



Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 01.02.2024
Kabul Tarihi : 28.04.2024

Received Date : 01.02.2024
Accepted Date : 28.04.2024

6 ŞUBAT 2023 DEPREMLERİ İÇİN KIRSALDAKİ YIĞMA YAPILARIN PERFORMANSLARI ÜZERİNE BİR SAHA ARAŞTIRMASI: NURDAĞI/GAZİANTEP ÖRNEĞİ

A FIELD STUDY ON THE PERFORMANCE OF MASONRY STRUCTURES IN RURAL AREAS FOR THE 6 FEBRUARY 2023 EARTHQUAKES: NURDAĞI/GAZİANTEP EXAMPLE

Musa YETKİN¹ (ORCID: 0000-0002-6259-4137)

¹ Firat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Musa YETKİN, musayetkin@firat.edu.tr

ÖZET

6 Şubat 2023 tarihinde Türkiye'nin güneydoğusunda iki yıkıcı deprem meydana gelmiştir. $M_w=7.7$ ve $M_w=7.6$ büyüklüğündeki bu iki depremin merkez üssü sırasıyla Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçeleridir. Bu depremlerde çok sayıda kişi hayatını kaybetmiş ve birçok yapı yıkılmış/ağır hasar görmüştür. Bu yıkıcı depremlerden en fazla etkilenen yerleşim yerlerinden birisi de Gaziantep ilinin Nurdağı ilçesi olmuştur. Bu makale çalışması, 6 Şubat 2023 depremleri sonrası Nurdağı ilçesinde kırsalda inşa edilen yığma yapıların performanslarını belirlemeye yönelik yapılan bir saha araştırmasını ve elde edilen bulguların değerlendirilerek birtakım çözüm önerileri geliştirilmesi konularını kapsamaktadır. Bu çalışmada, öncelikle Nurdağı ilçesinin yer aldığı bölgenin depremselliği ve 6 Şubat 2023 depremlerinin karakteristik özelliklerinden bahsedilmiştir. Daha sonra Nurdağı ilçesi için yapılan saha araştırmasında gözlenen yığma yapı hasarları sunulmuş ve bu hasar tipleri için değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışmanın sonunda ise hasarlı yapılar ve yeni inşa edilecek yığma yapılar için birtakım çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: 6 Şubat 2023 depremleri, saha araştırması, yığma yapılar, deprem performansı, hasar tipleri

ABSTRACT

On February 6, 2023, two devastating earthquakes occurred in southeastern Turkey. The epicentres of these two earthquakes with magnitudes of $M_w=7.7$ and $M_w=7.6$ are the Pazarcık and Elbistan districts of Kahramanmaraş, respectively. Many people lost their lives, and many buildings were destroyed or severely damaged in these earthquakes. One of the settlements most affected by these devastating earthquakes was the Nurdağı district of Gaziantep province. This paper covers a field study conducted to determine the performance of masonry structures built in rural areas of Nurdağı district after the February 6, 2023, earthquakes and the development of some solution suggestions by evaluating the findings obtained. This study mentioned the seismicity of the region where Nurdağı district is located and the characteristics of the February 6, 2023 earthquakes. Then, the damages to the masonry structure observed in the field study for the Nurdağı district were presented, and evaluations were made for these damage types. Finally, some solutions for damaged and newly constructed masonry structures were presented.

Keywords: February 6, 2023 earthquakes, field study, masonry structures, earthquake performance, damage types

GİRİŞ

ToCite: YETKİN, M., (2024). 6 ŞUBAT 2023 DEPREMLERİ İÇİN KIRSALDAKİ YIĞMA YAPILARIN PERFORMANSLARI ÜZERİNE BİR SAHA ARAŞTIRMASI: NURDAĞI/GAZİANTEP ÖRNEĞİ. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(3), 821-837.

Yeryüzündeki tektonik levha hareketleri sonucunda oluşan ve genellikle ani ve şiddetli olarak meydana gelen sarsıntılar olarak tanımlanan depremler, dünya genelinde sıkça yaşanan ve insanların hayatlarını derinden etkileyen doğal afetler arasında yer almaktadır. Bu doğal afetler ciddi maddi ve manevi kayıplara neden olabilir. Bu kayıplardan bazıları, yapıların yıkılması/hasar görmesi, altyapının zarar görmesi, can kayıpları ve toplumdaki travma/korku duygularının oluşmasıdır. Ayrıca depremlerin tetikleme sonucu ortaya çıkan tsunamiler, yangınlar ve toprak kaymaları gibi afetler, yaşanan kayıpların artmasına sebep olmaktadır.

Depremlerin meydana getirdiği kayıpları ortaya çıkaran en önemli etmen, yapıların yıkılması veya ağır hasar görmesidir. Nitekim depremler esnasında yıkılan/ağır hasar gören yapı sayısı ne denli az olursa, maddi ve manevi kayıplar da o denli az olmaktadır. Ancak yapılardaki düşük rijitlik, kötü malzeme, tasarım eksiklikleri, mühendislik hizmeti alınmaması, yetersiz kontrol ve kötü zemin koşulları gibi etkenler yapıların depremlerde yıkılmasına/ağır hasar görmesine sebep olmaktadır.

Depremlerde, köprüler, barajlar, camiler, hanlar, hamamlar, kervansaraylar, kiliseler gibi pek çok yapı türü hasar görebilmektedir. Bu yapı türleri için depremin meydana getirdiği hasarlar da birbirine göre farklılık göstermektedir. Yapıların deprem davranışını anlamak için, depremlerin yapılarda meydana getirdiği hasarları araştırmak inşaat mühendisliği açısından oldukça önemli bir konudur. Bu araştırmalar yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarını anlamak, hasar tiplerini, yaygınlığını ve nedenlerini belirlemek, yapısal zayıflıkları ortaya koyabilmek ve güçlendirme yöntemleri geliştirmek, mühendislik pratiği geliştirerek daha güvenilir tasarımlar yapabilmek ve bu sayede afet dirençli şehirler oluşturabilmek adına ciddi katkılar sunmaktadır.

Yapıların depremler karşısında gösterdiği davranışı anlamaya yönelik saha araştırmaları araştırmacıların oldukça ilgisini çeken bir konudur. 21. yüzyılda meydana gelen yıkıcı depremler için 1 Mayıs 2003 Bingöl (Türkiye) depremi için Doğangün (2004) ve Kaplan vd. (2003), 14 Ağustos 2003 Lefkada (Yunanistan) depremi için Karakostas vd. (2005), 26 Aralık 2003 Bam (İran) depremi için Ahmadizadeh ve Shakib (2004), 2 Temmuz 2004 Ağrı (Türkiye) depremi için Bayraktar vd. (2007), 8 Ekim 2005 Keşmir depremi için Naseer vd. (2010), 15 Ağustos 2007 Pisco (Peru) depremi için Taucer vd. (2009), 20 ve 27 Aralık 2007 Bala-Ankara (Türkiye) depremleri için Adanur (2010) ve Ural vd. (2012), 12 Mayıs 2008 Sichuan (Çin) depremi için Zhao vd. (2009), 6 Nisan 2009 L'Aquila (İtalya) depremi için Brandonisio vd. (2013) ve Indirli vd. (2013), 4 Eylül 2010 Darfield (Yeni Zelanda) depremi için Ingham ve Griffith (2010), 8 Mart 2010 Kovancılar-Elazığ (Türkiye) depremi için Akkar vd. (2011) ve Celep vd. (2011), 11 Mayıs 2011 Lorca (İspanya) depremi için Ruiz-Pinilla vd. (2016), 23 Haziran 2011 Maden-Elazığ (Türkiye) depremi için Sayın vd. (2011), 23 Ekim 2011 ve 9 Kasım 2011 Van (Türkiye) depremleri için Ateş vd. (2013), Bayraktar vd. (2013), Çelebi vd. (2013), Oyguc and Oyguc (2017), Oyguc (2016), Tapan vd. (2013), Taşkın vd. (2013), Yazgan vd. (2016), Yön vd. (2019), Mayıs 2012 Emilia (İtalya) depremleri için Bovo vd. (2020) ve Sorrentino vd. (2014), 24 Mayıs 2014 Ege Denizi depremi için Göçer (2020), 25 Nisan 2015 Nepal depremi için Gautam and Chaulagain (2016), Dutta vd. (2016), 26 Ekim 2015 Hindu Kush (Afganistan) depremi için Ismail ve Khatkhatk (2019), 24 Ocak 2020 Sivrice-Elazığ (Türkiye) depremi için Atmaca vd. (2020), Çağlar vd. (2023), Dedeoğlu vd. (2022), Dedeoğlu vd. (2023), Doğan vd. (2021), Işık vd. (2020), Yetkin vd. (2021), Yurdakul vd. (2021), 30 Ekim 2020 Samos adası depremi için Onat vd. (2022) ve Yakut vd. (2022), 21 Kasım 2021 Erzurum-Köprüköy depremi için Kocaman (2023a) ve 6 Şubat 2023 depremleri için Büyüksaraç vd. (2024), Erkek ve Yetkin (2023), İnce (2023), Kahya vd. (2024), Kocaman (2023b), Mercimek (2023), Vuran vd. (2024) ve Yetkin vd. (2024) tarafından yapılan çalışmalar bunlardan bazılarıdır.

6 Şubat 2023'te meydana gelen ardışık yıkıcı depremler başta Kahramanmaraş ve Gaziantep olmak üzere Hatay, Adıyaman, Malatya, Adana, Osmaniye, Kilis, Şanlıurfa, Diyarbakır ve Elazığ illerinde yaklaşık 15 milyon insanın yaşadığı bir bölgede ve çevre ülkelerden Suriye, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC), Irak, Lübnan ve Ürdün'de kuvvetlice hissedilmiştir.

