Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği
20. Ulusal Konferansı

15-16 Ekim 2026
Sakarya Üniversitesi

KİLLİ KUM ZEMİNLERİN SIVILAŞMA DAVRANIŞI: ADIYAMAN, GÖLBAŞI ÖRNEĞİ

LIQUEFACTION BEHAVIOR OF CLAYEY SAND SOILS: ADIYAMAN, GÖLBAŞI CASE

Yunus Emre TÜTÜNCÜ[1], **Mehmet Murat MONKUL**[2], **Sadık ÖZTOPRAK**[3]

ÖZET

Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri sonrasında Adıyaman ili Gölbaşı ilçesinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları kapsamında farklı derinliklerden alınan örselenmemiş killi kum (SC) sınıfı zeminlerin dinamik davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Numuneler, arazideki efektif gerilmelere karşılık gelen gerilme seviyelerinde konsolide edilerek dinamik basit kesme (CDSS) deneylerine tabi tutulmuştur. SC zeminlerin sıvılaşma davranışı incelenirken %7.5 çift genlikli (DA) kayma birim şekil değiştirmesi dinamik göçme kriteri olarak seçilmiş ve farklı derinlik ve özelliklerdeki örselenmemiş numunelerin sıvılaşma tepkileri karşılaştırılmıştır. Benzer plastisite indisi (PI) aralığına sahip numunelerin CSR–N_L eğrileri karşılaştırılarak ince dane etkisine bakılmıştır. Sonuçlar, benzer PI değerlerine sahip numunelerde ince dane içeriğindeki (FC) artışın çevrimsel direnç üzerinde belirgin bir eğilim izlemediğini, bazı numune çiftlerinde FC artışının dayanımı artırdığını, bazılarında ise tam tersi bir eğilimin gözlendiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, SC zeminlerin çevrimsel davranışının değerlendirilmesinde FC dışındaki parametrelerin de göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir. Elde edilen bulguların, yalnızca Gölbaşı'ndaki değil, genel anlamda temiz ve siltli kumlara göre dinamik davranışı çok daha az bilinen bütün killi kumların (SC zeminlerin) deprem yükleri altındaki davranışının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.
Anahtar Kelimeler: *Dinamik Basit Kesme Deneyi, İnce Dane Oranı, Killi Kum, Plastisite İndisi*

ABSTRACT

Following the February 2023 Kahramanmaraş earthquakes, an experimental study was conducted to investigate the dynamic behavior of undisturbed clayey sand (SC) soil samples obtained from different depths in the Gölbaşı district of Adıyaman. The specimens were consolidated under effective stress levels corresponding to in-situ conditions and subsequently subjected to cyclic direct simple shear (CDSS) tests. In evaluating the liquefaction behavior of the SC soils, a double-amplitude (DA) shear strain of 7.5% was defined as the cyclic failure criterion, and the liquefaction responses of undisturbed samples obtained from varying depths and with different properties were compared. CSR–N_L relationships of specimens with similar plasticity index (PI) ranges were compared to evaluate the effect of fines content. The results indicate that, for specimens with similar PI values, an increase in fines content (FC) does not follow a clear trend in terms of cyclic resistance; while an increase in fines content is associated with higher cyclic resistance in some sample pairs, the opposite trend is observed in others. This indicates that parameters beyond FC should also be considered when evaluating the cyclic behavior of SC soils. The findings are expected to contribute not only to a better understanding of the seismic behavior of clayey sands in the Gölbaşı region, but also to the broader understanding of the behavior of clayey sands (SC soils) in general under earthquake loading, which remain considerably less well understood than clean and silty sands.

[1] Arş. Gör.,Yeditepe Üniversitesi, emre.tutuncu@yeditepe.edu.tr (Sorumlu yazar)
[2] Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, monkul@itu.edu.tr
[3] Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, oztoprak@iuc.edu.tr

Keywords: *Cyclic Direct Simple Shear Test, Fines Content, Clayey Sand, Plasticity Index*

1. GİRİŞ

Türkiye, 6 Şubat 2023 tarihinde yerel saatle 04.17'de Kahramanmaraş İlinin, Pazarcık İlçesinde (M_w 7.7) ve yerel saatle 13.24'te Elbistan İlçesinde (M_w 7.6) meydana gelen iki büyük depremle sarsılmıştır. Türkiye'nin Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki 11 ili etkileyen bu yıkıcı depremler neticesinde, ağır can ve mal kayıpları meydana gelmiştir (AFAD, 2023). Depremle birlikte zemin sıvılaşması kaynaklı taşıma gücü kaybı, yanal yayılma, aşırı ve farklı oturmalar, yapı devrilmeleri ve eğilmeleri, kum kaynamaları gibi hasarlar raporlanmıştır (Öser vd., 2025; Flora vd., 2024; Cetin vd., 2025a; Cetin vd., 2025b; Akar vd., 2024; Ecemis vd., 2025).

Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) üzerinde yer alan Adıyaman'ın Gölbaşı İlçesi, zemin kaynaklı hasarların en fazla gözlemlendiği yerleşim yerlerinin başında gelmektedir. Çalışmalar, Gölbaşı'ndaki hasarın önemli bir kısmının klasik anlamda temiz ve siltli kum tabakalarının sıvılaşmasından kaynaklı olmadığını, ince daneli ve plastik zeminlerin çevrimsel yumuşama davranışından kaynaklandığını ortaya koymaktadır (Cetin vd., 2025a; Öser vd., 2025; Zeybek vd., 2025). Cetin vd., (2025a), Gölbaşı'nda yüzeye çıkan sıvılaşma ejektalarının büyük bölümünün Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi'ne (USCS) göre killi kum (SC) sınıfında yer aldığını ve bu zeminlerin ince dane (No. 200 elek altı) kısmının düşük plastisiteli kil (CL) niteliği taşıdığını ortaya koymuştur. Zarzour vd., (2026), bu tür zeminlerde sıvılaşmanın gözlemlenmesinin, bölgeye özgü zemin koşullarının ve sıvılaşma mekanizmasının değerlendirilmesinde kritik öneme sahip olduğunu belirtmektedir.

Sıvılaşmanın suya doygun, gevşek, temiz ve siltli kumlu zeminlerde meydana geldiği bilinen bir olgudur. Literatürde de deneysel çalışmaların büyük bir kısmı temiz ve siltli kumlu zeminlerin sıvılaşma davranışına odaklanmış, killi kum (SC) sınıfı zeminlerin dinamik davranışı görece çok daha az araştırılmıştır (Youd vd., 2001; Monkul ve Tütüncü, 2024). Ancak Gölbaşı'nda gözlemlenen ince daneli ve plastik zemin profilleri üzerinde meydana gelen geoteknik kaynaklı hasarlar, killi kum (SC) sınıfı zeminlerin dinamik davranışının daha yakından incelenmesi gerektiğine işaret etmektedir. İnce daneli zeminlerin sıvılaşma duyarlılığının değerlendirilmesinde uzun süre Çin Kriterleri (Wang, 1979) dikkate alınmıştır. 1999 Chi-Chi (Tayvan) ve 1999 Adapazarı depremlerinin ardından yapılan gözlemlerde bu kriterlerin depremlerdeki gözlemlerle örtüşmediği anlaşılmasının ardından, Boulanger ve Idriss (2006) ve Bray ve Sancio (2006) gibi farklı araştırmacılar tarafından plastisite indisine (PI) dayalı yeni duyarlılık kriterleri önerilmiştir.

İnce dane oranının (FC), kumların çevrimsel direnç oranı (CRR) üzerindeki etkisi konusunda literatürdeki çalışmalarda net bir uzlaşı bulunmamaktadır. Bazı çalışmalar ince dane artışıyla birlikte çevrimsel direncin azaldığını belirtirken (Goudarzy vd., 2022; Park ve Kim, 2013); bazı çalışmalar ise ince dane artışının çevrimsel direnci artırdığını ifade etmişlerdir (Gratchev vd., 2006; Abedi ve Yasrobi, 2010). Bunun dışında Monkul ve Tütüncü (2024)'nün ortaya koyduğu "geçiş etkisi" kavramı, her iki trendin de sahada gerçekleşebileceğini göstermiştir. Konunun karmaşıklığı ve etki eden faktörlerin çokluğundan dolayı, ince dane oranının (FC) çevrimsel direnç (CRR) üzerindeki etkisinin ortaya konulabilmesi için, benzer plastisite özelliklerine sahip zeminlerde incelenmesi daha kolay karşılaştırılabilir veriler sunacaktır.

Bu çalışmada, 2023 Kahramanmaraş Depremleri sonrasında Adıyaman ili Gölbaşı İlçesinde, farklı sondaj kuyuları ve derinliklerinden alınan örselenmemiş killi kum (SC) numunelerinin, dinamik basit kesme (CDSS) deneyi ile sıvılaşma davranışları incelenmiştir. Benzer plastisite indisine (PI) sahip zeminlerin çevrimsel direnç oranları (CRR) karşılaştırılarak, ince dane oranının (FC) çevrimsel direnç oranı üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur.

2. KULLANILAN ZEMİNLER VE DENEYSEL PROGRAM

Bu çalışmada kullanılan örselenmemiş killi kum (SC) numuneleri, Adıyaman ili Gölbaşı ilçesinde, Atatürk Bulvarı ile Gölbaşı Gölü arasında kalan ve 2023 Kahramanmaraş depremlerinde zemin kaynaklı hasarların yoğun olarak gözlemlendiği bölgede açılan sondaj kuyularından (SK1, SK4, SK7 ve SK9) alınmıştır. Bu sondaj kuyularının konumları Şekil 1'de gösterilmiştir. Çalışma kapsamında, yalnızca Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi'ne (USCS) göre killi kum (SC) sınıfında yer alan tabakalardan alınan numuneler kullanılmıştır.

