

İnce Cidarlı U Çelik Profillerin Eksantrik Yük Altında Tek Bulonlu Bağlantılarının İncelenmesi

Yusuf DEMİREL^{1,*} Oğuzhan TÜYLÜOĞLU²

¹Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06570, Çankaya/ANKARA

²Teleses, İnşaat Firması, Çayyolu Mah., 06810, Çankaya/ANKARA

Grafik/Tablo Özet

Bu çalışmada sırt sırta bağlanmış ince cidarlı C profilli elemanlarının ağırlık merkezlerinden uygulanan çekme kuvveti ile eksantrik davranış oluşturulmuştur. Üç farklı sac et kalınlığı, üç farklı bulon çapı ve üç farklı bağlantı geometrisi değişkenleri ile deneyler yapılmıştır. Deney sonuçları ile ilgili standartlarda verilen eşitliklerden elde edilen dayanımlar ve kopma modları karşılaştırılmıştır.

Makale Bilgisi

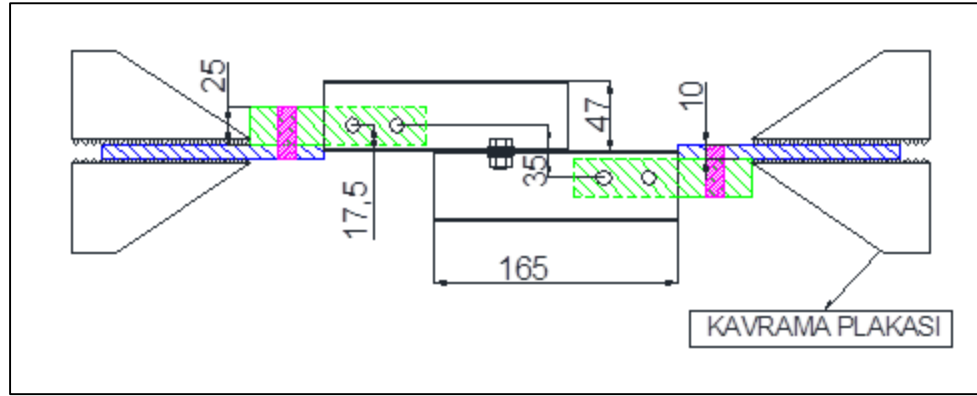
Başvuru: 27/03/2019
 Düzeltme: 23/04/2019
 Kabul: 19/04/2019

Anahtar Kelimeler

İnce cidarlı çelik
 Bulonlu bağlantı
 Eurocode
 AISI
 Eksantrik

Keywords

Thin walled steel
 Bolted connections
 Eurocode
 AISI
 Eccentric



Şekil A. Örnek deney düzeneği

Amaç: Bu çalışmada literatür taramasında elde edilen deneysel çalışmalarda dikkate alınmayan eksantrik etki altında yapılan deneyler ile AISI ve EC standart eşitliklerinden elde edilen teorik dayanımlar ile deneysel dayanımlar karşılaştırılmak istenmiştir.

Teori ve Metod: Eksenel çekme yapabilen deney makinesi üretilen ek deney elemanları ile eksantrik çekme yapabilir duruma getirilmiş ve oluşturulan bu eksantrik etkinin literatür taramasında elde edilen çalışmalardaki güvenlik katsayılarından düşük sonuçlar elde edilmesi öngörülmüştür.

Sonuçlar: Deney sonuçları ile ilgili standartlarda verilen eşitliklerden elde edilen dayanımlar ve kopma modları karşılaştırılmıştır. AISI dayanımlarının EC dayanımlarına göre daha güvenli tarafta kaldığı, EC kopma modu öngörülerinin, AISI öngörülerine göre bu çalışmanın deneysel kopma modları ile sayıca daha fazla örtüştüğü tespit edilmiştir.

Değerlendirme: Elde edilen deneysel kopma yükü sonuçları sac kalınlıkları göz önüne alınarak incelendiğinde ise $t=2$ mm'de deney elemanlarının diğer kalınlıklara göre standart öngörülerinden daha yüksekte kaldığı görülmüştür. Eksantrik etki altında ancak 9 farklı deney elemanı üstünde, 3 farklı profil et kalınlığı, bulon çapı ve bulon yerleşim geometrisine içerisinde sınırlı değişken aralıklarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada deneysel sonuçlar bu değişkenler içerisinde sınırlı aralıkta elde edilmiştir. Eksantrik etki altında ince cidarlı çelik profillerin bulonlu bağlantılarının daha farklı et kalınlıklarında ve daha farklı bulon çaplarında irdelenmelidir.



