

06 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık, Elbistan) Depremleri Sonrası Betonarme Binalarda Gözlenen Hasar Durumları

Melek Akgül^{1*}, Serkan ETLİ²

^{1,*} İnşaat Programı, Tunceli MYO, Munzur Üniversitesi, TÜRKİYE

² Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Munzur Üniversitesi, TÜRKİYE
^{*}(melekakgul@munzur.edu.tr)

Özet – Yüzölçümünün % 96'sının aktif faylarda yer aldığı Türkiye, yıkıcı etkisi büyük olan Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ve Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS)'nin etkisindedir. 06.02.2023 günü, Türkiye saati ile 04:17'de ve 13:24'te merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) olan Mw 7.7 ve Mw 7.6 büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir. 7.7 ve 7.6 büyüklüğündeki bu depremlerin derinlikleri sırasıyla 8.6 km ve 7 km'dir [1]. İkili deprem olma özelliği taşıyan Kahramanmaraş merkezli depremler sonrası 200 km fay yırtığı meydana geldiği raporlanmıştır [2]. Depremden etkilenen 11 ilde toplamda 2.618.697 bina bulunmaktadır ve bu illerde 6 Mart 2023 tarihi itibarıyla 1.712.182 bina için hasar kaydı raporlanmıştır. Deprem bölgelerindeki binaların %86.7'sinde kayıtlanan taşıyıcı sistem tipi betonarmedir.

Bu çalışma, 6 Şubat 2023 tarihinde Türkiye-Kahramanmaraş'ta gerçekleşen ikili depremler sonrası betonarme yapılarda gözlenen hasar durumlarını literatür verileri ile karşılaştırarak elde edilen değerlendirmeleri sunmaktadır. Saha gözlem ve verilerine dayalı olarak betonarme yapılarda depreme bağlı en belirgin hasar durumları; kolon hasarları, kiriş hasarları, döşeme hasarları, perde duvar hasarları, kolon-kiriş birleşim bölgesinde gerçekleşen hasarlar, düşük kaliteli malzeme kullanımına bağlı hasarlar, vb.dir. Betonarme yapılardaki hasar durumlarına bağlı olarak yönetmelik usul ve esaslarının yanı sıra denetim, yeterli mühendislik ve kalifiye işçilik hizmetlerinin hayati öneme sahip olduğuna dair veriler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi, Elbistan (Kahramanmaraş) Depremi, Betonarme Yapılar, Hasar Değerlendirmesi

I. GİRİŞ

Türkiye, dünyanın en önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer almaktadır. Kuzeyde Avrupa-Asya (Avrasya) ve güneyde Afrika Arabistan Levhaları arasında kalan ülkemizin jeolojisi, bu iki levhanın süregelen hareketlerine ve bu levhalar arasında yer alan Tetis Okyanusunun Bitlis-Zagros süturu boyunca kapanmasına bağlı olarak gelişmiştir [3]. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) Türkiye'de Kuzey Anadolu Fay Zonu'ndan (KAFZ) sonraki en büyük tektonik üyedir [4] En eski deprem kaydı M.Ö. 411 yılında gerçekleşmiştir ve 1900'den günümüze kadar büyüklüğü 7'nin üzerinde olan çok sayıda yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Can kaybı

ve ağır hasar bakımından en büyük depremler sırasıyla 2023 Kahramanmaraş, 1939 Erzincan ve 1999 Gölcük merkezli Marmara Depremleridir [3].

6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş merkezli olarak gerçekleşen Pazarcık (Mw 7.7) ve Elbistan (Mw 7.6) depremleri ikili deprem özelliği taşımaktadır. Dünya tarihinde meydana gelen 7.5 büyüklüğünün üzerindeki depremlerin yaklaşık %20'si ikili deprem olarak meydana gelmektedir. Dünya tarihinde yaklaşık 50'den fazla ikili deprem raporlanmış olsa da meydana gelen tüm depremler içinde çok küçük bir orana sahip olan ikili depremler büyük oranda hasar gücüne sahiptir. İkili depremler zaman ve konum bakımından birbirine yakın, neredeyse aynı deprem dalgasında ve benzer büyüklükteki depremlerdir. Türkiye tarihindeki

yıkım gücü en fazla olan ve can kaybının en fazla gerçekleştiği ikili deprem olma özelliği taşıyan 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrası 200 km fay yırtığı meydana geldiği raporlanmıştır [2]. Deprem etki alanı içinde kalan bölgede toplamda 2.618.697 bina bulunmaktadır. Depremin Türkiye ekonomisi üzerindeki yükü yaklaşık 103,6 milyar dolar düzeyindedir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma; 6 Şubat 2023 tarihinde merkez üssü Kahramanmaraş-Pazarcık ve Kahramanmaraş-Elbistan olan ikili depremler sonrası betonarme yapılarda saha çalışmalarına bağlı raporlanan hasar durumlarını literatür verileri ile değerlendirmeler yaparak alt başlıklar ile sunmaktadır.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Bölgenin Genel Jeolojik Yapısı ve Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) Depremlerinin Özellikleri

6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş merkezli olarak gerçekleşen Pazarcık (Mw 7.7) ve Elbistan (Mw 7.6) depremleri sonrası depremden etkilenen 11 il için gerçekleştirilen bina hasar tespit çalışmalarında 6 Mart 2023 tarihi itibarıyla 1.712.182 bina hasar kaydı alınmıştır. İçişleri Bakanlığının Mekânsal Adres Kayıt Sistemi (MASK) verisine dayanarak depremden etkilenen 11 ildeki toplam bina sayısı Tablo 1’de, hasar tespitine dayalı bina sayısı ise Tablo 2’de verilmiştir. Yıkılan veya büyük hasar gören binaların arasında mesken olarak kullanılan binaların dışında tarihi ve kültürel yapılar, okullar, idari binalar, hastaneler, oteller de bulunmaktadır [3].

