

Harran Kili Şişme Özelliklerinin Değerlendirmesi ve Dolaylı Tahmini

Murat Türköz^a ve Hasan Tosun^a

^aEskişehir Osmangazi Üniversitesi, MMF, İnşaat Müh. Böl., 26480, Eskişehir
e-posta: mturkoz@ogu.edu.tr, htosun@ogu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Harran killerinin şişme potansiyelinin tahmininde metilen mavisi deney verilerine bağlı ilişkiler araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, tanımlama deneylerine ilaveten metilen mavisi deneyleri; sulama kanallarının yoğunlukta olduğu otuz üç farklı noktadan sondajla alınan örselenmemiş numuneler üzerinde yapılmıştır. Numunelerin şişme yüzdesi ve basıncı doğrudan deneylerle belirlenmiştir. İlgili şişme değişkenlerine bağlı olarak pratik kullanım amacıyla, çoklu regresyon analizi esasında modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerle şişme yüzdesi ve şişme basıncının; arazi kuru yoğunluğu, doygunluk derecesi ve metilen mavisi değerlerine bağlı olarak tahmin edilebileceği belirlenmiştir. Özellikle pratik kullanım amacına yönelik olarak, yalnızca arazi kuru yoğunluğu ve metilen mavisi değerinin kullanıldığı iki değişkenli modellerinde (şişme yüzdesi ve basıncı için sırasıyla $R^2=0.81$, $R^2=0.76$) anlamlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Harran killi; Şişme potansiyeli; Metilen mavisi; Çoklu regresyon

Indirect Estimation and Evaluation of The Swelling Characteristics of Harran Clay

Abstract

In this study, the relationships depending on methylene blue test data for predicting swelling potential of Harran clay were investigated. In the scope of this study, index properties and also methylene blue tests were performed on the undisturbed soil samples obtained from 33 different locations where the canal structures commonly constructed in Harran plain. Swelling percentage and pressure of the undisturbed soil samples were determined by using direct methods. Depending on the swelling variables, the empirical relationships to be used in practice were developed, and assessments on the basis of multiple regression analysis were performed. The models developed show that swelling percentage and pressure can be predicted from measured values of in-situ dry density, saturation degree and methylene blue value (MBV). On the other hand, swelling potential can be predicted from measured values of in-situ dry density and MBV only, (for swelling percentage and pressure, $R^2=0.81$, $R^2=0.76$, respectively).

Key Words: Harran clay; Swelling potential; Methylene blue; Multiple regression.

1. Giriş

Su aldığı zaman şişen ve su kaybettiği zaman büzülen değişik tipte killer mevcuttur. Bu tip killer üzerine inşa edilen temeller, kilin şişme özelliğinden kaynaklanan büyük kaldırma kuvvetlerine maruz kalırlar. Bu kuvvetler, yapı temelinde veya döşeme elemanlarında kırılma, çatlama ve kabarmaya neden olarak hasara yol açabilmektedir. Özellikle çok az ölü yüke sahip olan ve sistemin zaman zaman yüklenip boşaltıldığı, sızma ve kaçak sulardan dolayı kilin su ile temas ihtimalinin yüksek olduğu kanal kaplaması, borulu sulama veya içme suyu şebekeleri gibi hafif su

yapılarında, şişen killer aşırı derecede hasara neden olmaktadır. Çok sayıda ülkede şişen zemin problemine bağlı olarak ortaya çıkan hasarlarla ilgili çalışmalar yapılmış ve tasarım kriterleri önerilmiştir (Parker vd., 1977; Chen, 1975; Basma vd., 1995; Adullah vd., 1999; Al-Ravas vd., 2002; Du vd., 1999). Ülkemizde inşa edilen hafif su yapılarında oluşan bu tip problemler, genellikle Güneydoğu Anadolu Projesi kapsamında yer alan sulama yapıları inşaatında gözlemiştir (Tosun vd., 2000).

Şişme ve büzülme, zeminin içsel özelliği olup, bu özelliğin direkt olarak belirlenmesinde standart bir ölçüm yöntemi bulunmamaktadır. Killerin

şişme yüzdesi ve şişme basıncının birlikte değerlendirildiği şişme potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan en uygun ve en başarılı yöntem, direkt ölçümlerdir. Bu esasa, şişme davranışının değerlendirilmesinde belirli koşullar altında ölçülen zemin özelliğinin karşılaştırmalı değerlendirmesi yapılmaktadır. Şişme potansiyeli, laboratuvar deneyleri ve regresyon esaslı ampirik eşitlikler kullanılarak tahmin edilebilmektedir.

