

Zeminlerin Kıvam Limitlerinin Ölçümünde Ortamdaki Kumların Değerlendirmeye Etkileri

Zeki GÜNDÜZ*
Uğur DAĞDEVİREN**

ÖZ

Ulusal ve uluslararası zemin sınıflandırma sistemlerinde, ince daneli zeminlerin sınıflandırması için plastisite kartı kullanılmaktadır. Plastisite kartı bu sınıflandırmayı ince daneli zeminlerin kıvam limitlerine dayalı olarak yapmaktadır. Kıvam limitleri ince daneli zemin grubunda yer alan kil ve siltlere ait olan bir özelliktir. Ancak bu limitlerin ölçülmesi ile ilgili standartlara bakıldığında ölçüm işleminin göz açıklığının 425 µm'lik elek altına geçen zeminle yapıldığı görülmektedir. Bu eleğin altına geçebilen zemin grubu içerisinde ince kum daneleri de bulunmaktadır. Bu çalışmada, ince daneli zeminlere ait olan bu parametrelerin ölçülmesi sırasında ortamda yer alan ince kum danelerinin miktar ve dane boyutu etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Deney ortamında bulunan 75 µm – 425 µm arası kum danelerinin, kil ve silt boyutundaki danelerin kıvam limitlerini önemli ölçüde azaltabildiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Kıvam limitleri, Dane boyutu, Kum yüzdesi, İnce daneli zemin, Zemin sınıflandırması.

ABSTRACT

The Effects of Sand Particles on the Determination of Consistency Limits

Plasticity chart have been used for fine-grained soil classification . As it is known, plasticity chart utilize fine-grained soils based on their owned liquid limit and plasticity index values. Consistency limits are properties of clay and silts placed at fine-grained soil group. However, when the related standard for the measurement of these limits are considered, the measurement is done with soil passed under 425 µm sieve. Inside soil group passed under this sieve, sand grains defined as coarse-grained take part beside fine-grained soil. It was investigated whether existence of these coarse-grained soil's grains effects the measurement of fine-grained soils parameter's or not. Probable effects of fined-sand grains passed under 425 µm sieve on the measurement of consistency limits was investigated and the obtained results were discussed in this study.

Keywords: Consistency limits, Grain size, Sand percentage, Fine-grained soil, Soil classification.

Not: Bu yazı

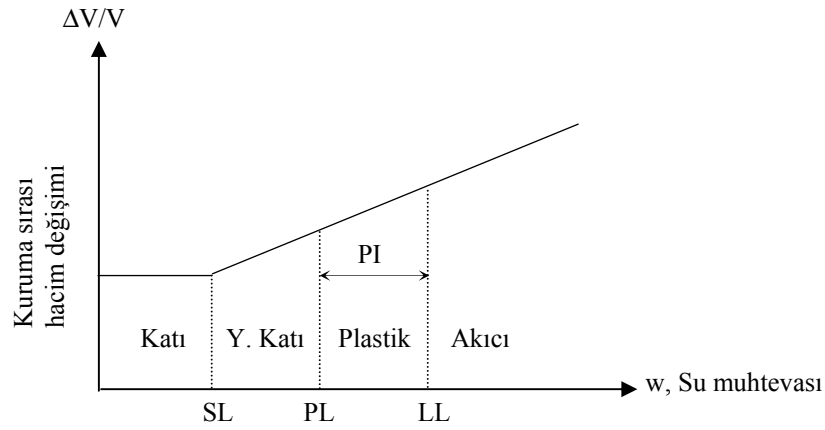
- Yayın Kurulu'na 21.08.2008 günü ulaşmıştır.
- 30 Haziran 2009 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya - gunduz@sakarya.edu.tr

** Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya - udagdeviren@sakarya.edu.tr

1. GİRİŞ

Kıvam limitleri, ince daneli zeminleri tanımlayan en önemli parametrelerden biridir. İnce daneli zeminlere ait birçok özellik bu parametrelere bağlanarak ifade edilmektedir. Bilindiği üzere ince daneli zemin grubunda yer alan kil ve siltler bünyelerine su almakta ve aldıkları bu su miktarı ile ilgili olarak Şekil 1’de görüldüğü gibi çok katı kıvamdan akıcı kıvama kadar değişik fazlarda olabilmektedirler [1]. İnce daneli zeminlerin en önemli özelliği buldukları kıvamlara göre farklı davranışlar göstermeleridir. Bu durum iri daneli zeminlerde söz konusu değildir [2]. İsveçli bir toprak bilimcisi olan Atterberg, kil-su karışımının bu kıvamdaki değişikliğini en az iki parametreyle tanımlamıştır. Bunlar plastisitenin alt ve üst sınırı olan likit ve plastik limit değerleridir. Bu sınır değerler zeminin indeks ve mekanik özellikleri hakkında dolaylı bilgi vermektedir.



Şekil 1. İnce daneli zeminlerin kıvam limitleri

Killerin davranışı hakkında birçok araştırmacı farklı çalışmalar yapmışlar ve yapmaktadırlar. Derdour ve Angers [3] kompaksiyon karakteristikleri ile kıvam limitleri, zemin tuzları ve diğer zemin bileşenleri arasında istatistiksel ilişkileri araştırmıştır. McBride ve Baumgartner [4] zirai toprakların, buzulların ve buz devrine ait malzemelerin (baskın olarak içersinde Ca bulunan illit cinsi killerin) içersinde yapılan sondajlarda ses dalgaları ile yapılan denemelerle; konsolidasyonun kıvam limitlerine dayanan tahmin yöntemleri üzerinde çalışmıştır. Basma vd. [5] zeminleri kurutma yönteminin; zeminlerin dane dağılımı, kıvam limitleri, şişme ve sıkışabilirlik özelliklerinde olduğu kadar kayma direncine de etkilerini deneysel olarak araştırmıştır. Bell ve Coulthard [6] yüksek plastisiteye sahip “Tees Laminated Clays” killerde olduğu gibi siltli tabakaların likit ve plastik limitlerinin; kil tabakalarından veya büyük boyutlu numunelerden önemli ölçüde farklı olduğunu işaret etmektedir. Üstelik kil parçalarının bu limitler üzerindeki etkisinin; silt parçalarının etkisi yanında daha büyük olduğuna işaret etmektedir. Al-Shayea [7] yapmış olduğu deneysel çalışmalarla, killerin şişme potansiyelini tahmin için; kil yüzdesine veya plastisite indisine dayanan bazı ampirik eşitlikler hazırlamıştır. Tan vd. [8] killerin ısı iyileştirmesine; kilin likit limit, plastik limit, optimum su muhtevası, maksimum kuru birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık gibi bazı özelliklerin etkilerini deneysel olarak araştırmıştır.

