

BİTLİS ÇAYI ÜZERİNDEKİ ARD GERMELİ BETON KÖPRÜNÜN YENİDEN İNCELENMESİ

¹Egemen ÖKTE, ²Elmar TALİBLİ, ³Ekin LÖKER, ⁴Batuhan Doruk ÖZTÜRK

ODTÜ İnşaat Müh. Böl.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Üniversiteler Mahallesi,

Dumlupınar Bulvarı No:1, İnşaat Mühendisliği Bölümü, K2/302 – Çankaya Ankara/Türkiye

¹Tel: 0538 547 22 70 E-mail: egemen.okte@metu.edu.tr

²Tel: 0553 506 65 37 E-mail: elmar.talibov@metu.edu.tr

³Tel: 0533 490 28 13 E-mail: ekin.loker@metu.edu.tr

⁴Tel: 0507 286 89 61 E-mail: batuhan.doruk@metu.edu.tr

Özet

Bu çalışma Türkiye tarihinde görülmüş en uzun ard germeli beton kullanılarak inşa edilmiş köprülerden birinin yeniden incelenmesini amaçlamaktadır ve köprünün dengeli konsol metodu kullanılarak inşa edilmiş kısmını ele alır. Köprünün toplam açıklığı 600 metredir. Bu köprü sayesinde, Bitlis çayı etrafındaki ulaşım zorluklarının çözülmesi amaçlanmıştır. Köprünün birincil önemi, Türkiye inşaat tarihinde yaygın olarak kullanılmayan ard germe teknolojisi yardımıyla uzun açıklıklara sahip bir köprü tasarlanmış olmasıdır. Konvansiyonel uygulamalara göre ard germeli beton, malzeme, zaman ve para tasarrufu sağlamaktadır. Bu köprüde, uzun ayakların yer alması sebebi ile, dengeli konsol metodu kullanılmıştır. Ard germeli beton teknolojisinin sık görülmeyen bir örneği olsa da, bu köprü Anadolu'nun dağlık doğu bölgeleri için önemli bir uygulama olacaktır.

Giriş

Doğu Anadolu'nun dağlık bölgelerinde birçok nehir ve derin vadi bulunur. Bu nehirlerle bağlanan daha küçük akıntılar da mevcuttur. Bu akıntılardan biri Bitlis Çayı adı ile bilinir.

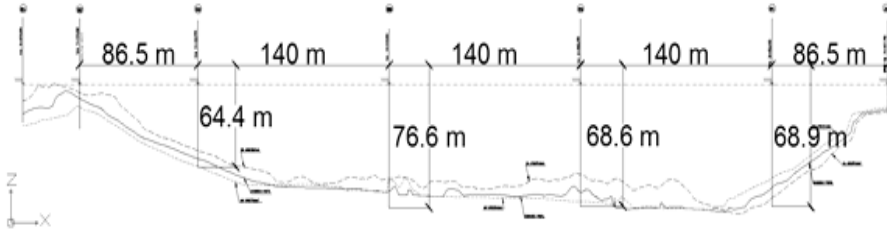
Bu geniş vadiyi ve nihayetinde çayı aşması amaçlanan bu köprünün planlanması yıllar öncesinden hazırlanmıştır. MEGA Danışmanlık Şirketi bu köprünün tasarım aşamasından sorumlu olup, Türk-Fransız köprü mühendisliğinin önemli kuruluşlarından olan FREYSAŞ Mühendislik Şirketinin katkıları ile tamamlanmıştır.

Bu makale, Orta Doğu Teknik Üniversitesi son sınıf öğrencileri tarafından son sınıf tasarım dersi kapsamında hazırlanmış olan bir projenin özetini ihtiva eder. MEGA Danışmanlık Şirketinin tasarlamış olduğu bu köprünün yeniden incelenmesini ve değerlendirilmesini amaçlar. Bölgesel olarak bu köprünün önemi bu makalenin anlamlı bir parçasını oluşturmaktadır.

