

ZEMİNLERİN MİKRO YAPILARI ÜZERİNE

Dr. Ali Fırat Çabalar
Gaziantep Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep,

Özet

Yapılan araştırma için mika ve Leighton Buzzard kumları farklı oranlarda karıştırılarak numuneler hazırlanmış, ve daha sonra bu numuneler üzerinde konsolidasyon ve üç eksenli basınç deneyleri uygulanmıştır. Konsolidasyon deneyleri, mika oranı arttıkça numunelerin sıkıştırılabilirliğinin arttığını göstermiştir. Üç eksenli basınç deney aletinde yapılan deneyler de yine mika oranına bağlı olarak sonuçların önemli oranda değiştiğini göstermiştir. Ayrıca çalışmada elektron mikroskop görüntüsü de verilerek kullanılan iki malzeme arasındaki tane yapısı farklılıklarının daha detaylı olarak görülmesi sağlanmıştır. Yapılan çalışmanın mikroyapısal özelliklerin zemin malzemelerinin davranışı üzerindeki etkilerini araştıran daha sonraki çalışmalara katkı yapacağı düşünülmektedir.

1. Giriş

Yer kabuğunu oluşturan zemin malzemeleri kaya ve toprak olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Bu iki grup arasındaki sınır hakkında farklı yorumlar olmasına rağmen, ‘toprak’ genellikle elle kolayca ayrışabilen zemin grubu olarak tanımlanır ve sıvı, gaz ve katı parçacıklardan oluşur. Bu üç elemanın birbirleriyle olan ilişkisi bu malzemelerin mühendislik özelliklerini etkiler. Ancak zemin davranışlarını yalnız bu üç eleman arasındaki ilişki ile tamamen anlamak mümkün gözükmemektedir. Örneğin, jeolojik zaman süresince daha önce zemin numunelerinin maruz kaldığı gerilme numunelerin bugünkü yapısını etkileyebilir, bu ise o zeminlerin davranışı üzerinde etkilidir (Collins and McGown, 1974, Cotecchia and Chandler, 1995, Chandler, 2000). Buna ilaveten, zemin tanelerinin büyüklük ve şekilleri ile zemin taneleri arasındaki boşluklardaki sıvı ve gaz, ayrıca kimyasal ve biyolojik bileşikler de zeminlerin mekanik özelliklerini etkilemesi muhtemel olan diğer faktörlerdir.

Kaya ya da toprak tanımlamasına uymayan yumuşak kayalar ise her iki grubun özelliklerini aynı anda taşıyabilmekte ve bu iki grup arasındaki üçüncü bir grup olarak tanımlanabilmektedir. Bu gruptaki zemin örnekleri için yalnızca bir yönden yapılacak tanımlamalar yanlış ya da eksik tanımlamalar olacaktır. Bu yüzden, bu tür zeminlerde yapılan çalışmalar için iki farklı bakış açısı kullanılması faydalı olabilir (Johnston and Novello, 1993).

Literatürdeki birçok çalışma doğadaki birçok toprak ve yumuşak kaya örneklerinin, zemin taneleri arasındaki bağlanmadan dolayı, mikroyapısal farklılıklara sahip olduklarını göstermektedir (Leroueil and Vaughan 1990, Burland, 1990, Clayton and Serraticce 1993, Liu and Carter, 1999, Malandraki and Toll, 2001). Geniş ölçüde kabul gören tanımlamasıyla mikroyapısal özellikler; zemin tanelerinin karakteristikleri, birbirlerine göre pozisyonları ve taneler arasındaki çekim kuvveti olarak bilinmektedir (Mitchell, 1976).

