



2023 Kahramanmaraş ve Hatay depremlerinin Antakya ve Samandağ ilçelerindeki yapısal etkileri ve çözüm önerileri

Structural effects of 2023 Kahramanmaraş and Hatay earthquakes in Antakya and Samandağ districts and solution suggestions

İsmet Vapur^{1,*} , İlker Fatih Kara² , Emre Akın³ 

^{1,2,3} Mersin Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 33110, Mersin, Türkiye

Öz

06.02.2023 tarihinde Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) üzerinde yerel saat 04:17'de Mw: 7.7 büyüklüğünde ve yerel saat 13:24'de Mw: 7.6 büyüklüğünde olan Kahramanmaraş merkezli iki adet büyük şiddetli depremler meydana gelmiştir. Bu depremlerden sonra 20.02.2023 tarihinde Ölü Deniz Fayı üzerinde yerel saat 20:04'te Mw: 6.4 büyüklüğünde Hatay merkezli yıkıcı bir deprem daha meydana gelmiştir. Bu depremlerden en çok etkilenen bölgelerin başında Hatay ili gelmektedir. Bu çalışmada depremden sonra Hatay'ın Antakya ve Samandağ ilçelerinde bulunan yapılarındaki hasarlar gözleme dayalı olarak değerlendirilmiştir. Oluşan hasarların sayısı göz önüne alındığında bölgedeki yapı stoğunun depreme karşı yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. Deprem yönetmeliklerine uygun olarak yapılan binaların yıkılmadığı ve diğer binalara göre daha az hasar aldığı belirlenmiştir. Bu durum deprem tasarım yönetmeliklerinin yeterli olduğunu ancak yapıların uygulamada yönetmeliklere uygun olarak inşa edilmediğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Deprem, Betonarme yapı, Taşıyıcı sistem, Hasar tipleri, Yapı davranışı

1 Giriş

6 Şubat 2023'te DAFZ üzerinde ilki yerel saat ile 04:17'de ve ikincisi yerel saat ile 13:24'de olmak üzere dokuz saat arayla Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) verilerine göre [1] moment büyüklükleri (Mw) 7.7 ve 7.6 olan iki deprem meydana gelmiştir. Merkez üsleri Pazarcık-Kahramanmaraş ve Ekinözü-Elbistan-Kahramanmaraş olan depremlerden sonra, 20 Şubat 2023 saat 20:04'te merkez üssü Hatay-Defne olan Mw değeri 6.4 büyüklüğünde bir deprem daha meydana gelmiştir. Bu depremlerden sonraki bir aylık süreçte bölgede 25000'den fazla artçı sarsıntı meydana gelmiştir. Ana depremlerden sonra olan artçı sarsıntılar Şekil 1'de [2, 3] verilen haritada gösterilmiştir. Depremler sonucu Kahramanmaraş, Adıyaman, Hatay, Osmaniye, Gaziantep, Kilis, Şanlıurfa, Diyarbakır, Malatya, Adana ve Elazığ illerinde bulunan yapılarda hasarlar oluşmuş, 50000'den fazla can kaybı yaşanmıştır.

Depremden en çok etkilenen illerin başında Hatay gelmektedir. Hatay ili Türkiye'nin en eski yerleşim

Abstract

On 06.02.2023, two major earthquakes with a magnitude of Mw: 7.7 at 04:17 local time and Mw: 7.6 magnitudes at 13:24 local time in the center of Kahramanmaraş occurred in the Eastern Anatolian Fault Zone. Following these earthquakes, another destructive earthquake with a magnitude of Mw: 6.4 centered in Hatay occurred on February 20, 2023, at 20:04 local time, on the Dead Sea Fault. Hatay province is one of the regions most affected by these earthquakes. In this study, the damage to the structures in the Antakya and Samandağ districts of Hatay after the earthquake was evaluated based on observation. Considering the number of damages, it is understood that the building stock in the region is insufficient against earthquakes. It was determined that the buildings constructed in accordance with the earthquake regulations did not collapse and were less damaged than the other buildings. This situation shows that the earthquake design regulations are sufficient, but the structures are not built in accordance with the regulations in practice.

Keywords: Earthquake, Reinforced concrete structure, Load-carrying system, Damage types, Structure behavior

yerlerinden biridir. İlin nüfusu 2022 yılındaki Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) [4] verilerine göre 1686043'tür. Kahramanmaraş-Pazarcık'ta gerçekleşen 7.7 büyüklüğündeki depreme 144 km mesafede, Kahramanmaraş-Elbistan'da gerçekleşen 7.6 büyüklüğündeki depreme 229 km mesafede bulunan Hatay ilinde 20 Şubat 2023'te gerçekleşen 6.4 büyüklüğündeki depremden sonra 51000'den fazla bina ağır hasar almış veya göçme meydana gelmiştir. Ayrıca depremler sonrasında Hatay Havalimanı pisti hasar almış, İskenderun Limanı rıhtımında çökme meydana gelmiş ve bu durum yangına neden olmuştur.

