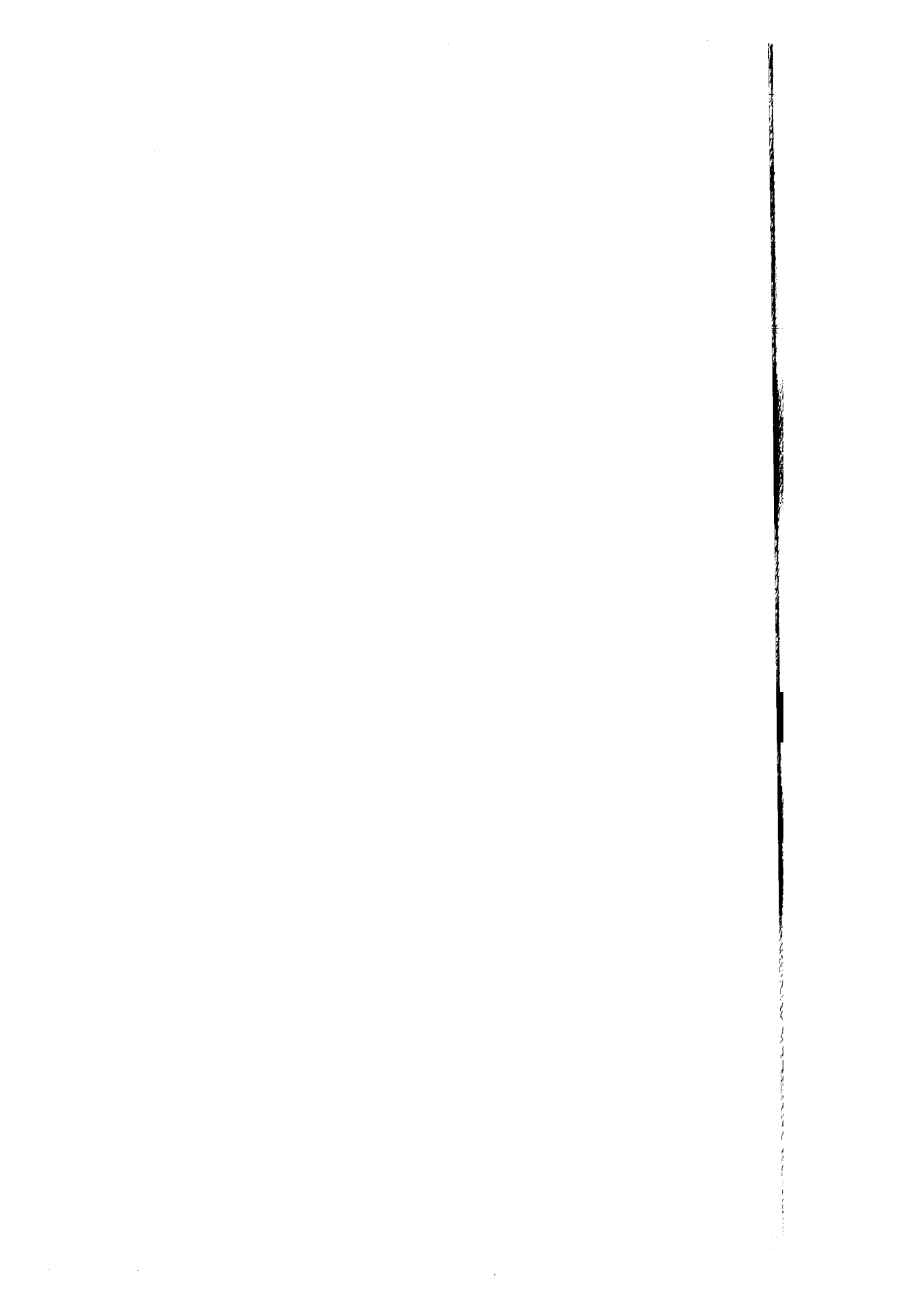


III. Oturum

Zeminlerin Dinamik Davranışı



KUMLARIN SIVILAŞMA SIRASINDAKİ AKMA DAVRANIŞI

Selim ALTUN
Y. Doç. Dr.
E.Ü. İnş. Müh. Böl.
Bornova-İzmir-Türkiye
selim.altun@ege.edu.tr

