

6 ŞUBAT 2023 KAHRAMANMARAŞ MERKEZLİ DEPREMLER SONRASINDA ADIYAMAN İLİNDEKİ BETONARME YAPILARDA OLUŞAN HASARLARIN MALZEME VE İŞÇİLİK PROBLEMLERİNE BAĞLI OLARAK İNCELENMESİ

Murat PALA¹, Mahmut BAŞSÜRÜCÜ^{2*}

¹Adiyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adiyaman, 02040, Türkiye

²Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Darende Bekir Ilıcak MYO, İnşaat Bölümü, Malatya, 44900, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 15.09.2024 Kabul Tarihi/Accepted Date: 02.10.2024 DOI: 10.54365/adyumbd.1550346

ÖZET

6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Mw=7.7 ve Mw=7.6 büyüklüklerindeki Kahramanmaraş merkezli depremler Adiyaman’ın da aralarında bulunduğu 11 ili önemli ölçüde etkilemiştir. Adiyaman ilindeki betonarme yapılarda bulunan yapısal sorunlar, depremlerde felaketin boyutlarını önemli ölçüde arttırmıştır. Bu nedenle, betonarme yapılarda yapısal elemanlar açısından önemli hasarlar ve toptan göçmeler gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, Adiyaman il merkezindeki betonarme yapılar için yapım uygulamalarının değerlendirilmesi amacıyla saha araştırmaları gerçekleştirilmiştir. Bulgular, birçok betonarme yapının yapısal ve/veya işçilik hataları nedeniyle hasar aldığı veya toptan göçtüğünü göstermiştir. Sonuç olarak, Adiyaman ilindeki betonarme yapıların deprem performansını iyileştirmek için gelecekte yapılacak yapım ve güçlendirme çalışmaları açısından bazı kritik öneriler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme yapılar, Yapısal hasarlar, Saha araştırması, Yapı göçmesi, Kahramanmaraş depremleri

INVESTIGATION OF RC STRUCTURES DAMAGES IN ADIYAMAN PROVINCE DUE TO MATERIAL AND WORKMANSHIP PROBLEMS AFTER THE FEBRUARY 6, 2023, KAHRAMANMARAŞ-CENTERED EARTHQUAKES

ABSTRACT

The Mw=7.7 and Mw=7.6 earthquakes on February 6, 2023, centered in Kahramanmaraş, significantly affected 11 provinces, including Adiyaman. The structural problems in the reinforced concrete structures in Adiyaman province significantly increased the dimensions of the disaster during the earthquakes. Therefore, significant damages and total collapses were observed in reinforced concrete structures in terms of structural elements. This study conducted site investigations to evaluate the construction applications for reinforced concrete structures in Adiyaman province center. The findings showed that many reinforced concrete structures were damaged or total collapsed due to structural and/or workmanship defects. In conclusion, some critical recommendations were made for future construction and strengthening works to improve the earthquake performance of reinforced concrete structures in Adiyaman province.

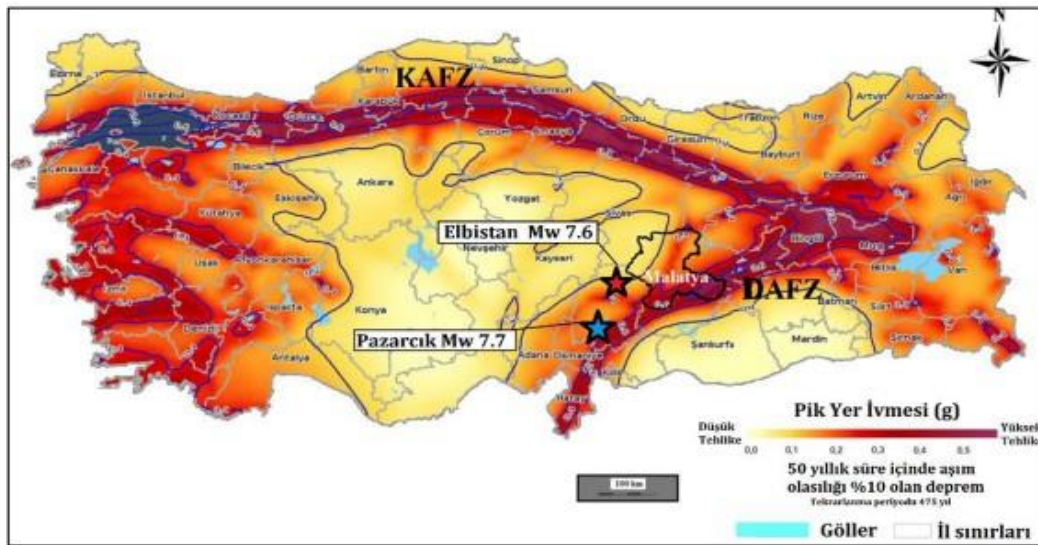
Keywords: Reinforced concrete structures, Structural damages, Site research, Structure collapse, Kahramanmaraş earthquakes

