

# Asma Tavan İmalatında Kullanılan Profillerin Eniyileştirilmesi

**Tunç Safa Altunsaray**  
ATILIM Üniversitesi  
İmalat Mühendisliği Bölümü  
Ankara

**Tuğçe Hacaloğlu**  
ATILIM Üniversitesi  
İmalat Mühendisliği Bölümü  
Ankara

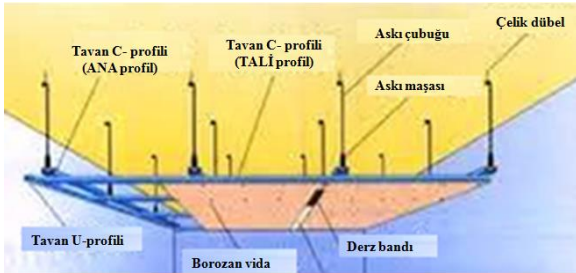
**Bilgin Kaftanoğlu**  
Prof. Dr.  
ATILIM Üniversitesi  
İmalat Mühendisliği Bölümü  
Ankara

*Bu çalışmada, galvanizli sac malzeme kullanılarak üretilen mevcut asma tavan imalatında kullanılan profillerin ankastre ve basit eğilmedeki sehimleri sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca, hesapları kontrol etmek ve gerçek ölçümleri yapabilmek için bir laboratuvar geliştirilmiş ve profiller üzerinde deneyler yapılmıştır. Laboratuvar ortamında, tavan imalatında kullanılan profillerin üzerinde ankastre ve basit eğilme yüklemeleri ile malzemenin elastik sınırını geçmeden deneyler yapılmış ve sehimler ölçülmüştür. Daha sonra, yeni profiller tasarlanmış ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yeni profillerin geometrileri eniyilenmiş ve bunlar standartlara göre verilen sınırlar içinde en az sehimi verecek şekilde geometrisi tasarlanmıştır ve malzeme kalınlıkları azaltılarak ekonomi sağlanmıştır.*

*Anahtar Kelimeler: Asma Tavan Profil, Ankastre, Basit Eğilme, Eniyileme, Sehim*

## GİRİŞ

İnşaat sektöründe, binaların tavan imalatında alçıpan levhaları tutturmak için, karşılıklı iki duvar üzerine, tavan yüksekliğinde, açık ağız içeriye dönük olarak tavan – U profili yatay olarak duvara vidalanmaktadır. U profillerin açık ağızları tavan C profillerinin uçlarının kılavuzlanması için kullanılmaktadır. Şekil 1, tavan U ve tavan C profillerinin uygulanmasını göstermektedir.



Şekil-1:Tavan U, tavan C profillerinin ve alçılevhaların uygulanması

Tavan C profilleri, tavan U profilleri arasına belli aralıklar ile yerleştirilmekte ve askı çubukları ile tavana sabitlenmektedir. Alçı levhalar ise, tavan C profillerine vidalanmaktadır. Böyle bir tasarımda, profillerde kullanılan malzemeyi mukavemet seviyesini düşürmeden kalınlığını azaltmak, tavan konstrüksiyonundaki yükü ve maliyeti azaltacaktır.

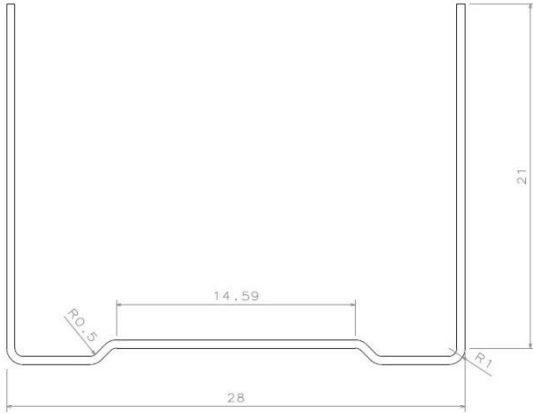
Bu araştırmanın amacı, tavan U ve C profillerinin dış ölçülerini değiştirmeden, geometrilerini değiştirerek ve kalınlıklarını azaltarak asgari olarak aynı elastik sehimi sağlamak yönünde olmuştur.

