

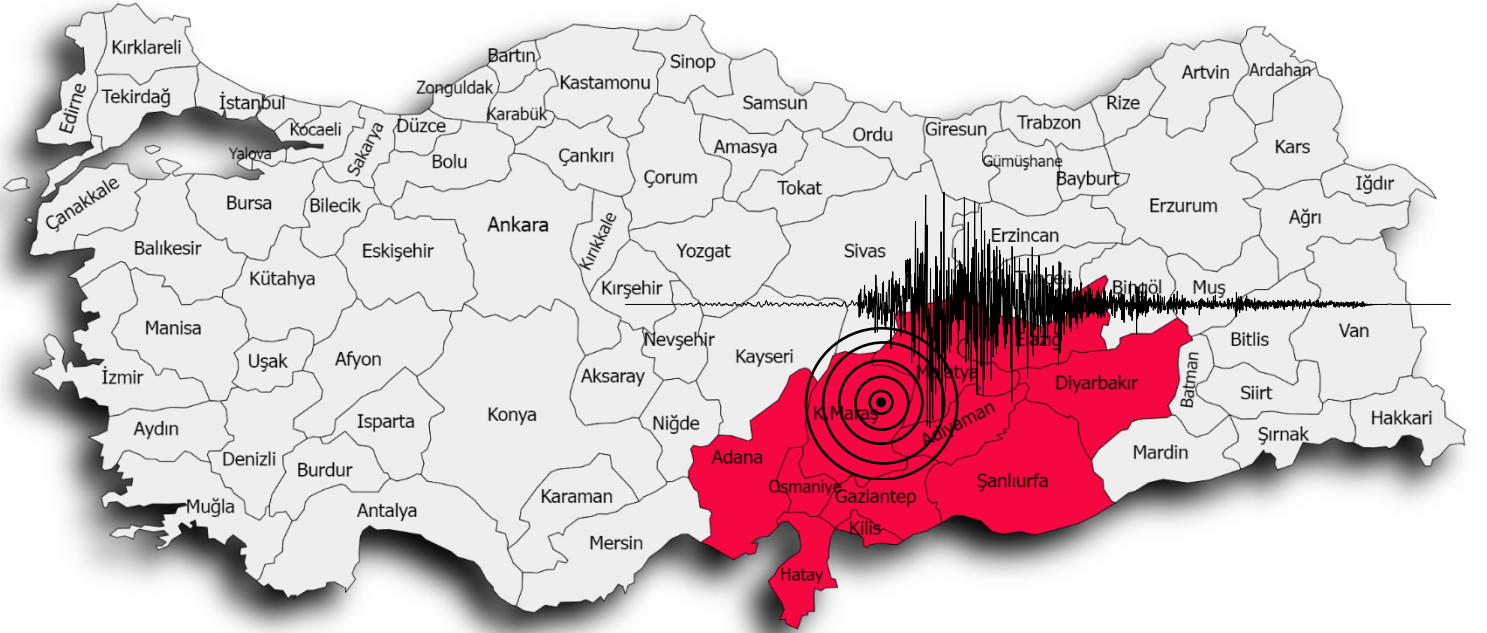


MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri:

Pazarcık ($M_w=7,7$) & Elbistan ($M_w=7,6$)

Ön Değerlendirme Raporu



İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

MART, 2023

ÖNSÖZ

6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen 7,7 ve 7,6 büyüklüğündeki depremler ile 20 Şubat 2023 tarihinde gelişen 6,4 büyüklüğündeki deprem ve çeşitli büyüklüklerdeki artçı depremler ülkemizde büyük bir yıkıma yol açtı. Kahramanmaraş, Hatay, Adıyaman, Gaziantep, Osmaniye, Kilis, Şanlıurfa, Diyarbakır, Malatya, Adana ve Elazığ'da etkili olan depremler, 14 Mart 2023 tarihi itibarıyla 48 binden fazla vatandaşımızın hayatını kaybetmesine, yüzbinlerce binanın yıkımına ya da hasar görmesine neden oldu. Depremde hayatını kaybeden bütün vatandaşlarımıza Allah'tan rahmet, yakınlarına başsağlığı diliyoruz. Yaralı olan vatandaşlarımıza acil şifalar diliyoruz.

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi olarak öğretim elemanlarımız, doktorlarımız, personelimiz, öğrencilerimiz hep birlikte deprem bölgesine yardım çalışmalarına başladık. Hızlı bir şekilde aynı yardım toplayarak bölgeye ulaştırdık. AFAD üzerinden depremzedeler için nakdi yardım kampanyası başlattık. AFAD gönüllülerimiz ilk günden bölgeye ulaştı. Öğretim elemanlarımız ve öğrencilerimizden oluşan gönüllü ekip Adıyaman'da günlük 35 bin kişiye yemek hizmeti verdi. Doktorlarımız TCG Bayraktar Gemisinde bölgede yaşayan vatandaşlarımızın tedavilerini gerçekleştirdi.

Bunların yanında bu tür yıkımların bir daha yaşanmaması için etkilenen sahanın yerinde incelenmesi, uzman gruplar tarafından elde edilen verilerin titizlikle değerlendirilerek, toplumun bilgilendirilmesi gerektiğinin de farkındayız. Bu amaçla Üniversitemiz Mühendislik Fakültesinden İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim Elemanları diğer kurumlardaki uzmanlarla birlikte deprem sahasını farklı zamanlarda ziyaret ederek gerekli çalışmaları gerçekleştirdiler. Bu çalışmalar sonucunda yer yer zemin problemlerinin yanında insan kaynaklı yapıım hatalarının da olduğunu tespit ettikleri bir rapor hazırladılar. Raporda emeği geçen Prof. Dr. Deniz Ülgen, Prof. Dr. Murat Gül, Doç. Dr. Mehmet Rifat Kahyaoğlu, Doç. Dr. Altuğ Saygılı, Dr. Öğr. Üyesi Vesile Hatun Akansel, Dr. Öğr. Üyesi Osman Kaya, Dr. Öğr. Üyesi Ebru Harmandar, Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Bahadır Keskin, Dr. Öğr. Üyesi Özlem Kasap Keskin, Arş. Gör. Selda Durmaz Demir ve Arş. Gör. Onur Toygar'a teşekkürlerimi iletiyorum.

Bir yandan milletçe yaralarımızı sararken, bir yandan da bu tür çalışmalarla daha iyi daha sağlıklı yapılara ulaşmamız gerektiğini unutmamalıyız. Çalışmanın ülkemize ve özellikle bölgeye yarar sağlamasını temenni ediyor, dayanışma içinde bu zor zamanların üstesinden geleceğimize inanıyorum.

Saygılarımla

Prof. Dr. Turhan KAÇAR

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Rektörü

HAZIRLAYANLAR

Bölüm 1: Giriş

Prof. Dr. Deniz ÜLGEN¹, Prof. Dr. Murat GÜL¹

Bölüm 2: Jeolojik Değerlendirmeler

Prof. Dr. Murat GÜL¹

Bölüm 3: Sismik Veri Açısından Değerlendirmeler

Dr. Öğr. Üyesi Ebru HARMANDAR¹

Bölüm 4: Geoteknik Açısından Değerlendirmeler

Prof. Dr. Deniz ÜLGEN¹, Prof. Dr. Selman SAĞLAM², Doç. Dr. Altuğ SAYGILI¹, Doç. Dr. M. Rıfat KAHYAOĞLU¹, Arş. Gör. Selda DURMAZ DEMİR¹, Arş. Gör. Onur TOYGAR¹, İnş. Yük. Müh. Hasan ENGİN³

Bölüm 5: Yapılar Hakkında Değerlendirmeler

Dr. Öğr. Üyesi Osman KAYA¹, Dr. Öğr. Üyesi Vesile Hatun AKANSEL¹, Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Bahadır KESKİN¹, Dr. Öğr. Üyesi Özlem KASAP KESKİN¹

Bölüm 6: Sonuç ve Değerlendirmeler

Prof. Dr. Deniz ÜLGEN¹, Prof. Dr. Murat GÜL¹, Prof. Dr. Selman SAĞLAM², Doç. Dr. Altuğ SAYGILI¹, Doç. Dr. M. Rıfat KAHYAOĞLU¹, Dr. Öğr. Üyesi Osman KAYA¹, Dr. Öğr. Üyesi Vesile Hatun AKANSEL¹, Dr. Öğr. Üyesi Süleyman Bahadır KESKİN¹, Dr. Öğr. Üyesi Özlem KASAP KESKİN¹, İnş. Yük. Müh. Hasan ENGİN³

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

²Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

³TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, Salihli Temsilcisi

İÇİNDEKİLER

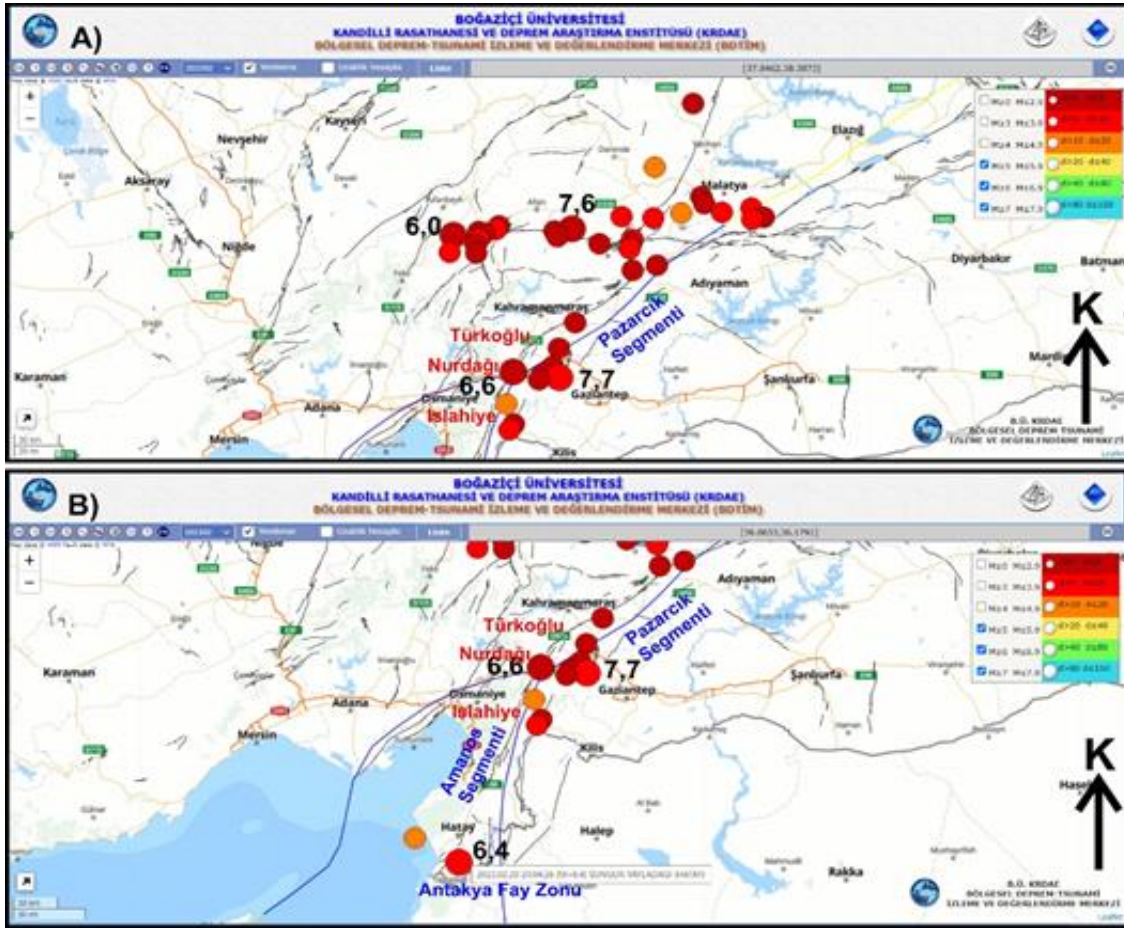
Önsöz	1
Hazırlayanlar	2
İçindekiler	3
Bölüm 1: Giriş.....	4
Bölüm 2: Jeolojik Değerlendirmeler	5
Bölüm 3: Sismik Veri Açısından Değerlendirmeler	17
Bölüm 4: Geoteknik Açısından Değerlendirmeler	26
4.1 Sismik Zemin Sıvılaşması ve Bina Temel Performansları	26
4.2 Kaya Kopmaları ve Düşmeleri.....	30
4.3 Zemin Deformasyonları, İstinat Yapıları ve Toprak Kaymaları	35
Bölüm 5: Yapılar Hakkında Değerlendirmeler.....	53
5.1 Betonarme Yapılarda Görülen Problemler	55
5.2 Karma veya Yığma Yapılarda Görülen Problemler.....	66
5.3 Tarihi Yapı ve Cami Yapılarında Görülen Problemler	68
Bölüm 6: Sonuç ve Değerlendirmeler.....	72
Kaynaklar	75

BÖLÜM 1: GİRİŞ

Ülkemiz, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen 2 büyük deprem ve sonrasında 20 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen üçüncü yıkıcı depremle derinden sarsılmıştır. Afet ve Acil Durum Başkanlığı kayıtlarına göre 6 Şubat 2023, saat 04.17'te Pazarcık-Kahramanmaraş ($M_w=7,7$; merkez koordinatı 37.288K – 37.043D; odak derinliği 8,6 km) ve aynı tarih ve saat 13.24'te Elbistan-Kahramanmaraş ($M_w=7,6$; merkez koordinatı 38.089K – 37.239D; odak derinliği 7,0 km) depremleri ve 20 Şubat 2023 tarihinde, saat 20.04'te Defne-Hatay ($M_w=6,4$; merkez koordinatı 36.121K – 36.074D; odak derinliği 16.74 km) olan depremler meydana gelmiştir (AFAD, 2023; JMO, 2023; MTA, 2023a, 2023b).

Yukarıda listelenmiş 3 büyük deprem ve yer yer büyüklükleri 6'ları aşan binlerce artçı depremlerle bölge tümüyle hareketlenmiştir. Basından ve resmi açıklamalardan; Kahramanmaraş ve Hatay illeri büyük ölçüde olmak üzere, Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Elazığ, Gaziantep, Kilis, Malatya, Osmaniye ve Şanlıurfa illerinin depremten şiddetli bir şekilde etkilendiği anlaşılmaktadır. 14 Mart 2023 tarihi itibarıyla can kaybının 48 binin üzerinde olduğu ve 232 bin binanın yıkık ya da ağır hasarlı olduğu duyurulmuştur.

Depremin etkilerinin yerinde görülmesi amacıyla Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi ve Aydın Adnan Menderes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim elemanları ve TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Salihli Temsilcisi'nin dâhil olduğu bir araştırma grubuyla 15-24 Şubat 2023 tarihleri arasında, yıkımın en fazla olduğu görülen, Gölbaşı (Adıyaman), Pazarcık-Türkoğlu-Dulkadiroğlu (Kahramanmaraş), Nurdağı-İslâhiye (Gaziantep), Hassa-Kırıkhan-Antakya-İskenderun (Hatay) bölgelerinde gözlem ve ampirik ölçümler şeklinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular; jeoloji, sismik tehlike, geoteknik ve yapılar açısından 4 ana bölümde değerlendirilerek işbu rapor hazırlanmıştır.



Şekil 2.2 Şubat ayı içinde inceleme alanında meydana gelen 5 ve üzeri depremler (<http://udim.koeri.boun.edu.tr/zeqmap/hgmmmap.asp>, erişim tarihi: 23.02.2023) ve ilişkili olduğu DAF segmentleri, **a)** Pazarcık segmenti, **b)** Amanos segmenti ve Antakya Fay Zonu (MTA tarafından hazırlanan diri fay haritaları; Emre vd., 2013)

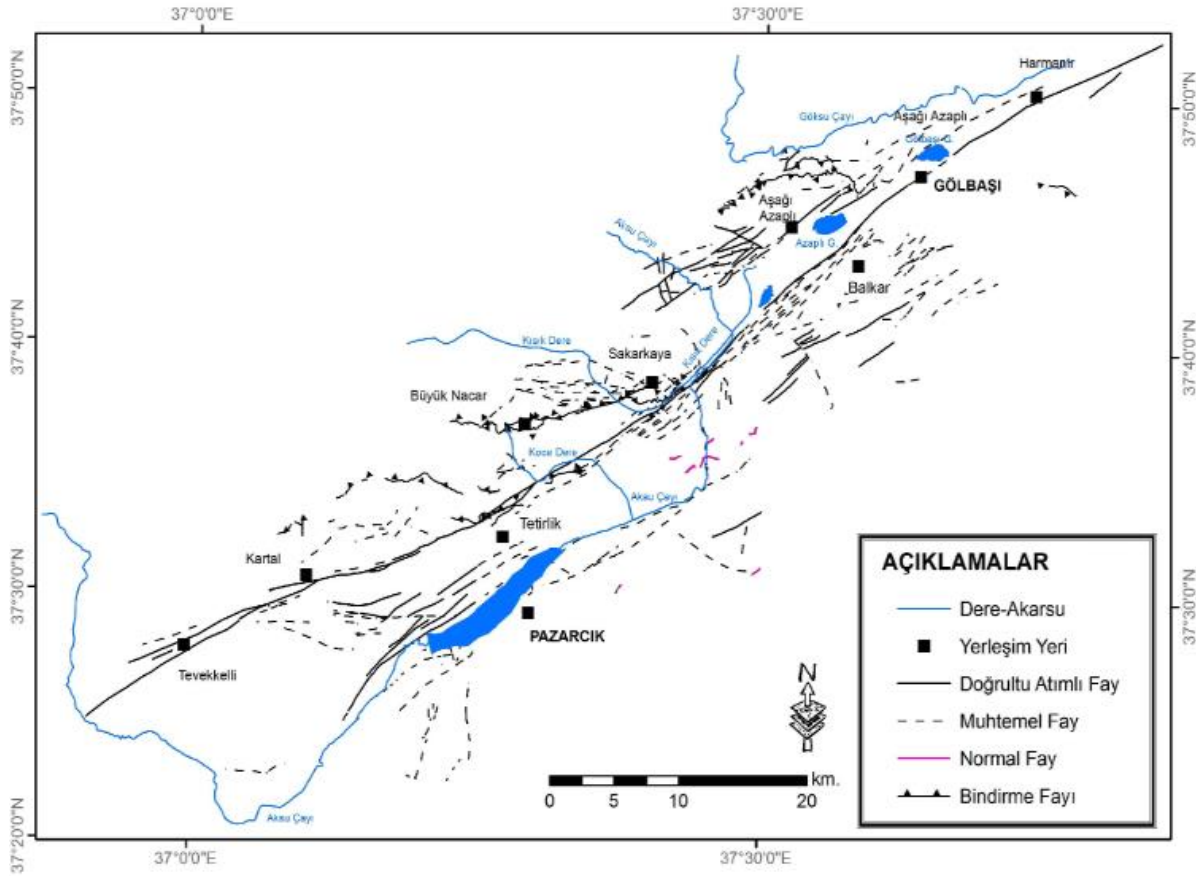
İlk deprem DAF Pazarcık segmenti üzerinde etkili olsa da, odak noktası bu segmentin güneyinde kalan Narlı Fayı üzerindedir gerçekleşmiştir (Şekil 2.2a; MTA, 2023a). İkinci deprem Çardak Fayı hattı üzerinde gerçekleşmiştir (Şekil 2.2a; MTA, 2023a). Üçüncü deprem ise Antakya'nın güneyinde Antakya Fay zonu olarak adlandırılan bölgede gerçekleşmiştir (Emre vd., 2013; MTA 2023b). Nurdağı civarında gözlenen $M_w=6,6$ büyüklüğündeki deprem Amanos segmenti üzerinde, gözlenen en büyük deprem olup, bu segmentin ana depremi olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir (Şekil 2.2b). Defne-Hatay'da gelişen $M_w=6,4$ son büyük yıkıcı depremin odak noktası Antakya Fay Zonu üzerinde yer almaktadır (Şekil 2.2b).

