

## LİF TAKVİYELİ KOMPOZİT ASMA YAYA KÖPRÜSÜNÜN YAPISAL DAVRANIŞININ İNCELENMESİ: HALGAVOR ASMA YAYA KÖPRÜSÜ

**<sup>1</sup>Murat GÜNAYDIN, <sup>2</sup>Süleyman ADANUR, <sup>3</sup>Ahmet Can ALTUNIŞIK, <sup>4</sup>Barış SEVİM**

<sup>1</sup>Gümüşhane Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane/Türkiye  
E-mail: gunaydin61@hotmail.com.tr

<sup>2</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon/Türkiye  
E-mail: sadanur@ktu.edu.tr

<sup>3</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon/Türkiye  
E-mail: ahmetcan8284@hotmail.com

<sup>4</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye  
E-mail: bsevim18@hotmail.com

### Özet

Lif takviyeli kompozit malzemeler yüksek dayanım, yüksek rijitlik, düşük ağırlık, iyi korozyon direnci, düşük bakım masrafı gibi olumlu özelliklerinden dolayı birçok mühendislik yapısında tercih edilmeye başlanmıştır. Özellikle kolay bakım, hafiflik, montaj ve işçilik kolaylığı, estetik görünüm, uzun kullanım ömrü ve inşa sürecinde trafik aksamalarını en aza indirmeye gibi avantajlardan dolayı lif takviyeli kompozit malzemeler yaya köprülerinin tamamının veya kablo, tabliye, giriş gibi elemanlarının inşaatında sıklıkla tercih edilir hale gelmiştir. Bu çalışmada uygulama olarak, tabliyesinde ilk kez cam lif takviyeli polimer kompozit kullanılarak inşa edilmiş Halgavor asma yaya köprüsünün yapısal davranışının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla köprünün sonlu elemanlar modeli oluşturularak statik, modal ve dinamik davranışı belirlenmiştir. Dinamik analizlerde yer hareketi olarak 1992 Erzincan depreminin doğu-batı bileşeni seçilmiştir. Çalışma kapsamında analizler tabliyenin çelik olması durumu için tekrar edilmiş olup, elde edilen sonuçlar birbirleri ile kıyaslanarak cam lif takviyeli kompozit malzemeden inşa edilmiş köprünün yapısal davranışındaki farklılıklar ortaya konulmaya çalışılmıştır.

### Giriş

Bilindiği üzere, yaya üst geçitleri, yayaların ulaşımını rahat, güvenli ve kolay bir biçimde gerçekleştirmelerini sağlayan mühendislik yapılarıdır. Bu yapılar otoyollarda, park ve bahçelerde hatta akarsu üzerlerinde inşa edilebilmektedir. Ülkemizin, özellikle büyük şehirlerimizin gerek trafik akışının kesintisiz sağlanması gerekse de yaya geçiş güvenliğinin sağlanabilmesi için yaya üst geçitlerine olan ihtiyacı giderek artmaktadır. Özellikle büyük şehirlerimizde ana yolların şehir merkezlerinde kalmasından dolayı bu ihtiyaç daha da belirgin hale gelmektedir. Çünkü birçok vatandaşımız bu yollarda karşıdan karşıya geçerken yaralanmakta, hatta hayatını

kaybetmektedir. Bu kayıpların ve yayaların neden olduğu trafik aksaklıklarının engellenmesinin en iyi yolu, yaya üst geçitlerinin sayısının, işlevselliğinin ve yayalar tarafından kullanılmasının artırılmasıdır.

Ülkemizde son zamanlarda artan yaya üst geçidi ihtiyacını karşılayabilmek için kent kimliğiyle ve doğasıyla uyumlanmayan birçok yaya köprüsü inşa edilmiştir. Bu yapıların birçoğunun gerek estetik gerekse de gerekli mühendislik hizmetinden yoksun yapılar oldukları rahatlıkla gözlenebilmektedir. Mühendislik hizmetinden yoksun yapıların ekonomiktikten uzaklaşacağı bir gerçektir.

Örnek vermek gerekirse, aynı karayolu üzerinde taşıyıcı eleman boyutları birbirlerinden çok farklı aynı malzemeden inşa edilmiş benzer açıklığa sahip yaya köprüleriyle karşılaşmak mümkündür. Bu köprüler ekonomik tasarımlar olmadıkları gibi, hantal görünüşleriyle de görüntü kirliliğine neden olmaktadır. Ülkemizde çağdaş zamanın teknolojisini yansıtan, bulunduğu şehir ile bütünleşen, kullanımı kolay, üzerinden geçen yayaların ilgisini çekebilecek, yaşlı ve engelli insanların beklentilerini karşılayabilecek modern yaya köprülerinin inşası bu köprülerin kullanımını artıracaktır. Ayrıca bu köprüler şehirlerimiz için de birer sembol haline geleceklerdir. Antalya'da betonarme temel üzerine çelik taşıyıcı elemanlar kullanılarak inşa edilen, gemi görünümlü, 25 metre açıklıklı Fatih Üstgeçidi yaya köprüsü modern, kullanışlı, estetik ve kent kimliğiyle uyumlu yaya köprülerine örnek olarak gösterilebilir (Şekil 1).



