



Farklı Profilere Sahip Kirişlerde Meydana Gelen Eğilme Gerilmesi ve Sehım Miktarının Teorik ve Nümerik Yöntemler ile Analizi

Analysis with Theoretical and Numerical Methods of Bending Stress and Deflection Value of Beams with Different Profiles

Salih Korucu¹, Kadir Gök^{2*}, Mert Tümsek³, Gürkan Soy⁴, Arif Gök⁵

¹ Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Ankara

² Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü, Manisa

³ Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa

⁴ Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Turgutlu Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Manisa

⁵ Amasya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Amasya

Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: kadir.gok@cbu.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 06.11.2018
Kabul Tarihi / Accepted: 26.12.2018

DOI:10.21205/deufmd.2019216213
Araştırma Makalesi/Research Article

Atıf şekli/ How to cite: KORUCU, S., GÖK, K., TÜMSEK, M., SOY, G., GÖK, A. (2019). Farklı Profilere Sahip Kirişlerde Meydana Gelen Eğilme Gerilmesi ve Sehım Miktarının Teorik ve Nümerik Yöntemler ile Analizi. DEUFMD, 21(62), 469-482.

Öz

Geçmişten günümüze kadar, önemli ölçüde kullanım alanı bulunan çelik konstrüksiyon yapılar, hafif olmaları, kolay montaj ve birçok özelliği sayesinde tercih edilmektedir. Özellikle inşaat sektöründe, binalar ve köprülerin inşasında uzun yıllar boyunca kullanılan çelik konstrüksiyonlar, farklı kesit profillerine sahip çelik malzemeler kullanılarak elde edilmektedir. Bu çalışmada, çelik konstrüksiyonlu yapılarda kullanılacak, farklı profillere sahip kirişlerde meydana gelen sehım miktarları ve eğilme gerilmeleri araştırılmıştır. Aynı boyutlara ve farklı kesit profillerine göre sehım miktarları ve eğilme gerilmeleri bilgisayar destekli yapısal analiz programı olan ANSYS Workbench kullanılarak elde edilmiş ve teorik hesaplamalar ile karşılaştırılarak sunulmuştur. Çalışma sonucunda, en az eğilme gerilmesi (60 MPa) ve sehım miktarına (0,201 mm) sahip kesit şekli dikdörtgen profil, en fazla eğilme gerilmesi (215,77 MPa) ve sehım miktarına (0,539 mm) sahip kesit ise T profil hem teorik hem de nümerik olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Eğilme, sehım, profil etkisi, çelik konstrüksiyon.

Abstract

From the past to the present, the steel construction structures, which have a significant usage area, are preferred due to their lightness, easy assembly and many features. Especially in the construction sector, the steel constructions used in the construction of buildings and bridges for many years are obtained by using steel materials with different section profiles. In this study, deflection values and bending stresses of beams with different profiles were investigated. The deflection values and bending stresses according to the same dimensions and different section profiles are obtained by using computer aided structural analysis program ANSYS Workbench and compared with the

theoretical calculations. As a result of the study, the cross-sectional profile with minimum bending stress (60 MPa) and deflection value (0.201 mm) was calculated as rectangular profile, the cross section with maximum bending stress (215.77 MPa) and the deflection value (0.539 mm) was calculated as T profile both theoretical and numerically.

Keywords: *Bending, deflection, profile effect, steel construction.*

1. Giriş

Günümüzde, çelik konstrüksiyonlu yapıların özellikle otomotiv ve inşaat sektörlerinde uzun süredir tercih edildiği bilinmektedir. Öncelikli olarak endüstriyel yapıların ve spor tesislerinin inşasında kullanılan çelik konstrüksiyonlu yapılar, gün geçtikçe orta ölçekli bina inşasında karşımıza çıkmakta ve kullanım alanlarını her geçen gün arttırmaktadır. Bununla birlikte diğer uygulamalara göre aynı yapı rijitliğinin sağlanması, hafif ve düşük maliyetli olması, deprem dayanımı ve inşaat hızının yüksek olması nedeniyle önemli ölçüde tercih edilir hale gelmektedir [1, 2]. Bu itibarla, çelik konstrüksiyon yapılarında kullanılacak profillerin mekanik özelliklerinin bilinmesi ve bir yük altında nasıl davranacağını belirlenmesi önem teşkil etmektedir. Bir çelik profilin, uygulanacak yüke karşı sergilediği davranış, teorik hesaplamalar veya bilgisayar destekli yapısal analiz programları ile rahatlıkla tespit edilebilmektedir.

Çapacı ve Çavdar [1] gerçekleştirmiş oldukları çalışmada, sac plakalarda kullanılan farklı profillerin rijitlik oranlarını hangi seviyede yükseltebileceğini araştırmışlardır. Bu sektörlerde tasarım aşamasında katkı sağlayacak sonuçları, bilgisayar destekli yapısal analiz programı ile değerlendirerek karşılaştırmışlardır. Esendemir [3] çalışmasında, her iki tarafından desteklenen ve ortasından tekil bir yük uygulanan kompozit kirişlerdeki eğilme ve kayma etkisiyle meydana gelen sehim denklemlerini analitik olarak elde etmiştir. Eren ve Erbayrak [4] yaptıkları çalışmada, endüstride sıklıkla tercih edilen pirinç (MS58) ve çelik (ST37) malzemelerin değişik destek durumlarında oluşan sehim değerleri, sonlu elemanlar analizi, deneysel ve teorik olarak hesaplamışlardır. Evran [5] çalışmasında, ankastre-serbest sınır şartları ile eksenel fonksiyonel derecelendirilmiş tabakalı kirişlerdeki eğilme gerilmesini araştırmıştır ve tabakaların önem derecesini ve yüzde