Mikroyapısal özellikler dikkate alınmadan zemin davranışı üzerine yapılan laboratuvar ortamındaki çalışmalar eksik olarak nitelendirilebilir. Çünkü arazideki zeminler laboratuvar ortamında hazırlanan zeminlerden farklı özellikler gösterebilir (Burland, 1990, Cuccovillo and Coop, 1999). Burland (1990), mikroyapısal özelliklerin anlaşılmasının en iyi yolu olarak, laboratuvar ortamında hazırlanmış numuneler ile araziden alınmış örselenmemiş numunelerin kıyaslanmasını önermektedir. Mikroyapısal özellikleri anlamak üzere yapılan bu tür çalışmalarda takip edilebilecek iki temel yol gözükmektedir. Birincisi, araziden yüksek kalitede örselenmemiş numuneler almak, diğeri de laboratuvar ortamında zemin taneciklerinin birbirlerine yapay yollardan bağlanmasını sağlamaktır. Günümüzde, yüksek kalitede örselenmemiş numuneler almak için bazı metotlar olmasına rağmen (Sherbrooke ve Laval gibi), bu metotların bile zeminlerin mikroyapısal özelliklerini kaybetmesine engel olamayacağı bilinmektedir (Clayton ve diğ., 1992, ve Hight ve diğ., 1992). Diğer taraftan, literatürdeki yapay bağlanma teknikleri ise yine bazı hatalara neden olabilmektedir. Çünkü bu teknikler efektif gerilmenin olmadığı şartlarda hazırlanmakta ve daha sonra deneye tabi tutulmaktadır ki, bu durum doğada rastlanılan gerçek jeolojik basamakları temsil etmemektedir.

Yukarıda kısaca dikkate sunulan bazı literatür bilgileri ışığında, bu çalışmada zeminlerin mikro yapılarına bir örnek teşkil etmek amacıyla farklı tane özelliklerine sahip zemin karışımları üzerine yapılan bir araştırma sunulmaktadır. Çalışmada farklı yüzdelerdeki mika ve Leighton Buzzard kumu karışımları üzerinde konsolidasyon hücresi ve üç eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Ayrıca yapılan elek analizi ve alınan SEM görüntüleri ile kullanılan her iki malzemenin büyüklük ve şekil özellikleri detaylı olarak tanımlanmıştır. Zeminlerin farklı özellikteki tanelerden oluşmasına rağmen devamlı bir bütün olarak değerlendirildikleri düşünüldüğünde, burada sunulan çalışmanın deformasyon modülü, sıkışabilirlik, geçirgenlik ve mukavemet gibi zeminlerin mühendislik parametrelerini detaylı olarak açıklayabilecek tane mekaniği hakkındaki araştırmalara katkı yapacağı ümit edilmektedir.

2. Deneysel Çalışma

Çalışmada iki farklı deney aleti kullanılmıştır. Bunlardan biri, TS 1900, ASTM D 2435, ve BS 1377 şartlarına göre imal edilmiş olan konsolidasyon aletidir. Diğeri ise, 100 mm çaplı Wykeham Farrance üç eksenli basınç deney aletidir.

Yapılan deneylerin amacı farklı yüzdelerdeki mika numunelerinin Leighton Buzzard kumunun davranışı üzerine etkilerinin araştırılmasıdır. Çalışmada farklı karışım oranlarındaki zemin örnekleri suya doymun numuneler elde etmek için yeterli miktardaki su ile karıştırıldı. Bu şekilde hazırlanan numuneler hiçbir sıkıştırma işlemi uygulanmadan konsolidasyon hücresine ya da üç eksenli basınç hücresine çok ince tabakalar halinde yerleştirildiler. Bu method zemin tanelerinin her bir numunenin kendi içinde ayrışarak homojen olmayan bir yapı kazanmasını önlemek için takip edilmiştir.

Konsolidasyon hücresine yerleştirilen numuneler günlük yük artırımlarına maruz bırakılmıştır. Her gün sonunda uygulanan yük miktarı bir önceki günün iki katı olacak şekilde ayarlanmıştır. Burda yapılan deneyler %5, %10, %15 ve %20 mika karışımlarındaki numuneler ile farklı yoğunluklardaki Leighton Buzzard kumu örneklerinin kıyaslamasını göstermektedir.