Şekil 1. Fatih Üstgeçidinin gündüz ve gece görünüşleri (URL-1)

Yaya köprülerinin inşasında genellikle çelik ve betonarme malzeme kullanılarak imal edilmiş taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan yapı elemanları kullanılmaktadır. Kompozit malzemelerin bir çeşidi olan lifli polimer (LP) kompozit malzemeler hafiflik, yüksek dayanım, yüksek rijitlik, iyi korozyon direnci, düşük bakım masrafı gibi olumlu özelliklerinden dolayı yaya köprülerinin ayak, tabliye, kiriş ve kablo elemanlarının imalatlarında çeliğe ve betonarmeye kıyasla tercih edilebilir hale gelmiştir.

Ülkemizde henüz uygulaması bulunmamasına rağmen Amerika, Almanya, İspanya, İngiltere, İsviçre, Japonya, Rusya ve Çin gibi ülkelerde tamamı veya bir bölümü kompozit malzemeler kullanılarak inşa edilmiş birçok yaya köprüsüne rastlamak mümkündür. Kompozit malzemelerin sağladığı avantajlardan yararlanılarak, daha estetik, daha kısa sürede inşa edilebilen, daha hafif çözümler üretilebilmektedir.

Hafiflik ve kolay taşınabilme gibi özellikler bu köprülerin önemli avantajlarıdır. Köprü parçaları ayrı ayrı veya köprü'nün tamamı fabrikada kurulup bir helikopter yardımı ile karayolu ulaşımı olmayan noktalara rahatlıkla taşınabilmektedir.

(Şekil 2). Ayrıca, fabrikada montajı yapılan köprü çok kısa bir sürede ve trafik akışını aksatmadan yerine monte edilebilmektedir.



Şekil 2. Pontresina yaya köprüsü (Url-2)

Yapımı 1982 yılında Çin'de tamamlanan 20.70m uzunluğunda, 9.90m genişliğindeki Miyun köprüsü tamamı lifli polimer kompozit malzemeden inşa edilen ilk köprüdür. 1982-2011 yılları arasında dünyanın çeşitli yerlerinde tamamı veya kablo, tabliye, kiriş gibi elamanları lifli polimer (LP) kompozit malzeme kullanılarak inşa edilmiş 355 tane köprü rapor edilmiştir (Potyrala, 2011). Bu sayının günümüzde artmış olduğu, kompozit malzemelerin üretim maliyetlerindeki azalma ile de ilerleyen yıllarda daha da artacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla, bu gibi köprülerin yapısal davranışlarının belirlenmesi, benzerlerine göre olumlu ve olumsuz yönlerinin ortaya konulması büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda lifli polimer kompozit malzemeler kullanılarak inşa edilmiş köprülerin yapısal davranışlarının belirlenmesi konusundaki çalışmalar bazı araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur

(Khalifa ve diğ. 1996; Hodhod ve Khalifa, 1997; Burgueno ve diğ. 2001; Aref ve Alampalli, 2001; Firth ve Cooper, 2002; Chiewanichakorn ve diğ. 2003; Aluri ve diğ. 2005; Aref ve diğ. 2005; Farhey, 2005; Wan ve diğ. 2005; Votsis ve diğ. 2005; Lestari ve Qiao, 2006; Alagusundaramoorthy ve Reddy, 2008; Bai ve Keller, 2008; Caron ve diğ. 2009; Jin ve diğ. 2010; Wang ve Wu, 2010; Adanur ve diğ. 2011; Ji ve diğ. 2011; Gonilha ve diğ. 2014).

Bu çalışmada, ülkemizde inşa edilecek yaya köprülerine örnek olabilecek, tabliyesi lifli polimer kompozit malzemeden inşa edilmiş, yaya, bisiklet ve at geçişlerine imkân verecek şekilde tasarlanmış Halgavor asma yaya köprüsü'nün yapısal davranışı üzerinde durulmaktadır. Bu amaçla, köprü'nün ideal sonlu elemanlar modeli oluşturularak gerçekleştirilen bir takım analizler ile yapısal davranış belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, benzer analizler tabliyenin çelik olması durumu için de tekrarlanmıştır. Bu sayede tabliyenin çelik veya kompozit malzemeden inşa edilmesi durumunda köprü'nün yapısal davranışında meydana gelebilecek farklılıklar incelenmiştir.

## Uygulama

### Halgavor Asma Yaya Köprüsü

İngiltere’de A 30 bölünmüş karayolu üzerinde inşa edilen Halgavor asma yaya köprüsü (Şekil 3) uygulama olarak seçilmiştir. Yapımı 2001 yılında tamamlanan köprü, 47m ana açıklığa sahip olup, Avrupa’nın tabliyesi kompozit malzeme kullanılarak inşa edilen uzun açıklıklı yaya köprülerinden biridir. 4m genişliğe sahip olan köprü tabliyesi yayaları, bisikletlileri ve atları taşıyabilecek nitelikte tasarlanmıştır. Bu amaçla köprü tabliyesi geri dönüştürülmüş araba lastiklerinden elde edilen işlenmiş kauçuk ile kaplanmıştır. Halgavor asma yaya köprüsünün taşıyıcı sistemi: cam lifli polimer kompozit malzemeden inşa edilmiş tabliye, çelik ayaklar, paslanmaz çelikten imal edilmiş ana kablolar ve askılardan oluşmaktadır. Ana açıklık çelik ayaklar ile askıya alınmış ve ana açıklık kabloları tabliyeye civata ile birleştirilen korkuluk direklerine bağlanmıştır.