etkilerini belirlemek amacıyla varyans analizi gerçekleştirmiştir. Güntekin ve Yılmaz [6] çalışmalarında, birbirlerinden farklı büyüklük ve konumda yer alan budak bulunduran ahşap kirişlerin hem teorik olarak hem de sonlu elemanlar metodu yardımıyla deformasyon ve eğilme gerilmeleri değerlerini deneysel sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. Esendemir vd. [7] yaptıkları çalışma ile her iki tarafından desteklenen ve ortasından tekil bir yük uygulanan kompozit kirişlerdeki maksimum sehim miktarlarını teorik, nümerik ve test ortamında belirlemeye çalışmışlardır. Duran ve Nalbant [8] çalışmasında Castigliano teoremi ile hesapladıkları eğilme gerilmelerini sonlu elemanlar metodu ile elde edilen eğilme gerilmeleri ile karşılaştırmışlardır. Ansari vd. [9] yaptıkları çalışma ile mikrokiriş sensörlerin duyarlılığını arttırmak için dikdörtgen ve trapez profilli mikro kirişlerin sehim ve titreşim özelliklerini bilgisayar destekli yapısal analiz programı ile araştırmışlardır. Ansari ve Cho [10] çalışmalarında, yüzey gerilmesine maruz kalan dikdörtgen, üçgen ve basamak profilli mikrokirişlerin eğilme ve rezonans frekanslarını bilgisayar destekli yapısal analiz programı ile araştırmışlardır. Deepanraj vd. [11] yaptıkları çalışmada Ti-Al alaşımına yükleme koşullarına göre termal ve yapısal analiz işlemini ANSYS programını kullanarak gerçekleştirmişlerdir. ANSYS ile eğilme gerilmesi, sehim ve sıcaklık değerlerini delik sayılarına bağlı olarak araştırmışlar ve altı farklı model arasından (7, 8, 9, 10, 11 ve 12 delikli) en iyi performansı veren modeli tespit etmeye çalışmışlardır. Manahan [12] çalışmasında, basitçe desteklenmiş ve tezdüze yayılı bir yüke maruz kalan, simetrik olarak lamine edilmiş kompozit plakaların sehim davranışını ANSYS programını kullanarak araştırmıştır. Vanam vd. [13], yaptıkları çalışma ile sonlu elemanlar yöntemini kullanarak dikdörtgen plakaların statik analizini gerçekleştirmişlerdir. Dikdörtgen

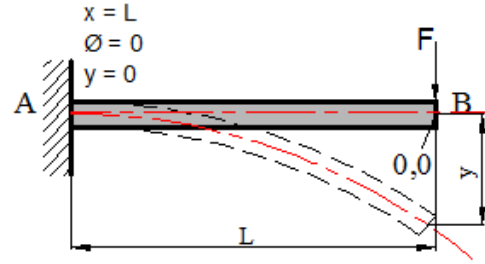
plakaların çeşitli sınır koşullarında ve çeşitli yük altındaki davranışlarını ANSYS programını kullanarak araştırmışlardır.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, profillerde sehim ve eğilme gerilmesi konusunda yapılan çalışmalara rastlanmaktadır. Ancak farklı kesitlere ve aynı boyutlara sahip profillerin bir kuvvet altında sergilediği davranışı inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanamamıştır. Bu çalışmada, çelik konstrüksiyonlu yapılarda kullanılabilecek, aynı ölçülerdeki farklı profillere sahip kirişlerde meydana gelen sehim miktarları ve eğilme gerilmeleri araştırılmıştır. Aynı ölçüler ve farklı kesit profillerine göre sehim miktarları ve eğilme gerilmeleri bilgisayar destekli yapısal analiz programı olan ANSYS Workbench kullanılarak sonuçlar elde edilmiş ve teorik hesaplamalar ile karşılaştırılarak sunulmuştur.

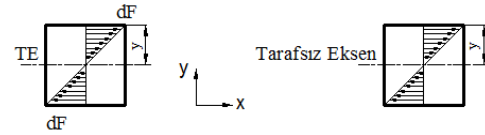
2. Materyal Ve Metot

2.1. Teorik Hesaplamalar

Bir yük altında çalışan bir kirişin hasara uğramadan uygulanan yükü taşıyabilmesi için elastik şekil değişiminin belirli bir sınır içinde olması çok önemlidir. Şekil 1'de bir yük altında çalışan kirişte sehim olarak tabir edilen sehim meydana gelmektedir [14]. Kuvvetin etkisiyle oluşan çökme neticesinde kirişte tarafsız eksen boyunca elastik eğri olarak adlandırılan eğilme gerilmesi meydana gelmektedir. Oluşan elastik eğri uygulanan yükü hasara uğramadan taşıyabileceği gibi, şekil değişiminin artması sonucunda hasara uğrayabilmektedir [14]. Şekil 2'de, eğilmeye maruz kalan kiriş ya da çubuk elemanına etki eden eğilme gerilmesinin dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 1. Ankastre kiriş üzerindeki sehim oluşumu (y=sehim).



Şekil 2. Kiriş ya da çubuk elemanına etki eden eğilme momentlerinin dağılımı.

Eğilme gerilmesi ise aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir [14];

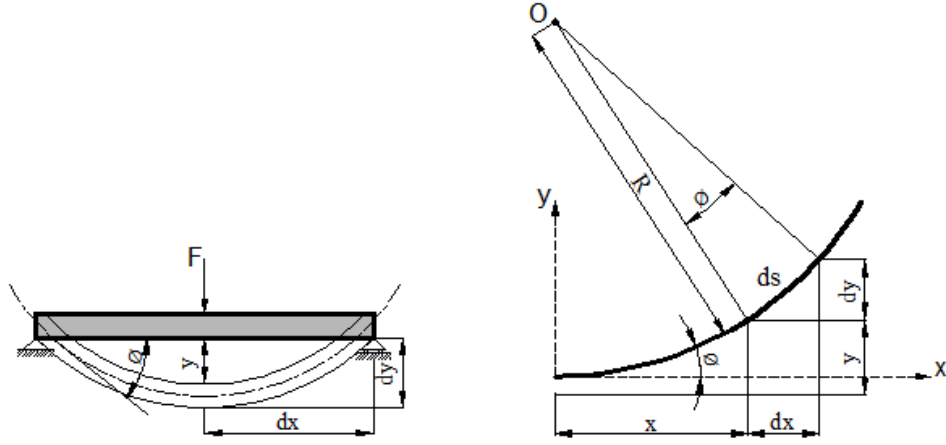
$$\sigma = \frac{M.y}{I} \quad (1)$$

M= Kesite uygulanan eğilme momenti.

y= Kesit üzerindeki eğilme gerilmesi hesaplanmak istenen noktanın tarafsız eksene olan uzaklığı.

I= Kesitin tarafsız eksene göre atalet momenti.

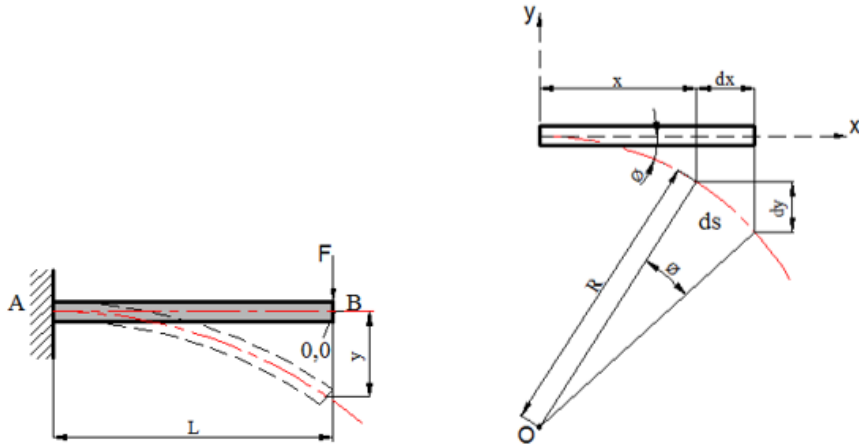
Bir yük altında çalışan kirişin şekil değişimi elastik eğri denklemi ile hesaplanabilmektedir. Yük uygulanan kirişte meydana gelen elastik eğri, eğimi (Ø) ya da sehim miktarının x mesafesi ile değişiminin bir fonksiyonu olarak gösterilerek elastik eğri denklemi elde edilmektedir ve Şekil 3'te gösterilmektedir. Ankastre kirişe diğer ucundan uygulanan F kuvveti sonucu oluşan sehim ve elastik eğri Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Elastik eğri.

