

24 OCAK 2020 SİVRİCE DEPREMİ (Mw 6.8) İLE İLGİLİ GEOTEKNİK VE YAPISAL İNCELEMELER

STRUCTURAL AND GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS ON SİVRİCE EARTHQUAKE (Mw 6.8), JANUARY 24, 2020

Sinan SARGİN¹, Güldem KORKMAZ², Cihan ÖSER³
Seda ÖNCÜ DAVAS⁴, Rasim TEMÜR⁵, Erdem DAMCI⁶
Çağla ŞEKERCİ⁷

ÖZET

Elazığ ili Sivrice ilçesinde 24 Ocak 2020 tarihinde saat 20:55'te (yerel saatle GMT+3) 6.8 büyüklüğünde meydana gelen depremde Elazığ ilinin yanı sıra Malatya'nın bazı ilçe ve köylerinde de hissedilmiş, can ve mal kaybına neden olmuştur. Depremi ardından bölgede yerinde yapılan incelemelere göre depremin yıkıcı etkisinin en çok görüldüğü yerler merkez üstü yakınında bulunan köyler ile Elazığ'ın Sivrice ve Malatya'nın Doğanyol ilçeleridir. Bu çalışmada saha gözlemlerine dayalı geoteknik ve yapısal bulgulara yer verilmiştir. Geoteknik açıdan bakıldığında, özellikle baraj havzası ve göllere yakın bölgelerde yüzeye yakın alüvyon zemin (siltli kum-silt karışımları) tabakalarında sıvılaşma ve sıvılaşma kaynaklı yanıl yayılmalar, zeminde çatlaklar ile sıvılaşmadan bağımsız şev göçmeleri, kaya düşmeleri gözlemlenmiştir. Ayrıca, bazı ağırlık tipi istinat yapılarında lokal göçmeler kaydedilmiştir. Yapısal hasarlar incelendiğinde ise, oluşan hasarın yetersiz ve kalitesiz yapı malzemesinin kullanılması, mühendislik hizmeti almamış olmasından kaynaklı detaylandırma hataları ve kötü işçiliğin meydana gelen yıkımın başlıca sebepleri olduğu sonucuna varılmıştır. Bölgedeki yapı stoğunu oluşturan yığma ve betonarme yapıların yanında birçok minarenin hasar görmüş olması da, bu çalışmada gösterilen sonuçlarından birisidir. Son olarak, yerel zemin koşulları hakkında bilginin kısıtlı olması nedeniyle, depremin etkili olduğu alanda bulunan kuvvetli yer hareketi ölçüm istasyonlarından elde edilen kayıtlar ait ivme spektrumları ile 1975'ten günümüze kadar kullanımda olan yönetmeliklerde önerilen spektrumlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sivrice Depremi, sıvılaşma, minareler, yapısal hasar

¹ Ar.Gör.Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, ssargin@iuc.edu.tr (Sorumlu yazar)

² Ar.Gör., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, gkorkmaz@iuc.edu.tr

³ Dr.Öğr.Üyesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, oser@iuc.edu.tr

⁴ Dr.Öğr.Üyesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, seda.oncu@iuc.edu.tr

⁵ Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, temur@iuc.edu.tr

⁶ Dr.Öğr.Üyesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, damci@iuc.edu.tr

⁷ Ar.Gör., Doğu Üniversitesi, csekerici@dogus.edu.tr

ABSTRACT

On January 24, 2020 at 20:55 (GMT+3), the earthquake with a magnitude of Mw 6.8 that occurred in Sivrice district of Elazığ province, it was strongly felt in some districts and villages of Doganyol in Malatya, as well as in Elazığ province. This catastrophic event has caused loss of life and destruction of many buildings. In this paper, the findings belong to both geotechnical and structural, which were recorded by the authors during the visit of site, were presented. In point of view from geotechnical engineering, the manifestation of the liquefaction and lateral spreading due to liquefaction were seen in shallow silty sand and/or silty alluvium deposits located near the dam reservoir and the lakes. Additionally the cracks in the soil surface, limited rock falls and slope stability problems were reported. Moreover, some of the gravity retaining walls that had internal stability failures were observed. The common reasons of the structural damages seen in the area, can be indicated as low-quality both in materials and workmanship. The failures of the majority of the minarets in the earthquake area can be shown as another important conclusion of this paper. Finally, the acceleration spectrums of the strong ground motions recorded by the different stations in the area were compared with the current and previous earthquake codes since 1975.