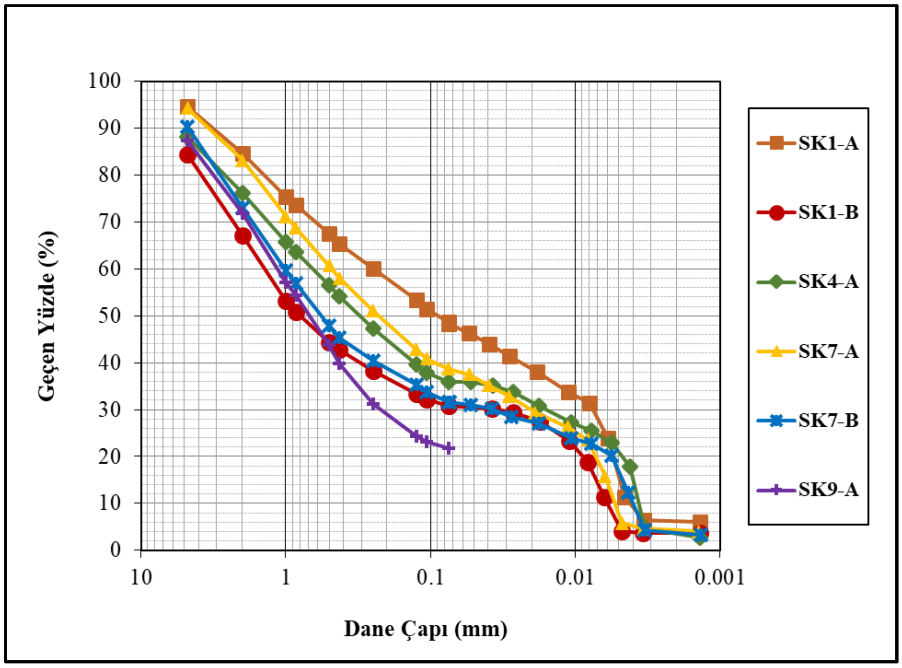


Şekil 1. Çalışmada kullanılan zeminlerin alındığı sondaj kuyuları

Farklı derinliklerden alınan altı adet örselenmemiş numune (SK1-A, SK1-B, SK4-A, SK7-A, SK7-B ve SK9-A) üzerinde deneysel program yürütülmüştür. Numuneler elek analizi ve hidrometre deneylerine tabi tutulmuş ve elde edilen dane dağılım eğrileri Şekil 2'de gösterilmiştir. Numunelerin alındığı derinlikler, arazi koşullarına karşılık gelen düşey konsolidasyon gerilmeleri (σ'_{vc}) ve indeks özellikleri (FC, LL, PL, PI) Tablo 1'de özetlenmiştir. Tüm numuneler USCS'ye göre killi kum (SC) sınıfında yer almakta olup, ince dane oranları %22 ile %49 arasında, plastisite indisleri ise 13 ile 21 arasında değişmektedir.

Dinamik basit kesme (CDSS) deneylerinin tamamı Yeditepe Üniversitesi Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda, yaklaşık 64 mm çapında ve 20 mm yüksekliğindeki örselenmemiş numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Numuneler arazideki düşey efektif gerilmelere karşılık gelen değerlerde konsolide edilmiştir. Konsolide edilen numuneler, sabit hacim koşulunda, gerilme kontrollü olarak ve 0.1 Hz frekansında tekrarlı yüklemelere tabi

tutulmuştur. Sıvılaşma davranışının farklı gerilme oranlarındaki tepkisini ortaya koyabilmek amacıyla, her bir zemin için en az 3 farklı çevrimsel gerilme oranında (CSR) deney yapılmıştır (numune koşullarından dolayı sadece SK9-A numunesinde 2 farklı CSR'de deney yapılmıştır). Böylelikle her bir numune için CSR-N_L (sıvılaşma için gereken çevrim sayısı) ilişkisi elde edilmiştir. Deneysel program kapsamında toplam 19 adet CDSS deneyi icra edilmiştir. Dinamik göçme kriteri olarak %7.5 çift genlikli (DA) kayma birim şekil değiştirmesine ulaşılan çevrim sayısı (N_L) esas alınmıştır.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan zeminlerin dane dağılım eğrileri

