MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi
International Journal of Engineering Research and Development

UMAGD, (2020) 12(1), 265-277.

10.29137/umagd.621701

Cilt/Volume:12 Sayı/Issue:1 Ocak/January 2020

Araştırma Makalesi / Research Article

4 Nisan 2019 Elazığ-Sivrice Depreminin Yığma Yapılara Etkisinin Değerlendirilmesi

Evaluation of The Effect of The Elazığ-Sivrice Earthquake Dated 4 April 2019 On Masonry Structures

Melek Akgül[1], Orhan Doğan [2]

[1] Munzur Üniversitesi Tunceli MYO, 62000, Tunceli, TÜRKİYE
[2]Kırıkkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 71450, Kırıkkale, TÜRKİYE

***Başvuru/Received**: 18/09/2019* ***Kabul / Accepted**: 23/12/2019* ***Çevrimiçi Basım / Published Online:** 31/12/2019*

***Son Versiyon/Final Version**: 31/01/2020*

Öz

4 Nisan 2019 tarihinde, 5.2 büyüklüğünde, Doğu Anadolu Fayı üzerinde, merkez üssü Elazığ-Sivrice olan, bir deprem meydana gelmiştir.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin kırsal kesimlerinde ve şehirlerin kenar mahallelerinde, yapı stoğunun büyük bir kısmı, depreme karşı etkin olmayan moloz taşlardan inşa edilmiş duvar yapılarından oluşmaktadır. Yatay deprem yükleri ile artan bileşke kuvvetler, yığma duvarlarda özellikle çekme bağları çok zayıf olan derz noktalarında çekme çatlaklarına yol açar.

Bu çalışmada, söz konusu bölgenin kırsalında yer alan yığma yapılarda, yetersiz hatıl uygulamaları, farklı özellikli malzemelerin kullanımı, düşük kaliteli örgü malzemesi, yetersiz köşe kilitlenmeleri, döşemenin betonarme olmaması gibi nedenlerden dolayı, meydana gelen farklı hasar tipleri tespit edilmiştir. Hasarların büyük oranda Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018'de (TBDY-2018) belirtilen düzensizliklerden kaynaklandığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler

"Elazığ-Sivrice depremi, yığma yapılar, hasar değerlendirmesi, düzlem dışı davranış, düzlem içi davranış"

Abstract

On April 4, 2019, an earthquake of 5.2 magnitude occurred on the East Anatolian Fault with a epicenter of Elazığ-Sivrice. In the slums of the cities and in the rural areas of Eastern and Southeastern Anatolia, a large percentage of the building stock is composed of masonry structures constructed with rubble stones that do not act against the earthquake. Increased junction forces with horizontal earthquake loads lead to tensile cracks in masonry walls, especially at joints where tensile bonds are very weak.

In this study, different types of damages were determined due to reasons such as insufficient girder applications, use of different materials, low quality bond material, insufficient binding in corner and non-reinforced concrete slab in the masonry structures in the rural areas of the region. The damages were mostly caused by the irregularities specified in the Turkey Building Earthquake Code -2018 (TBDY-2018).

Key Words

"Elazığ- Sivrice earthquake, masonry structures, damage assessment, out-of-plane behavior, in-plane behavior"

***Sorumlu Yazar: melekakgul@munzur.edu.tr**

1. Giriş

Türkiye'nin ilk resmi deprem bölgeleri haritası Türkiye'yi, üç bölgeye ayıran "1945-Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası"dır. Bu harita, zaman içinde bilimsel ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak en sonuncusu 2018'de olmak üzere birçok kez güncellenmiştir (Özmen, 2012).

Türkiye, Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ve Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) gibi çok önemli ve aktif faylar üzerinde yer almaktadır. KAFS'nde meydana gelen 1939 ve 1992 Erzincan, 1999 Kocaeli ve Düzce Depremleri, DAFS üzerinde oluşan 1998 Adana-Ceyhan, 2003 Bingöl, 2010 Elazığ-Kovancılar ve 2011 Van Depremleri bu fayların etkinliklerini göstermektedir (Yön ve Onat, 2017).

Şubat 2004 Çelikhan (Adıyaman), Ağustos 2004 Sivrice-Elazığ, Haziran 2005 Karlıova, Ocak 2007 Karakoçan-Elazığ, Şubat 2007 Sivrice-Elazığ, Ağustos 2007 Karlıova (Bingöl), Temmuz 2012 Andırın, Eylül 2012 Pazarcık – Kahramanmaraş, Kasım 2012 Çöçelli (Pazarcık-K.Maraş) ve Nisan 2019 Sivrice depremleri, son 15 yıldır Doğu Anadolu Fay Zonunun özellikle Gölbaşı-Türkoğlu ve Palu KD'sundaki Gökdere yükseliminin olduğu kesimde gerilmenin arttığı ve bu kesimlerin bir hazırlık evresine girmiş olduğu düşündürmektedir (Demirtaş, 2019).

Yığma yapılar, taşıyıcı sistemi tuğla ve doğal taşlar gibi farklı kargir malzemelerden yapılmış düşey duvarlardan oluşan yapılardır. Türkiye'de, yığma yapılar özellikle kırsal bölgelerde yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Deprem gibi yanal kuvvetlere karşı betonarme ya da çelik elemanlara göre istenen süneklik özelliğini sağlayamayan yığma yapılar; bu özelliğinden dolayı depreme dayanıklı yapı olarak değerlendirilmemektedir (Göker ve Karaşin, 2015; Akgül ve Doğan, 2020).

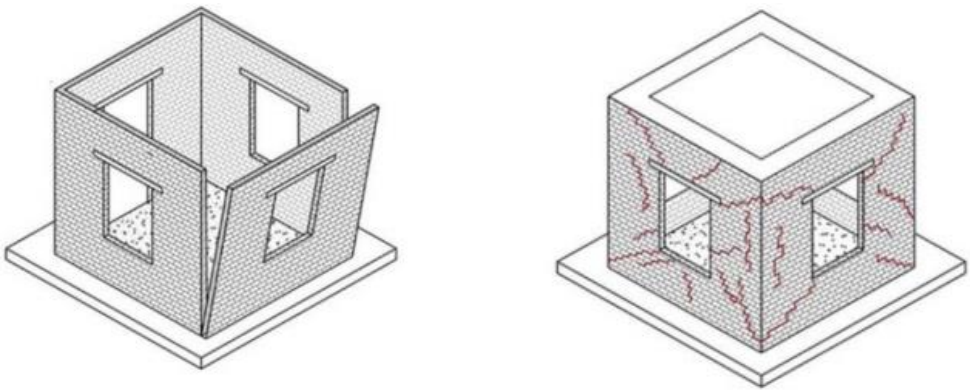
2. Materyal ve Method

Bu çalışma; 4 Nisan 2019 tarihinde DAF'nda merkez üssü Elazığ-Sivrice olan depremin en fazla hasara yol açtığı köylerden Doğanbağı köyünde yapılan saha çalışmalarına bağlı yerinde hasar tespiti ve değerlendirmelerini içermektedir. Çalışma çok sayıda literatür kaynaklı saha çalışmalarından elde edilen verilerin yanı sıra, yazar ekibi tarafından Elazığ-Sivrice depremi sonrası yapılan saha çalışmalarına bağlı değerlendirmeleri sunmaktadır.