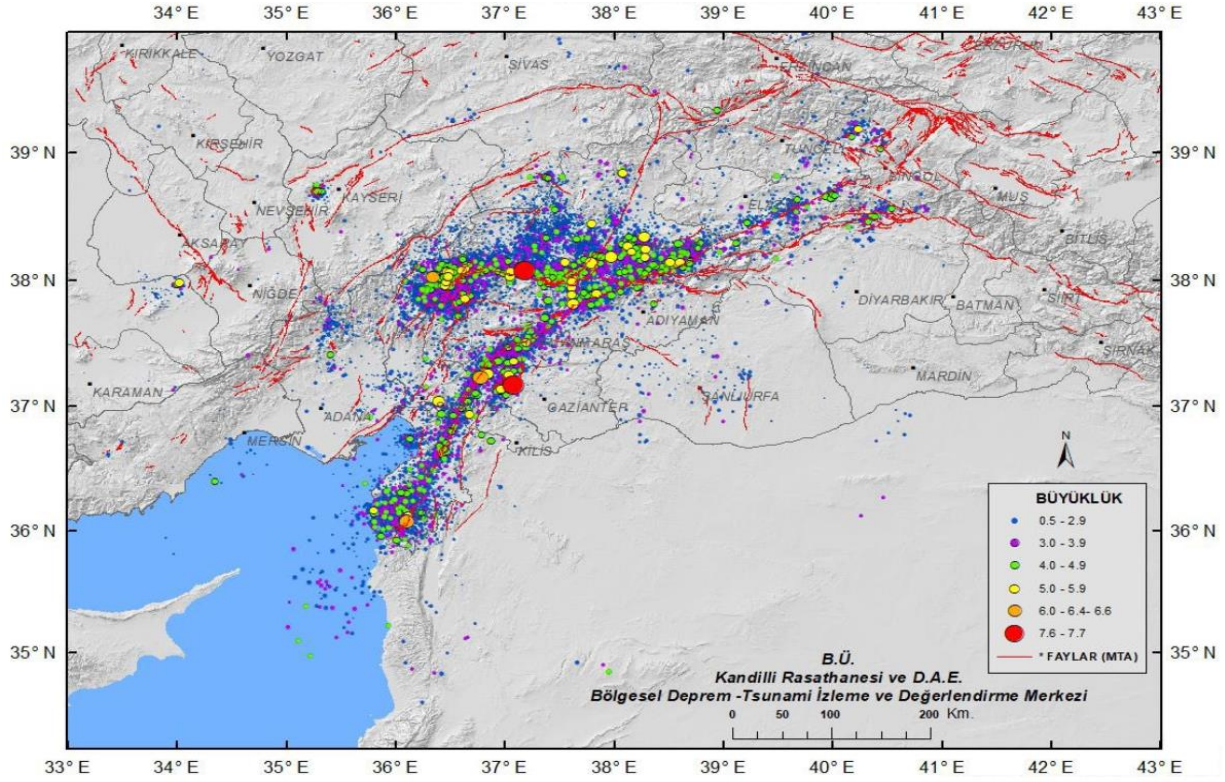
1.1 Bölgenin genel jeolojik yapısı

DAFZ, kuzeye doğru hareket eden Arap Plakası ile batıya doğru hareket eden Anadolu Bloğu arasında, sol yönlü atımlı bir fay sistemidir. 580 km uzunluğundaki bu fay sistemi, Bingöl-Karlıova bölgesinde Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile Hatay-Antakya bölgesinde Ölü Deniz Fayı ile birleşmektedir.

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: ismetvapur@mersin.edu.tr (İ. Vapur)

Geliş / Received: 08.05.2023 Kabul / Accepted: 13.07.2023 Yayımlanma / Published: 15.10.2023

doi: 10.28948/ngumuh.1293147



Şekil 1. Ana depremden sonra 350 km yarıçaplı bölgede oluşan depremler [2, 3]

KAFZ'dan sonra ülkemizdeki en büyük fay sistemi olup, bu fay üzerinde tarihi kaynaklara göre sığ ve etkin depremler meydana gelmiştir.

Hatay Şehri, Antakya-Samandağ grabeni (çöküntü) içinde yer alır ve tektonik rejimi farklı zemin özelliklerine sahiptir. Bu graben, Asi Nehri'nin Akdeniz ile Amik Ovası arasındaki vadisini oluşturur ve genişliği 10-20 km arasındadır. Grabenin doğusunda Kel Dağı (1729 m), kuzeyinde Habibineccar Dağı (509 m) ve batısında Amanos Dağları (2250 m) gibi horstlarla sınırlanmıştır. Bu horstlar, temel kaya oluşumlarını oluştururlar. (Şekil 2) Şehirdeki yerleşimlerin çoğu, grabenin tabanındaki dolgu alanları üzerinde yer almaktadır [5].

Antakya, Paleozoyik ve Mesozoyik çağlardan oluşan iki farklı kaya serisi ve Erken Pliyosen döneminde oluşan Karasu vadisi sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu alanda yaklaşık olarak 1300 metrelik genç Senozoyik çağa ait çökeller bulunmaktadır. Miyosen döneminde oluşan birikimlerin üstüne Pliyo-Kuvaterner çağlarına ait sedimanlar ve Kuvaterner çağına ait volkanikler yerleşmiştir. Antakya bölgesindeki sedimanlar ise temel olarak alüvyonlu birimler içinde kil, kum ve çakıldan oluşmaktadır [6]. Bu alüvyon birimler, Amik Ovası'nda yaygın bir şekilde bulunur ve İskenderun ilçesi yakınlarındaki sahil kesimlerinde de görülür. Alüvyon birimler, gri ve açık gri renkli, çakıl, kum, kil ve silt içerir. Alüvyon tabakalarının kalınlığı, Amik Ovası'nın kenarlarından (15-30 m) ortaya ve kuzeyden (140 m) güneye (300 m) doğru belirgin bir şekilde artar [5, 7, 8].

