

Eğilme Etkisi Altındaki Çelik I Kirişlerinde Gövde ve Berkitme Kalınlığının Davranışa Etkisi

Mürüvet SURA¹, Mustafa SİVRİ²

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İnşaat Teknolojisi, Isparta

Özet: Çelik kirişler yüksek açıklıkları geçmek için kullanılmaktadır. Eğilme etkisi altında çelik kirişler de açıklık, gövde yüksekliği, gövde kalınlığı, berkitme aralığı ve kalınlığına bağlı olarak gövde buruşması, üst başlık ezilmesi veya zayıf eksen etrafında eğilmesi gibi göçme şekilleri oluşmaktadır. Çelik kirişlerde meydana gelecek olan istenmeyen ani şekil değiştirmelerin önüne geçebilmek ve yük aktarımında sürekliliği sağlayabilmek için berkitme levhaları sıklıkla kullanılmaktadır.

Sayısal olarak yapılan bu çalışmada çelik köprülerde kullanılan eğilme etkisi altındaki çelik yapma I kesit kirişlerde, berkitme levhalarının boyut ve yerleşim şeklinin davranışa etkisi incelenmiştir. İncelemede 6000mm açıklığa sahip yapma kesit bir kiriş ANSYS sonlu elemanlar programında sayısal olarak modellenmiş ve iki noktadan yükleme yapılmıştır. Çelik kiriş gövde kalınlığı 3, 6 ve 10mm alınarak kiriş eğilme davranışı belirlenmiştir. Berkitme elemanlarının davranışa etkisinin incelenmesi amacıyla berkitme levhaları 500, 1000 ve 2000mm aralığında üç farklı aralıkta, cidar kalınlıkları ise 3, 6 ve 10 mm kalınlığında alınarak sayısal modeller statik olarak yüklenmiştir.

Yükleme sonucunda kiriş üzerinde meydana gelen burkulma durumları, deplasman, kapasite ve şekil değiştirme değerleri karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. Bu durumda tasarımda kullanılan berkitme levhalarının dizayn parametreleri irdelenmiş ve tasarımcı için uygun parametreler belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çelik köprüler, çelik yapılar, yapma kesit çelik profil, eğilme deneyi, statik yükleme, deplasman kontrollü yükleme, sonlu elemanlar analiz yöntemi, nonlinear analiz,

The Effect of Body and Stiffness Plate Thickness Used in Making Steel Beam Under the Effect of Bending to the Behavior

Abstract: Steel beams are used to pass high openings. Under bending effect, steel beams form collapse shapes such as body crinkle, upper head crush or bending around weak axis depending on aperture, body height, body thickness, bending interval and thickness. Stiffness plates are often used to avoid unwanted sudden deformations in steel beams and to ensure continuity in load transfer.

In this numerical study, investigated the effect of the size and settlement behavior of the stiffness plates on I-section beams subjected to bending effect used in steel bridges. In the review, a section beam with 6000mm openings was numerically modeled in the ANSYS finite element program and loaded from two points. Beam bending behavior is determined by taking the steel beam body thickness 3, 6 and 10 mm. In order to investigate the behavioral effects of

stiffness plate, the numerical models were loaded statically by taking the stiffness at three different intervals in the range of 500, 1000 and 2000 mm and the stiffness in the thicknesses of 3, 6 and 10 mm.

The buckling conditions, displacement, capacity and strain values on the beam are presented in comparison with the loading results. In this case, the design parameters of the stiffness plates used in the design were examined and the appropriate parameters for the designer were tried to be determined

Keywords: Steel bridges, steel structure, making cross section beam, bending test, statical loading, displacement control loading test, finite element analysis , nonlinear analysis.

1. Giriş

Mühendislik yapılarında çok eskilerden beri demir malzemesi kullanılmaktadır. Demirin, ilk önce M.Ö. 1500 yıllarında kuzeydoğu Anadolu ve Kafkasya’da üretilip kullanılmasına karşın, mühendislikte kullanımının 200 yıllık bir geçmişi vardır. Bu malzeme de ilk olarak köprü yapımında kullanılmıştır. Bu şekildeki köprülerle ilgili ilk örnek ise, İngiltere yakınlarındaki Coalbrookdale kasabası yakınında ve Severn nehri üzerinde 1779 yılında yapılan ve 31 m açıklıklı bir köprüdür. Burada kullanılan malzeme font (döküm) tur (Selbaş ve Kızılkın, 2003).