3. Bulgular ve Tartışma

Betonarme ve çelik yapılara nazaran sünek davranış göstermeyen yığma yapılarda meydana gelen deprem hasarlarının nedenleri; düzlem dışı davranış, düzlem içi davranış ve bu iki davranışın birlikte gözlendiği durumlar olarak üç ana grupta incelenmektedir (Şekil 1). Düzlem içi davranış taşıyıcı yığma duvara paralel doğrultuda etki eden düzlem kuvvetlerine bağlı iken düzlem dışı davranış taşıyıcı yığma duvarlara dik doğrultuda etkili olan sismik hareket sonucunda meydana gelmektedir (Oyguç, 2017; Oyguc ve Oyguc, 2017).

a. b.



Şekil 1. (a) Düzlem dışı davranış; dik duvarların ayrılması;
(b) Düzlem içi davranış; deprem yönünde X çatlağı oluşumu. (Oyguç, 2017)

Meydana gelen ve yıkıcı etkisi olan birçok deprem sonrası yığma binalar üzerine yapılmış çok sayıda çalışma söz konusudur. Deprem sonrası gözlenen yapısal davranış ve oluşan hasarlara ilişkin lokal saha çalışmalarda; yapısal eksiklikler, duvar türleri ve birleşim şekilleri, binanın zemin/döşeme bütüncül davranışı, sismik hareket yönü, yönetmelik ihlalleri, kırsal bölgelerdeki muhtemel şiddet cetveli, güçlendirme tür ve önerileri gibi parametreler esas alınarak değerlendirmeler sunulmuştur (Yön ve Onat 2017; Göker ve Karaşin, 2015; Oyguç, 2017; Koç, 2016; Sayın vd., 2014; Tomazevič, 2000; D'Ayala ve Speranza, 2003; Jagadish vd., 2003; Jitendra ve Hiçyılmaz, 2008; Öztürk, 2018; Keskin ve Bozdoğan, 2018; Akgül ve Doğan, 2019, Öztürk, 2003; Güney vd., 2015; Doğan vd., 2006; Bayraktar vd., 2007).

Deprem sonrası hasar gören yığma yapılar üzerinde yapılmış çalışmalar, yapısal hasarların başlıca nedenlerini aşağıdaki gibi sıralamaktadır.

- Düşey veya duvar üstü hatılların eksik ya da yetersiz olması,
- Büyük kapı ve pencere boşluklarının bulunması,
- Duvar-köşe birleşimlerinde uygun olmayan bağlantılar,
- Şartnamelerde belirtilen kuralların ihlali,
- Mühendislik bilgisi/hizmetlerinin eksikliği,
- Kalitesiz işçilik,
- Düşük dayanımlı malzeme kullanımı,
- Boşluk oranı fazla tuğla kullanımı,
- Temel veya zemine bağlı oturmalar,
- Ağır çatılar,
- Düğüm noktalarının yanlış teşkil edilmesi,
- Saha koşullarına bağlı sismik performans,
- Her iki yönde taşıyıcı duvar yerleşiminin uygun olmaması,
- Döşemenin betonarme olmaması ve rijit diyafram oluşmaması.

Bu çalışma kapsamında, yukarıda verilen parametrelere bağlı olarak Elazığ-Sivrice yerleşkesinde bulunan 22 meskende gözlemsel saha çalışmaları ve değerlendirmeler yapılmıştır.

3.1. Elazığ – Sivrice Depremi Özellikleri

3.1.1. Yer hareketinin karakteristik özelliği

04.04.2019 tarihinde, Türkiye saati ile 20:31'de merkez üssü Sivrice (Elazığ) olan Mw 5.2 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Yerin 9.40 km derininde meydana gelen bu depremin en yakın yerleşim birimi Elazığ-Sivrice-Kılıçkaya köyüne uzaklığı 3.12 km'dir (Tablo 1). Merkez üssüne en yakın 5 farklı il merkezine olan uzaklıkları Tablo 2'de yer almaktadır. Ana şok sonrası kaydedilen 5 artçı deprem 1.8 ile 3.3 arasında değişen büyüklüklere sahiptir (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2019).

Tablo 1. Depremin merkez üssüne en yakın Türkiye'deki yerleşim yerleri

İl	İlçe	Köy	Mesafe (km)
Elazığ	Sivrice	Kılıçkaya	3.12
Elazığ	Sivrice	Kalaba	3.21
Elazığ	Sivrice	Akseki	3.28
Elazığ	Sivrice	Uslu	3.48
Elazığ	Sivrice	Kamışlık	4.44

Tablo 2. Depremin merkez üssüne en yakın Türkiye'deki il merkezleri

İl	İlçe	Mesafe (km)
Elazığ	Merkez	32.15
Malatya	Merkez	70.97
Tunceli	Merkez	87.22
Adıyaman	Merkez	102.25
Diyarbakır	Merkez	109.23

