

Hafif Çelik Yapılarda Vidalı Kiriş-Kolon Birleşimlerinin Davranışının Deneysel Olarak Belirlenmesi

Dilara Özge KOTAN; Gözde Nur KANTAR; Yağmur KAYA;

Dilek BARTIK; Ali Erol ERSEN

Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Bölümü, Erzurum Teknik Üniversitesi

Özet:

Hafif çelik yapı sistemi, ince cidarlı galvanizli çelik sacın, soğuk şekillendirme yöntemi ile bükülerek mukavemet kazanması ile taşıyıcı profil olarak kullanılmasıdır. Soğukta şekillendirilmiş çelik yapılarda kaynaklı, perçinli, vidalı, integral, bulonlu ve raf birleşimleri gibi birleşimler kullanılmaktadır. Vidalı birleşimlerde kendi deliğini açarak dişlilerini yerleştiren akıllı uçlu vidalar kullanılmaktadır. Akıllı vidalı birleşimler ekonomik, hızlı ve kolay kurulumlarından dolayı hafif çelik yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat, vidalı birleşim üzerine yapılan çalışmalar, kesme deneyleri ile sınırlı kalmıştır. Bu çalışmada ise hafif çelik yapılarda vidalı kiriş kolon birleşim davranışı moment-dönme eğrileri kullanılarak incelenmiştir. 3 farklı çift C profil kalınlığı ve 3 farklı bayrak levhası kalınlığı için moment-dönme eğrileri oluşturulmuş ve göçme şekilleri yorumlanmıştır. Ayrıca, kolon-kiriş birleşim rijitliğini artırmak için berkitme levhası kullanılarak berkitme levhasının birleşim davranışına etkisi de incelenmiştir. Kolon-kiriş birleşim davranışı incelendiğinde kirişin profil kalınlığını arttıkça eğri moment eksenine yaklaştığından rijitlik ve dayanım da artmıştır. Rijitlik artmış ayrıca dönme kapasitesinde de artış sağlamıştır. Ayrıca berkitme levhası kullanımı birleşim rijitliğini artırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Vidalı birleşimler; Kiriş-kolon birleşimleri; Moment-dönme eğrileri, Hafif çelik yapılar

Experimental Evaluation of the Behaviour of Screwed Beam-to-Column Connection in Cold-Formed Steel Structures

Abstract:

The light steel are composed thin-walled galvanized steel sheets which is used as a profile formed by cold forming method. Various connection types such as bolted, welded, riveted, screwed, integral are used in the cold-formed steel structures. In screwed joints, self-drilling screws are used to place their teeth by opening their own holes. Self-drilling screwed connections are widely used in light steel structures due to their economic, fast and easy installation. However, studies on screw connections has been limited to shear tests. In this study, the behavior of screwed beam-to-column connection in light steel structures was investigated by using moment-rotation curves. Moment-rotation curves were created for 3 different double C-profile thicknesses and 3 different gussets plate thicknesses and the failure modes were evaluated. In addition, the effect of the stiffeners on the behavior of connections was also investigated to increase the rigidity of beam-to-column connection. When the beam-to-column connection behavior is examined, as the profile thickness of the beam increases, the stiffness and strength increase since the curve approaches the moment axis. The increase in rigidity also increased the rotation capacity. In addition, the use of stiffeners increases connection rigidity.

Key words: Screwed connections; Beam-to-column connections; Moment-rotation curves; Cold-formed steel structures

Semboller	
δ	Yer değiştirme
E	Elastisite Modülü
I	Eylemsizlik Momenti
L_i	i'inci LDVT'nin birleşim noktasına olan uzaklığı
L_{load}	Yük uygulama noktasının kirişin başlangıç noktasına olan uzaklığı
M	Eğilme Momenti
P	Uygulanan yük
$S_{j,ini}$	Başlangıç dönme rijitliği
$S_{j,p-1}$	Dönme rijitliği
θC_d	Dönme kapasitesi
θ	Dönme
D_{Ti}	i.LDVT değeri

1.Giriş

Çelik dayanımının aynı hacimdeki betonarme veya ahşap elemandan yüksek olması, elektrik ve sıhhi tesisat montajının kolay olması ve yangına karşı dayanıklılığı nedeniyle tercih edilmektedir. Dünyada uzun yıllardır kullanılmakta olan ve oldukça başarılı sonuçların elde edildiği hafif çelik yapı sistemleri ülkemizde yakın sayılabilecek bir

geçmişe sahiptir. Özellikle hafif yapı malzemeleri kullanmanın önem taşıdığı deprem bölgelerinde kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Hafif çelik çerçevesi taşıyıcı sistem, soğukta şekil verilmiş çelik profillerden oluşan taşıyıcı duvar, kiriş, döşeme ve çatı panellerinin gerekli ankraj kurallarına göre birleştirilmesinden oluşan sistemdir.

Çelik yapı birleşimlerinde farklı birleşim yöntemleri kullanılır. Bu yöntemler sağlamlık ekonomiklik ve hız bakımından önemlidirler. Hafif çelik yapılarda kullanılan birleşim yöntemleri vidalı, bulonlu, kaynaklı, integral şeklinde sıralanabilir. Birleşim yöntemlerinden en yaygın kullanılan birleşim yöntemi vidalı birleşimlerdir. İki çelik eleman birbirine birleştirileceği zaman önce yerleşecekleri deliği açarlar. Ardından kendi dış dişleri zarar görmeyecek şekilde iç dişleri açarak ilerler ve iki elemanı birbirine sıkıca bağlarlar. Tek parça olarak uygulanan bu vidalar kopolimer kaplı yüzeyleri sayesinde yüksek korozyon dayanımına sahiptirler. Vidalı birleşimlerin kuvvet etkisi ile ayrılması, yırtılması çoğunlukla makaslama kuvvetinden dolayı meydana gelmektedir. Vidalı birleşimlerin kesme deneyleri üzerinde birçok deneysel çalışma gerçekteştirilmiştir. şekil 1'de araştırmacılar tarafından (Casafont ve ark. 2007) makaslama kuvvetine uğrayan birleşim deneylerinin göçme şekilleri verilmiştir. Hafif çelik yapılarda kiriş kolon birleşim deneyleri üzerine araştırmacılar deneysel çalışmalar gerçekteştirmişlerdir. Tahir ve ark. (2011) farklı konfigürasyona sahip 12 adet bulonlu

birleşim deneyi yapmış, kiriş yüksekliği arttıkça birleşimin başlangıç rijitliğinin arttığını göstermiştir. Hafif çelik yapılarda bulonlu kiriş-kolon birleşimin dönme kapasitesini belirlemek için Serror ve ark. (2016) deneysel olarak ve Hassan ve ark.(2017) nümerik olarak çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarda, C profil, yuvarlatılmış profil ve üçgen başlıklı profillerden oluşan farklı kiriş tipleri kullanılmıştır. Mahyar ve ark (2018) bu çalışmaya yakın olan vidalı kiriş-kolon birleşim deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Farklı kalınlığa sahip berkitmesiz C profillerde yapılmış kirişler için yapmış oldukları konsol kiriş kolon birleşim deneyleri sonuçlarına göre; profil kalınlığı arttıkça birleşimin moment kapasitesi ve rijitliği artmaktadır.



