

DEPREM VE ÇEVRESEL ETKİLER ALTINDAKİ YIĞMA BİNALARIN DAVRANIŞI

Barış Erdil^{1,*}, Fuat Korkut¹, Mahsum Aydın¹, Namık Yaltay¹

¹Van Yuzuncu Yil University, Department of Civil Engineering, Van, Turkey
fuatkorkut@yyu.edu.tr, maydin@yyu.edu.tr, namikyaltay@yyu.edu.tr

*Corresponding author: bariserdil@yyu.edu.tr

ÖZ:

Türkiye'nin doğu sınırında yer alan ve sürekli olarak sert hava koşulları etkisinde bulunan yığma yapılar 2020 yılında birden fazla depreme de maruz kalmışlardır. Aynı gün bölgeyi sarsan 5.9 büyüklüğündeki iki depreme ilave olarak 4 ay sonra bölgede bir deprem daha meydana gelmiştir. Depremlerin yanı sıra yılda 124 donma-çözülme döngüsü meydana gelmekte ve bölgede yaklaşık 103 gün kar ve yağmur görülmektedir. Hem sürekli hem de periyodik olarak uygulanan çevresel etkiler ve kısa sürede önemli olan depremler, yığma yapıların yapısal performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Depremlerden sonra yapılan arazi araştırmalarında, binaların hiçbirinin mevcut yönetmeliklere uymadığı, temellerin ve duvarların çevresel etkiler nedeniyle hasar gördüğü ve bu hasarların sismik yüklemeye nedeniyle ya arttığı ya da yıkıma yol açtığı görülmüştür. Hasar gören binaların yanı sıra bazı binaların köşelerinden lokal olarak güçlendirildiği gözlemlenmiştir. Duvarların yanal kapasitesini artırmak için çatlak köşelere L şeklinde betonarme kolonlar eklenmiştir. Bu tarz bir güçlendirmenin uygulandığı binaların bahsi edilen depremlerde hasar görmemesi sebebi ile yöntemin düşük şiddetli depremler için uygun olabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yığma bina, deprem performansı, çevresel etkiler

1. GİRİŞ

Türkiye'nin doğu sınırında yer alan yığma yapılar, 2020 yılında sürekli olarak sert hava koşullarına maruz kalırken birçok deprem ile sarsılmıştır. Bölgeyi vuran ilk deprem 23 Şubat 2020'de meydana geldi ve merkez üssü Türkiye'nin Van ilinin Başkale ilçesi ile İran'ın Hoy ilçesi kuzeydoğusu arasında yer aldı. Bu depremin büyüklüğü 5,9 (KOERI 2020'ye göre $M_w=5.8$), derinliği ise AFAD'a (2020a) göre 14,9 km olarak ölçülmüştür. Bir önceki depremden 10 saat sonra başka bir deprem, AFAD'ın (2020a) bildirdiği $M_w=5.9$ büyüklüğünde (derinlik 8.1 km) aynı bölgeyi tekrar vurdu. Bu depremlerde on kişi ve 100'den fazla hayvan yaşamını yitirdi, 97 kişi yaralandı. 255 konut ve 400 ahır yıkıldı ve 600'den fazla bina ağır hasar gördü. Üçüncü deprem 25 Haziran 2020'de Van ilinin Saray ilçesinde $M_w=5.4$ ve 7.48 km derinlikte meydana geldi (AFAD 2020b). Bu depremde herhangi bir can kaybı yaşanmazken 5 kişi yaralandı, ancak çok sayıda konut ve ahır yıkıldı ve ağır hasar gördü (Sağlam Selçuk 2020a ve 2020b).