Devrim ERDOĞAN
Araş. Gör.
E.Ü. İnş. Müh. Böl.
Bornova-İzmir-Türkiye
devrim.erdogan@ege.edu.tr

A. Burak GÖKTEPE
Y. Doç. Dr.
E.Ü. İnş. Müh. Böl.
Bornova-İzmir-Türkiye
burak.goktepe@ege.edu.tr

Özcan TAN
Y. Doç. Dr.
S.Ü. İnş. Müh. Böl.
Konya-Türkiye
ozcantan@selcuk.edu.tr

ÖZET

1998 yılında Adana-Ceyhan'da 5.9 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiş ve birçok bina bölgesel zemin koşullarından da kaynaklanan hasarlarla karşı karşıya kalmıştır. Bölgedeki yerel zemin koşulları incelendiğinde genellikle Ceyhan nehrinin getirdiği alüvyonal birikintiler ve gevşek kum tabakalarına rastlanmaktadır. Bu nedenle deprem sırasında çok sayıda sıvılaşma olayı ve zemin büyütmesi etkileri ile karşılaşmıştır.

Bu çalışmada Adana-Ceyhan bölgesinden elde edilen suya doygun gevşek kumlu zeminlerin hızlı monotonik yüklemeler altındaki davranışları incelenmiştir. Üç eksenli deney aletinde izotropik yükleme koşullarında gerçekleştirilen deneyler sonucunda kumun çekme ve basınç davranışlarının oldukça farklı olduğu görülmüştür. Ayrıca kumun akma sıvılaşma potansiyelinin yüksek olduğu belirlenmiştir.

GİRİŞ

Depremler sırasında kumlu zeminlerde görülen akma göçmeleri yüzeydeki yapılarda batma ve devrilme, yeraltı yapılarında yüzeye çıkma, şev kaymaları ve kalıcı yanal yerdeğiştirmeler gibi büyük ölçekli hasarlara neden olabilmektedir. Kumlarda meydana gelen bu tür akma davranışları

incelendiğinde, özellikle az veya orta eğimli şevlerde sıvılaşma sonucu meydana gelen ve statik yerçekim kuvvetleri tarafından kontrol edilen yumuşama esaslı deformasyonların tekrarlı gerilmeler sonucu oluşan deformasyonlara göre daha baskın olduğu görülmektedir. Bu bakış açısına bağlı olarak kumlarda meydana gelen akma göçmelerinin belirlenmesinde monotonik drenajsız kayma deneylerinin kullanılması daha uygun olmaktadır.

Akma göçmesi kayma direnci ani bir düşüğe uğrayan zeminin bu duraysız davranışını takiben meydana gelen düzgün durum deformasyonu sonucunda gelişen bir olaydır. Bu kapsamda zeminin drenajsız monotonik yükleme koşulları altında göçme davranışının, ilave boşluk suyu basıncı gelişiminin ve ulaşılan minimum direnç seviyesinin belirlenmesi gerekmektedir. Kumlu zeminlerin akma eğilimlerini tespit etmek için drenajsız hızlı statik yükleme deneyi sırasında numunede oluşan boşluk suyu basıncı oranının maksimum değeri göz önüne alınmalıdır. Bu çalışmada bir kumun akma potansiyeli üç eksenli basınç ve üç eksenli çekme deneyleriyle tespit edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak kumun akma potansiyelinin kesme tipinden oldukça etkilendiği belirlenmiştir. Ayrıca, yapılan çalışmada deney koşullarında yapılan bazı değişikliklerin sonuçlar üzerindeki etkileri de ele alınmıştır.

ÇALIŞMANIN AMACI

Zeminlerin depremler sırasındaki davranışlarını belirlemek amacıyla laboratuvar koşullarında değişik türdeki yükler altında ve değişik zemin koşullarında deneysel çalışmalar yürütülmüştür[1-6]. Bu çalışmalarda deprem yüklerini temsil eden tekrarlı veya hızlı monotonik yükleme türleri çeşitli türdeki deney aletlerinde hazırlanan zeminler üzerinde uygulanmış ve zeminde meydana gelen fiziksel birçok değişiklikler belirlenmeye çalışılmıştır. Böylece depremler sırasında değişik türdeki zeminlerin hangi

özellik ve koşullarının hasara neden olabileceği konusunda tahminler yürütülmeye çalışılmıştır.