Elastik eğri aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir [14].

$$\frac{d^2y}{dx^2} \cdot E \cdot I = M \quad (2)$$

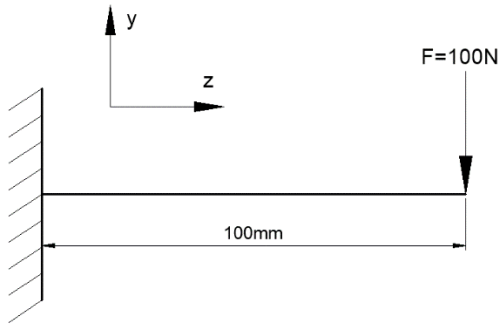


Şekil 4. Ankastre kirişe diğer ucundan uygulanan F kuvveti sonucu oluşan sehim ve elastik eğri.

Sehim denklemini elde edebilmek için Şekil 4'teki ankastre kirişe çift katlı iterasyon metodu uygulanırsa aşağıdaki denklem elde edilmektedir [14].

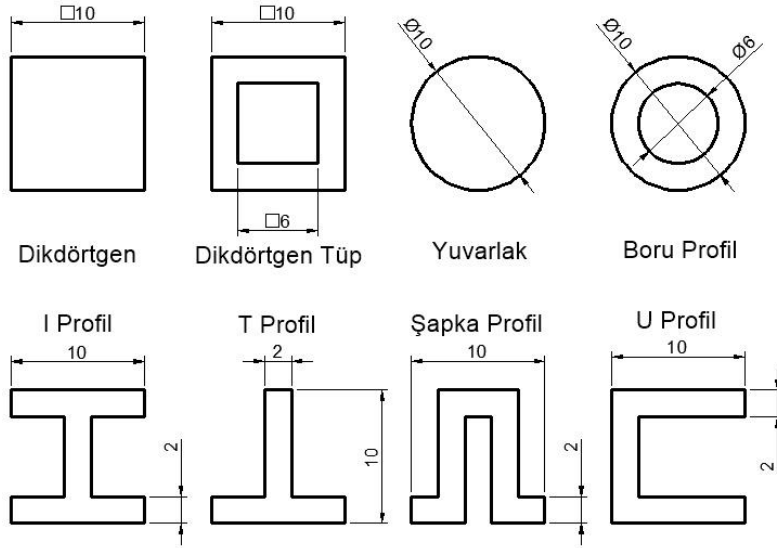
$$y = \frac{F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I} \quad (3)$$

Bu çalışmada, aynı ölçülere ve farklı profil kesitlerine sahip çubuklar bir ucundan sabitlenerek, diğer ucundan etkileyen 100 N'luk bir kuvvet uygulanmıştır ve Şekil 5'de gösterilmektedir.



Birbiri ile aynı kesit ölçülerine sahip ancak birbirinden farklı 8 adet kesit profili seçilerek hesaplamalar her biri için ayrı ayrı yapılmıştır. Seçilen kesit profillerine ait boyutlar Şekil 6'da verilmektedir.

Şekil 5. Bir uçundan sabitlenerek diğer uçundan kuvvet uygulanan çubuk profili



Şekil 6. Kesit profil çeşitleri

Hesaplamalarda kullanılmak üzere çelik profil malzemesi olarak endüstride yaygın olarak kullanılan yapısal çelik (structural steel) seçilmiştir. Yapısal çeliğe ait mekanik özellikler Tablo 1'de verilmektedir. Teorik hesaplamalar Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 1. Yapısal çelik malzemenin mekanik özellikleri [14].

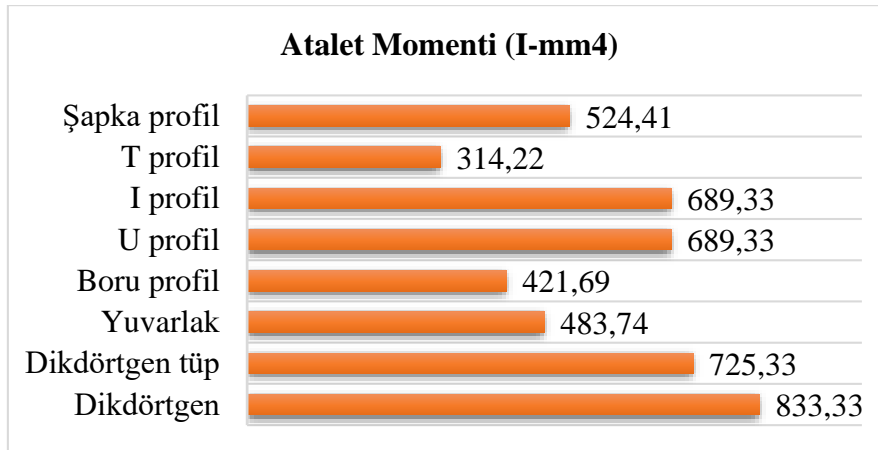
Yoğunluk (kg/m ³)	7850
Elastikiyet Modülü (Pa)	2.1011
Akma Dayanımı (Pa)	2,5.108
Çekme Dayanımı (Pa)	4,6.108
Poisson Oranı	0,3

Tablo 2. Kesit profillerine göre teorik olarak hesaplanan alan, atalet momentini, eğilme gerilmesi ve sehimi değerleri

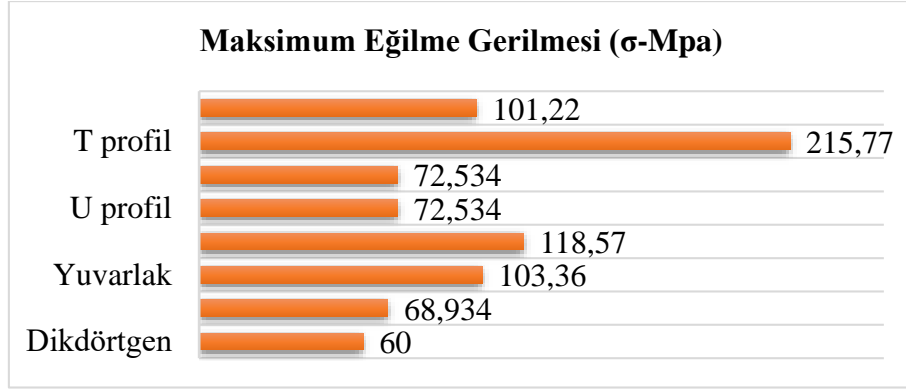
Kesit Profili	Alan (A-mm ²)	Atalet Momenti (I-mm ⁴)	Maksimum Eğilme Gerilmesi (σ -Mpa)	Sehim (y-mm)
Dikdörtgen	100	833,33	60	0,2
Dikdörtgen tüp	64	725,33	68,934	0,23
Yuvarlak	78,54	483,74	103,36	0,344
Boru profil	58,90	421,69	118,57	0,395
U profil	52	689,33	72,534	0,242
I profil	52	689,33	72,534	0,242
T profil	36	314,22	215,77	0,53
Şapka profil	52,23	524,41	101,22	0,318