Uluslararası çok yaygın olarak kullanılan U.S.C.S zemin sınıflandırma sistemi ile ülkemizde kullanılan TS 1500 zemin sınıflandırma sisteminde; zeminlerin sınıflandırılma kriterleri olarak iri daneli zeminlerin dane dağılım özellikleri ile ince daneli zemin gruplarının kıvam limitleri değerleri kullanılmaktadır [9, 10]. Bu standartlarda, iri ve ince daneler arasındaki sınır dane boyutu 75µm olarak tanımlanmıştır. İri daneli zeminlerin (çakıl ve kum) dane dağılımları zemin kurutulduktan sonra elekten eleme suretiyle belirlenebilirken ince daneli zeminlerin (silt ve kil) dane çapları çok küçük olduğundan ($D < 75 \mu\text{m}$) dane dağılımlarını bu yöntemle belirlemek mümkün olamamaktadır. İnce daneli zeminlerin dane dağılımları için Stokes yasasından istifade ile hazırlanmış ıslak analiz metodu kullanılabilir. Bu yöntemde kil ve siltler süspansiyon haline getirildikten sonra çöktürülerek dane dağılımları bulunmaktadır. Ancak bu deney sisteminin sağlıklı yürütülmesi oldukça zor ve zahmetlidir. Bu nedenle ince daneli zeminlerin sınıflandırılmasında genellikle kıvam limitlerine dayalı olarak hazırlanan plastisite kartından istifade edilmektedir [9, 10]. Şekil 2’de gösterilen plastisite kartında kullanılan parametreler zeminin likit limit (LL) ve plastisite indisi (PI)’dir. Bilindiği üzere bu parametreler kıvam limitlerinden elde edilmektedir.

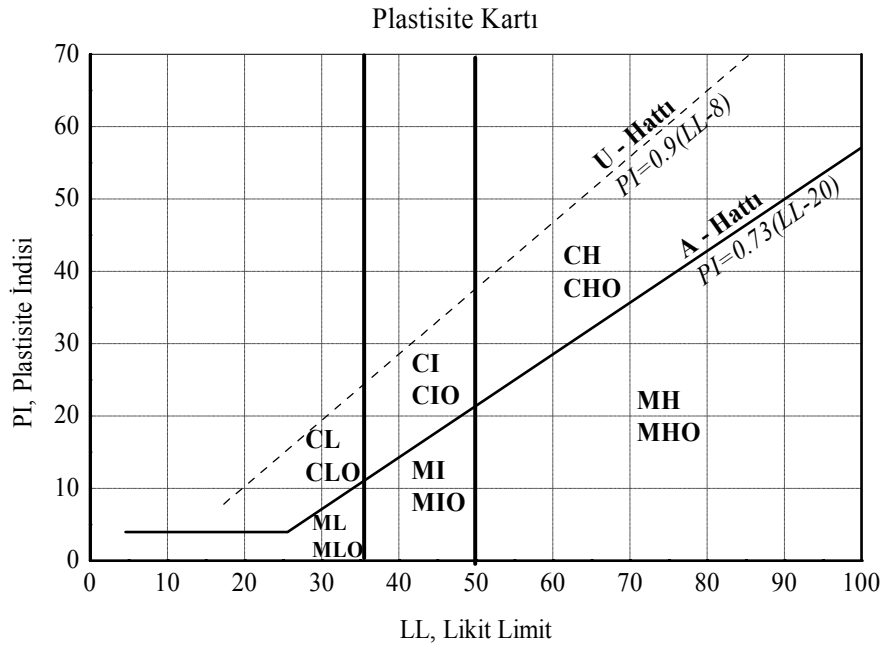
Söz konusu bu kıvam limitlerinin tayini için kullanılan standartlara bakıldığında deneyde kullanılacak zemin örneğinin, göz açıklığı 425 µm (#40) olan elekten elenerek elde edilmesini öngörmektedirler [11, 12, 13]. U.S.C.S ve TS 1500’e göre yapılan sınıflandırma sistemlerinde, ince daneli zeminlerin en büyük dane boyutu 75 µm (#200) olarak belirlenmektedir. Bu durumda, standartlara göre zeminin kıvam limiti tayini sırasında ortamda ince daneli zemin yanında dane boyutu 75 µm – 425 µm arasında olan ince kum daneleri de yer alabilmektedir. Bu nedenle ince daneli zeminlere ait bir özelliğin ölçümü sırasında ortamda iri daneli zemin grubu olarak nitelendirilen ince kum danelerinin bulunmasının bir çelişki yaratabileceği düşüncesi ortaya çıkmaktadır. Kum danelerinin ıslatılması halinde bünyelerine su almadığı düşünüldüğünde bu çelişki daha açık olarak anlaşılabilir. Diğer bir nokta ise, kıvam limitlerinin belirlenmesi için 425 µm altına geçen zeminden alınacak bir miktar numunenin homojen olarak alınamaması ve arazideki gerçek granülometrinin dışına çıkılması problemidir. Konuyu açıklığa kavuşturmak için farklı kökenli beş ayrı yerden temin edilen kil ve silt örneklerinin kıvam limitleri üzerinde ince kum danelerinin boyutu ve miktarının etkisi incelenmek için bir seri deney programı geliştirilmiş ve elde edilen sonuçlar kendi içinde değerlendirilmeye alınmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

İnce kum danelerinin boyut ve miktarının likit limit ve plastik limit değerlerinin ölçümündeki etkisini araştırmak için dane boyutu 75 µm – 425 µm arasında kalan iki ayrı grupta ince kum numunesi hazırlanmıştır. Bu ince kum numunesi gruplarının dane boyutu; 75 µm – 150 µm (#100 ve #200) ve 150 µm – 425 µm (#100 - #40) arasında olacak şekilde seçilmişlerdir. Bu kum numuneleri etüvde 105°C’de kurutulmuştur. Bu program çerçevesinde, ince daneli zeminin cinsinin de ne şekilde etkilendiğini araştırmak için Sakarya’nın Adapazarı-Serdivan, Akyazı ve Taraklı [14] bölgeleri ile Adapazarı-Esentepe, Adapazarı-Beşköprü bölgelerinden [15] farklı kökenli ve farklı plastisiteye sahip beş ayrı kil ve silt numunesi kullanılmıştır. Farklı kökenli olan bu zemin numuneleri ayrı ayrı #200’den yakanarak elek altına geçen silt ve kil danelerinden oluşan bölümleri açık havada