Türkiye'de son 40 yılda meydana gelen her depremden sonra yazılan raporlarda, yığma yapıların mühendislik bilgisi dikkate alınarak yapılmadığı belirtilmiştir. İnşaatlar yerel ustaların yardımıyla yerel malzemeler kullanılarak yapılmış, yığma birimler arasındaki bağlantı elemanları yeterli dayanıma sahip olmadıkları ifade edilmiştir. Genel olarak düzlem dışı göçmenin yaygın olduğu ve bu durumun ortaya çıkmasıyla birlikte çatının desteksiz hale geldiği ve tamamen çökmenin meydana geldiği belirtilmiştir. Ayrıca ağır çatıların düzlem dışı kapasiteleri olumsuz etkilediği tespit edilmiştir (Erdik 1983; Gülkan vd. 2002; Karaşin ve Karaesmen 2005; Askan vd. 2010; Akansel vd. 2014; Livaoğlu vd. 2018; Çağlar vd. 2020).

Bu çalışma, deprem sırasındaki yapısal performansın yanı sıra uzun vadeli çevresel etkiyi de göz önünde bulundurarak hasar ve göçmelerin arkasındaki nedenleri ele almaya çalışmaktadır. Depreme maruz kalan köyler ziyaret edilerek yığma yapılar detaylı olarak incelenmiştir. Şekil 1, her bir depremin merkez üssünü ve incelenen köyleri göstermektedir. Khoy1 ve Khoy2 depremlerinin merkez üssünün Böğrüpek, Gelenler ve Ömerdağ adlı köylere uzaklığı 13-20 km'dir. Saray depremine gelince, en yakın köy olan Elaçmaz, merkez üssünden 3.4 km uzaklıktadır.



Şekil 1. Söz konusu depremlerin etkilediği köyler

2. YAPISAL ÖZELLİKLER

İnceleme yapılan köylerde taşıyıcı duvar malzemeleri çok fazla farklılık göstermektedir. Alanda moloz taşlar, görünür yüzeyi düzeltilmiş taşlar (çoğunlukla kalkerli kumtaşı), kerpiç ve briket gözlenmiştir. Şekil 2, duvarların enine kesitini göstermektedir. İçi boş tuğla blok duvarlar dışındaki duvarlar 15 yıldan daha eskidir. Yük taşıyan duvarların ana unsuru olmasına izin verilmesinde düşük dayanımlı ve daha fazla boşluklu içi boş tuğla bloklar, düşük maliyeti ve kolay işlenebilmesi nedeniyle son 15 yılda tercih edilen malzeme olarak görülmüştür. Kerpiç duvarlar ise genellikle 60 cm kalınlığında olup, duvarın bir katmanı 30 cm genişliğinde iki kerpiç ünite ve üzerindeki katman 15-30-15 cm genişliğinde tuğladan oluşmaktadır. Nadir de olsa sahada nispeten ince kerpiç duvarlar da görülmüştür.



Şekil 2. Köylerde gözlenen duvar kesitleri

Konutlar birbirine yakın olmasına rağmen bölgede birkaç farklı yapım tekniği görülmüştür. Bu durum standartların veya yönetmeliklerin duvar yapım tekniğini açıkça belirtmemiş olmasına bağlanabilir. Şekil 3'te görüldüğü gibi, balık sırtı stilinde, rastgele moloz duvar stilinde, düz duvar stilinde duvarlar

inşa edilmiştir. Malzemeden ve yapım tekniğinden, insanların bölgede ulaşabildikleri en ucuz ve zahmetsiz malzemeler ile binalarını inşa ettiği gözlenmiştir. Bölgedeki sert hava koşulları nedeniyle asıl amaç inşaatı kısa sürede bitirmek olduğundan, inşaat aşamasında depremin göz ardı edildiğini ortaya koyan farklı tür ve büyüklükte birçok malzeme kullanılmıştır.



Şekil 3. Duvar örme teknikleri

Yaklaşık 50-100 cm yükseltilmiş temeller moloz taştan yapılmıştır. Binaların bodrum katı veya toprağa gömülü temelleri gözlenmemiştir. Yükseltilmiş temelin nedeni yağmur, kar ve topografik etkilere bağlanabilir. Bölge sert bir iklime sahiptir ve kar yerde yaklaşık 5 ay kalmaktadır. Bu nedenle, konutların yağmur ve kardan kaynaklanan sudan etkilenmemesi için temel yükseltilmiştir.