DAF ve Ölüdeniz Fayı uzun zamandır sismik aktivite bakımından suskun, sismik boşluk alanlarıdır (Korkmaz, 2001). Ancak bölgede tarihsel dönemde çok sayıda büyük depremin olduğu da bilinmektedir (Tablo 2.1; Korkmaz, 2001).

Tablo 2.1 Kahramanmaraş Havzası ve çevresinde etkili olan Tarihsel Dönem (M.Ö. 2100-MS. 1900 arası) depremler (Korkmaz, 2001; Afet İşleri Genel Müd., 2005; Kandilli Rasat. ve Dep. Araştırma Enst., 2005; Özmen, 1999)

Tarih	Etki Alanı	Şiddeti
M.Ö. 69	Antakya	IX
M.Ö.37	Antakya	VIII
37	Antakya	VIII
79	Antakya	VII
110	Antakya, Samandağ	VIII
13.12.115	Antakya ve yöresi	IX
117	Antakya	VII
220	Antakya	VIII
245	Antakya	X
272	Antakya	VIII
334	Antakya, Beyrut, Magosa	IX
341	Antakya	VIII
345	Antakya	VII
363	Antakya	V
387	Antakya	VI
396	Antakya	VIII
14.09.458	Antakya, Kuzey Suriye	IX
10.09.506	Antakya, Samandağ	IX
?05.518	Antakya	VIII
29.05.526	Antakya, Samandağ	IX
?03.527	Antakya	VI
29.11.529	Antakya ve yöresi	IX
553	Antakya	VII
557	Antakya	VII
561	Anazarba, Antakya	VIII
579	Antakya ve yöresi	VII
581	Antakya	VI
30.09.587	Antakya	IX
639	Antakya	VII
716	Antakya	VII
775	Antakya, Halep	VII
835	Antakya	VII
08.04.859	Antakya, Lazkiye, Şam, Hama	IX
867	Antakya	IX
972	Antakya	VII
1053	Antakya	VIII
1072	Antakya	VIII
?09.1091	Antakya, Urfa	VII
1109	Mambiç, Antakya	VIII
?09.1190	Antakya ve geniş yöresi	VIII
1212	Antakya	VI
1726	İskenderun ve yöresi	VI
1737	Antakya	VII
13.08.1822	Antakya, İskenderun, Kilis, Halep, Lazkiye	IX
1847	İskenderun	VII
1854	Antakya, Samandağ, Halep	VII
02.04.1872	Antakya, Samandağ	IX
15.05.1872	Antakya,	VII
1873	Samandağ - Antakya,	VI
1875	Antakya yöresi	VII
1894	Antakya yöresi	V

Demirtaş ve Erkmen (2009) Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti olarak adlandırdıkları Pazarcık segmenti, yaklaşık 95 km uzunlukta olup, K55D doğrultuludur (Şekil 2.1, 2.2, 2.3). Bu segment üzerinde 1114 ve 1513-14 yıllarında büyük depremlerin olduğu belirtilmiştir (Demirtaş ve Erkmen, 2009; Erkmen vd., 2009; Nalbant vd., 2002; MTA 2023a). Ancak bu segment üzerinde yapılan paleosismoloji çalışmalarında, segmentte belirlenen, en son büyük deprem izinin 1100'lü yıllara ait olduğu 900 yıldır suskun olan fayın, yakın gelecekte büyük bir deprem üretme potansiyeli olduğu ifade edilmiştir (Erkmen vd., 2009). Bölgede 1900-2023 yılları arasında, büyük depremler $M \geq 4$ olan 224 adet büyük deprem meydana gelmiş, aletsel dönem öncesi büyük 75 adet deprem kaydı bulunmaktadır (AFAD, 2023). Pazarcık segmenti üzerinde detaylı çalışmalar İmamoğlu (1993) tarafından yapılmıştır (Şekil 2.3). Fay hattı çevresinde, Paleozoyikten günümüze kayalar varlığı belirtilse de fay hattının oluşturmuş olduğu düzlüklerde alüvyon yelpaze, birikinti konileri gibi çakıllı, kumlu, killi ve siltli gevşek birimler bulunduğu raporlanmaktadır (Erkmen vd., 2009; Demirtaş, 2023).



Şekil 2.3 Pazarcık segmenti basitleştirilmiş tektonik haritası, ana fayın K60D doğrultulu olduğunun belirlenmesi (İmamoğlu, 1993; Erkmen vd. 2009; MTA diri fay haritaları)

Güncel sismik veriler incelendiğinde, sismik hareketliliğin güneyde, Küçük Narlı Fayı (K-G doğrultulu olup Ölüdeniz Fay Zonu ile ilişkilendirilmektedir) üzerinden başladığı hemen sonrasında Pazarcık segmentini tetiklediği vurgulanmıştır (Özacar vd., 2023). Toplam kaymanın 3-7 m arasında olduğu belirtilmiştir (Özacar vd., 2023). Sonrasında bu hareket kısa süreli tetikleme ardından Çardak-Sürgü fayını hareketlendirerek Elbistan depremine neden olduğu, toplam 2-8 m'lik bir kaymaya neden olduğu belirtilmiştir (Şekil 1.2; Özacar vd., 2023).

Tarafımızca yapılan gözlemler, Pazarcık segmentinin Balkar-Gölbaşı (Adıyaman) civarındaki fay kırıkları, Gölbaşı kuzeyinde yer alan ikincil hareketlenmeler ve Kahramanmaraş-Gaziantep karayolu üzerindeki ana kırık hattı üzerinde yapılmıştır.

İlk büyük deprem ile hareketlenen Pazarcık segmentinin, Gölbaşı güney girişinde yaklaşık 3.70-3.80 m sol yönlü atım gerçekleştirdiği, düşey yönde 40-50 cm'lik atımlara neden olduğu, 4-5 m genişlikte zonlar boyunca yüzeyde kabarmalar, geniş çatlaklar-yarıklar oluşturduğu gözlenmiştir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 a) Pazarcık segmentinde gözlenen 3,7-3,8 m lik sol yanal atımın arazi görünümü. **b)** Gölbaşı'na doğru K30°D doğrultusunda ilerleyen 4-5 m genişlikte fay kırığının arazi görünümü. **c)** Pazarcık-Gölbaşı yolu batısında Pazarcık segmentine ait fay kırığının görünümü.



Şekil 2.5 a) Ana fayı oblik kesen K10D doğrultulu, ikincil normal fayın görünümü. **b)** Bu normal fayla aynı doğrultuda yer alan demiryolu deformasyonu. **c)** Ana faya bağlanan, paralel gelişmiş açılma çatlakları-yanal yayılma.

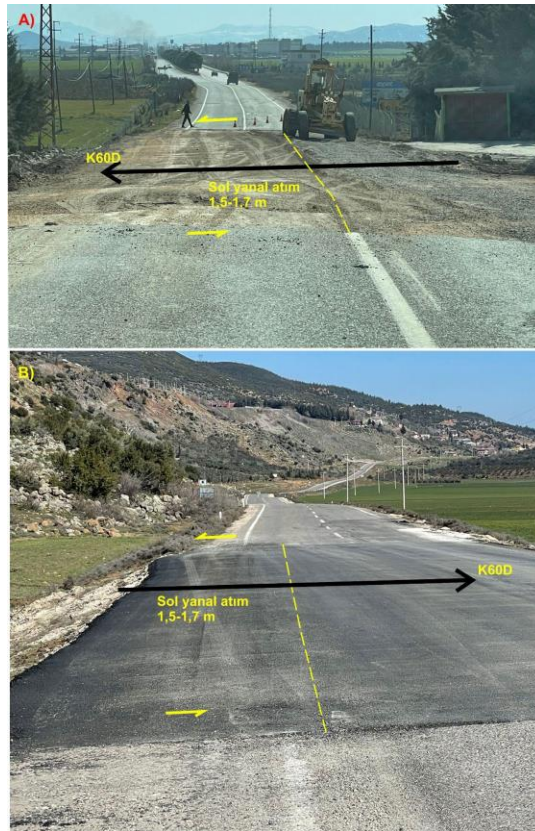
K30°D yönelimli olduğu tespit edilen fay kırığı, Gölbaşı-Pazarcık yolunun doğusu boyunca, Gölbaşı ilçe merkezi doğusunda ilerlediği gözlenmiştir. Ana fayın etkisiyle gelişen, ikincil küçük normal faylanmalar, açılma çatlakları farklı lokasyonlarda tespit edilmiştir. Gölbaşı ilçesinin hemen kuzey çıkışında, yer alan Gölbaşı tren istasyonunda ana fayı oblik kesen normal fay, bunun devamında demiryolunda meydana gelen deformasyon belirgin şekilde izlenmektedir (Şekil 2.5a, 2.5b). Bu bölümün yaklaşık 400-500 m güneyinde ana faydan oblik olarak başlayan, sonrasında ana paralel devam eden açılma çatlakları-yanal yayılma izleri, basamaklar şeklinde 30-40 cm lik düşey atımlar ve 2-3 metrelik deformasyon zonu şeklinde takip edilebilmektedir (Şekil 2.5c). Bu kısımda demiryolunda bir öncekine benzer S şeklinde ikincil bir deformasyon gözlenmiştir. Bunlara ek olarak ana karayolunda çok sayıda çatlak, küçük ölçekli düşey atımlarda gözlenmektedir. Bu segmentin kuzey ucunda Gölbaşı (Adıyaman) ilçe merkezinde sıvılaşma ve kum kaynamaları gözlemleri yapılmıştır.



Şekil 2.6 a) Pazarcık segmentinin Kahramanmaraş-Gaziantep ana yolunu kestiği bölümde yarattığı 3.75 m’lik deformasyon **b)** Yolun güneyinde tarla içinde izlenen K55-60°D doğrultulu fay kırığı

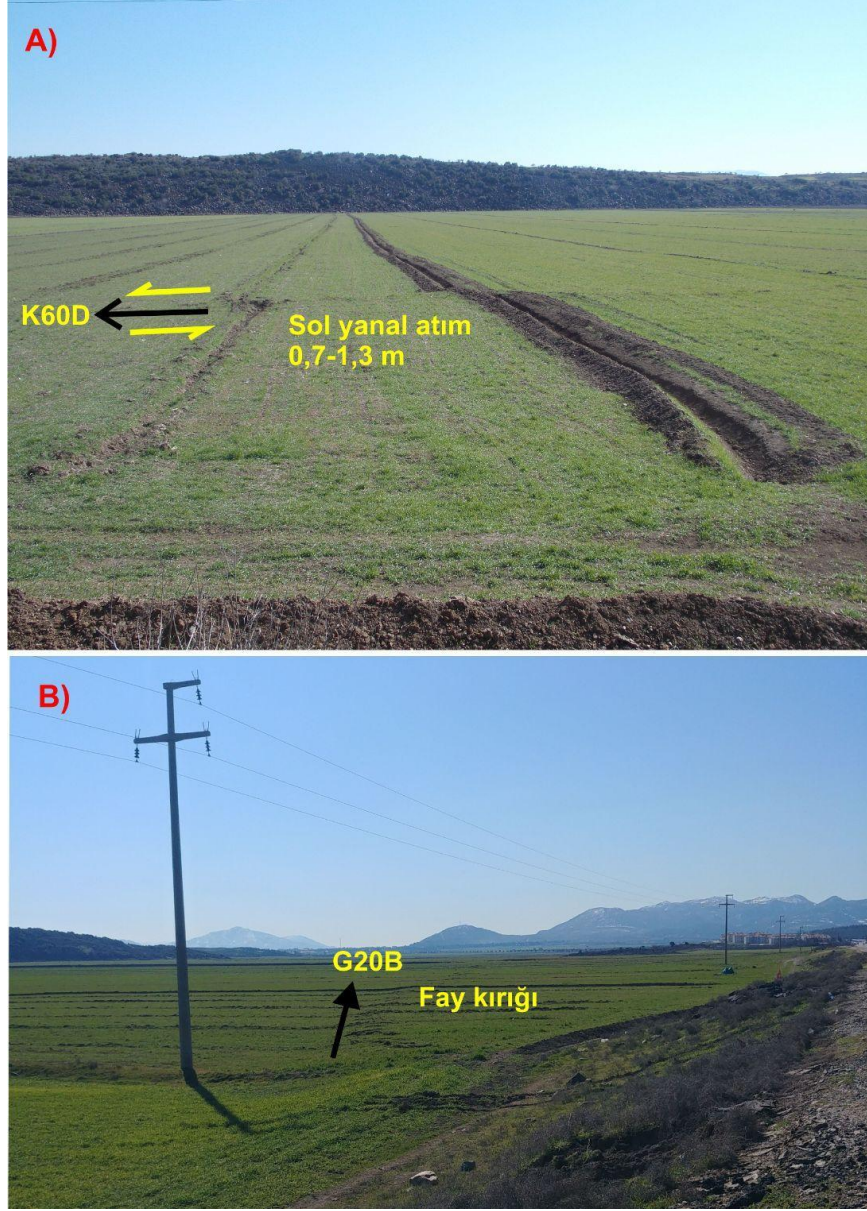
Pazarcık segmentinin Kahramanmaraş-Gaziantep karayolunu kestiği noktada, 3.75 m'lik sol yönlü atım ölçülmüştür (Şekil 2.6). Burada fayın doğrultusunun $K55-60^\circ D$ olduğu belirlenmiştir. Yolun hem kuzey hem de güneyinde yer alan tarlalar içinde fay kırığı belirgin şekilde takip edilebilmektedir. Ana fayın etkisiyle gelişen ana fayı oblik kesen ikincil faylar ve çatlaklar ise yüzeyde kabarma ve çökme şeklinde deformasyonlara neden olmuştur.

Demirtaş ve Erkmen (2009) tarafından, Türkoğlu-Antakya Segmenti olarak adlandırılan bölüm, yaklaşık 145 km uzunlukta olup, $K30-35^\circ D$ doğrultuludur (Şekil 2.1, 2.2). MTA Diri Fay Haritasında Amanos segmenti olarak adlandırılan, bu segment üzerinde 1822 ve 1872 yıllarında yıkıcı depremler gelişmiştir (Demirtaş ve Erkmen, 2009) (Şekil 2.1, 2.2). Bu hat üzerinde, Nurdağı merkezli $M_w=6,6$ büyüklüğünde bir depremin odak noktası yer almaktadır (Şekil 2.2b). Bu depremin, segmentin ana depremi olarak değerlendirilebileceğini düşünmekteyiz. Amanos segmenti boyunca İslahiye civarında yer değiştirmiş demiryolu raylarında 6,7 m'lik sol yanal atım ölçüldüğü belirtilmiştir (Özacar vd., 2023).



