

## TARİHİ KİLİSELERİN DEPREM DAVRANIŞININ VAN AKDAMAR KİLİSESİ ÖRNEĞİNDE İNCELENMESİ

K. Armağan KORKMAZ\*, A. Işıl ÇARHOĞLU, Pınar USTA, Saadet TOKER

### Özet

Türkiye'deki tarihi yapılar, ülkenin en önemli değerlerindedir ve gelecek nesillere aktarılabilmesi için en iyi şekilde korunmaları gereklidir. Bu kapsamda, tarihi yapılar için gerçekleştirilecek yapısal müdahaleler için yapıların deprem davranışlarının bilinmesi önemlidir. Bu çalışmada, Türkiye deprem haritasında 1. derecede deprem bölgesinde bulunan Van ilindeki tarihi Akdamar kilisesinin deprem davranışı incelenmiştir. Tarihi kilise, SAP2000 sonlu elemanlar programı ile modellenmiştir. Yapıya 23.10.2011 tarihinde meydana gelmiş olan Van depremine ait ivme kayıtları uygulanmıştır. Tarihi yapıda zaman tanım alanında doğrusal analizler yapılmış, yapının deprem etkisi altındaki en büyük gerilme, yer değiştirme ve taban kesme kuvveti değerleri elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tarihi yapılar, Van Akdamar Kilisesi, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Dinamik Analiz

## BEHAVIOUR OF HISTORICAL CHURCH UNDER EARTHQUAKE: A CASE STUDY FOR VAN-AKDAMAR CHURCH

### Abstract

Historical buildings in Turkey are one of the most important ones in all over the country. Therefore, they need to be preserved appropriately for new generations. Hence, seismic behavior of historical buildings are important to define for accurate applications of structural strengthening of the buildings. In the present study, Van Akdamar historical church which was located in Van, Turkey is investigated. Van is one of the provinces in Turkey laid on the earthquake zone with high risk. The historical church was modelled with SAP2000 finite element program. The model was investigated with Van earthquake data from 23.10.2011 Van earthquake. In the investigation, linear time history analysis was carried out. As a result of the analyses, maximum stress, displacement and base shear values were calculated.

**Key Words:** Historical Buildings, Van Akdamar Church, Linear Dynamic Time History Analysis.

### 1. Giriş

Tarihi yapılar Türkiye'de geçmiş dönemlerin sosyolojik, ekonomik, politik ve dinsel öğelerini günümüze kadar aktarmayı başarmışlardır. Güçlü bir tarihi birikimi olan Türkiye'nin tarihinin bugüne aktarılmasında, geçmiş ve bugün arasında güçlü bir bağ kurulmasında bu yapılar önemli rol oynamaktadır. Tarihi yapılar olmadan bir medeniyet dönemini anlamak ve yorumlamak mümkün değildir (Ural vd., 2008). Türkiye'de tarihi yapılar, kubbe, tonoz, kemer, pandantif, sütun ve duvarlar elemanlarından meydana gelmektedir. Tarihi yapıyı oluşturan genel görünümünü veren bu elemanlar genellikle taş, tuğla ve bağlayıcı madde

\* DEÜ Müh. Fak., İnşaat Müh. Böl., Yapı Anabilim Dalı, Tınaztepe, İzmir.  
E-posta: armagan.korkmaz@deu.edu.tr

olarak kullanılan harçtan inşa edilmişlerdir (Mahrebel, 2006). Bu yapıların deprem davranış ve dayanımlarının bilinmemesi ve belirlenmesi içinde geçerli ve kabul edilmiş yöntemlerin olmaması büyük bilgi eksiklerine neden olmaktadır.