Bu makale çalışması da yaklaşık 15 milyon insanın yaşadığı bir bölgeyi etkileyen (Türkiye nüfusunun yaklaşık %18'i), yaklaşık 50000 kişinin hayatını kaybetmesine ve yaklaşık 110000 kişinin yaralanmasına yol açan 6 Şubat 2023 depremleri sonrası yapılan bir saha araştırmasını ve elde edilen bulguların değerlendirilerek birtakım çözüm önerileri geliştirilmesi konularını kapsamaktadır. Saha çalışması, 6 Şubat 2023 depremlerinden en fazla etkilenen yerlerden Gaziantep ili Nurdağı ilçesi için gerçekleştirilmiştir. Nitekim makalede öncelikle Nurdağı ilçesinin yer aldığı bölgenin depremselliği ve 6 Şubat 2023 depremlerinin karakteristik özelliklerinden bahsedilmiştir. Daha sonra Nurdağı ilçesi için yapılan saha araştırmasından elde edilen bulgular paylaşılmıştır. Nurdağı ilçesi için yapı stoğunun önemli bir kısmını yığma yapılar oluşturduğu için yığma yapılarda oluşan hasarlar sunulmuş ve bu hasar tipleri için

değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışmanın sonunda ise hasarlı yığma yapılar ve yeni inşa edilecek yığma yapılar için birtakım çözüm önerileri sunulmuştur.

Bölgenin Tektoniği ve Depremselliği

Nurdağı ilçesi Akdeniz Bölgesi ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin birleşme noktasında yer alan Gaziantep ili sınırları içerisinde yer almaktadır. İlçenin doğusu Gaziantep ili Şahinbey ve Şehitkamil ilçeleri, batısı Osmaniye ili Bahçe ilçesi, kuzeyi Kahramanmaraş ili Türkoğlu ve Pazarcık ilçeleri, güneyi Gaziantep ili İslahiye ilçesi ile çevrilidir. Kuzeyde Amanos dağlarının uzantısı ve güneyde Kartal Yücesi Tepesinin arasında kalan Amik Ovası'nın birleşiminde bulunan ilçede, ovalık bölgeler genellikle tarım alanı olarak kullanılmakta ve dağlık kesimlerin yamaçlarında su kaynakları bulunmaktadır (URL-1; URL-2). İlçenin TÜİK verilerine göre 2022 yılı nüfusu 41322 olarak belirlenmiştir (URL-3). Nurdağı ilçesinin konumu Şekil 1'de verilmiştir.



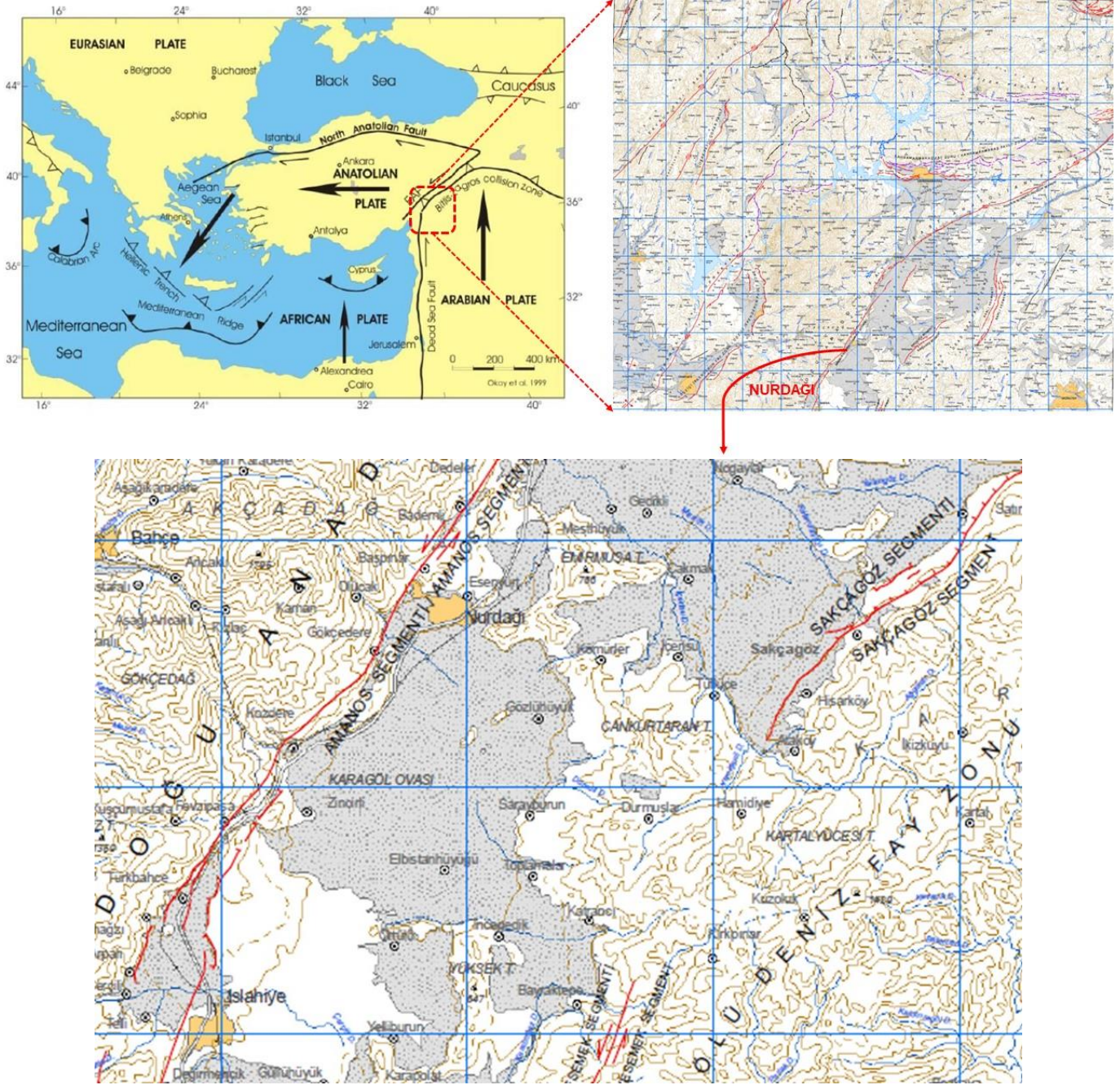
Şekil 1. Nurdağı İlçesinin Konumu

Gaziantep ve yakın çevresinin mevcut morfolojik şeklini almasında iki tektonik yapı etkili olmuştur. Bu yapılar Doğu Anadolu Fay (DAF) ve Ölü Deniz Fay (ÖDF) zonlarına ait aktif faylardır. DAF zonu, Kuzey Anadolu Fay zonu ile birlikte Türkiye'nin en etkin iki ana fay kuşağından birini oluşturmaktadır. Bingöl-Karlıova ile Antakya arasında bulunan DAF zonu, kuzeye doğru hareket eden Arap Plakası ile batıya doğru hareket eden Anadolu Bloğu arasında, ortalama 30 km genişlikte ve 600 km uzunluğunda sol yanal doğrultu atımlı bir transform fay olup birçok segmentten oluşmaktadır (Arpat ve Şaroğlu, 1975; Herece, 2003; Demirtaş, 2003). ÖDF zonu ise Kızıl Denizden başlayarak DAF zonuna kadar devam etmekte ve yaklaşık 1000 km uzunluğuna sahiptir. DAF zonu ile Narlı civarında birleşen ÖDF zonu, aktif bir fay olup bölgede yıkıcı depremlerin meydana gelmesinde etkili olmaktadır (İmamoğlu ve Çetin, 2007). Bu fayların her ikisi de deprem üretme potansiyeli taşımakta ve Gaziantep il sınırlarından geçmektedir. Ayrıca saha çalışmasının yapıldığı Nurdağı ilçe sınırlarından ise Türkoğlu – Antakya ve Sakçagöz segmentleri geçmektedir. Bölgenin tektonik yapısı Şekil 2'de verilmiştir.

Gaziantep ve yakın çevresinde meydana gelmiş tarihsel depremler araştırıldığında, büyüklüğü 7.6 seviyelerine ulaşan depremlerin olduğu görülecektir. Bu depremlerin Gaziantep için en fazla yıkıma neden olanlarından biri, 1822 yılında meydana gelen ve büyüklüğü $M_s=7.5$ olan depremdir (Ambraseys ve Jackson, 1998). Tarihsel dönemin yanı sıra aletsel dönemde de Gaziantep ve yakın çevresini etkileyen depremler meydana gelmiştir. 1971 yılında Gaziantep'te meydana gelen ve büyüklüğü 4.6-5.8 aralığında değişen depremlerde Nurdağı ilçesinde çok sayıda yapı ağır hasar görmüştür. 1978 ve 1986 yıllarında Gaziantep'te meydana gelen depremlerde de sırasıyla İslahiye ve Şehitkamil ilçelerindeki bazı yapılarda ağır hasar meydana gelmiştir. 2020 yılında Sivrice-Elazığ'da meydana gelen $M_w=6.8$ büyüklüğündeki depremde, Gaziantep'te bulunan bazı yapılarda ağır hasar oluşmuştur. Gaziantep ve yakın çevresinde aletsel dönemde meydana gelen ve $M_w=4.0$ 'ın üzerindeki depremler Şekil 3'te verilmiştir.

6 Şubat 2023 Depremleri

6 Şubat 2023 tarihinde DAF ile ÖDF zonlarının birleştiği üçlü eklem noktasına yakın bir bölgede yaklaşık dokuz saat arayla iki büyük deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin birincisi Kahramanmaraş'ın Pazarcık ilçesinde yerel saat ile 04:17'de ve birinci depremin artçıları devam ederken Kahramanmaraş'ın Elbistan ilçesinde yerel saat ile 13:24'te ikinci bir deprem oluşmuştur. Bu depremlere ait büyüklükler AFAD tarafından sırasıyla $M_w=7.7$ ve $M_w=7.6$ olarak açıklanmıştır.

