

Araştırma Makalesi - Research Article

Kutu Kesitli Birleşimlerde Ek Levhası Şeklinin Moment Taşıma Kapasitesine Etkisi

Effect of Joint Plate Shape on Moment Carrying Capacity in Box Section Joints

Mustafa Sivri^{1*}

Geliş / Received: 10/03/2022

Revize / Revised: 25/05/2022

Kabul / Accepted: 08/09/2022

ÖZ

Sanayileşmenin gelişmesiyle ülkemizde çelik yapılar özellikle sanayi yapıları, hafif konut yapıları, pazar yeri, otopark alanı vb. alanlarda yaygın kullanılmaya başlamıştır. Hafif ve kolay bulunabilen kutu kesitlerin kullanımında özellikle birleşim bölgelerinde istenmeyen lokal burkulma problemleri oluşmaktadır. Birleştirilen kutu kesitlerin özellikle boyutlarının farklı olması durumunda dar kesit geniş kesitli yüzeyde lokal burkulmaya neden olmaktadır. Çalışmada literatürde deneysel analizi yapılan kutu kesitli kolon-kiriş birleşiminin sonuçları ABAQUS programı kullanılarak doğrulanmıştır. Doğrulanmış sayısal modeller kullanılarak; birleşim bölgesi levhali, yan sargılı levhali ve rijitleştirme levhali detaylar kullanılarak model sayısı artırılmıştır. ABAQUS programı kullanılarak farklı birleşim detayına sahip modeller eğilme momenti altında analiz edilmiş ve sistem davranışı belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan analizlerde en etkili sonucun rijitleştirme levhali durum olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler- *Kutu Kesitli Birleşim; Başlık Levhası, Rijitleştirme Levhası; Lokal Burkulma*

ABSTRACT

With the development of industrialization, steel structures in our country, especially industrial structures, light housing structures, bazaar, car parks etc. have been widely used in the fields. In the use of lightweight and easily available box sections, undesirable local buckling problems occur especially in the joint areas. Especially when the dimensions of the joined box sections are different, the narrow section causes local buckling on the large section surface. In the study, the results of the box-section column-beam joint, which were experimentally analyzed in the literature, were verified using the ABAQUS program. Using verified numerical models; the number of models has been increased by using details with joint zone plate, side wrap plate and stiffening plate. By using the ABAQUS program, models with different joint details were analyzed under bending moment and the system behavior was tried to be determined. In the analyses made, it was seen that the most effective result was the case with the stiffening plate.

Keywords- *Box-Section Joint; Stiffening Plate; Rigidity Plate; Local Buckling*

^{1*}Sorumlu yazar iletişim: mustafasivri@isparta.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0002-2756-5357>)

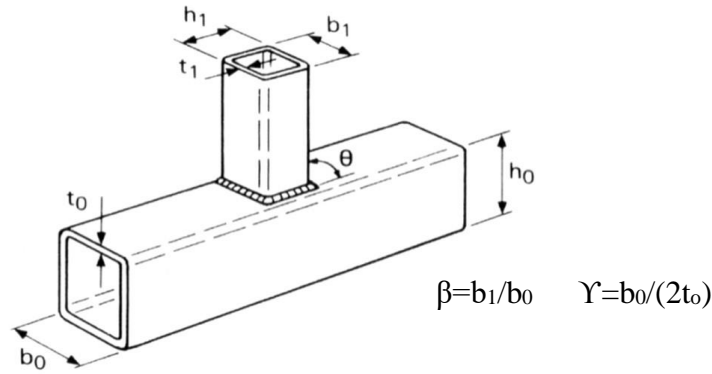
İnşaat Teknolojisi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, SDU Batı Kampüsü, 32160 Çünür, Isparta, Türkiye

I. GİRİŞ

TDY2018'de süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerin sınıflandırılabilmesi için moment aktaran kolon kiriş birleşim koşulları I profiller için verilmiştir. Kutu kesitli birleşim için bir hüküm bulunmamaktadır.

Yaygın olarak kullanılan kutu kesitli kolonlar aksenal yük etkisinde performanslı çalışan elemanlardır. Kolon-kiriş birleşimlerinde kiriş yükünün kolon yüzeyi ile taşınmasından dolayı kolon yüzeyinde şekil değiştirmeler artmakta ve lokal burkulmalar oluşmaktadır. Bu durum aksenal kuvvet taşıyan kolonda istenmeyen bir durumdur.

CIDECT Design Guide3'de [1] kutu kesitli "Vierendeel" tipi kutu kesitlerin (Şekil 1) T şeklinde birleşim elemanları rijit ya da yarı rijit olarak tanımlanmıştır. Kiriş genişliğinin kolon genişliğine oranı β , kolon genişliğinin cidar kalınlığına oranı Υ olarak tanımlanmıştır. β değerinin 1 olması durumunda birleşimin rijit, 1 den küçük olması durumunda yarı rijit olarak tanımlanmıştır. β ve Υ değerlerine bağlı formüllerle birleşimin taşıma kapasitesinin hesabı yapılmaktadır.



