

AFAD

T.C.
İÇİŞLERİ BAKANLIĞI
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı



06 ŞUBAT 2023 KAHRAMANMARAŞ (Pazarcık ve Elbistan) DEPREMLERİ SAHA ÇALIŞMALARI ÖN DEĞERLENDİRME RAPORU

DEPREM DAİRESİ BAŞKANLIĞI
24 Şubat 2023

1. GİRİŞ

06.02.2023 günü, Türkiye saati ile 04:17'de ve 13:24'de sırası ile merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) olan Mw 7.7 ve Mw 7.6 büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir.

Birinci depremin (Pazarcık-Kahramanmaraş) dışmerkez koordinatı 37,236 K - 37,057 D, odak derinliği 8,6 km; ikinci depremin (Elbistan- Kahramanmaraş) dışmerkez koordinatı 37,239 K - 38,089 D, odak derinliği 7,0 km olarak hesaplanmıştır.

Her iki deprem Kahramanmaraş, Hatay, Adıyaman, Gaziantep, Malatya, Kilis, Diyarbakır, Adana, Osmaniye, Şanlıurfa ve Elazığ'da çok şiddetli hissedilmiş can kaybı ve ağır hasara neden olmuştur.

Deprem Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 11 ili içine alan 108.812km²lik bir alanda etkili olmuştur (Şekil 1). Ülke tarihinde yaşanmış en yıkıcı deprem fırtınası olarak kayıtlara geçen bu iki ana şoka ait kuvvetli yer hareketi kayıtları, saha gözlemleri ve bölge halkından alınan bilgilerle göre ilk depremin Kahramanmaraş ve Hatay'da ikinci depremin ise özellikle Malatya'da daha etkin olduğunu söylemek mümkündür.

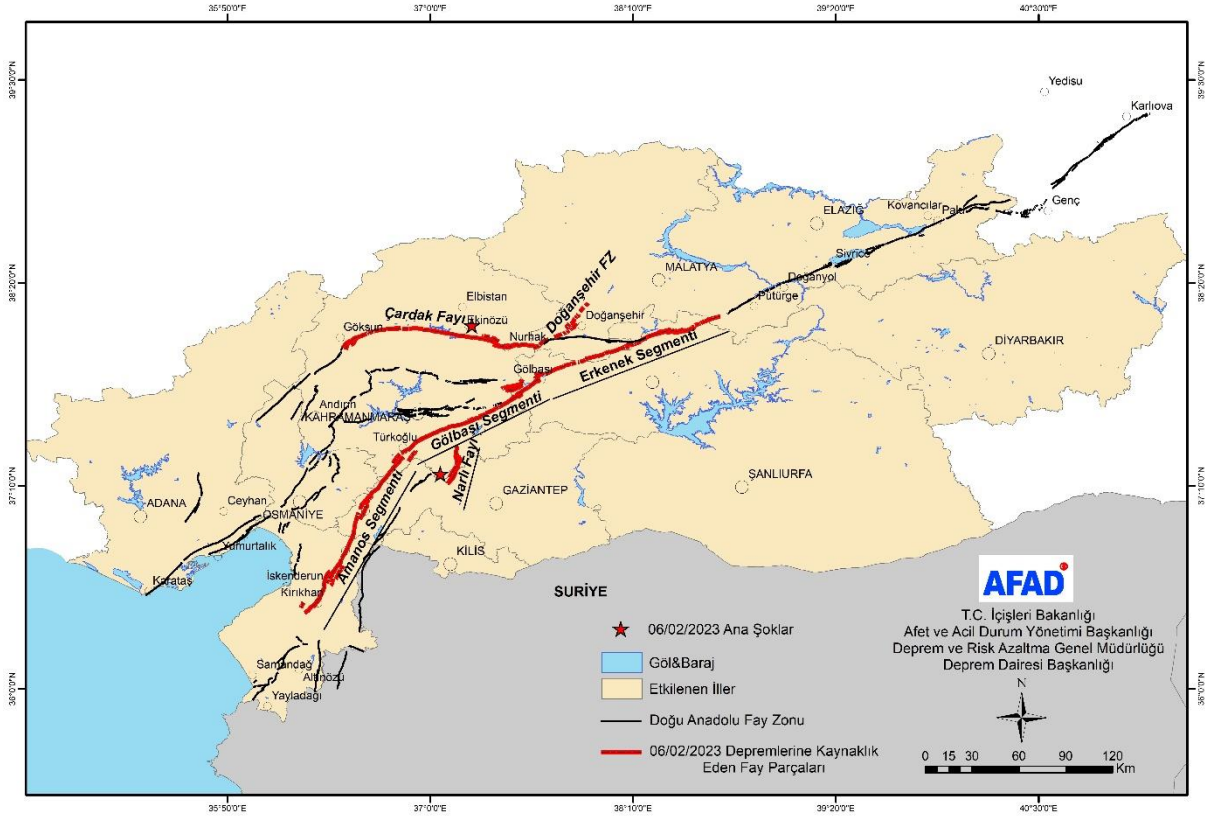


Şekil 1. 06.02.2023 depremlerinin etkili olduğu coğrafya.

2. BÖLGESEL TEKTONİK

Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS), kuzeye doğru hareket eden Arap Plakası ile batıya doğru hareket eden Anadolu Bloğu arasında, ortalama 30 km. genişlikte, 580 km. uzunluğunda KD-GB sol yanal doğrultu atımlı bir transform sınırı oluşturur (Arpat ve Şaroğlu, 1972; Jackson ve McKenzie, 1984; Şengör vd. 1985; Lyberis vd. 1992; Şaroğlu vd. 1992; Nalbant vd., 2002; Westaway, 2003; Aksoy vd., 2007). Türkiye'nin en etkin ve diri fay sistemlerinden birisi olan ve Anadolu ve Arap Plakaları arasındaki sınırı oluşturan DAFS ve Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ile birlikte Anadolu bloğunun batıya hareketini karşılar. Güncel GPS verileri günümüz kayma hızı oranını 11+-2mm/yıl aralığında

vermektedir. DAFS, kuzeydoğuda Karlıova birleşim noktasından (Kargapazarı) başlar ve Çelikhân'ın batısına kadar tek bir zon halinde uzanır. Burada iki kola ayrılan fayın güney kolu Gölbaşı Havzası ve Pazarcık kuzeyinden güneybatıda Türkoğlu kavşağına kadar devam eder. Türkoğlu'nun güneyinde sağa sıçrayan fay Sağlık, Kocagöl ve Amik ovalarını batıdan sınırlayarak devam eder ve Kırıkhan'ın güneyinde saçılarak sonlanır. DAFS'nin bu bölgesinde Sağlık ve Narlı ovalarını içine alan çöküntü havzasını doğudan Ölü Deniz Fay Zonu'nun Sakçagöz ve Narlı parçaları sınırlamaktadır. Narlı parçası KKD yönünde 30-40 km boyunca Pazarcık'ın Kuzeyinden DAFS'ne kadar uzanmaktadır. Çelikhân'ın batısında ayrılan kuzey kol ise Güneydoğu Toros Dağ Kuşağı'nın morfolojisine uyarak kuzeye dışbükey büküm oluşturmaktadır. Bu kol Sürgü Fayı, Çardak Fayı ile Göksun'dan GB'ya dönerek Savrun, Çokak ve Toprakkale faylarından oluşmaktadır (Şekil 2).



