



Investigation of the Damage Conditions of Reinforced Concrete Buildings and Steel Structures in Malatya Province Following the February 6, 2023 Kahramanmaraş

Muhammed Atar ¹, Ozan Ince ¹, Omer Faruk Tas ¹, Alper Ozmen ² and Erkut Sayin ¹

¹ Firat University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering, 23119 Elazig, Türkiye

² Inonu University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering, 44000 Malatya, Türkiye

ORCID: 0000-0001-7812-0086, 0000-0002-6319-1129, 0000-0002-1431-5316, 0000-0003-1335- 3780, 0000-0003-0266- 759X

Keywords

Earthquake damage, Kahramanmaraş earthquakes, Reinforced concrete structure, Steel structure

Highlights

- * February 6, 2023 Turkey earthquakes
- * Earthquake damages to reinforced structures
- * Earthquake damages to steel structures

Aim

This study aims to assess the damage and failure mechanism of reinforced and steel structures after 6 February 2023 earthquakes

Location

The study area is located in Malatya

Methods

Field survey

Results

The on-site inspections reveal a notable lack of workmanship and construction mistakes during both manufacturing and assembly

Supporting Institutions

--

Financial Disclosure

--

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest

The authors have no conflicts of interest to declare

Manuscript

Research Article

Received: 21.11.2023

Revised: 08.01.2024

Accepted: 30.01.2024

Printed: 30.06.2024

DOI

10.46464/tdad.1394039



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Muhammed Atar

Email: matar@firat.edu.tr



Figure
Damage assessment of reinforced concrete and steel structures

How to cite:

Atar M., Ince O., Tas O.F., Ozmen A., Sayin E., 2024. Investigation of the Damage Conditions of Reinforced Concrete Buildings and Steel Structures in Malatya Province Following the February 6, 2023 Kahramanmaraş, Turk Deprem Arastirma Dergisi 6(1), 60-80, <https://doi.org/10.46464/tdad.1394039>.



6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri Sonrası Malatya İlinde Bulunan Betonarme Binaların ve Çelik Yapıların Hasar Durumlarının İncelenmesi

Muhammed Atar ¹, Ozan İnce ¹, Ömer Faruk Taş ¹, Alper Özmen ² and Erkut Sayın ¹

¹ Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 23119 Elazığ, Türkiye

² İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 44000 Malatya, Türkiye
ORCID: 0000-0001-7812-0086, 0000-0002-6319-1129, 0000-0002-1431-5316, 0000-0003-1335-3780, 0000-0003-0266-759X

ÖZET

Türkiye'de 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ın Pazarcık ilçesinde saat 04:17'de M_w 7.7 ve aynı gün içinde Elbistan merkezli saat 13:24'te M_w 7.6 büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir. Bu iki deprem 9 saatlik arayla meydana gelmiş ve özellikle 11 şehri etkilemiştir. Bu çalışmada, 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ta meydana gelen depremler sonrasında Malatya ilinde yer alan betonarme ve çelik yapıların hasar durumları incelenmiştir. Saha çalışmasında çoğunlukla yıkılan veya ağır hasar gören yapılar üzerinde durulmuştur. Taşıyıcı sistem ve düzensizlikler, malzeme kalitesi ve inşaat süreçlerindeki uygulama hataları gibi konular ele alınmıştır. Yapılan çalışmada özellikle betonarme yapılarda deprem yönetmeliklerinin uygulanmasında ciddi eksiklikler olduğu ayrıca depreme karşı dayanıklı yapı tasarımında taşıyıcı sistem tasarımına ve beton malzemesinin kalitesine (betonda segregasyon oluşumu, uygun geometride agrega kullanılmaması, yetersiz paspayının bırakılması gibi) daha fazla dikkat edilmesi gerektiği görülmektedir.

Anahtar kelimeler

Deprem hasarı, Kahramanmaraş depremleri, Betonarme yapı, Çelik yapı

Öne Çıkanlar

- * 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri
- * Betonarme yapılarda deprem hasarları
- * Çelik yapılarda deprem hasarları
- * Malatya ili deprem hasarları

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 21.11.2023

Düzeltilme: 08.01.2024

Kabul: 30.01.2024

Basım: 30.06.2023

DOI

10.46464/tdad.1394039

Sorumlu yazar

Muhammed Atar

Eposta:

matar@firat.edu.tr

Investigation of the Damage Conditions of Reinforced Concrete Buildings and Steel Structures in Malatya Province Following the February 6, 2023 Kahramanmaraş

Muhammed Atar ¹, Ozan Ince ¹, Omer Faruk Tas ¹, Alper Ozmen ² and Erkut Sayın ¹

¹ Fırat University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering, 23119 Elazığ, Türkiye

² Inonu University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering, 44000 Malatya, Türkiye
ORCID: 0000-0001-7812-0086, 0000-0002-6319-1129, 0000-0002-1431-5316, 0000-0003-1335-3780, 0000-0003-0266-759X

ABSTRACT

On February 6, 2023, two earthquakes with a magnitude of M_w 7.7 occurred in the Pazarcık district of Kahramanmaraş, one at 04:17 and the second one at 13:24 in the center of Elbistan, with a magnitude of M_w 7.6. These two earthquakes happened 9 hours apart and significantly affected 11 cities. In this study, the damage conditions of reinforced concrete and steel structures in Malatya province were examined following the earthquakes that occurred in Kahramanmaraş on February 6, 2023. In the field study, mostly collapsed or heavily damaged structures were examined. Topics such as structural system and irregularities, material quality and application mistakes in construction processes are discussed. The field inspection revealed significant shortcomings in the implementation of earthquake regulations. More attention should be directed towards the design of the structural system and the quality of concrete materials, including aspects such as segregation in concrete, improper aggregate geometry, and insufficient concrete cover, in the design of earthquake-resistant structures.

Keywords

Earthquake damage, Kahramanmaraş earthquakes, Reinforced concrete structure, Steel structure

Highlights

- * 6 February 2023 Kahramanmaraş earthquakes
- * Reinforced concrete earthquake damages
- * Steel structure earthquake damages
- * Earthquake damages in Malatya province

Manuscript

Research Article

Received: 21.11.2023

Revised: 08.01.2024

Accepted: 30.01.2024

Printed: 30.06.2024

DOI

10.46464/tdad.1394039

Corresponding Author

Muhammed Atar

Email:

matar@firat.edu.tr

1. GİRİŞ

Türkiye, aktif fay hatlarına sahip olması nedeniyle şiddetli depremlerin sıkça meydana geldiği bir coğrafyaya sahiptir. Kuzey Anadolu Fay Hattı, Doğu Anadolu Fay Hattı ve Batı Anadolu Genişleme Bölgesi, büyük depremlerin gerçekleştiği önemli kaynak zonlarıdır (Sayın ve diğ. 2021). Doğu Anadolu Fay Hattı üzerinde, 6 Şubat 2023 tarihinde Türkiye saati ile 04:17 ve 13:24'te, sırasıyla Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) merkezli iki büyük deprem meydana gelmiştir. AFAD'ın verilerine göre, ilk depremin büyüklüğü M_w 7.7, ikinci depremin ise 7.6 olarak kaydedilmiştir. Bu depremler, birçok ilde hissedilmiş olup, özellikle Kahramanmaraş, Hatay, Adıyaman, Gaziantep, Malatya, Kilis, Diyarbakır, Adana, Osmaniye, Şanlıurfa ve Elazığ illerinde büyük ölçüde hasara neden olmuştur. Yaşanan depremlerin yıkıcı etkisi, betonarme, çelik, prefabrik ve yığma yapılar gibi birçok yapıyı etkileyerek ciddi hasarlara veya göçmelere neden olmuştur.