Gerçekleştirilen teorik hesaplamalar sonucunda Şekil 7'de verilen atalet momentleri incelendiğinde, en yüksek atalet momentine sahip olan kesit tipi 833,33 mm⁴ ile dikdörtgen profil olduğu görülmektedir. En düşük atalet momentine sahip kesit tipi ise 314,22 mm⁴ ile T profil olarak hesaplanmıştır. Atalet momentini bir cismin dönmeye karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır. Bu sayede, atalet momentini yüksek olan kesitlerde eğilme gerilmeleri düşük değerlere sahiptir. Şekil 8'de kesit profillerine göre teorik olarak hesaplanan maksimum eğilme gerilmeleri

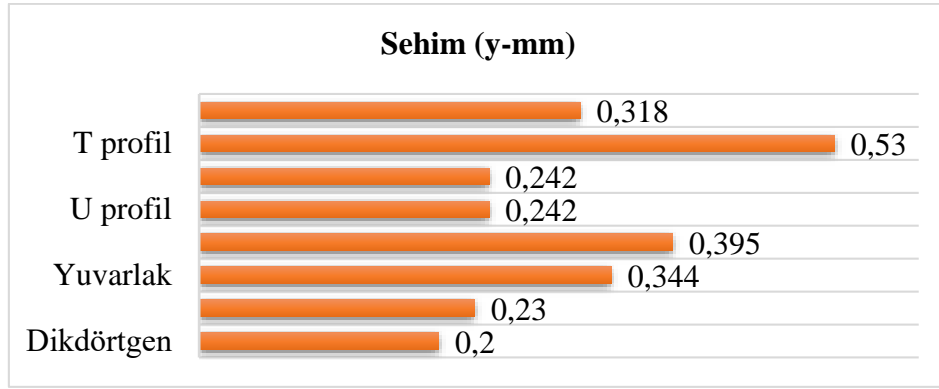
verilmektedir. Şekil 8 incelendiğinde en fazla eğilme gerilmesine sahip olan kesit profili 215,77 MPa ile T profil, en düşük eğilme gerilmesi ise 60 MPa ile dikdörtgen profilde oluşmuştur. Eğilme gerilmesi değerlerinde atalet momentinin doğrudan etkili olduğu görülmektedir. Şekil 9'da kesit profillerine göre teorik olarak hesaplanan sehimi miktarları verilmektedir. Şekil 9 incelendiğinde en fazla sehimi oluşan kesit profili 0,53mm ile T profil, en düşük sehimi oluşan kesit profili ise 0,2 mm ile dikdörtgen profil olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 7. Kesit profillerine göre hesaplanan atalet momentleri



Şekil 8. Kesit profillerine göre hesaplanan maksimum eğilme gerilmeleri



Şekil 9. Kesit profillerine göre hesaplanan sehim miktarları

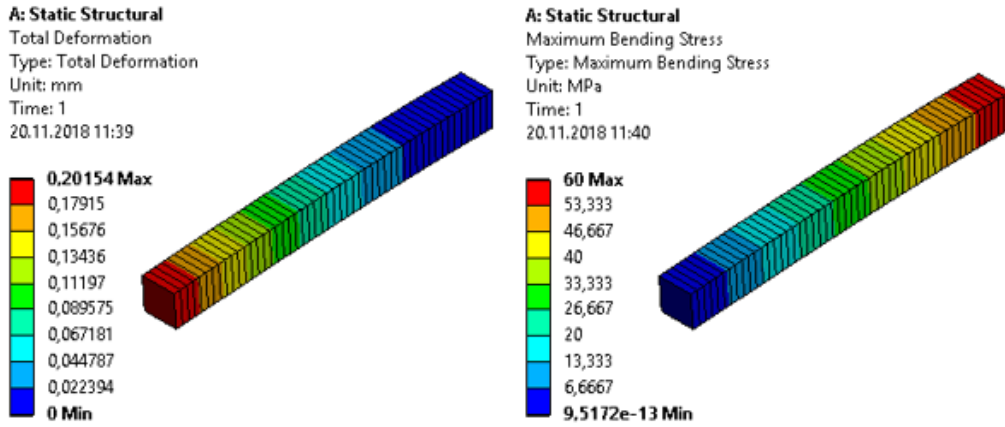
2.2. Nümerik Çözümler

Sonlu elemanlar metodu, özellikle mühendislik problemlerinde karmaşık problemlerin belirtilen büyüklüklerde elemanlara ayırarak sorunun çözümünü kolaylaştıran nümerik bir yöntemdir. Her bir eleman için oluşturulan matematiksel denklemler ile problemin tamamı için çözüm üretilmektedir [15, 16]. Bir problemin bilgisayar destekli yapısal analiz programında çözümlenmesi işlemi, eleman tipi seçimi, malzeme özelliklerinin seçilmesi, ağ (mesh) oluşturulması, sınır koşullarının belirtilerek ve yüklerin tanımlanması, problemin çözdürülmesi ve sonuçların analizi süreçlerini kapsamaktadır [14].

