



# Ahlat ilçesinde yer alan Bezirhane beden duvarının sonlu elemanlar yöntemi ile analizi

**Ercan IŞIK**

Bitlis Eren Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis  
[eisik@beu.edu.tr](mailto:eisik@beu.edu.tr) ORCID: 0000-0001-8057-065X

**Barış ANTEP**

Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis  
[baris.ante@gmail.com](mailto:baris.ante@gmail.com)

**İbrahim Baran KARAŞIN\***

Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır  
[barankarasin@gmail.com](mailto:barankarasin@gmail.com) ORCID: 0000-0001-5990-1215, Tel: (412) 241 10 00 (3560)

**Mehmet Emin ÖNCÜ**

Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır  
[oncume@dicle.edu.tr](mailto:oncume@dicle.edu.tr) ORCID: 0000-0001-6434-293X

Geliş: 10.04.2018, Kabul Tarihi: 19.12.2018

## Öz

Tarihi yapılar geçmişi geleceğe bağlayan önemli varlıklardır. Bu yapılar ile ilgili çalışmalar günümüzde ayrı bir önem kazanmıştır. Bu tür yapıların zaman içerisinde sağlam bir şekilde ayakta kalması bu yapıların yapım teknolojileri ile doğrudan ilgilidir. Genel olarak yığma tarzında inşa edilen bu yapıların analizleri için sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak sağlıklı sonuçlar elde etmek mümkündür. Bu bağlamda birçok medeniyete ait farklı tarihi yapıların bulunduğu Ahlat ilçesinde yer alan ve zamanında Bezirhane beden duvarı olarak kullanılan yapının analizleri çalışmanın konusunu oluşturmuştur. Yerinde yapılan inceleme ve ölçümler sonucu yapı boyutları belirlenmiştir. Yapının mevcut hali incelenerek gözleme dayalı yapısal durumu değerlendirilmiştir. Ölçümler sonucu elde edilen boyutlar ve literatürde yer alan malzeme özellikleri kullanılarak yapının sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan model yazılım programında analiz ettirilerek programda yer alan gerilmeler hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bezirhane duvarında zaman içerisinde oluşan hasarların neden ve sonuç ilişkileri belirlenmiştir. Çalışma ile Ahlat ilçesindeki tarihi eserlerde oluşan hasarlar ve bu eserlerin yapım teknolojileri hakkında bilgiler verilmiştir. Tarihi eserler için oluşturulan gözleme dayalı yapısal analiz formlarının zaman içerisinde tekrarlı bir şekilde doldurulması ile yapı ile ilgili bilgilerin izlenebilirliği kolay olacaktır. Bu da yapıya yapılacak müdahalelere bir anlam katacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Ahlat, tarihi beden duvarı, sonlu elemanlar analizi, yığma yapılar

\* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI: 10.24012/dumf.414178

## Giriş

Kültürel miras; bir topluluk tarafından geliştiren ve nesilden nesile aktarılmış olan gelenek, uygulamalar, yerler, nesnelere, sanatsal ifadeler ve değerlerin dahil olduğu yaşam biçimlerinin bir ifadesi olarak tanımlanmaktadır (ICOMOS, 2002). Kültürel miras ana hatları ile aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir;

- Yapısal Çevre (Binalar, şehirler, arkeolojik kalıntılar)
- Doğal Çevre (Kırsal alanlar, kıyı ve kıyı şeritleri, tarımsal miras)
- El Sanatları (Kitaplar ve belgeler, nesnelere, resimler) (Feather, 2006).

Kültür mirasımızın korunarak sonraki nesillere güvenli bir şekilde aktarılması çağımızın önem verdiği mühendislik konularından bir tanesidir. Bu konu değişik disiplin çalışmalarını içermektedir. Özellikle arkeoloji, mimarlık sanat tarihi ve mühendislik bilim alanları bu tür konular ile yakından ilgilenmektedir. Kültürel miras konusunda çalışmaların disiplinler arası yapılması bu çalışmalara ayrı bir değer katmaktadır.

Bu bağlamda Van gölü Havzasında yer alan Ahlat ilçesinde değişik medeniyetlere ait birçok tarihi yapı bulunmaktadır. Bu yapılar için yapılacak yapısal analizler ile kullanılan malzemeler ve özellikleri ile yapım teknolojileri hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Özellikler yapım zamanında bilgi teknolojilerinin çok gelişmemiş olması bu tür analizlere ayrı bir önem kazandırmaktadır. Tarihi süreç içerisinde sağlam bir şekilde ayakta durmaları da bu tür yapılara olan ilgiyi bir kat daha arttırmaktadır.