Şekil 3. Halgavor asma yaya köprüsü (URL-3)

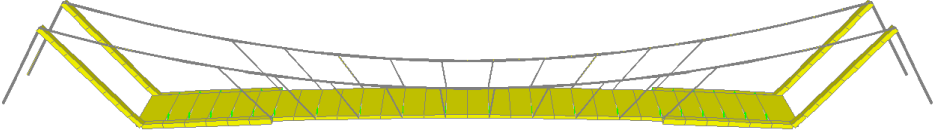
Sandviç yapıya sahip olan köprü tabliyesinin (Şekil 4) alt ve üst yüzeyinde bulunan 10x10m’lik paneller ile birlikte köprünün iç yapısını oluşturan elemanların tamamı cam lifli polimer kompozit malzemeden imal edilmiştir. Bu malzeme, yüksek dayanım, yüksek korozyon direnci, düşük bakım masrafı, hafiflik ve kolay montaj gibi olumlu özelliklerinden dolayı köprü tabliyesinde tercih edilmiştir. Alt ve üst yüzeyde bulunan paneller vakum infüzyon yöntemiyle, tabliye içinde kalan boyuna ve enine kiriş elemanlar ise pultrüzyon yöntemi ile üretilmiştir.



Şekil 4. Halgavor asma yaya köprüsü tabliyesi [URL-3]

## Sonlu Eleman Modeli

Halgavor asma yaya köprüsünün yapısal davranışını belirleyebilmek için köprünün üç boyutlu sonlu eleman modeli SAP2000 (SAP2000 2015) programı kullanılarak oluşturulmuştur. Köprünün sonlu eleman modelinde (Şekil 5) tabliye, ayak ve kablo çubuk elemanlar ile askılar ise moment aktarmayan kafes elemanlar ile temsil edilmiştir. Halgavor asma yaya köprüsünün üç boyutlu sonlu eleman modeli 169 düğüm noktası, 174 çubuk eleman ve 20 kafes elemandan oluşmaktadır. Köprünün üç boyutlu modellenmesinde kullanılan kesit ve malzeme özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 5. Halgavor asma yaya köprüsüne ait üç boyutlu sonlu eleman modeli.

Tablo 1. Halgavor Asma Yaya Köprüsü Kesit ve Malzeme Özellikleri.

Eleman	Malzeme Özellikleri				
	Elastisite Modülü kN/m <sup>2</sup>	Poisson Oranı -	Kesit Alanı m <sup>2</sup>	Eylemsizlik Momenti m <sup>4</sup>	Birim Hacim Ağırlık Kg/m <sup>3</sup>
Kuleler	2.0800E8	0.30	0.07000	1.458E-03	7850
Tabliye*	1.9875E7	0.30	0.26600	4.180E-03	3351
Tabliye*	2.0500E8	0.30	0.26600	4.180E-03	9260
Kablo	2.0500E8	0.30	0.01120	1.000E-05	7850
Askı	2.0500E8	0.30	0.00283	-	7850

Tabliye\*: Kompozit Tabliye      Tabliye\*: Çelik Tabliye

## Yapısal Davranışının Belirlenmesi

Halgavor asma yaya köprüsünün yapısal davranışını belirlemek için sırasıyla köprünün modal, statik ve dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Her bir analiz tabliyenin çelik olması durumu için de tekrarlanarak elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

## Modal Analiz

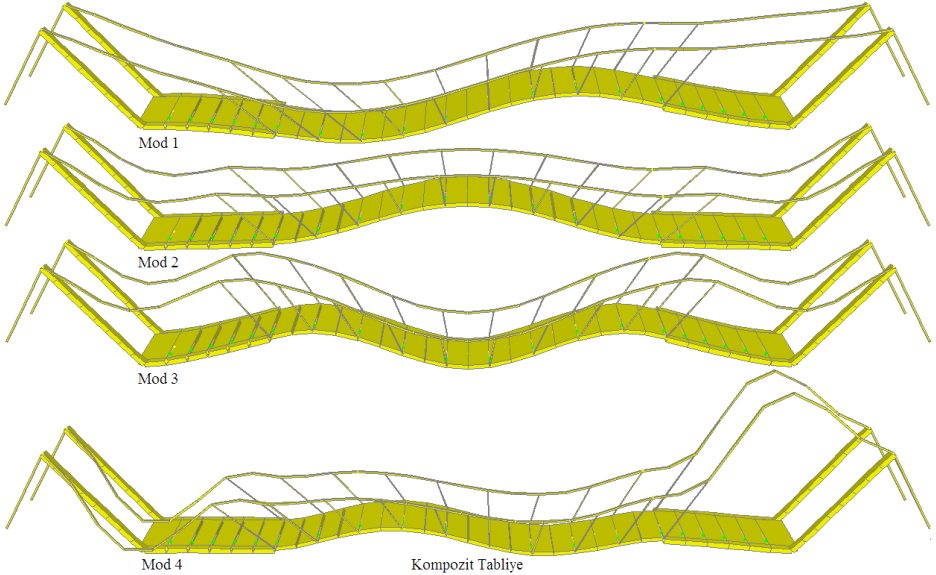
Asma yaya köprüsünün frekans, periyot ve mod şekillerinin belirlenebilmesi için köprünün modal analizi gerçekleştirilmiştir. Tabliyenin kompozit ve çelik olması durumu için modal analizlerden elde edilen ilk on moda ait frekans değerleri, salınımın baskın olduğu bölge ve salınımın doğrultusu Tablo 2'de verilmektedir. Köprünün her iki durumuna ait ilk dört mod şekli Şekil 6'da verilmektedir.

