



14 Haziran 2020 Bingöl-Karlıova Depreminin Yığma Yapılara Etkisinin Değerlendirilmesi

Evaluation of the Effect of 14 June 2020 Bingöl-Karlıova Earthquake on Masonry Structures

İrfan Kocaman¹ , İlker Kazaz¹ 

¹Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25050 Yakutiye/Erzurum, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 06/07/2020

Kabul / Accepted: 27/10/2020

Çevrimiçi Basım / Published Online: 18/01/2021

Son Versiyon/Final Version: 18/01/2021

Öz

14 Haziran 2020 tarihinde Kuzey Anadolu Fay hattı ile Doğu Anadolu Fayı birleşim bölgesinde, merkez üssü Bingöl-Karlıova (Enlem: 39.365N, Boylam: 40.714E) olan 5.7 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Doğu Anadolu Bölgesinin kırsal kesimlerinde ve şehir merkezlerinin muhtelif yerlerinde yapı stokunun büyük kısmı yığma binalardan oluşmaktadır. Bu yığma binaların büyük kısmı iyi harca sahip olmayan moloz duvarlardan meydana gelmektedir. Depremin etkisiyle düzlem içi ve düzlem dışı kuvvetlere maruz kalan bu duvarlar, düşük çekme dayanımları sebebiyle kolayca hasar görebilmektedirler. Bu çalışmada Kaynarınar, Dinarbey ve Elmalı köylerinde bulunan yığma binalarda meydana gelen hasar çeşitleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler

“Bingöl-Karlıova Depremi, yığma yapılar, hasar değerlendirilmesi, düzlem içi davranış, düzlem dışı davranış”

Abstract

On June 14, 2020, a 5.7 magnitude earthquake occurred in the junction region of the North Anatolian Fault and East Anatolian Fault, the epicenter of which is Bingöl-Karlıova (Latitude: 39.365N, Longitude: 40.714E). Most of the building stock consists of masonry buildings in the rural areas of the Eastern Anatolia Region and in various parts of the city centers. Most of these masonry buildings consist of rubble walls that do not have a good mortar. These walls, which are exposed to in-plane and out-of-plane forces with the effect of the earthquake, can be easily damaged due to their low tensile strength. In this study, the types of damage occurring in masonry buildings in Kaynarınar, Dinarbey and Elmalı villages were determined.

Key Words

“Bingöl-Karlıova Earthquake, masonry structures, damage assessment, in-plane behavior, out-of-plane behavior”

1. Giriş

Ülkemiz, Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) ve Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) gibi aktif fay hatları üzerinde bulunmaktadır. KAFS’nde meydana gelen 1939 ve 1992 Erzincan, 1999 Kocaeli ve Düzce Depremleri, DAFS üzerinde oluşan 1998 Adana-Ceyhan, 2003 Bingöl, 2010 Elazığ-Kovancılar, 2011 Van ve 2019 Elazığ-Sivrice depremleri bu fayların etkinliklerini göstermektedir (Akgül ve Doğan, 2020). DAFS ve KAFS’in birleştiği bölgede oluşan ve bu çalışmanın hazırlanmasına sebep olan bir diğer deprem ise 14 Haziran 2020 Bingöl-Karlıova depremidir.

Yığma yapılar, malzeme özellikleri ve yapım teknikleri sebebiyle deprem yüklerine karşı zayıftırlar. Bu durum kırsalda mühendislik hizmeti alamamış olan yapılarda kendini daha belli etmektedir. Yığma yapıların deprem ya da patlatmalar neticesinde görebileceği hasarları incelemek için bir çok araştırmacı çalışma gerçekleştirmiştir (Kocaman vd., 2019; Kazaz ve Kazaz, 2015). Akgül ve Doğan (2020) Ankara ili Altındağ ilçesinde bulunan yığma binaları ele almışlardır. Ele alınan binalarda risk analizleri gerçekleştirerek Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği çerçevesinde değerlendirerek, yığma binaların depreme karşı kritik bölgelerini/elemanlarını belirlemiştir.

