

Eğilme Etkisi Altında Çelik Boru Kesitli Kiriş-Kolon Birleşimlerinde Başlık Levhasının Rijitliğe Etkisi

Deniz BAYRAKTAR¹, İlyas Devran ÇELİK², Mustafa SİVRİ³, Mehmet FENKLİ⁴, Zeki AY²

¹ Antalya Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Antalya

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Isparta.

³Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Isparta.

⁴Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Isparta.

Özet: Çelik yapı tasarımı halen yürürlükte olan Türk Deprem Yönetmeliğine (TDY 2007) göre, süneklik düzeyi yüksek ve süneklik düzeyi normal yapılar olarak sınıflandırılmakta olup, yapılan bu sınıflandırmaya göre yapı davranış katsayısı belirlenmekte ve yapıya etkiyecek deprem kuvvetleri hesaplanmaktadır. Çelik bir çerçeve sistemin süneklik düzeyi yüksek olarak tanımlanabilmesi ile ilgili bazı koşullara ilave olarak moment aktaran kiriş kolon birleşimi ile ilgili detaylar sadece I profiller için verilmiş olup, kutu ya da dairesel kesitli elemanlardan oluşan kiriş kolon birleşim detayları hakkında herhangi bir birleşim detayı verilmemektedir. Bu nedenle, kutu ve dairesel kesitli elemanlardan oluşan taşıyıcı sistemin süneklik düzeyi tanımlanmasında bir belirsizlik mevcuttur. Bu çalışmada, dairesel kesitli birleşimlere rijitleştirme levhası olarak eklenen başlık levhasının moment kapasitesine etkisi incelenmektedir. Bu kapsamda, kaynaklı olarak birleşimi sağlanan dairesel kesitli birleşimlerde eğilme etkisi altında oluşacak lokal burkulma etkilerinin önlenmesi amacıyla düğüm noktasına eklenen farklı boyutlardaki başlık rijitleştirme levhasının davranışa katkısı ve levha boyutlarının birleşim kapasitesine etkisi sayısal ve deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel analizlerden elde edilen sonuçlar, ANSYS sonlu elemanlar programı ile desteklenerek karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Anahtar Kelimeler:Dairesel kesitli kiriş-kolonlar, başlık levhalı kaynaklı moment aktaran birleşim, moment aktaran çelik çerçeve sistemler, süneklik detayı.

The Effect of the End Plate Added Circular Hollow Section (CHS) Beam and Column on Rigidity Under Bending

Abstract: According to the Turkish Earthquake code, which is still in use, the steel structure system is classified as systems that of ductility levels are high and normal, with regards to this classification, the coefficient of the structure behaviour is determined and the earthquake force effecting the structure is calculated. Besides some conditions related to describing the steel frame system as frame system that of high ductility level, the details about beam/column connections transferring moment are given just for I profiles, while there are no connection details about the beam/column connection details that are consisted of box or circular hollow section elements. That is why, there is an uncertainty in the definition of the ductility level of the structure system consisting of box and circular hollow section elements. In this study, the effect of the end plate, which is added as rigid plate to the circular hollow section conditions, to the moment capacity has been examined. In this context, in order to prevent the effects of local buckling occurring under the effect of circular hollow section connections by welding, the contribution of the end rigid plate added to the nodal point with different sizes to the behaviour and the effect of the plate sizes to the connection capacity has been examined

numerally and experimentally. The results obtained from the experimental analyses have been given comparatively being supported by the finite element program ANSYS.

Keywords: Circular hollow section beam-columns, end-plate welded moment resisting connection, moment resisting steel frames, ductility detail.

1. GİRİŞ

Çelik yapı sistemlerinin sismik etki altındaki davranışı malzeme özellikleri, kesit geometrileri ve birleşim detaylarına bağlıdır. Bu bağlamda, kiriş-kolon birleşimlerinin biçimsel özellikleri, elemanın malzeme özellikleri ve eleman kesit özellikleri birleşimin dönme kapasitesinde önemli bir etken durumundadır. Kiriş-kolon birleşim noktalarında gevrek kırılmaların olmaması bunun yerine, bu noktaların sistemin sünekliğine uygun bir davranış sergilemesi istenir. Ancak, son yıllarda meydana gelen depremlerde bu sünekliğin istenildiği gibi sağlanamadığı görülmüştür. Bu nedenle, deprem esnasında malzeme bakımından yüksek süneklik özelliğine sahip çeliğin süneklik özelliklerinin sistem davranışına yansıtılabilmesi ve uygun birleşim detaylarının belirlenmesi amacıyla çok sayıda deneysel ve sayısal çalışma yapılmıştır. Uluslararası Borusal Yapıları Araştırma ve Geliştirme Komitesi (CIDECT), son 35 yıl içerisinde boru profillerin dayanımı, yangına karşı korunması ile rüzgar yüklemesi, birleşimlerin statik ve yorulma yükleri altındaki davranışları ve kompozit elemanlar hakkında birçok çalışma yapmıştır. Bu araştırmaların sonuçları birçok ulusal ve uluslararası şartnameye kaynak teşkil etmiş olup, CIDECT monografileri adı altında yayınlanmıştır. Tasarımcının, birleşimlerin davranış esaslarının bilincinde olması ve belli parametrelerin birleşimler üzerinde etkisini bilmesi, boru profillerle iyi bir tasarım yapılabilmesi açısından önemlidir. Bu kapsamda; Design Guide 1'in (Wardenier vd.) 1991 yılında yayımlanan ilk baskısının ardından çeşitli araştırmalar yapılmış olup, bu araştırma sonuçlarına ve ilave analizlere dayanarak IIW (2008) tavsiyelerindeki

