

DİNAMİK ÜÇ EKSENLİ DENEYİNDE SİLTLERİN SIVILAŞMASINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

FACTORS INFLUENCING THE LIQUEFACTION SILT IN THE CYCLIC TRIAXIAL TEST

URAL, N.

Posta Adresi: Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Laboratuvarı

E-posta: nural@sakarya.edu.tr,

Anahtar Kelimeler: Dinamik üç eksenli deneyi, sıvılaşma, numune çapı, frekans

ÖZ Geoteknik deprem mühendisliğinin önemli problemlerinden olan sıvılaşma olayı yaklaşık 50 yıldır birçok araştırmacı tarafından incelenmektedir. 17 Ağustos 1999 Marmara depreminde Adapazarı kent merkezinde görülen sıvılaşma olaylarının sadece siltli kumlarda değil, siltlerde de gözlemlenmesi kent zeminlerinin üzerinde yapılacak dinamik deneylerin önemini gözler önüne sermiştir. Zeminlerin, deprem koşullarında sıvılaşması birçok özellik tarafından etkilenmektedir. Bu çalışmada, zeminlerin farklı numune hazırlama yönteminin kullanılması, dinamik üç eksenli deney uygulamalarında farklı numune çapı ve farklı yükleme frekans değerleri kullanıldığında deney sonuçlarını ne ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir.

ABSTRACT Testing conditions have significant effect on the behaviour of soils tested in dynamic conditions. The influence of the method of sample preparation, sample size and the frequency used have been investigated. It was found that slurry deposition secured representative samples of Adapazarı silts. samples tested at frequencies of 1Hz, 0.5Hz and 0.05Hz produced different results. Tests on liquefiable silt indicated that samples tested at 1Hz did not reach an r_v of 1, whereas those tested at frequencies of 0.5Hz and 0.05Hz, confirming the validity of those levels. Sample size also produced different results: 100mm diameter samples did liquefy under normal testing conditions, but 50mm samples exhibited stiffer behaviour.

GİRİŞ

Deprem bölgelerinde, tekrarlı yükler altında zeminlerin nasıl bir davranış sergileyeceğini incelemek için laboratuvarda yapılan deneylerden yararlanır. Laboratuvar deneylerinde, zemin numunesinin doğadaki oluşumunu en iyi temsil eden numune hazırlama yönteminin seçilmesi çok önemlidir. Özellikle Adapazarı gibi akarsu/göl ortamlarında çökelmiş 500 yıllık çok genç zeminlerin geoteknik özelliklerinin belirlenmesinde numune hazırlama yönteminin seçimi oldukça önemlidir. Adapazarı kent merkezinden temin edilen %10 kil içerikli siltli zemin damıtık suyla karıştırılarak bulamaç çamuru haline getirilmiştir. Bulamaç halindeki karışım 10x20cm'lik silindir plexiglass kalıplar içine yerleştirilerek 100 kPa gerilme altında çift yönlü drenajlı koşulda konsolide edilmiştir. Elde edilen siltli numuneler üzerinde dinamik üç eksenli deneyi (CTX) yapılarak zeminlerin, dinamik yüklemeler nedeniyle oluşan şekil değiştirmeleri ve boşluk suyu basıncındaki değişimleri ölçülmüştür.

Adapazarı kent merkezindeki zeminlerin sıvılaşması veya sıvılaşmaması durumundaki boşluk suyu basıncının artışına etki eden faktörlerin araştırılması da bu çalışma kapsamında yer almaktadır. Sıvılaşma direncinin incelenmesinde sıkça kullanılan dinamik üç eksenli deney (CTX) kullanılarak, laboratuvarda hazırlanan numunelerin tekrarlı yükleme altındaki davranışlarına numune çapının ve frekansın etkisi incelenmiştir.