Yapılan bu çalışmada da yaşanmış bir deprem sonrasında sözkonusu bölgeden temin edilen bir kum numunesi üzerinde yapılan deneylerle, gevşek suya doymun kumların hızlı monotonik yükler altında ne tür davranışlar gösterdiği ve kumun bazı fiziksel özelliklerinde yapılan değişikliklerin bu davranışı ne şekilde etkilediği ortaya konması amaçlanmıştır.

ZEMİNLERİN SIVILAŞMA AKMA POTANSİYELİ

Akma yenilmesi zeminlerde duraysız deformasyon sonrasındaki düzgün durum deformasyonunda görülen bir olaydır. Zeminin kayma direnci akma deformasyonu sırasında düzgün bir durumda devam ettiği için bu duruma kalıcı (rezidüel) direnç de denilir.

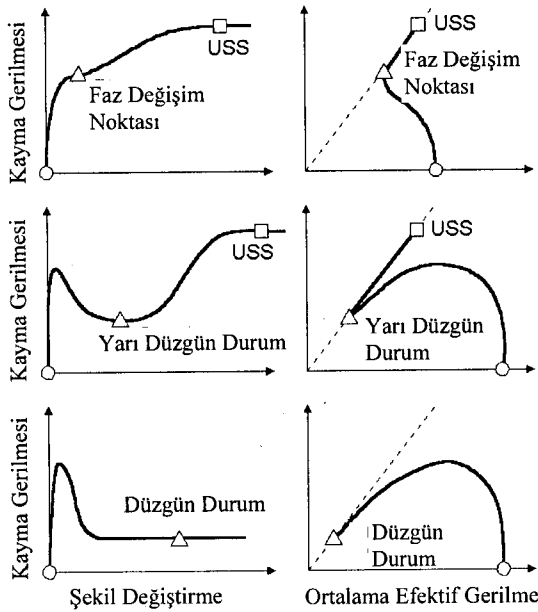
Genellikle kayma gerilmesi-şekil değiştirme eğrisinin pozitif eğimli kısmı stabil deformasyonu, eğrinin negatif eğimli kısmı ise duraysızlığı göstermektedir. Drenajsız hızlı statik yükleme deneylerinde eğer yükleme yarı düzgün durum veya kritik düzgün durum sonuçlarını verirse duraysız defromasyon ve akma göçmesi halleri görülebilir(Şekil 1). Bu nedenle yarı düzgün durum veya kritik düzgün durumdaki kayma direnci akma deformasyonu sırasındaki kalıcı direnç olarak alınabilir [7].

Kalıcı kayma direnci S_u , yerçekim kuvveti tarafından oluşturulan statik kayma gerilmesinden küçük olduğu zaman denge kaybolacak ve akma deformasyonu oluşacaktır. Akma deformasyonu bir kere başlatıldığı zaman defromasyon, herhangi bir titreşim olmasa dahi, statik kayma gerilmesinin kalıcı direnç seviyesine düşünceye veya zeminin direncinin çeşitli

nedenlerden dolayı statik kayma gerilmesine kadar yeniden yükselineye kadar devam edecektir.

Kalıcı kayma direncinin uygulanan statik kayma gerilmesinden büyük olması halinde ise akma göçmesi olmasa dahi çevrimsel oynaklık adı verilen durum gerçekleşmektedir. Bu durumda deformasyon yükleme süresince stabil olup yükleme durduğunda hemen sonlanır.

Zeminlerin hızlı statik yüklemeler altındaki akma potansiyelinin belirlenmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Been ve Jefferies [8] zeminlerin drenajsız koşullar altındaki göçmesini “durum parametresi” adı verilen bir değişkenle açıklarken Ishihara [9] “durum indeksi” ve “başlangıç durum oranı” adındaki parametrelerle ifade etmeye çalışmıştır. Fakat akma potansiyelini zeminde drenajsız koşullardaki hızlı statik yükleme durumunda oluşan maksimum ilave boşluk suyu basıncı oranı ile ifade etmek daha doğru bir yaklaşım olacaktır[10-11].