Deprem Yönetmelikleri kerpiç yapılarda ağır toprak çatı yapılmasına izin vermemektedir. Diğer binalarda, rijit diyaframı sağlamak için çatının düzlem içi yönde yeterli rijitliğe sahip olduğu belirtilmektedir. Bölgede yapılan incelemede, 15 yıldan eski binaların ahşap kütüklerden oluşan ağır toprak çatıya sahip olduğu görülmüştür. Bu çatıların düz olduğu ve sürülmediği takdirde yoğun karı üstte tuttuğu açıktır. Bu yoğun kar ve toprak, ahşap kütüklerin sürekli aşağı doğru sehim yapmasına neden olur. Orta açıklık daha fazla sehim yaptığından çatı çukurlaşır, bu çukuru kapatmak için her seferinde daha fazla toprak yerleştirilir ve orta açıklığın kalınlığı düzenli olarak arttırılır. Bu bir kısır döngüdür, çünkü açıklık ortasındaki yük arttıkça yer değiştirme artar ve yer değiştirme arttıkça bir çukur oluşturur ve bu çukur ek toprakla doldurulur.

3. HASAR TİPLERİ

Bölgede gerçekleşen depremlerde PGA düşük olmasına rağmen, birçok bina ciddi şekilde hasar görmüş veya yıkılmıştır. Saha araştırması sırasında, hasar ve göçmelerin nedenlerinin sadece sismik olaylara bağlanamayacağı anlaşılmıştır. Hasarlar, deprem öncesi ve sırasında meydana gelen çeşitli yüklem kombinasyonlarından kaynaklanmıştır. Yapım teknikleri göz önünde bulundurularak hasarlar çeşitli açılardan irdelenmiştir.

Mafsallı Temel Sorunu

İncelenen binalarda temellerin ortak sorunlara sahip oldukları gözlenmiştir:

- Moloz taştan inşa edilmişlerdir
- Temel üstü ya toprakla ya da donatısız betonla tesviye edildiğinden rijit diyaframa sahip değildir.
- Moloz taşlar arasında çamur harcı kullanılmıştır.
- Bazı bölgelerde temel eğimli zeminde inşa edilmiştir.

İncelenen yığma yapıların temelleri yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı yeterince rijit değildir, çünkü moloz yığma duvarda kullanılan çamur harcı her yıl yağmur ve kar nedeniyle ıslak-kuru döngüleri ve donma-çözülme döngüleri nedeniyle bozulmaktadır. Bölgede bir yılda ortalama 104 gün boyunca

temeller ıslak olduğundan temeldeki harçlar sürekli olarak bozulmakta ve bağlayıcılık işlevini kaybetmektedir. Bir başka deyişle, bu olumsuz etkiler çamur harcını derzlerden yıkamaya zorlamaktadır.

Temeller, kagir yapının zemindeki kutu davranışından sorumlu olduklarından hem düzlem içi hem de düzlem dışı rijitlikleri önemlidir. Temel yeterince rijit değilse ve duvarların bireysel olarak ötelenmesine veya dönmesine sebep oluyorsa, köşelerdeki çekme gerilmeleri artacak ve duvar elemanlarının birbirlerinden ayrılmasına neden olacaktır. Temeldeki dönme ve öteleme sebebi ile ankastre mesnet kavramı zarar görerek mafsallı bir bağlantı oluşmasına yol açacaktır. Duvarlardaki çeşitli hasarların temeldeki dönme nedeniyle olduğu gözlenmiştir. Çevresel etkilerden kaynaklı olarak temeldeki çamur harcının zarar görmesi neticesinde oluşan bu hasarlar depremlerden önce de mevcuttu. Duvar elemanları temeldeki hareket sebebi ile döndüğünde, duvarın tabanını düzlem dışına çıkmaya zorlar ve düzlem dışı yer değiştirme çekme gerilmeleri oluşturur. Duvar çekme gerilmelerini taşıyamazsa ya harçta çatlaklar oluşur ya da her duvar elemanı ile harç beraber çatlar (Şekil 4).