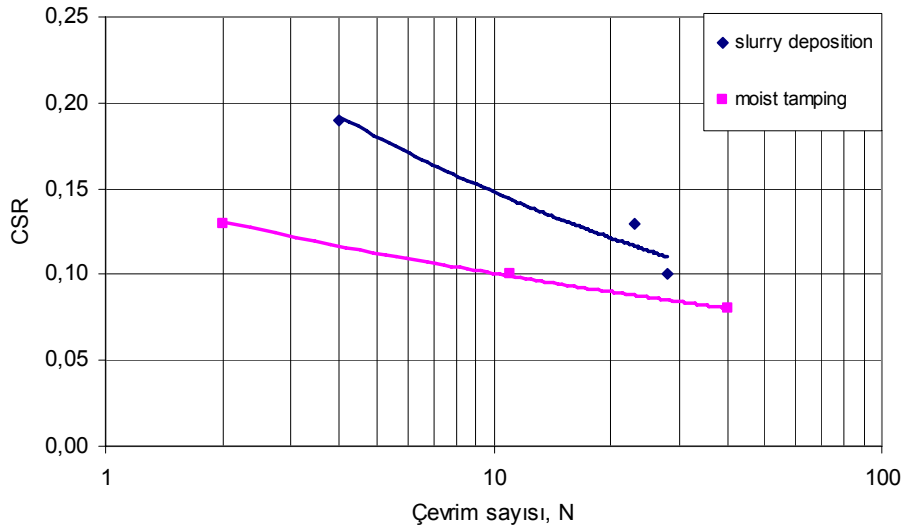
DİNAMİK ÜÇ EKSENLİ DENEYİ İÇİN NUMUNE HAZIRLAMA

Laboratuar deneylerinde, zeminlerin doğal şartlar altındaki davranışını gözlemleyebilmek için dikkatli bir şekilde araziden alınmış örselenmemiş numunelerin gerekliliği bilinmektedir. Kum ve siltlerde örselenmemiş numune almak oldukça zor ve pahalı olduğundan dolayı zemin numuneleri laboratuvarında hazırlama yöntemlerinden en uygun olanı seçilerek elde edilir. Laboratuvarında hazırlanan numunelerde, arazide ölçülen doğal birim hacim ağırlık, rölatif sıkılık ve hazırlanan numunenin yapısının doğal zemin çökeline benzemesi esas alınmaktadır. Bu çalışmada, kuru yağmurlama, ıslak tokmaklama, suda çöktürme ve bulamaç çökeli ile hazırlama yöntemlerinden Adapazarı zeminlerini en iyi temsil eden bulamaç çökeli ile hazırlama yöntemi seçilmiştir.