Keywords: *Sivrice Earthquake, liquefaction, minarets, structural damage*

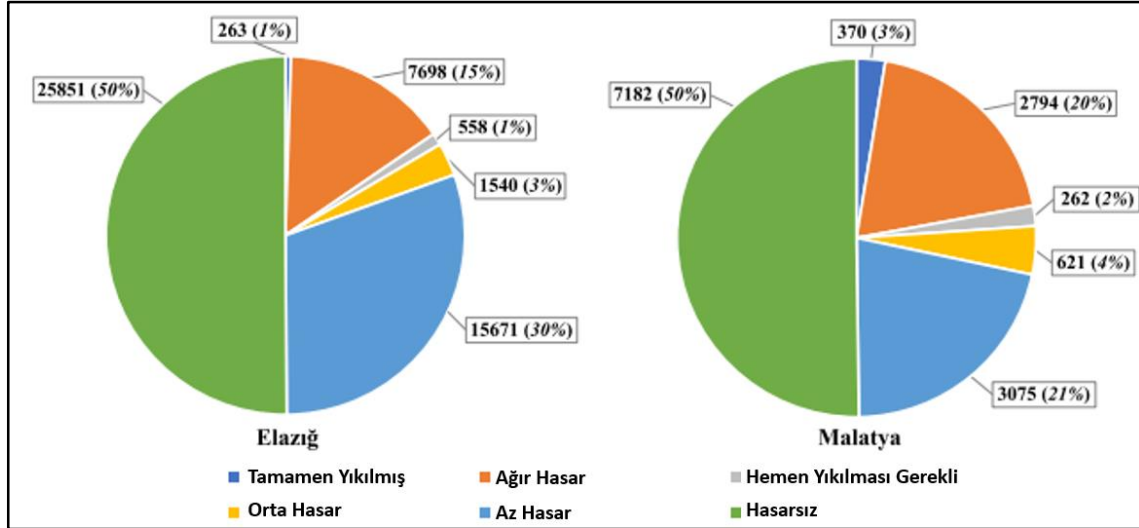
1. GİRİŞ

Ülkemizde meydana gelen yıkıcı depremlerin çoğunun gerçekleştiği iki temel fay zonundan biri olan Doğu Anadolu Fay zone üzerinde yer alan Elazığ, tarih boyunca çok çeşitli büyüklükte yıkıcı depremlere maruz kalmıştır. 24 Ocak 2020 tarihinde meydana gelen ve merkez üstü AFAD (2020a) ve Kandilli Rasathanesi (2020) tarafından Elazığ ili Sivrice ilçesi Çevrimtaş köyü olarak verilen depremin büyüklüğü farklı kurumlarca Mw=6.5-6.8 ölçülmüştür (Tablo 1). Özellikle Elazığ ili ve çevresinde ana şokun ardından yirmi beş adedi Mw=4.0'ten büyük olmak üzere toplamda 2259 adet artçı şok kaydedilmiştir. Depremin hasar bakımından etkilediği ve toplam nüfusun yaklaşık 1.3 milyon olduğu Malatya ve Elazığ il sınırları içerisinde toplam 41 kişinin ölümüne ve 1631 kişinin yaralanmasına sebep olmuştur. Bununla birlikte, AFAD (2020b) Elazığ şehir merkezi, Sivrice ve Maden ilçeleri ile civar köylerinde 51581 yapının hasar gördüğü rapor etmiştir. Sarsıntı sonucu hasar gören diğer bir bölge olan Malatya ilinin Doğanyol, Pütürge, Battalgazi, Yeşilyurt ve Kale ilçelerinde ise toplam hasar gören bina sayısı AFAD (2020b) tarafından 14304 olarak kaydedilmiştir. Her iki bölgede hasar gören binaların hasar seviyelerinin dağılımı Şekil 1'de verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında ilk olarak deprem ana şokunun etkili olduğu bölgelerde yerinde yapılan inceleme ve gözlemler sonucunda geoteknik açıdan önemli sayılabilecek bulgulara yer verilmiştir. Binalarda ve minarelerde görülen yapısal hasarlar ve türleri sunulmuş, nedenleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bölgenin jeolojisi ve yerel zemin özellikleri hakkında sınırlı bilgiye sahip olduğundan, bölgede bulunan kuvvetli yer hareketi istasyonlarından elde edilen kayıtlara ait ivme spektrumlarının 1975 yılından günümüze değin yürürlükte olan deprem yönetmeliklerinde farklı zemin koşulları için önerilen spektrumlar ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. Deprem büyüklüğü ve odağı ile ilgili parametreler (AFAD,2020)

	AFAD	Kandilli Rasathanesi	INGV	USGS	Avrupa Sismoloji Merkezi (CSEM)
Konum	39.06 D 38.36 K	39.24 D 38.37 K	39.12 D 38.39 K	39.08 D 38.39 K	39.22 D 38.37 K
Büyüklik (Mw)	6.8	6.5	6.8	6.7	6.8
Derinlik (km.)	8.06	5.0	11.0	11.9	15.0