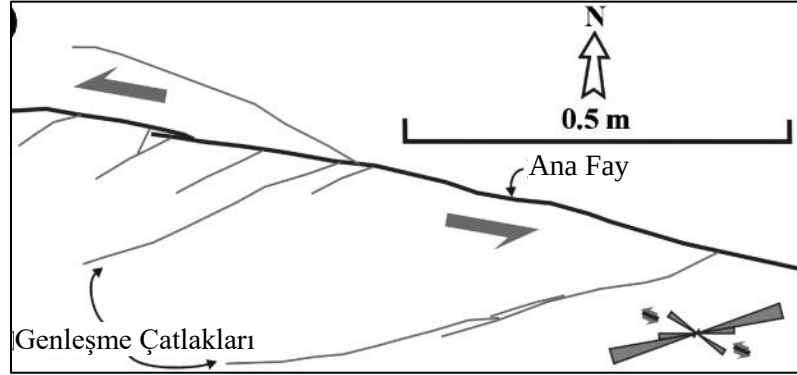
Şekil 2.7 a) Amanos segmentinin Nurdağı İslâhiye karayolunda yarattığı 1,5-1,7 m'lik deformasyon **b)** Amanos segmentinin Nurdağı-İslâhiye karayolunda, Fevzipaşa mahallesi sonrası kesimde yarattığı 1.5-1.7 m'lik deformasyon

Türkoğlu (Kahramanmaraş) - Hatay arasında yer alan Amanos segmenti üzerinde farklı noktalarda, yapılan ölçümlerde 70-170 cm büyüklüğünde sol yanal atım, 40-50 cm'lik düşey atımlar ölçülmüştür (Şekil 2.7, 2.8). Doğrultusu K60°D olduğu tespit edilen fay kırığı, Fevzipaşa Mah. ile İslahiye ilçe merkezi arasında kalan eski Gaziantep-Hatay yolu boyunca izlenebilmektedir. Fayın yolu kestiği bölümlerde, daha yüksek atımlar gözlenmiştir (Şekil 2.7). Tarla içinde yumuşak toprakta, basamak şeklinde görünümde olan, fay kırığı uzun mesafelerde belirgin şekilde izlenebilmektedir (Şekil 2.8).

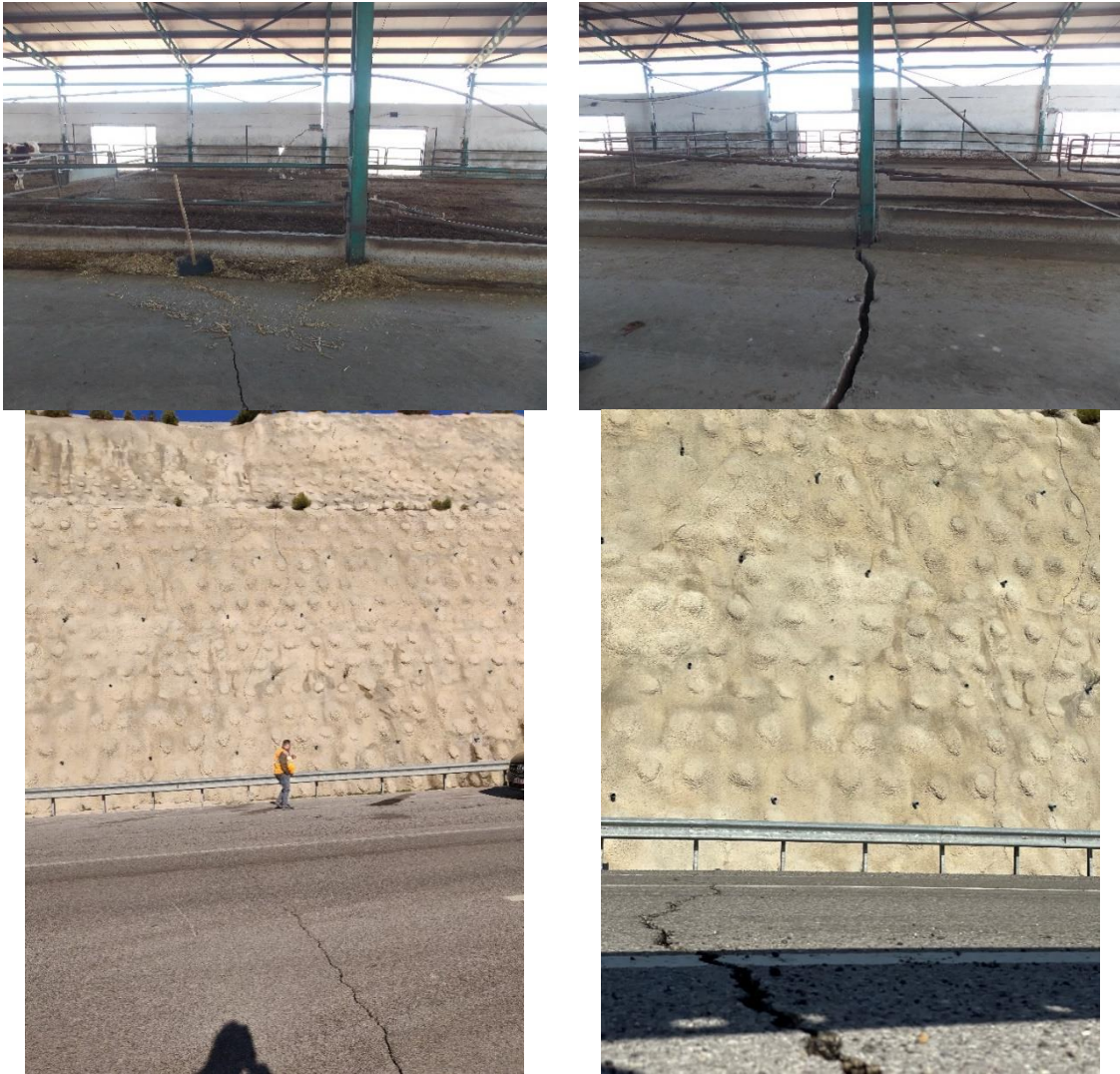


Şekil 2.8 a) Fayın Nurdağı-İslâhiye yolunu kestikten sonra girdiği tarlada yarattığı sol yanal atımın görünümü **b)** Fay izinin tarlada tekrar yolu kestiği alanda görünümü

Bu bölgede, fay izi ve yakın kesimlerinde fay kırığı üzerindeki deformasyonlara, ek olarak ana fayı belli bir açıyla kesen çatlaklar (Şekil 2.9) oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.9 Ana fayı belli bir açıyla kesen genleşme çatlakları (Kim vd. 2003)



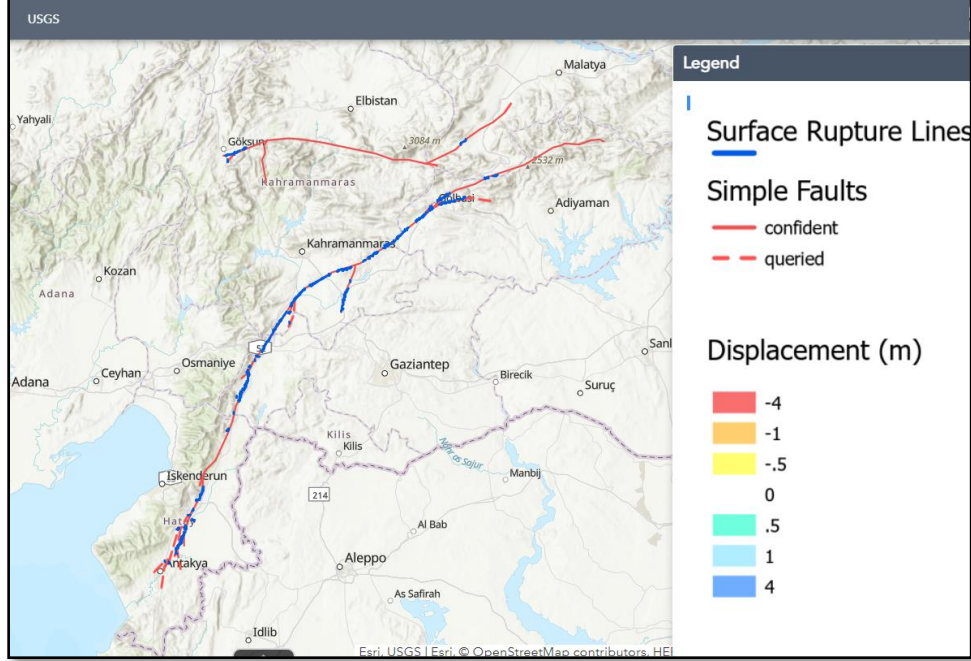
Şekil 2.10 Türkoğlu ve Gaziantep-Hatay yolu üzerinde gözlemlenen fay genleşme çatlakları

20 Şubat 2023 tarihinde meydana Defne depremi sahası (Şekil 2.2; AFAD, 2023; JMO, 2023; MTA, 2023a, 2023b), deprem tarihinden önce incelenmiştir. Önceki depremlerden dolayı meydana gelmiş, yol ayrılmaları ve benzeri deformasyonlar saha ziyaretinde tespit edilmiştir. Özellikle Tepehan Köyünde meydana gelen çökme olayı, depreme bağlı gelişen önemli deformasyon olaylarından biridir. Saha ziyaretinde kalın tabakalı killi kireçtaşı-marn üzerinde ise killi-çakıllı gevşek örtüden ibaret bir litoloji tespit edilmiştir (Şekil 2.11). Yaklaşık 350 m uzunluğunda ve 90-100 m genişlikte zeytinlik ve yaklaşık D-B uzanımlı tepelik alanın bu çökmeden etkilendiği anlaşılmıştır. Yaklaşık 30-40 m kalınlığındaki kütle tabanında, yer alan gevşek birimin taşıma gücünün hızlıca kaybolması sonucunda bu çökmelerin geliştiği düşünülmektedir.



Şekil 2.11 Tepehan köyü (Altınözü-Hatay) 850m kuzeybatısında gerçekleşen çökmenin arazi görünümüleri

Yüzey kırılması, depremler sırasında bir fayın hareketinden dolayı zemin yüzeyinin kırılması ve kayması sonucu meydana gelir. 06.06.2023 Pazarcık ve Elbistan Depremlerinden dolayı oluşan yüzey kırılmaları Şekil 3.2’de sunulmuştur.

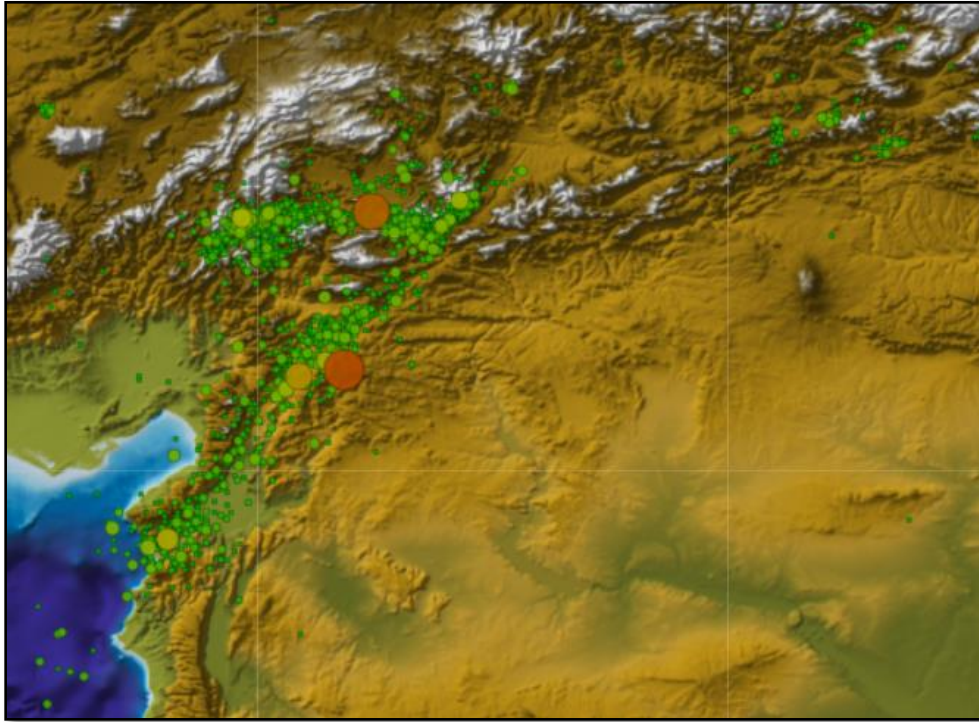


Şekil 3.2 06.02.2023 Pazarcık $M_w=7,7$ ve Elbistan $M_w=7,6$ depremlerinden dolayı bölgede oluşan yüzey kırılmaları (USGS)

Her iki deprem de Suriye başta olmak üzere Irak, Mısır, Lübnan ve Kıbrıs’ta hissedildi. Türkiye’nin deprem tehlikesi yüksek olan bu bölgesinde tarihsel dönemlerde önemli depremler meydana gelmiştir (Şekil 3.3). 06.02.2003 tarihinden 02.03.2023 tarihe kadar gerçekleşen sismik aktivite Şekil 3.4’te sunulmuştur.

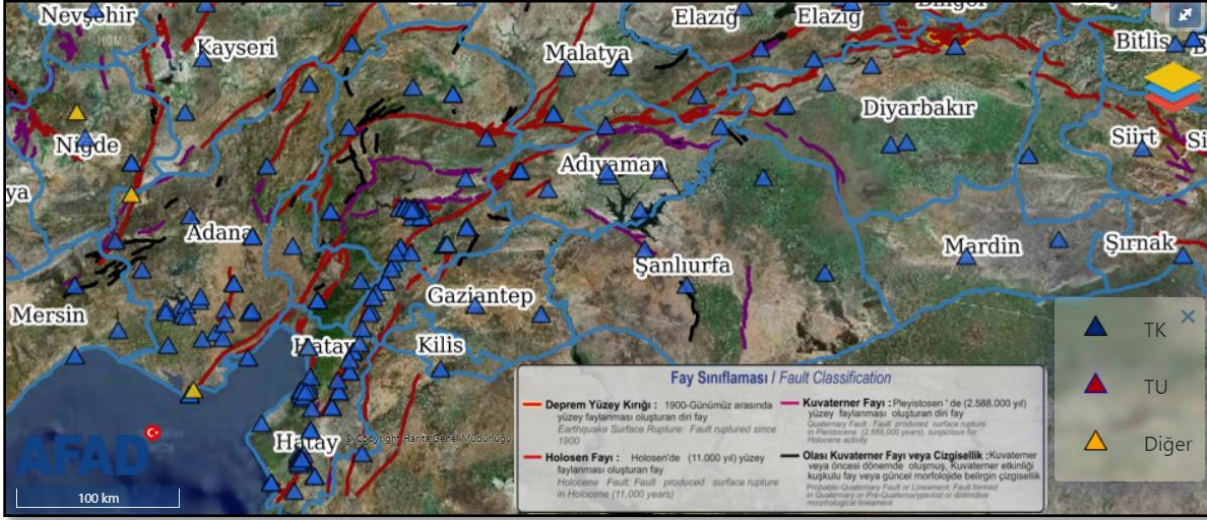


Şekil 3.3 Tarihsel depremler (AFAD)



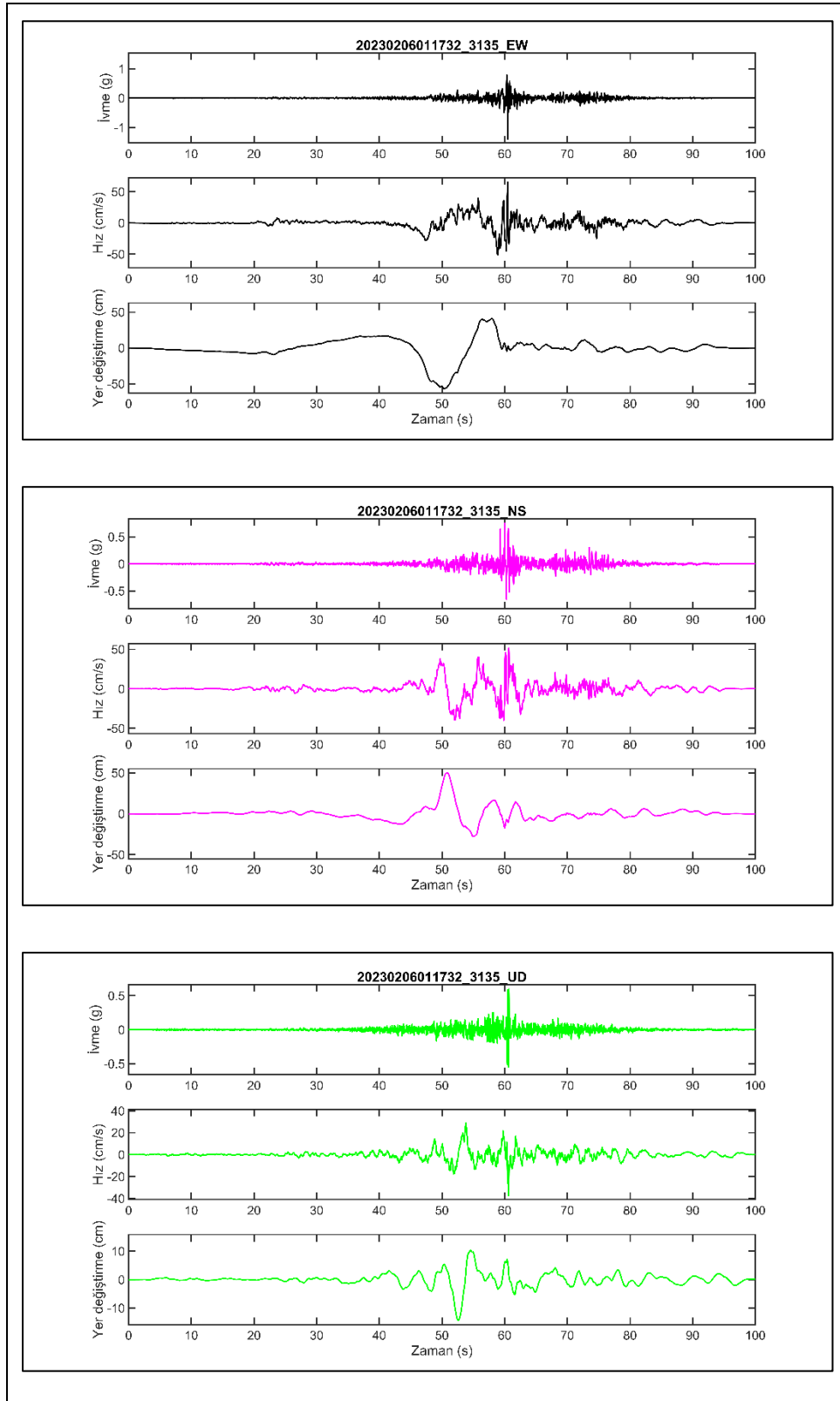
Şekil 3.4 06.02.2023 Pazarcık Mw 7,7 ve Elbistan Mw 7,6 depremleri sonrası sismik aktivite (06.02.2023-02.03.2023, $3,0 < M_w < 8,0$, EMSC)

AFAD Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem Ağı istasyonlarının (Şekil 3.) kaydettiği ham deprem verileri (<https://tadas.afad.gov.tr>), Dr. Özkan Kale vd. tarafından gürültü ve aletsel hatalardan arındırılmıştır. Raporda bu veriler kullanılmıştır.