tasarım formülleri düzenlenmiştir. Ancak bu düzenlemeler henüz Euro Code 3 gibi çeşitli uluslararası standartlara dahil edilmemiştir. Uluslararası standartlardaki tasarım formülleri halen bir önceki 1989 baskısı IIW kurallarını temel almaktadır. Tek eksenli T, X ve K birleşimleri için tasarım dayanım formülleri ilk olarak Kurobane'nin (1981) formüllerine dayandırılmış, tasarım kurallarında yapılan basitleştirmeler ve değerlendirmelerden (Wardenier, 1982) sonra ise IIW (1989) önerilerine dahil edilmiştir.

Wang ve Chen (2007), çalışmalarında çelik dairesel kesitli kolon ve kiriş elemanın kaynaklı T tipi birleşiminin çevrimsel yükler altındaki davranışını incelemiştir. Bu kapsamda 8 adet deney yapılmış olup bu deneylerden 4 tanesi çevrimsel eksenel yüke, diğer 4 tanesi de çevrimsel düzlemde eğilme yüküne maruz kalan dairesel kesitli profillerin yarı-statik deneysel çalışması yapılmıştır. Çalışma sonucunda, çevrimsel yük koşullarındaki kaynak çatlağının standartlarda belirtilen tasarım direncinden daha düşük seviyede meydana geldiği görülmüştür. Bunun nedeninin ise, tekrarlayan soğuk çalışma koşulları ve kesişme hatlarındaki gerilimin üç eksenliliğinden dolayı malzemenin bozulması olabileceği bulgusuna varılmıştır.

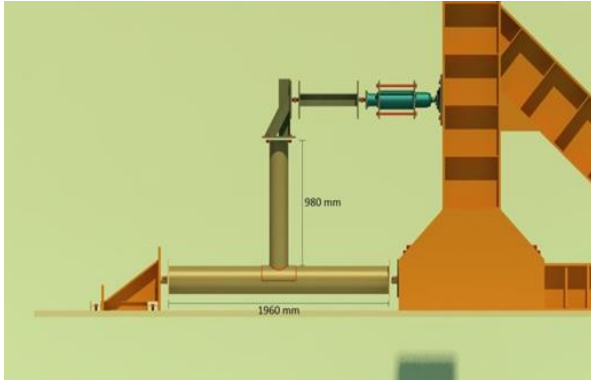
M.M.K. Lee ve A. Llewellyn-Parry (1999), deniz yapılarında sıklıkla kullanılan dairesel kesitli profillerde eğilme ve eksenel etkiyen yükler altında kolon ve kirişlerde meydana gelen deformasyonların önüne geçmek amacıyla bir güçlendirme yöntemi üzerine çalışma yapmışlardır. Dairesel kesitli elemanı içten saran bir ring eleman ile takviye

edilmeye çalışılan birleşimler eksenel yüklemeye altında analiz edilmiştir. Çalışmada, kolon üzerine birleşimi sağlanan kiriş/çapraz elemana, etki alanı rijitleştirme levhalarının, düğüm noktası sismik performansını olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

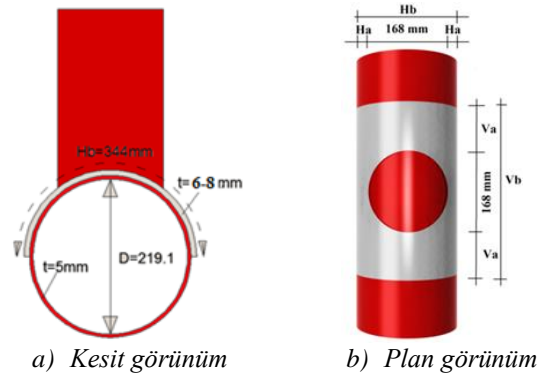
Çalışmada analiz edilen deneysel modeller Şekil 1'de gösterildiği gibi düzenlenmiştir. Burada düşey eleman kiriş, yatay eleman kolon olarak tasarlanmış ve tam ölçekli olarak modellenmiştir. Kolon ve kirişlerin seçiminde güçlü kolon ve zayıf kiriş şartı gözetilmiştir. Bütün numunelerde kolon ve kiriş boyutları sabit tutulmuş olup, kolonlarda $\text{Ø}219,1$ mm ve cidar kalınlığı 5 mm, kirişlerde $\text{Ø}168,3$ mm ve cidar kalınlığı 4 mm boyutlarında olan dairesel kesitli profillerden yararlanılarak oluşturulmuştur. Deneysel ve sayısal modellerde kullanılan deney numunesinde (yatayda) kolon uzunluğu 1960 mm, kiriş uzunluğu (düşeyde) 980 mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneği genel görünümü