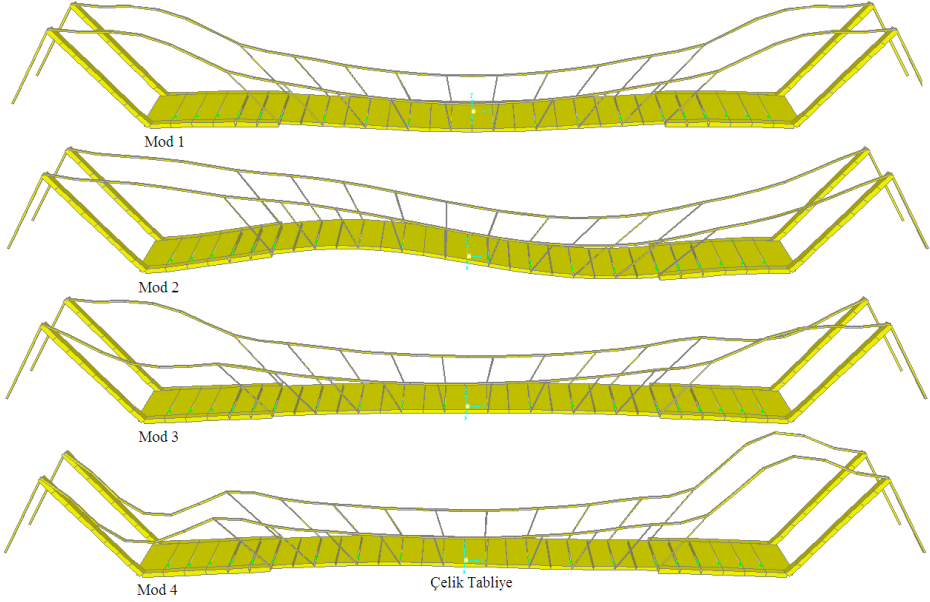
Tablo 2. İlk on Moda ait Frekans Değerleri ve Mod Şekilleri

Mod No	Kompozit Tabliye		Çelik Tabliye	
	F (Hz)	Salınım Bölğ.-Salınım	F (Hz)	Salınım Bölğ.-Salınım
1	1.816	Tabliye-Düşey	2.225	Tabliye-Düşey
2	1.993	Tabliye-Düşey	2.404	Tabliye-Düşey
3	3.443	Tabliye-Düşey	4.179	Tabliye-Düşey
4	3.852	Tabliye-Düşey	4.223	Tabliye-Düşey
5	3.975	Kablo-	4.857	Tabliye-Düşey
6	4.992	Tabliye-Düşey	6.089	Kablo-
7	5.931	Kablo-	6.214	Tabliye-Düşey
8	6.163	Tabliye-Düşey	7.909	Tabliye-Düşey
9	7.303	Tabliye-Düşey	10.850	Tabliye-Düşey
10	9.882	Tabliye-Düşey	10.889	Kablo

F: Frekans

Tablo 2'den görüldüğü gibi köprünün ilk on frekansı kompozit tabliye için 1.816-9.882Hz arasında, çelik tabliye için ise 2.225-10.889Hz arasında değişmektedir. Beklenenin aksine kompozit tabliye için elde edilen frekans değerleri daha küçüktür. Bu durumun kompozit tabliyenin düşey yönde hesaplanan rijitliğinin (düşük elastisite modülü, düşük kütle) daha küçük olmasından kaynaklandığı ve dolayısıyla bu durumun geometrik olmayan lineer analizlere etkisinin daha az olduğu düşünülmektedir. Her iki durum için elde edilen modlar ağırlıklı olarak tabliyenin düşey salınımının farklı şekillerde ortaya çıkması şeklinde elde edilmiştir.