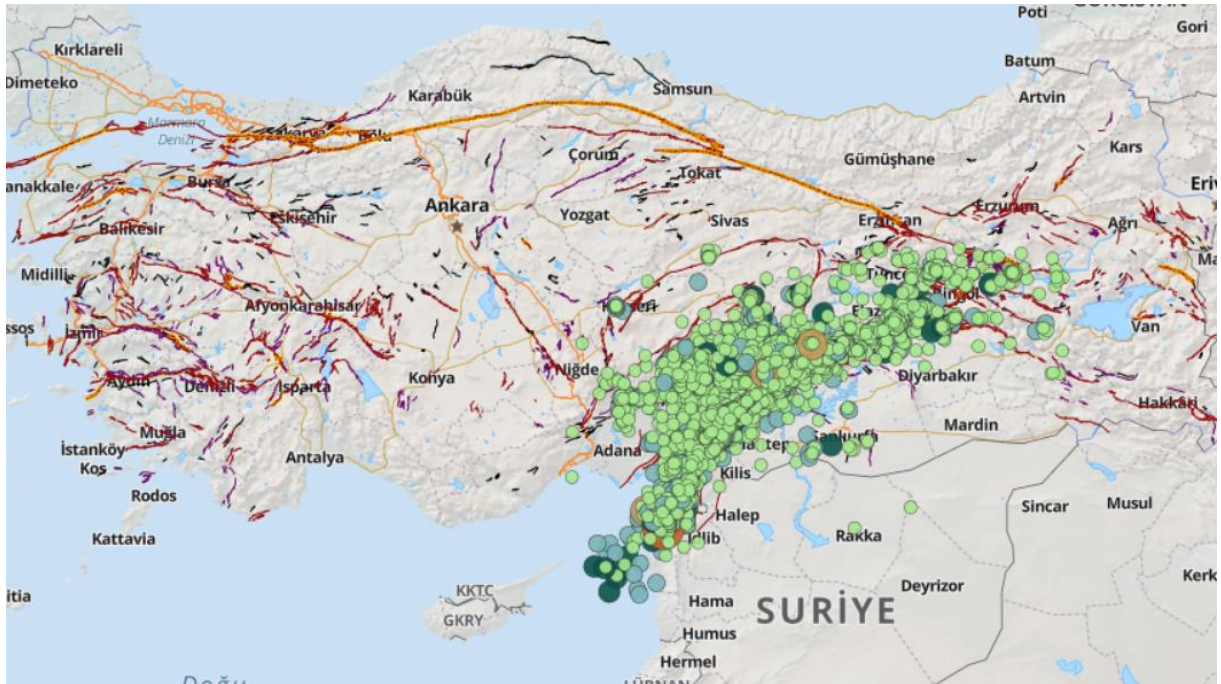
Şekil 2. Doğu Anadolu Fay Sistemine ait fay parçalarını gösterir harita (Diri faylar Emre, vd., 2013'den sayısalştırılmıştır).

1900'lü yılların başına kadar olan tarihsel dönemde birçok büyük depreme kaynaklık eden Doğu Anadolu Fay Sistemi, özellikle 19.yy da sismik olarak aktif bir dönem geçirmiştir. 1789 Palu depremi ile başlayan 1822, 1866, 1872, 1874, 1875, 1893 depremleri ile devam eden ve son olarak geçen yüzyılın başında 1905 Malatya depremi ile tamamlanan bir deprem serisi oluşturmuş bu depremden sonra günümüze kadar geçen sürede göreceli daha sakin bir döneme girmiş gibi gözükse de 22 Mayıs 1971 Bingöl ($M_s=6.8$) 5 Mayıs 1986 ($M_s=5.8$) ve 6 Mayıs 1986 ($M_s=5.6$) Doğanşehir depremleri son yüzyılda DAFS'nin ürettiği orta büyüklükteki depremlerdir.

20'nci yy.'da 7'den daha büyük deprem üretmemiş olan ve neredeyse kendini unutturmuş DAFS'nin 19. yüzyıla göre büyük deprem üretme açısından daha sakin geçirdiği bu dönemde dahi DAFS üzerinde hasar yapmış toplam 13 deprem ($M_s > 5.0$) meydana gelmiştir. Ancak bunların hiçbiri $M_s=6.8$ 'den büyük olmamıştır. Bu depremlerin dış merkez dağılımları, segmentlerin sınırlarında yoğunlaşma eğilimi göstermektedir.

2000'li yıllarda daha aktif bir döneme giren DAFS üzerinde sırasıyla; 01.05.2003 Bingöl (Mw 6.3), 14.03.2005 Karlıova Bingöl (Mw 5.8), 21.02.2007 Doğanşar Malatya (Mw 5.7), 08.03.2010 Kovancılar Elazığ (Mw 6.1), 24.01.2020 Sivrice Elazığ (Mw 6.8), 14.06.2020 Karlıova Bingöl (Mw 5.7) hasar yapıcı depremleri meydana gelmiştir.

DAFS üzerinde en son 06.02.2023 günü, Türkiye saati ile 04:17'de Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7 ve 13:24'de Elbistan (Kahramanmaraş) Mw 7.6 depremleri meydana gelmiş, depremlerin dış merkezleri ve artçı dağılımları analiz edildiğinde ilk etapta Pazarcık merkez üslü depremin kuzeydoğuda Çelikhhan Pötürge arasından Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Erkenek (Çelikhhan-Gölbaşı arası 65km), Gölbaşı (Gölbaşı-Türkoğlu arası 90 km), Amanos (Türkoğlu-Kırıkhan arası 110km) Parçalarını içine alan bir hat ile Ölüdeniz Fay Sistemi'nin Kuzey ucundaki Narlı Parçası'nı kırdığı; Elbistan dışmerkezli ikinci depremin ise Çardak Fayı ile Doğanşehir Fay Zonu ile ilişkili olduğu düşünülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. 06.02.2023 depremlerinin 27.02.2023 tarihine kadar olan artçı deprem aktivitesini gösterir harita.

3. YÖNTEM

Bu rapor, depreme kaynaklık eden fayların tanımlanması, meydana gelen yüzey kırıklarının tespit edilmesi ve yapısal hasar nedenlerinin ortaya konması amacıyla 10.02.2023 ile 16.02.2023 tarihleri arasında bölgede yapılan saha çalışmalarının sonuçlarını içermektedir. Gerçekleştirilen çalışmada detaylı haritalama yapılmamış, elde edilen sonuçlar nispeten küçük ölçekli tutulmuş, her iki depreme de kaynaklık etmiş faylar üzerinde yüzey kırığı gelişip gelişmediği ve bu kırıklar üzerinde oluşan yanıl değiştirme miktarları hakkında veri toplanmaya çalışılmıştır.

Kırık hattı boyunca fay geometrisindeki yerel değişikliklerin neden olduğu normal ve ters bileşenler çalışılan ölçek nedeniyle dikkate alınmamıştır. Her iki kırık boyunca saha çalışmalarından elde edilen veriler depremler sonrasında bölgeden Harita Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çekimler sonucunda üretilerek kamuoyunun kullanımına sunulan HGMAtlas ortofotoğrafları ile de denştirilmiştir (<https://atlas.harita.gov.tr/#5/39/35>, Erişim tarihi: 22.02.2023).

4. YÜZEY KIRIĞI HARİTALAMASINA YÖNELİK SAHA ÇALIŞMALARI

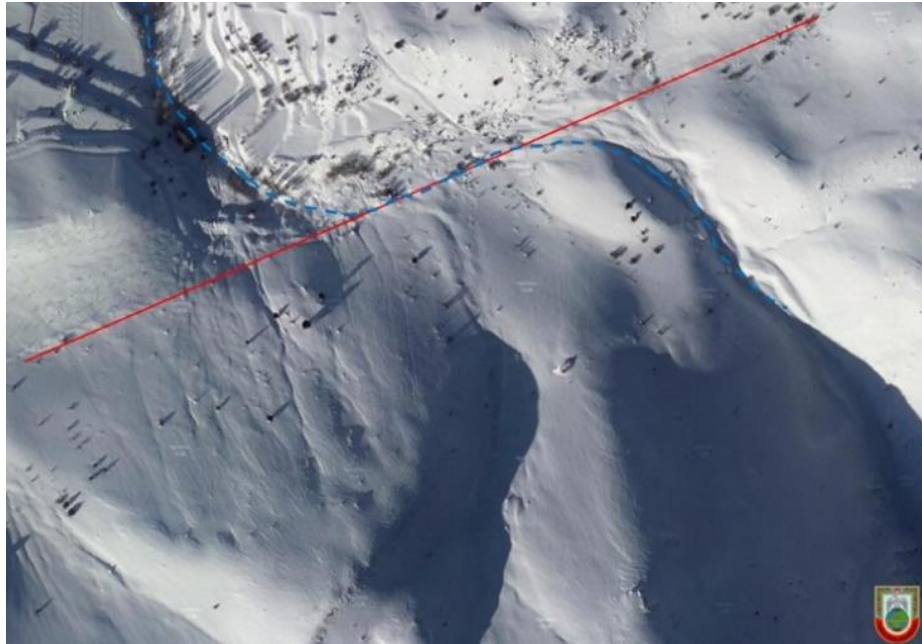
4.1.06.02.2023 Pazarcık Depremi ($M_w7.7$)