Çalışmada birleşime eklenecek olan başlık levhası (rijitleştirme levhası) ile, eğilme etkisi altında kolon üzerinde oluşması muhtemel lokal deformasyonların önlenmesi başta olmak üzere, düğüm noktası rijitliğinin ve kapasitesinin artırılması amaçlanmıştır. Çalışmada 6 ve 8 mm. olmak üzere 2 farklı başlık levhası kalınlığı kullanılmıştır. Buna

göre, V_a boyu 66 mm den başlayarak 25 mm artışlar ile 91 mm ve 116 mm olarak üç değer kullanılmış, V_b boyu 300 mm, 350 mm ve 400 mm olarak üç noktada sabitlenmiştir. Ancak dairesel kesitli kolonlarda kullanılacak olan rijitleştirme levhaları için CIDECT'de yer alan hüküm gereği H_b boyu dairesel kolonun çevresinin $\frac{1}{2}$ sini sağlayacak şekilde ölçeklendirilmiş (344 mm) olup buna göre şekil alan H_a boyu 88 mm değerinde sabitlenmiştir. Buna göre 6 ve 8 mm. kalınlığında olmak üzere 2 farklı başlık levhası için V_b boyu 300, 350 ve 400 mm olarak değişkenlik göstermek üzere; başlık levhasız bir numune (şahit numune), başlık levhalı olarak da 6 numune oluşturulmuş olup, toplamda 7 farklı model üzerinde deneysel çalışma yapılmıştır. Şekil 2'de başlık levhalı birleşimde kullanılan başlık levhasına ait detay görüntüleri ve boyutsal parametreler verilmiştir.



Şekil 2. Dairesel kesitli kiriş-kolon birleşimi başlık levhası

Çizelge 1. Dairesel kesitli kolon ve kiriş birleşimi numune isimleri

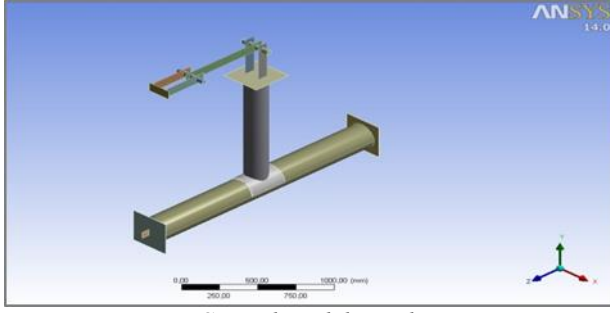
Sıra	Model Adı	Kolon (mm)	Kiriş (mm)	Başlık Levhası Boyutları				
				H _a (mm)	V _a (mm)	H _b (mm)	V _b (mm)	t _a (mm)
1	M0	Ø219,1	Ø168,3	Başlık Levhası Yok				
2	M1	Ø219,1	Ø168,3	88	66	344	300	6
3	M2	Ø219,1	Ø168,3	88	91	344	350	6
4	M3	Ø219,1	Ø168,3	88	116	344	400	6
5	M4	Ø219,1	Ø168,3	88	66	344	300	8
6	M5	Ø219,1	Ø168,3	88	91	344	350	8
7	M6	Ø219,1	Ø168,3	88	116	344	400	8

Yukarıda açıklanan tanımlamalara göre oluşturulan 7 numuneye ait isimlendirmeler ve boyutsal değişkenler Çizelge 1’de ifade edilmiştir.

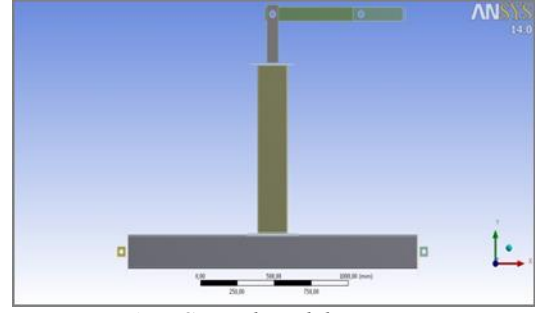
Deneysel modeller bir sonlu eleman analiz programı olan ANSYS Workbench v14 Programı yardımıyla da modellenmiştir. ANSYS Workbench Programı, hem malzeme hem de geometri olarak doğrusal olmayan analiz yapabilme özelliğine sahiptir. Bu nedenle, deneysel numuneyi meydana getiren tüm elemanlar (profil, mesnet levhaları, kaynak) doğrusal olmayan malzeme özellikleri ile programa tanıtılmıştır. Sistemin sayısal modellemesi yapılırken kolon, kiriş, yükleme kolu elemanları ve mesnet levhaları shell eleman olarak, başlık levhası ve kaynaklar ise solid eleman olarak modellenmiştir. Şekil 3’de sayısal modelden genel görünüm verilmektedir.