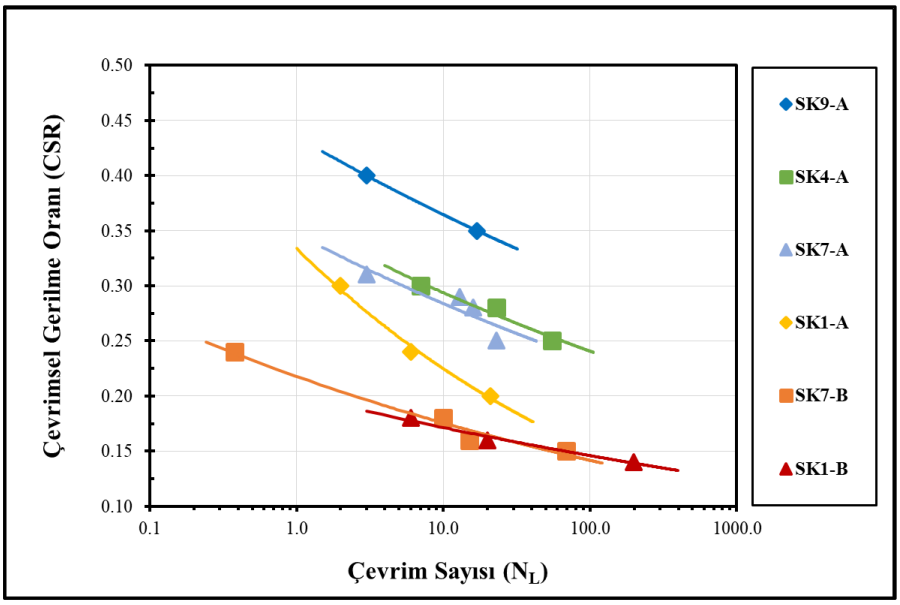
Tablo 1. Deneysel programda kullanılan zeminlerin özellikleri

Numune No	SK1-A	SK1-B	SK4-A	SK7-A	SK7-B	SK9-A
Numune Derinliği (m)	12.5 - 13.0	13.5 - 14.0	5.0 - 5.5	2.5 - 3.0	19.0 - 19.5	2.5 - 3.0
Düşey Efektif Gerilme, σ'_{vc} (kPa)	100	110	60	40	200	30
FC (%)	49	31	36	39	32	22
Likit Limit, LL	38	32	34	43	38	31
Plastik Limit, PL	21	19	17	22	19	18
Plastisite İndisi, PI	17	13	17	21	19	13
USCS	SC	SC	SC	SC	SC	SC

3. DENEY SONUÇLARI

3.1. Zeminlerin CSR-N_L İlişkisi

Çevrimsel gerilme oranı (CSR) ile sıvılaşma için gereken çevrim sayısı (N_L) arasındaki ilişkiyi içeren, 6 farklı SC sınıfı numune üzerinde gerçekleştirilen toplam 19 CDSS deneyinin sonuçları Şekil 3'te gösterilmiştir. Beklenildiği üzere, tüm numuneler için CSR arttıkça N_L azalmakta ve bu ilişki literatürde sıklıkla kullanılan güç fonksiyonu ($CSR=a.N_L^{-b}$) ile temsil edilebilmektedir (Monkul ve Tütüncü, 2024; Idriss ve Boulanger, 2008).