06.02.2023 günü, Türkiye saati ile 04:17'de meydana gelen ilk deprem Ölü Deniz Fay Zonu'nun en kuzey ucunda yer alan Narlı parçası üzerinde meydana getirmiştir. Sol yanal doğrultu atım karakteri gösteren kırık üzerinde 16 km'lik bir hat üzerinde yüzey kırığı tanımlanmış ve 1,4-3,0m arasında değişen yanal yer değiştirmeler gözlenmiştir. Kırık üzerinde 3 m'lik maksimum yer değiştirme Narlı Çiğdemtepe arasında yolda ölçülmüştür.

Bu deprem ile ilişkili olarak DAFS'nin üzerinde meydana gelen yüzey kırığı Adıyaman Çelikhan'ın KD'sundan Hatay Kırıkhan'ın güneyine kadar aralıklarla takip edilebilmiş olup DAFS üzerinde kırmış olduğu sırasıyla; Erkenek, Gölbaşı ve Amanos parçaları detaylı olarak değerlendirilecektir.

4.1.1. Erkenek Parçası (Çelikhan-Gölbaşı arası)

Yaklaşık 65km uzunluğundaki parçada deprem ile ilişkili gelişen yüzey kırığı en kuzeyde Yeşilyayla Köyü'nden Çelikhan'ın yaklaşık 2 km. doğusuna kadar HGMAAtlas uygulaması üzerinden takip edilebilmektedir. K70D doğrultusunda yaklaşık 6,5 km kesintisiz izlenebilen kırığın dere ötelenmeleri gibi morfolojik izleri kullandığı anlaşılmıştır (Şekil 4). Yüzey kırığı izi Çelikhan'ın güneyinde Çelikhan-Adıyaman Yolu'na kadar 4.5 km izlenememiştir. Bu lokasyonda yolda ve pompa istasyonunun kuzeyindeki su borusunda 3m atım ölçülmüştür (Şekil 5). Buradan itibaren K50D doğrultusunda ilerleyen kırık Balıkburun güneyinden Kurucaova Köyü'nün 2km güneyine kadar izlenmiştir. Kırık Cankara Köyü'nün doğusundan itibaren 4km'lik bir hat boyunca Göksu Çayı'nın güneyindeki yamaçları kullanmıştır. Harmanlı Kuzeyinden tekrar izlenebilmeye başlayan kırık Kuvaterner yaşlı kömürleri ve havzayı KB'dan sınırlayarak sönmülmüştür (Şekil 6).

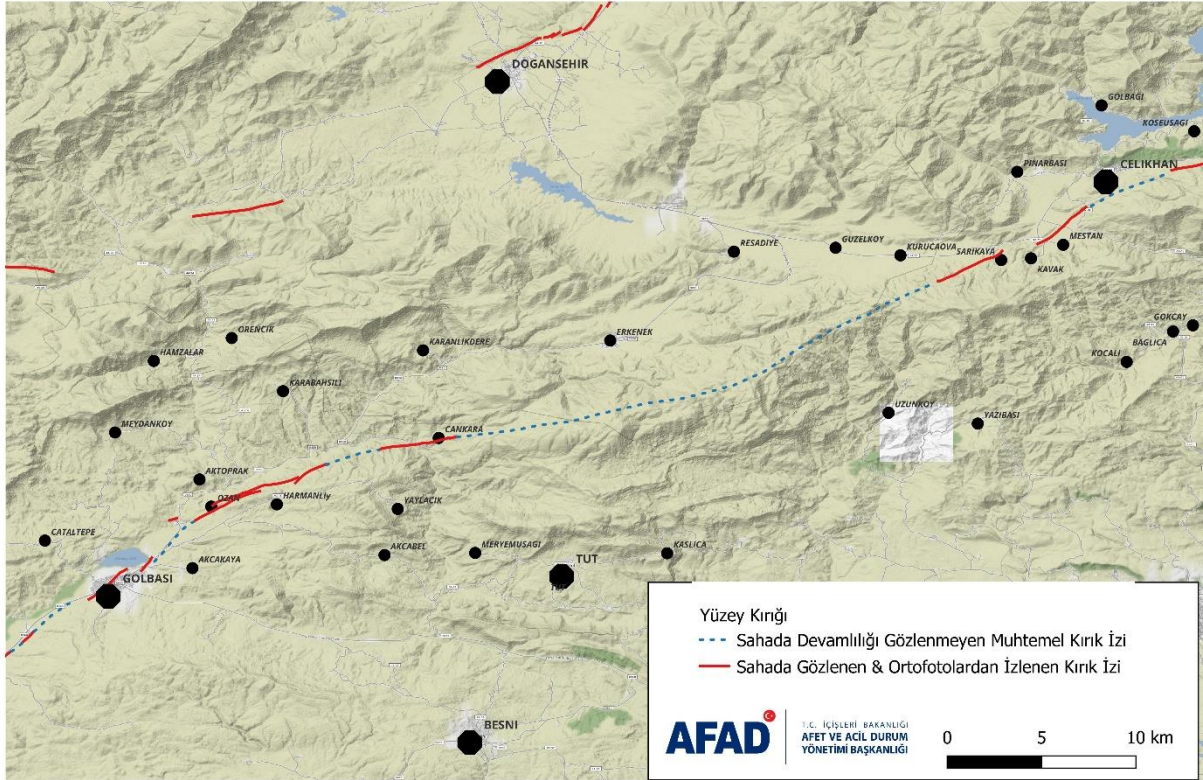


Şekil 4. Çelikhan kuzeydoğusunda HGMAAtlas üzerinden tespit edilen yüzey kırığı.



Şekil 5. Çelikhán-Adıyaman yolu üzerinde su borusunda gözlenen 3 metre sol yanal ötelenme.

06 ŞUBAT 2023 KAHRAMANMARAŞ (NARLI & ELBİSTAN) DEPREMLERİ YÜZEY KIRIĞI HARİTASI
(Çelikhán - Gölbaşı Arası)



Şekil 6. Çelikhán-Gölbaşı arası yüzey faylanması haritası.

4.1.2. Gölbaşı Parçası (Gölbaşı-Türkoğlu)

Kırık Harmanlı'nın KB'sında sola sıçrayarak 4 km gözlenmiştir. Ozan Köyü'nün kuzey çıkışındaki tali yolda 2.10 m yer değiştirme ölçülmüştür (Şekil 7). Gölbaşı ilçesi girişine kadar izlenemeyen kırık izi ilçenin KD girişinde karayolu ve tren yolunda deformasyonlara neden olmuş (Şekil 8), kademeli sağa sıçrayarak Gölbaşı İlçesinin içini kat etmiştir. Burada 4 metre yer değiştirmeler ölçülmüştür (Şekil 9).



Şekil 7. Ozan Köyü'nün kuzey çıkışındaki tali yolda gözlenen 2.10 m yer değıştirme



Şekil 8. Gölbaşı ilçesi Malatya girişinde demiryolunda gözlenen deformasyon.



Şekil 9. Gölbaşı ilçesinde gözlenen yüzey faylanmasına örnekler.