Modelde kullanılan elemanların geometrik kesitlerinin uygunluğu ve sayısal model karşılığı bakımından shell eleman modellemede geniş yer bulurken, kaynak dikişleri sahip olduğu geometrisi sebebi ile

solid olarak modellenmiştir. Numunelerde mesnet-reaksiyon duvarı bağlantılarında Z eksenini etrafında dönme serbestliği bulunan fakat diğer yönlerde sınırlandırılmış olan sabit mesnet tanımlanmıştır. Bu durum ANSYS programında “remote displacement” komutu kullanılarak oluşturulmuştur. Kolon-kaynak-başlık levhası birleşimlerinde iki yüzeyi birbirine yapıştırarak, o birleşim bölgesinin rijit davranmasını sağlayan “bonded” komutu ile birleşimlerin birbirine bağlantısı sağlanmıştır. Sayısal olarak tanımlanan modelin nonlineer burkulma analizini yapabilmek için numunede algoritma öncelikle “linear buckling” (lineer burkulma) üzerinden başlanmış en uygun burkulma modu tanımlanmıştır. Tanımlanan burkulma modu başlangıç şartı kabul edilerek şekil değiştirmiş hal üzerinde modelin büyük deplasman sınır şartları ve nonlineer malzeme etkileri göz önüne alınarak “nonlinear buckling” (lineer olmayan burkulma durumu) sayısal analizi yapılmıştır. Deneysel analizde kullanılan yükleme kolu, sayısal analizdeki gerçek yükleme değerlerini yansıtabilmesi amacıyla Şekil 4’de gösterildiği gibi modellenmiştir.

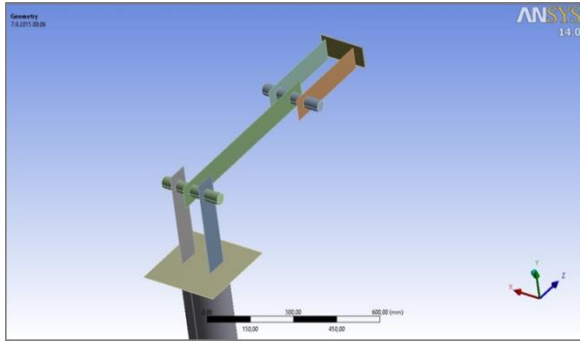


a) Sayısal model genel görünüm

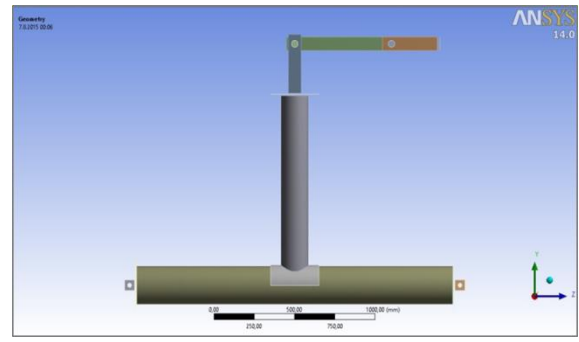


b) Sayısal model ön görünüm

Şekil 3. ANSYS programı sayısal model görüntüleri



a) Yükleme kolu numune bağlantı noktası tanımlaması

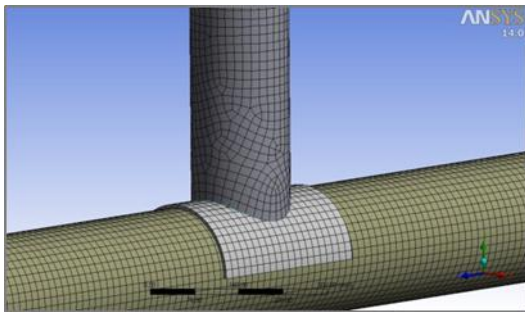


b) Yükleme kolu deplasman tanımlaması

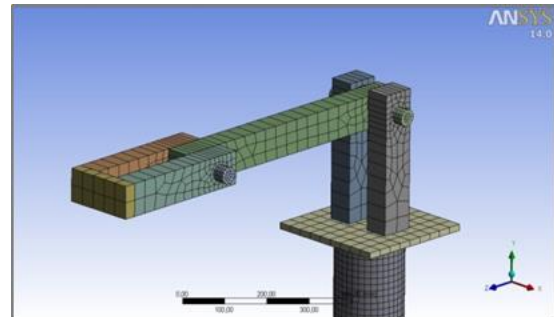
Şekil 4. Yükleme kolu ve yük etkime şeklinin sayısal modeli