Tarihi yapıların analizler ile ilgili birçok çalışma literatürde yer almaktadır (Işık vd., 2017; Işık vd., 2016; Karaşin ve Işık, 2016; Hadzima-Nyarko et al., 2017; Hadzima-Nyarko et al., 2016; Backer et al., 2018; Uğurlu et al., 2017; Özbek et al., 2017; Erdil et al., 2018; Doğangün ve Sezen, 2012; Mangia et al., 2016). Bu çalışmalarda

genel olarak çalışma bölgesinde yer alan tarihi yapıların modellenmesi yapılmıştır. Modellemeler yapılırken daha sağlıklı sonuç elde edilecek olan sonlu elemanlar yöntemi tercih edilmiştir. Çalışmalar neticesinde, analizleri gerçekleştirilen yapılar için yorum ve öneriler yapılmıştır.

Ahlat ilçesinde yapılan kazılar sonucu ortaya çıkarılan Bezirhane'ye ait beden duvarı bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Yerinde yapılan röleve çalışmaları ve incelemeler sonucu yapının boyutları belirlenerek yapısal analizleri gerçekleştirilmiştir. İlk olarak gözleme dayalı olarak yapıda meydana gelen hasarlar ile neden sonuç ilişkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Daha sonra yapı sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yazılım programında modellenmiştir. Modellenen yapı için yazılım programında yer alan analiz türleri farklı yüklemeler için tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar yorumlanmış ve öneriler getirilmiştir.

Çalışma ile amaçlanan, kültürel mirasın büyük bir bölümünü yapıların oluşturduğu Ahlat ilçesindeki tarihi yapıların yapım teknolojileri hakkında bilgi sahibi olmaktır. Ayrıca, tarihi eserlerin günümüz mühendislik hizmetlerine benzer bir mühendislik anlayışı ile inşa edildiği görülmüştür.

## Bezirhane Beden Duvarının Özellikleri

Zamanın küçük sanayi tesislerinden biri bezirhanelerdir. Bezirhaneler keten, kendir gibi bitki tohumlarının işlendiği işletmelerdir. Bezir, tohum ve hane ise ev anlamında kullanılarak bezirhane terimi ortaya çıkmıştır. Bezirhane, keten kendir ve zeyrek tohumlarından bezi yağının yapıldığı yer anlamına gelmektedir (Parlatır, 2011; Özcan, 2015; Yörük, 2009). Ahlat ilçesinde yapılan kazılar sonucunda çeşitli fonksiyonları olan odalardan oluşan Bezirhane (imalathane, yağhane) ortaya çıkarılmıştır. Kazılar sonucunda elde edilen kalıntılardan yapının beden duvarlarının yöresel olarak Ahlat taşı denen kesme taştan örülü olduğu aralarında

ise moloz taşların dolgu malzemesi olarak kullanıldığı belirlenmiştir. Bu yapının İki kubbe mahallesinde, kale duvarına benzer şekilde inşa edilen beden duvarının yanı sıra değişik boyutlarda odalardan meydana geldiği anlaşılmaktadır (Kültür Portalı, 2018). Buradan o dönem için Ahlat ilçesinde sanayi tesislerinin varlığını göstermekle birlikte bir ticaret merkezi olduğunu söylemek mümkündür.

Bezirhane'ye ait beden duvarı bir kale duvarı tarzında inşa edilmiştir. 12mx13.70m boyutlarında inşa edilen duvarın ortalama kalınlığı 86 cm olarak ölçülmüştür.

İlçe merkezinin batısında bulunan beden duvarı Harabeşehir mahallesinde bulunmaktadır. 38°44'53.0" enleminde ve 42°27'27.0" boylamında yer almaktadır. Ahlat ilçesinde bulunan Selçuklu Mezarlığına, Emir Bayındır Kümbetine oldukça yakın bir konumdadır (Şekil 1).



Şekil 1. Bezirhane'nin konumu

Tarihi yapıların sıklıkla bulunduğu bir bölgede yer alan Bezirhane'ye ait beden duvarı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Bezirhane beden duvarı

## Beden Duvarının Yapısal Analizi

Beden duvarında, yöresel ismi ile Ahlat taşı olarak bilinen, kesme taş kullanılmıştır. Zaman içerisinde beden duvarında birtakım onarımlar yapılmıştır.

Beden duvarında yer yer su etkilerinden dolayı kireçlenmeler gözlemlenmiştir. Özellikle duvarın üst ve temel kısmında bulunan taşlarda tahribat oluşumları ve kütle kayıpları çokça görülmektedir. Ahlat taşının genel özelliklerinden biri olan renk atması ve renk değişimi diğer tarihi yapılarda olduğu gibi bu yapıda da mevcuttur. Doğal şartlardan dolayı taşların bazılarında aşınmalar mevcuttur. Gözlemlenen bu hasarlara ait görseller Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Beden duvarında gözlemlenen hasarlar