İnce Cidarlı U Çelik Profillerin Eksantrik Yük Altında Tek Bulonlu Bağlantılarının İncelenmesi

Yusuf DEMİREL^{1,*} Oğuzhan TÜYLÜOĞLU²

¹Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06570, Çankaya/ANKARA

²Teleses, İnşaat Firması, Çayyolu Mah., 06810, Çankaya/ANKARA

Öz

İnce cidarlı çelik elemanların bulon bağlantıları hakkında bir Türk standardı bulunmamaktadır. Eurocode ve AISI standartları dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda aynı örnek için farklı yaklaşım ve davranış ortaya çıkmaktadır. Literatür taramasında elde edilen deneysel çalışmalarda eksantrik etki göz ardı edilmiş, yalnızca eksele çekme altındaki davranış irdelenmiştir. Ancak uygulamada profil yapısından kaynaklanan eksantrik davranıştan kaçınılması mümkün değildir. Sırt sırta verilmiş ince cidarlı U profillerin tek bulon bağlantısı ile ağırlık merkezlerinden uygulanan çekme kuvveti uygulanması ile oluşturulan eksantrik davranış çeşitli sac et kalınlıkları ($t=1,5\text{mm}$, 2mm , $2,5\text{mm}$) ve çeşitli bulon çapları ($\varnothing=8\text{mm}$, 10mm , 12mm) altında ilgili standartlarda (AISI ve Eurocode) verilen eşitliklerden elde edilen kopma yükleri ve kopma modları karşılaştırılmıştır. AISI kopma yükü öngörülerinin Eurocode öngörülerine göre daha güvenli tarafta kaldığı, kopma modlarının öngörülmesinde ise Eurocode'un daha isabetli sonuç verdiği saptanmıştır.

Makale Bilgisi

Başvuru: 27/03/2019

Düzeltilme: 23/04/2019

Kabul: 19/04/2019

Anahtar Kelimeler

İnce cidarlı çelik

Bulonlu bağlantı

Eurocode

AISI

Eksantrik

Investigation of Single Bolted Connections of Thin Wall U Steel Profiles with Eccentric Behaviour

Keywords

Thin walled steel

Bolted connections

Eurocode

AISI

Eccentric

Abstract

There is no Turkish standard for bolted connections of thin walled steel elements. In the calculations made according to Eurocode and AISI standards, there are different approaches and behaviours for the same sample. The eccentric effect was ignored in the experimental studies obtained in the literature review and only the behaviour under axial stress was examined. In practice, however, it is not possible to avoid eccentric behaviour arising from the profile structure. The eccentric behaviour created by applying the pulling force applied from the centre of gravity of thin walled U profiles placed on back to back is compared with the strengths obtained from the equations given in the relevant standards under various sheet metal thicknesses ($t=1,5\text{mm}$, 2mm , $2,5\text{mm}$) and various bolt diameters. ($\varnothing=8\text{mm}$, 10mm , 12mm)

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnce cidarlı çelik elemanların kullanımına Amerika Birleşik Devletleri ve İngiltere'de 1850 yılında başlanmıştır. Kullanım büyük ölçüde deneysel ve birkaç temel yapı ile sınırlanmıştır. 1980 yılından sonra Amerika Birleşik Devletleri'nde, artan ahşap fiyatlarından dolayı az katlı yapılarda hafif çelik elemanların kullanımı yaygınlık kazanmaya başlamıştır [1]. Güneş enerji yatırımlarının hız kazanması ve az katlı yapılara yönelim ile de ince cidarlı çelik yoğun olarak tercih edilmeye başlanmıştır [2]. Bu gelişmelerin ardından ülkeler kendi standartlarını oluştururken Türkiye'de ince cidarlı çelik elemanların bulon bağlantıları için bir teknik standart mevcut değildir.

İnce cidarlı çeliğin kaynaklı birleşimleri malzemenin korozyon direncini düşürmekte, taneler arası korozyon, sigma fazı oluşumu kaynak sonrası sıcak çatlakların oluşması gibi birçok problemi peşinden getirmektedir. [3] Ayrıca işlemin yapılması için vasıflı işçilik ve elektrik gerekmekte bu da uygulamayı zorlaştırmaktadır.

İnce cidarlı çeliklerin bulonlu bağlantıları ise uygulamada yaygın olarak kullanılan bağlantı türlerinden biridir. Bulonlu birleşimlerin tasarım kuralları Amerikan ve Avrupa standartlarında ayrı konu başlıkları altında bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu standartların tasarım kuralları, ince cidarlı çelik bulon bağlantılarının deneysel çalışmaları nispeten sınırlı olduğundan, ilgili bilgiler, normal çelik profil hesaplarının üzerinde ufak değişiklikler yapılarak temellendirilmiştir. Günümüze kadar ince cidarlı çeliklerin bulonlu birleşimleri üzerinde yapılan deneysel çalışmalar sınırlı olduğuna dikkat edilmelidir. Ayrıca, ince cidarlı çeliğin gerilme-şekil değiştirme davranışı, karbon çeliğinkinden temelde farklıdır [4]. Bu nedenle, ince cidarlı çeliğin bulon bağlantılarının yapısal davranışını incelemek önem taşımaktadır.