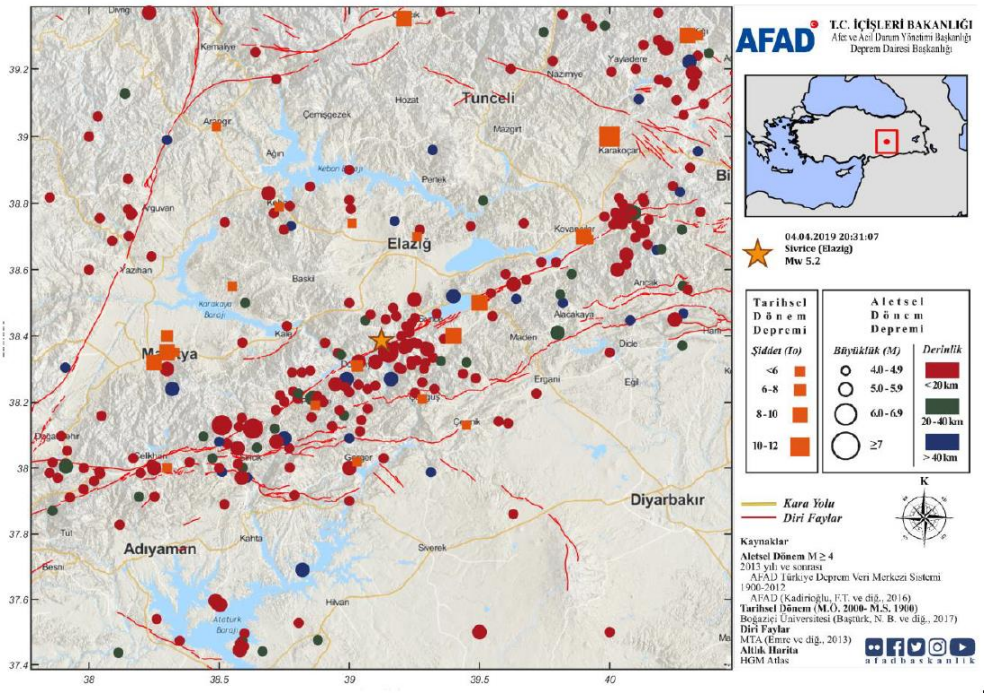
Deprem sol yanal doğrultu atımlı bir fay olan Doğu Anadolu Fayının Hazar Gölü-Sincik Segmenti üzerinde meydana gelmiştir. Bölgenin geçmiş dönem deprem aktivitesine göre bu segment üzerindeki son hasar yapıcı deprem, 144 yıl önce 1875 yılında meydana gelen M=7.0 büyüklüğündeki deprem olarak bilinmektedir. Söz konusu segment üzerinde büyük bir deprem olma olasılığı düşük-çok düşük olarak öngörülmektedir. Ancak 2004 yılından bu yana bölgede meydana gelen ve büyüklükleri 4.7<M<5.7 arasında değişen 10 deprem nedeniyle son 15 yıldır Doğu Anadolu Fay Zonunun özellikle Gölbaşı-Türkoğlu ve Palu KD'sundaki Gökdere yükseliminin olduğu kesimlerde gerilmenin artmış olabileceği ve bu kesimlerin bir hazırlık evresine girmiş olabileceği düşünülmektedir. Hazar-Sincik Segmenti; yaklaşık 85 km uzunluktaki bu segmenttir ve Hazar Gölü ile Sincik arasında uzanır; kuzeydeki segment Hazar Gölü-Doğanyol arasında yer alır (Şekil 2), K60D doğrultuludur, güneydeki segment Doğanyol-Sincik arasında uzanır ve K55D doğrultusuna sahiptir (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2019; Demirtaş, 2019).



Şekil 2. Hazar-Sincik Segmenti (Demirtaş, 2019)

3.1.2. Bölgenin geçmiş dönem deprem aktivitesi

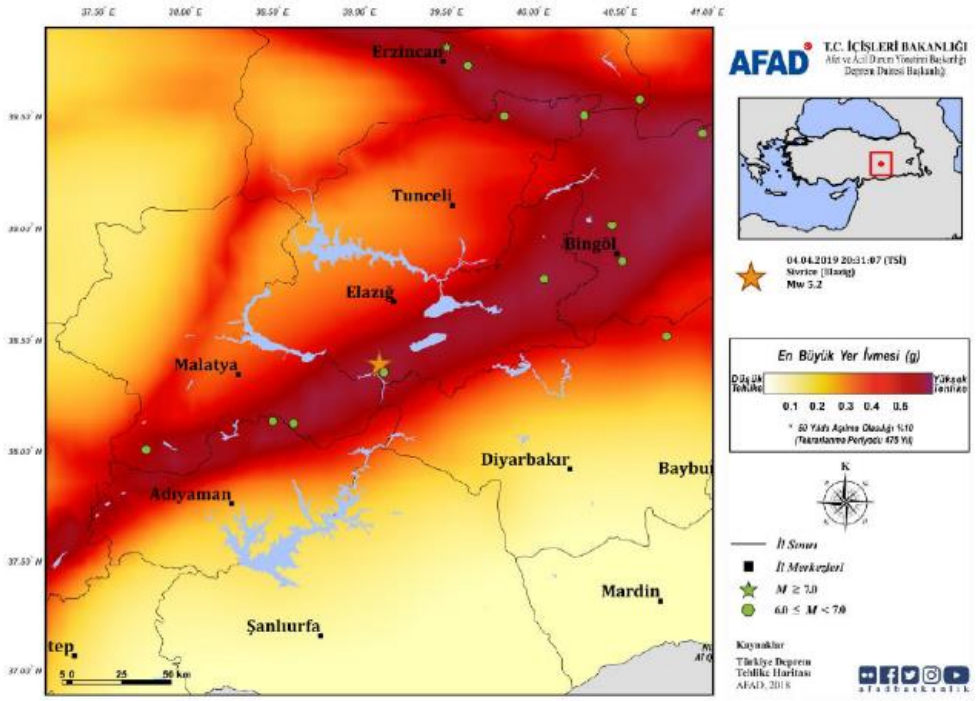
Bölgede 1900 yılından günümüze kadar en büyüğü 6,8 olmak üzere 282 adet M>=4,0 deprem meydana gelmiştir. Ayrıca bölgeye ait, 1900 yılı öncesi için, 41 adet tarihsel dönem depremi kaydı mevcuttur (Şekil 3) (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2019).



