

# Orman Yolunda Uygulanan Yeni Tip Çelik Köprü (Vize Orman İşletme Müdürlüğü Örneği)

Tolga ÖZTÜRK<sup>1\*</sup>, Hüseyin DOĞAN<sup>2</sup>, Onur BAŞAR<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 34473, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, Makine ve İkmal Şube Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup>ViaCon İnşaat Müh. San. Tic. A.Ş., İstanbul, Türkiye

## Makale Tarihi

Gönderim: 13.10.2021

Kabul: 29.01.2022

Yayın: 15.04.2022

## Araştırma Makalesi



**Öz** – Ülkemizin 60 yıllık planlı kalkınma döneminde, ormanlar da etkin bir şekilde işletmeye açılmıştır. Bu alanlardan, fonksiyonel ormancılık kapsamında, efektif bir şekilde yararlanılması için orman yol ağı planları oluşturulmuştur. Orman yolları; odun üretimi, ağaçlandırma, silvikültürel uygulamalar, yangınla mücadele, koruma, rekreasyonel uygulamalar gibi tüm ormancılık çalışmalarında kullanılan ana ulaşım tesisleridir. Orman yol ağları planlanırken çevre duyarlılığı ve fonksiyonel ormancılık çalışmalarının göz önünde bulundurulması gerekir. Orman yollarının uzun süreli hizmet verebilmesi için planlama, yapım ve bakım çalışmalarının iyi bir şekilde yapılması önemlidir. Orman yollarının korunması ve ulaşımına sürekli açık tutulması amacıyla; koruma duvarları, büzler, menfezler, köprüler gibi sanat yapılarının tesis edilmeleri gerekmektedir. Bu çalışmada, ülkemizde orman yolu üzerinde ilk defa inşa edilen çelik köprünün yapımı incelenmiştir. Bu tip köprülerin yapım teknikleri, orman yollarına uygunluğu araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** – Orman yolu, drenaj yapısı, çelik köprü

## New Type Steel Bridge Applied on the Forest Road (the Case of Vize Forest Enterprise Directorate)

<sup>1\*</sup>Istanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 34473, Istanbul, Turkey

<sup>2</sup>Istanbul Regional Directorate of Forestry, Machinery and Supply Branch, Istanbul, Turkey

<sup>3</sup>ViaCon Construction Engineering Industry Trade Inc., Istanbul, Turkey

## Article History

Received: 13.10.2021

Accepted: 29.01.2022


Published: 15.04.2022


## Research Article

**Abstract** – During the 60-year planned development period of Turkey, forests were also put into operation effectively. Forest road network plans have been created in order to make effective use of these areas within the scope of functional forestry. The forest roads are the main transportation facilities used in all forestry activities such as wood production, afforestation, silvicultural applications, fire fighting, forest protection, and recreational applications. Environmental awareness and functional forestry studies should be considered while planning forest road networks. In order for forest roads to provide long-term service, it is important that planning, construction and maintenance works are done well. In order to protect forest roads and keep them open to transportation, the protection and drainage structures such as protection walls, pipes, culverts, bridges should be established. In this study, the construction of the steel bridge, which was built for the first time on the forest road in Turkey, was examined. The construction techniques of steel bridges and their suitability for forest roads were investigated.

**Keywords** – Forest road, drainage structures, steel bridge

<sup>1</sup>  tozturk@iuc.edu.tr

<sup>2</sup>  huseyindogan@ogm.gov.tr

<sup>3</sup>  onur.basar@viacon.com.tr

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## 1. Giriş

Orman yolları; üretilen odun hammaddesinin taşınması, orman yangınları ile mücadele gibi görevleri yerine getiren, bunun yanı sıra planlanmaları teknik, çevresel, sosyal ve ekonomik koşulları dikkate almayı gerektiren mühendislik yapılarıdır. Ayrıca orman yol ağlarının tasarımı ve inşası, üretim operasyon planının en pahalı ve en fazla zaman alan kısmını kapsamaktadır (Şentürk vd., 2018). Ormanların teknik standartlara göre oluşturulması ve sürdürülebilir orman altyapısının geliştirilmesi göz önüne alındığında planlama ve yönetim aşamalarında orman yollarına özel önem verilmesi gerekmektedir (Eskandri ve Hosseini, 2013). Orman yollarının uzun süreli, emniyetli ve çevresel açıdan sağlıklı bir şekilde hizmet vermesi çok önemlidir.

Orman yangınlarıyla mücadelede yollar; yangın emniyet yol ve şeritleriyle birlikte kullanılan ana tesislerdir. Yolların özellikle yangına hassas olan bölgelerde sürekli açık tutulması gerekmektedir. Tek bir kapalı yolun bile ulaşım sistemi üzerinde etkisi olmasının yanında ormancılıkla ilgili diğer sosyal faaliyetleri de etkileyebilir (Kalantari ve Folkson, 2013).