e-posta¹ : pala@adiyaman.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3684-9976>

* e-posta² : mahmut.bassurucu@ozal.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7465-5286> (Sorumlu Yazar)

1. Giriş

6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş merkezli büyüklükleri $M_w=7.7$ ve $M_w=7.6$ olan iki büyük deprem meydana gelmiştir. Depremler, oldukça geniş bir coğrafyada hissedilmiş, önemli yapısal hasar ve göçmelere sebep olmuştur. Her iki depremin etki alanındaki yerleşim yerleri Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Depremler içerisinde Adıyaman’ında bulunduğu 11 il merkezi ve ilçelerinde farklı düzeylerde hasar ve göçmeler ile birlikte can kayıpları ve yaralanmalara neden olmuştur. Kahramanmaraş merkezli depremler sonucunda Adıyaman il merkezi ve ilçelerinde önemli hasar ve toptan göçmeler gözlemlenmiştir. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından hazırlanan raporda, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığınca yürütülen hasar tespit çalışmaları sonucunda Adıyaman ili için acil yıkılacak, yıkık veya ağır hasarlı konut sayısı 56.256, orta hasarlı konut sayısı ise 18.715 olarak tespit edilmiştir [1].



Şekil 1. Türkiye deprem tehlike haritası [2]

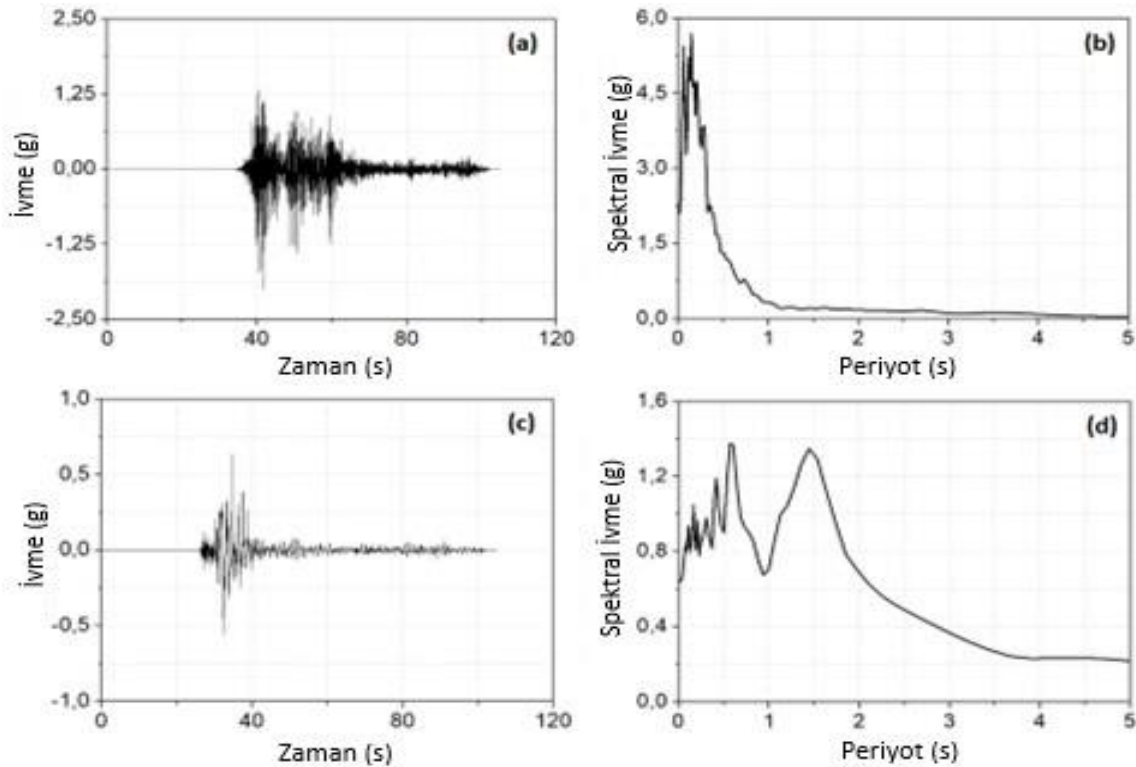
Depremler çok çeşitli alanları etkileyebilir ve farklı yapı türlerinde farklı düzeylerde hasarlara neden olabilir. Depremlerin yapılar üzerindeki etkileri, kuvvetli yer hareketinin özellikleri ile frekans içeriklerine, yerel zemin koşullarına ve yapısal özelliklere bağlı olarak değişebilir. Dünyanın farklı bölgelerinde meydana gelen depremler sonrasında bu özelliklerin ve etkileşimlerinin araştırılması, deprem ve inşaat mühendisliği açısından büyük önem taşımaktadır. Yerel zemin koşulları, diğer büyük depremlerde olduğu gibi Kahramanmaraş merkezli depremlerde de binaların deprem performansını ve yapısal hasar seviyelerini doğrudan etkilemiştir.

