonini R, Zanon P, 1988. Experimental analysis of end plate connections. In *Connections in Steel Structures, Behavior, Strength and Design* (Edited by R. Biorhovde, J. Brozzetti and A. Colson), Eisevier Applied Science, London.41-51.