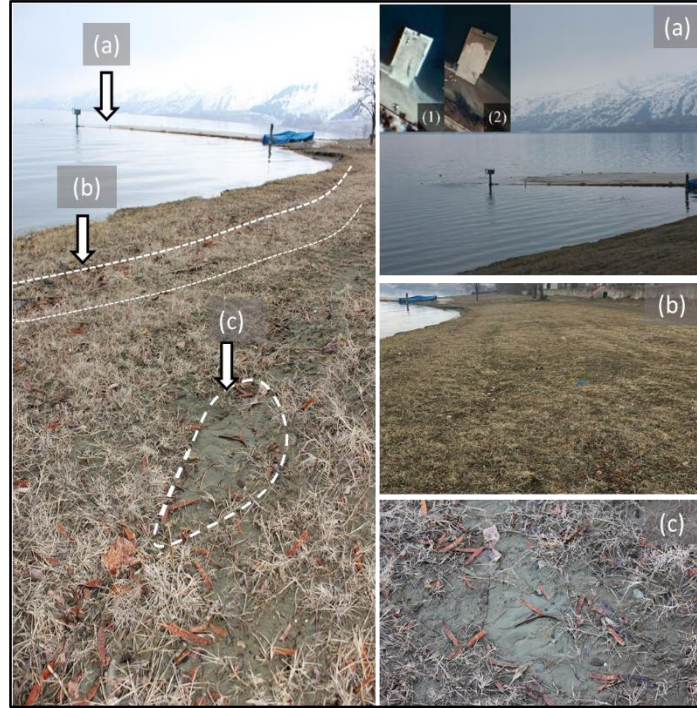
Şekil 1. Elazığ ve Malatya için verilen hasar dağılımı (Temür ve diğ., 2020)

2. GEOTEKNİK BULGULAR

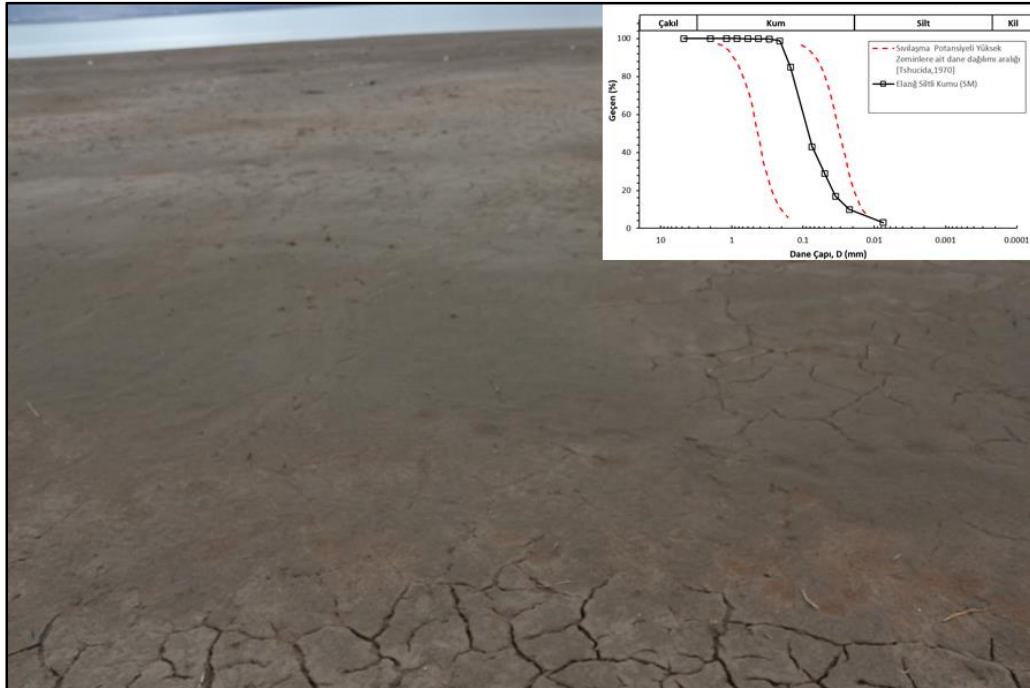
24 Ocak 2020 Sivrice Depremi'nin geoteknik açıdan oluşturduğu hasar sınırlı olmakla birlikte yerinde yapılan gözlemler sonucunda sıvılaşma ve sıvılaşma sonucunda meydana gelen zemin hareketleri gözlemlenmiştir. Sivrice ve Keban Baraj Gölleri etrafında sınırlı olarak kum kaynamaları görülmüştür. Bununla birlikte kuvvetli yer hareketine bağlı, istinat yapılarında kısmi göçme ve şev stabilitesi problemleri tespit edilmiştir.

2.1. Sıvılaşma ve Sıvılaşma Kaynaklı Hasarlar

Sivrice depreminde geoteknik açıdan meydana gelen yapısal hasarların asıl boyutunu sıvılaşma ve sıvılaşmanın tetiklediği zemin hareketleri oluşturmamaktadır. Sahada tespit edilen, sıvılaşma vakalarının hemen hepsinin yerleşim bölgeleri dışında meydana gelmiş olması bu durumun başlıca sebebi olarak gösterilebilir. Elazığ'ın Sivrice İlçesi'nin doğusunda yer alan Sivrice Gölü kıyısında sıvılaşma vakası ve sıvılaşmanın tetiklediği yanal yayılmalar görülmüştür. Yaklaşık olarak 20 ila 40 cm. arasında olduğu tahmin edilen bu yanal yayılmalar neticesinde, göl kenarında bulunan beton bloklardan teşkil edilmiş bir iskelenin hasar gördüğü kaydedilmiştir (Şekil 2). Şekil 2(a)'da depremde yıkılan iskelenin Eylül 2019 tarihli uydu görüntüsü (Google Earth, 2001) verilmiştir. Hem Sivrice Gölü hem de Elazığ İl Merkezi'ne yaklaşık 35 km. uzaklıkta bulunan Keban Baraj Gölü havzasında tespit edilen kum kaynamaları ve çatlaklarından alınan örselenmiş numuneler üzerinde yapılan elek analizi ve kıvam limitleri deneyleri sonucunda sıvılaşan siltli kum, silt zeminlere ait dane dağılım eğrileri elde edilmiştir. Şekil 3'te görüldüğü üzere, alınan örselenmiş numunelerin