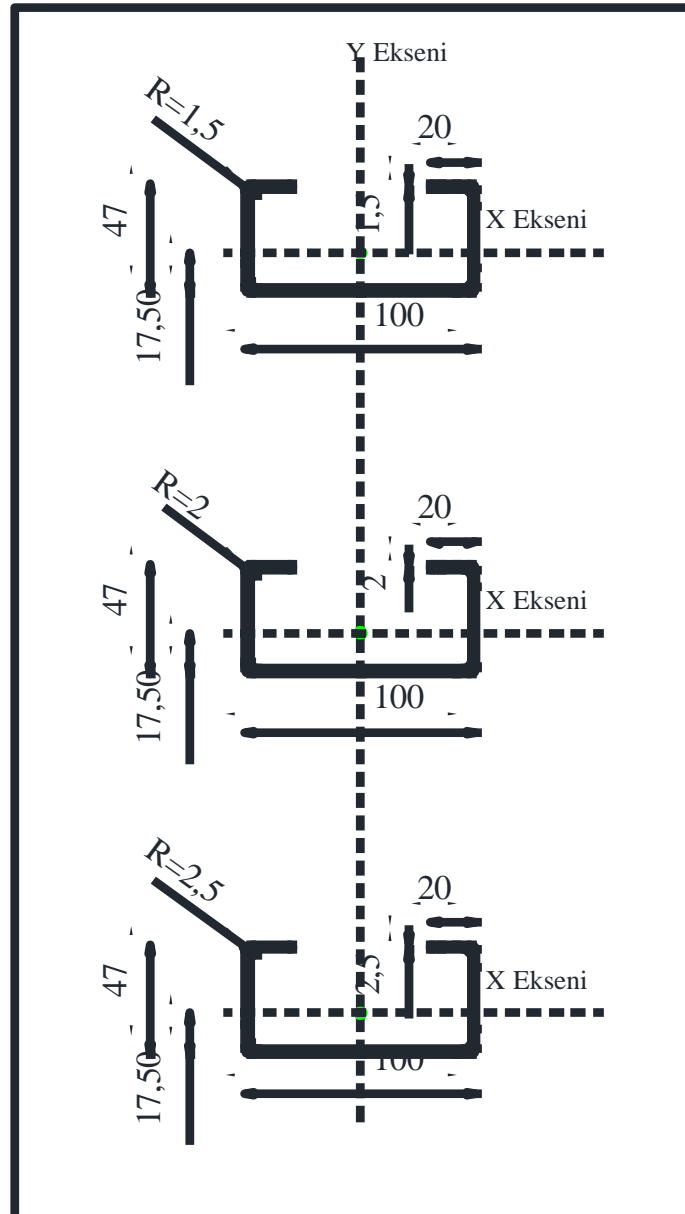
İnce cidarlı çeliklerin birleşim hesapları normal hadde profillerden ince cidarlı olması sebebiyle farklılıklar göstermektedir. AISI [5] ve Eurocode 3 Part 1-3'e [6] göre tasarımları incelenmiş ve uygulamalar yapılarak tasarım adımları gösterilmiştir. 1996'dan önce, Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü (AISI), ince cidarlı çelik yapı elemanları, birleşimleri ve montaj tasarımları için 2 ayrı standart yayımlamıştır. Bunlardan bir tanesi Emniyet Dayanımları Tasarımı metodu (ASD), diğeri ise Yük ve Dayanım Faktörü ile Tasarım metodudur (LRFD). Bu iki standart 1996'da tek bir standart olarak birleştirilmiştir. Özdeş tasarımlar üretmeseler de bu metodların ikisi de ince cidarlı çelik yapı elemanlarının tasarımı için kullanılmıştır. 2001 ve 2007 yıllarında Kuzey Amerika standardı yayınlandığında Kanada'da kullanılması için LSD yöntemi standarda eklenmiştir. ASD ve LRFD yöntemleri sadece Amerika ve Meksika'da kullanılmaktadır. Tasarım kuralları gerilmeler yerine dayanıma göre temellendirildiği için ASD yöntemi "güvenlik dayanımlarına göre tasarım" olarak yeniden tanımlanmıştır. [7]

Son yıllarda, yük ve dayanım faktörü tasarımı (LRFD) Amerika ve diğer ülkelerde çelik yapıların inşasında kullanılmaktadır. Yük ve dayanım faktörü tasarımının faydaları: (1) farklı yükler ve dayanımların belirsizlikleri ve çeşitliliği, çok sayıda katsayıyla hesaplanabilmektedir. (2) olasılık teorisi kullanılarak, tüm tasarımlar tutarlı bir güvenilirlik kazanabilirler. Bundan dolayı, yük ve dayanım katsayılarıyla tasarım metodu, emniyet gerilmesi yönteminden daha güvenilir ve rafine bir tasarım temeli sağlar [7]. Eurocode için birleşimlerin tasarım kuralları ve koşulları için EN 1993-1-3'e bakılmalıdır. Standarttaki formüller 3 mm üzerindeki kalınlıkla için geçerli değildir. Seçilen deney elemanlarının kalınlığı 3 mm altında olduğundan bu standarttan faydalanılmıştır.