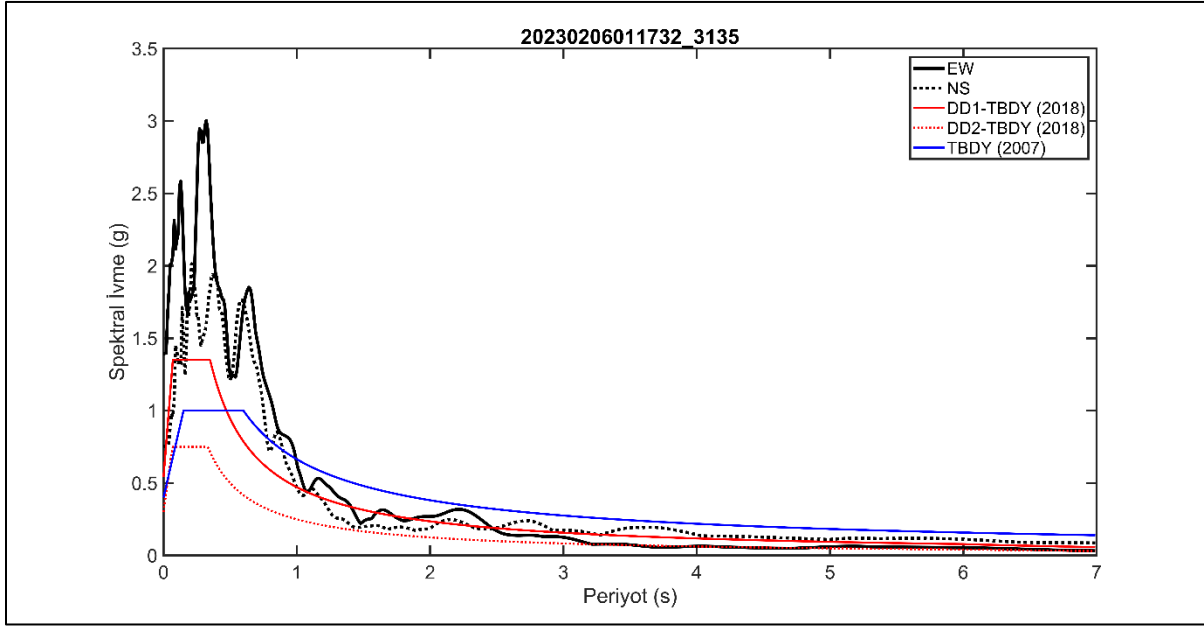


Şekil 3.5 Bölgedeki kuvvetli yer hareketi istasyonlarının dağılımı (AFAD)

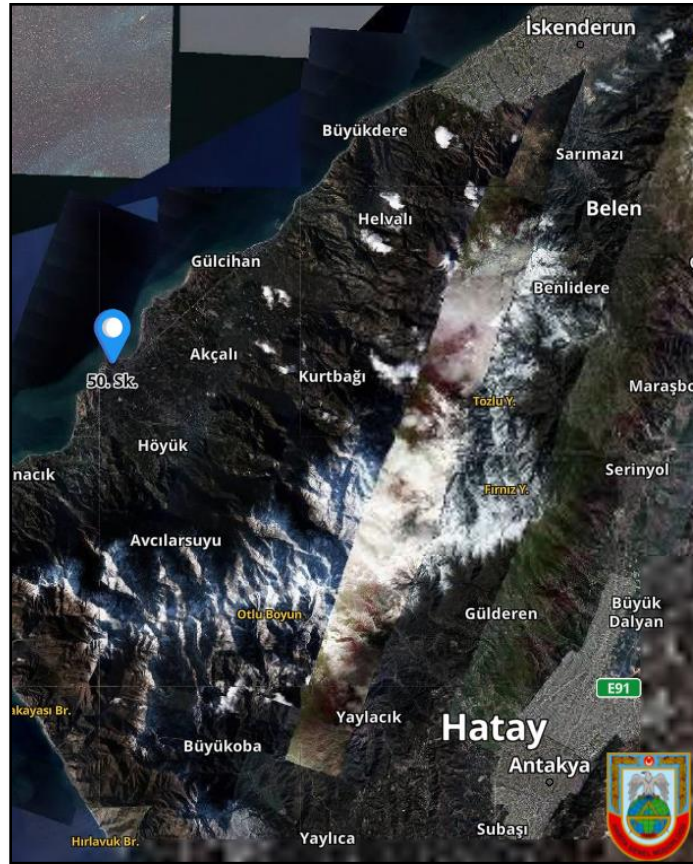
06.02.2023 Pazarcık M_w 7,7 depremindeki istasyon verileri incelendiğinde en büyük yer ivmesi değeri 3135 nolu istasyonda ölçülmüştür (1,394 g). TBDY (2018) sismik tehlike harita verilerine göre aynı lokasyon için en büyük yer ivmesi 0,468 g (DD1), 0,256 (DD2) olarak elde edilmiştir. İstasyonda en büyük hız 66,093 cm/s iken TBDY (2018)'e göre 28,260 cm/s (DD1) ve 14,932 cm/s (DD2)'dir. Bu istasyona ait ivme, hız, yer değiştirme grafikleri Şekil 3.'da gösterilmiştir. Şekil 3.'de istasyonun iki yatay yöndeki spektral ivme değerleri, TBDY (2018) DD1 ve DD2 spektral ivme değerleri ve TBDY (2007) spektral ivme değerleri ile karşılaştırılmıştır. Düşük periyotlarda, spektral ivme değerleri, yönetmeliklerin spektral ivme değerlerinin 2-3 katına çıkmıştır. İstasyon # 3135, Hatay'ın Arsuz ilçesinde bulunmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.6 İvme, hız, yer değiştirme değerlerinin zamanla değişimi (İstasyon # 3135)

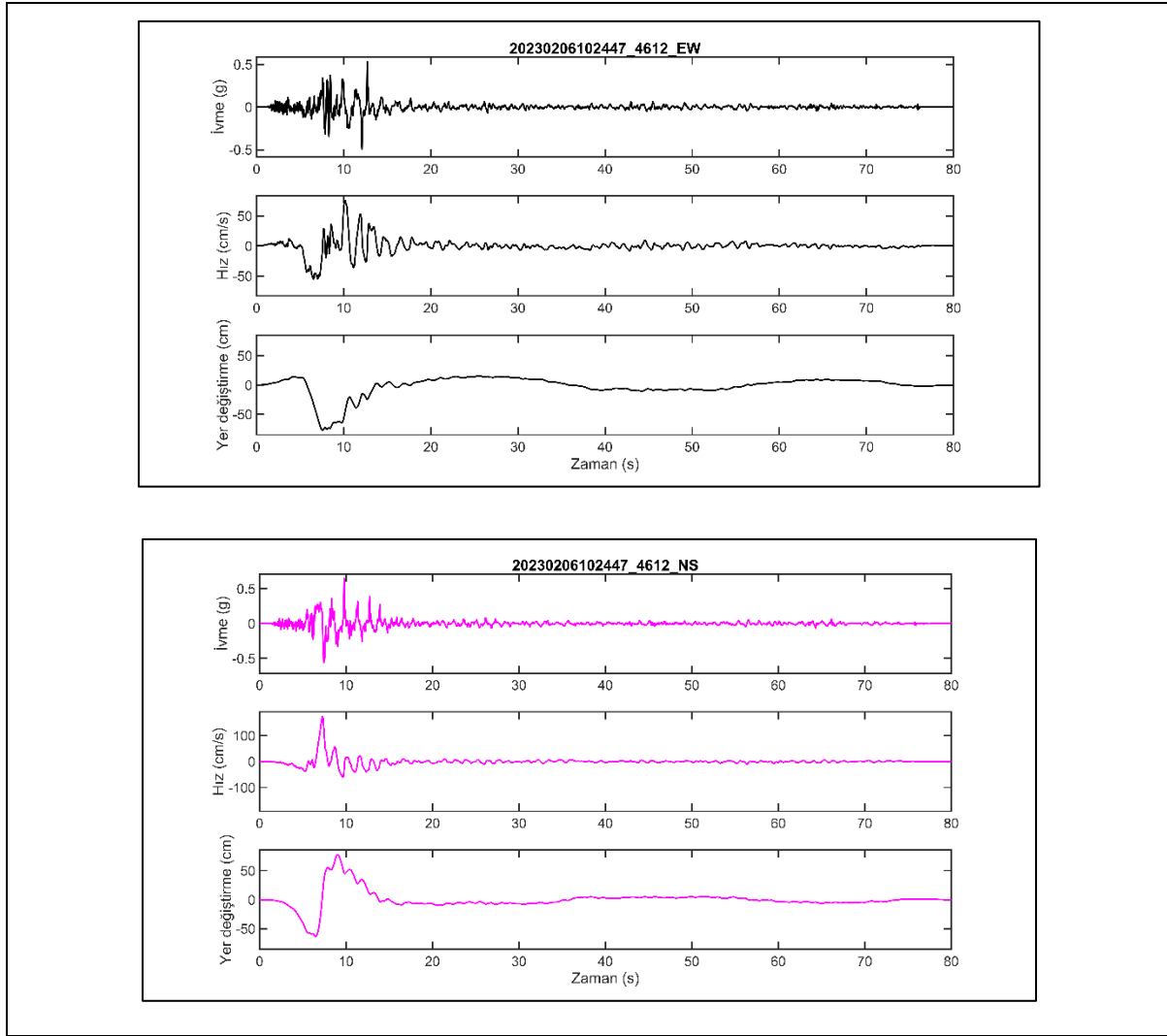


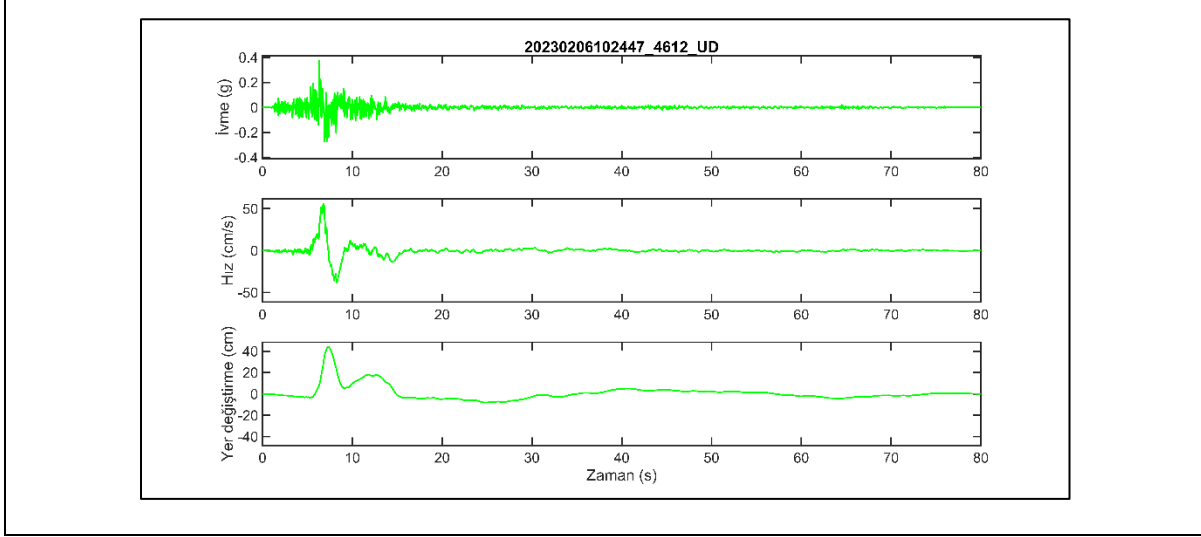
Şekil 3.7 İstasyon # 3135' ait spektral ivme değerlerinin TBDY (2018) ve TBDY (2007) ile karşılaştırılması



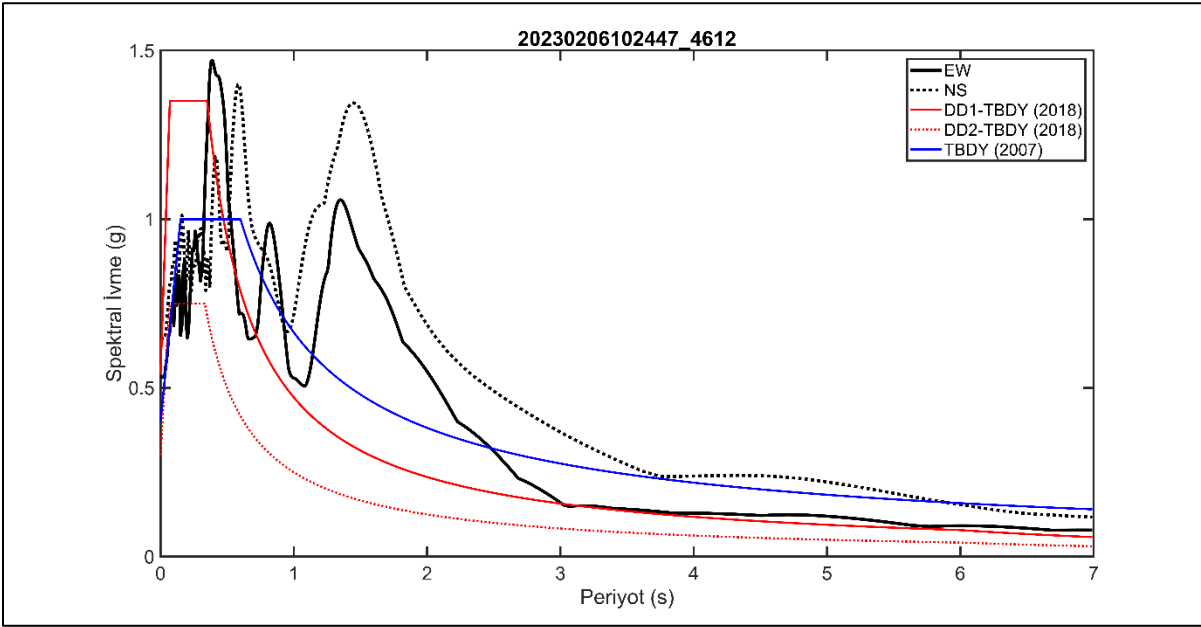
Şekil 3.8 3135 numaralı istasyonun bulunduğu bölge (Harita Genel Müdürlüğü: <https://atlas.harita.gov.tr/#15.17/38.028429/36.483835>)

06.02.2023 Elbistan M_w 7,6 depreminde en büyük yer ivmesi değeri 4612 nolu istasyonda ölçülmüştür (0,648 g). TBDY (2018) sismik tehlike analizi verilerine göre aynı lokasyon için en büyük yer ivmesi 0,624 g (DD1), 0.296 (DD2) olarak elde edilmiştir. İstasyonda en büyük hız 174 cm/s iken TBDY (2018)'e göre 38,71 cm/s (DD1) ve 17,561 cm/s (DD2)'dir. Bu istasyona ait ivme, hız, yer değiştirme grafikleri Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Şekil 3.10'da istasyonun iki yatay yöndeki spektral ivme değerleri, TBDY (2018) DD1 ve DD2 spektral ivme değerleri ve TBDY (2007) spektral ivme değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yüksek periyotlarda özellikle 1-2sn aralığında spektral ivme değerleri, yönetmeliklerin spektral ivme değerlerinin 2-3 katına çıkmıştır. 4612 nolu istasyonun bulunduğu muhit Şekil 3.'de sunulmuştur.