Literatürde Kahramanmaraş depremleri ve deprem hasarları ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Kahramanmaraş depremleri sonrasında, Mertol ve diğ. (2023) betonarme binalarda, Işık ve diğ. (2023) yığma yapılarda, Sagbas ve diğ. (2023) endüstri yapılarında ve Kocaman (2023b) cami ve minarelerde meydana gelen hasarları incelemişlerdir. Altunsu ve diğ. (2024) Kahramanmaraş-Türkiye depremleri sonrasında Hatay ilinde meydana gelen yapısal hasarları incelenmiş, Avcıl ve diğ. (2023) meydana gelen yıkıcı depremlerin Kahramanmaraş şehrindeki yapılar üzerindeki etkilerini gözlemlemiştir. Mercimek (2023) Kahramanmaraş depremlerine maruz kalmış yığma yapıların sismik göçme modlarını incelemiştir. Kahya ve diğ. (2023), yığma yapılardaki hasar durumlarını incelemişlerdir. Ayrıca Kocaman (2023a) Tarihi yığma yapıların deprem davranışı üzerinde restorasyon etkisini Molla Siyah Camii özelinde incelemiştir. Yapılan çalışma, tarihi yığma yapılar üzerine odaklanmış ve restorasyon çalışmalarının yapılar üzerine etkilerini incelemiştir. Elde edilen bulgular, bu tür yapıların deprem dayanıklılığını artırmada restore önlemlerinin etkinliği hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Büyüksaraç ve diğ. (2023), bölgesel tektonik etkileşimlerin neden olduğu göçme mekanizmalarını incelemiş, Kazaz ve diğ. (2023), Hatay'daki fay-zemin hareketinin özelliklerini ele almıştır. Ivanov ve Chow (2023), Adıyaman'da betonarme binalardaki yapısal hasarları detaylı olarak incelemiş, Genç ve diğ. (2023), tarihi yığma yapıların zemin-yapı etkileşimi etkilerini değerlendirmiştir. Ince (2023), Adıyaman'daki betonarme binaların yapısal hasarını değerlendirerek, yapısal kusurları saha incelemesi yaparak detaylandırmıştır. Yukarıda belirtilen çalışmalar ve önceki depremler sonrasında yapılan saha çalışmaları, yıkıcı deprem olaylarını takiben acil bir müdahale aşamasının başlatılması için bina performansı ve hasar durumu tespitleri hakkında kapsamlı veri toplamanın büyük önem taşıdığını vurgulamaktadır (Rosetto ve diğ. 2014). Veri toplama ve hasar durumu değerlendirme aşaması, en kısa sürede yeniden inşa ve iyileştirme sürecine sorunsuz bir geçiş için temel öneme sahiptir. Deprem sonrasında göçmüş/hasar görmüş binalar üzerinde yapılan saha çalışmaları, çeşitli sorunları ve zorlukları analiz etmeye olanak tanır ve deprem hareketlerini, göçme mekanizmalarını ve insan kayıpları konusunda detaylı veri sağlar (Lin ve diğ. 2020, Preciado ve diğ. 2020, Franch ve diğ. 2022, Preciado ve diğ. 2022, Acito ve diğ. 2023). Kahramanmaraş depremleri sonucunda en çok hasar alan iller arasında bulunan Malatya, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alması nedeniyle sık sık depremlerle karşılaşan bir şehirdir. Coğrafi konumu ve jeolojik yapısı, Malatya'nın yüksek deprem riski taşımasına sebep olmaktadır. Şehir, geçmişte çeşitli büyüklüklerde depremlerle karşılaşmış ve bu olaylar bölgenin sosyal, ekonomik ve yaşamsal dinamiklerini etkilemiştir. Malatya ve çevresinde geçmişte etkili olan ve gelecekte oluşacak depremlere sebep olan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Doğu Anadolu'da Karlıova'dan (Bingöl) başlayarak Antakya'ya doğru uzanan, yaklaşık 580 km uzunluğunda ve 4-25 km genişliğinde bir deformasyon kuşağıdır. Bu sol yanal atımlı fayın yaklaşık 2 milyon yıldır hareket ettiği bilinmekte olup, bugüne kadar 15 km'lik yanal öteleme gerçekleştirdiği ve fayın yıllık kayma hızının 7,9 mm/yıl olduğu tespit edilmiştir (Malatya Valiliği 2021). Karlıova-Antakya arasında DAFZ, belirgin sol yanal atımlı yedi ana segmentten oluşmaktadır. Bu segmentler arasında Karlıova-Antakya bölgesinde her bir depremde kırılması beklenen belirgin bölümler (segment) aşağıda maddeler halinde

belirtilmiştir. DAFZ boyunca, bu segmentlerde 6.7 ile 7.8 arasında değişen birçok deprem meydana gelmiş ve ciddi hasarlara neden olmuştur (Malatya Valiliği 2021).

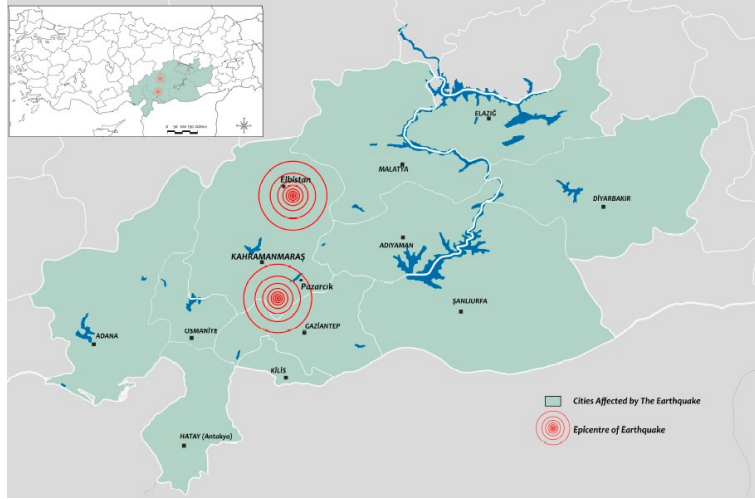
- Karlıova-Bingöl Fayı; 65 km
- Bingöl-Palu yükselim alanı
- Palu-Hazar Fayı; 50 km
- Hazar-Sincik Fayı; 85km
- Çelikhhan-Gölbaşı Fayı; 50 km
- Gölbaşı-Türkoğlu Fayı; 90 km
- Türkoğlu-Antakya Fayı; 145 km

Deprem açısından son derece aktif olan Malatya, tarihsel dönemlerde birçok yıkıcı depreme maruz kalmıştır. 1875 yılında $M_w > 7.0$ Gölcük (Hazar), 1893 yılında $M_w > 7.0$ Çelikhhan depremi yaşanmıştır. 1905 yılında $M_w 6.8$ Şiro Çayı, 1964 $M_w 6.0$ Malatya, 1986 yılında $M_w 5.8$ Sürgü, 2003 yılında $M_w 5.4$ Pütürge-Doğanyol, 2005 yılında $M_w 5.2$ Pütürge-Doğanyol depremleridir. Son yıllarda ise 2007 yılında $M_w 5.3$ Sivrice, 2015 yılında $M_w 5.1$ Dursunlu-Hekimhan, 2019 yılında $M_w 5.2$ Topaluşağı-Sivrice, 2020 yılında $M_w 6.8$ Sivrice ve 2020 yılında $M_w 5.0$ Malatya-Pütürge depremleridir (Malatya Valiliği 2021).

Bu çalışma kapsamında Malatya ilinde 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrası yapılan saha çalışmalarında betonarme ve çelik yapılarda meydana gelen hasarların nedenleri ve bu yapıların Türkiye Deprem Yönetmeliklerine uygunlukları incelenmiştir. Hasar alan veya göçen yapılarda bulunan tasarım ve malzeme kusurları, yapılan saha çalışmaları ile değerlendirilmiştir. Saha çalışmaları, betonarme ve çelik yapıların deprem sonrasındaki hasarlarını ve nedenlerini inceleyerek, dayanıklılık ve güvenlik açısından değerlendirme amacını taşımaktadır. Depremlerin neden olduğu hasarların detaylı bir şekilde analiz edilmesi ve bu hasarların altında yatan tasarım ve malzeme kusurlarının ortaya çıkarılması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında saha çalışmalarından elde edilen önemli verilerin, gelecekteki inşaat projeleri ve mevcut yapı güçlendirme süreçlerinde etkili olacağı düşünülmektedir.