Orman yolları, yüzeyine gelen yağmur / kar sularından ve yolların karşılaştığı akarsu havzalarından gelen suların etkilenir (Bayoğlu ve Hasdemir, 1991). Yol yüzeyinin yağış suyu nedeniyle sürekli ıslak kalması ve bu suyun drenajının sağlanamaması durumunda, özellikle odun üretim faaliyetleri sonrasında ağır kamyonların geçişi ile yol yüzeyinde büyük deformasyonlar meydana gelmektedir. Bunun yanında, akarsu geçişlerinde drenaj yapılarının yapılmaması da yolun akarsu önünde bir set oluşturmasına ve yol dolgusunun zamanla çökmesine neden olmaktadır. Büz, menfez, kasis ve köprü gibi drenaj tesisleri, suyun tüm olumsuz etkilerine karşı orman yollarını korumayı sağlamaktadır (Öztürk, 2020).

Orman yolları boyunca yolun küçük dere havzalarını kestiği yerlerde; genellikle dairesel kesitli hazır büzler, sepet kulplu büzler, tabliyeli menfezler ve plak menfezler dere akımının yolun altından geçmesi için yeterli olmaktadır. Dere debilerinin artması ile bazı durumlarda çiftli büz veya iki gözlü kutu menfezler inşa edilebilir. Bunların da yeterli ve ekonomik olmadığı durumlarda büyük menfezler ve köprüler inşa edilmektedir. Orman yollarında köprüler; dere akımına, kullanım şekline ve bir yolun geçici veya devamlı kullanılıp kullanılmadığına göre dizayn edilir (Turton vd., 2009). Orman yollarında köprüler zamansal akışa göre farklı malzeme ve tekniklerle yapılmıştır. Ormancılık çalışmalarının yeni geliştiği dönemlerde, akarsu geçişlerinde ahşap köprüler kullanılmıştır. Teknolojinin ve malzeme bilgisinin gelişimine paralel olarak zamanla köprülerde kullanılan malzemeler de değişiklik göstermiştir. Günümüzde ülkemizde orman yollarında betonarme köprüler yoğun olarak tercih edilmektedir. Bunun yanında dünya genelinde; ahşap, çelik ve portatif köprüler de kullanılmaktadır.

Portatif köprüler; üretim alanlarında sürütücüler ve kamyonların dere yataklarından geçişini sağlamak amacıyla çelik, lamine ahşap gibi malzemelerden inşa edilmektedir. Lamine ahşap köprüler üzerinden 18000 kg'a kadar araçlar geçebilmektedir (Taylor ve Murphy, 1992; Taylor vd., 1999). Portatif köprülerin yapım zamanları oldukça kısadır. Bu köprüler 10-15 m uzunluğunda birkaç panelin yan yana konmasıyla oluşturulurlar (Sessions, 2007). Orman yollarında kullanılan portatif çelik köprüler ise dere yatağının her iki tarafında hazırlanan anroşman alanları üzerine yerleştirilmektedirler. Küçük dere yataklarında ayrıca bir köprü ayağı inşa edilmeye gerek duyulmamaktadır. Çelik prefabrik levhalar bu anroşmanlar üzerine oturtularak araçların geçişine olanak sağlanmaktadır. Çelik betonarme köprüler üzerine ayrıca ahşap kaplama da yapılabilmektedir (Jani, 2000).

Bu çalışmada İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, Vize Orman İşletme Müdürlüğü'nde yer alan bir orman yolu üzerinde yapılan çelik betonarme karışımı köprü yapımı incelenmiştir. Bu köprü ülkemizde orman yolları üzerinde ilk kez yapılan bir köprü türüdür. Bu açıdan köprünün yapım tekniği, teknik yapısı, orman yollarına uygunluğu ve kullanımı incelenmiş, yapılan çalışmalar sonucunda çeşitli sonuç ve öneriler ortaya konmuştur.

## 2. Orman Yollarında Kullanılan Köprüler

Orman yollarında inşa edilen hidrolik sanat yapılarından dayanak açıklığı 6,00 m'ye kadar olanlar menfez, büyük olanlar ise köprü olarak adlandırılır. Karayollarında ise akarsu, yol ve benzeri engelleri aşmak için inşa edilen ve dayanak açıklığı köprü eksenini boyunca 10 m'den büyük olan yapıları köprü denilmektedir. Köprüler; malzeme, mekanik sistem, kullanım, giriş şekilleri, plandaki durum ve hizmet süresi yönünden farklı sınıflara ayrılabilir (Tablo 1) (Erdaş, 1997; Özçelik, 1982).

Tablo 1

## Köprülerin sınıflandırılması

<b>İnşa edildiği malzemeye göre köprüler</b>			
Ahşap köprüler	Taş köprüler	Çelik köprüler	Betonarme köprüler
<b>Mekanik sistemlerine göre köprüler</b>			
Basit tek açıklıklı köprüler	Sürekli açıklıklı köprüler	Kemer köprüler	
<b>Kullanış amacına göre köprüler</b>			
Demiryolu köprüleri	Kanal köprüleri	Yaya köprüleri	
<b>Plandaki şekillere göre köprüler</b>			
Dik köprüler	Verev köprüler	Kavis köprüler	
<b>Hizmet süresine göre köprüler</b>			
Geçici köprüler		Devamlı köprüler	

Tabliyeli köprüler harçlıtaş veya beton ayaklar üzerine oturtulan ahşap, betonarme veya çelik şeklindeki taşıyıcı elemanlardan oluşmaktadır. Köprü yapı malzemesinin seçiminde; dayanak açıklığı ve yüksekliği, istenen dayanma süresi, dolgu derinliği, yapım ve bakım masrafları gibi durumlar göz önüne alınır. Tüm bu kriterler doğrultusunda seçilen yapı malzemelerine göre mukavemet hesapları yapılarak köprü inşaatı gerçekleştirilir (Bayoğlu, 1997).