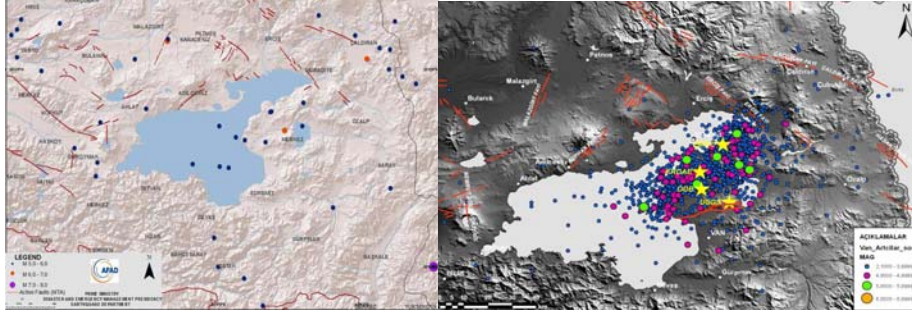
Türkiye'deki tarihi yapıların birçoğu deprem riski altında bulunmaktadır. Bu nedenle, tarihi yapıların hasar almasında, zaman içinde kaybolmaya yüz tutmasında, diğer etkilerin yanında en önemli etken depremdir. Tarihi yapıların olası depremlerde hasar görmemeleri ve yıkılmamaları için, yapının depreme karşı davranışı doğru olarak belirlenmeli, yapısal sistemin zayıf noktaları tespit edilmelidir. Tarihi yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi amacıyla deprem analizi yapılması gereklidir (Dabanlı, 2008; Tanyıldızı ve Sayın 2006). Bu nedenle bu tür yapılar üzerinde gerekli bilimsel çalışmalar arttırılmalı, yapıların malzeme ve dayanım açısından gerekli parametreler saptanmalıdır. Bu parametreler, yapıların korunması ve ömürlerinin devamı için önemlidir. Bu amaçla tarihi kiliseler üzerinde birçok çalışma yapılmıştır. Pelella vd. (2001), S.Lucia kilisesi çan kulesinin deprem sonrası yeni tasarım ve yapısal tasarımı için dinamik araştırmalar yapmışlardır. Kilisenin çan kulesini sonlu elemanlar yöntemi ile modellemiş ve ayrıca kule üzerine dinamik deneysel uygulamalar yapmışlardır. Kule'nin dinamik davranışının analizinde hem çevresel hem de zorlanmış titreşimler kullanmışlardır. Çalışma sonucunda deney sonuçları ve sonlu elemanlar yöntemi sayısal sonuçlarını karşılaştırarak açıklamışlardır. Betti ve Vignoli (2007) bir kilisenin statik ve dinamik doğrusal olmayan analizini yapmışlardır. Kilisenin analizi için sonlu elemanlar yöntemini, deprem yüklerini belirlemek için ise sismik katsayı yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarında hasar bilgisi, sayısal analiz ve uygun tasarım ile yapının güçlendirilmesini önermişlerdir. Betti ve Vignoli (2008), yine bir çalışmada kâgir bir kilisenin yapısal davranışını incelemişlerdir. Kiliseyi korumak ve sismik güvenliğini değerlendirmek için analiz yapmışlardır. Onarım ve güçlendirme de kullanılan teknikleri değerlendirerek yapıya etkisini araştırmışlardır. Diaz vd. (2011), çalışmalarında İspanyada bulunan Baldornon kilisesini deneysel ve teorik olarak incelemiş ve kilise için güçlendirme önerisi sunmuşlardır. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçları detaylandırılarak açıklamışlardır.

Bu çalışma kapsamında, Türkiye deprem haritasında 1. derecede deprem bölgesinde bulunan Van ilindeki tarihi Akdamar kilisesinin deprem davranışı incelenmiştir. Tarihi kilise, SAP2000 sonlu elemanlar programı ile modellenmiştir. Model üzerinde 23.10.2011 tarihinde meydana gelmiş olan Van depreminin ivme kayıtları uygulanmıştır. Van'da aynı tarihte meydana gelen ve büyüklüğü birbirinden farklı üç deprem kaydı uygulanan tarihi yapı modelinde, zaman tanım alanında doğrusal analizler gerçekleştirilmiş, yapının deprem etkisi altındaki en büyük gerilme, yer değiştirme ve taban kesme değerleri bulunmuştur. Elde edilen değerler karşılaştırmalı olarak grafiklerle değerlendirilmiştir.