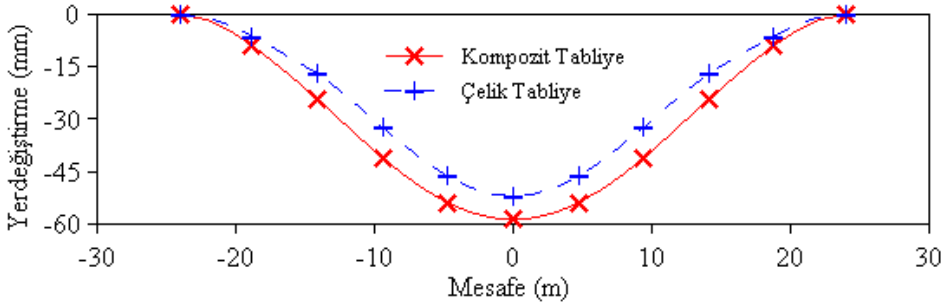




Şekil 6. Kompozit ve çelik tabliye durumu için ilk dört mod şekli

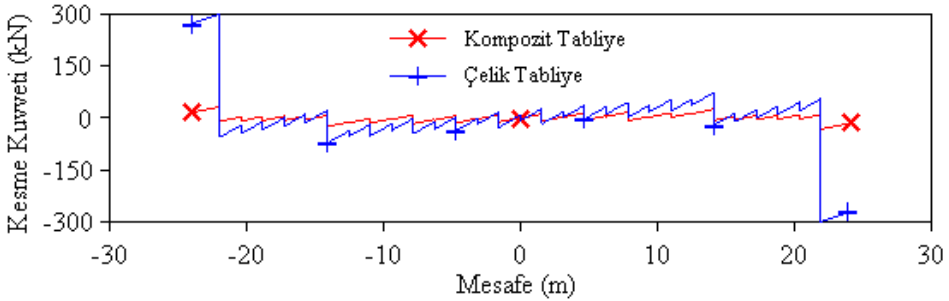
### Statik Analiz

Halgavor asma yaya köprüsünün kendi ağırlığı altındaki yapısal davranışını belirleyebilmek amacıyla köprü'nün statik analizi gerçekleştirilmiştir. Statik analizlerde yapı elemanlarının kendi ağırlıkları, kaplama ağırlığı, korkuluk direkleri ağırlığı, köprü yan duvarlarındaki ahşap kaplama ağırlıkları hesaplara ilave edilmiştir. Yapısal davranışının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bütün analizlerde, ikinci mertebe teorisinden doğan geometrik olarak lineer olmama dikkate alınmıştır. Statik analizler tabliyenin çelik olması durumu için de tekrar edilerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Statik analizler sonucunda tabliye boyunca elde edilen yerdeğiştirmeler ve kesme kuvvetleri, kablolarda oluşan aksenal kuvvetler sırasıyla Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'da verilmektedir. Şekil 7 incelendiğinde, her iki analiz durumu için düşey yerdeğiştirme değerlerinin tabliye boyunca arttığı ve tabliye orta noktasında maksimum değerleri aldığı görülmektedir. Maksimum yerdeğiştirme değerleri kompozit tabliye için 58mm, çelik tabliye için 53mm olarak elde edilmiştir.



Şekil 7. Düşey yer değiştirme değerlerinin tabliye boyunca değişimi

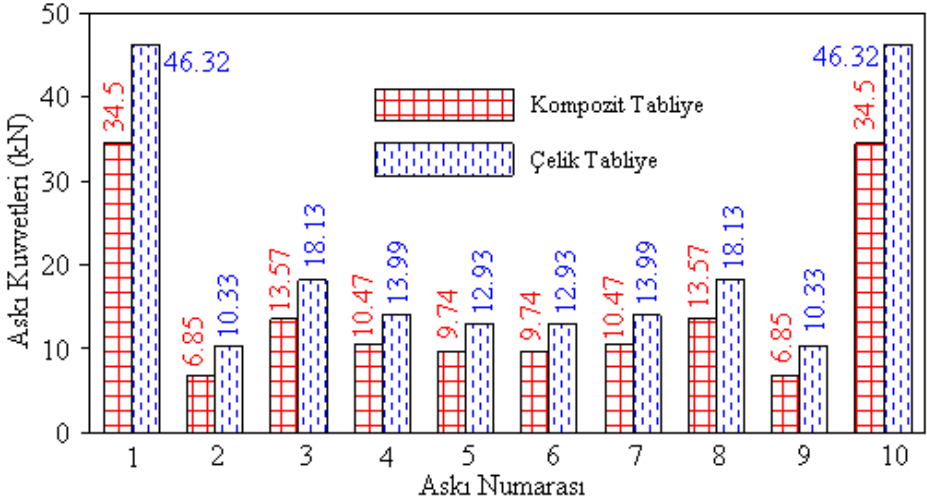
Kesme kuvveti değerleri tabliye mesnet bölgelerinde maksimum elde edilmiştir. Kompozit ve çelik tabliye durumu için maksimum kesme kuvvetleri sırasıyla 15kN ve 270kN olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8. Kesme kuvveti değerlerinin tabliye boyunca değişimi

Şekil 9 incelendiğinde tabliyenin kompozit olması durumunda elde edilen kablo kuvvetlerinin çelik olması durumunda elde edilen kablo kuvvetlerinden daha küçük olduğu görülmektedir. Kompozit tabliye için maksimum kablo kuvveti 34.50kN olarak elde edilmiştir. Buna karşılık çelik tabliye durumu için maksimum kablo kuvveti 46.32kN olarak elde edilmiştir.

