

Kahramanmaraş Türkoğlu İlçesinde Sıvılaşma Potansiyeli Değerlendirmeleri

Evaluations of Liquefaction Potential in Kahramanmaraş Türkoğlu District

Atakan C. DOĞAN¹, Burak ÇİFTÇİ¹, Nilüfer G. GÖREN¹, Nur S. YILDIRIM¹, Gökhan ŞAHİN¹,
Mustafa K. KOÇKAR¹

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Kahramanmaraş Türkoğlu ilçesindeki zemin sıvılaşma potansiyelinin, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş Depremleri sonrasında sahadan elde edilen gözlemlerle kıyaslanarak değerlendirilmesidir. İlk aşamada, depremlerin neden olduğu zemin sıvılaşması, buna bağlı zemin deformasyonlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler incelenmiştir. İkinci aşamada ise Türkoğlu ilçesinde daha önceden yapılan çalışmalardan elde edilen verilerle zemin sıvılaşma analizleri yapılmış ve bu sonuçlar, aynı bölgede deprem sonrasında sahadan elde edilen ve sıvılaşma ile ilişkilendirilen zemin deformasyon gözlemleriyle karşılaştırılarak incelenmiştir. Bu kapsamda deprem öncesinde yapılmış zemin etütlerine ait sondaj ve geoteknik laboratuvar verileri incelenmiş ve Türkoğlu ilçesinin farklı noktalarından elde edilmiş Standart Penetrasyon Deney sonuçlarının kullanılmasıyla sıvılaşma potansiyeli analizleri yapılmıştır. Analizlerde, sıvılaşma güvenlik katsayıları, sıvılaşma potansiyeli indeksi ve sıvılaşmaya bağlı oturmalar hesaplanmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlara bağlı olarak mikrobölgeleme haritaları oluşturulmuştur. Türkoğlu ilçesinde Kahramanmaraş Depremleri sonrasında yapılan inceleme çalışmalarının ve saha gözlemlerinin, bu çalışma kapsamında elde edilen analiz sonuçları ve mikrobölgeleme haritaları ile uyumlu olduğu belirlenmiş, zeminlerde sıvılaşmaya bağlı olarak oturma ve yanıl yayılma ile zemin yumuşamalarına bağlı deprem hasarları meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, zemin sıvılaşmasının bölgede etkili olduğunu göstermiş olup deprem etkisiyle gelişen deformasyonların zemin özellikleriyle ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, elde edilen sonuçların depremlere bağlı yapı temel tasarımı, deprem mühendisliği ve kentsel planlama gibi konularda dikkate alınarak kullanılması, benzer tehlike ve buna bağlı risklerin gelecekte minimize edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. İleriye dönük olarak, bu konuda daha kapsamlı ve derinlemesine araştırmaların yapılması, bölgedeki depreme karşı dirençliliğin artırılmasına önemli katkılar sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kahramanmaraş Depremleri, Sıvılaşma, Mikrobölgeleme, Türkoğlu

¹ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, Çankaya, Ankara, Türkiye,
atakandogan@hacettepe.edu.tr (Sorumlu yazar), burakciftci@hacettepe.edu.tr,
gizemgoren@hacettepe.edu.tr, sena.yildirim@hacettepe.edu.tr, gokhan.sahin@hacettepe.edu.tr,
mustafakockar@hacettepe.edu.tr