Şekil 3. Bölgenin tarihsel ve aletsel dönem deprem aktivitesi

3.1.3. Bölgenin deprem tehlikesi

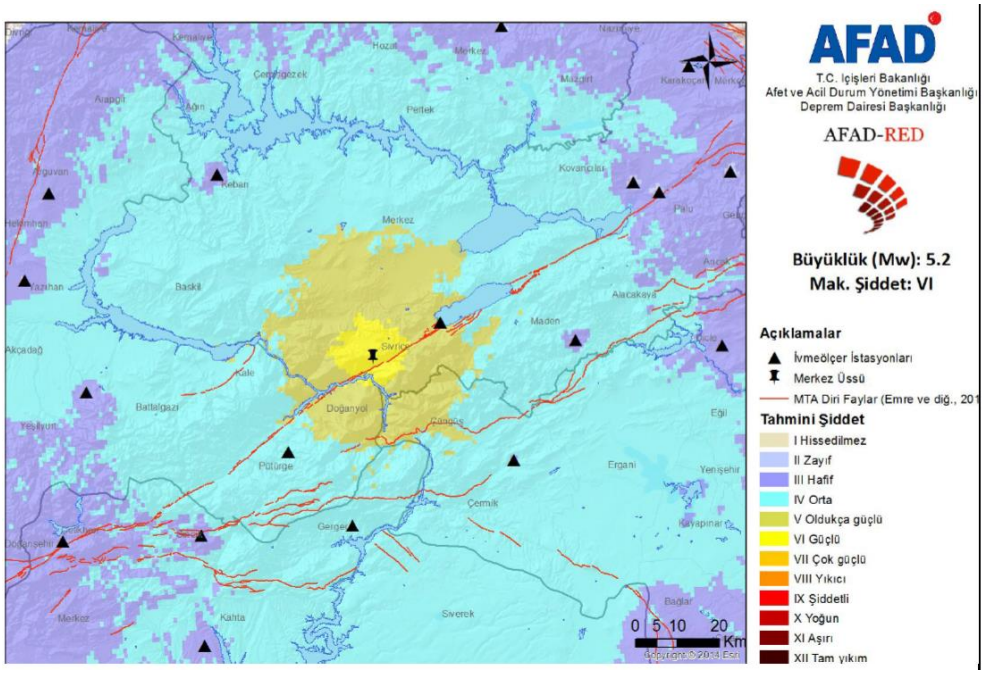
Depremin meydana geldiği noktanın Türkiye Deprem Tehlike Haritasındaki PGA 475 değeri 0.61881 g'dir. AFAD verilerine göre; bölgenin deprem tehlikesi Şekil 4'de görüldüğü gibidir (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2019).



Şekil 4. Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre bölgenin deprem tehlikesi

3.1.4. Depremin şiddeti

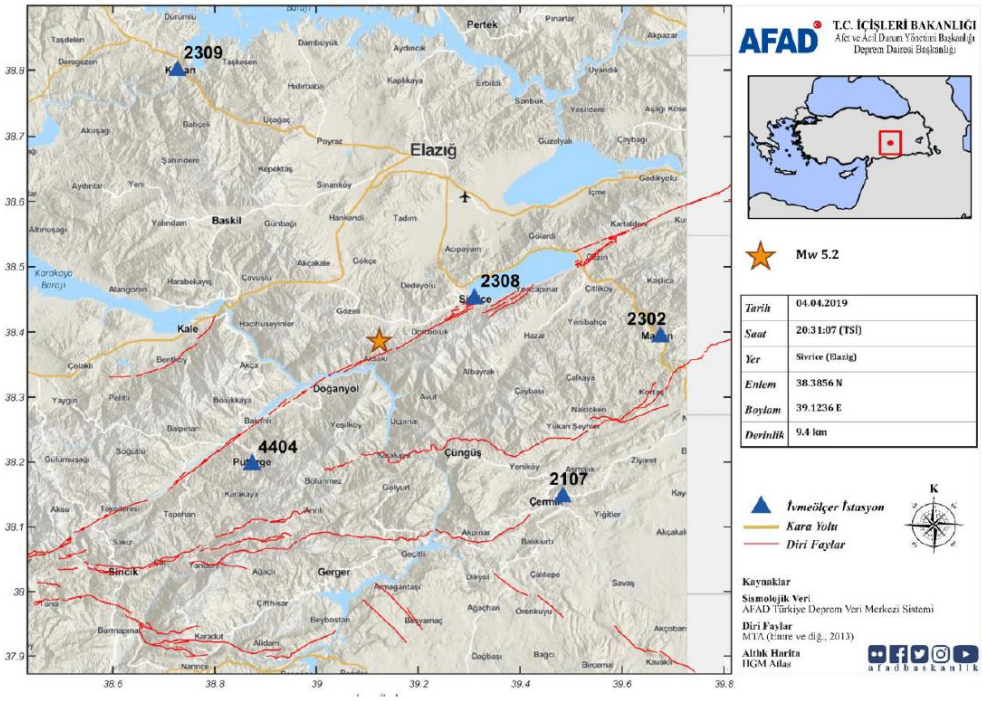
Deprem Ön Hasar Tahmin Sistemi (AFAD-RED) kullanılarak üretilen şiddet haritasına göre depremin merkez üssüne en yakın, Türkiye sınırları içerisindeki, yerleşim yerinde depremin şiddeti MMI VI olarak hesaplanmıştır (Şekil 5) (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2019).



Şekil 5. AFAD-RED tahmini şiddet haritası

3.1.5. Ölçülen ivme değerleri

112 adet ivmeölçer ile yapılan ön değerlendirme sonuçlarına göre en büyük ivme 38.41 gal olarak ölçülmüştür. Depremin merkez üssüne en yakın 5 ivmeölçer istasyonun ölçtüğü ivme değerleri Şekil 6' de, istasyonlara ait bilgiler ise Tablo 3' de verilmiştir (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2019).



Şekil 6. Depremi kaydeden en yakın 5 ivmeölçer istasyonun dağılımı

Tablo 3. Bölgedeki ivmeölçer istasyonlar ve ölçülen ivme değerleri

İstasyon			Ölçülen İvme Değerleri (gal)			Uzaklık R_{epi}
Kodu	**Enlem**	**Boylam**	**K-G**	**D-B**	**Düşey**	**(km)**
2308	38.4506	39.3102	38.3102	29.300	16.150	17.0
2107	38.1459	39.4938	4.877	4.273	2.077	30.15
4404	38.1959	38.8738	13.649	10.765	8.692	33.60
2302	38.3923	39.6754	1.428	1.222	1.407	40.21
2309	38.7991	38.7273	9.221	5.710	2.744	68.22

3.2. Yapısal Hasarlar

3.2.1. Malzeme özelliklerine bağlı yapısal hasarlar

Depremin yaşandığı bölgedeki yığma binalar; düşük malzeme kalitesine sahip ve bölgeden temin edilen moloz taşların bağlayıcılık özelliği zayıf malzemeler ile örülmesi ve yatay hatıl olarak genellikle ahşap malzeme kullanımı esasına dayanır. Ayrıca kerpiçten yapılmış yığma binaların duvarları yer yer sonradan eklenen tuğla duvar eklentilere sahiptir. Yığma binalarda taşıyıcı duvarlar, düzensiz ve gelişigüzel yerleştirilmiş kerpiç, moloz taş, tuğla gibi malzemeler düşük bağlayıcılık özelliği olan çamur harcı veya yer yer çimento katkılı kireç ile örülmüştür. Farklı rijitliğe ve malzeme özelliğine sahip duvarlarda; düzlem içi, düzlem dışı ve zayıf köşe bağlantılara bağlı hasar ve göçmeler söz konusudur (Şekil 7).