Şekil 4. Temel hareketi sebebi ile gözlenen hasarlar

Ağır Çatı Problemi

Daha önce belirtildiği gibi çatılar ahşap kütüklerden ve kalın toprak tabakalarından imal edilmiştir. Kütükler duvarlara sağlam bir şekilde bağlanmamış, bunun yerine sadece bazı duvar elemanlarının arasına yerleştirilerek hareket edebilen mafsallı bir bağlantı oluşturulmuştur. Sadece düşey yük durumu dikkate alındığında, ağır çatıların yüksek düşey yükler yüklediği ve basınç gerilmelerini artırarak yığma elemanlar arasındaki sürtünmeyi artırdığı söylenebilir. Bu, duvarlara olumlu bir katkı gibi görünse de deprem yüklemesinde çatının büyük kütlesi titreşir ve bu titreşim ahşap kütüklerin sözde kirişlerini yanıl yönde zorlar. Bu zorlama neticesinde duvar ötelenir ve ikinci mertebe momentleri altında ilave zorlamalar oluşur. Uç bağlantılardaki sürtünme yeterliyse, ahşap kütükler duvarları düzlem dışı deplasmanlara zorlar. Bu durumda iki olası eylem görülebilir: duvarın düzlem dışı rijitliği yetersizse, düzlem dışı yönde kısmi veya tamamen göçme kaçınılmazdır, ancak eğer duvarın düzlem dışı rijitliği yeterli ise (duvar kalınlığı 50 cm'den fazla ise) o zaman çatıda herhangi bir olumsuz etki görülmeyebilir. Bu durumda ahşap kütükler tek tek yer değiştirir ve duvarın üzerinden kayar ve düşer, nihayetinde duvar göçmeden çatı bireysel olarak göçer (Şekil 5).



(a)



(b)

Şekil 5. a) Çatı deplasmanı neticesinde hasar gören duvar, b) Kısmi çatı göçmesi

Düzlem Dışı Göçme Problemi

Bölgede gözlenen düzlem dışı göçmelerin çoğu, duvar narinliğinin yüksek olduğu (H/t 13-15 arasında), ve harcın duvarı enine duvarlara bağlamada yetersiz kaldığı duvarlarda gözlenmiştir. Bu binalarda, düzlem dışı yer değiştirme duvarların tamamen çökmesine neden olmuştur. Ancak yığma elemanlar arasındaki bağlantı artırılıp narinlik azaldığında (H/t 7'den küçük) enine duvarların katkısı artmış ve duvar kısmen çökmüştür (Şekil 6). Yığma yapılarda düşey çatı kuvvetinin önemli olduğu görülmüştür. Daha önce belirtildiği gibi, çatının ahşap kütükleri bir yönde hareket eder ve uçlarında duvarlara düşey kuvvetler uygular. Tek yönlü bir eleman olduklarından, karşılıklı iki duvara bağlanabilmekte diğer duvarlar ile bağlantı kuramamaktadırlar (Zamankhani ve Görün, 2011). Kütükler ile bağlantısı olmayan duvarların çatının düşey basınç kuvvetlerinden mahrum kaldıkları ve düzlem dışı doğrultuda serbestçe dönerek göçtükleri gözlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Düzlem dışı göçmeler

Duvar Köşe Hasarı

Ağır çatıların deprem sırasındaki yatay kuvvetlerinin duvarlara aktarılması neticesinde yeterli dayanıma sahip bazı duvarlarda köşe hasarları gözlenmiştir. Duvar, sismik hareket altında titreştiğinden, çatı nedeniyle üstten ve duvarın kütlesi nedeniyle duvar yüksekliği boyunca düzlem dışı doğrultuda yüklenir. Yukarıda belirtildiği gibi, kagir elemanlar arasındaki bağlantı yeterli değilse, düzlem dışı göçme kaçınılmazdır. Ancak, duvarlarda bağlantı yeterliyse, toplam göçme yerine kısmi göçme gözlenir. Şekil 7'de gösterilen binalarda, duvarların yeterli bağlantılara sahip olması, narinliğinin düşük olması ve harç mukavemetinin yeterli olması nedeniyle kısmi köşe göçmesi yaşanmıştır. Bağlantılar yeterli olmasına rağmen harcın çekme dayanımının düşük olması sebebi ile düzlem dışı kuvvetler nedeniyle çekme gerilmeleri gelişmiş ve kısmi göçme yaşanmıştır.