Depremler sonrasında yapılarda meydana gelen hasarlar ve göçme mekanizmaları yurt içinden ve dışından farklı araştırmacılar tarafından değerlendirilmiş ve çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Decanini vd., (2004) Molise-İtalya’da 2002 yılında meydana gelen deprem sonrasında bölgede bulunan yığma yapıların hasar durumlarını incelemiştir. Ahmadzadeh ve Shakib (2004) 26 Aralık 2003’de İran-Bam’da meydana gelen M_w 6.6 büyüklüğündeki depremin bölgede bulunan yığma yapılar üzerindeki etkisini saha çalışmaları ile incelemiştir. Bayraktar vd. (2007) 25 ve 28 Mart 2004’de Erzurum-Aşkale’de meydana gelen depremde saha araştırması yaparak, bölgede bulunan yığma binalarda hasar çeşitlerini ve nedenlerini incelemiştir. Sayın vd. (2014), 2011’de Van’da meydana gelen depremden sonra kerpiç ve yığma binalardaki hasar çeşitlerini ve bölgedeki yapıların sorunlarını değerlendirmiştir. Yön ve Onat (2017) çalışmalarında bu çalışmanın da odağı olan DAFS ve KAFS’in birleştiği bölgede 3 Aralık 2015 tarihinde meydana gelen Bingöl-Kiğı depreminin Tunceli ilindeki yığma yapılara etkisini değerlendirmiştir. Oyguc ve Oyguc (2017) çalışmalarında 23 Ekim ve 9 Kasım 2011’de meydana gelen Van depremi sonrası Van şehir merkezinde bulunan yığma konutların sismik performanslarını incelemiştir. Çalışmalarında hasarların nedenini malzeme kalitesinin uygun olmayışı, işçiliğin kötü olması ve kırsal binalarda mühendislik hizmetinin almaması olarak belirtmişlerdir.

Bu çalışmada 14 Haziran 2020 tarihinde Bingöl-Karlıova’da meydana gelen depremin merkez üssüne en yakın üç yerleşim yeri olan Dinarbey, Kaynarıpınar ve Elmalı köyünde yer alan yığma binalar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Binalarda meydana gelen hasarlar çeşitlendirilerek bölgedeki yapı stoku üzerine değerlendirme gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Method

Bu çalışma; 14 Haziran 2020’de Bingöl-Karlıova’da meydana gelen depremin etkilediği köylerden Kaynarıpınar, Dinarbey ve Elmalı köylerinde yerinde yapılan incelemelere bağlı hasar tespiti ve değerlendirmesini içermektedir. Çalışma, yazarlar tarafından Bingöl-Karlıova depremi akabinde yapılan saha incelemeleri neticesinde değerlendirmeler içermektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bingöl-Karlıova Depremi Özellikleri

3.1.1. Yer hareketinin karakteristik özelliği

14.06.2020 günü, Türkiye saati ile 17:24’te merkez üssü Karlıova (Bingöl) olan M_w 5.7 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Yerin 8.00 km derininde meydana gelen bu depremin en yakın yerleşim birimi olan Bingöl ilinin Yedisu ilçesine bağlı Dinarbey köyüne uzaklığı 4.68 km’dir. (Tablo 1). Merkez üssüne en yakın il merkezleri ve uzaklıkları Tablo 2’de yer almaktadır. Ana şoktan, 16.06.2020 19:51’e kadar geçen zamanda, büyüklükleri 0.8 ile 5.6 arasında değişen 254 artçı deprem kaydedilmiştir (Şekil 1). İlk belirlemelere göre depremin belirgin süresi 15.04 saniyedir. (AFAD, 2020).

Tablo 1. Merkez üssüne en yakın yerleşim yerleri

| İl | İlçe | Köy | Mesafe (km) |
|---------|----------|--------------|-------------|
| Bingöl | Karlıova | Dinarbey | 4.68 |
| Bingöl | Yedisu | Kaynarıpınar | 4.70 |
| Bingöl | Yedisu | Elmalı | 6.34 |
| Erzurum | Çat | Söbeçayır | 8.45 |
| Erzurum | Çat | Karabey | 9.24 |

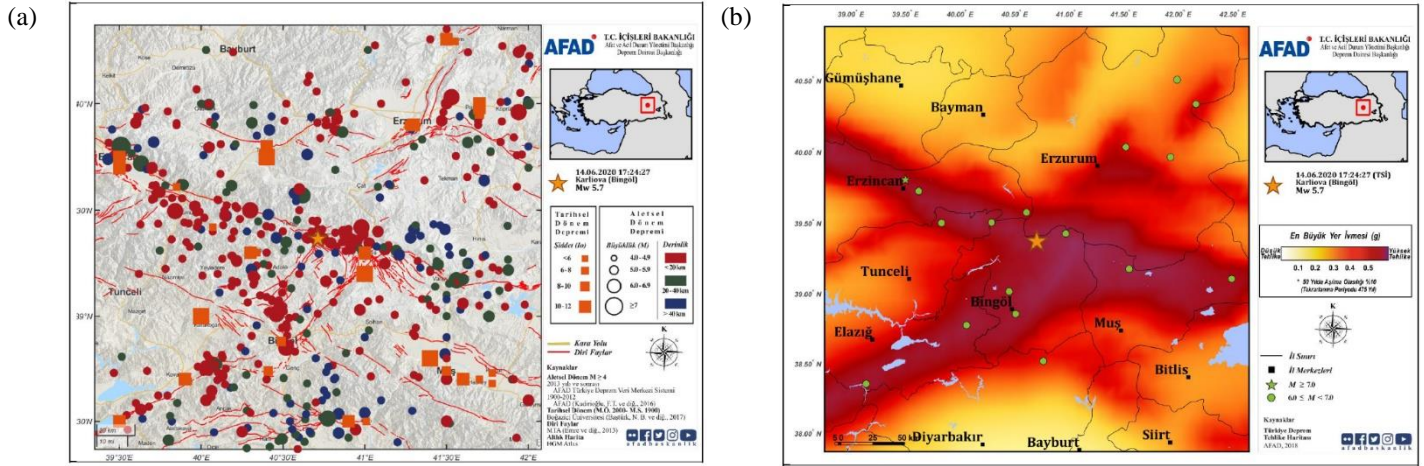
Tablo 2. Merkez üssüne en yakın il merkezleri

