

Soğuk Şekil Verilmiş Bükümlü Çeliklerin Tek Eksenli Basınç Davranışı

The Uniaxial Compressive Behavior of Corrugated Cold Formed Steel Members

Mahmut KILIÇ*

Atatürk üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25030, Erzurum

• Geliş tarihi / Received: 20.02.2018 • Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 23.07.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 15.08.2018

Öz

Kemer şeklinde üretilen kendinden dişli (bükümlü) kaplamalar basit yapılar inşa etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşımın ardındaki teknoloji tamburlu şekillendirme teknolojisi (Roll Forming Machine- RFM) ile sağlanmaktadır. Bu teknoloji ve uygulamaları inşaat sektörünün ilgisini çekse de Avrupa Birliği açısından bazı teorik ve tasarım ilkelerinde eksiklikler bulunmaktadır. Özellikle geçici yapılarda kullanılan bu teknolojinin imalat ve montajı basit ve hızlıdır. Bu teknolojinin ardında hafif çelik elemanlarda diş oluşturmak suretiyle atalet momentini artırmak bulunmaktadır. Böylece, geleneksel yapım tekniğine göre daha hafif ancak yeterli taşıma gücüne sahip sistemlerin tasarımı mümkün olmaktadır. Teorik altyapısı oluşmamış olan bu sistemin altyapısının oluşturulması amacıyla bu çalışmada, soğuk şekillendirilmiş bükümlü kemer tipli kesitlerin tek eksenli basınç davranışı deneysel olarak incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Basınç davranışı, Bükümlü eleman, Soğukta şekil verilmiş çelik, Tamburlu şekillendirme teknolojisi, Tek eksenli yükleme

Abstract

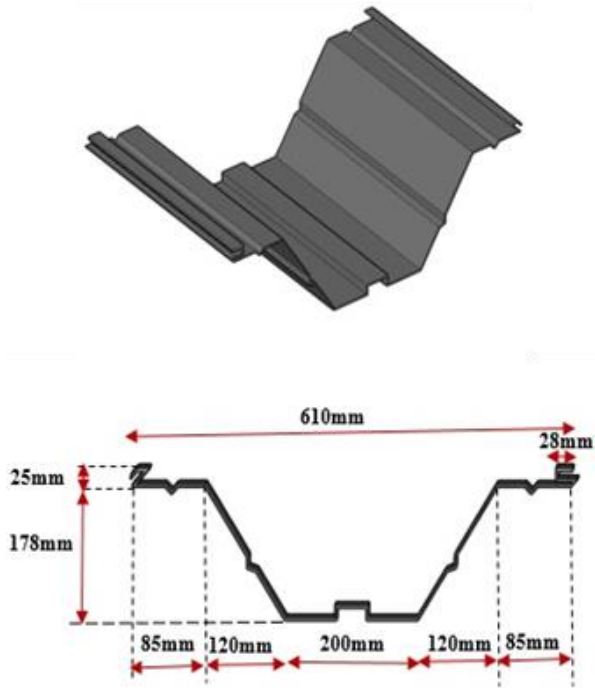
Corrugated arch type coatings are widely used to construct simple structures. The technology behind this concept is evaluated by Roll Forming Machine (RFM). As a basic load carrying system, arch type cold formed steel members are manufactured with this technology. However, the technology and its applications are getting in consideration by construction industry, there are some theoretical and design absences for the European Union. The manufacturing and assemblage of these type of members are fast and easy, and they are specifically used for temporary facilities. The basic concept of this technology is to increase the moment of inertia of the cold formed steel members by forming dents. Thus, it is possible to design systems that are lighter than traditional construction techniques, but have the sufficient strength. Within the case of the theoretical background is not adequate for this type of members, the uniaxial compressive behavior of cold-formed corrugated arch type sections are observed, experimentally within this work.