Şekil 3.9 İvme, hız, yer değiştirme değerlerinin zamanla değişimi (İstasyon # 4612)

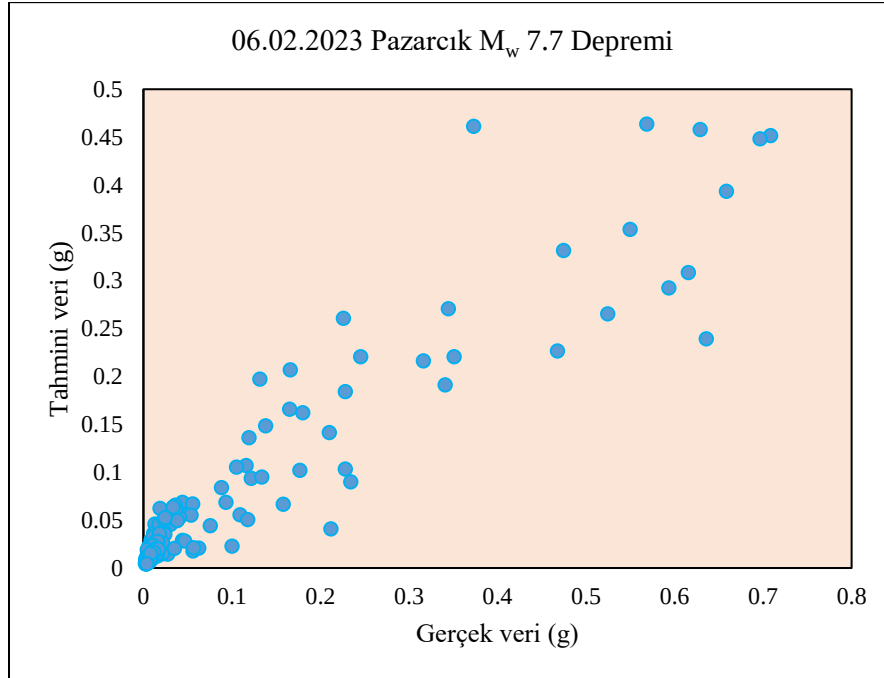


Şekil 3.10 İstasyon # 4612'e ait spektral ivme değerlerinin TBDY (2018) ve TBDY (2007) ile karşılaştırılması



Şekil 3.11 4612 numaralı istasyonun bulunduğu bölge (Harita Genel Müdürlüğü: <https://atlas.harita.gov.tr/#15.17/38.028429/36.483835>)

Ayrıca, 06.02.2023 Pazarcık $M_w 7,7$ ve Elbistan $M_w 7,6$ depremlerinin istasyonlardaki en büyük yer ivmelerinin tahmini değerleri yapay zekâ yöntemi elde edilmiş ve Şekil 3.'de gerçek veriyle karşılaştırması yapılmıştır. Bu yöntem test aşamasındadır. Yer hareketi tahmin denklemleriyle kıyaslamaları, yöntem yeterli veriyle doğrulandığında sunulacaktır.



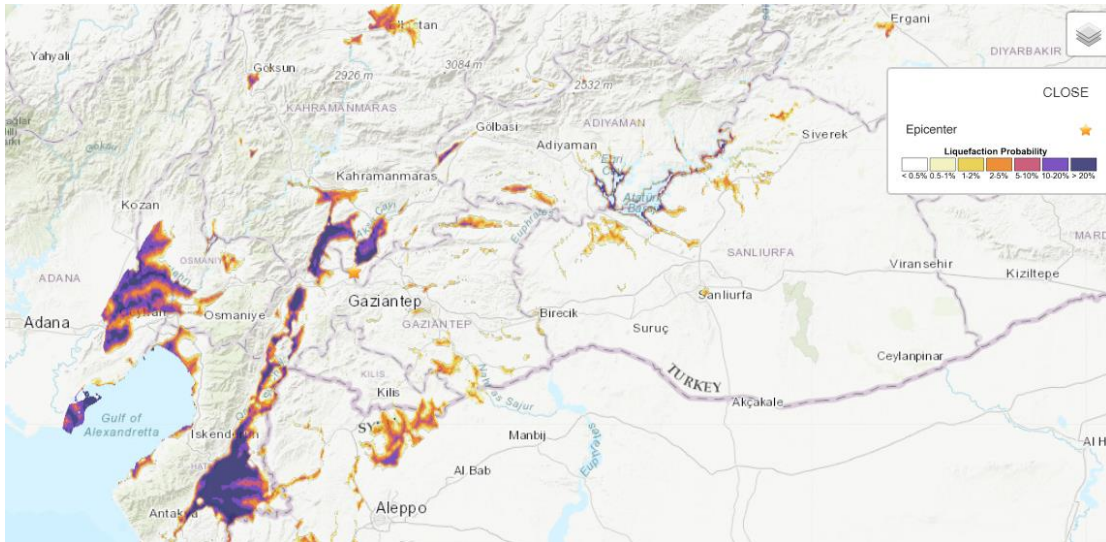
Şekil 3.12 06.02.2023 Pazarcık $M_w 7,7$ depreminin istasyonlardaki en büyük yer ivmeleri değerlerinin yapay zekâ kullanılarak elde edilen tahmini en büyük yer ivmeleri değerleriyle karşılaştırılması (Numan Burak Fidan)

BÖLÜM 4: GEOTEKNİK AÇIDAN DEĞERLENDİRMELER

Bu bölümde, depremlerden hemen sonra ekibimizin deprem bölgelerinde yaptığı geoteknik saha çalışmalarının ilk keşif bulguları sunulmaktadır. Bu bulgular daha detaylı olarak, A) sismik zemin sıvılaşması ve bina temel performansları, B) kaya kopmaları ve düşmeleri, C) şev stabilitesi, istinat duvarları ve zemin deformasyonları başlıkları altında değerlendirilecektir.

4.1 Sismik Zemin Sıvılaşması ve Bina Temel Performansları

Sıvılaşma potansiyellerinin yüksek olduğu, daha önceki çalışmalarda belirlenmiş olan Gölbaşı (Adıyaman), Türkoğlu (Kahramanmaraş) ve İskenderun (Hatay bölgelerinde yanıl yayılma ve çökme şeklinde sismik zemin sıvılaşması gözlemlenmiştir. Akıl vd. (2008) Adıyaman'ın Gölbaşı ilçesinin zemin özelliklerini incelemiş ve bölgenin sıvılaşma potansiyelini ortaya koymuştur. USGS'in (United States Geological Survey, 2023) yayınladığı sıvılaşma risk haritasına göre depremin etki alanı içerisinde pek çok alanda sıvılaşma riskinin olduğu bölge bulunmaktadır (Şekil 4.1). Bu saha araştırmasında incelenen Gölbaşı, Türkoğlu ve İskenderun bölgelerinin sıvılaşma olasılığının yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1 USGS sıvılaşma risk haritası (USGS, 2023)

Bu bölgelerde, taşıma kapasitesi, depremler sırasında düşmüş, üzerindeki yapıyı destekleyemez duruma gelmiştir. İnceleme alanlarında üst yapıların devrilmesi (Şekil 4.2a, 4.2b), zeminin içine batması ve farklı oturma yapması (Şekil 4.2c, 4.2d) ve bazı yapıların oluşan deformasyonlara karşı koyamayarak çökmesi (Şekil 4.2e, 4.2f) sebepleriyle ciddi can ve mal kayıpları oluşmuştur.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 4.2. Sismik zemin sıvılaşması kaynaklı bina temel problemleri a) Gölbaşı-Adıyaman b) Gölbaşı-Adıyaman c) Gölbaşı-Adıyaman d) Türkoğlu-Kahramanmaraş e) Gölbaşı-Adıyaman f) Antakya-Hatay

Sismik zemin sıvılaşması nedeniyle taşıma kapasitesi yenilmelerine maruz kalan binalarda 10 cm ila 140 cm arasında uniform oturmalar belirlenmiş, ölçümlenen 10 cm ila 40 cm arasındaki farklı oturma değerleri binaların yaklaşık 5-15° eğilmelerine sebep olmuştur.

Sıvılaşma yaşanan zeminlere oturan binalar daha az hasar görür genel algısının yanlış olduğu saha gözlemlerimizle netleştirilmiştir. Zeminin deprem enerjisini sönmüleyebilmesi için büyük deformasyon yapması gerekir. Sıvılaşan zeminlerde gerçekten aşırı deformasyonlar oluşmuştur. Ancak, birçok üst yapı, aşırı deplasman yapan sıvılaşan zemini takip edememiştir. Taşıyıcı sistemi, zemin deplasmanına karşı koyamayacak düşük süneklikte olan yapılar, yüksek ya da alçak katlı olmalarına bağlı olmadan hasar görmüşlerdir (Şekil 4.3). Örneğin Şekil 4.2a'da sismik zemin sıvılaşması nedeniyle devrildiği düşünülen yapının yan parselindeki bina tamamen yıkılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Devrilen ve yıkılan binalar, Gölbaşı-Adıyaman

Sıvılaşmanın bir kanıtı olarak Gölbaşı (Adıyaman) ve İskenderun'da (Hatay) pek çok yerde kum kaynakları bulgulanmıştır (Şekil 4.4). Deprem sırasında yüzeye çıkan bu malzemenin plastik olmayan, silt-kum karışımı bir malzeme olduğu görülmektedir. Yollarda ve serbest sahalarda görülen kum tepecikleri, sıvılaşmanın gerçekleştiğine dair bir kanıt olarak gösterilebilir.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 4.4 Sismik zemin sıvılaşması kaynaklı kum kaynakları a) Gölbaşı-Adıyaman b) Antakya-Hatay c) İskenderun-Hatay d) İskenderun-Hatay e) İskenderun-Hatay

Sismik zemin sıvılaşması nedeniyle çok fazla zeminde yanal yayılmalar görülmüş ve yollarda 5-20 cm aralığında deformasyonlara neden olmuştur (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Yanal yayılmaya bağlı zemin yüzeyi deformasyonları ($37^{\circ}47'17.7''N$ $37^{\circ}38'58.2''E$) a) 6 cm b) 15 cm

4.2 Kaya Kopmaları ve Düşmeleri

Depremlerin yaratmış olduğu sarsıntılar nedeniyle, kayalık alanlarda hâlihazırda gevşek, harekete hazır kaya kütlelerin hızla eğim aşağı yönde ilerleyerek, zaman zaman büyük yıkımlara neden olduğu bir gerçektir. Deprem öncesinde de bölgede kaya kopması, düşmesi, heyelan gibi risklerin olduğu ortaya konmuştur (Karaağaç vd. 2019). Karaağaç vd. (2019) Kahramanmaraş ilini temel alan çalışmalarında, Oniki Şubat ilçesi kuzeyinde, Dulkadiroğlu ilçesi güneyinde yaşlı kayaların oluşturduğu yüksek kayalık alanlarda daha önce de kaya düşmelerinin yaşandığını belirtmiştir. Ayrıca Andırın ve Türkoğlu gibi ilçelerde daha düşük eğimlerde de 1900 yılı sonrası deprem öncesi kaya düşmeleri felaketinin yaşandığını raporlamaktadır. Benzer durum, depremin şiddetli diğer illerimiz içinde geçerlidir.

Büyüklüğü 7,7 ve 7,6 olan depremler ve Defne'de meydana gelen 6,4 büyüklüğündeki deprem sonrasında da farklı kurumlarca ve gazete haberlerince kaya kopmaları ve düşmeleri olduğu, yarılmalar ve heyelanlar nedeniyle yolların kapandığı rapor edilmiştir. Ayrıca bu haberlerde artçı depremlerden dolayı gelişebilecek kaya kopma ve düşme risklerinin olduğu konusunda halkımız uyarılmıştır. Kaya kopma ve düşmelerinin hem Kahramanmaraş'ta hem de Hatay'da evlere zarar verdiği ve maalesef ölümlere de yol açtığı rapor edilmiştir.

Tarafımızdan yapılan gözlemlerde ise gezilen hemen hemen tüm sahalarda yüksek eğimli kayalık alanlarda irili-ufaklı kaya kopmalarının düşmelerinin olduğu, yol kenarlarında bulunan

yığıntılardan ve yamaç üzerinde gözlenen taze kayaç kopma alanlarından anlaşılmaktadır. Bunların yanında Karaağaç vd. (2019)'da belirtildiği gibi, bu depremler sırasında da Kahramanmaraş ili Oniki Şubat ilçesi kuzeyinde, bol kırıklı-çatlaklı yapıya sahip Eosen yaşlı kireçtaşlarından oluşan yamaçta kaya kopmaları gözlenmiştir. Çevre yolu için açılan yol yarmaları nedeniyle, yükselen eğim sonrasında basamaklandırılarak şev açısı makul seviyelere getirilmiştir. Buna rağmen meydana gelen kayaç hareketlenmesinin oluş şekline bakıldığında, küçük ölçekli kayaç patlaması gibi, kayaçların sadece yamacın bir bölümünde dışa doğru hareketlendiği gözlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Kahramanmaraş İl Merkezi kuzeyinde çevre yolunda gözlenen kaya kopmaları ve düşmeleri.

Bunun dışında Gaziantep İli Nurdağı ve İslâhiye İlçeleri arasında bulunan, Fevzipaşa Mahallesi batısında İstasyon yolu üzerinde, oldukça fazla kaya kopması ve düşmesi ile küçük çaplı heyelanlar gözlenmiştir. Fevzipaşa Mahallesi ile İstasyon arasındaki yolda volkanik kayaçlar ve üzerlerinde konglomeratik birimlerin yüzeylendiği anlaşılmaktadır. Aşırı derecede bozunmuş volkanik kayaçlarda küçük heyelanlar şeklinde yenilmeler gözlenirken, üste doğru hem bozunan volkanik kayaçlar hem de en üstteki konglomeralardan kopan irili ufaklı blokların yola düştüğü, bunların yola da zarar verdiği anlaşılmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Fevzipaşa mahallesi ve İstasyon yolu arasında gözlenen kaya kopmaları ve düşmeleri.

Blokların bazılarının yolun karşısına kadar ilerlediği gözlenmiştir (Şekil 4.8). Bu ilerlemenin yuvarlanmadan ziyade, sıçrama ve zemine çarpma şeklinde olduğu, hem kaldırımdaki izlerden hem de devrilmiş çitten anlaşılmaktadır (Şekil 4.9). Yolda meydana gelen hasarın yolun ulaşımına açılabilmesi için tamir edildiği anlaşılmaktadır. Bu şekilde sıçrama ve çarpmanın kayanın yamacın yüksek kesimlerinden kopması nedeniyle olduğu, yamaç üzerindeki izden anlaşılmaktadır. Ancak deprem anındaki büyük yer sarsıntısının da kayacın ilk harekete geçişinin, yer çekimine bağlı eğim yönüne bağlı normal bir hareketten, daha şiddetli olduğunu göstermektedir. Yol boyunca benzer birim ve yamaç eğimlerinin olması nedeniyle, çok sayıda blok varlığı gözlenmiştir (Şekil 4.10). Bunların yola düştüğü, sonradan kaldırıldığı anlaşılmaktadır. Nurdağı-Hatay yolu boyunca yüksek eğimli kayalık alanlardan yollara düşmeler yaşandığı gözlenmiştir.



Şekil 4.8. Kaya kopmaları ve düşmelerinin bazılarının yolun diğer yakasına geçtiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.9 Yolun karşısına geçen kayaların yuvarlanmak yerine zeminde çarparak ve sıçrayarak hareket ettiği, kaldırımda bıraktığı izlerde ve yıktığı demir çitten anlaşılmaktadır.



Şekil 4.10 İstasyona doğru olan kesimde de benzer birimler nedeniyle yine farklı büyüklerde bloklar gözlenmiştir.

Hatay'ın Defne ilçesinde de yol boyunca kaya bloklarının hareketlendiği, kısa mesafelerde de olsa düştükleri gözlenmektedir (Şekil 4.11). Bu durum kayaların bol kırıklı çatlaklı olmaları nedeniyle, deprem sırasındaki şiddetli yer sarsıntısı nedeniyle farklı yönlere hareketlendiği, kopup düştükleri üzerlerindeki, yüksek voltaj elektrik direklerinin yıkımına neden oldukları gözlenmiştir.



Şekil 4.11 Defne-Hatay’da yol boyunca izlenen kaya kopmaları ve düşmeleri.

Kaya kopmaları ve düşmeleri, deprem sırasında can ve mal kaybına neden olan olumsuz etkiler olarak burada da karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanında yolların ciddi zarar görmelerine neden olmakta, yolların kapanmasına neden olabilmektedirler. Ayrıca elektrik hatlarına zarar vererek deprem bölgesinin elektriksiz kalmasına neden olduğu gözlenmiştir. Deprem hazırlıklarında bu konulara da gereken önem mutlaka verilmelidir.

4.3 Zemin Deformasyonları, İstinat Yapıları ve Toprak Kaymaları

Bölgede yapılan detaylı gözlemlerde görece az miktarda hasarlı taş duvarlarla karşılaşmıştır. Yol dolgularını destekleyen taş duvarlarda yanal yayılmalar, arazi eğimine paralel eğimli şekilde inşa edilmiş bazı taş istinat duvarlarında göçmelere rastlanılmıştır. Yol sedde yaklaşımlarında geleneksel dolgularda yayılmalar tespit edilmiş, toprakarme olarak inşa edilmiş yaklaşım dolguları ve istinat yapılarında ise herhangi bir hasar gözlemlenmemiştir. Adıyamandan Hatay’a kadar fay hattı boyunca doğal zeminde lokal heyelanlar ve insan yapımı dolgularda oturmalar ve yanal kaymalara rastlanmıştır. Bunun yanında Hatay Altınözü ilçesi Tepeören mahallesinde yaklaşık 20 dönümlük bir alanda 20 metreye varan düşey çöküntüler gözlemlenmiştir (Şekil 4.12-4.27).



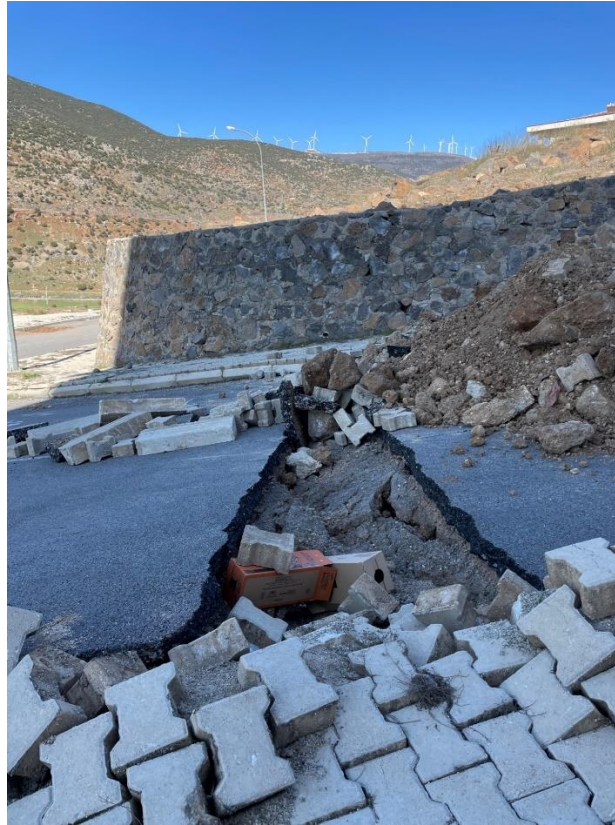
Şekil 4.12 Adıyaman Gölbaşı ilçesi TOKİ konutları civarındaki şevde yerleşik binalarda ve istinat duvarlarının arkasında açılmalar.