| İl | Mesafe (km) |
|---------|-------------|
| Bingöl | 56.96 |
| Erzurum | 75.73 |
| Muş | 96.28 |
| Tunceli | 105.90 |
| Bayburt | 108.01 |

14-15 Haziran 2020 depremlerinin anaşok ve artçıları Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) birleşim bölgesinde, KAFZ'nun yaklaşık 77 km uzunluktaki Yedisu Fay Parçasının 15 km doğusunda meydana gelmiştir (AFAD, 2020).

3.1.2. Bölgenin Geçmiş Dönem Deprem Aktivitesi ve Deprem Tehlikesi

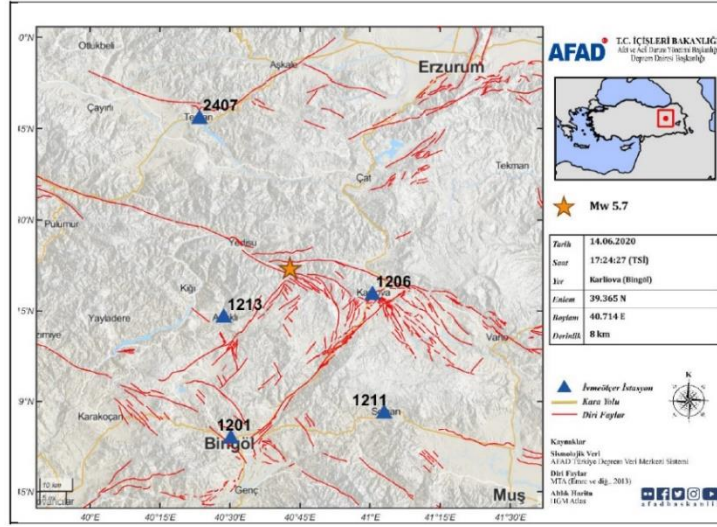
Bölgede son yüzyılda en büyüğü 7.9 olmak üzere M_w 4.0'dan büyük 489 adet deprem meydana gelmiştir (Şekil 1a). Ayrıca bahsi geçen bölgeye ait, 1900 yılı öncesi için, 94 adet depremin yer hareketi kaydı mevcuttur. Yedisu Fay Parçasında 1784 depremi (M_w 7.6) ve 27 km uzunluktaki Elmalı Dere Fay Parçası üzerinde 17 Ağustos 1949 (M_w 6.7) depremi olmuştur. 14-15 Haziran 2020 depremleri; 12 Mart 2005 (M_w 5.6), 14 Mart 2005 (M_w 5.8), 24 Mart 2005 (M_w 5.6) ve 6 Haziran 2005 (M_w 5.6) tarihli depremlerinde batısındaki Yedisu Fay Parçası ile Elmalı Dere Fay parçası arasında meydana gelmiştir (AFAD, 2020). Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre bölgenin tehlikesi Şekil 1b'de gösterilmiştir. Depremin meydana geldiği noktanın Türkiye Deprem Tehlike Haritasındaki PGA 475 yıl değeri 0.691g'dir.



Şekil 1. (a) Bölgenin tarihsel ve aletsel dönem deprem aktivitesi; **(b)** Türkiye Deprem Haritasına göre bölgenin deprem tehlikesi (AFAD, 2020)

3.1.3. Ölçülen İvme Değerleri

Yapılan değerlendirme sonuçlarına göre en büyük ivme, ana şok (M_w 5.7) için 1213 kodlu ivmeölçer istasyonunun Doğu-Batı bileşeninde 59.62 gal, en büyük artçı deprem (M_w 5.6) için ise 1206 kodlu ivmeölçer istasyonunun Doğu-Batı bileşeninde 62.76 gal olarak ölçülmüştür. Depremin merkez üssüne en yakın 5 ivmeölçer istasyonun ölçtüğü ivme değerleri Şekil 2' de, istasyonlara ait bilgileri ise Tablo 3' de verilmiştir (AFAD, 2020).