Asma tavan imalatında kullanılan profillerin eniyileştirilmesi ile ilgili kaynak araştırması yapıldığında az sayıda çalışmanın bulunduğu görülmektedir. Yapılan kaynak araştırmasında özellikle profillerin kesit alanlarının ikinci momentlerinin nasıl geliştirileceğine dair araştırmalar görülmüştür [1]. Kesit alanının ikinci momentinin geliştirilmesi ve yeni profillerin düşük sehim için tasarlanması için mevcut analitik analizler kullanılmıştır [2 ve 3]. Bu kitaplarda verilen analizler basit şekiller için geçerlidir. Bu nedenle ön araştırmalarda bu analizler kullanılmış olmakla beraber çalışmalarımızda ağırlıklı olarak sonlu elemanlar [http://www.mscsoftware.com/news/msc-apex-fossa-accelerates-cae-modeling-and-delivers-real-time-results-exploration] analizleri kullanılmıştır. Kaynak araştırması kapsamında bu konu ile ilgili faydalı model ve patent başvuruları olup olmadığı da araştırılmıştır. Bu alanda fazla çalışma yapılmadığı görülmüştür. Bu kapsamda ilgili görülen faydalı model ve patentler açıklanmıştır. Buluş, şekilli C profil ile ilgilidir [5]. C şekilli profilin yüksüz durumunda alt kısmı ile birlikte 90 dereceyi geçen bir açılma açısını kapsaması ile karakterize edilmektedir.

Prefabrik duvarlar, tavanlar ve C-şekilli veya U-şekilli enine kesite sahip olan yapılar gibi yapılar için bir metal profil açıklanmaktadır [6]. Flanşlardan en az birinin yüzeyinde, söz konusu profil, örneğin iç tarafa doğru bükülebilir ve aralayıcılar olarak kullanılabilen, U-şekilli kesitlere sahiptir.

## MEVCUT PROFİLLERİN ELASTİK BÖLGEDE SEHİM ANALİZLERİ

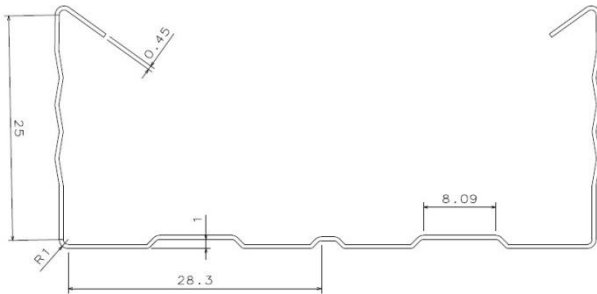
Bu araştırmada asma tavan imalatında kullanılmak üzere üretilen iki adet profil seçilmiştir. Uygulamada çok kullanılan bir adet Tavan C ve bir adet Tavan U profilleri Şekil 2 ve Şekil 3’de gösterilmiştir.



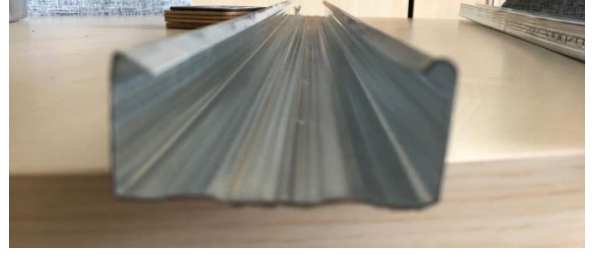
Şekil2: Mevcut Tavan U Prof



Şekil2a: Mevcut Tavan U Profili



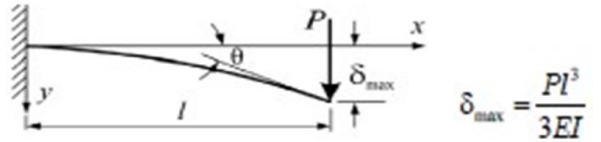
Şekil3: Mevcut Tavan C Profili



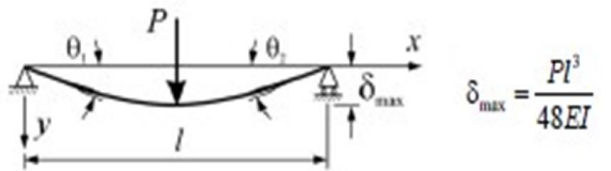
Şekil3a: Mevcut Tavan C Profili

## MEVCUT PROFİLLERİN ANKASTRE VE BASİT EĞİLMEDEKİ SEHİMLERİNİN HESAPLANMASI

Öncelikle Şekil 2’de gösterilen Tavan C ve Tavan U profillerinin ankastre ve basit eğilmedeki sehımlerinin hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Profiller üzerindeki yüklemeler Şekil 4 ve Şekil 5 ‘de görülmektedir. Bu çalışmada yapılan ankastre yüklemelerde parça uzunluğu(l) 1000 mm alınmış olup Tavan U ve Tavan C profilleri için farklı yükler uygulanmıştır. Basit eğilme test (Şekil5), iki ucundan bıçak sırtı ile desteklenmiş parçanın uzunluğunun ortasından yük uygulanması ile elastik bölgede oluşan sehimi göstermektedir. Basit eğilme testlerinde parça uzunluğu (l) 1057 mm alınmıştır.