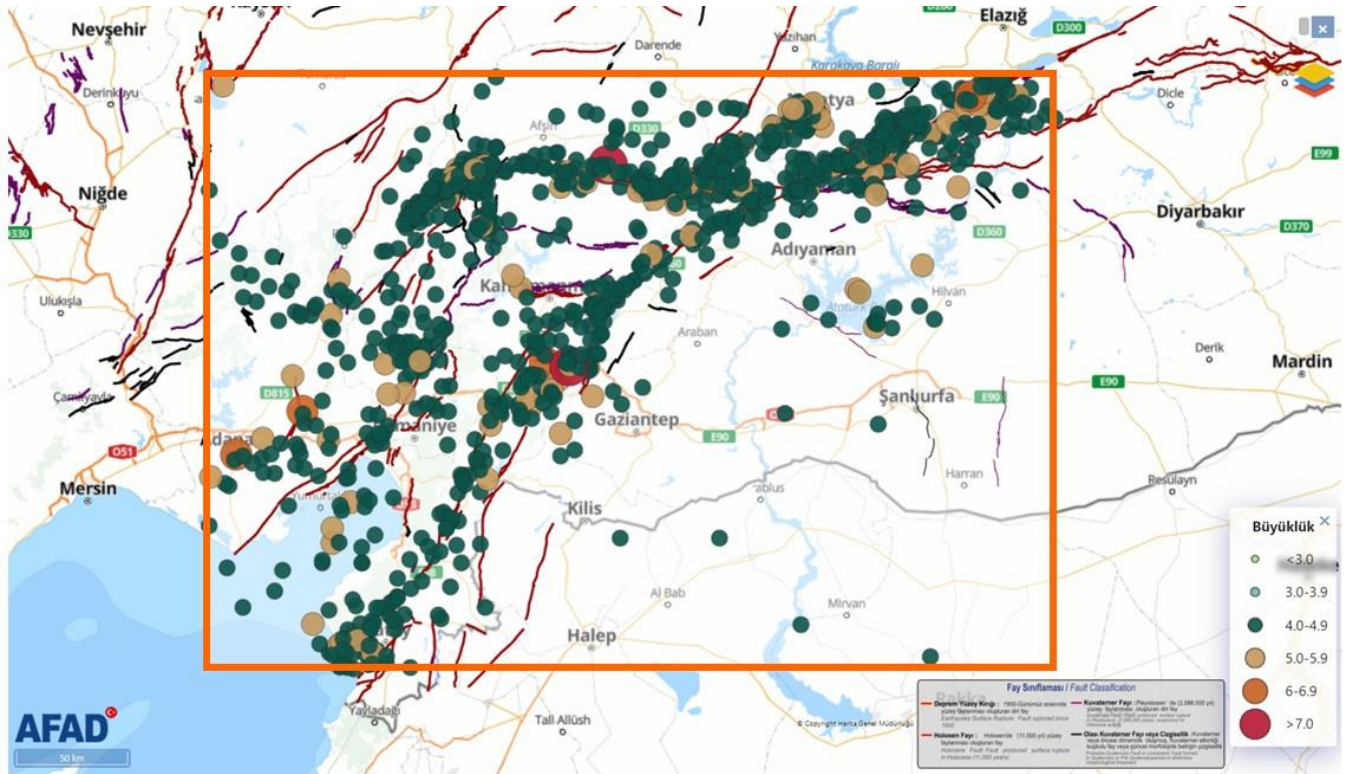


Şekil 2. Bölgenin Tektonik Yapısı (Okay vd., 2010; Emre vd., 2012)

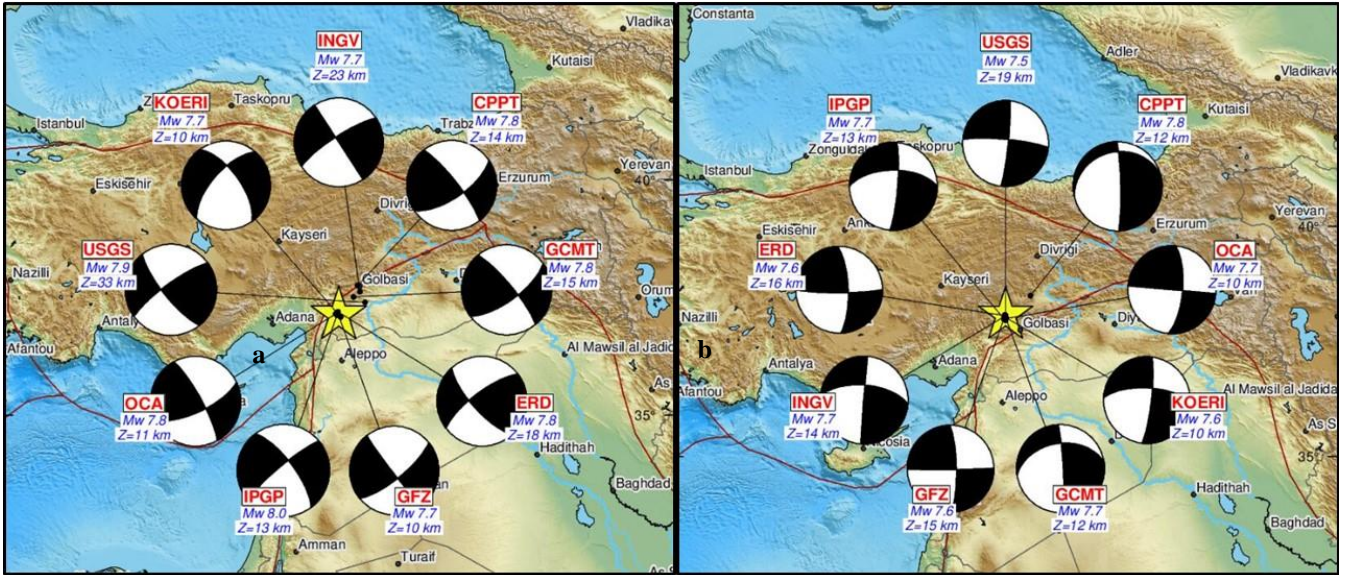
Birinci depremin merkez üssü Gaziantep'in yaklaşık 40 km kuzeybatısında ve Kahramanmaraş'ın 33 km güneydoğusunda meydana gelmiş olup bu depremin odak derinliği 8.6 km'dir. İkinci depremin merkez üssü ise Kahramanmaraş'ın 62 km kuzeydoğusunda ve Adıyaman'ın yaklaşık 98 km kuzeybatısında meydana gelmiş olup, bu depremin odak derinliği 7.0 km'dir. Odak derinlikleri itibariyle her iki deprem de sığ depremler sınıfındadır. Bu yıkıcı depremlerin çeşitli araştırma merkezlerine göre merkez üsleri ve moment tensör çözümleri Şekil 4'te verilmiştir.

6 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) depremi, AFAD tarafından işletilen ve depremin merkez üssüne 635.21 km uzaklık içerisinde bulunan 361 kuvvetli yer hareketi istasyonu tarafından kaydedilmiştir. Depremin kuzey-güney, doğu-batı ve düşey bileşenleri için maksimum yer ivmesi değerleri merkez üssüne 31.42 km mesafede yer alan 4614-Kahramanmaraş istasyonunda sırasıyla 2.21 g, 2.22 g ve 1.99 g olarak belirlenmiştir. Elbistan (Kahramanmaraş) depremi ise depremin merkez üssüne 627.70 km uzaklık içerisinde bulunan 370 kuvvetli yer hareketi istasyonu tarafından kaydedilmiştir. Depremin kuzey-güney ve doğu-batı bileşenleri için maksimum yer ivmesi değerleri merkez üssüne 66.68 km mesafede yer alan 4612-Kahramanmaraş istasyonunda sırasıyla 0.65 g ve 0.53 g olarak,

düşey bileşenleri için maksimum yer ivmesi değerleri merkez üssüne 21.43 km mesafede yer alan 4631-Kahramanmaraş istasyonunda 0.62 g olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Gaziantep ve Çevresinde Aletsel Dönemde Meydana Gelen $M_w=4.0$ ve Üzerindeki Depremler (URL-4)



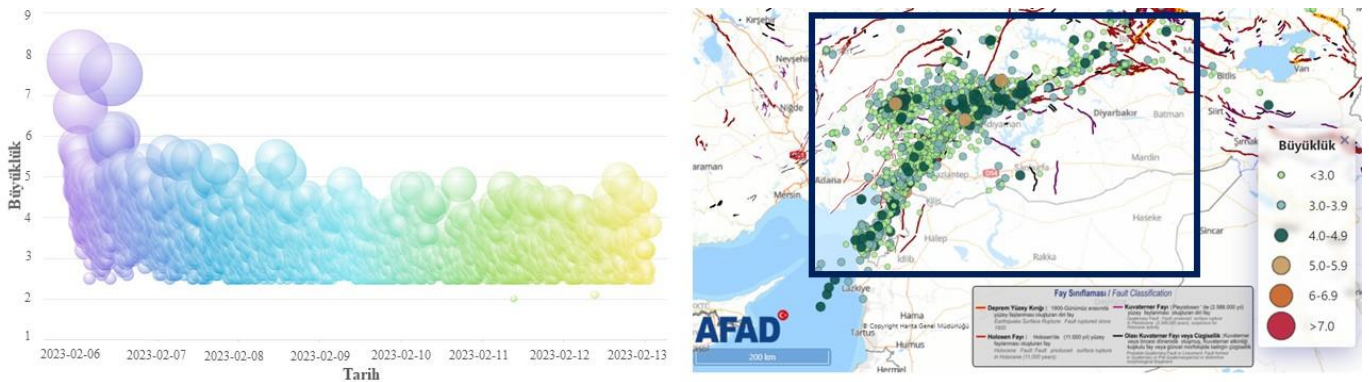
Şekil 4. Çeşitli Araştırma Merkezlerine Göre a. Birinci Şok ve b. İkinci Şok İçin Merkez Üsleri ve Moment Tensör Çözümleri (URL-5)

6 Şubat 2023 $M_w=7.7$ ve $M_w=7.6$ depremleri için en büyük ivme değerlerinin kaydedildiği bazı istasyonlar için yer hareketinin özellikleri Tablo 1’de sunulmuştur. Burada R_{epi} istasyonun depremin merkez üssüne olan uzaklığı, V_{s30} (m/s) istasyonun bulunduğu zeminin üst 30 metrede ortalama kayma dalga hızları, N-S kuzey-güney, E-W doğu-batı ve U-D düşey ivme değerleridir.