2. 6 ŞUBAT 2023 KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİ

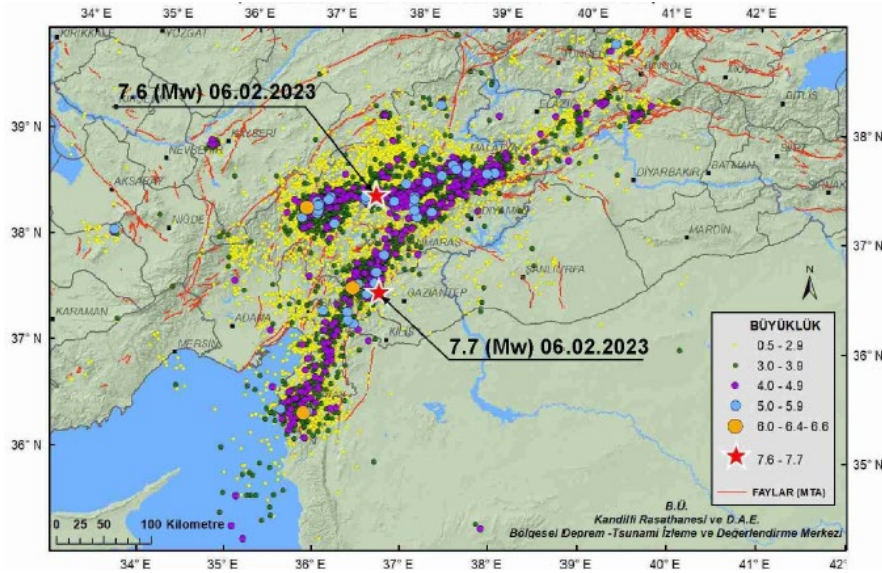
Kahramanmaraş'ın Pazarcık ($K37.288^\circ$, $D37.043^\circ$) ve Elbistan ($K38.089^\circ$, $D37.239^\circ$) ilçelerinde iki yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Pazarcık (Kahramanmaraş) depreminin odak derinliği 8.6 km, Elbistan (Kahramanmaraş) depreminin odak derinliği 7.0 km olarak belirtilmektedir (AFAD 2023). Depremlerin etkisi Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde toplam 11 ili (Kahramanmaraş, Hatay, Adıyaman, Gaziantep, Malatya, Kilis, Diyarbakır, Adana, Osmaniye, Şanlıurfa ve Elazığ) kapsayan 108.812 km²'lik bir alanda çok şiddetli şekilde hissedilmiştir (Şekil 1). Toplamda yaklaşık 350.000 km²'yi etkisi altına almıştır. Bu depremlerde, 7.7 M_w ve 7.6 M_w büyüklüklerindeki iki ana depremin ardından $M_w 6.7$ 'ye kadar varan 33 binden fazla artçı deprem meydana gelmiştir. Bu depremler 11 ilde, 2022 yılı nüfus kayıtlarına göre toplam 14.013.196 kişiyi etkilemiştir. Bu nüfus, ülke demografisinin yüzde 16.4'üne tekabül etmektedir. Bu etkilenen nüfusun yüzde 96.7'si, 13.553.283 kişi, il ve ilçe merkezlerinde ikamet etmekte olup, kalan kısım belde ve köylerde yaşamaktadır. Ayrıca, deprem bölgesinde 1.738.035 kişi geçici koruma kapsamında ikamet eden göçmen nüfustur (Altan ve Hastürk 2023).



Şekil 1: Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) depremlerinin etkili olduğu iller (Işık 2023)

Figure 1: Pazarcık (Kahramanmaraş) and Elbistan (Kahramanmaraş) earthquakes impact area (Işık 2023)

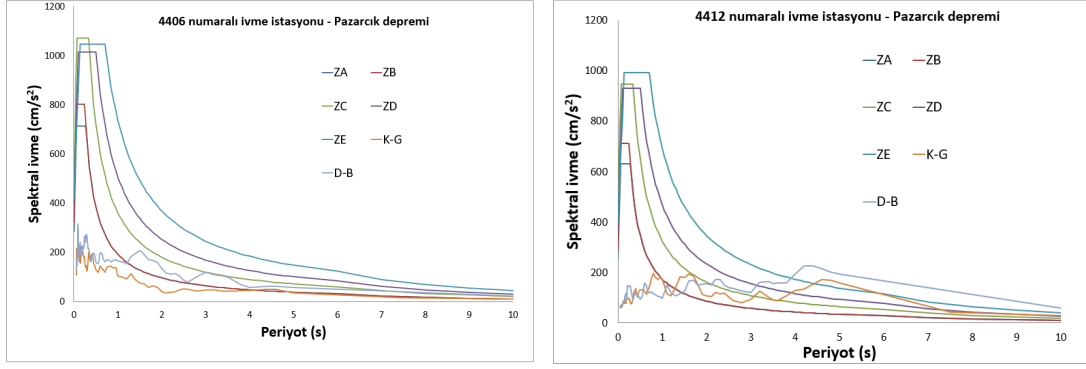
Her iki deprem de ülkemizin iki önemli aktif fay sisteminden biri olan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve yan segmentlerinde meydana gelmiştir. Pazarcık 7.7 (M_w) ve Elbistan 7.6 (M_w) depremlerinden sonra meydana gelen artçı depremlerin dağılımı Şekil 2’de gösterilmiştir (KRDAE 2023).



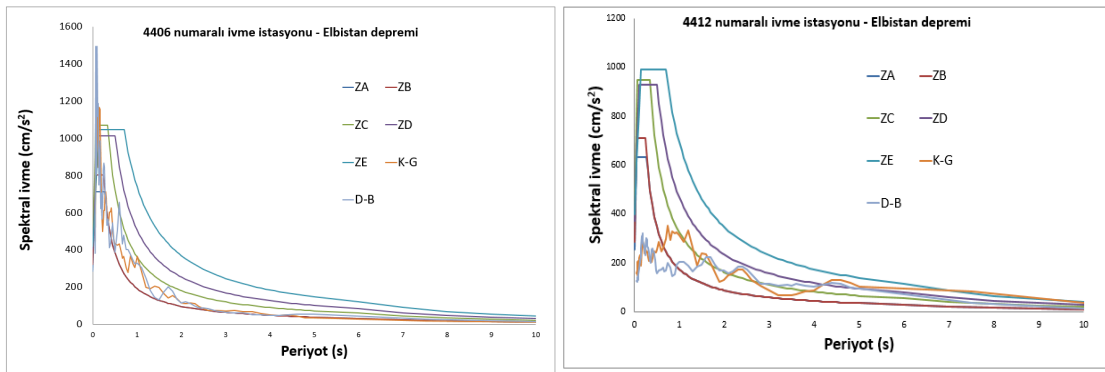
Şekil 2: Pazarcık 7.7 (M_w) ve Elbistan 7.6 (M_w) depremlerinden sonra meydana gelen artçı depremlerin dağılımı (KRDAE 2023).

Figure 2: After the Pazarcık 7.7 (M_w) and Elbistan 7.6 (M_w) earthquakes, the distribution of aftershocks that occurred (KRDAE 2023)

Kahramanmaraş depremlerinin Malatya ili üzerindeki etkisinin incelenmesi için Şekil 3 ve Şekil 4’te Pazarcık ve Elbistan deprem spektrumları ve 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde tasarım depremi (DD2) için verilen spektrumlar karşılaştırılmıştır. Spektrum grafiklerinden anlaşıldığı üzere Elbistan depreminin Pazarcık depremine oranla Malatya ili üzerinde daha etkili olduğu görülmektedir. Şekil 3 ve 4’de verilen grafik verileri Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Türkiye İvme Veri Tabanı ve Analiz Sisteminden alınmıştır (TADAS 2023).