Zeminlerin Kıvam Limitlerinin Ölçümünde Ortamdaki Kumların ...

kurutulmuştur. Böylece likit ve plastik limit deneylerinde kullanılmak üzere, 75 µm (#200) elek altı ince daneli silt ve kilden oluşan zemin numuneleri hazırlanmıştır. İri dane içermeyen bu numunelerin likit ve plastik limit değerleri ile plastisite indisi değerleri ve TS 1500/2000'e göre yapılan sınıflandırma sistemindeki sembolleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'den görüleceği gibi, TS 1500 zemin sınıflandırma sistemine göre deneylerde kullanılan zemin numunelerinden iki tanesi yüksek plastisiteli kil, iki tanesi orta plastisiteli kil ve bir tanesi ise düşük plastisiteli silt grubuna girmektedir.



Şekil 2. İnce daneli zeminler için plastisite kartı (TS 1500, 2000)

Çizelge 1. Deneylerde kullanılmak üzere hazırlanan ve 75 µm'den küçük olan zemin numunelerinin özellikleri

Numunenin Alındığı Yer	LL % Likit Limit	PL % Plastik Limit	PI % Plastisite İndisi	Sembölü TS 1500/2000
Adapazarı-Beşköprü	54	20	34	CH
Adapazarı-Esentepe	38	18	20	CI
Akyazı	34	29	5	ML
Taraklı	38	23	15	CI
Adapazarı-Serdivan	89	26	63	CH

Yukarıda belirtildiği şekilde hazırlanan ince daneli zemin örnekleri içerisinde, dane boyutları 75 µm – 150 µm ve 150 µm – 425 µm arasında olan iki grup ince kum daneleri ağırlıkça değişik oranlarda (%0 - %75) karıştırılmıştır. Hazırlanan numunelere yeteri kadar su ilave edilerek likit kıvam civarında homojen karışıma sahip deney numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan bu numuneler en az 24 saat bekletilerek kıvam homojenliği sağlandıktan sonra kıvam limitleri belirlenmiştir.

Hazırlanan farklı karışım oranlarındaki zemin numunelerine TS 1900/Mart 2006 standardına uygun likit limit (Casagrande yöntemi) ve plastik limit deneyleri yapılmıştır. Yapılan likit limit ve plastik limit deneylerinden elde edilen sonuçlarla, ince kum danelerinin boyut ve miktarlarının etkisinin farklı kökenli beş zemin cinsinde görülebilmesi için;

LL - İnce kum katkısı cinsi / miktarı

PL - İnce kum katkısı cinsi / miktarı

IP - İnce kum katkısı cinsi / miktarı

bağıntıları ayrı ayrı çizilmiştir. Bu şekilde her farklı zemin türü için değerlendirme imkanı elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 3, 4, 5, 6, ve 7’de verilmiştir. Deney sonuçlarının toplu halde görülebilmesi amacıyla Şekil 8 ve ince kum yüzdesinin artışıyla zeminin plastisite kartı üzerindeki yerinin değişimini göstermek için Şekil 9 hazırlanmıştır.

3. SONUÇLARIN ANALİZİ

Yukarıda açıklandığı gibi hazırlanan farklı karışımlar üzerinde yapılan likit ve plastik limit deneylerinin sonuçları incelendiğinde; giriş bölümünde ortaya konan tezin haklılığını ortaya koyacak veriler görülmektedir. Kıvam limitleri belirlenecek olan ince daneli zemin içerisinde yer alan kum miktarı, kumun dane boyutu ve ince daneli zeminin kökeninin kıvam limitleri üzerindeki etkileri şu şekilde sıralanabilir.

3.1. Kum miktarının etkisi

Beş farklı zemin türü için sadece ince dane içeren durumdaki kıvam limitleri Çizelge 1’de gösterilmiştir. Bu numuneler içerisinde farklı oranlarda eklenen kum miktarları ile bu zeminlerin kıvam limitlerinin değişimi Şekil 3, 4, 5, 6 ve 7 de gösterilmiştir. Şekillerden, görüleceği gibi, kum miktarının artmasıyla zeminin likit limit, plastik limit ve plastisite indisini azalmaktadır. Özellikle likit limit değerlerinin değişiminde yaklaşık olarak doğrusal bir azalış dikkat çekmektedir. Plastik limit ve plastisite indisi değişimlerinde ise farklı fonksiyonel azalmalar gözlenmektedir. Deneyler esnasında, artan kum katkısının etkisi ile numunelerin kolayca non-plastik hale gelebildiği görülmüştür. Bu durumdaki numuneler üzerinde plastik limit deneyleri yapılamamıştır. Akyazı’dan alınan silt örneği, diğer kil örneklerine göre daha az miktarda ince kum katıldığında non-plastik duruma gelmiştir. Diğer bir ifade ile bu tür numuneler plastik davranış göstermeden yarı katı hale gelmektedirler.