Orman yolları için köprü inşaatları ile ilgili olarak genel esaslar aşağıdaki gibi açıklanabilir:

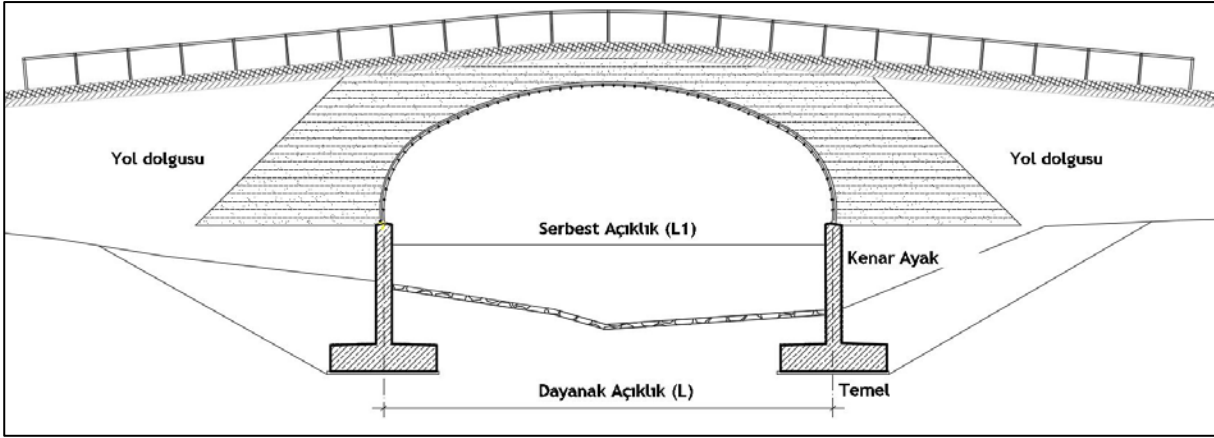
- Köprüler yeterli yükseklikte ve dayanak açıklığında olmak üzere; bir dere mecrasını geçerken köprüyü kullanacak olan araç yüklerine mukavemet edebilmelidir.
- Köprülerin maliyeti düşük olmalıdır.
- Kenar ayakları sağlam zemine oturmalıdır.
- Köprü inşaatlarında maliyet, köprü boyutlarına bağlı olduğu için mümkün olduğunca, köprüler dar mecralara yapılmalıdır. Bu sayede köprü kenar ayaklarının birbirine yakın olması ve köprü yüksekliğinin az olması sağlanmalıdır.
- Köprü serbest açıklığı maksimum debiyi geçirebilecek büyüklükte olmalıdır.
- Köprü inşaatlarında dere yatağının tabanı değiştirilmemelidir.
- Orman yollarında uygulanan köprüler akarsuyun akış yönüne dik olarak yapılmalı ve böylece köprü ayaklarının akarsu akış yönüne paralel olması sağlanmalıdır.
- Yol eksenine dik olmayan verev köprülerin inşa maliyetleri yüksektir. Çünkü bu yapıların kenar ayakları ve taşıyıcı elemanları daha uzun olarak inşa edilmek zorunda kalmaktadır.
- Orman yolu üzerinde bulunan kurplarda köprü inşasından mümkün olduğunca kaçınmak gerekir. Bu tür alanlarda ara ayak sayısının daha fazla olması yanında ara ayaklarda dış kenarın yükseltilmesi gerekmektedir.
- Orman yollarında kullanılan köprülerde eğim %5'i geçmemelidir.

Köprü tabliyesinin alt kotu ile yüksek su seviyesi arasındaki hava payı kök ve kütük sürükleyebilen akarsularda belirli boyutlarda olmalıdır (Bayoğlu, 1997).

## 2.1. Köprü Altyapısı

Yol üzerine inşa edilen bir köprüde altyapı; tabliyenin üzerine oturduğu mesnet bandı ile kenar ayakları, eğer kullanılmışsa ara ayaklar, kanat, ricat duvarları ve tüm bunların temellerinden meydana gelmektedir. Akarsu üzerine yapılan köprünün toprak tarafında bulunan iki ayağa "kenar ayak" ismi verilmektedir. Çok açıklıklı köprülerde kenar ayakları arasında yer alan ayaklara "ara ayak" denmektedir. Köprülerde karşılıklı iki ayak

arasındaki uzaklığa “serbest açıklık ( $L_1$ )”, taşıyıcı elemanların dayanak noktaları arasındaki uzaklık ise “dayanak açıklığı ( $L$ )” olarak anılmaktadır (Şekil 1). Köprülerde serbest açıklık debuşenin tayin edilmesinde, dayanak açıklığı ise mukavemet hesaplarında göz önüne alınmaktadır. Serbest açıklıklar ile ara ayak kalınlıklarının toplamı köprünün uzunluğunu belirlemektedir.