Literatürde şişme potansiyelinin belirlenmesine yönelik ve çoğunlukla zemin tanımlama deneylerinden elde edilen indis özelliklerine dayalı, farklı zaman ve ortamda yapılmış deneye dayalı eşitlikler bulunmaktadır. Şişme potansiyeli; kıvam limitleri, kuru yoğunluk, başlangıç su muhtevası, doyumluk ve boşluk oranı gibi şişmeyi etkileyen önemli zemin özellikleriyle ilişkilendirilmektedir. Bu eşitliklerin hemen hemen hiç birinde zeminin şişme özelliği üzerinde, fiziko-kimyasal faktörlerin etkisini gösteren bir terim veya değişken yer almamaktadır.

Bu çalışma kapsamında, Harran ovasında, sulama kanallarının yoğunlukta olduğu, otuz üç ayrı lokasyondan elde edilen, örselenmemiş zemin numunelerinin şişme potansiyeli doğrudan deneylerle belirlenmiş, bu veriler üzerinde bazı fiziksel parametrelerin ve metilen mavisi değerinin (MBV) etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar çoklu regresyon analizi esasında geliştirilen modellerle birlikte değerlendirilerek, özellikle pratik amaçlar için kuru yoğunluk ve MBV değişkenlerine bağlı modellerin şişme potansiyelinin tahmininde anlamlı seviyede kullanılabileceği görülmüştür.

2. Metilen mavisi deneyi

Metilen mavisi deneyi granüle malzeme içindeki kil muhtevasının tayinine bağlı olarak granüle malzemenin kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla Fransa'da geliştirilmiştir. Metilen mavisi tozu su ile karıştırıldığında katyonik bir boya davranışı göstermekte ve $C_{16}H_{18}CIN_3S^+$ kimyasal formülü ile tanımlanmaktadır. Zemin çözeltisi ile karışıma girdiğinde metilen çözeltisindeki klorit iyonları zemin çözeltisi içindeki kil mineralindeki katyonlarla yer değiştirerek kil mineral yüzeyinde tutulur. Adsorbe edilen metilen çözeltisi mik-

tarı; kil minerallerinin miktarı ve tipine, katyon değiştirme kapasitesine ve spesifik yüzey alanına bağlı olarak değişir.

Metilen mavisi nokta deneyi, zemin içindeki kil tanelerin tüm yüzey alanını kaplamak için gerekli metilen mavisi miktarının tayiniyle, zeminin iyon adsorbsiyon kapasitesini belirlenmesine olanak sağlar. Bu deney yöntemi, metilen mavisinin su içinde çözünmesi sırasında serbest kalan metilen mavisi katyonları ile yer değiştirebilir kil katyonları arasındaki kimyasal reaksiyon ile gelişen titrasyon esaslı bir deney yöntemidir. En büyük spesifik yüzeye ve en büyük negatif elektrik yüküne sahip kil taneleri en kolay katyon değiştirme kapasitesine sahip olanlardır. Buna ilaveten bir zeminin adsorbsiyon kapasitesi muhtevasındaki kil mineral tipiyle de ilişkilidir. Adsorbsiyon kapasitesi kil tanesinin spesifik yüzey alanı ve yükün bir fonksiyonu olarak artar.

Metilen mavisi deneyi özel ekipman gerektirmemesi ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle popüler bir deney yöntemi olmaktadır. Metilen mavisi değeri (MBV) ile kolayca korale edilen zemin indis özellikleri (likit limit, plastisite indisi vb.) özellikle ön arazi araştırmaları için önemli değerlendirmelere imkan vermektedir. Bu deney yöntemiyle; katyon değiştirme kapasitesi (Taylor, 1985), özgül yüzey alanı (Chiappone, 2004), ve şişme potansiyelinin (Fityus, 2000) tahmininde ilgili eşitlikler esasında değerlendirmeler yapılabilmektedir.

Chiappone v.d. (2004), AFNOR (Association Française de Normalization) ve ASTM (American Society for Testing and Material) standartlarında belirtildiği şekliyle kil minerallerinin tanımlanmasında kullanılan metilen mavisi deneyinin uygulanabilirliği ve değerlendirilmesi yönünde bir dizi karşılaştırmalı çalışma yapmışlardır. AFNOR standardında deneye tabi olacak zemin numunesi miktarı için kil muhtevasına bağlı olarak killi veya aşırı killi zeminlerde 30-60 g, orta veya biraz killi zeminlerde 60-120 g alınmasının uygun olduğu tavsiye edilmiştir. Bu oranda alınan zemin numunesi 500 mL saf su içinde çözünerek 10g/L konsantrasyonunda hazırlanan metilen mavisi çözeltisinden her seferinde 5 mL ilave edilmesini takiben bir dakika sonra alınan damlanın filtre kâğıdı üzerine damlatılan, koyu renkli

damla etrafında açık renkli halkanın beş dakika boyunca sabit kalmasıyla sonlandırılır. AFNOR standardında belirlenen deney aşamasıyla aynı esasa dayanan ASTM standardında ise 2 g zemin numunesi kullanılmakta ve deney asidik bir ortamda (pH 2.5-3.8) yapılmaktadır.