Şekil4: Ankastre Test [2].

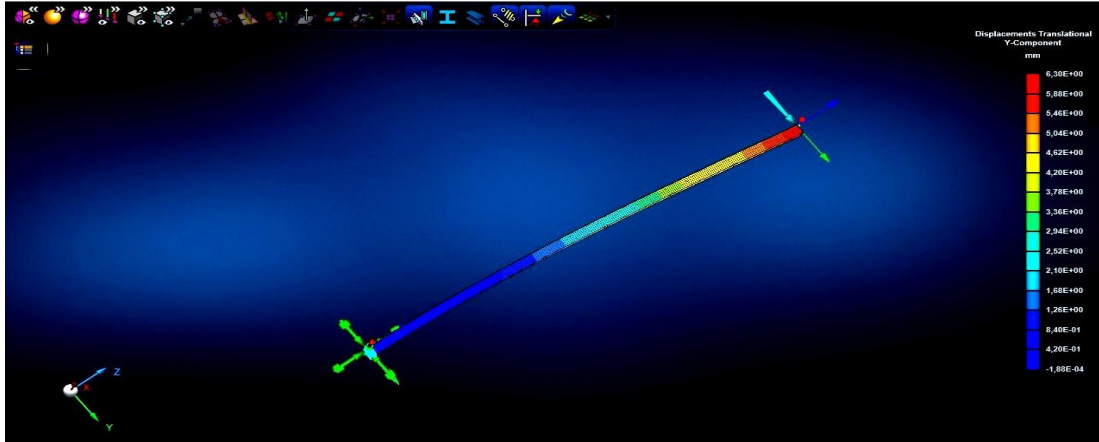


Şekil5: Basit Eğilme Test [2].

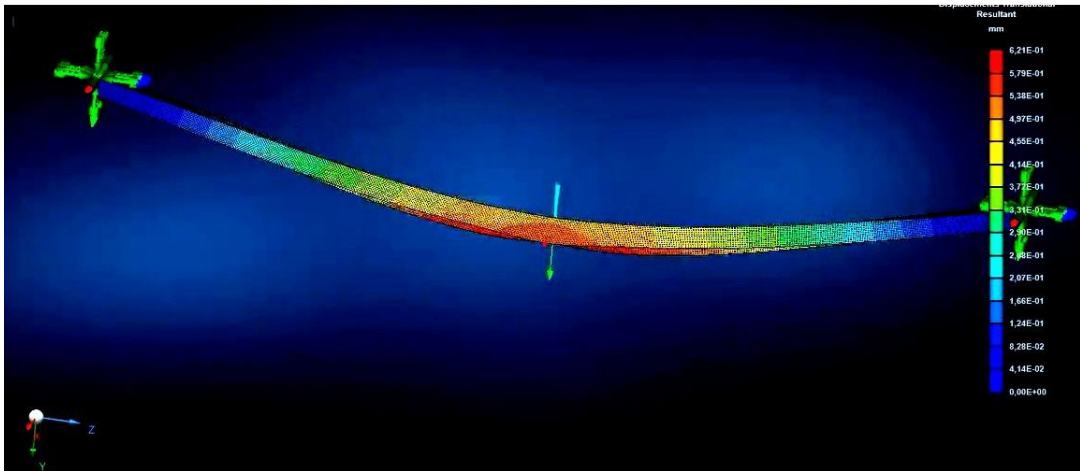
Bu hesaplamaları yapabilmek için öncelikle mevcut profillerin çizimleri bilgisayar ortamında Catia programı kullanılarak tasarlanmış olup daha sonra sonlu elemanlar yöntemi (Apex programı) ile nümerik hesaplamalar yapılarak sehımler bulunmuştur. Sonlu elemanlar analizlerinin modellemelerinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için kullanılan mevcut profillerin elastik modul değerleri laboratuvar deneyleri ile bulunmuştur. Tavan U profillerde kalınlık 0,40 olduğu için elastik modul değeri 206,57 GPA ve Tavan C profillerde kalınlık 0,45 olduğu için elastik modul değeri 209,32 GPA alınmıştır. Her iki profil içinde Possion oranı 0,3

olarak kabul edilmiştir. Sonlu elemanlar yönteminde yapılan Tavan U profilinin ankastre ve basit eğim yüklemelerinin ayrıntılı modellemesi Şekil 6'da