Gölbaşı çıkışından itibaren muhtemelen havzanın güney yamaçlarını takip eden iz Balkar'ın 1.5km KD'sundan itibaren belirgin bir şekilde gözlenmeye başlanmıştır. Balkar girişinde akaryakıt istasyonunun arkasındaki bahçe tellerinde 4m sol yanal yer değiştirme ölçülmüştür. Balkar'ın kuzeyindeki ötelenmiş sırtların güneyinden eski izini takip eden kırık evlerin bahçe duvarlarında 4m lik atımlara neden olmuştur (Şekil 10).



(a)



(b)



(c)

Şekil 10. a)Balkar girişi akaryakıt istasyonunda gözlenen sol yanal ötelenme; b) Balkar içinde bahçe kapısında gözlenen sol yanal ötelenme c) Balkar içinde bahçe çitlerinde gözlenen sol yanal ötelenme.

Balkar çıkışından itibaren havzanın güney yamacını demiryoluna paralel şekilde takip eden kırık üzerinde 2.5m ile 5.5m arasında yer değiştirmeler ölçülmüştür (Şekil 11) . Aksu Göletinden itibaren yaklaşık 4.4km ötelenen Kısık Dere'nin kuzey yamaçlarını kullanarak Karaağaç Köyü'nün doğusuna kadar kesintisiz izlenebilmektedir (Şekil 12). Bu bölümde 3m'nin üzerinde yanal atımlar ölçülmüştür.



Şekil 11. Gölbaşı-Çağlayancerit yolu üzerinde gözlenen sol yanal ötelenme.



Şekil 12. Aksu Göleti kuzeyinde doğalgaz hattında deformasyon.

Karaağaç Köyü'nde sağa sıçrayarak Velikler, Büyüknacar Kocadere, Çamlıca, Gölalanı mevki, Kartal Köyü güneyinde Çakmak sırtına kadar eski izini kullanarak kesintisiz devam etmiştir. Çiğli'ye kadar izlenemeyen kırık buradan itibaren K60 doğrultusunda Kapıçam, Tevekkeli ve Kocalar'ın güneyini izledikten sonra K40D doğrultusuna dönerek Öksüzlü, Küpelikız ve Kuyumcular'ın kuzeyini takip eder ve Türkoğlu'nun doğusunda Sağlık Ovası içerisinde belirginliğini yitirir. Depremde meydana gelen

maksimum atım ığli'nin batısında tarla sınırında 6,5m olarak ölçülmüştür (kil 13). Buradan Türkoğlu'na Kadar 3.74 ile 5.5m arasında değişen yanall atımlar ölçülmüştür (kil 14). Bu segmente ait detay yüzey faylanma haritası kil 15'de verilmiştir.

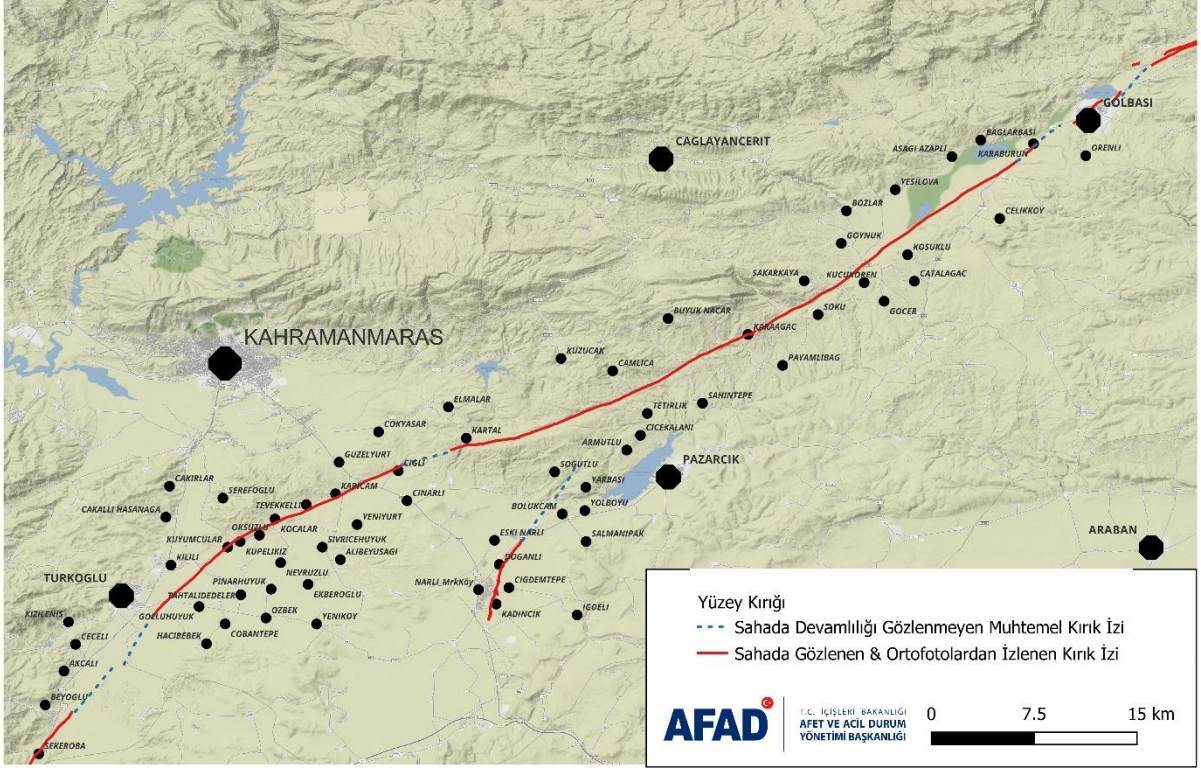


kil 13. ığli yakınlarında HGMAAtlas uygulamasından yüzey kırıklarının görünümü.



kil 14. Türkoğlu yakınlarında gözlenen yüzey faylanmalarına rnekler.

06 ŞUBAT 2023 KAHRAMANMARAŞ (NARLI & ELBİSTAN) DEPREMLERİ YÜZEY KIRIĞI HARİTASI
(Gölbaşı - Türkoğlu Arası)



Şekil 15. Gölbaşı-Türkoğlu arasında yüzey kırığı haritası.

4.1.3. Amanos Parçası (Türkoğlu-Kırıkhan)

Türkoğlu'ndan sonra Sağlık Ovası içinde gözlenemeyen fay izi Beyoğlu'nun Doğusundan tekrar izlenebilen ve genel doğrultusu K40-45D olan kırık İslahiye'nin kuzeyinde K25-30D doğrultusuna dönerek Altınüzüm'ün kuzeyine kadar kesintisiz devam eder. Beyoğlu- Altınüzüm arasında ova içine girdiği yerlerde 50-60m deformasyon zonunu kullanan kırık üzerinde ortalama 2-3m arasında yer değiştirmeler ölçülmüştür (Şekil 16). Yüzey kırığı Altınüzüm Hassa arasında takip edilememiştir. Hassa'nın kuzeyinden Hacılar Köyü'ne kadar gözlenebilen kırık üzerinde maksimum 3m 'ye kadar yanıl atımlar gözlenmiştir (Şekil 17). Kırıkhan'ın Kuzeyine kadar izlenemeyen kırık Alaybeyli, Kırıkhan kuzeybatısını takiben Özsoğuksu'ya kadar takip edilebilmektedir. 4.5 km ile 2 km arasında uzunlukları değişen sağa sıçramalı kademeli kırıklar halinde Kırıkhan-Antakya yoluna kadar devam eden hat üzerinde 1m'ye kadar atımlar ölçülmüştür. Buradan sonra arazide izlenemeyen kırığın HGMAAtlas uygulamasında güneye kollar halinde saçılarak sonlandığı gözlenmiştir (Şekil 18).