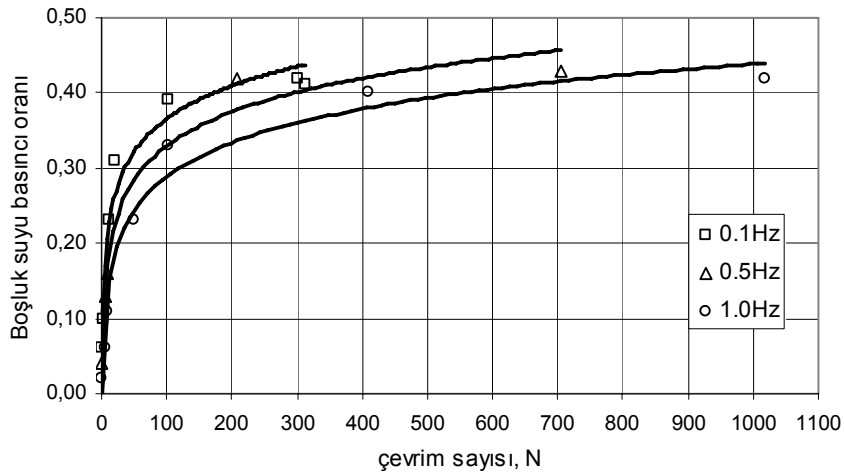
Birçok araştırmada kolaylığı nedeniyle ıslak tokmaklama yöntemi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Vaid (1994) ıslak tokmaklama yönteminin plastik olmayan fluvial sedimentlerin yapısını yansıtmadığını söylemiştir. Chang (1982), Cao ve Law (1991), Law ve Ling (1992), Hussein (1995) gibi araştırmacılar ise çalışmalarında ıslak tokmaklama yöntemini kullanmışlardır. Kuerbis ve Vaid (1988) çalışmalarında, doymun homojen numunelerin hızlı bir şekilde hazırlanmasından dolayı bulamaç çökeli yöntemini kullanmışlardır. Bunlara karşın Amini ve Sama (1999) ve Amini ve Qi (2000) çalışmalarında suda yağmurlama ve ıslak tokmaklama yöntemleri arasında dikkate değer bir fark olmadığını söylemişlerdir. Polito (2001) ıslak tokmaklama ve bulamaç çökeli yöntemiyle hazırladığı numunelerin deney sonuçlarını karşılaştırarak, Dr'si daha yüksek olan bulamaç çamuru yöntemiyle hazırlanan zemin numunesinin daha düşük dinamik direnç verdiğini gözlemlemiştir. Bu çalışmada, ıslak tokmaklama ve bulamaç çökeli hazırlama yöntemleri ile hazırlanan Adapazarı zeminlerinin dinamik deney sonuçları Şekil 1'de karşılaştırılmıştır. Her iki yöntem sonucu elde edilen numunelerin deney sonuçları arasında dikkate değer bir fark olmadığından Adapazarı zeminleri için her iki yöntemin uygun olduğu gözlemlenmiştir.

SIVILAŞMADA FREKANS ETKİSİ

Laboratuvarında zeminlerin dinamik özelliklerini belirlemede kullanılan dinamik üç eksenli deney uygulamalarında numunelerin yükleme frekansının önemi ortaya çıkmıştır. Peacock ve Seed (1968), kumlarda dinamik yükleme altında dinamik dirençteki farkın oldukça küçük olduğunu söylemişlerdir. Mulilis vd. (1977) ise temiz kumlarda yükleme frekansının 0.1Hz, 2Hz veya 3Hz olması halinde aradaki farkın ihmal edilebilir olduğunu söylemiştir. Ansal (1985) depremlerde zemin tabakalarında meydana gelentezrarlı gerilmelerin, depremin ve zeminin özelliklerine göre değişik frekanslarda olduğunu, bu nedenle kohezyonlu zeminlerde frekansın etkisinin göz önüne alınması gerektiğini söylemiştir. Şekil 2.'de gösterildiği gibi uygulanan gerilme frekansının azaltılması boşluk suyu basıncı değerlerini arttırmaktadır.



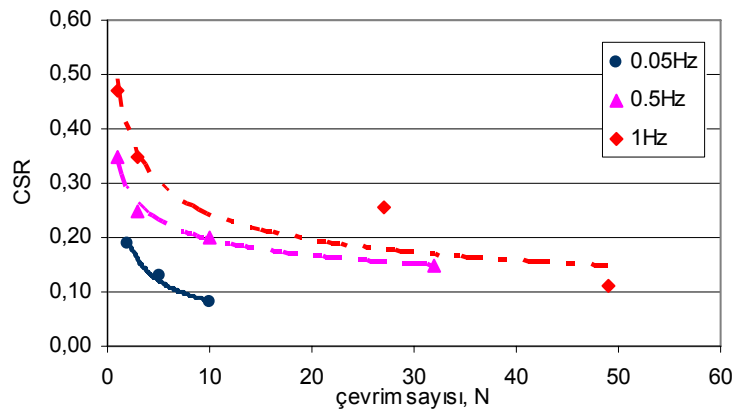
Şekil1. CSR ile çevrim sayısı arasındaki ilişkisi



