

## SP (KÖTÜ DERECELENMİŞ ORTA-İNCE KUM) ZEMİNLERDE KESME HIZININ KESME DİRENCİ PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

<sup>1</sup>Osman GÜNAYDIN, <sup>2</sup>Sibel ALPYILDIZ, <sup>3</sup>Çağlar AKKUŞ

<sup>1</sup> Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, ADIYAMAN

<sup>2</sup> Niğde Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, NİĞDE

<sup>3</sup>Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, NİĞDE

<sup>1</sup>gunaydin@adiyaman.edu.tr, <sup>2</sup>sibelalpyildiz@hotmail.com, <sup>3</sup>caglarakkuss@gmail.com

(Geliş/Received: 08.11.2013; Kabul/Accepted in Revised Form: 24.12.2013)

**ÖZET:** Bu çalışmada kumlu zeminlerde kesme hızının kesme direnci parametreleri ( $c$  ve  $\phi$ ) üzerindeki etkisi incelenmiştir. Kumlu zeminlerde kesme direnci parametrelerinin belirlenmesinde kesme kutusu deneyi geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu amaç için laboratuvarında kötü derecelenmiş orta-ince kumdan oluşan zemin örneği üzerinde hem doygun olarak hem de kuru olmak üzere iki farklı koşulda kesme kutusu deneyleri yapılmıştır. Örneklerin kesme hızları farklı (0.25, 0.50, 1, 2, 4 mm/dk) tutularak kesme hızının değişimine göre her iki koşul için kesme direnci parametreleri ( $c$  ve  $\phi$ ) belirlenmiş ve bulunan bu değerler karşılaştırılmıştır. Doygun zemin örneklerinde kohezyon ( $c$ ), 0.04-0.11 kg/cm<sup>2</sup> ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ), 23<sup>o</sup>-36<sup>o</sup> arasında, kuru zemin örneklerinde kohezyon ( $c$ ), 0.02-0.12 kg/cm<sup>2</sup> ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ), 10<sup>o</sup>-38<sup>o</sup> arasında değerler aldığı gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kötü derecelenmiş orta- ince kum, kesme kutusu deneyi, kesme direnci parametreleri, kesme hızı

### Effect of Shear Strength Parameters on Shear Speed in SP (Poorly Graded Medium-Fine Sand) Sandy Soils

**ABSTRACT:** In this study, the effects of shearing speed on shearing strength parameters ( $c$  and  $\phi$ ) on the poorly graded medium-fine sand soils were investigated. The shear box test has a wide range of use in determining shearing strength parameters on sandy soils. For this purpose, shear box tests under two different conditions, being both saturated and dry, were carried out on loose sand sample of poorly graded medium-fine sand in the laboratory. Shearing strength parameters ( $c$  and  $\phi$ ) were determined with regard to the variation of the cutting speed for both conditions, keeping cutting speeds of the samples different (0.25, 0.50, 1, 2, 4 mm/m) and the values obtained were compared. For saturated sand samples, values of cohesion ( $c$ ) and internal friction angle ( $\phi$ ) were found to stand between 0.04-0.11 kg/cm<sup>2</sup> and 23<sup>o</sup>-36<sup>o</sup> respectively while the same values for dry sand samples were found to be 0.02-0.12 kg/cm<sup>2</sup> and 10<sup>o</sup>-38<sup>o</sup>.

**Key Words:** Poorly graded medium-fine sand, shear box test, shearing strength parameters, shearing speed

### GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kesme gerilmesi zeminlerde laboratuvarında birçok deneysel yöntemler (serbest basınç deneyi, üç eksenli basınç deneyi, kesme kutusu deneyi ve Veyn deneyi) kullanılarak belirlenebilir. Bunlar arasında en yaygın olarak kullanılan yöntemler kesme kutusu deneyi, serbest basınç deneyi ve üç eksenli basınç