Şekil 1. Kesme deneyi sonrası vidalı birleşimde levhanın yırtılması

Kiriş-kolon birleşimi için üç önemli parametre vardır. Bunlar rijitlik, dayanım ve dönmedir. Ayrıca kirişin malzeme boyutları, birleşimde kullanılan elemanlar (berkitme, bayrak levhası) ve bunların fiziksel özellikleri rijitliği, dayanımı ve dönme gibi parametreleri etkilemektedir.

Bu çalışmanın amacı ülkemizde henüz yeni bir teknoloji ürünü olan hafif çelik yapılarda vidalı kiriş-kolon birleşimlerinin davranışının deneysel olarak belirlenmesidir. Kiriş-kolon birleşimlerinin 3 farklı C profil kalınlığı ve bayrak levhası kalınlığı için deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları ile gerekli formülasyonlar kullanılarak

elde edilen moment-dönme eğrileri çizdirilmiştir. Kiriş kolon birleşimleri için kullanılacak en optimum C profil ve bayrak levhası kalınlığının belirlenmesi amaçlanmıştır

2. Materyal ve Yöntem

Soğuk şekillendirilmiş hafif profiller kullanılarak üretilen kirişler üzerinde yapılan yükleme deneylerinin gerçekleştirilebilmesi için Erzurum Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarında mevcut 20 ton kapasiteli pompa kullanılarak yükleme sistemi oluşturulmuştur. Şekil 2’de görülen deney düzeneği çelik plaka ile zemine ankrajlanmıştır. İki kolonun çelik plakaya bulonlarla ankraj edilmiş olan kolonlar rijitleştirilmiştir. Deneyde kullanılacak kiriş numuneler sırayla bulonlar yardımı ile kolona bağlanarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kirişin burkulmasını engellemek için burkulma önleyici yanal tutucular kullanılmıştır. Deney sırasında deformasyon cihazlarının (LVDT) sabitlenmesi ve ölçümlerdeki hassasiyetin korunması için deformasyon cihazları deney düzeneğine çerçeve sistem kullanılarak bağlandı (Şekil 2).



Şekil 2. Deney düzeneği

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

$$(1) \delta_{b.el}(DTi) = -\left(\frac{P}{EI}\right)\left(\left(\frac{X^3DTi}{2}\right) - \frac{LloadX^2DTi}{6}\right)$$

$$(2) \theta = \tanh^{-1}\left(\frac{\delta_{DT1}-\delta_{DT4}-\delta_{b.el}(DTi)}{L_i}\right)$$

Burada

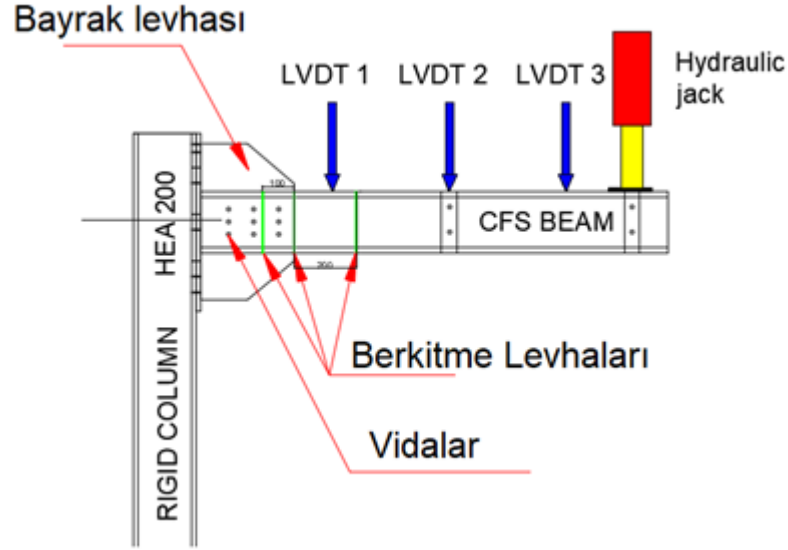
E= Kirişin elastisite modülü, I = Kirişin atalet momenti, Θ = Kirişin dönme değeri ve

δ = Kirişin deplasmanı

Bu deneysel araştırmada amaç vidalı birleşimlerin moment-dönme davranışını incelemektir. Bu sebeple kirişin mesnetleri ankastre olacak ve mesnetlerdeki moment aşağıdaki verilen formül ile hesaplanmıştır.

$$(3) M = P \times L$$

Burada; P= Eksenel yük ve L= Kiriş açıklığıdır.



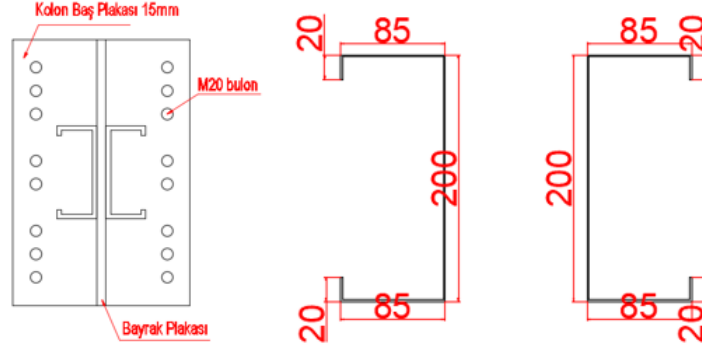
Şekil 3. Deneyde kullanılan profillerin ve ölçüm aletlerinin şematik gösterimi

3. Araştırma bulguları

Bu çalışma kapsamında vidalı birleşimler kullanılmış birleşimlerde C profil kalınlıkları, bayrak levha kalınlıkları ve berkitme levhalarının birleşimin davranışına olan etkileri incelenmiştir. Deney sırasında bilgisayar destekli veri okuma sistemi kullanılarak, yükler ve yer değiştirmeler belirlenmiş ve kayıt altına alınmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak birleşimlerin moment-dönme eğrileri çizilmiştir. Bu eğrilerden yararlanılarak birleşimlerin moment dayanımları, dönme kapasiteleri ve rijitlik oranları yorumlanmıştır.

