

## KİLLİ TOPRAKLARIN STRÜKTÜRÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

İbrahim DEMİRALAY (1)

### ÖZET

Özellikle killi topraklarda porozite ve agregat ölçmeleri toprak strüktürünün değerlendirilmesinde yeterli olmamaktadır. Bu topraklarda strüktür bozucu kuvvetlerin tabiatına uygun başka ölçüm değerlerine ihtiyaç duyulmuştur. Boekel (1958), killi toprakların strüktür stabilitesi için toprak kıvam limitlerinin (aşağı plastik limit ve yukarı plastik limit) pF 2 nem yüzdesine oranlarını ölçü olarak kullanmıştır.

"Boekel ve Peerlkamp yöntemi" olarak isimlendirilen bu yöntem verilmektedir.

### GİRİŞ

Boekel ve Peerlkamp (1956) ve Boekel (1958)'e göre, belli bir andaki toprak strüktürü (veya çoğu zaman isimlendirildiği gibi gerçek strüktür) sabit olmayıp, zamanla büyük ölçüde değişmelere maruz kalmaktadır. Onun için, porozite veya agregat ölçmeler gibi gerçek strüktürün ölçülmesi toprak strüktürünün değerlendirilmesinde yeterli değildir. Özellikle killi topraklarda strüktür bozucu kuvvetlerin tabiatına uygun ilâve ölçüm değerlerine ihtiyaç vardır. Bu araştırmacılar, kumlu kil topraklarda toprak strüktürünün bozulmasında en önemli faktörün suyun dispers etme etkisi olduğu halde, ağır killi topraklarda genellikle strüktürdeki bozulmanın esas sebebinin mekaniksel etkiler altında toprak agregatlarının plastik deformasyona uğraması olduğunu tesbit etmişlerdir. Bu plastik deformasyon (veya çamurlaşma da denilebilir), toprağın ıslakken işlenmesi veya diğer çiftlik trafiğine maruz kalmasının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Buradan, killi toprakların strüktürünün değerlendirilmesinde kıvam limitlerinin kullanılması üzerinde durulmuştur. Ancak kıvam limitlerinin tek başlarına pek anlamlı olmayacağı, fakat plastik deformasyonun yer aldığı toprak nem koşulu ile birlikte mütalea edildiğinde bir anlam taşıyacağı görülmüştür.

(1) (Atatürk Üni. Ziraat Fak. Toprak İlimi Bölümü Doçenti.

Boekel (1958), toprak kıvam limitlerinin (aşağı plastik limit ve yukarı plastik limit) pF 2 nem yüzdesine nazaran pozisyonlarını esas almıştır. Kumlu kil topraklar için yukarı plastik limitin pF 2 nem yüzdesine oranı ve ağır killi topraklar için ise aşağı plastik limitin pF 2 nem yüzdesine oranı toprağın strüktür stabilitesi için bir indeks olarak kullanılmıştır.

Yapılan tesbitlere göre, kumlu kil topraklarda oran değeri 1'den büyük olduğu ölçüde toprak agregatlarının ıslanma üzerine dispersiyonu yolu ile strüktürün bozulma tehlikesi yoktur. Oran değeri 1'den küçük olduğu ölçüde toprak ıslanmışında kolaylıkla dispers olacaktır. Öte yandan, ağır killi topraklarda ise, oran değeri 1'den büyük olduğu ölçüde toprak agregatlarının mekaniksel etkiler altında plastik deformasyonu yolu ile strüktür için tehlike yoktur. Oran değeri, 1'den küçük olduğu ölçüde toprak plastik deformasyona uğrayacaktır.

Aşağıda bu yöntem (BOEKEL ve PEERLKAMP yöntemi) de Boodt ve ark. (1967) esas alınarak ve ihtiyaç duyuldukaça ayrıntılar için Black (1965) ve Karayolları Genel Müdürlüğü (1967)'den yararlanılarak verilmektedir.

## YÖNTEM

### 1. pF 2 Nem Miktarının Tayini

#### Malzemeler

3,7 cm. çapında ve 5 cm. yükseklikte paslanmaz çelik silindirler (5 cm. çap ve 5 cm. yükseklikte çelik veya pirinç silindirler de kullanılabilir. Ancak bu takdirde, kullanılacak toprak örneği miktarı artacaktır), kum tankı ekipmanı (basınç tencereresi aleti de kullanılabilir), terazi (0,01 g. duyarlılıkta), alüminyum tartı kapları ve 105 C°de fırın.