Şekil 1. Dayanak açıklığı ve serbest açıklığın belirlenmesi

### 3. Materyal ve Metot

#### 3.1. Materyal

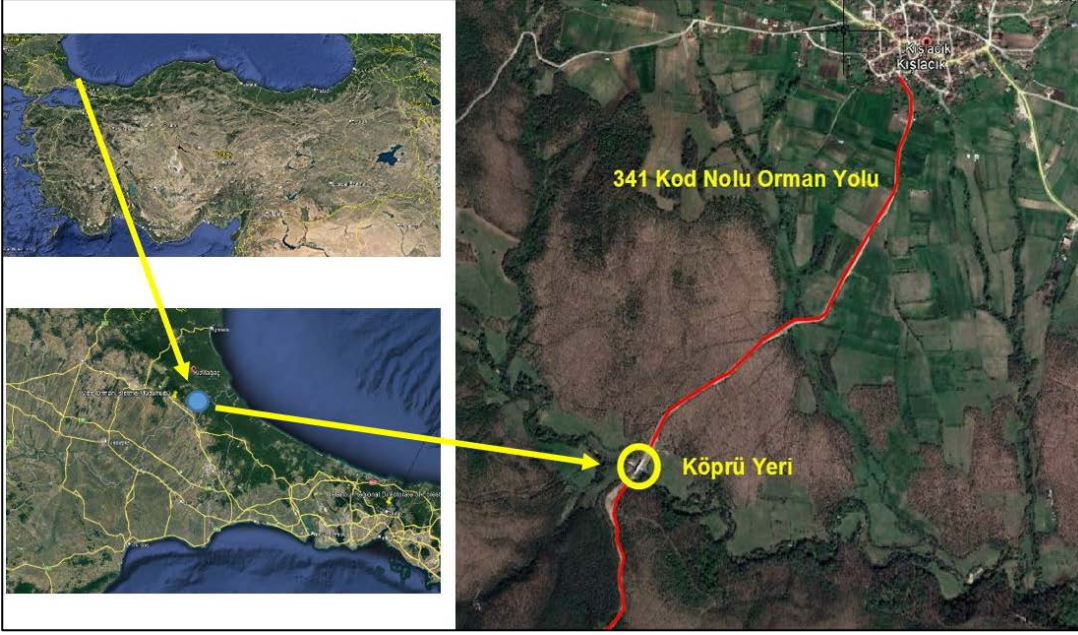
Araştırma alanı olarak İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Vize Orman İşletme Müdürlüğü'nde yer alan Kışlacık Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki 341 kod nolu orman yolu üzerinde inşa edilen çelik köprü seçilmiştir (Şekil 2). Vize Orman İşletme Müdürlüğü, Kırklareli ili sınırları içindeki Vize ilçesinde kurulmuştur. Kuzeyi Karadeniz ve Demirköy Orman İşletme Müdürlüğü, doğusu Karadeniz ve Tekirdağ Orman İşletme Müdürlüğü; batısı ve güneyi Kırklareli Orman İşletme Müdürlüğü ile çevrilidir. Vize İşletmesi 27.58.43-28.14.65, Doğu Boylamları, 41.44.59-41.71.01 Kuzey Enlemleri arasında yer almaktadır.

Vize Orman İşletmesinin kuzeyi Istranca Dağlarının kayın ve meşe karışık yapraklı ormanları ile kaplıdır. Bölge coğrafi ve iklim bakımından Marmara Bölgesi içinde yer alır. Ancak; geniş bir saha olduğundan iç kısımlarda yazları sıcak, kışları iç kısımlar daha soğuk, sahile bakan kısımlar iç kısımlara nazaran ılımandır (URL 1). Bölgenin yıllık toplam yağış miktarı 580.3 mm olup, yıllık en yüksek sıcaklık verisi 42,5 °C, en düşük sıcaklık ise -15.8 °C'dir (URL 2).

#### 3.2. Metot

Kışlacık Orman İşletme Şefliğindeki 341 nolu orman yolu üzerinde yapılan köprü inşaatı; orman yolu ile Urgaz Deresinin kesiştiği yerde planlanmış ve inşa edilmiştir. Havzanın sularını toplayan Urgaz Deresi yıl boyunca akan bir deredir. Bu akarsu yatağı ile kesişen orman yolunun akarsu yatağına doğru geliş eğimi %13 olup, akarsudan çıkış eğimi %14 dür. Akarsu yatağında yer alan köprüye doğru geliş ve çıkış eğimleri orman yolları için kabul edilebilir eğim sınırları dışında (%2 - %8) kaldığı için bu yolu özellikle ağır tonajlı araçların kullanımı oldukça zordur. Bu amaçla orman yolunun akarsu ile kesiştiği yerde; ülkemizdeki orman yollarında ilk defa yapımı gerçekleştirilen çelik köprü ve köprünün yaklaşım dolguları yolun eğimini istenen sınırlar içerisine çekmiştir.

Köprünün temel ve ayakları betonarme olarak inşa edilmiştir. Köprü üst yapısını oluşturan taşıyıcı elemanlar ViaCon firmasının imal ettiği SuperCon çelik yapılar ile yapılmıştır. Köprü bir yandan betonarme diğer yandan da çelik kemer köprü olarak adlandırılabilir. Bundan dolayı orman yollarında ilk defa kullanılan bu yapı tekniğine hibrit köprü ismi de kullanılabilir. Çalışmada orman yolu üzerinde yapılan bu çelik köprünün tüm yapım aşamaları incelenmiş ve uygulanan bu köprü tipinin orman yollarına uygunluğu araştırılmıştır.