3.1. Birleşim tipi

Soğuk haddelenmiş bir HEA200 kolonu bulonlarla zemine sabitlenmiştir. Kolon kirişe montaj kolaylığı için 15 mm kalınlığında bir alın levhası ile bağlanmıştır. Alın levhasını M20 bulonu ile bağlamak için 16 adet bulon deliği bulunmaktadır. Kirişte sırsırta çift C profil kullanılmıştır. Kiriş kolon birleşimi 9 adet vida ve bayrak levhası ile birleştirilmiştir. Profilin boyutları ve yerleştirilme biçimi Şekil 4'de verilmiştir C profil yapma kiriş aralarına belli aralıklarla ara levha konularak ikişer vida ile rijitleştirilmiştir.

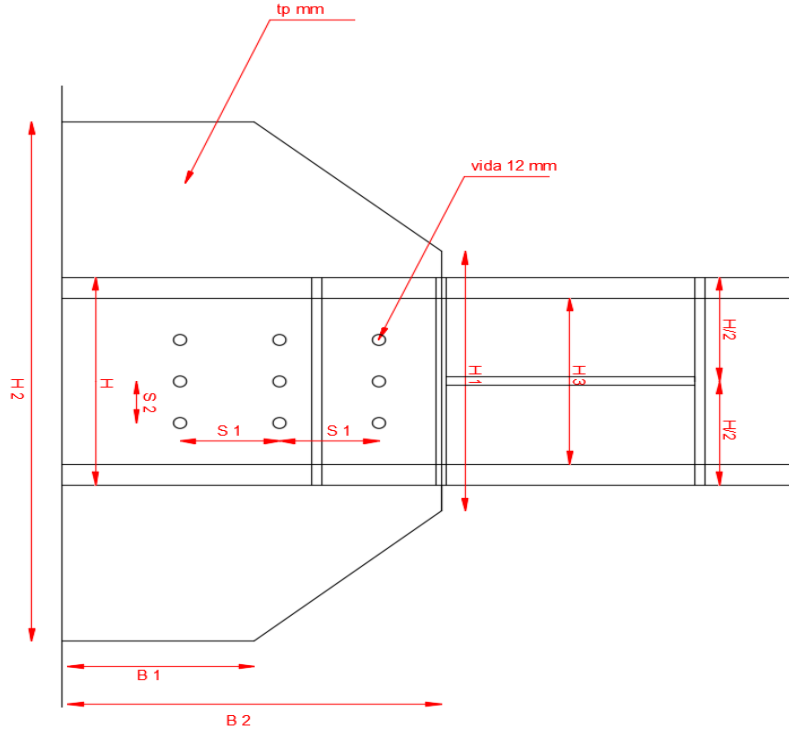


Şekil 4. Birleşim detayları

Şekil 5’de görülen kiriş ve bayrak levhasının birleşimini sağlayan vidalar arası uzaklıklar, bayrak levhasının boyutları ve kiriş boyutları Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1. Çelik kiriş ve levha eleman ölçüleri

Deney No	Beyrak Levhası (mm)					Kiriş (mm)					
	B1	B2	H1	H2	t _p	S1	S2	H	b	t	H3
T1-C1-P1-S	150	300	250	500	1	80	40	200	85	1	198
T2-C1,5-P1-S	150	300	250	500	1	80	40	200	85	1,5	197
T3-C2-P1-S	150	300	250	500	1	80	40	200	85	2	196
T5-C1,5-P1	150	300	250	500	1	80	40	200	85	1,5	197
T6-C2-P1	150	300	250	500	1	80	40	200	85	2	196
T7-C1-P1,5-S	150	300	250	500	1,5	80	40	200	85	1	198
T8-C1,5-P1,5-S	150	300	250	500	1,5	80	40	200	85	1,5	197
T9-C2-P1,5-S	150	300	250	500	1,5	80	40	200	85	2	196
T11-C1,5-P1,5	150	300	250	500	1,5	80	40	200	85	1,5	197
T12-C2-P1,5	150	300	250	500	1,5	80	40	200	85	2	196
T13-C1-P2-S	150	300	250	500	2	80	40	200	85	1	198
T14-C1,5-P2-S	150	300	250	500	2	80	40	200	85	1,5	197
T15-5C2-P2-S	150	300	250	500	2	80	40	200	85	2	196

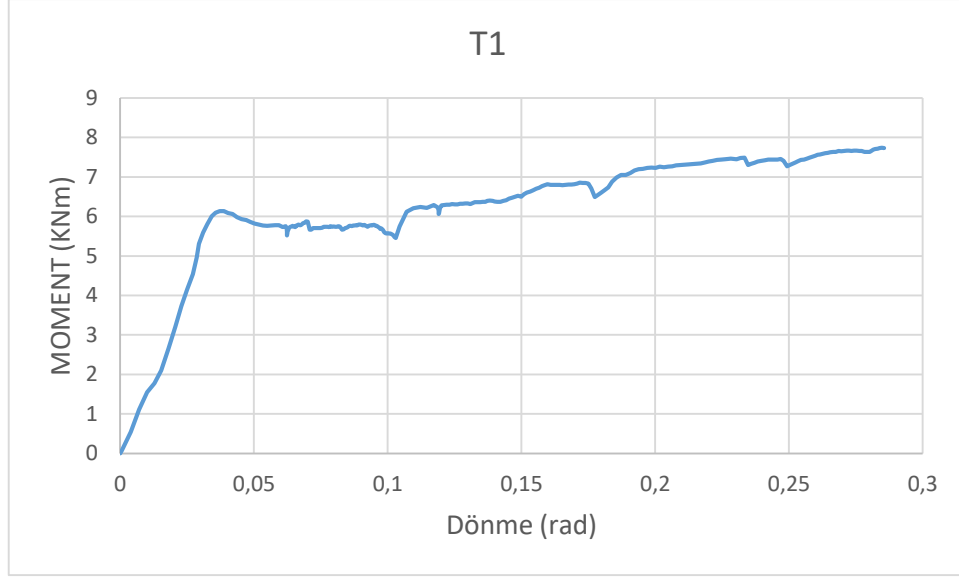


Şekil 5. Birleşimin yandan görünüşü ve detayları

3.2. Test sonuçları

3.2.1. T1-C1-P1-S Deneyi

Şekil 6'da görülen moment-dönme grafiğine bakıldığında moment ve dönmenin bir noktaya kadar lineere yakın bir şekilde artması ardından dönmede artışın devam ettiği ancak momentteki artışın gittikçe azaldığı görülmektedir. Dönme değeri maksimum değerine 0,25-0,3 rad değer aralığında, moment değeri 7-8 kNm aralığında ulaştığı görülmektedir. Şekil 7'de ise bu birleşime ait göçme şekilleri görülmektedir. Kirişte sadece alt başlıkta küçük bir deformasyon gözlenirken; bayrak levhasında buruşma ve vidalarda kırılma görülmüştür.