#### İşlem

Havada kurutulan toprak örneği ufalanır ve 1-2 mm. agregat fraksiyonu eleme ile ayrılır. İki paslanmaz çelik silindir (yaklaşık 50 cc.) masa üzerine vurulmak suretiyle bu agregat fraksiyonu ile üniform bir şekilde doldurulur. Doldurma işleminden önce, her bir silindirin tabanı, lastik veya metal bir halka ile gergin bir şekilde silindire bağlanmak suretiyle ıslanabilen bir naylon bez ile kapatılır. Elde edilen örnekler bir kum tankının üzerine yerleştirilir, su seviyesi kum yüzeyinden 1/2 cm. yukarıda tutularak 2 günde satüre edilirler. Kum tankı yerine basınç tenceresi aleti kullanıldığında, toprak örnekleri aletin gözenekli levhası üzerinde satüre edilebilirler. Sonra, kum tankına 1 m.lik emme basıncı uygulanır. 5 gün sonra her bir silindir darası alınmış bir alüminyum tartı kabına boşaltılır, tartılır, fırında 105 C°de kurutulur, desikatörde sogutulur ve tekrar tartılarak nem miktarı (ağırlık yüzdesi) tayin edilir.

## 2. Aşağı Plastik Limitin Tayini

### Malzemeler

Porselen pota (yaklaşık 10-12 cm. çapında), düz çelik spatula (yaklaşık 7,5 cm. uzunluğunda ve 2 cm. genişliğinde), örneği yuvarlamak için uygun yüzey (cam levha veya cilalı fayans), alüminyum tartı kapları, terazi (0,01 g. duyarlılıkta), piset ve fırın (105 C°de).

### İşlem

Yaklaşık 25 g. havada kurutulmuş toprak bir potanın içine alınır. Pisetten azar azar saf su ilâve etmek ve bir taraftan da bir spatula ile karıştırmak suretiyle elle sıkıldığı zaman kolaylıkla yuvarlak bir top haline getirilebilecek kıvamda bir macun elde edilir. Toprak macununun bir kısmı (yaklaşık 8-10 g.) alınır, elde sıkılarak elipsoidal bir kütle şekline getirilir. Sonra yatay bir yüzey üzerinde bulunan bir cam levha veya cilalı fayans levha üzerinde parmaklar ile yeterli miktarda bastırılarak yuvarlanmak suretiyle uzunluğu boyunca çapı her noktasında aynı olan kalın bir iplik şekli kazandırılır. Başlangıç noktasına göre elin bir ileri-geri hareketi bir yuvarlama olmak üzere, dakikada 80-90 yuvarlamalık bir hızla iplik elde edilir. İpliğin çapı 1/2 cm. olunca, macun tekrar elipsoidal üniform bir kütle haline getirilir ve iplik şekline yuvarlanır. Bu işlem, ipliğin normal el tazyiki altında ufalanarak 1/2 cm kalınlığında iplik haline artık yuvarlanamadığı ana kadar tekrarlanır. Sonra ufalanan macun darası alınmış bir alüminyum tartı kabına alınır, tartılır, fırında 105 C°de kurutulur, desikatörde soğutulur ve tekrar tartılarak nem miktarı tayin edilir.

Tayin macunun diğer bir porsiyonu üzerinde de tekrarlanır. İki tekrarlamaya ortalaması nem değeri (sayısal olarak) aşağı plastik limit olarak alınır.

Bu tayin genellikle iki tekrarlamalı olarak yapılır. Ancak iki değer arasındaki fark ağırlık esasından % 1,5'dan daha büyük olduğunda, tayin tekrarlanır.

## 3. Yukarı Plastik Limitin Tayini

### Malzemeler

Cam levhanın dışında aşağı plastik limitin tayini için verilenlere ilâveten Casagrande akışkanlık limiti aleti ve aksesuarı.

### İşlem :

Yaklaşık 50 g. havada kurutulmuş toprak bir potanın içine alınır. Bir pisetten azar azar saf su ilâve etmek ve bir taraftan da bir spatula ile karıştırmak suretiyle kalın homojen bir macun elde edilir. Macundan bir parça (yaklaşık 30 cc.) Casagrande aletinin piring kabı içine, kabın alt tabanına temas ettiği noktanın hemen üstüne gelecek şekilde yerleştirilir. Spatula ile mümkün olduğu kadar az birkaç