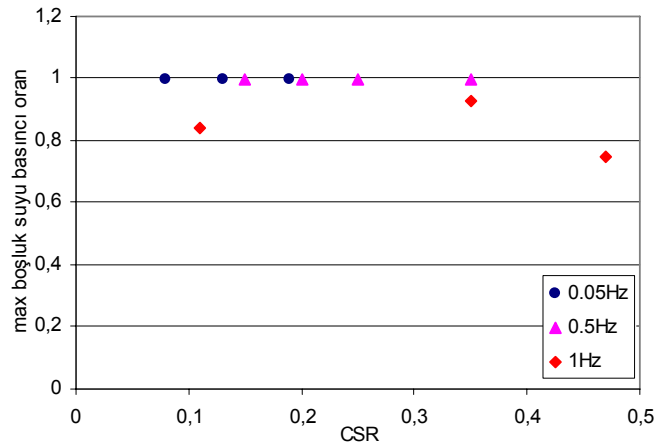
Şekil 2. Boşluk suyu basıncı oranı ile çevrim sayısı arasındaki ilişki (Ansal, 1985)

Sancio (2003), Adapazarı'nın siltli zeminlerinde, 1Hz ve 0.005Hz frekans değerleri kullanarak yükleme frekansının etkisini incelemiştir. Çalışmasında çoğu deneyi 1Hz kullanarak yapmasına karşın bu frekansın numune boyunca oldukça eşit boşluk suyu basıncının oluşmasına imkan vermeyecek denli yüksek olmasından dolayı bir grup deneyde frekansı 0.005Hz olarak kullanmıştır. Christakos (2003), dinamik yük altındaki zemin davranışını ve zemin performansını etkileyen parametreleri incelemiştir. Çalışmasında yükleme frekansını, 0.5Hz ile 1.0Hz arasında kullanarak daha düşük frekans değerlerinin kullanılması sonucu daha büyük boşluk suyu basıncı değerleri ve daha büyük eksenel birim boy değişim değerlerinin elde edildiği söylemiştir. Sunitsakul (2004), çalışmasında ince daneli zemin içeren numunelerin dinamik deneylerdeki boşluk suyu basıncının değişimini etkileyen faktörler arasında dinamik yükleme hızının etkisi bulunduğunu belirtmiştir. Yükleme frekans değerinin 0.1 Hz ve daha yüksek olarak alınması gerektiğini ve CTX sonuçlarından kumlu zeminlerin aksine, siltli zeminlerin davranışının yükleme frekansı ve büyüklüğünden etkilendiğini söylemiştir.

Bu çalışmada, yükleme frekansı 1Hz, 0.5Hz ve 0.05Hz değerleri kullanılarak dinamik üç eksenli deneyler yapılmıştır. %2.5,%5 ve %10 çift yönlü eksenel birim boy değişim genliğine ulaşılması için gerekli çevrim sayısı ile dinamik gerilme oranı (CSR) verilmiştir. Şekil 3.'de %5 çift yönlü eksenel birim boy değişim genliğinin frekansla değişimi verilmiştir. Dinamik üç eksenli deney eğrilerinden 0.05Hz ile yapılan deneyin istenen eksenel birim boy değişim genliğine ulaşması için gerekli çevrim sayısının en düşük değerde olduğu, sırasıyla frekans değeri 0.5Hz ve 1Hz olarak artmasıyla istenen eksenel birim boy değişim genliğine ulaşması için gerekli çevrim sayısının arttığı görülmüştür. Şekil 4.'de max. boşluk suyu basıncı oranı ile dinamik gerilme oranı arasındaki ilişki görülmektedir. 1Hz frekansında uygulanan dinamik gerilme sonucu boşluk suyu basıncı oranı %100 değerine ulaşmazken 0.5Hz ve 0.05Hz frekanslarında boşluk suyu basıncı oranı %100 değerine ulaştığı gözlenmektedir.