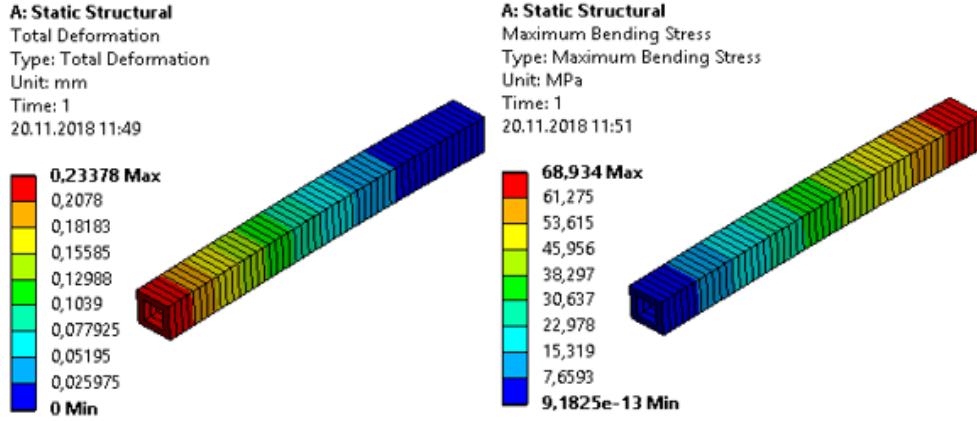
Bu çalışmada, farklı kesit profillerinin uç noktasından uygulanan kuvvet neticesinde profilde meydana gelen gerilmeler ve sehim miktarları bilgisayar destekli yapısal analiz programı ANSYS Workbench ile analiz edilerek elde edilmiştir. Sonlu eleman modeli için ağ boyutu 2mm ve ağ tipi Hex Dominant olarak seçilmiştir. Analizi gerçekleştirilecek her bir kesit profili bir ucundan sabitlenip diğer ucundan -Y yönünde 100N'luk bir yük uygulanmıştır. Uygulanan kuvvet neticesinde sehim ve eğilme gerilmesi miktarı değerlendirilerek karşılaştırılmıştır. Dikdörtgen profil için çözümü gerçekleştirilen sehim ve eğilme gerilmesi miktarları Şekil 10'da verilmektedir. Bilgisayar destekli yapısal analiz programı yardımıyla hesaplanan dikdörtgen profil için sehim miktarı 0,202mm ve eğilme gerilmesi 60 MPa

olarak bulunmuştur. Dikdörtgen tüp profil için sehim ve eğilme gerilmesi miktarları Şekil 11'de verilmektedir. Dikdörtgen tüp profil bilgisayar destekli yapısal analiz programı yardımıyla hesaplanan için sehim miktarı 0,234 mm ve eğilme gerilmesi 68,934 MPa olarak gerçekleşmiştir. Yuvarlak profil için sehim ve eğilme gerilmesi miktarları Şekil 12'de verilmektedir. Bilgisayar destekli yapısal analiz programı yardımıyla hesaplanan yuvarlak profil için sehim miktarı 0,342 mm ve eğilme gerilmesi 102,07 MPa olarak bulunmuştur. Boru profil için sehim ve eğilme gerilmesi miktarları Şekil 13'de verilmektedir. Boru profil için bilgisayar destekli yapısal analiz programı yardımıyla hesaplanan sehim miktarı 0,396 mm ve eğilme gerilmesi 117,27 MPa olarak gerçekleşmiştir. U profil için sehim ve eğilme gerilmesi miktarları Şekil 14'te verilmektedir. Bilgisayar destekli yapısal analiz programı

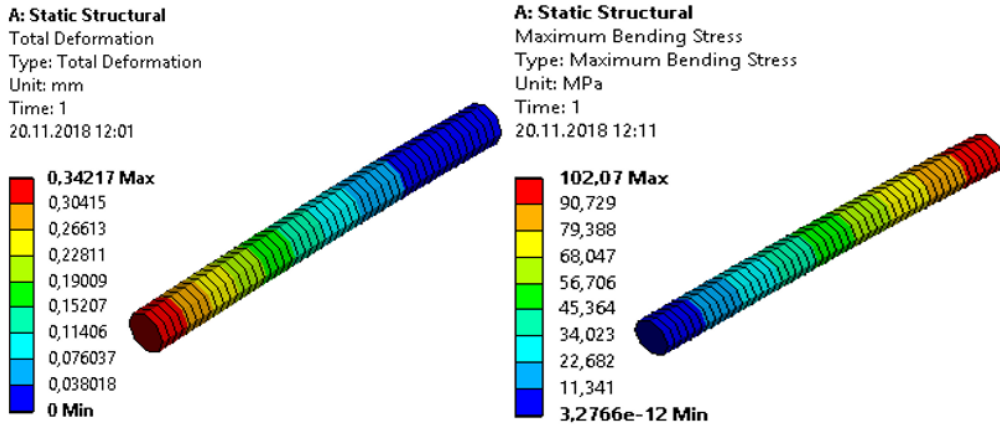
yardımıyla hesaplanan U profil için sehim miktarı 0,265 mm ve eğilme gerilmesi 72,534 MPa olarak bulunmuştur. I profil için sehim ve eğilme gerilmesi miktarları Şekil 15'te verilmektedir. I profil için bilgisayar destekli yapısal analiz programı yardımıyla hesaplanan sehim miktarı 0,25 mm ve eğilme gerilmesi 72,534 MPa olarak gerçekleşmiştir. T profil için sehim ve eğilme gerilmesi miktarları Şekil 16'da verilmektedir. Bilgisayar destekli yapısal analiz programı yardımıyla hesaplanan T profil için sehim miktarı 0,539 mm ve eğilme gerilmesi 215,7 MPa olarak bulunmuştur. Şapka profil için sehim ve eğilme gerilmesi miktarları Şekil 17'de verilmektedir. Şapka profil için bilgisayar destekli yapısal analiz programı yardımıyla hesaplanan sehim miktarı 0,322 mm ve eğilme gerilmesi 101,21 MPa olarak gerçekleşmiştir.



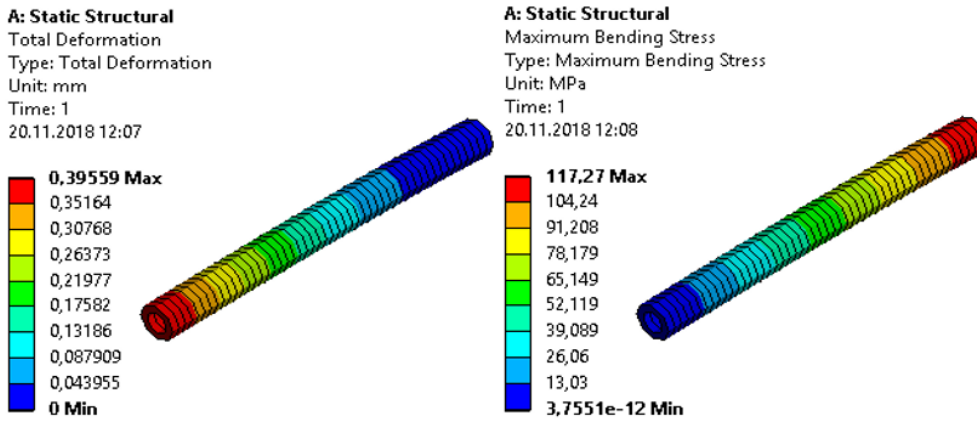
Şekil 10. Dikdörtgen profil için çözümlenen sehim miktarı ve eğilme gerilmesi