Tablo 1. Depremden Etkilenen İllerin Toplam Bina Sayısı [3]

| İl | Mesken | İşyeri | Kamu | Diğer | Toplam |
|---------------|------------------|----------------|---------------|---------------|------------------|
| Adana | 404.502 | 29.920 | 8.916 | 7.779 | 451.117 |
| Adıyaman | 107.242 | 5.765 | 4.370 | 3.119 | 120.496 |
| Diyarbakır | 199.138 | 11.412 | 11.964 | 3.165 | 225.679 |
| Elazığ | 106.569 | 7.221 | 2.872 | 7.051 | 123.713 |
| Gaziantep | 269.212 | 22.829 | 5.480 | 8.162 | 305.683 |
| Hatay | 357.467 | 33.511 | 10.382 | 5.489 | 406.849 |
| Kahramanmaraş | 219.351 | 12.358 | 6.879 | 4.565 | 243.153 |
| Kilis | 33.399 | 1.526 | 1.651 | 736 | 37.312 |
| Malatya | 159.896 | 8.370 | 6.670 | 4.051 | 178.987 |
| Osmaniye | 128.163 | 9.428 | 3.105 | 2.384 | 143.080 |
| Şanlıurfa | 347.902 | 18.847 | 11.790 | 4.089 | 382.628 |
| Toplam | 2.332.841 | 161.187 | 74.079 | 50.590 | 2.618.697 |

Tablo 2. Hasar Tespiti Yapılan Bina Sayısı (6 Mart 2023) [3]

| İcmal | Bina Sayısı | Bağımsız Bölüm |
|-------------------|-------------|----------------|
| Hasarsız | 860.006 | 2.387.163 |
| Az hasarlı | 431.421 | 1.615.817 |
| Orta hasarlı | 40.228 | 166.132 |
| Ağır hasarlı | 179.786 | 494.588 |
| Yıkık | 35.355 | 96.100 |
| Acil yıkılacak | 17.491 | 60.728 |
| Tespit yapılamadı | 147.895 | 296.508 |
| Genel Toplam | 1.712.182 | 5.117.036 |

Kahramanmaraş ikili depremlerinden etkilenen 11 ilin toplam nüfusu 2022 verisine göre, Türkiye nüfusunun %16,4’ünü, konut stoku ise Türkiye konut stokunun %14.05’ini oluşturmaktadır. Ayrıca bölgede 3.029.422 hane halkı bulunmakta ve ortalama hane halkı büyüklüğü 3,5 kişidir. 2021 yılı verilerine göre Tablo 3’ten de anlaşılacağı üzere 1980 ve öncesi hane halkı oranı Türkiye genelinde %12,6 ve deprem bölgesinde ise %10’dur. Ayrıca Adana, Hatay ve Kilis, için bu durum Türkiye ortalamasının üzerindeki değerleri ile seyretmektedir. Adana, Hatay ve Kilis illeri için yapı stokunun nispeten daha eski olduğu anlaşılmaktadır [3].

Tablo 3. İkamet Edilen Binanın İnşa Yılına Göre Hanehalkı Oranı (2021) [3]

| İl | Bina İnşa Yılı (%) | | | Bilinmeyen |
|------------------|--------------------|-----------|-----------------|------------|
| | 1980 ve Öncesi | 1981-2000 | 2001 ve Sonrası | |
| Adana | 13.0 | 34.8 | 38.7 | 13.5 |
| Adıyaman | 8.7 | 23.6 | 52.3 | 15.4 |
| Diyarbakır | 6.5 | 26.6 | 58.1 | 8.8 |
| Elazığ | 10.0 | 23.6 | 52.8 | 13.6 |
| Gaziantep | 6.6 | 25.9 | 51.6 | 15.9 |
| Hatay | 13.5 | 32.6 | 50.0 | 3.9 |
| Malatya | 11.7 | 26.9 | 58.1 | 3.3 |
| Kahramanmaraş | 11.2 | 21.7 | 52.3 | 14.9 |
| Kilis | 14.0 | 28.1 | 48.4 | 9.5 |
| Osmaniye | 10.5 | 25.7 | 46.5 | 17.3 |
| Şanlıurfa | 5.5 | 18.5 | 61.0 | 14.9 |
| Bölge Ortalaması | 10.0 | 27.6 | 51.1 | 11.3 |
| Türkiye | 12.6 | 30.9 | 47.4 | 9.1 |

Tablo 4 İçişleri Bakanlığı’nı MAKS verilerini yapı izin belgesi bulunan binalar ve daireler için sunmaktadır. Tablo 4’te “Diğer” sütun; ahşap, karma veya tanımlanamayan taşıyıcı sistemlere ait verileri içermektedir [3]. Betonarme bina ve daire sayısının sırasıyla %86.7 ve %95.4 olması bölgedeki betonarme yapılarda raporlanan hasar durumlarının doğru ve yerinde analizini gerekli kılmaktadır.