Ülkemizde 1939 yılında meydana gelen Erzincan depremi ($M_w=7.8$) sonrasında yapıların depreme karşı dayanıklılığının artırılmasına yönelik çalışmalar başlamıştır [3]. Yapıların depreme karşı dayanıklılığını artırmak için 1940 yılında ilk yönetmelik yayınlanmış ve deprem yönetmelikleri birkaç kez revize edilerek 2018 yılında yayınlanan ve 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) ile son halini almıştır.

Literatürde farklı zamanlarda meydana gelen depremlerin yapılarda oluşturduğu hasarlarla ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Yıldız ve Kına [4] tarafından yürütülen çalışmada Kahramanmaraş merkezli depremlerden etkilenen şehirlerden biri olan Malatya ilinde detaylı bir saha araştırması yürütülerek, yapısal, tasarım ve imalat hataları incelenmiştir. Saha araştırmasında, yapıların tasarım ve yapım hataları nedeniyle ağır hasar aldığı veya göçtüğü tespit edilmiştir. Kahramanmaraş merkezli depremlerden en fazla etkilenen yerleşim yerleri arasında yer alan Adıyaman'ın Gölbaşı ilçesinde geoteknik ve yapısal hasarlar Akar ve ark. [5] tarafından değerlendirilmiştir. İlçe merkezinde gözlenen

