

Akarsu Köprülerinde Gözle Muayene ve Güvenlik Değerlendirme Çalışmaları

Hüseyin AKAY^(*), Müsteyde BADUNA KOÇYİĞİT^(**)

^(*), ^(**) Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., Maltepe, Ankara.

^(*)Tel: (0312) 582 32 43

E-Posta: hakay@gazi.edu.tr

^(**)Tel: (0312) 582 32 23

E-Posta: baduna@gazi.edu.tr

Öz

Akarsu köprülerinde meydana gelen ağır hasar veya yıkılma olayları incelendiğinde, bu olaylarda sorunun neredeyse tamamının ayaklar etrafındaki aşırı oyulmalar, ayaklar arasındaki açıklığın akımla taşınan malzemenin birikmesi sonucunda köprü membasında ve açıklığında su seviyesinin artması, akımla taşınan kaba malzemenin köprü altı elemanlarına uyguladığı dinamik itki gibi hidrolik etkenlerden kaynaklandığı görülmektedir. Türkiye’de projelendirilme aşamasında ister karayolu ister akarsu köprüsü olsun yapısal tasarım ilkelerine büyük önem verilmektedir. Ancak ülkemizde hasar görmüş veya tamamen yıkılmış akarsu köprüleri incelendiğinde bunların nedeninin çoğunlukla hidrolik etkenler olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle bir akarsu köprüsü hizmete açıldıktan sonra köprüye etki eden mevcut ve gelişen/değişen hidrolik etkenlerin belirlenerek değerlendirilmesi, köprünün periyodik olarak gözlemlenmesi, meydana gelen hasar durumuna göre gerekli önlemlerin alınması büyük önem taşımaktadır. Ancak mevcut muayene ve güvenlik değerlendirmesinde hidrolik etkenler yeterince yer bulamamaktadır. Yürütülmekte olan bir proje kapsamında Batı Karadeniz Bölgesi’nde bulunan bazı akarsu köprüleri ve bunların maruz kaldıkları hidrolik etkenler incelenip gözle muayeneleri yapılmaktadır. Böylece uygulanabilir bir güvenlik değerlendirme prosedürünün geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışma ile yürütülmekte olan çalışmalar hakkında bilgi verilerek konunun irdelenmesi amaçlanmaktadır. Akarsu köprü muayenelerinin hidrolik etkenleri de dikkate alacak şekilde, periyodik olarak, uzmanlaşmış mühendisler tarafından yapılmasının büyük önem taşıdığı, bu sayede meydana gelebilecek hasarların erken tespiti ile köprü elemanlarının zamanında onarımının söz konusu olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar sözcükler: Akarsu köprüleri, Gözle muayene, Güvenlik değerlendirmesi, Oyulma, Akarsularda sediment taşınımı.

Giriş

Türkiye’de meydana gelen akarsu köprülerinin yıkılma veya ağır hasar görme olayları incelendiğinde, bu olayların genellikle taşkınlar sebebiyle yaşandığı ve köprülerin çoğunun ayaklarındaki aşırı oyulma nedeniyle yıkıldığı gözlemlenmiştir (Yanmaz ve Apaydın, 2012; Yanmaz, 2002a). Ülkemizde son yıllarda taşkınlar nedeniyle hasar gören köprüler arasında 2011 yılında Ordu’da Cüridere ve Osmaniye’de Yarpuz 1, 2012 yılında Sinop’ta Güzelceçay 2 ve Abdest, Adana’da Gökdere ve Mersin’de Kadıköy

köprüleri sayılabilir. Özellikle Nisan 2012'de Zonguldak'ın Çaycuma ilçesinde Filyos Çayı üzerinde bulunan Çaycuma köprüsünün çökmesiyle maddi hasarın yanı sıra 15 kişi de hayatını kaybetmiştir.

Yürütülen istatistiksel araştırmalarda da büyük taşkınlar esnasında köprü yıkılmalarının ana nedenlerinin hidrolik etkenlere bağlı olduğu belirtilmektedir (Yanmaz, 2002a). Bu etkenlerden bazıları doğal veya insan kaynaklı nedenlerle akarsu taban seviyesi değişimleri, akarsu köprülerinde ayaklar etrafındaki aşırı oyulmalar, ayaklar arasındaki açıklığın akımla taşınan malzemeyle birikmesi sonucunda köprü membasında ve açıklığında su seviyesinin artması, akımla taşınan kaba malzemenin köprü altı elemanlarına uyguladığı dinamik itki, köprü açıklığının yeterli genişlikte olmaması nedeniyle açıklıkta oluşabilecek hidrolik sıçrama, basınçlı ve savak tipi akımların oluşması, insan kaynaklı problemler vb. olarak sıralanabilir (Yanmaz, 2002b).