Yöntem

Analiz ve Tasarım

Bu köprünün analiz ve tasarımı için çeşitli kaynak, kod ve uygulama esasları kullanılmıştır (Chopra,1995; Ersoy ve dig., 2010; Karaesmen, 2002) Fransız, Amerikan ve Türk kodları bu köprünün yapımında en çok kullanılan kaynaklar olmuşlardır. Bilgisayar programları olarak, MIDAS CIVIL, SAP2000 ve OASYS programları ağırlıklı olarak kullanılmıştır. Köprünün yapılması planlanan güzergahın yandan görünüşü, Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Köprünün yapılması planlanan güzergahın yandan görünüşü

Kullanılan Malzemeler ve Tasarım Kriterleri

Kullanılan Malzemeler:

- I. Beton tipi: C50 uluslararası standartlara göre
- II. Çelik tipi: S420 donatı çeliği, uluslararası standartlara göre, #32 donatı için ve #16 etriyeler için.
- III. * Ard germe tendonları: C15 (Freysinet – Standard: pEN 10138-3)

* (Tendonların nominal çekme dayanımı: 1860 MPa
Kullanılan çekme dayanımı: 1400 MPa, güvenlik katsayısı 0.75)

Tasarım Kriterleri

I. Ard germeli beton köprülerde dengeli konsol metodu kullanıldığında birçok değişik yaklaşım vardır. Bu noktada Fransız “Sétra’s Design Guide for Prestressed Concrete Bridges Built Using the Cantilever Method” adlı kaynak ağırlıklı olarak kullanılmıştır. Tasarım aşamalarında da bu kaynaktan birçok kez tabliye segmentlerinin uzunluğu ve kesit alanının belirlenmesinde yararlanılmıştır.

II. Bitlis, birinci derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. ODTÜ tarafından hazırlanmış olan “Türkiye Köprü Mühendisliğinde Tasarım ve Yapıma İlişkin Teknolojilerin Geliştirilmesi Teknik Kılavuzları” adlı kaynak kullanılarak tasarım deprem spektrumu ve yük kombinasyonları belirlenmiştir. Bu kaynakta önerilen ve çalışmada kullanılan yük kombinasyonu $F_d = 1.0 Q + 1.0$

G+1.0 E olmuştur. (Verilen denklemde Q=Ölü Yükler, G=Hareketli Yükler, E=Sismik Yükler olarak alınmıştır)

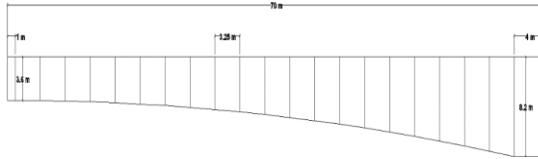
III. Hareketli yük analizi için MIDAS kullanılmış, ve MIDAS'ın kullanığı AASHTO Standard tasarım kriterlerine uyulmuştur.

IV. Tabliye üstündeki şeritlerin genişlikleri, yüklerin uygulama noktaları, araçlar arasındaki mesafeler ve araç tipleri seçimi için Karayolları Genel Müdürlüğü kaynakları kullanılmıştır.

V. Köprünün hizmet sırasında optimum koşullarda çalışabilmesi için, tendonlar tarafından taşınacak olan çekme kuvvetleri ve tabliye üstündeki momentler dikkat ile hesaplanmıştır. Tendon seçimlerinde ve hesaplarda Freyssinet C-Range Standard: prEN 10138-3 kullanılmıştır. Tabliyenin üst ve alt taraflarındaki kablolar için ayrı hesaplar ayrı durumlar için yapılmıştır.