Tablo 1. En Büyük İvme Değerlerinin Kaydedildiği Bazı İstasyonlar İçin Yer Hareketinin Özellikleri (URL-6)

	$M_w=7.7$			$M_w=7.6$		
	4614	3129	2708	4612	4631	4406
İstasyonu	İstasyonu	İstasyonu	İstasyonu	İstasyonu	İstasyonu	İstasyonu
Boylam (°)	37,2978	36,1343	36,6484	36,4819	37,4277	37,9738
Enlem (°)	37,4851	36,1912	37,0993	38,0240	37,9663	38,3439
R_{epi} (km)	31,42	146,39	40,77	66,68	21,43	70,17
V_{S30} (m/s)	541	447	523	246	543	815
N-S (g)	2,21	1,38	1,82	0,65	0,34	0,48
E-W (g)	2,22	1,22	1,13	0,53	0,40	0,42
U-D (g)	1,99	0,73	1,02	0,50	0,62	0,33

$M_w=7.7$ ve $M_w=7.6$ ardışık depremleri sonrasında çok sayıda artçı deprem meydana gelmiştir. Bu artçı depremlerin 432 tanesinin büyüklüğü $M_w=4.0$ 'ın üzerinde olmuştur (URL-4). Bu depremlerin bir kısmı bölgede yıkılan binaların veya binalardaki hasar oranının artışına sebebiyet vermiştir. Bölgede meydana gelen artçı depremlerin büyüklüklerini ve lokasyonlarını gösteren görseller Şekil 5'te verilmiştir.

**Şekil 5.** Bölgede Meydana Gelen Artçı Depremlerin Büyüklükleri ve Lokasyonları (URL-4; URL-5)

Yığma Yapılarda Gözlenen Hasarlar

Gaziantep ilinin Nurdağı ilçesinde kırsal bölgelerde bulunan yapı stoğu genellikle tek veya iki katlı olarak inşa edilen yığma yapı biçimindedir. Yığma yapı tipi olarak ise kerpiç, taş ve harman tuğlası yığma birimleri ve çimento veya çamur harcı kullanılarak inşa edilen yapıların çoğunlukta olduğu dikkat çekmektedir. Genel kullanım amacı olarak barınma ve ahır ihtiyaçları için yerel halk tarafından yerel malzemeler kullanılarak tasarlanan bu yapıların büyük bir çoğunluğu herhangi bir mühendislik hizmeti almadan inşa edilmiştir.

Bölgede inşa edilen yığma yapılar için 6 Şubat 2023 depremleri sonrası saha araştırması yapılmıştır. Depremlerin yığma yapılar üzerindeki etkilerini duvar tipleri ve hasar tipleri açısından değerlendirmek mümkündür. Duvar tipleri açısından çoğunlukla kerpiç, taş ve harman tuğlası duvar hasarları ile karşılaşmıştır. Bu duvar tipleri ile oluşturulan yığma yapıların bir kısmı toptan göçmeye uğramıştır (Şekil 6).

Toptan göçmeye uğrayan yığma yapıların bir kısmının farklı malzemeler kullanılarak inşa edildiği belirlenmiştir (Şekil 7). Bu durum, yapının mevcut tasarımının sonradan değiştirildiğini veya yapıya ilave kat eklendiğini düşündürmüştür. Bu nedenle yapının mevcut taşıma gücünün üzerinde bir yük ile yüklenmesi, ilgili yapıların deprem davranışını da olumsuz yönde etkilemiştir.

Toptan göçmeye uğramayıp çeşitli hasarların meydana geldiği yığma yapılarda ise köşe hasarları, düzlem içi duvar hasarları, dış duvarlarda düzlem dışı devrilme hasarları, aynı duvar üzerinde düzlem içi kesme çatlakları ve kopma hasarları, uygun olmayan malzeme veya kötü işçilik kaynaklı hasarlar gözlenmiştir.



Şekil 6. Toptan Göçme İçin Örnekler



Şekil 7. Farklı Malzemeler Kullanılarak İnşa Edilen Yapılarda Toptan Göçme İçin Örnekler

Köşe Hasarları

Yığma yapılarda depremler esnasında en fazla gözlenen hasar tiplerinden birisi köşe hasarlarıdır. Bu hasarlar, birbirine dik taşıyıcı duvarların düzlem dışı deformasyonlara maruz kalması durumunda meydana gelmektedir. Bu hasarların en büyük nedenleri, taşıyıcı duvarlar arasında bağlantının iyi olmaması, düşük malzeme kalitesi, kötü işçilik ve hatıl kullanılmamasından kaynaklanmaktadır. Bu hasarlara ait çeşitli görseller Şekil 8'de verilmiştir.

Düzlem İçi Duvar Hasarları

Yığma binaların performansı, duvarların sahip oldukları düzlem içi rijitlikleri ile ilgilidir. Duvarların düzlem içi rijitliklerinin düşük olması, yapıda düzlem içi hasarların oluşmasına neden olabilmektedir. Yapılarda bu gibi hasarlara neden olan kuvvetler ise düşey yükler ve deprem yükleridir. Bu yüklerin bir arada etkimesi durumu olmadan, yalnızca düşey yüklerin etkimesi durumunda da bu tip hasarlar meydana gelebilmektedir. Yapıya düşey yüklerin yanı sıra deprem yüklerinin de etkimesi durumunda ise, deprem yükleri duvarlardaki kesme kuvvetini artırarak bu kuvvetlerin neden olduğu diyagonal kesme çatlaklarının oluşmasına sebep olmaktadır. Bu hasarlar uzunluğu fazla olan duvarlarda sık görülmekte ve genellikle duvarların ilk olarak kapı ve pencere boşlukları olan

bölgelerinden başlayarak yayılmaya başlamaktadır. Bu boşlukların olmadığı duvarlarda ise yaklaşık olarak × şeklindeki çatlak biçimi görülmektedir (Şekil 9).



Şekil 8. Köşe Hasarları İçin Örnekler



Şekil 9. × Şeklindeki Çatlak Biçimi İçin Örnekler

Duvarların düzlem içi yükler etkisindeki davranışını kesme ve eğilme davranışı olarak sınıflandırmak mümkündür. Bu davranışa bağlı olarak duvarlarda meydana gelen hasarlar genellikle bir kaç şekilde gözlenmektedir. Bunlardan birincisi, duvarların çoğunlukla alt kısımlarında meydana gelen çatlakların duvarın boyuna doğrultusu boyunca ilerleyerek düşey düzlemde ayrılma hasarı şeklindeki hasarlardır. İkincisi, duvar köşegeni boyunca meydana gelen çekme çatlaklarıdır. Bu çatlaklar da ileri boyutlara ulaştığında duvarda köşegen boyunca ayrılma hasarı meydana gelmekte ve duvar kararsız hale gelerek taşıma kapasitesini kaybetmektedir. Üçüncüsü, düşey yük ve deprem yükünün duvarda meydana getirdiği ve genellikle duvarların alt kısımlarında oluşan ezilme hasarlarıdır. Diğer bir

hasar türü ise düşey yüklerin meydana getirdiği ayrılmaya bağlı çekme hasarlarıdır. Bu hasar tipleri bazı durumlarda birlikte ortaya çıkabilmektedir. 6 Şubat 2023 depremleri esnasında yığma yapılarda çeşitli düzlem içi hasarlar gözlenmiştir. Bu hasarlar çoğunlukla, duvar köşelerinden başlayarak diyagonal şekilde bir yol izleyen ve lento eksikliğinden kaynaklı olarak kapı ve pencere boşlukları etrafından yayılacak şekilde olmuştur (Şekil 10).



Şekil 10. Düzlem İçi Duvar Hasarları İçin Örnekler

Dış Duvarlarda Düzlem Dışı Devrilme Hasarları

Yığma duvarların düzlem içi performansı, düzlem içi rijitliklerinin yüksek olması nedeniyle yüksektir. Ancak bu duvarların düzlem dışı yöndeki hareketlerden kaynaklanan (eğilme gerilmeleri etkisi) performansları, düzlem içi performanslarına göre daha düşüktür. Bu nedenle yığma duvarlara düzlem dışı doğrultuda deprem kuvvetlerinin etkimesi durumunda, ilgili duvarlar esnek bir davranış sergileyerek eğilme mekanizması ortaya çıkabilmektedir. 6 Şubat 2023 depremleri için duvarlarda dış duvarda bir doğrultuda düzlem dışı devrilme (Şekil 11a,g), köşelerde iki doğrultuda düzlem dışı devrilme (Şekil 11b-c), kısmi kopma (Şekil 11c-f) şeklinde çeşitli düzlem dışı hasarlar gözlenmiştir.

Aynı Duvar Üzerinde Düzlem İçi Kesme Çatlakları ve Kopma Hasarı Durumu

Depremin yatayda her iki yöndeki bileşeninin (doğu-batı ve kuzey-güney) yapıya aynı anda etkimesi, yapılarda düzlem içi ve düzlem dışı hasarların birlikte oluşmasına da neden olabilmektedir. Bu tip hasarlar için çeşitli örnekler Şekil 12’de verilmiştir.

TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yapılan saha araştırmasında toptan göçmeye uğrayan çok sayıda yapı gözlenmiştir. Yapılardaki hasar tipleri ise köşe hasarları, düzlem içi duvar hasarları, dış duvarlarda düzlem dışı devrilme hasarları, aynı duvar üzerinde düzlem içi kesme çatlakları ve kopma hasarı, uygun olmayan malzeme veya kötü işçilik kaynaklı hasarlar olarak belirlenmiştir. Bu hasar tiplerinin engellenebilmesi veya ilgili kısımların güçlendirilmesi için çeşitli yöntemler mevcuttur.