a



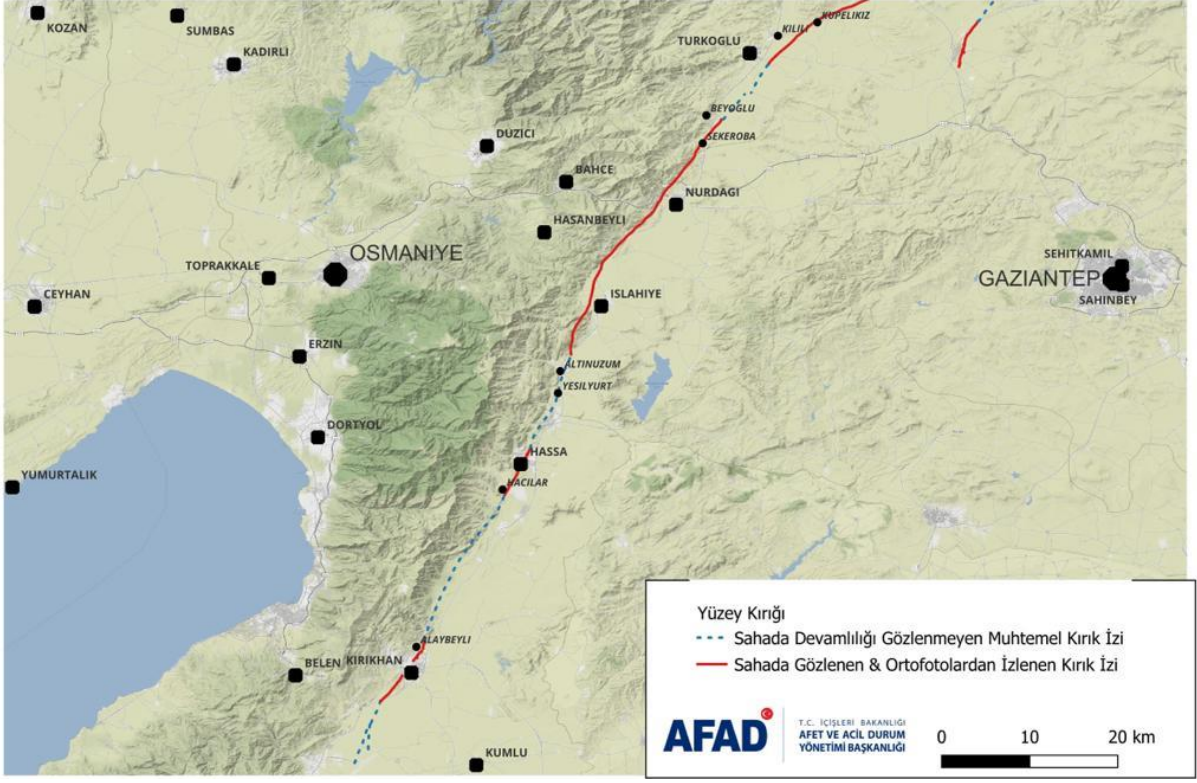
b

Şekil 16. Türkoğlu- Nurdağ arasında gözlenen yüzey kırıklarına örnekler (a: Beyoğlu yakınları; b: Bademli yakınları).



Şekil 17. Hassa öğretmenevi yakınlarında gözlenen sol yanal ötelenme

06 ŞUBAT 2023 KAHRAMANMARAŞ (NARLI & ELBİSTAN) DEPREMLERİ YÜZEY KIRIĞI HARİTASI
(Türkoğlu Kırkhan Arası)



Şekil 18. Türkoğlu-Kırıkhan arası yüzeY faylanma haritası.

4.2.06.02.2023 Elbistan Depremi (M_w 7.6)

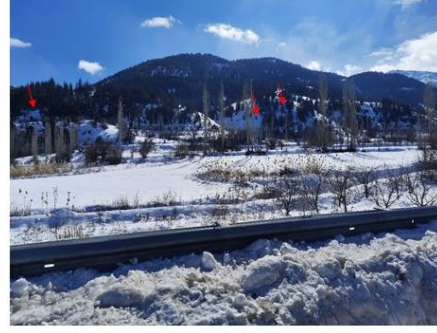
06.02.2023 günü, Türkiye saati ile 13.24'de Elbistan (Kahramanmaraş) merkezli M_w 7.6 büyüklüğündeki deprem Çardak Fayı ile Doğanşehir Fay Zonu üzerinde yüzeY kırığı oluşturmuş, Sürgü Parçası üzerinde bir hareket sahada gözlenememiştir. Bu bölümde Kahramanmaraş'ın Nurhak ilçesinin doğusundan başlayarak Göksun ilçesinin batısına kadar uzanan Çardak Fayı ile Malatya Doğanşehir ilçesinden geçen KD-GB yönünde 30 km uzunluğundaki Doğanşehir Fay Zonu değerlendirilecektir.

4.2.1. Çardak Fayı

YüzeY kırığı fayın en batı ucunda Göksun'un doğusundaki Sođuksu mahallesinde izlenmeye başlanmıştır. K60D doğrultusunda Karahmet mahallesinin güneyinden Kısıktepe'nin kuzey yamaçlarını kullanan kırık Salyan güneyini takip ederek Gücüksu'nun güneydoğusuna kadar kesintisiz izlenebilirken Salyan-Ahmetcik yolu üzerinde 4m sol yanal yer değiştirme ölçülmüştür (Şekil 19).



a



b

Şekil 19. Elbistan Depremine ait sol yanal ötelenmeler. a: Saylan Ahmetçik Yolu Salyan çıkışı (4.2 yanal ötelenme, 1m Kuzey Bloкта düşme) b: Salyan-Gücüksu arası.

Gücüksu'dan Ericcek Mahallesi'ne kadar belirgin bir yüzey kırık izi gözlenememiştir. Ericcek güneyinde, Esendere vadisi içinde takip edilebilmeye başlanan kırık üzerinde 1.8m sol yanal ötelenme ölçülmüştür. Kırık Karadut, Doluşağı köyleri ile Kurtlu Tepe güney sırtlarını takip ederek Kandil Baraj Gölü içerisinde Çiftlikale Köyüne kadar kesintisiz devam etmektedir. Kırığın baraj gölünün güneyindeki asfalt yolu kestiği lokasyonda gravitasyonel yenilmelerin de eklenmesi sebebiyle yer değiştirme miktarı ölçülememiştir (Şekil 20 ve 21).



Şekil 20. Ericcek Esendere Vadisi 1.8 m tepe ötelenmesi ve Soysallı Yeniköy yolunda yolu dar açıyla kesen fay kontrollü yolda deformasyon.



Şekil 21. Kandil Barajı Güneyinden Ericcek yönüne bakış.

Çiftlikkale doğusundan Altınyaprak doğusuna kadar yaklaşık 4 km izlenebilen kırık üzerinde derelerde 3m'ye varan ötelenmeler meydana gelmiştir. Ekinözü İçmeler'de Kırğöz Dinlenme Tesisleri'nin bulunduğu lokasyonda Altınyaprak yolunu kesen kırık 200m'lik zonda tepelerin güney yamaçlarını takip ederek DB yönünde ilerlemektedir (Şekil 22).



Şekil 22. Ekinözü-İçmeler çevresinde yüzey kırığının görünümü.

Altınyaprak kuzeyinde sola sıçrayan kırık Gözpınar, Gözobası köylerinin kuzeyinden Değirmen Kaya ve Barış'ın içinden geçen kırık vadinin kuzey yamaçlarını kullanmaktadır. Bu hatta 5.5-6m arasında değişen sol yanal atımlar ölçülmüştür (Şekil 23). Maksimum atım miktarının ölçüldüğü makrosismik dışmerkez ile Ekinözü olarak hesaplanan sismolojik dış merkez uyumlu olduğu gözlenmektedir.



a



b



c



d

Şekil 23. Değirmenkaya Barış arasında gözlenen yüzey kırıkları ve sol yanal ötelenmeler. a: Değirmenkaya Köyü b: Değirmenkaya Köyü c: Küme evleri yakınlarında gözlenen 6 metre sol yanal ötelenme, d: Küme evleri yakınlarında gözlenen yüzey kırığı.