Şekil 4.13 Adıyaman Gölbaşı ilçesi yumuşak kil tabakaya oturan yol dolgusu heyelanı



Şekil 4.14 Gaziantep İslâhiye ilçesi Fevzipaşa 3. Etap TOKİ konutları dolgu şevde yanal deformasyonlar



Şekil 4.15 Gaziantep İslâhiye ilçesi Fevzipaşa 3. Etap TOKİ konutları dolgu şevde yanal deformasyonlar sonucu yol kaplamaları ve istinat duvarlarındaki ayrılmalar



Şekil 4.16 Gaziantep İslâhiye ilçesi Fevzipaşa 3. Etap TOKİ konutları dolgu şevde yanal deformasyonlar sonucu istinat duvarlarındaki ayrılmalar



Şekil 4.17 Gaziantep İslâhiye ilçesi Fevzipaşa 3. Etap TOKİ konutları taş duvar hasarları



Şekil 4.18 Gaziantep İslâhiye ilçesi Fevzipaşa 3. Etap TOKİ konutları taş duvar hasarları



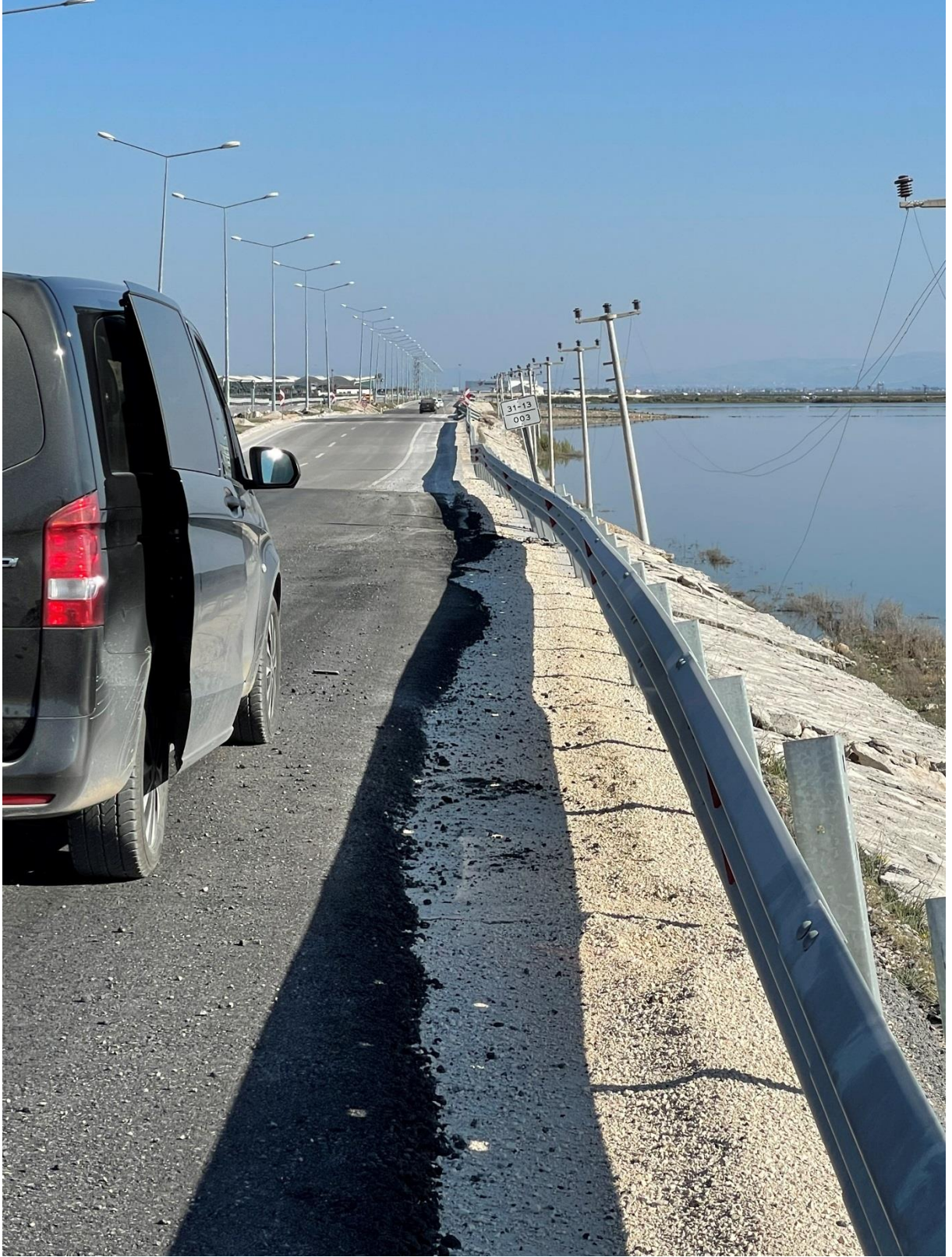
Şekil 4.19 Gaziantep İslâhiye ilçesi merkezinde faya 500 metre mesafedeki bir toprakarme duvar. Herhangi bir deformasyon ölçülmemiştir.



Şekil 4.20 Gaziantep İslâhiye ilçesi Fevzipaşa mahallesi girişi bölünmüş stabilize edilmiş yol yarmalarında çatlaklar



Şekil 4.21 Gaziantep İslâhiye ilçesi Fevzipaşa mahallesi girişi bölünmüş stabilize edilmiş yol yarmalarında çatlaklar



Şekil 4.22 Hatay havalimanı erişim yolu dolgusu stabilite sorunları (yanal yayılmalar)



Şekil 4.23 Hatay havalimanı erişim yolu dolgusu stabilite sorunları (yanal yayılmalar)



Şekil 4.24 Hatay havalimanı erişim yolu dolgusu stabilite sorunları (yanal yayılmalar)



Şekil 4.25 Hatay ili Altınözü ilçesi Tepehan köyü zeytinlik alandaki çöküntüler



Şekil 4.26 Kahramanmaraş kuzey çevreyolu kaya kütle yenilmesi



Şekil 4.27 Kahramanmaraş kuzey çevreyolu kaya kütle yenilmesi yakından görünümü

Adıyaman'dan Hatay'a kadar fay hattı boyunca yapılan gözlemlerde deprem sonrası fay atımları yatayda 4 metreye kadar, düşeyde ise 1 metreye kadar gözlemlenmiştir. Yumuşak kil tabakalı bölgelerde sismik aktivite nedeni ile yanıl deformasyonlar oluşmuştur. Bu deformasyonlar üst ve altyapıda hasarlara sebebiyet vermiştir. Adıyaman ili Gölbaşı ilçesinde göle doğru kademeli hareketler gözlemlenmiş, İlçe genelinde yol kaplamalarında tabakalar halinde batı istikametinde ayrılmalıl tespit edilmiştir. Şehir stadı gibi geniş alanlarda bu tür deformasyonlar daha bariz şekilde görüntülenmiştir. Hatay Havalimanı binası bahçesi ve otopark alanında 1 metreye varan sıvılaşma kaynaklı oturmalarla rastlanmıştır (Şekil 4.28-4.39).



Şekil 4.28 Adıyaman ili Gölbaşı ilçesi Balkar mahallesinde gözlemlenen fay yanal atımı 3,7 metre



Şekil 4.29 Gaziantep İslâhiye ilçesi Türkbahçe mahallesi fay atımı dolayısı ile yolda deformasyonlar



Şekil 4.30 Adıyaman Gölbaşı ilçesi Balkar Mahallesi fay kırığının oluşturduğu deformasyon



Şekil 4.31 Gaziantep İslahiye ilçesi fay atım dolayısı ile oluşan zemin deformasyonu



Şekil 4.32 Gaziantep İslâhiye ilçesi Türkbahçe mahallesi civarı fay atımı dolayısı ile yoldaki deformasyonlar



Şekil 4.33 Adıyaman Gölbaşı ilçesi yol dolgusu heyelanı nedeni ile demiryolundaki deformasyonlar



Şekil 4.34 Adıyaman Gölbaşı ilçesi yumuşak kil tabakada yanal deformasyonlar



Şekil 4.35 Adıyaman Gölbaşı ilçesi yumuşak kil tabakadaki yanal deformasyonlar sonucu demiryolu hattının altının boşalması



Şekil 4.36 Adıyaman Gölbaşı ilçesi yumuşak kil tabakadaki yanıl deformasyonlar sonucu demiryolu altında boşalmalar



Şekil 4.37 Adıyaman Gölbaşı ilçesi yumuşak kil tabaka yanıl deformasyonlar (göle doğru)



Şekil 4.38 Adıyaman Gölbaşı ilçesi şehir stadındaki yanal deformasyonlar



Şekil 4.39 Hatay havalimanı binası bahçesindeki sıvılaşma kaynaklı oturmalar (yaklaşık 1 metre)

BÖLÜM 5: YAPILAR HAKKINDA DEĞERLENDİRMELER

Kahramanmaraş merkezli ve 11 ili etkileyen depremler de oluşan hasarlar incelendiğinde, daha önce ülkemizdeki depremlerden dolayı oluşan hasar şekilleri ve yapısal kalitesizlikler benzerlik göstermektedir. Yapının tasarım aşamasından, inşaatın tamamlanmasına kadar birçok süreçte hatalar yapıldığı, depreme dirençli yapılar oluşturulamadığı, kötü malzeme, kötü işçilik, yapı projesine uymama, denetimsizlik ve ihmallerin çoğunlukta olduğu, güvensiz yapılar ortaya çıktığı görülmüştür.

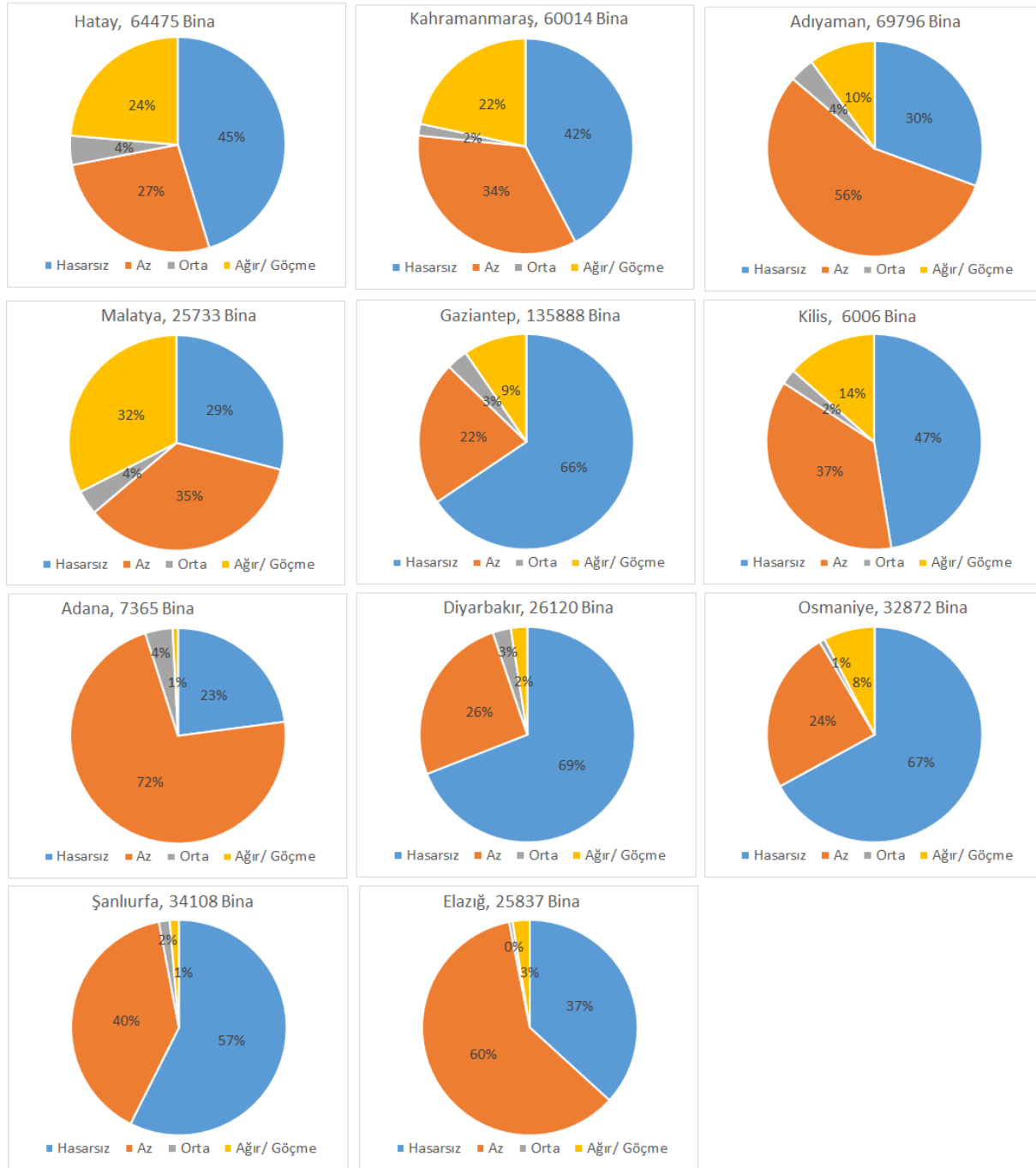
Depremlerde hasar gören ve göçen binaların şehir merkezlerinde genellikle betonarme karkas olduğu, kırsal yerleşim alanlarda genellikle karma ve kısmen yığma yapılar olduğu gözlenmiştir.

11 ilde 6 Şubat 2023 $M_{7,7}$ ve $M_{7,6}$ şiddetindeki depremler ve daha sonrasında gerçekleşen 20 Şubat 2023 $M_{6,4}$ Hatay, Samandağı depremleri sonrasında yaklaşık olarak 1 milyon 840 bin bina etkilenmiştir. Şekil 5.1’ de 6 ve 20 Şubat 2023 tarihlerinde meydana gelen depremler sonrasında toplam hasar yüzdeleri Şekil 5.1’ de verilmiştir.



Şekil 5.1 6 ve 20 Şubat 2023 depremleri sonrasında meydana gelen hasar yüzdeleri

Şekil 5.2’ de ise her il bazında ODTÜ DMAM (2023) raporunda verilen ve T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 16 Şubat 2023 verileri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Hasar tespit çalışmaları devam etmektedir ve meydana gelen yeni artçıların bu hasar durumu grafiklerini değiştirmesi muhtemeldir.



Şekil 5.2 6 ve 20 Şubat 2023 depremleri sonrasında meydana gelen il bazında hasar yüzdeleri (16 Şubat 2023 Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı hasar tespit web sayfası ve ODTÜ DMAM (2023) Tablo 5.1 dikkate alınmıştır.)

5.1 Betonarme Yapılarda Görülen Problemler

Betonarme, betonun ve donatı çeliğin birlikte kullanıldığı, malzemelerin ayrı ayrı özellikleri kadar birlikte gösterdikleri performansın da önem arz ettiği kompozit bir sistemdir. Deprem sonrasında hasar görmüş yapılar incelendiğinde, betonarmeyi oluşturan hem betonda hem de donatı çeliğinde belirli kusurların ortaya çıktığı gözlenmektedir. Yıkıma sebep olan malzeme kusurlarının daha iyi anlaşılması ve potansiyel etkilerinin de ortaya konulmasında fayda bulunmaktadır. Betonarme her ne kadar betonun basınç gerilmelerini, çelik donatıların ise çekme gerilmelerini taşıdığı ve sünekliği sağladığı bir sistem olarak özetlenebilse de beton ve donatı çeliği arasındaki aderansın da betonarmenin tek bir malzeme olarak bütünlük içinde çalışması için yeterli seviyede oluşması gereklidir. Aderans donatı ile beton ara yüzeyinin kesme dayanımı olarak ifade edilebilir ve betonun çekme dayanımına, donatı çeliğinin akma dayanımına, geometrisine, yüzey özelliklerine ve beton içerisinde gömülme durumuna bağlıdır.