Geçen zaman içinde çok çeşitli ulaşım hatları inşa edilmiş olup günümüzde de artan nüfusa paralel olarak artan ihtiyaçlar nedeniyle bu inşa süreci hızlanarak devam etmektedir. Her türlü kara ulaşımında, doğal ve yapay engellerin aşılması maksadıyla köprüler kullanılmaktadır. Bu bakımdan köprüler, bir kara ulaşım hattının vazgeçilmez unsurlarından biridir. Bunun yanında;

- Ulaşım sisteminin kapasitesinin belirlenmesinde kilit eleman olması
- Sistemde birim uzunluk başına en pahalı yapısal eleman olması
- Köprünün herhangi bir nedenden aksamaması durumunda tüm sistemin aksamaması sebeplerinden dolayı, köprüler aynı zamanda sistemin en hassas ve önemli elemanlarından biridir (Şencan vd. 2003)

Çelik köprü, viyadük, geniş açıklığa sahip ve rijit davranış sergilemesi beklenen kompozit döşemelerde genellikle dolu gövdeli yapma kesit yada petek kirişler kullanılmaktadır. Dinamik olarak etkiyen ve büyük yayılı yüklemeye altında çalışan bu kirişlerde istenmeyen deformasyonları minimize etmek ve bu duruma bağlı ani kapasite kayıplarının önüne geçmek amacı ile kiriş gövdesi berkitme levhaları ile desteklenmektedir. Yüksek gövde uzunluğuna sahip bu kirişlerde, eğilme etkisi altında meydana gelen deformasyonlar, kirişin sahip olduğu mesnet koşullarına göre çeşitlilik göstermekte olup genellikle gövdede buruşma, başlıkta burkulma olarak karşımıza çıkmaktadır. Kiriş gövdesinde meydana gelen buruşma mesnet koşulları ve eğilme etkisi altında oluşan maksimum kesme ve moment durumuna bağlı mekaniksel davranışa göre şekil almaktadır. Başlıkta meydana gelen burkulma durumu da, birlikte çalıştığı kompozit elemandaki ani kapasite kaybı yada olası yatay etkilere bağlı burulma durumları için şekil almaktadır. Bu sebep ile uygulanacak olan berkitme levhalarının yeri, uygulanma şekli, boyutları ve cidar kalınlığı gövdede ve başlıkta meydana gelen deformasyonların önlenmesinde önem kazanmaktadır. Ancak özellikle ülkemizde uygulamada bu durum genellikle her hangi bir hesaba bakılmaksızın, uygulandığı kirişin başlık yada gövde kalınlığı dikkate alınarak uygulanacak berkitme levhası cidar kalınlığı, aralığı ve boyutsal parametreleri belirlenmektedir. Literatürde bu alanda yapılan çalışmalarda kullanılan

berkitme yerleşim şekli, aralığı ve cidar kalınlığının kullanıldığı kiriş kapasitesi üzerine yansımaları için çalışmalar mevcut olup ideal aralık, cidar kalınlığı gibi davranışa etkileyecek parametreler belirlenmeye çalışılmıştır. S.R.Satish Kumar (2014); çelik elemanların hesap ilkelerinin anlatıldığı ders notlarında çelik kirişlerin gövdesinde kullanılan levhalarının kullanım yeri ve amacı hakkında bilgi verilmiş ve tanımlamalar yapılmıştır. P. Avery ve M. Mahendran (1997); başlıkları içi boş üçgenden oluşan (Hollow Flange Beam) I profilinden oluşturulan çelik kirişlerin eğilme yükü etkisindeki davranışını deneysel ve sonlu elemanlar yöntemiyle incelemişlerdir. Berkitme levhalarının kalınlık, genişlik, yerleştirilme sıklığı, kaynak gibi değişkenlerin davranış üzerindeki etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. John W. vd. (1974); çelik köprülerin I profilinden oluşturulan kirişlerinde berkitme levhaların farklı şekil ve yerleşimleri için deneyler yapmışlardır. Köprü kirişine bağlanan elemanların yerleşim ve yük dağılımlarına bağlı olarak berkitme levhalarının en uygun yerleşim yerlerini belirlemeye çalışmışlardır. Berkitme levhalarının gövde ve başlığa bağlanmasında kullanılan kaynaklarda oluşan hasar ve göçme durumlarını incelemişlerdir. O. Sorensen, M. Rasmussen (2014); I profilinden oluşturulan kirişin düşey yük altında yanal burkulma davranışını incelemişlerdir. Burkulmanın önlenmesi için kiriş ortasına berkitme levha ekleyerek kirişin yanal burkulmasındaki etkisini incelemişlerdir. Yoon Duk Kim (2004); berkitme levhalı I profillerinden oluşturulan çelik köprü kirişlerinin davranışını deneysel ve analitik olarak incelemişleridir. Çelik kirişlerin davranışını ASHTO (1998) ve AASHTO(2004) şartnamelerine göre hesaplayarak deneysel verilerle karşılaştırmışlardır. Berkitme levhalarını simetrik ve simetrik olmayan biçimde yerleştirerek davranıştaki değişimi incelemeye çalışmışlardır. Chris R Hendy ve Francesco Presta (2008); berkitme levhalarının