Köprünün tasarımı sırasında mevcut olmayan fakat köprü trafiğe açıldıktan sonra meydana gelebilecek değişiklikler de mümkündür. Örneğin Karadeniz Bölgesi'nde kum çakıl ocağı işletmelerinin dere yatağı malzemesini usulüne aykırı olarak hemen köprü yakınından alması nedeniyle orijinal talveg hattı muhafaza edilememekte ve akarsu taban seviyelerindeki değişimlerle köprü ayaklarındaki oyulmaları artırmakta, böylece köprü stabilitesi tehlikeye girebilmektedir. Bu konuda 2006/27 numaralı Başbakanlık Genelgesi (Resmi Gazete, 2006) olmasına karşın uygulamadaki aksaklıklar halen devam etmektedir. Bu gibi durumlarda da gözle muayene büyük önem taşımaktadır.

Hidrolik etkenlerin incelenip köprülerin gözle muayenesi ve değerlendirilmesi ile ilgili yazarların da yer aldığı çalışma grubu tarafından yürütülmekte olan ve TÜBİTAK 1001 tarafından desteklenen proje ile Batı Karadeniz Bölgesi'nde bazı akarsu köprülerinde muayene, ölçüm, güvenlik – değerlendirme amaçlı saha çalışmaları yapılmaktadır. Proje kapsamında gözle muayenenin yanı sıra köprünün bulunduğu akarsu yatağında belirli mesafelerde (membra, mansap ve köprü aksında) batimetrik ölçümlerin yapılarak belirli süreler içerisinde akarsu taban değişiminin incelenmesi ile birlikte bir güvenlik değerlendirme prosedürünün hazırlanması amaçlanmaktadır.

Köprü Muayenesi ile İlgili Çalışmalar

1960'lardan önce, A.B.D.'de akarsu üzerinde bulunan köprülerin denetlenme ve işletilmesine az önem verilmekteydi (Chen ve Duan, 2003). 1967 yılında Batı Virginia'da meydana gelen ve 46 kişinin ölümüyle sonuçlanan Silver Bridge faciasından sonra, Amerikalı yetkililer bu konu üzerine yoğunlaşmışlar (Phares ve diğ., 2000) ve bunun sonucunda 1971 yılında Ulusal Köprü Denetleme Standartları (National Bridge Inspection Standarts – NBIS) kurumunu kurmuşlardır (Chen ve Duan, 2003). Bu standartlara göre Amerika'da kamuya açık her köprünün iki yıllık süreyi aşmayacak zaman aralıklarında denetiminin yapılması gerekmektedir.

Köprü denetlemesi temel olarak bir köprünün durumunun sistematik dış değerlendirilmesini kapsamaktadır. Köprülerin gözlemlenmesinde yaygın olarak kullanılan ana yöntem gözle yapılan muayenedir (Phares ve diğ., 2000). Bu muayenelerde detaylı gözlemlerin bir takım yerinde yapılacak ölçümlerle desteklenmesi gerekmektedir. Ancak bu değerlendirmede öznellik, tetkiki yapan kişiye bağlı olarak kaçınılmazdır (Abudayyeh ve diğ., 2004). Değerlendirmedeki tutarsızlıklar farklı kişiler

yanında aynı kişideki günlük değişimlerden de etkilenebilmektedir. İnsan kaynaklı hataların asgariye indirgenmesi veya önlenmesi için değerlendirmeler büyük bir titizlikle yapılmalı, parametreler mümkün olduğunca objektif olmalı ve değerlendirme deneyimli bir ekip tarafından gerçekleştirilmelidir (Caner ve diğ., 2006).

Köprülerin muayene aralığı farklı araştırmacılar tarafından farklı sıklıkta önerilmektedir. NBIS, köprülerin trafiğe açıldıktan sonra iki yılı geçmeyen düzenli aralıklarla izlenmesi gerektiğini ifade etmektedir. Chen ve Duan (2003), su altında kalan köprü elemanlarının, düşük akım dönemlerinde beş yılı geçmeyen rutin ve düzenli aralıklarla gözlenmesini önermektedir. Ülkemizde ise akarsu köprüleri ancak herhangi bir ciddi problem, hasar veya felaket meydana gelmesi durumunda, konusunda tam uzman olmayan mühendisler tarafından incelenmekte ve köprünün genellikle yıkılarak yenisinin yapılması doğrultusunda karara varılmaktadır. Ancak hasar ve yıkılma sebebine bağlı olmak kaydıyla aynı lokasyona yapılacak yeni köprü de önceki köprünün maruz kaldığı hidrolik etkilere maruz kalacaktır. Dolayısıyla köprüye etkiyen hidrolik etkenler değişmediği ve gerekli önlemler alınmadığı sürece kaçınılmaz olarak yeni köprü de uzun dönemde risk altında olacaktır.