2 Materyal ve metot

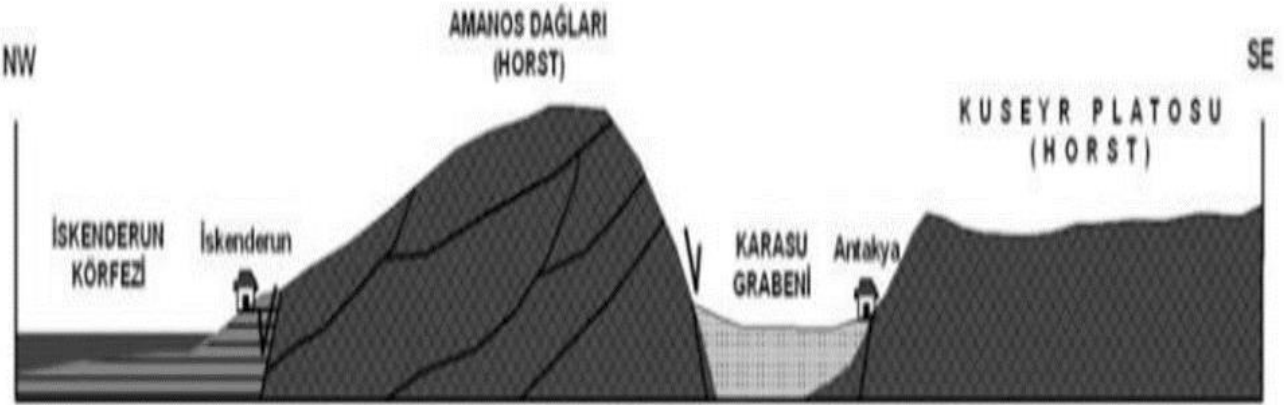
Çalışmada, 2023 yılında meydana gelen Kahramanmaraş ve Hatay depremlerinden sonra Antakya ve Samandağ ilçelerinde hasar gören betonarme yapılarda gözleme dayalı incelemeler sonucu hasar nedenleri ve çözüm önerileri tartışılmaktadır. Bu kapsamda bölgedeki farklı istasyonlardaki ivme değerleri incelenmekte ve gözleme dayalı yapılan incelemeler yapı hasarları detaylı olarak ele alınmaktadır.

3 Bulgular ve tartışma

3.1 Kuvvetli yer hareketinin incelenmesi

6 Şubat 2023 tarihinde yerel saat 04:17'de gerçekleşen Mw=7.7 büyüklüğündeki ve 20 Şubat 2023 tarihinde yerel saat 20:04'te gerçekleşen Mw=6.4 büyüklüğündeki depremler Türkiye'de bulunan birçok deprem kayıtlı istasyonu tarafından kaydedilmiştir. Kahramanmaraş merkezli Mw=7.7 büyüklüğündeki depremin Hatay-Antakya'da bulunan 3126 ve 3129 No'lu istasyonlardaki ve Hatay merkezli Mw=6.4 büyüklüğündeki depremin Hatay-Antakya'da bulunan 3125 No'lu istasyondaki ivme kayıtları, AFAD-TADAS [9] veri tabanından alınarak bu yer hareketinin %5 sönüm oranı için her iki doğrultudaki ivme spektrumları oluşturulmuştur.

3126 istasyonu merkez üssüne 143.54 km mesafede ve zemin sınıfı ZD'dir. Bu istasyondaki maksimum yer ivmeleri kuzey-güney yatay yönde 1178.116 cm/s², doğu-batı yatay yönde 999.383 cm/s² ve düşey yönde 921.568 cm/s²'dir. 3129 numaralı istasyon merkez üssüne 146.39 km mesafede ve zemin sınıfı ZC'dir.



Şekil 2. Antakya bölgesinin jeomorfolojik kesit görünüşü [10]

Bu istasyondaki maksimum yer ivmeleri kuzey-güney yatay yönde 1351.5 cm/s^2 , doğu-batı yatay yönde 1198.743 cm/s^2 ve düşey yönde 716.938 cm/s^2 'dir. 3125 numaralı istasyon ise merkez üssüne 24.5 km mesafede ve zemin sınıfı ZC'dir. Bu istasyondaki maksimum yer ivmeleri kuzey-güney yatay yönde 775.396 cm/s^2 , doğu-batı yatay yönde 764.984 cm/s^2 ve düşey yönde 457.248 cm/s^2 'dir.

Bu istasyonlarda %5 sönüm oranı ile elde edilen tepki spektrumları, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY-2018) [11] verilen 2475 yıl ve 475 yıl tekrarlanma periyotlarına sahip DD-1 ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyleri için belirlenmiş elastik tasarım spektrumları ile Şekil 3'de karşılaştırılmıştır. 3126 ve 3129 numaralı istasyonlarda, kuzey-güney ve doğu-batı yatay yönlerindeki spektral ivme değerleri, 0.1-0.4 saniye aralığındaki periyot değerleri için 2475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen tasarım spektrumunun üzerindedir. Ayrıca çok daha geniş periyot aralığında tekrarlanma periyodu 475 yıl olan elastik tasarım spektrumunu aşmıştır. 3125 istasyonunda ise kuzey-güney ve doğu-batı yatay yönlerindeki spektral ivme değerleri geniş periyot aralığında tekrarlanma periyodu 475 yıl olan elastik tasarım spektrumunu aşmıştır.

3.2 Betonarme yapılarda oluşan hasar tipleri

3.2.1 Malzeme nedeniyle oluşan hasarlar

Betonarme yapılarda kullanılan yapı malzemeleri oldukça kritik bir öneme sahiptir. Yönetmeliklere uygun olmayan malzeme kullanımı beton kalitesini etkilemekte ve basınç dayanımının düşük olmasına neden olmaktadır [12]. Böylece beton ile donatı arasındaki aderans kaybolmakta, deprem anında oluşan gerilmelerde donatılar betondan kolaylıkla sıyrılmaktadır. Donatıların akma konumuna gelmeden sıyrılması kiriş ve kolonların enerji tüketme kapasitesini azaltmaktadır. Bu tür problemlerden dolayı TBDY-2018 [11] ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) [13] hazır beton kullanılmasını zorunlu kılmıştır [14].