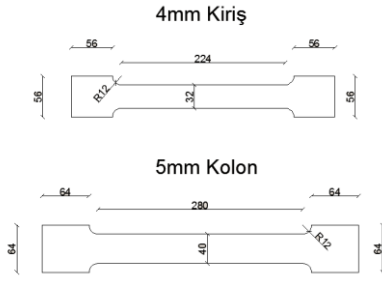
eklenmesiyle çelik köprü kirişlerinde oluşan eğilme ve kayma gerilmelerinin değişimini incelemişlerdir. İngiltere çelik köprü şartnamesi BS 5400 ve Eurocode EN1993-1-5’da verilen berkitme levha yerleşimi ve boyutları ile ilgili şartları karşılaştırmalı olarak vermişlerdir. Eksenel yük altında ve eksenel yük olmayan eğilme etkisindeki çelik kirişlerin deneylerini yapmışlardır. Berkitme levhası yerine çelik kiriş gövdesinin iki yanına beton eklenerek davranış incelenmiştir.

Bu çalışmada öncelikle R.Chacon vd. (2013) çalışmalarında deneyini yaptıkları kiriş ANSYS ile modellenerek çözüm yapılmış ve deney sonuçlarına oldukça yakın çözüm yapıldığı görülmüştür. Sayısal modellemelerde 6000mm metre açıklığa sahip yapma kesit bir kiriş ANSYS sonlu elemanlar analiz programında sayısal olarak modellenmiş ve iki noktadan yükleme yapılarak eğilme etkisi altında berkitmesiz olarak analiz edilmiştir. Gövde kalınlığının eğilme davranışına etkisini belirlemek amacıyla 3, 6 ve 10mm kalınlığında gövde kalınlıkları seçilmiştir. Berkitmelerin 500, 1000 ve 2000mm aralıklarla yerleştirilmesi ve 3, 6 ve 10mm kalınlıkları içinde analizler yapılmış ve kiriş göçme yükü ve şekli belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal Metot

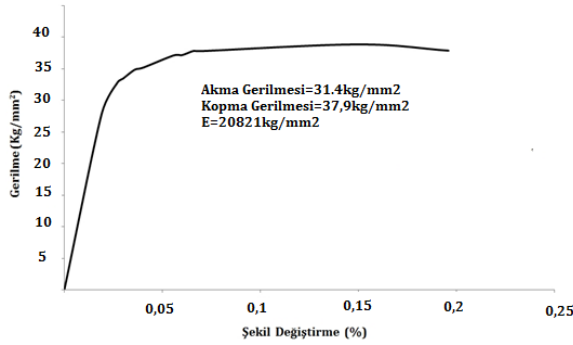
2.1 Kullanılan Çeliğin Özellikleri

Çalışma kapsamında kullanılan yapısal çeliğin mukavemet özelliklerini tanımlayabilmek için standardına uygun çekme deneyi yapılmıştır. Çekme deneyi numuneleri Şekil 1’de gösterildiği şekilde ve ölçülerdedir. Numune ölçülerinin çıkartılmasında TS EN ISO-6892-1 “Metalik Malzemeleri; Çekme Deneyi” standardındaki esaslar kullanılmıştır.



Şekil 1. Çelik malzeme çekme deneyi numunesi

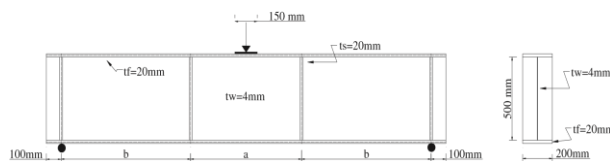
Deney numenlerinden alınan örneklerin çekme deneyi sonrası elde edilen idealleştirilmiş gerilme şekil değiştirme diyagramı verilmiştir. Çekme deneyi sonucu elde edilen akma ve kopma değerleri sayısal analizde de kullanılmıştır.



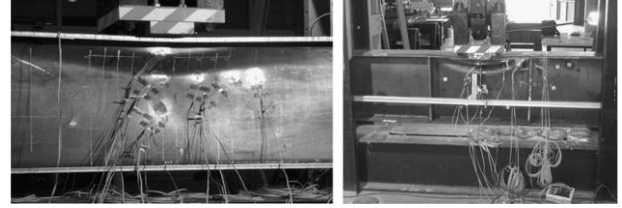
Şekil 2. Çekme deneyi gerilme şekil değiştirme diyagramı

2.2. Berkitme Levhalı Yapma Kesit Çelik Kirişin Sonlu Eleman Modelleri

R.Chacon vd. (2013) çalışmasında 2700mm açıklığa sahip, 200mm başlık genişliği ve 20mm başlık kalınlığı, 500mm gövde yüksekliğine ve 4mm gövde kalınlığına sahip bir kirişte berkitme levhaları kullanılarak kirişin davranışını deneysel olarak incelemiştir. Kirişin boyutları Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. R.Chacon vd. (2013) çelik kiriş eğilme deneyi