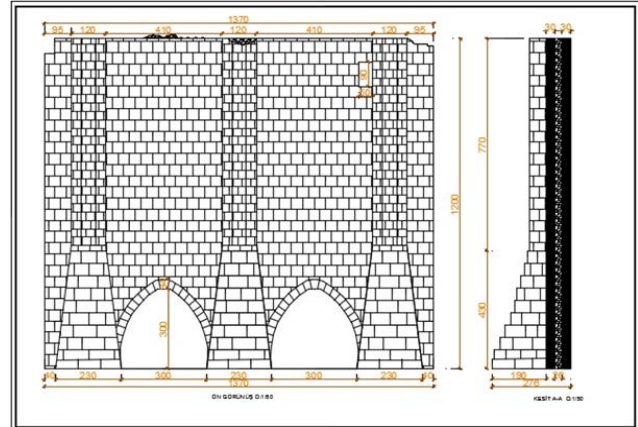
Gözleme dayalı olarak oluşturulan ve yerinde yapılan incelemeler sonucu doldurulan form Tablo 1’de (Işık vd., 2018) gösterilmiştir.

Tablo 1. Bezirhane beden duvarı için gözleme dayalı yapısal değerlendirme formu

| İncelenen Parametre                    | Evet Var | Hayır Yok | Ek Açıklama      |
|--|----------|-----------|------------------|
| Zaman etkisi ile bozulmalar            | X        |           | Kısmen           |
| Doğa koşullarının etkisi               | X        |           |                  |
| İnsanların yaptığı tahribatlar         | X        |           |                  |
| Yapının aktif kullanılma               | X        |           |                  |
| Bakımsızlık                            |          | X         |                  |
| Gelişigüzel onarım ve tadilatlar       |          | X         |                  |
| Özgünlüğü korunmuş mu?                 | X        |           |                  |
| Yapıyı meydana getiren taşlarda oynama |          | X         |                  |
| Yer yer kırılma ve kopma               | X        |           | Çok az           |
| Yüzeylerde kireçlenme                  | X        |           |                  |
| Duvar derzlerinin aşınması             |          | X         |                  |
| Yosunlanmalar ve bitkisel oluşumlar    | X        |           |                  |
| Onarım görüp görmediği                 | X        |           |                  |
| Çimlenmiş toprak tabakası varlığı      |          | X         |                  |
| Çatlaklar ve çatlak özellikleri        | X        |           | Kesme çatlakları |
| Yüzeyde çürümeler                      |          | X         |                  |
| Yüzeylerde kararma                     | X        |           |                  |
| Kütle kaybı                            |          | X         |                  |
| Derzlerin kayması                      |          | X         |                  |

|   |                                      |   |            |
|---|--------------------------------------|---|------------|
| Oturma etkilerinin varlığı                |                                      | X |            |
| Derzlerde uyumsuzluk var mı?              |                                      | X |            |
| Bitkilerin kök salması sonucu çatlamlar   |                                      | X |            |
| Yatay ve düşeyde deformasyonlar           |                                      | X |            |
| Taşıyıcı sistem elemanlarının dağılımı    | Düzenli                              |   |            |
| Koruma önlemlerinin yeterli olup olmadığı |                                      | X |            |
| Yapı bünyesine giren suyun varlığı        |                                      | X |            |
| Donma - çözülme etkisi                    | X                                    |   | Çok çok az |
| Civardaki yapılaşmanın etkisi             | X                                    |   |            |
| Renk atması ve renk değişimi              | X                                    |   |            |
| Doğal afet etkileri                       |                                      | X |            |
| İlave Açıklamalar                         | Yığma yapı şeklinde inşa edilmiştir. |   |            |

Gözleme dayalı olarak yapısal durum değerlendirmesi yapılan beden duvarı, yerinde ölçümler sonucu elde edilen boyutları yardımıyla bilgisayar ortamında modellenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Bezirhane beden duvarı boyutları

Seçilen örnek yapılar için deprem davranışları belirlenirken SAP2000 (Computers and Engineering, 2011) sonlu eleman yazılım programı kullanılmıştır. Sonlu elemanlar (SE) modelleri, deneysel alternatiflere göre uygun maliyetli çözümler sağlamakta, ancak SE tekniklerinin gerçek başarısı, malzeme için yapısal modellere ve sürekliliğin uygun şekilde ayrılmasına bağlıdır. Duvarcılık, yatay ve düşey harç derzlerinin ayrı setlerinin mevcudiyetinden dolayı anizotropiktir ve yalnızca yığma oluşturucu malzemelerin özelliklerine değil, aynı

zamanda işçiliği yansıtan etkileşimlerine de bağlı olan ortotropik mukavemet ve yumuşatma özelliklerine sahiptir (Dhanasekar and Haider, 2008). Sonlu elemanlar yöntemi üzerinden yığma yapıların sayısal modellenmesi, iki farklı özellikten dolayı çok hesaplamalı bir iştir: bir yandan, taş binaların tipolojik özellikleri, basitleştirilmiş statik şemalara değinmemize izin vermezken, diğer yandan mekanik özellikleri malzeme, öngörüsü çok zor olabilen, yaygın olarak doğrusal olmayan bir davranışa yol açmaktadır (Giordano, 2002).