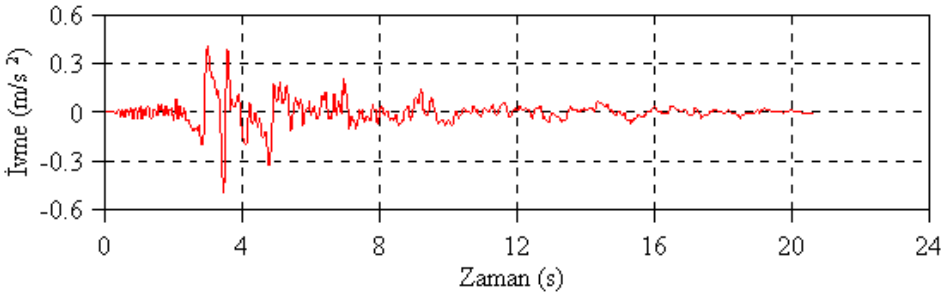




Şekil 9. Statik analiz sonucunda elde edilen kablo kuvvetleri

### Dinamik Analiz

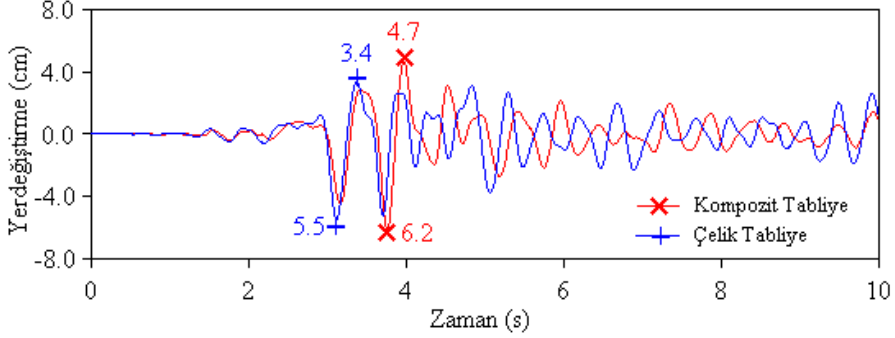
Halgavor asma yaya köprüsünün dinamik davranışını belirlemek için yer hareketi olarak 13 Mart 1992 Erzincan deprem kaydının doğu-batı bileşeni (Şekil 10) seçilmiştir. (PEER, 2015). Deprem kaydı köprüye düşey yönde 20.595s boyunca 0.005s'lik zaman adımlarıyla uygulanmıştır. Dinamik analizler neticesinde tabliyenin her iki durumu için elde edilen maksimum yerdeğiştirme, maksimum kesme kuvveti ve maksimum eğilme momenti değerleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar yerdeğiştirme, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri için sırasıyla Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13'te verilmektedir. Şekiller, elde edilen değerler arasındaki farkların daha iyi görülmesi için deprem kaydının ilk 10s için çizilmiştir.



Şekil 10. 1992 Erzincan depreminin Doğu- Batı bileşenine ait ivme-zaman grafiği

Şekil 11'de tabliyede maksimum yer değıştirmenin meydana geldiği noktadaki deprem süresi boyunca elde edilen maksimum yer değıştirme değeri zamanla değışimi görölmektedir. Maksimum yer değıştirme her iki durum için tabliye orta noktasında oluşurken meydana gelme zamanları birbirinden farklıdır.

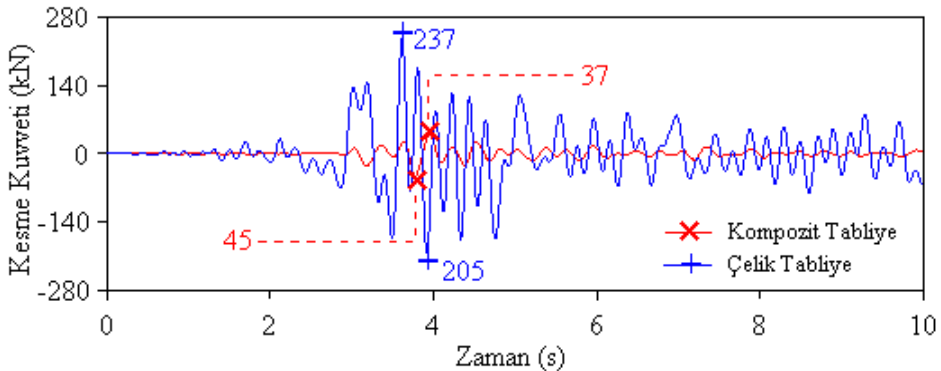
Kompozit tabliye için 62 mm yer hareketinin 3.76'ncı saniyesinde, çelik tabliye için 55mm yer hareketinin 3.705'inci saniyesinde meydana gelmiştir. Yer hareketi boyunca her iki durum için elde edilen yer değiştirme değerlerinin yakınlığı şekilden de açıkça görülmektedir.



