

## Modeling Steps of Model Bridge Design

<sup>1</sup> Elif Ağcakoca, <sup>\*2</sup>Zeynep Yaman, <sup>3</sup>Yavuz Koçar, <sup>3</sup>Özkan Şahin, <sup>3</sup>Furkan Memiçoğlu, <sup>3</sup>Şakir Mazrek  
<sup>1\*2,3</sup>Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, Turkey

### Abstract

Today, the most popular type of transportation is road. A large part of the passenger and cargo transportation is made by land. It is possible to get to the point where the transportation is difficult because of the development of road transportation. In our country, the landforms are very effective in determining the land route. Bridge, however, is an important element in road transportation today. Bridges and overpasses are often preferred in resolving urban traffic problems, especially in metropolitan cities. In addition to aesthetics in highway constructions, it is necessary to bring together materials and techniques in the best possible way. Therefore, the bridges designed should have sufficient resilience as well as an architecture that is pleasantly aesthetically pleasing. Therefore, it is necessary to design the bridges like every structure considering the purpose of use. In order to achieve the expected strength of the construction, it is very important to select the appropriate material qualities and the appropriate section. It is also very important for the design of the cross-section, the connection shapes that can transfer the cross-sectional effects and the geometry that will work constructively efficiently under load.

**Key words:** Steel bridge, Modelling step, Model bridge

## Model Köprü Tasarımında Modelleme Aşamaları

<sup>1</sup> Elif Ağcakoca, <sup>\*2</sup>Zeynep Yaman, <sup>3</sup>Yavuz Koçar, <sup>3</sup>Özkan Şahin, <sup>3</sup>Furkan Memiçoğlu, <sup>3</sup>Şakir Mazrek  
<sup>1\*2,3</sup>Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

### Özet

Günümüzde en çok kullanılan ulaşım çeşidi karayoludur. Yolcu ve yük taşımacılığının çok büyük bir bölümü kara yoluyla yapılmaktadır. Ulaşımı güç olan noktalara gidebilmenin mümkün olması karayolu ulaşımının gelişmesi ile sağlanmaktadır. Ülkemizde kara yollu güzergâhlarının belirlenmesinde yer şekilleri oldukça etkili olmaktadır. Bununla birlikte köprüler günümüzde karayolu ulaşımında önemli bir unsur oluşturmaktadır. Özellikle büyükşehirlerde şehir içi trafik sorunlarının çözülmesinde köprüler ve üstgeçitler sıklıkla tercih edilmektedir. Karayolu yapılarında estetikliğin yanında, malzeme ve tekniği de en iyi şekilde bir araya getirmek gerekmektedir. Bu yüzden tasarlanan köprülerin hem yeterli dayanıma sahip olması, hem de estetik olarak göze hoş gelen bir mimariye sahip olması da gerekmektedir. Bu yüzden her yapı gibi köprülerde kullanım amacı göz önüne alınarak tasarım yapılması gerekmektedir. Yapının beklenen dayanımı sağlaması için, uygun malzeme kalitesi ve uygun kesitin seçilmesi oldukça önemlidir. Ayrıca kesitin, kesit tesirlerini aktarabilecek bağlantı şekilleri ve yüklemeye altında konstrüktif olarak verimli çalışacak geometride olması yapının tasarımı için oldukça önemli olmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Çelik Köprü, Modelleme, Model köprü

\*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: zdyaman@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955744

## 1. Giriş

Günümüzde en çok kullanılan ulaşım çeşidi karayoludur. Yolcu ve yük taşımacılığının çok büyük bir bölümü kara yoluyla yapılmaktadır. İnsanoğlunun en ücra noktalara kadar gidebilme isteği, karayolu ulaşımının gelişmesi üzerine etkili olmuştur. Ülkemizde kara yollarının doğrultusu yer şekillerinden oldukça etkilenmektedir. Bu nedenle köprüler günümüzde karayolu ulaşımında önemli bir unsur oluşturmaktadır. Özellikle büyükşehirlerde şehir içi trafiğinin çözülmesinde köprüler ve üstgeçitler sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yüzden tasarlanan köprülerin estetik olarak göze hoş gelen bir tasarıma sahip olması da gerekir.