şekil 2. Sivrice Gölü kıyısında (a) yanıl yayılım nedeniyle hasar gören iskele (b) sılılaşma kaynaklı yanıl yayılım (c) sılılaşma kaynaklı kum çıkışı



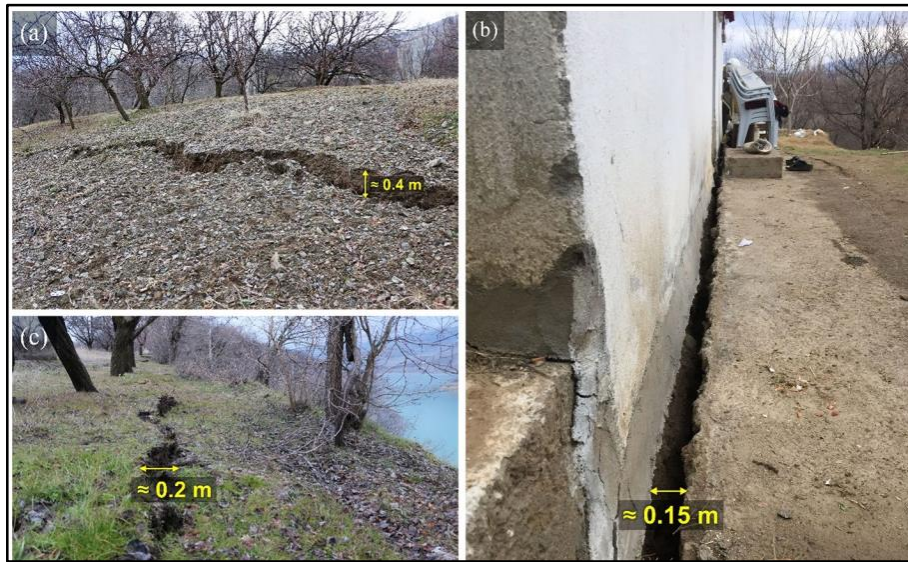
şekil 3. Keban Baraj Gölü kıyısında sılılaşma kaynaklı siltli kum çıkışı ve dane dağılım eğrisi

granölometri eğrisi Tshucida (1970) tarafından önerilen sılılaşabilir zeminlere ait dane dağılım eğrisi aralığı içerisinde kalmaktadır. Non-plastik silt ve kum karışımından oluşan zeminin uniformluk katsayısı (c_u) 4.2, eğrilik katsayısı (C_c) 1.0 ve ince dane oranı (IDO) % 43 olarak tayin edilmiş; ve zemin sınıfı USCS'ye göre SM olarak belirlenmiştir. Sılılaşmanın

gözlemlendiği bu bölgeler civarında bir sahaya ait olan herhangi bir arazi deneyi sonucuna ulaşamaması önemli bir eksikliklerdir.

2.2. Şev Duraylılığı Problemleri

Sivrice Depremi'nden sonra sahada yapılan incelemeler, her ne kadar depremin merkez üstü Elazığ İli Sivrice İlçesi olsa da etkisinin geniş çaplı olduğu ve çevre illerde de kuvvetli yer hareketine bağlı zemin deformasyonu ve göçmelerinin olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle, Malatya ili Doğanyol ve Pütürge ilçelerine bağlı köylerde depreme bağlı şev kaymaları gözlemlenmiştir. Pütürge ilçesine bağlı Tosunlu köyünde eğimli bir arazide bulunan tek katlı köy evi ve bahçesinde gözlemlenen yüzey çatlakları ve şev hareketine bağlı yapıda oluşan yatay deplasmanlar Şekil 4'te verilmiştir. Ayrıca, depremin merkez üstü sayılan Sivrice/ Çevrimtaş Köyü yolu üzerinde, gevşek zemin koşullarına bağlı sığ heyelanlar fotoğraflanmıştır (Şekil 5).



Şekil 4. Malatya ili Pütürge İlçesi Tosunlu köyünde şev kayması ve buna bağlı yapısal hasar



Şekil 5. Elazığ ili Sivrice İlçesi Çevrimtaş köyünde sığ şev stabilitesi problemi

Elazığ İl merkezinin çevresine göre düz konumda bulunması ve şehir merkezinde ölçülen yer hareketine ait maksimum yer ivmesinin yaklaşık olarak 0.14-0.15 g civarında olması nedeniyle, il merkezinde herhangi bir şev kayması ya da heyelana rastlanılmamıştır.