## 2. Van depremi ve Van ilinin deprenselliği

Türkiye tektonik olarak oldukça aktif bir bölgede yer almaktadır. Özellikle de Van Gölü ve İran sınırı arasındaki saha tektonik bakımdan çok aktiftir. Türkiye deprem bölgeleri haritasında da Van ilinin önemli bir bölümü birinci derece deprem bölgesi olarak gösterilmektedir. Bu bölge geçmişte önemli depremlerin olduğu karmaşık fayların bulunduğu oldukça hareketli bir bölgedir. Bu bölge geçmişte de birçok depremi güçlü bir şekilde hissetmiş ve kimi zaman da hasar aldığı kayıtlara geçmiştir. Cumhuriyet dönemi öncesi depremler aletsel olarak ölçülemediği olsada bu depremler ve depremlerin etkileri hakkında ipuçları bulunabilmektedir (Karancı vd., 2011). Van ili ve çevresi Aktif faylar üzerinde bulunmaktadır. Yıkıcı nitelik taşıyan bu faylar buldukları bölgelerde tahribata ve kayıplara

yol açmaktadır. Van ili ve çevresinde 1900'lerden bugüne değin meydana gelen  $M \geq 5$  depremlerin dağılımı Şekil 1 (a)'da; 23.10.2011 tarihinde de depremin kaynağı olan Van fayı Şekil 1 (b)'de gösterilmektedir (Kızılkıran vd., 2011; Emre ve Duman, 2011).



Şekil 1. (a) Van'da 1900'lerden bu yana meydana gelen  $M \geq 5$  depremlerin dağılımı  
(b) 2011 Van Depremi (Kızılkıran vd., 2011, Emre ve Duman, 2011)

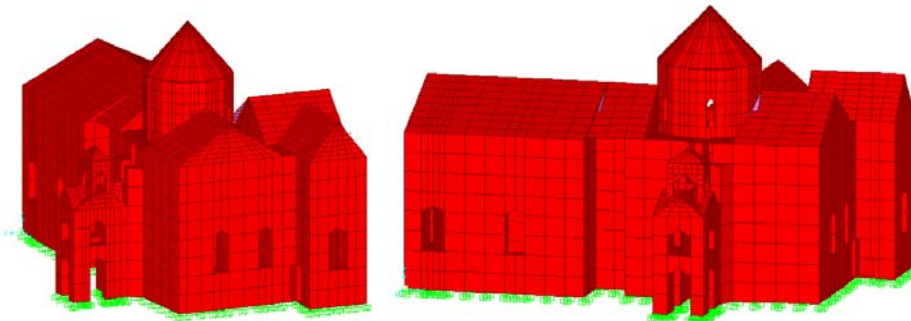
### 3.Akdamar kilisesinin deprem davranışı

Akdamar kilisesi aynı isimli Akdamar Adası üzerinde bulunmaktadır. Bu Ermeni Kilisesi M.S 915 ile 921 yılları arasında mimar Keşiş Manuel tarafından Kral I.Gagik'in denetiminde inşa edilmiştir. Kilise Yaklaşık 15x20 m. boyutlarında haç plana sahiptir. Haçın ortasındaki büyük kare alanı örten kubbenin yerden yüksekliği 20.40m dir. (Emlak Kulisi (2012); Van Kültür Turizm (2012). Akdamar kilisesi Şekil 2'de görülmektedir (Fotokiritik (2012); Manzara (2012).



Şekil 2. Akdamar kilisesi görünümü (Anonim 3; Anonim 4, 2012).

Van akdamar kilisesi üç boyutlu olarak sonlu elemanlar yöntemi ile 4903 nokta, 1387 kabuk ve 1621 katı eleman kullanılarak SAP2000 programında modellenmiştir. Tarihi yapıya ait sonlu elemanlar modeli Şekil 3'de gösterilmiştir.