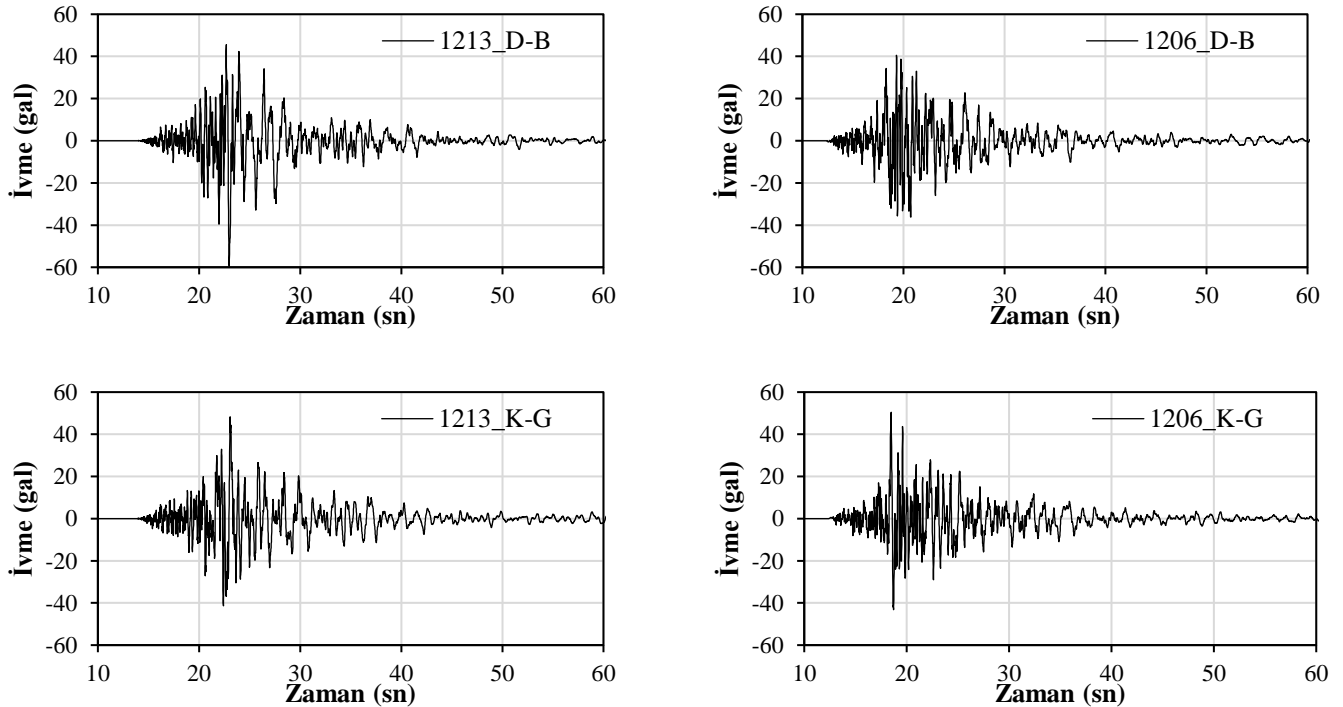


Şekil 2. Depremin merkezine en yakın 5 ivmeölçer istasyonları (AFAD, 2020)

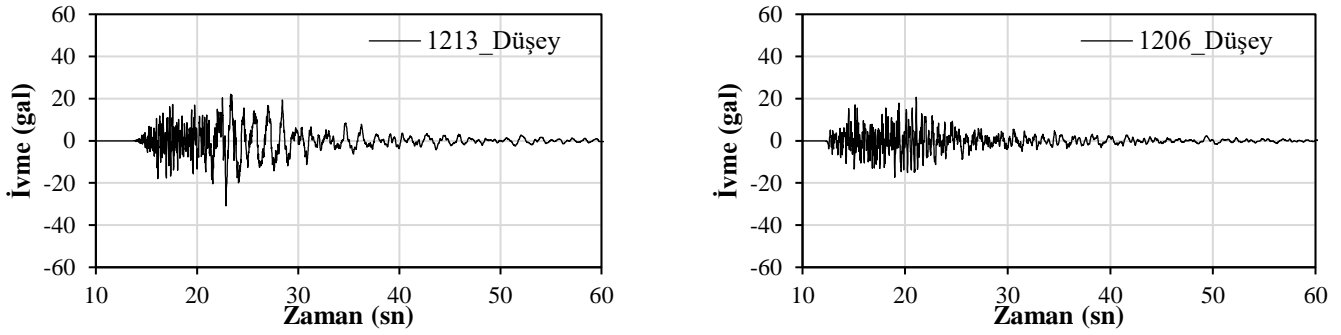
Tablo 3. Bölgedeki ivmeölçer istasyonlar ve ana şok ve en büyük artçı deprem için ölçülen ivme değerleri (AFAD, 2020)