Mühendislik, tasarımında malzeme ve tekniği en iyi şekilde bir araya getirme olarak tanımlanabilir. Özellikle ihtiyaçlara cevap verebilecek özellikte yapı tasarlarken, standartlara uygun mekanik özelliklere sahip malzemeleri kullanmak önem arz etmektedir. Ayrıca, dayanım, estetik ve ekonomik açıdan uygun bir yapıya ulaşmak için gerek tasarım aşamasında gerek montaj sırasında iyi bir mühendislik ve mimari çalışma yapılması da gerekmektedir. Her yapı kullanım amacı göz önüne alınarak tasarlanmaktadır. Yapının beklenen dayanıma sahip olması, yapıyı oluşturan elemanların dayanımının ile doğru orantılıdır.

Çelik köprü elamanları ile ilgili literatürde çok fazla çalışma mevcuttur. Ümit Kazak planda eğik kutu kirişli çelik köprülerin deprem analizini yapmıştır[1]. Mürüvvet Sura, çelik köprü kirişlerinde yapma I kesit kullanmış ve berkitme levhalarının kiriş eleman davranışına etkisini incelemiştir[2]. Mustafa Safa Gölen çelik köprülerde ve kirişli betonarme köprülerde yük paylaşırma yöntemleri ve kıyaslama ile ilgili çalışmada bulunmuştur[3]. Levent Oymael, Çelik köprülerde kullanılan ASTM A709 50w(345w) çeliğinin özellikleri ve kaynak performansları ile ilgili çalışmada bulunmuştur[4].

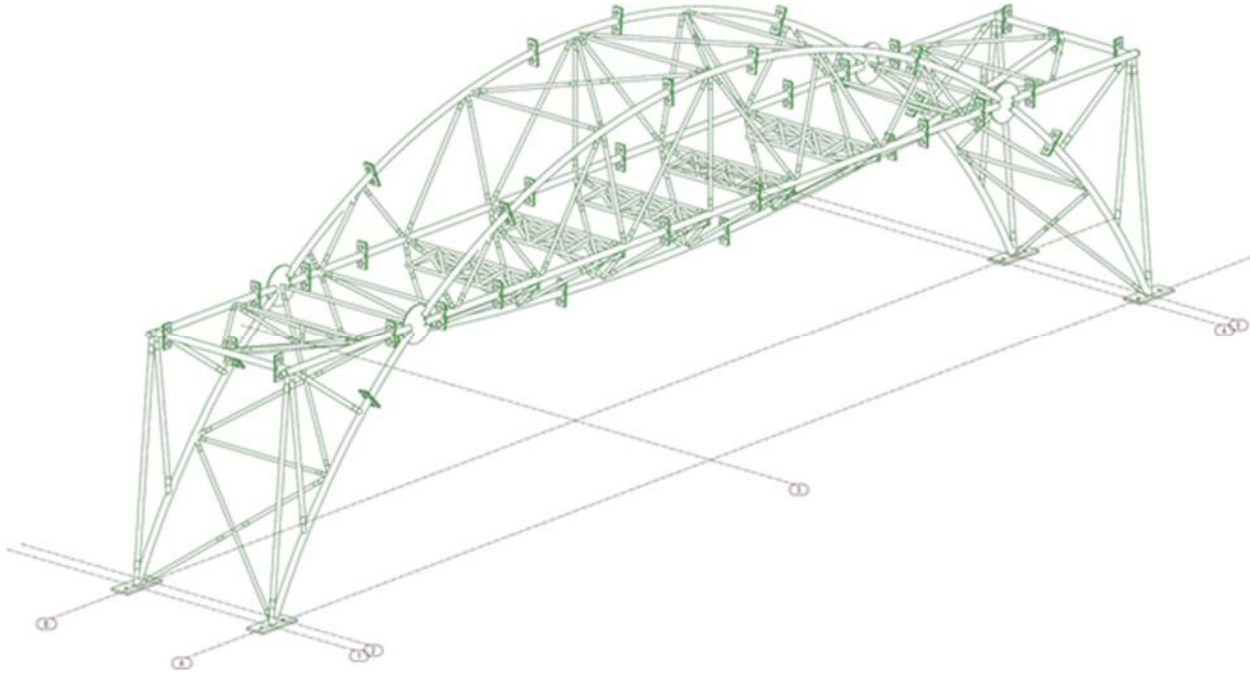
Bu çalışmada, öncelikle estetik kaygılar gözetilerek tasarlanan yapıya, belirli statik ve dinamik yükler altında, elemanların üzerinde oluşan kesit tesirleri hesaplanmıştır. Ancak çalışmada ana amaç belirli bir çelik sınıfında tasarlanan köprünün istenilen açıklığı, istenilen taşıma kapasitesinde en ekonomik şekilde oluşturmak olarak belirlenmiştir. Yapının mühendislik açısından uygun olmasında, ekonomik olmasının önemli bir unsur olup olmadığı da incelenmiştir.