Şekil 11. Maksimum yer değiştirme değerinin yer hareketi süresince zamanla değişimi

Maksimum kesme kuvveti değerleri kompozit tabliye için tabliye orta noktasına yakın bir elemanda oluşurken çelik tabliye için tabliye mesnet bölgesinde oluşmuştur. Kesme kuvveti değerlerinin maksimum meydana geldiği elemandaki yer hareketi süresince zamanla değişimi Şekil 12'de görülmektedir. Şekil 12 incelendiğinde her iki durum için maksimum kesme kuvvetleri yer hareketinin farklı zamanlarında oluşmuştur.

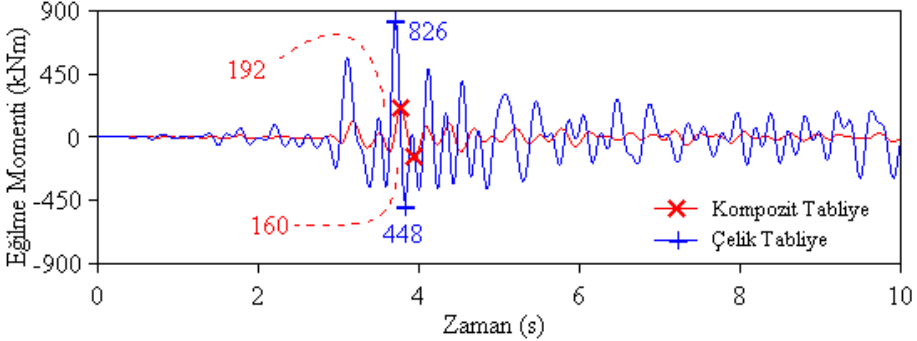
Maksimum kesme kuvvetleri kompozit tabliyede 3.780s'de oluşmakta ve değeri 45kN iken, çelik tabliyede 3.615s'de meydana gelmekte ve değeri 237kN olmaktadır. Elde edilen kesme kuvveti değerlerine göre deprem etkisi altında kompozit tabliye çelik tabliyeye göre oldukça iyi yapısal davranış göstermektedir.



Şekil 12. Maksimum kesme kuvveti değerinin yer hareketi süresince zamanla değişimi

Maksimum eğilme momenti değerleri her iki durum için de tabliye ortasında bulunan eleman üzerinde meydana gelmiştir. Bu eleman üzerindeki eğilme momenti değerlerinin yer hareketi süresince zamanla değişimi Şekil 13'de verilmiştir. Maksimum eğilme momenti değerleri

kompozit ve çelik tabliye için sırasıyla 192kNm ve 826kNm iken, oluşma zamanları yine kompozit ve çelik tabliye için sırasıyla 3.775s ve 3.710s'dir. Sonuçlardan da anlaşıldığı üzere deprem etkisi altında kompozit tabliye ile inşa edilen yaya köprüsü oldukça iyi yapısal davranış göstermektedir.



Şekil 13. Maksimum eğilme kuvveti değerinin yer hareketi süresince zamanla değişimi

## Sonuçlar

Bu çalışmada, tabliyesi lifli polimer kompozit malzeme kullanılarak inşa edilen Halgavor asma yaya köprüsünün yapısal davranışı incelenmiştir. Bu amaçla, köprüye ait modal, statik ve dinamik analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler tabliyenin çelikten inşa edilmesi durumu için de gerçekleştirilerek yapısal davranışa kompozit ve çelik malzemenin kazandırdığı farklılıklar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma ile aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir:

- Asma yaya köprüsünün ilk on frekansı kompozit tabliye için 1.816-9.882Hz arasında, çelik tabliye için ise 2.225-10.889Hz arasında elde edilmiştir. Kompozit ve çelik tabliye için elde edilen modlar ağırlıklı olarak tabliyenin düşey salınımının farklı şekillerde ortaya çıkması şeklindedir,
- Tabliye boyunca elde edilen statik ve dinamik yer değiştirme değerleri tabliyenin kompozit ve çelik olması durumu için birbirlerine oldukça yakındır,
- Tabliyenin kompozit malzemedan inşa edilmesi durumunda elde edilen kablo kuvvetleri daha küçüktür,
- Tabliyenin çelik olması durumunda statik ve dinamik analizlerden elde edilen kesit tesirleri (eğilme momenti, kesme ve aksenal kuvvetler) oldukça artmaktadır.

Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki Halgavor asma yaya köprüsü tabliyesinin kompozit malzemedan inşa edilmesi yapısal davranış üzerinde olumlu etkilere neden olmuştur. Kompozit malzeme kullanılmasıyla azalan kesit tesirleri sayesinde daha narin, estetik köprüler veya köprü elemanları elde etmek mümkündür. Ayrıca, kolay bakım, montaj ve işçilik kolaylığı, uzun kullanım ömrü, yüksek korozyon direnci gibi özellikler kompozit malzemeleri çelik ve betonarmeye göre tercih edilir kılmaktadır.