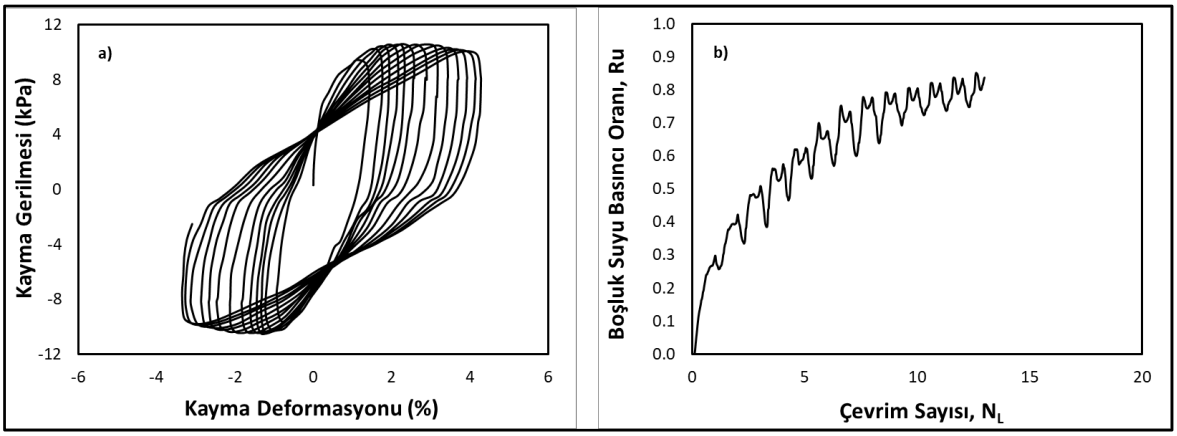


Şekil 3. Çalışmada kullanılan zeminlerin CSR-N_L ilişkileri

Elde edilen CSR-N_L eğrileri incelendiğinde, en yüksek çevrimsel dirence sahip numune, aynı zamanda en düşük ince dane oranına (FC=%22), en düşük plastisite indisine (PI=13) ve en düşük düşey konsolidasyon gerilmesine (σ'_{vc}= 30 kPa) sahip SK9-A numunesidir. En düşük çevrimsel dirence sahip numuneler ise SK1-B ve SK7-B olarak öne çıkmaktadır. Dikkat çekici biçimde, bu iki numune aynı zamanda çalışma kapsamındaki en yüksek düşey konsolidasyon gerilmelerine (sırasıyla 110 kPa ve 200 kPa) sahiptir. Bu durum, artan efektif konsolidasyon gerilmesiyle birlikte normalize edilmemiş çevrimsel direncin azalma eğiliminde olduğuna işaret etmektedir. Bu davranış, literatürde efektif gerilme seviyesinin çevrimsel dayanım üzerindeki etkisini ifade eden K_σ kavramıyla da uyumludur (Vaid ve Sivathayalan, 1996; Idriss ve Boulanger, 2008). Bu çalışmada numuneler, standart bir referans gerilmeye (ör. σ'_{vc} = 100 kPa) normalize edilmeyip, doğrudan arazideki efektif düşey gerilmelerde konsolide edildiği için, numuneler arası çevrimsel dayanım farklılıkları yalnızca FC ve PI gibi indeks özelliklerine değil, aynı zamanda konsolidasyon gerilmesi farklılığından da kaynaklanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Deney sırasında izlenen tipik bir davranışı göstermek amacıyla, SK7-A numunesi üzerinde CSR=0.29'da gerçekleştirilen CDSS deneyine ait kayma gerilmesi-kayma deformasyonu eğrileri ile boşluk suyu basıncı oranının (R_u) sıvılaşma için gereken çevrim sayısı (N_L) ile değişimi Şekil 4'te gösterilmiştir. Çevrim sayısı arttıkça kayma gerilmesi-kayma birim

deformasyonu eğrilerinin genişlediği ve eğimlerinin azaldığı, yani numunelerin ilerleyen çevrimlerde rijitlik kaybına uğradığı görülmektedir. Numune, N_L=13 çevrimde %7.5 çift genlikli (DA) kayma birim şekil değiştirmesi kriterine ulaşmıştır. Boşluk suyu basıncının ilk çevrimlerde hızla arttığı, ilerleyen çevrimlerde ise artış hızının yavaşladığı ve göçme anında yaklaşık R_u=0.85 değerine ulaştığı görülmektedir. Bu davranış, killi kum (SC) gibi ince daneli geçiş tipi zeminlerde (PI≥7) göçmenin klasik akma tipi sıvılaşmadan (R_u=1.0) ziyade, kümülatif kayma deformasyonuna bağlı çevrimsel hareketlilik (cyclic mobility) mekanizmasıyla geliştiğini gösteren literatür bulgularıyla uyumludur (Ishihara, 1993; Polito ve Martin, 2025).



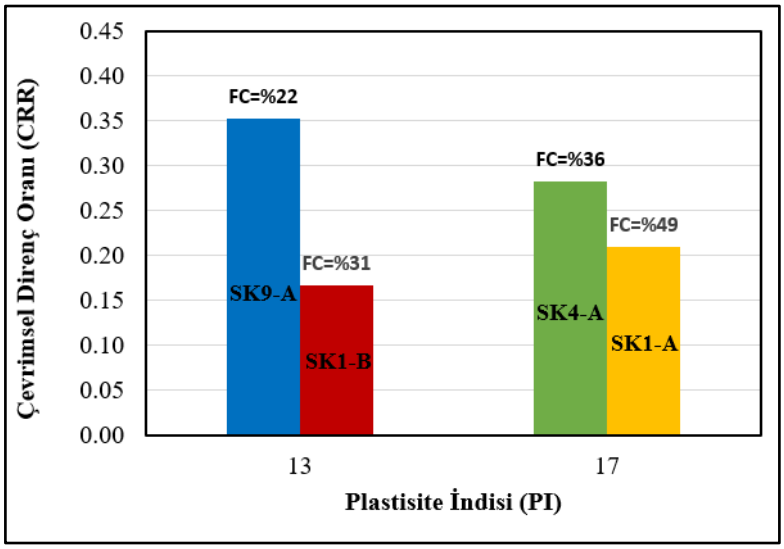
Şekil 4. SK7-A numunesi için CSR=0.29'da elde edilen CDSS deney sonucu a) kayma gerilmesi (kPa) & kayma deformasyonu (%) ilişkisi b) boşluk suyu basıncı oranının çevrim sayısı ile değişimi

Bu bulgular, killi kum (SC) zeminlerin çevrimsel davranışının tek bir parametreyle açıklanamayacağını, gerilme seviyesi, ince dane oranı, plastisite vb. gibi birden fazla faktörün bir arada değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, ince dane oranının etkisini diğer parametrelerden bağımsız biçimde ortaya koyabilmek amacıyla, benzer plastisite indisi (PI) aralığına sahip numune çiftleri bir sonraki bölümde karşılaştırılmıştır.