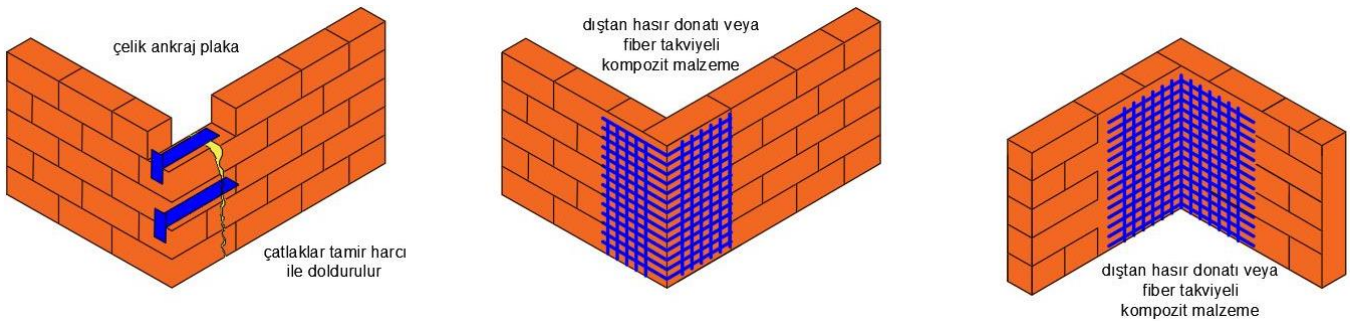


Şekil 11. Dış Duvarlarda Düzlem Dışı Devrilme Hasarları İçin Örnekler



Şekil 12. Aynı Duvar Üzerinde Düzlem İçi Kesme Çatlakları ve Kopma Hasarı Durumu İçin Örnekler

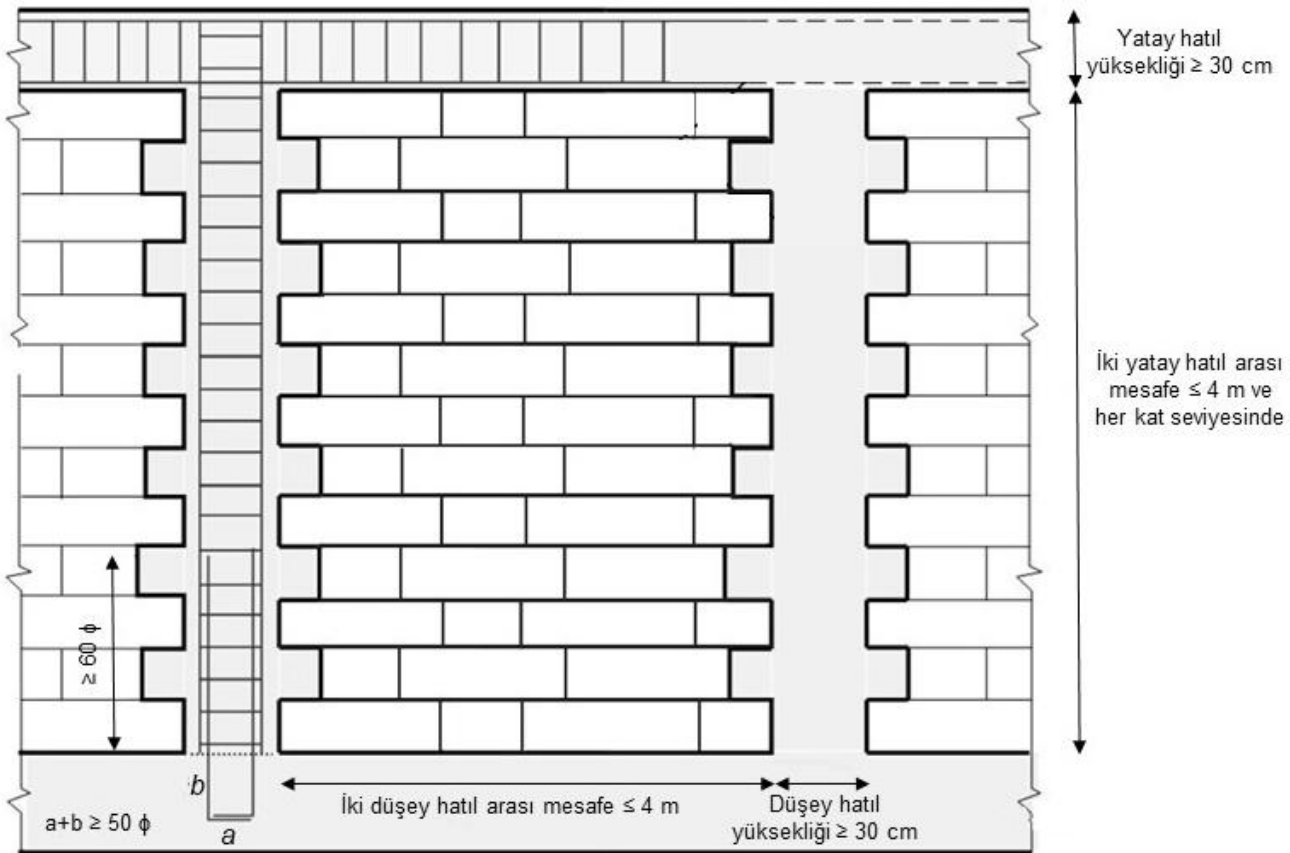
Köşe hasarlarının oluşmasını engelleyebilmek için öncelikle malzeme kalitesinin iyi olmasına ve kalifiye işçilik yapılmasına dikkat edilmeli ve köşe noktalarındaki bağlantıyı güçlendirecek birtakım çözümler uygulanmalıdır. Bu çözümlerden bazıları ilgili köşe noktalarında çelik ankraj plaka, içten veya dıştan donatı veya lifli polimer kompozit malzeme uygulaması ile güçlendirme olarak söylenebilir (Şekil 13).



Şekil 13. Köşe Hasarlarını Engellenebilmek veya İlgili Bölgeleri Güçlendirmek İçin Birtakım Çözümler

Yeni inşa edilecek yığma yapılarda köşe hasarlarının oluşmasını engelleyebilmek için taşıyıcı duvarlarda kerpiç, boşluklu beton briket, ponza taşı, moloz taş ve dolgu duvarlar için üretilmiş tuğlalar kullanılmamalıdır. Kesme taş ve tuğla duvar kullanılarak inşa edilen yapılarda ise betonarme yatay ve düşey hatıllar yapılmalıdır. Bu hatıllar duvarların yanal rijitliğini artırmakta ve yanal kuvvetleri dağıtarak yapının kutu şeklinde hareket etmesini sağlamaktadır. Bu sayede yapılardaki köşe hasarlarının yanı sıra düzlem içi ve düzlem dışı hasarlar da önemli ölçüde azaltılmış olacaktır. Ancak hatıl eksikliği veya yönetmeliklerin getirdiği sınırlamalara uygun olmayan hatıllar, yapılarda köşe hasarlarının yanı sıra düzlem içi ve düzlem dışı hasarların da en büyük nedenlerindedir.

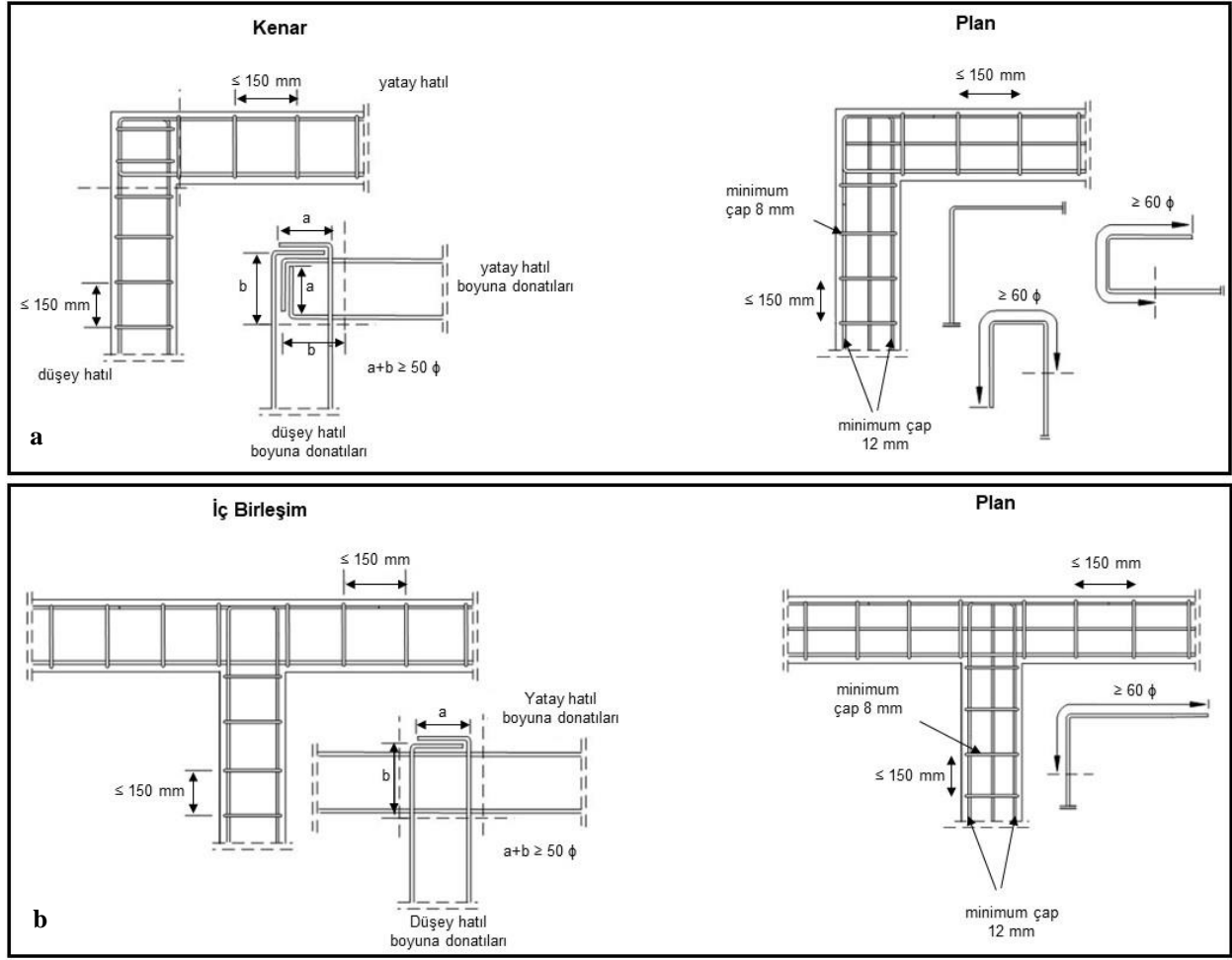
TBDY-2018 yığma yapılarda betonarme hatıl kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Düşey ve yatay hatıllar için betonun basınç dayanımı minimum 25 MPa, en kesit yükseklikleri minimum 300 mm olmalı, boyuna donatı sayısı ve enine donatı aralığı ise sırasıyla $6\phi 12$ ve $\phi 8/150$ mm değerinden az olmamalıdır. Bu hatılların en kesit genişliği, en az duvar kalınlığı kadar olmalıdır. Yatay hatılların düşeydeki aralığı 4 m'yi aşmamalıdır. Düşey hatıl donatılarında bindirmeli ekler 60ϕ 'den daha kısa olmamalıdır. TBDY-2018 için bu hatılların uygulama sınırları Şekil 14-15'te verilmiştir.