Tablo 4. Deprem Bölgesindeki Binaların Taşıyıcı Sistemi (%) [3]

| | Betonarme | Çelik | Yığma | Prefabrik | Diğer |
|--------------|-----------|-------|-------|-----------|-------|
| Bina | 86.7 | 2.4 | 3.5 | 3.6 | 3.9 |
| Daire | 95.4 | 0.4 | 1.3 | 0.6 | 2.3 |

3.1.1. Yer Hareketinin Karakteristik Özelliği

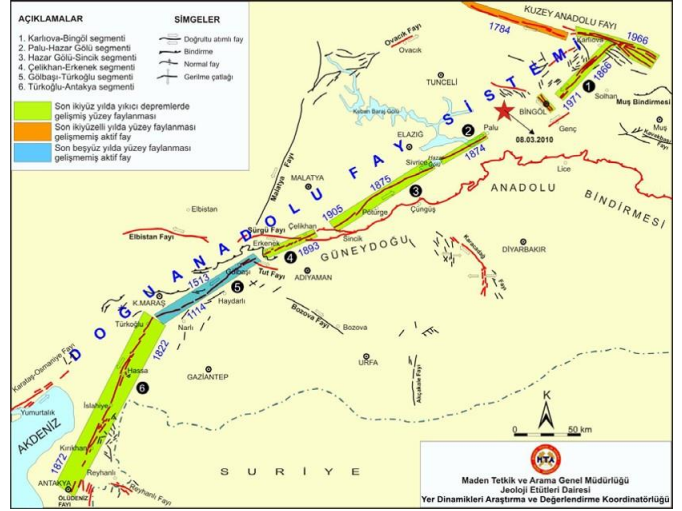
06.02.2023 tarihinde Türkiye yerel saati ile 04:17 ve 13:24'te merkez üssü Kahramanmaraş (Pazarcık ve Elbistan) olmak üzere iki deprem meydana gelmiştir. Pazarcık merkezli depremin büyüklüğü 7.7 ve Elbistan merkezli depremin büyüklüğü 7.6'dır. Pazarcık ve Elbistan merkezli bu iki depremin derinlikleri sırasıyla 8.6 km ve 7 km'dir.

AFAD verisine göre depremlerin en yakın yerleşim birimlerine olan uzaklıkları Tablo 5'teki gibidir. Gerçekleşen ana şok sonrası 09 Şubat 2023 günü Türkiye saati ile 16:00'ya kadar yaklaşık 1300 deprem kaydedilmiştir [1].

Tablo 5. Depremlerin merkez üssüne en yakın yerleşim yerleri [1]

| Deprem Merkezi | Yerleşim Yeri | Mesafe (km) |
|-------------------------------|-------------------------|-------------|
| Kahramanmaraş Pazarcık | Pazarcık / Akdemir | 2.72 |
| | Pazarcık / Karahüyük | 3.84 |
| | Türkoğlu / Cennetpınarı | 3.75 |
| | Pazarcık / Evri | 4.48 |
| | Pazarcık / Emiroğlu | 4.94 |
| Kahramanmaraş Elbistan | Elbistan / Gümüşdöven | 1.70 |
| | Ekinözü / Akpınar | 2.09 |
| | Elbistan / Özcanlı | 4.90 |
| | Ekinözü / Maarif | 5.47 |
| | Ekinözü / Ekinözü | 5.72 |

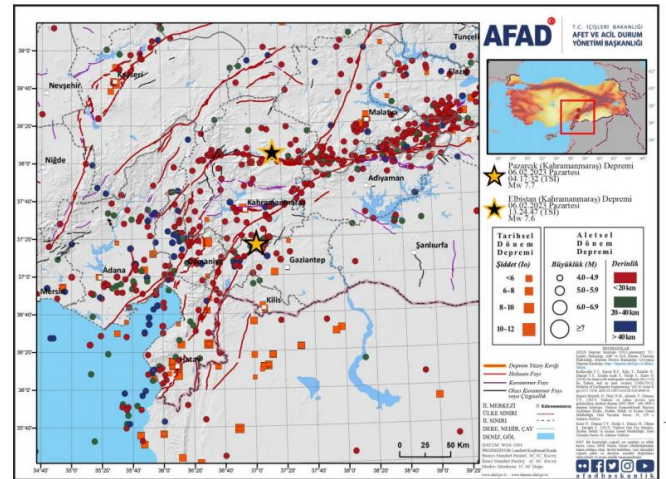
Ölü Deniz Fay Zonunun kuzey ucunda yer alan Narlı Segmentine rastlayan Pazarcık Depremi (Mw 7.7), sol yanal doğrultu atımlıdır. Elbistan depremi (Mw 7.6) ise Doğu Anadolu Fayından ayrılan bir kol olan Çardak Fayına rastlamaktadır. Doğu Anadolu Fayı (DAF) ve Bitlis-Zagros Bindirme Kuşağı'nın kesişimi ile Malatya Ovası arasındaki bölgede kaydedilen gerilim 4-5 bar'dır. Ayrıca bu kesişimin güneybatısında ve DAF'ın Çelikhane-Erkenek segmentinde de benzer gerilim aralığı kaydedilmiştir. Kahramanmaraş-Göksun'da 5 bar olan gerilim batıya doğru ve azalarak 1 bar seviyesine düşmektedir. İskenderun Körfezi'nde ise 1-4 bar değerinde gerilim verisi kaydedilmiştir [1]. Şekil 1'de Doğu Anadolu Fay Sisteminin ana segmentleri verilmiştir.