3.2. Benzer Plastisite İndisi (PI) Değerlerinde İnce Dane Oranı (FC) Etkisi

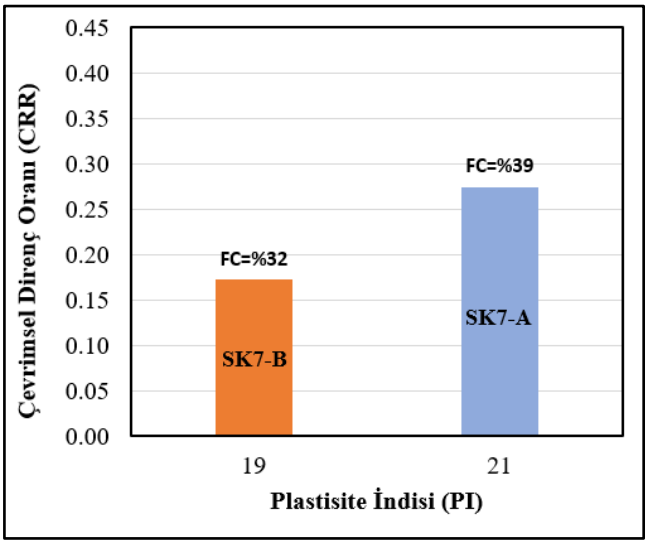
İnce dane oranının (FC) çevrimsel direnç oranı (CRR) üzerindeki etkisini, plastisite indisinin (PI) etkisinden bağımsız olarak değerlendirmek amacıyla, Tablo 1'de verilen numuneler arasından birbirine en yakın PI değerlerine sahip numune çiftleri belirlenmiştir. İlk olarak PI=13 (SK9-A ve SK1-B) ve PI=17 (SK4-A ve SK1A) numune çiftlerine ait CSR-N_L eğrilerinden elde edilen CRR değerleri karşılaştırılmış ve sonuçlar Şekil 5'te sunulmuştur.

Şekil 5 incelendiğinde, hem PI=13 hem de PI=17 numune çiftlerinde, ince dane oranındaki (FC) artışla birlikte çevrimsel direnç oranında (CRR) belirgin bir azalma görülmüştür. PI=13 numune çiftinde, FC'nin %22'den (SK9-A) %31'e (SK1-B) çıkması CRR'de büyük bir düşüşe sebep olmuştur. PI=17 numune çiftinde, FC'nin %36'dan (SK4-A) %49'a (SK1-A) artması benzer şekilde CRR'nin azalmasına yol açmıştır. Bu bulgu, kumlarda hem plastik olmayan ince dane oranındaki artışın (Monkul vd., 2021), hem de plastik ince dane oranındaki artışın (Eseller-Bayat vd., 2019; Goudarzy vd., 2022; Park ve Kim, 2013) çevrimsel direnci azalttığını raporlayan çalışmalarla uyumludur



Şekil 5. Benzer PI değerlerinde FC'nin artmasıyla CRR'nin azalması

Çalışma kapsamındaki veri setinde, aynı PI değerine sahip ve ters yönde bir eğilim (FC artışıyla CRR artışı) sergileyen başka bir numune çifti bulunmadığından dolayı, bu durumu değerlendirmek amacıyla PI değerleri birbirine yakın olan PI=19 (SK7-B) ve PI=21 (SK7-A) numunelerinden oluşan ikinci bir çift incelenmiştir. Bu numunelere ait CSR-N_L eğrilerinden elde edilen CRR değerleri Şekil 6'da karşılaştırılmıştır.