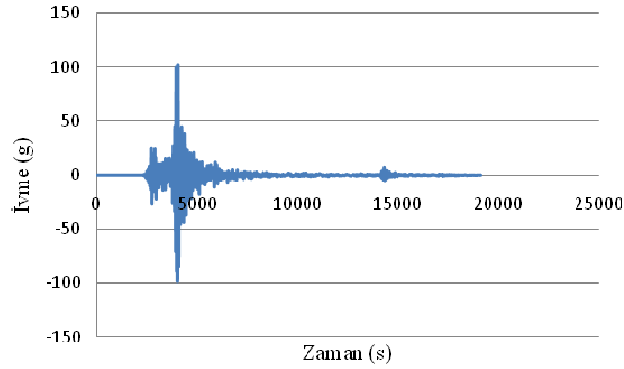


Şekil 3. Van Akdamar kilisesi sonlu elemanlar modeli

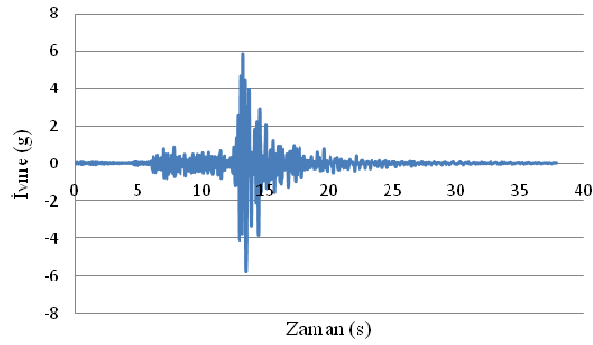
Van akdamar tarihi kilisesi üzerinde 23.10.2011 tarihinde meydana gelen 3 farklı büyüktaki Van deprem ivme kayıtları uygulanmış ve tarihi kilisenin deprem etkisindeki en büyük yer değiştirme, gerilme ve taban kesme kuvveti değerleri bulunmuştur. Van Depremi ivme kayıtları Tablo 1 de gösterilmiştir. Kaydedilen depreme ait ivme zaman grafikleri Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir (Kızıllkanat vd. 2012).

**Tablo 1.** Van Depremleri İvme kayıtları

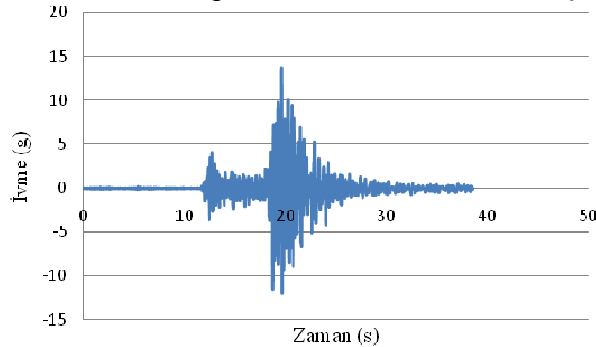
Deprem	Tarih	Saat	Derinlik	Büyüklik
Van Depremi 1	2011/10/23	10:41:20	19.02	6.7 ML
Van Depremi 2	2011/10/23	18:53:55.25	12.3	4.9 ML
Van Depremi 3	2011/10/23	10:56:56.23	18.8	5.8 ML



**Şekil 4.** Van 1 depremi İvme-Zaman ilişkisi



**Şekil 5.** Van 2 Depremi 2011 İvme-Zaman ilişkisi



**Şekil 6.** Van 3 Depremi 2011 İvme-Zaman ilişkisi

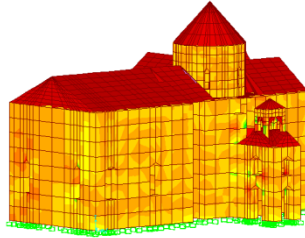
#### 4. Van Akdamar kilisesi analiz sonuçları

Tarihi kilise modelinin analizinde ilk 12 mod dikkate alınmıştır, analiz sonucunda oluşan periyot değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

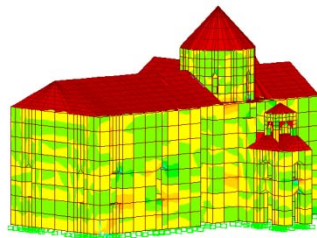
**Tablo 2.** Akdamar Kilisesi Periyot değerleri

	Periyot (sn)
1. Mod	0.383691
2. Mod	0.347042
3. Mod	0.322569
4. Mod	0.290356
5. Mod	0.272863
6. Mod	0.25791
7. Mod	0.254047
8. Mod	0.244678
9. Mod	0.234518
10. Mod	0.218846
11. Mod	0.20635
12. Mod	0.202988

Modele uygulanan deprem ivme kayıtları ve yapıda oluşan gerilmeler kıyaslandığında en büyük gerilme van 1 depremi ivme kaydından elde edilmiştir. Elde edilen x ve y yönü gerilme değerleri Şekil 7 ve Şekil 8’de gösterilmiştir.