| İstasyon Kodu | İvme değerleri (gal) | | | Repi (km) | İvme değerleri (gal) | | | Repi (km) | | |
|---------------|----------------------|-------|-------|-----------|----------------------|--------------------|-------|-----------|-------|-------|
| | K-G | D-B | Düşey | | K-G | D-B | Düşey | | | |
| 1213 | M _w 5.7 | 48.28 | 59.62 | 30.86 | 25.22 | M _w 5.6 | 38.29 | 37.86 | 28.10 | 27.48 |
| 1206 | | 50.41 | 40.54 | 20.64 | 26.57 | | 60.27 | 62.76 | 33.83 | 24.27 |
| 1211 | | 9.174 | 15.76 | 7.741 | 52.98 | | 13.08 | 15.26 | 5.42 | 51.90 |
| 2407 | | 23.07 | 18.41 | 16.20 | 53.49 | | 15.07 | 18.98 | 8.01 | 54.58 |
| 1201 | | 7.93 | 11.50 | 5.32 | 55.11 | | 10.21 | 9.035 | 4.43 | 56.29 |

Şekil 3'de ana şoka ait ivme kayıtlarının bileşenleri verilmektedir. 1213 numaralı istasyondan elde edilen kayıtlara göre en büyük ivme değeri Kuzey-Güney (K-G) bileşeni için 48.28 gal, Doğu-Batı (D-B) bileşeni için 59.62 gal ve Düşey bileşen için ise 30.86 gal'dır. 1206 numaralı istasyondan elde edilen kayıtlara göre en büyük ivme değeri Kuzey-Güney (K-G) bileşeni için 50.41 gal, Doğu-Batı (D-B) bileşeni için 40.54 gal ve Düşey bileşen için ise 20.64 gal'dır.