Kargir malzemelerin düşük kaliteli, farklı mekanik ve boyutsal özelliklere sahip olması; yığma binalarda devrilme ve göçme riskini arttıracak niteliktedir. 2018 TBDY'nde yığma binalarda taşıyıcı duvar malzemesi olarak; boşluklu beton briketler, dolgu duvarlar imalatında kullanılan yatay delikli tuğlalar, kerpiç, moloz taş, pomza taşı ve benzeri biçim verilmiş blokların taşıyıcı yığma duvarlarda kargir malzeme olarak kullanımı yasaklanmıştır (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018).
Saha çalışmalarından elde edilen verilere göre; 2018 TBDY'nde yasaklanan kerpiç malzemenin kullanımı bölgede birçok tahribat ve göçmelerde önemli bir etkendir.

a. b. c.

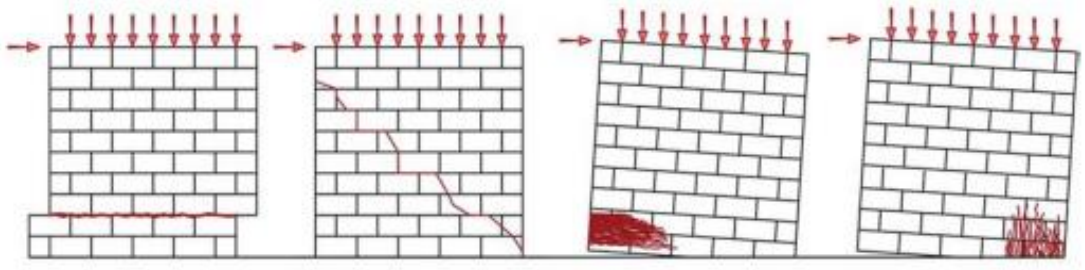


Şekil 7. Malzeme Özelliklerine Bağlı Yapısal Hasarlar

3.2.2. Düzlem içi davranışa bağlı yapısal hasarlar

Düzlem içi davranışlar; sismik yüke maruz kalan bir yığma duvardaki tipik göçme modları farklı şekillerde hasar ile sonuçlanmaktadır (Şekil 8). Aşırı eğilme ya da kesme kuvveti söz konusu hasara yol açmaktadır. Düzlem içi davranışa etki eden yük kombinasyonu, duvar geometrisine, malzeme bileşenine ve yüklemenin doğasına (monotonik veya çevrimsel) bağlıdır (Oyguç, 2017; Zhuge vd., 1998).

a. b. c. d.



Şekil 8. Düzlem içi sismik yüke maruz kalan bir yığma duvardaki tipik göçme modları:
(a) Kayma kesme hasarı **(b)** Diyagonal çekme hasarı **(c)** Devrilme **(d)** Tabanda ezilme (Oyguç, 2017)

Düzlem içi davranışı kayma kesmesi, diyagonal kesme ve eğilme hasarları olarak üç ana gruba ayrılmaktadır. Eğilme hasarları ise mafsallaşma ve duvar tabanının ezilmesi olarak iki alt gruba ayrılırlar. Bunlara ilaveten, söz konusu mekanizmalar yükseklik/genişlik oranına ve yığma yapı malzemesinin kalitesine bağlıdır (Oyguç, 2017; Tomazevič, 2000; D'Ayala ve Speranza, 2003).

Bölgede taşıyıcı yığma duvar doğrultusunda etkili olan düzlem kuvvetlerine bağlı olarak düzlem içi davranış, göçme ve hasara sebep olmuştur (Şekil 9).

a. b.

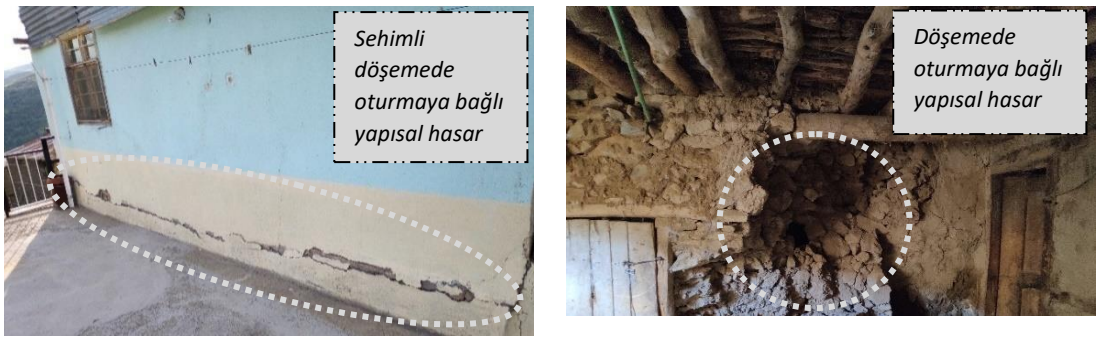


Şekil 9. Düzlem İçi Davranışa Bağlı Hasarlar

3.2.3. Düzlem dışı davranışa bağlı yapısal hasarlar

Saha gözlem sonuçlarından da elde edilen verilere göre; taşıyıcı yığma duvarlara dik doğrultuda etkili olan sismik hareket sonucu düzlem dışı davranışlar, mertekler ile üstten tutulmamış taşıyıcı yığma duvarlarda derin çatlak ve yarıklara sebep olmaktadır (Şekil 10). Şekil 10.a. da betonarme döşemeye oturan duvarda döşemenin deprem etkisiyle sehim yapması sonucu oluşan hasarlar söz konusudur.

a. b.