Şekil 3: Pazarlık depremi spektrum grafikleri (Malatya ili 4406 ve 4412 numaralı istasyonları)
Figure 3: Pazarlık earthquake spectrum graphics (4406 and 4412 stations located in Malatya province)



Şekil 4: Elbistan depremi spektrum grafikleri (Malatya ili 4406 ve 4412 numaralı istasyonları)
Figure 4: Elbistan earthquake spectrum graphics (4406 and 4412 stations located in Malatya province)

3. MALATYA İLİNDEKİ BETONARME BİNALARIN DEPREM DAVRANIŞININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Malatya ilinde 6 Şubat depremleri (M_w 7.7 ve M_w 7.6) sonrasında betonarme binalarda oluşan hasarlar incelenmiş ve oluşan bu hasarların nedenleri değerlendirilmiştir. İncelenen betonarme binalarda meydana gelen hasar nedenleri genel olarak aşağıda belirtilmiştir:

- Binalar arasında yeterli boşluk bırakılmaması
- Etriye aralıklarının yetersiz olması ve 135° kancalı yapılmaması
- Güçlü kolon-zayıf kiriş tasarımının yapılmaması
- Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde yetersiz kesme dayanımı
- Zayıf ve yumuşak kat düzensizlikleri
- Kısa kolon etkisinin dikkate alınmaması
- Düşük malzeme kalitesi, korozyon ve imalat hataları
- Dolgu duvar hasarları
- Yüksek kesme kuvvetine maruz kirişlerin bağ kiriş olarak tasarlanmaması

3.1) Betonarme binalar arasında yeterli boşluk bırakılmaması

ABYYHY (1975) yönetmeliğinde ve daha sonra yayınlanan Türk deprem yönetmeliklerinde betonarme binaların bitişik olarak inşa edilmemesi gerektiği belirtilmiştir. 6 m yüksekliğe kadar 3 cm ve daha sonraki her 3 m için 1 cm artacak şekilde betonarme binalar arasında boşluk bırakılması gerekmektedir. Ayrıca bu değer her bir kat için elde edilen yer değiştirmelerin karelerinin toplamının karekökü ile α katsayısının (döşeme seviyesi aynı olan binalarda

$\alpha=0.25(R/I)$, döşeme seviyesi farkı olan binalarda $\alpha=0.5(R/I)$ çarpımından elde edilen değerden küçük olmayacaktır. (ABYBHY 1975, ABYBHY 1998, DBYBHY 2007, TBDY 2018) Çekişleme etkisi olarak da adlandırılan binaların birbiri ile çarpışması durumu, döşeme seviyeleri farklı olan binalarda kolonların ağır hasar almasına neden olabilir. Yerinde yapılan incelemelerde betonarme binaların bitişik olarak yapılmasından kaynaklanan deprem hasarlarına yaygın olarak rastlanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5: Çekişleme etkisiyle betonarme binalarda oluşan hasarlar
Figure 5: Damage occurring in reinforced concrete buildings due to the impact of hammering

3.2) Etriye aralıklarının yetersiz olması ve 135° kancalı yapılmaması

ABYBHY (1975)'e ve sonrasında yayınlanan deprem yönetmeliklerine göre betonarme kolonlarda sargılama bölgesinde etriye sıklaştırması yapılması gerekmektedir Ayrıca kolon-kiriş birleşim bölgesi içerisinde de etriye yerleştirilmesi gerekmektedir. (ABYBHY 1975, ABYBHY 1998, DBYBHY 2007, TBDY 2018). Fakat yapılan saha incelemelerinde betonarme elemanlarda etriye aralıklarının yaklaşık 80 cm'ye kadar çıktığı görülmüştür (Şekil 6). Birleşim bölgesi içerisinde etriye kullanılmaması da yaygın olarak görülmüştür.



Şekil 6: Betonarme elemanlarda yetersiz etriye aralığı
Figure 6: Inadequate spacing of stirrups in reinforced concrete elements

Etriyelerin deprem sırasında açılmaması ve betonarme kolon ile birlikte çalışabilmesi için etriye kancalarının 135° olarak bağlanması gerekmektedir. Şekil 7'de etriyelerin 90° kanca ile bağlanması nedeniyle, kolon etriyelerinde açılmalar yaygın olarak gözlenmiştir.



Şekil 7: Betonarme elemanlarda 90° etriye kancaları
Figure 7: 90° hooks of stirrups in reinforced concrete elements

3.3) Güçlü kolon-zayıf kiriş tasarımının yapılmaması

Betonarme bina tasarımında hasarların öncelikle kirişlerde olması, böylece hasarların kontrollü olarak ve enerji sönmüleyecek biçimde olması hedeflenmektedir. Hasarların kolonlarda değil, kirişlerde eğilme mafsalları olarak oluşması sünek bir davranış için gerekmektedir. Bu durumun sağlanması için deprem yönetmeliklerinde güçlü kolon-zayıf kiriş ilkesi ile tasarım yapılmaktadır (TBDY 2018). Bir birleşim bölgesinde kolonların toplam moment kapasitelerinin kirişlerin toplam moment kapasitesinden %20 daha fazla olacak şekilde tasarım yapılması gerekmektedir (Denklem 1). Yapılan saha incelemelerinde kirişlerde hasar oluşmazken kolonlarda ağır hasar olması veya bir katta tüm kolonların göçmesi nedeniyle kirişlerin üst üste gelmesi durumlarıyla yaygın olarak karşılaşmıştır (Şekil 8).

$$M_{ra} + M_{r\bar{u}} \geq 1.2 (M_{ri} + M_{rj}) \quad (1)$$

Burada M_{ra} ve $M_{r\bar{u}}$ kolonların moment taşıma kapasitesini gösterirken, M_{ri} ve M_{rj} kirişlerin moment taşıma kapasitesini göstermektedir.



Şekil 8: Güçlü kiriş-zayıf kolon nedeniyle hasar alan binalar
Figure 8: Buildings damaged due to strong beam-weak column design

3.4) Betonarme düşey taşıyıcılarda kesme hasarları

Betonarme binaların deprem sırasında sünek olarak davranmalarının sağlanması için eğilme mafsallarının oluşması beklenmektedir. Fakat betonarme elemanda kesme hasarı oluşması durumunda, bu elemanın eğilme kapasitesine ulaşmadan ani göçmesine neden olmakta ve dolayısıyla sünek davranıştan uzaklaşmaktadır (TBDY 2018). Yapılan saha incelemelerinde gevrek olan kesme hasarlarına sıklıkla rastlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9: Betonarme binalarda oluşan kesme hasarları
Figure 9: Shear damage occurring in reinforced concrete buildings

3.5) Betonarme düşey taşıyıcılarda kesme hasarları

Betonarme binalarda genellikle ticari amaçlarla zemin kat yükseklikleri üst katlardan fazla yapılmaktadır. Artan kat yüksekliği nedeniyle zemin kat deplasmanları artmakta ve zemin kat kolonlarının rijitlikleri azalmaktadır. Ayrıca zemin katta kullanım alanının artırılması amacıyla dolgu duvarların kaldırılması bu katın rijitliğini daha da düşürmektedir. Zemin kat rijitliğinin üst katlara oranla azalması nedeniyle binada hasarlar bu katta yoğunlaşmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10: Zayıf ve yumuşak kat nedeniyle hasar alan bina
Figure 10: Building damaged due to weak and soft storey

3.6) Kısa kolon etkisinin dikkate alınmaması

Kolon etkili yüksekliğinin azalması, kolon rijitliğinin ve deprem sırasında kolona etki eden kesme kuvvetinin artmasına neden olmaktadır. Artan kesme kuvvetlerine göre tasarlanmayan kolonda gevrek kesme hasarları meydana gelmektedir. (ABYBHY 1975, ABYBHY 1998, DBYBHY 2007, TBDY 2018) Kısa kolon durumu genellikle bant pencerelerin bulunduğu binalarda görülmektedir (Şekil 11).