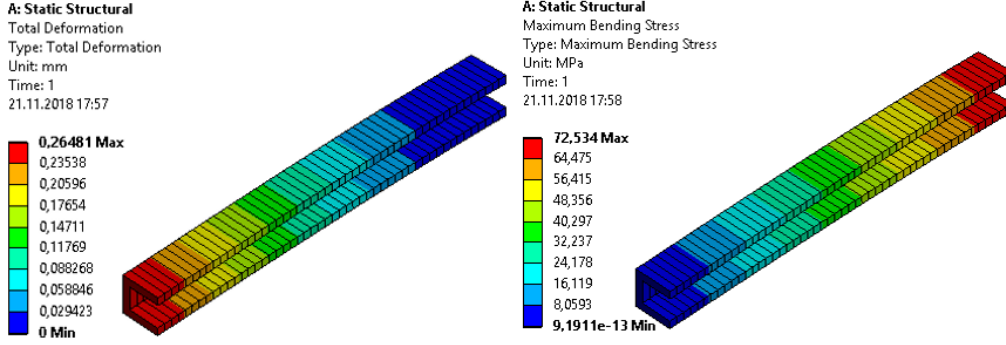
Şekil 11. Dikdörtgen tüp profil için çözümlenen sehım miktarı ve eğilme gerilmesi



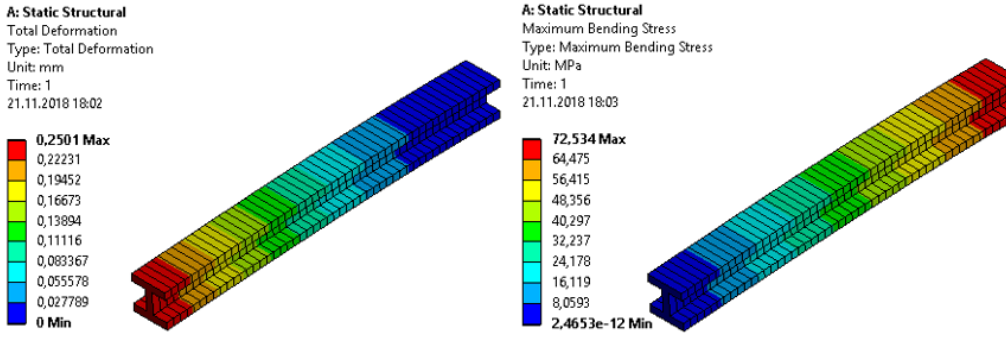
Şekil 12. Yuvarlak profil için çözümlenen sehım miktarı ve eğilme gerilmesi



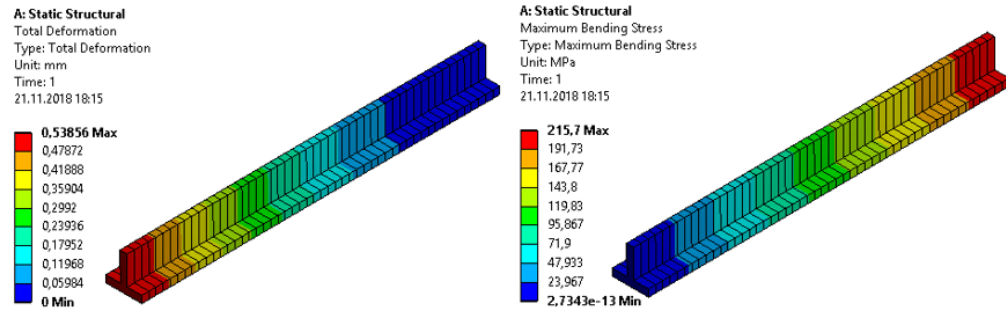
Şekil 13. Boru profil için çözümlenen sehım miktarı ve eğilme gerilmesi



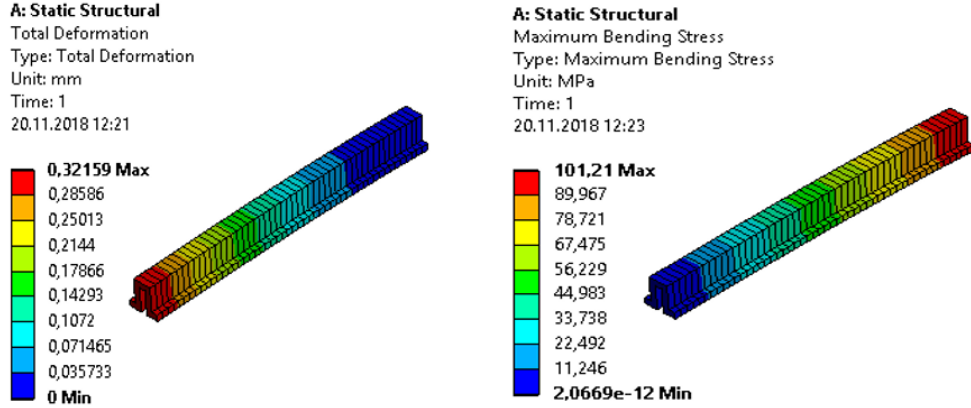
Şekil 14. U profil için çözümlenen sehım miktarı ve eğilme gerilmesi



Şekil 15. I profil için çözümlenen sehım miktarı ve eğilme gerilmesi



Şekil 16. T profil için çözümlenen sehım miktarı ve eğilme gerilmesi



Şekil 17. Şapka profil için çözümlenen sehım miktarı ve eğilme gerilmesi

3. Sonuçlar ve Tartışma

Aynı boyutlara ve farklı kesit profillerine sahip, elik konstrüksiyonlu yapılarda kullanılabilecek elik profillerde oluşan sehım miktarı ve eğilme gerilmelerinin teorik ve nümerik yöntemlerle araştırılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar Tablo 3'te karşılaştırılmalık şekilde verilmektedir. Ayrıca teorik ve nümerik hesaplamalar arasındaki yüzde cinsinden fark hesaplanarak yapılan özümlemlerin doğruluğu ispat edilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde en az sehım davranışı gösteren profil kesiti 0,202 mm ile dikdörtgen

profil, en fazla sehım davranışı gösteren kesit profili ise 0,539 mm ile T kesit profili olduğu tespit hesaplanmıştır. Maksimum eğilme gerilmesi açısından incelendiğinde en az gerilme 60 MPa ile dikdörtgen profil, en fazla eğilme gerilmesi ise 215,77 MPa ile T profile aittir. En az sehım davranışı gösteren profiller sırasıyla dikdörtgen, dikdörtgen tüp, U ve I profil, şapka profil, yuvarlak, boru profil ve T profil olarak hesaplanmıştır. En az eğilme gerilmesi oluşan profiller sırasıyla, dikdörtgen, dikdörtgen tüp, U ve I profil, şapka profil, yuvarlak, Boru profil ve T profil olarak bulunmuştur.