Şekil 6. Benzer PI değerlerinde FC'nin artmasıyla CRR'nin artması

Şekil 6 incelendiğinde, SK7-B (FC=%32) numunesinin CRR değerinin, SK7-A (FC=%39) numunesinin CRR değerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla ince dane oranı artışıyla birlikte CRR'nin arttığı gözlemlenmiştir. Bu sonuç, ince dane artışıyla birlikte çevrimsel dayanımın arttığını söyleyen çalışmalarla örtüşmektedir (Gratchev vd., 2006; Abedi ve Yasrobi, 2010). Ancak bu numune çiftinin Şekil 5'teki numune çiftlerinin aksine, hem PI değerleri arasında küçük bir fark olduğu hem de aynı sondaj kuyusundan (SK7) fakat oldukça farklı derinliklerden alınmış olması sebebiyle, çok farklı düşey konsolidasyon gerilmelerine (SK7-B için $\sigma'_{vc} = 200$ kPa, SK7-A için, $\sigma'_{vc} = 40$ kPa) sahip olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Bölüm 3.1'de tartışıldığı üzere artan konsolidasyon gerilmesi, normalize edilmemiş çevrimsel direnci azaltma eğilimindedir. Bu nedenle, SK7-B numunesindeki daha düşük CRR değerinin, yalnızca ince dane oranından değil, aynı zamanda daha yüksek bir konsolidasyon gerilmesinden ve buna bağlı oluşacak göreceli sıkılık farkından da kaynaklanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Şekil 5 ve Şekil 6'dan elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, benzer PI değerlerine sahip killi kum (SC) zeminlerinde, ince dane oranının çevrimsel dayanım üzerindeki etkisinin tek yönlü bir eğilim izlemediği görülmektedir. Literatürdeki çelişkili bulgular da göz önüne alındığında, killi kum (SC) zeminlerin çevrimsel davranışının yalnızca FC ile değil, PI, konsolidasyon gerilmesi ve göreceli sıkılık farkı vb. gibi diğer parametrelerle birlikte değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrasında Adıyaman ili Gölbaşı ilçesinde farklı sondaj kuyuları ve derinliklerinden alınan 6 adet örselenmemiş killi kum (SC) numunesi üzerinde gerçekleştirilen toplam 19 adet dinamik basit kesme (CDSS) deneyinden elde edilen bulgular ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1) En yüksek çevrimsel dirence sahip numune (SK9-A), aynı zamanda en düşük FC, PI ve konsolidasyon gerilmesine sahiptir. En düşük çevrimsel dirence sahip numunelerin (SK1-B ve SK7-B) ise, en yüksek konsolidasyon gerilmelerine sahip olduğu gözlenmiştir. Bu durum, artan konsolidasyon gerilmesiyle birlikte normalize edilmemiş çevrimsel direncin azalma eğiliminde olduğuna işaret etmektedir.

2) Benzer PI değerlerine sahip numune çiftlerinde, FC'nin CRR üzerindeki etkisi tutarlı bir eğilim izlememiştir. PI=13 ve PI=17 çiftlerinde, FC artışı CRR'yi azaltırken, PI=19-21 çiftinde tam tersi eğilim gözlenmiştir.

3) Bulgular killi kum (SC) zeminlerin çevrimsel davranışının yalnızca ince dane oranı ile açıklanamayacağını, plastisite indisi (PI) ve konsolidasyon gerilmesi gibi diğer parametrelerle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışma kapsamında elde edilen deneysel bulgular, killi kum (SC) sınıfı zeminlerin deprem koşulları altındaki çevrimsel davranışına dair mevcut bilgi birikimine katkı sunmaktadır. Sıvılaşma potansiyeli açısından literatürde nispeten sınırlı sayıda çalışmaya konu olan bu zemin sınıfı davranışının daha net anlaşılabilmesi için, farklı bölgelerden ve daha geniş bir PI-FC aralığından elde edilecek ilave numunelerle desteklenmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada "123M604 No'lu "Siltli-Killi Alüvyon Zeminlerdeki Sığ Temelli Binalarda Oluşan Sıvılaşma Kaynaklı Temel Hasarlarının Tahmini için Bina Özelliklerini ve Komşu Bina Etkileşimini Dikkate Alan Analitik Bir Yaklaşım Geliştirilmesi: Adıyaman-Gölbaşı Örneği" başlıklı TÜBİTAK 1001 Projesi kapsamında alınan numuneler kullanılmış ve yapılan bazı laboratuvar deneylerinden yararlanılmıştır. Yazarlar, TÜBİTAK'a ve proje ekibinin geri kalanına teşekkürü bir borç bilirler.

KAYNAKLAR

Abedi, M., ve Yasrobi, S. S. (2010), "Effects of plastic fines on the instability of sand", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 30(3), 61-67.

AFAD (2023), "06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7 - Elbistan (Kahramanmaraş) Mw 7.6 Depremleri Ön Değerlendirme Raporu", Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Akar, F., Işık, E., Avcil, F., Büyüksaraç, A., Arkan, E., ve İzol, R. (2024), "Geotechnical and structural damages caused by the 2023 Kahramanmaraş Earthquakes in Gölbaşı (Adıyaman)", Applied Sciences, 14(5), 2165.

Boulanger, R. W., ve Idriss, I. M. (2006), "Liquefaction susceptibility criteria for silts and clays", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 132(11), 1413-1426.