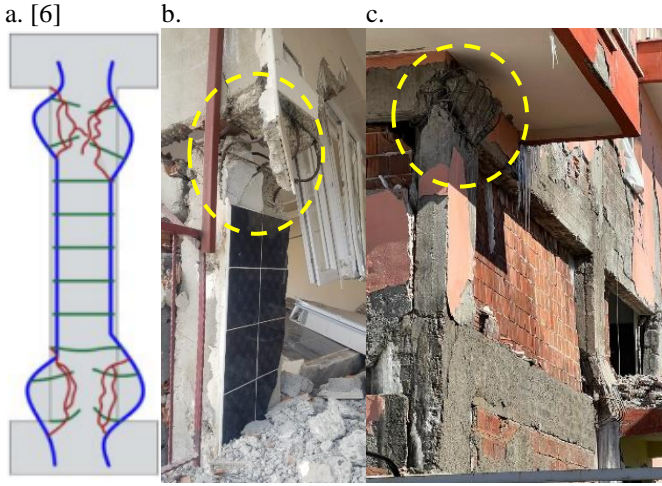
Şekil 1. Doğu Anadolu Fay Sistemi [5]

3.1.2. Bölgenin Deprem Tehlikesi ve Geçmiş Döneme Dair Deprem Aktivitesi

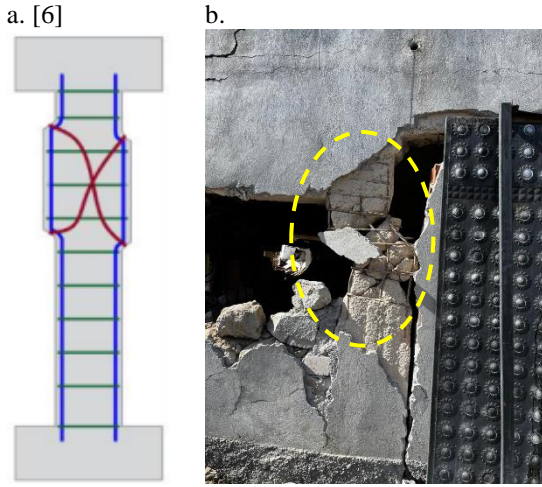
Kahramanmaraş merkez üssüne ait 1900 yılı öncesi 75 adet tarihsel dönem depremi ve 1900-2023 yıl aralığında da en büyüğü 6.0 (M ≥ 4.0) olmak üzere 224 adet deprem meydana gelmiştir (Şekil 2). Bölgenin deprem tehlikesi Türkiye Deprem Tehlike Haritası üzerinde Şekil 3'te verildiği gibidir [1].



Şekil 2. Bölgenin tarihsel ve aletsel dönem deprem aktivitesi [1]

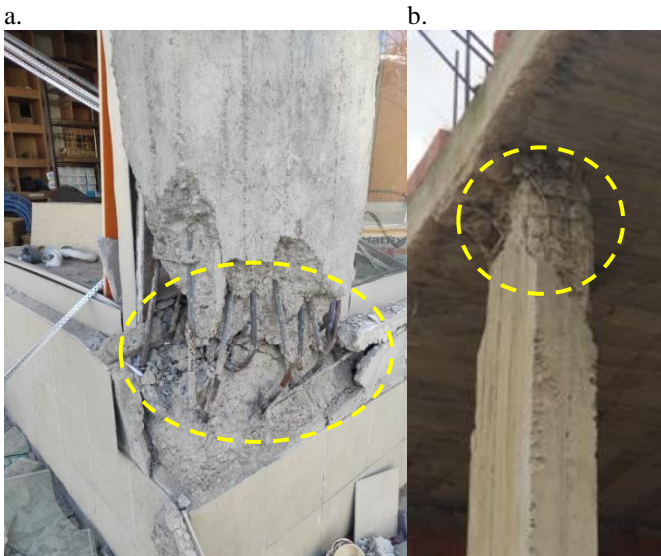


Şekil 5. Çevrimsel eğilme hasarı



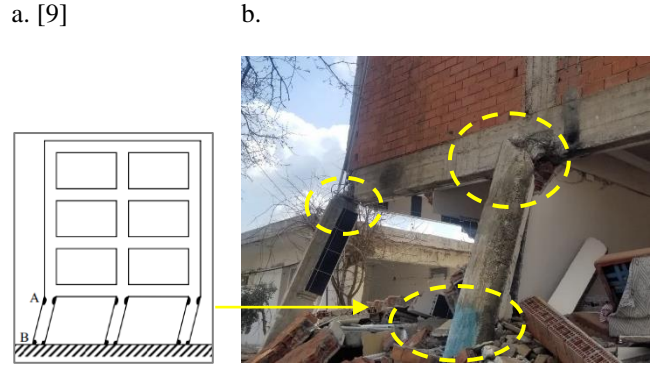
Şekil 6. Çevrimsel kesme hasarı

Betonarme kolon elemanlarda eğer deprem etkisi ile söz konusu olan kesme kuvveti taşıma kapasitesini aşarsa kolon elemanlarda bu durum genellikle 45° eğimli çatlaklar ile belirginleşen hasarlara neden olur [6].