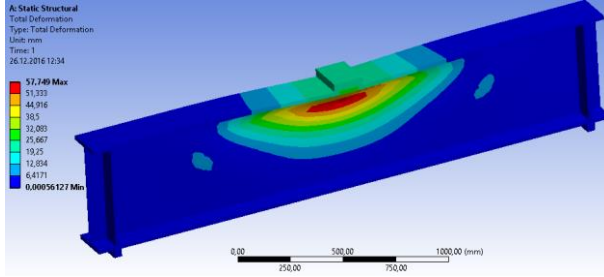


Şekil 4. R.Chacon vd. (2013) berkitmesiz (1VPL2500) ve berkitmeli (1VPL750) çelik kiriş deney sonucu şekil değiştirmeleri

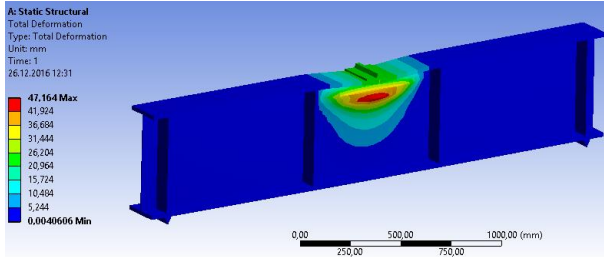
1VPL2500 deneyi sonucunda kiriş taşıma yükü 217.5kN ve 1VPL750 deneyi sonucunda kiriş taşıma yükünü 251.8kN olarak belirlenmişlerdir.

1VPL2500 ve 1VPL750 deneyinin sayısal analizi ANSYS sonlu elemanlar programıyla modellenerek çözüm yapılmıştır. Başlık ve gövde elemanları Shell olarak tanımlanmıştır. Kaynaklı birleşen levhalarda her iki tarafından köşe kaynak yapıldığı için kaynakların taşıma gücünde herhangi bir taşıma problemi olmamaktadır. Kaynaklarında Solid olarak modellendiği durumda eleman sayısı çok fazla olmakta ve analiz hem uzun sürmekte ayrıca programda yakınsama (Convergence) probleminden dolayı nonlinear çözüme ulaşamamaktadır. Başlık, gövde ve berkitme elemanları programda rijit bağlantı (Bonded) ile birleştirilmiştir. Sonlu elemanlara (Mesh) bölme işlemi sonucunda 2000 ile 4000 arasında eleman sayısının uygun olduğu görülmüştür.

1VPL2500 kirişi analiz sonunda 217.1kN ve 1VPL750 kirişi 257.1kN yük taşımaktadır. Göçme şekli ve yük – düşey yerdeğiştirme değerleri Şekil 5 ve 6'da verilmiştir. Deney sonuçları ile analiz sonuçlarının yakın olduğu görülmektedir. ANSYS sonlu eleman programı ile eğilme kirişlerinin davranışı gerçek davranışa uygun olarak hesaplanabilmektedir.