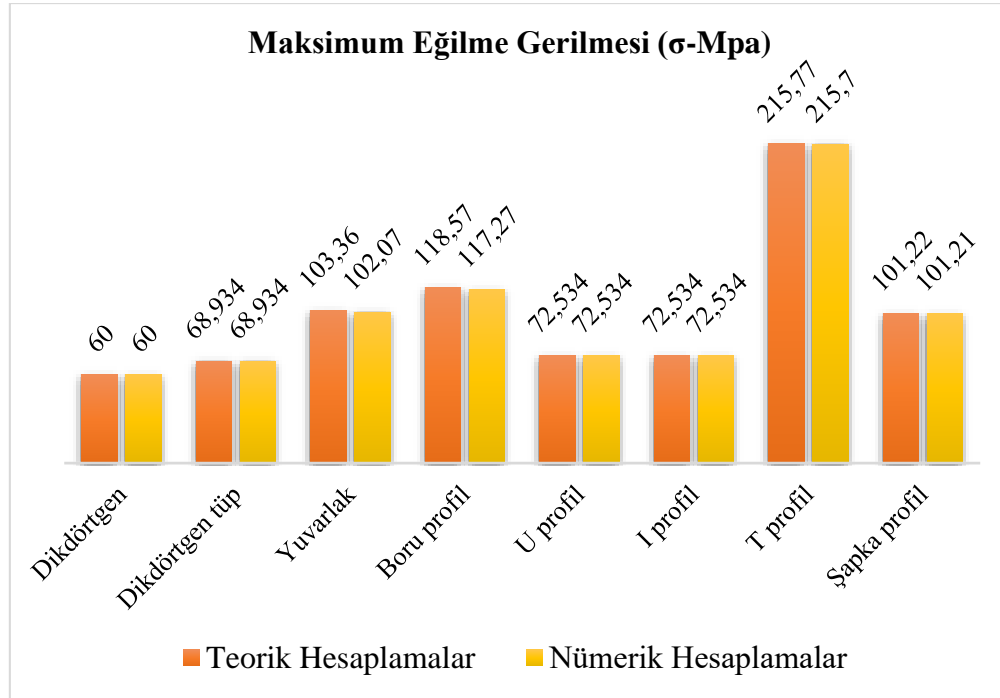
Tablo 3. Farklı kesit profillere ait teorik ve nümerik hesaplamalar yardımıyla belirlenen sehım ve eğilme gerilmeleri

Kesit Profili	Teorik Hesaplamalar		Nümerik Hesaplamalar		Yüzde Fark	
	Maksimum Eğilme Gerilmesi (σ -Mpa)	Sehım (y-mm)	Maksimum Eğilme Gerilmesi (σ -Mpa)	Sehım (y-mm)	Maksimum Eğilme Gerilmesi (σ -Mpa)	Sehım (y-mm)
Dikdörtgen	60	60	0,00%	0,2	0,202	-1,00%
Dikdörtgen tüp	68,934	68,934	0,00%	0,23	0,234	-1,74%
Yuvarlak	103,36	102,07	1,25%	0,344	0,342	0,58%
Boru profil	118,57	117,27	1,10%	0,395	0,396	-0,25%
U profil	72,534	72,534	0,00%	0,242	0,265	-9,50%
I profil	72,534	72,534	0,00%	0,242	0,25	-3,31%
T profil	215,77	215,7	0,03%	0,53	0,539	-1,70%
Şapka profil	101,22	101,21	0,01%	0,318	0,322	-1,26%

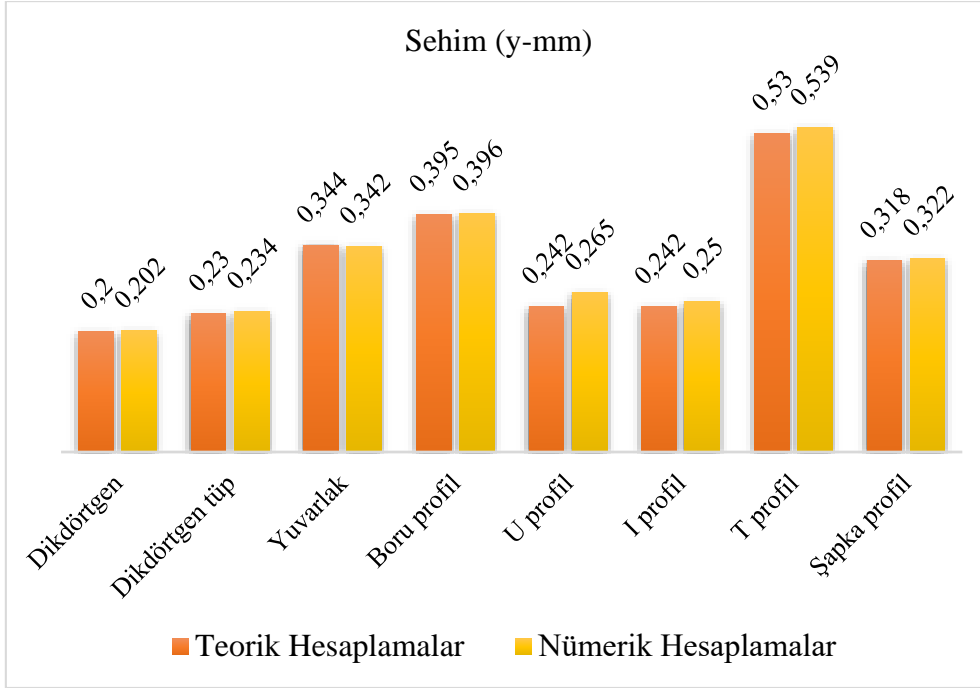
Şekil 18'de farklı kesit profillerinin maksimum eğilme gerilmeleri için teorik ve nümerik hesaplama sonuçları verilmektedir. Teorik ve nümerik hesaplamalarda elde edilen değerlerin birebir aynı olduğu ancak yuvarlak ve boru profil'e ait kesitlerde sırasıyla 1,29 MPa ve 1,30 MPa'lık bir fark olduğu tespit edilmiştir. Yüzde olarak bu farklar sırasıyla %1,25 ve %1,10 olarak bulunmaktadır. Aradaki farkın çok küçük değerlerde ve aynı olması yapılan hesaplamaların doğruluğunu kanıtlamaktadır. Teorik ve nümerik sonuçlara göre yüzde farklar sırasıyla %0, %0, %1,25, %1,10, %0, %0, %0,03 ve %0,01 olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan şekilde U ve I profil için eğilme gerilmesi miktarları incelendiğinde değerlerin birbirine eşit olduğu görülmektedir. Bunun sebebi atalet momentlerin birbirine eşit olmasıdır. Atalet momenti doğrudan eğilme gerilmesinde etkili olduğundan, uygulanan kuvvet ve diğer

parametrelerin aynı olması sonucunda eğilme gerilmesi değerleri birbirine eşit olarak bulunmaktadır.