Tasarım sonucu hesaplamalarla bulunan parçalara ilişkin açıklamalar

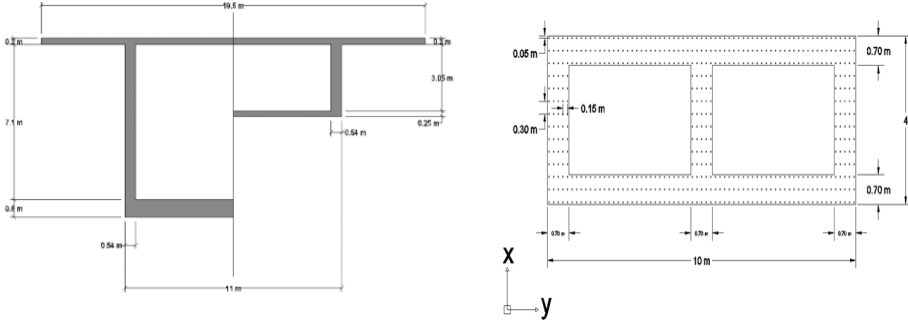
Bu köprüdeki 140 metrelik açıklıkta ölü yükün azaltılması ve taşınmasının kolaylaştırılması için tabliyenin alt kısmının bir kemer biçiminde inşa edilmesi düşünülmüştür. Kemerin şekli, önceki benzer köprülerden de ilham alınarak parabol şeklinde tasarlanmıştır (Şekil 2). Bu parabolün şeklinin belirlenmesinde "Setra"dan alınan denklemler kullanılmış, ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur. Tabliyenin kesit alan detaylarında "Setra" kullanılarak dikkatli bir şekilde seçilmiştir (Tablo 1).



Şekil 2. Yarım açıklığın yan görünüşü

Segment No	h1 (m)	h2 (m)	Segment No	h1 (m)	h2 (m)
1	8,2	7,7515	11	4,75	4,5315
2	7,7515	7,326	12	4,5315	4,336
3	7,326	6,9235	13	4,336	4,1635
4	6,9235	6,544	14	4,1635	4,014
5	6,544	6,1875	15	4,014	3,8875
6	6,1875	5,854	16	3,8875	3,784
7	5,854	5,5435	17	3,784	3,7035
8	5,5435	5,256	18	3,7035	3,646
9	5,256	4,9915	19	3,646	3,6115
10	4,9915	4,75	20	3,6115	3,6

Tablo 1. Segmentlerin derinlikleri

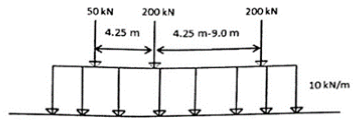


Şekil 3. Tabliye ve ayakların kesit görüntüsü ve boyutları

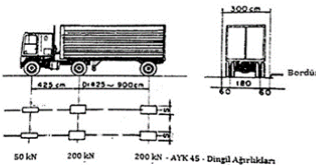
Ayakların tasarımında en büyük ölçüt, deprem yüklerinden ve araç yükünden gelecek olan moment yükleridir. Sadece ölü yükün sebep olduğu basınç kuvveti ikincil önemdedir. Bu sebeple kolon kesiti, özellikle bu yükler göz önünde bulundurularak seçilmiş ve detaylandırılmıştır. Tabliye ve ayakların kesit görüntüsü Şekil 3'te verilmektedir.

Yükler

Ölü yükler, hareketli yükler ve sismik yükler bu tasarımda göz önünde bulunduran üç yük çeşididir. Ön tasarım aşamasında ölü yük, gerçek ölü yükün 1.18 katı alınarak hareketli yükleri temsil etmesi amaçlanmış, fakat son tasarım aşamasında hareketli yükler de dahil edildiğinde 1.18 sayısı, sadece tabliyenin üzerindeki yol malzemelerini temsil etmek için 1.05 sayısına düşürülmüştür. Hareketli yükler, köprü üzerinden geçmesi planlanan araçlara göre belirlenmiş, iç şeritlerden binek araç, dış şeritlerden ise ağır vasıtaların geçmesi planlanmıştır. Araçlar arasındaki mesafe AASHTO kullanılarak MIDAS programı tarafından belirlenmiştir. Son olarak, sismik yükler de göz önüne alınarak $F_d = 1.0 Q + 1.0 G + 1.0 E$ yük kombinasyonu kullanılmış ve analiz yapılmıştır. Ağır vasıta tipi ve yol planı Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil K.1.3.1. Türkiye LRFD Tasarım Ağır Yük Kamyonu, AYK-45