Bray, J. D., ve Sancio, R. B. (2006), "Assessment of the liquefaction susceptibility of fine-grained soils", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 132(9), 1165-1177.

Cetin, K. O., Soylemez, B., Guzel, H., ve Cakir, E. (2025a), "Soil liquefaction sites following the February 6, 2023, Kahramanmaraş-Türkiye earthquake sequence", Bulletin of Earthquake Engineering, 23(3), 921-944.

Cetin, K. O., Moug, D., Soylemez, B., Ayhan, B. U., Zarzour, M., Suhaily, A. A., ... ve Duman, E. (2025b), "Ground failures and foundation performances in Adıyaman–Gölbaşı following the 6 February 2023 Kahramanmaraş–Türkiye earthquake sequence", Earthquake Spectra, 41(1), 249-289.

Ecemis, N., Donmez, C., Karaman, M., Valizadeh, H., ve Dalgic, K. D. (2025), "Assessment of seismic liquefaction and structural instability in Adıyaman-Gölbaşı after the February 6, 2023, earthquakes in Türkiye", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 192, 109300.

Eseller-Bayat, E., Monkul, M.M., Akın, O, Yenigun, S. (2019), "The coupled influence of relative density, CSR, plasticity and content of fines on cyclic liquefaction resistance of sands", Journal of Earthquake Engineering, Taylor & Francis, 23(6), 909-929.

Flora, A., Bilotta, E., Valtucci, F., Fierro, T., Perez, R., Santucci de Magistris, F., Modoni, G., Spacagna, R., Kelesoglu, M.K., Sargin, S., Altinok, E., Oztoprak, S., Bozbey, I. ve Aysal, N. (2024), "Liquefaction Effects in the City of Gölbaşı: From the Analysis of Predisposing Factors to Damage Survey", Engineering Geology, Vol 338, 107633.

Goudarzy, M., Sarkar, D., Lieske, W., ve Wichtmann, T. (2022), "Influence of plastic fines content on the liquefaction susceptibility of sands: monotonic loading", Acta Geotechnica, 17(5), 1719-1737.

Gratchev, I. B., Sassa, K., Osipov, V. I., ve Sokolov, V. N. (2006), "The liquefaction of clayey soils under cyclic loading", Engineering Geology, 86(1), 70-84.

Idriss, I. M., ve Boulanger, R. W. (2008), "Soil liquefaction during earthquakes", Earthquake Engineering Research Institute.

Ishihara, K. (1993), "Liquefaction and flow failure during earthquakes", Geotechnique, 43(3), 351-451.

Monkul, M. M., ve Tütüncü, Y. E. (2024), "Revisiting the effect of relative density on cyclic liquefaction of clean and silty sands: the crossing effect", Bulletin of Earthquake Engineering, 22(8), 3817-3843.

Monkul, M.M., Kendir , S.B., ve Tütüncü , Y.E., (2021), "Combined effect of fines content and uniformity coefficient on cyclic liquefaction resistance of silty sands", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Elsevier, 151, 106999.

Öser, C., Sarğin, S., Yildirim, A. K., Korkmaz, G., Altinok, E., ve Kelesoglu, M. K. (2025), "Geotechnical aspects and site investigations on Kahramanmaras earthquakes, February 06, 2023", Natural Hazards, 121(5), 5637-5668.

Park, S. S., ve Kim, Y. S. (2013), "Liquefaction resistance of sands containing plastic fines with different plasticity", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 139(5), 825-830.

Polito, C. P., ve Martin, J. R. (2025), "Plasticity, Flow Liquefaction, and Cyclic Mobility in Liquefiable Soils with Low to Moderate Plasticity", CivilEng, 6(2), 31.

Vaid, Y. P., & Sivathayalan, S. (2000), "Fundamental factors affecting liquefaction susceptibility of sands", Canadian Geotechnical Journal, 37(3), 592-606.

Wang, W. (1979), "Some findings in soil liquefaction", Earthquake Engineering Department, Water Conservancy and Hydroelectric Power Scientific Research Institute.

Youd, T. L., ve Idriss, I. M. (2001), "Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 127(4), 297-313.

Zarzour, M., Çetin, K. Ö., Al-Suhaily, A., Söylemez, B., ve Stuedlein, A. W. (2026), "Cyclic response of Adıyaman-Gölbaşı fine-grained soils shaken by 2023 Kahramanmaraş earthquakes", In Proceedings of the 21st International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ICSMGE 2026) (pp. 2789–2792). Austrian Society for Geomechanics.

Zeybek, A., Yıldız, Ö., ve Sönmezer, Y. B. (2025), "Post-earthquake assessment of liquefaction in Gölbaşı-Adıyaman following the 6 February 2023 Kahramanmaraş earthquakes: field observations, SPT-based analysis, and laboratory testing of soil ejecta", Natural Hazards, 121(20), 24157-24206.