Gelişmiş ülkelerde köprülerin bakım, onarım ve yenilenmesi ile ilgili kararlar bilimsel ve teknik bilgilere dayalı veri tabanları ve programlar kullanılarak yapılmaktadır. Türkiye’de bu amaca yönelik olarak TÜBİTAK KAMAG tarafından desteklenmiş bir Ar – Ge projesi ile T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) Köprü Yönetim Sistemi (KYS) geliştirilmiş ve kullanıma girmiştir (KAMAG, 2012). Bu çerçevede Tesisler ve Bakım Dairesi Başkanlığı’nca “Köprü Muayenesi El Kitabı” (KGM, 2012) yayınlanmıştır. Köprü Muayenesi El Kitabı, (2012) Türkiye’deki köprülerin muayene edilmesi için kullanılan yegane kaynaktır. Önerilen muayene yöntemi gözle ve ekipmanla olmak üzere iki çeşittir. Hasar izlemesi, detaylı muayene ve onarım işlerinin gereklilik veya uygulama zamanlarına karar verilebilmesi için yapı elemanlarındaki kusur, eksiklik, eskime, bozulma veya hasarın derecesi, gözlem sonucu kanaat bildirme esasına göre dört ana hasar ön değerlendirme derecesine ayrılmıştır. Bunlar 1 : yok veya az, 2 : hafif, 3 : orta ve 4: ağır olarak hasar gruplarına ayrılmaktadır. Köprülerin hasar derecesi 1 veya 2 olması durumunda, köprü izlemeye alınmakta; 3 olması durumunda, onarım gerekli fakat aciliyeti olmamakta; 4 olması halinde ise, acil onarımın şart olduğu ifade edilmektedir. KYS’nin geliştirilmesi sürecinde 200 adet köprünün gözle ve bunların içerisinde 10 adet köprünün ekipmanlı muayeneleri yapılmıştır. Maalesef bu köprülerin tümü karayolu köprüsü olduğundan yapısal muayene ve değerlendirmeler üzerinde durulmuş, akarsu köprüleri için etkili olabilecek hidrolik etkenler bu sistemde sınırlı ve yetersiz kalmıştır.

Köprülerin muayenesi literatürde genellikle ülkelerin yetkili organlarınca da kullanılan yapısal muayene kriterlerini içermektedir. Hidrolik etkiler için ayrıca önerilen muayene kontrol listesi oldukça azdır. Bunlardan en geniş kapsamlı olanı Johnson ve diğ. (1999) tarafından önerilmiştir. Araştırmacılar, akarsu köprülerinin üzerinde bulunduğu akarsuyun morfolojik ve sedimantolojik özelliklerini de dikkate alarak köprülerin hidrolik yönden stabilitesini inceleyen bir kontrol listesi hazırlamışlardır. Bu listeyi bazı köprülerin de bulunduğu akarsu kollarına uygulayarak köprülerin hidrolik yönden durumu hakkında fikir sahibi olmaya çalışmışlardır. Araştırmacılar, akarsu stabilitesini etkileyen göstergeler arasında şev eğimi, şev zemininin dokusu, bitki örtüsü ve şevde mevcut değişimler ile şev göçmesini dikkate alarak mevcut durumu mükemmel, iyi, vasat ve zayıf olmak üzere dört grupta toplamışlardır. Diğer göstergeler arasında akarsu

yatağında depolama bölgelerinin oluşması, köprü ayaklarında kütük, çalı, çırpı gibi malzemelerin sıkışıp kalması, akarsu taban malzemesi konsolidasyonu ve zırlaması, akımın köprü aksıyla yaptığı açı yani verevliliği, menderesli yapının köprüye uzaklığı ile akarsu yatağı daralması yer almaktadır. Tüm bu göstergeler değerlendirilerek köprünün hidrolik etkiler açısından değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Johnson (2005), farklı yerlerde ve farklı akarsular üzerinde bulunan köprülerin hidrolik yönden değerlendirilmesi için daha önce önermiş oldukları muayene listesini yeniden gözden geçirmiş ve elde edilen toplam notun, akarsuyun stabilitesi açısından akarsuyun morfolojik durumuna göre farklı fikirler verebildiğini belirtmiştir.

Yanmaz ve diğ., (2007), bazı akarsu köprülerini yapısal ve hidrolik değişkenlere göre muayene etmişlerdir. KGM'nin kullanmış olduğu muayene kontrol listelerini literatürde yer alan diğer yöntemlerle tekrar düzenleyerek yeni bir kontrol listesi oluşturmuşlardır. Köprülerin hidrolik değerlendirmelerini ise Johnson ve diğ. (1999) önerdikleri kriterlere göre değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonucunda köprü yapısal bileşenlerinin bulunduğu akarsu üzerindeki durumu hakkında bir fikir sahibi olmuşlardır.