hasarların genellikle yapı-zemin etkileşim problemlerinden kaynaklandığı vurgulanmıştır. Ayrıca, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen depremlere maruz kalan okul binalarında oluşan hasar türleri, Ozturk ve ark. [6] tarafından değerlendirilmiş ve performansa dayalı analitik çalışmalar yürütülmüştür. Okul binalarında tasarım hataları, beton kalitesinin düşük olması, düz yüzeyli donatı kullanımı ve donatı teşkilindeki sorunlardan dolayı hasarlar oluştuğu söylenmiştir. Ivanov ve Chow [7] tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinden sonra Adıyaman ili bölgesindeki betonarme yapılarda oluşan hasarlar incelenmiştir. Oluşan hasarların, yetersiz donatı detayı, depreme dayanıklı inşaat tekniklerine uyulmaması, düşük beton kalitesi ve kötü işçilik gibi faktörlere dayandığı vurgulanmıştır. Depremlerin merkez üssü olan Kahramanmaraş ili ve ilçelerinde deprem kaynaklı oluşan hasarların değerlendirildiği çalışmada kırsal kesimde bulunan yığma yapıların mühendislik hizmeti almadığı için önemli hasarlar aldığı belirtilmiştir [8]. Kahramanmaraş merkezli depremlerden en fazla etkilenen şehirlerden biri olan Hatay'da betonarme, çelik ve yığma yapılarda oluşan hasarların yetersiz donatı detayı, korozyon, düşük kaliteli beton kullanımı ve donatı teşkili sorunlarına bağlı olarak oluştuğu sonucuna varılmıştır [9]. Tüm bunlara ilaveten, Çağlar ve ark. [10] ve Sayın ve ark. [11] tarafından 24 Ocak 2020'de meydana gelen Elazığ-Sivrice depreminden sonra yapılarda oluşan farklı yapısal hasarlar incelenmiştir. Yapıların hasar almasındaki faktörler ise donatı detaylandırmasındaki sorunlar, düşük dayanımlı beton, donatı korozyonu ve işçilik hataları olarak belirlenmiştir. Sonuçta, önceki depremlerden yeterli ders çıkarılmadığı belirtilerek, denetim ve yapım süreci ile ilgili önerilerde bulunulmuştur.

Bu çalışmada, Adıyaman il merkezinde bulunan betonarme yapılarda 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli depremlerin oluşturduğu hasarlar ile toptan göçmeler malzeme ve işçilik problemlerine bağlı olarak incelenmiştir. Adıyaman ili bölgede gözlemlenen önemli yapısal hasarlar ve toptan göçmeler nedeniyle seçilmiş olup, saha çalışmaları sonucunda inşaat uygulamaları açısından gözlemler yapılmıştır. Ayrıca, Adıyaman ilindeki saha çalışması sonucunda elde edilen verilerin, betonarme yapılarda deprem nedeniyle ortaya çıkan yapısal hasarların önlenmesi konusunda, uygulamacılara olumlu yönlendirmeler sağlayacağı açıktır.



Şekil 2. Depremlerin ivme-zaman ve spektral ivme-periyot grafikleri, (a,b) Pazarcık (Pazarcık-TK 4614) ve (c,d) Elbistan (Göksun-TK 4612)



(a)

(b)

Şekil 5. Toptan göçmeye maruz kalan asmolen döşeme sistemine sahip yapılar

Adıyaman il merkezinin yapı stoğu incelendiğinde, genelde mühendislik hizmeti almış, normal yükseklikte (1-12 kat) betonarme yapıların çoğunlukta olduğu söylenebilir. Yapılarda taşıyıcı sistemin genel olarak, salt çerçeve ve perde-çerçeve (karma) olarak seçildiği tespit edilmiştir. Bu tip yapılarda malzeme ve işçilik problemlerine bağlı olarak önemli hasarlar ve toptan göçmeler gözlemlenmiştir (Şekil 4(a-b)). Diğer taraftan, betonarme yapılarda döşeme sistemi olarak asmolen döşemenin kirişli plak döşemeye kıyasla tasarımcılar tarafından oldukça fazla tercih edildiği görülmüştür. Yatay yükleri alabilecek miktarda perde yerleştirilmeyen asmolen döşeme sistemine sahip yapılarda toptan göçme veya ağır hasar oluştuğu belirlenmiştir. Mimari açıdan avantaj sağladığı için tercih edilen asmolen döşeme sistemine sahip bu tip yapılarda yüksek can kayıpları meydana gelmiştir (Şekil 5(a-b)).