Şekil 1. Vierendeel tipi kutu kesit birleşim noktası

Matoso vd. [2] ve Xiao-Ding Bu ve Jeffrey A. Packer [3] aksenal kuvvet etkisi altındaki kutu kesit kafes kiriş elemanlarının taşıma kapasitelerini farklı kiriş boyutları için sonlu elemanlar yöntemiyle belirlemiştir. Farklı şartnamelerin hesap formülleriyle sonlu eleman analizlerini karşılaştırmıştır. Lima vd. [4] K ve T kutu birleşimlerinin Euro Code 3 (2003)'e [5] göre hesaplanan değerlerini ANSYS sonlu eleman programıyla yapılan analizlerle karşılaştırarak vermiştir. Kalmykova [6] kutu kesitli kolon kenarına yanaşık kutu kesitli kiriş birleşim deneylerini yaparak ABAQUS [1] programıyla analizlerini yapmıştır. Analiz sonuçlarının deney sonuçlarını çok doğru bir şekilde belirleyebildiğini belirtmiştir. Mojgan Yaghoubshahi vd. [7] farklı kiriş genişlikleri için kutu kesitli birleşimlerinin deney sonuçları ile AISC360 şartnamesinde verilen hesap yöntemini karşılaştırmıştır. β değerinin 0.5 den küçük olduğu durumlarda yönteminin doğru sonuçlar vermediğini vurgulamıştır. Fenkli vd. [8] boru kesitle kolon ile kutu kesitli kiriş birleşiminde levha boyutlarının taşıma kapasitesine etkisini araştırmıştır. J.A. Packer vd. [9] farklı boyuttaki kutu kolon-kiriş birleşim davranışlarını çeşitli şartnamelerde verilen hesap yöntemiyle karşılaştırmalı olarak vermiştir. Mc Fadden M.T. [10], tezinde farklı boyuttaki kiriş elemanın kolona kaynaklı birleşiminde kaynak etkisini belirlemek amacıyla 12 deney yapmıştır. Kaynak türü ve yerinin AISC 2010 [11] şartnamesinde öngörülen hesap değerlerinin $\beta > 0.85$ değerlerinde kaynağın etkinliğinin daha yüksek olduğunu vurgulamışlardır. Kutu kesitli birleşimlerde kaynak kalınlığının etkisini inceleyen araştırmalar da gerilme yığılmalarının olduğu birleşimin köşe noktalarında kaynak kalınlığının da etkili olduğu belirtilmiştir [12-18]. Fincanoğlu [19] doktora tezinde kaynak delikli C tipi başlık boyutlarının birleşim moment taşıma kapasitesini incelemiştir. Kök [20] tezinde kutu kesitli 100*200*4 kiriş ile 200/200*5 kolon birleşiminde farklı boyutta alın levhası ve levha içerisinde kaynak olukları kullanarak yaptığı deneylerde kolon yüzeyinde lokal burkulmanın önüne geçilemediğini belirtmiştir.

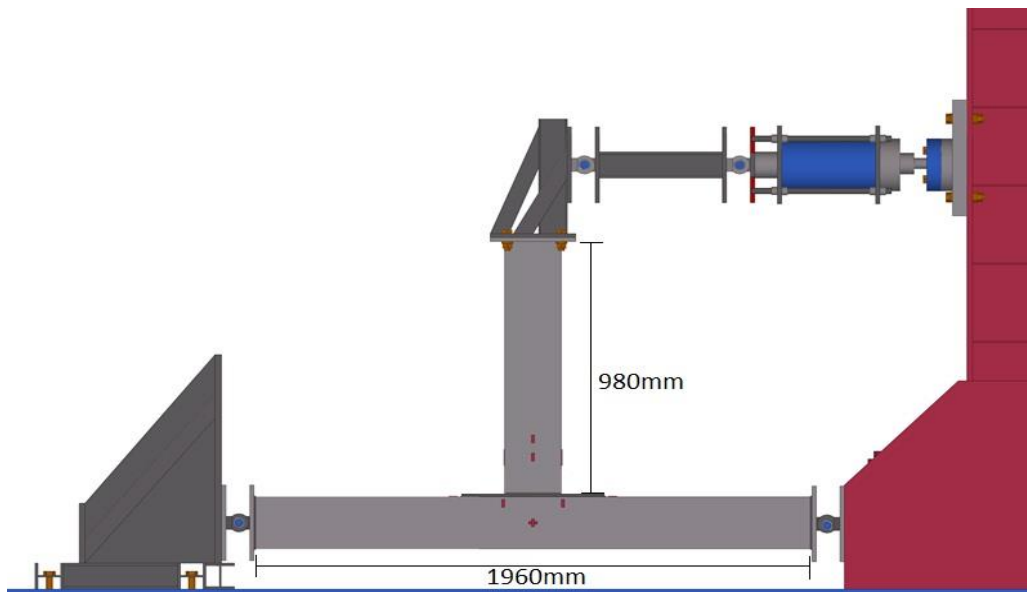
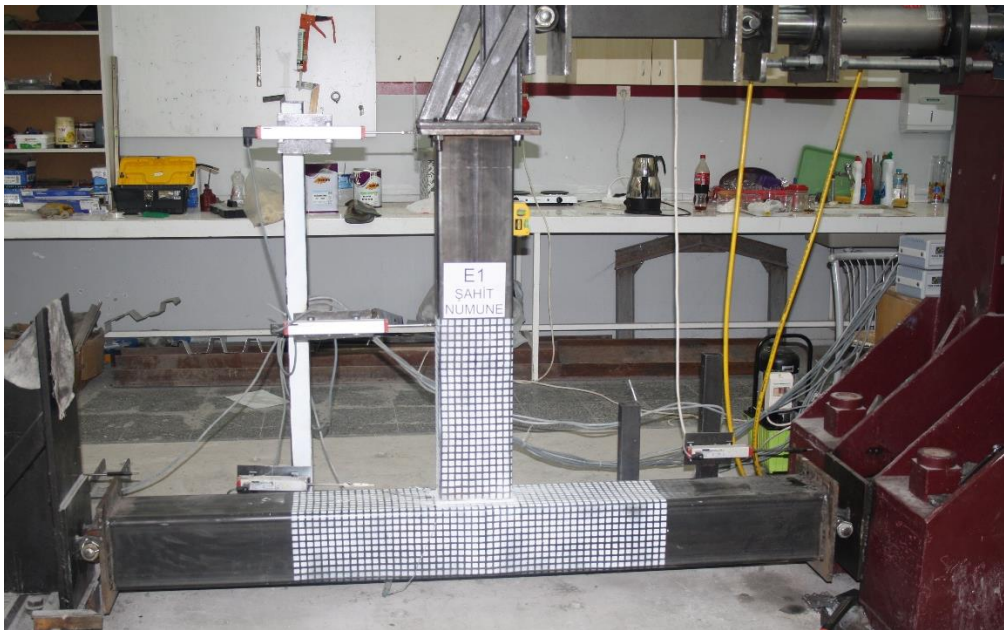
Kutu kesitli birleşimde moment taşıma kapasitesinin araştırılması amacıyla Kök'ün [20] tezinde deneyini yaptığı şahit numunenin ABAQUS V21 [21] programıyla analizi yapılarak sistem davranışının doğru belirlenebildiği gösterilmiş ve farklı birleşim levhaları ile uygun birleşim türü belirlenmeye çalışılmıştır.