Caner ve diğ., (2008), Yanmaz ve diğ. (2007)'nin önerdikleri yapısal değerlendirme yöntemini kullanarak Türkiye'deki bazı köprüleri muayene etmişlerdir. Köprü yapısal elemanlarının yaşlarına göre muayeneden elde edilen notlar arasındaki eğilimine bakarak köprünün kalan yapısal ömrünü tahmin etmeye çalışmışlardır.

Çalışma Bölgesi ve Akarsu Köprüleri

Gözle muayenesi – güvenlik değerlendirmesi yapılan köprüler, KGM 15. Bölge sınırları içerisinde, Batı Karadeniz Bölgesi'nde, Zonguldak, Karabük, Bartın ve Kastamonu il sınırları dahilinde bulunan, farklı akarsular üzerinde yer alan, farklı hidrolojik ve havza özellikleri ile hidrolik özelliklere sahip köprülerdir. Çalışmada incelenen köprüler ile ilgili bazı bilgiler Tablo 1'de verilmektedir.

Bartın I köprüsü yan şevleri oldukça dik, bitki örtüsü ve ince gövdeli ağaçlarla kaplı şevlerdir. Yatak tabanı balçık malzemedan meydana gelmekte ve akarsu yatağı içerisinde depolama bölgeleri bulunmamaktadır. Akımın köprü aksıyla yaptığı açı 20° olup köprünün olduğu bölgede akarsu en kesitinde daralma gözlemlenmektedir. Bartın III köprüsünün bulunduğu bölgede ise akarsu yatağı menderesli olup simetrik olmayan taşkın yatağı mevcuttur. Ayrıca köprünün hemen mansabına bölgede artan trafik yükünü karşılamak amacıyla yeni bir köprü inşa edilmiştir. Bartın sınırları içerisinde olan bu akarsu köprülerinin üzerinde bulunduğu Bartın Çayı akımı fazla yağış olmadığı zamanlarda oldukça sakin akmaktadır. Ancak şiddetli yağış sonrasında havzadan toplanan akış nedeniyle ani su yükselmesi ve taşkınlar meydana gelebilmektedir. Bu köprülerin havzaları birbirine yakın olup benzer hidrolojik özelliklere sahiptir.

Gökçebey köprüsünün üzerinde bulunduğu bölgede Filyos Çayı yatağı çok geniş olup, akarsu debisinin düşük olduğu dönemlerde akımın köprünün tek bir açıklığından geçtiği görülmektedir. Hemen membasında Tefen HES bulunmaktadır. Taban malzemesi çok iri kaya ve çakıldan meydana gelmiştir. Şevleri çok yüksek olmamakla birlikte yer yer ağaç ve çalı çırpı ile kaplıdır. Köprünün bulunduğu bölgede akarsu doğrusal olup köprü ayakları akımı dik kesmektedir. Köprünün memba ve mansabında büyük debi

değerlerinde veya taşkın sırasında oluştuğu tahmin edilen depolama bölgeleri mevcuttur.

Filyos V köprüsü de Filyos Çayı üzerinde olup köprü aksı ile akım arasında 40°'lik açı bulunmaktadır. Bu köprü şevleri de özellikle memba tarafında oldukça dik olup ağaçlarla kaplıdır. Köprü mansabında oluşan depolama bölgesi nedeniyle akım ikiye ayrılmakta sonra tekrar birleşmektedir. Akarsu tabanı çok iri olmayan ceviz büyüklüğünde çakıllardan meydana gelmiştir. Bu iki köprü'nün havzası birbirine yakın olup oldukça büyük drenaj alanına sahiptir. Filyos V köprüsü ile Gökçebey köprüsü aynı akarsuyun üzerinde olan, havzaları aynı özelliklere sahip ancak etkili hidrolik büyüklükleri (akım hızı, verevlilik, taban malzemesi vb.) farklı olan iki akarsu köprüsüdür.

Tablo 1. Muayenesi yapılan köprüler ve genel özellikleri

Köprü adı	Konumu	İli	Akarsu Adı	Köprü'nün Cinsi
Bartın I	41°37'24.47''K 32°20'00.42''D	Bartın	Bartın Çayı	Basit Kiriş
Bartın III	41°38'28.62''K 32°21'20.60''D	Bartın	Bartın Çayı	Basit Kiriş
Gökçebey (Tefen)	41°18'25.90''K 32°07'34.80''D	Zonguldak	Filyos Çayı	Gerber Kiriş
Filyos-V	41°12'06.89''K 32°22'35.19''D	Karabük	Filyos Çayı	Basit Kiriş
Çatalzeytin	41°57'10.59''K 34°13'39.69''D	Kastamonu	Akçay	Gerber Kiriş

Yukarıda bahsedilmiş olan bu dört köprü'nün havzaları birbirlerinin alt havzalarına komşudur. Çatalzeytin köprüsü ise bu dört köprü'nün uzağında konumlanmış oldukça farklı hidrolik ve hidrolojik özelliklere sahip bir köprüdür. Köprü oldukça küçük bir drenaj alanına sahip olup havza armut şeklindedir. Akarsu tabanı iri kaya ve çakıldan meydana gelmiştir. Herhangi bir verevlilik veya mendereslilik söz konusu değildir. Diğer köprülerden farklı olarak Karadeniz'in 200 metre yakınında olup akarsu denize deşarj olmaktadır.