Keywords: Compressive behavior, Corrugated member, Cold formed steel, Roll forming technology, Uniaxial load

* Mahmut KILIÇ; mahmut.kilic@atauni.edu.tr; Tel: (0530) 492 19 87; orcid.org/0000-0003-0947-685X

1. Giriş

Tamburlu şekillendirme teknolojisi (Roll Forming Machine-RFM) sayesinde hızlı ve ucuz çözümler ortaya çıkmaktadır. Tamburlu şekillendirme teknolojisi ile çelik ve/veya alüminyum levhalar gibi elamanlar soğuk şekil verilerek dişli (bükümlü) bir hale sokulmaktadır. Bu durumda k-span adı verilen elamanlar ortaya çıkmaktadır. Bu teknoloji sayesinde üretilen k-span elamanların birbirlerine kenetlenerek birleştirilmesi sonucu oluşturulan yapılar yaygın hale gelmeye başlamışlardır. Amerika Birleşik Devleti ile başlayan bu üretim giderek yaygınlaşmıştır. Şekil 1 de tamburlu şekillendirme teknolojisi (RFM-Roll Forming Machine) ile üretimi yapılan k-span örneği görülmektedir (M.I.C. Industries Inc.; Gençler Metal LTD. ŞTI).

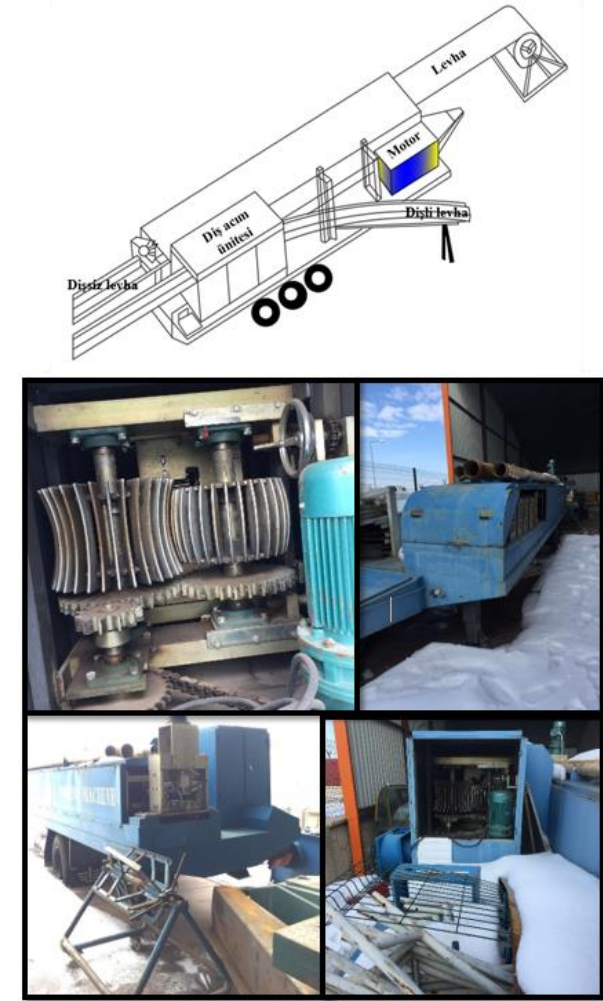


Şekil.1. k-span: model ZX-610

Bu üretim sayesinde hafif çelik sac panellere soğuk şekil verilerek hem yapı öz ağırlığı düşürülerek deprem davranışı iyileştirilmekte, hem de daha ekonomik yapılar elde edilmektedir. Standart bir formda üretimleri yapıldığı için beton ve çeliğe göre imalat hataları daha azdır. Bu durum görsel bozuklukları, çalışma alanı kısıtlamalarını vb. minimize etmektedir; daha güvenli geniş tasarımları mümkün kılabilir. Bu yapılar, Amerikan Standartlarına göre yapılan bu çalışmada, öncelikle kemerler arsa genişliğinde