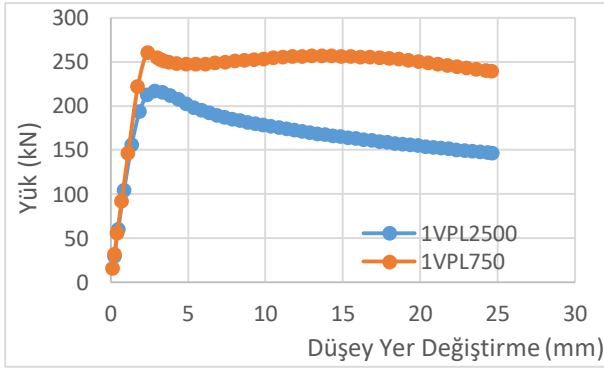


a. 1VPL2500



b. 1VPL750

Şekil 5. 1VPL2500 ve 1VPL750 kirişlerinin şekil değiştirmeleri



Şekil 6. 1VPL2500 ve 1VPL750 yük- düşey yer değiştirme eğrileri

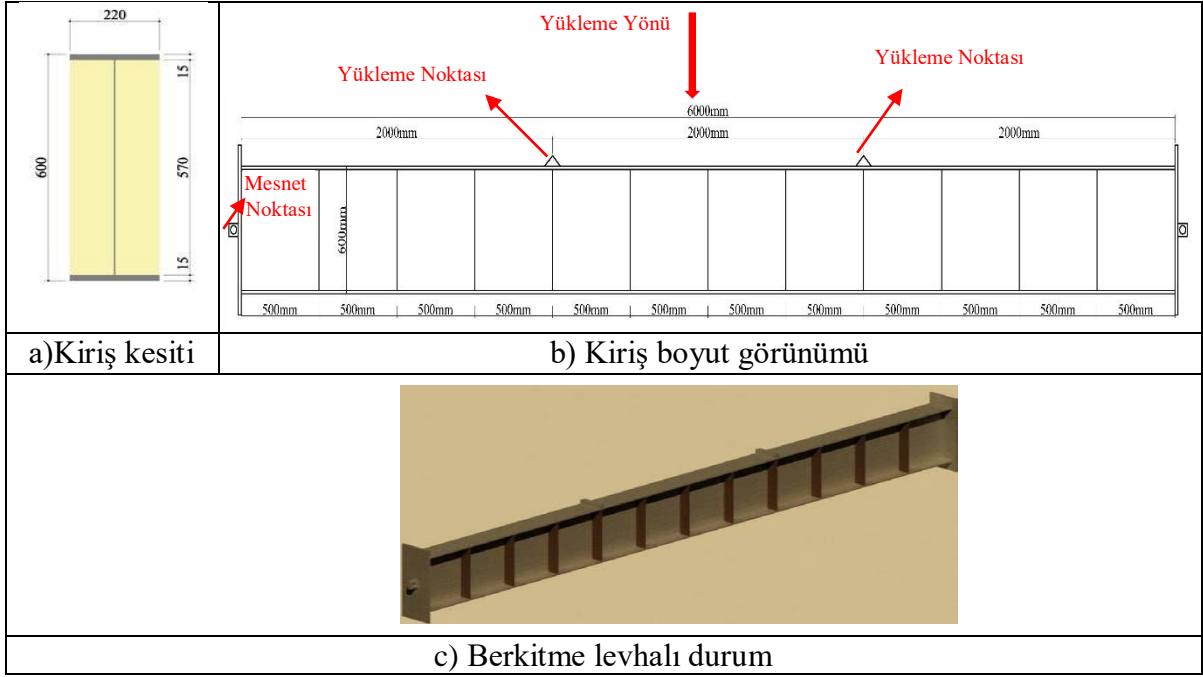
Çalışma kapsamında eğilme etkisi altındaki bir kirişte kullanılan berkitme levhalarının davranışa etkisini incelemek amacı ile 6000mm açıklığa ve 600mm yüksekliğe sahip, 200mm başlık genişliği ve 15mm başlık kalınlığı olan yapma kesit bir kiriş öncelikle berkitmesiz olarak modellenmiş ve analiz edilmiştir. Bu kiriş için elde edilen değerler referans kabul edilmiş ve şahit numune olarak isimlendirilmiştir. Berkitme levhasının kiriş davranışına etkisi incelemek için ise levhalar 500, 1000 ve 2000mm

aralığında ve 3, 6 ve 10mm cidar kalınlığı için sayısal modeller oluşturulmuştur. Modellerde kullanılan çelik kirişin boyutsal parametreleri Şekil 7'de gösterilmiştir.

Şekil 7-c'de çalışmada kullanılan berkitme levhaları 500mm aralığında yerleştirilmiş modele ait görünüm verilmiştir. Diğer modellerde bu aralık 1000 ve 2000mm olarak alınmıştır. Her bir yerleşim aralığında kullanılan berkitme levha kalınlıkları 3, 6 ve 10mm ve kiriş gövde kalınlığı 3, 6 ve 10mm alınarak modeller oluşturulmuştur. Bu sayede her berkitme aralığı, berkitme kalınlığı ve gövde kalınlığı için 27 model toplamda şahit numuneler ile 30 adet sayısal model oluşturulmuştur.

Şahit ve berkitme levhalı numunelerin boyutsal parametreleri ve çalışmada kullanılan isimleri Çizelge 1' de ifade edilmiştir.

Çizelge 1'de ifade edilen ve toplamda 30 adet olan modellerin Ansys Workbench V15 programı kullanılarak sayısal analizleri tamamlanmıştır. Sayısal modellerde kullanılan kiriş her iki ucu mafsallı basit kiriş olarak modellenip, yükleme iki noktadan artımsal olarak yüklenmiştir. Yükleme deplasman kontrollü uygulanmış, deplasman karşılığında gerekli yük hesaplatılmıştır. Çalışmada kirişin eğilme etkisi altındaki genel davranışı üzerine yoğunlaşılması sebebi ile yapma kesit olarak modellenen kirişte gövde, başlık, berkitme levhaları arasındaki kaynaklı bağlantılar rijit birleşim olarak programa tanıtılmış, kaynaklarda meydana gelen olası deformasyonlar ihmal edilmiştir