Çalışma kapsamında bu köprülerin belirli aralıklarla yapısal ve hidrolik yönden muayeneleri gerçekleştirilmektedir. Muayeneler gözle, olanaklar dahilinde ise ekipmanla yapılmaktadır. Köprü muayene dönemlerinde akarsuyun taban batimetrisi, köprü yapısal elemanlarının konumları belirlenerek herhangi bir deformasyona maruz kalıp kalmadıkları belirlenecektir. Ayrıca, köprülerin bulunduğu akarsuların üzerinde notlandırmaya yardımcı olacak bazı ölçümler yapılarak, akarsu tabanının stabilitesinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

Köprülerin Muayene ve Güvenlik Değerlendirmesi

Bu çalışma kapsamında Çatalzeytin, Filyos V ve Gökçebey köprülerinin gözle muayenesi yapısal yönden Yanmaz ve diğ., (2007)'nin önerdiği yönteme göre incelenmiş ve Caner ve diğ., (2008) tarafından önerilen yöntem kullanılarak köprülerin tahmini kalan hizmet süreleri belirlenmiştir. Beklenenden daha az hizmet süresi kalan

köprülerde ise hidrolik yönden Johnson ve diğ. (1999)'ın önerdiği yöntemle göre değerlendirme yapılmıştır. Yanmaz ve diğ. (2007) tarafından önerilen yapısal muayene-değerlendirme formu (Tablo 1), Tablo 2'deki durumlara göre notlandırılmıştır. Aynı ana gövde bileşenleri, yüzey koruma ve servis elemanlarına ait ortalama notlar belirlenerek, ana gövde bileşen elemanları 1, yüzey koruma elemanları 1, servis elemanları 0.5 ağırlıklı ortalamalar ile çarpılıp köprüye ait kümülatif ortalama not belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 1. Örnek köprü gözle muayene – değerlendirme formu (Yanmaz ve diğ., 2007)

Köprü Adı :					
Yapım Yılı :					
Ana Gövde Bileşenleri			Yüzey Koruma Bileşenleri		
Tabliye	N O T	Mesnetler	N O T	Kenar Ayak	N O T
Çatlaklar		Metalik(M)/Elastomerik(E)		Deformasyon	
Beton Ayrışması		Ana hasar		Çatlaklar	
Donatı Açığa Çıkması		Mesnet Yatağı		Beton Ayrışması	
Delikler ve Çukurlar		Eleman Kaybı (M)		Donatı Açığa Çıkması	
Su sızması		Sabitlenme (M)		Delikler ve Çukurlar	
ORTALAMA NOT		Yüzey Düzenlemesi (E)		Su ve sediment aşındırması	
Kirişler		Deformasyon (E)		Temelde oyulma	
Çelik(Ç)/Betonarme(B)		ORTALAMA NOT		ORTALAMA NOT	
Deformasyon		Köprü Ayakları		Yaklaşım Dolgusu	
Çatlaklar		Deformasyon		Oturma ve Yığılma	
Paslanma (Ç)		Çatlaklar		Yol platformunda erozyon	
Bulon ve Perçin (Ç)		Beton Ayrışması		Dolguda erozyon	
Kaynak (Ç)		Donatı Açığa Çıkması		ORTALAMA NOT	
Beton Ayrışması(B)		Delikler ve Çukurlar		Stabilizasyon	
Donatı Açığa Çıkması(B)		Su ve sediment aşındırması		Oturma ve Yığılma	
Delikler ve Çukurlar(B)		Temelde oyulma		Erozyon	
ORTALAMA NOT		ORTALAMA NOT		Yatak seviyesinde oyulma	
				ORTALAMA NOT	
SERVİS ELEMANLARI					
Kaplama	N O T	Bordür-Korkuluk	N O T	Genleşme Derzi	N O T
Dalgalanma		Bordür (B)/ Korkuluk (K)		Gürültü	
Tekerlek izi		Betonda çatlaklar (B)		Su sızıntısı	
Çatlaklar		Kabarma ve Dökülme (B)		Deformasyon	
Oyuk ve çatlaklar		Donatının açığa çıkması (B)		Boşluk ve oyuklar	
ORTALAMA NOT		Korkulukta deformasyon (K)		Eleman eksikliği	
Drenaj Tertibatı		Korkulukta paslanma (K)		Fonksiyon kaybı	
Boru hasarı		Korkulukta eleman eksikliği (K)		ORTALAMA NOT	
Tıkanmalar		ORTALAMA NOT			
Giriş ağız hasarları					
ORTALAMA NOT					