Sonlu elemanlarda gerçeğe yakın bir sonuç elde edebilmek için uygun element tipinin seçimi ve gerekli sayıda kullanılması önemli bir husustur. Kullanılan elementlerin büyüklüğünün hesaplama alanı içindeki değişimleri yansıtacak kadar küçük olması istenir. Gereksiz çok sayıda elemana bölünmesi de analiz süresini uzatması sebebiyle istenilmemektedir. Bunun için özellikle gerilmelerin yoğun olduğu bölgeler gibi sonucu daha fazla etkileyen kısımlarda

element boyutları düşürülerek uygun aralıkta bir sonlu elemana bölme (mesh) işlemi yapılmalıdır. Yapılan bu çalışmada ANSYS programı için uygun mesh aralığı 20000-22000 arasında yakalanmış ve analizler bu aralıkta yapılmıştır. Birleşim bölgesi ve bu alana yaklaşan kısımlarda sonlu eleman boyutları küçültülerek analiz derinliği artırılmıştır. Şekil 5’de bu meshleme işlemine ait oluşturulan modellere ait detaylar verilmektedir.



a) Düğüm noktası sonlu eleman modeli



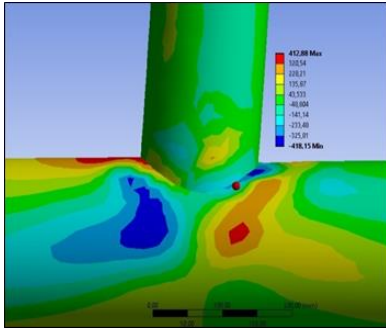
b) Yükleme kolu sonlu eleman modeli

Şekil 5. ANSYS programı sayısal model meshleme görüntüleri

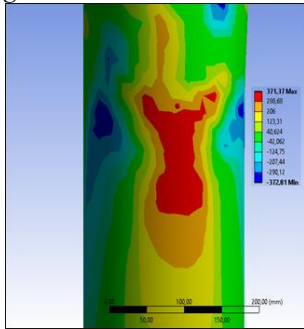
3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

3.1. Deneysel ve Sayısal Sonuçların Değerlendirilmesi

Şahit numune için yapılan deneysel analizde kirişin kolon üzerine aracısız olarak bağlanması sebebi ile kolon üzerinde lokal burkulmalar meydana gelmiş, bu durum yük deplasman eğrisine rijitlik ve kapasite kaybı olarak yansımıştır. Şahit numune için ANSYS programı kullanılarak yapılan sayısal analizden elde edilen gerilme dağılımlarını ifade eden görseller Şekil 6'da sunulmuştur. Gerilme dağılımları incelendiğinde, deneysel analizden elde edilen durum ile birebir benzerlik gösterdiği görülmektedir. Kiriş-kolon birleşim bölgesi ve kolon üzerinde meydana gelen şekil değiştirme durumları, gerilme yığılmaları olarak sergilenmiş ve yığılmalar kiriş birleşim noktasından başlayarak kolon üzerinde dağılıp sönümlenmiştir. Gerilme yığılmalarının olduğu bölgede doğrusal (lineer) sınır aşılmış ve kolon üzerinde meydana gelen lokal şekil değiştirmeler plastik sınırlar dahilinde kalmıştır.



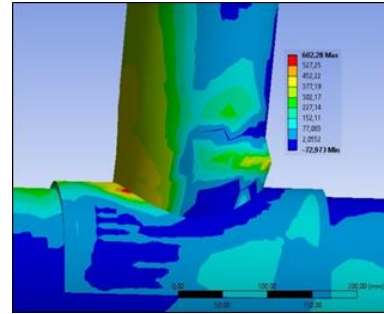
a) Kiriş-kolon birleşim bölgesi gerilme dağılımı