gereki aralıkları oluşturmak için kesilir ve makineye verilir. Daha sonra kavisli bir şekil verilerek elde edilmek istenen kemer şekli oluşturulur. Kaspan şeklindeki hafif çelik elaman için uygun bir teorik model bulunmamaktadır. Kemer içine kıvrılmış berkitme gibi görev yapabilen paneller sırasında oluşan katlama şekilleri belirsizlikler içermektedir (Eurocode 3, 2006). Bu çalışmada, tek eksenli yükleme altında k-span panelleri üzerindeki dişlerin etkisinin deneysel olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Walentyński (2004) ve Cybulski ve Koziel (2011) çalışmalarında tamburlu şekillendirme teknolojisinin sorunları hakkında çalışmalar yapmışlardır. Şekil 2’de tamburlu şekillendirme teknolojisinin (RFM)’nin şekli görülmektedir.

Şekil 2’de tamburlu şekillendirme teknolojisinin (RFM)’nin şekli görülmektedir.



Şekil. 2. Tamburlu şekillendirme (RFM) makinesi genel görünümü

Şekil 3 de soğuk şekil verilmiş hafif çelik levhalardan tonoz tipi bir k-span’ nın şantiyede uygulanması görülmektedir. Paneller ölçülerinde kesilip dikiş makinesi yardımıyla birbirlerine sıkılarak sabitlenir. Daha sonra vinç yardımıyla uygulama yerine taşınarak montajı yapılır.



Şekil 3. Kemerli çelik levha kesitlerinin uygulaması

2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırmada, soğuk şekil verilmiş hafif çelik levhalardan üretilmiş iki tip elamanın aksenal yük altında yük-deformasyon ve yük-gerilme eğrileri incelenmiştir. Tamburlu şekillendirme teknolojisi kullanılarak elde edilen numunelerden ilk elaman kendinden dişli, diğer elamanda ise dişsiz olarak imal edilmiştir. Her iki numunede de yüklemeye

doğrultusuna paralel kat yerleri mevcut iken, birinci tip elamanda yüklemeye doğrultusuna dik dişlerde mevcuttur. Levha kalınlıkları 0.6 mm ve yükseklikleri ise 1500 mm 'dir. Bu araştırmada, k-span panelleri üzerindeki dış (katlama/büküm) etkisinin daha iyi anlaşılması için bir temel oluşturmaya çalışılmaktadır. Şekil 4 de incelenen iki tip deney modeli görülmektedir.



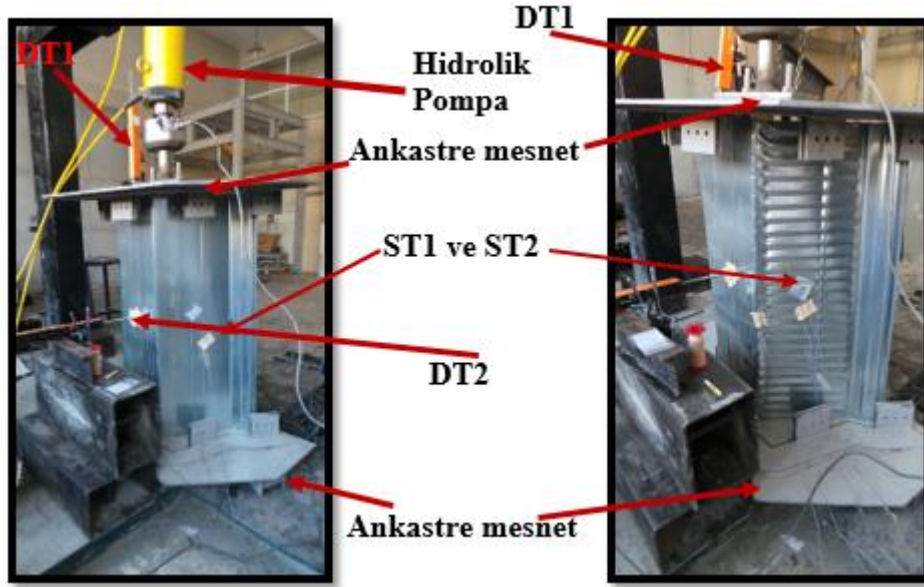
Şekil 4. Deneysel modeller a) Dişli model b) Dişsiz model