## 2. Çelik Köprünün Hazırlanışı

Tasarım aşamasında estetik kaygılar göz önünde bulundurularak köprünün mimari tasarımları yapılmıştır. Yapılan bu mimari tasarımlar en elverişsiz yüklemeler altında ilgili bilgisayar programları yardımıyla çözümlenerek kesit tesirleri elde edilmiştir. Elde edilen kesit tesirleri incelenerek yük dağılımları en düzgün dağılan sistem, ekonomik açıdan da en uygun olduğundan köprü tasarımı olarak belirlenmiştir. Elemanlar üzerlerine gelen kesit tesirlerinin büyüklüklerine göre boyutlandırma yapılmaktadır.

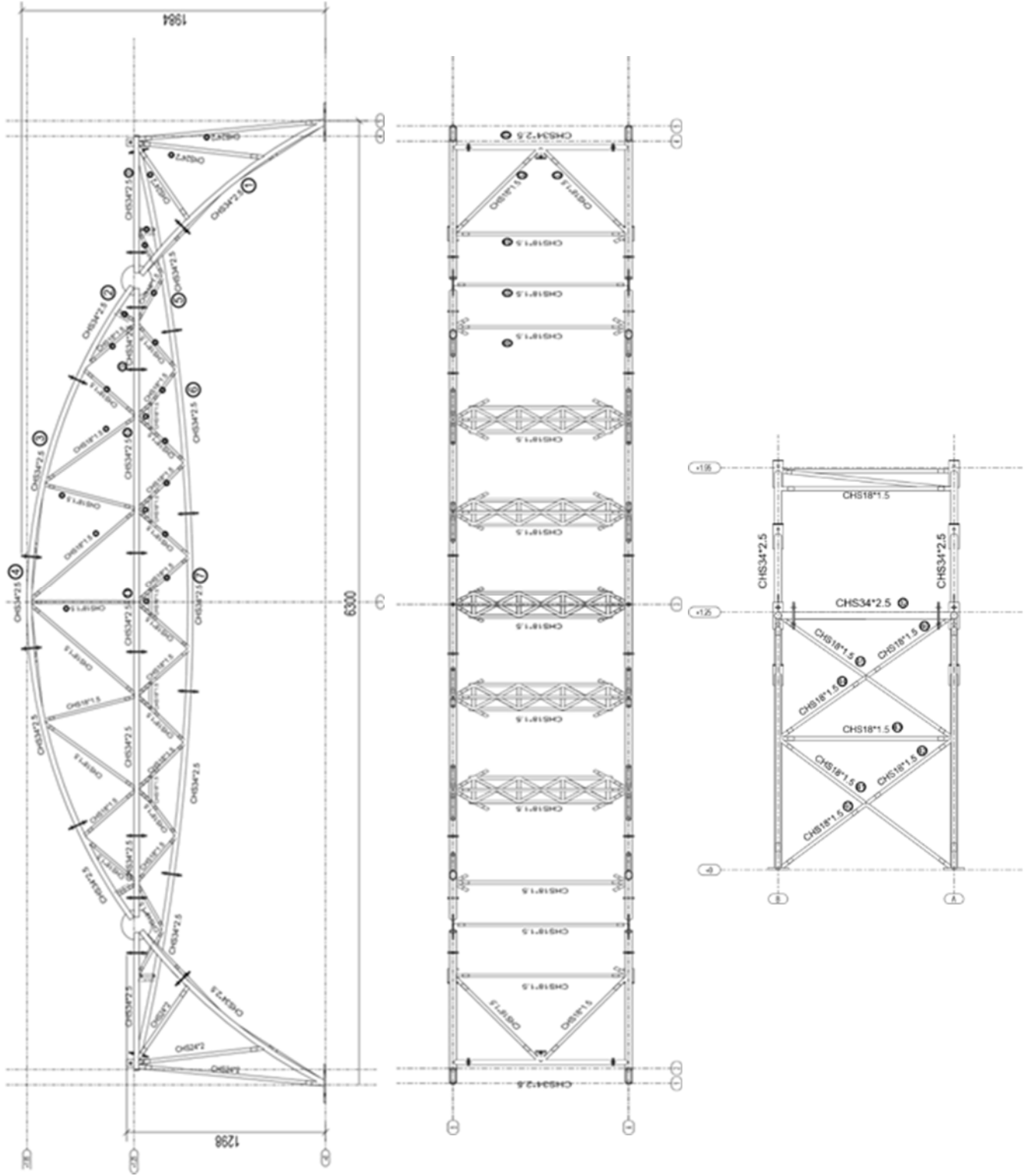