Şekil 6. T1-C1-P1-S Moment-dönme eğrisi



Şekil 7.T1-C1-P1-S Numunesine ait göçme şekilleri

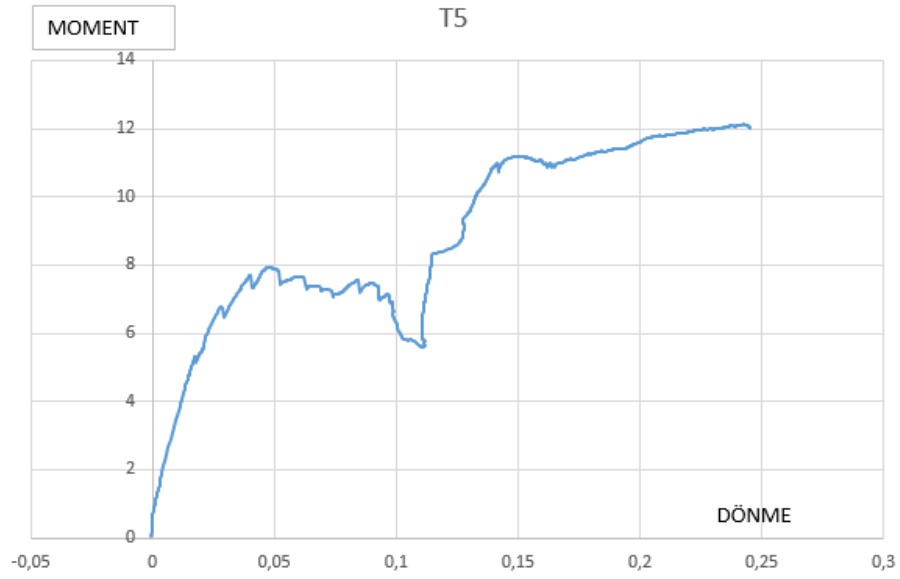
3.2.2. T5-C1,5-P1 Deneyi

Şekil 8' da göçme şekilleri görülen T5-C1,5-P1 numunesinin moment-dönme grafiğinde moment değerleri arttıkça dönme değerlerinde de artış görülmüştür. Moment-dönme eğrisinde, dönme 0,1 ve 0,15 değerleri arasındayken sıçrama oluşmuştur. Bunun sebebi pompada oluşan düşmedir. Ayrıca yine bu kısımda kirişte vidaların dayanımı fazla olduğundan pompa yüklemeye zorlanmıştır. Vidalarda kopma olmamıştır. Kirişin ve

birleşimin eğilme rijitliği de artmıştır. Şekil 9’de bu numuneye ait moment-dönme grafiği verilmiştir.



Şekil 8. T5-C1,5-P1 Numunesine göçme şekilleri



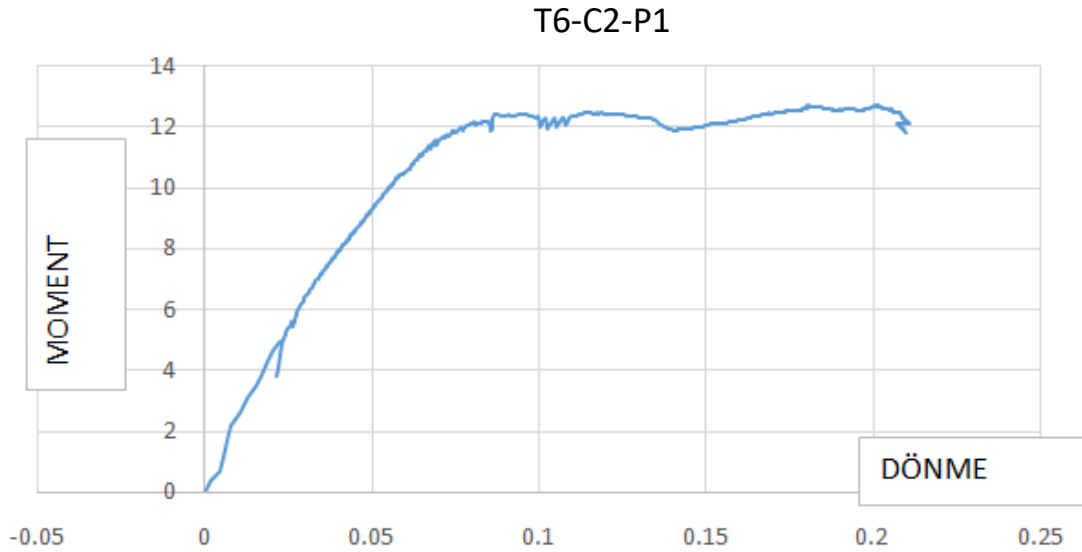
Şekil 9. T5-C1,5-P1 Moment-dönme eğrisi

3.2.3. T6-C2-P1 Deneyi

Şekil 10’ de göçme şekilleri verilen T6-C2-P1 numunesinin moment-dönme grafiğinde de moment değerleri arttıkça dönme değerlerinde de artış görülmüştür. Moment-dönme eğrisinde, dönme 0 ve 0,1 değerleri arasındayken düşüş oluşmuştur. Bunun sebebi de deney sırasında pompada oluşan düşmedir. Kirişin ve birleşimin eğilme rijitliği artmıştır. Şekil 11’da bu numuneye ait moment-dönme grafiği verilmiştir. Kirişte alt ve üst başlıkta küçük bir deformasyon gözlenirken; bayrak levhasının her iki tarafı buruşma ve vidalarda kırılma olmamıştır.