Kırık izi Barış'ın 5km doğusundan Karşıyaka Mahallesi kadar izlenememiştir. Buradan sonra DB uzanımında 5km daha takip edilebilen iz Kuz Tepe'nin doğusunda tamamen kaybolmuştur. Yüzey kırığının izlendiği Nurhak'ın doğusunda yanal atımın yanında ters bileşenin de olduğu görülmektedir (Şekil 24).



Şekil 24. Nurhak-Tatlar Köyü yolu ayrımının 1'ncikm'si sırt ötelenmesi ve yolda faylanma kaynaklı deformasyonlar

4.2.2. Doğanşehir Fay Zonu

Elbistan Depremi Nurhak'ın doğusunda Küçükklü ve Elmalı Köyleri arasında 5km boyunca Sürgü Çayı'nın kullandığı vadinin güney yamaçlarında izlenebilmesine karşın ölçüm alınamamıştır (Şekil 25).



Şekil 25. Küçükklü ve Elmalı köyleri arasında yamaçlarda gözlenen yüzey kırıkları.

Doğanşehir Topraktepe Mahallesinde takip edilmeye başlanabilen yüzey kırığı Esentepe Mahallesindeki Demiryolunu da keserek yaklaşık 4 km boyunca K50D doğrultusunda devam etmektedir. Bu bölümde 1m ile 2m arasında ortalama atımlar ölçülürken maksimum atım tren yolunda 200 m'lik deformasyon zonunda toplam atım 2.5 m olarak ölçülmüştür. Fay daha sonra arazide uzunluğu 500 metre ile 2 kilometre arasında değişen sağa sıçramalı kademeli kırıklar halinde devam ederek Polatdere'nin GD'sunda gözlenemez hale gelmektedir. Bu kırıklar üzerinde 0.5m'nin altında sol yanal yer değiştirmeler gözlenmiştir (Şekil 26).



Şekil 26. Doğanşehir Fay Zonunda gözlenen deformasyonlara örnekler. A: Doğanşehir Topraktepe Yolu deformasyon, b ve c: Doğanşehir KD'su demiryolunda deformasyon zonu, d: Kelhalil yüzey kırığı e: Polatdere Köyü yolu 40m zonda toplam yer değiştirme 0,5m. f: Polatderesi Doğusu sırtlarda meydana gelen kırıklar.

yapının güvenli bir şekilde tasarlanıp inşa edilmesini sağlayan minimum koşulları vermektedir. Ülkemizde meydana gelen yıkıcı depremler bizlere, yönetmelik kurallarına uygun olarak yapılan binaların yıkılmadığını, yönetmeliğe uygun yapılmayan binaların ise beklenenden daha fazla hasar gördüğünü veya yıkıldığını çok açık bir şekilde göstermiştir.

Deprem yönetmeliğimizde belirtildiği şekli ile depreme dayanıklı yapı tasarımının temel ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılması şeklinde tariflenmektedir. Bu tariften yola çıkıldığında, yapı elemanlarının şiddetli bir deprem enerjisini plastik deformasyonlarla (kalıcı ötelenme ve hasarlarla) tüketmesi yani sünek davranması istenir. Bunun içinde yapıların sünek davranacak şekilde hem düşey yükler hem de yatay yükler dikkate alınarak projelendirilmeleri ve inşa edilmeleri gerekmektedir.

Saha gözlemleri sırasında yapı hasarları değerlendirilirken, yapıların inşa edildikleri döneme ait deprem yönetmelikleri, konstrüktif esaslar, fen kuralları, imalatta hata ve kusurlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, aynı zemin tabakası üzerindeki binalardan bazılarının yıkılmış bazılarının yıkılmadan ayakta kalmış bazılarının ise düşük hasar seviyeleri de değerlendirmeler sırasında dikkate alınmıştır. Bölgedeki yapı stoku incelendiğinde, şehir merkezlerinin 3-8 kat arası betonarme binalardan oluştuğu, şehir merkezlerinden ilçe ve kırsal kesimlere doğru ise 1-3 katlı betonarme ve yığma binaların daha yaygın olduğu görülmektedir.

5.1. Zemin Kaynaklı Hasarlar

Söz konusu depremler sonrasında bazı yerleşim bölgelerinde, ciddi yüzey bozulmaları tespit edilmiştir. Bu bozulmalar yumuşak zeminlerde daha da belirgin hal alarak geniş yarıklar şeklinde ortaya çıkmıştır. Basen etkisinin olduğu zeminlerde, yapılara etkiyen ivmeler kaya zeminlere göre daha fazla olduğu için yapılar beklenenden çok daha fazla etkiyle zorlanmakta, ağır hasarlara neden olabilmektedir. Kimi zeminlerde sıvılaşmalarla birlikte binalarda oturmaların olduğu, kimi yerlerde de yüzey deformasyonlarının doğrudan yapıların altından geçerek büyük hasarlara sebep olduğu gözlemlenmiştir. Enkazların ve ağır hasarlı binaların yoğun olduğu bölgelerde yapılan incelemelerde, aynı zemin tabakası üzerinde az hasarlı ya da tamamen hasarsız komşu binaların da var olması yıkımların sadece zemin kaynaklı olmadığı gerçeğini bir kez daha bizlere göstermiştir. Yüzey deformasyonlarının fazla olduğu bölgelerde inşa edilmiş fakat hasar almamış binaların varlığı, bu binaların mevzuatlara uygun olarak tasarlanıp inşa edilmiş olduğunun bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir (Şekil 28, 29 ve 30).



Şekil 28. Adıyaman Gölbaşı ilçesinde sıvılaşma nedeniyle hasar görmüş yapılar.



Şekil 29. Gaziantep İslahiye ilçesinde yüzey deformasyonlarının neden olduğu yapısal hasarlar.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 30. Aynı zemin koşullarında hasar gören ve görmeyen yapılara örnekler. (a:Kahramanmaraş , b:Malatya, c:Gaziantep, d: Adıyaman).

5.2. Yumuşak Kat Kaynaklı Hasarlar

Ülkemizde de sıkça karşılaşılan düşey doğrultudaki düzensizlik durumlarından biri olan “Yumuşak Kat” uygulamalarına bölgede yoğun olarak karşılaşılmıştır. Komşu katlar arasında rijitlik düzensizliğine neden olan bu uygulamalar, genellikle yapıların giriş katlarında giriş kat kolon boylarının sonraki kat kolon boylarına göre daha fazla olması durumu olarak karşımıza çıkmaktadır. Taşıyıcı sistem ile birlikte deprem kuvvetlerini karşılayan dolgu duvarların herhangi bir katta kaldırılması ve asma katlarda kolonların kiriş ve dolgu duvarlarla tam olarak desteklenmemesi durumunda yapıda ani rijitlik değişimi meydana gelmekte ve böylelikle yıkım buradan başlamaktadır (Şekil 31).



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 31. Zemin katı ticarethane olan, yumuşak kat kaynaklı yıkımlara örnekler (a: Hatay, b: Adıyaman, c: Malatya, d: Kahramanmaraş).