II. MATERYAL VE METOT

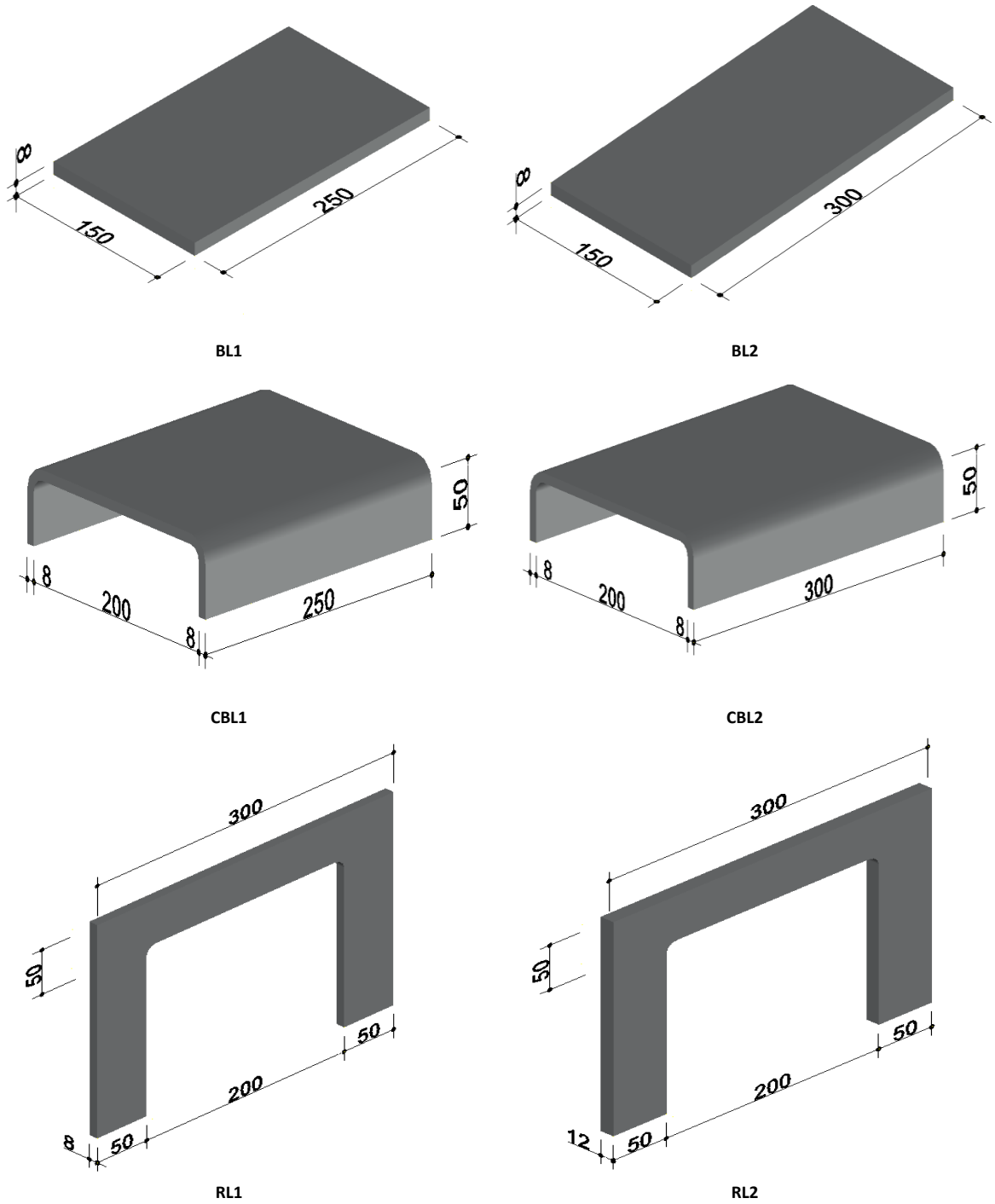
Kutu kesitli birleşimlerde kirişte oluşan kesme kuvveti ve momentin kolon yüzeyinde daha geniş bir alana aktarabilmesi için başlık levhaları kullanılmaktadır. Kök (2014) tezinde Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat

mühendisliği Çelik Laboratuvarında yaptığı deneylerde kolon profilini 200x200x5mm, kiriş profilini 100x150x4mm kullanmıştır. Levhasız şahit numune (Deney) deney sonuçları çalışmada da referans olarak alınmıştır. Deney numunesini oluşturan elemanların boyutları kiriş eleman (düşey) için 980mm ve kolon elemanı için (yatay) 1960mm'dir. Deney düzeneğinin görünümü ve boyutları Şekil 2'de verilmiştir.