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı, Malzeme ve ve Tatbiki Mekanik laboratuvarında yapılmıştır. Deney düzeneğinde 90 ton kapasiteli

hidrolik pompa, 250 kN kapasiteye sahip yüklemeye hücresi (loadcell), deformasyon ölçüm cihazları (LVDTs-300 mm 2 adet), gerinim pulları (strain gauges yatay ve düşeyde birer adet), ve veri

toplama cihazı (data logger) kullanılmıştır (Aydın, 2015a; Aydın, 2015b; Maali, 2016; Maali, 2017). Kullanılan iki adet gerinim pulu ST1 ve ST2 adlarıyla deneylerin arkasında ve 600 mm yüksekliğinde dikey ve yatay sırasıyla yapıştırılmıştır. Deformasyon ölçüm cihazları (LVDT-300 mm) DT1 ve DT2 adları kullanarak dikey ve yatay deformasyonları ölçmek için yerleştirilmiştir. Yatay deformasyon ölçüm cihazı

DT2, 600 mm yüksekliğe yerleştirilmiştir. İki adet ankastre mesnet Şekil 4 teki gibi kullanılmıştır. Deneyler bir çelik inşaat (Gençler Metal Ltd. Şti.) firması yardımıyla hazırlanmıştır. Çalışmada amaç k-span (super span model 600) panelleri üzerindeki yüke dik doğrultudaki dişlerin etkisinin aksel yük altındaki davranışını incelemek için kurgulanmıştır. Deformasyon ölçüm cihazları ve deney düzeneği Şekil 5 te görülmektedir.