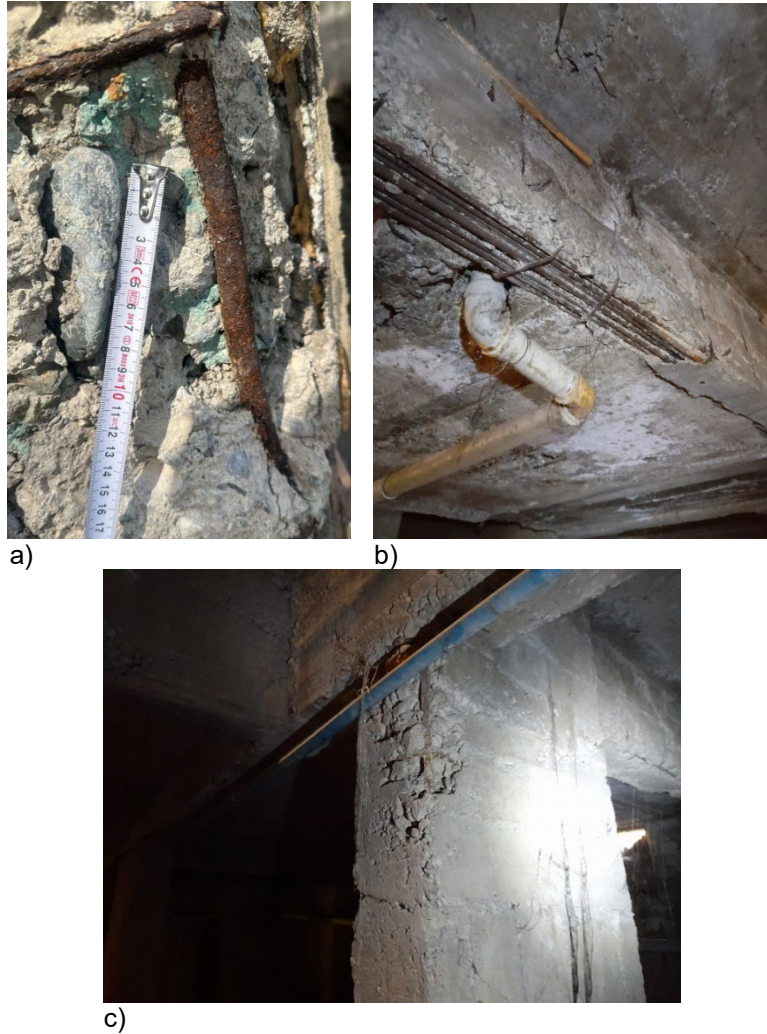
Şekil 11: Kısa kolon nedeniyle oluşan hasarlar
Figure 11: Damage caused by short columns

3.7) Yetersiz beton kalitesi, korozyon ve imalat hataları

Türkiye'de uygulanan deprem yönetmeliklerinde betonarme binalarda kullanılması gereken beton dayanımları sınırlandırılmıştır. ABYBHY (1975) yönetmeliğine göre 1'inci ve 2'nci derece deprem bölgelerinde bina önem katsayısı 1'den büyük olan binalarda C18 diğer tüm binalarda C14 beton sınıfı kullanılması gerekmektedir. ABYBHY (1998) yönetmeliğine göre 1'inci ve 2'nci derece deprem bölgelerinde bina önem katsayısı 1'den büyük olan veya yüksek sünekliliğe sahip binalarda C20 diğer tüm binalarda C16 beton sınıfı kullanılması gerekmektedir. Daha sonraki yıllarda yayınlanan DBYBHY (2007) yönetmeliğinde C20, TBDY (2018) yönetmeliklerinde C25 beton sınıflarının betonarme binalarda kullanılması zorunlu olmuştur.

Yapılan saha çalışmalarında betonarme elemanların beton kalitesini düşük olmasına neden olan olumsuzluklar aşağıda sıralanmıştır:

- Uygun olmayan büyüklükte, kötü granülometriye sahip ve düz yüzeyle agregaların kullanımı (Şekil 12a)
- Uygun olmayan donatı düzeni nedeniyle betonun yerleşmemesi (Şekil 12b)
- Yetersiz imalat koşulları nedeniyle betonda segregasyon oluşumu (Şekil 12c)



Şekil 12: Betonarme elemanlarda görülen olumsuzluklar
Figure 12: Adverse conditions observed in reinforced concrete elements

Beton ve donatının birlikte çalışabilmesi için donatının korozyona karşı yeterli pas payı ile korunması gerekmektedir. Korozyonun ilerlemesi durumunda, donatıların en kesiti küçülmekte ve artan donatı hacmi nedeniyle kabuk betonunda dökülmeler meydana gelmektedir (Şekil 13).



Şekil 13: Betonarme elemanlarda meydana gelen donatı korozyonu
Figure 13: Reinforcement corrosion occurring in reinforced concrete elements

3.8) Duvar hasarları

Dolgu duvarlar deprem sırasında yatay yük taşıyarak çerçeve rijitliğini artırmaktadır. Fakat betonarme çerçeve elemanlarına kıyasla dayanımı ve sünekliliği daha düşük olan dolgu duvarlar gevrek olarak hasar görmektedir. Bu hasarlar düzlem içi ve düzlem dışı olarak sınıflandırılabilir. Düzlem içi hasarlarda dolgu duvarda meydana gelen gerilmeler duvarın genellikle X şeklinde hasar almasına neden olmaktadır. Düzlem dışı hasarlarda ise dolgu duvarlar çerçeveden ayrılarak göçmektedir (Şekil 14).



Şekil 14: Dolgu duvar hasarları
Figure 14: Damage to infill walls

3.8) Yüksek kesme kuvvetine maruz kirişlerin bağ kiriş olarak tasarlanmaması

Sünek tasarım için kirişlerde kesme hasarının olmaması, eğilme mafsalları ile kirişin enerji sönmülmesi gerekmektedir. Fakat kiriş boyunun azalması durumunda kesme kuvveti daha etkili olmaktadır. Özellikle deprem perdeleri arasında kalan kısa kirişler maruz kaldıkları kesme

kuvvetine karşı bağ kiriş olarak tasarlanmalıdırlar. Saha incelemelerinde perdelerle bağlanan ve boyu kısa kalan kirişlerde X şeklinde çapraz kesme hasarlarına yaygın olarak rastlanmıştır (Şekil 15).



Şekil 15: Betonarme kirişlerde kesme hasarları
Figure 15: Shear damage in reinforced concrete beams

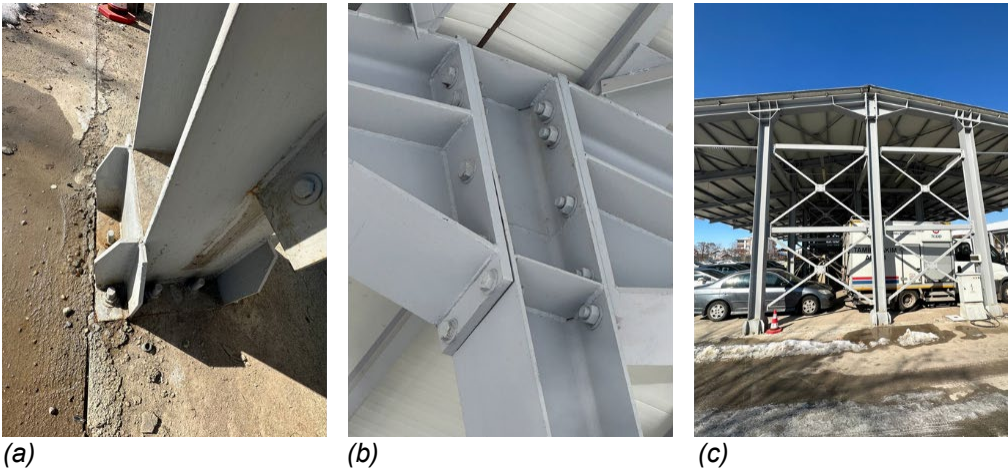
4. MALATYA İLİNDEKİ ÇELİK YAPILARIN DEPREM DAVRANIŞININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Çelik yapılar üretildikleri malzemelerin karakteristik özellikleri ve sahada parçaların birleşim aşamasında sunduğu kolaylıklar dikkate alındığında oldukça avantaj sağlayan yapı türleridir. Fakat, Türkiye'de çelik yapılar betonarme ve yığma yapılara kıyasla yaygın değildir. Bu nedenle, inşa edilen çelik yapılar genellikle konut yapıları olarak inşa edilmezler. Son zamanlarda, hafif çelik ile inşa edilen endüstriyel salonlar, sergi merkezleri, havaalanı terminalleri, alışveriş merkezleri, stadyumlar ve yaya köprüleri gibi geniş açıklıklı yapılardan oluşan endüstriyel çelik yapılar fazlaca önem kazanmıştır. Bu başlıkta Malatya ilinde bulunan çelik yapıların iki yıkıcı deprem sonrası davranışları yerinde gözlem metodu ile yapılmıştır. Bu doğrultuda sonuçlar çerçeve (çatı) sistemi, yaya köprüleri, şemsiye şeklindeki yapılar ve uzay-makas çatı sistemleri için değerlendirilmiştir. İnceleme sırasında yapılarda meydana gelen hasarlar yapım aşamasından kaynaklanan eksiklikler ve tasarımdan kaynaklanan eksiklikler olarak iki başlık altında değerlendirilmiştir.