Şekil 7. Duvarlarda gözlenen köşe hasarları

Duvar Cidarlarının Ayrılması

Çok cidarlı duvarlar genellikle yatay sismik yükler veya yüksek basınç kuvvetleri tarafından cidar ayrılmasına maruz kalır (Candela vd. 2016, Fonti vd. 2017). Her iki durumda da dış cidar ömrü boyunca çevresel etkilere maruz kaldığı için kısmi veya tam ayrılma çoğunlukla bu cidarda görülür. İncelenen bölge yılda yaklaşık 124 donma-çözülme döngüsüne maruz kalmakta ve yılın neredeyse 1/3'ünde yağmur veya kar yağ yağmakta, bu da ıslak-kuru döngülerin de büyük olduğuna işaret etmektedir. Bu olumsuz çevresel etkiler dış cidarlardaki harcın düzenli olarak hasar görmesine yol açmakta ve iç cidar ile bağlantıyı kademeli olarak zayıflatmaktadır. İç cidarın çatıdan aktarılan yükü taşıması, bu duvarda yığma birimlerin aderansını ve eğilme mukavemetlerini arttırdığı için bu bölgede hasar sınırlı düzeyde kalmaktadır. Cidarların ayrılmasının bir başka nedeni de cidarları birbirine bağlayan ve kesme kuvvetlerini taşıyan bağlantı taşlarının (kesme kamalarının) yeterli düzeyde veya hiç olmamasıdır (Şekil 8).



Şekil 8. Duvar dış cidarında gözlenen hasarlar

Düzlem İçi Doğrultuda Gözlenen Hasarlar

Bir yığma duvarın düzlem içi kapasitesi, düzlem dışı kapasitesinden daha büyük olduğundan, inceleme yapılan köylerde düzlem içi göçmelerin yaygın olmadığı tespit edilmiştir. Şekil 9'da verilen resimler bazı düzlem içi hasar örneklerini göstermektedir. Görüldüğü gibi diyagonal kesme çatlaklarında düzlem içi hasarlar görünür hale gelmiştir. Duvarlar yeterli düzlem dışı kapasiteye sahipse, düzlem içi hasar görünür hale gelir ve duvarda (özellikle açıklıklar arasındaki duvar segmentlerinde) X-çatlakları gelişir veya duvarlarda kademeli veya sürekli diyagonal kesme çatlakları belirginleşir. Bazı durumlarda, yüksek düzlem içi deformasyonlar, duvarın düzlem dışı yönde kısmen çökmesine neden olur (Şekil 9).



Şekil 9. Düzlem içi doğrultuda gözlenen hasarlar

4. LOKAL GÜÇLENDİRME UYGULAMALARI

Yığma binaların davranışı karmaşık bir olgudur ve ekstrem yüklemelerden sonra gözlem gerektirir. Bölgede iki ekstrem yükleme mevcuttur: çevresel etkiler ve depremler. Çevresel etkiler, yapıları yıl boyunca sürekli olarak zorlar ve bozar. Belirli periyotları vardır ve yükleme zamanı gözlemlenebilir ve tahmin edilebilir. Ancak depremler gözlemlenebilir ve öngörülebilir değildir, belirli bir periyodu yoktur ve yükleme seviyesini kimse bilmez.

Gözdeğmez köyündeki yerel halk çevresel etkilerin binalarına olan etkisini sürekli gözlemlenmeleri neticesinde bina köşelerinin sürekli çatladığını ve bu çatlakların yıldan yıla genişlediğini fark etmişlerdir. Bazı yöre halkı, kireç veya çamur esaslı harçlarla duvarların köşelerindeki bağlantıları onarmaya ve artırmaya çalışmıştır. Ancak köşelerde önemli yapısal müdahaleler yapanlar da vardır. Bu uygulamalara bir örnek Şekil 10'da verilmiştir. Şekilden görüleceği gibi bina köşesine L şeklinde betonarme kolonlar ekleyerek çatlayan duvar köşesi sağlamlaştırılmaya çalışılmıştır. Bazı binalarda ilave kolonlar duvar orta açıklığına dışarıdan destek vermek amacıyla yapılmıştır.