3. Betonarme Yapılarda Deprem Hasarına Sebep Olan Faktörler

3.1. Yapı Malzemesi Kalitesi

Deprem etkisi altında hasar gören veya toptan göçmeye maruz kalan betonarme yapılar malzeme kalitesi açısından değerlendirildiğinde, bu yapıların büyük çoğunluğunun 1975 deprem yönetmeliğine göre inşa edilen eski yapılar olduğu gözlemlenmiştir. Beton dayanımının projede öngörülenden daha düşük olması betonarme yapılardaki hasarın artmasına neden olmuştur. 2000 öncesi inşa edilen eski yapılarda beton dayanımının düşük olmasının nedenleri arasında hazır beton teknolojisinin kullanılmaması, uygun olmayan agrega gradasyonu, düşük çimento dozajı, kür işleminin yapılmaması ve taze betona sonradan eklenen ilave su sayılabilir. Diğer taraftan, hazır beton kullanılarak inşa edilen yeni yapılar için ise beton dayanımının öngörülenden düşük olması, kür işleminin eksik yapıldığı ve/veya taze betona sonradan ilave su eklendiğini göstermektedir. Saha çalışmasında düşük beton kalitesi, düz yüzeyli nervürlü donatı seçimi ve düşük çaplı donatı kullanımına bağlı olarak betonarme yapılarda toptan göçmelerin meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 6(a-b)).

Betonarme yapı elemanlarında çekme bölgesindeki gerilmeleri karşılamak üzere çelik donatılar yerleştirilir. Çelik donatılar 2000 öncesi inşa edilen eski yapılarda düz yüzeyli iken, 2000 yılı sonrasında inşa edilen yapılarda ise nervürlü olarak kullanılmıştır. Nervürlü donatı yüzeyinde imalat esnasında bırakılan çıkıntılar beton ile kenetlenmeyi sağlamaktadır. Betonarme yapı elemanlarının davranışını çelik donatının kalitesi önemli ölçüde etkilemekte olup, çeliğin en önemli mekanik özellikleri ise akma ve çekme dayanımı ile kopma birim uzamasıdır. Adıyaman ilindeki gerçekleştirilen saha gözlemlerinde, birçok ağır hasarlı betonarme yapının kiriş ve kolon boyuna donatılarında oluşan kopma şekilleri,

donatının yeterli sünekliği göstermeden gevrek kırılmaya maruz kaldığını göstermektedir (Şekil 7(a-d)). Buradan, donatının mekanik özelliklerini belirleyen karbon miktarının olması gereken sınırların dışında olabileceği düşünülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 6. Toptan göçmeye maruz kalan yapılara ait beton ve donatı örnekleri



(a)

(b)



(c)

(d)

Şekil 7. Gevrek kırılmaya maruz kalan kiriş ve kolon boyuna donatı örnekleri

3.2. Yetersiz Beton Örtüsü ve Segregasyon

Betonarme yapı elemanlarında çelik donatıyı olumsuz dış etkenlere karşı korumak ve beton ile aderansını sağlamak amacıyla donatı üzerinde bir beton örtüsü bulunmalıdır. Ayrıca, dar ve derin yapı elemanlarına ait kalıplarda özensiz beton dökümü sonucunda beton segregasyona uğramaktadır (Şekil 8(a)). Betonun segregasyona uğraması ve/veya beton örtüsünün yetersiz olması durumunda betonun geçirimsizliği artar ve oksijen ile nemin donatıya ulaşması kolaylaşır [15]. Bu durumda, çelik donatıda korozyon problemi ile birlikte donatının kesit alanı azalır ve dolayısıyla betonarme taşıyıcı elemanın taşıma kapasitesi azalır [16]. Tüm bunlara ek olarak, yapım aşamasındaki işçilik hatalarına bağlı olarak ortaya çıkan korozyon problemi nedeniyle yapının depreme karşı dayanıklılığı ve betonarme yapının servis ömrü önemli ölçüde azalır (Şekil 8(b-c)).



(a)

(b)



(c)

Şekil 8. Segregasyon ve yetersiz beton örtüsüne sahip düşey taşıyıcı eleman örnekleri



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 9. Donatı detaylandırma hatalarına bağlı olarak meydana gelen hasarlar