hareketle bastırılıp yayılarak kabın serbest ucu yani ön tarafı ile aynı seviyede olacak şekilde düzlenir. Bu arada macunun içerisinde hava kabarcıklarının kalmamasına dikkat edilmelidir. Böylece, kabın tabana temas ettiği noktada olmak üzere azami 1 cm. kalınlığında bir macun kalıbı elde edilmiş olur. Kabın duvarları tamamen macundan temizlenir ve macunun fazlası potaya alınır. Sonra aletin V-şekilli oluk açma bıçağı kabın ortasından çap boyunca aşağıya (arkadan öne) doğru seri bir hareketle geçirilmek suretiyle macun ikiye bölünür. Bu oluğun kenarlarının düzgün ve macun parçaları arasında tabanda 2 mm. genişliğinde bir açıklık sağlaması gerekir. Gerekiyorsa, oluğun kenarlarının bozuk olmaması ve yayılmış macunun toplanmaması yani macun kalıbının bozulmaması için, oluk açma bıçağı arkadan öne veya önden arkaya doğru azami altı defa hareket ettirilerek düzgün bir oluk açılmasına gayret edilir. Oluk her harekette daha derinleştirilir ve son harekette kabın dibinde açıklık elde edilir.

Sonra aletin kolu 2 devir/saniye bir hızla çevrilerek macunun iki parçası oluğun tabanında yaklaşık 1,5 cm.lik bir uzunluk boyunca birbirine temas gösterinceye kadar kap kaldırılıp düşürülür. Bunun için gerekli darbe sayısı tesbit edilir. Bir el ile aletin kolu çevrilirken diğer el ile aletin tabanı tutulmalıdır. Pirinç kap içindeki macun iyice karıştırılır, düzlenir, oluk açılır ve yukarıdaki işlem tekrarlanır. Elde edilen darbe sayısının önceki elde edilen değerden farkı 1 veya 2 ve darbe sayısı 12'den fazla ve fakat 38'den az ise yapılan test geçerlidir. Bu takdirde, oluğun kapandığı yerden yaklaşık bir spatula eninde ve kabın bir kenarından diğer kenarına doğru oluğa dik olarak bir nem örneği dilimi (yaklaşık 10 g.) alınır ve darası alınmış bir alüminyum tartı kabına konur, tartılır, fırında 105 C°'de kurutulur, desikatörde soğutulur ve tekrar tartılarak nem miktarı hesaplanır.

Pirinç kabın içinde kalan macun potaya geri alınır. Kap ve oluk açma bıçağı bir sonraki teste hazır olmak üzere hemen yıkanır ve kurulur. Test, 12 ile 38 darbe aralığında 25'in altında ve üstünde olacak şekilde üç farklı darbe sayısı elde etmek üzere farklı nem miktarlarına getirilmiş olarak aynı toprak macunu üzerinde iki defa daha tekrarlanır. Bunun için, ya bir miktar su ilâve etmek ya da bir miktar suyunu kaybetmesini sağlamak suretiyle macuna farklı nem miktarları kazandırılır.

En sonunda, semilogaritmik bir grafik kâğıdı kullanılarak, toprak nem miktarı darbe sayısının logaritmasına karşılık grafik edilir. Test noktalarının verdiği en uygun düz doğru (akma eğrisi) çizilir. Eğrinin üzerinde 25 darbeye tekabül eden nem miktarı (sayısal olarak) yukarı plastik limit değeri olarak tesbit edilir.

#### 4. Sonuçların Değerlendirilmesi

Aşağı plastik limit /pF 2 nem miktarı oranı ve yukarı plastik limit/pF 2 nem miktarı oranı hesaplanır.

Birinci oran değeri, kil agregatlarının mekaniksel kuvvetlere karşı direnci için bir indeks olarak kullanılır. Yüksek bir değer ( 1 veya daha yüksek) büyük bir direnci ve küçük bir değer ( 1'den küçük ) ise zayıf bir direnci gösterir.

İkinci oran değeri ise, kil agregatlarının suda dağılma (slaking) ihtimali için bir indeks olarak kullanılır. Küçük bir indeks değerinde (1'den küçük) ciddi ölçüde dağılma beklenebilir. İndeks değeri büyük (1'den büyük) olduğunda dağılma vuku bulmayacaktır.

#### KAYNAKLAR

- Black, C.A. (Editor-in-Chief), 1965. Methods of Soil Analysis. Part I. American Society of Agronomy, Agronomy No.89
- Boekel, P. 1958. Evaluation of the structure of clay soils by means of soil consistency. Proc. int. Symp. Soil Structure (Ghent, Belgium), p. 363-368.
- Boekel, P., and P.K. Peerlkamp, 1956. Soil consistency as a factor determining the soil structure of clay soils. Neth. J. Agric. Sci. 4: 122-125.
- de Boodt, M.L., L. de Leenheer, H. Preese, A.J. Low. and P.K. Peerlkamp, 1967. West-European Methods for Soil Structure Determination. Chapter 6, p. 1-3 and 16-18
- Karayolları Genel Mdrlę, 1967. Toprak Mhendislięi Bilgileri ve Deneyleri. Yayın No. 146. Karayolları Matbaası, Ankara.