3.2. Kum boyutunun etkisi

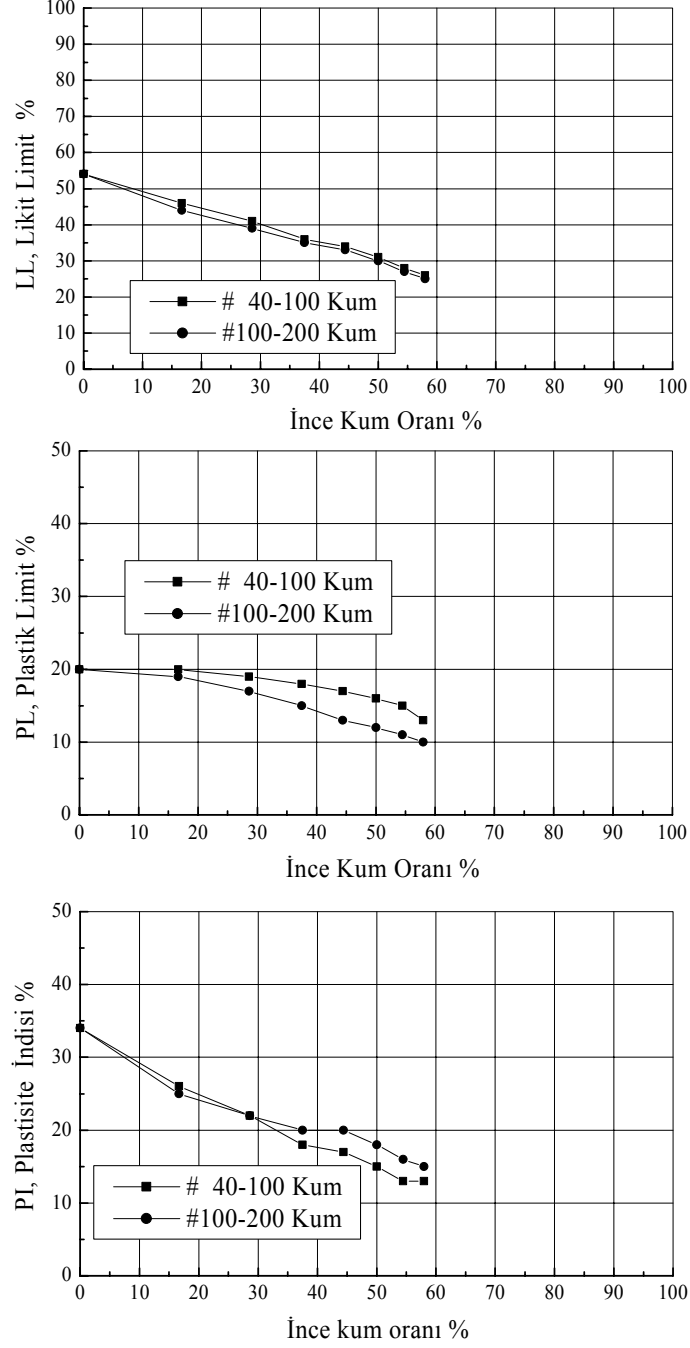
150 µm – 425 µm ve 75 µm – 150 µm arası ince kum içeren iki farklı grup karışımlar incelendiğinde, her iki karışım grubunda da ince kum oranının artışıyla kıvam limitlerinde azalma gözlenmektedir. Kıvam limitlerinde görülen bu azalmada; kum danelerinin dane boyutunun azda olsa etkisi görülebilmektedir. Akyazı silti dışındaki numunelerde iki farklı kum boyutu içeren grubun likit limit değeri arasında %5'den daha küçük farklar görülmektedir. Dane boyutu 150 µm – 425 µm arasında olan ince kum danelerinin zeminin plastisitesine olan etkisi, 75 µm – 150 µm arasında olan ince kum danelerinden biraz daha fazla olmaktadır.

3.3. Zemin kökeninin (türünün) etkisi

Kıvam limitleri üzerinde zemin türlerinin etkisinin incelenmesi için, sadece ince dane içeren zemin numuneleri ile %50 ince kum içeren karışımların kıvam limitleri karşılaştırılmıştır (Çizelge 2). CH sınıfına giren Serdivan kilinin kum içeren ve içermeyen durumlardaki likit limit değerleri sırasıyla %89 ve %38.5-41.5 olarak belirlenmiştir. Yani likit limit değerinde yaklaşık olarak %55'lik bir azalış gözlenmiştir. Benzer şekilde %54 likit limite sahip Beşköprü CH kili için likit limitteki bu azalış %43 civarındadır. Sadece ince dane içeren durumda %38 likit limit değeri olan Esentepe ve Taraklı CI killlerinde ise likit limit azalım oranları %33±3 olarak karşımıza çıkmaktadır. Daha düşük likit limite sahip Akyazı siltinde ise %22±10 gibi bir azalış görülmektedir. Plastik limit değerlerinde de likit limit değerlerindeki azalış oranları sıralamasına yakın bir sıralama olduğu Çizelge 2'den görülebilmektedir. Sonuç olarak, ortamda bulunan ince kumların kıvam limitlerini azaltma etkisi yüksek plastisiteli killerde daha fazla olurken orta plastisiteli killerde ve düşük plastisiteli siltlerde daha az olmaktadır.

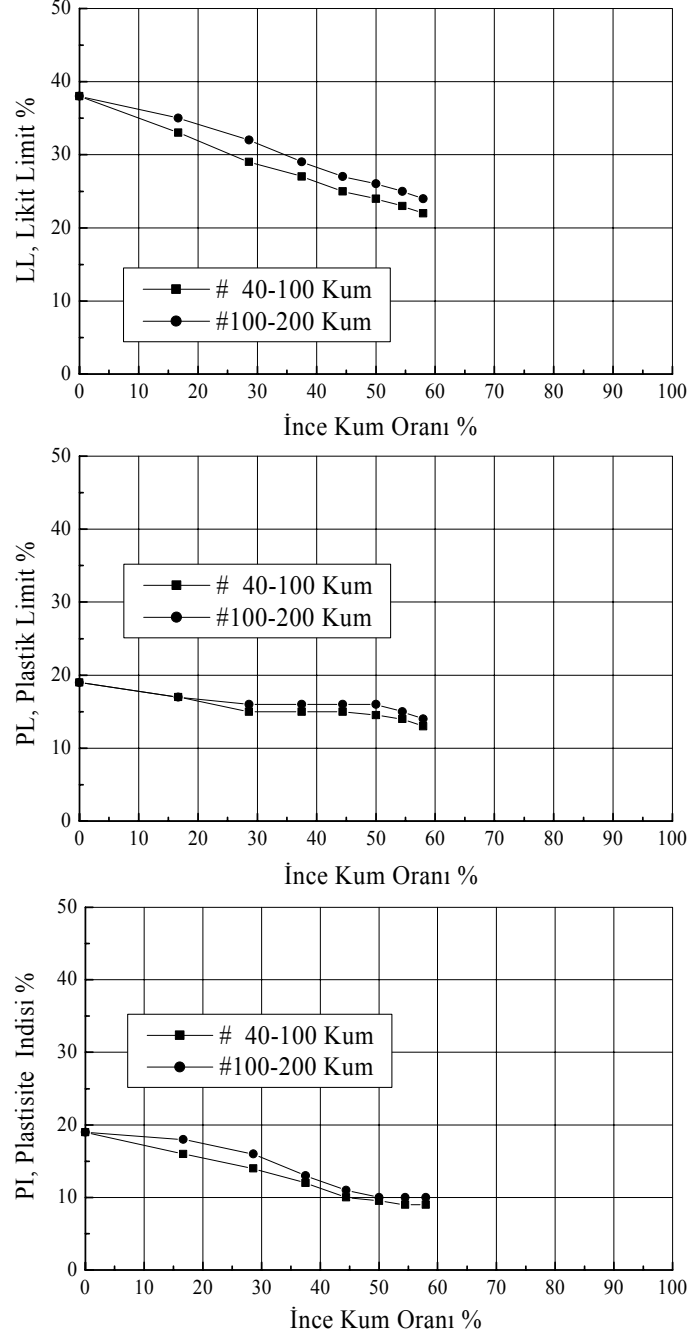
Çizelge 2. %50 kum içeren karışımların kıvam limitleri ve azalım oranları