Numuneler üç eksenli basınç hücresine hiçbir sıkıştırma uygulanmadan yerleştirildikten sonra, numunelerin çevresine yerel gerilme ölçümleri için LVDT'ler yerleştirilmiştir. Bunlar çok küçük seviyedeki gerilme değerlerinin hesaplanmasında kullanılan, *RDP Electronics Ltd.* tarafından üretilen ve ± 1 mm lineer ölçüm aralığına sahip oldukça hassas ölçüm cihazlarıdır. LVDT'lerin yerleştirilmesinden sonra hücre, havası alınmış su ile doldurulup, numunelerin 400 kPa çevre basıncına ve 300 kPa boşluk suyu basıncına en az 24 saat süreyle maruz bırakılarak konsolide olmaları sağlanmıştır. Bu süre sonunda ise deney uygulanmaya başlanmıştır.

Deneylerden kullanılan Leighton Buzzard kumu BS 1881-131:1998 standartlarına uygun olarak *The David Ball Group, Cambridge, U.K* tarafından sağlanmaktadır. Kuma ait özgül ağırlık, minimum ve maksimum kuru birim hacim ağırlıkları sırasıyla 2.65, 1.48 g/cm³ ve 1.74 g/cm³ olarak tespit edilmiştir. Bu kuma ait elek analizi sonuçları malzemenin 0.6 mm ile 1.1 mm arasında değiştiğini göstermektedir. 52mm ile 102 mm arasında değişen mika taneleri ise *Dean and Tranter Ltd.* tarafından sağlanmıştır.

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Şekil 1 ve 2 kullanılan malzemelere ait elek analizi sonuçlarını ve elektron mikroskop (SEM) görüntüsünü vermektedir. Kullanılan her iki malzeme de aynı şekil üzerinde verilerek bunlar arasında kıyaslama yapılması sağlanmıştır. Bu iki malzeme arasındaki fark hem elek analizi sonuçlarından ve hem de SEM sonuçlarından açık bir şekilde görülmektedir. Elek analizi sonuçlarından tane büyüklükleri arasında önemli ölçüde bir fark görülmektedir. Buna ilaveten, SEM görüntülerinden de görüldüğü gibi, bu iki malzeme tane yapıları birbirinden çok farklı iki malzemedir. Mika kumu tanecikleri ince ve yassı bir görünümde olmasına rağmen, Leighton Buzzard Kumu tanecikleri bu şekil yapısından oldukça farklıdır.

Şekil 3 ve 4'te görüldüğü gibi, Leighton Buzzard Kumuna karıştırılan mika kumu miktarı arttıkça sonuçlar da değişmektedir. Yalnızca Leighton Buzzard Kumu ile yapılan deneyde kum tanecikleri arasında, belli bir basınç değerinden sonra, ayrışma gözlemlenmiştir. Diğer taraftan, mika ile karıştırılarak deneye tabi tutulan numunelerde, mika miktarı arttıkça, tanecikler arasındaki ayrışma yerini sıkışmaya bırakmaktadır. Bunun nedeni Leighton Buzzard Kum taneleri arasındaki mika kum tanelerinin olduğu düşünülmektedir. Çalışmada elden edilen ve Şekil 3 ile 4'te verilen sonuçlar daha önceki çalışmalarla (Gilboy, 1928, Mundegar, 1997, Hight et al., 1999, Geogiannaou, 2006) benzerlikler göstermektedir.

4. Sonuçlar

Konsolidasyon deneylerinden elde edilen bulgular ışığında, daha küçük ve düz tanelerden oluşan bir malzeme olan mikanın bir kum örneği olan Leighton Buzzard'a katılmasının malzemenin sıkıştırılabilirliğinin artmasına neden olduğu gözlemlenmiştir. Üç eksenli basınç deneyleri ise tipik bir kum örneği olan Leighton Buzzard taneleri arasındaki ayrılmanın, eklenen mika kum taneleri ile birlikte yerini sıkışılabilirliğe bıraktığını göstermiştir.