Şekil 2. Araştırma alanı

#### 4. Bulgular

Kışlacık Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki 341 kod nolu orman yolunun akarsu havzasına doğru gelen eğimi %13 olup, akarsuyu geçtikten sonra yol sırtta doğru %14 eğimle yükselmektedir. Akarsu yatağı sürekli su taşıyan bir yapıda olup, bu haliyle araçların güvenli geçişi mümkün değildir (Şekil 3). Aynı zamanda, yüksek tonajlı araçlar; köprü yapılmadan önce eğimi yüksek bu orman yolunu kullanamamıştır.

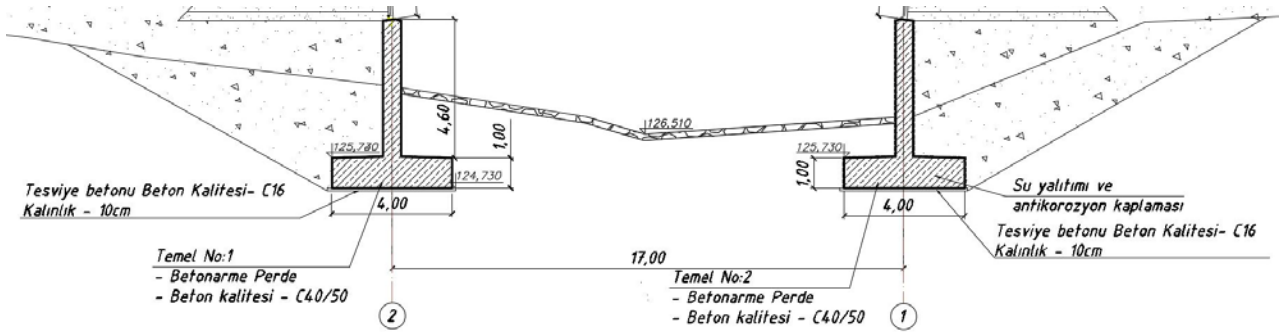


Şekil 3. Çelik köprü yapım yerinin inşaat öncesi görüntüsü

Bu orman yolu üzerinde planlanan ve inşa edilen çelik köprünün yapımı farklı aşamalardan oluşmuştur. Öncelikle temel ve köprü ayakları betonarme olarak inşa edilmiştir. Köprü temelinin uzunluğu 8,70 m, genişliği 4,00 m ve temel yüksekliği 1,00 m olarak inşa edilmiştir. Temelin alt kısmına 0,10 m yüksekliğinde temel altı tesviye betonu atılmıştır. Temel üzerine inşa edilen betonarme ayakların uzunluğu 7,60 m, genişliği 0,60 m ve yüksekliği 4,60 m olarak yapılmıştır. Kenar ayaklarının hazırlanmasında akarsu yatağı değiştirilmemiş ve akarsu yatağına uygun bir şekilde kenar ayakları yerleştirilmiştir. Kenar ayakları betonarme olarak hazırlanması esnasında iç kısımlarına dolgudan gelen suyun drenajı açısından barbakanlar yapılmıştır. Kenar ayakları bitirildikten sonra betonu suyun etkisinden korumak için üzeri bitümlü malzeme ile kaplanmıştır (Şekil 4). Çelik köprüde alt yapıyı oluşturan bölümlerin kesiti detaylı olarak Şekil 5'te gösterilmiştir. Çelik köprü ile ilgili olan tüm boyutlandırma ve genel bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.

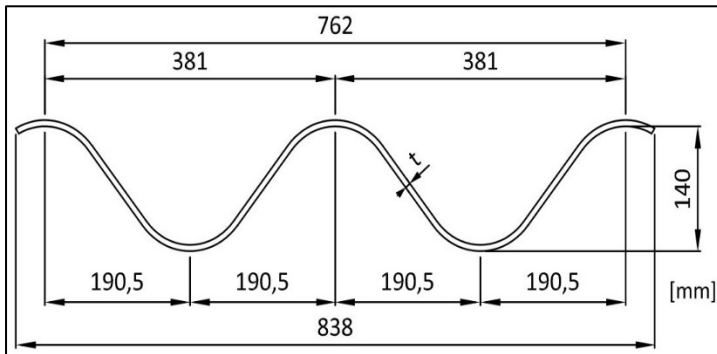


Şekil 4. Çelik köprü temel ve kenar ayaklarının betonarme olarak inşası



Şekil 5. Çelik köprü'nün betonarme temel ve kenar ayakları

Betonarme kenar ayaklar tamamlandıktan sonra 0,60 m genişliğindeki kenar ayaklarının tam orta kısmına 0,18 m genişliğinde çelik U profiller monte edilmiştir. Bu çelik profiller köprü üst yapısını oluşturacak olan SuperCor çelik yapının betonarme kenar ayaklar üzerine monte edilmesi amacıyla yapılmaktadır. Bu çelik yapı korüğe bir şekilde imal edilmiştir. Çelik kalınlığı 6 mm olup, korüğe yapının üzeri galvaniz ile kaplanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Korüğe çelik yapı ve betonarme ayak üzerine monte edilmesi