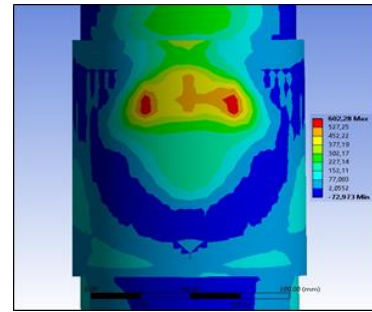
b) Kolon üstü gerilme dağılımı

Şekil 6. Şahit numune sayısal analiz sonucu gerilmedağılımları ve görünüşleri

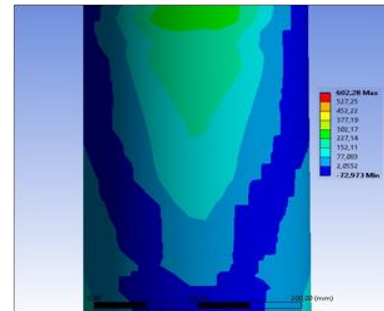
Kiriş başlığının kolon başlığında meydana getirdiği lokal deformasyon etkilerini yok etmek amacıyla kiriş-kolon birleşim bölgesine başlık levhası eklenmiştir. Birleşime eklenen başlık levhaları ile birlikte şahit numunede kolon üzerinde meydana gelen deformasyonların önüne geçilmiş ve birleşim kirişte plastik mafsallık oluşturulabilecek yeterlilikte rijitlik düzeyine ulaşmıştır. Bu sayede kolon rijit bir birleşim için gerekli dayanımı sergilemiş, güçlü kolon zayıf kiriş prensibine uygun şekilde kirişte plastik mafsallık oluşumuna bağlı şekil değiştirme oluşmuştur. Düğüm noktası mekanizmaya bağlı kapasite kaybına uğramış ancak, birleşimdeki profiller, alın levhası ve kaynak üzerinde herhangi bir yırtılma oluşmamıştır (Şekil 7).



a) Kolon – kiriş birleşim bölgesi gerilme dağılımı



b) Başlık levhası gerilme dağılımı



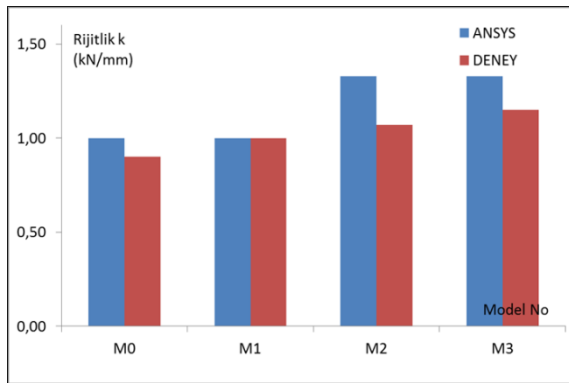
c) Kolon üstü gerilme dağılımı

Şekil 7. Başlık levhalı numune gerilme dağılımı

3.2. Deneysel ve Sayısal Model Rijitlik Değerlerinin Karşılaştırılması

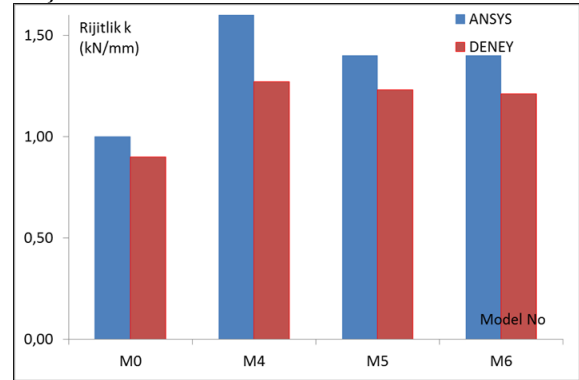
Deneysel ve ANSYS sonlu elemanlar programı ile sayısal analizleri yapılan numuneler için elde edilen kapasite eğrileri kullanılarak, düğüm noktası bir birim deplasman için rijitlik değerleri hesaplanmıştır. Rijitliklerin hesaplanmasında kapasite eğrilerinin lineer bölgedeki eğimi kullanılmıştır. Şekil 8 ve 9'da şahit numune ile cidar kalınlıkları farklı başlık levhası eklenerek oluşturulan numunelerin rijitlik değişimleri karşılaştırılmıştır.

Şekil 8'de birleşimin şahit numune ve 6 mm cidar kalınlığına sahip farklı boyutlardaki başlık levhalı numunelerin sayısal ve deneysel analiz sonucu hesaplanan rijitlik değerleri gösterilmiştir. Buna göre, başlık levhası kullanılan numunelerde şahit numuneye kıyasla rijitlikte artış sağlandığı hem sayısal hem de deneysel analiz sonuçlarından görülmektedir. Ayrıca, başlık levhası V_a boyunun rijitlik üzerinde etkili olduğu, levha boyu artışı ile rijitliğin paralel olduğu, düğüm noktasında güçlü kolon zayıf kiriş prensibine daha da yaklaşıldığı görülmektedir. Birleşime eklenen 6 mm cidar kalınlığına sahip başlık levhası ile birlikte rijitlikte deneysel analiz sonucuna göre %28, sayısal analize göre %33 oranında artış sağlanmıştır.



Şekil 8. Şahit numune ve 6 mm cidar kalınlığında başlık levhalı numunelerin rijitlik değerlerinin karşılaştırılması