Numunenin Alındığı Yer ve Karışımdaki Kum Dane Aralığı	LL (%50 kum içeren)	LL azalım oranı	PL (%50 kum içeren)	PL azalım oranı	PI (%50 kum içeren)	PI azalım oranı
Beşköprü (#40 - #100)	31.0	% 42.6	16.0	% 20.0	15.0	%55.9
Beşköprü (#100 - #200)	30.0	% 44.4	12.0	% 40.0	18.0	% 47.1
Esentepe (#40 - #100)	24.0	% 36.8	14.5	% 23.7	9.5	% 50.0
Esentepe (#100 - #200)	26.0	% 31.6	16.0	% 15.8	10.0	% 47.4
Akyazı (#40 - #100)	23.2	% 32.3	19.0	% 34.5	4.2	% 20.0
Akyazı (#100 - #200)	29.9	% 12.7	28.0	% 3.4	1.9	% 63.8
Taraklı (#40 - #100)	26.3	% 30.9	18.4	% 21.7	7.9	% 45.9
Taraklı (#100 - #200)	25.5	% 32.9	18.0	% 23.6	7.5	% 48.0
Serdivan (#40 - #100)	38.5	% 57.0	18.0	% 35.5	20.5	% 66.7
Serdivan (#100 - #200)	41.5	% 53.6	18.2	% 34.8	23.3	% 62.2

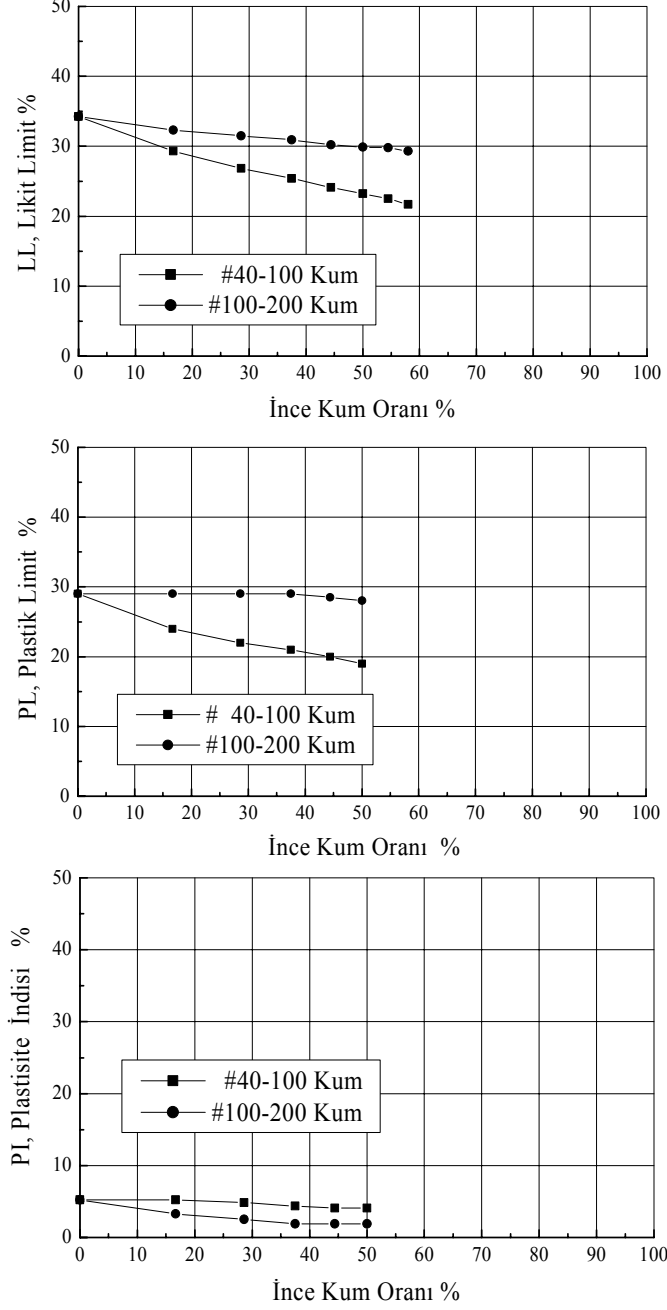


Şekil 3. Adapazarı-Beşköprü CH kilinde likit limit, plastik limit ve plastisite indisi üzerinde ince kum katkısının etkileri

Zeminlerin Kıvam Limitlerinin Ölçümünde Ortamdaki Kumların ...