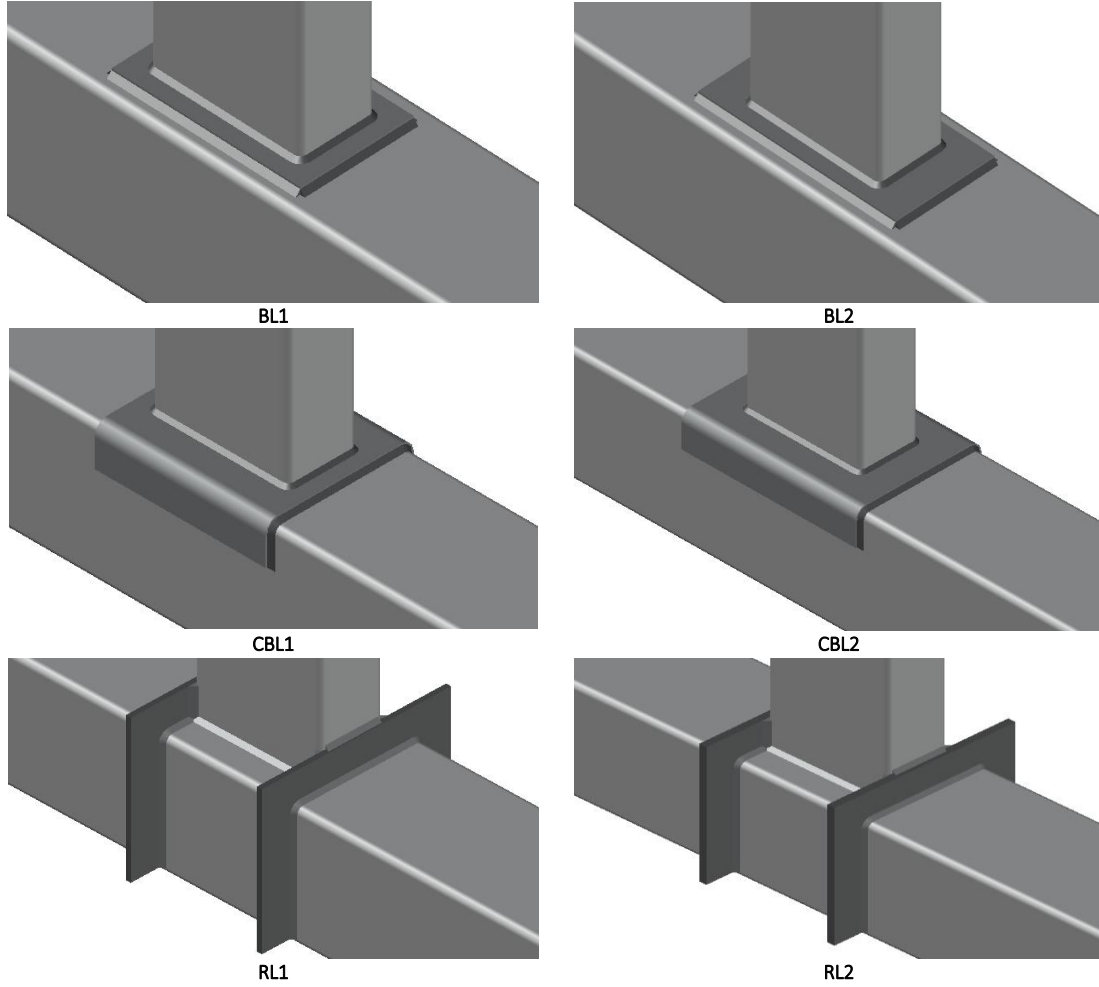
Ek levhasının moment taşıma kapasitesine etkisini belirlemek amacıyla başlık levhalı, C tipi başlık levhalı ve rijitleştirme levhalı birleşim tipleri tanımlanmıştır. Başlık levhalı birleşimde levha boyutları 150*250*8 (BL1) ve 150*300*8 (BL2) olarak belirlenmiştir. C tipi başlık levhalı birleşimde levha uzunluğu 250mm (CBL1) ve 300mm (CBL2), kalınlığı 8mm ve kolon yüzeyinde sarma mesafesi 50mm alınmıştır. Rijitleştirme levhalı birleşimde 8mm (RL1) ve 12mm kalınlığında (RL2) levhalar kiriş ön ve arka yüzeyine 50mm uzunluğunda yerleştirilmiştir. Modellerde kullanılan başlık levhaları ve rijitleştirme levha boyutları Şekil 3'te ve birleşim şekilleri Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 2. Deney düzeneği genel görünümü ve boyutları

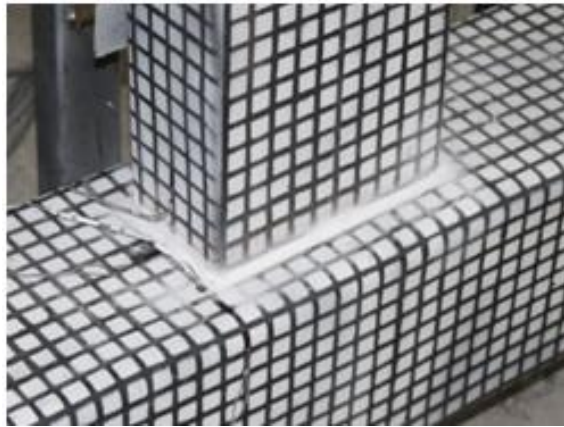


Şekil 3. Başlık levhaları ve rijitleştirme levha boyutları



Şekil 4. Başlık levhali ve rijitleştirme levhali kutu kesit birleşim görünümleri

Kök (2014) deneyini yapmış olduğu Levhasız isimli model başlık levhasız olup şahit numune olarak değerlendirilmiştir. 200*200*5mm kutu kesitli kolon elemanın 100*200*4mm ebatlarındaki kirişe kaynak dikişi kalınlığı $a=6\text{mm}$ alınarak kaynaklı olarak birleştirilmesinden oluşmaktadır. Şekil 5'te modele ait deney öncesi fotoğrafları görünmektedir. Şekilde görüldüğü üzere deney numunesi kaynaklı birleşim olması sebebiyle moment aktaran bir birleşim niteliğindedir.



Şekil 5. Levhasız deney öncesi genel görünüm.

Deneyde kullanılan kutu profillerden alınan çelik numuneler TS EN ISO-6892-1 “Metalik Malzemeleri; Çekme Deneyi” [22] ile dayanımları belirlenmiştir. Kaynak dikişlerinde kullanılan gaz altı alaşımsız kaynak telinin mekanik özellikleri fabrika değerleri ile çelik eleman mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

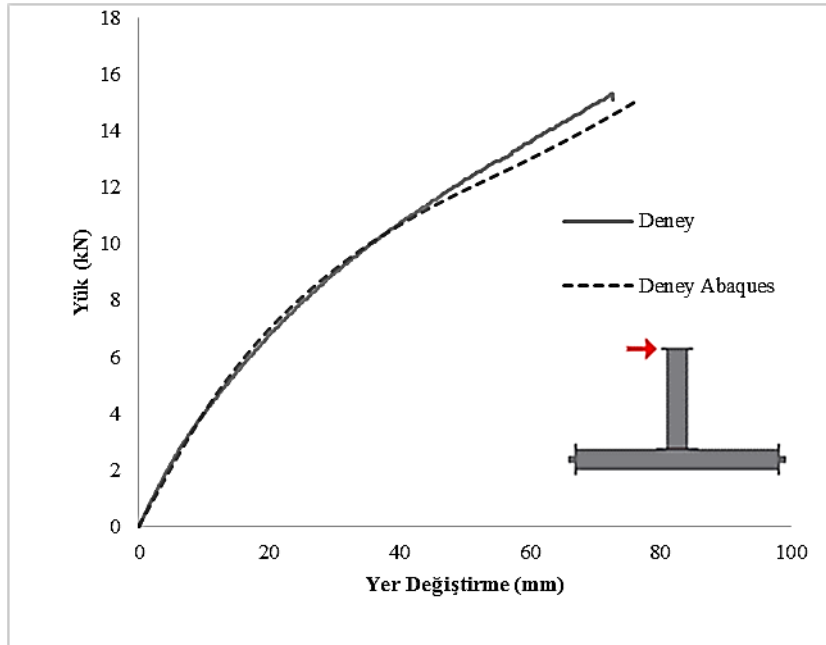
Tablo 1. İmalatta kullanılan çelik ve kaynak dikişleri mekanik özellikleri