İlave kolonlar için herhangi bir mühendislik hesabı olmamasına rağmen, bu binaların yeterli davranış gösterdiği tespit edilmiş ve depreme bağlı herhangi bir hasar gözlenmemiştir. Bunun nedeni, yanal dayanım ve rijitlikteki artışa ve ayrıca duvarın kısmen sınırlandırılmasına bağlanabilir. Ayrıca depremlerin PGA seviyesinin düşük olması da bir diğer nedendir. Güçlü bir deprem sırasında bu güçlendirilmiş binaların davranışı hala tartışmalıdır çünkü her köşeye kolon eklenmezse, burulma düzensizliği tetiklenebilir ve güçlendirilmemiş köşelerde ek kesme kuvvetleri gelişebilir.



Şekil 10. Lokal olarak güçlendirilen binalar

5. SONUÇLAR

Yığma yapılar, çeşitli malzemelerin bir araya getirilmesi ve harçla bağlanması nedeniyle karmaşık davranışlara sahiptir. Her malzemenin kendine has özellikleri vardır ve bu özellikler davranışta önemli rol oynar. Davranış, aderans, malzeme boyutu, desteksiz duvar uzunluğu, yükseklik, çatı tipi, temel tipi

vb. gibi birçok faktörden etkilendiğinden, belirli düzenlemeler geliştirmek kolay bir iş değildir. Tüm faktörlerin davranış üzerinde önemli etkisi vardır. 2020 yılında Van'ın İran sınırında yaşanan depremler neticesinde sınır köylerde yapılan incelemelerde aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

- Yığma malzemeler erişilebilir ve ucuz olduklarından kırsal alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yönetmeliklerde pek çok geçerli düzenleme yer almasına rağmen, kırsal alanlarda bu düzenlemeler dikkate alınmamakta ve binalar işçilerin deneyimlerine göre inşa edilmektedir. Deprem hakkında yeterli bilgiye sahip olmayan işçiler (depremler nadir olduğu için) sadece düşey yükleri ve çevresel etkileri dikkate alırlar. Bu nedenle yapı, çevresel etkilere karşı belirli bir süreliğine düşey yüklere dayanıklı, yanal yüklere karşı ise zayıf hale gelmektedir.
- Binalar çoğunlukla moloz taştan yığma bir temel üzerine inşa edilmiş olup, temel bağlayıcı unsur çamur harcıdır. Bölgede sert hava koşulları ve çok sayıda donma-çözülme ve ıslak-kuru döngüleri olduğundan, duvarlardan ve çatıdan gelen eksenel kuvvetler nedeniyle çamur harc bozulmakta ve temellerdeki yığma elemanların ötelenmesine veya dönmesine neden olmaktadır. Tabandaki yer değiştirme, duvarların köşelerinde yüksek çekme gerilmeleri ve çatlaklar oluşturur. Birçok binada bu tür çatlakların olduğu gözlemlenmiştir.
- Çatının da sismik performans için önemli olduğu gözlemlenmiştir. Ahşap kütük ve topraktan yapılan çatılarda ilkel sismik izolasyon tekniği gözlemlenmiştir. Bu çatılarda ahşap kütüklerin duvarlara sağlam bir bağlantı olmadan yerleştirildiği tespit edilmiştir. Ahşap kütükler enine yönde sağlam bir bağlantıya sahip olduğundan, ağır çatı bu yönde yüksek yanal sismik kuvvetler uygulamış ve bu da duvarların kısmen veya tamamen düzlem dışı çökmesine neden olmuştur.
- Hasar gören binaların yanı sıra bazı binaların köşelerde lokal olarak güçlendirildiği gözlemlenmiştir. Duvarların yanal kapasitesini artırmak için çatıya duvar köşelerine L şeklinde betonarme kolonlar eklenmiş ve yaşanan depremlerde bu binalarda önemli bir hasar meydana gelmediği için düşük depremsellik için yeterli bir güçlendirme oldukları görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. AFAD (Prime Ministry Disaster and Emergency Management Authority) (2020a) 23 Şubat 2020 Hoy (Iran) Mw 5.9 Depremlerine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara, Turkey.
2. AFAD (Prime Ministry Disaster and Emergency Management Authority) (2020b) 25 Haziran 2020 Saray (Van) Mw 5.4 Depremine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara, Turkey.
3. Akansel V, Ameri G, Askan A, Caner A, Erdil B, Kale Ö, Okuyucu D (2014) The 23 October 2011 Mw 7.0 Van (Eastern Turkey) earthquake: Interpretations of recorded strong ground motions and post-earthquake conditions of nearby structures. *Earthquake Spectra*, 30(2), 657-682
4. Askan A, Gupta SP, Uğurhan B (2010) Başyurt-Karakoçan (Elazığ) Earthquake supplementary report. EERC Earthquake Engineering Research Center, Middle East Technical University, Ankara
5. Candela M, Borri A, Corradi M, Righetti L (2016) Effect of transversal steel connectors on the behaviour of rubble stone-masonry walls: two case studies in Italy. *Brick and Block Masonry – Trends, Innovations and Challenges – Modena, da Porto & Valluzzi (Eds). Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02999-6.*