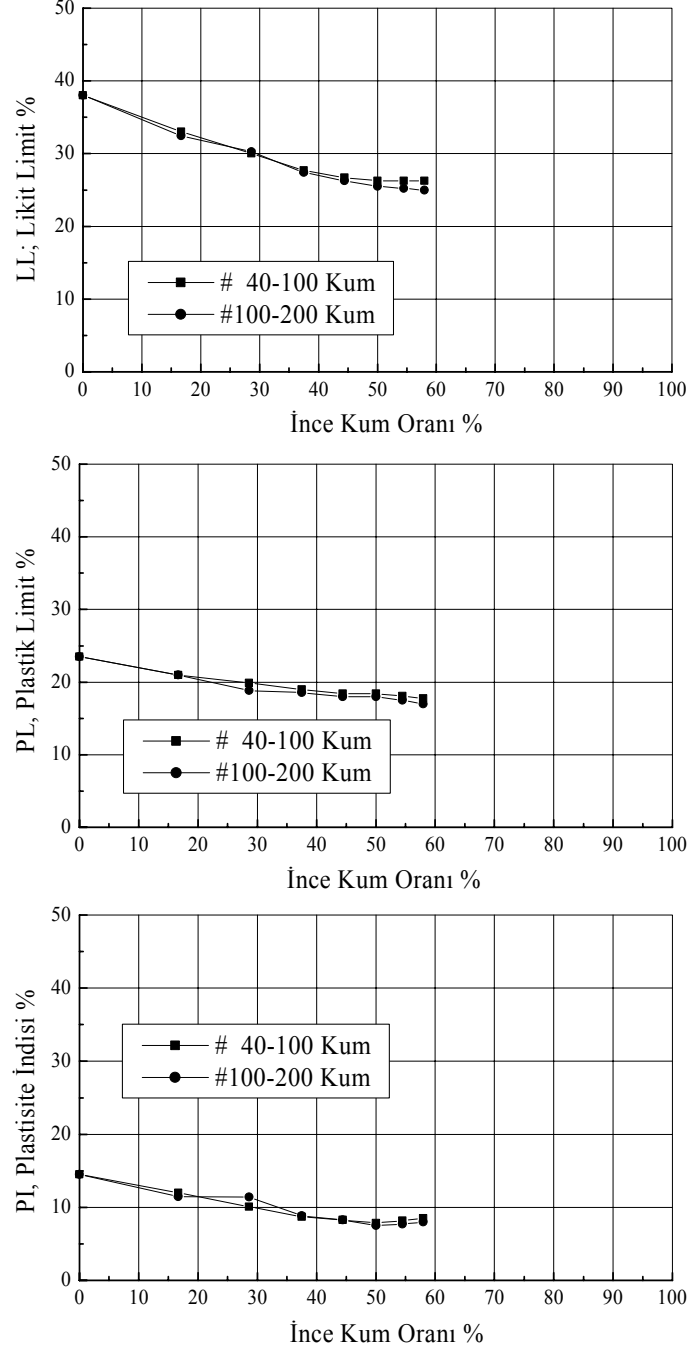


Şekil 4. Adapazarı-Esentepe CI kilinde likit limit, plastik limit ve plastisite indisi üzerinde ince kum katkısının etkileri

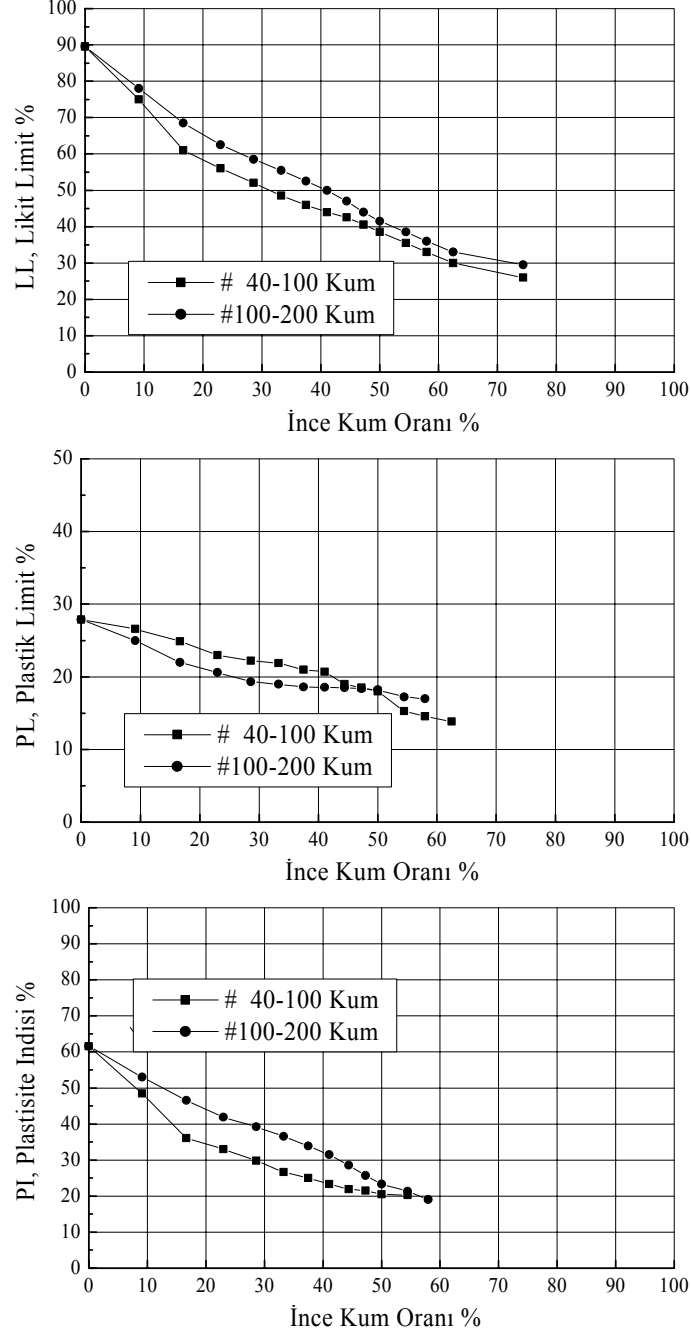


Şekil 5. Adapazarı-Akyazı ML siltinde likit limit, plastik limit ve plastisite indisi üzerinde ince kum katkısının etkileri

Zeminlerin Kıvam Limitlerinin Ölçümünde Ortamdaki Kumların ...