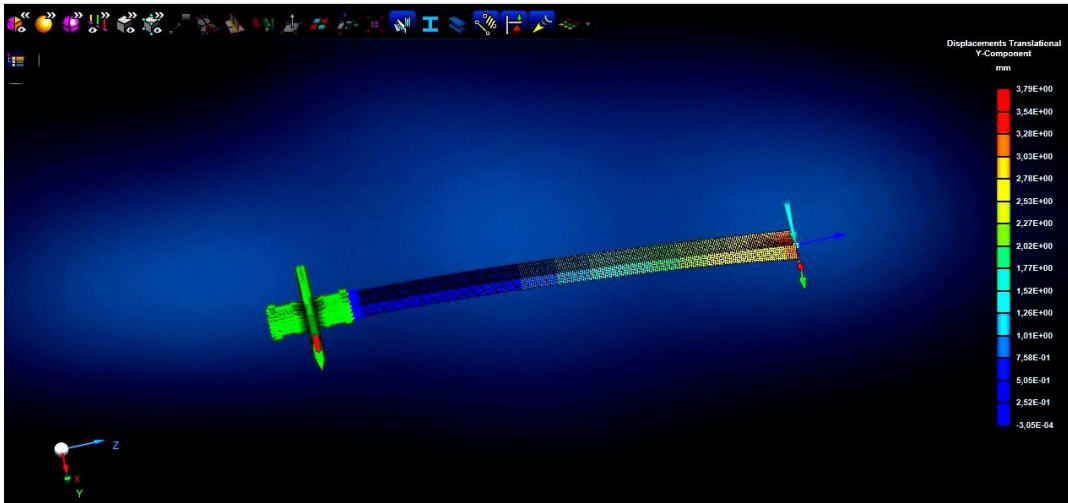
gösterilmiştir. Tavan C profilinin ankastre ve basit eğim yüklemelerini ayrıntılı modellemesi Şekil 7'de gösterilmiştir.



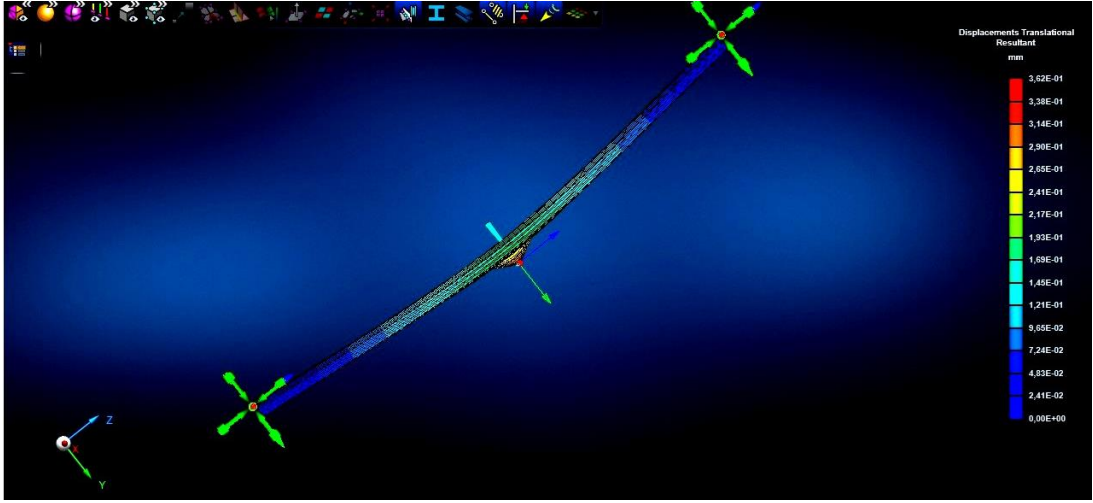
Şekil6a:Tavan U Ankastre Yükleme



Şekil6b:Tavan U Basit Eğilme Yükleme



Şekil7a: Tavan C Ankastre Yükleme



Şekil7b:Tavan C Basit Eğilme Yükleme

Yapılan sonlu eleman analizlerinde mesh sonucu oluşan eleman sayıları Tablo 1 'de gösterilmiştir.

Tablo1: Sonlu Eleman Analizi Eleman Sayıları

	Mevcut Tavan U	Mevcut Tavan C
Ankastre Test için Eleman Sayısı	2574	11800
Basit Eğilme Test için Eleman Sayısı	36556	12664

## MEVCUT TAVAN U VE TAVAN C PROFİLLERİNİN DENEYSEL İNCELEMESİ

Tavan U ve Tavan C profillerinin sonlu elemanlar yöntemi ile numerik hesaplamalar yapılarak bulunan sehimler Tablo2 ve Tablo 4 'de belirtilmiştir. Geliştirilen laboratuvarında (Şekil 8) yapılan Tavan U ve Tavan C profillerinin Ankastre ve Basit eğilme deneyleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda çıkan sonuçlar Tablo 3 ve Tablo 5 'de gösterilmiştir.