Şekil 1. Zeminlerin monotonik yükler altında değişik davranış türleri [7]

ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Kum zeminin akma potansiyeli geleneksel üç eksenli deney aletinde yapılan üç eksenli basınc ve üç eksenli çekme deneyleri ile çalışma kapsamında belirlenmeye çalışılmıştır. Deneylerde 50mm çaplı ve 100mm yükseklikteki numuneler kullanılmıştır. Deneylerde 1995 Adana-Ceyhan depreminden sonra bölgeden temin edilen üniform ince kum sınıfındaki zemin kullanılmıştır. Adana kumunun ortalama dane çapı $D_{50}=0.23\text{mm}$, özgül ağırlığı $G_s=2.68$ ve maksimum ve minimum boşluk oranları sırasıyla $e_{maks}=1.117$ ve $e_{min}=0.675$ dir. Numuneler numuneler kumun istenilen rölatif sıklık değerini elde etmek amacıyla belirli bir yükseklikten dökülmesi suretiyle kuru yağmurlama yöntemine göre hazırlanmıştır. Su geçirme tekniği kullanılarak suya doyurulan numuneler daha sonra belirli çevre basınçları altında konsolide edilmiş ve konsolidasyon bitiminde deformasyon kontrollü olarak uygulanan kayma gerilmeleri ile drenajsız koşullarda kesilmeye çalışılmıştır.

Değişik rölatif sıklıklarda hazırlanan kum numuneleri farklı başlangıç çevre gerilmeleri altında konsolide edilerek monotonik kesme gerilmelerine maruz bırakılmış ve deneyler süresince numunede oluşan ilave boşluk suyu basıncı değişimi ile gerilme şekil değiştirme ilişkisi elde edilmiştir. Tespit edilen bu özelliklere bağlı olarak kum zeminin akma potansiyeli değişik koşullar altında belirlenmeye çalışılmıştır.

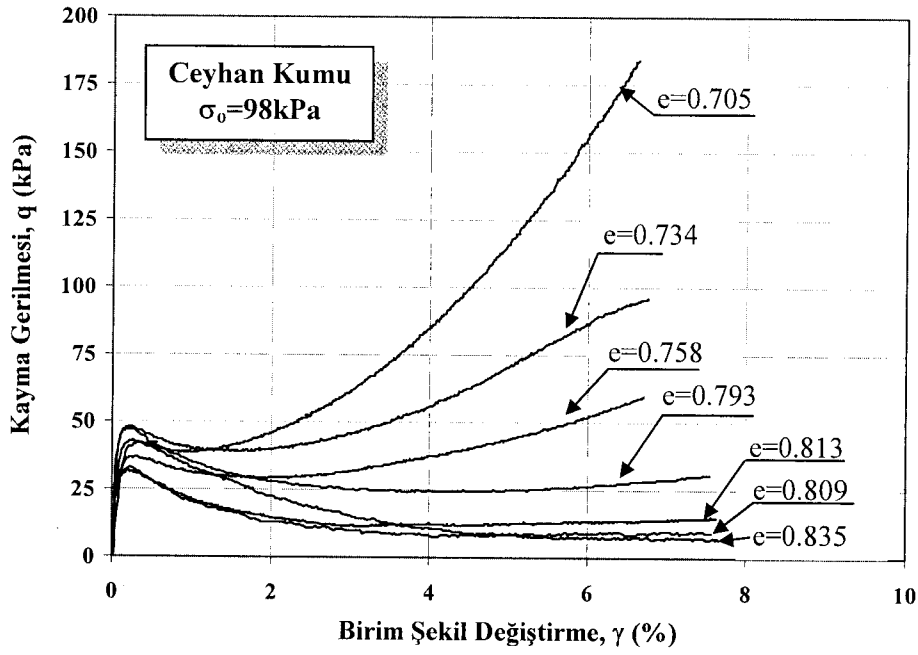
BULGULAR

Sıvılaşma, sınırlı sıvılaşma ve çevrimsel oynaklık olayları tekrarlı veya hızlı statik yükler altında özellikle suya doygun kum zeminlerde görülebilen en tipik deformasyon davranışlarıdır. Bu davranış türlerini ve özelliklerini belirlemek için laboratuarda gerçekleştirilen dinamik basit kesme, dinamik