Yapılan incelemelerde, Malatya ilinde bulunan bazı tek katlı çelik çerçeve sistemleri dikkate alınarak, yapıların deprem davranışları ve kullanılabilirlik durumları ortaya konmuştur. Şekil 16 ve 17’de detayları verilen çelik yapı 300x300x15 H kesit kolon ve kirişlerden meydana gelmektedir. Yapının yanal deplasmanını sınırlamak için L çaprazlar ve kare kutu profil tali kirişler kullanılmıştır. Şekil 17’de kolon-ankraj, ve kolon-kiriş birleşim detayları verilen yapı, iki yıkıcı depreme maruz kaldığı sürece lineer davranış göstermiş ve yapı sürekli olarak hizmet vermeye devam etmiştir.



Şekil 16: Tek katlı çelik çerçeve (çatı) sistemi (38.351488° K, 38.275932°D)
Figure 16: Single-story steel frame (roof) system (38.351488° N, 38.275932°E)



Şekil 17: Çelik çerçevenin ayrıntılı bağlantı gösterimi a) Kolon-ankraj civatalı bağlantısı b) Kolon-kiriş civatalı bağlantısı c) Kolon-çelik çaprazlar civatalı bağlantısı
Figure 17: Detailed illustration of steel frame connections: a) Column-anchor bolt connection b) Column-beam bolted connection c) Column-steel braces bolted connection

Son zamanlarda hızla gelişen şehirleşme ve kentleşme, şehirlerarası yolların şehir merkezlerinden geçmesine neden olmuştur. Geline nokta da yaya karayolu köprüleri araç trafiğini aksatmadan, halkın güvenliğini artırmak amacıyla tasarlanmakta ve inşa edilmektedir. Köprü endüstrisinde son zamanlarda kolay uygulanabilen hafif ve uzun açıklıklı köprülere doğru bir eğilim olmuştur. Malatya ili çevre yolu üzerinde inşa edilmiş net açıklığı yaklaşık 40-50m çelik yaya köprülerinin deprem sonrası hasar durumunu belirlemek amacı ile yapılan incelemede özellikle çelik yapı birleşim bölgeleri odak olarak alınmıştır. Cıvatalı birleşim metodu uygulanan bu köprüler ankraj yapılarak mesnetleştirilmiş ve bazı ankrajlar tamamen betona gömülmüştür. Gözlemlenen yaya köprülerinin birçoğu I kesitli çelik kolonlardan oluşurken, bazı köprüler de dairesel içi boş çelik profillerden yapılmıştır. Ayrıca yaya köprülerinin tabliyeleri çelik malzemeden, kirişler ise I profillerden inşa edilmiştir. Şekil 18'de belirtilen çelik asma köprü modeli, köprü tabliyelinin uzunlamasına kenarlarında onar kablo olmak üzere toplam 20 kabloya sahiptir. Ayrıca, yapılan incelemelerde tüm köprü kolonlarının ve kirişlerinin farklı profillerde çelik çarpazlar ile desteklenerek deprem anında meydana gelen yanal deplasmanları sönmüledikleri anlaşılmaktadır. İncelenen çelik köprülerin herhangi bir plastik deformasyona uğramadığı ve bulonlu bağlantı davranışlarının elastik bölgede kısıtlandığı görülmüştür (Şekil 18).



Şekil 18: Ayrıntılı bağlantı parçalarıyla birlikte asma yaya köprüsünün boyuna profili (38.350430° K, 38.292798° D)

Figure 18: Longitudinal profile of a suspension pedestrian bridge with detailed connection components (38.350430° N, 38.292798° E)

İncelemeye tabi tutulan bir diğer yapı, Malatya çevre yolu üzerinde şehrin görünümüne estetik katan ve aynı zamanda zor hava şartlarında (yağmur, kar vb.) insanları koruyarak işlevsel bir amaca hizmet eden şemsiye şeklindeki çelik yapıdır (Şekil 19). İncelenen yapı kendi kendini destekleme kabiliyetine sahip olarak tasarlanmış, kendine özgü bir konsol yapı türüdür. Şemsiye şeklindeki çelik yapılar çok çeşitli pratik uygulamalara sahiptir. Şekil 20'de görüldüğü gibi yapı kolonlar, kirişler, makaslar ve gergi kablolarından oluşmaktadır. Yerinde inceleme sonucunda yapı genelinde ve birleşim bölgelerinde hasar tespit edilmemiş ve birleşim bölgelerinde lineer davranış gözlemlenmiştir.



Şekil 19: Şemsiye biçimli çelik yapının genel görünümü (38.35250° K, 38.31651° D)
Figure 19: General view of the umbrella-shaped steel structure (38.35250° N, 38.31651° E)



a)



b)



c)

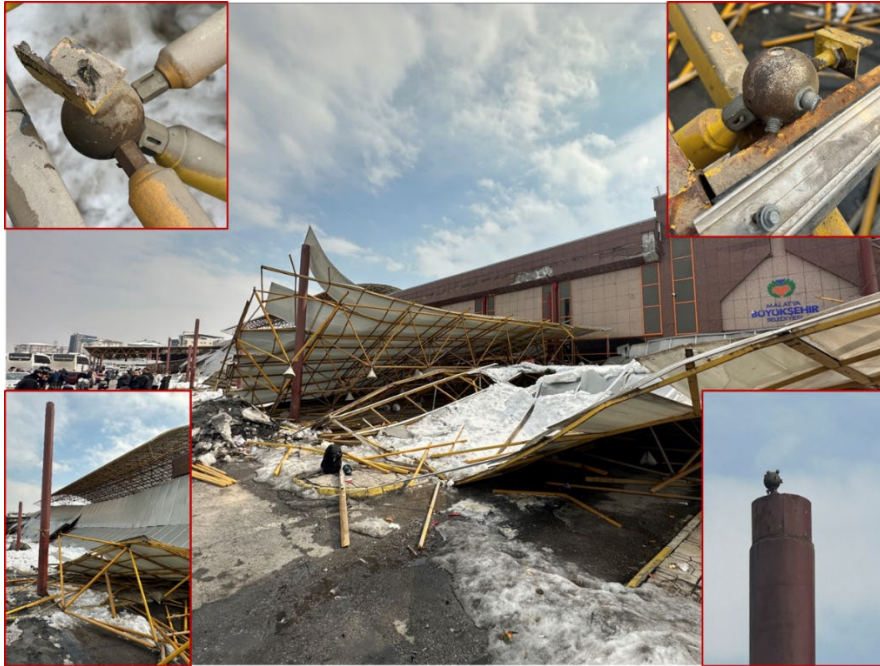
Şekil 20: Şemsiye şeklindeki modelin bağlantı parçalarının detaylı gösterimi a) Kolon-ankraj rotu bağlantısı b) Kiriş-kiriş bulonlu bağlantısı c) Kafes kiriş sistem bağlantısı