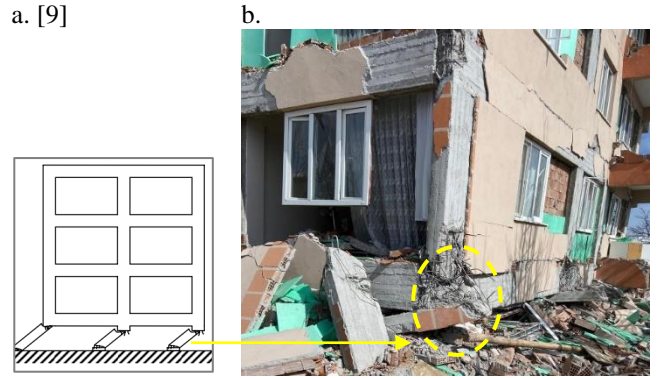


Şekil 7. Kolon hasarı

Deprem sonrası yapının zemin katında kolon uç bölgelerinde mafsallaşma Şekil 8.a'da, göçme durumu ise Şekil 9.a'da şematik olarak verilmiştir [9]. Saha gözlemlerine dayalı zemin kat hasarları Şekil 8.b ve Şekil 9.b'de verilmiştir.



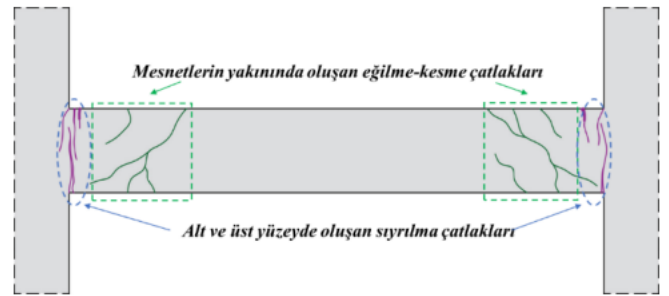
Şekil 8. Zemin kat kolonlarında mafsallaşma hasarı



Şekil 9. Zemin kat kolonlarında göçme hasarı

3.2.3. Kiriş Elemanlarda Gözlenen Eğilme ve Kesme Hasarları

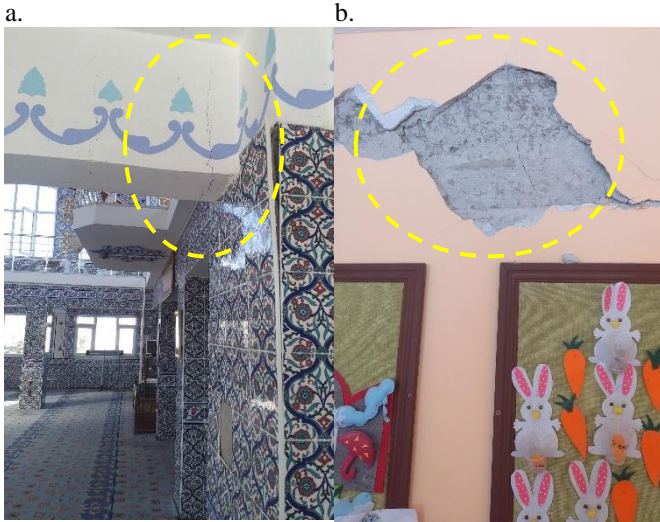
Deprem sonrası betonarme kiriş elemanlarda genellikle beklenen ve gerçekleşmesi muhtemel olan hasar durumları Şekil 10'da verilmiştir [6]. Betonarme kiriş elemanlarda mesnetlere yakın lokallerde meydana gelen eğilme-kesme çatlakları önemli hasar ve göçme durumları ile sonuçlanmaktadır.



Şekil 10. Kiriş elemanlarda hasar durumları [6]

Kiriş elemanlarda eğilme çatlakları boyuna donatı eksikliğinden kaynaklanırken; kayma çatlakları sargı donatısının eksikliğinden kaynaklanır. Deprem etkisi tersinir olduğundan, deprem etkisiyle kirişin aynı ucunda hem pozitif hem de negatif momentler meydana gelebilir. Bu olay, pozitif momentler iyi dikkate alınmadan projelendirilmiş kiriş mesnet bölgelerinde eğilme çatlaklarına ve ağır hasar sonuçlu mafsallı oluşumlarına sebebiyet verebilir [10].

Kiriş elamanların üst ve alt yüzeylerinde ortaya çıkan sıyrılmaya hasarı deprem sonrası sık karşılaşılan hasar durumlarıdır. Ayrıca tali (saplama) kirişlerin esas kiriş ile birleşim noktalarında kesme ve eğilme çatlaklarının görülmesi de muhtemeldir [6], [10]. Saha gözlemlerine dayanan betonarme kiriş elemanlardaki hasar durumları Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11. Kiriş elemanlarda hasar durumları

3.2.4. Kolon-Kiriş Birleşim Bölgelerinde Görülen Hasarlar

Deprem gibi ani hasar durumları ile sonuçlanan afetlerde betonarme kolon ve kiriş elemanların birleşim bölgelerindeki hasar durumları en kritik ve yapı güvenliği açısından en belirleyici durumlar olarak kabul edilmektedir [6], [8]. Ani rijitlik kaybı ve göçme durumlarına neden olan kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarlarına bağlı durumları sınırlamak için 2018-TBDY’de uygulama esasları verilmiştir [11].