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the soil liquefaction potential in Kahramanmaraş Türkoğlu district by comparing the analysis results with field observations recorded after the Kahramanmaraş Earthquakes that occurred on February 6, 2023. In the first stage of the study, the methods used to determine and evaluate ground deformations and soil liquefaction caused by the earthquakes were examined. In the second stage, analyses were carried out in zones with liquefaction potential in the Türkoğlu district. The analysis results were evaluated by conducting a comparative review with observations of soil deformations associated with liquefaction obtained from the field after the earthquakes. In this context, borehole logs and geotechnical laboratory test results conducted before the earthquake were examined, and liquefaction potential analyses were performed based on the Standard Penetration Test results obtained from different locations in the Türkoğlu district. The analyses included the calculation of factors of safety against liquefaction, the liquefaction potential index, and settlement due to liquefaction. Furthermore, microzonation maps were created based on the results obtained. Soil investigations and field observations conducted in the Türkoğlu district after the Kahramanmaraş Earthquakes provided consistent results with the analyses and microzonation maps created within the scope of this study. It was determined that earthquake damage occurred due to softening, and lateral spreading and settlement occurred due to liquefaction. The results reveal the significance of soil liquefaction in the area and highlight the strong correlation between soil properties and earthquake-induced deformations. Accordingly, it is important to utilize the results obtained in subjects such as earthquake-resistant structural design, earthquake engineering, and urban planning to minimize similar hazards and related risks in the future. Additionally, more comprehensive and in-depth investigations on this subject will significantly contribute to increasing earthquake resistance in the district.

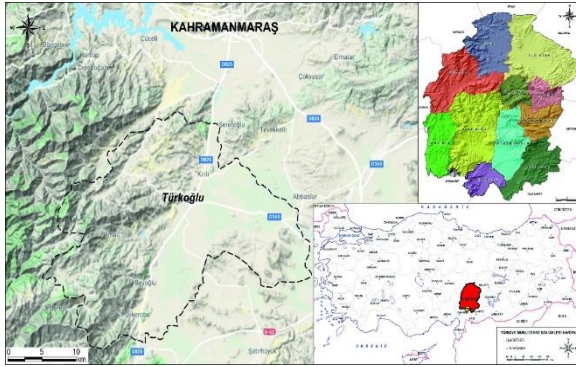
Keywords: Kahramanmaraş Earthquakes, Liquefaction, Microzonation, Turkoglu

1. GİRİŞ

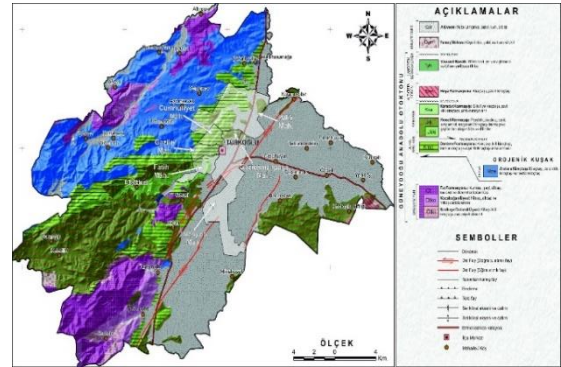
Türkoğlu ilçesi, Kahramanmaraş ilinin 22 km güneyinde yer almaktadır ve Kahramanmaraş'ın en küçük üçüncü ilçesidir (Şekil 1.(a)). Bölge, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri arasında bir konumda yer almaktadır. Kuzeyde Kahramanmaraş kent merkezi, güneyde Gaziantep iline bağlı Nurdağı, batı-güneybatısında Osmaniye iline bağlı Bahçe ve Düziçi, doğusunda ise Kahramanmaraş iline bağlı Pazarcık ilçeleri ile komşudur. İlçe morfolojik olarak %55 dağlık ve engebeli, %45 ise ova ve düz arazilerden oluşmaktadır (Şekil 1.(b)). Batı kesiminde fazla yüksek olmayan dağlık alanlar, doğu ve güney kesimlerinde ise ova ve düzlükler bulunmaktadır. Türkoğlu ilçesi, Kahramanmaraş depremlerinden etkilenmiş ve bu afet sonucunda bölgede büyük hasarlar meydana gelmiştir. İlçe, jeolojik yapısı ve zemininin özellikleri nedeniyle, özellikle alüvyon birimlerde sıvılaşma açısından yüksek tehlike ve buna bağlı riskler taşımaktadır. Bu bağlamda, Türkoğlu ilçesinin depreme dayanıklı yapılar ve zemin iyileştirme teknikleri açısından yeniden ele alınması gerektiği görülmektedir. Ayrıca, bu tür doğal afetlere karşı dirençliliği artırmak için bölgenin geoteknik özelliklerinin detaylı incelenmesi ve gerekli geo-mühendislik önlemlerinin alınması hayati önem taşımaktadır.