Tablo 2. Köprülerin durumlarına göre verilecek notlar (Yanmaz ve diğ., 2007)

Durum Notu	Tanım
1	Tamamen hasar görmüş veya yıkılmış
2	1 – 3 arasında bir not
3	Ciddi hasar, orijinalinde projelendirildiği şekilde çalışmıyor
4	3-5 arasında bir not
5	Hafif hasar, orijinalinde projelendirildiği şekilde çalışıyor
6	5-7 arasında bir not
7	Yeni durum
8	Uygulanabilir değil
9	Bilinmiyor

Tablo 3. Köprülerin değerlendirilme sonucunda elde edilecek nihai notlar (Yanmaz ve diğ., 2007)

Eleman	Not
Ana gövde bileşenleri elemanları	
Yüzey koruma bileşenleri elemanları	
Servis elemanları	
Kümülatif Ortalama Not	

Yanmaz ve diğ., (2007) Ankara’da 7 adet; Caner ve diğ., (2008), Çanakkale ve Bursa illerinde 21 adet köprünün yapısal değerlendirmesini yapmışlardır. Bu çalışmada da notlandırılması tamamlanmış Çatalzeytin, Filyos V ve Gökçebey köprülerine ait yapısal değerlendirme değerleri kullanılarak Caner ve diğ., (2008)’e göre bu üç köprünün tahmini yaklaşık kalan hizmet süreleri belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Çatalzeytin, Filyos V ve Gökçebey köprülerinin notlandırılması ve kalan tahmini hizmet süreleri

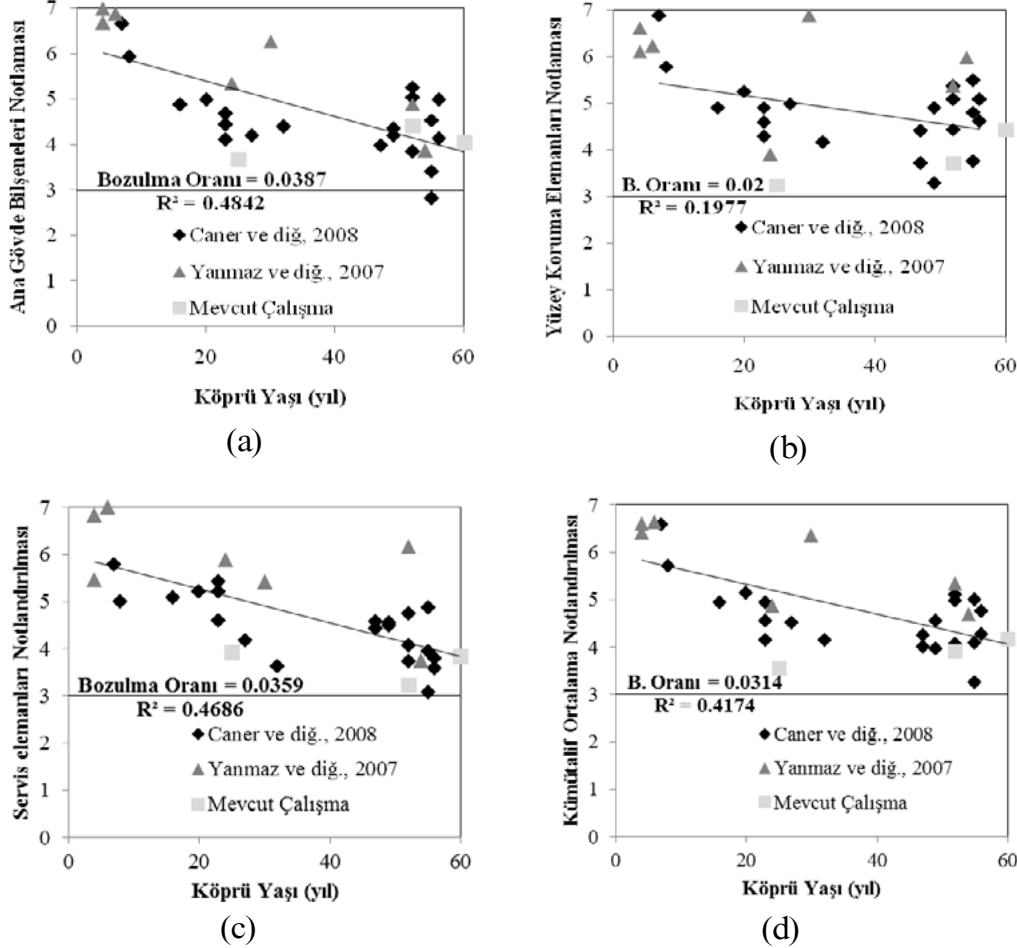
Köprü Adı	Yaşı	Ana Gövde Bileşenleri	Yüzey koruma	Servis elemanları	Toplam ortalama	Tahmini kalan hizmet süresi (yıl)
Çatalzeytin	52	4.42	3.73	3.23	3.91	29
Filyos V	25	3.68	3.25	3.92	3.56	13
Gökçebey	60	4.05	4.44	3.83	4.16	28