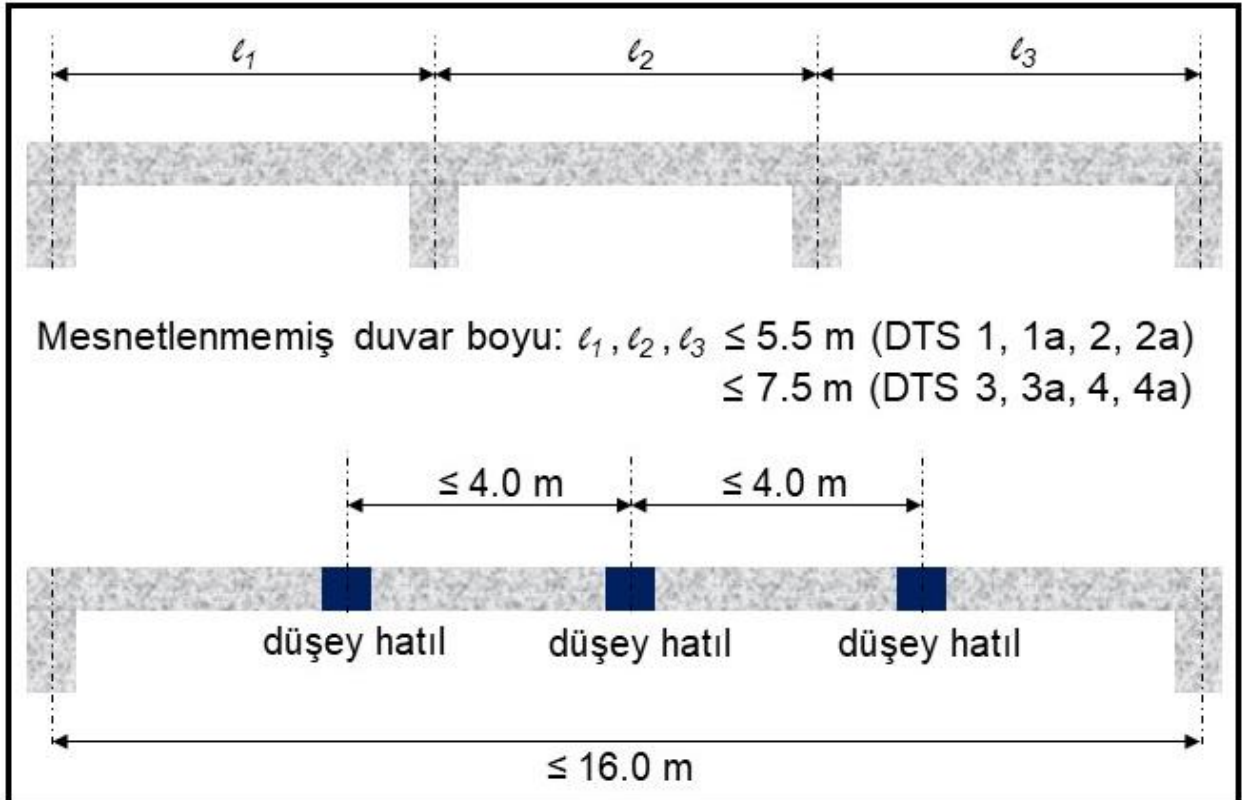
Şekil 14. TBDY-2018'e Göre Taşıyıcı Duvarlarda Yatay ve Düşey Hatıl Detayları

Yığma yapılardaki diğer bir hasar türü olarak düzlem içi hasarlar karşımıza çıkmaktadır. Bu hasarların en büyük nedeni ise, yatay ve düşey hatılların eksikliğinin yanı sıra duvarların geniş uzunluklara sahip olmasına bağlı olarak duvarların rijitliklerinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu geniş uzunluklar duvarlardaki kesme etkisini artırmakta olup, TBDY-2018 tarafından bu hususta getirilen sınırlamalar Şekil 16'da verilmiştir. Şekil 16 için DTS (Deprem Tasarım Sınıfı), BKS (Bina Kullanım Sınıfı) ve SDS (Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı)'ye bağlı olarak belirlenmektedir.

Yığma yapıların düzlem dışı rijitliklerini artırmanın diğer bir yolu ise rijit döşemelerin yapılması ile mümkündür. Bu döşemeler rijit bir diyafram oluşturarak duvarların deprem kuvvetleri karşısında bir bütün olarak hareket edebilmesini sağlamaktadır. TBDY-2018, binalarda betonarme döşeme yapılmasını, bu döşemelerin kalınlığının en az 100 mm olmasını ve yatay hatıllarla desteklenmesini zorunlu tutmaktadır.

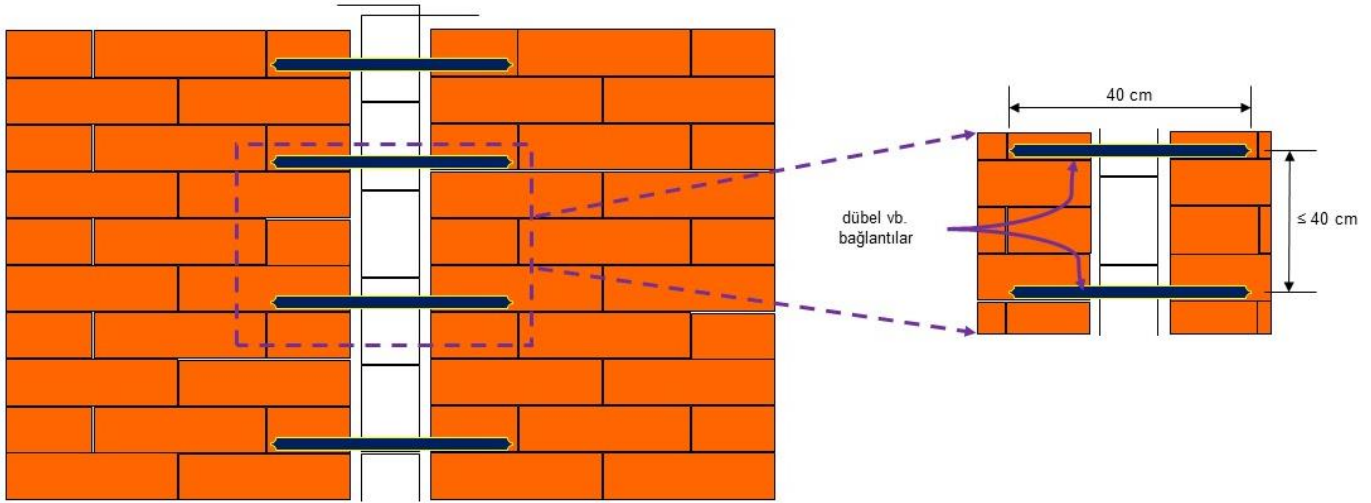


Şekil 15. TBKY-2018'e Göre a. Kenar ve b. İç Birleşimlerde Yatay Hatıllar



Şekil 16. Taşıyıcı Duvarların Desteklenmemiş En Büyük Uzunlukları ve Düşey Hatıllar Arası Mesafeler

Ancak duvar-döşeme ve duvar-duvar bağlantılarının düzgün yapılmaması durumunda düzlem dışı mekanizma durumu yine kaçınılmaz olacaktır. Bu nedenle bu bağlantıların da düzgün yapılması rijit diyafram durumunu sağlamak için önem arz etmektedir. Duvarlar arasındaki bağlantıları güçlendirebilmek amacıyla, özel olarak tasarlanmış yatay dübellerle duvarların kenetlenmesini artırmak tercih edilebilecek bir seçenektir (Şekil 17).



Şekil 17. Duvarlar Arasındaki Bağlantıları Güçlendirmek Amacıyla Dübel vb. Bağlantılar Kullanılması (Meli vd. 2011'den uyarlandı)

Yapı stoğunun eski olması, yapıların hiçbir mühendislik hizmeti olmadan inşa edilmesi ve uygun olmayan malzeme kullanımı, yapılarda yukarıda verilen hasar tiplerinin oluşmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Bu nedenle yapıların inşa sürecinde, mühendislik hizmeti alınması, profesyonel yapı denetim firmaları tarafından kontrol edilmesi ve deprem yönetmeliklerinde belirtilen malzemeler kullanılması sağlanmalıdır. TBDY-2018'de hangi malzemelerin yığma birim olarak kullanılabilceği hususunda "Boşluklu beton briketler, dolgu duvarları için üretilmiş diğer tuğlalar, kerpiç, moloz taş, ponza taşı ve benzeri biçim verilmiş bloklar, hiçbir zaman taşıyıcı duvar malzemesi olarak kullanılmayacaktır." ifadesi yer almaktadır. TBDY-2018, harç birimlerin küp basınç dayanımlarının ise donatısız ve kuşatılmış yığma yapılar için 5.0 MPa ve donatılı yığma yapılar 10.0 MPa değerinden düşük olmaması gerektiğini belirtmiştir.

Nurdağı ilçesindeki zemin yapısı da yukarıda bahsedilen hasarların ortaya çıkmasında etkili olmuştur. Nitekim Nurdağı ilçesinin büyük bir kısmı çakıl, kum ve killerden oluşan yaşlı alüvyonlardan müteşekkildir. Ayrıca yeraltı su seviyesi genel olarak 0.5-10 m civarındadır (URL-2). Yer altı su seviyesinin yüzeye bu denli yakın oluşunun da depremin şiddetini artırdığı düşünülmektedir.