3.3. Donatı Detaylandırma Hataları

Betonarme yapı elemanlarında donatının konum ve düzeni oldukça önemlidir. Çünkü, donatının bu iki özelliği donatının üzerine düşen görevi yerine getirip getirememesini belirlemektedir [16]. Betonarme yapı elemanları, eğilme ile birlikte kesme kuvveti de taşımak zorundadır. Enine donatısı olmayan veya yetersiz olan betonarme taşıyıcı elemanların kesme kuvvetleri etkisinde göçmeleri, ani ve gevrek şeklindedir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY-2018) [17] betonarme yapı elemanlarının donatı teşkili ile ilgili olarak önemli hususlar yer almakta olup, özellikle bindirme boyu, etriye aralığı ve kanca ucu detayı oldukça önemlidir. Kolon sıklaştırma bölgesinde etriye aralığının en küçük kesit boyutunun $1/3$ 'ünden, boyuna donatı çapının altı katından ve 15 cm'den büyük olmaması gerekmektedir. Aksi takdirde, özellikle kiriş-kolon birleşim bölgelerinde etriye aralığı ve kanca uç detayındaki problemlere bağlı olarak yapısal hasarlar oluşabilmektedir. Enine donatı takviyesi olarak kullanılan etriyeler yönetmeliğe göre tasarlanıp uygulandığında, betonarme taşıyıcı yapı elemanlarının hem dayanımı hem de sünekliği artar [18]. Diğer taraftan, betonarme taşıyıcı yapı elemanlarında etriye çap ve aralıklarındaki yetersizlik, deprem sırasındaki zorlanmaya bağlı olarak donatıların burkulmasına ve beton örtüsünün dökülmesine sebep olabilir. Etriyeler, yeterli kenetlenmeyi sağlamak için boyuna donatı ile 135° lik bir açıyla kenetlenmelidir. Bu durum, enine ve boyuna donatı arasındaki ayrılmayı önler ve yapısal bütünlük için gerekli aderansı sağlar [18]. Adıyaman il merkezinde gerçekleştirilen saha çalışmasında, betonarme taşıyıcı elemanlarda etriye aralıklarının fazla olması ve etriye kanca açısı ile uzunluğunun standartlara uygun olmamasına bağlı olarak meydana gelen hasarların oldukça fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 9(a-f)).

Betonarme yapılarda yatay deprem yüklerinin karşılanmasında deprem perdelerinin oldukça hayati bir rolü bulunmaktadır. Saha araştırmasında, perdelerde yapı inşası sırasında soğuk derz oluşumuna bağlı olarak kayma hasarı gözlemlenmiştir (Şekil 10(a)). Ayrıca, perdelerde enine ve boyuna donatı miktarlarının yetersiz olmasının yanısıra çiroz donatısı detayının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY-2018) [17] belirtilen hususlara uygun olmaması nedeniyle hasar oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 10(b)).



(a)

(b)

Şekil 10. Perde donatı detaylandırma hatalarına bağlı olarak meydana gelen hasarlar

3.4. Merdiven Hasarlarına Sebep Olan İşçilik Problemleri

Merdivenlerin yapıda insanların güvenli bir şekilde tahliye edilmesini sağlayacak şekilde deprem etkisindeki zorlanmaya bağlı olarak hasar almaması gerekmektedir. Adıyaman il merkezinde yapılan saha çalışmasında, birçok yapının merdiven ve sahanlıklarında önemli hasarlar meydana geldiği belirlenmiştir (Şekil 11(a-c)). Hasarların donatı detaylandırmasındaki problemlere bağlı olarak, merdivenlerin sahanlığa bağlandığı bölgede yoğunlaştığı ve kabuk atma şeklinde gerçekleştiği tespit edilmiştir.



(a)

(b)



(c)

Şekil 11. İşçilik problemlerine bağlı olarak meydana gelen merdiven hasarları

3.5. Bölme Duvar Hasarına Sebep Olan İşçilik Problemleri

Betonarme yapılarda, özellikle alanları sınırlandırmak ve ayırmak için kullanılan bölme duvarlarda çeşitli seviyelerde hasarlar meydana gelmiş ve insan hayatı için risk oluşturmuştur [19,20]. Bölme duvar malzemelerinin düşük mekanik özellikleri ve işçilik problemleri bu elemanların yapısal bütünlüğünü olumsuz etkilemiş, kesme çatlakları ve düzlem dışı hasarların meydana gelmesine sebep olmuştur (Şekil 12(a-b)).