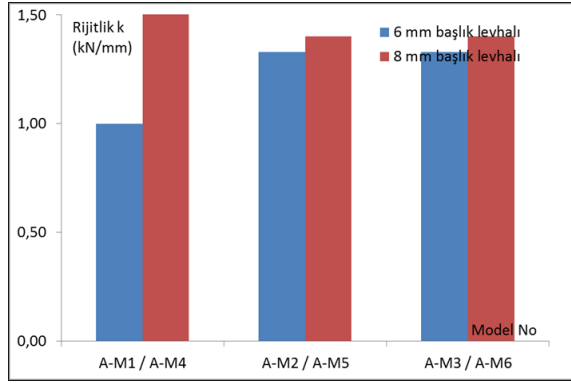
Şekil 9'da birleşimin şahit numune ve 8 mm cidar kalınlığına sahip farklı boyutlarda başlık levhalı numunelerin sayısal ve deneysel analiz sonucu hesaplanan rijitlik değerleri gösterilmiştir. Buna göre düğüm noktası şahit numune açısından değerlendirildiğinde, başlık levhasının birleşim rijitliğini arttırdığı görülmüştür. Ancak, bu artışı gösteren grafik incelendiğinde; boyutsal parametre bakımından en küçük levhanın kullanıldığı numunede rijitlik değişimi diğerlerine kıyasla ayrılmıştır. Bu durum, kolon yüzeyine sadece levha kenarı boyunca bağlantısı sağlanan başlık levhasının, kolondan bağımsız davranan yüzeyinden kaynaklanmakta olup, bu yüzey arttıkça, rijitlikte buna paralel olarak azalmaktadır. Ancak, şahit numuneye kıyasla başlık levhalı numunelerde birleşim istenilen rijitlik düzeyine gelmekte ve kırıšteplastik mafsallık durumuna gelebilecek kapasite değerine ulaşmaktadır.



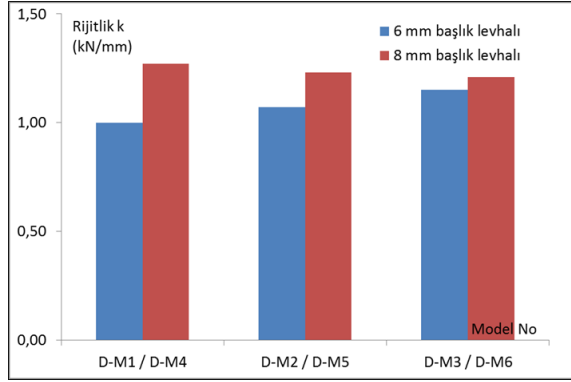
Şekil 9. Şahit numune ve 8 mm cidar kalınlığında başlık levhalı numunelerin rijitlik değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 10 ve 11'de numunelerin deneysel ve sayısal analiz sonucuna göre rijitlik değerleri cidar kalınlığının etkisi altında değerlendirilmiştir. Buna göre, birleşime eklenen başlık levhası cidar kalınlığındaki artışın birleşim rijitliğiyle paralel seyrettiği ancak, cidar kalınlığı ile beraber levha boyutundaki artışın düğüm noktası rijitliğini aynı oranda etkilemediği görülmektedir. Bu durum, kullanılan levhanın montaj şekliyle irtibatlı olarak basınç ve çekme etkisi altında

farklı reaksiyonlar üretmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 10. 6-8 mm cidar kalınlığında başlık levhali numunelerin ANSYS sayısal analiz sonucuna göre rijitlik değerlerinin karşılaştırılması



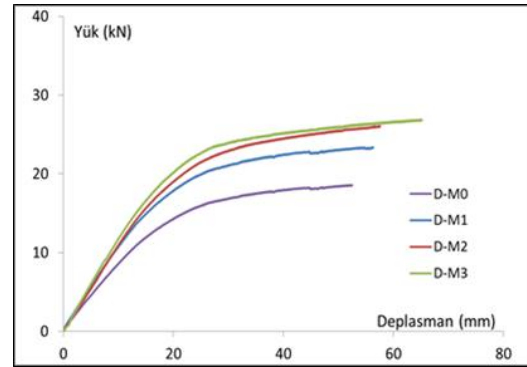
Şekil 11. 6-8 mm cidar kalınlığında başlık levhali numunelerin deneysel analiz sonucuna göre rijitlik değerlerinin karşılaştırılması

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

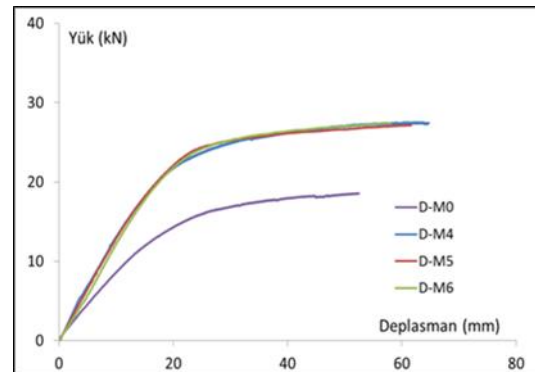
Çalışmada deneysel ve sayısal analizler, başlık levhasız (şahit numune) ve farklı ebatlarda başlık levhali olmak üzere iki ana başlık altında gruplandırılmıştır. Eğilme etkisi altındaki birleşimde, kolonda oluşan lokal burkulma etkilerini engelleyebilmek amacıyla başlık levhası elemanları kullanılmıştır. Birleşime ait kolon ve kiriş boyutları sabit tutularak başlık levhası boyutları değiştirilmiş, bu sayede farklı boyutlardaki başlık levhalarına sahip belirli bir birleşimin moment taşıma kapasiteleri hesaplanmıştır. Bu kapsamda; çalışmada başlık levhasız olarak dizayn edilen şahit numune niteliğinde olan model üzerinde