Yığma yapılar için Türk Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) ve literatürde önerilen değerler dikkate alınarak seçilen yapı için malzeme değerleri elde edilmiştir. Çalışmada dikkate alınan yapıda Ahlat Taşı kullanılan tek malzeme olarak kabul edilmiştir. Ahlat taşına ait Elastisite modülü (E) ve birim hacim ağırlık ( $\gamma$ ) değerleri tüm yapılarda tek bir değer olarak alınmıştır. Kullanılan malzemeye ait özellikler Tablo 2’de (Işık vd., 2018) verilmiştir.

Tablo 2. Malzeme özellikleri

| Malzeme Tipi                                  | Ahlat Taşı |
|---|------------|
| Elastisite Modülü (E)<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 5000000    |
| Özgül Ağırlık (kN/m <sup>3</sup> )            | 24         |
| Birim Hacim Ağırlık<br>(t/m <sup>3</sup> )    | 2.45       |
| Poison Oranı                                  | 0.2        |

Ahlat taşı için basınç dayanımı belirlenirken Şimşek ve Erdal (2004) tarafından yapılan çalışmada farklı durumlardaki farklı renkteki Ahlat taşı için elde edilen basınç dayanımlarının ortalaması alınmıştır. Bu değer 11.16 MPa olarak hesaplanmıştır.

Yığma tarzda inşa edilen taş duvarlar için güvenlik kayma gerilmesi Denklem (1) ile hesaplanabilmektedir. Burada  $\sigma$  malzemenin basınç dayanımını göstermektedir. Yukarıda 11.16 MPa olarak hesaplanan basınç dayanımı değeri, Denklem (1)’de yerine konarak güvenli

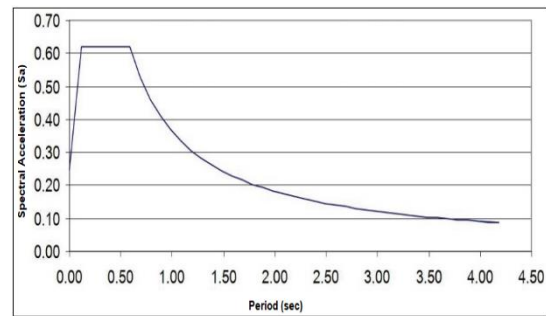
kayma gerilmesi değeri 5.68 MPa olarak hesaplanmıştır.

$$\tau_{em} = 0.10 + 0.5\sigma \quad (\text{MPa}) \quad [1]$$

Bezirhane beden duvarında kullanılan Ahlat taşı, Nemrut volkanizmasının ürünü olduğundan, püskürük taşlar sınıfında değerlendirilmiştir. Püskürük taşlar için eğilmede minimum çekme dayanımı 8 MPa olarak alınabilmektedir (Kuruşçu, 2012).

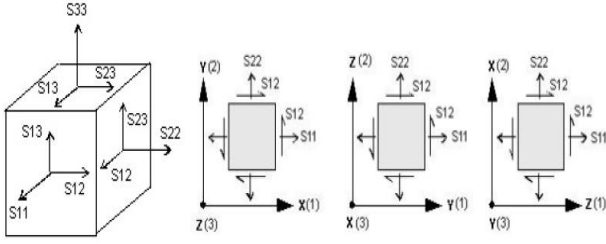
Ahlat şehir merkezi 1.Derecede tehlikeli deprem kuşağı içinde yer almaktadır. Ahlat şehri Doğu Anadolu sıkışma bölgesinde yer almaktadır. Ahlat ve civarı depremsellik açısından oldukça riskli bir kuşakta yer almaktadır. Bu çerçevede azami yer ivmesi katsayısı  $A_0=0.40$  olarak alınmıştır.

Hazırlanan hesap modeli üzerinde, sabit yükler ve deprem spektrumu ile tanımlanan yer hareketinin yol açtığı zorlamaların göz önüne alındığı iki ayrı yükleme durumu uygulanmıştır. Spektrum, EQx ve EQy yüklemesi olmak üzere ayrı ayrı iki asal doğrultuda uygulanmıştır. Çalışmada dikkate alınan tüm yapıların dinamik analizlerinde kullanılan spektrum eğrisi şekil 5’te gösterilmiştir.