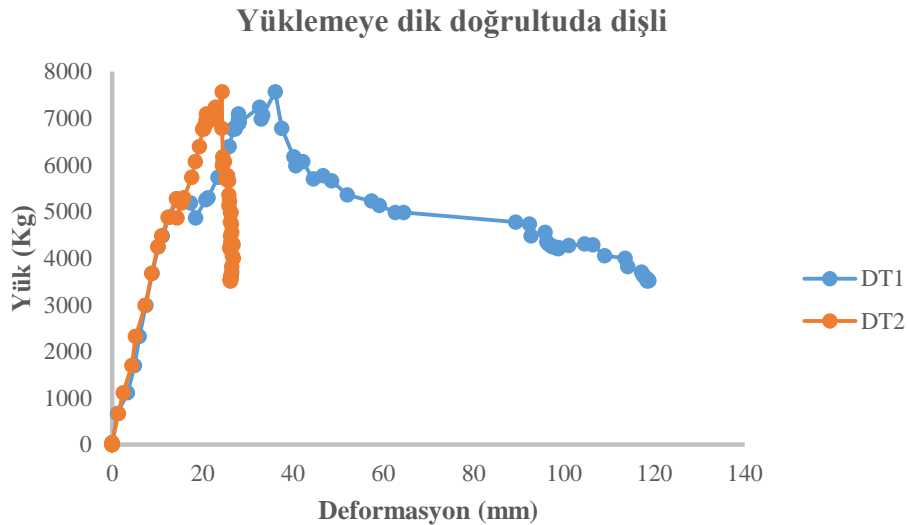


Şekil 5. Deney düzeneği

3. Bulgular ve Tartışma

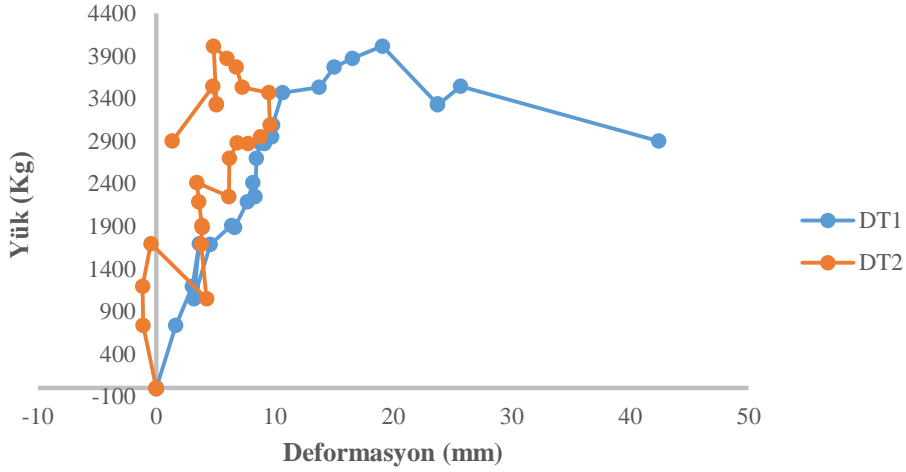
Şekil 6 ve 7 de yük-deformasyon eğrileri, Tablo 1'de her iki deneyin yük ve maksimum

deformasyon sonuçları verilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan yükleme doğrultusuna dik dişsiz ve dişli k-span elemanların aksel yük altında davranışları incelenmiştir.



Şekil 6. Yüklemeye dik doğrultuda dişli elemanın yük-deformasyon eğrisi

Yüklemeye dik doğrultuda dişsiz



Şekil 7. Yüklemeye dik doğrultuda dişsiz elemanın yük-deformasyon eğrisi

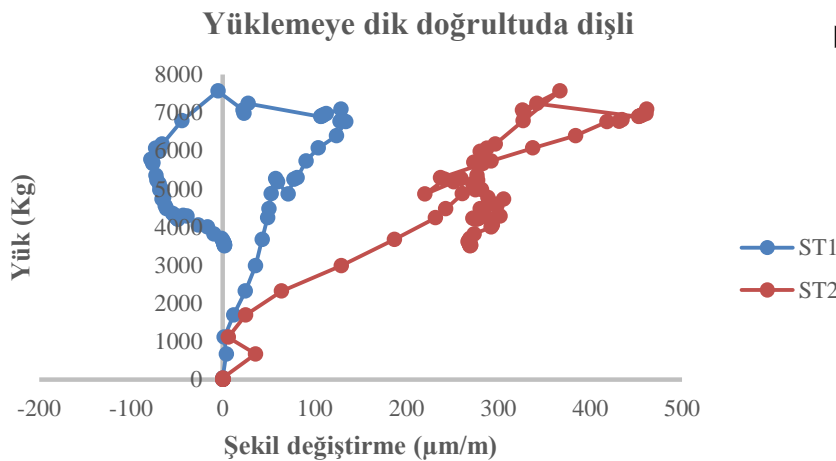
Yük doğrultusuna dik dişli (yatay katlamalı-yüke dik) elemanın yük taşıma kapasitesi yüke dik dişsiz (yatay katlamasız-yüke dik) elemandan 1.88 kat daha fazla olduğu görülmektedir (Tablo 1). Ayrıca, yatay dişli ve dişsiz elemanın deformasyonları kıyaslandığında yatay dişli elemanın 2.80 kat daha az deformasyon yaptığı görülmektedir. Sonuç olarak yük doğrultusuna dik dişler yük taşıma kapasitesini artırırken deformasyonları da

azaltmıştır. Şekil 8 ve 9 da yapılan çalışmada ele alınan iki tip eleman için yük-gerilme eğrileri gösterilmiştir. İki gerinim pulu yatayda ve düşeyde aynı davranışı göstermişler, aynı anda elastik bölgeden plastik bölgeye geçiş yapmışlardır. Ayrıca, şekil değiştirme yatay dişli kemerli çelik levha kesitinde dişsiz olana göre yaklaşık 2 kat daha fazla meydana gelmiştir.