Tasarım çalışmasında 275 MPa akma dayanımına sahip çelik boru profiller CHS 34mm x 2,5mm, CHS 18mm x 1.5mm, CHS 24mm x 2mm olarak kullanılmıştır. Çelik elastisite modülü 210000 MPa olarak belirlenmiştir.

Kemer köprü tasarlanırken üst başlık, alt başlık, dikme ve diyagonal olarak isimlendirilen elemanlarından faydalanılmıştır. Ayrıca kemer köprünün yere bağlanmasını sağlayan kolon elemanlar da bulunmaktadır. CHS 34mm x 2.5mm profilinden oluşan kemer, kolon başlangıç parçalarının ucuna kaynak ile bağlanmış plakayla yere çift bulonla ankastre olarak bağlanmaktadır (Şekil 1).



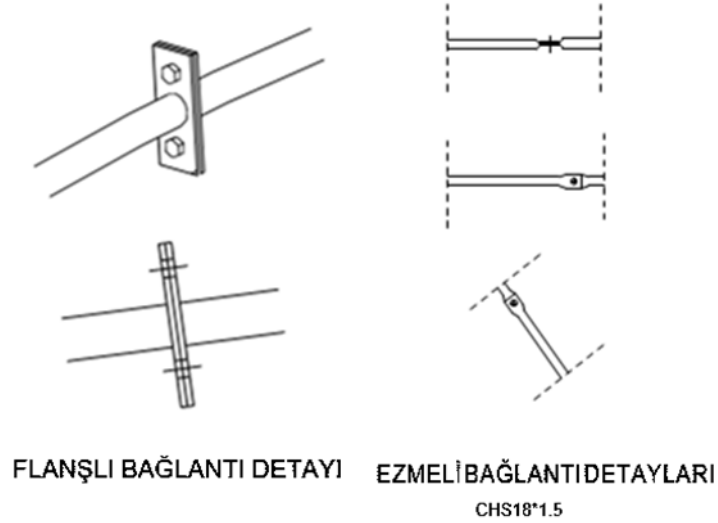
Şekil 1. Kemer köprünün 3 boyutlu görünüşü