Betonda karşılaşılan başka bir problemde, gradasyona uygun olmayan boyutta agrega kullanılmasıdır. Gradasyona

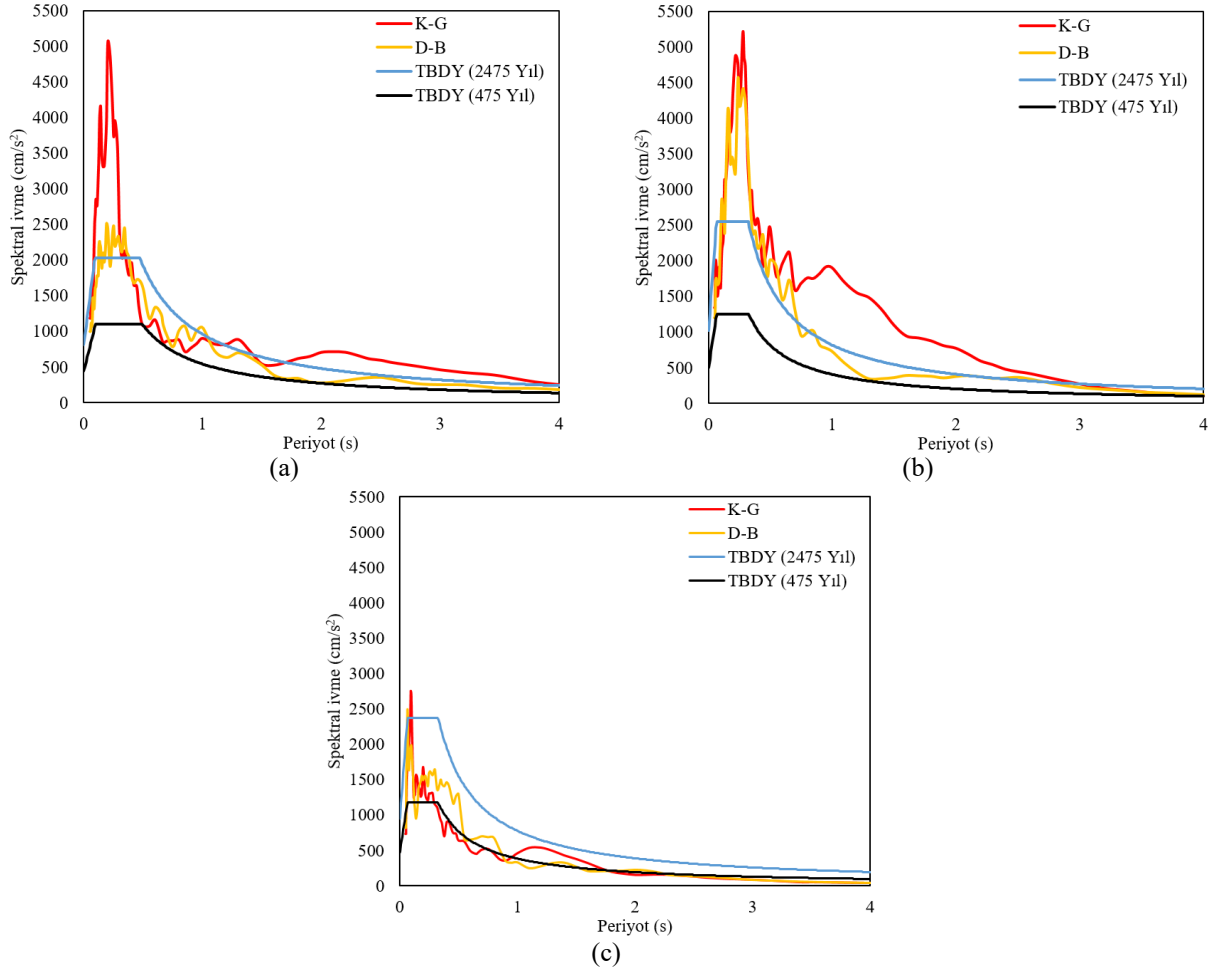
uygun olmayan büyük çaplı agrega kullanmak beton içinde çimento miktarını azaltmaktadır. Dolayısıyla betonda agregaları bir arada tutmak için yeterli miktarda bağlayıcı bulunmamakta ve beton dağılabilmektedir [15]. Ancak, Hatay bölgesinde özellikle eski yapılarda kullanılan betonların elle dökülmüş olduğu, yuvarlak şekilli ve dane çapı büyük agrega kullanıldığı görülmüştür (Şekil 4). Bu durum beton içindeki agregaların çimento hamuru ile aderansının zayıflamasına ve betonun parçalanmasına neden olmuştur.

Betonarme yapılarda malzeme kaynaklı diğer sorunların düz yüzeyli donatı kullanımı ve donatıların korozyona uğraması olduğu gözlemlenmiştir. Düz yüzeyli donatıların beton ile aderansı nervürlü donatılara göre oldukça zayıf olmakta ve bu durumda donatılar betondan kolaylıkla sıyrılabilmektedirler. Şekil 5-6'da sırasıyla düz yüzeyli donatı kullanımı ve bu tür donatıların betondan sıyrılması verilmektedir.

Betonarme yapılarda yetersiz paspayı ve düşük kalitede beton kullanımı sonucu donatılarda korozyon problemi ortaya çıkmaktadır. Korozyon problemi beton ile donatı arasındaki aderansı zayıflatmakta ve donatının etkinliğini azaltmaktadır. Bu durum yapının dayanım ve rijitliğini azaltmaya neden olduğu için taşıyıcı sistemde kullanılabilirlik ve taşıma gücü sınır durumları açısından sorun oluşturmaktadır [16]. Bölgede incelenen yapılarda karşılaşılan korozyon problemleri Şekil 7'de verilmiştir.

3.2.2 Yapısal hasarlar

Bitişik nizam inşa edilecek betonarme yapılarda dikkate alınacak en önemli kriterlerin başında deprem derzi mesafesi gelmektedir. Derz mesafesi, bitişik nizamda farklı periyotlara sahip iki farklı betonarme yapının deprem etkisinde yapacakları salınım hareketi sonucunda birbirlerine yapısal hasar vermemeleri için oldukça önemlidir. Bu tür yapılarda en tehlikeli durum bir binanın döşeme hizasının diğer binanın kolon elemanı üzerine denk gelmesidir. Bu durumda kolonlarda yüksek kesme kuvveti oluşmakta ve bina taşıyıcı sistemi önemli derecede hasar almaktadır.