Şekil 7. Kullanılan kiriş ve berkitme yerleşim planı genel görünümü

Çizelge 1. Sayısal model isimleri ve boyutsal parametreleri

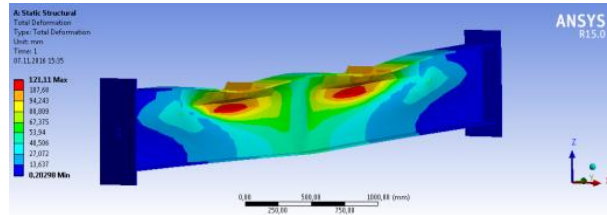
	Model	Gövde Kalınlığı	Berkitme Levha Aralığı	Berkitme Levha Kalınlığı
1	t3	3	-	-
2	t6	6	-	-
3	t10	10	-	-
4	t3-500-d3	3	500	3
5	t6-500-d3	6	500	3
6	t10-500-d3	10	500	3
7	t3-500-d6	3	500	6
8	t6-500-d6	6	500	6
9	t10-500-d6	10	500	6
10	t3-500-d10	3	500	10
11	t6-500-d10	6	500	10
12	t6-500-d10	10	500	10
13	t3-1000-d3	3	1000	3
14	t6-1000-d3	6	1000	3
15	t10-1000-d3	10	1000	3
16	t3-1000-d6	3	1000	6
17	t6-1000-d6	6	1000	6
18	t10-1000-d6	10	1000	6
19	t3-1000-d10	3	1000	10
20	t6-1000-d10	6	1000	10
21	t10-1000-d10	10	1000	10
22	t3-2000-d3	3	2000	3
23	t6-k2000-d3	6	2000	3
24	t10-2000-d3	10	2000	3
25	t3-2000-d6	3	2000	6
26	t6-2000-d6	6	2000	6
27	t10-2000-d6	10	2000	6
28	t3-2000-d10	3	2000	10
29	t6-2000-d10	6	2000	10
30	t10-2000-d10	10	2000	10

3. Bulgular

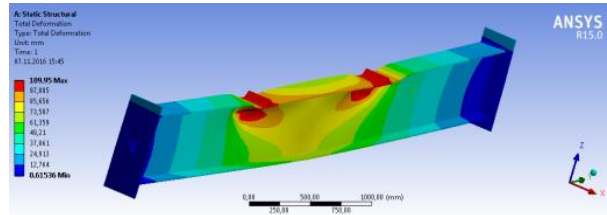
Tüm modeller, Şekil 7-b'de ifade edilen etkiye noktalarından artımsal olarak 100mm deplasman uygulanmış olup bu deplasman değeri için şekil değiştirilmiş hal ve kapasite eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen veriler bu bölümde karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. Çalışmada şahit numune niteliğinde olan t3, t6 ve t10 modeli berkitme kullanılmadan oluşturulan kirişi temsil etmektedir. 100mm sehim altında kirişte meydana gelen şekil değiştirmeler Şekil 8 ve 9'da verilmiştir.

600mm yükseklik 3mm ve 6mm gövde kalınlığına sahip olan kirişlerde üst başlık ezilmekte ve gövde levhası yükleme noktası altında buruşmakta ve kiriş yük taşıma kapasitesine ulaşmaktadır (Şekil 8a, b). 10mm gövde kalınlığına sahip kirişte eğilme davranışı görülmekte, üst başlığın basınç gerilmeleriyle burkulması sonucu taşıma kapasitesine ulaşmaktadır (Şekil 8c). Gövde kalınlığı 3mm olan berkitmeli modellerde gövde levhası kayma gerilmelerini taşıyamamakta ve buruşmaktadır (Şekil 9a). Gövde kalınlığı 6 ve 10mm olan berkitmeli kirişlerde üst başlık basınç gerilmeleriyle buruşarak sünek eğilme davranışı oluşmaktadır (Şekil 9b).

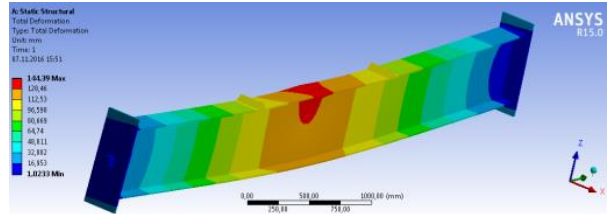
Gövde kalınlığı, berkitme aralığı ve kalınlığına bağlı düşey yük -sehim grafikleri Şekil 10, 11 ve 12’de verilmiştir. 3mm gövde kalınlığına sahip kirişte berkitme elamanları yük taşıma kapasitesini artırmakta fakat 10mm gövde kalınlığında berkitmelerin etkili olmadığı görülmektedir. 6mm gövde kalınlığında berkitmesiz kirişte maksimum yükten sonra yük taşıma kapasitesi hızla azalmakta iken berkitmeli durumda sünek davranış görülmektedir.