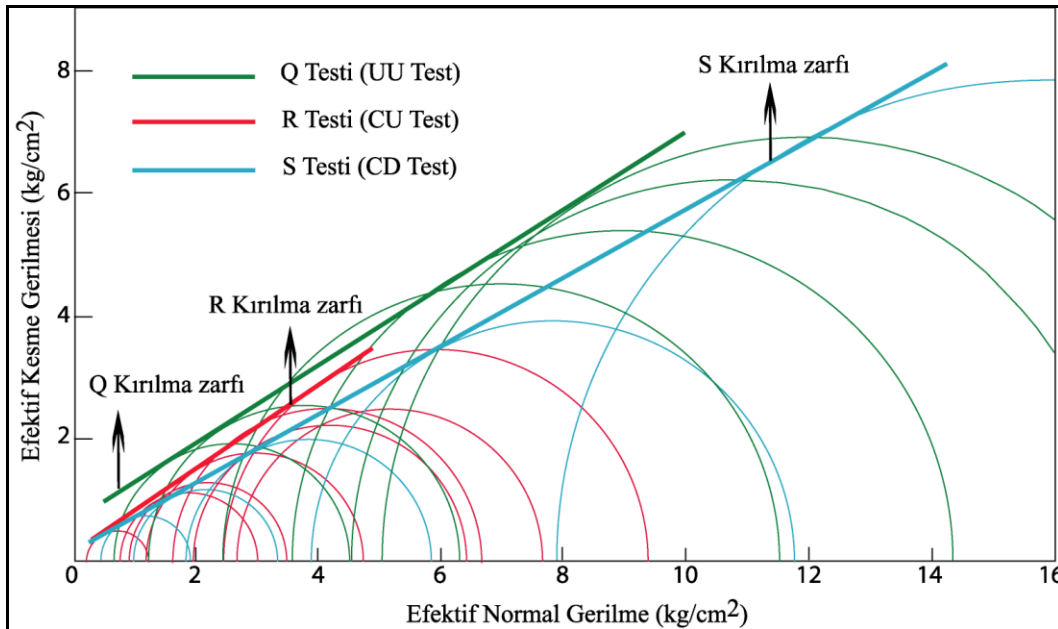
deneyidir. Bu deneyler ile zeminlerin kesme gerilmesi parametreleri ( $c$  ve  $\phi$ ) belirlenir. Kesme gerilmesi parametrelerini belirlenmesinde farklı deneylerin yapılmasının sebebi, parametrelerin kullanılacağı stabilite probleminde, zeminin arazide yükleme (veya yük azalması) esnasında maruz kalacağı drenaj şartlarının deneyde sağlanmaya çalışılmasıdır. Bilindiği gibi kesme kutusu deneyi laboratuvarında üç farklı yöntemle yapılmaktadır. Bunlar;

-Konsolidasyonlu-Drenajlı (CD veya S deneyi): Bu deney yöntemi yavaş deney olarak da bilinir. Hidrostatik yükleme ve kesme aşamalarının her ikisinde de drenaja izin verilir. Kesme, boşluklarda ilave basınç oluşmayacak yavaşlıkta yapılır. Bundan dolayı, efektif ve toplam gerilmeler birbirine eşit olmaktadır. Hacim değişikliği ölçülebilir.

-Konsolidasyonlu-Drenajsız (CU veya R deneyi): Yöntem konsolidasyonlu-Çabuk deney olarak adlandırılmaktadır. Hidrostatik yükleme aşamasında drenaja izin verilerek numunenin konsolide olması sağlanırken, kesme aşamasında drenaja izin verilmez. Numune tamamen konsolide olduğunda kesmeye başlanır.

-Konsolidasyonsuz-Drenajsız (UU veya Q deneyi): Çabuk deney olarak da ifade edilebilir. Gerek normal yükleme esnasında, gerekse kesme aşamasında drenaja müsaade edilmez. Normal yükleme uygulanır uygulanmaz kesmeye başlanır.

Zeminlerin kesme gerilmesi kesme hızına bağlı olarak değişir (Hirschfeld, 1960). Kesme kutusu deneyinde boşluk suyu basınçları ölçülmez, bu durumda drenajı kontrol etmenin tek yolu yatay yer değiştirmenin hızının değiştirilmesidir (González de Vallejo and Ferrer, 2011). Kesme hızı zeminin permeabilitesine bağlı olarak belirlenir. Kesme hızının artma oranına bağlı olarak kesme gerilmesi değerinde de artma gözlenmektedir. Bunun sebebi kesme hızı arttıkça kesme düzlemindeki boşluk suyunun kaçışından dolayı efektif gerilme değerindeki artıştır (Crawford 1964, Cetin 1995, Cetin 1998, Mitchell and Soga 2005). Bu nedenle yüksek kesme hızında drenajsız testlerde elde edilen efektif kırılma zarfı, düşük kesme hızındaki drenajlı testten elde edilen kırılma zarfının üzerinde yer alır (Şekil 1) (Hirschfeld 1960, Günaydın 2007).