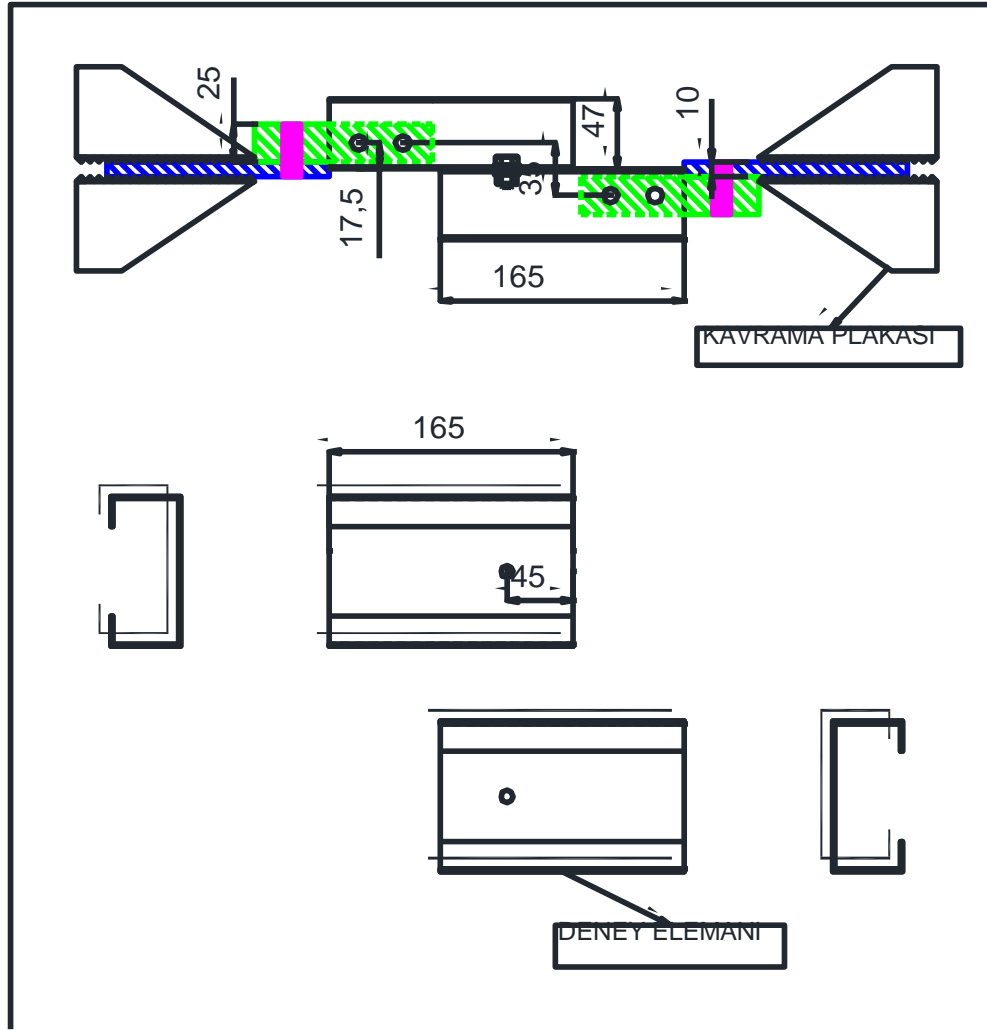
Bu çalışmada, ilk defa günümüze kadar ince cidarlı çeliklerin bulon bağlantıları için gerçekleştirilen çalışmalarda deney düzeneğine eklenmeyen dış merkezlik etkisi deney elemanlarına yansıtılmış, Avrupa ve Amerikan standartlarının öngörülleri ile deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL ve METOD (MATERIAL AND METHOD)

İnce cidarlı çelik elemanların tek bulonla bağlantı hesaplarını incelemek amacıyla deneysel çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada iki adet U profil çelik birbirine bulon ile bağlanıp kütle merkezlerinden yük aktarımı gerçekleştirebilen bir deney düzeneği deneye tabi tutulmuştur. Deney için tasarlanan elemanların boyutları, deneyde kullanılan ek parçalar (dış merkezlik oluşturabilmek için) ve örnek deney kurulumu Şekil 1 ve 2'de gösterilmiştir. U profilin imalatında kullanılan bükülme iç çapı TS EN 10025-2'den, $R=t$ olarak alınmıştır. [8]



Şekil 1. U profil kesiti (mm)



Şekil 2. Örnek deney düzeneği (mm)

Deneye tabi tutulacak elemanlar ilgili standartların; Eurocode [6] ve AISI [5] gereklerine göre tasarlanmıştır. Deney elemanları üç ayrı et kalınlığına ($t=1,5\text{mm}$, 2mm , $2,5\text{mm}$) ve üç ayrı bulon çaplarının ($\text{Ø}=8\text{mm}$, 10mm , 12mm) tüm olasılıklı irdelenmesini sağlayacak 9 farklı şekilde hazırlanmıştır. Deney elemanlarının malzeme, geometri, bulon çapı özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Deneye tabi tutulan deney elemanlarının özellikleri

DENEY ELEMANLARININ MALZEME, BAĞLANTI GEOMETRİSİ, BULON ÇAPI ÖZELLİKLERİ				
Deney Eleman Adı	Sac Et Kalınlığı	Bulon Adedi ve Yerleşim Geometrisi	Bulon Çapı	Malzeme Cinsi
DE - 1	1,5 mm	Tek Bulon Yük Eksenine Dik	M8	St 37
DE - 2	1,5 mm	Tek Bulon Yük Eksenine Dik	M10	St 37
DE - 3	1,5 mm	Tek Bulon Yük Eksenine Dik	M12	St 37
DE - 4	2 mm	Tek Bulon Yük Eksenine Dik	M8	St 37
DE - 5	2 mm	Tek Bulon Yük Eksenine Dik	M10	St 37