Yönetmelik esas ve uygulamalarına göre güçlü kolon zayıf kiriş ilkesinin uygulandığı kolon-kiriş birleşim bölgelerinde plastik mafsallı kirişlerde

oluşur. Çünkü kolonda oluşması istenmeyen plastik mafsallı yapının stabilitesinin bozulmasına ve hasar durumlarına neden olur. Deprem sonrası gerçekleşen hasarlarda genelde kirişlerin kolonlara göre daha rijit ve güçlü olması hasarın oluşumunun ilk evresinde dahi göçme ve hasar etkisi yüksek kabul edilen ve kolonlarda çekme veya basınç hasarının meydana gelmesi şeklinde ortaya çıkar.

Kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki hasarların nedenleri genellikle sargı donatısı ve filiz boyunun eksik ya da yanlış uygulanmasından ileri gelir. Şekil 12 ve Şekil 13’te kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarları verilmiştir. Şekil 12.a’da zemin katta meydana gelen hasar durumu tüm yapıda süreklilik göstermemesine rağmen Şekil 12.b’de verilen kolon-kiriş hasarı yapının tüm katlarında raporlanmıştır.



Şekil 12. Kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarı



Şekil 13. Kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarları

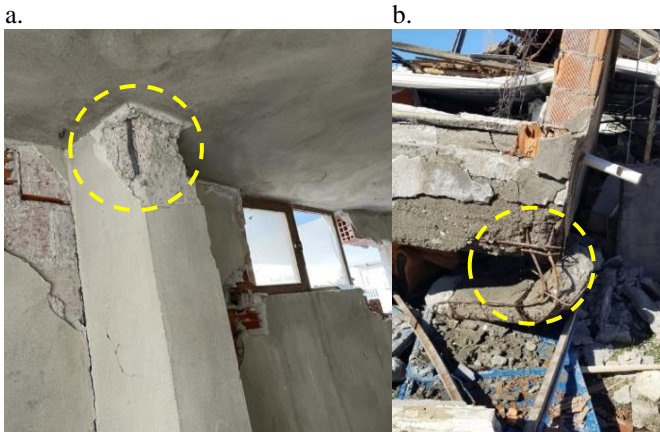
Kirişlerin boyuna donatıları kolonlar ile birleşim bölgelerinde yeterli ankre edilmelidir. Yeterli ankre edilmeyen kolon-kiriş birleşim bölgesinde donatılar deprem sonrası betondan kolaylıkla sıyrılır. Betondan sıyrılan donatı kirişlerde beklenen moment kapasitesine erişimi kısıtlar ve mafsallaşma söz konusu olur. Şekil 14’te saha gözlemlerine dayalı kolon-kiriş birleşim bölgesindeki hasar durumunu vermektedir.



Şekil 14. Kolon-kiriş birleşim bölgesi hasarları

3.2.5. Sargı Eksikliği ve Yetersiz Donatıya Bağlı Hasarlar

Sargı etkisi; betonarme elamanlarda enine donatılar ile boyuna donatıların sargılanması olarak yorumlanır. Sargı donatısından beklenen; kolonun kesme kuvvetine karşı dayanımını, betonun sünekliğini ve boyuna donatıdaki bindirme eklerinde aderansı artırmaktır [10]. Şekil 15 ve 16’da sargı donatısının eksik ya da hatalı uygulamasına bağlı olarak deprem bölgesindeki betonarme yapılarda gerçekleşen hasar durumları verilmiştir.



Şekil 15. Eksik sargı donatısı ve yetersiz donatı kullanımına bağlı hasarlar



Şekil 16. Donatı türü ve sargı donatısı eksikliğine bağlı hasarlar

3.2.6. Kısa Kolon Etkisine Bağlı Hasarlar

Betonarme yapılarda kısa kolon davranışına bağlı hasarların nedeni; kolon elemanın yanal deformasyonunun duvar gibi yapısal olmayan elemanlar ile engellenmesidir. Ve bu durum çoğu zaman deprem etkisi ile yapıda önemli ve yapısal hasarlara neden olur [6].

Özellikle yapıların alt katlarında ticari amaçlı olarak depo ve benzeri kullanım amacına hizmet eden bölümlerde kolon tam boyunca örülmeyen duvar elemanlar bant pencere olarak tanımlanır. Kısa kolon oluşumuna neden olan bant pencere uygulaması Türkiye’de ve özellikle Kahramanmaraş depremi sonrası çalışmaya konu olan illerde sıklıkla karşılaşılan bir durumdur (Şekil 17).