2.3. Dayanma Yapıları Hasarları

İnceleme esnasında sahada rastlanılan betonarme dayanma yapılarında gözle görülebilir hasar ve/veya göçme gözlemlenmemiştir. Bununla birlikte, mühendislik hizmeti almamış sıradan ağırlık tipi istinat duvarlarında orta ve ileri derecede hasar ve lokal göçmelerin olduğu tespit edilmiştir. Şekil 6'da Malatya İli Doğanyol ilçesi merkezinde bulunan, yaklaşık 2-3 m yüksekliğinde ve 0.4 m kalınlığa sahip ağırlık tipi istinat duvarında sismik yükleme etkisinde oluşan aktif toprak basıncı neticesinde farklı segmentlerinde göçmeler gösterilmiştir.



Şekil 6. Malatya ili Doğanyol İlçesinde lokal göçen bir ağırlık tipi istinat duvarı

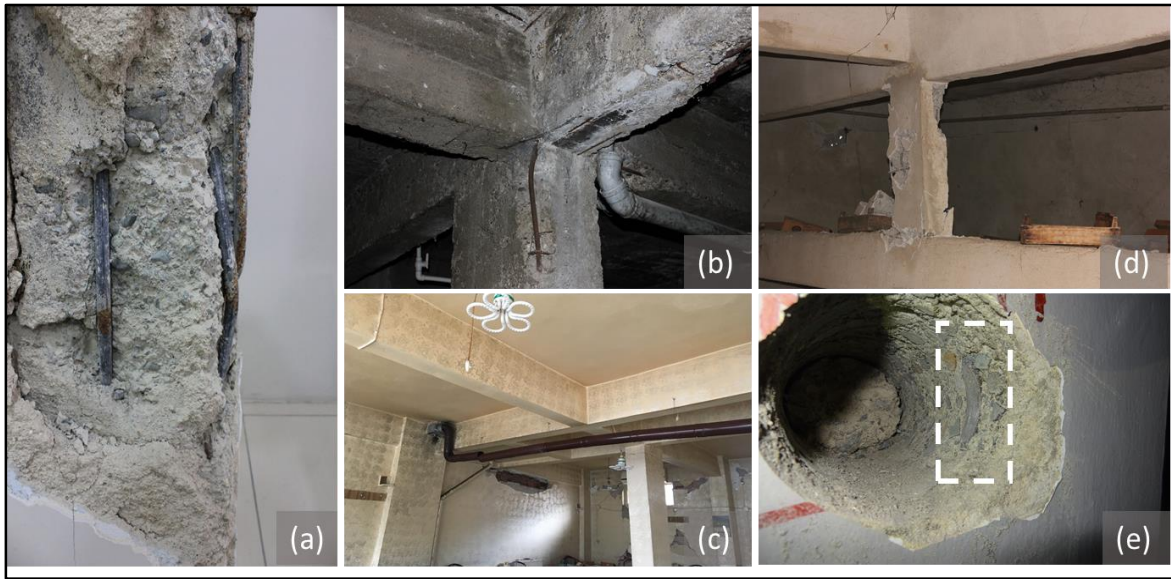
3. YAPISAL HASAR

Sivrice Depremi'nin farklı tipte yapılar üzerinde meydana getirdiği hasarları ve bu hasarların seviyelerini gözlemleyebilmek; sebeplerini anlayabilmek amacıyla başta Elazığ şehir merkezi olmak üzere, Sivrice ilçesi ile Malatya'nın Doğanyol ve Pütürge ilçelerinde betonarme ve geleneksel yöntemler ile yapılmış yığma (kagir) yapılar incelenmiştir.



Şekil 7. Elazığ ili şehir merkezi tipik betonarme yapılar

Şekil 7’de genellikle orta yükseklikteki (5 ila 8 katlı) yapıların bulunduğu Elazığ şehir merkezine ait farklı mahallelerden görünüm verilmektedir. Yapılan saha gözlemine göre, Sürsürü mahallesinde bir adet 5 katlı ve Mustafa Paşa Mahallesi’nde ise 5 katlı iki betonarme bina tamamen yıkılmıştır. Her ne kadar bu yapıların yıkılma sebepleri tam olarak belirlenmese de; yetersiz mukavemete sahip beton ve özellikle taşıyıcı elemanların birleşim bölgelerinde donatı yerleşim detaylarındaki eksiklikler ilk bakışta göze çarpmaktadır. Ayrıca, farklı seviyelerde hasar görmüş yapılarda işçilik ile kusurlar tespit edilmiştir. Depremden önce ya da deprem sonrasında az ya da orta derecede hasar gören bazı betonarme yapılardan karot alınması sırasında yapısal sisteme zarar verildiği Şekil 8’de açıkça görülmektedir.