DENEY ELEMANLARININ MALZEME, BAĞLANTI GEOMETRİSİ, BULON ÇAPI ÖZELLİKLERİ				
Deney Eleman Adı	Sac Et Kalınlığı	Bulon Adedi ve Yerleşim Geometrisi	Bulon Çapı	Malzeme Cinsi
DE - 6	2 mm	Tek Bulon Yük Eksenine Dik	M12	St 37
DE - 7	2,5 mm	Tek Bulon Yük Eksenine Dik	M8	St 37
DE - 8	2,5 mm	Tek Bulon Yük Eksenine Dik	M10	St 37
DE - 9	2,5 mm	Tek Bulon Yük Eksenine Dik	M12	St 37

Çalışmada ince cidarlı çeliğin bulon bağlantılarına eksantrik yüklemenin etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışma için eksantrik çekme yapabilen deney düzeneğine sırt sırta bağlanmış U profiller üzerinde eksantrik davranışın oluşturulması amaçlanmıştır. U profilin alt tabakası ile bulon bağlantısının arasında kalan mesafe eksantrik uzaklığın yarısı, “ $e/2$ ”yi ifade etmektedir. Diğer U profilin de bağlanması ile toplam eksantrik etkiyi oluşturacak “ e ” mesafesi oluşturulmuştur. U profillerin yan kanatlarından deney aparatlarına bağlanması ve ağırlık merkezlerinden uygulanan çekme kuvvetleri ile eksantrik davranış elde edilmiştir.



Şekil 3. Malzemenin deneye hazırlanması ve deneyin yapılması

Üretilen sacların delikleri laboratuvarında delinmiştir. Bağlantılardan doğru sonuç almak adına 8.8 kalite bulonlar gereken tork-metre değerlerine göre sıkılmıştır [9]. Hazırlıkları tamamlanan elemanlar Tablo 1'e göre adlandırılıp birbirine bağlandıktan sonra Şekil 3'te görülen deney elemanının deney öncesi yerine yerleştirilmesi, okumayı yapan bilgisayar destekli deney düzeneği, deney sonucu elde edilen kopma ve deney sonrası hali görülmektedir.

Deney aşamasında çekme düzeneğinin çalışmasını sağlayacak iki adet deney aparatı alttan ve üstten mesnetlemiştir. Uygulanan yük sonucunda elemanlarda meydana gelen yük-deformasyon verileri deney düzeneğine bağlı bilgisayar yardımıyla yük-deformasyon grafiği gözlenmiş, sayısal olarak da kaydedilmiştir. Deney aşaması bu grafikler ile sürdürülmüş, kayıt edilen veriler deney sonrasında yorumlanmıştır.

Deney elemanlarının ve düzeneğin hazırlanmasının ardından sırasıyla deneye tabi tutulmuştur. Deney elemanları deneyden önce, deney esnasında ve deneyden sonra fotoğraflanmıştır. Elemanlar makineye konduktan sonra önce elle tutturulmuş daha sonra makine yardımı ile hidrolik sıkıştırılmıştır. Bu sayede tutma kafalarında kaymanın önüne geçilmiştir. Uygulanan yük sonucunda elemanlarda meydana gelen yük-deformasyon verileri deney ekipmanına bağlı bilgisayar ile LVDT (doğrusal deplasman ölçer) yardımı ile okunmuştur. LVDT her yükleme öncesi kalibre edilmiştir. Kullanılan makine deformasyon/yük bilgilerini otomatik bilgisayar kontrollü bilgisayar programı ile %1 hassasiyette ASTM E4-16'ya uygun olarak kayıt altına almıştır.

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA (RESULTS and DISCUSSION)

Tablo 1'de mekanik özellikleri verilen deney elemanlarının hepsi için deney gerçekleştirilmiş ve tüm kopmalar için yük/deformasyon bilgileri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 2'te verilmiştir.

Tablo 2. Deney sonuçları

DENEY SONUÇLARI		
Deney Eleman Adı	Kopma Yüğü (KN)	Kopma Modu
DE - 1	9,83	Ezilme
DE - 2	13,41	Ezilme
DE - 3	16,47	Ezilme
DE - 4	22,75	Bulon Kopması
DE - 5	27,00	Ezilme
DE - 6	34,42	Ezilme
DE - 7	19,45	Bulon Kopması
DE - 8	30,38	Ezilme
DE - 9	41,00	Ezilme

U profil sacların standart eşitliklerinde kullanılmak için gereken çekme dayanımı (fu); profillerin üretildiği rulodan rastgele alınan her üç kalınlık için TS EN ISO 6892-1 [10] standardının Tablo B.1'deki şartları yerine getirilerek tayin edilmiştir. Saptanan bu dayanımlar standart eşitliklerinde kullanılmıştır.

Tablo 3. Deneye tabi tutulan sacların çekme sınır gerilme değerleri

U Profil Sacların Çekme Sınır Gerilmeleri	
Sac Et Kalınlıkları	f_u (MPa)
1,5 mm	433
2 mm	400
2,5 mm	427

Deneyi yapılacak ince cidarlı çelik U profil sacların birleşim kopma yükleri her bir tasarım için hesaplanmış ve ilgili standardın öngördüğü kopma modları ile belirlenmiştir. Beş farklı kopma modu için standartlar beş farklı hesaplama yöntemi ortaya koymuştur. Tablo 4'te, kopma modları altında EC olarak gösterilen sütun altında ilgili kopma modunun Eurocode eşitliğinden elde edilen teorik kopma yükü, AISI olarak gösterilen sütun altında ise ilgili kopma modunun AISI eşitliklerinden elde edilen teorik kopma yükü verilmiştir. Kalın olarak gösterilen değer ise ilgili deney elemanının kritik yüklemesini ifade etmektedir. Yani ilgili standart deney elemanının bu değerinde ilgili kopma modunun gerçekleştireceğini öngörmektedir.