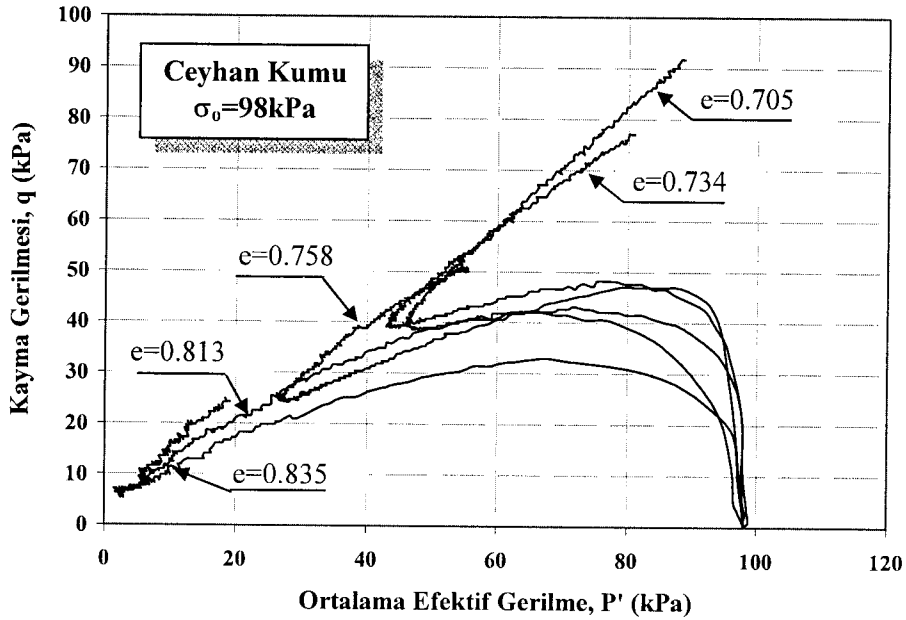
üç eksenli, dinamik burulmalı kesme vb. deneyleriyle farklı zemin özellikleri değişik yükleme koşullarında incelenir.

Bu çalışma kapsamında yapılan üçeksenli basınç ve çekme deneyleri ile kum zeminin değişik koşullarda uygulanan monotonik yükler altındaki davranışı incelenmiş ve kumun akma davranışı ve potansiyeli elde edilmeye çalışılmıştır. Özellikle basınç ve çekme durumunda akma davranışlarının oldukça farklı olduğu belirlenmiştir.

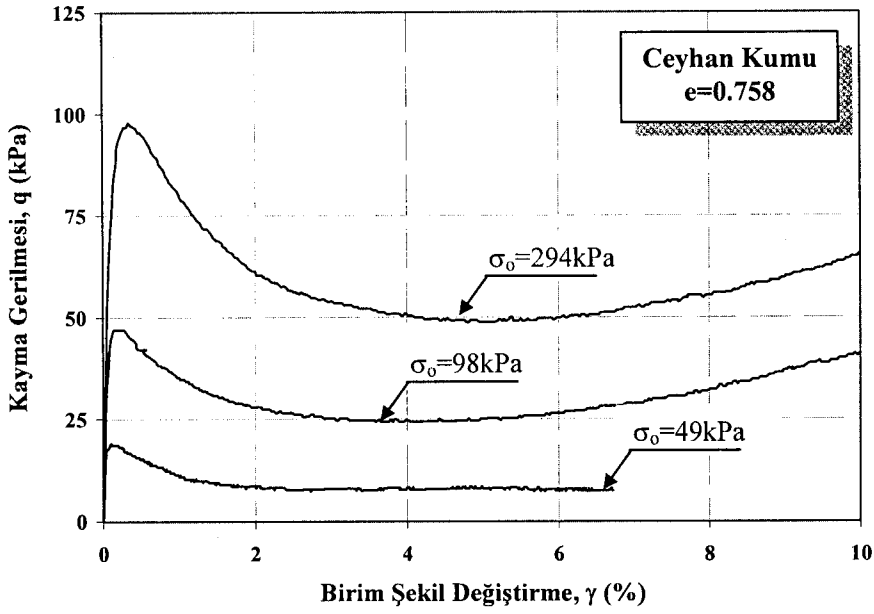
Şekil 2’de farklı boşluk oranlarına sahip kum numuneler üzerinde gerçekleştirilen üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen kayma gerilmesi-şekil değiştirme ilişkisi görülebilmektedir. Burada görece yüksek boşluk oranına sahip kumların sıvılaşma potansiyellerinin oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu tür zeminlerin düzgün durum deformasyonu adı verilen şekil değiştirme davranışını ortaya koyduğu görülmektedir. Boşluk oranı azaldıkça zeminin yarı düzgün durum davranışlarını sergilediği ve devamında daha sıkı zeminlerde bir pekleşme durumunun gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu durum Şekil 3’de verilen gerilme izleri yardımıyla da farklı bir açıdan görülebilmektedir. Burada her yükleme durumu temsil eden gerilme izlerindeki faz değişim noktaları net bir şekilde görülebilmektedir.