Buna göre toplamda 31 adet köprünün ana gövde bileşen elemanları, yüzey koruma bileşen elemanları, servis elemanları ve kümülatif ortalama notları köprü yaşına göre doğrusal regresyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 1a, 1b, 1c, 1d). Bu doğrunun negatif eğimi köprülerin yıllık bozulma oranını vermektedir. Batı Karadeniz Bölgesi’nde bulunan köprülerin yapısal değerlendirmesi neticesinde Caner ve diğ., (2008)’in elde ettiği değerlere göre her bir yapısal bileşenin bozulma oranı azalmaktadır.

Köprülerin tahmini kalan hizmet süresi, en kritik bileşen için Eşitlik 1 ile hesaplanabilir (Caner ve diğ., 2008).

$$B_l = \frac{G_c - 3}{M_s} \quad (\text{Eş. 1})$$

Burada, B_l = köprünün kalan tahmini hizmet süresi, G_c = köprünün mevcut durumdaki durum notu ve M_s = bozulma oranıdır.



Şekil 1. İzlenen köprülerin yaşlarına göre (a) Ana gövde bileşen elemanlarının (b) Yüzey koruma elemanlarının (c) Servis elemanlarının (d) Kümülatif ortalama değerlendirme sonuçları arasındaki eğilimin gösterimi.

Gözlem altındaki köprülerin tahmini hizmet süreleri incelendiğinde (Tablo 4), Çatalzeytin, Filyos V ve Gökçebey köprüleri için sırasıyla 29, 13 ve 28 yıl olduğu görülmektedir. En genç köprü Filyos V köprüsü olmasına rağmen, tahmini kalan hizmet süresi en az olan köprü de o olmuştur. Ayrıca, Eşitlik 1'e benzer bir şekilde Filyos V köprüsünün gözlem sürecine kadar olan süreçte bozulma oranı $(7 - 3.68) / 25 = 0.1328$ olarak hesaplanmıştır. Bu oranın başlı başına diğer tüm köprüler için de hesaplanan bozulma oranından oldukça fazla olduğu söylenebilir. Bu oran OECD ülkelerinde 0.0247, ABD'de yeni inşa edilen köprüler için 0.01 – 0.1 arasındadır (Caner ve diğ., 2008). Türkiye'de ise bu oranın 0.04 civarında olduğu hem bu çalışmada görülmüş hem de Caner ve diğ. (2008) tarafından yapılan çalışmada ifade edilmiştir.

Filyos V köprüsüne ait tahmini kalan hizmet süresi incelendiğinde, köprünün toplam ömrünün 40 yıldan daha az olacağı kanaatine varılmaktadır. Proje aşamasından önce

köprünün ekonomik ömrünün genel kriter olarak 80 yıl civarında düşünüldüğü söylenebilir. Köprünün beklenenden daha az sürede ekonomik ömrünü tamamlayacak olması, köprü yapısal tasarım kriterlerinin göz ardı edildiği ya da tasarım ilkelerine önem verilmediği anlamına gelmemektedir. Tahmini kalan hizmet süresi belirlenirken en kritik bileşen elemanın yüzey koruma bileşen elemanları olduğu görülmektedir. Yüzey koruma bileşenleri arasında kenar ayak, yaklaşım dolgusu, stabilizasyon elemanlarının performansını etkileyecek durumlar arasında suyun erozyon, oyulma etkileri olduğu görülmektedir (Tablo 1). Kısacası, bu olumsuz sonucun nedeni köprünün hidrolojik ve hidrolik tasarım kriterlerinde göz önüne alınmayan etkenler olabileceği söylenebilir.