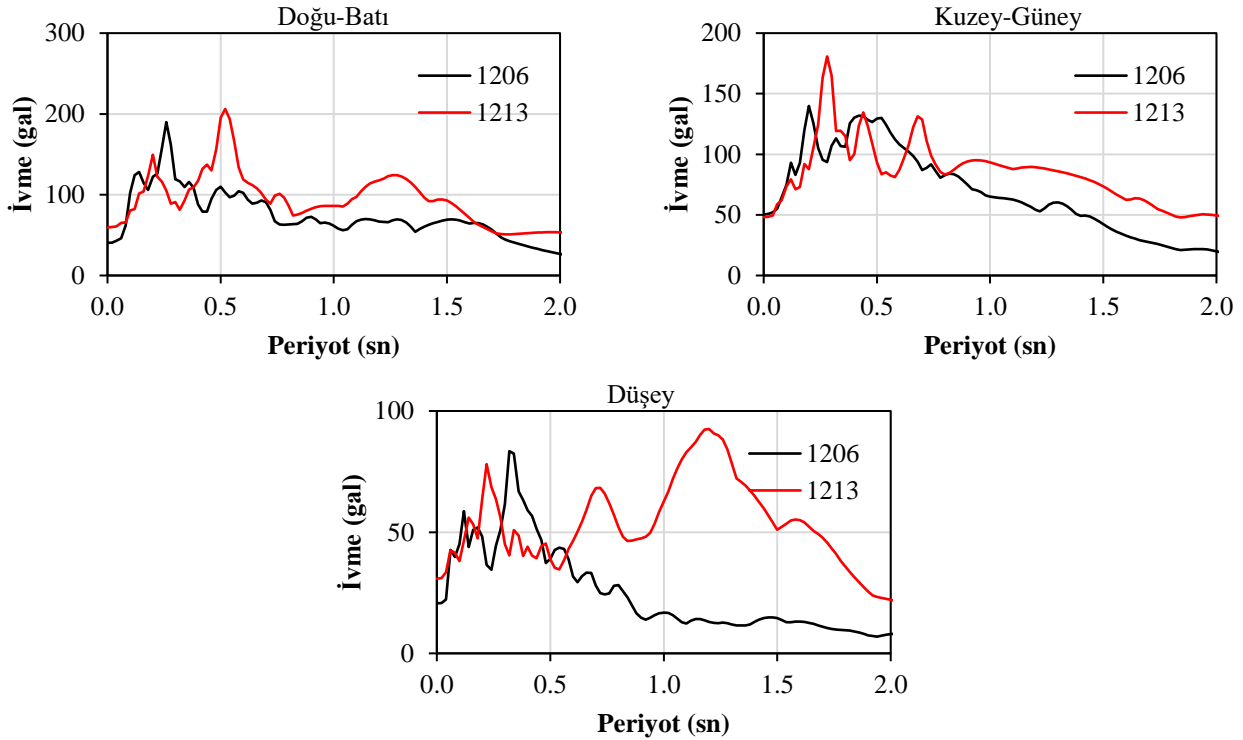


Şekil 3. 14 Haziran 2020 Karlıova-Bingöl depremi bileşenlerinin ivme kayıtları



Şekil 3 (devam). 14 Haziran 2020 Karlıova-Bingöl depremi bileşenlerinin ivme kayıtları

Her bir ivme bileşeninin ivme tepki spektrumlarının %5 sönüm oranlarına göre karşılaştırılması Şekil 4'de gösterilmektedir.

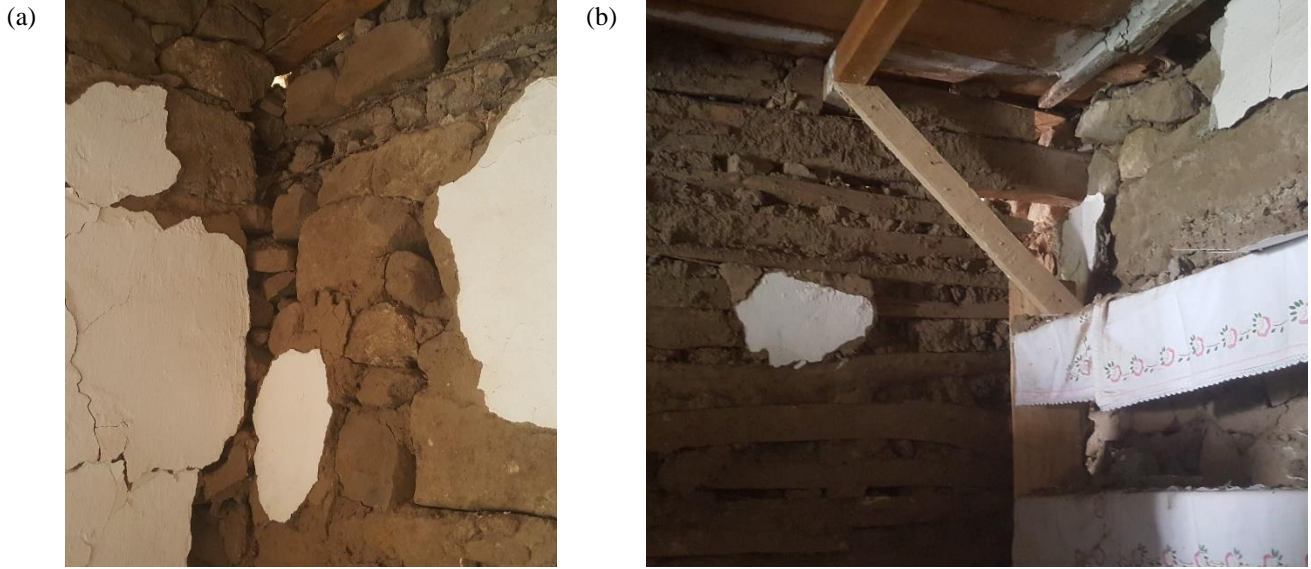


Şekil 4. Yer ivmesi kayıt bileşenlerinin ivme spektrumlarının %5 sönüm oranında gösterimi

3.2. Yapısal Hasarlar

Bölgedeki yığma yapılar genellikle bölgeden temin edilen moloz ve kesme taşlar kullanılarak inşa edilmiştir. Ayrıca bölgede az da olsa tuğla ve kerpiçten yapılan yapılara da rastlanmaktadır. Bölgedeki kerpiç yapıların az olması, yakın geçmişteki depremlerde kırsal yapıların yıkılması ve/veya ciddi hasar görmesi şeklinde açıklanabilir. Kaynarpınar, Dinarbey ve Elmalı köylerinde bulunan ve genellikle tek katlı olarak inşa edilen geleneksel yığma yapılarda çeşitli seviyelerde hasar meydana gelmiştir.

Şekil 5'de birleşim yerlerinde oluşan hasarlar görülmektedir. Bölgedeki hasarlı yapılar gözlemlendiğinde taşıyıcı duvarların moloz olduğu örneklerde oldukça kısıtlı birleşimin olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5a). Ayrıca ev sahiplerinden alınan bilgilere dayanarak; yapıya sonrada eklenen bölme duvarların inşasında yapının taşıyıcı duvarları ile iyi bir birleşim sağlanamamasından dolayı hasar meydana gelmiştir. Şekil 5b'de sonradan eklenen yığma bölme duvar ile taşıyıcı duvarın birleşim yeri gösterilmektedir. Farklı tipolojideki yığma duvarların birleşim sorunu oldukça belirgindir.