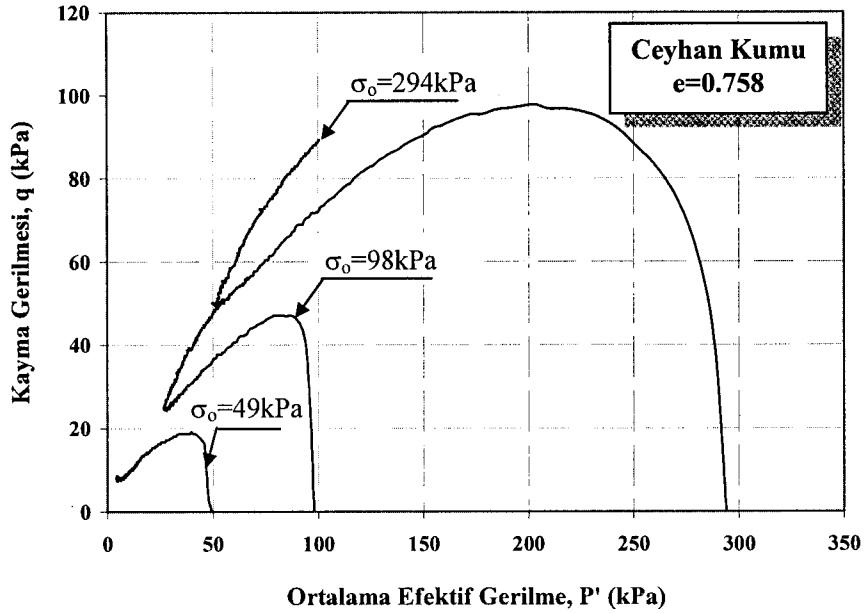
Şekil 2. Kum zeminin kayma gerilmesi-şekil değiştirme ilişkisi



Şekil 3. Üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen gerilme izleri



Şekil 4. Farklı çevre gerilmelerinde yürütülen deneylerde gerilme-şekil değişirme ilişkileri



Şekil 5. Farklı çevre gerilmelerinde yapılan deneylere ait gerilme izleri

Şekil 4’de ise benzeri boşluk oranlarına sahip kum numuneler üzerinde farklı çevre gerilmelerinde yapılan üç eksenli basınç deney sonuçları verilmiştir. Yine bu deneylere ait gerilme izleri Şekil 5’de görülebilmektedir.

SONUÇ

Adana-Ceyhan depremi sonucunda bölgede meydana gelen hasarların bir kısmının bölgede yer alan kumlu zeminlerde meydana gelen sıvılaşma hadisesinden kaynaklandığı yapılan bir çok araştırma sonucunda tespit edilmiştir. Bu hadisenin ve özellikle akma sıvılaşması olarak tanımlanan davranışın hangi koşullarda gerçekleştiği bu çalışma kapsamında incelenmeye çalışılmıştır. Buna göre suya doymun gevşek kumlarda görülebilen akma sıvılaşması laboratuvar koşullarında üç eksenli deney aleti ile yürütülen deneysel çalışmalar ışığında ortaya konmaya çalışılmıştır.