Şekil 3. (a) 3126 (b) 3129 (c) 3125 No'lu istasyondaki ivme kayıtlarından elde edilen yatay tepki spektrumlarının TBDY-2018 [11] yatay elastik tasarım ivme spektrumları ile karşılaştırılması



Şekil 4. Maksimum agrega boyutu büyük ve düşük dayanımlı beton



Şekil 5. Düz yüzeyli (nervüzsüz) donatı kullanımı



Şekil 6. Nervürsüz donatı kullanılan yapılarda deprem sırasında donatının betondan sıyrılması



Şekil 7. Korozyona uğramış donatı

TBDY-2018 [11] yönetmeliğinde bırakılacak minimum derz boşluğunun, 6 m yüksekliğe kadar en az 30 mm olması ve bu değere 6 m'den sonra her 3 m'lik yükseklik için en az 10 mm eklenmesi gerektiği belirtilmiştir. Ancak, Hatay bölgesinde yapılan incelemelerde bu kurallara uymayan ve yıkılan binaların olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8).

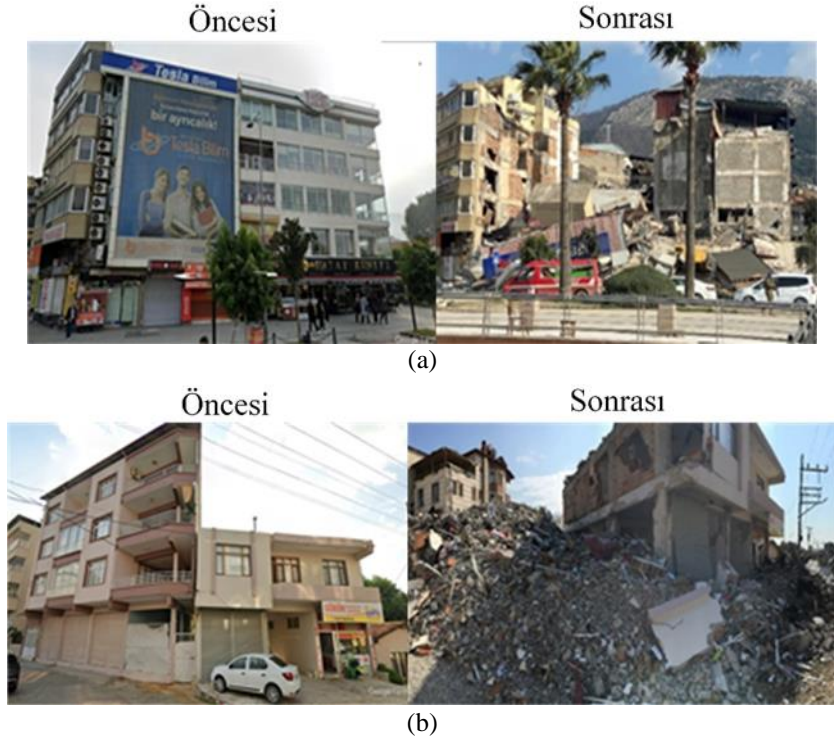
Sismik yüklerin bir yapıya etkisi sadece depremin davranışına bağlı olmayıp yapının özelliklerine de bağlıdır. Yapıda mevcut olan düzensizlikler deprem altındaki performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu düzensizlikler içinde yapısal hasarlara yol açarlardan biri de yumuşak kat düzensizliğidir. Yumuşak kat yapısal düzensizliği, komşu katlar arasındaki ani rijitlik farklarından kaynaklanan bir tür düşey yapısal düzensizliktir [17]. Bir katın rijitliği, üst katın rijitliğinden önemli miktarda düşük olduğunda, yanal yer değiştirmenin ve buna bağlı plastik deformasyonların büyük bir kısmı bu katta yoğunlaşır. Buna bağlı olarak yumuşak kattaki tüm kolonların her iki ucunda da plastik mafsallı oluşumu, bu nedenle yapısal stabilitenin bozulması ve kısmi/toptan göçme oluşabilmektedir. Yumuşak kattaki düşey taşıyıcı elemanlar ciddi şekilde hasar görürken, diğer yapı elemanlarının çoğu hasarsız kalabilmektedir [18]. Geçmiş depremler sonrası gözlemler de göstermektedir ki yumuşak katın oluşumuna sebep olan

ana unsur tuğla dolgu duvarların belirli bir katta bulunmamasıdır. Yapısal taşıyıcı eleman olarak değerlendirilmeyen ve oluşturduğu düşey yük dışında tasarım aşamasında dikkate alınmayan tuğla dolgu duvarların yanal rijitlik ve dayanımını ciddi oranda etkileyebilmektedirler. Dolayısıyla tuğla duvarların tüm katlarda mevcut iken bir katta eksik olması önemli bir rijitlik düzensizliği oluşturabilmektedir.

Deprem bölgesindeki birçok yapıda zemin katların ticari amaçla kullanılmasından dolayı kolonlar arasında dolgu duvar bulunmamaktadır. Üst katları konut olarak kullandığı için dolgu duvarla çevrili olan bu yapılarda rijitlik farkından dolayı yumuşak kat düzensizliğinin olduğu belirlenmiştir. Deprem bölgesinde bu tür düzensizlikten dolayı meydana gelen kısmi/toptan göçmeler Şekil 9-10'da gösterilmiştir

3.2.3 Taşıyıcı elemanlarda oluşan hasarlar

Betonarme yapıların deprem etkisinde performansına en çok zarar veren durumların başında kolon ve kirişlerde en büyük taleplerin ortaya çıktığı uç bölgelerde (sarılma bölgesi), ve bu elemanların birleşim bölgelerinde oluşan hasarlar gelmektedir. Bu tür bölgelerde, yeterli tasarım detayları da mevcut değilse, ortaya çıkan hasarlarda elemanların dayanımları hızlı bir şekilde azalmakta ve yapı



Şekil 8. Bitişik nizam iki yapının deprem öncesi ve sonrası görünüşleri a) Hatay-Antakya, b) Hatay-Samandağ



Şekil 9. Yumuşak kat düzensizliğinden dolayı toptan göçme meydana gelen yapılar. a) Hatay-Antakya, b) Hatay-Samandağ