Şekil 10. T6-C2-P1 Numunesine göçme şekilleri



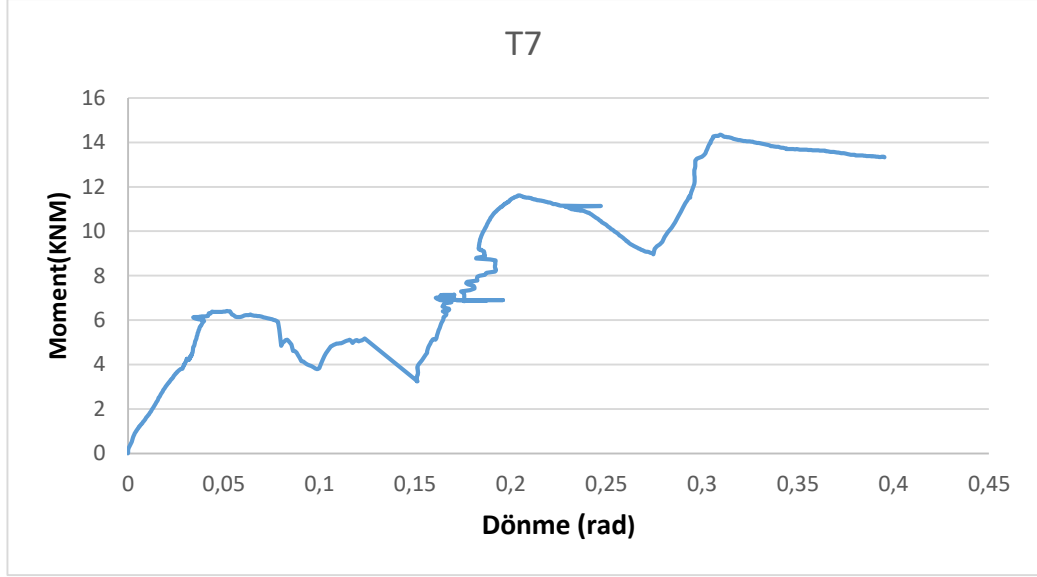
Şekil 11. T6-C2-P1 Moment-dönme eğrisi

3.2.4. T7-C1-P1,5-S Deneyi

Şekil 12’de göçme şekilleri verilen T7 deneyinin dönme ve moment grafiğine bakıldığında grafikte belli bir süre lineer bir artış görülmektedir. Lineer artışın bozulduğu yerden sonrasında ise dönmenin artmaya devam ettiği, momentte azalıp artmaların olduğu gözlemlenmektedir. Momentteki bu dalgalanmaların sebebi T7’de burulmanın olmasıdır. Burulmadan dolayı pompada okunan değerlerde de dalgalanmalar görülmüştür. Burulmanın sebebi burulma önleyicilerin bu deneyde düzgün yerleştirilmemiş olmasıdır. Dönme maksimum değerine 0,4-0,45 rad değer aralığında, moment ise maksimum değerine 14-15 KNm değer aralığında ulaşmaktadır. Şekil 13’de moment-dönme eğrisi verilmektedir. Bayrak levhası birleşiminin bitiş noktasında kırışte buruşma gözlenmiştir.



Şekil 12. T7-C1-P1,5-S Numunesine göçme şekilleri



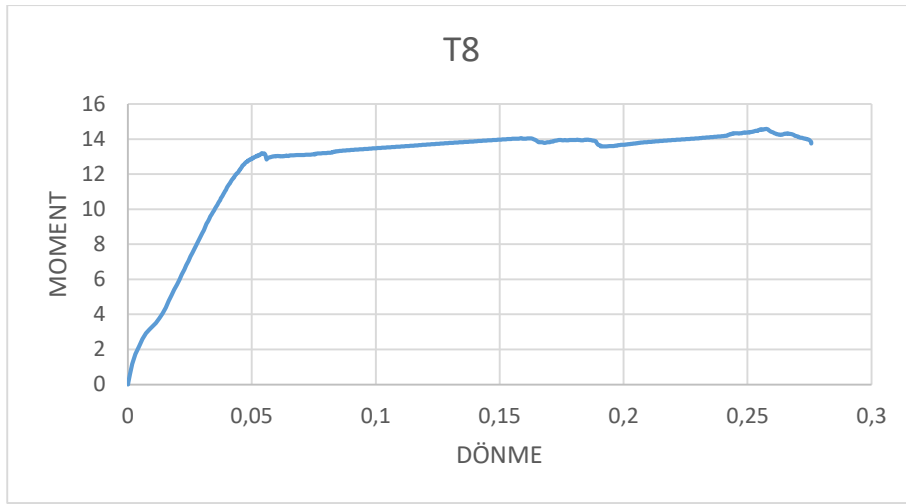
Şekil 13. T7-C1-P1,5-S Moment-dönme eğrisi

3.2.5. T8-C1,5-P1,5-S Deneyi

Şekil 14'te göçme şekilleri verilen T8-C1,5-P1,5-S numunesinin moment dönme grafiğinde kirişe uygulanan yük arttırıldığında moment değeri artmıştır. Moment değerine bağlı olarak da dönme değerinde artma olmuştur. Moment değerleri belli aralıklarda bir süre sabit kaldıktan sonra momentlerde ani artışlar gözlemlenmiştir. Bu artışların nedeni vidanın kırılmış olmasıdır. Moment maksimum değerlerine 14-15 kNm, dönme maksimum değerlerine 0,25-0,3 rad aralığın da ulaşmıştır. Şekil 15'de T8 numunesinin moment-dönme eğrisi verilmektedir. Kirişte sadece alt başlıkta küçük bir deformasyon gözlenirken; bayrak levhasında buruşma ve vidalarda kırılma görülmüştür



Şekil 14. T8-C1,5-P1,5-S Numunesinin göçme şekilleri



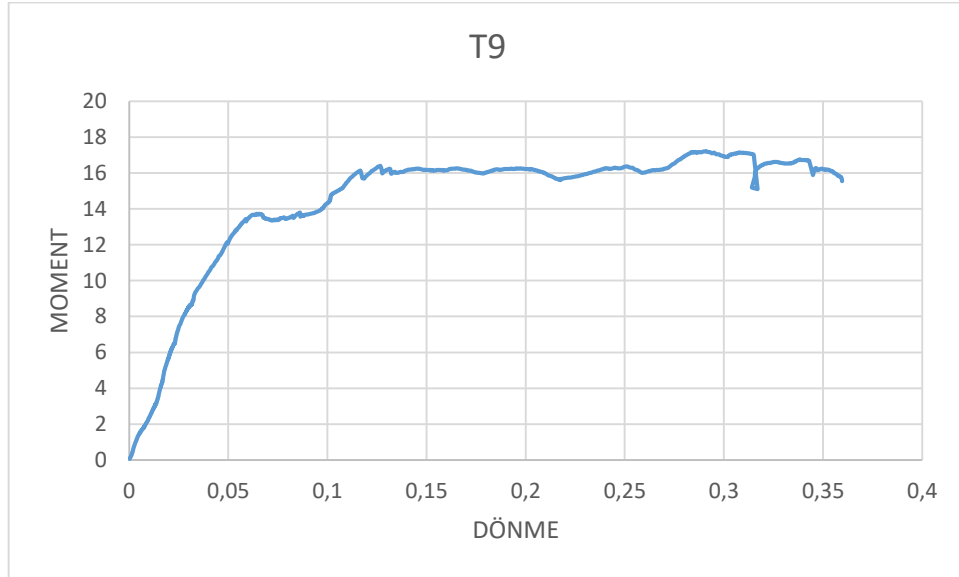
Şekil 15. T8-C1,5-P1,5-S Moment-dönme eğrisi

3.2.6. T9-C2-P1,5-S Deneyi

Şekil 16'da göçme şekilleri verilen T9-C2-P1,5-S numunesinin moment dönme grafiğinde kirişe uygulanan yük arttıkça moment değeri artmıştır. Moment değerine bağlı olarak da dönme değerinde artma olmuştur. Dönme değerinin 0,08-0,12 rad aralığının da momentte ani artış gözlenmiştir. Bu artışların nedeni vida kırılmasıdır. Şekil 17'de T9 numunesinin moment-dönme eğrisi verilmektedir. Kirişte sadece vidalarda kırılma görülmüştür.