Çalışmanın amacı, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerine ilişkin olarak Kahramanmaraş'ın Türkoğlu ilçesinde zemin sıvılaşma potansiyeli değerlendirmelerinin deprem esnasında ortaya çıkan zemin hasarları ile ilişkili olup olmadığının araştırılmasıdır. İlk aşamada, depremlerin neden olduğu zemin sıvılaşması, buna bağlı sıvılaşma potansiyeli ve etkilerini belirleme yöntemleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında sahanın jeolojisi, geoteknik özellikleri, depremselliği, sıvılaşmanın nasıl oluştuğu, sıvılaşma potansiyeli ve sıvılaşma potansiyeli indeksi kavramları, sıvılaşmaya karşı dirençli örtü zemininin etkisi (kapak etkisi) konularında literatür taraması yapılarak ön değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışmada depremden önce ilçe merkezinde yapılmış olan zemin etütlerinden elde edilen sondaj verileri (Ozbek ve Kop, 2011) kullanılarak, ilçe merkezinde sıvılaşma potansiyeli analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda 20 m derinliğinde ve yeraltı su seviyeleri 2 ila 6 metre arasında değişkenlik gösteren 28 adet sondaj kuyusu verisi kullanılmıştır. Analiz sonuçlarından, sıvılaşma potansiyeli ve potansiyeli indeksi, sıvılaşmaya bağlı oturmalar hesaplanmış ve mikrobölgeleme haritaları oluşturulmuştur.



Şekil 1.(a). Türkoğlu ilçesinin yer aldığı lokasyon haritası



Şekil 1.(b). Türkoğlu ilçesinin jeoloji haritası (Ateş ve diğ., 2008)

2. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Bölgedeki sıvılaşma potansiyelinin araştırılması amacıyla, deprem sonrasında 2024 yılı Şubat ayı içerisinde ilçenin genelinde kapsamlı bir saha çalışması yapılmıştır. Bölgede yüzeyde sıvılaşma emaresi gözlemlenen alanlardan daha önceden yapılan sondaj çalışmalarına yakın olduğu düşünülen 3 noktada yüzeyden torba numune alınarak Hacettepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, zemin mekaniği laboratuvarına getirilmiş ve bu numunelerin indeks ve fiziksel özelliklerinin tayini yapılmıştır. Elde edilen bu numuneler Hacettepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda çeşitli laboratuvar testlerine tabi tutulmuştur (Şekil 2). Bu testler arasında özgül ağırlık (TS EN ISO 17892-3), dane boyu dağılımı (TS EN ISO 17892-4) ve su muhtevası (TS EN ISO 17892-1) ölçümleri bulunmaktadır. Dane boyu dağılımı deney sonuçlarına göre, ortalama özgül ağırlık değeri 2.62 ve ortalama su muhtevası değerleri ise %1.29 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca numunelerdeki ince daneli zemin miktarının %5'ten az olduğu ve plastik özellik taşımadığı (düşük olduğu) tespit edilmiştir.





Şekil 2. Hacettepe Ü. İnşaat Müh. Zemin Mekaniği Laboratuvarı, deney çalışmalarından görüntüler (2024)

3. SIVILAŞMA POTANSİYELİ ANALİZLERİ VE MİKROBÖLGELEME ÇALIŞMALARI

Çalışmalar kapsamında ülkemizdeki mevcut deprem yönetmeliği (TBDY, 2018) kullanılarak Sondaj verilerinden alınan SPT Deneyle ve laboratuvar verilerinden ile sahadan alınan numunelerin laboratuvar ortamında test edilmesi sonucunda elde edilen verilerden faydalanarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Literatür taraması sonucunda elde edilen çalışmalardan, Iwasaki vd. (1982)'in sıvılaşma potansiyeli üzerine önerdiği ve Tokimatsu ve Seed (1987)'in sıvılaşma oturmasının hesaplanmasına yönelik geliştirdiği yöntemler kullanarak çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır.