Şekil 5. Dinamik analizlerde kullanılan spektrum eğrisi

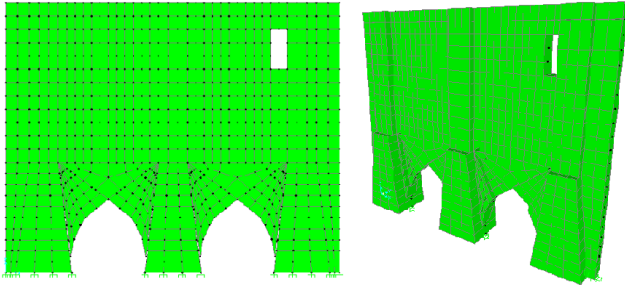
Yapının sonlu elemanlar modelinde kullanılan elemanların işaret uyumları ve yön kabulleri, sayısal modellemenin yapıldığı yazılımın öngördüğü kabullere bağlı kalınarak Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6. İşaret uyumu ve yön kabulleri (Dabanlı, 2008)

Şekil 6'da belirtildiği üzere; S11: (x) yönünde düşey gerilme, S22: (y) yönünde düşey gerilme, S33: (z) yönünde düşey gerilme, (S12 = S21): x-y düzleminde kayma gerilmeleridir. Modal analiz yapının serbest titreşim periyotlarının, frekans değerlerinin, kütle katılım oranlarının ve mod şekillerinin belirlenmesini sağlayan dinamik analiz yöntemidir (Mutlu ve Şahin, 2016).

Çalışmada incelenen duvara ait deprem analizleri SAP2000 yazılım programında gerçekleştirilmiştir. Yazılım programında elde edilen sonlu eleman modeline ait görseller Şekil 7'de gösterilmiştir.



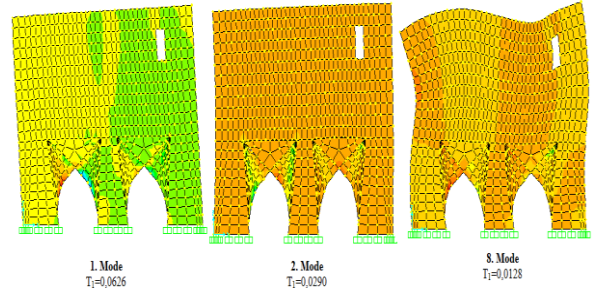
Şekil 7. Yazılım programında oluşturulan duvarın sonlu eleman modeli

Hazırlanan sonlu eleman modeli toplam 812 adet düğüm noktası ve 710 adet kabuk eleman ile oluşturulmuştur. Modal analizler yapılarak imarethane duvarının dinamik özellikleri belirlenmiştir. Modal analizler gerçekleştirilirken yapıda oluşan ilk 18 mod dikkate alınmıştır. Oluşturulan modelde X ve Y doğrultularına kütle katılım oranlarının %80'in üzerinde olan modlar dikkate alınmıştır. Dolayısıyla daha fazla mod alınmasının fazla bir etkisi olmadığı görülmüştür. Modelin modal analiz sonuçlarına göre etkin modları, doğal

titreşim periyotları ile kütle katılım oranları Tablo 3'de, mod şekilleri de Şekil 8'de gösterilmiştir.

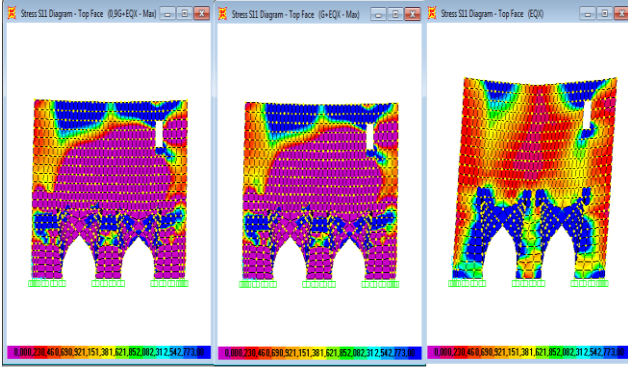
Tablo 3. Modelin etkin kütle katılım oranları ile beraber modal analiz sonuçları