(a)

(b)

Şekil 12. İşçilik problemlerine bağlı olarak meydana gelen bölme duvar hasarları

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, Adıyaman il merkezinde bulunan betonarme yapılarda 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli depremlerin oluşturduğu hasarlar ile toptan göçmeler malzeme ve işçilik problemlerine bağlı olarak değerlendirilmiştir. Saha çalışması sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- 2000 yılı öncesi inşa edilen eski betonarme yapılarda hazır beton teknolojisinin kullanılmaması, agrega gradasyonunun uygun olmaması ve düşük çimento dozajı, beton dayanımının projede öngörülenden daha az olmasına neden olmuştur. Ayrıca, beton dökümünden sonra kür işleminin yapılmaması ve/veya taze betona sonradan ilave su eklenmesi betonarme yapılarda beton kalitesini daha da olumsuz etkilemiştir. Sonuç olarak, taze betonun döküm aşamasında ve sonrasında betonun kalitesini koruyacak ilave önlemler alınmalıdır.
- Betonarme yapı elemanlarının boyuna donatılarında gevrek kırılma olduğu belirlenmiştir. Donatı ile ilgili deneylerin her parti için titizlikle yapılması ve deney sonucu gelmeden donatı yerleşimine başlanmaması sağlanmalıdır.
- Yapım aşamasındaki işçilik hatalarına bağlı olarak oluşan yetersiz beton örtüsü ve segregasyon probleminin, yapının servis ömrünü olumsuz etkileyen donatı korozyonunu yaygın olarak oluşturduğu tespit edilmiştir. Segregasyonu tetikleyen unsurların ortadan kaldırılması için vibrasyon, kalıp malzemesi ve işçiliğine dikkat edilmelidir.
- Betonarme yapı elemanlarında etriye çap ve aralıkları ile etriye kanca detaylarının standartlara uymamasından dolayı önemli hasarlar olduğu belirlenmiştir. Özellikle kiriş-kolon birleşim bölgesi ve boğaz etriye detaylarının titizlikle uygulanması sağlanmalıdır.

- Farklı hasar düzeylerine sahip önemli sayıda yapı için merdiven donatı detaylandırmasındaki problemlere bağlı olarak merdiven hasarlarının oluştuğu tespit edilmiştir. Merdiven tasarımında, merdiven plağını daha az zorlayacak tasarımlara öncelik verilmeli ve merdiven donatı detaylarına dikkat edilmelidir.
- Taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında işçilik problemlerine bağlı olarak özellikle bölme duvarlarda önemli hasarlar oluştuğu belirlenmiştir. Bölme duvarların daha az hasar almasını sağlamak için malzeme ve işçilik kalitesi artırılarak, duvar göçmelerine karşı file, hasır donatı vb. ilave önlemler alınmalıdır.

Yapılan saha çalışmasında gözlenen tespitler, ülkemizde meydana gelen diğer büyük depremlerden sonra gerçekleştirilen tespitlerden çok farklı değildir. Özellikle işçilik problemleri ve denetim mekanizmasındaki sorunlar felaketin boyutlarını oldukça arttırmıştır. Buradan, yapıların inşa ve denetim sürecinde görev alacak elemanların yeterli bilgi birikimi ve uygulama tecrübesine sahip olması gerektiği açıkça söylenebilir. Ayrıca, betonarme yapı elemanlarında hasar oluşmasını engellemek için donatı detaylandırılmasına oldukça dikkat edilmelidir. Özellikle, donatı miktarı, bindirme boyu, etriye aralığı, pas payı ve etriye kanca detaylarının projeye tam uyum sağlanarak uygulanması oldukça önemlidir. Bu hususlar dikkate alındığında, betonarme yapıların depreme karşı dayanıklılığı önemli ölçüde artırılabilir ve Adıyaman ilinde gelecekte meydana gelebilecek sismik olayların olumsuz etkisi azaltılabilir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile kişisel ve finansal çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