Alt kemer başlangıç elemanları tabliyenin başlangıç noktalarına flanşlı bağlantı ile bağlanmaktadır. Alt kemer ara parçaları flanşlı bağlantıları yapılarak birbirine montajı ile sağlanmaktadır. Kafes elemanlar alt kemere ezmeli bağlantı ile montajı yapılmaktadır. Tabliyenin altında kullanılan uzay kafes sistemin estetiğini arttırmak amacıyla ters bir kafes formu kullanılmaktadır. Kullanılan uzay kafes sistemi tabliyenin üzerine gelen yükler altında daha rijit bir davranış sergilemesi sağlanmaktadır. Yatay rijitliğin artırılması için kemerin üst bölgeleri çaprazlar ile birleştirilmektedir. Tabliyeye gelen düşey yükleri ana kemerlere aktarmak için düzenli aralıklarla düz çelik çubuk elemanlar kullanılmaktadır. Köprü ayaklarının kemer formunda olmasından dolayı zemine ankrajlandığı yerlerde burkulmayı engellemek amacıyla tabliye ile ayaklar arasında çapraz elemanlar yerleştirilerek kafes formu oluşturulmuştur. Kemer köprünün geometrik özellikleri Şekil 2’de verilmiştir.

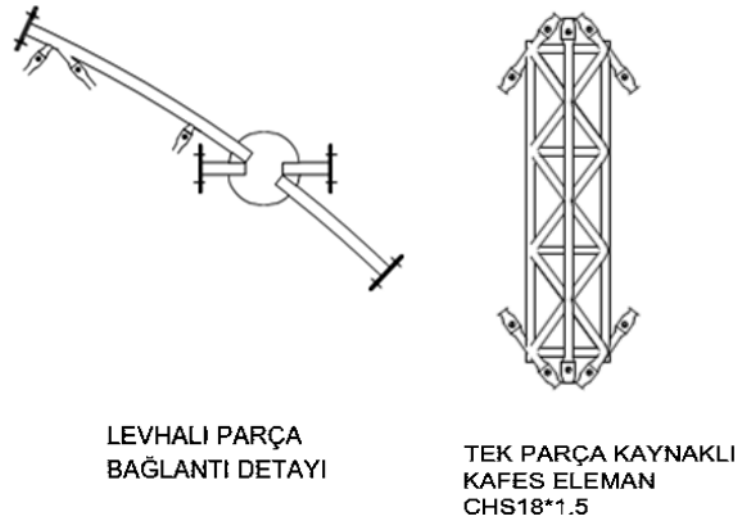


Şekil 2. Kemer köprünün boyut, kesit ve görünüşleri

Elemanlar birbirleri ile ya da yerde bulunan plakalara bağlanırken flanşlı bağlantı tipi ile bulonlu montajı yapılarak iki ana kemer tamamlanmaktadır(Flanşlı bağlantı detayı).Tamamlanan kemer üzerine önceden tabliye için ayarlanmış levhalı bağlantı nokatalarından tabliye montajına başlanmıştır(Levha parka bağlantı detayı).Tabliye dış çerçeve elemanları kemere levhalı bağlantılar ile bağlanarak kendi aralarında flanşlı olarak bağlanmaktadır. Tabliye iç elamanlarında bulunan kafes elemanlar ve düz çubuk elamanları ezmeli bağlantı ile montajı sağlanmaktadır(Ezmeli bağlantı detayı- Şekil 3). Kafes elemanlarda iç parçalar birbirleri kaynak ile bağlanır ve tabliye dış çerçevesine ezmeli bağlantı ile montajı yapılmaktadır(Tek parka kaynaklı kafes elamanı- Şekil 4). Tabliyede kullanılan uzay kafes sistem ile yapının yatay ve düşey rijitliği artırılması hedeflenmiştir.