| Mod | Periyod  | $U_x$      | $U_z$      | $\Sigma U_x$ | $\Sigma U_z$ | $R_y$      | $\Sigma R_y$ |
|-----|----------|------------|------------|--------------|--------------|------------|--------------|
| 1   | 0,062617 | 0,71909    | 0          | 0,71909      | 0            | 0,48036    | 0,48036      |
| 2   | 0,029012 | 0,00783    | 0,77029    | 0,72691      | 0,7703       | 0,38438    | 0,86473      |
| 3   | 0,028123 | 0,15825    | 0,0359     | 0,88517      | 0,8062       | 0,0003     | 0,86504      |
| 4   | 0,022006 | 0,00001265 | 0,00195    | 0,88517      | 0,80815      | 0,00091    | 0,86594      |
| 5   | 0,017765 | 0,00041    | 0,00902    | 0,88557      | 0,81717      | 0,00495    | 0,87089      |
| 6   | 0,017493 | 0,02282    | 0,00006305 | 0,90839      | 0,81723      | 0,01272    | 0,88361      |
| 7   | 0,013148 | 0,00353    | 0,00015    | 0,91192      | 0,81739      | 0,00006478 | 0,88367      |
| 8   | 0,01284  | 0,00797    | 0,0000453  | 0,91989      | 0,81743      | 0,00049    | 0,88417      |
| 9   | 0,01228  | 0,00248    | 0,00000970 | 0,92237      | 0,81744      | 0,00021    | 0,88438      |
| 10  | 0,011749 | 0,00059    | 0,00001517 | 0,92295      | 0,81746      | 0,00109    | 0,88547      |
| 11  | 0,011436 | 0,00296    | 0,00033    | 0,92591      | 0,81779      | 0,00886    | 0,89433      |
| 12  | 0,010319 | 0,00006715 | 0,10058    | 0,92598      | 0,91837      | 0,04405    | 0,93838      |
| 13  | 0,009767 | 0,00232    | 0,00146    | 0,9283       | 0,91983      | 0,0022     | 0,94058      |
| 14  | 0,009359 | 0,0007     | 1,724E-07  | 0,929        | 0,91983      | 0,00156    | 0,94214      |
| 15  | 0,009114 | 0,00453    | 0,00000627 | 0,93353      | 0,91984      | 0,00209    | 0,94423      |
| 16  | 0,008702 | 0,00015    | 0,00007254 | 0,93368      | 0,91991      | 0,00005983 | 0,94429      |
| 17  | 0,008423 | 0,001      | 0,00041    | 0,93468      | 0,92032      | 0,00007606 | 0,94437      |
| 18  | 0,008269 | 0,00266    | 0,00000255 | 0,93734      | 0,92033      | 0,00126    | 0,94562      |

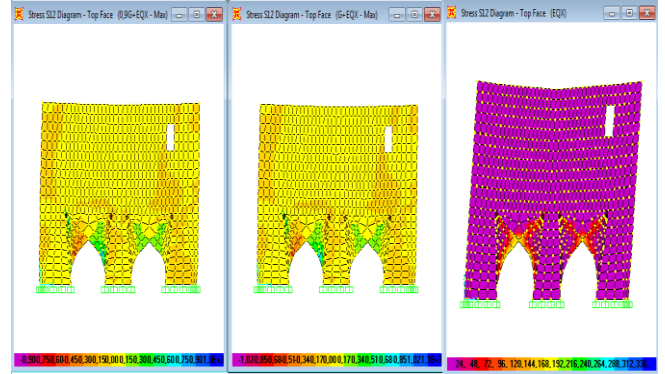


Şekil 8. Duvar modeli için elde edilen mod şekilleri ve periyot değerleri

Yazılım programında yer alan X doğrultusundaki düşey gerilme değerleri olan S11 için farklı yükleme durumlarına göre elde edilen gerilme diyagramları Şekil 9'da gösterilmiştir.

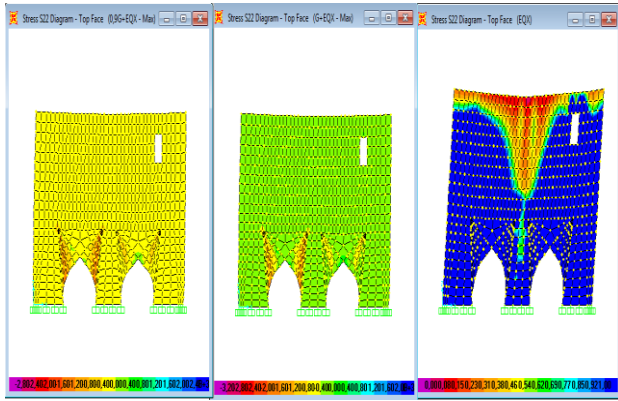


Şekil 9. Farklı yükleme durumları için oluşan S11 gerilme değerleri



Şekil 11. Farklı yükleme durumları için oluşan S12 gerilme değerleri

Yazılım programında yer alan Y doğrultusundaki düşey gerilme değerleri olan S22 için farklı yükleme durumlarına göre elde edilen gerilme diyagramları Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Farklı yükleme durumları için oluşan S22 gerilme değerleri

Yazılım programında yer alan X-Y doğrultusundaki kayma gerilme değerleri olan S12 için farklı yükleme durumlarına göre elde edilen gerilme diyagramları Şekil 11'de gösterilmiştir.

Analiz sonuçlarından elde edilen maksimum çekme gerilme değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Deprem etkisi altında görülen maksimum çekme gerilmeleri

| Yükleme türü          | S11 (MPa) | S22(MPa) |
|-----------------------|-----------|----------|
| G+QE <sub>x</sub>     | 6.947     | 1,969    |
| 0.9G+ QE <sub>x</sub> | 6.347     | 1,797    |

Analiz sonuçlarından elde edilen maksimum basınç gerilme değerleri Çizelge 4.45'te verilmiştir.