Şekil 8. Betonarme yapılarda imalat kusurları ve hasarlar: (a) Donatı etriye aralığı (b) kolon-kiriş birleşimi (c) saplama kirişleri (d) kısa kolon (e) Karot numunesi alınırken donatının kesilmesi



Şekil 9. Çevrimtaş köyünde tamamen yıkılan yığma yapılar

İnceleme bölgesindeki yapı stoğu incelendiğinde betonarme yapılardan daha fazla sayıda taş ve kerpiç tuğladan yapılmış ve ahşap gergi ile desteklenmiş geleneksel 2 ya da 3 katlı binaların varlığı dikkati çekmiştir. Bu yapılardan Elazığ şehir merkezinde ve Malatya

ilçelerinde yer alanlar, bu bölgelerde kaydedilen kuvvetli yer hareketine ait maksimum yer ivmesinin düşük olması sebebiyle orta ya da az hasar görmüştür. Ancak, depremin merkez üstü olarak kabul edilen Çevrimtaş Köyü ve bağlı olduğu Sivrice ilçesinde çok sayıda yıkılan yığma yapı kaydedilmiştir (Şekil 9). Tepe yamacına kurulmuş ana yerleşim bölgesinden ve Fırat Nehri kenarındaki nispeten düz araziye yapılan evlerden oluşan Çevrimtaş Köyü özelinde dikkati çeken başka bir husus ise, yamaçta yer alan taş ve kerpiç tuğla evlerde hasar seviyesi orta ve az iken düzlükte bulunan evlerin neredeyse tamamı yıkılmıştır. Bu duruma sebep olarak yerel zemin koşulları gösterilebilir (Şekil 10). Ayrıca, taş duvarların içerisinde belli aralıklar ile yerleştirilmiş ahşap gergilerin yetersiz kullanımı deprem sırasında duvar düzleminde oluşan çekme kuvvetlerinden kaynaklı göçmelere sebep olmuştur (Şekil 11).



Şekil 10. Çevrimtaş Köyü'nde tepede bulunup hasar görmeyen yığma yapılar



Şekil 11. Yetersiz ahşap gergi kullanımına bağlı yığma yapılarda meydana gelen hasar

Sıradan yığma ve betonarme yapılar dışında, inceleme sahasında camii ve minarelerinde hemen hepsinde hasar meydana geldiği gözlemlenmiştir. Deprem sırasında ağır hasar

gören Sivrice Merkez camii, saha incelemesinin birkaç gün sonra tamamen yıkılmıştır. Bu yapıda, bu derece ağır hasarın meydana gelmesindeki en önemli nedenlerden birisi, tamamen betonarme elemanlardan inşa edilen minarelerin, camii yapısına bağlanması ve bu bağlantı noktalarında minare ve camiinin farklı modlarda salınımından meydana gelen aşırı yatay yüklerin taşıyıcı sistem elemanlarına zarar vermesidir. Deprem sırasında ve sonrasında tamamen yıkılmış bir minare görülmesine de, şerefeye kadar yapılan merdivenlerin sistemin rijitliğine etkisi ve şerefeden sonraki kısmın aşağıdaki kısma göre daha zayıf olması birçok camiide minare kubbelerinin kısmi ya da tamamen yıkılmasına sebep olmuştur. (Şekil 12).



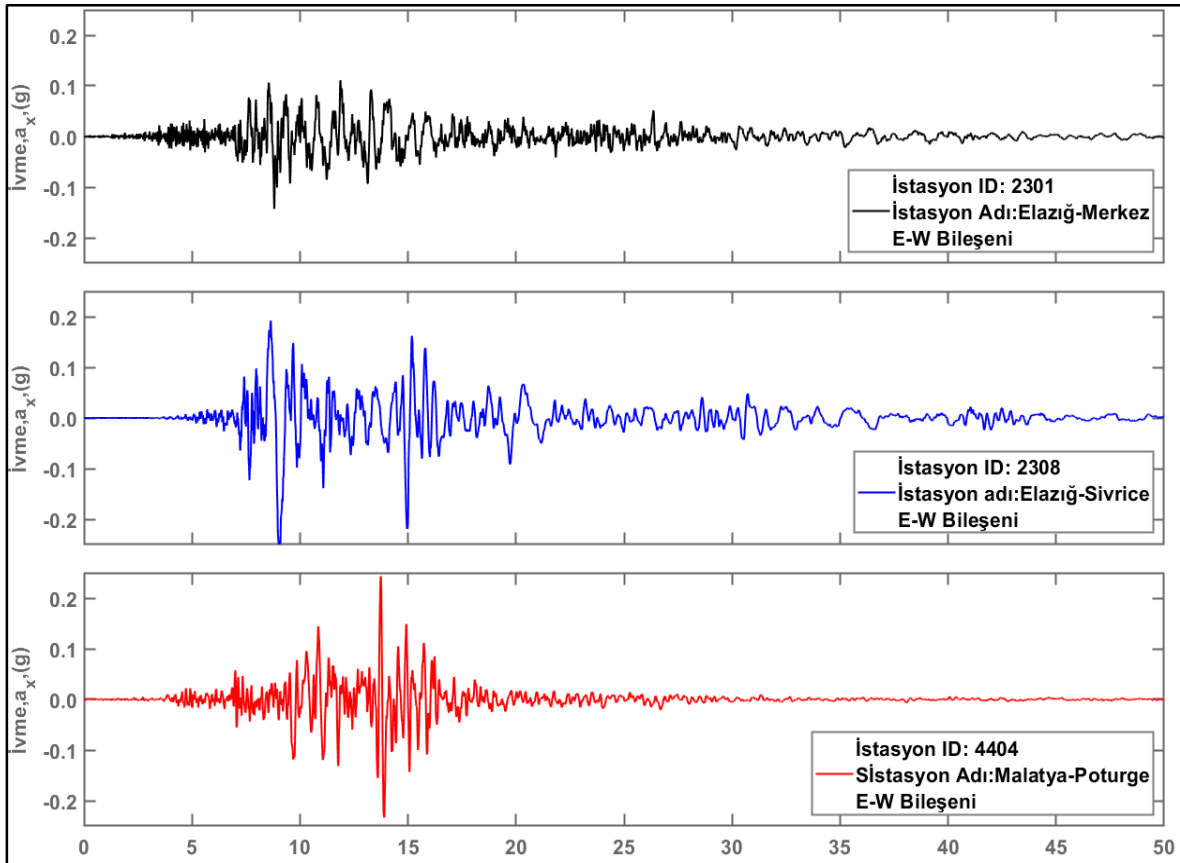
Şekil 12. Kısmi hasar gören, devirlen minareler ve camiilerin ibadethane kısmına verdiği zarar