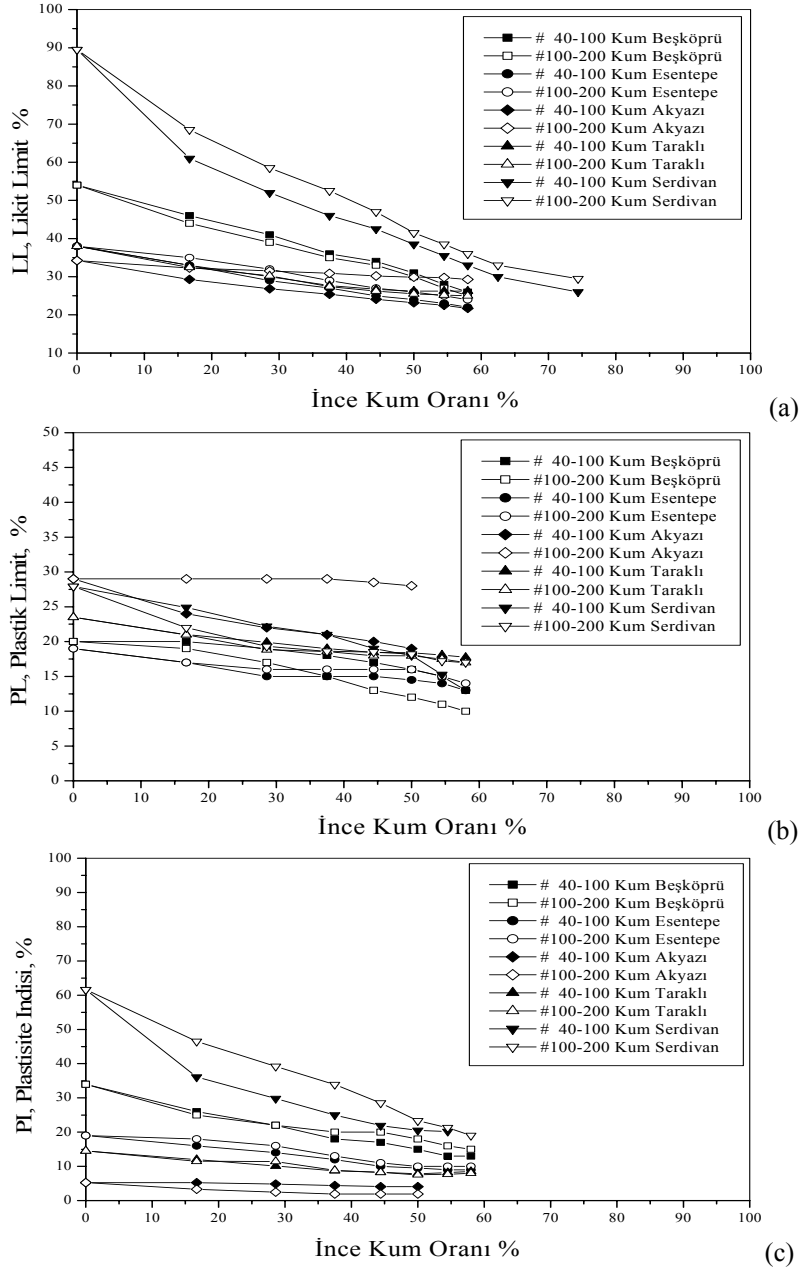


Şekil 6. Adapazarı-Taraklı CI kilinde likit limit, plastik limit ve plastisite indisi üzerinde ince kum katkısının etkileri



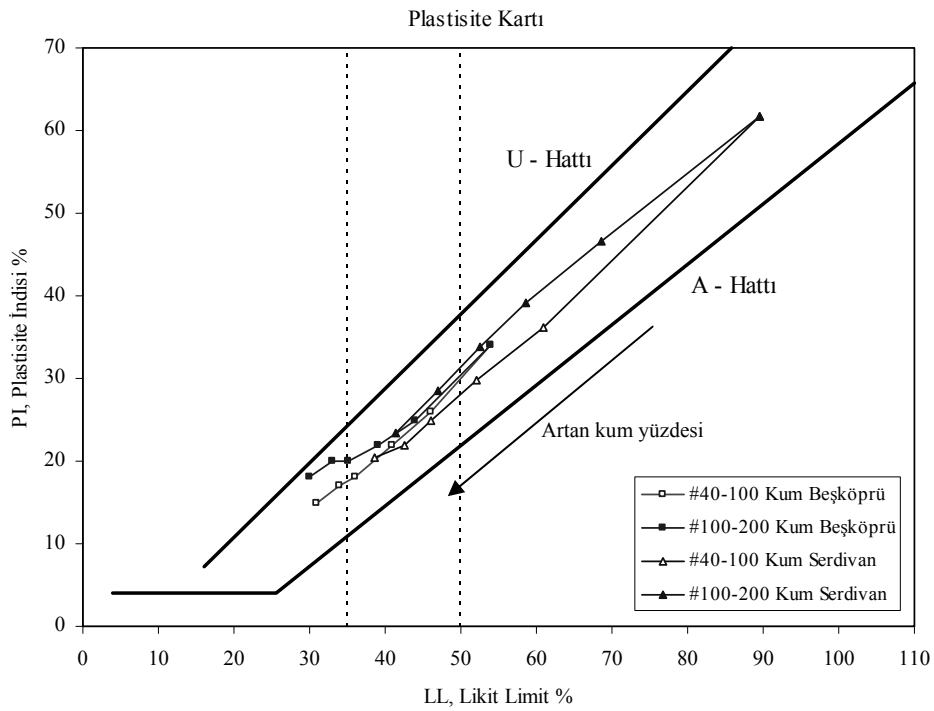
Şekil 7. Adapazarı-Serdivan CH kilinde likit limit, plastik limit ve plastisite indisi üzerinde ince kum katkısının etkileri

Zeminlerin Kıvam Limitlerinin Ölçümünde Ortamdaki Kumların ...



Şekil 8. Adapazarı civarından alınan kil ve silt numuneleri üzerinde ince kum danelerinin toplu halde (a) likit limit, (b) plastik limit ve (c) plastisite indisi üzerinde etkileri

Deney sonuçlarında dikkati çeken bir diğer husus ise; sadece ince dane içermesi durumunda TS 1500'e göre zemin sınıflamasındaki yeri yüksek plastisite kil (**CH**) olan Beşköprü kökenli doğal kil örneğine, %10 civarında ince kumun girmesi halinde orta plastisiteli kil (**CI**) ve ince kum oranının % 45'e erişmesi durumunda düşük plastisiteli kil (**CL**) sınıfına geçmesidir (Şekil 9). Bu durum, kıvam limitleri belirlenecek olan numunenin, 425 µm'lik elek altına geçen kısmının homojen olarak alınmaması durumunda oluşacak yanlışlığı ortaya koymaktadır. Zemin mekaniğinin en temel kavramlarından birisi olan kıvam limitlerinin yanlış belirlenmesi, ileri aşamalarda ortaya çıkabilecek zemin problemlerinin çözümünde de büyük hataları beraberinde getirecektir.



Şekil 9. Beşköprü ve Serdivan CH killerinin artan ince kum miktarıyla plastisite kartındaki yerinin değişimi

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İnce daneli zeminlerin sınıflandırılması ile birlikte zeminin olası fiziksel özellik ve mekanik davranışları hakkında çok kısa fikirler veren kıvam limitlerinin doğru tespit edilmesinin önemi büyüktür.