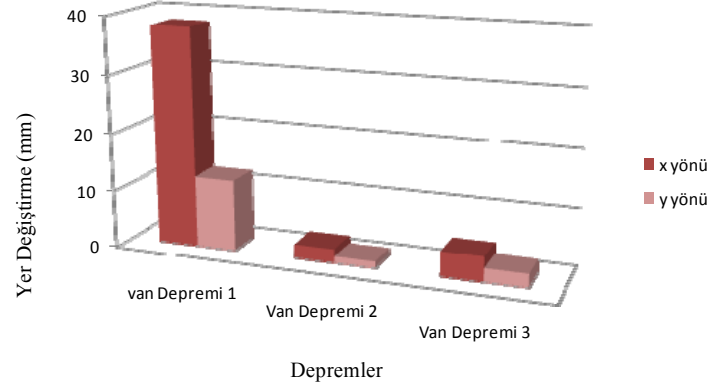


**Şekil 7.** Van 1 depremi analizlerden elde edilen x yönü gerilmesi

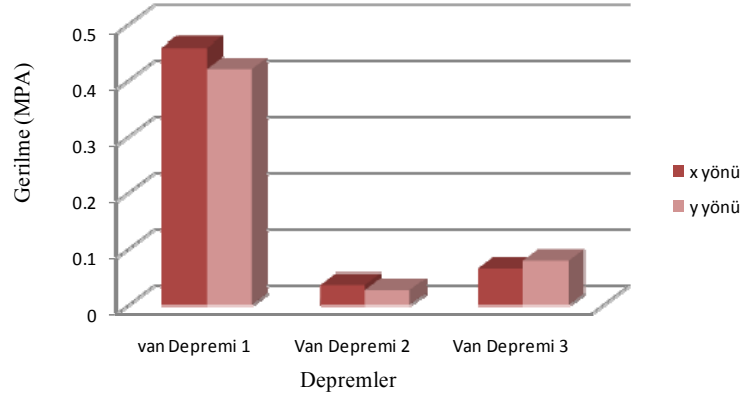


**Şekil 8.** Van depremi analizlerinden elde edilen y yönü gerilmesi

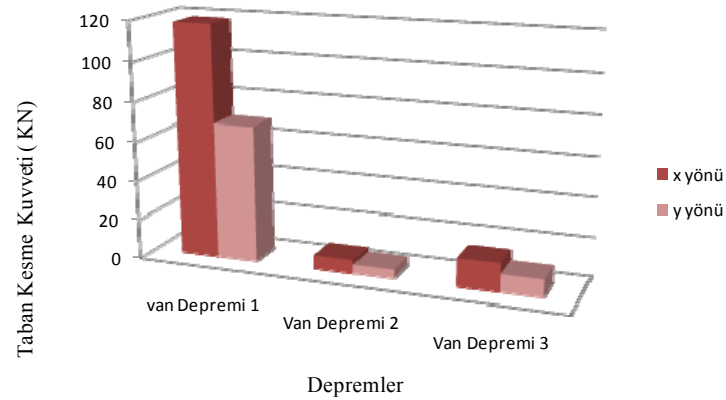
Doğrusal dinamik analizlerden elde edilen yer değiştirme değerleri Şekil 9'daki grafikte, gerilme değerleri; Şekil 10'daki grafikte ve taban kesme kuvveti değerleri ise Şekil 11'deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 9. Analizler sonucunda elde edilen yer değiştirme değerleri