Beton ve Agregat Problemleri

Bilindiği üzere beton tasarımı ve üretiminde beton hacminin %70-75'ini agregalar oluştururken, su ve çimento karışımı olarak tanımlanabilen çimento hamurunun her bir agreganın etrafını kaplaması ve agregalar arasındaki boşlukları da doldurması beklenir. Her ne kadar hazır beton kullanımı ile beton kalitesinde genel bir artış söz konusu olsa da, özellikle eski yapılardaki betonlarda, bütünlüğünü bozacak, beton agregası olarak kullanılmaya uygun olmayan boyutta ve şekilde parçaların yer aldığı görülmektedir (Şekil 5.3). Bu durumda oluşan kompozit beton olarak adlandırılmayacağı gibi betondan beklenen performansı göstermesi de mümkün olmamıştır. Ayrıca iri parçaların segregasyona ve bal peteği yapısında boşluk oluşumuna sebep olduğu da aşikardır. Yalnızca sürekli bir agrega gradasyonu ve düşük su/çimento ile ekonomik, aynı zamanda dayanımı ve durabilitesi yüksek bir beton elde etmek mümkündür. Diğer taraftan daha yeni yapılarda da beton kaynaklı hasarla karşılaşmaktadır. Hasarın ise agrega gradasyonundan ziyade yüksek su muhtevası kaynaklı olduğu, betonun üretimi veya dökümü sırasında tasarımında belirlenmiş olandan daha fazla su kullanıldığını düşündürmektedir. Bu durum sadece düşük basınç dayanımına değil, aynı zamanda donatı ve beton arasında düşük bir aderansa da sebebiyet vermiştir. Bunun sonucu olarak da donatı ile beton arasında gerilme iletimi sağlanamadığı için donatıları sağlam ama betonu hasar almış yapı elemanlarına rastlanmaktadır. Ayrıca, betonun yeterince sıkıştırılmamasından kaynaklı boşluklar da gözlenmektedir. Segregasyon betonu oluşturan

malzemelerin üniform dağılım göstermeyecek biçimde birbirinden ayrışması olarak ifade edilebilirken, özellikle kolon ve perde gibi yapı elemanlarının alt ve üst kısımlarında hedeflenen beton performansına ulaşılmasına sebep olabilir.

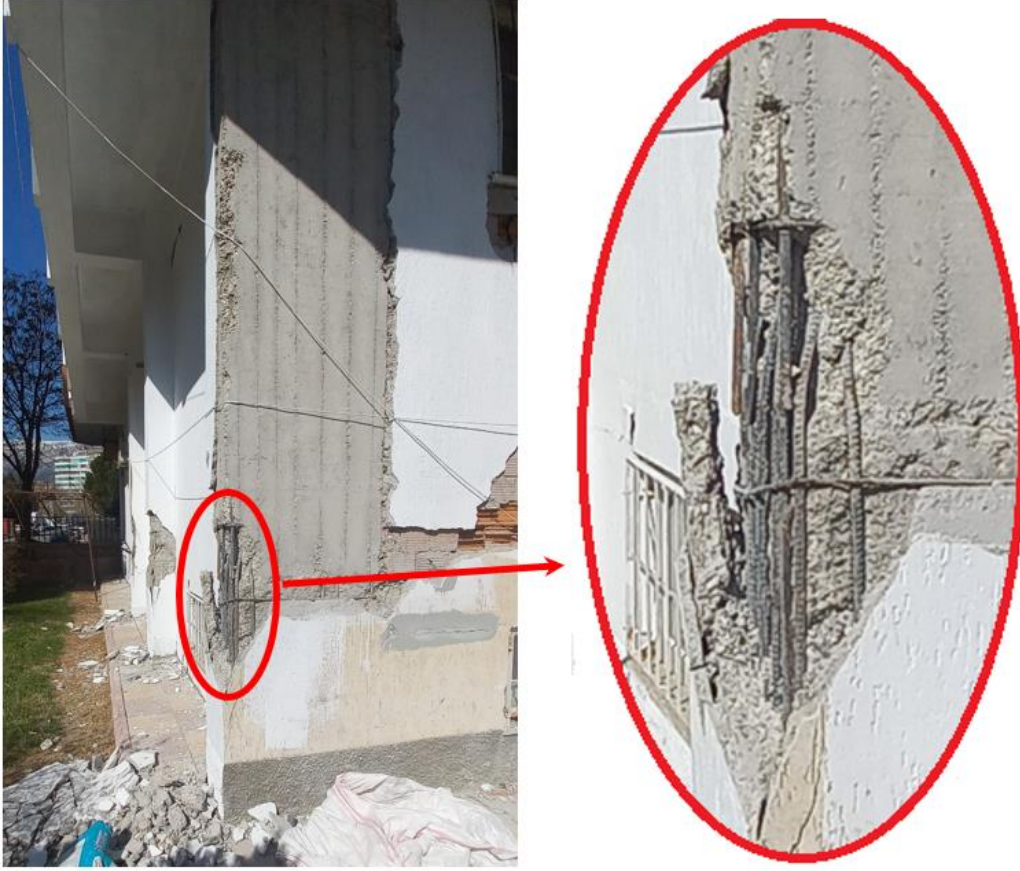


Şekil 5.3 Betonda kullanılan iri malzeme a,d) Kahramanmaraş b) Gölbaşı c,e) Hatay

Donatı problemleri

Depremden etkilenen 11 ilde, 2000 yılı öncesi yapılan yapılarda, çoğunlukla düz yüzeyli donatı, bazen düz yüzeyli ve nervürlü donatı birlikte kullanıldığı görülmüştür. Kahramanmaraş merkezde 5 katlı bir yapının temel ve üst kat donatıları Şekil 5.4' te gösterilmiştir. Temelden gelen donatı nervürlü olmasına rağmen, üst katlar için düz yüzeyli donatı kullanılmıştır.

Segregasyon ve beton boşlukları, nihayetinde oldukça kritik öneme sahip bu noktalarda düşük dayanıma ve yetersiz aderansa sebebiyet vererek, donatıların sıyrılması ile hasar oluşmasına sebep olmuştur (Şekil 5.5). Donatı sıyrılması düz donatı kullanılan hasar görmüş eski yapılarda yoğun biçimde gözlenmiştir. Nervürlü donatı kullanılan daha yeni bazı yapılarda ise, özellikle kolonların üst ve alt kısımlarında, boyuna donatıda belirgin bir deformasyon oluşmadan kopma meydana geldiği gözlenmiştir. Betonarmede kullanılan çelik donatılarında, donatı türüne bağlı olarak gerekli akma dayanımına sahip olmasının yanı sıra, bu tarz bir kırılmayı engellemek ve yapı elemanlarına süneklik kazandırmak için deformasyon kapasitesinin yüksek olması gerekmektedir. Bu kapasite ise çelik içerisindeki demir karbon oranı ve çeliği haddelenme işlemine bağlı olarak değişmekle birlikte, donatının sağlaması gereken değerler standartlarda verilmiştir. Bu durumda gözlenen düşük deformasyonlu kırılmanın, kullanılan çeliğin standartlarda belirtilen şartlara haiz olmadığına işaret etmektedir.



Şekil 5.4 Düz ve nervürlü donatının birlikte kullanılması



Şekil 5.5 Beton- donatı sıyrılması problemi

Yer yer beton üretiminde deniz kumunu agrega olarak kullanımıyla karşılaşılmaktadır. Deniz kumu, içerisinde bulunan klor ve sülfat iyonlarında ve zayıf noktalar oluşturabilecek deniz kabuğu benzeri cisimlerden dolayı betonarme yapılarda doğrudan kullanılmaya uygun değildir. Klor, donatının hızlı bir şekilde korozyona uğramasına sebep olurken, sülfat iyonları sülfat atağı yoluyla betonun dayanım kaybetmesine sebep olur. Korozyona uğramış çeliğin hacmi artarak üzerindeki pas payı tabakası dökülür ve nihayetinde atmosfere açık donatı daha hızlı korozyona uğramaya başlar (Şekil 5.6). Oksitlenme seviyesi arttıkça pas hacmi artarken çelik donatı kesiti hızla küçülür.

Nihayetinde hem toplam donatı alanı azalır hem de betonla aderans ortadan kalkarak sisteminin bütünlüğü zarar görür. Deniz kumu ancak potansiyel olarak zarar verici maddelerden arındırdıktan sonra uygun gradasyona sahipse betonarme yapı betonlarında kullanılabilir. Fakat deniz kumunun kullanıldığı betonlarda donatı korozyonun da gözlenmesi herhangi bir arındırma işlemi yapılmadığına işaret etmektedir.



(a)



(b)

Şekil 5.6 Beton ve Donatı problemleri a) Donatıda korozyon, Sargılama eksiliği ve Betonda segregasyon problemleri b) Etriye açılması problemi

Sargılama yetersizliği

Deprem bölgelerindeki yapılarda sıkça karşılaşılan problemlerden biri etriyelerin yanlış uygulanmasıdır. Kolon ve kiriş uç noktalarında çoğunlukla etriye sıklaştırmaları yapılmamış ve mevcut etriye kancaları da 135 derece bükülmemiş durumdadır (Şekil 5.6 ve Şekil 5.7). Deprem sırasında betonarme elemanda etriye aralıkları yetersiz ise ve/veya kancalar 135 derece bükülmemiş ise etriyeler açılarak boy donatı çubukları burkulabilmektedir. Şekil 5.4a’da, Etriye sıklaştırmaları olmasına rağmen, 135 derece kanca yapılmadığından dolayı etriye açılması problemi ile sargılama etkisini kaybetmiş ve boy donatılarını burkulduğu görülmektedir. Şekil 5.7b’de is Antakya Rönesans Apartmanı kolonlarında yapılan etriyelerde 90 derece kanca yapıldığı görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 5.7 Etriye sargılama problemi problemi a) Kahramanmaraş özel hastane binası b) Antakya Rönensans Apartmanı

Yumuşak kat – Zayıf kat düzensizliği

Depremden etkilenen her ilde çoğunlukla ana cadde üzerinde yer alan binaların zemin katı genel olarak ticari amaçlı mekân olarak tasarlanmış, kat yükseklikleri fazla tutulmuş ve genellikle bölme duvarlar kaldırılmış ya da yapılmamıştır. Çok sayıda binanın bu katları yoğun hasar almış, birçok bina da bundan dolayı çökmüştür (Şekil 5.8).



(a)



(b)



Şekil 5.8. Yumuşak kat- Zayıf kat düzensizlikleri a) Kahramanmaraş Azerbaycan Bulvarı deprem öncesi görüntüsü, b) Deprem sonrası görüntüsü c) Gölbaşı yumuşak kat problemi d) Gölbaşı zayıf kat problemi

Zayıf kolon, Güçlü kiriş oluşumu

Çoğunlukla rastlanan tasarım hatalarından biri de kirişlerin kolonlardan güçlü olmasıdır. Yıkılan hemen her binada plastik mafsallar kolonlarda oluşmuş, bu nedenle de binalar ağır hasar almış veya yıkılmıştır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 Zayıf kolon, güçlü kiriş problemi a) Kahramanmaraş, b) Gölbaşı

Kısa kolon problemleri

Binalarda genellikle bodrum kat pencereleri, kolonun iki yanına belirli bir seviye duvar örülerek ve üst tarafı boşluk bırakılarak yapılmaktadır. Kolonun iki yanında bulunan dolgu duvarlar kolonun deformasyon yapmasını sınırlandırır. Ancak, üst tarafta bırakılan boşluk o bölgenin rijitliğinin azalmasına, bu sebeple de kolonun o bölgede daha fazla deformasyon yapmasına sebep olur. Kolonlar iyi tasarlanamadığı takdirde, oluşan yanal deplasmanlar, kolonlarda kesme çatlaklarının oluşmasına ve yapının hasarlanmasına sebep olmaktadır. Deprem bölgelerinde kısa kolon etkisinden dolayı hasar alan çok sayıda yapı gözlemlenmiştir (Şekil 5.10).



(a)



(b)

Şekil 5.10 Kısa kolon problemi a) Kahramanmaraş, b) Gaziantep-İslahiye

Bitişik nizam yapılarda çekiçleme problemi

Bölgede aralarında deprem derzi olmayan çok sayıda bitişik binalar mevcuttur. Farklı yükseklikte ve farklı kat seviyelerinde bitişik nizam yapılar oldukça fazla gözlemlenmiştir. Farklı bina yüksekliklerine sahip bitişik nizam yapılar farklı periyotlarda salınım yapmakta ve çekiçleme etkisinin şiddetinin artmasına neden olabilmektedir. Yapılar arasındaki kat seviyelerinin farklı olması durumunda, bir yapının döşemesi, komşu binanın kolon ortasına çekiçleme etkisi ile kesme hasarları vererek yapının ağır hasar almasına sebep olmaktadır. Şekil 5.11 de çekiçleme etkisi ile hasar gören yapılar görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 5.11 Çekiçleme problemi a) Kahramanmaraş, b)Antakya-Hatay

Taşıyıcı olmayan duvar hasarları

Taşıyıcı olmayan dolgu duvarlar genellikle tuğla ve briket olarak ağırlık göstermektedir. Kullanılan briket duvarların çerçeveselendiği kolon ve kirişlerde göçme mekanizmasını değiştirdiği gözlemlenmiştir. Kuvvetli briket duvarlar kolonlarda ve kirişlerde kesme kuvvetlerinde artışa ve mafsallaşmanın artmasına sebep olmaktadır. Özellikle 2000 yılı öncesi yapılan briket duvarlı binalarda gözlemlenen en büyük problemin kolon-kiriş birleşim bölgelerinin de donatı sargılarının yetersiz olması ve duvarların kuvvetli olmasından dolayı kiriş kolon mafsallaşması yerine birleşim bölgelerinde mafsallaşmanın görülmesidir (Şekil 5.12e). Dolgu duvar hasarları hem düzlem içi hem de düzlem dışı olarak gözlemlenmiştir (Şekil 5.12).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 5.12 Duvar hasarları a) Düzlem içi hasarlar (K.Maraş) b) Düzlem dışı hasarlar (K.Maraş) c) İslahiye (Fevzipaşa) d)İskenderun e) Antakya

Tamamen yıkılan binalar

Yıkılan binaların büyük çoğunluğunda yumuşak kat problemi görülmekte ve 2000 yılı öncesi binalarda kuvvetli giriş zayıf kolon tasarımına bağlı göçme mekanizmaları ağırlıklı görülmektedir. Kullanılan beton kalitesinin kötü, agregaların yuvarlak dere malzemesi ve donatıların ise hem korozyona uğraması hem de etriye aralıklarının yetersiz ve düz/ nervürlü donatıların birlikte kullanılması göçme mekanizmalarının oluşmasına neden olmuştur. Yıkılan binalarda gözlemlenen en büyük olumsuz özelliklerden biri ise ağır çıkımların bulunmasıdır. Şekil 5.13’ te tamamen yıkılan binalara tipik örnekler verilmiştir. Şekil 5.13’ te Gölbaşı mevkiinde zemin sıvılaşması sonrası M 7,6’lık ikinci sarsıntıdan sonra tamamen devrilen bina verilmiştir.



Şekil 5.13 Tamamen yıkılan binalar

Hasar almayan binalar

2000 yılından sonra yapılmış, perdeli çerçeve sistemli yapıların depremde gösterdikleri performans 2000 yılı öncesinde inşaa edilen binalara göre daha iyi performans göstermiştir. Daha çok taşıyıcı olmayan tuğla duvarlarda hasarlar oluşmuştur. Şekil 5.14a'da Kahramanmaraş, Onikişubat mahallesinde yapılan yüksek katlı yapılarda oluşan tuğla duvar hasarları görülmektedir. Gaziantep İslahiye'de tünel kalıp sistemi ile yapılan TOKİ binaları da depremde hasarsız/ az hasarlı oldukları gözlemlenmiştir. 2018 sonrası yürürlüğe giren yönetmelik çerçevesinde inşa edilen ve yıkılan bina sayısı da azımsanmayacak kadar çoktur.



(a)

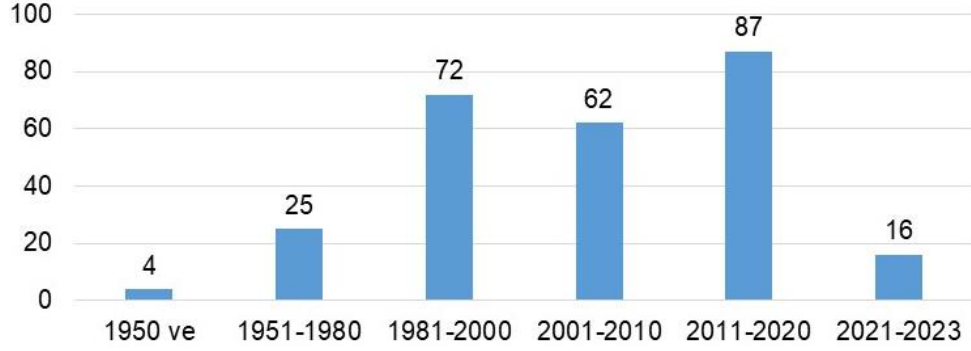


(b)

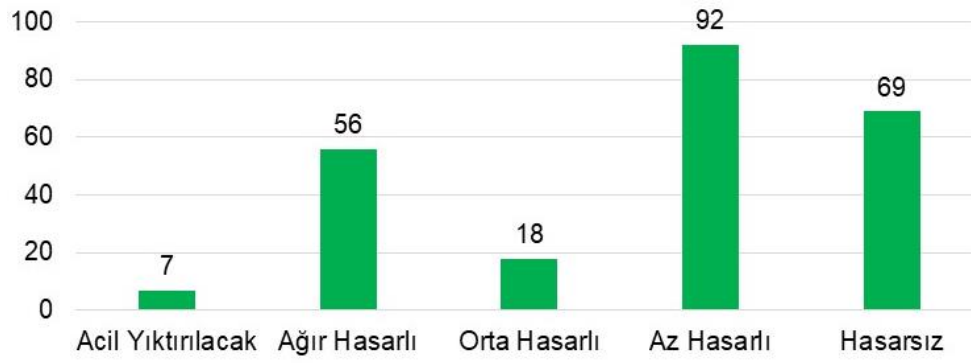
Şekil 5.14 Hasarsız veya Az hasarlı yapılar a) Kahramanmaraş Onikişubat mahallesi, b) İslahiye TOKİ binaları

5.2 Karma veya Yığma Yapılarda Görülen Problemler

Karma veya yığma yapı stoğu için Kahramanmaraş ilinin Onikişubat ilçesine bağlı Bulutoğlu mahallesinde hasar tespit incelemeleri yapılmıştır. Toplam 265 binadan 242 tanesi incelenmiştir. Yapıların çoğunlukla iki katlı, alt katın taş yığma yapı ve hayvan barınakları olarak kullanılmakta olduğu, üst katın ise betonarme düşey ve yatay elemanlar kullanılarak oluşturulmuş karma yapıları sistemler olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanında tamamen yığma kerpiç/ taş yapılar ve tamamen betonarme çerçeve binalar da mevcuttur. Şekil 5.15 ve 5.16' da Bulutoğlu Mahalle sınırları içinde bulunan yapıların yapım yılı ve hasar durumuna ait veriler verilmiştir.