yapılan analizlerde, eğilme etkisi altında kolonda deformasyon meydana gelmiş ve beklenen güçlü kolon-zayıf kiriş davranışı sergilenememiştir. Eğilme etkisi altındaki düğüm noktasında, kolon üzerindeki deformasyonları engellemek ve kolon rijitliğini arttırmak için aynı birleşim altı farklı başlık levhası ile tekrar deneye tabi tutulmuştur. Şahit numune ve farklı cidar kalınlığı ile değişik levha boyutlarına sahip başlık levhali numunelerin eğilme etkisi altındaki yük deplasman eğrileri aşağıdaki şekillerde sunulmuştur.

Şekil 12 ve 13'de şahit numune, başlık levhali numunelerden elde edilen yük deplasman eğrileri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Çalışmada 3 farklı boyutsal değişime sahip levhalar, iki farklı cidar kalınlığı altında incelenmiştir.



Şekil 12. Şahit numune ve 6 mm kalınlığında başlık levhali numunelerin yük-deplasman eğrilerinin karşılaştırılması



Şekil 13. Şahit numune ve 8 mm kalınlığında başlık levhali numunelerin yük-deplasman eğrilerinin karşılaştırılması

6-8 mm cidar kalınlığına sahip levha ile güçlendirilmiş numunelere ait kapasite eğrileri incelendiğinde, hem sayısal hem de deneysel analizlerden elde edilen sonuçlardan tüm başlık levhali durumlarda kapasite artışının sağlandığı görülmektedir. Şekil 12’de 6 mm kalınlığında başlık levhali numuneler kendi aralarında kıyaslandığında, kapasitedeki en büyük artışın en büyük levha boyutuna sahip numunede elde edildiği tespit edilmiştir. 8 mm kalınlığında başlık levhali numunelere ait Şekil 13’deki kapasite eğrisi incelendiğinde ise, levha boyutu değişmesine rağmen kapasite eğrisinin değişiminin etkilenmediği, en küçük ve en büyük boyutlara sahip levhanın kapasite eğrisinin aynı düzlemde sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu durum, kolon başlığına sadece levha kenarları boyunca sabitlenen levhanın eğilme etkisi altında kolondan bağımsız davranışın sınırlandırılmasından kaynaklanmaktadır. 8 mm cidar kalınlığına sahip levhanın kullanıldığı numunelerde cidar kalınlığındaki artışın levhanın deformasyonunu sınırlamasına rağmen, üzerinde meydana gelen deformasyonların birleşimin kapasite eğrisini etkilemediği görülmüştür.

Sonuç olarak; eğilme etkisi altında dairesel kesitli profillerin kullanıldığı birleşimlerin test edildiği bu çalışmada: çeşitli boyut ve cidar kalınlığına sahip tüm başlık levhali numunelerde, birleşimlerde meydana gelen lokal deformasyonların önüne geçilmiş olup, kirişte plastik mafsallı oluşumunu sağlayacak rijitlik değerleri elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

Bayraktar, D., 2015. Eğilme Etkisi Altında Çelik Boru Kiriş ve Kolonun Kaynaklı Kurtağzı Birleşiminde Dönme Kapasitesinin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 96 s., Isparta.

Çelik, D., 2013. Kutu Kesitli Kiriş-Kolon Birleşimlerinin Süneklik Detaylarının Belirlenmesi. Süleyman Demirel

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 224 s., Isparta.

Design Guide 1, For Circular Hollow Section (Chs) Joints Under Predominantly Static Loading. Comité International Pour Le Développement Et L’étude De La Construction Tubulaire.

Design Guide 1, For Rectangular Hollow Section (Rhs) Joints Under Predominantly Static Loading. Comité International Pour Le Développement Et L’étude De La Construction Tubulaire.

Eurocode 3, 2003. Design of steel structures Part 1-8: Design of joints. European Committee For Standardization, Brussels.

Kımillı, N., 2014. Kutu Kiriş-Boru Kolon Kurtağzı Birleşimlerinin Yapısal Davranışlarının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 110 s., Isparta.

Lee, M.M.K., Parry, A.L., 1999. Strength of Ring-Stiffened Tubular T-Joints In Offshore Structures- A Numerical Parametric Study. Journal of Constructional Steel Research, 51 (1999), 421-430.

TDY 2007, (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

Tübitak Proje, 2013. Kutu Kesitli Kiriş-Kolonların Alın Levhali Kaynaklı Moment Aktaran Birleşimleri için Süneklik Detaylarının Belirlenmesi, Prj No:111M125.

Wang, W., Chen Y.Y., 2007. Hysteretic Behaviour of Tubular Joints Cyclic Loading. Journal of Constructional Steel Research, 63, 1384-1395.