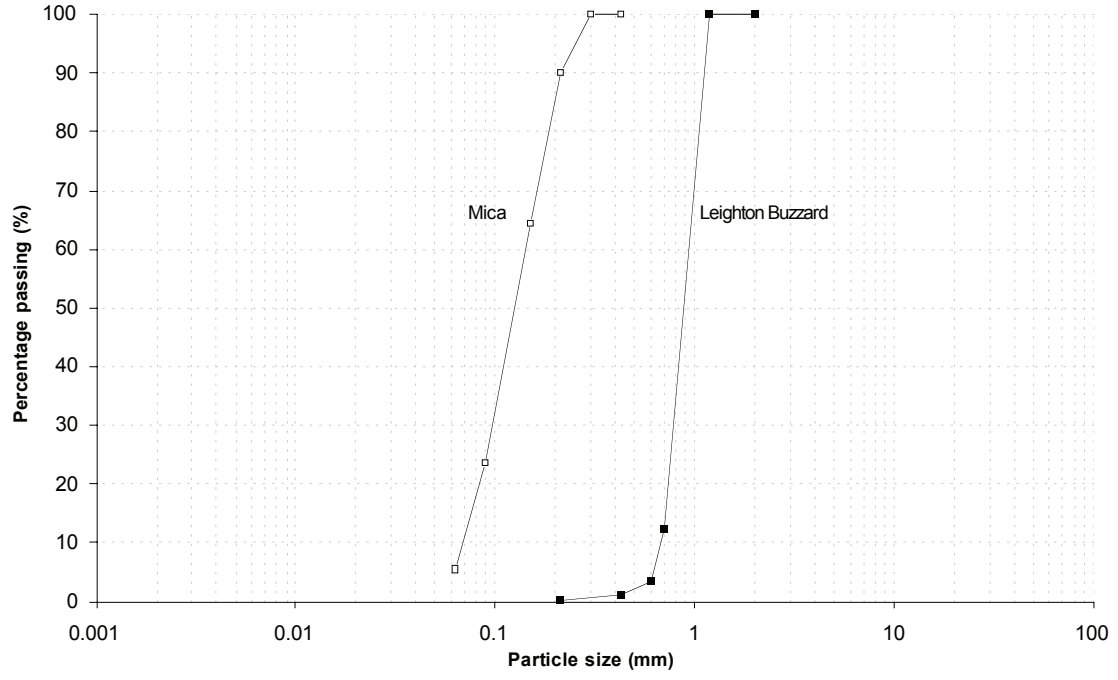
5. Teşekkür

Sonuçları verilen deneysel çalışmalar Southampton Üniversitesi Geoteknik Laboratuvarında yapılmıştır. Yazar, sonuçların değerlendirilmesindeki yardımlarından dolayı Prof. Chris Clayton'a teşekkür eder.

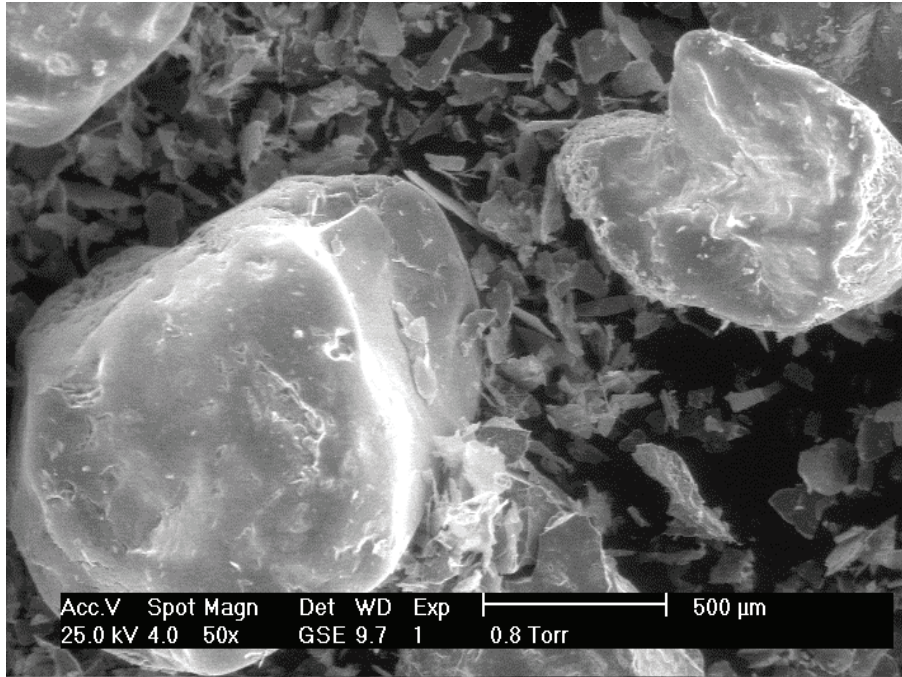
6. Kaynaklar

Burland, J. B. (1990). On the compressibility and shear strength of natural clays. *Géotechnique*, Vol. 40, No. 3, 329-378.