3.1. Sıvılaşma Güvenlik Katsayıları (TBDY, 2018)

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, TBDY (2018)'nde belirtilen sıvılaşma güvenlik koşulu, çalışma sahasındaki sondajlardan elde edilen her SPT-N ölçümü için önerilen denkleme (Denklem 1) göre analiz edilmiştir. Ardından tüm noktalar için güvenlik katsayıları hesaplandıktan sonra, ilçe merkezindeki genel dağılımı belirlemek için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları ile noktalar arasında enterpolasyon ve kriging yöntemleri kullanılarak mekânsal mikrobölgeleme haritası oluşturulmuştur (Şekil 3). Yapılan sıvılaşma analizleri ve sıvılaşma güvenlik katsayısı hesaplamalarına dair örnek bir çalışma Tablo 1'de verilmiştir.

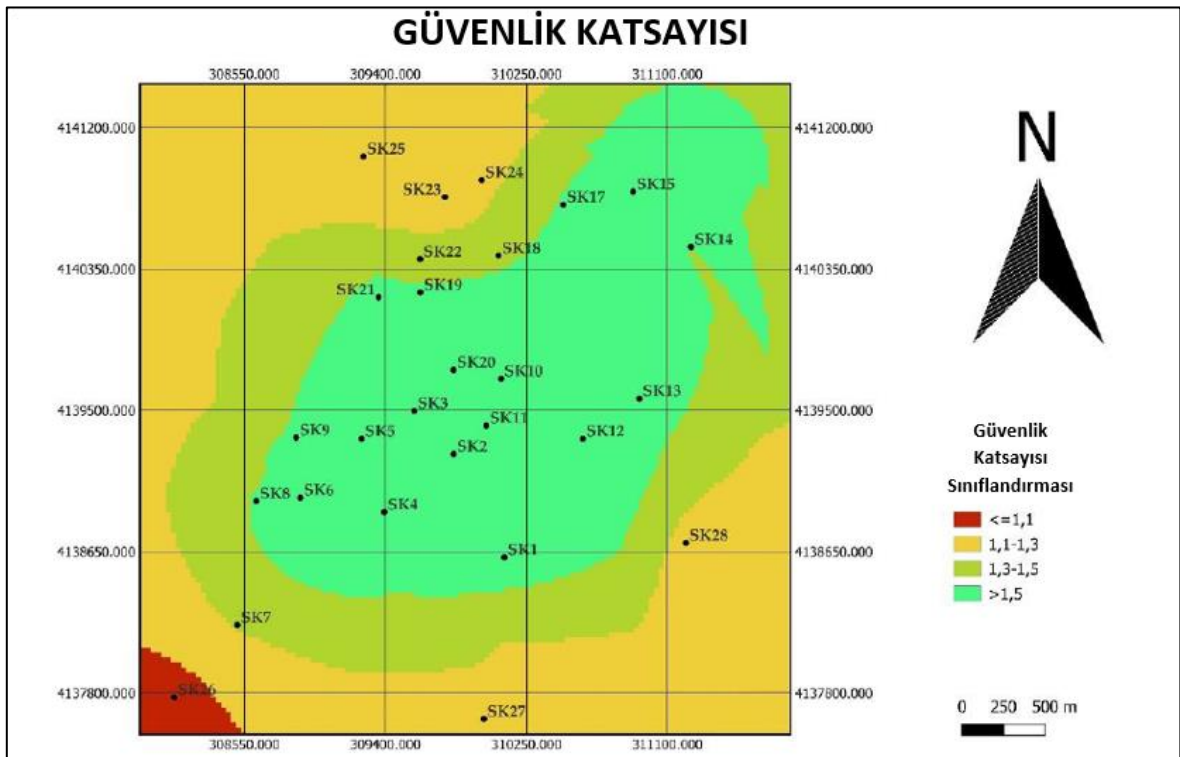
$$\frac{\tau_R}{\tau_{deprem}} \geq 1.10 \quad (1)$$