4. KUVVETLİ YER HAREKETİ KAYITLARI VE TASARIM SPEKTRUMLARI

Sivrice Depremi, sol yatay atımlı Doğu Anadolu Fayı'nın Sivrice-Pütürge segmenti üzerinde meydana gelmiş ve yırtılma uzunluğu yaklaşık olarak 55 km olarak belirtilmiştir. (AFAD,2020a). Tablo 2'de coğrafi konumları ve episentr uzaklıkları, düzeltilmemiş en büyük yer ivmesi değerleri verilen kuvvetli yer hareketlerinin kaydedildiği istasyonlardan merkez üstüne en yakın üç istasyondan alınan ivme kayıtları Şekil 13'de sunulmuştur. Bölgedeki yapı stoğunun yaş ortalamasının yüksek olduğu düşünülerek; Tablo 2'de verilen istasyonlarda kaydedilen yer hareketlerinin TBDY (2018)'den önce yürürlükte olan sırasıyla 1998 ve 2007 deprem yönetmeliklerinde önerilen tepki spektrumlarıyla karşılaştırılması Şekil 14'de verilmiştir. Buna göre, her üç yönetmelikte önerile tasarım spektrumları, bu depreme en yakın istasyonlarda ölçülen kayıtların %5 sönüm oranına göre elde edilmiş elastik tepki spektrumlarından büyük olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Depremin kaydediliği en yakın istasyonlar (AFAD, 2020a)

İstasyon					Ölçülen En Büyük Yer ivmesi			Episentr Uzaklığı (R_{ep})
Numara	İl	İlçe	Enlem	Boylam	N-S [g]	E-W [g]	U-D [g]	[km]
0204	Adıyaman	Gerger	38.0290	39.0347	0.096	0.112	0.062	37
2301	Elazığ	Merkez	38.6704	39.1927	0.122	0.144	0.068	36
2302	Elazığ	Maden	38.3923	39.6754	0.027	0.035	0.023	53
2308	Elazığ	Sivrice	38.4506	39.3102	0.243	0.299	0.194	24
4401	Malatya	Battalgazi	38.3489	38.3350	0.075	0.089	0.037	63
4404	Malatya	Pütürge	38.1959	38.8738	0.211	0.244	0.157	25

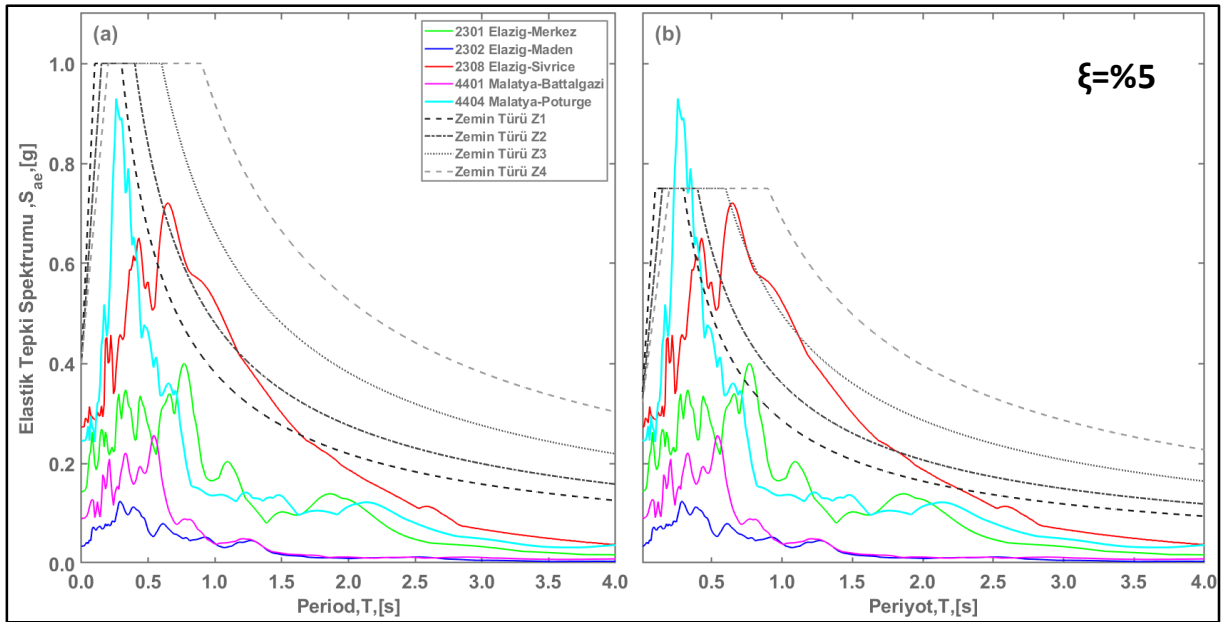


Şekil 13. Sivrice Depremi'nin 2304,2308 ve 4404 no'lu AFAD istasyonlarında ölçülen kuvvetli yer hareketi kayıtları