Şekil 16. T9-C2-P1,5-S Numunesinin göçme şekilleri



Şekil 17. T9-C2-P1,5-S Moment-dönme eğrisi

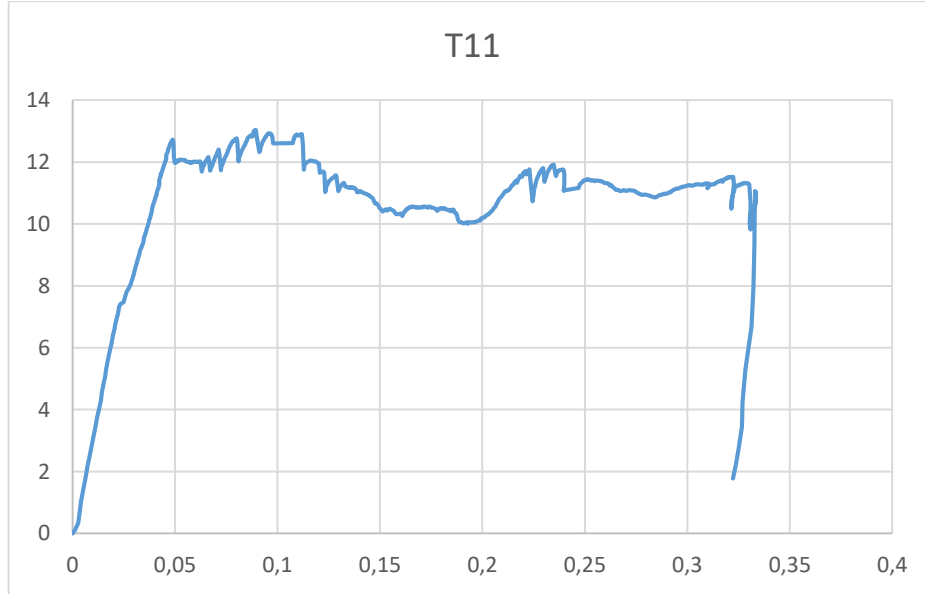
3.2.7. T11-C1,5-P1,5 Deneyi

Şekil 18'de göçme şekilleri verilen T11-C1,5-P1,5 numunesinin moment dönme grafiğinde kirişe uygulanan yük arttırıldığında moment değeri artmıştır. Moment değerine bağlı olarak da dönme değerinde artma olmuştur. Eğride 0,06 ve 0,08

aralığında gerçekleşen hızlı iniş çıkışlar deney sırasında kirişin yanal tutuculara takılmasından kaynaklanmıştır. Numune maksimum moment değerlerine 12-13 kNm de, dönme ise maksimum değerlerine 0,3-0,35 rad aralığında ulaşmıştır. Şekil 19'da T11 numunesinin moment-dönme eğrisi verilmektedir. Bayrak levhasında küçük bir buruşma ve vidalarda kırılma görülmüştür



Şekil 18. T11-C1,5-P1,5 Numunesinin göçme şekilleri



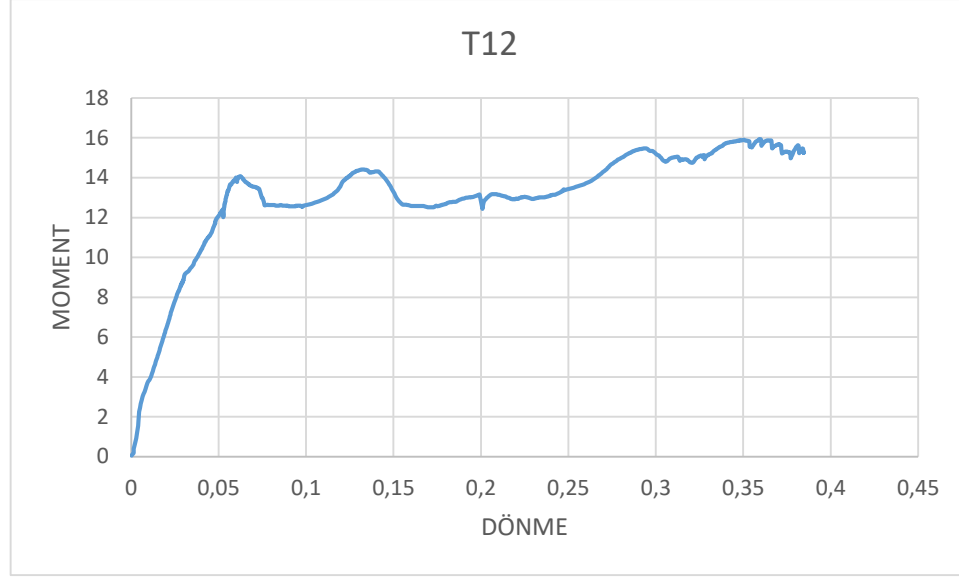
Şekil 19. T11-C1,5-P1,5 Moment-dönme eğrisi

3.2.8. T12-C2-P1,5 Deneyi

Şekil 20’de göçme şekilleri verilen T12-C2-P1,5 numunesinin moment dönme grafiğinde kirişe uygulanan yük arttırıldığında moment değeri artmıştır. Moment değerine bağlı olarak da dönme değerinde artma olmuştur. Eğride gerçekleşen hızlı iniş çıkışlar deney sırasında kirişin yanal tutuculara takılmasından kaynaklanmıştır. Şekil 21’de T12 numunesinin moment-dönme eğrisi verilmektedir. Kirişte sadece alt başlıkta bir deformasyon gözlenirken; bayrak levhasında buruşma ve vidalarda kırılma görülmüştür