Şekil.1 Drenajlı (S kırılma zarfı) ve drenajsız (R ve Q kırılma zarfları) kırılma zarflarının karşılaştırılması (Hirschfeld, 1960) (Comparison of drained (S rupture envelope) and undrained (R and Q rupture envelope) rupture envelopes).

Kesme kutusu deneyinde, zemin numunesi dikdörtgen veya dairesel kesitli ve iki parçadan oluşan rijit bir kutu içine yerleştirilmektedir. Uygulanan bir kesme kuvveti altında, kutunun üst parçası sabit tutulurken alt parçası yatay bir düzlem üzerinde hareket edebilmekte ve böylece numunenin ortasından

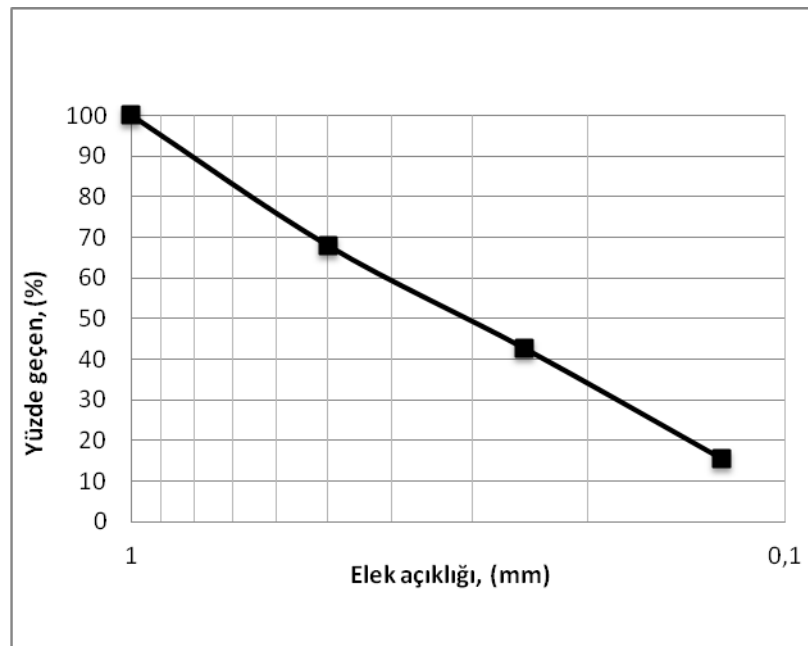
geçen yatay düzlem boyunca zemin kaymaya zorlanmaktadır. Numune üzerine normal gerilme uygulanarak, böylece kesmeden önce zeminin konsolide olması ve kesme sırasında normal gerilmelerin kontrol altında tutulması mümkün olmaktadır. Bu deneyde zemin önceden belirlenmiş (numunenin ortasından geçen) yatay bir düzlem boyunca kırılmaya (göçmeye) zorlanmaktadır. Belirli bir normal gerilme altında uygulanan kesme kuvveti ile meydana gelen yatay yer değiştirmeler ölçülmektedir. Deney sırasında ulaşılan en büyük kesme gerilmesi veya göçme kabul edilebilecek şekil değiştirmelere yol açan kesme gerilmesi zeminin normal bir gerilme altında kesme mukavemetini vermektedir. Deney değişik normal gerilmeler altında yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi zeminin mukavemet zarfını elde etmek mümkün olmaktadır. Bu deney ile kesme sırasında zeminin drenajını kontrol etmek, ancak yükleme hızını zeminin permabilitesine göre ayarlamak ile mümkün olmaktadır. Permabilitesi yüksek kumlu zeminlerde drenajlı koşullar geçerli olurken, düşük permabiliteli killi zeminlerde normal yükleme hızlarında drenajsız, çok yavaş yükleme hızlarında drenajlı koşullar geçerli olmaktadır. Kesme sırasında oluşan boşluk suyu basıncı artışlarını ölçmenin mümkün olmaması, göçmeye ulaşmadan önceki gerilme seviyelerinde asal gerilme doğrultularının belirsiz olması ve kırılma düzlemi boyunca gerilme dağılımının uniform olmaması deneyin kısıtlayıcı yönlerini oluşturmaktadır. Uygulamada, kesme kutusu deneyi daha çok kumların kesme mukavemetini saptamak için kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Niğde bölgesinden alınan kuru ve suya doymuş kötü derecelenmiş orta-ince kum zeminlerin kesme direnci parametreleri kesme kutusu deneyi ile farklı hızlarda (0.25, 0.50, 1, 2, 4 mm/dk) belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla belirli boyutlardaki kum numunesi suya doymuş ve kuru ortamda kesme gerilmesi uygulanarak her deney için kesme direnci parametreleri ( $c$  ve  $\phi$ ) belirlenmiştir.

## DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

### Elek Analizi (Sieve Analysis)

Deneyde kullanılan kum örneğinden elek analiz yapılarak numunenin tane boyu dağılımı belirlenmiştir. Birleştirilmiş zemin Sınıflandırma Sistemine (USCS) göre zemin SP (kötü derecelenmiş orta-ince kum) tipi zemin grubu olduğu belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil.2 Numunenin tane boyu dağılım grafiği (Graph of sample grain size distribution).

### Kesme Kutusu Deneyi (Shear Box Test)

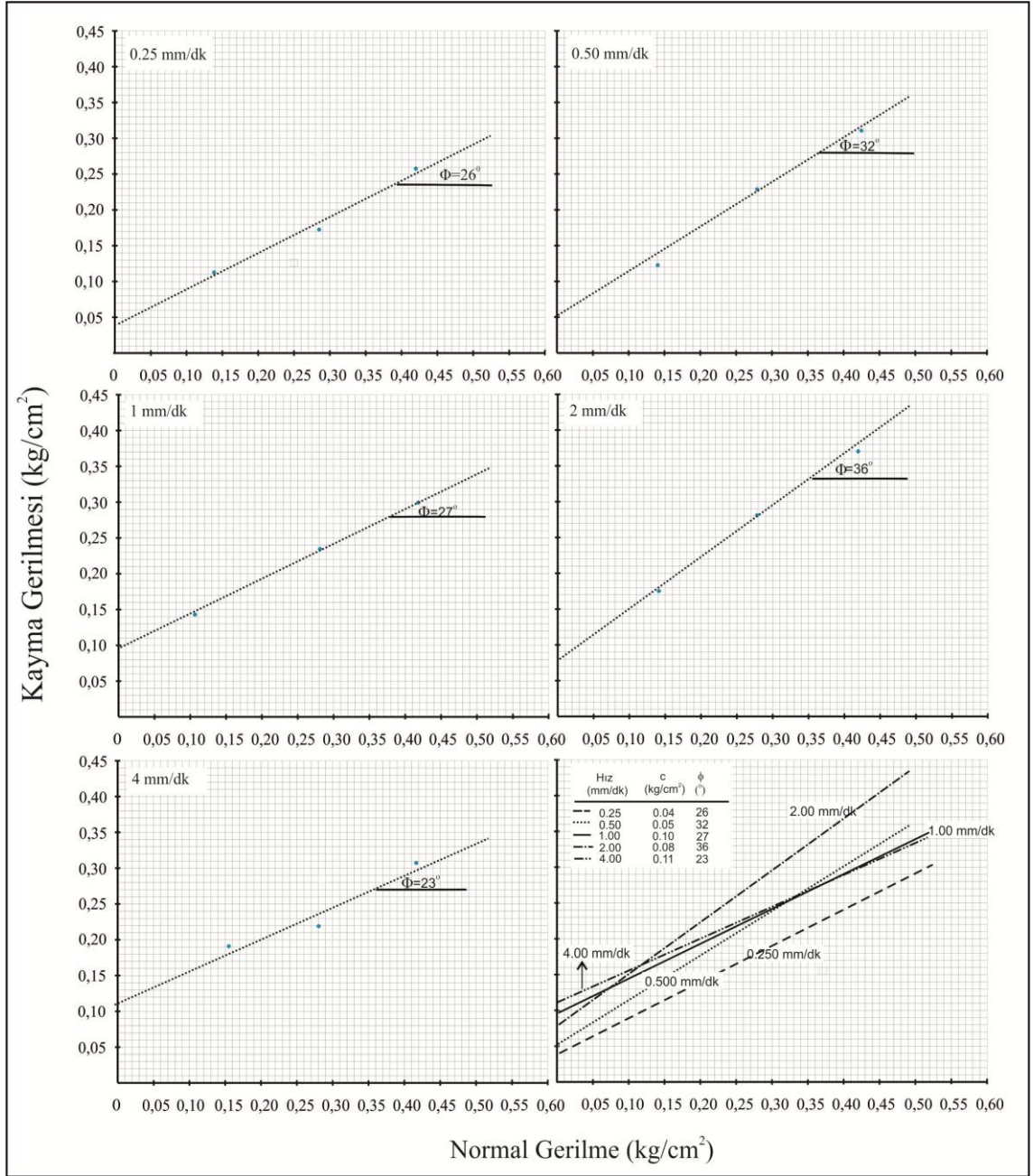
ASTM D 3080-98, (2003) standartlarında yapılmış olan kesme kutusu deneyinde, zemin numunesi dikdörtgen kesitli ve iki parçadan oluşan rijit bir kutu içine yerleştirilmiştir. Kesme kutusu deney aletinde uygulanan bir kesme kuvveti altında, kutunun üst parçası sabit tutulurken alt parçası yatay bir düzlem üzerinde hareket edebilmekte ve böylece numunenin ortasından geçen yatay düzlem boyunca zemin kaymaya zorlanmaktadır. Numune üzerine normal gerilme uygulamak ve böylece kesmeden önce zeminin konsolide olması ve kesme sırasında normal gerilmelerin kontrol altında tutulması mümkün olmaktadır. Bu deneyde, zemin önceden belirlenmiş (numunenin ortasından geçen) yatay bir düzlem boyunca kırılmaya (göçmeye) zorlanmaktadır. Belirli bir normal gerilme altında, uygulanan kayma kuvveti ile meydana gelen yatay yer değiştirmeler ölçülmektedir. Kesme kutusu deneyi 5 farklı hız (0.25, 0.50, 1, 2, 4 mm/dk) ile suya doymuş ve kuru olmak üzere toplam 10 set (Her set için 0.139, 0.278 ve 0.417 kg/cm<sup>2</sup>lik normal gerilmeler altında kesme deneyi yapılmıştır) olarak yapılmıştır.