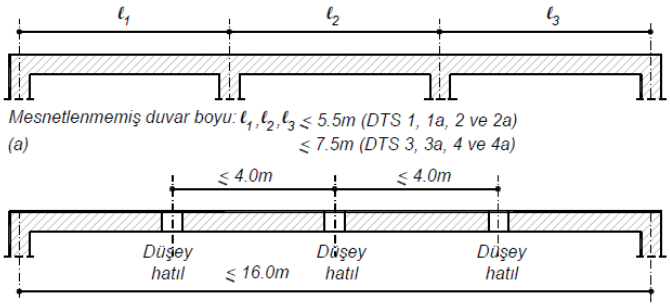
Şekil 10. Düzlem Dışı Davranışa Bağlı Hasarlar

3.2.3. Boyutsal özellikleri uygun olmayan elemanlara bağlı yapısal hasarlar

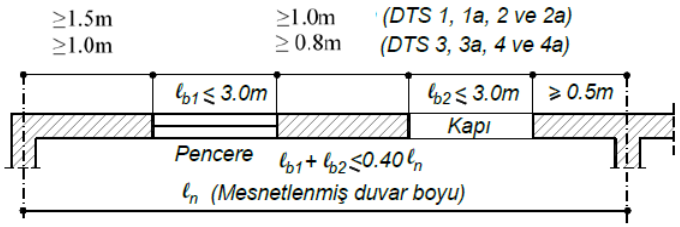
2018 TBDY'de donatısız ve kuşatılmış yığma binalarda taşıyıcı yığma duvarlarda desteklenmemiş mesafeler ve düşey hatıllar arası olması gereken mesafeler Şekil 11'de verildiği gibi sınırlandırılmıştır (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018).

Gözlemlenen saha çalışmalarında; desteksiz yapılan uzun duvarlarda, uygun olmayan kapı pencere boşluğu, konstrüktif kurallara uymayan hatalı yerleşim düzeninden ve eksik düşey/yatay hatıl kullanımından kaynaklı hasarlar tespit edilmiştir (Şekil 10.a ve Şekil 16).

a.



b.



Şekil 11. Yığma binalarda taşıyıcı yığma duvarlarda desteklenmemiş sınır değerler (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018)

3.2.4. Kapı Pencere boşluğuna bağlı oluşan yapısal hasarlar

Kapı ve pencerelerin duvar köşelerine yakınlığı ya/ya da kapı pencere boşluklarının fazla olması kesme çatlaklarına sebep olurken; yapının oturduğu zemindeki farklı zemin oturmaları ve kapı pencere boşluklarının fazlalığı oturma çatlaklarına sebep olmaktadır (Şekil 12).

a. b.



c. d.

Şekil 12. Kapı Pencere Çevresinde Oluşan Hasarlar

3.2.5 Farklı zemin oturmalarına bağlı yapısal hasarlar

Yapılan saha çalışmalarında; farklı zemin oturmalarına bağlı olarak yığma yapılarda oturma çatlakları gözlemlenmiştir. Bölgenin bazı yerleşim alanlarının yamaca oturması; iki yapının birleşim yerlerinde ya da yapı içi duvar birleşim bölgelerinde hasarlara sebep olmuştur (Şekil 13, Şekil 7c, Şekil 12a, Şekil 12c). Şekil 13.c. de; döşemesi betonarme olan duvarda zemin oturmasına bağlı yatay ayrılma çatlakları söz konudur.

a. b.



Şekil 13. Farklı Zemin Oturmalarına Bağlı Hasarlar

c.

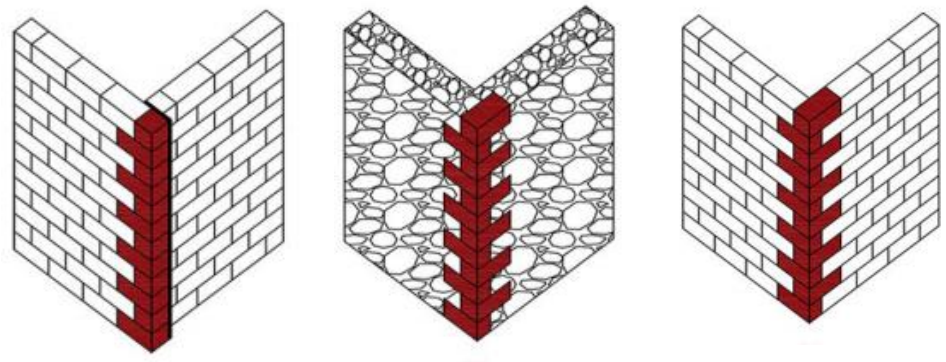


Şekil 13 *(devam)*. Farklı Zemin Oturmalarına Bağlı Hasarlar

3.2.6. Yeterli bütünlük sağlamayan duvar-duvar, duvar-döşeme, çatı-duvar birleşimlerine bağlı oluşan yapısal hasarlar

Yığma yapılarda köşe birleşim bölgelerinde yeterli bütünlüğün sağlanmaması büyük hasarlara sebep olmaktadır (Ural vd., 2012; Inel vd., 2013). Bölgedeki hasarlı yapılar üzerinde incelenen köşe detayları; kilit taşı eksikliği, yetersiz kilitlenme ve doğu birleşim özellikleri Şekil 14'te verilmiştir (Oyguç, 2017; D'Ayala ve Speranza, 2003).

a. b. c.



Şekil 14. Köşe detayları: (a) Kilit taşı eksikliği (b) Yetersiz kilitlenme (c) Yeterli birleşim (Oyguç, 2017)

İncelenen hasarlı yapılarda, duvar-duvar veya duvar-döşeme bağlantılarında yapım esaslarına uyulmaması ve desteksiz çatı sisteminden kaynaklanan deprem etkisine bağlı göçmeler söz konusudur. Ayrıca saha çalışmalarında; Şekil 15'de kaydedildiği gibi köşe birleşimi hasarlarına sıklıkla rastlanmıştır. Duvar-duvar köşe birleşimlerinin yetersiz ve yanlış mesnetlenmeleri yapının bölgesel olarak düşük stabil özellik göstermesine sebep olmaktadır. Aynı yapıda yetersiz çatı-duvar birleşimi ve duvar üstü hatıl eksikliği; duvarlarda genellikle hasar görmeden düzlem dışı devrilmelere sebep olmuştur.

a. b.