Şekil 17. Bant pencere ve kısa kolon etkisine bağlı hasarlar

Kısa kolon oluşumunun söz konusu olduğu betonarme elemanlarda deprem etkisi ile yatay yükler, kolonlarda moment ve kesme kuvveti olarak etkili olur [8]. Her ne kadar kolon boyu eklenen duvar elamana bağlı olarak kısalmış olsa da eğilme rijitliği artar. Hesap tasarımında esas alınan kolon boyu yapılan bant pencere uygulaması ile kısaldığı için moment boyu da kısalmış olur. Bu durum kolonda kesme kapasitesinin eğilme kapasitesinden düşük olması anlamına gelir ve oluşan hasarda kesme kuvveti etkisi ile olur. Genellikle, bant pencere uygulaması ve buna bağlı kısa kolon oluşumlarından kaynaklanan betonarme kolon hasarları yapı en alt katlarında (Şekil 17 ve Şekil 19.a) raporlanmış olsa da diğer katlarda da gerçekleşmesine dair görseller Şekil 18 ve 19.b'de verilmiştir.



Şekil 18. Bant pencere ve kısa kolon etkisine bağlı hasarlar



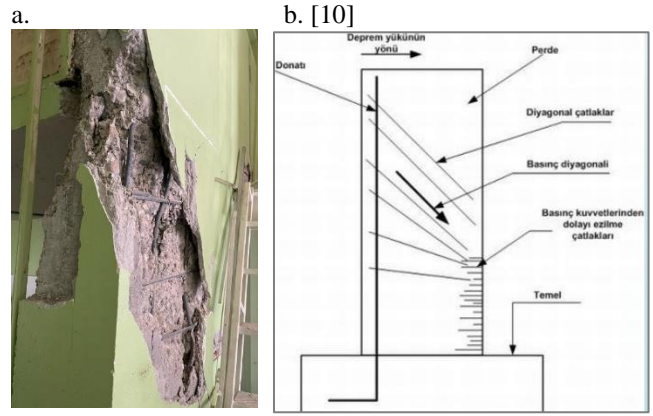
Şekil 19. Kısa kolon etkisine bağlı hasarlar

3.2.7. Perde Duvar Hasarı

Perde duvarlarda deprem sonrası görülen hasarlar genellikle kesme, eğilme ve kayma hasarı şeklindedir. Betonarme perde elemanlarda eğilme hasarı çok sık karşılaşılan bir hasar durumu değildir ve sünek özellik taşır. Ancak daha tehlikeli ve

gevrek bir davranışın sonucu olarak yorumlanan kesme hasarı daha sık karşılaşılan bir hasar durumudur [6], [9]. Şekil 20'de perde elemanlarda deprem etkisine bağlı hasar durumları verilmiştir.

Perde duvarlarda hasar türlerinin gerçekleşmesinde betonarme perde elemanların yükseklik/genişlik oranından büyük oranda etkilendiği kabul edilmektedir. Kısa perdelerde (yükseklik<genişlik) kesme kuvveti etkisi ve bu etkiye bağlı hasar durumları baskındır. Gözlenen çatlaklar da bu oluşuma uygun olarak kesme kuvvetinden ortaya çıkar. Az-katlı perdeli yapılarda genellikle perde yüzeyinde yatayla yaklaşık olarak 45° eğim yapan kesme çatlakları görülür. Çok katlı perdeli yapılarda ise çoğunlukla alt katlardaki perdelerde eğilme çatlakları gerçekleşir (Şekil 20.b) [9], [10].



Şekil 20. Depreme bağlı perde duvar hasarı

3.2.9. Döşeme hasarları

Betonarme yapılarda döşeme hasarı genellikle büyük açıklığa sahip ve aşırı sehim ile beraber perdelerin dönmesi sonucu perde ile döşeme birleşim lokalinde ortaya çıkar. Döşemelerdeki çatlak ve hasar oluşumu düşey yüklerin etkisiyle ortaya çıkar ve deprem gibi yıkıcı etkisi olan özellikle yatay yükler ile de göçme durumuna erişir. Bu hasar durumları başlangıçta belirgin olmayan çatlaklar olsa da deprem gibi etkiler sonrası kabuk atma ve göçme ile sonuçlanır. Betonarme döşeme eleman kirişli ve büyük açıklıklı ise alt açıklıkta belirgin olan çatlaklar, üst lokalde döşeme-kiriş birleşim bölgelerinde ve kiriş çeperine paralel olarak ortaya çıkar. Ayrıca özellikle açık çıkma ve konsol döşeme uygulamalarında yetersiz ya da hatalı donatı yerleşimine bağlı olarak gerçekleşen hasarlarda yaygındır. Her ne kadar döşeme hasarları taşıyıcı sistem güvenliği açısından diğer taşıyıcı

sistem elamanı hasarlarına nazaran etkili kabul edilmese de yapının kullanılabilirlik sınır durumu bağlamında büyük önem arz eder. Şekil 21 deprem sonrası döşeme hasar oluşumunu verilmektedir.



Şekil 21. Döşeme hasarı

3.2.8.Yapının Oturmasından Dolayı Gözlenen Hasarlar

Zeminde konsolidasyon ya da sıvılaşma gibi etkilerden kaynaklı olarak farklı deformasyonlar ve bunların üst yapıda yaratacağı hasar durumları (a) düzgün oturma, (b) devrilme ve (c) farklı deformasyon şeklinde değerlendirilmektedir [6].