	Akma Gerilmesi (N/mm ²)	Kopma Gerilmesi (N/mm ²)	Uzama (%)	Elastisite Modülü (N/mm ²)
Çelik	310	380	19.8	210000
Kaynak	460	590	28.0	200000

Kolon ve kiriş uçlarındaki başlık levhaları ile birleşim bölgelerindeki tüm kaynaklar 6mm köşe kaynaklı olarak uygulanmıştır.

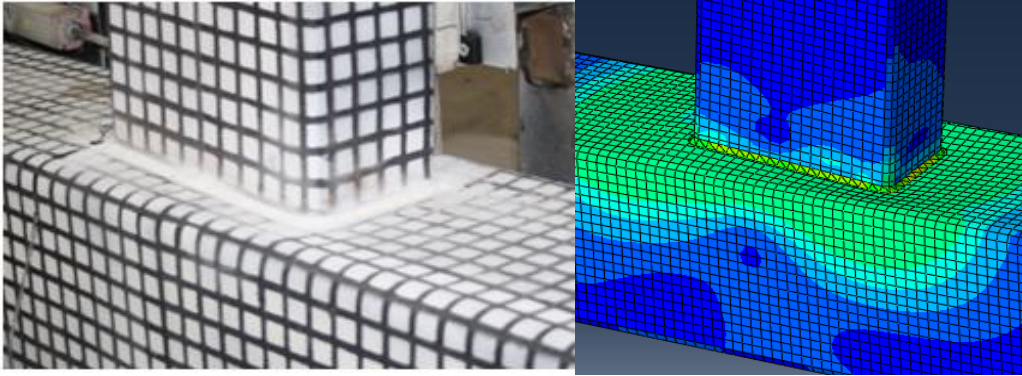
III. ARAŞTIRMA BULGULARI

ABAQUS programında kolon ve kiriş elemanlar “Shell”, diğer levha ve kaynaklar “Solid” eleman olarak tanımlanmıştır. Kaynak ile çelik birleşimleri programda “Tie” komutu ile birleştirilmiştir. Temas yüzeyi ile kuvvet aktaran yüzeyler “Frictionless” komutuyla modellenmiştir. Modellemede daha doğru sonuçlar elde edebilmek için kolon ve kiriş birleşim bölgesinde kaynak ve levhaların yüzeydeki izdüşüm alanları “Partition” ile tanımlanarak sonlu eleman sayısı artırılmıştır. Deneyi yapılan şahit numunenin yük – yer değiştirme grafiği Şekil 5’te verilmiştir. ABAQUS analiz sonuçlarının deney verilerini oldukça doğru bir şekilde hesaplanabildiği görülmektedir.



Şekil 6. Deney ve ABAQUS yük – yer değiştirme değerleri

Şekil 7’de görüldüğü gibi deneyde elde edilen şekil değiştirme davranışı ABAQUS modeli ile örtüşmekte olup çalışmada kullanılan sayısal model doğrulanmıştır.



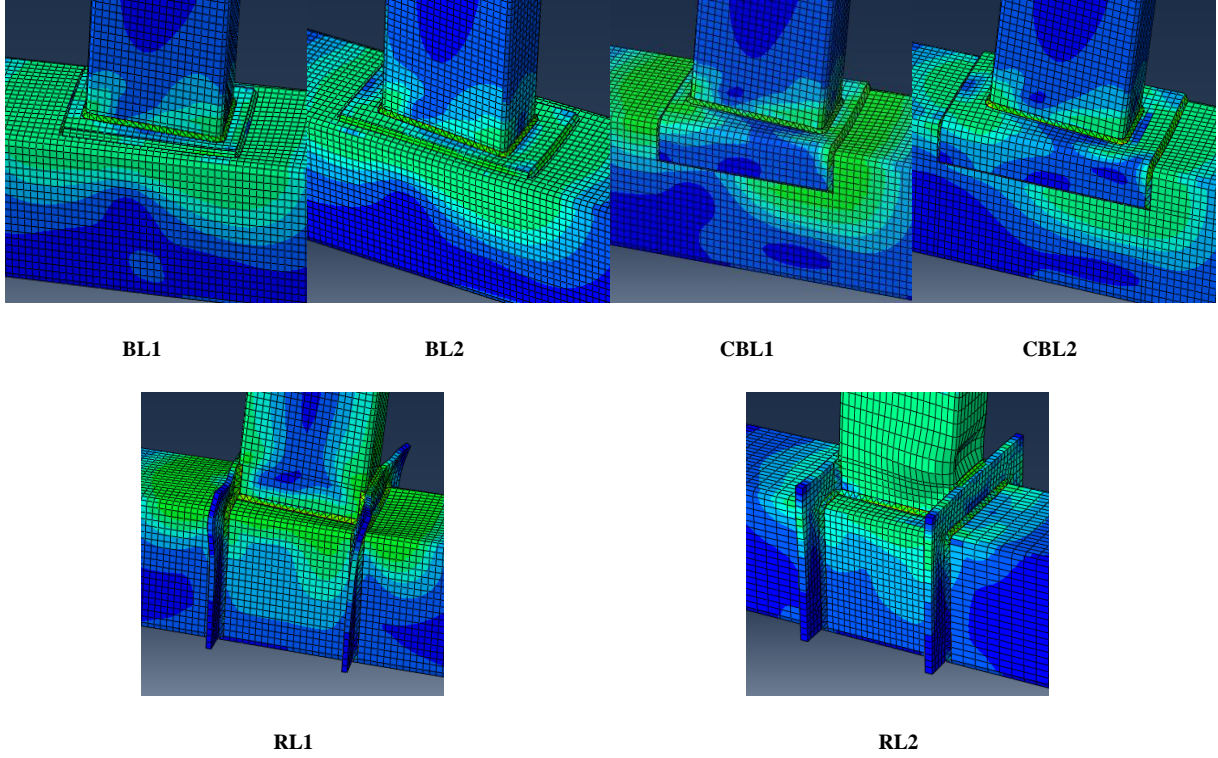
Şekil 7. Deney ve ABAQUS şekil değiştirme görünümü