Tablo 2

## Çelik köprü boyutları

<b>Köprü Bilgileri</b>	<b>Miktarlar</b>
<b>Köprü Üst Yapı Bilgileri</b>	
Köprü kaplama uzunluğu (m)	48,70
Köprü genişliği (m)	7,70
Köprü platform genişliği (m)	7,00
Dayanak açıklığı (m)	17,00
Serbest açıklık (m)	16,40
Köprü bordür genişliği (m)	0,35
Köprü bordür ortalama yüksekliği (m)	0,25
Köprü yüksekliği (m)	8,70
Köprü üstü boyuna eğimi (%)	5
Köprü üst yapısı dolgu yüksekliği (m)	1,50
Yaklaşım dolgularının eğimi (%)	2
Köprü giriş yaklaşım dolgusu uzunluğu (m)	77,10
Köprü giriş yaklaşım dolgusu ortalama genişliği (m)	15,0
Köprü çıkış yaklaşım dolgusu uzunluğu (m)	43,10
Köprü çıkış yaklaşım dolgusu ortalama genişliği (m)	10,0
Korkuluk yüksekliği (m)	1,00
Köprü döşeme kilit taşı boyutları (uzun.xgen. x kal. (mm))	200x160x80
Köprü dolgu drenaj borusu çapı (cm)	15,0
<b>Taşıyıcı Çelik Yapı Bilgileri</b>	
Köprü taşıyıcı elemanı çelik yapının kalınlığı (mm)	6
Taşıyıcı eleman çelik yapının korüğe boyutları (mm)	381 x 140
Taşıyıcı çelik kaplama tipi	Galvaniz
Çelik özelliği	S355MC
Taşıyıcı çelik yapının oturduğu çelik plaka genişliği (mm)	180
<b>Köprü Kenar Ayak Bilgileri</b>	
Kenar ayaklarının yüksekliği (m)	4,60
Kenar ayaklarının uzunluğu (m)	7,60
Kenar ayaklarının genişliği (m)	0,60
<b>Temel Bilgileri</b>	
Temel yüksekliği (m)	1,00
Temel uzunluğu (m)	8,70
Temel genişliği (m)	4,00
Temel altı tesviye beton kalınlığı (m)	0,10
<b>Toprakarme Bilgileri</b>	
Prekast cephe paneli yüksekliği (m)	1,60
Prekast cephe paneli genişliği (m)	1,20
<b>Kaya Blokaj Bilgileri</b>	
Köprü ayakları koruma taş kaplama ort. yüksekliği (m)	2,00
Köprü ayakları koruma taş kaplama ortalama genişliği (m)	7,00

Köprü üst yapısı olarak kullanılacak korüğe çelik yapılar tek bir parça olarak değil farklı boyut ve açılarla fabrikada hazırlanmış ve arazide monte edilmiştir (Şekil 7). Çelik köprünün üst yapısının detaylı bir kesiti Şekil 8'de gösterilmiştir. Çelik köprü üst yapısının şekli, akım açısından çok önemlidir. 10, 25 ve 100 yıl tekerrür aralıklı yağışların köprünün altından sorunsuz geçebilmesi ve tehlike yaratmaması için bu yapı tekniğindeki köprünün kesit alanı normal betonarme köprü kesit alanına yakındır. Yapılan hesaplamalarla çelik köprünün kesit alanı 113,10 m<sup>2</sup>, aynı akarsu açıklığına betonarme bir köprü yapıldığı düşünüldüğünde bu betonarme köprünün kesitinin yaklaşık olarak 124,00 m<sup>2</sup> (17,00 m uzunluğunda, 7,30 m yüksekliğinde) olacağı hesap edilmiştir.





ile yükseltilmiştir. Bordürlerin üzerine 1 yüksekliğinde korkuluk yapılarak köprü güvenliği sağlanmıştır. Korkuluklar çelik malzemeden yapılmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Çelik köprü korkulukları ve kilit taşı malzeme ile köprü üst yapısının oluşturulması

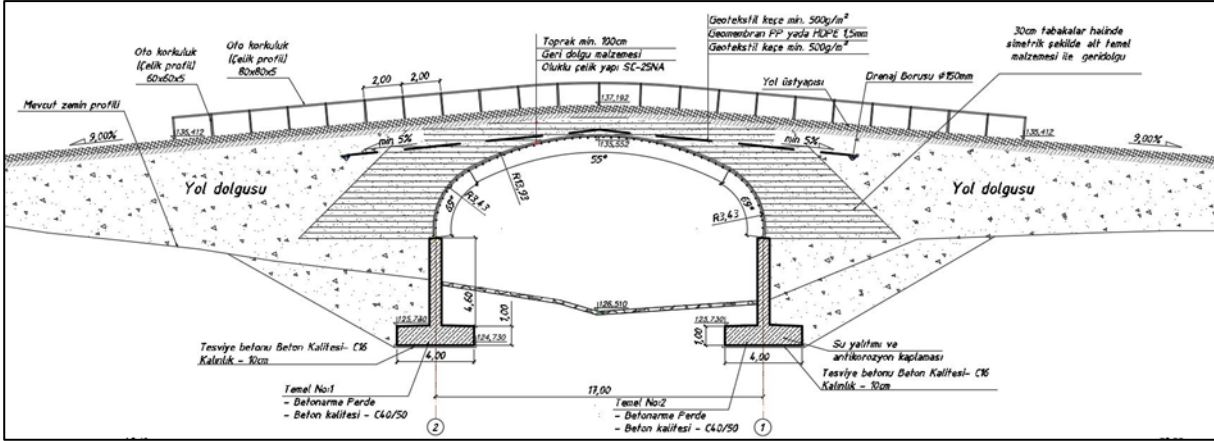
Çelik köprüünün üst kısmında tam orta noktadan boyuna olarak her iki yöne doğru %5 eğim verilmiştir. Köprüünün kaplama uzunluğu 48,70 m ve platform genişliği 7,0 m'dir. Köprüünün bir kenarındaki yaklaşım dolgusunun başlangıçtan köprü girişine kadar olan mesafesi 77,10 m, diğer tarafındaki yaklaşım dolgusunun uzunluğu ise 43,10 m olarak ölçülmüştür. Köprü çıkışlarından orman yoluna %2 eğimle bağlanılmıştır. Diğer bir ifade ile köprü yapılmadan önce akarsuyun bir tarafındaki %13 eğim ile diğer tarafındaki %14 yol eğimleri %2'ye düşürülmüştür. Eğimin bu kadar düşürebilmesi köprüünün kemer yapısının yüksekliğine bağlı olarak köprü yaklaşım dolgularının yapılmasıyla sağlanmıştır.