Şekil8: Tavan U ve C Profilleri Test Laboratuvarı

Tablo2:Sonlu Elemanlar Yöntemi Ankastre Test

	Kalınlık Malzeme Kalınlığı(mm)	Ankastre Yük(N)	Apex Sehim(mm)
Mevcut Tavan U	0,40	5,311134	6,3
Mevcut Tavan C	0,45	10,212	3,79

Tablo3:Laboratuvar Deney Yöntemi Ankastre Test Sonuçları

	Kalınlık Malzeme Kalınlığı(mm)	Ankastre Yük(N)	Laboratuvar Sehim(mm)
Mevcut Tavan U	0,40	5,311134	6,3
Mevcut Tavan C	0,42	10,212	4,39

Tablo4: Sonlu Elemanlar Yöntemi Basit Eğilme Test

	Kalınlık	Basit Eğilme	Apex
	Malzeme Kalınlığı(mm)	Yük(N)	Sehim(mm)
Mevcut Tavan U	0,40	5,311134	0,621
Mevcut Tavan C	0,45	10,212	0,362

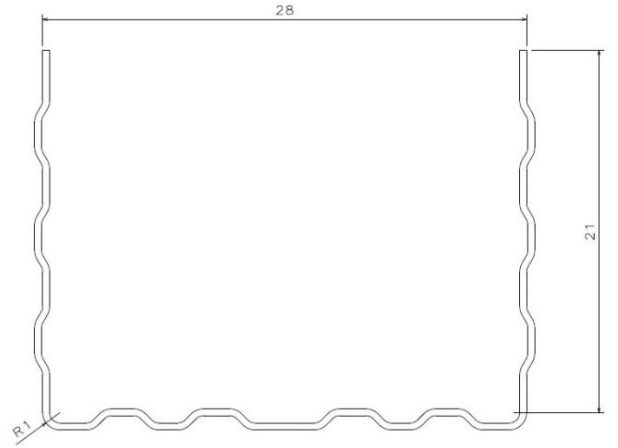
Tablo5: Laboratuvar Yöntemi Basit Eğilme Test

	Kalınlık	Basit Eğilme	Laboratuvar
	Malzeme Kalınlığı(mm)	Yük(N)	Sehim(mm)
Mevcut Tavan U	0,40	5,311134	0,55
Mevcut Tavan C	0,45	10,212	0,44

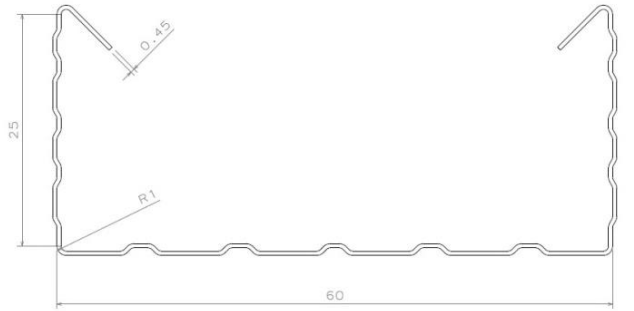
Laboratuvarda yapılan deneylerde bulunan sonuçlar ile sonlu elemanlar yöntemin ile yapılan munerik hesaplamalarda elde edilen değerlerin uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir. Farklılık gösteren değerlerin, laboratuvar deney ortamında kullanılan Tavan U ve Tavan C profillerin kalınlıklarındaki küçük farklılıklardan oluştuğu gözlemlenmiş olup gerekli matematiksel işlemler yapıldığı zaman sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan numerik hesaplamaların, laboratuvar ortamında yapılan deneysel değerler ile uyum içerisinde olduğu bulunmuştur. Bu uyumun %5 hata payı içinde olduğu görülmüştür.

### YENİ PROFİL TASARIM VE ENİYİLEŞTİRİLMESİ

Tavan-U profilinin kesitinde, standartlar gereği yan kenarının uzunluğu 22 mm, tabanının uzunluğu ise 28 mm olmak zorundadır. Tavan-C profilinin kesitinde, standartlar gereği yan kenarının uzunluğu 25 mm, tabanının uzunluğu ise 60 mm olmak zorundadır. Bu standart dışına çıkılmadan tasarımları değiştirilmiş olup yapılan ankastre ve basit eğilme test sonuçlarından sonra elastik bölgede mukavetlerinin geliştirilmesi ve daha ince galvaniz kaplamalı sac kullanarak en az aynı mukavemetin sağlanması amacı ile ikinci moment bölgesinde iyileştirmeler yapılması öngörülmüştür. Yeni profillerin tasarımı bilgisayar ortamında Catia programı kullanılarak tasarlanmıştır. Yeni Tavan U ve Yeni Tavan C profillerinin teknik çizimi şekil 9 ve şekil 10 'da gösterilmiştir.