Tablo 4. Standartlardan elde edilen minimum kopma yükleri

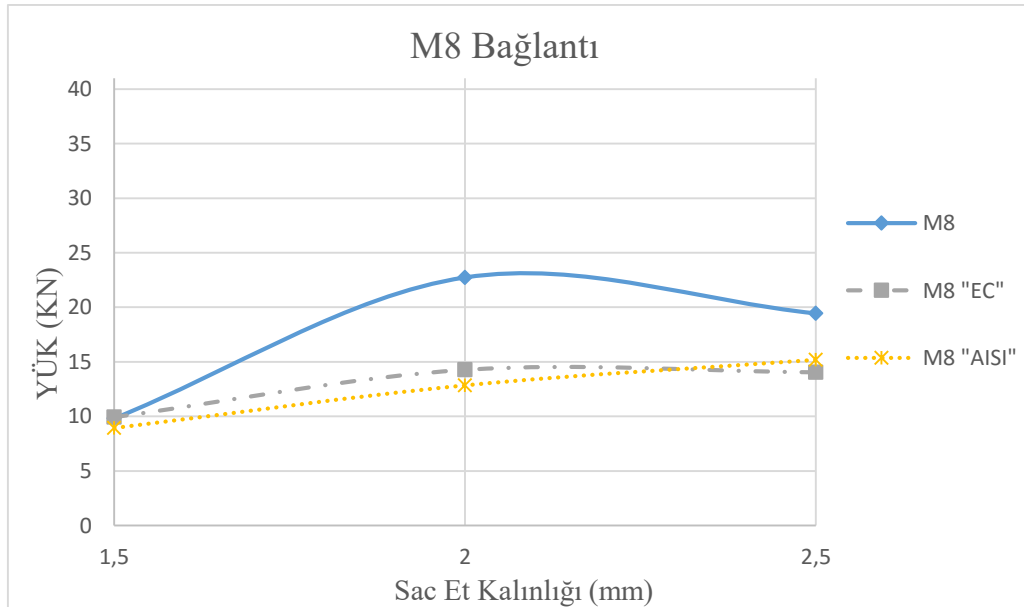
STANDARTLARDA VERİLEN EŞİTLİKLERDEN ELDE EDİLEN DAYANIMLAR										
Deney Eleman Adı	Levhanın Akma Dayanımı (KN)		Levhanın Yırtılma Dayanımı (KN)		Bulonların Ezilme Dayanımı (KN)		Bulonların Kesme Dayanımı (KN)		Net Kesit Dayanımı (KN)	
	EU	AISI	EU	AISI	EU	AISI	EU	AISI	EU	AISI
DE - 1	51,4	46,2	22,4	19,6	9,9	8,9	14,1	15,2	16,7	19,6
DE - 2	51,4	46,2	22,4	19,6	12,4	11,2	22,3	23,7	19,0	19,1
DE - 3	51,4	46,2	22,4	19,6	14,9	13,4	32,4	34,2	21,2	18,7
DE - 4	63,7	57,4	32,1	28,1	14,3	12,9	14,1	15,2	24,0	28,2
DE - 5	63,7	57,4	32,1	28,1	17,8	16,1	22,3	23,7	27,3	27,5
DE - 6	63,7	57,4	32,1	28,1	21,4	19,3	32,4	34,2	30,4	26,8
DE - 7	82,4	74,1	44,3	38,7	19,7	17,7	14,1	15,2	33,1	38,8
DE - 8	82,4	74,1	44,3	38,7	24,6	22,1	22,3	23,7	37,6	37,9
DE - 9	82,4	74,1	44,3	38,7	29,5	26,6	32,4	34,2	41,9	36,9

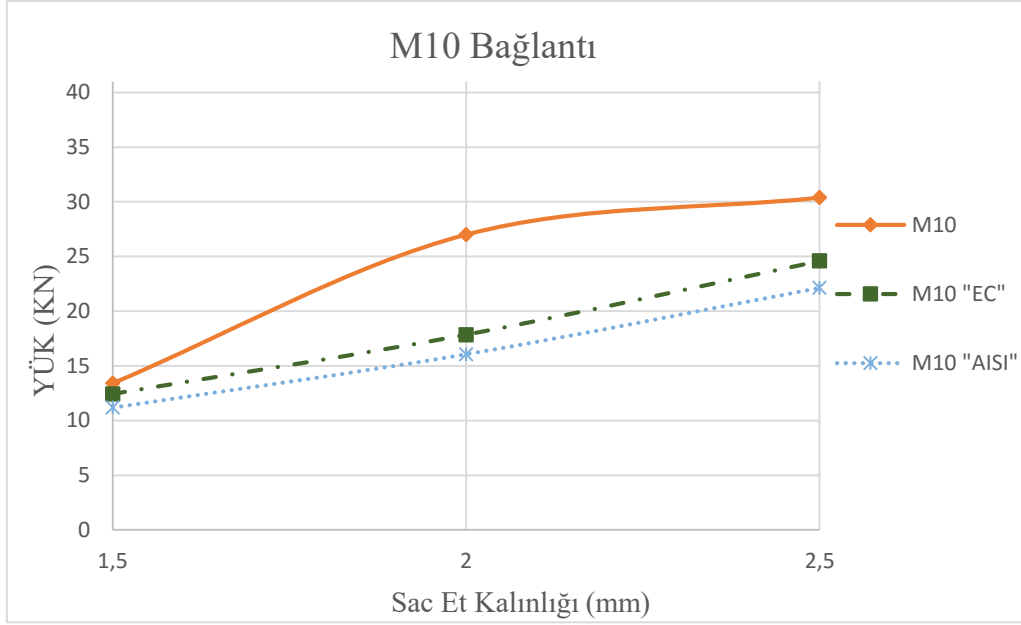
Tablo 5'te ise " P_{exp} " deney elemanının deneysel kopma yükünü, " P_{exp}/P_{EC} " ve " P_{exp}/P_{AISI} " ilgili deney elemanının deneysel kopma yükünün standart eşitliklerinden elde edilen teorik kopma yüküne bölünerek kıyaslanmasını ifade etmektedir. Deney sonuçları ile standart kritik kopma yükü oranları ve standartların kopma modu öngörülleri bu tabloda gösterilmiştir.