Şekil K.1.3.2. Kamyon Tekerlek Aralıkları ve Ağırılık Dağılımları



Şekil 4. Kullanılan ağır vasıta tipi ve tabliye üstüne kurulacak olan yol planı

Yapım aşamasında köprünün analizi

Sahadaki şartlar nedeniyle bu yapıda dengeli konsol metodu kullanılmıştır. Bu sebeple ayakların yapımı bittikten sonra tabliyenin yapım aşaması başlayacaktır. Dengeyi bozabilecek moment etkilerinin azaltılması amacı ile her segment simetrik olarak ayağın iki tarafından yapılmaya başlanacaktır.

Köprünün inşası aşamasında sadece ölü yükler göz önünde bulundurulmuştur. Yapım aşaması ilerledikçe, ayakların iki tarafında biriken kesme ve moment kuvvetleri artış göstereceğinden, kritik durum olarak son yapım aşaması, kilit segmenti iki açıklık arasına yerleştirilmeden önceki son aşama göz önünde bulundurulmuştur. Bu aşamada, tabliyenin üst kısımlarında oluşan çekme kuvvetlerine karşı koymak için ard germe tendonları kullanılmıştır. Bu tendonlar gerilerek betonun bu bölgede basınç altında kalmasını sağlamak amaçlanmıştır. Ayrıca eksantrisite nedeni ile ilave basınç kuvvetleri tabliyenin üst bölümlerinde oluşmuştur. Ölü yüklerden gelecek olan moment yükünün çekme etkisi, $\sigma_{üst}$ bu basınç yükleri ile dengelenmiştir. Hesaplamanın yapılaş biçimi aşağıda verilmektedir.

$$\sigma_{üst} = -(M \cdot c_1) / I + P / A + ((P \cdot e) \cdot c_1) / I > - 15 \text{ ton/m}^2 \quad (1)$$

Bu denklemde M ölü yük tarafından oluşan moment değerine, I segmentin atalet momentine, A segmentin alanına, c_1 segmentin merkezi ile üstü arasındaki uzaklığa, e ard germe kuvvetinin eksantrisitesine ve P ard germe kuvvetine karşılık gelmektedir.

Moment dağılımı yüzünden tabliyenin alt tarafında basınç alanları, σ_{alt} gözlenmiştir. Değerleri kritik olmasa da, aşağıda verilen denklem ile kritik değer kontrolleri yapılmıştır.

$$\sigma_{alt} = (M \cdot c_2) / I + P / A - ((P \cdot e) \cdot c_2) / I < 2000 \text{ ton/m}^2 \quad (2)$$

c_2 segmentin merkezi ile altı arasındaki uzaklığa karşılık gelmektedir. Optimum P değerleri yinelemeli işlemler ile bulunmuştur.

Yapım aşamasında tabliyenin üst noktasında oluşan moment yüklerinin değerleri köprü sürekli durumda iken gözlenen moment yüklerinin değerlerinden daha yüksektir. Fakat, tabliyenin alt tarafında köprü servis halinde iken gözlenen moment değerleri yapım aşamasındakinden daha yüksektir. İki durumda da, tendon hesabı ve yerleştirilmesi, kritik duruma göre yapılmıştır.

Kablo detaylandırılması

Servis durumunda köprünün analizi

Kilit segmentlerin inşası tamamlandıktan sonra birbirine komşu konsollar birleşerek sürekli bir yapı oluşturdu. Tamamlanmış yapının davranışı ve üzerine gelen yükler Midas Civil Programıyla analiz edildi ve yapım aşamasındaki sonuçlarla karşılaştırıldı.

Yapım aşamasının aksine, tamamlanmış yapıda belli bölgelerde pozitif moment olduğu gözlemlendi. Kritik çekme kuvvetleri bölgesinin, tabliyenin alt kısmında olduğu bu bölgeler, köprünün bir açıklığının orta kısımlarına yakın bulunmaktadır.