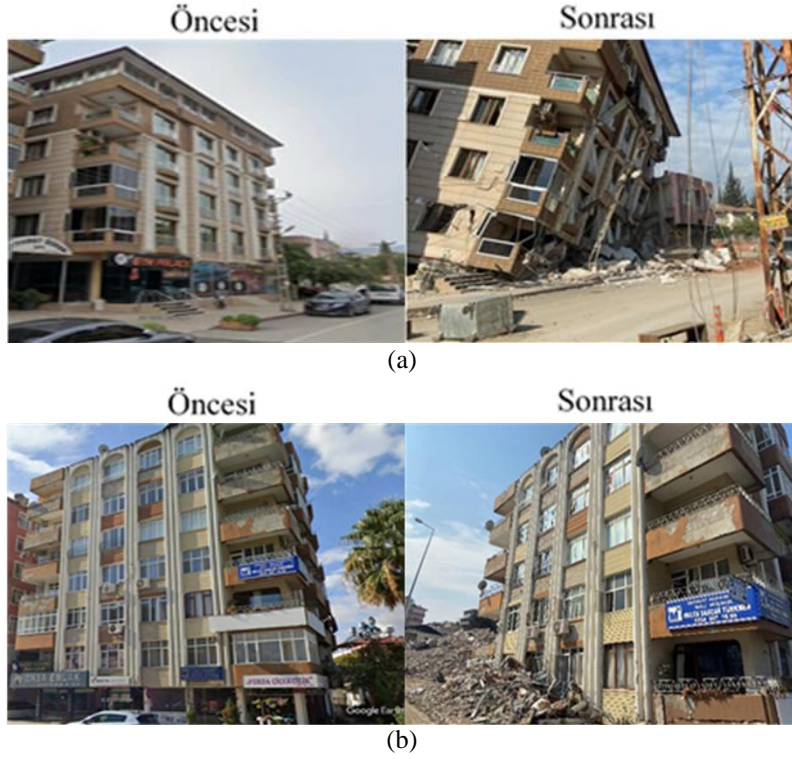
göçme durumuna gelebilmektedir [14]. Deprem bölgesinde kolon-kiriş birleşim bölgelerinde etriye kullanılmayan birçok yapı tespit edilmiştir (Şekil 11).

Şekil 12’de Hatay-Samandağ’da bulunan bir yapının kolon-kiriş birleşim bölgesi ve kolonun alt ucu gösterilmiştir. Sarılma bölgesi olmasına rağmen yeterli sayıda etriye kullanılmadığı ve etriyenin kancalarının 135° kıvrımlı olmadığı görülmektedir. Bu tür yapılarda etriyeler, çekirdek betonu ile yeterli aderansı sağlayamadığı için açılmaktadır. Bu durum boyuna donatının burkulmasına ve çekirdek betonun ezilmesine neden olmaktadır.

Şekil 13’de Hatay-Samandağ bölgesindeki bir yapı gösterilmiştir. Şekil 13a’da kolon üst sarılma bölgesinde etriye sıklaştırması yapılmış olması gerekirken hiç etriye bulunmadığı görülmektedir. Aynı binanın başka kolonlarında etriye kullanılmadığı için oluşan kesme çatlakları gözlenmektedir (Şekil 13b).

Betonarme yapılarda hasara yol açan bir diğer problemde kısa kolonlardır. Kısa kolonlar, taşıyıcı sistem nedeni ile veya dolgu duvarlarında kolonlar arasında bırakılan boşluklar nedeni ile oluşabilmektedirler. Böyle tasarlanan yapılarda deprem yönetmeliğine uygun olarak kısa kolonla ilgili kapasite tasarım ilkelerine özenli bir şekilde uyulması gerekir [19]. Zira kolon ne kadar kısa ise deprem nedeniyle oluşabilecek kesme talepleri o kadar büyük olacaktır. Bu durumda kapasite tasarım ilkelerine göre uygun tasarlanmayan kolonlar gevrek bir davranış sergileyerek kırılacaklardır. Hatay bölgesinde yapılan gözlemlerde depremden sonra binaların yıkılmasına neden olan bu tür yapısal elemanlar tespit edilmiştir (Şekil 14).

Betonarme yapılarda mimari zorunluluklar nedeniyle kısa kirişler kullanılabilmektedir. Ancak özellikle perde duvara bağlanan kısa kirişlerde kesit boyutlarının yetersizliğinden dolayı kesme kırılmaları oluşmaktadır.



Şekil 10. Yumuşak kat düzensizliğinden dolayı kısmi göçme meydana gelen yapılar, Hatay-Antakya



Şekil 11. Kolon ve kiriş uçlarında ve birleşim bölgelerinde oluşan hasarlar



Şekil 12. Kolon elemanlarda yetersiz sayıda ve yanlış etriye kullanımı sonucu oluşan hasarlar



Şekil 13. a) Kolon-kiriş birleşim bölgesinde etriye kullanılmayan bina. b) Binanın diğer kolonlarında oluşan kesme çatlakları

Öztürk [20], yaptığı çalışmada kısa kirişlerin kesme kapasitesini arttırmak için çapraz kesme donatıları kullanmıştır. Çalışma kapsamında 19 adet betonarme kısa kirişi deneysel olarak test etmiş, 76 adet betonarme kısa kirişin sonlu elemanlar modelini oluşturarak doğrusal olmayan analizlerini yapmıştır. Çalışma sonucunda çapraz kesme donatılarının kesme çatlaklarını oluşmasını engellemediğini ancak çatlakların büyümesini büyük oranda azalttığını tespit etmiştir. Deprem bölgesinde özellikle yeni binalarda ve perde duvarlar arasında kısa kiriş kullanıldığı ve bu elemanların kesme hasarı aldıkları görülmüştür (Şekil 15).