Tablo 5. Deney sonuçları ile teorik sonuçların karşılaştırılması

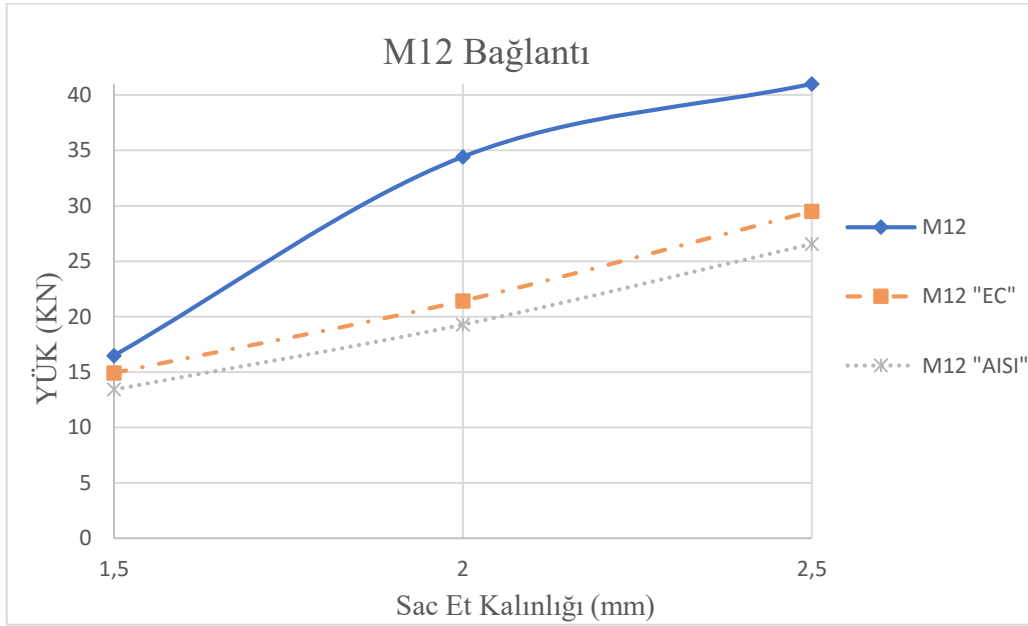
DENEY SONUÇLARI İLE STANDART EŞİTLİKLERİNDEN ELDE EDİLEN DAYANIMLARIN KARŞILAŞTIRILMASI						
Deney Eleman Adı	P_{exp} (KN)	Kopma Modu	P_{exp}/P_{EC}	P_{exp}/P_{AISI}	Öngörülen Kopma Modu	
					EC	AISI
DE - 1	9,83	Ezilme	0,99	1,10	Ezilme	Ezilme
DE - 2	13,41	Ezilme	1,08	1,20	Ezilme	Ezilme
DE - 3	16,47	Ezilme	1,10	1,23	Ezilme	Ezilme
DE - 4	22,75	Bulon Kopması	1,62	1,50	Ezilme	Ezilme
DE - 5	27,00	Ezilme	1,51	1,68	Ezilme	Ezilme
DE - 6	34,42	Ezilme	1,61	1,79	Ezilme	Ezilme
DE - 7	19,45	Bulon Kopması	1,38	1,28	Bulon Kopması	Ezilme
DE - 8	30,38	Ezilme	1,24	1,37	Ezilme	Ezilme
DE - 9	41,00	Ezilme	1,39	1,54	Ezilme	Ezilme
Ort.			1,32	1,41		

Elde edilen deney sonuçları ile standart öngörülerini karşılaştırılarak Şekil 4, 5 ve 6'da gösterilmiştir. Üç ayrı grafikte ilgili bulon çapında $t=1,5$ mm, 2 mm ve 2,5 mm saclardan üretilen deney elemanlarının deneysel kopma yükleri ile Eurocode ve AISI standartlarından elde edilen kopma modu öngörülerini karşılaştırılmıştır. Şekillerde düz çizgi deney elemanlarının deneysel kopma yükünü, kesik çizgili Eurocode standart eşitliklerinin kritik kopma yükü öngörü değerini, noktalı çizgi ise AISI standart eşitliklerinin kritik kopma yükü öngörü değerini ifade etmektedir. Şekiller incelendiğinde $t= 2$ mm saclardan üretilen deney elemanlarının kopma yüklerinin $t=1,5$ mm ve 2,5 mm saclardan üretilen deney elemanlarına göre standart öngörülerinden daha yüksek değerde olduğu görülmüştür. Standart eşitliklerinden elde edilen kopma yükleri aynı sac kalınlığında karşılaştırıldığında ise AISI eşitliklerinin Eurocode eşitliklerinden deneysel kopma yüklerine oranla daha düşük yakınsama göstermiştir.