5. SONUÇLAR

24 Ocak 2020 tarihinde merkez üstü Elazığ ili Sivrice ilçesine bağlı Çevirmtaş Köyü olan büyüklüğü Mw=6.8 olan şiddetli bir deprem meydana gelmiştir. Depremden hemen sonra, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği öğretim üye ve yardımcılarında oluşan ekip depremin etkilediği Elazığ ili genelinde ile Malatya ilinin Doğanyol ve Pütürge ilçelerinde 3 gün süren kapsamlı bir kapsamlı saha incelemesi yapmıştır. Bu inceleme sonunda, özellikle Sivrice ve Keban baraj gölü havzasında, suya

doğru siltli-kum ve siltli sığ tabakada sıvılaşma ve sıvılaşma kaynaklı yanal yayılım gözlemlenmiştir. Bu nedenle, Sivrice Gölü kıyısında bulunan bir küçük liman önce büyük



Şekil 14. Sivrice Depremi kuvvetli yer hareketi kayıtlarının ölçüldüğü en yakın istasyonlardaki kayıtların eski yönetmelikler ile karşılaştırılması: (a)1998 (b)2007 Deprem yönetmelikleri

hasar görmüş sonrasında da yıkılmıştır. Sıvılaşma kaynaklı zemin hasarlarının sınırlı olduğu deprem bölgesinde sığ şev kaymaları ve heyelanlar kaydedilmiştir. Son olarak, yığma tipi istinat duvarlarında deprem etkisinde oluşan sismik aktif toprak basıncı neticesinde lokal göçmeler kaydedilmiştir.

Geoteknik hasarların dışında, deprem kaynaklı yapısal hasarlar incelemek üzere özellikle Elazığ il merkezi ve Malatya ili Doğanyol ile Pütürge ilçeleri, civar köylerinde farklı hasar düzeylerinde betonarme yapılar ve geleneksel yığma tipi binalar incelenmiştir. Yapı malzemelerinin kalitesinin düşüklüğü, özellikle kolon-kiriş bağlantı noktalarında özensiz donatı detaylandırması, düşük işçilik, yapısal süreksizlik ve düzensizlikler oluşan hasarın başlıca sebepleri olarak belirlenmiştir. Sıradan binalar dışında, bölgede bulunan bazı camii minareleri deprem sırasında orta ve ağır hasar görmüştür. Minarelerde görülen bu hasar minare içerisinde bulunan merdivenlerin rijitliği değiştirmesi ve kubbelerin bulunduğu yere göre daha rijit olması nedeniyle meydana gelmiştir.

Deprem bölgesindeki binaların hasar gören yapıların yaşları göz önünde bulundurulduğunda, 1998 ile 2007 yıllarında yürürlüğe giren yönetmeliklerde önerilen tasarım spektrumları ile deprem sırasında merkez üstüne en yakın 5 istasyonda ölçülen ivme kayıtlarına ait yatay elastik tepki spektrumları karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirmeye göre, bölgede hasar gören yapılar bahsi geçen deprem yönetmeliklere uygun inşa edilmeleri durumunda hasar seviyelerinin daha az olacağı tahmin edilmektedir.

KAYNAKLAR

- AFAD (2020a), “24 Ocak 2020 Sivrice (Elazığ) Depremi Raporu”, Ankara, <https://deprem.afad.gov.tr/downloadDocument?id=1831> (İndirme tarihi: 12 Nisan 2020)
- AFAD (2020b), T.C. İç İşleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Resmi web sitesi: <https://www.afad.gov.tr/> (Ziyaret tarihi: 08 Nisan 2020)
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (1998), “Afet Bölgelerine Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, Ankara
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (2007), “Deprem Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, Ankara
- Google Earth (2001) GoogleCo. :<https://www.google.com.tr/intl/tr/earth>, (Ziyaret tarihi: 10 Nisan 2020)
- Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (2020), “24 Ocak Sivrice–Elazığ Depremi”, İstanbul, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/24-ocak-sivrice-elazig-depremi-2/> (İndirme tarihi: 16 Nisan 2020)
- Temür ve diğ. (2021), “Structural and geotechnical investigations on Sivrice earthquake (Mw = 6.8), January 24, 2020, Natural Hazards, cilt:106, sf. 401-434
- Tsuchida, H. (1970), “Prediction and countermeasure against liquefaction in sand deposits in Proceedings of the Seminar of the Port and Harbour Research Institute. Yokosuka, Japonya: Japon Ulaştırma Bakanlığı, sf. 1–3