Şekil 10. Analizler sonucunda elde edilen gerilme değeri



Şekil 11. Analizler sonucunda elde edilen taban kesme değerleri

## 5. Sonuçlar

Tarihi yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarının belirlenmesi bu yapıların korunması açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Van ilinde bulunan tarihi Akdamar kilisesi, 23.10.2011 tarihinde Van ilinde meydana gelen depreme ait ivme kayıtları uygulanarak incelenmiştir. Aynı tarihte meydana gelen ve büyüklüğü birbirinden farklı üç deprem kaydı uygulanan modelde en yüksek değerler 6.7 büyüklüğündeki Van 1 depreminde meydana gelmiştir. Veriler, sayısal olarak ele alındığında Van Akdamar kilisesi üzerinde meydana gelen en büyük yer değiştirme Van 1 depremi X yönünde 37.955 mm olarak en küçük yer değiştirme değeri ise Van2 depremi Y yönünde 1.09395 mm olarak bulunmuştur. En büyük gerilme değeri Van 1 depremi X yönü 0.459 Mpa, en küçük gerilme değeri Van2 depremi Y yönü 0.028 Mpa, En büyük taban kesme değeri, Van 1 depremi X yönünde 117.935 kN, en küçük taban kesme Van 2 depremi Y yönü 4.51097 kN olarak bulunmuştur. Elde edilen değerler sonucunda, Van Akdamar kilisesinin Van 1 depreminden etkilendiği, daha büyük depremler meydana gelmesi olasılığına karşı önlem alınması gerekliliği bir kez daha ortaya konmuş olmaktadır.

## Kaynaklar

Betti, M., A. Vignoli, (2008). Assessment of seismic resistance of a basilica-type church under earthquake loading: modelling and analysis. *Advances In Engineering Software* 39 258–283.

Betti, M., Vignoli, A., (2007). Modelling and analysis of a romanesque church under earthquake loading assessment of seismic resistance. *Engineering Structures* 30,352–367.

Dabanlı, Ö., (2008). Tarihi yapıların deprem performansının belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 170s., İstanbul.

Diaza J.J.D.C., Nietob P.J.G.N., F.P.A ve Martínez-Luengas A.G.L., (2012) Optimization Based on Design of Experiments (DOE) Using Finite Element Model (FEM) Analysis Applied to Retrofitting the Church of Baldornon, Spain, *International Journal of Architectural Heritage: Conservation, Analysis, and Restoration*, 6, 4, 436-451.

Emlak kulisi ,(2012). <http://www.emlakkulisi.com/akdamar-kilisesi-gunes-enerjisiyle-aydinlatilacak/42784>, Erişim tarihi: 23.06.2012.

Emre Ö., Duman T.Y., Özalp S., Elmacı H., (2011). 23 Ekim 2011 Van Depremi Saha Gözlemleri Ve Kaynak Faya İlişkin Ön Değerlendirmeler, Maden Tetkik Ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Foto kritik, (2012). <http://www.fotokritik.com/1158506/akdamar-kilisesi-van>, Erişim tarihi: 23.06.2012.

Karancı A.N., Kalaycıoğlu S., Başbuğ Erkan B. B., Özden A.T., Çalışkan İ, Özakşehir G., (2011). ODTU Van Depremleri Raporu,Afet Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara.

Kızıllkanat A., Koçak A., Coşar A., Güney D., Selçuk M., (2011). Yıldız Teknik Üniversitesi 23 Ekim 2011 Van Depremi Ön İnceleme Raporu, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Mahrebel, H.A., (2006). Tarihi yapılarda taşıyıcı sistem özellikleri, hasarlar, onarım ve güçlendirme teknikleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 127s, İstanbul.

Manzara, (2012). <http://www.manzara.gen.tr/sehir-resimleri/van-akdamar-kilisesi-2696.html>, Erişim tarihi: 23.06.2012.

Mesci B., Işıtan T., (2011). Tarihi Yapıların Restorasyonunda Malzeme Seçiminin Önemi: Samsun Örneği, Samsun Sempozyumu, Samsun.

Pelella T., Mannara G., Cosenza E., Iervolino I., Lecce L., (2001) Structural Dynamic Investigations on the Bell Tower from the s. Lucia's Church – Serra S. Guirico (Ancona), 7th International Seminar on Seismic Isolation, Passive Energy Dissipation and Active Control of Vibrations of Structures Assisi, Italy, October 2-5.

Tanyıldızı H., Sayın E., (2006). Harput Ulu Camisinin Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi, Yapısal Onarım ve güçlendirme Sempozyumu, Denizli.

Ural, A., Oruç, S.,Doğangün, A. ve Tuluk, Ö.İ., (2008). Turkish historical arch bridges and their deteriorations and failures, engineering failure analysis, 15, ss:43–53.

Van kültür turizm, (2012). <http://www.vankulturturizm.gov.tr/belge/1-60298/kiliseler.html>, Erişim tarihi: 23.06.2012.