Şekil 5.15. Kahramanmaraş, On İki Şubat İlçesi, Bulutoğlu mahallesinde bulunan yapı stokunun yapım yılı aralığı



Şekil 5.16. Kahramanmaraş, Oniki Şubat İlçesi, Bulutoğlu mahallesinde bulunan yapı stokunun hasar tespit dağılımı

Bölgede bulunan yığma yapıların çoğunluğu donatılı yığma dediğimiz duvarlar örüldükten sonra kolonların betonunun döküldüğü bir yöntem ile yapılmıştır. Büyük çoğunluğunda temel bulunmamaktadır. Temel bulunmayan tek katlı yapılarda ağır hasarlar gözlemlenmiştir. Şekil 5.17’de ağır hasar almış bir yığma yapı görülmektedir. Yapının alt katında bulunan taş duvarlarda ayrışmalar ve yıkılmalar meydana gelmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.17 Ağır hasarlı yığma yapı

5.3 Tarihi Yapı ve Cami Yapılarında Görülen Problemler

Şazibey Camii (K.Maraş)

Şazibey Camisinin eski minaresi güçlendirme yapılan kenetin üst kısmından yıkılmıştır. Yapılan yeni minarede hasar bulunmaktadır. Caminin giriş duvarında derin kesme eğilme çatlakları mevcuttur.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.18 Şazibey Camii

Arasa Camii (K.Maraş)

Arasa Camii en son geçirdiği 2010 sonrası restorasyon ile ahşap cephe taş ile kaplanmış ve yapısal bir bütünlük elde edilmeye çalışılmıştır. Meydana gelen M 7,7 ve M 7,6 büyüklüğündeki Kahramanmaraş depremleri ve M 6,4 büyüklüğündeki Hatay depremi ve çeşitli büyüklüklerdeki artçı depremlerden sonra 2010 sonrası restorasyon gören cephede (Şekil 15.19a ve c) yıkılmalar

mevcuttur. Diğer duvar cephelerinde de duvarlarda taşlar arasında 10 mm'den büyük ayrışmalar ve yıkılmalar mevcuttur. Yapının içine girilememiştir ancak yapısal hasar mevcut olduğundan ağır hasarlıdır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.19. Arasa Camii

Fatih Sultan Mehmet Han Camii (Türkoğlu)

Fatih Sultan Mehmet Han Camisine ait minare yıkılmıştır. İçine girilememiştir. Dış duvarlarda genel durumun iyi olduğu gözlemlenmiştir.



(a)



(b)

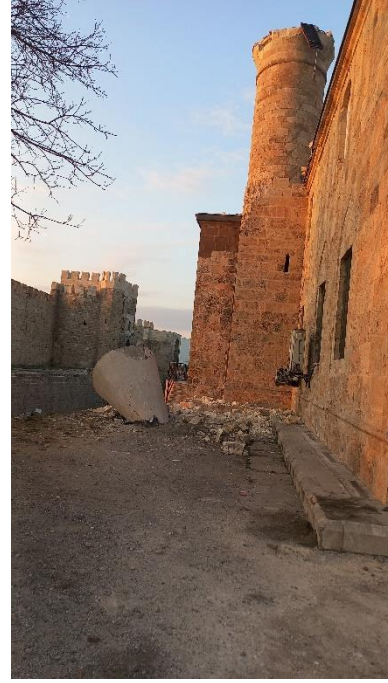
Şekil 5.20 Fatih Sultan Han Camii

Payas Sokullu Mehmet Paşa Külliyesi ve kale (İskenderun)

Yapıda gözlemlenen hasar bölgedeki diğer yapılara göre daha azdır. Cami'ye ait minare yıkılmıştır. Dükkânların bulunduğu iç kısım giriş kapısında kesme çatlakları gözlemlenmiştir. Yapı M7,7, M7,6 Kahramanmaraş ve M6,4 Hatay depremlerinden sonra incelenmiştir. Kale kısmında bir hasar gözlenmemiştir. Külliye önündeki hamam kullanımdadır.



(a)



(b)

Şekil 5.21 Fatih Sultan Han Camii

Rum Ortodoks Kilisesi (İskenderun)

İskenderun Rum Ortodoks Kilisesinin ön cephesi yıkılmış ve Çan kuleleri ağır hasar almıştır. Cephedeki yıkılma yapının üst katlarında gözlemlenmiştir. Yapı M7,7, M7,6 Kahramanmaraş ve M6,4 Hatay depremlerinden sonra incelenmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 5.22 Ortodoks kilisesi

Macunzus Kilisesi (Mar Circos (Saint Corc)) (İskenderun)

Macunzus Kilisesinin genel durumu iyidir. Yapının arkasında bulunan camekânlı kısımda hasar vardır ve dış duvar tonoz birleşiminde ayrışma mevcuttur. Yapı M7,7, M7,6 Kahramanmaraş ve M6,4 Hatay depremlerinden sonra incelenmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.23 Macunzus kilisesi

BÖLÜM 6: SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

- 1) Önceki çalışmalarda belirtildiği gibi Doğu Anadolu Fay Zonunun tektonik olarak aktif bir döneme girdiği, orta, büyük şiddette deprem üretme potansiyelinin devam ettiği düşünülmektedir.
- 2) Doğu Anadolu Fay Zonu ile ilişkili Karlıova Fayı, Yumurtalık Fayı, Karataş Fayı, Ölüdeniz Fayı ve Kıbrıs Dalma Batma zonlarının gerilim yüklendiği ve büyük deprem üretme riskinin daha da arttığı düşünülmektedir.
- 3) Fay kırığı ve faya bağlı gelişen genleşme çatlakları hem zeminde hem de binalarda kesme tipi deformasyonlara ve yıkımlara neden olduğu tespit edilmiştir.
- 4) Her iki depremde kaydedilen yaklaşık 450 deprem kaydı incelendiğinde bazı kayıtlarda anlık yüksek hız ve yer-değiştirmeye neden olan yakın fay etkisi gözlenmiştir. Bu durumdan dolayı oluşan kuvvetli yer sarsıntıları neticesinde faya yakın bölgelerde diğerlerine nispeten yıkımlar daha fazla olmuştur. Yapıların tasarımında bunun göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Yakın fay etkisi yönetmeliklerde dikkate alınmalıdır.
- 5) Elbistan ve Hatay'da bulunan istasyonlardan elde edilen veriler doğrultusunda, kaydedilen spektral ivme değerlerinin, yönetmeliklerin öngörmüş olduğu spektral ivme değerlerinin 2-3 katına çıktığı tespit edilmiştir. Deprem yönetmeliğindeki spektral ivme değerleri özellikle yüksek periyotlarda güvensiz tarafta kaldığı görülmüştür. Zemin tipi ve yeraltı geometrisinden buna neden olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle Yönetmeliklerde iyileştirmelere gidilmelidir.
- 6) Büyük depremler ve artçıları neticesinde, Adıyaman-Gölbaşı, Kahramanmaraş-Türkoğlu, Hatay-İskenderun-Antakya bölgelerinde gevşek ve yeraltı suyunun yüksek olduğu zeminlerde oturmalar meydana gelmiştir. Kum kaynamalarının olduğu bölgeler bu oturmaların sıvılaşma kaynaklı olduğuna işaret etmektedir. Bazı yumuşak kil ve turba zeminin bulunduğu bölgelerde de benzer oturmalar tespit edilmiş olup bunların sıvılaşma kaynaklı olup olmadığının araştırılması gerekmektedir.
- 7) Bölgede fore kazık ve jet-enjeksiyonla zemin iyileştirilmesi yapılan yerler bulunmaktadır. Bu uygulamaların bazıları zemin oturmalarını makul seviyelere indirirken, bazıları ise amaca hizmet edememiştir. Bu yüzden, yerinde ayrıntılı çalışmalar yaparak, iyileştirme yöntemlerindeki proje ve uygulama hataları detaylı olarak incelenmelidir.

- 8) Saha incelemelerde hasarların özellikle havza geometrisine sahip bölgelerde ve alüvyonel zeminlerde yoğunlaştığı gözlenmiştir. Kayalık ve yamaç alanlarda yıkımın daha az sayıda olduğu tespit edilmiştir. Yeni yerleşim alanlarının planlamasında bu durumun olabildiğince göz önünde tutulması gerekmektedir.
- 9) Yıkıma sebep olan hatalar proje kaynaklı olabileceği gibi malzeme ve uygulama eksikliklerinden de kaynaklanabilmektedir. Özellikle hazır beton kullanılmadan, uygunsuz boyutlarda agrega içeren kötü beton uygulamalarının nervürsüz düz donatı kullanımı ile birlikte betonarme yapılarda hasar oluşumunda etkin olduğu görülmektedir. Bu hataların gözle görünmeyen boyutunda ise inşaat sektöründe ehil olmayan kişilerin imalatla söz sahibi olması bulunmaktadır. Hazır beton kullanımı ile betonla ilgili potansiyel sorunlar azaltılmış olmasına rağmen hazır beton kullanılması durumunda bile istenilen dayanım değerlerine ulaşmakta sorunlar yaşandığı görülmektedir. Bu sorunların kaynağı olarak muhtemel kötü beton tasarımına ilave olarak taze betonun daha kolay yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve yüzeyinin düzeltilebilmesi için beton karışımının su muhtevasının ehil olmayan kişilerce arttırılması akla gelmektedir. Bu bağlamda, beton üretiminin beton santralinde ve hatta daha öncesinde başlayıp nihayetinde sertleşmiş betonun bir yapı elemanı içerisinde gerekli dayanıma ulaşması ile sonlanan ve kür şartları yerine getirildiği sürece devam eden, birçok tarafın bir arada yer aldığı bir süreç olduğu dikkate alındığında bu sürecin konunun uzmanı İnşaat Mühendisleri tarafından yönetilmesinin sağlanması büyük önem taşımaktadır.
- 10) 2000 yılı öncesi yapılarda hazır beton olmamasından kaynaklı agrega gradasyonunun kötü olması, büyük taneli agregaların kullanılması ve segregasyon problemlerinin olması, beton kalitesinin düşük olmasına neden olmuştur. Ayrıca yapılarda çoğunlukla düz yüzeyli donatılar kullanılması, yetersiz pas payı olması ve dolayısıyla korozyon problemlerinin olması, beton-donatı aderansının zayıflamasına ve deprem sırasında donatının betondan sıyrılmasına neden olmuştur.
- 11) Yapısal hasarlı binalarda görülen en önemli sorun, özellikle kolon ve kirişlerin uç bölgelerinde yetersiz etriye kullanılması ve /veya kullanılan etriyelerin kanca detayları 135 derece olmamasıdır. Yetersiz sargılama sonucu, etriyelerin açılarak, boy donatılarının burkulması sonucu oluşan hasarlar gözlemlenmiştir.

- 12) Hasarsız veya az hasarlı yapılar incelendiğinde, betonarme perde duvarların yapıya gelen taban kesme kuvvetlerinin büyük bir bölümünü karşıladığı, sistemin tamamen göçmesini engellediği gözlemlenmiştir.
- 13) 2000 yılı sonrasında yönetmelik şartlarına uygun olarak yapılmış binalarda da dahi görülen göçme mekanizmalarının ve ağır hasarların en büyük sebebi, özellikle alt katı ticari amaçlı kullanılan birçok yapıda, asmolen döşeme kaynaklı dahil yumuşak kat oluşumu ile kısa kolon etkisi tespit edilmiştir.
- 14) Kırsal alanlarda bulunan mühendislik hizmeti görmemiş yığma yapılarda taşlar arasında kullanılan çamur bazlı bağlayıcı etkisini yitirmiş ve deprem etkilerine karşı duvarlarda ayrışmalar ve yer yer göçmelere neden olmuştur. Kırsal alanda bulunan betonarme yapılarda da uygulama problemleri gözlemlenmiştir.
- 15) Tarihi yığma yapılarda da duvar hasarları gözlemlenmiştir, kemer ve kubbe kısımlarda çatlaklar görülmüştür. Antakya bölgesinde bulunan tarihi yapıların büyük çoğunluğu tamamen yıkılmıştır. Kahramanmaraş'ta bulunan tarihi yapılar orta ve ağır hasarlı olduğu gözlemlenmiştir. Yıkılmayan ama ayakta olan ağır hasarlı tarihi yapılarda; duvarlarda ayrışmalar, dış cephe duvarlarında üst kısımlarda ayrışarak lokal dökülmeler görülmüştür. Camilerin büyük çoğunluğunda minarelerin göçtüğü ya da ağır hasar aldığı tespit edilmiştir. Camiye bitişik yapılan minarelerde ana yapıda da hasarlar gözlemlenmiştir.
- 16) Tarihi yapılar içinde Mimar Sinan tarafından yapılan tarihi yapılar (Örnek olarak Payas Kalesi ve Sokullu Mehmet Paşa Külliyesi) yıkılan minaresi ve giriş kapısındaki çatlaklar dışında M6,4 şiddetindeki Hatay depremleri dahil ciddi bir hasar gözlemlenmemiştir. Doğru tasarlanmış ve mühendislik bilgisiyle inşa edilen yığma yapılarında asırlar boyunca ayakta kalmasının kanıtı niteliğindedir.
- 17) Yapılan tüm gözlemler ve değerlendirilmeler sonucunda, deprem tehlikesi bulunan bölgeler başta olmak üzere, mevcut ve yeni planlanacak yerleşim alanlarının risk haritasının oluşturulmasının önemi ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda, risk haritasına esas mikrobölgeleme çalışmalarının mutlaka yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- AFAD (2023). 06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) ($M_w 7,7$) Ve Elbistan (Kahramanmaraş) ($M_w 7,6$) Depremlerine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu. Deprem Dairesi Başkanlığı. 12 s.
- Arpat, E. ve Saroglu, F., (1972). Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü. Ankara ss:44-50.
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F., (1975). Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar, TJK Bülteni, 18, 91-101.
- Bozkurt, E., (2001) Neotectonics of Turkey – a synthesis, Geodinamica Acta, 14:1-3, 3-30, DOI: 10.1080/09853111.2001.11432432
- Demirtaş, R., Erkmen, C., (2009). Doğu Anadolu Fay Sistemi Deprem Etkinliği- Gelecek Deprem Potansiyeli. <https://www.researchgate.net/publication/331772728>
- Demirtaş, R., Erkmen, C., (2023). Doğu Anadolu Fay Sistemi Diri Fayları ve Deprem Etkinlikleri Paleosismolojik Çalışmalar ve Gelecek Deprem Potansiyelleri
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F., (2013). Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası, Ölçek 1:1.250.000. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30, Ankara. ISBN: 978-605-5310-56-1
- Erkmen, C., Eravcı, B., Özaraç, V., Yaman, M., Tekin, B.M., Albayrak, H., Kuterdem, K., Aktan, T., Tepeuğur, E., (2009). Dogu Anadolu Fayı'nın Paleosismolojisi, Pilot Bölge : “ Türkoglu Gölbası Arası”,Proje Numarası: Tujjb-Udp-1-07. Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği, ulusal Deprem Programı, 93 s.
- Herece, E., (2003). Doğu Anadolu Fayı. Deprem ve Kentleşme. 23-24-25 Eylül 2003, TMMOB Jeoloji Müh.Odası yayınları 78, Konferans serisi 3.
- İmamoglu, M. S., (1993). Gölbası (Adıyaman)-Pazarcık-Narlı(K.Maras) arasındaki sahada Dogu Anadolu Fayı'nın Neotektonik incelemesi, Doktora Tezi, A.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- JMO (2023). https://www.jmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=16422&tipi=17&sube=0 (Erişim tarihi: 10.02.2023)
- Kim, Y.S., Peacock D., Sanderson, D.J. (2003). Mesoscale strike-slip faults and damage zones at Marsalforn, Gozo Island, Malta. Journal of Structural Geology 25(5):793-812.
- Korkmaz, H., (2001). Kahraman Maraş Havzasının Jeomorfolojisi. T.C. Kahraman Maraş Valiliği İl Kültür Müdürlüğü Yayınları No:3, 197 s.
- MTA (2023a). 06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) ($M_w 7,7$) ve Elbistan (Kahramanmaraş) ($M_w 7,6$) Depremleri Bilgi Notu. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı. 11 s.
- MTA (2023b). 20 Şubat 2023 Defne (Hatay) ($M_w 7,7$) Depremi Bilgi Notu. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı. 6 s.
- 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.
- Özacar, A. A., Uzel, B., Bozkurt, E., Sançar, T., Sopacı, E., Kaymakçı, N., Rojay, B., Gülerce, Z., Kıncal, C., Gregory, L., (2023). Bölüm 2: Bölgesel Tektonik ve Sismik Kaynak. Çetin, K.Ö., İlgaç, M., Can, G., Çakır, E (Eds) Preliminary Reconnaissance Report on February 6, 2023, Pazarcık $M_w=7.7$ and Elbistan $M_w=7.6$, Kahramanmaraş-Türkiye Earthquakes. ODTÜ Deprem Araştırma Merkezi. 16-23ss.

Saroglu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., (1992). The East Anatolian fault zone of Turkey. *Annales Tectonicae*, Special Issue-Supplement to volume VI, 99-125.

Sengör, A.M.C., Görür, N., Saroğlu, 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.