Tablo 5. Deprem etkisi altında görülen maksimum basınç gerilmeleri

| Yükleme türü          | S11 (MPa) | S22(MPa) |
|-----------------------|-----------|----------|
| G+QE <sub>x</sub>     | 6.735     | 4.173    |
| 0.9G+ QE <sub>x</sub> | 6.156     | 3.790    |

Analiz sonuçlarından elde edilen maksimum kayma gerilme değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Deprem etkisi altında görülen maksimum kayma gerilmeleri

| Yükleme türü          | S12 (MPa) |
|-----------------------|-----------|
| G+QE <sub>x</sub>     | 1.336     |
| 0.9G+ QE <sub>x</sub> | 1.210     |

## Sonuçlar

Bu çalışmada Ahlat ilçesinde yer alan Bezirhane'ye ait beden duvarının deprem davranışının ve yapısal durumunun incelenmesi amaçlanmıştır. Tarihi beden duvarının kabuk elemanlar kullanılarak sonlu eleman modeli geliştirilmiştir. Oluşturulan sonlu eleman modeli için yazılım programında yer alan S11, S22 ve S12 gerilmeleri hesaplanmıştır. Ayrıca beden duvarına ait mod şekilleri ve periyot değerleri elde edilmiştir.

Ahlat Bezirhane beden duvarı hakkında bilgiler verilmiştir. Yerinde yapılan incelemeler sonucu gözleme dayalı yapısal analiz formu doldurulmuştur. Beden duvarında zaman içerisinde oluşan hasarlar hakkında bilgiler verilmiştir.

Analiz sonuçlarından, yapıda oluşan en büyük kayma gerilmelerinin bezirhane beden duvarının alt kısmında bulunan gözlemlere yakın bir bölgede yoğunlaştığı belirlenmiştir.

Analizlerden elde edilen maksimum basınç, kayma ve çekme gerilmelerinin, Ahlat taşının basınç, kayma ve çekme dayanımları olan, sırasıyla, 11.16, 5.68 ve 8 MPa değerlerinden küçük olması, bu gerilmelerin yapı tarafından güvenli bir şekilde karşılandığını göstermektedir. Bu sonuç da, yapının süreç içerisinde ayakta kalması ile uyum göstermektedir.

Bu çalışma ile, tarihi yapıların yapısal güvenliklerinin doğru bir şekilde değerlendirilmesinin ve kültür miraslarımızın gelecek nesillere güvenle aktarılması için gerçek davranışı en iyi yansıtacak şekilde sonlu eleman modellerinin yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

## Katkı Belirtme

Bu çalışma Barış Antep'in yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

## Kaynaklar

- Backer, L.D., Janssens, A., Steeman, M., Paepe, M.D., (2018). Evaluation of display conditions of the Ghent altarpiece at St. Bavo Cathedral. *Journal of Cultural Heritage* 29:168–172
- Computers and Structures, 2011. SAP 2000 V14.0.0 Software, Structural Analysis Program
- Dabanlı, Ö., (2008). Tarihi yığma yapıların deprem performansının belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Dhanasekar, M., Haider, W., (2008). Explicit finite element analysis of lightly reinforced masonry shear walls. *Computers & Structures*, 86(1):15-26.
- Doğangün, A., Sezen, H. (2012). Seismic vulnerability and preservation of historical masonry monumental structures. *Earthquake and Structures*, 3(1):83-95.
- Erdil, B., Tapan, M., Akkaya, İ., Korkut, F., (2018). Effects of structural parameters on seismic behaviour of historical masonry minaret, *Periodica Polytechnica. Civil Engineering*, 62(1):148-161.
- Feather, J., (2006). *Managing the Documentary Heritage: Issues from the Present and Future*. Preservation Management for Libraries, Archives and Museums, 1-18.
- Giordano, A., Mele, E., De Luca, A., (2002). Modelling of historical masonry structures: comparison of different approaches through a case study. *Engineering Structures*, 24(8):1057-1069.
- Hadzima-Nyarko, M., Mišetić, V., Morić, D., (2017). Seismic vulnerability assessment of an old historical masonry building in Osijek, Croatia, using Damage Index. *Journal of Cultural Heritage*, 28:140-150.
- Hadzima-Nyarko, M., Pavić, G., Lešić, M., (2016). Seismic vulnerability of old confined masonry buildings in Osijek, Croatia. *Earthquakes and Structures*, 11(4):629-648.
- Mangia, L., Ghiassi, B., Sayın, E., Onat, O., Lourenço, P. B. (2016). Pushover Analysis of Historical Elti Hatun Mosque. In Proceedings of the 12th International Conference on Advances in Civil Engineering ACE 2016 (pp. 1-8).
- ICOMOS, 2002. International Cultural Tourism Charter. Principles and Guidelines for Managing Tourism at Places of Cultural and Heritage Significance. ICOMOS International Cultural Tourism Committee.
- Işık, E., Antep, B., Karaşin, İ.B. (2018). Structural Analysis of Ahlat Emir Bayındır Bridge. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 8(1), 11-18.