Çelik köprüünün kenar ayaklarının akarsudan gelen yağış sularından ve su içerisindeki taşıntı malzemeden korunabilmesi için kenar ayakların önüne taş blokajlar yapılmıştır. Yapılan blokajdaki taşların büyüklükleri 0.40 – 1,20 m arasında değişmektedir. Kenar ayaklarının korunması için yapılan taş blokajların ortalama uzunlukları 7,0 m, ortalama yükseklikleri ise 2,0 m'dir (Şekil 11). Çelik köprüünün kesiti Şekil 12'de verilmiştir. Aynı zamanda çelik köprüünün mevcut durumu Şekil 13'de gösterilmiştir. Günümüzde köprü, ulaşım sorunsuz bir şekilde hizmet etmektedir. Yapım yılı olan 2017 yılından bu yana çelik köprüünün alt ve üst yapısında herhangi bir deformasyon yaşanmamıştır.

Çelik köprüünün 2017 yılında yapılan yaklaşık maliyeti 439 521,00 TL olarak hesaplanmıştır. Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası'nın 05.07.2017 tarihindeki döviz kuruna (1 \$ = 3.5853 TL) göre hesaplanan maliyet 122 590 \$ olarak hesaplanmıştır (URL-3).



Şekil 11. Köprü yaklaşım dolgusunun ve taş blokajların hazırlanması



Şekil 12. Çelik köprünün kesit görüntüsü



Şekil 13. Çelik köprünün mevcut durumu

## 5. Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde orman yollarının yeni yapıldığı yıllarda, köprülerin inşasında uzun süre ahşap malzeme kullanılmıştır. Malzeme bilgisinin ve teknolojinin gelişmesi ve aynı zamanda belli boyutlarda ahşap malzeme tedarikinin güçlüğü nedeniyle, uzun zamandır orman yollarında betonarme köprüler yapılmaktadır. Betonarme köprüler; yapım kolaylığı, uzun süreli hizmet vermesi, istenilen boyutta yapılabilmesi ve dayanıklılığı nedeniyle tercih sebebi olmaktadır. Bu çalışmada inşa edilen çelik köprü ise orman yollarında ilk defa kullanılan teknik ve malzeme seçimi ile ön plana çıkmaktadır.

Öncelikle makalenin konusunu oluşturan köprü, kemer köprü görünümünde olup, tek bir malzemedен değil betonarme ve çeliğin beraber kullanılması ile geliştirilmiştir. Bu çelik köprü tekniği, karayollarında son yıllarda kullanılmasına rağmen orman yollarında ilk defa kullanılmıştır. Ayakların betonarme olması suyun yıkıcı etkisine karşı köprünün daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Kemer şeklindeki çelik yapı, köprü kesit alanını arttırmaktadır. Bu durumda uzun vadede artabilecek debilerin köprüye zarar vermesi önlenmiştir. Tüm bunların yanında, orman yolu eğimlerinin akarsu geçişlerinde bu çalışma alanı gibi yüksek olduğu kesimlerde (%13 ve %14) köprünün kemer yapısı ile kazanılan yükseklik sayesinde yaklaşım dolguları

uzatılarak yolun eğiminin düşürülmesi sağlanmıştır. Bu durum dolgu miktarının artmasına neden olmakla birlikte; orman yolunun tüm araçlar için kullanılabilir olmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmanın ışığında aşağıdaki avantajlar ve dezavantajlar tespit edilmiştir:

- Uzun süredir ormancılık çalışmalarının fonksiyonlarına göre orman yollarının standartlarının artırılması gündemdedir. Orman yollarının uzun süreli ve güvenli bir şekilde hizmet verebilmesi için çelik köprüler gibi yeni yaklaşımların uygulanması; farklı malzeme ve yapım tekniklerinin gelişmesini sağlayacaktır.
- Çelik köprüler, betonarme köprülere göre daha kısa sürede yapılmaktadır.
- Betonarme köprülerde, tabliye üzerine dolgu yapılamadığından, yükseklikleri kadar yaklaşım dolgusunu karşılayabilirken, çelik köprülerde kemer yapının üzerine de dolgu yapılarak köprünün iki tarafındaki eğimi düşürmek mümkündür.
- Betonarme köprülerin imalatında betonda çatlakları önlemek için sulama zorunlu iken; çelik köprülerde sulama sorunu yoktur.
- Çelik köprüler betonarme köprülere göre %10 daha maliyetli olmaktadır.
- Çelik malzeme ile 1-3 m açıklıklarda kutu menfezler gibi sanat yapıları da inşa edilebilir.
- Çelik köprülerin kesit alanları, aynı boyuttaki betonarme köprüye yaklaşık olarak eşittir. Betonarme köprülerde tabliye ile ayakların birleştiği noktalarda köşe oluşurken; çelik köprülerin kemer şeklinden dolayı köşe bulunmamaktadır. Böylece akarsuyun taşıdığı kök, kütük, taş ve kaya gibi sürüntü materyal köprüye takılmadan rahatlıkla geçmektedir.
- Çelik köprülerde kemer yapıdan dolayı, betonarme köprüye göre daha fazla hava payı kalmaktadır.
- Betonarme köprülerin kullanıma geçmesi için betonun en az 28 günlük prizlenme süresi beklenmesi gerekirken; çelik köprülerde imalat bittiği anda kullanım mümkündür.
- Betonarme köprülerde sıcaklığın sıfırın altına düştüğü günlerde don tehlikesine karşı özel ve maliyetli yöntemlerle inşaatı devam edilebilir iken; çelik köprülerde dondan etkilenmeden inşaatı devam edilebilmektedir.
- Deprem yükleri altında çelik köprüler daha fazla esneyerek, yıkılmadan hizmet ederken; betonarme köprüler daha rijit olduğu için yıkılabilmekte, ya da esas kirişler ayakların üzerinden kayarak tabliyeye birlikte yere düşebilmektedir.
- Betonarme köprülerin imalatında; 20 metreyi geçen açıklıklarda; prefabrik ön gerilmeli esas kirişlerin orman yolu güzergâhlarında yer alan dar kurplardan taşınarak köprüye getirilmesi mümkün değilken; çelik köprüler modüler yapıda olduğundan taşıma sorunu yoktur.
- Çelik köprüler modüler yapıda olduğundan çürüyen, deforme olan malzeme sökülüp yenisiyle değiştirilebilirken; betonarme köprülerde çatlayan bir esas kirişten dolayı tüm üst yapının yenilenmesi gerekmektedir.
- Betonarme köprülerde tüm yük esas kirişler vasıtasıyla ayaklara binerken; çelik köprülerin kemer yapısı ve üzerine gelen dolgudan dolayı yük, yaklaşım dolgularına aktarılır.

### Kaynaklar

- Bayoğlu, S., Hasdemir, M. (1991). Selection and sizing of small hydraulic road structures established on forest roads. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, B41(3-4), 17-38.
- Bayoğlu, S. (1997). Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No. 434, İstanbul.
- Erdaş, O. (1997). Orman Yolları (Cilt II). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No.26, Trabzon.
- Eskandari, S., Hosseini, S.A. (2013). Assessment of drainage system standards of forest roads in Darabkola – Iran. Pol. J .Environ. Stud., 22(3), 675-682.

- Jani, M. (2000). Forestland Crossing: Assessment and Costs. Proceedings of the Salmon Habitat Restoration Cost Workshop, 71-80, 14-16 November 2000, Oregon, USA.
- Kalantari, Z., Folkesson, L. (2013). Road drainage in Sweden: current practice and suggestions for adaptation to climate change. *Journal of Infrastructure System*, 19, 147-156.
- Özçelik, N. (1982). Orman Yolu Sanat Yapıları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No. 323, İstanbul.
- Öztürk, T. (2020). Temporal change of drainage structures in forest roads (Study of Bentler Forest Enterprise 2009-2019). *Eur. J. Forest Eng.*, 6(2), 52-59.
- Sessions, J. (2007). *Forest Road Operations in the Tropics*. Springer Book, USA.
- Şentürk, N., Akgül, M., Öztürk, T., Akay, A.O. (2018). Orman yollarında kazı-dolgu miktarlarının hesaplanmasında topoğrafik harita tabanlı geleneksel yöntem ile bilgisayar destekli yöntemin karşılaştırılması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(3), 618-626.
- Taylor, S.E., Ritter, M.A., Franklin, J.M., Morgan, P.A., Keliher, K.P. (1999). Portable timber bridge systems for forest roads. *Forestry Engineering for Tomorrow: Roads Proceedings of the International Conference on Forest Engineering*, 28-30 June 1999, Edinburg, Scotland.
- Turton, D., Anderson, S., Miller, R. (2009). *Best Management Practices for Forest Road Construction and Harvesting Operations in Oklahoma*. Oklahoma State University, Cooperative Extension Service, Forestry Extension Report 5, USA.
- URL-1 (2021). <https://istanbulobm.ogm.gov.tr/VizeOIM/Sayfalar/default.aspx> (25.09.2021).
- URL-2 (2021). <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KIRKLARELI> (01.10.2021).
- URL-3 (2021). [https://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar\\_tr.html](https://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar_tr.html) (05.07.2017).