Nurdağı ilçesi konum itibarıyla sismik olarak hareketli bir bölgededir. Bölgede DAF ve ÖDF zonları etkilidir. Bu durum meydana gelebilecek olası depremlerde ilçedeki kötü zemin özelliklerine sahip olan yerleşim yerlerinde yapılarındaki hasar riskini kaçınılmaz kılmaktadır. Bu nedenle ilçede kötü zemin özelliklerine sahip olan yerleşim yerlerini belirlemek üzere zemin etütleri yapılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca yerleşim yerlerinin faya olan yakınlığı uzmanlarca belirlenmeli ve aktif faylara yakın olan bölgelerde yapılaşmanın önüne geçilmelidir.

SONUÇLAR

6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde sırasıyla $M_w=7.7$ ve $M_w=7.6$ büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir. Bu depremler ve sonrasında meydana gelen artçı depremler toplam 11 ilde yıkıma yol açmıştır. Depremlerden en fazla etkilenen yerleşim yerlerinden birisi de Gaziantep ilinin Nurdağı ilçesidir. Nurdağı ilçesi için yapı stoğunun büyük bir bölümünü yığma yapılar oluşturmaktadır. Bu çalışmada Nurdağı ilçesi için yığma yapılarda meydana gelen hasarları belirlemeye yönelik saha araştırması gerçekleştirilmiştir.

Saha araştırmasında çok sayıda yapının toptan göçmeye uğradığı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra hasara gören yapılardaki hasar tipleri çeşitlilik göstermiştir. Bu hasar tipleri ise köşe hasarları, düzlem içi duvar hasarları, dış duvarlarda düzlem dışı devrilme hasarları, aynı duvar üzerinde düzlem içi kesme çatlakları ve kopma hasarları, uygun olmayan malzeme veya kalifiye olmayan işçilik kaynaklı hasarlar olarak belirlenmiştir. Bu hasar tiplerinin

engellenebilmesi, hasarlı kısımların güçlendirilmesi ve yeni inşa edilecek yapılarda dikkat edilmesi gereken bazı hususlar için şu önerilerde bulunulmuştur:

- Eski yapı stoğu, alanında uzman kişiler tarafından değerlendirilmeli ve performansı yetersiz olan yapılar için yıkım işlemleri gerçekleştirilmeli veya güçlendirme çözümleri geliştirilmelidir.
- Yeni inşa edilecek yapıların malzeme kalitesinin iyi olması, kalifiye işçilik yapılması, deprem yönetmeliği esasları dikkate alınarak tasarlanması, mühendislik hizmeti alınarak inşa edilmesi ve profesyonel yapı denetim firmaları tarafından kontrol edilmesi sağlanmalıdır.
- Köşe noktalarındaki bağlantıyı güçlendirecek çelik ankraj plaka, içten veya dıştan donatı veya lifli polimer kompozit malzeme uygulaması gibi birtakım çözümler uygulanmalıdır.
- Taşıyıcı duvarlarda boşluklu beton briket, dolgu duvarlar için üretilmiş tuğlalar, kerpiç, moloz taş ve ponza taşı kullanılmamalıdır.
- Harç birimlerin küp basınç dayanımlarının, TBDY-2018’de belirtilen minimum küp basınç dayanımından düşük olmamasına dikkat edilmelidir.
- Kesme taş ve tuğla duvar kullanılarak inşa edilecek yapılarda, deprem yönetmeliklerinin getirdiği sınırlar gözetilerek betonarme yatay ve düşey hatlar yapılmalıdır.
- Yapılardaki rijit diyafram davranışı sağlayabilmek için rijit döşeme yapılmalıdır. Rijit döşeme için deprem yönetmelikleri tarafından getirilen sınırlar dikkate alınmalıdır.
- Duvar-döşeme ve duvar-duvar arasındaki bağlantıları güçlendirebilmek için, ilgili kısımlarda özel olarak tasarlanmış dübel kullanımı vb. uygulamalara başvurulmalıdır.
- Kötü zemin özelliklerine sahip olan yerleşim yerlerini belirlemek için zemin etütleri yapılmalıdır.
- Aktif faylara yakın olan bölgelerde yapılaşmanın önüne geçilmelidir.

Sonuç olarak 6 Şubat 2023 depremlerinin ortaya çıkardığı yıkım, geçmiş depremlerden yeterince ders alınmadığını ve akademik bilgi ve tecrübenin uygulamaya yeterince yansımadığını göstermiştir. Bu çalışma, deprem kaynaklı hasarların ve can kayıplarının azaltılmasında profesyonel mühendislik hizmeti alınmasının, mühendislerden işçilere kadar inşaat sektöründe çalışanların deprem bilincinin artırılması için daha fazla eğitim verilmesinin, deprem yönetmeliklerine uygun olarak tasarım yapılmasının, binaların yapımında mutlak kontrol sağlanmasının ve üretimin her aşamasında titizlikle takip edilmesinin hayati önemini vurgulamaktadır.

KAYNAKLAR

- Adanur, S. (2010). Performance of masonry buildings during the 20 and 27 December 2007 Bala (Ankara) earthquakes in Turkey. *Natural Hazards and Earth System Science*, 10, 2547–2556.
- Ahmadizadeh, M., & Shakib, H. (2004). On the December 26, 2003, southeastern Iran earthquake in Bam region. *Engineering Structures*, 26, 1055–1070.
- Akkar, S., Aldemir, A., Askan, A., Bakır, S., Canbay, E., Demirel, I. O., & Yenier, E. (2011). 8 March 2010 Elazığ-Kovancılar (Turkey) Earthquake: Observations on ground motions and building damage. *Seismological Research Letters*, 82, 42–58.
- Arpat, E., & Şaroğlu, F. (1975). Türkiye’deki bazı önemli genç tektonik olaylar. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 18(1), 91-101.
- Ates, S., Kahya, V., Yurdakul, M., & Adanur, S. (2013). Damages on reinforced concrete buildings due to consecutive earthquakes in Van. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 53, 109-118.
- Atmaca, B., Demir, S., Günaydin, M., Altunişik, A. C., Hüsem, M., Ateş, Ş., ... & Angin, Z. (2020). Field investigation on the performance of mosques and minarets during the Elazığ-Sivrice Earthquake. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 34(6), 04020120.

- Bayraktar, A., Altunişik, A.C., & Pehlivan, M. (2013). Performance and damages of reinforced concrete buildings during the October 23 and November 9, 2011 Van, Turkey, earthquakes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 53, 49–72.
- Bayraktar, A., Coşkun, N., & Yalçın, A. (2007). Damages of masonry buildings during the July 2, 2004 Doğubayazıt (Ağrı) earthquake in Turkey. *Engineering Failure Analysis*, 14, 147–157.
- Bovo, M., Barbaresi, A., Torreggiani, D., & Tassinari, P. (2020). Collapse and damage to vernacular buildings induced by 2012 Emilia earthquakes. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18, 1049-1080.
- Brandonisio, G., Lucibello, G., Mele, E., & De Luca, A. (2013). Damage and performance evaluation of masonry churches in the 2009 L'Aquila earthquake. *Engineering Failure Analysis*, 34, 693–714.
- Büyüksaraç, A., Gündoğdu, E., Bektaş, Ö., & Işık, E. (2024). Failure mechanism by wrench faulting in Central Anatolia. *Engineering Failure Analysis*, 156, 107786.
- Çağlar, N., Vural, I., Kirtel, O., Saribiyik, A., & Sumer, Y. (2023). Structural damages observed in buildings after the January 24, 2020 Elazığ-Sivrice earthquake in Türkiye. *Case Studies in Construction Materials*, 18, e01886.
- Celep, Z., Erken, A., Taskin, B., & Ilki, A. (2011). Failures of masonry and concrete buildings during the March 8, 2010 Kovancılar and Palu (Elazığ) Earthquakes in Turkey. *Engineering Failure Analysis*, 18, 868–889.
- Çelebi, E., Aktas, M., Çağlar, N., Özocak, A., Kutanis, M., Mert, N., & Özcan, Z. (2013). October 23, 2011 Turkey/Van-Erciş earthquake: Structural damages in the residential buildings. *Natural Hazards*, 65, 2287–2310.
- Dedeoğlu, İ.Ö., Yetkin, M., & Calayır, Y. (2022). 24 January 2020 Sivrice-Elazığ Earthquake: Assessment of Seismic Characteristics of Earthquake, Earthquake Territory and Structural Performance of Reinforced Concrete Structures. *Sakarya University Journal of Science*, 26, 1892–1907.
- Dedeoğlu, İ.Ö., Yetkin, M., Calayır, Y., & Erkek, H. (2023) January 24, 2020 Sivrice-Elazığ (Türkiye) Earthquake: The Seismic Assessment of the Earthquake Territory, Geotechnical Findings and Performance of Masonry Buildings. *Iran J Sci Technol Trans Civ Eng*, <https://doi.org/10.1007/s40996-023-01318-0>
- Demirtaş, R. (2003). DAFZ'nda Deprem Üreten Diri Faylar; 1900-2003 Yılları Arasında Doğu Anadolu Fay Zonunda Olmuş Hasar Yapıcı Depremler. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, 78 (3).
- Dogan, G., Ecemis, A. S., Korkmaz, S. Z., Arslan, M. H., & Korkmaz, H. H. (2021). Buildings damages after Elazığ, Turkey earthquake on January 24, 2020. *Natural Hazards*, 109(1), 161-200.
- Doğangün, A. (2004). Performance of reinforced concrete buildings during the May 1, 2003 Bingöl Earthquake in Turkey. *Engineering Structures*, 26(6), 841-856.
- Dutta, S. C., Nayak, S., Acharjee, G., Panda, S. K., & Das, P. K. (2016). Gorkha (Nepal) earthquake of April 25, 2015: Actual damage, retrofitting measures and prediction by RVS for a few typical structures. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 89, 171-184.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Olgun, Ş., Elmacı, H. & Özalp, S. (2012). 1:250.000 Ölçekli Diri Fay Haritası Serisi, Gaziantep (NJ 37-9) Paftası, Seri No:38, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Erkek, H., & Yetkin, M. (2023). Assessment of the performance of a historic minaret during the Kahramanmaraş, earthquakes (Mw 7.7 and Mw 7.6). *Structures*, 58, 105620.
- Gautam, D., & Chaulagain, H. (2016). Structural performance and associated lessons to be learned from world earthquakes in Nepal after 25 April 2015 (MW 7.8) Gorkha earthquake. *Engineering Failure Analysis*, 68, 222–243.
- Göçer, C. (2020). Structural evaluation of masonry building damages during the April 24, 2014 Gökçeada earthquake in the Aegean Sea. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18, 3459–3483.
- Herece, E. (2003). Doğu anadolu fayı deprem ve kentleşme. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, 78 (3).
- Indirli, M., S. Kouris, L.A., Formisano, A., Borg, R.P., & Mazzolani, F.M. (2013). Seismic damage assessment of unreinforced masonry structures after the Abruzzo 2009 earthquake: The case study of the historical centers of L'Aquila and Castelvechio Subequo. *International Journal of Architectural Heritage*, 7, 536–578.
- Ingham, J., & Griffith, M. (2010). Performance of unreinforced masonry buildings during the 2010 Darfield (Christchurch, NZ) earthquake. *Australian Journal of Structural Engineering*, 11, 207–224.