Şekil değiştirmiş duruma ait görünüm incelendiğinde; eğilme momentinin kolon yüzeyinde sönümlendiği görülmektedir. Kirişte şekil değiştirme gözlemlenmez iken bütün şekil değiştirme kolon başlığında meydana gelmiştir. Birleşim rijit bir davranış sergileyememiş, güçlü kolon zayıf kiriş davranışı mümkün olmamıştır. Ayrıca kolonda oluşan lokal burkulmanın aksel yük taşıyan kolonda kesit davranışını zayıflatacağı ve taşıma kapasitesini etkileyeceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

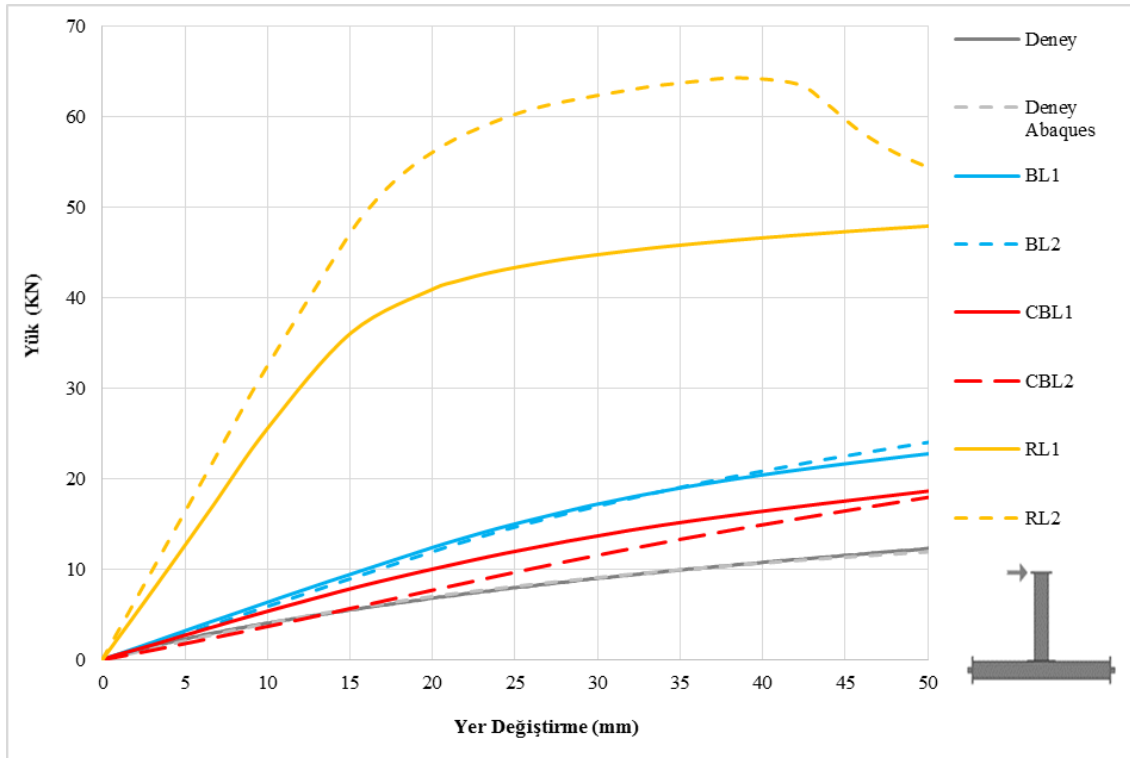
Sayısal olarak yapılan bu çalışmada, referans deney sonuçları ile doğrulanan matematik model üzerinde kolonda oluşan lokal burkulmayı önlemek, etkili dönme rijitliğini sağlamak ve bu sayede güçlü kolon zayıf kiriş davranışını elde edebilmek için kolon yüzeyine başlık levhası (BL1 ve BL2), C tipi başlık levhalı (CBL1 ve CBL2) ve rijitleştirme levhalı (RL1 ve RL2) birleşim detayları kullanılarak model sayısı artırılmıştır.

Statik artımsal yük altında elde edilen eğilme momenti ile yapılan analizlerde şekil değiştirmiş sistem üzerinde oluşan maksimum gerilmeler Şekil 8’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde, başlık levhalı ve C tipi başlık levhalı birinci ve ikinci tip birleşimlerde şekil değiştirmelerin yine kolon yüzeyinde oluştuğu ve birleşimin rijit davranmadığı görülmektedir. Rijitleştirme levhalı durumun değerlendirildiği üçüncü tip modellerde; kolon yüzeyini sararak yapılan rijitleştirme işlemiyle, kuvvet dağılımında yan yüzeyleri de sisteme daha etkin bir şekilde dahil edildiği görülmektedir. Ancak bu durumda da kullanılan rijitleştirme levhasının cidar kalınlığı ön plana çıkmaktadır. Bu modeller için yapılan analizlerde itme yönüne göre basınç bölgesinde görev yapan 8mm kalınlığında rijitleştirme levhası şekil değiştirmiştir. Bu sebeple istenen rijitlik sağlanamamıştır. 12mm cidar kalınlığındaki sargı levhasının kullanıldığı durumda levha yeter rijitlikte dayanım sağlamış ve şekil değiştirme kolon yüzeyinde değil kiriş üzerinde meydana gelmiştir. Kullanılan birleşim detayı sayesinde; kolon başlığı ve gövdesinde lokal burkulmalar engellenmiş, şekil değiştirme kiriş üzerinde plastik olarak meydana gelmiştir. Kiriş üzerindeki şekil değiştirme incelendiğinde, basınç bölgesinde başlığın iç bükey, gövdenin dış bükey olarak burkulduğu tespit edilmiştir. Kiriş üzerinde meydana gelen bu lokal burkulmalarının yeri, oluşum sırası ve deformasyon şekli üzerinde kullanılan rijitleştirme levhasının boyutsal değişkenlerinin etkin olduğu görülmüştür.