Figure 20: Detailed illustration of connection components of the umbrella-shaped model: a) Column-anchor rod connection b) Beam-beam bolted connection c) Truss beam system connection

Deprem davranışı dikkate alınan çelik yapılar içerisinde, Malatya otogarında yer alan uzay kafes sisteminin bir bölümünün çökmesi büyük ölçüde maddi hasara neden olmuştur. Çelik yapı sistemini oluşturan makaslar, uzun mesafelerde bile kendi ağırlıklarıyla orantılı olarak önemli yükleri taşıyabilen, yaygın olarak kullanılan basit hafif yapılardır (Şekil 21). Dikkate alınan otogar, iki yıkıcı depreme maruz kalmasına ek olarak şiddetli kar yüküne de maruz kalmıştır. Kısmi çökme ile sonuçlanan çelik yapı sistemi, yapım aşamasında göz ardı edilen eksiklikler (işçilik hataları) veya tasarımdan kaynaklanan eksiklikler (dikkate alınan yük kombinasyonları) göz önüne alınarak tekrar değerlendirilmiştir. İncelenen makas sisteminin göçmesi, makasların bağlantı bölgesinde hasarlara neden olan ve kirişlerin kolonlara oturmasına neden olan şiddetli bir yük kombinasyonu ile gerçekleşmiştir.



Şekil 21: Çelik uzay kafes çatı sistemi (38.34198° K, 38.25576°D)
Figure 21: Steel space truss roof system (38.34198° K, 38.25576°D)



Şekil 22: Çatı sisteminin bağlantı hatasının ayrıntılı gösterimi (38.34198° K, 38.25576°D)
Figure 22: Detailed illustration of the connection failure in the roof system (38.34198° K, 38.25576°D)

İki ana parçadan oluşan çelik çatı sistemi, Şekil 21'de gösterildiği gibi kısmi bir göçme yaşayıp, bir bölümü deprem anında uygulanan yükü başarıyla taşıırken diğer bölümü ağır bir hasar almıştır. Şekil 22'de görüldüğü gibi, uzay kafes sistemi birleşim bölgelerinde 'Mero node' adı verilen özel tasarlanmış bir küre kullanılarak uygulanmıştır. Yapılan incelemede, civatalı ve kaynaklı birleşim yöntemleri kullanılarak sistemin birlikte hareket etmesi sağlanmıştır. Ancak Şekil 22'de görüldüğü gibi, hasarların birleşim bölgesi kaynaklı olduğu, uygulanan kaynaklı birleşimin yetersiz olduğu ve civatalı birleşimde ise gevrek kırılmalar olduğu gözlenmiştir. Kar ve deprem yüklerine maruz kalarak yapının çökmesine neden olan birleşim bölgesi kusurları, insan hareketliliğinin fazla olduğu durumlarda önemli bir role sahip olan otogarın büyük hasar görmesine neden olmuştur. Sonuç olarak, incelemeye tabi tutulan çelik yapılar, Malatya ilinde meydana gelen betonarme ve yığma yapı hasarları ve neden oldukları kayıplar gözönüne alındığında çelik yapı elemanlarının iyi düzeyde deprem performansı gösterdikleri gözlemlenmiştir.

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışma kapsamında 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrasında Malatya ilinde meydana gelen betonarme ve çelik yapı hasarları incelenmiştir. Bu çalışma, saha çalışmaları ile betonarme ve çelik yapıların deprem sonrasındaki hasarlarını ve bu hasarların nedenlerini inceleyerek, bu yapıların dayanıklılık ve güvenlik açısından mevcut durumlarını değerlendirmeyi amaçlamıştır. Saha çalışmaları sayesinde, depremlerin neden olduğu hasarlar üzerinde detaylı bir analiz yapılarak, bu hasarların altında yatan tasarım ve malzeme kusurları ele alınmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda;

Betonarme binalarda karşılaşılan hasar nedenleri aşağıda özetlenmiştir;

- Beton malzeme kalitesinin segregasyon, uygun olmayan geometride agrega kullanımı gibi nedenlerle düşük olması yapı dayanımını önemli derecede azaltmaktadır.
- Betonarme elemanlarda yetersiz pas payından dolayı donatılarda paslanmalar gözlemlenmiştir. Bu durum beton ile donatı arasındaki aderansın ve donatı kesit alanlarının azalmasına neden olmaktadır.
- Etriye aralıklarının yetersiz olması veya birleşim bölgesinde etriye bulunmaması nedeniyle betonarme elemanların kesme kapasiteleri düşmektedir. Etriye aralığının fazla olması boyuna donatılarda burkulmalara ve kabuk betonun atmasına neden olmaktadır. Ayrıca etriye kancalarının yetersiz uzunlukta ve 90° olması etriyelerin deprem sırasında açılmasına ve etkili çalışmamasına neden olmaktadır.
- Güçlü kolon-zayıf kiriş tasarımının uygulanmaması, kısa kolon etkisi, yumuşak ve zayıf kat düzensizlikleri kolonların hasar almasına dolayısıyla gevrek kırılmalara ve tamamen göçmelere neden olabilmektedir.
- Betonarme binalar arasında yeterli boşluk bırakılmaması bu binaların deprem sırasında çarpışmasına (çekiçleme etkisi) ve tasarım aşamasında dikkate alınmayan ek gerilmelere neden olmaktadır. Özellikle kat döşeme seviyelerinin farklı olması döşemelerin kolonlara hasar vermesine neden olmaktadır.
- Betonarme binaların daha sünek davranmaları, enerji absorbe edebilmesi ve elemanların eğilme kapasitelerine ulaşabilmesi için gevrek hasarların önlenmesi gerekmektedir. Fakat yapılan saha incelemelerinde gevrek kesme hasarlarına yaygın olarak rastlanmıştır.

Çelik yapılarda karşılaşılan hasar nedenleri aşağıda özetlenmiştir;

- İncelenen çelik köprülerin plastik deformasyona uğramadığı ve bulonlu bağlantıların elastik bölgede kaldığı tespit edilmiştir.
- Malatya otogarının uzay kafes sisteminde meydana gelen hasarların birleşim bölgesi kaynaklı olduğu, uygulanan kaynak birleşiminin yetersiz olduğu ve bu nedenle civatalı birleşimde gevrek kırılmaların meydana geldiği tespit edilmiştir.

Yukarıda, belirtilen kusurlar ve eksikliklerin değerlendirilmesinin gelecekteki inşaat projelerinin doğru bir şekilde projelendirilip uygulanması ve mevcut yapıların güçlendirilmesi süreçlerinde büyük bir rol oynayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, yapıların Türkiye Deprem Yönetmeliklerine uygunluğunun değerlendirilmesi, binaların güvenlik standartlarına ne kadar uygun olduğunu belirlemede kritik bir rol oynayacaktır. Bu amaç doğrultusunda yapılan saha çalışmaları, deprem riski taşıyan bölgelerde yapı güvenliğini artırarak olası hasarların minimize edilmesine ve toplumun depremlere karşı direncini güçlendirerek gelecekteki depremlere karşı daha etkili bir şekilde hazırlanılmasına yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

ABYBHY,1975. Afet Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, İmar ve İskân Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

ABYBHY, 1998. Afet Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

Acito M., Buzzetti M., Chesi C., Magrinelli E., Milani G., 2023. Failures and damages of historical masonry structures induced by 2012 northern and 2016–17 central Italy seismic sequences Critical Issues and New Perspectives towards Seismic Prevention, *Engineering Failure Analysis*, 149, 107257, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106706>.

AFAD, 2023. 06 Şubat 2023 Pazarcık-Elbistan Kahramanmaraş (M_w : 7.7– M_w : 7.6) Depremleri Raporu, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü Deprem Dairesi Başkanlığı, 02 Haziran 2023.