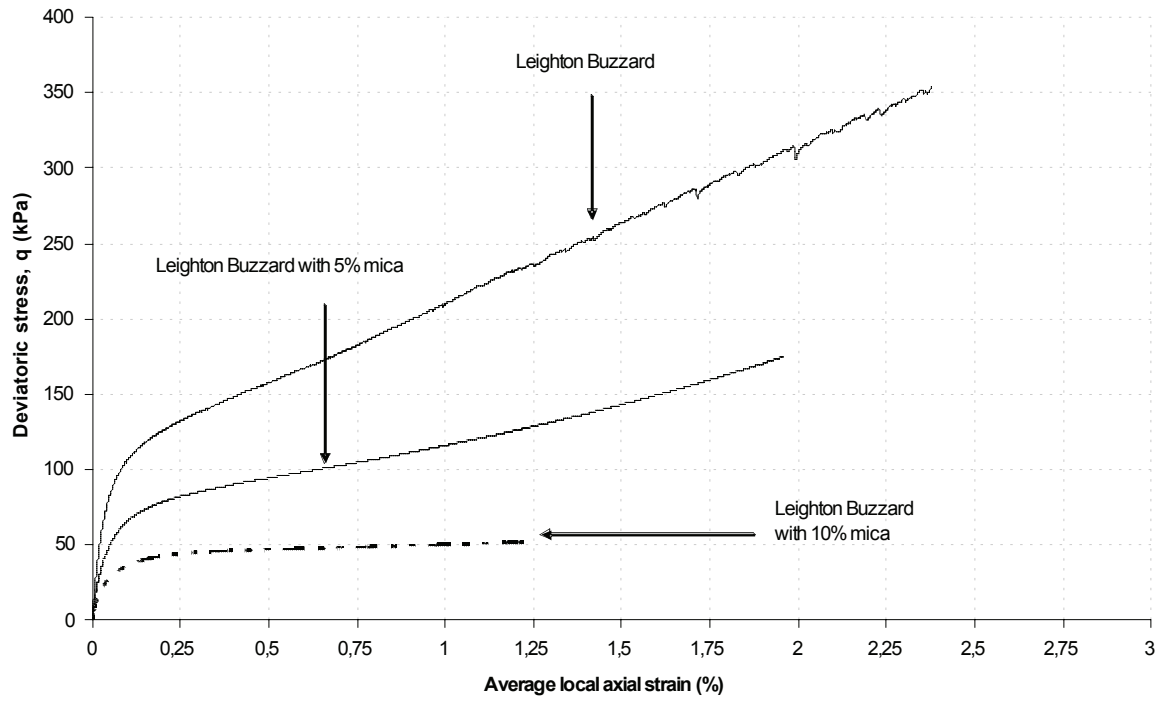
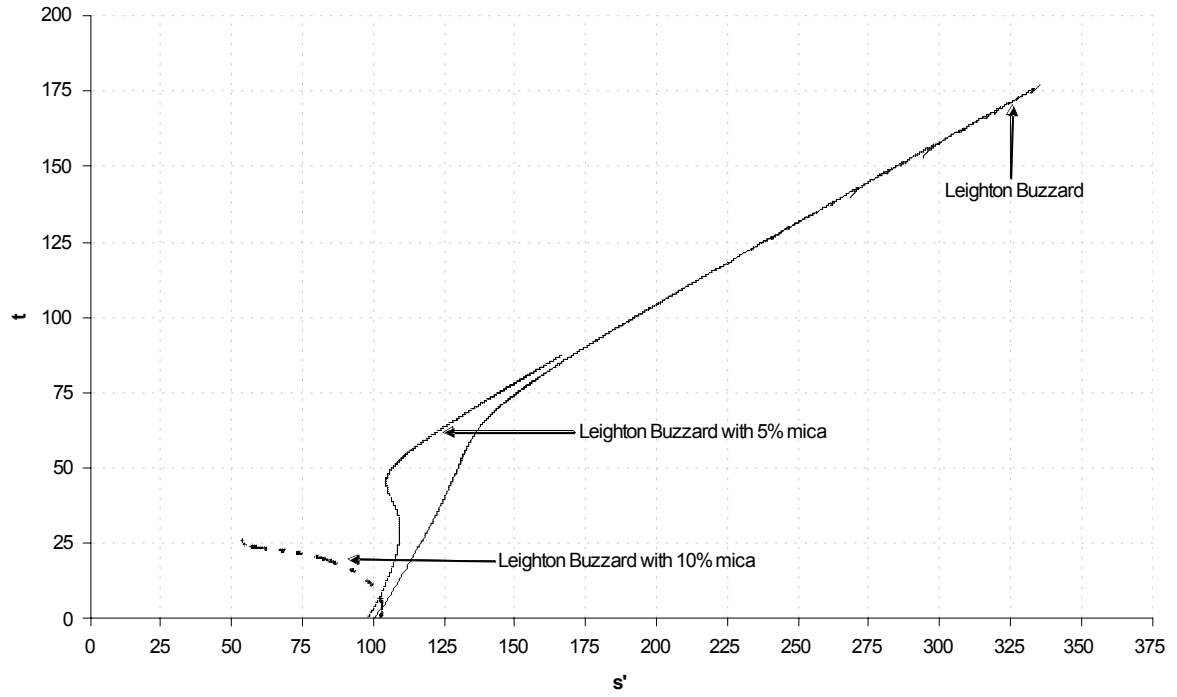
- Chandler, R. J. (2000). Clay sediments in depositional basins: the geotechnical cycle. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, Vol. 33, 7-39.
- Clayton, C.R.I., Theron, M., and Vermeulen, N.J. (2004). The effects of particle shape on the behaviour of gold tailings. *Advances in Geotechnical Engineering: The Skempton Conference*, Thomas Telford, London, UK.
- Clayton, C. R. I. and Serratrice, J. F. (1993). The mechanical properties and behaviour of hard soils and soft rocks. In *Geotechnical Engineering of Hard Soils-Soft Rocks* (A. Anagnostopoulos et al., eds), Athens, Greece, Balkema: Rotterdam, 1839-1877.
- Clayton, C. R. I., Hight, D. W., and Hopper, R. J. (1992). Progressive destructuring of Bothkennar clay: implications for sampling and reconsolidation procedures. *Géotechnique*, Vol. 42, No. 2, 219-240.
- Collins, K. and McGown, A. (1974). The form and function of microfabric features in a variety of natural soils. *Géotechnique*, Vol. 24, No. 2, 223-254.
- Cotecchia, F. and Chandler, R.J. (1995). Geotechnical properties of the Pleistocene clays of the Pappadai Valley, Taranto, Italy. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, Vol. 28, 5-22.
- Cuccovillo, T. and Coop, M.R. (1999). On the mechanics of structured sands. *Géotechnique*, Vol. 49, No. 6, 741-760.
- Georgiannou, V. N. (2006). The undrained response of sands with additions of particles of various shapes and sizes. *Geotechnique* 56, No. 9, 639- 649.