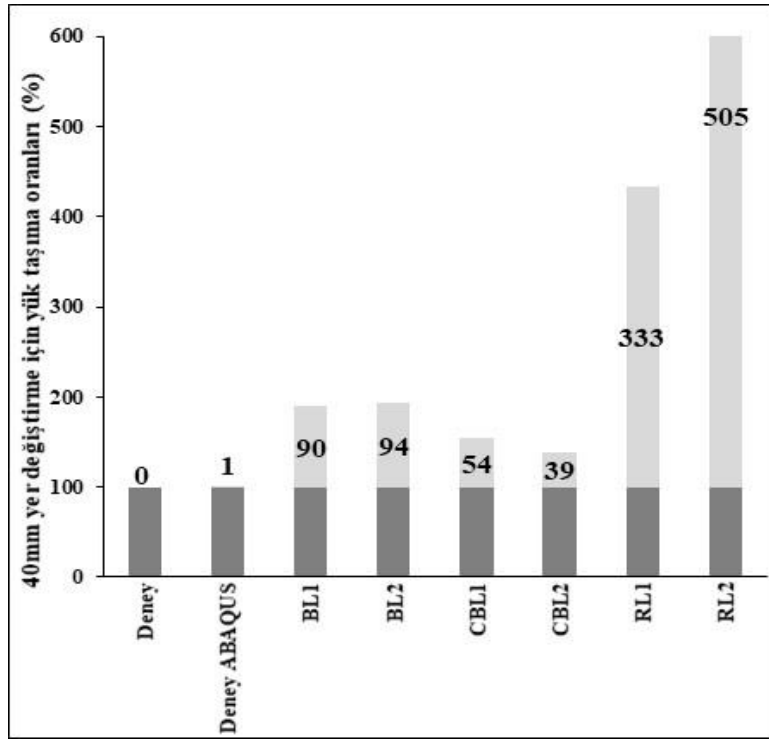
Sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapılan analizlerde; tüm modeller için yük-yatay yer değiştirme grafikleri elde edilmiştir. Şekil 9’da tüm modellerden elde edilen yük – yer değiştirme değerleri, Şekil 10’da birleşim tipleri için 40mm yatay yer değiştirmeye karşılık gelen kapasite kazanım oranları verilmiştir. Grafikler incelendiğinde başlık levhası ile yapılan birleşimlerde kiriş yükünün kolon yan yüzeylerine kısa mesafede iletilmesinden dolayı 40mm itme değeri için yük taşıma kapasitesi %90’ın üzerinde arttığı görülmektedir. C tipi başlık levhalı birleşimlerde kiriş çekme ve basınç kuvvetleri kolon yüzeyine dağıtılmak istenmiştir. C tipi levhaların “membran” davranışından dolayı levha eğilmiş ve yükü kolon yan yüzeylerine aktaramamıştır. 40mm itme için 250mm uzunluğa sahip C tipi levhada yük taşıma oranı %54 artmış, 300mm uzunluğundaki levhada membran davranışı daha etkin olmuş ve yük taşıma oranı %39’da kalmıştır. Rijitleştirme levhalı birleşimlerde kiriş eğilme momenti levhalar aracılığı ile kolon yan yüzeylerine taşınmaktadır. 8mm kalınlığındaki rijitleştirme levhasının rijitliğinin az olması nedeniyle eğilmiş olmasına karşı yük taşıma oranı 40mm itme için 3 kattan fazla artmıştır. Güçlü kolon zayıf kiriş davranışının oluştuğu 12mm rijitleştirme plakalı modelde istenen yapı davranışı sağlanabilmiş ve yük taşıma oranı 5 katına çıkmıştır. Etkili dönme rijitliğinin sağlandığı 12 mm rijitleştirme plakalı modelde; diğer analizlerden farklı olarak kiriş üzerinde plastik deformasyon meydana gelmiştir. Bu sebeple, bu analizde sistem kiriş üzerinde meydana gelen lokal burkulmaya müteakip yük almamaya başlamıştır. Bu durum tasarımcı istenilen güçlü kolon- zayıf kiriş talebinin karşılanmasını sağlamıştır.



Şekil 8. Sayısal analiz gerilme dağılımları



Şekil 9. Birleşim tiplerine göre yük – yer değiştirme değerleri



Şekil 10. Birleşim tipleri için 40mm yatay yer değiştirmeye karşılık gelen kapasite kazanım oranları

IV. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada kutu kesitli birleşimde kolon yüzeyinde oluşan büyük şekil değiştirmelerin önlenmesi için başlık levhali, C tipi başlık levhali ve rijitleştirme levhali birleşimin davranışı araştırılmıştır

Euro Code 3 şartnamesinde $\beta \leq 1$ değeri için kutu kesitli birleşimleri yarı rijit olarak kabul etmiş ve taşıma kapasitesinin hesaplanmasını ampirik formüller vermiştir. Kutu kesitli birleşimlerde başlık levhası kullanılmaması durumunda kolon yüzeyinde şekil değiştirmeler fazla olmaktadır ve bu istenmeyen bir durumdur. Bu sebeple kolon yüzeyinde meydana gelen şekil değiştirmeleri engellemek için literatürde ek levhali çözümler kullanılması önerilmektedir. Yapılan bu çalışmada uygulama ve literatürde kullanılan ek levhali birleşim şekillerinden başlıcaları karşılaştırılmıştır. Çalışmada dikkate alınan başlık levhası ve C tipi başlık levhali birleşimlerde de güçlü kolon-zayıf kiriş davranışı oluşmaktadır. Yapılan analizlerde şekil değiştirmenin kolon yüzeyinde olduğu, kolon yan yüzeylerine yük aktarılmadan, kolon yüzeyinin lokal burkulduğu tespit edilmiştir. Ancak tasarımın bir talebi olan rijit birleşimin oluşması için eğilme momentinden dolayı oluşan gerilmelerin kolon yan yüzeylerine taşınması ve kolon kesitinde plastik şekil değiştirme meydana gelmeden yük aktarımının gerçekleşmesi gerekmektedir. Bu durum, çalışmada kullanılan rijitleştirme levhali birleşim için sağlanmıştır. Ancak bu birleşim detayında da kullanılan rijitleştirme levhaları 8mm kalınlığında modellendiğinde rijitleştirme levhası şekil değiştirmeye uğramıştır. Rijitleştirme levhalarının kalınlığı artırıldığında, levha şekil değiştirmesi engellenmiştir. Bu durumda birleşime etkiyen eğilme momentine, kolon kesiti kesit bütünlüğünü bozmadan karşı koyabilmiş ve şekil değiştirme kiriş üzerinde oluşmuştur. Bu durum birleşim kapasite kazanımını da etkilemiştir. Çalışmada kullanılan 12mm kalınlığındaki rijitleştirme levhali model, referans deneye kıyasla 5 kat kapasite kazanımı ortaya koymuştur.