Sonuçta, ASTM standardıyla tanımlanan deney yönteminin ince taneli homojen malzemeler için uygun olduğunu diğer bir ifade ile yalnızca kil muhtevasının belirlenmesine yönelik bilgi sağladığını, AFNOR standardı ile tanımlanan deney yönteminin ise tüm malzemeyi temsil edecek şekilde bilgi sağlamak için heterojen malzemeler üzerinde kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir (Chiappone, 2004).

2.1. Metilen mavisi çözeltisinin hazırlanması ve deney aşaması

Metilen mavisi çözeltisi metilen mavisi tozunun saf su içinde çözünmesiyle oluşur. Beher içinde $10 \text{ g} \pm 0.1 \text{ g}$ ağırlığında alınan metilen mavisinin 1 L saf su içinde yaklaşık 1 saat süreyle oda sıcaklığında karıştırılmasıyla hazırlanır. Zemin çözeltisi ise, 40 no'lu elek altında kalan 7.5 g (veya 30 g) zemin numunesinin beherde 50 mL (veya 30 g zemin numunesi için 200 mL) saf su içinde 700 dev/dak hızla dönen karıştırıcı ile 5 dakika boyunca karıştırılmasıyla hazırlanır (Çokça, 1991).

Deney esası; artan miktarda metilen çözeltisinin zemin çözeltisine ilave edilmesiyle oluşan karışımdan cam çubukla alınan damlanın filtre kağıdına damlatılmasından oluşur. Metilen çözeltisinden 5 mL alınarak zemin çözeltisine karıştırılır. Karıştırıcı hızı bu andan itibaren 400 dev/dak hıza ayarlanarak deney sonunda kadar bu hızda çalıştırılır. Bir dakikalık süre sonunda karışımdan cam çubukla bir miktar alınarak filtre kağıdı üzerine damlatılır. Genel olarak ilk damlatma aşamasında koyu mavi renkli benek ve etrafını çevreleyen su halkası gözlenir. Koyu mavi renkli damlayı çevreleyen açık mavi renkli halka oluşana kadar metilen çözeltisi her defasında 5 mL olarak karışıma eklenmeye devam edilir. Bu durum, kil mineralleri tarafından adsorbe edilemeyen metilen mavisinin aşırı miktarda olduğunu bir göstergesidir. Bu noktada metilen mavisi çözelti-

si eklenmesi yapılmaz ve karışım açık mavi renkli halkanın kalıcılığının tespiti amacıyla 1 dakika arayla 5 dakikalık bir süre için kontrol edilir. Bu 5 dakikalık süre içinde 1 dakika ara ile damlatılan damlaların etrafını çevreleyen açık mavi renkli halka varlığını korumuyor ise metilen çözeltisi artış miktarı 2 mL.'ye indirilerek devam edilir. Metilen mavisinin değeri (MBV) Eşitlik 1'den hesaplanır (Çokça, 2002).

$$MBV(g/100g) = \frac{[V_{cc}(mL) \cdot 10(g) \cdot 100(g)]}{1000(mL) \cdot f'(g)} \quad (1)$$

V_{cc} = Karışıma eklenen metilen mavisi solüsyonu hacmi, mL.

f' = Numunenin kuru ağırlığı, g.

3. Malzeme ve yöntem

3.1. Malzeme özellikleri ve tanımlama deneyleri

Harran ovasında tortul ve volkanik kayalar bulunmaktadır. İnceleme alanında bulunan tortul kayalar; yaşlıdan gence Paleosen yaşlı marn, Eosen yaşlı kireçtaşı, Miyosen yaşlı killi kireçtaşı ve kil, kum ve çakıldan oluşan detritik malzemedir (Tosun, 2004). Volkanik kayaç olarak Karacadağ volkanizması esnasında geniş bir alanı kaplayan bazalt yer almaktadır. Bu çalışmanın ilgili sahasında kalan koyu kırmızı renkli "Harran killeri"; bölgede bulunan tortul ve volkanik kayaların ayrışması ile oluşmuştur. Bölgede oluşan tektonik aktivite sonucunda bir çökelti havzası oluşmuş ve bu çökelti havzası ayrılmış malzeme ile taşınarak doldurulmuştur. Harran ve Şanlıurfa ovalarında yer alan ve birçok sulama tesisinin üzerinde inşa edildiği ayrışma taşınma ürünü malzemenin şişme davranışının değerlendirilmesine yönelik, otuz üç ayrı noktadan yüzeyden 1.5-2.0 m seviyesinde sondajla örselenmemiş numuneler alınmıştır (Şekil 1.). Bu numunelerin öncelikle tanımlama ve sınıflama özellikleri belirlenmiş, kimyasal özelliklerinin değerlendirildiği metilen mavisi deneyi yapılmış ve sonra şişme potansiyelinin belirlenmesine yönelik deneyler direkt deneylerle belirlenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