Şekil 15. Yeterli Bütünlük Sağlamayan Eleman Birleşimine Bağlı Oluşan Hasarlar

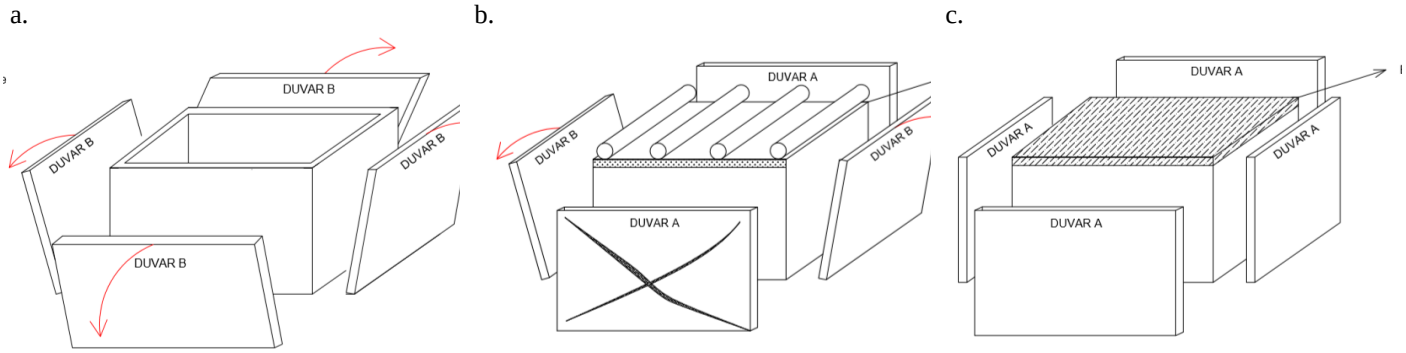
Bölgedeki tespitler sonucunda döşemesi betonarme olmayan ya da merteksiz yığma binalarda daha büyük hasarlar tespit edilmiştir. Ayrıca duvarlara basan merteklerin altına yatay hatıl konmaması; merteklerin bastığı duvarlarda yukarıdan aşağıya çekme çatlaklarına sebep olurken, merteklerin basmadığı duvarlarla onlara dik olan merteklerin bastığı duvarların birleşim hattında yukarıdan aşağı açılmalara sebep olmuştur (Şekil 13.b., Şekil 15.a. ve Şekil 16).



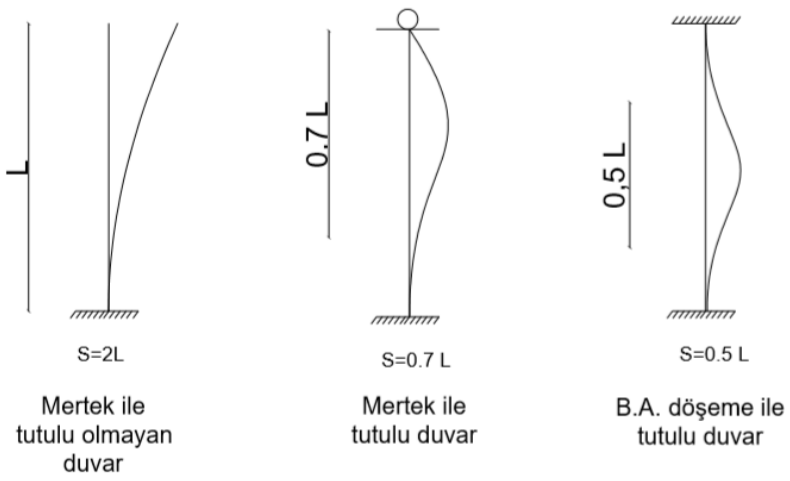
Şekil 16. Çatı ve Duvarlar Arasında Yetersiz Bağlantıya Bağlı Hasarlar

Mertek veya betonarme döşemenin duvar stabilitesine etkisi

Şekil 17'de a. döşemesiz, b.mertekli, c.betonarme döşemeli yığma duvarların döşeme bağlantı türüne bağlı düzlem içi/dışı göçme modelleri verilmiştir. Döşeme merteği ile tutulu olan yığma duvarlar düzlem dışı devrilmeye karşı mertek ile tutulu olmayan duvarlara nazaran daha stabil davranış sergilerken, en stabil davranış betonarme döşemeyle tutulu duvarlardan beklenmektedir (Şekil 18).



Şekil 17. Yığma duvarlarda döşeme türüne bağlı düzlem içi/dışı göçme modelleri
(a) Döşemesiz (b) Mertekli (c) BA. döşemeli



Şekil 18. Yığma duvarların düzlem dışı davranış modeli

4. Sonuç

4 Nisan 2019 tarihinde Doğu Anadolu Fay hattı üzerinde, Elazığ-Sivrice depremi orta büyüklükte sığ bir depremdir. Söz konusu yığma binalarda yapılan incelemeler; Mw 5.2 büyüklüğündeki orta büyüklükteki depremin yapısal hasarın oluşmasına sebep olduğu ve bu yapıların yetersiz deprem performansın sergilediği yönündedir.

Türkiye'nin çoğu kırsal bölgesinde olduğu gibi Elazığ-Sivrice depreminin etkili olduğu bölgede; mevcut yığma binalar kerpiç, tuğla, yontma taşlar ile kötü bağlayıcı malzeme kullanılarak inşa edilmektedir. Depremin meydana geldiği bölgede kullanılan malzeme; bölgeye özgü ve ekonomiktir ancak, imkanlar dahilinde yapılan yığma binalarda meydana gelen hasarlar yıkıcı etkilere sahiptir. 2019 Elazığ-Sivrice depremi geçmiş depremlerde gözlemlenen ve raporlanan kerpiç malzemenin kullanımının uygun olmadığını bir kez daha sergiler niteliktedir.

Yapılan tespitler sonucunda depremde hasar gören yığma binaların inşasında eksik mühendislik hizmetleri ve kapı, pencere boşluklarının fazla olmasına bağlı olarak, özellikle kerpiç malzemeli taşıyıcı duvarlarda kesme çatlaklarına sebep olmuştur. Düzlem içi ve düzlem dışı davranışa bağlı olarak yığma duvarlardaki hasar ve göçmeler farklı zemin oturmalarına bağlı olarak hasarın boyutlarını arttıracak niteliktedir. 2018 TBDY ve daha öncesindeki yürürlükte bulunan uygulama esaslarının yeterince ya da hiç tatbik edilmemiş olması, bölgede devam etmesi muhtemel olan deprem vakalarına yıkıcı özellik kazandırmaktadır.