a. t3 modeli üst başlık ezilmesi

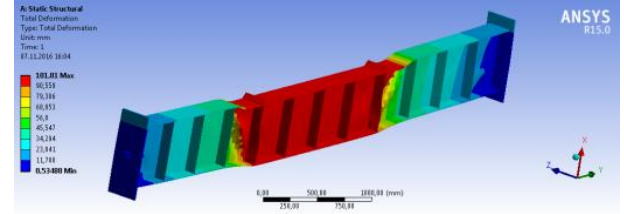


b. t6 modeli üst başlık ezilmesi

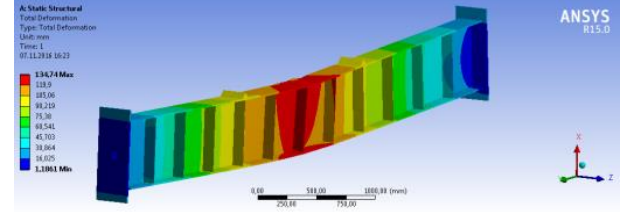


c. t10 modeli eğilme davranışı
d.

Şekil 8. Berkitmesiz kiriş şekil değiştirme durumu

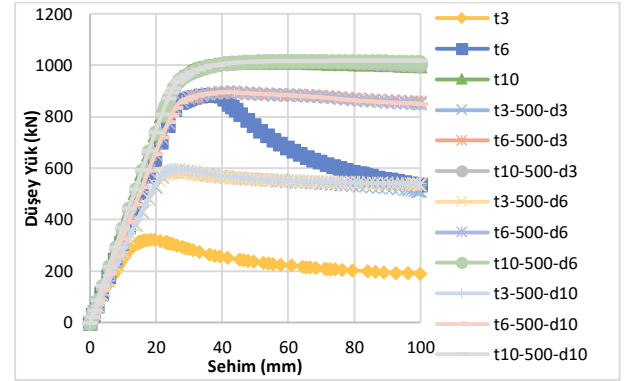


a. Gövde buruşması
b.

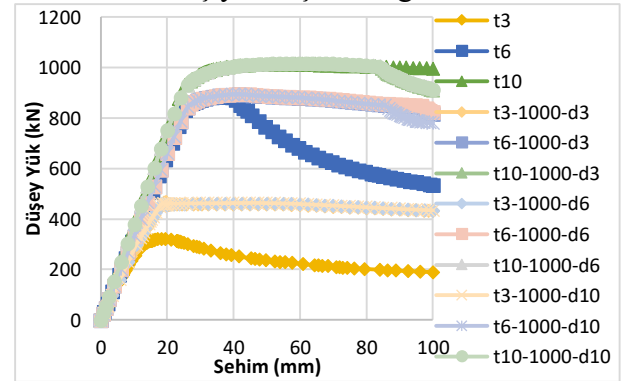


c. Eğilme davranışı
d.

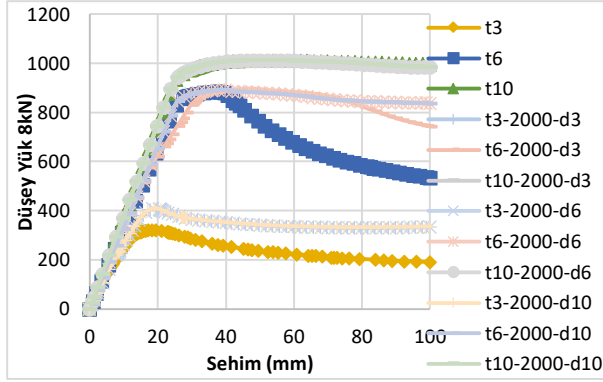
Şekil 9. Berkitmeli kiriş şekil değiştirme durumu



Şekil 10. 500mm aralıkla yerleştirilen berkitmeli kiriş yük taşıma değerleri



Şekil 11. 1000mm aralıkla yerleştirilen berkitmeli kiriş yük taşıma değerleri



Şekil 12. 2000mm aralıkla yerleştirilen berkitmeli kiriş yük taşıma değerleri

Çizelge 2. Sayısal modellerin yük taşıma kapasitesi ve göçme mekanizmaları

Model	Mak. Yük (kN)	Göçme Şekli
t3	315	Üst başlık ezilmesi
t6	885	Üst başlık ezilmesi
t10	1012	Eğilme göçmesi
t3-500-d3	590	Eğilme göçmesi
t6-500-d3	897	Eğilme göçmesi
t10-500-d3	1017	Eğilme göçmesi
t3-500-d6	591	Gövde buruşması
t6-500-d6	896	Eğilme göçmesi
t10-500-d6	1017	Eğilme göçmesi
t3-500-d10	597	Gövde buruşması
t6-500-d10	896	Eğilme göçmesi
t6-500-d10	1019	Eğilme göçmesi
t3-1000-d3	460	Gövde buruşması
t6-1000-d3	895	Eğilme göçmesi
t10-1000-d3	1016	Eğilme göçmesi
t3-1000-d6	463	Gövde buruşması
t6-1000-d6	896	Eğilme göçmesi
t10-1000-d6	1017	Eğilme göçmesi
t3-1000-d10	464	Gövde buruşması
t6-1000-d10	896	Eğilme göçmesi
t10-1000-d10	1018	Eğilme göçmesi
t3-2000-d3	409	Gövde buruşması
t6-2000-d3	896	Eğilme göçmesi
t10-2000-d3	1018	Eğilme göçmesi
t3-2000-d6	409	Eğilme göçmesi
t6-2000-d6	892	Eğilme göçmesi
t10-2000-d6	1013	Eğilme göçmesi
t3-2000-d10	410	Gövde buruşması
t6-2000-d10	892	Eğilme göçmesi
t10-2000-d10	1014	Eğilme göçmesi