Kıvam limitlerinin ölçümü maksadıyla TS 1900-1 standardına göre zemin numuneleri göz açıklığı 425 µm (# 40) olan elekten elenen numuneler üzerinde gerçekleştirilmektedir. Bu durumda genellikle zeminin en küçük dane boyutuna sahip kısmı alınarak göz açıklığı 425

μm olan elekten elenmektedir. Bu durumda numunenin sahip olduğu gerçek gradasyonunu koruması oldukça düşük bir ihtimal haline gelmektedir. Durum böyle olunca; deney için ayrılan numune içinde dane boyutu $425 \mu\text{m}$ ile $75 \mu\text{m}$ arasında olan danelerin oranı, arazideki gerçek zeminin sahip olduğu granülometriden farklı olabilecektir. Böylece, farklı granülometrideki bir zemin numunesi üzerinde deney gerçekleştirilmiş olacaktır. Bu nedenle, kıvam limiti ölçümü deneyi için göz kararı alınan zemin numunesinin $425 \mu\text{m}$ elek altına geçirilebilen danelerin kıvam limitleri ölçülmektedir. $425 \mu\text{m}$ ile $75 \mu\text{m}$ arasında olan danelerin kum boyutunda oldukları göz önüne alınırsa bu danelerin plastisite özelliğine sahip olmadıkları görülecektir. Zemin sınıflandırma işlemindeki gibi kıvam limitlerinin esas alındığı değerlendirmelerde; kıvam limitlerinin ölçümü $425 \mu\text{m}$ altı zeminlerde yapılması, bizi yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı yanıltıcı sonuçlara götürebilecektir. Ayrıca geoteknik problemlerin tanımında ön değerlendirme maksadıyla kıvam limitlerine dayalı birçok ampirik yaklaşımlar da kullanılmaktadır. Örneğin, konsolidasyon problemlerinde kullanılan sıkışma indisleri kıvam limitleriyle ilişkilendirilmiştir. Normalde yüksek plastisiteli olan bir kilin düşük plastisiteli kil olarak dikkate alınması, hesaplanacak oturmaların da farklı olmasına neden olacaktır. Standartta uygun ölçülen kıvam limitleri sonucunda orta veya düşük plastisiteli bir kil olarak tanımlanan bir zemin gerçekte yüksek plastisiteli bir kil ise daha fazla oturma yapması beklenir. Kum daneleri, kil ve siltlerde olduğu gibi bünyelerine su almadıklarından; bünyede bulunan kum daneleri, ortamın akıcı kıvama geçmeleri için gerekli su ihtiyacını diğer bir ifade ile likit limit ve plastik limit değerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Deneyler; kıvam limitlerinin değişiminin katılan kum danelerinin miktarı ile ilişkili olduğunu, fakat $425 \mu\text{m}$ ile $75 \mu\text{m}$ arasındaki kum dane boyutunun çok fazla etkin olmadığını açık bir şekilde ortaya koymuştur. Öte yandan, zeminin kökeninin de kıvam limitlerinin azalışında etkili olduğu tespit edilmiştir.

Gelişen bilgi ve teknoloji ışığında, temel olarak kabul edilen kavramlarda dahi yenilikler ortaya atılmaktadır. Bu yeniliklerin bir örneği, kıvam limitlerinin belirlenmesinde önerilen yöntemlerin sürekli olarak geliştirilmesidir. Ayrıca, Polidori ve Gori [16] tarafından önerilen yeni plastisite kartı da değişmez kabul edilen bazı kavramların da güncellenebileceğini göstermiştir. Benzer şekilde, kıvam limitlerinin ölçülmesi, değerlendirilmesi ve diğer zemin mekaniği problemlerinde kullanılması durumundaki sınır değerlerinin gözden geçirilmesi de ileride gündeme gelebilecek bir konu olarak görülmektedir. Likit limit ve plastik limit ölçümlerinin göz açıklığı $75 \mu\text{m}$ (# 200) olan elek altına geçen ince daneli zeminler üzerinde yapılması yukarıda bahsedilen olumsuz etkilerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olabilecektir.

Kaynaklar

- [1] Das, B.M., Principles of Foundation Engineering, PWS Publishing, California, 1999.
- [2] Das, B.M., Fundamentals of Geotechnical Engineering, Brooks/Cole, Thomson Learning, California, 2000.
- [3] Derdour, H., Angers, D.A., Influence on salinity and other constituents on the mechanical behavior of clay soils, Soil Technology 5(1), 39-46, 1992.

- [4] McBride, R.A., Baumgartner, N., A simple slurry consolidometer designed for the estimation of the consistency limits of soils, *Journal of Terramechanics* 29(2), 223-238, 1992.
- [5] Basma, A.A., Al-Homoud, A.S., Al-Tabari, E.Y., Effects of methods of drying on the engineering behavior of clays, *Applied Clay Science* 9(3), 151-164, 1994.
- [6] Bell, F.G., Coulthard, J.M., A survey of some geotechnical properties of the Tees Laminated Clay of central Middlesbrough, north East England, *Engineering Geology* 48, 117-133, 1997.
- [7] Al-Shayea, N.A., The combined effect of clay and moisture content on the behavior of remolded unsaturated soils, *Engineering Geology* 62, 319-342, 2001.
- [8] Tan, O., Yilmaz, L., Zaimoglu, A.S., Variation of some engineering properties of clays with heat treatment, *Materials Letters* 58, 1176-1179, 2004.
- [9] Casagrande, A., Classification and Identification of Soils, *Trans. ASCE* Vol. 113, p, 901, 1948.
- [10] TS 1500, İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
- [11] ASTM, Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, Designation D 4318-95a, 1995.
- [12] TS 1900-1, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Deneyleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2006.
- [13] Head, K.H., *Manual of Soil Laboratory Testing*, Pentech Press Ltd., West Sussex, 1980.
- [14] Gunduz, Z., Zeminlerin kıvam limitlerinin belirlenmesi, *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 4 (1-2), 25-27, 2000.
- [15] Soysal, B., İnce Kum Oranının Zeminlerin Kıvam Limitlerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 2003.
- [16] Polidori, E., Gori, U., Classificazione dei terreni argillosi, *Giornale di Geologia Applicata* 2, 249-254, 2005.