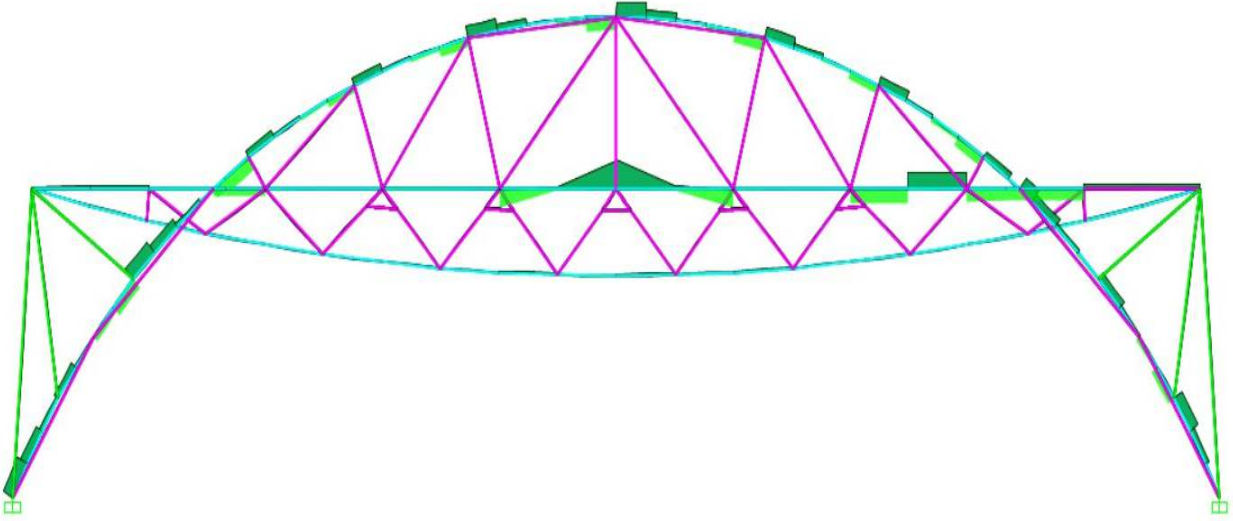


Şekil 3. Kemer köprü ezilmeli bağlantı tipleri

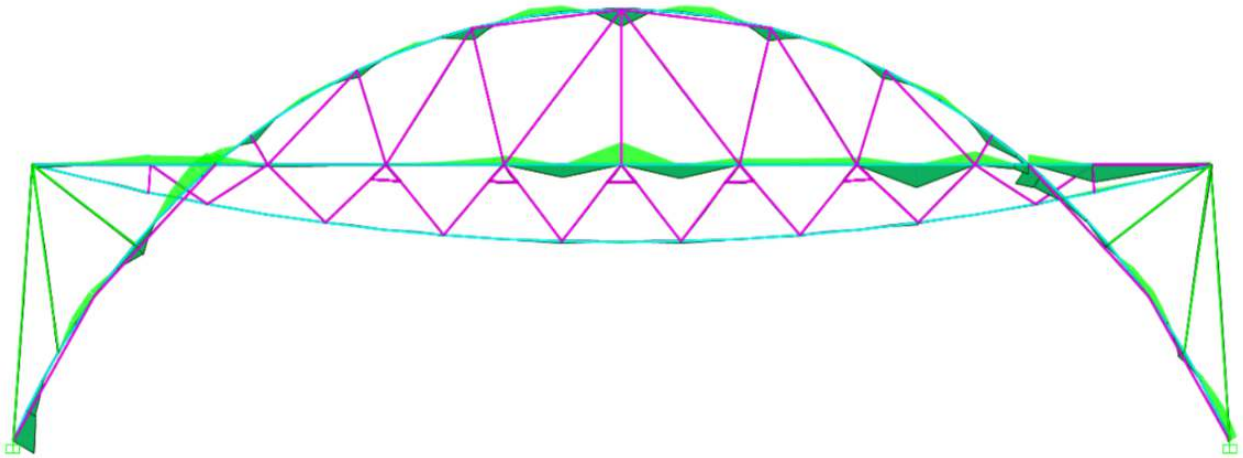


Şekil 4. Kemer köprü kaynaklı bağlantı tipleri

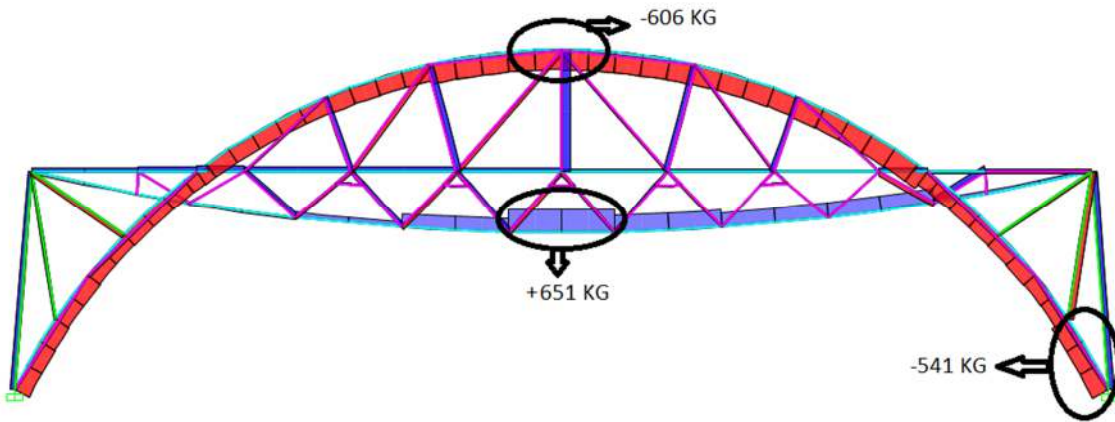
### 3. Köprü Statik Analizi



Şekil 5 Model Köprü Kesme Kuvvet Diyagramı



Şekil 6 Model Köprü Moment Diyagramı



Şekil 7 Model Köprü Normal Kuvvet Diyagramı

Kemer köprünün ortasına 1000 kg ve tek tarafta açıklığın ¼ lük mesafesine 250 kg ağırlık olacak şekilde yükleme yapılmıştır. Yükleme yapıldıktan sonra kemer köprüde oluşan normal kuvvet,

kesme kuvveti ve moment diyagramı Şekil 5,6,7’ de verilmiştir.

#### 4. Sonuçlar

Elverişsiz yükleme sonucunda seçilen malzemelerin boyutları yeterli görülmüştür. En büyük moment yükün uygulandığı kesitte oluşmaktadır. Maksimum düşey yerdeğiştirmetirmesi 3,2 mm. Maksimum yatay yerdeğiştirmetirmesi 1,15 mm olarak belirlenmiştir. Bu değerler gerekli olan yönetmelik ve standartların belirlediği sınır değerler içerisinde kalmaktadır.

#### 5. Kaynaklar

[1]<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> Ümit Kazak, Earthquake analysis of curved steel box girder bridges / Planda eğik kutu kirişli çelik köprülerin deprem analizi.

[2]<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> Mürüvvet Sura Çelik köprü yapma I kirişlerinde berkitme levhalarının eleman davranışına etkisi / The effect of stiffeners on the steel bridge I beams behavior

[3]<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> Mustafa Safa Gölen elik köprülerde ve kirişli betonarme köprülerde yük paylaşırma yöntemleri ve kıyaslama / Load sharing methods and comparison in steel bridges and concrete concrete bridges

[4]<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> Levent Oymael Çelik köprülerde kullanılan ASTM A709 50w(345w) çeliğinin özellikleri ve kaynak performansları / Material properties and welding performance of ASTM A709 50w (345w) steel used in steel bridges