Tablo 1. Yatay dişli ve dişsiz elemanların yük-deformasyon değerleri

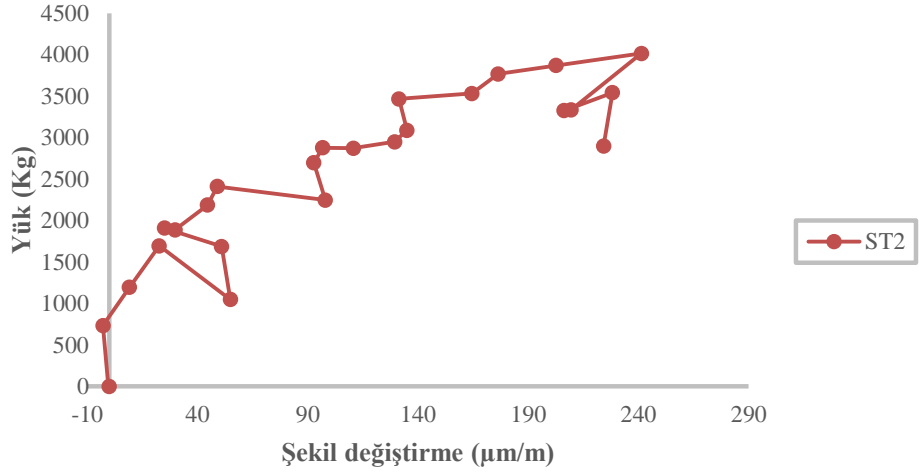
Model	Maks. yük (kg)	Maks. deformasyon (mm)	Maks. Yük (EX2) / Maks. yük (EX1)	Maks. deformasyon (EX2)/ Maks. deformasyon (EX1)
EX1*	4014.61	42.40	1.88	2.80
EX2**	7564.32	118.61		