Johnson ve diğ. (1999), köprülerin akarsu stabilitesi bakımından etkisini inceleyen göstergeleri araştırmışlardır. Filyos V köprüsünün ölçüm ve değerlendirme süreci devam ettiğinden, Johnson ve diğ. tarafından önerilen göstergelere göre hidrolik etkilerin köprünün stabilitesini nasıl etkilediği hususunda bu çalışma kapsamında sadece kısa bir durum değerlendirmesi yapılabilecektir. Değerlendirmede köprünün stabilitesini olumsuz etkileyen göstergeler şu şekilde ifade edilebilir :

- i. Akarsu tabanında kohezyonsuz malzeme bulunmaktadır.
- ii. Akımın köprü aksıyla yaptığı açı (α) $> 30^\circ$ dir.
- iii. Şevler membada yer yer yüksektir.
- iv. Depolama bölge oluşumu mevcuttur.

Genel olarak muayene sürecinde hidrolik göstergelerin köprüye etkisinin yapısal değerlendirme içerisinde dolaylı olarak mevcut olduğu, çok daha belirgin olarak değerlendirilmesine olanak sağlayacak yeni bir notlandırma sistematiğine ihtiyaç duyulduğu kaçınılmazdır. Çalışmaları devam eden proje kapsamındaki beş adet farklı hidrolik etkilere ve özelliklere sahip akarsu köprüsünün incelenmesindeki amaç da bu sistematiğin geliştirilmesine yardımcı olmasıdır.

Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde akarsu köprülerinin çoğunlukla yıkılma veya hasar görme nedenlerinin başında hidrolik etkenlerin geldiği görülmektedir. Bu etkenlerin incelenerek köprü muayenesi – güvenlik değerlendirmesinde dikkate alınması ve geliştirilerek sistematik bir yöntemle KGM tarafından uygulanabilir hale gelmesi hem mal hem de can kaybını asgariye indirmek için gerekmektedir. Bunun için taşkınların sıklıkla yaşandığı Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki farklı hidrolik özelliklere sahip beş adet akarsu köprüsü ile ilgili çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. Tüm bu hidrolik etkenlerin muayene sırasında kolaylıkla değerlendirilebilir ve sisteme girilerek analiz edilebilir hale gelmesi için çalışmalar devam etmektedir. Köprü sayısının artması ve farklı bölgelerdeki akarsu köprüleri ile çalışılmasının yapılan analizi zenginleştireceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Yazarlar bu çalışmaya 114M292 no'lu proje ile kaynak desteği sağlayan TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç bilir.

Kaynaklar

Abudayyeh, O., M.A.Bataineh and I. Abdel-Qader (2004) An Imaging Data Model for Concrete Bridge Inspection. Journal of Advances in Engineering Software, Vol.35, No. 8 – 9, pp. 473 – 480.

Caner, A., A.M.Yanmaz and A.Berk (2006) Remarks on Development of a Safety Inspection Algorithm for River Bridges. International Congress on Advances in Civil Engineering, Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey.

Caner, A., A.M.Yanmaz, A.Yakut, O.Avşar and T.Yılmaz (2008) Service life assessment of existing highway bridges with no planned regular inspections. Journal of Performance of Constructed Facilities Vol.22, No. 2, pp. 108 – 114.

Chen, W. and L. Duan, (2003), Bridge Engineering: Construction and Maintenance. 1. baskı, CRC Press, Boca Raton, Fla.

<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/09/20060909-3.htm>, (2014) Genelge 2006/27. Resmi Gazete.

Johnson, P.A., G.L.Gleason and R.D.Hey (1999) Rapid Assessment of Channel Stability in Vicinity of Road Crossing. Journal of Hydraulic Engineering, Vol.125, No.6, pp. 645 – 651.

Johnson, P.A. (2005) Preliminary Assessment and Rating of Stream Channel Stability near Bridges. Journal of Hydraulic Engineering. Vol.131, No. 10, pp. 845 – 852.

KAMAG (Kamu Araştırmaları Grubu, TÜBİTAK) (2012) Proje No:108G018 : Köprü Yönetim Sisteminin Geliştirilmesi. Ankara

KGM (2012) Köprü Muayenesi El Kitabı. Tesisler ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye.

Phares, B.M., D.D.Rolander, B.A.Graybea and G.A.Washer (2000) Studying the Reliability of Bridge Inspection. National Bridge Inspection Standards. A.B.D.

Yanmaz, A.M. (2002a) Yıkılan Akarsu Köprüleri Üzerine Görüşler. Türkiye Mühendislik Haberleri, 420 – 421 – 422, pp. 137 – 141.

Yanmaz, A.M. (2002b) Köprü Hidroliği. 1. Baskı, Odtü Yayıncılık, Ankara, Türkiye.

Yanmaz, A.M., A.Caner and A.Berk (2007) Renovation of a safety-inspection methodology for river bridges. Journal of Performance of Constructed Facilities, Vol.21, No.5, pp. 382 – 389.

Yanmaz, A.M. and M.Apaydın (2012) Bridge Scour Risk Assessment and Countermeasure Design. Journal of Performance of Constructed Facilities, Vol.26, No.4, pp. 499 – 506.