**Şekil 4. DE 1-4-7 ile standart öngörülerinin karşılaştırılması**



Şekil 5. DE 2-5-8 ile standart öngörülerinin karşılaştırılması



Şekil 6. DE 3-6-9 ile standart öngörülerinin karşılaştırılması

Deney elemanlarının üretildiği ince cidarlı çeliğin et kalınlığı ve bağlantıdan kullanılan bulon çaplarının arttırılması ile kopmayı gerçekleştiren yük miktarı artmıştır. Elde edilen deney sonuçları ile standart öngörülerini şekiller üzerinde karşılaştırıldığında; deney sonuçlarının, deney elemanlarında kullanılan sac et kalınlığının ve bulon çaplarının lineer olarak arttırılmasına rağmen deney sonuçlarında lineer olmayan değişim tespit edilmiştir. Eksantrik etki altında yapılmayan “Yancheng Cai, Ben Young (2014)” [11] çalışmasına göre bu çalışmada daha düşük emniyet katsayıları elde edilmiştir.

5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ ve ÖNERİLER (ANALYSIS OF RESULTS AND RECOMMENDATION)

Elde edilen sonuçlar irdelendiğinde AISI'nin kopma yük değerlerinin öngörülerinde daha güvenli tarafta kaldığı saptanmıştır. Kopma modlarının öngörülmesinde Avrupa standardı Amerikan standardına göre daha isabette sonuç vermiştir. Ortaya çıkarılan eksantrik etki ile "Soğukta İşlem Görmüş Paslanmaz Çeliğin Bulonlu Birleşimlerinin Yapısal Davranışı" "Yancheng Cai, Ben Young (2014)" çalışmasında ortaya çıkan dayanım katsayılarından daha düşük dayanım katsayıları elde edilmiştir. Elde edilen deneysel kopma yükü sonuçları sac kalınlıkları göz önüne alınarak incelendiğinde ise $t=2$ mm'de deney elemanlarının diğer kalınlıklara göre standart öngörülerinden daha yüksekte kaldığı görülmüştür.

Eksantrik etki altında ancak 9 farklı deney elemanı üstünde test edilmiştir. Bu eki altındaki ince cidarlı çelik profillerin bulonlu bağlantıların daha farklı et kalınlıklarında ve daha farklı bulon çaplarında irdelenmelidir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] U.S. Bureau of Labor Statistics, Producer Price Index by Commodity for Lumber and Wood Products: Lumber, https://data.bls.gov/timeseries/wpu08?data_tool=XGtable, (2018).
- [2] G. Annageldiyev, "Soğukta Şekil Verilmiş Çelik Çerçevesel Duvar Panellerine Diyagonallerin Konması Halinde Yatay Yükler Altında Davranışı", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2009).
- [3] Y. Özçatalbaş, G. Kuştutan ve U. Arabacı, AISI 304 Paslanmaz Çeliğin Nokta Direnç Kaynağında Birleştiriminin Mekanik Özelliklerine Soğuma Hızının Etkisi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 6(2), 294-307, (2018).
- [4] M. C. Akar, Sıcak Hadde Çeliği İle Soğukta Şekillendirilen Çeliklerin Özelliklerinin ve Taşıyıcı Farklılıklarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2010).
- [5] AISI, North American Specification for Design of Cold-Formed Steel, Washington DC: American National Standards Institute, (2001), 1-98.
- [6] Eurocode, "EN 1993-1-3, Eurocode 3 - Design Of Steel Structures - Part 1-3: General rules - Supplementary Rules For Cold-Formed Members And Sheeting", European Committee for Standardization, Brussels, (2005), 1-67.
- [7] W. W. Yu ve R. L. LaBoue, "Cold-Formed Steel Design (4rd Edition)", Rolla: Missouri University of Science and Technology, Missouri, (2010), 1-272.
- [8] TSE, "TS EN 10025-2, Sıcak Haddelenmiş Yapı Çelikleri - Bölüm 2: Alaşımız Yapı Çeliklerinin Genel Teknik Teslim Şartları", Ankara, (2006), 25-28.
- [9] Fastenal Company, Torque Calculator, <https://www.fastenal.com/en/83/torque-calculator>, (2018).
- [10] TSE, "TS EN ISO 6892 - 1 Metalik Malzemeler - Çekme Deneyi - Bölüm 1: Ortam Sıcaklığında Deney Metodu", Ankara, (2010), 1-41.
- [11] Y. Cai ve B. Young, "Structural Behaviour of Cold Formed Stainless Steel Bolted Connections", The University of Hong Kong, Hong Kong, (2014).