Şekil 5. Birleşim bölgelerindeki ayrışma hasarları

Şekil 6’da kısa duvar etkisi ile meydana gelen hasarlar görülmektedir. Gözlem yapılan farklı köylerin coğrafi koşulları (eğimli arazi) sebebiyle yapıların belirli kısımları (arka) toprak dolguya maruz kalmaktadır. Kot farkından oluşan bu durum duvarların “kısa kolon” gibi çalışmasına sebep olmuştur. Bu duruma iyi bağlanmamış çatı örtüsü de eklenince, Şekil 6’da verilen hasarlar meydana gelmiştir.



Şekil 6. Kot farklı sebebiyle kısa duvar oluşmasına bağlı hasarlar

Şekil 7’de çatı-duvar birleşiminin yetersiz olduğu durumlarda meydana gelen hasarlar görülmektedir. Duvarların çatı birleşim yerlerine yatay hatılların konulmaması veya çatı elemanlarının duvar elemanları ile üstünkörü montajı duvarların birleşim bölgelerinde aşağı ve dışa doğru açılmasına sebep olmuştur.



Şekil 7. Çatı ve Duvarlar arasındaki yetersiz bağlantıdan kaynaklı hasarlar

Şekil 8’de Dinarbey Köyünün kullanılmayan köy okulunda duvarların maruz kaldığı düzlem içi kesme kuvvetlerine bağlı oluşan diyagonal deprem çatlakları oldukça net bir şekilde görülmektedir. Kesme kuvvetleri etkisiyle yığma duvarda, pencere boşluklarının kenarlarında ve çatı örtüsü ile duvarın birleşim bölgelerinde hasar meydana gelmiştir.



Şekil 8. Kayma davranışa bağlı hasar

Deprem bölgesindeki geleneksel yapı stoku moloz taş duvarlı toprak damlı yığma binalardır. Ancak son yıllarda iyileşen ekonomik şartlar ve devlet desteğiyle beraber bu iptidai binalar terkedilip yeni tek katlı betonarme binalar yapıldığı gözlemlenmiştir. Şekil 9’da tamamen göçen ve yerel mimariyi temsil eden yapı görülmektedir. Arka planda hasar görmeyen yeni yapılar mevcuttur. İncelemelerin gerçekleştiği köylerde ve köylere bağlı mezralarda bu tipteki mimariye ve yapım tekniğine sahip binaların birçoğu ya tamamen yıkılmış ya da ağır hasar almış durumdadır. Bu binalarda yerleşimin olmaması köylerde can kaybı olmamasında önemli bir etkidir.



Şekil 9. Tamamen yıkılmış yığma binalar

Şekil 10’da saha gözlemlerinin yapıldığı köylerde inşaatı devam eden çok katlı betonarme bina verilmektedir. Bu binaların taşıyıcı elemanlarında herhangi bir hasarın olmadığı görülmüştür. Ancak şekilde de görüldüğü üzere betonarme binanın hemen yanında bulunan

yığıma binalar ya tamamen göçmüş ya da ağır hasar almış durumdadır. Kullanılan betonarme binaların bazılarında dolgu duvarlarda tipik diyagonal deprem çatlakları meydana gelmiştir.



Şekil 10. Betonarme binalarda hasarlar

Şekil 11’de bölgede deprem sırasında meydana gelen tek can kaybının olduğu jandarmaya ait gözetleme kulesi verilmektedir. Karakolda tip proje ile yapılan mevcut üç gözlem kulesi aynı mekanizma ile göçmüştür. İlk incelemelere göre kulenin tasarım hatası, kötü işçilik ve zayıf malzeme dayanımı sebebiyle göçtüğü düşünülmektedir.



Şekil 11. Betonarme gözetleme kulesinde meydana gelen hasar

4. Sonuç

14 Haziran 2020'de meydana gelen Bingöl-Karlıova depremi orta büyüklükte bir depremdir. Bu deprem Bingöl ili Karlıova ilçesinin Kaynarıpınar Köyünü, Bingöl ili Yedisu ilçesi Dinarbey ve Elmalı köyünü ve Erzurum İli Çat ilçesi Sobeçayır köyünü etkilemiştir. Orta büyüklükte böyle bir depremin, daha önce çok fazla yıkıcı depremin meydana geldiği bölgede bu denli hasara sebep olması, bölgedeki yığma yapı stokunun deprem performansının istenilen seviyede olmadığı göstermektedir. Kırsal kesimlerde bulunan yığma yapılar, yerel malzemeler kullanılarak inşa edilmiştir. Özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde mevcut kırsal yapı stokunun büyük bölümü ekonomik sebeplerden dolayı yapılar mühendislik hizmeti almadan ve düşük dayanıma sahip malzemelerde inşa edilmiştir. Kerpiç, tuğla, moloz veya yontma taş kullanılarak inşa edilen bu yapılarda bağlayıcı olarak çimento yerine toprak harçlar kullanılmıştır. Bu sebeple binalardaki taşıyıcı duvarların çekme dayanımları oldukça düşüktür.