3.2.4 Güçlendirilmiş binaların davranışı

Hatay-Defne'de bulunan 2008 yılında ilave perde duvar ve karbon lifli polimer ile güçlendirilen Antakya Kooperatif Evleri Sitesi A-3 Nolu yapı Şekil 16'da gösterilmiştir. Bu yapıda belirli duvarlar üzerinde çapraz karbon lifli polimer uygulaması [21-23] ve bazı açıklıklarda ise dolgu duvar yerine perde duvar teşkil edilerek bir sistem iyileştirmesi yoluna gidilmiştir. Dolgu duvar üzerindeki çapraz lifli polimer uygulamasını yapının dayanım ve sünekliğine

olumlu etki yaparken rijitliğini arttıramamaktadır. Gereкли olan rijitlik artışının perde duvarlar tarafından sağlanması amaçlanmıştır [24]. Ayrıca belirli elemanlarda karbon lifli polimerlerle kolon sargılaması yapılmıştır. Güçlendirilen yapının deprem etkisinde yıkılmamış olduğu ve Şekil 16'da gösterilen bazı hasarları aldığı tespit edilmiştir.

3.2.5 Taşıyıcı olmayan elemanlarda oluşan hasarlar

Depremden sonra en yaygın yapısal olmayan eleman hasarı dolgu duvar elemanlarda oluşan hasarlardır. Dolgu duvar hasarları Antakya ve Samandağ il merkezlerinde yaygın olarak gözlemlenen hasar türlerindedir. Dolgu duvarlar, düzlem dışı stabilite bozulmadığı ve betonarme sisteminden ayrışmadığı sürece belirli bir noktaya kadar tersinir yükler altında yapı rijitliğine ve dayanımına katkı sağlamaktadırlar. Ancak bunun ötesinde, böylesi bir depremde ortaya çıkan yüklemeler altında oluşan dolgu duvar hasarları kısa kolon benzeri bir duruma sebebiyet vererek kolonlarda ve kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ilave kesme talepleri ortaya çıkartabilirler. Bölgede gözlemlenen dolgu duvar hasar örnekleri Şekil 17'de verilmiştir.



Şekil 14. Kısa kolonlarda oluşan hasarlar



Şekil 15. Kısa kirişlerde oluşan hasarlar



Şekil 16. Güçlendirilmiş bir yapının depremden sonraki durumu ve oluşan hasarlar



Şekil 17. Dolgu duvarlarda oluşan hasarlar

4 Sonuçlar

Bu çalışmada, 2023 yılının Şubat ayında Kahramanmaraş ve Hatay depremlerinden sonra Hatay'ın Antakya ve Samandağ ilçelerinde hasar gören betonarme yapılarda yazarlar tarafından bölgede yapılan incelemeler sonucu gözlenen hasarların nedenleri ve çözümleri tartışılmıştır. Bu nedenle öncelikle meydana gelen depremler ve incelenen bölgenin jeolojik durumu hakkında bilgiler verilmiş daha sonra oluşan en büyük depremin Hatay'ın Antakya ilçesindeki ivme değerleri incelenmiştir. Deprem hakkındaki bilgiler özetlendikten sonra bölgede yapılan incelemelerde gözlemlenen betonarme yapı hasarları detaylı olarak ele alınmıştır. Buna ilaveten depremden önce güçlendirilmiş bir bina incelenmiş ve binanın depremlerden sonraki durumu gösterilmiştir. Bölgede yerinde yapılan gözlemsel incelemeler sonucunda aşağıdaki durumlar tespit edilmiştir.

- Bölgede incelenen yapılarda betonlarda kullanılan agregaların yuvarlak yüzeyli ve maksimum dane çapının oldukça büyük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda çimento hamuru ve agrega arasındaki aderans zayıflamakta ve düşük dayanımlı beton oluşmaktadır. Düşük dayanıma sahip betonarme elemanlarda oluşan bir diğer sorun, yönetmeliklere uygun donatı kullanılsa da beton ile donatı arası yeterli oranda kenetlenme olmamasından kaynaklı olarak donatılarda sıyrılmaya meydana gelmesidir.
- Beton kalitesinin düşük olduğu yapıların genellikle 2000 yılı öncesi inşa edilmiş olduğu belirlenmiştir. Türkiye'de hazır beton kullanımının yaygınlaşmasının bu probleme bir çözüm olduğu söylenebilir.
- Özellikle 2000 yılı öncesi yapılmış binaların yapısal elemanlarında yalnızca düz yüzeyli donatı veya nervürlü donatı ile beraber düz yüzeyli donatı kullanıldığı görülmüştür. Bu durumda donatılar özellikle korozyona da uğraması ile beraber beton ile aderansını kaybetmekte ve kolaylıkla sıyrılabilmektedir.
- Betonarme yapılarda özellikle kolon elemanların sarılma bölgelerinde ve kolon-kiriş birleşim bölgelerinde yeterince etriye kullanılmadığı veya hiç etriye bulunmadığı görülmüştür. Bu durum kolonlarda kesmeden dolayı büyük hasarların oluşmasına neden olmuştur. Ayrıca bölgedeki binalarda TBDY-2018'de

verilen etriye ve çiroz detaylarına uyulmadığı tespit edilmiştir. Bu tür durumlarda çekirdek betonu ile donatı arasındaki aderans azalmakta ve çekirdek betonun ezilmesi ile sonuçlanmaktadır.

- Bölgedeki binaların büyük çoğunluğunda dolgu duvar hasarı meydana gelmiştir.
- Bölgede kısmi dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız ticari amaçla kullanılan zemin katların bazılarında yumuşak kat düzensizliği görülmüş bu düzensizlik sonucu yapıların birçoğu ağır hasar almış veya yıkılmıştır.
- Bazı yapılarda yeterli düzeyde deprem derzi bulunmadığı için hasarlar oluşmuştur.
- Bölgedeki bazı yapılarda kısa kolon ve kısa kirişlerden kaynaklı hasarlar gözlemlenmiştir.