Bu sebeple, bu alt kısımlarda oluşan çekme kuvveti için, tabliyenin alt bölümlerinde ard germe kablolarının kullanılması gerekmektedir. Tabliyenin üst bölümündekine benzer bir hesaplama alt bölümü için de yapılmış, üst ve alt bölümler için gerekli tendon sayısı Tablo 2'de verilmiştir. Herhangi bir süreksizlik problemi oluşmaması için her tarafa 2 kablo önceden yerleştirilmiştir.

Tablo 2. Yapım Aşamasında Tabliyenin Üst Bölümü için Gerekli Tendon Sayıları

Segment	Moment (t.m)	Ard Germe Kuvveti (ton)	Tendon Sayısı	Toplam Tendon Sayısı
1	-75362.25688	12012	2 x 13C15	44 x 13C15
2	-67211.16514	11466	4 x 13C15	42 x 13C15
3	-59654.75025	10374	2 x 13C15	38 x 13C15
4	-52669.91437	9828	2 x 13C15	36 x 13C15
5	-46230.69827	9282	2 x 13C15	34 x 13C15
6	-40306.16616	8736	4 x 13C15	32 x 13C15
7	-34867.94597	7644	2 x 13C15	28 x 13C15
8	-29897.21203	7098	2 x 13C15	26 x 13C15
9	-25376.18858	6552	2 x 13C15	24 x 13C15
10	-21281.54332	6006	2 x 13C15	22 x 13C15
11	-17612.16514	5460	2 x 13C15	20 x 13C15
12	-14366.73191	4914	2 x 13C15	18 x 13C15
13	-11495.90724	4368	2 x 13C15	16 x 13C15
14	-8989.650357	3822	2 x 13C15	14 x 13C15
15	-6838.804281	3276	2 x 13C15	12 x 13C15
16	-5035.75739	2730	2 x 13C15	10 x 13C15
17	-3573.87156	2184	2 x 13C15	8 x 13C15
18	-2449.520897	1638	2 x 13C15	6 x 13C15
19	-1653.964322	1092	2 x 13C15	4 x 13C15
20	-1191.295617	546	2 x 13C15	2 x 13C15

Enine Yükler

Üçüncü olarak, güvenli bir tasarım için köprünün enine gelen yük kombinasyonları da incelenmelidir. Bu inceleme köprünün üzerinden 62 ton ağırlığında bir tank geçtiği durumu düşünülerek analiz edilmiştir. Boylamasına bükülme momenti düşünüldüğü zaman, her açıklıkta 2 tankın sebep olduğu yük değeri araba ve kamyon gibi sivil araçların sebep olduğu kritik yük değerlerini aşmamaktadır. Ancak, mevcut ağırlıktaki bir tank temas yüzeyi düşünüldüğü zaman orta refüjden uzaklığı ile tabliye eni üzerinde dikkate alınması gereken bir etkiye sahiptir. Bu tabliyenin üst bölümünde enine bükülme etkilerinin oluşmasına sebep olacaktır. Bu durum tabliyenin üst bölümüne artı olarak enine kablo yerleştirilmesi için bir çalışma gerektiğinin göstergesidir.

Bu çalışma için kullanılan tank uzunluğu 9.97 metre ve genişliği 3.75 metre olan ve dolu ağırlığı 62 ton olan Leopard-2 isimli tanktır. Hesaplamalar bir açıklığın her bir metresi için yapılmıştır.

Tankın ağırlığı 10 metrelik uzunluk boyunca 62 ton olduğundan her bir metre için 6.2 ton ağırlık geldiği farz edilerek gerçekleştirilmiş ve orta refüje en uzak olduğu noktada bulunduğu düşünüerek tabliye kenarına olan uzaklığı 1.8 metre alınmıştır. Moment diyagramları ve analizler SAP2000 programından elde edilmiştir.

Bu koşullar altında, en kritik negatif moment değeri her bir metre için 231.3 kN.m olarak hesaplanmıştır.

En kritik pozitif moment tabliye üzerinde herhangi bir dış yük bulunmazken gerçekleşmekte ve pozitif bükülme momenti bir açıklığın her bir metre için 47.3 kN.m olarak hesaplanmıştır.