Yığma duvarların bütünlüğünü sağlanması ve depremin oluşturacağı düzlem içi ve dışı kuvvetlere karşı koyabilmesi için yatay ve dikey hatıllar ile desteklenmesi gerekmektedir. Bölge mimarisinde bu hatıllar ahşap olarak kullanılmaktadır. Ancak ahşap hatılların bulunmadığı veya yetersiz ve düzensiz olduğu bina örnekleri oldukça fazladır. Aynı zamanda hatılların eksikliğinden dolayı binaların pencere ve kapı boşluklarından başlayarak duvarın dolgu kısımlarına ilerleyen kesme çatlakları meydana gelmiştir.

Bölgede hasar görülen geleneksel yığma binalar hali hazırda devam eden kamulaştırma politikaları kapsamında depreme daha dayanıklı betonarme binalara yerini bırakmalıdır. 28 Ocak 2020 Elazığ-Sivrice ve 14 Haziran Bingöl-Karlıova depremlerinden sonra yapılan saha çalışmalarında dikkati çeken en önemli husus deprem merkez üssüne çok yakın bölgelerde dahi düzgün ve modern malzemelerle inşa edilmiş bir-iki katlı yapıların depremi sorunsuz olarak atlattığı olduklarıdır. Depremlerde oluşan hasarı ve can kayıplarını en aza indirmek için kırsal alanlarda inşa edilen yapıların mühendislik hizmeti almasının ve yönetmeliklerin önerdiği şartları sağlayarak tasarlanmasının yegâne yol olduğu bu çalışmada önerilmektedir.

Referanslar

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2020). 14 Haziran 2020 Karlıova (Bingöl) M_w 5.7 Depremine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu. Deprem Dairesi Başkanlığı. Ankara.

Ahmadzadeh, M., Shakib, H. (2004). On the December 26, 2003, southeastern Iran earthquake in Bam region. *Engineering structures*, 26(8), 1055-1070.

Akgül, M , Doğan, O. (2020). 4 Nisan 2019 Elazığ-Sivrice Depreminin Yığma Yapılara Etkisinin Değerlendirilmesi. *International Journal of Engineering Research and Development* , 12 (1) , 265-277. DOI: 10.29137/umagd.621701

Akgül, M., Doğan, O. (2020). Altındağ/Ankara Özelinde Tipik Yığma Binaların Deprem Risklerinin 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre İncelenmesi, *Engineering Sciences (NWSAENS)*,15(1), 1-14. DOI: 10.12739/NWSA.2020.15.1.1A0446

Bayraktar, A., Coşkun, N., Yalçın, A. (2007). Performance of masonry stone buildings during the March 25 and 28, 2004 Aşkale (Erzurum) earthquakes in Turkey. *Journal of performance of constructed facilities*, 21(6), 432-440.

Decanini, L., De Sortis, A., Goretti, A., Langenbach, R., Mollaioli, F., Rasulo, A. (2004). Performance of masonry buildings during the 2002 Molise, Italy, earthquake. *Earthquake Spectra*, 20(S1), S191-S220.

Kazaz, İ, Kazaz, E. (2015). İnşaat Kaynaklı Yer Sarsıntısının Tarihi Yapılara Etkisi, 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Erzurum.

Kocaman, İ., İ. Kazaz, and E. Kazaz. (2020). Seismic load capacity of historical masonry mosques by rigid body kinetics, *International Journal of Architectural Heritage*, 14(6), 849-869, doi:10.1080/15583058.2019.1570389.

Oyguc, R., Oyguc, E. (2017). 2011 Van earthquakes: Lessons from damaged masonry structures, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0001057.

Sayın, E., Yön, B., Calayır, Y., Gör, M. (2014). Construction failures of masonry and adobe buildings during the 2011 Van earthquakes in Turkey. *Structural Engineering and Mechanics*, 51(3), 503-518.

Yön, B., Onat, O. (2017). 3 Aralık 2015 Bingöl-Kiğı depreminin Tunceli ilindeki yığma yapılara etkisinin değerlendirilmesi, *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 9 (1), 375-385.