- Işık, M.F., Işık, E., Bülbül, M.A., Karaşin, İ.B., (2017). QR code application for geometric location and information of historical structures. In International Conference on Advanced Engineering Technologies (ICADET 2017), Bayburt, Turkey.
- Işık, M.F., Işık, E., Ülker, M., (2016). Establishment of urban memory system for Ahlat district, 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress, Adana, Turkey.
- İnternet adresi : <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/bitlis/kulturenvanteri/bezrhane666826> (17.09.2017)
- Karaşin, İ.B., Işık, E., (2016). Protection of Ten-Eyed Bridge in Diyarbakır, *Budownictwo i Architektura*, 15(1):87-94.
- Kuruşcu, A. O. (2012). Yığma duvar ve temellerde doğrusal olmayan modelleme (Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Mutlu, Ö., Şahin, A., (2016). Investigating the effect of modeling approaches on earthquake behavior of historical masonry minarets-Bursa Grand Mosque case study. *Sigma*, 7(2):123-136.
- Özbek, O., Akyıldız, M.H., Karaşin, A.H., Öncü, M.E., Çetin, S.Y., (2017). Assessment of multi-storey masonry buildings in Sur region according to Turkish Seismic Code 2007. *DUMF Journal of Engineering*, 8(2):395-402.
- Özcan, D. (2015). XVI. Yüzyılda Çıldır Eyaleti büyük Ardahan Sancağı'nda su değirmenleri ve bezirhaneler. *Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi*, 1(24):71-87.
- Parlatır, İ., (2011). Osmanlı Türkçesi Sözlüğü.4. Baskı. Yargı Yayınları, Ankara
- Şimşek, O., Erdal, M. (2004). Investigation of some mechanical and physical properties of the Ahlat stone (ignimbrite). *Gazi University Journal of Science*, 17(4), 71-78.
- Turkish Earthquake Code (TEC) (2007). Turkish earthquake code-specification for structures to be built in disaster areas, Turkey.
- Uğurlu, M.A., Günaslan, S.E., Karaşin, A.H., (2017). Modelling and structural analysis of the Four-legged minaret. *DUMF Journal of Engineering*, 8(2):413-421.
- Yörük, D. (2009). XV. yüzyılın ikinci yarısında Akşehir'deki iktisadî faaliyetler. *Pursuit of History*, 1(1). 71-82

## **Analysis of the Bezirhane Main Wall in the Ahlat District by Using the Finite Element Method**

### **Extended abstract**

*There are many historical buildings belonging to different civilizations in the Ahlat district located in the Van lake basin. Structural analyzes to be carried out for these structures can have information about the used materials, properties of these materials and construction technologies of these structures. The fact that the information technologies are not very well developed at the time of construction makes these analyzes more important.*

*Occasionally, calcifications were observed due to water effects on the main wall. Particularly, on the stones at the top and base of the wall, the formations of destruction and mass losses are clearly visible. One of the general characteristics of the Ahlat stone is that color change is also present in this building as it is in other historical buildings. Some of stones have corrosion due to natural conditions.*

*Historical structures are important assets that link the past to the future. Related studies of these structures have gained a special importance nowadays. The staying solid of such structures over time is directly related to the construction techniques of these structures. Generally, it is possible to obtain healthy results by using the finite element method for the analysis of these masonry constructions. in this context, topic of this study is analysis results of the structure which used at the time as " Bezirhane Main Wall" in Ahlat province where there are many historical buildings belong to many civilizations. Dimensions of the building were determined as a result of on-site inspection and measurements. The dimensions of the wall are 12m x 13.70m and the average thickness is 86cm. Structural assessment based on observation was carried out by examining the current state of construction. Finite element model was generated by using the dimensions obtained from the measurements and the material properties in the literature. The generated model is analyzed in the software program and the stresses are calculated. Obtained results were evaluated. The cause and effect relation of damages occurring over time on the "Bezirhane" main wall have been determined. This study gave information about the damage that occurred in the historical monuments and the construction techniques of these monuments*

*of Ahlat, which has rich historical texture. In progress of time, repeatedly applying of observation based structural analysis forms created for historical monuments, will make easy to trace information about the structure. The Ahlat stone has compressive stress of 11.16 MPa, a shear stress of 5.68 MPa and tensile strength of 8 MPa. The stresses obtained from the analyzes are smaller than these stresses. So, this shows that the structure can bear these stresses. This result is consistent with the stands of the structure over time.*

**Keywords:** Ahlat, structural, wall, finite elements, analysis, masonry