- Gilboy (1928). The compressibility of sand-mica mixtures. *Proc. ASCE*, Part I, February, pp. 555-568.
- Hight, D.W., Boese, R., Butcher, A.P., Clayton, C.R.I. and Smith, P.R. (1992). Disturbance of Bothkennar clay prior to laboratory testing. *Géotechnique*, Vol. 42, No. 2, 199-218.
- Leroueil, S. and Vaughan, P.R. (1990). The general and congruent effects of structure in natural soils and weak rocks. *Géotechnique*, Vol. 40, No. 3, 467-488.
- Liu, M.D. and Carter, J.P. (1999). Virgin compression of structured soils. *Géotechnique*, Vol. 49, No. 1, 43-57.
- Malandraki, V. and Toll, D.G. (2001). Triaxial tests on weakly bonded soil with changes in stress path. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 127, No. 3, March, 2001, 282-291.
- Mundegar, A.K. (1997). An investigation into the effects of platy mica particles on the behavior of sand. MSc Thesis, Imperial College, London, UK.
- Mitchell, J.K. (1976). *Fundamentals of Soil Behaviour*. John Wiley & Sons, Inc. Printed in the United States of America.
- Oda, M. (1972). Initial fabrics and their relations to mechanical properties of granular material. *Soil Foundations*, Vol. 12, 1, pp. 17- 37.
- Terzaghi, K. (1925). Principles of soil mechanics: V- Physical differences between sand and clay. *Engineering News Records*, Vol. 95, No. 23, pp. 912-915.
- Vermeulen, N. J. (2001). The compressibility of Gold Tailings. PhD Thesis, University of Pretoria, South Africa.