Yapılan üç eksenli basınç ve çekme deneyleri sonucunda akma davranışının belirli boşluk oranına sahip kumlarda gerçekleştiği; daha sıkı kumlarda ise yarı düzgün durum veya pekleşme davranışının geliştiği gözlemlenmiştir. Tekrarlı yükleme durumunda çevrimsel oynaklığı temsil eden durumun sıkı zemin durumlarında geliştiği görülmüştür. Ayrıca farklı yükleme koşullarında yapılan deneylerde efektif çevre basıncının zemin davranışı üzerindeki etkisi ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

1. Alarcon-Guzman, A., Leonards, G. A. and Chameau J. L. "Undrained monotonic and cyclic strength of sands," Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 114, No. 10, 1988, pp. 1089-1109.
2. Castro, G., "Liquefaction and Cyclic Mobility of Saturated Sands", ASCE Journal of Geotechnical Engineering Division, Vol. 101, 1975, pp 552-569.
3. Hyodo, M., Tanimizu, H., Yasufuku, N. and Murata, H., "Undrained cyclic and monotonic triaxial behaviour of saturated loose sand," Soils and Foundations, Vol. 34, No. 1, 1994, pp. 19-32.
4. Ishihara, K., Tatsuoka, F. and Yasua, S., "Undrained deformation and liquefaction of sand under cyclic stresses," Soils and Foundations, Vol. 15, No. 1, 1975, pp. 29-44.
5. Sladen, J. A., D'Hollander R. D. and Krahn, J., "The liquefaction of sands, a collapse surface approach," Canadian Geotechnical Journal, Vol. 22, No. 1, 1985pp. 11-27.
6. Vaid, Y. P. and Chern, J. C., "Cyclic and monotonic undrained response of saturated sands," Advances in the Art of Testing Soils Under Cyclic Conditions, ASCE, 1985, pp. 120-147.
7. Yoshimine, M. and Ishihara, K., "Flow potential of sand during liquefaction," Soils and Foundations, Vol. 38, No. 3, 1998, pp. 189-198.
8. Been, K. and Jefferies, M. G. "A state parameter for sands," Geotechnique, Vol. 35, No. 2, 1985, pp. 99-112.

9. Ishihara, K., "Liquefaction and flow failure during earthquakes," *Geotechnique*, Vol. 43, No. 3, 1993, pp. 351-415.
10. Verdugo, R. and Ishihara, K., "The steady state of sandy soils," *Soils and Foundations*, Vol. 36, No. 2, 1996, pp. 81-92.
11. Yoshimine, M., Ishihara, K. and Vargas, W., "Effects of principal stress direction and intermediate principal stress on undrained shear behavior of sand," *Soils and Foundations*, Vol. 38, No. 3, 1998, pp. 179-188.

ABSTRACT

As a result of increasing pace of industrialisation and consumption, waste materials have rather become an important problem for all the countries including Turkey. In this connection geotechnical engineering has undertaken an important function and responsibility.

Turgutlu brick and tile industry, which based on traditional technology, has been found to be greatly under the pressure of this waste problem according to the results of the research maintained in 1996-1997.

Due to managerial and technological handicaps of the technology used in this industry, deformed bricks and coal ashes are produced in great volumes in different stages of production. This perspective in view, the aim of this research is to determine the geotechnical properties of these solid wastes in order to decide whether they can be used in geotechnical applications or not.

FLOW LIQUEFACTION BEHAVIOR OF SAND

ABSTRACT

On June 27,1998, a moderate earthquake measuring 5.9 on the Richter scale struck the alluvial plains of Cukurova in the Adana-Ceyhan region of Turkey. Liquefaction associated ground deformations such as lateral spreading, flow failures, ground fissures and subsidence, sand boils, and slope failures were observed along the Ceyhan River. It was known that the undrained monotonic behavior of soils is more predominant than cyclic deformation induced by shaking in some cases like sloped ground. Based on these observations, a monotonic undrained shear test has been used for the estimation of flow failure of sand.

Flow failure is a phenomenon resulting from steady-state deformation following the unstable behavior of soils with a sudden drop in shear strength. In this context, it is necessary to study the post-peak collapse tendency and the minimum strength achieved by a soil mass in undrained monotonic loading conditions. In this study, triaxial compression tests and triaxial extension tests on Adana-Ceyhan sand were conducted by means of conventional triaxial shear apparatuses. As a result, the flow potential of a sand was evaluated from triaxial compression and extension tests.