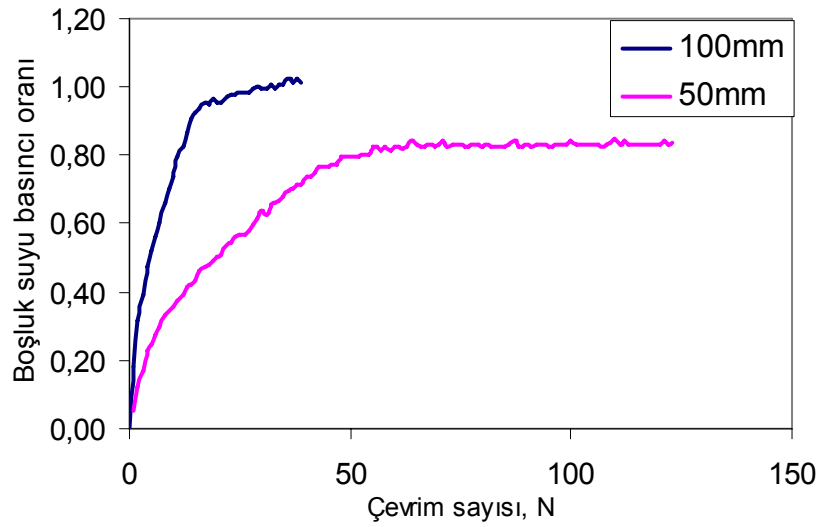
Şekil-3. Farklı frekanslarda %5 çift yönlü eksenel birim boy değişim genliğine ulaşılması için gerekli çevrim sayısı ile dinamik gerilme oranı (CSR)



Şekil-4. Farklı frekanslarda dinamik üç eksenli deney uygulaması elde edilen boşluk suyu basıncı oranı ile dinamik gerilme oranı (CSR)

NUMUNE ÇAPI ETKİSİ

Laboratuarda zeminlerin dinamik özelliklerini belirlemede kullanılan dinamik üç eksenli deney uygulamalarında, numune çapı farklılığından dolayı ortaya çıkan farklılık sivilaşmayı etkileyen diğer bir etki faktörüdür. Lee ve Fitton (1969), Polito (2001) çalışmalarında kumlarda numune çapının farklılığının önemli etkisinin olmadığını söylemişlerdir. Abdulla ve Kioussis (1997), çimentolanmış kumun modellemesini üç eksenli deneyde, boyutları sırasıyla 5 ve 10 cm'lik numuneler üzerinde çalışmışlardır. Deneylerin sonucunda küçük numuneler büyük numunelere göre daha fazla direnç göstermiştir. Bu çalışmada, siltli numunelerin 50 ve 100mm çaplarındaki numuneleri üzerinde dinamik üç eksenli deneyleri yapılmıştır. Yapılan deney sonuçlarından 50mm çaplı deney numunelerinin sivilaşma direncinin 100mm çaplı deney numunelerinden daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 4.).