Sonuç olarak çelik elemanların farklı geometri ve birleşim detayından dolayı her birleşimin hesap ve yapım kurallarının şartnamelerde verilmesi mümkün olmamaktadır. Başlık levhali ve rijitleştirme levhali kutu kesitli birleşimle ilgili bir hükümde şartnamelerde yer almamaktadır. Özellikle rijitleştirme levhali birleşimler uygulamada kullanılmaya başlamıştır ve şartnamelerde yapım ve uygulama yönergelerinin hazırlanması için araştırılması gereken bir konudur.

KAYNAKLAR

- [1] Design Guide 3. (2009). *For Rectangular Hollow Section (Rhs) Joints Under Predominantly Static Loading*. Comité International Pour Le Développement Et L'étude De La Construction Tubulaire.
- [2] Matosa R.M.M.P, Costa-Neves L.F, Limac L.R.O, Vellasco P.C.G.S, Silvaeet J.G.S. (2015). Resistance and elastic stiffness of RHS "T" joints: part I - axial brace loading. *Latin American Journal of Solids and Structures*, <https://doi.org/10.1590/1679-78251790>.
- [3] Xiao-Ding Bu, Jeffrey A. Packer. (2020). Chord end distance effect on RI-IS connections. *Journal of Constructional Steel Research*.
- [4] Lima L.R.O, Vellasco P.C.G, Andradeet S.A.L. (2008). Structural response of K and T tubular joints under static loading. *Proceedings of the International Workshop on Connections in Steel Structures*.
- [5] Eurocode 3 (2003). *Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints*. European Committee For Standardization.
- [6] Kalmykova, S. (2021). Simulation of T-Joints Between RHS Steel Members with Offset in ABAQUS CAE. *Acta Polytechnica CTU Proceedings*, 30, 36-40.
- [7] Yaghoubshahi, M., Sun, M., & Tounis, K. (2019). Design of fillet welds in RHS-to-RHS moment T-connections under branch in-plane bending. *Journal of Constructional Steel Research*, 159, 122-133.
- [8] Fenkli M, Çelik İ.D, Kımılı N.A, Sivri M. (2017). Investigation of Capacity on the Hollow Sections Connections with Stiffening Plate. *Advanced Steel Construction*, 13(1), 45-61.
- [9] Packer, J. A., Mashiri, F. R., Zhao, X. L., & Willibald, S. (2007). Static and fatigue design of CHS-to-RHS welded connections using a branch conversion method. *Journal of Constructional Steel Research*, 63(1), 82-95.
- [10] Mc Fadden M.T. (2012). *Effective Weld Properties for RHS-to-RHS Moment T-Connections*. (Master Thesis), Graduate Department of Civil Engineering, University of Toronto.
- [11] AISC. (2010). Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges. *Prepared by the American Institute of Steel Construction under the direction of the AISC Committee on the Code of Standard Practice*. American Institute of Steel Construction.
- [12] Kumar, S.R.S., Rao, P. (2005). RHS Beam-To-Column Connection with Web Opening-Experimental Study And Finite Element Modelling. *Journal of Constructional Steel Research*, 62, 739-746.
- [13] Kim, T., Stojadinović, B., ASCE2, M., Whittaker, A.S. (2008). Seismic Performance of Pre-Northridge Welded Steel Moment Connections to Built-Up Box Columns. *Journal of Structural Engineering*, February 2008, 289-299.
- [14] Korol, R.M., El-Zanaty, M., Brady, F.J. (1977). Unequal Width Connections of Square Hollow Sections In Vierendeel Trusses. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 4, 190-201.
- [15] Mang, F., Bucak, Ö., Wolfmuller, F. (1983). The Development of Recommendations for the Design of Welded Joints Between Steel Structural Hollow Sections (T- And X-Type Joints). *University of Karlsruhe, Germany, Final Report on ECSC Agreement 7210 SA/09 and CIDECT Program 5AD*.
- [16] Mashiri, F.R., Zhao, X. L. (2004). Plastic Mechanism Analysis Of Welded Thin-Walled T-Joints Made Up Of Circular Braces And Square Chords Under In-Plane Bending. *Thin-Walled Structures*, 42, 759-783.
- [17] Berman, J. W., & Bruneau, M. (2008). Tubular links for eccentrically braced frames. I: Finite element parametric study. *Journal of structural engineering*, 134(5), 692-701.
- [18] Koning, C.H.M. de, Wardenier, J. (1984). The Static Strength Of Welded Joints Between Structural Hollow Sections Or Between Structural Hollow Sections And H-Sections. *Delft University of Technology, Delft, Part 2: Joints between rectangular hollow sections, Stevin Report 6-84-19*.
- [19] Fincanoğlu A. (2015). *Eğilme Etkisi Altında C Tipi Başlık Levhalı Kutu Kesitli Birleşimlerin Dönme Kapasitelerinin İncelenmesi*. Doktora Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Süleyman Demirel Üniversitesi, 80.
- [20] Kök E. (2014). *Kutu Kesitli Birleşimlerde Ek Kaynaklı Başlık Levhasının Moment Kapasitesine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Süleyman Demirel Üniversitesi. 71
- [21] ABAQUS Users Manual, ABAQUS Release V21 Documentation, Abaqus Inc. <http://www.ichec.ie/infrastructure/software/ABAQUS/>.
- [22] TS EN ISO 6892-1. (2010). *Metallik Malzemeler- Çekme Deneyi- Bölüm 1: Ortam Sıcaklığında Deney Metodu*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.