Tablo 1. Sondaj No. 7'ye ait veriler ve Sıvılaşma Güvenlik Katsayısı (FSL) hesaplamalarına dair örnek çalışma

SPT No.	Der. (m)	SPT-N	n (kPa)	dry (kPa)	σ' (kPa)	$N_{1,60}$	IDI(%)	PI(%)	$N_{1,60f}$	CRR (M _w 7,8)	r	r_d	deprem	FSL	Sıvılaşma Durumu
SPT-1	1,45	24	21,4	19,2	28,0	23	29,5	20,0	30	0,4662	11,8	0,98	4,7	2,51	Sıvılaşma Yok
SPT-2	3,45	24	21,4	19,2	66,4	16	29,5	24,3	22	0,2420	14,5	0,97	11,0	1,33	Sıvılaşma Yok
SPT-3	6	27	20,9	19,9	119,4	15	34,8	29,7	21	0,2282	24,6	0,95	19,3	1,28	Yumuşama
SPT-4	15,7	32	21,2	20,2	327,0	15	30,4	24,9	20	0,2154	45,2	0,75	41,8	1,08	Sıvılaşma Var

Şekil 3'te sunulan harita, TBDY (2018) kapsamında sıvılaşma güvenlik katsayısına dayalı olarak gerçekleştirilen bir mikrobölgeleme çalışmasını göstermektedir. Harita, her bir sondaj noktasındaki SPT verilerine dayanarak yapılan sıvılaşma analizlerinin sonucunda elde edilen en düşük güvenlik katsayısını sunmaktadır. Temel amaç, farklı derinlikler yerine her sondaj noktasında en kritik durumu temsil eden güvenlik katsayısını belirlemektir. Bu yaklaşım sayesinde, sahadaki sıvılaşma riskinin en yüksek olduğu yerlerin tespitine olanak sağlanmış ve olası risklere yönelik mühendislik tedbirlerinin alınmasını sağlayacaktır.



Şekil 3. Sıvılaşma Güvenlik Katsayısı Haritası (FS <1,1 Sıvılaşabilir; FS: 1,1-1,3 Yumuşama/Gevşeme)

Güvenlik katsayısı (FS) 1,1'in altında olan alanlar (kırmızı bölgeler), yüksek sıvılaşma riski taşıyan zeminleri temsil ederken, bu alanlarda yapılacak yapılaşmaların zemin iyileştirme ve temel tasarım yöntemleri açısından dikkatle ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır. FS değerinin 1,1 ile 1,3 arasında olduğu sarı alanlar, zemin yumuşamasının (Gevşeme) muhtemel olduğu bölgeleri işaret ettiği belirlenmiş (Seed ve diğ., 2003) ve bu bölgelerde oluşabilecek zemin deformasyonlarının yapısal güvenlik açısından dikkate alınması gerektiği



düşünülmüştür. Saha incelemeleri ve bu incelemeler sonucu elde edilen saha gözlemler neticesinde, bu bölgelerde meydana gelebilecek zemin deformasyonlarının yapısal güvenlik açısından değerlendirilmesi yapılmış ve bu deformasyonlar için güvenlik katsayısının (FS) 1,3 olarak dikkate alınması önerilmiştir. FS'nin 1,3'in üzerinde olduğu yeşil ve mavi alanlar ise sıvılaşma açısından güvenli kabul edilmekle birlikte, diğer geoteknik parametrelerin detaylı değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

3.2. Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi

Iwasaki ve diğ. (1982) bir arazideki sıvılaşma potansiyelini derinliğe bağlı olarak tahmin etmek için Sıvılaşma Potansiyeli İndeksini (LPI) geliştirmişlerdir. Buna göre, LPI Şekil 4'te gösterilen adımların izlenmesi ile hesaplanmakta ve sınıflandırılmaktadır. Mevcut çalışma kapsamında 20 metreden daha derinde sıvılaşmanın olmadığı kabul yapılarak (TBDY, 2018), analizlere dahil edilen tabaka kalınlığı 20 metre olarak seçilmiştir. Derinliğe bağlı hesaplamalar sonucunda Türkoğlu ilçesi için Şekil 5'te gösterilen Sıvılaşma Potansiyel İndeksi Haritası oluşturulmuştur. Sıvılaşma Potansiyel hesaplamalarına dair örnek çalışma Tablo 2'de verilmiştir.