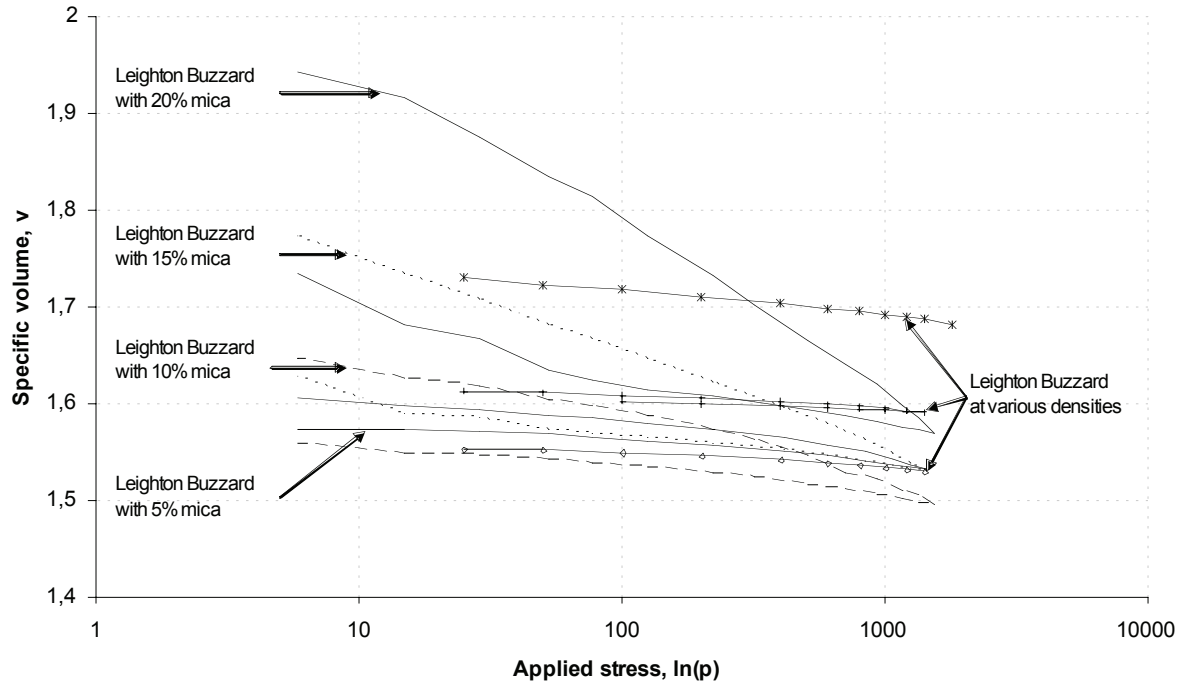
Şekil 1 Leighton Buzzard ve mika kumları için elek analizi sonuçları.



Şekil 2. Leighton Buzzard-mika karışımını gösteren bir elektron mikroskop (SEM) görüntüsü.



Şekil 3. Üç eksenli basınç deneyi sonuçları (a). MIT stress space (b) deviatoric stres.



Şekil 4. Konsolidasyon deneyi sonuçları