6. Erdik M, Demirciođlu M, Beyen K, ŐeŐetyan K, Aydınoğlu N, Gul M, Siyahi B, Őnem G, Tüzün C, Salkın A, Kaya Y (2003) May 01, 2003 Bingol (Turkey) earthquake. Reconnaissance Report in Turkish, EERI.
7. Fonti R, Borri A, Barthel R, Candela M, Formisano A (2017) Rubble masonry response under cyclic actions: experimental tests and theoretical models. *International Journal of Masonry Research and Innovation*, 2(1), 30-60.
8. Gülkan P, Őzcebe G, Sucuođlu H, Bakır S, Őetin Ő, Tankut T, Akyüz U, Yılmaz T, Peköz A, Bayılı S, Aydođan V, Baran M, Yazgan U (2002) Şubat 2002 Sultandağı ve Őay Depremleri mühendislik raporu. *TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri*, 416(2001/6), 7-21.
9. Karaşin AH, Karaesmen E (2005) Bingöl depreminde meydana gelen yapısal hasarların irdelenmesi. *Deprem Sempozyumu*, 386-396, Kocaeli, Türkiye.
10. KOERI (Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute) (2020). Bođaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Regional Earthquake-Tsunami Monitoring Center. (<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/earthquake-catalog/>) (Feb. 20, 2020)
11. Livaoğlu R, Timurađaođlu MŐ, Serhatođlu C, Mahmud SD (2018) Damage during the 6–24 February 2017 Ayvacık (Őanakkale) earthquake swarm. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(3), 921.
12. Sağlam Selçuk A, Erturaç K, Őzvan A, Selçuk L, Tapan M, Akkaya İ (2020a) 23 Şubat 2020 Başkale (Van) - İnan Depremleri Őzet Raporu. Van Yuzuncu Yil University, Afet Yönetimi ve Deprem Uygulama ve AraŐtırma Merkezi (VADUM)
13. Sağlam Selçuk A, Őner S (2020b) 25 Haziran 2020 Saray (Van) Depremi Őzet Raporu. Van Yuzuncu Yil University, Afet Yönetimi ve Deprem Uygulama ve AraŐtırma Merkezi (VADUM)
14. Van Valiliđi (2020) (<http://www.van.gov.tr/>), (Şubat. 20, 2020)
15. Zamankhani JS, Görün A (2011) 2006 İnan-Silakhor Depreminde Kerpiç Yığma Duvarların Sismik Davranışı. *Sigma*, 3, 290-299.