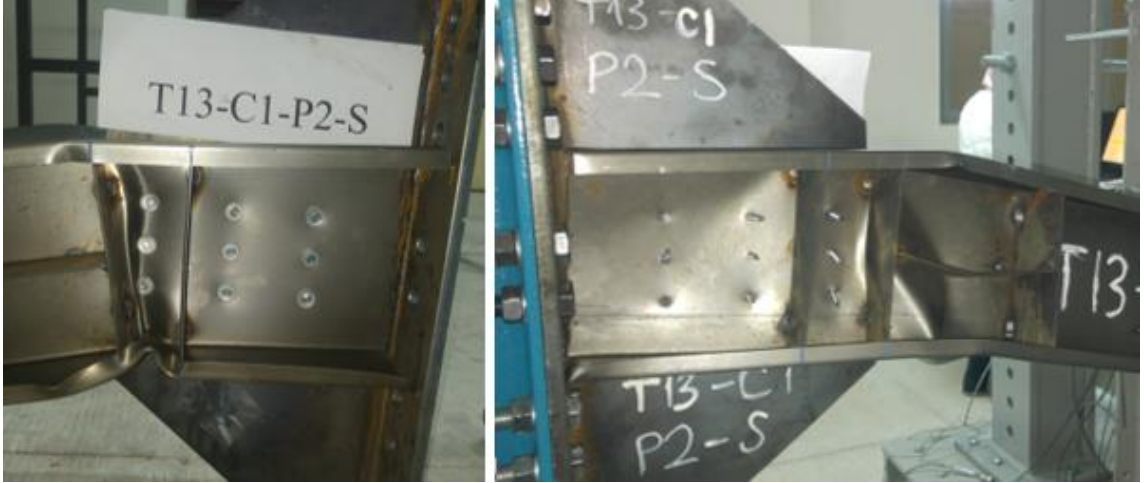
Şekil 20. T12-C2-P1,5 Numunesinin göçme şekilleri



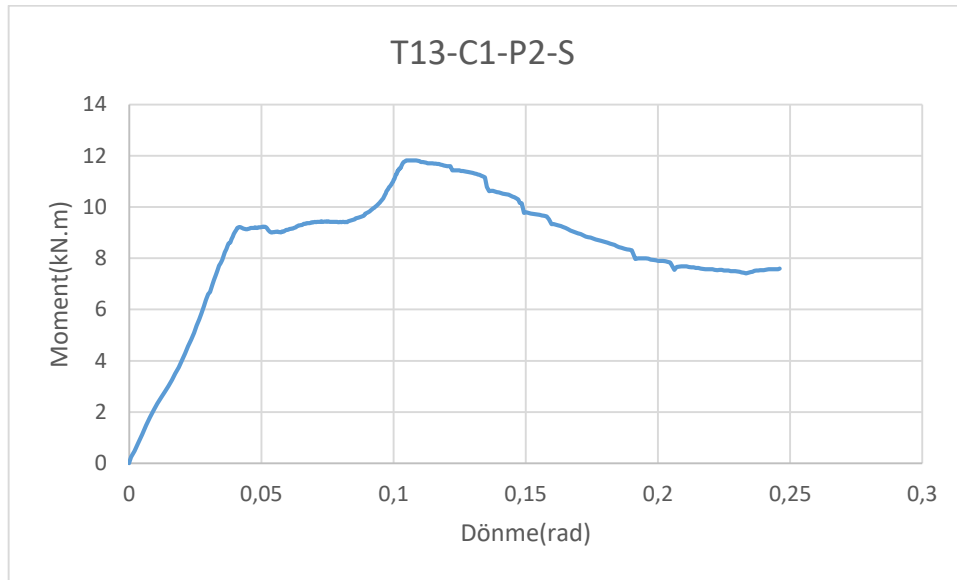
Şekil 21. T12-C2-P1,5 Moment-dönme eğrisi

3.2.9. T13-C1-P2-S Deneyi

Şekil 22’de göçme şekli verilen T13 deneyinde 2 mm kalınlığında bayrak levhası, 1mm kalınlığında çift C profil ve berkitme kullanılmıştır. 1 mm kalınlıktaki çift C profilin kolon-kiriş birleşimindeki rijitliği, dayanımı ve dönme davranışı incelemiştir. Çalışmamızın kolon-kiriş davranışını temsil eden moment-dönme eğrisi Şekil 23’de gösterilmiştir. Eğri incelendiğinde birleşimin momentin dönme ile belirli bir süre linner artışı gösterdiği ancak momenti 8,94 kNm ulaştıktan sonra vida kırılmaya başladığından rijitliğini kaybettiği ve akmaya başladığı gözlemlendi. T13 deneyinde maksimum momentine 11,8 kNm de ulaştıktan sonra pompa daha az yük basacağından dolayı eğri düşmüştür. Eğrinin düştüğü kısımlarda plastik mafsallaşma başlar. Daha sonra profil levha ince olduğundan bayrak levhası deforme olmuş sonrasında vidaların yeterli dayanımı gösteremeden kirişin buruşarak göçme olmuştur. Bayrak levhası birleşiminin bitiş noktasında kirişte buruşma gözlenmiştir.



Şekil 22. T13-C1-P2-S Numunesine göçme şekilleri



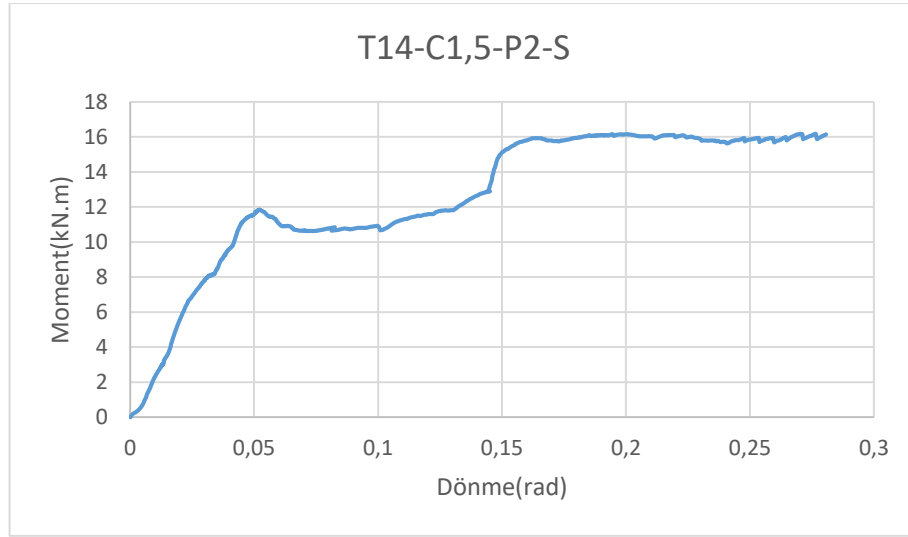
Şekil 23. T13-C1-P2-S Moment-Dönme Eğrisi

3.2.10. T14-C1,5-P2-S Deneyi

Şekil 24'te göçme şekilleri verilen T14 deneyinde 2 mm kalınlığında bayrak levhası, 1,5 mm kalınlığında çift C profil ve berkitme kullanılmıştır. T14 deneyinde maksimum momentine 15,55kN.m de ulaşmıştır. Eğrinin düştüğü kısımlarda numune akmaya başladığı Şekil 25'de verilmiştir. Kirişin akmaya başladıktan sonra da birleşimin plastik davranış gösteren kısmında enerji yutabilme kapasitesinin arttığı gözlemlendi. Kirişin ve bayrak levhasının deforme olmadığı göçme vida kırılmasından olduğu gözlenmiştir.