Şekil 9: Yeni Tavan U Profil Tasarımı



Şekil 10: Yeni Tavan C Profil Tasarımı

### YENİ TAVAN PROFİLLERİN ANKASTRE VE BASİT EĞİLMEDEKİ SEHİMLERİNİN HESAPLANMASI

Öncelikle Şekil 9 ve 10'da gösterilen yeni Tavan C ve Tavan U profillerinin ankastre ve basit eğilmedeki sehımlerinin hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Profiller üzerindeki yüklemeler Şekil 4 ve Şekil 5 'de görülmektedir.

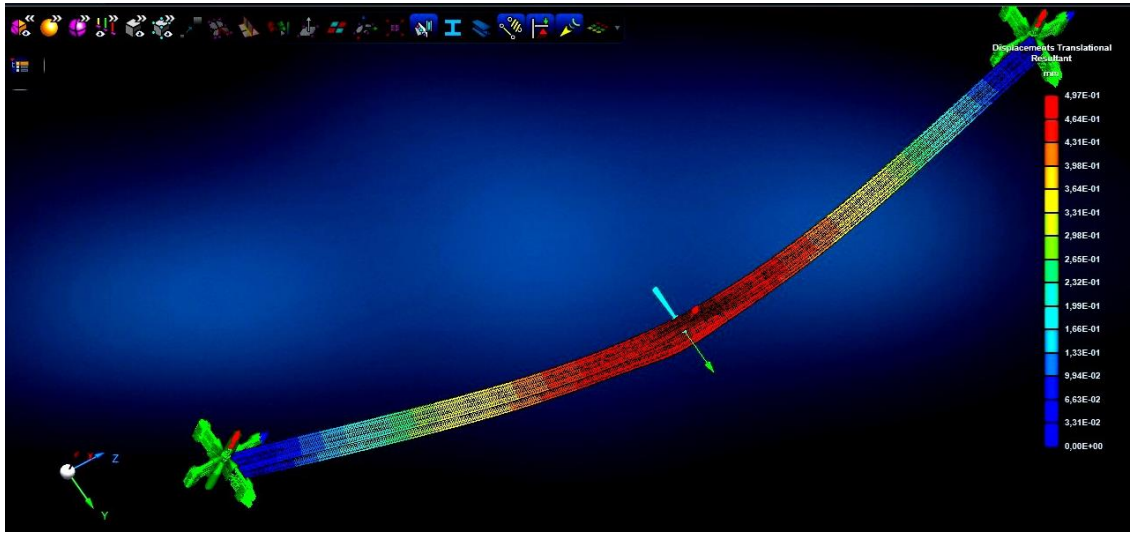
Bu çalışmada yapılan ankastre yüklemelerde parça uzunluğu (l) 1000 mm alınmış olup Yeni Tavan U ve Yeni Tavan C profilleri için farklı yükler uygulanmıştır. Basit eğilme test (Şekil 3), iki ucundan bıçak sırtı ile desteklenmiş parçanın uzunluğunun ortasından yük uygulanması ile elastik bölgede oluşan sehimi göstermektedir. Basit eğilme testlerinde parça uzunluğu (l) 1057mm alınmıştır.

Sonlu elemanlar yöntemi (Apex programı) ile nümerik hesaplamalar yapılarak sehımler bulunmuştur. Sonlu elemanlar yönteminde yapılan Tavan U profilinin ankastre ve basit eğilme yüklemelerinin ayrıntılı modellenmesi Şekil 11'de gösterilmiştir. Tavan C profilinin ankastre ve basit eğilme yüklemelerini ayrıntılı modellenmesi Şekil 12'de gösterilmiştir.