Şekil-4. Boşluk suyu basıncı ile çevrim sayısı arasındaki ilişki

SONUÇ

Bu çalışmada, Adapazarı zeminlerini laboratuarda doğadaki oluşumunu en iyi benzeştiren numune yöntemi olarak seçilen bulamaç çökeli hazırlama yöntemiyle zemin numuneleri elde edilmiştir. Özellikle Adapazarı gibi akarsu/göl ortamlarında çökelmiş 500 yıllık çok genç zeminlerinin geoteknik özelliklerinin belirlenmesinde numune hazırlama yönteminin seçimi oldukça önemlidir. Dinamik üç eksenli deneylerinde sivilaşma direncini etkileyen diğer iki faktör olan numune çapı ve yükleme frekansı etkisi sunulmuştur. 50mm çaplı deney numunelerinin sivilaşma direncinin 100mm çaplı deney numunelerinden daha fazla olduğu görülmektedir. 0.05Hz frekans değeri ile yapılan deneyde istenen aksel birim boy değişim genliğine ulaşılması için gerekli çevrim sayısının en düşük değerde olduğu, frekans değerinin 0.5Hz ve 1Hz olarak artırılmasıyla numunelerin istenen aksel birim boy değişim genliğine ulaşması için gerekli çevrim sayısının giderek arttığı görülmüştür. 1Hz frekansta yapılan deneylerde zemin numunelerinin boşluk suyu basıncı oranı hiçbir zaman %100 değerine ulaşmazken, 0.5Hz ve 0.05Hz frekanslarda boşluk suyu basıncı oranı %100 değerine ulaştığı gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Vaid, Y., 1994, Liquefaction of silty soils, **Ground Failures Under Seismic Conditions**, ASCE Geotechnical Special Publication No. 44, 1-16, 1994
- Chang, N.Y., Yeh, S.T. ve Kaufman, L.P., 1982, Liquefaction Potential of Clean and Silty Sands, **3. International Earthquake Microzonation Conference Proceedings**, Vol.2, June 28-July1, Seattle
- Cao, Y.L. and Law, K.T., 1991, Energy Approach for Liquefaction of Sandy and Clayey Silts, **Proceedings, 2. International Conference on Recent Advances in Geotechnical Engineering and Soil Dynamics**, March 11-15, St.Louis Missouri, pp491-497
- Law, K. T., and Ling, Y. H., 1992, Liquefaction of granular soils with noncohesive and cohesive fines, **Proc., 10th World Conf. on Earthquake Engrg.**, 1491-1496
- Hussein, A.K., 1995, Undrained cyclic behavior of nonplastic silt, PhD Thesis, Cornell University
- Kuerbis, R. and Vaid, Y. P., 1988, Sand Sample Preparation The Slurry Deposition Method, **Soils and Foundations**, Vol. 28, No. 4, pp. 107-118
- Amini, F. and Sama, K. M., 1999, Behavior of Stratified Sand-Silt-Gravel Mixtures under Seismic Liquefaction Conditions, **Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering**, Vol. 18, No. 6, 445-455.
- Amini, F. and Qi, G. Z., 2000, Liquefaction Testing of Layered Silty Sands, **Journal of Geotechnical Engineering**, ASCE, Vol. 126, No. 3, 208-217.
- Polito P.C, Martin II J.R., 2001, Effect of nonplastic fines on the liquefaction resistance of sands, **Journal Geotech&Geoenviro.Engng**, ASCE 2001;127(5):408-15.
- Peacock, W.H. ve Seed, H.B., 1968, Sand Liquefaction under Cyclic Loading Simple Shear Conditions, **Journal Soil Mechanics and Foundations Division**, ASCE, Vol. 97, No. SM9, p. 1249-1273
- Yoshimi, Y. ve Oh-Oka, H., 1975, Influence of Degree of Shear Stres Reversalon the Liquefaction of Potential Saturated Sand, **Soils and Foundations**, Vol.15, No.3, pp.27-40
- Lee, K. L. ve Fitton, J. A., 1969, Factors affecting the cyclic loading strength of soil, Vibration effects of earthquakes on soils and foundations, **American Society for Testing and Materials**, Philadelphia, Pennsylvania, pp.71-95
- Mulilis, J.P., Seed, H.B, Chan, K.C., Mitchell, J.K,, Arulanandan, K., 1977, Effects of sample preparation on sand liquefaction, **Journal of the Geotechnical Engineering Division**, ASCE, pp. 91-107
- Sancio, R.B., 2003, Ground Failure and Building Performance in Adapazarı, Turkey, Ph.D.Thesis, University of California, Berkeley, USA
- Christakos, G., 2003, Soil behaviour under dynamic loading conditions:experimental procedures and statistical trends, **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**,17, pp.175-190
- Sunitsakul, J., 2004, Dynamic Behavior of Silty Soils, PhD Thesis, Oregon State University, USA

INTERNATIONAL
EARTHQUAKE SYMPOSIUM KOCAELI 2007
22 - 26 OCTOBER 2007

Abdulla, A.A. ve Kioussis, P.D., 1997, Behavior of cemented sands-I. Testing, **International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics**, Volume 21, Issue 8 , Pages 533 - 547 August 1997