*Yüklemeye dik doğrultuda dişsiz **Yüklemeye dik doğrultuda dişli



Şekil 8. Yüklemeye dik doğrultuda dişli elemanın yük-şekil değiştirme eğrisi

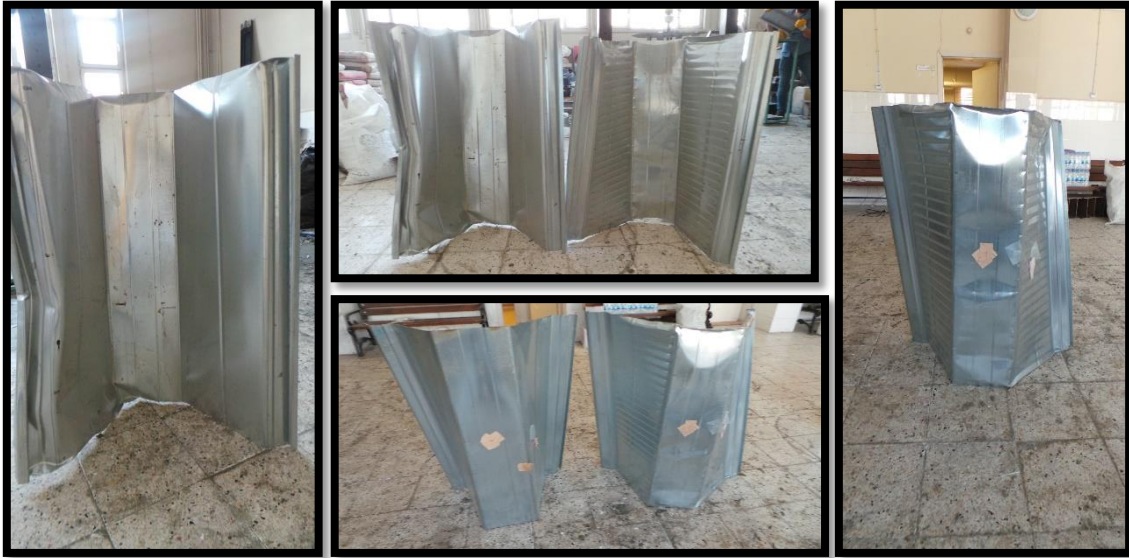
Yüklemeye dik doğrultuda dişsiz



Şekil 9. Yüklemeye dik doğrultuda dişsiz elemanın yük-şekil değiştirme eğrisi

Kemerli çelik levha kesitlerinin öne çıkan dezavantajı yapım esnasında oluşabilen kusur ve yanal burkulma hassasiyeti olarak değerlendirilebilir. Şekil 10 da görüldüğü gibi yük doğrultusuna dik dişsiz ve dişli elemanlarla gerçekleştirilen deneylerde elemanlar kanatlara paralel ve dışa doğru burkulmuşlardır. Her iki elemanda da ortaya çıkan V şeklindeki hasarların yüke dik

doğrultuda katlaması olan elemanlarda daha çok sayıda oluştuğu görülmektedir. Oluşan hasarlar irdelendiğinde yatay dişsiz elemanda az sayıda ortaya çıkan V tipi hasarın daha büyük bir uzunlukta etkin olduğu görülürken, yatay dişli elemanda daha çok sayıda V hasar daha kısa mesafelerde etkili olmaktadır.



Şekil 10. Deneylerin göçme şekilleri

4. Sonuç

Bu çalışmada, k-span (model ZX-610) kemerli çelik levha kesitlerinin davranışını temsil eden yük-deformasyon eğrisinin belirlenmesi adına bir deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılan

deneysel çalışmalar göstermiştir ki, yük doğrultusuna dik doğrultuda oluşturulan katlamalar yük taşıma kapasitesini 1.88 kat artırmıştır. Ayrıca, yatay dişli elemanların deformasyonu dişsiz elemanlara göre 2.80 kat az çıkmıştır. Sonuç olarak yatay dişli eleman kullanımı hem yük taşıma

kapasitesini hem de deformasyon kapasitesini artırmıştır. Yatayda ve düşeyde bulunan gerinim pulları aynı davranışı göstererek aynı anda elastik bölgeden plastik bölgeye geçiş yapmışlardır. Tüm deneylerde numuneler açık ağzının baktığı yön doğrultusunda burkularak, V şeklinde göçmeler oluşturarak göçmüştür.

Kaynaklar

- Aydın A.C, Kılıç M, Maali M, ve Sagioglu M, 2015b. Experimental Assessment of the Semi-Rigid Connections Behavior with Angles and Stiffeners. Journal of Constructional Steel Research. 114, 338-348.
- Aydın A.C, Maali M, Kılıç M, ve Sagioglu M, 2015a. Experimental Investigation of Sinus Beams with End-Plate Connections. Thin-Walled Structures. 97, 35-43.
- Cybulski R, Koziel K, 2011. Introduction to stiffness investigation of ABM K-span arch structures. InterTech 2011 Conference. Poznań.
- European Standard; Eurocode 3 2006. Design of steel structures- Part 1-3: General rules – Supplementary rules for cold-formed members and sheeting. EN 1993-1-3.
- Gençler Metal LTD. ŞTI.; <http://www.genclermetal.com.tr/>
- M.I.C. Industries Inc.; <http://www.micindustries.com/>
- Maali M, Kılıç M, Sagioglu M, ve Aydın A.C, 2017. Experimental Model for Predicting the Semi-Rigid Connections' Behaviour with Angles and Stiffeners. Advances in Structural Engineering. 20(6), 884-895.
- Maali M, Kılıç M, ve Aydın A.C, 2016. Experimental Model of the Behaviour of Bolted Angles Connections with Stiffeners. Int. Journal of Steel Structures. 16(3), 1-15.
- Walentyński R, 2004. Design problems of cold formed light-weight ark structures. Local seminar of IASS Polish Chapter.