- Isik, E., Aydın, M. C., & Buyuksarac, A. (2020). 24 January 2020 Sivrice (Elazığ) earthquake damages and determination of earthquake parameters in the region. *Earthquakes and Structures*, 19(2), 145.
- Ismail, N., & Khattak, N. (2019). Observed failure modes of unreinforced masonry buildings during the 2015 Hindu Kush earthquake. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 18, 301–314.
- İmamoğlu, M.Ş., & Çetin, E. (2007). Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Yakın Yöresinin Depremselliği. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, (9), 93-103.
- İnce, O. (2024). Structural damage assessment of reinforced concrete buildings in Adıyaman after Kahramanmaraş, (Türkiye) Earthquakes on 6 February 2023. *Engineering Failure Analysis*, 156, 107799.
- Kahya, V., Genç, A.F., Sunca, F., Roudane, B., Altunişik, A.C., Yılmaz, S., Günaydin, M., Dok, G., Kirtel, O., Demir, A., Aykanat, B., Arslan, M.E., Sarıbiyik, A., Aydın, F., Aslan, B., Sezdirmez, T., Tatar, T., Emiroğlu, M., Atmaca, B., Adanur, S., Ertürk Atmaca, E., Güleş, O., Demirkaya, E., Öztürk, H., & Akgül, T. (2024). Evaluation of earthquake-related damages on masonry structures due to the 6 February 2023 Kahramanmaraş,-Türkiye earthquakes: A case study for Hatay Governorship Building. *Engineering Failure Analysis*, 156, 107855.
- Kaplan, H., Yılmaz, S., Binici, H., Yazar, E., & Çetinkaya, N. (2004). May 1, 2003 Turkey-Bingöl earthquake: damage in reinforced concrete structures. *Engineering Failure Analysis*, 11(3), 279-291.
- Karakostas, C., Lekidis, V., Makarios, T., Salonikios, T., Sous, I., & Demosthenous, M. (2005). Seismic response of structures and infrastructure facilities during the Lefkada, Greece earthquake of 14/8/2003. *Engineering Structures*, 27(2), 213-227.
- Kocaman, İ. (2023a). Damage mechanisms of masonry structures: an observation after 19 November Erzurum-Köprükoy Earthquake. *Journal of Structural Engineering & Applied Mechanics*, 6(5), 455-467.
- Kocaman, İ. (2023b). The effect of the Kahramanmaraş, earthquakes (Mw 7.7 and Mw 7.6) on historical masonry mosques and minarets. *Engineering Failure Analysis*, 149, 107225.
- Meli, R., Brzev, S., Astroza, M., Boen, T., Crisafulli, F., & Dai, J. (2011). Seismic Design Guide for Low-Rise Confined Masonry Buildings Earthquake Engineering Research Institute (EERI), Oakland, California.
- Mercimek, Ö. (2023). Seismic failure modes of masonry structures exposed to Kahramanmaraş, earthquakes (Mw 7.7 and 7.6) on February 6, 2023. *Engineering Failure Analysis*, 151, 107422.
- Naseer, A., Khan, A. N., Hussain, Z., & Ali, Q. (2010). Observed seismic behavior of buildings in northern Pakistan during the 2005 Kashmir earthquake. *Earthquake Spectra*, 26(2), 425-449.
- Okay, A.I., Zattin, M., & Cavazza, W. (2010). Apatite fission track data for the Miocene Arabia-Eurasia collision. *Geology*, 38, 35-38.
- Onat, O., Yön, B., Öncü, M. E., Varolgüneş, S., Karaşin, A., & Cemalgil, S. (2022). Field reconnaissance and structural assessment of the October 30, 2020, Samos, Aegean Sea earthquake: an example of severe damage due to the basin effect. *Natural Hazards*, 112(1), 75-117.
- Oyguc, R. (2016). Seismic performance of RC school buildings after 2011 Van earthquakes. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 14, 821–847.
- Oyguc, R., & Oyguc, E. (2017). 2011 Van Earthquakes: Lessons from Damaged Masonry Structures. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 31, 1–20.
- Ruiz-Pinilla, J. G., Adam, J. M., Pérez-Cárcel, R., Yuste, J., & Moragues, J. J. (2016). Learning from RC building structures damaged by the earthquake in Lorca, Spain, in 2011. *Engineering Failure Analysis*, 68, 76-86.
- Sayın, E., Yön, B., Calayır, Y., & Karaton, M. (2013). Failures of masonry and adobe buildings during the June 23, 2011 Maden-(Elazığ) earthquake in Turkey. *Engineering Failure Analysis*, 34, 779-791.
- Sorrentino, L., Liberatore, L., Liberatore, D., & Masiani, R. (2014). The behaviour of vernacular buildings in the 2012 Emilia earthquakes. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 12, 2367–2382.
- Tapan, M., Comert, M., Demir, C., Sayan, Y., Orakcal, K., & Ilki, A. (2013). Failures of structures during the October 23, 2011 Tabanlı (Van) and November 9, 2011 Edremit (Van) earthquakes in Turkey. *Engineering Failure Analysis*, 34, 606–628.

- Taskin, B., Sezen, A., Tugsal, U. M., & Erken, A. (2013). The aftermath of 2011 Van earthquakes: Evaluation of strong motion, geotechnical and structural issues. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 11, 285–312.
- Taucer, F., Alarcon, J.E., & So, E. (2009). 2007 August 15 magnitude 7.9 earthquake near the coast of Central Peru: Analysis and field mission report. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 7, 1–70.
- TBDY. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- Ural, A., Doğangün, A., Sezen, H., & Angın, Z. (2012). Seismic performance of masonry buildings during the 2007 Bala, Turkey earthquakes. *Natural Hazards*, 60, 1013–1026.
- URL-1. Nurdağı Tarihçe. <http://www.nurdagi.gov.tr/> Erişim tarihi: 24.01.2024
- URL-2. Gaziantep İl Afet Risk Azaltma Planı - İRAP. (2021)
<https://gaziantep.afad.gov.tr/kurumlar/gaziantep.afad/E-Kutuphane/II-Planlari/Gaziantep-IRAP.pdf> Erişim tarihi: 24.01.2024
- URL-3. Nurdağı Nüfus Verileri. <https://www.tuik.gov.tr/> Erişim tarihi: 24.01.2024
- URL-4. Deprem Verileri. <https://deprem.afad.gov.tr/event-instrumental> Erişim tarihi: 27.01.2024
- URL-5. 6 Şubat 2023 Depreminin Karakteristikleri. <https://www.emsc-csem.org/> Erişim tarihi: 29.01.2024
- URL-6. 6 Şubat 2023 Depreminin İvme Verileri. <https://tadas.afad.gov.tr/list-event> Erişim tarihi: 29.01.2024
- Vuran, E., Serhatoğlu, C., Timurağaoğlu, M.Ö., Smyrou, E., Bal, İ.E., & Livaoğlu, R. (2024). Damage observations of RC buildings from 2023 Kahramanmaraş earthquake sequence and discussion on the seismic code regulations. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 1-30. <https://doi.org/10.1007/s10518-023-01843-3>.
- Yakut, A., Sucuoğlu, H., Binici, B., Canbay, E., Donmez, C., İlki, A., & Ay, B. Ö. (2022). Performance of structures in İzmir after the Samos island earthquake. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 20, 7793–7818.
- Yazgan, U., Oyuç, R., Ertaç Ergüven, M., & Celep, Z. (2016). Seismic performance of buildings during 2011 Van earthquakes and rebuilding efforts. *Journal of Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 15, 591–606.
- Yetkin, M., Dedeoğlu, İ.Ö., & Calayır, Y. (2021). 24 Ocak 2020 Sivrice depremi sonrasında Elazığ ilinde bulunan minarelerde meydana gelen hasarların araştırılması ve değerlendirilmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 33, 379–389.
- Yetkin, M., Dedeoğlu, İ.Ö., & Tunç, G. (2024). February 6, 2023, Kahramanmaraş twin earthquakes: Evaluation of ground motions and seismic performance of buildings for Elazığ, southeast of Türkiye. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 181, 108678.
- Yön, B., Onat, O., & Öncü, M. E. (2019). Earthquake damage to nonstructural elements of reinforced concrete buildings during 2011 Van seismic sequence. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 33(6), 04019075.
- Yurdakul, Ö., Duran, B., Tunaboyu, O., & Avşar, Ö. (2021). Field reconnaissance on seismic performance of RC buildings after the January 24, 2020 Elazığ-Sivrice earthquake. *Natural Hazards*, 105, 859–887.
- Zhao, B., Taucer, F., & Rossetto, T. (2009). Field investigation on the performance of building structures during the 12 May 2008 Wenchuan earthquake in China. *Engineering Structures*, 31(8), 1707-1723.