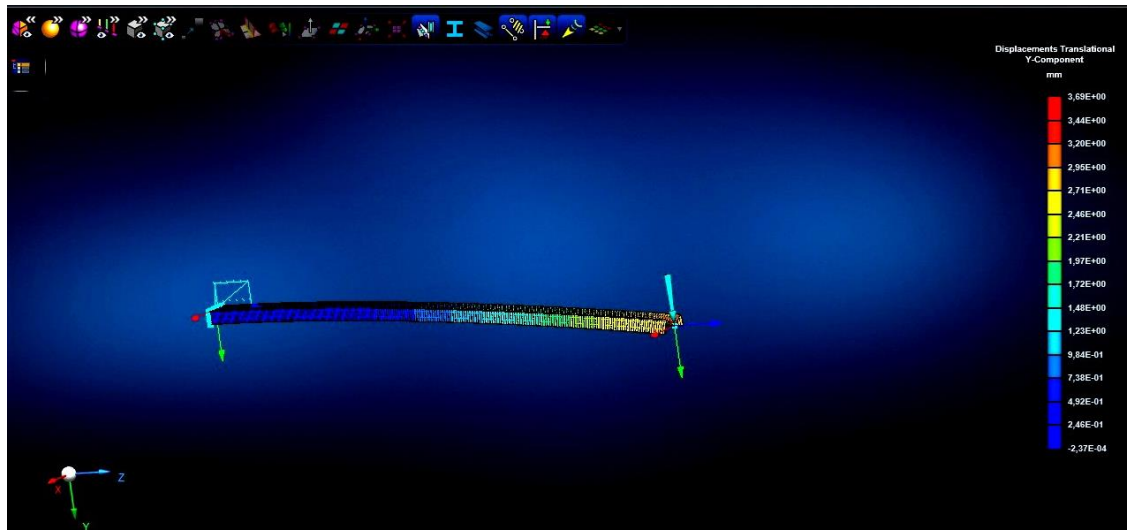




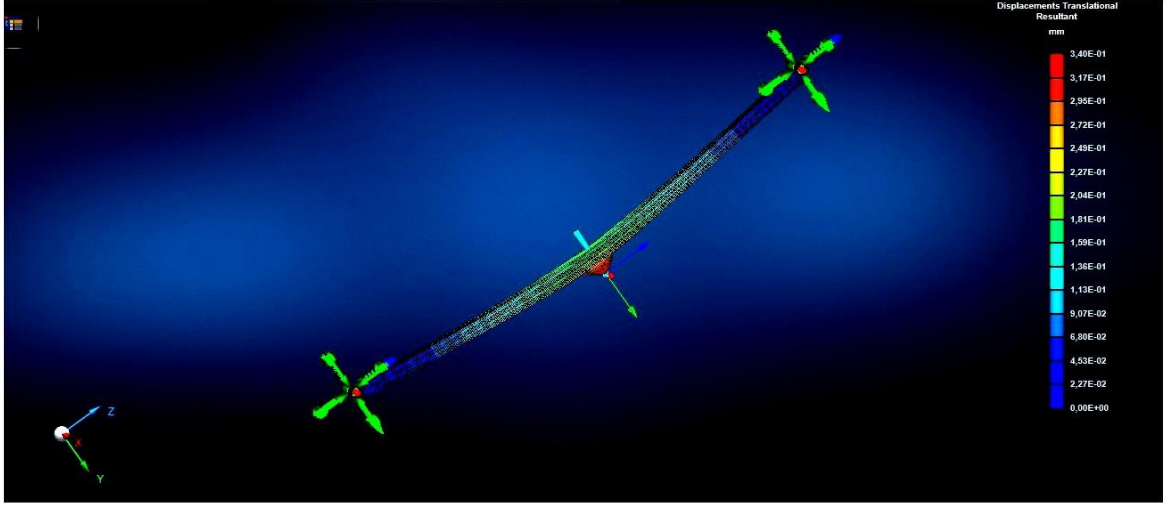
Şekil 11a:Yeni Tavan U Ankastre Yüklemeşi



Şekil11b:Yeni Tavan U Basit Eğilme Yüklemeşi



Şekil 12a:Yeni Tavan C Ankastre Yüklemeşi



Şekil12b: Yeni Tavan C Basit Eğilme Yüklemesi

Yapılan sonlu eleman analizlerinde mesh sonucu oluşan eleman sayıları Tablo 6 'da gösterilmiştir

Tablo6: Sonlu Eleman Analizi Eleman Sayıları

	Yeni Tavan U	Yeni Tavan C
Ankastre Test için Eleman Sayısı	12298	31000
Basit Eğilme Test için Eleman Sayısı	33024	44352

## YENİ TAVAN U VE TAVAN C PROFİLLERİNİN DENEYSEL İNCELEMESİ

Sonlu elemanlar yöntemi ile numerik hesaplamalar yapılarak sehimler bulunmuştur. Bulunan bu sehimlerin değerleri Tablo 7 ve Tablo 8 'de gösterilmiştir. Bilgisayar ortamında tasarlanan ve sonlu elemanlar yöntemi ile numerik hesaplamaları yapılan yeni profillerin imalatı yapılmıştır. Geliştirilen laboratuvar da yeni profillerin Ankastre ve Basit Eğilme deneyleri yapılarak bulunan sehimler (Tablo9 ve Tablo 10) sonlu elemanlar yöntem ile elde edilen sehimleri ile karşılaştırılmıştır. Bu sonuçların uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Aynı zamanda yapılan deneysel incelemeler sonucunda profillerin elastik bölgede mukavetlerinin arttığı gözlemlenmiştir.