İki koşul için de, Freyssinet F-Range kablolar kullanılmıştır. Her bir metrede 3 sürekli A4F15 tip tendonlar negatif momentler için tabliyenin üst kısmında yukarıdan pozitif momentler için ise aşağıdan geçirilmiştir. Tendonlar arasında ki boşluklar her bir metrede 3 kablo olduğundan 33 santimetre olarak düşünülmüştür. Bu koşulda oluşan ard germe kuvveti 252 ton olarak hesaplanmış ve iki durum içinde güvenli bulunmuştur.

Yatay Yüklerin Detaylandırılması

Bitlis birinci derece deprem bölgesinde bulunduğundan, köprü ayaklarında kullanılacak donatı ve ölçülerin dizaynı bu husus dikkate alınarak yapılmalıdır. Bu bağlamda, deprem dönüş aralığının seçimi büyük önem taşır. Basit bir risk analizi gerçekleştirilerek, köprü ayağı dizaynı için en uygun dönüş aralığı aşağıda verilen formül sayesinde bulunmuştur.

$$T = \frac{-t}{\ln(1-p)} \quad (3)$$

Denklem 3'te, T dönüş aralığı, t yapının yaşam süresi ve p depremin gerçekleşme olasılığı olarak verilmiştir. Köprü için öngörülen yaşam süresi 100 yıl olarak kabul edilmiştir. Bu durumda 475 yıllık dönüş aralığı seçildiğinde elde edilen gerçekleşme olasılığı 19% olarak, benzer şekilde 1000 yıllık dönüş aralığı seçildiğinde ise 9.5% olarak bulunmuştur.

Yapının 1000 yıllık dönüş aralıklı bir deprem sırasında büyük bir hasar alsa dahi yıkılmaması göz önüne bulundurulmuştur. Kabul edilebilir bir risk alınarak, tasarım ve analizlerde 475 yıllık dönüş aralığının kullanılmasında karar kılınmıştır.

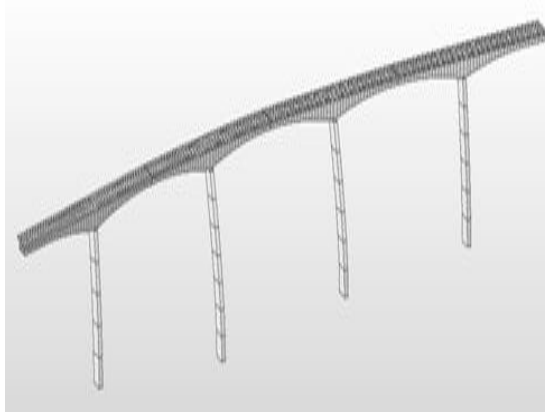
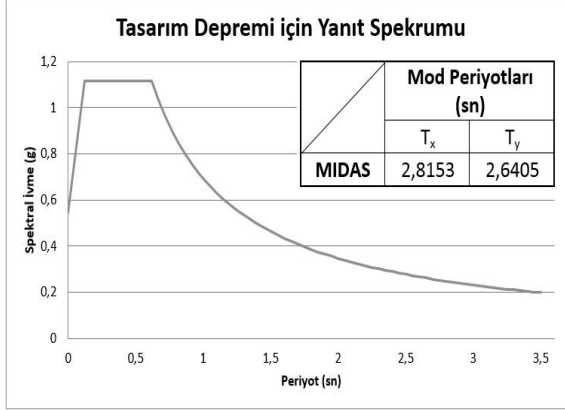
Yanıt spektrumu için Orta Doğu Teknik Üniversitesinde hazırlanan "Türkiye Köprü Mühendisliğinde Tasarım ve Yapıma İlişkin Teknolojilerin Geliştirilmesi Teknik Kılavuzları" kullanılarak sadece Bitlis için özel bir yanıt spektrumu hazırlandı. Yine aynı kaynakta bulunan öneriler göz önünde bulundurularak elde edilen yanıt spektrumu R=1.5 oranında düşürüldü.