Çizelge 2’de modellerin maksimum yük taşıma değerleri ve göçme mekanizmaları verilmiştir. Gövde kalınlığı 3mm olan berkitmesiz kiriş taşıma kapasitesi 315kN iken 500mm ara ile berkitme yerleştirildiğinde taşıma kapasitesi 590kN seviyelerine ulaşmaktadır. Gövde kalınlığı 6 ve 10mm olan kirişlerde berkitme elemanlarının yük taşıma kapasitesini ve

göçme mekanizmasını değiştirmedeği görülmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Farklı cidar kalınlıklarına sahip berkitme levhalarının üç farklı aralık da yerleştirildiği kirişler sonlu elemanlar metodu kullanılarak nonlineer bölgede analiz edilmiştir. 3mm gövde kalınlığına sahip kirişlerde gövdede buruşma oluşmaktadır. Kiriş gövdesinde meydana gelen bu deformasyonun önüne geçmek ve sehim etkisi altındaki rijitliği belirli bir düzeye taşıyabilmek için berkitme levhaları kullanılmıştır. Berkitme levhaları modellerde, gövde de meydana gelen deformasyonun ve buna bağlı gerilme dağılımının berkitme levhaları aralığında sınırlandırıldığı ve kapasitenin belirgin bir düzeyde artış sağladığı tespit edilmiştir. Berkitme kalınlığı ve aralığı, ince gövdeli kirişlerin davranışında etkin olmaktadır. 6mm gövde kalınlığına sahip kirişlerde ise berkitme elemanları göçme şeklini değiştirmiş ve kirişin sünek davranış göstermesini sağlamıştır. Berkitme elemanlar gövde levhasının deformasyonunu engelleyen elemanlar olduğundan dolayı 10mm gövde kalınlığına sahip kirişlerde gövde de buruşma olmamasından dolayı etkili olmamaktadır.

5. Kaynaklar

Chacon R., Mirambell E., Real E., 2013. Transversally stiffened plate girders subjected to patch loading, Part 1. Journal of Constructional Steel Research 80 (2013) 483–491

Kızılkıran, Ö., Kabul, A., Yakut, A.K., 2010. Exergetic Performance Assessment. of a Variable-Speed R404a Refrigeration System. International Journal of Energy Research, 34(6), 463-475.

Yakut, A.K., Dikmen, E., Kabul, A., Şencan, A., Kızılkıran, Ö., 2006. Konutlarda Optimum İzalasyon Malzemesi ve Kalınlığının Belirlenmesi. Enerji Teknolojileri ve Mekanik Tesisat Dergisi, 128, 158-162.

Selbaş, R., Kızıllan, Ö., 2003. Optimal Design Analysis of Shell-and-Tube Heat Exchangers. The First International Exergy, Energy and Environment Symposium (IEEES-1), 13-17 July 2003, İzmir, 761-767.

Şencan, A., Yakut, A., K., Kızıllan, Ö., 2003. Güneş Enerjili İklimlendirme Sistemi ve Bir Uygulama. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu, 20-21 Haziran 2003, Mersin, 172-177.

Design of Steel Structures Web Course (2014); Prof. S.R.Satish Kumar and Prof. A.R.Santha Kumar; Indian Institute of Technology Madras.

Philip Avery ve Mahen Mahendran (1997); Finite-Element Analysis of Hollow Flange Beams with Web Stiffeners; Journal of Structural Engineering;

John W. vd. (1974); Fatigue Strength of Steel Beams with Stiffeners and Attachments; National Cooperative Highway Research Program Report

Christian O. Sørensen, Kristian M. Rasmussen (2014); Effects of Stiffeners on the Warping Resistance of Steel I-Beams; International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 4, Issue 2.

Yoon Duk Kim (2004); Transverse Stiffener Requirements in Straight and Horizontal Curved Steel I Girders; PHD Thesis; Georgia Institute of Technology.

Chris R Hendy ve Francesco Presta (2008); Transverse Web Stiffeners and Shear Moment Interaction for Steel Plate Girder Bridges; The Structural Engineer.

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

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