Kaynaklar

- [1] Kahramanmaraş ve Hatay depremleri raporu. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı; 2023.
- [2] Türkiye deprem tehlike haritası. <https://www.afad.gov.tr/turkiye-deprem-tehlike-haritasi> (Erişim Tarihi: 01.02.2024)
- [3] Yenidoğan C. 6 Şubat 2023 depremleri ve saha gözlemlerine dayalı bina hasarları hakkında ön değerlendirme. Turkish Journal of Civil Engineering 2024;35(5):75-113.
- [4] Yıldız Ö, Kına C. Geotechnical and structural investigations in Malatya province after Kahramanmaraş earthquake on February 6, 2023. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2023;12(3):686-703.
- [5] Akar F, Işık, Avcil F, Büyüksaraç A, Arkan E, İzol R. Geotechnical and structural damages caused by the 2023 Kahramanmaraş earthquakes in Gölbaşı (Adıyaman). Applied Sciences 2024;14(5):2165.
- [6] Ozturk M, Arslan MH, Dogan G, Ecemis AS, Arslan HD. School buildings performance in 7.7 Mw and 7.6 Mw catastrophic earthquakes in southeast of Turkey. Journal of Building Engineering 2023;79(15):107810.
- [7] Ivanov ML, Chow WK. Structural damage observed in reinforced concrete buildings in Adiyaman during the 2023 Türkiye Kahramanmaraş Earthquakes. Structures 2023;58:105578.
- [8] Avcil F, Işık E, İzol R, Büyüksaraç A, Arkan E, Arslan MH, Aksoylu C, Eyisüren O, Harirchian E. Effects of the February 6, 2023, Kahramanmaraş earthquake on structures in Kahramanmaraş city. Natural Hazards 2024;120:2953-2991.
- [9] Altunsu E, Güneş O, Öztürk S, Sorosh S, Sarı A, Beeson ST. Investigating the structural damage in Hatay province after Kahramanmaraş-Türkiye earthquake sequences. Engineering Failure Analysis 2024;157:197857.

- [10] Caglar N, Vural I, Kirtel O, Saribiyik A, Sumer Y. Structural damages observed in buildings after the January 24, 2020 Elazığ-Sivrice earthquake in Türkiye. *Case Studies in Construction Materials* 2023;18.
- [11] Sayın E, Yön B, Onat O, Gör M, Öncü ME, Tuğrul Tunç E, Bakır D, Karaton M, Calayır Y. 24 January 2020 Sivrice-Elazığ, Turkey earthquake: geotechnical evaluation and performance of structures. *Bulletin of Earthquake Engineering* 2021;19;657-684.
- [12] Westaway R. Present-day kinematics of the Middle East and eastern Mediterranean. *J Geophys Res* 1994;99.
- [13] Dewey JF, Hempton MR, Kidd WSF, Saroglu F, Şengör AMC. Shortening of continental lithosphere: The neotectonics of Eastern Anatolia - A young collision zone. *Geol Soc Spec Publ* 1986;19.
- [14] Tekin S, Akcan SO. 6 Şubat 2023 tarihinde (Mw 7.7 ve Mw 7.6) gerçekleşen depremler ile ilgili değerlendirmeler ve ilk analiz sonuçları. Adıyaman Üniversitesi Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulama ve Araştırma Merkezi; 2023.
- [15] Baradan B, Yazıcı H, Ün H. Beton ve betonarme yapılarda kalıcılık (Durabilite). İstanbul: Türkiye Hazır Beton Birliği; 2010.
- [16] Doğangün A. Betonarme yapıların hesap ve tasarımı. 15. baskı. İstanbul: Birsen Yayınevi; 2018.
- [17] Türkiye bina deprem yönetmeliği. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, TBDY-2018; 2018.
- [18] Ersoy U, Özcebe G. Betonarme. 2. baskı. İstanbul: Evrim Yayınevi; 2001.
- [19] Jia J, Song N, Xu Z, He Z, Bai Y. Structural damage distribution induced by Wenchuan Earthquake on 12th May, 2008. *Earthquake and Structures* 2015;9(1):93-109.
- [20] Temür R, Damcı E, Öncü-Davas S, Öser C, Sarğın S, Şekerci Ç. Structural and geotechnical investigations on Sivrice earthquake (M w = 6.8), January 24, 2020. *Natural Hazards* 2021;106:401-434.