Ek olarak tüm hesaplamalarda köprü ayaklarında çatlakların oluşacağı kabul edilerek eylemsizlik momenti yarıya düşürülmüş ve yapılan analizlerde çatlaklı kesit kullanılmıştır.

Tasarımın son aşamasında, Midas Civil Programında da aynı yanıt spektrumu kullanılmıştır. Midas Programı otomatik olarak bir rijitlik matrisi üretmesiyle mod oluşmuştur.

Analiz sırasında kütle katılım yüzdesinin %95'ten fazla olduğundan emin olmak için yeterli sayıda mod kullanılmıştır.

Spektrum analizi tamamlandıktan sonra, Midas Civil Programından 475 yıllık yanıt aralığı olan bir depremin meydana gelmesi sırasında oluşacak mesnet reaksiyonları elde edilmiştir. x- yönü köprü uzunluğu boyunca, y- yönü ise köprünün eni yönünde kabul edilmiştir.



Şekil 5. Elde Edilen Yanıt Spektrumu – Mod periyotları ve ikinci modun şekli

Geçtiğimiz 2011 yılında Bitlis'e yakın bir coğrafyada bulunan Van ilinde meydana gelen 7.0 şiddetinde deprem düşünüldüğü zaman, takım üyelerimiz yanıt spektrumunu karşılaştırmak için Van 2011 depreminin "zaman tanımı"nı Bitlis'te inşa edilen köprüye uygulama kararı aldılar. Deprem Kuzey-Güney yönündeki PGA'si Doğu-Batı yönündekinden daha yüksek olduğundan Kuzey-Güney yönü köprü boyu uzunlamasına, PGA değeri daha küçük olan Doğu-Batı yönü ise köprüye enlemesine verildi. Van Depreminin zaman tanımlı analiziyle oluşturulan bütün durumlarda daha az kritik mesnet reaksiyonu ve moment diyagramı oluşturduğu gözlemlendi. Bu sebeple ayakların 475 yıllık geri dönüş periyodu bulunan tasarım depremine göre tasarlanması kararına varıldı. Kesin değerlerin bulunduğu karşılaştırma sonuçları Tablo 3'te verilmiştir:

Tablo 3. Van Depremi ve Tasarım Depremi Karşılaştırması

AYAK	VAN Depremi				TASARIM Depremi			
	Moment (KN*m)		Kesme (KN)		Moment (KN*m)		Kesme (KN)	
	y yönü	x yönü	y yönü	x yönü	y yönü	x yönü	y yönü	x yönü.
Ayak 1	2.7*10 ⁵	3.36*10 ⁵	7826	14705	4.36*10 ⁵	5.46*10 ⁵	13376	16554
Ayak 2	2.47*10 ⁵	5.03*10 ⁵	15563	12331	3.66*10 ⁵	8.89*10 ⁵	21311	12960
Ayak 3	2.54*10 ⁵	4.7*10 ⁵	14126	13423	4.07*10 ⁵	9.25*10 ⁵	18624	15377
Ayak 4	2.93*10 ⁵	3.62*10 ⁵	10145	14879	4.36*10 ⁵	4.73*10 ⁵	13722	17419

Köprü Ayağı Tasarımı

Kabul edilen $F_d = 1.0 Q + 1.0 G + 1.0 E$ yük kombinasyonu kullanılarak Midas Civil Programı ile tamamlanan analizlerden elde edilen sonuçlar (kesme kuvveti ve moment diyagramları) ile donatı sorunu, ayaklar üzerinde ihtiyaç duyulan moment değerlerine göre çözülmüştür.

Donatıların yerleştirilmesi Şekil 3'teki gibi yapılmış, donatılar arasında x yönünde 30 cm, y yönünde 15 cm aralık bırakılmıştır. Her iki yönde de donatılar ayağın dış yüzeyinden 5 cm içeri yerleştirilmiştir. Donatıların çapı ise analiz sonucu 32 mm olarak bulunmuştur.

Donatı çapı bulunduktan sonra OASYS Adsec programı ile eksenel yük ve moment grafikleri çıkartılmış, ve her ayak için elde edilen değerlerle analiz sonucu çıkan değerler karşılaştırılmıştır.