### ARAŞTIRMA BULGULARI (RESEARCH FINDINGS)

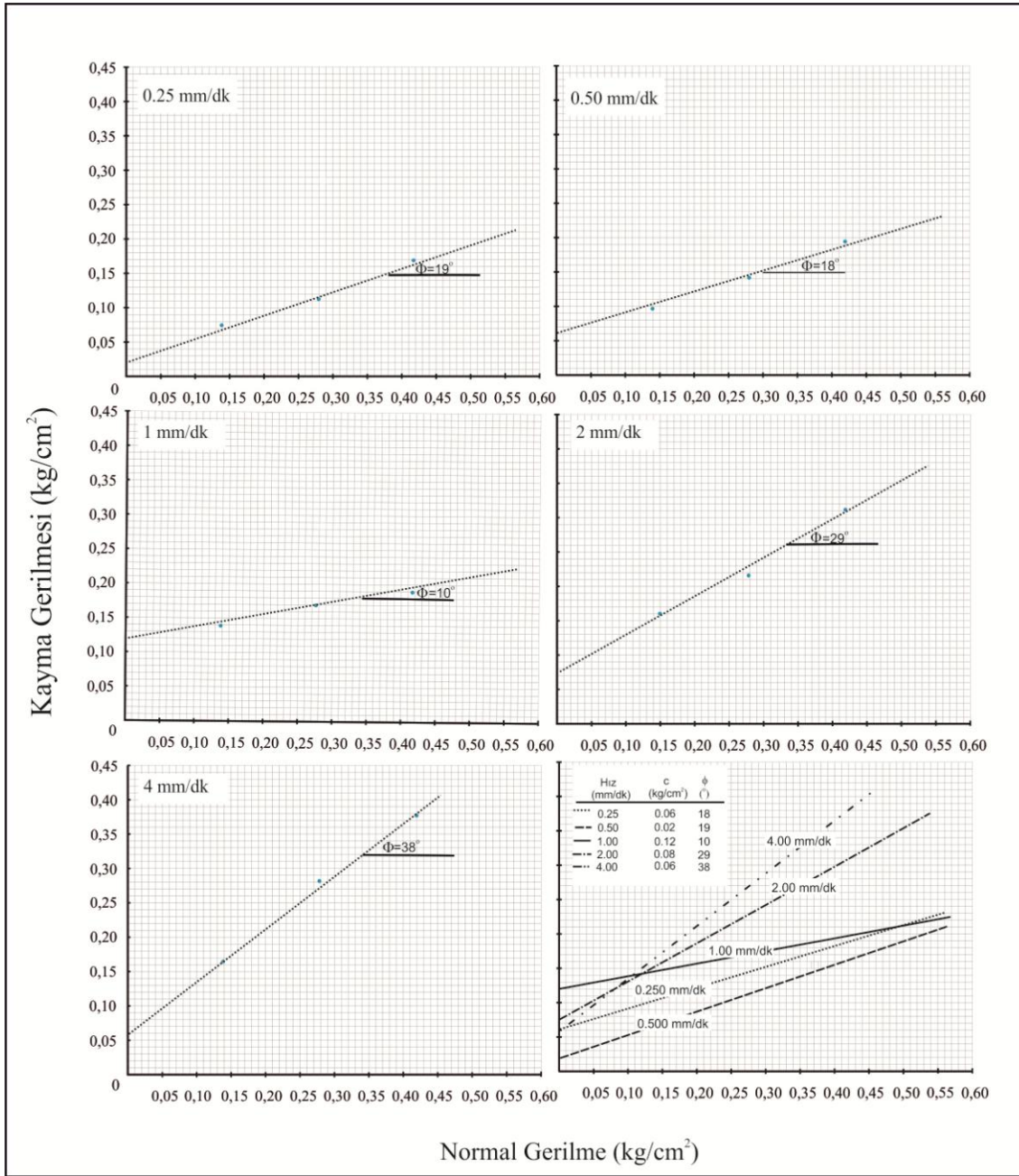
Kesme kutusu deneylerinden elde edilen gerilmesi-deformasyon eğrilerinden yararlanılarak eğrilerin dönüm noktalarındaki pik değerlerden her normal yük kademesi için maksimum kesme gerilmeleri ( $\tau_{max}$ ) belirlenmiştir. Belirgin bir kırılma göstermeyen numuneler için % 15 deformasyon yenilme noktası olarak kabul edilmektedir (ASTM 3080-98, 2003). Yapılan kesme kutusu deneylerinde elde edilen gerilme-deformasyon eğrilerinde yenilme noktaları net olarak görülmediği durumlar için % 15 deformasyona karşılık gelen 9 mm'lik deformasyon yenilme noktası olarak kabul edilmiştir. Doymuş kum örnekleri için 0.25, 0.50, 1, 2, 4 mm/dk kesme hızlarında maksimum kesme gerilmeleri ( $\tau_{max}$ ) sırasıyla 0.26, 0.31, 0.30, 0.37 ve 0.31 kg/cm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Kuru kum örnekleri için 0.25, 0.50, 1, 2, 4 mm/dk kesme hızlarında ise maksimum kesme gerilmeleri ( $\tau_{max}$ ) sırasıyla 0.17, 0.20, 0.19, 0.31 ve 0.37 kg/cm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir.

Gerilme-deformasyon eğrilerinden her normal yük için elde edilen maksimum kesme gerilmeleri ( $\tau_{max}$ ) kullanılarak çizilen kesme gerilmesi-normal gerilme eğrilerinden farklı hızlarda yapılan deneyler için kohezyon (c) ve içsel sürtünme açıları ( $\phi$ ) belirlenmiştir. Doymuş kum örneklerinde 0.25, 0.50, 1, 2, 4 mm/dk kesme hızlarında kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) değerleri sırasıyla: 0.04, 0.05, 0.10, 0.08, 0.11 kg/cm<sup>2</sup> ve 26°, 32°, 27°, 36°, 23° olarak belirlenmiştir. (Şekil 3). Kuru kum örneklerinde ise yine 0.25, 0.50, 1, 2, 4 mm/dk kesme hızlarında kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) değerleri sırasıyla: 0.02, 0.06, 0.12, 0.07, 0.06 kg/cm<sup>2</sup> ve 19°, 18°, 10°, 29°, 38° olarak belirlenmiştir (Şekil 4).