Şekil 24. T14-C1,5-P2-S Numunesine göçme şekilleri



Şekil 25. T14-C1,5-P2-S Moment-dönme eğrisi

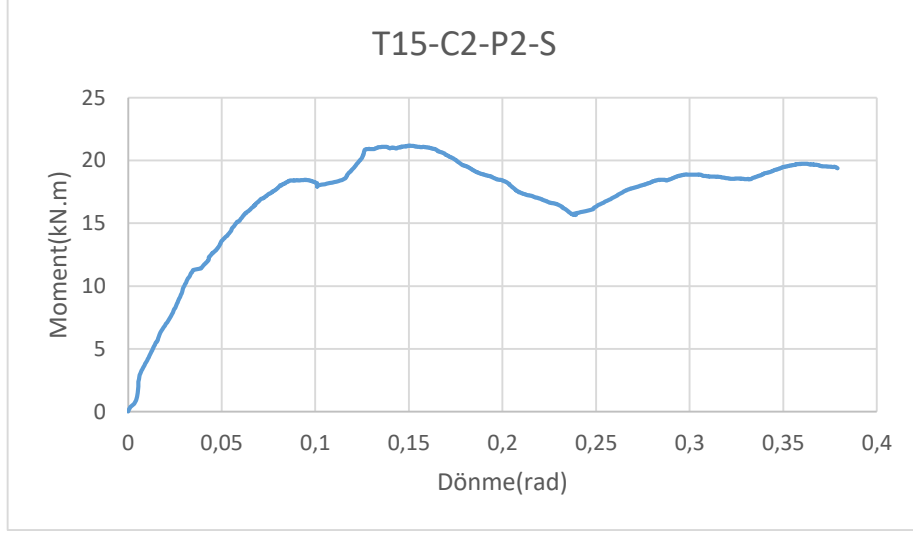
3.2.11. T15-C2-P2-S Deneyi

Şekil 26' de göçme şekilleri verilen T15 deneyinde 2 mm kalınlığında bayrak levhası, 2 mm kalınlığında çift C profil ve berkitme kullanılmıştır. Çalışmamızın kolon-kiriş davranışını temsil eden moment-dönme eğrisi Şekil 27'da gösterilmiştir. T15 deneyin maksimum momenti 21,3 kNm'ye ulaşmıştır. Maksimum momente gelmeden önce akma yaşanmış olup moment artıkcı dönme kapasitesinin de artığını gözlemlendi.

Birleşimin plastik davranış gösteren kısmında enerji yutabilme kapasitesinde artış gözlemlenmiştir. Kirişte sadece alt başlıkta küçük bir deformasyon gözlenirken; bayrak levhasında buruşma ve vidalarda kırılma görülmüştür.



Şekil 26. T15-C2-P2-S Numunesine göçme şekilleri



Şekil 27. T15-C2-P2-S Moment-dönme eğrisi

Sonuçlar

Bu çalışmada ise hafif çelik yapılarda vidalı kiriş kolon birleşim davranışı moment-dönme eğrileri kullanılarak incelenmiştir. 3 farklı çift C profil kalınlığı ve 3 farklı bayrak levhası kalınlığı için moment-dönme eğrilerinden elde edilen rijitlik, dayanım ve dönme kapasiteleri değerlendirilmiş ve birleşimlerin deney sonundaki göçme şekilleri yorumlanmıştır. Genel olarak, kirişin profil kalınlığı ve bayrak levhası kalınlığı arttıkça moment kapasitesi ve dönme kapasitesi artmıştır. Bıyrak levhası kalınlığını artışı rijitliği artırmıştır. Ancak deneylerde profil kalınlığı arttıkça rijitliği fazla artarken, bıyrak levhasının kalınlığının artması rijitliği daha az artırdığı gözlemlenmiştir. Bundan dolayı kirişin rijitliğini artırmak için profil kalınlığını değiştirmek daha ekonomik bir çözümdür. Ayrıca, bazı deneylerde kolon-kiriş birleşim rijitliğini artırmak ve kiriş yüzeyinde olan buruşmayı geciktirmek veya önlemek için berkitme levhası kullanılmıştır. Berkitme levhası kullanılmasının dayanım, rijitlik ve dönme parametrelerini fazla etkilemediği ancak kiriş rijitliğini sağladığı ve göçmeyi ötelediği gözlenmiştir.

Teşekkür

Erzurum Teknik Üniversitesinde gerçekleştirilen bu çalışma için değerli fikirlerinden yararlanmış olduğumuz hocamız Dr. Merve SAĞIROĞLU'na ve İnş. Yük. Müh. Casim Yazıcı'ya, deney modelinin kurulmasında desteklerini sunan Mühendislik ve Mimarlık Fakültesine sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Casafont, M., Arnedo, A., Roure, F., Rodriguez-Ferran, A. (2007). Experimental testing of joints for seismic design of lightweight structures: Part3: Gussetes, corner joints, x-braced frames. *Thin-Walled*, 45, 637-659.
- Coelho, Ana. M., Girao, Bijlaard., Frans, S.K., Gresnigt, Nol., Silva, Lui's. Simo~es .da. (2004), Experimental assessment of the behaviour of bolted T-stub connections made up of welded Plates, *Journal of Constructional Steel Research*, 60, 269–311.
- Hassan, E.M., Serror, M.H., Mourad, S.A. (2017). Numerical prediction of available rotation capacity of cold-formed steel beams, *J. Constructional Steel Research*, 128, 84-98.
- Maali, M., Sagioglu, M., Solak, M. S. (2018). Experimental Behaviour of Screwed Beam-to-Column Connections in Cold-Formed Steel Frames, *Arabian Journal of Geoscience*, 11(205), 1-6.
- Serror MH, Hassan EM, Mourad SA (2016) Experimental study on the rotation capacity of cold-formed steel beams. *J. Constructional Steel Research* 216:216-228.
- Tahir, M.M., Hamid, H.A., Tan, C.S., Mahendran, M. (2011). Structural behavior of screwed beam-to-column moment connections with cold-formed steel members. *Proceedings of the 6th International Symposium on Steel Structures*, Seoul, Korea.