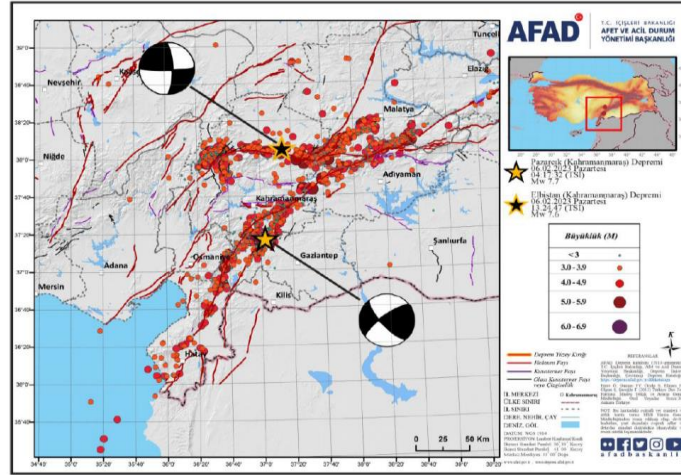
Sıvılaşma Potansiyeli İndeksi (Iwasaki ve diğerleri, 1982)	
$LPI = \int_0^{20} W(Z) \times F(Z). dz$	
$F(Z) = 1 - F_s \quad F_s < 1 \text{ için}$ $F(Z) = 0 \quad F_s \geq 1 \text{ için}$	
$W(Z) = 10 - 0.5 \times Z \quad Z < 20m \text{ için}$ $W(Z) = 0 \quad Z > 20m \text{ için}$	
LPI Değerleri	Sıvılaşma Riski ve Araştırma / Gerekli Karşı Önlemler
LPI=0	Sıvılaşamaz ($F_s \geq 1.2$ 'ye bağlı olarak)
0 < LPI ≤ 2	Düşük
2 < LPI ≤ 5	Orta
5 < LPI ≤ 15	Yüksek
LPI > 15	Çok Yüksek

Şekil 4. Sıvılaşma potansiyel indeksi hesaplamaları (Iwasaki ve diğ., 1982)

Tablo 2. Sıvılaşma Potansiyel hesaplamalarına dair örnek çalışma

Sondaj No	Güvenlik Kat Sayısı	Derinlik(m)	LPI	Sıvılaşma Potansiyeli
SK-7	2,51	1,45	0	Sıvılaşamaz
SK-7	1,33	3,45	0	Sıvılaşamaz
SK-7	1,28	6,0	0	Sıvılaşamaz
SK-7	1,08	15,7	0	Sıvılaşamaz





Şekil 7. AFAD tarafından odak mekanizma çözümü yapılan Pazarlık (Kahramanmaraş) Mw = 7.7 Elbistan (Kahramanmaraş) Mw = 7.6 Depremleri ve artçılarının şok aktivitesi (AFAD, 2023)



Şekil 8.(a). Türkoğlu AFAD KYH istasyonu



Şekil 8.(b). Türkoğlu ilçe merkezi çevresindeki tarlalarda yüzeyde oluşan lens şeklinde kum volkanları (Fotoğraflar: Koçkar, 2023)

Şekil 8.(a) görüntüsünde, Türkoğlu'ndaki AFAD KYH istasyonu yer almaktadır. Türkoğlu'nda KYH istasyonunda ölçülen maksimum yer ivmesi yaklaşık 0.652 g'dir ve yer hareketi spektrumunun geometrik ortalama değeri, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin 475 yıllık tekrarlama periyodu tasarım spektrumunun üzerindedir. Şekil 8.(b) görüntüsünde ise Türkoğlu ilçe merkezi çevresindeki tarım arazilerinde meydana gelen sıvılaşma olgusunu ve bunun sonucunda yüzeyde oluşan lens şeklinde kum volkanlarını göstermektedir. Bu bulgu, zemin deformasyonlarının belirgin bir göstergesi olup, depremin ikincil etkilerinin sahadaki varlığını doğrulamaktadır.