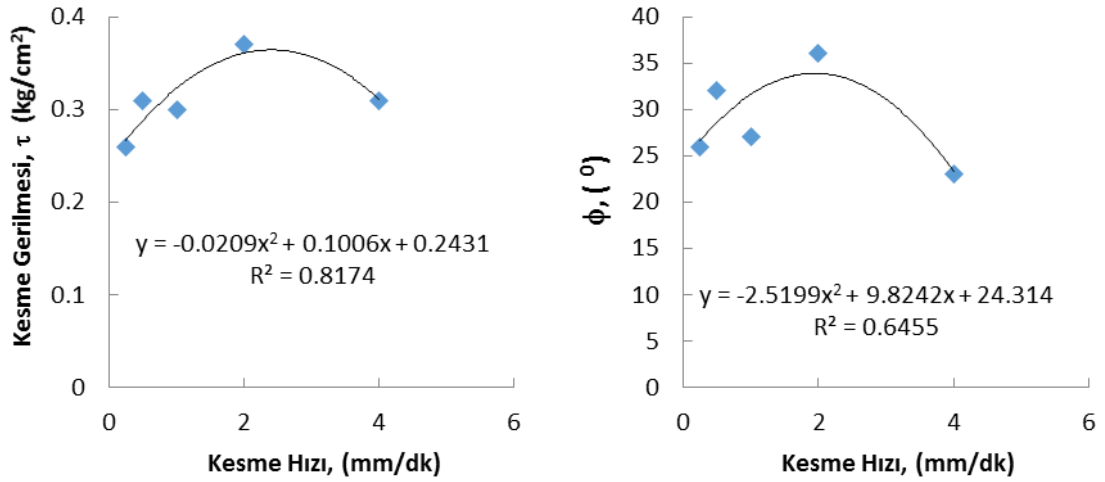
Farklı kesme hızı değerlerinden (0.25, 0.50, 1, 2, 4 mm/dk) elde edilen maksimum kesme gerilmesi değerleri içsel sürtünme açısı değerleri ile doymuş ve kuru deneye tutulan örnekler korelasyonu yapılmış ve korelasyon katsayıları  $R^2=0.65-0.92$  aralığında değerler aldığı görülmüştür (Şekil 5-6).



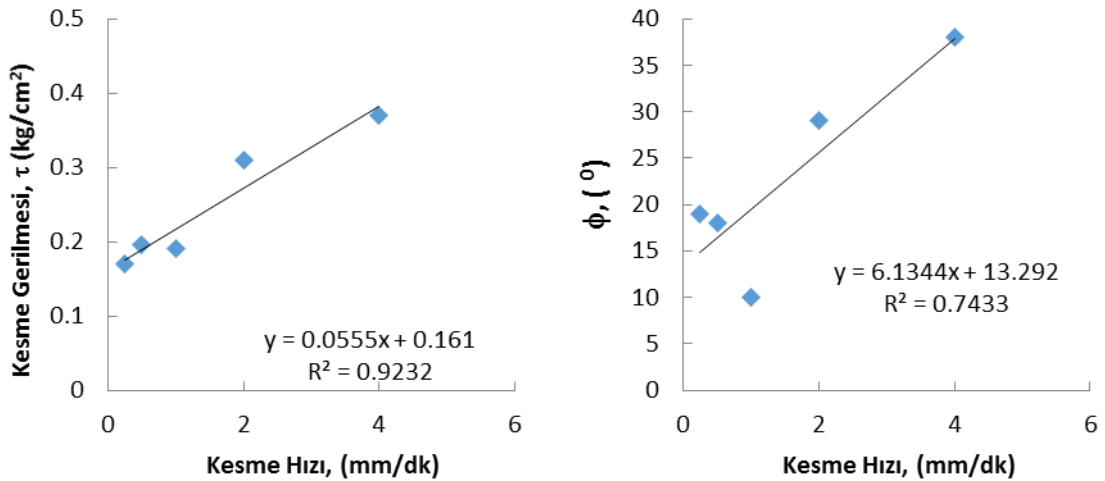
Şekil 3. Doymun ortamda yapılan kesme kutusu deneyine ait normal gerilme-kesme gerilme grafikleri  
(Normal stress - shear stress graphs of saturated condition belong to shear box test)