Etriye tasarımı

Yukarıda verilen hesaplamalara ek olarak, etriyeler de deprem yükünden doğacak olan kesme kuvvetlerine karşı hesaplanmıştır. Hesaplamalar sırasında, ASCE Standard for Seismic Design of Piers and Wharves, AASTHO LRFD Standartları ve Türk yapı şartnameleri ağırlıklı olarak kullanılmıştır. Donatı demiri seçiminde x ve y yönünde gelecek olan depremden doğan kesme kuvvetlerinin incelenmesi sonucunda 16 mm çaplı donatı demiri kullanılmaya karar verilmiştir.

1. $S_{engellenmiş\ bölge} = 15$ cm (engellenmiş bölge tüm ayaklar için sabit ve yukarı ve aşağı taraflar arasında 10 metredir.)
2. $S_{orta} = 20$ cm (ayakların orta noktalarında 20 cm olarak seçilmiştir.)

Tablo 4. İkinci Ayağın Moment ve Kesme Kapasite Değerleri

	Kapasite			
	Moment (KN*m)		Kesme (KN)	
	y yönü	x yönü	y yönü	x yönü
Ayak 2	4.92*10 ⁵	11*10 ⁵	45029,24	20146,2

Temel

Bu çalışma yapının sadece üst kısmını ele aldığı için temel çalışması bu çalışmaya dahil olamamıştır. Bitlis çayını bulunduran zeminde ağırlıklı olarak kum olmak üzere değişik zemin tipi bulunmaktadır. Bu sebeple zemin tasarımcıları tarafından sıvılaşma testi dahil zemin testleri yapılması gerekmektedir.

SONUÇ

Bu makalede Bitlis çayı üzerine yapılması planlanan Türkiye'nin en geniş açıklıklı ard gemeli köprüsünün yapısal detayları, analiz ve tasarımı hakkında bilgiler verilmeye çalışılmıştır. Önceden de belirtildiği gibi bu çalışma hali hazırda tasarlanmış olan bir yapının yeniden incelenmesidir. Ard gemeli betonun başarılı bir biçimde kullanılmasıyla konvansiyonel metotlara göre malzeme, zaman ve para tasarrufu planlanmıştır. Tamamlandığında türünün ender örneklerinden olacak bu köprünün önemli bir yapı taşı olarak inşaat tarihimizde yerini almasını ümit ederiz.

Kaynaklar

1. Chopra, A.K., (1995) "Dynamics of Structures – Theory and Applications to Earthquake Engineering", Prentice Hall, New Jersey.
2. ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, (2007) "Türkiye Köprü Mühendisliğinde Tasarım ve Yapıma İlişkin Teknolojilerin Geliştirilmesi Teknik Kılavuzları". ODTU Yayıncılık, Ankara.
3. Ersoy, U., Özcebe, G. ve Tankut T., (2008) "Reinforced Concrete and Its Applications", ODTÜ Geliştirme Vakfı, Ankara.
4. Hewson, N.R., (2003) "Prestressed Concrete Bridges: Design and Construction", L Thomas Telford Ltd., Londra.
5. Karaesmen, E., (2002) "Ardgermeli Beton ve Yeni Çözümler", Freyşaş- Freyssinet Yapı Sistemleri San. A. Ş., İstanbul.
6. Tonias, D.E. ve Zhao, J.J. ,(2012) "Bridge Engineering", McGraw Hill Ltd. New York.
7. MIDAS : www.midasuser.com.
8. OASYS: www.oasys-software.com.
9. SETRA :www.infra-transport-materieux.cereme.fr/IMG/pdf/US_F0308A_Presterssed_concrete_bridges.pdf.
10. ASCE:www.asce.org/templates/publications-book-detail.
11. IMUS 2013:imus/3.org/wp-content/uploads/sunu/Caner.pdf.

Anahtar Sözcükler: Ard gemeli köprü, Bitlis Çayı, Dengeli Konsol Metodu.