5.3. Yapı Elemanı Hasarları

Bilindiği üzere ülkemizde yaygın olarak kolon, perde, kiriş ve döşeme elemanlardan oluşan betonarme çerçevesi sistemler kullanılmaktadır. Güçlü kolon zayıf kiriş ilkesi ile, deprem kaynaklı yatay yüklerin

kolon ve perdelerle karşılanması, birleşim bölgelerinin sünek davranması, gevrek kırılmanın meydana gelmemesi istenir. Depremlerde en çok zorlanan ve yapıya süneklik katan bölgeler, kolon kiriş birleşim yerleridir. Bu nedenle bu bölgelerde etriye sıklaştırması ile birlikte etriye uçlarının boyuna donatıyı tutacak şekilde kıvrılarak betonun deprem sırasında dağılması önlenmeye çalışılır. Yapılan incelemelerde birleşim bölgelerindeki etriyelerin yetersiz ve boyuna donatıyı tutmayacak şekilde bağlantıların yapıldığı gözlemlenmiştir. Kolon, kiriş ve perdelerde düz donatının kullanıldığı, perdelerde çiroz kullanılmadığı, boyuna donatı boylarının kısa tutulduğu bu nedenle de birleşim bölgelerinde sıyrılmaların yaşandığı ve bu hassas bölgelerde iri çakıl ve tahta gibi yabancı unsurlara rastlanması betonun gevrekliğini artırmaktadır. Kimi binalarda ısı ve ses yalıtımını sağlamak üzere döşeme kalınlıklarının çok fazla olduğu, kimi binalarda da geniş açıklıkları geçmek için asmolen döşeme sisteminin tercih edildiği görülmüştür. Her iki durumda da bina ağırlığı artmakta, binanın daha rijit olmasına neden olmakta ve güçlü kiriş zayıf kolon sistemlerine davetiye çıkarmakta ve ani yıkımlara neden olabilmektedir. Yapı elemanı hasarlarına yönelik örnekler Şekil 32’de gösterilmektedir.



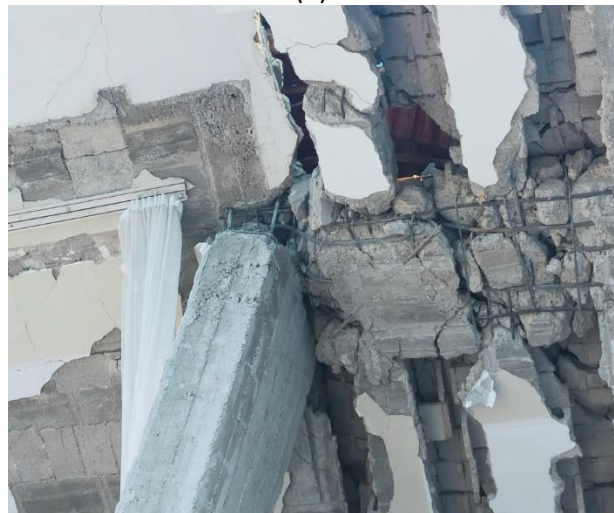
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 32. Taşıyıcı Sistem Hasarlarına örnekler (a: Hatay, b: Adıyaman, c: Kahramanmaraş, d: Malatya).

5.4. Beton Hasarları

Yapılan incelemelerde, beton için kullanılan agrega granülometrisinin uygun ölçülerde olmadığı, dere kenarından ya da denizden doğrudan alınıp kullanılan düz yüzepli çakılların kullanıldığı, betonun sulanmadığı için yandığı, gevrek kırılmaların çokça yaşandığı tespit edilmiştir (Şekil 33).



(a)



(b)



(c)



(d)

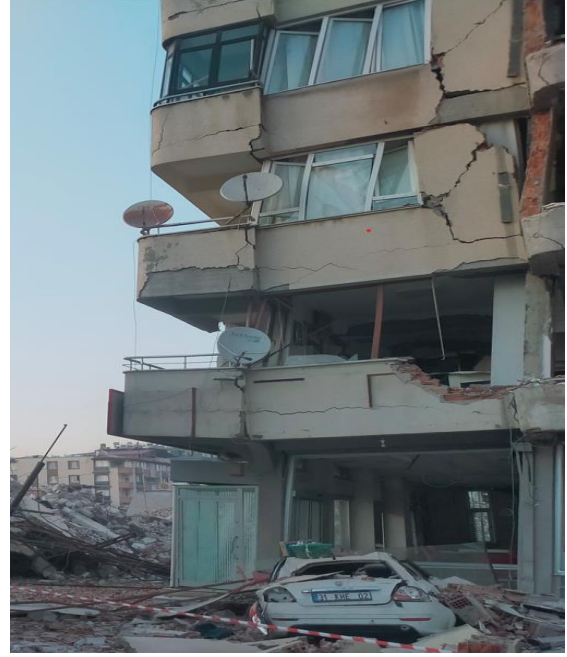
Şekil 33. Kusurlu beton ve hasarlarına yönelik örnekler (a: Kahramanmaraş, b: Malatya, c: Adıyaman, d: Gaziantep).

5.5. Dolgu Duvar Hasarları

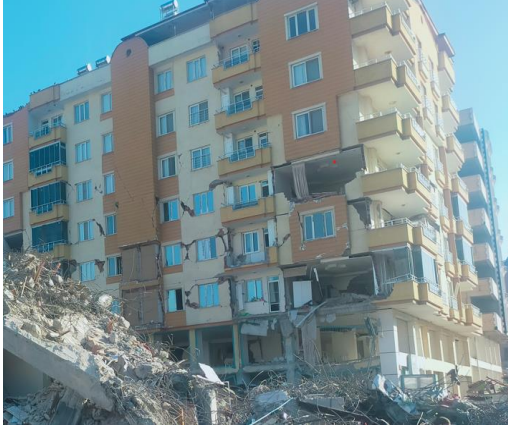
Taşıyıcı sisteme ankraji tam olarak yapılmamış dolgu duvarlarda, köşe birleşim yerlerinde ve çıkma kirişler üzerine oturmuş olan duvarlarda ciddi hasarlar tespit edilmiştir (Şekil 34).



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 34. Dolgu duvar hasarlarına örnekler (a: Kahramanmaraş, b: Hatay, c: Gaziantep, d: Malatya).

5.6. Donatı Kusurlarından Kaynaklanan Hasarlar

Hasarlı yapılarda yapılan incelemeler sırasında, birçok yapıda düz donatı kullanıldığı, sargı donatı (etriye) sayılarının az olduğu, donatı uçlarının konstrüktif gerekliliklere uyulmadan kıvrıldığı ya da hiç kıvrılmadığı, kolon kiriş birleşim bölgelerinin zayıf kaldığı, kimi donatıların paslandığı gözlemlenmiştir. Yetersiz boyuna donatı boyları nedeniyle sıyrılmalar gözlemlenmiş bu nedenle kolonların deprem sırasında göstermesi gereken performansı gösteremeyip binaların yıkıldığı gözlemlenmiştir (Şekil 35).



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 35. Donatı Kusurlarından kaynaklanan hasarlara örnekler (a: Malatya, b: Kahramanmaraş, c: Gaziantep, d: Hatay).

5.7. Kısa Kolon Hasarları

Kısa kolon, ülkemizde bant pencere uygulamaları ile sıklıkla rastladığımız ve depremlerde hasara neden olan bir durumdur. Betonarme bir bina tasarlanırken moment ve kesme kuvvetleri kolon ve perdelerle taşınır. Kısa kolona neden olan boşluklar kolonun ve perdenin boyunu kısaltır bu da yapı elemanının kesme kapasitesinin daha düşmesine eğilme rijitliğini artırarak daha fazla zorlanarak hasar almasına ve hatta toptan göçmeye neden olabilir (Şekil 36).



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 36. Kısa kolon hasarlarına örnekler (a: Kahramanmaraş, b: Malatya, c: Adıyaman, d: Hatay).

5.8. Kırsal Yapı Hasarları

Kırsal yerleşmeler, geleneksel yapı sistemleri ve yerel malzemeler kullanılarak topoğrafyaya ve iklime bağlı olarak yöre halkı tarafından şekillendirilmiş yerleşmelerdir.