Şekil 4. Doymun olmayan (kuru) ortamda yapılan kesme kutusu deneyine ait normal gerilme-kesme gerilme grafikleri (Normal stress - shear stress graphs of unsaturated (dry) condition belong to shear box test)



Şekil.5 Doygun kum örnekleri için kesme hızı-ışsel sürtünme açısı eğrisi (Shearing speed-internal friction angle curve for saturated sand samples)



Şekil.6 Kuru kum örnekleri için kesme hızı-ışsel sürtünme açısı eğrisi (Shearing speed-internal friction angle curve for dry sand samples)

## SONUÇLAR ve TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Çalışmada kumlu zeminlerin (SP) kesme direnci parametreleri farklı hızlarda deneye tabii tutularak değişimleri incelenmiştir. Bilindiği gibi kumlu zeminlerde kohezyon sifıra yakın olmasından dolayı genellikle sifır alınmaktadır. Yapılan deneylerde kohezyon değerleri sifıra yakın (0.02-0.12 kg/cm<sup>2</sup>) bulunmuş olup, içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) değerleri, 10<sup>0</sup>-38<sup>0</sup> arasında bulunmuştur. Kesme hızının artma oranına bağılı olarak kesme gerilmesi ve kohezyon değerinde de artma gözlenmiştir. Bu değerlerdeki artışlar kesme hızı nedeniyle boşluk suyu basıncının neticesidir. Kesme hızının artması ile doymuş ortamda yapılan kesme kutusu deneylerinde 4 mm/dk hız ile yapılan deney hariç tümünde birbirine yakın içsel sürtünme değerleri elde edilmiştir. Kuru ortamda yapılan kesme kutusu deneylerinde içsel sürtünme açısı değerleri ile kohezyon değerleri arasında doymuş ortamda yapılan değerlerden oldukça farklı sonuçlar elde edilmiştir. Doymuş ortamda normal yük altında oturmalar ve kesme gerilmesi değerleri sürtünmenin sudan dolayı daha az olması nedeni ile Hirschfeld (1960)

tarafından belirlenen (drenajsız testlerde elde edilen efektif kırılma zarfı, düşük kesme hızındaki drenajlı testten elde edilen kırılma zarfının üzerinde yer alması) sonuçlara yakın sonuçlar elde edilmiştir. Killi zeminlerde geçirimsizlik değerleri kumlu zeminlerden çok daha düşüktür. Çalışmanın killi zeminlerde yapılması durumunda boşluk suyu basıncı değerlerinin kesme hızı karşısındaki değişimlerinin daha açık görülecektir. Çalışmanın killi zeminlere uygulanması drenajın tüm parametrelere etkisini göstermesinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- ASTM D 3080-98, 2003. Standard Test Method for Direct Shear of Soils Under Consolidated Drained Conditions, In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, Philadelphia, PA, pp. 417-422.
- Cetin, H., 1995. Multidisciplinary Technique to Differentiate Paleoseismic From Creep Displacement of Faults: Tested at the Meers Fault, Ph.D. Dissertation, Texas A&M Univ., College Station, pp. 235, Oklahoma.
- Cetin, H., 1998. Water Content Changes along Shear Planes in Drained and Undrained Triaxial Compression Tests on Unsaturated Cohesive Soils, Tr. J. of Engineering and Environmental Science, TÜBİTAK, pp. 465-471.
- Crawford, C. B., 1964. Interpretation of the Consolidation Test. ASCE Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, pp. 87 - 102.
- González de Vallejo, L. I. and Ferrer, M. 2011. Geological Engineering, Taylor & Francis Group, Londra, 642 p.
- Günaydın, O., 2007. Aktif Faylar Üzerinde Stres Dağılımının Ön Konsolidasyon Basıncı Yöntemiyle Belirlenmesi; Kuzey Anadolu Fay Sistemi Gerede (Bolu) Segmenti, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (yayımlanmamış) s.97, Adana.
- Hirschfeld, R. C., 1960. The Relation Between Shear Strength and Effective Stress, Proc. 1st Pan-American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2, pp.517-536. Mexico.
- Mitchell, J. K., and Soga, K., 2005. Fundamentals of Soil Behavior, Third Edition, John Wiley&Sons, Inc., New Jersey, 577 p.