## SONUÇ

Sonlu elemanlar yöntemi ve laboratuvar deneyleri sonucu, eski profillere göre aşağıda görülen şekilde mukavemet artışları olduğu gözlemlenmiştir:

TU profillerde: ankastre % 8'e varan iyileşme  
eğilme % 15'e varan iyileşme  
TC profillerde ankastre % 15'e varan iyileşme  
eğilme % 15'ye varan iyileşme  
ölçüm sonucunda bulunmuştur.

Tablo7:Sonlu Elemanlar Yöntemi Ankastre Test

	Kalınlık	Ankastre	Apex
	Malzeme Kalınlığı(mm)	Yük(N)	Sehim(mm)
Yeni Tavan U	0,40	5,311134	5,99
Yeni Tavan C	0,45	10,212	3,69

Tablo 8:Sonlu Elemanlar Yöntemi Basit Eğilme Test Sonuçları

	Kalınlık	Basit Eğilme	Apex
	Malzeme Kalınlığı(mm)	Yük(N)	Sehim(mm)
Yeni Tavan U	0,40	5,311134	0,497
Yeni Tavan C	0,45	10,212	0,340

Tablo 9: Laboratuvar Ankastre Deney Yöntemi Sonuçları

	Kalınlık	Ankastre	Laboratuvar
	Malzeme Kalınlığı(mm)	Yük(N)	Sehim(mm)
Yeni Tavan U	0,40	5,311134	5,91
Yeni Tavan C	0,45	10,212	3,56

Tablo 10: Basit Eğilme Laboratuvar Deney Yöntemi Sonuçları

	Kalınlık	Basit Eğilme	Laboratuvar
	Malzeme Kalınlığı(mm)	Yük(N)	Sehim(mm)
Yeni Tavan U	0,40	5,311134	0,48
Yeni Tavan C	0,45	10,212	0,37

Bu sayede, TC ve TU profillerin malzeme kalınlıklarının 0.05 mm azaltılması ile yeni profiller kullanıldığında, eskilerine oranla bir mukavemet kaybına yol açmayacağı anlaşılmıştır. Yeni ürün geliştirme konusunda Türk Patent Enstitüsüne Faydalı Model başvurusu yapılmıştır.

#### OPTIMIZATION OF BEAMS USED IN CEILING CONSTRUCTION

In this study, the deflections of the C and U beams manufactured by using roll forming of strip material and used in present ceiling constructions in cantilever and simple support modes are calculated by using finite element method. Also, a testing laboratory is developed to check the calculations and to be able to make the real-life measurements and experiments on the profiles. First the elastic deflections of the existing C and U profiles are calculated in the simply supported and cantilever modes. Then experiments are conducted in the developed laboratory to check the theoretical results.

Agreement within 5 % is found between theory and experiment. Later, new C and U profiles have been developed using thinner material with a more complex design giving deflections not more than the original C and U beams. New designs have been manufactured by roll forming and testing in the simply supported and cantilever modes have been completed. The agreement between theory and experiment is within 5%. This way, the thicknesses of C and U beams have been reduced by approximately 0.05 mm, resulting in deflections not more than the original designs. Hence, material saving is obtained with an optimal design also saving cost and energy.

**Keywords:** Ceiling Profile, Simply Supported Test, Cantilever Test, Ceiling Construction Profile

#### TEŞEKKÜR

Yazarlar, ATILIM Üniversitesi, Metal Şekillendirme Mükemmeliyet Merkezi ve UMS Metal Şirketine deneylerin yapılması ve sağlanan olanaklar için teşekkür ederler.

#### KAYNAKÇA

1. Beer, F.P, Johnson, E.R., Eisenberg, E.R., Mühendisler için Vektör Mekaniği-Statik, İzmir Güven Kitabevi, 2007.
2. Hibbeler, R.C, Mechanics of Materials, 7th edition, 2008.
3. Hibbeler, R.C, Statik, İstanbul, 2018.
4. Hens, S.L.H., Building Physics-Heat,Air and Moisture, Wiley, 2012.
5. Knauf, A.J., C-Shaped Profile and Partition Comprising A C-Shaped Profile, United States Patent Application Publication, 2009.
6. Rigips, Metal profile for fabricated walls, facing layers, countered-ceiling and the like.