Taşıyıcı duvarları taş, kerpiç ve biriket gibi malzemelerden oluşan yığma ve kargir yapılarda görülen hasarın en büyük nedeni; zemin oturmaları ile birlikte taşıyıcı olan duvarlarda kullanılan materyaller arasındaki düşük aderans ve duvarların birleşim yerlerinde gerekli tedbirlerin alınmamasından kaynaklanmaktadır. Kış aylarının çok soğuk geçtiği bölgelerde, don ve çözülme olaylarında toprak harç kullanımı hasarı artırmıştır. Deprem hasarının neden olduğu yapıım hatalarından bir diğeri de yatay ve düşey destekleyici elemanların yani "cisir"lerin, yetersiz sayıda, düzensiz ve zayıf kenetlenmelerle inşa edilmiş olmalarıdır. Yapılan incelemelerde, gelen yükü taşıması gereken bu malzemelerin birçoğunun zorlanmaya maruz kalmadıkları, bağlantı yerlerinden kolaylıkla sıyrılıp düştükleri ve bu nedenle de yapıların depreme karşı dayanım sergileyemedikleri gözlemlenmiştir. Yıkım da genellikle bu şekilde başlamıştır (Şekil 37).



(a)



(b)



(c)



(d)

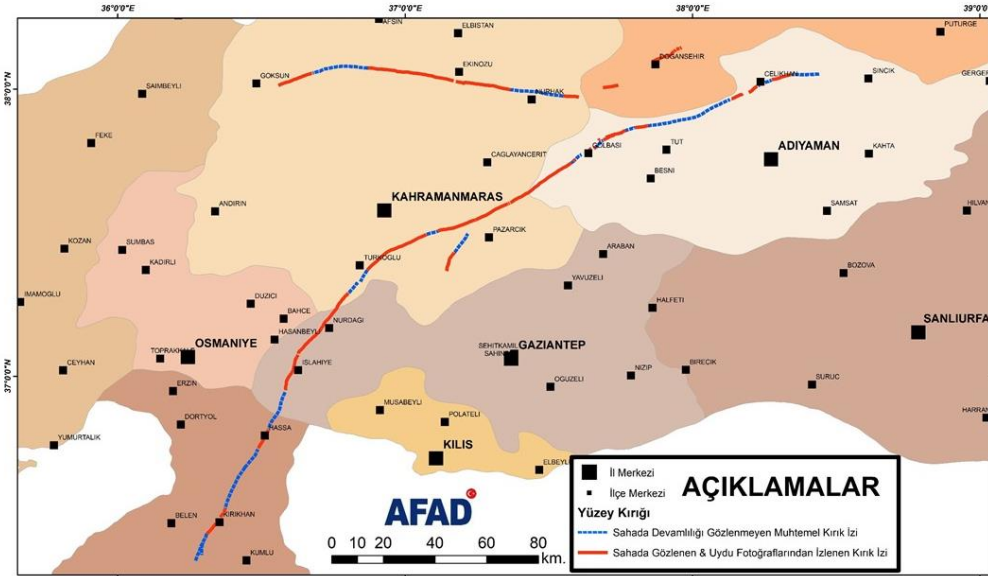
Şekil 37. Kırsal alanda gözlenen ahsarlara örnekler (a: Kahramanmaraş, b: Adıyaman, c: Malatya, d: Adıyaman).

6. Sonuçlar

Yüzey faylanması açısından;

- 1- 06.02.2023 günü meydana gelen Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi'ne (Mw 7.7) Ölü Deniz Fay Zonu'nun Narlı, Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Çelikhhan, Gölbaşı ve Amanos parçaları; Elbistan (Kahramanmaraş) Depremine (Mw 7.6) Çardak Fayı ve Doğanşehir Fay Zonu kaynaklık etmiştir. Depremlerde sırasıyla yaklaşık 290 km ile 130 km uzunluğunda yüzey kırığı ile 6.5 m'ye varan yer değiştirmeler meydana gelmiştir.

6 ŞUBAT 2023 KAHRAMANMARAŞPAZARCİK ve ELBİSTAN DEPREMLERİ YÜZEY KIRIK HARİTASI



- 2- Depremlere kaynaklık eden fayların kırık modeline bakıldığında; Pazarcık merkez üslü depremin kuzeydoğuda Çelikhhan Pötürge arasından Kırıkhan'ın güneyine kadar Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Erkenek, Gölbaşı ve Amanos yapısal parçaları ile Ölüdeniz Fay Sistemi'nin Kuzey ucundaki Narlı Parçası'nı kırmış olması; aynı şekilde Elbistan dış merkezli ikinci depremin ise Çardak Fayı ile Doğanşehir Fay Zonu üzerinde yüzey kırığı oluşturması her iki deprem olayının da yakın büyüklük ve zaman aralığındaki ardışık şoklardan meydana gelmiş olabileceğini düşündürmektedir.
- 3- Depremin etkilediği alanlarda doğrultu atımlı fay sistemlerinde belirgin olarak gözlenen dere ötelenmesi, sırt ötelenmeleri, çöküntü gölleri gibi morfo-tektonik oluşumlara rastlanılmıştır. Ayrıca yüzey kırıkları birçok bölgede karayolu, demiryolu gibi ulaşım hatlarını ve bahçe çitleri ve tarla sınırlarını belirgin bir şekilde ötelemiştir.
- 4- Deprem sonrasında bölgede geniş kapsamlı ikincil olaylar da gözlenmiş olup bunlar arasında kaya düşmeleri, heyelanlar, zemin sıvılaşmaları yaygın olarak gözlenmiştir.

Yapısal Hasarlar Açısından;

- 5- Yönetmelik kurallarına ve konstrüktif esaslara uyulmadan inşa edilmiş yapıların ciddi hasarlar gördüğü aşikardır.

- 6- Hazır beton kullanımının, agrega granülometrisinin sağlanması ve betonun kalıba tam olarak yerleştirilmesinin ne kadar önemli olduğu tekrar gözlemlenmiştir.
- 7- Özellikle konut olarak inşa edilen binaların zemin katlarının ticarethane olarak kullanılacağı durumlarda, bu katların yumuşak kata neden olmayacak şekilde gerekli önlemlerin alınmasının önemi kesindir.
- 8- Donatı cinsinin seçimi (düz donatı) ve işçilikteki kusurlar, yer hareketi tarafından affedilmeyen başlıca olumsuzluk durumlarından biri olmuştur. Akredite edilmiş usta, kalfa ve inşaat işçilerinin yapı inşaatlarında çalıştırılması hususunun önemi tekrar gün yüzüne çıkmıştır.

7. Kaynakça

Aksoy, E., İnceöz, M., Koçyiğit, A., 2007. Lake Hazar Basin: a Negative Flower Structure on the East Anatolian Fault System (EAFS), SE Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences Vol.16, 2007, pp. 1- TÜBİTAK.

Arpat, E. ve Şaroğlu, F., 1972. Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü. Ankara ss:44-50

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F. 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası. Ölçek 1:1.250.000, VI+89s.+bir pafta, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30, Ankara-Türkiye.

Harita Genel Müdürlüğü HGM – ATLAS uygulaması. <https://atlas.harita.gov.tr/#5/39/35>, Erişim tarihi: 22.02.2023).

Jackson, J. and McKenzie, D. P., 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. Geophysics J. R. Ast. Soc. 1984. 77, 185-264.

Lyberis, N. T., Yürür, T., Chorowicz, J., Kasapoğlu, E., Gündoğdu, N., 1992. The East Anatolian Fault: an oblique collisional belt. Tectonophysics 204, 1-15.

Nalbant, S. S., McCloskey, J., Steacy, S. and Barka, A. A., 2002. Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey. Earth and Planetary Science Letters 195 (2002) 291- 298. Elsevier P.

Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, i., 1992. The East Anatolian fault zone of Turkey. Annales Tectonicae, Special Issue-Supplement to volume VI, 99-125.

Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape; Turkey as a case study, in; Biddle K.T., Christie –Blick N.(Eds.), Strike-slip Faulting and Basin Formation, Soc. Econ.Paleontol. Mineral.Sp. Pub., 37,227-264.

Westaway, R., 2003. Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean Updated. Turkish Journal of Earth Sciences. Vol.12, 2003, pp. 5-46. TÜBİTAK.