Şekil 9. Deprem sonrası oluşan fay kırığı harita görüntüleri (Aktif faylar MTA, 2012'den alınmıştır)

Şekil 9 görüntüsünde, Kahramanmaraş depremi sonrası Türkoğlu bölgesinde gözlemlenen fay kırığını (mavi çizgiler) ve bu fayın 2012 MTA Dirî Fay Haritası'nda gösterilen aktif fay hatlarıyla (kırmızı çizgiler) olan ilişkisini sunmaktadır. Bu harita, Kahramanmaraş depremleriyle bölgedeki sismik aktivitenin önceden belirlenmiş fay zonlarıyla yakın olarak örtüştüğünü ortaya koymaktadır. Türkoğlu, bu bağlamda depremden etkilenen kilit noktalardan biri olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 10.(a). Türkoğlu ilçe merkezi içerden geçen kanalda meydana gelen oturmalar ve yanıl yayılmalar



Şekil 11.(b). Türkoğlu ilçe merkezi güneyindeki sanayi bölgesindeki dolguda yumuşama görseli (Fotoğraflar: Koçkar, 2023)

Şekil 10.(a) görüntüsünde Türkoğlu ilçe merkezinden geçen kanalda, sıvılaşma sonrası meydana gelen oturmalar ve yanıl yayılmalar belirgin şekilde gözlemlenmektedir. Bu deformasyonlar, zeminin taşıma kapasitesinin azalmasıyla birlikte kanal çevresindeki yapısal bütünlüğün bozulduğunu göstermektedir. Şekil 10.(b) görüntüsünde ise Türkoğlu ilçe merkezinin güneyinde bulunan sanayi bölgesinde, zeminde görülen yumuşama etkileri, sıvılaşmanın zemin durumunu değiştirdiği ve yapısal hasarlar meydana gelebileceğini göstermektedir.





Şekil 12.(a). Türkoğlu ilçesi doğusunda oluşan yüzey faylanması



Şekil 13.(b). Türkoğlu ilçesi deprem sonrası oluşan hasarlar (Fotoğraf: Koçkar, 2023)

Şekil 11.(a)'daki görsel, 2023 Kahramanmaraş depremleri sırasında Türkoğlu ilçesinin doğusunda meydana gelen yüzey faylanmasını göstermektedir. Deprem sırasında meydana gelen tektonik hareketler, yüzeyde belirgin fay kırıkları oluşturmuş ve bu alanlarda önemli hasarlar meydana gelmiştir.

5. SONUÇLAR

06 Şubat 2023 tarihinde Türkoğlu, Kahramanmaraş'ta meydana gelen depremin birincil (yüzey kırığı, sarsıntı süresi) ve ikincil etkileri (sıvılaşma, yanal yayılma) sahada depremden sonra yapılan uydu görüntüleri, gözlemler ve fotoğraflara bağlı olarak incelenmiş, zeminde oluşan deformasyonlarla ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada sahada deprem sonrası zemin sıvılaşmasına odaklanılmış; saha çalışmaları, laboratuvar testleri ve Standart Penetrasyon Testleri (SPT) verileri kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır. Farklı zemin tipleri ve yerel koşullar dikkate alınarak mikrobölgeleme haritaları hazırlanmış olup, sıvılaşma riskinin en yüksek olduğu alanları detaylı olarak gösterilmiştir. Mikrobölgeleme haritaları, sıvılaşma güvenlik katsayısının (FS) 1.1'in altında olduğu bölgelerde sıvılaşmanın muhtemel olduğunu, FS'nin 1.1 ile 1.3 arasında olduğu bölgelerde ise sıvılaşma riskinin sınırda olduğu ve zeminde yumuşamalar meydana gelmiş olabileceğini kabul edilmiştir. Özellikle ilçe merkezi çevresinde sıvılaşma duyarlılığı etkisinin mevcut olduğu, merkez dışındaki yapılaşmanın olmadığı kırsal alanlarda ise sıvılaşma tehlikesinin ve buna bağlı olarak depremlerden sonra yüzey emarelerinin daha fazla gözlemlendiği (Şekil 8.(b)) tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen mikrobölgeleme haritaları, zemin sıvılaşma potansiyelinin mekansal dağılımını açık bir şekilde ortaya koymuştur. Deprem sonrası yapılan saha gözlemleri ve analiz sonuçları, sıvılaşma potansiyeli bulunan alanlarda zemin deformasyonlarının gerçekleştiğini doğrulamaktadır. Bu deformasyonlar, özellikle sıvılaşma sonrası meydana gelen yanal yayılma (Şekil 10.(a)), yumuşama (Şekil 10.(b)), oturmalar ve zeminde görülen deformasyonlar şeklinde kendini göstermiştir. Ayrıca, saha çalışmalarında elde edilen fotoğraflar ve veriler, mikrobölgeleme haritalarıyla karşılaştırıldığında, zemin sıvılaşması beklenen alanlarda ciddi hasarlara yol açtığı görülmüştür. Bu bulgular, bölgenin zemin özellikleri ve deprem sonrası davranışı hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Bu sonuçlar ayrıca zemin özellikleriyle deprem hasarlarının güçlü bir şekilde ilişkilendiğini göstermektedir.