Şekil 19'da farklı kesit profillerinde oluşan sehım miktarları için teorik ve nümerik hesaplama sonuçları verilmektedir. Teorik ve nümerik hesaplamalarda elde edilen değerlerin arasındaki farkların birbirine çok yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Bulunan sonuçlar arasındaki farklara göre maksimum yüzde fark -9,50% ile U profil sehımında gerçekleşmiştir. Ancak bu farkın yüksek olmasının sebebi, oluşan sehım miktarlarının çok küçük olmasından kaynaklanmaktadır. U profilde teorik ve nümerik hesaplama sonucunda oluşan sehım miktarı arasında 0,023mm bir fark vardır. Bu çok küçük fark bile yaklaşık %10 fark oluşturmaktadır. Teorik ve Nümerik sonuçlara göre yüzde farklar sırasıyla -%1, -%1,74, %0,58, -%0,25, -%9,5, -%3,31, -%1,70 ve -%1,26 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 18. Maksimum eğilme gerilmeleri için teorik ve nümerik hesaplama sonuçları



Şekil 19. Sehim miktarları için teorik ve nümerik hesaplama sonuçları

4. Değerlendirme

Bu çalışmada, aynı ölçülerdeki farklı profillere sahip çeşitli kirişlerde meydana gelen sehim miktarları ve eğilme gerilmeleri araştırılmıştır. Aynı ölçülerdeki dikdörtgen, dikdörtgen tüp, yuvarlak, boru, U profil, I profil, T profil ve şapka profillerinde oluşan göre sehim miktarları ve eğilme gerilmeleri bilgisayar destekli yapısal analiz programı kullanılarak sonuçlar elde edilmeye çalışılmış, teorik ve nümerik hesaplamalar ile karşılaştırılarak sunulmuştur.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

- En yüksek atalet momentine sahip olan kesit tipi 833,33 mm⁴ ile dikdörtgen profil, en düşük atalet momentine sahip kesit tipi ise 314,22 mm⁴ ile T profil olarak tespit edilmiştir.
- En az sehim davranışı gösteren profil kesiti 0,202 mm ile dikdörtgen

profil, en fazla sehim davranışı gösteren kesit profili ise 0,539 mm ile T kesit profili olduğu belirlenmiştir.

- En az eğilme gerilmesi oluşan kesit tipi 60 MPa ile dikdörtgen profil, en fazla eğilme gerilmesi oluşan kesit tipi ise 215,77 MPa ile T profildir.
- U ve I profillerin eğilme gerilmeleri birbirine eşittir. U ve I profilleri arasında en dayanıklı olan profil sehim miktarı diğerine göre az olan I profil olarak belirlenmiştir.
- 8 farklı kesit profili arasından uygulanan kuvvete karşı en az eğilme gerilmesi ve sehim miktarı sergileyen kesit profili dikdörtgen profildir. Bu durum dikdörtgen profilin diğer kesitlere göre en dayanıklı profil olduğunun göstermektedir.

- 8 farklı kesit profili arasından uygulanan kuvvete karşı en fazla eğilme gerilmesi ve sehim miktarı sergileyen kesit profili T profildir. Bu durum T profilin diğer kesitlere göre en dayanıksız profil olduğu göstermektedir.

Kaynaklar

- [1] Zafer ÇAPACI, ÇAVDAR, K. 2008. Düz ve Eşyönsüz Plakaların Eğilme Rijitliklerinin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Analizi, Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering Cilt. 13, Sayı. 2, s. 45-51.
- [2] Fusun DEMİREL, ÖZKAN, E. 2003. Çelik Yapı Bileşenleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt. 18, Sayı. 4, s. 89-107.
- [3] ESENDEMİR, Ü. 2009. Derivation of Equations for Flexure and Shear Deflections of Simply Supported Beams, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt. 15, Sayı. 2, s. 187-93.
- [4] İbrahim EREN, ERBAYRAK, E. 2016. Deflection Analyses of Beams Made of Brass (MS58) and Steel (ST37) Materials by using Experimental, Theoretical and Finite Element Analysis Method, Fırat University Journal of Engineering Science, Cilt. 28, Sayı. 1, s. 51 - 6
- [5] EVRAN, S. 2018. Bending Stress Analysis of Axially Layered Functionally Graded Beams, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt. 7, Sayı. 1, s. 390 - 8.
- [6] Ergün Güntekin, Yılmaz, T. 2013. Eğilmeye çalışan budaklı kirişlerin sonlu elemanlar modelleri, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, Cilt. 14, Sayı. s. 53-7.
- [7] M. U. Ümran ESENDEMİR, Mustafa Reşit USAL, ÖNDÜRÜCÜ, A. 2010. Orta noktadan tekil yüke maruz kompozit basit kiriş için maksimum sehim değerlerinin deneysel, nümerik ve analitik olarak bulunarak irdelenmesi, Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi, Cilt. 2, Sayı. 14, s. 1-100.
- [8] Duran, A., Nalbant, M. 2005. Finite element analysis of bending occurring while cutting with high speed steel lathe cutting tools, Materials & Design, Cilt. 26, Sayı. 6, s. 549-54.
- [9] Ansari, M. Z., Cho, C., Kim, J., Bang, B. 2009. Comparison between deflection and vibration characteristics of rectangular and trapezoidal profile microcantilevers. Sensors, Cilt. 9, Sayı. 4, s. 2706-2718.
- [10] Ansari, M.Z., Cho, C. 2009. Deflection, frequency, and stress characteristics of rectangular, triangular, and step profile microcantilevers for biosensors, Sensors (Basel, Switzerland), Cilt. 9, Sayı. 8, s. 6046-57.
- [11] Deepanraj, B., Lawrence, P., Sankaranarayanan, G. 2011. Theoretical analysis of gas turbine blade by finite element method. Scientific world, Cilt. 9, Sayı. 9, s. 29-33.
- [12] Manahan, M. A. 2011. A Finite Element Study of the Deflection of Simply Supported Composite Plates Subject to Uniform Load. RPI Hartford Master's Project, December.
- [13] Vanam, B. C. L., Rajyalakshmi, M., Inala, R. 2012. Static analysis of an isotropic rectangular plate using finite element analysis (FEA). Journal of Mechanical Engineering Research, Cilt. 4, Sayı. 4, s. 148-162.
- [14] Arif Gök, Gök, K. ANSYSWORKBENCH - Bilgisayar Destekli Yapısal Analiz Uygulamaları. İstanbul: Abaküs Kitap, 2018.
- [15] İbrahim YAPICI, YAPICI, A. 2012. E-camı/epoksi tabakalı kompozitlerde düşük hızlı darbe davranışının sonlu elemanlar yöntemiyle İncelenmesi, Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt. 1, Sayı. 2, s. 48-60.
- [16] Kemal Arkun, A., Ergen, M., Cakir, F. 2014. Bitki kökleriyle şev stabilizasyonunun sonlu elemanlar yöntemiyle incelenmesi, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, Cilt. 15, Sayı. s. 77-83.