Her bir derece deprem büyümesinin depremin şiddetini yani yıkım oranını 32 kat büyütmektedir (Ocak, 2019). Bölgenin depremselliği dikkate alındığında 5.2 büyüklüğündeki bir deprem beklenen nihai bir deprem olmadığından bölge için beklenen 7'nin üzerinde bir depremin olması durumunda, 2 derecelik büyümenin şu an hasar görmemiş ancak azda olsa benzer hataları içeren diğer binalar içinde büyük hasarlar getirecektir.

Yaklaşık 45 haneli Doğanbağı köyünde gözlemlenen hasarlı mesken sayısı 22 olarak tespit edilmiş, bu hasarlar detaylı olarak incelendiğinde, daha önceki çalışmalarla da ortaya konmuş yaklaşık 14 adet kusurun büyük oranda var olduğu görülmüştür. Bunlardan en çok dikkat çeken parametreler önem sırasına göre; proje eksikliği ve şartnamelere uyulmaması, efsafsız ve bölgeye özgü malzemelerin kullanımı ve kalitesiz işçiliktir.

Bölgede yer alan mevcut hasar görmemiş yapı stoğunun gerekli röleve çalışmaları yapılarak, uygun duvarlarına şartnamelere uygun ve simetrik olarak, tuğla veya betonarme ilave duvarlar ve rijit diyafram oluşturarak duvarların bütüncül hareketini sağlayacak betonarme döşemeler eklenerek güçlendirilmesi gerekmektedir.

Referanslar

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2019). 04 Nisan 2019 Sivrice (Elazığ) Mw 5.2 Depremine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu. Deprem Dairesi Başkanlığı. Ankara.

Akgül, M. ve Doğan, O. (2019). Yığma yapılarda güçlendirme yöntemleri ve TBDY – 2018'de yığma yapılar. Munzur 1. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, Tunceli, Türkiye, 24-26 Mayıs 2019, sayfa: 73-86.

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

Bayraktar, A., Çoşkun, N., Yalçın A. (2007). Performance of Masonry Stone Buildings during the March 25 and 28 2004 Aşkale (Erzurum) Earthquake in Turkey. Journal of performance of constructed facilities. doi:10.1061/(ASCE)0887-3828(2007)21:6(432).

D'Ayala, .D. ve Speranza, E. (2003). Definition of collapse mechanisms and seismic vulnerability of historic masonry buildings. Earthquake Spectra, sayı 19-3, sayfa: 479-509.

Demirtaş, R. (2019). 04 Nisan 2019 Sivrice (Elazığ) depremi (Mw 5.2) ve Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin gelecek deprem potansiyeli. Teknik Rapor. Technical Report. DOI: 10.13140/RG.2.2.35050.57281 Erişim: https://www.researchgate.net/publication/332223789_04_Nisan_2019_Sivrice_Elazig_Depremi_Mw_52_ve_Dogu_Anadolu_Fay_Sistemi'nin_Gelecek_Deprem_Potansiyeli. (Erişim Tarihi: Eylül 2019).

Doğan, O., Koçak, A. ve Çağlar, Y., (2006). Fay hatlarına yakın bölgelerde yapı tasarımı. Yapısal onarım ve güçlendirme sempozyumu, Denizli, Türkiye, 2006, sayfa:71-75.

Güney, D., Aydin, E. ve Ozturk, B. (2015). The evaluation of damage mechanism of unreinforced masonry buildings after Van(2011) and Elazig (2010) Earthquakes. 11th International Conference on Damage Assessment of Structures (DAMAS 2015), Ghent, Belgium.

Göker, Ş. ve Karaşin, A. (2015). Depremde hasar gören kırsal yapılar için bir yapısal hasar değerlendirmesi. DÜMF Mühendislik Dergisi, cilt 6, sayi 1, sayfa: 31-38.

Inel, M., Ozmen, H.B., Akyol, E. (2013). Observations on the building damages after 19 May 2011 Simav (Turkey) earthquake. Bulletin of Earthquake Engineering. doi: 10.1007/s10518-012-9414-3.

Jagadish, K. S., Raghunath, S. ve Nanjunda Rao, K.S. (2003). Behaviour of masonry structures during the Bhuj earthquake of january 2001. Journal of Earth System Science, sayı 112-3, sayfa: 431-440.

Jitendra, K. B. ve Hiçyılmaz, K. M. O. (2008). General Observatıons Of Buıldıng Behavıour Durıng The 8th October 2005 Pakıstan Earthquake. Bulletın Of The New Zealand Socıety For Earthquake Engıneerıng, sayı 41- 4.

Keskin, E. ve Bozdoğan, K.B. (2018). 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli özelinde değerlendirilmesi. Kırklareli University Journal of Engineering and Science, sayi 4-1, sayfa: 74-90.

Koç, V. (2016). Depreme Maruz Kalmış Yığma ve Kırsal Yapı Davranışlarının İncelenerek Yığma Yapı Yapımında Dikkat Edilmesi Gereken Kuralların Derlenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, sayı 2016:2, sayfa: 36-57.

Ocak, M. E. (2019). Richter Ölçeği Nedir? Erişim: http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/richter-olcegi-nedir. (Erişim Tarihi: Eylül 2019).

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

Oyguç, R.A. (2017). 2011 Van depremlerinden sonra yığma yapılarda gözlemlenen hasarlar. BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi, cilt 19(2), sayfa: 296-315. Doi: 10.25092/baunfbed.348482.

Özmen, B. (2012). Türkiye deprem bölgeleri haritalarinin tarihsel gelişimi.Geological Bulletin of Turkey, cilt 55, sayı 1.

Öztürk, B. (2003). Seismic drift response of building structures in seismically active and near-fault regions. Ph.D. Thesis, Purdue University, Dept. of Civil Engineering, U.S.A.

Öztürk, M. (2018). 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve Türkiye deprem Tehlike haritası ile ilgili iç Anadolu bölgesi bazında bir Değerlendirme. Selçuk-Teknik Dergisi, cilt 17, sayı:2.

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

Tomazevič, M. (2000). Shaking table tests of small-scale models of masonry buildings: advantages and disadvantages. Massivbau 2000: Forschung, Entwicklungen, Anwendungen.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği TBDY-2018, Ankara.

Ural, A., Doğangün, A., Sezen, H., Angın Z. (2012). Seismic performance of masonry buildings during the 2007 Bala, Turkey earthquakes. Natural Hazard. doi: 10.1007/s11069-011-9887-4.

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

Zhuge, Y., Thambiratnam, D. ve Corderoy, J. (1998). Nonlinear dynamic analysis of unreinforced masonry. Journal of Structural Engineering, cilt 124, sayı 3, sayfa: 270-277.