Bu çalışmada elde edilen veriler ve sonuçlar, Türkoğlu ilçesi ve çevresinin deprem tehlikelerine karşı zemin sıvılaşması riski taşıyan bölgeler arasında yer aldığını ortaya koymaktadır. Bu durum, yapı temeli tasarımlarında ve kentsel planlamada sıvılaşma riskinin mutlaka dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, mikrobölgeleme haritalarının ve sayısal verilerin birleştirilmesi, bölgedeki yapılaşmanın sıvılaşma potansiyeli olan alanlardan uzaklaştırılması veya bu alanlarda alınacak önlemlerin belirlenmesi açısından hayati öneme sahiptir.

6. KAYNAKLAR

- Aldemir, A., Unutmaz, B., Koçkar, M. K., Erkal, B. G., Şahin, U., Sandıkkaya, M. A., ... & Çiçek, E. (2023). ŞUBAT 2023–Kahramanmaraş Pazarcık (Mw= 7.7) ve Kahramanmaraş Elbistan (Mw= 7.6) Depremleri İnceleme Raporu. *Hacettepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü: Ankara, Türkiye*, 1-170.
- TBDY (2018). Türkiye bina deprem yönetmeliği. AFAD, Ankara.
- AFAD (2023). 06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7 Elbistan (Kahramanmaraş) Mw 7.6 Depremlerine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu.
- Ateş, Ş., Osmançelebioğlu, R., Özata, A., Karakaya, F. G., Aksoy, A., Mutlu, G., ... & Çiçek, İ. (2008). Kahramanmaraş İli ve Kentsel Alanların (il-ilçe Merkezleri) Yerbilim Verileri. MTA. Jeoloji Etütleri Dairesi, Derleme Rapor, (11028).
- Ishihara, K., & Yoshimine, M. (1992). Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes. *Soils and foundations*, 32(1), 173-188.
- Iwasaki, T., Arakawa, T., & Tokida, K. I. (1982). Simplified procedures for assessing soil liquefaction during earthquakes. *International Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 3(1), 49-58.
- Ozbek, A., ve Kop, A. (2011). Türkoğlu (Kahramanmaraş) İlçe Merkezi Yerleşim Alanının İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu. Kahramanmaraş, 164.
- Tokimatsu, K., & Seed, H. B. (1987). Evaluation of settlements in sands due to earthquake shaking. *Journal of geotechnical engineering*, 113(8), 861-878.
- Seed, R. B., Cetin, K. O., Moss, R. E., Kammerer, A. M., Wu, J., Pestana, J. M., ... & Faris, A. (2003). Recent advances in soil liquefaction engineering: a unified and consistent framework. In *Proceedings of the 26th Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar: Long Beach, CA*.