Yapının her noktasında eşit ölçüde oturma olarak değerlendirilen düzgün oturma durumu [6] devrilme deformasyon durumundan daha az hasar düzeyleri ile kendini gösterir. Devrilme durumunda yapı temelinin karşılıklı iki noktadan farklı düzeyde oturmalar gerçekleştirmesi ve buna bağlı olarak farklı kesitlerde farklı düzeyde deplasmanların varlığı söz konusudur. Şekil 22’de zemine bağlı oturma hasarı verilmiştir.



Şekil 22. Zemine bağlı oturma hasarları

IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de ilk kez 1947 yılında İtalya’da kullanılan deprem şartnamesi temel alınarak hazırlanan deprem yönetmeliği yıllar içinde 7 kez revize edilmiş ve son halini 2018 yılında TBDY-2018 olarak almıştır. 1947-2018 yıl aralığında en önemlisi 17 Ağustos 1999 Marmara depremi olan yıkım ve hasar verme gücü yüksek depremler yaşanmış olsa da Marmara depremi Türkiye’de yapı-denetim sisteminin uygulanması için milat olma özelliğindedir. Ancak 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrası yapılan saha gözlem ve incelemelerine dayanarak betonarme yapılardaki hasar durumları değerlendirildiğinde, 2000 öncesi yapılarda yönetmelik usul ve esaslarının tahsis edilmemesinin yanı sıra 2000 sonrası yapılarda da benzer uygulama ve kusurların bir veya birkaçının aynı anda olmasına bağlı olarak hasar durumları tespit edilmiştir. Hasarın raporlandığı binalarda ortak tasarım ve imalat kusurları gözlemlenmektedir.

TBDY-2018 [11] ışığında betonarme yapılarda gözlemlenen yönetmelik usul ve esaslarına uygun olmayan ortak uygulama ve kusurlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Taşıyıcı sistemin uygun seçilmemesi sonucunda projelendirilme ve uygulama hataları,
- Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde donatı filiz boyu ve sargı donatısının yeterli oranda tahsis edilmemesi
- Güçlü kolon-zayıf kiriş prensibinin uygulanmaması,
- Tüm taşıyıcı sistemin oluşturulmasında yeterli kalite ve uygun malzemenin (betonarme çeliği, beton) kullanılmaması,
- Betonarme elamanların üretiminde betonun doğru kalıplama, sıkıştırma ve kür şartlarının sağlanmaması,
- Düğüm noktalarında enine donatıların yerleştirilmemesi, etriye sürekliliği ve sıkılaştırmanın konstrüktif kurallar ve detaylara uygun olarak yapılmaması,
- Özellikle ticari, eğitim vb. amaçlar için kullanılan binalarda yaygın olan bant pencere uygulamasının kullanılması
- Yapı-zemin etkileşimi dikkate alınarak uygun temel tipi ve temel derinliğinin tespiti için yeter sayıda inceleme ve zemin etütlerinin sağlanmamasıdır.

Sonuç olarak;

Raporlanan yapısal hasarlar ve hasar durumuna göre yaşanan kayıpları en aza indirmek için benzer hatalı uygulama ve malzeme seçiminden gelecekte kaçınılması gerekmektedir.

Yapıların taşıyıcı sistemi sadece projelendirme, tasarım ve imalat aşamasında değil servis ömrü süresince de süreklilik sağlamalıdır.

2018-TBDY'ne [11] göre, binaların depreme dayanıklılığında ana tasarım ilkesi dikkate alınarak, yapısal hasarlara neden olacak, tasarım, malzeme, üretim ve yapının servis ömrü süresince hatalı kullanım durumlarından kaçınılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] AFAD. "Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7 Elbistan (Kahramanmaraş) Mw 7.6 Depremlerine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu," 2023.
- [2] Ö. K. Ekici, "6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri," *Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi*, vol. 6(3), pp.6-13, 2023.
- [3] URL-1. "2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu" *T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı*. Erişim: sbb.gov.tr (Erişim Tarihi: Mart 2023).
- [4] Ş. Şahin, ve E. Öksüm, "The relation of seismic velocity and attenuation pattern in the East Anatolian fault zone with earthquake occurrence: Example of January 24, 2020 Sivrice earthquake," *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, vol.165, pp.141-161, 2021, doi:10.19111/bulletinofmre.824032
- [5] URL-2. "Doğu Anadolu Fay Sisteminin ana segmentleri," *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*. Ankara. Erişim: mta.gov.tr (Erişim Tarihi: Mart 2023).
- [6] R. A. Oyuğ, "24 Ocak 2020 Elazığ Depreminde Hasar Gören Yapıların Sismik Davranışlarının İncelenmesi," *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 11(1), pp. 140-155, 2022, doi:10.17798/bitlisfen.1000615
- [7] N. Bayülke, "Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi," *İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi*. İzmir, 1995.
- [8] İ.F. Çırak, "Damages Observed In Reinforced Concrete Buildings, Causes And Recommendations," *International Journal of Technological Sciences*, vol. 3(3), pp.62-71, 2011.
- [9] İ. Yüksel, "Betonarme Binaların Deprem Sonrası Acil Hasar Değerlendirmeleri," *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol.24(2), pp.260-276, 2008. <http://fbe.erciyes.edu.tr/>
- [10] URL-3. "Betonarme Eleman Hasarı," Erişim: bartm.edu.tr (Erişim Tarihi: Mart 2023).
- [11] TBDY-2018. "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği," Ankara. 2018.