Altan M., Hastürk O., 2023. Depremın Ardından Kentsel Dönüşüm, Şehir Planlaması, *Avrasya Dosyası Dergisi*, 14(1), 158-182, İstanbul.

Altunsu E., Güneş O., Öztürk S., Sorosh S., Sarı A., Beeson S.T., 2024. Investigating the structural damage in Hatay province after Kahramanmaraş-Türkiye earthquake sequences, *Engineering Failure Analysis*, 157, 107857, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107857>.

Avcil F., Işık E., İzol R., Büyüksaraç A., Arkan E., Arslan M.H., Aksoylu C., Eyisüren O., Harirchian E., 2023. Effects of the February 6, 2023, Kahramanmaraş earthquake on structures in Kahramanmaraş city, *Natural Hazards*, pp.1-39, <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06314-1>.

Büyüksaraç A., Gündoğdu E., Bektaş Ö., Işık E., 2024. Failure mechanism by wrench faulting in Central Anatolia, *Engineering Failure Analysis*, 156, 107786, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107786>.

DBYBHY, 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

Franchi A., Napoli P., Crespi P., Giordano N., Zucca M., 2022. Unloading and Reloading Process for the Earthquake Damage Repair of Ancient Masonry Columns: The Case of the Basilica di Collemaggio, *International Journal of Archit. Herit.*, 16(11), 1683-1698, <https://doi.org/10.1080/15583058.2021.1904056>.

Genç A.F., Atmaca E.E., Günaydin M., Altunişik A.C., Sevim B., 2023. Evaluation of soil structure interaction effects on structural performance of historical masonry buildings considering earthquake input models. *Structures*, 54, 869-889, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.05.082>.

Işık E., 2023. Structural Failures of Adobe Buildings during the February 2023 Kahramanmaraş (Türkiye) Earthquakes, *Applied Sciences*, 13(15), 8937, <https://doi.org/10.3390/app13158937>.

Işık E., Avcil F., Büyüksaraç A., İzol R., Arslan M.H., Aksoylu C., Harirchian E., Eysisüren O., Arkan E., Güngör M.Ş., Günay M., Ulutaş H., 2023. Structural damages in masonry buildings in Adiyaman during the Kahramanmaraş (Türkiye) earthquakes (M_w 7.7 and M_w 7.6) on 06 February 2023, *Engineering Failure Analysis*, 151, 107405, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107405>.

Ivanov M.L., Chow W.K., 2023. December. Structural damage observed in reinforced concrete buildings in Adiyaman during the 2023 Türkiye Kahramanmaraş Earthquakes, *Structures*, 58, 105578, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.105578>.

İnce O., 2024. Structural damage assessment of reinforced concrete buildings in Adiyaman after Kahramanmaraş (Türkiye) Earthquakes on 6 February 2023, *Engineering Failure Analysis*, 156, 107799, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107799>.

Lin J.L., Kuo C.H., Chang Y.W., Chao S.H., Li Y.İ., Shen W.C., Yu C.H., Yang C.Y., Lin F.R., Hung H.H., C.C., Su C.K., Hsu S.Y., Lu C.C., Chung L.L., Hwang S.J., 2020. Reconnaissance and learning after the February 6, 2018, earthquake in Hualien, Taiwan, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18, 4725–4754.

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., Saribiyik A., Aydın F., Aslan B., Sezdirmez T., Tatar T., Emiroğlu M., Atmaca B., Adanur S., Atmaca E.E., Güleş O., Demirkaya E., Öztürk H., Akgül T., 2023. 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*, p.107855, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107855>.

Kazaz İ., Bilge İ.H., Gürbüz M., 2024. Near-fault ground motion characteristics and its effects on a collapsed reinforced concrete structure in Hatay during the February 6, 2023 M_w 7.8 Kahramanmaraş earthquake, *Engineering Structures*, 298, 117067.

Kocaman İ., 2023a. Effect of restoration interventions on the seismic behavior of historical masonry buildings: The case of Molla Siyah mosque, *Engineering Failure Analysis*, 148, 107206, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107206>.

Kocaman İ., 2023b. The effect of the Kahramanmaraş earthquakes (M_w 7.7 and M_w 7.6) on historical masonry mosques and minarets. *Engineering Failure Analysis*, 149, 107225, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107225>Get rights and content.

KRDAE, 2023. 6 Şubat 2023 M_w 7.7 Gaziantep 6 Şubat 2023 M_w 7.6 Kahramanmaraş 20 Şubat 2023 M_w 6.4 Hatay Depremleri Ön Değerlendirme Raporu, B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 13.03.2023. Erişim adresi: <http://koeri.boun.edu.tr/new/sites/default/files/KRDAE-2023-Deprem-On-Değerlendirme-Raporu.pdf>.

Malatya Valiliği, 2021. İRAP İl Risk Azaltma Planı (Malatya), T.C. Malatya Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Erişim adresi: <http://www.malatya.gov.tr/kurumlar/malatya.gov.tr/Dosyalar/IRAP/II-Afet-Risk-Azatma-Plani.pdf>.

Mercimek Ö., 2023. Seismic Failure Modes of Masonry Structures Exposed to Kahramanmaraş Earthquakes (M_w 7.7 and 7.6) on February 6, 2023, *Engineering Failure Analysis*, 151, 107422, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107422>.

Mertol H.C., Tunç G., Akış T., Kantekin Y., Aydın İ.C., 2023. Investigation of RC Buildings after 6 February 2023, Kahramanmaraş, Türkiye Earthquakes, *Buildings*, 13(7), 1789.

Preciado A., Santos J.C., Silva C., Ramírez-Gaytán A., Falcon JM., 2020. Seismic damage and retrofiting identification in unreinforced masonry Churches and bell towers by the September 19, 2017 ($M_w = 7.1$) Puebla-Morelos earthquake, *Engineering Failure Analysis*, 118, 104924, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104924>.

Preciado A., Pëna F., Fonseca F.C., Silva C., 2022. Damage description and schematic crack propagation in Colonial Churches and old masonry buildings by the 2017 Puebla-Morelos earthquakes ($M_w = 8.2$ and 7.1), *Engineering Failure Analysis*, 141, 106706, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106706>.

Rossetto T., D'Ayala D., Gori F., Persio R., Han J., Novelli V., Wilkinson S.M., Alexander D., Hill M., Stephens S., Kontoe S., Elia G., Verrucci E., Vicini A., Shelley W., Foulser-Piggott R., 2014. The value of multiple earthquake missions: the EEFIT L'Aquila Earthquake experience, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 12, 277-305, <https://doi.org/10.1007/s10518-014-9588-y>.

Sagbas G., Garjan R.S., Sarikaya K., Deniz D., 2023. Field reconnaissance on seismic performance and functionality of Turkish industrial facilities affected by the 2023 Kahramanmaraş earthquake sequence, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 22, 1-28, <https://doi.org/10.1007/s10518-023-01741-8>.

Sayın E., Yön B., Onat O., Gör M., Öncü M.E., Tunç E.T, Bakır D., Karaton M., Calayır Y., 2021. 24 January 2020 Sivrice-Elazığ, Turkey earthquake: geotechnical evaluation and performance of structures, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19, 657-684, <https://doi.org/10.1007/s10518-020-01018-4>.

TADAS, 2023. Türkiye İvme Veritabanı ve Analiz Sistemi, T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Erişim adresi: <https://tadas.afad.gov.tr/login>.

TBDY, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (*Author Contributions*)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): M.A., O.İ., Ö.F.T., A.Ö., E.S.
- Literatür araştırması (*Literature research*): M.A., O.İ., Ö.F.T.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/compilation of data*): M.A., O.İ., Ö.F.T., A.Ö. ve E.S.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): M.A., O.İ., Ö.F.T., A.Ö., E.S.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/tables/software*): M.A., O.İ., Ö.F.T., A.Ö., E.S.
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): M.A., O.İ., Ö.F.T., A.Ö., E.S.
- Makale yazımı, düzenleme, kontrol (*Writing, editing and checking of manuscript*): M.A., O.İ., Ö.F.T., A.Ö., E.S.