## Kaynaklar

1. Adanur, S., Mosallam, A.S., Shinozuka, M., Gumusel, L., (2011), "A Comparative study on static and dynamic responses of FRP composite and steel Suspension bridges", *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 30(15), 1265-1279
2. Alagusundaramoorthy, P., Reddy, R.V.S., (2008), "Testing and evaluation of GFRP composite deck panels", *Ocean Engineering*, 35(3-4), 287-293
3. Aluri, S., Jinka, C., GangaRao, H.V.S., (2005), "Dynamic response of three fiber reinforced polymer composite bridges", *Journal of Bridge Engineering*, 10(6), 722-730
4. Aref, A.J., Alampalli, S., (2001), "Vibration characteristics of a fiber-reinforced polymer bridge superstructure", *Composite Structures*, 52(3-4), 467-474
5. Aref, A.J., Kitane, Y., Lee, G.C., (2005), "Analysis of hybrid FRP-concrete multi-cell bridge superstructure", *Composite Structures*, 69(3), 346-359
6. Bai, Y., Keller, T., (2008), "Modal parameter identification for a GFRP pedestrian bridge", *Composite Structures*, 82, 90-100
7. Burgueno, R., Karbhari, V.M., Seible, F., Kolozs, R.T., (2001), "Experimental dynamic characterization of an FRP composite bridge superstructure assembly", *Composite Structures*, 54(4), 427-444
8. Caron, J.F., Julich, S., Baverel, O., (2009), "Selfstressed bowstring footbridge in FRP", *Composite Structures*, 89, 489-496
9. Chiewanichakorn, M., Aref, A.J., Alampalli, S., (2003), "Failure analysis of fiber-reinforced polymer bridge deck system", *Journal of Composites Technology and Research*, 25(2), 121-129
10. Farhey, D.N., (2005), "Long-term performance monitoring of the Tech 21 all composite bridge", *Journal of Composites for Construction*, 9(3), 255-262
11. Firth, I., Cooper, D., (2002), "New materials for new bridges - Halgavor Bridge, UK", *Structural Engineering International*, 12(2), 80-83
12. Gonilha, J.A., Correia, J.R., Branco, F.A., (2014), "Structural behaviour of a GFRP-concrete hybrid footbridge prototype: Experimental tests and numerical and analytical simulations", *Engineering Structures*, 60, 11-12
13. Hodhod, O.A., Khalifa, M.A., (1997), "Seismic performance of a fiber-reinforced plastic cable-stayed bridge", *Structural Engineering and Mechanics*, 5(4), 399-414
14. Ji, H.S., Byun, J.K., Lee, C.S., Son, B.J., Mad, Z.J., (2011), "Structural performance of composite sandwich bridge decks with hybrid GFRP-steel core", *Composite Structures*, 93, 430-442
15. Jin F, Feng P, Ye L. (2010), "Study on dynamic characteristics of light-weight FRP footbridge", *Proceedings of the 5th International conference on FRP composites in civil engineering*, Beijing, China
16. Khalifa, M.A., Hodhod, O.A., Zaki, M.A., (1996), "Analysis and design methodology for an FRP cable-stayed pedestrian bridge", *Composites Part B: Engineering*, 27(3-4), 307-317

18. Lestari, W., Qiao P.Z., (2006), "Dynamic characteristics and effective stiffness properties of honeycomb composite sandwich structures for highway bridge applications", *Journal of Composites for Construction*, 10(2), 148-160
19. Potyrala, P.B., (2011), "Use of fiber reinforced polymers in bridge construction", *State of the Art in Hybrid and All-Composite Structures*.
20. SAP2000-V17., (2015), *Integrated finite element analysis and design of structures, computers and structures Inc, Berkeley, California, USA*.
21. (URL-1) <http://www.antalya.bel.tr/content.asp?MAINMENUID=7&MENUID=161>, 12 Şubat, 2015.
22. (URL-2)<http://www.fiberline.com/structures/profiles-and-decks-bridges/profiles-footbridges-and-cycle-bridges/case-stories-footbridge/pontresina-bridge-switzerland>, 12 Şubat, 2015.
23. (URL-3), [http://www.cosacnet.soton.ac.uk/presentations/5thMeet/cooper\\_5th.pdf](http://www.cosacnet.soton.ac.uk/presentations/5thMeet/cooper_5th.pdf), 12 Şubat, 2015.
24. (URL-4) [http://peer.berkeley.edu/nga\\_files/ath/ERZIKAN/ERZ-EW.AT2](http://peer.berkeley.edu/nga_files/ath/ERZIKAN/ERZ-EW.AT2), 12 Şubat, 2015.
25. Votsis R.A, Wahab M.A, Chryssanthopoulos M.K., (2005), "Simulation of damage scenarios in a FRP composite suspension footbridge", *Key Engineering Materials*, 293-294, 599-606
26. Wan, B.L., Rizos, D.C., Petrou, M.F., K.A. Harries, K.A., (2005), "Computer simulations and parametric studies of GFRP bridge deck systems", *Composite Structures*, 69(1), 103-115
27. Wang X and Wu Z. (2010), "Integrated high-performance thousand-metre scale cable-stayed bridge with hybrid FRP cables", *Composites Part B*, 41(2), 166-175

**Anahtar Sözcükler:** Asma yaya köprüsü, Cam lif takviyeli polimer malzeme, Dinamik analiz, Modal analiz.