Bölge jeolojik faktörler bakımından depreme karşı oldukça hassas bir bölgede bulunmaktadır. Özellikle 2000 yılı öncesinde yapılan binalarda deprem etkisinin büyük ölçüde ihmal edildiği, 2000 yılı sonrasında yapılan binalarda da tasarımda ve özellikle uygulamalarda büyük hataların yapıldığı görülmüştür. Fay hattı üzerinde bulunan Hatay bölgesinde bundan sonra inşa edilecek yapılarda depremsellik ögesine daha çok önem verilmelidir. Bölgede detaylı mikrobölgeleme çalışması yapılmalı ve sıvılaşma riski olan bölgeler ile yumuşak zeminler belirlenerek zemin haritaları çıkarılmalıdır. Bunun sonucunda zemin iyileştirme çalışmalarına öncelik verilmelidir. Hazır beton firmalarının ve donatı üretimi yapan şirketlerin düzenli olarak denetlemesi yapılarak söz konusu malzemelerin yönetmeliklere uygun olarak üretimi sağlanmalıdır. Bölgede hasar alan binaların performans değerlendirilmesi yapılarak, bina durumuna göre güçlendirilmeli veya yıkılıp yeniden inşa edilmelidir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): % 17

Kaynaklar

- [1] T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Başkanlığı. <https://deprem.afad.gov.tr/map>, Accessed 15 March 2023.

- [2] Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE), Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM). <http://udim.koeri.boun.edu.tr>, Accessed 15 March 2023.
- [3] Ö. Emre, T. Y. Duman, S. Özalp, H. Elmacı, Ş. Olgun ve F. Şaroğlu, Türkiye Diri Fay Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi-30, Ankara, 2013.
- [4] TÜİK- Coğrafi İstatistik Portalı. <https://cip.tuik.gov.tr/>, Accessed 15 March 2023.
- [5] Ö. B. Engin, Hatay Bölgesi için Deprem Tehlike Analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Türkiye, 2010.
- [6] T. N. Ovalı, Antakya Bölgesinin Sismik Yer Hareketinin Hasar Potansiyeli. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 2010.
- [7] M. O. Özkoçak, Hatay Horst ve Graben Yapısının Amanos Dağları Altın Yatak ve Zuhurları. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 17 (1), 52-59, 1993.
- [8] U. Tarı, O. Tüysüz, Ş. Can Genç, C. İmren, B.A.B. Blackwell, N. Lom, Ö. Tekeşin, S. Üsküplü, L. Erel, S. Altıok ve M. Beyhan, The geology and morphology of the Antakya Graben between the Amik Triple Junction and the Cyprus Arc. Geodinamica Acta, 26 (1-2), 27-55, 2013. <https://doi.org/10.1080/09853111.2013.858962>
- [9] AFAD TADAS, Türkiye İvme Veritabanı Ve Analiz Sistemi, Deprem Dairesi Başkanlığı. <https://tadas.afad.gov.tr/map>, Accessed 15 March 2023.
- [10] E. Özşahin, Antakya'da (Hatay) Yer Seçiminin jeomorfolojik Özellikler ve Doğal Risk Açısından Değerlendirilmesi. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 13 (23), 1-16, 2010.
- [11] TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye, 2018.
- [12] B. Duman, O. Tunaboyu ve Ö. Aşar, Düşük Dayanımlı Betonun Elastisite Modülünün Belirlenmesi ve RYTEİE ile Yapılan Risk Değerlendirme Etkisi. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32 (1), 253-264, 2017. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.300617>
- [13] DBYBHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Türkiye, 2007.
- [14] R. A. Oyguc, 24 Ocak 2020 Elazığ Depreminde Hasar Gören Yapıların Sismik Davranışlarının İncelenmesi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11 (1), 140-155, 2022. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.1000615>
- [15] N. Çağlar, B. Bayhan, E. Avcı, S. Kocakaplan, S. Özen, E. Yıldırım ve G. B. Sakcalı, Kahramanmaraş Depremleri Pazarcık [Mw=7.7] ve Elbistan [Mw=7.6], İnceleme ve Değerlendirme Raporu. Bursa Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bursa, Türkiye, Şubat 2023.
- [16] A. Salah-Eldin, H. M. Mohamed ve B. Benmokrane, Structural Performance of High-Strength-Concrete Columns Reinforced with GFRP Bars and Ties Subjected to Eccentric Loads. Engineering Structures, 185, 286-300, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.01.143>
- [17] A. Köroğlu, Rehabilitation of Building Structures with Soft Story Irregularity via Optimal Viscous Damper Distribution. Master Thesis, Hacettepe University, Ankara, 2022.
- [18] A. Noorifard, M. R. Tabeshpour and F. M. Saradj, New approximate method to identify soft story caused by infill walls. Structures, 24, 922-939, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.istruct.2020.01.050>
- [19] A. Doğançün, Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı. Birsen Yayınevi, İstanbul, 2021.
- [20] H. Öztürk, Betonarme Kısa Kirişlerde Kesme Dayanımının Çapraz Kesme Donatıları ile İyileştirilmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 2016.
- [21] E. Akın, E. Canbay, B. Binici ve G. Özcebe, Testing and analysis of infilled reinforced concrete frames strengthened with CFRP reinforcement. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 30 (19), 1605-1620, 2011. <https://doi.org/10.1177/0731684411424631>
- [22] E. Akın, G. Özcebe, E. Canbay ve B. Binici, Numerical Study on CFRP Strengthening of Reinforced Concrete Frames with Masonry Infill Walls. Journal of Composites for Construction, 18 (2), 2013. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cc.1943-5614.0000426](https://doi.org/10.1061/(asce)cc.1943-5614.0000426)
- [23] E. Akın, Effects of various parameters on CFRP strengthening of infilled RC frames. Journal of Performance of Constructed Facilities, 30 (1), 2014. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cf.19435509.0000683](https://doi.org/10.1061/(asce)cf.19435509.0000683).
- [24] M. T. Tan, Seismic Strengthening of A Mid-Rise Reinforced Concrete Frame Using Cfrps: An Application From Real Life. Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 2009.