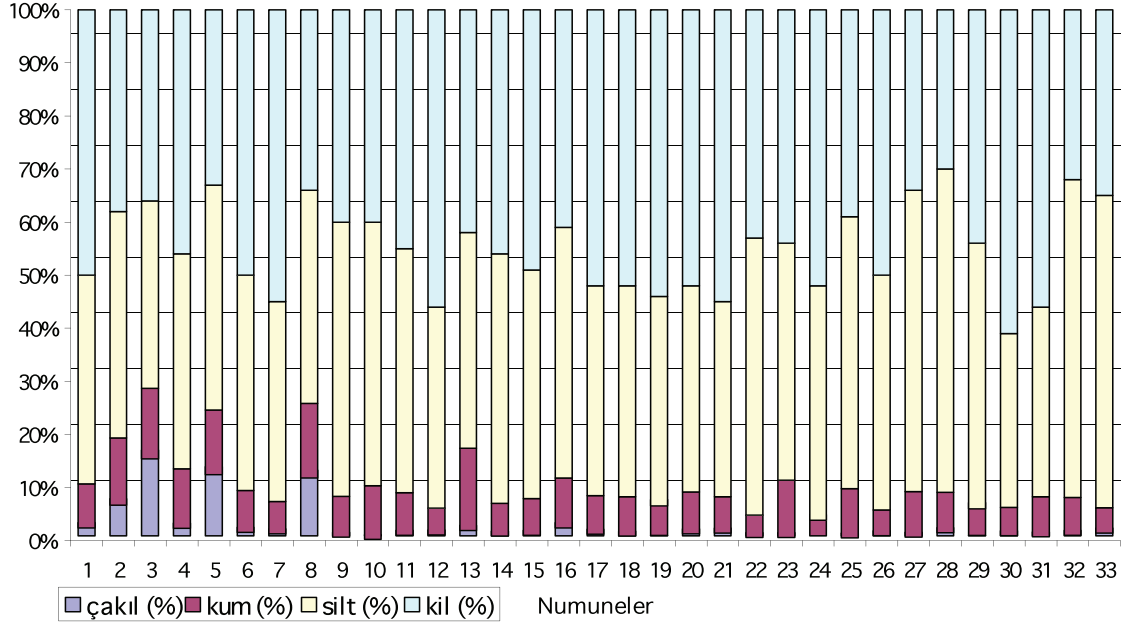
Çalışma alanından elde edilen veriler için tanımlama deney sonuçları istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde 33 numunenin likit limit değerlerinin %52 ile %72 arasında değiştiği ve ortalama değer ise %60.5 olduğu görülmektedir.

Plastisite indisi değerleri de geniş bir aralıkta değişmektedir. Dikkate alınan 33 adet numuneye ait istatistiksel değerlendirilme sonuçları Çizelge

1’de, tane dağılımı deney sonuçları Şekil 2’de verilmektedir. Temel zemini ince taneli olup, ince tane ($\% < 0.075$ mm) yüzdesi, % 71.4 ile 96.2 aralığında yer almaktadır. Zemin numunelerinin kil yüzdesi ise, %30 ile 61 arasında bulunmaktadır. İlgili değerlerin standart sapmaları oldukça düşüktür. İlgili numuneler Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemi’ne göre “yüksek plastisiteli kil (CH)” olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 1. Tanımlama deneyleri istatistiksel sonuçları.

Zemin Özellikleri	Numune Sayısı	DEĞER			
		En küçük	En büyük	Ortalama	Standart sapma
<u>Tane dağılımı</u>					
- <0.002 (%)	33	30.0	61.0	45.0	8.0
- <0.075 (%)	33	71.4	96.2	89.5	6.0
- <4.75 (%)	33	84.7	100.0	97.7	3.7
<u>Kıvam limitleri</u>					
- Likit limit (%)	33	52.0	72.0	60.5	5.6
- Plastik limit (%)	33	25.0	36.0	29.2	2.4
- Plastisite indisi (%)	33	23.0	39.0	31.4	4.1
<u>Özgül gravite</u>	33	2.72	2.83	2.78	0.02



Şekil 2. Numunelere ait tane dağılımı değişim grafiği.

3.2. Şişme deneyleri

Killerin şişme yüzdesi ve şişme basıncının birlikte değerlendirildiği şişme potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan en uygun ve en başarılı yöntem, direkt ölçümlerdir. Bu yöntemler; serbest şişme, genişleme indisi (EI), potansiyel hacim değişimi (PVC) ve ödometre deney yöntemlerinin laboratuvar şartlarında değerlendirilmesidir.

Bu çalışma kapsamında 33 ayrı lokasyondan elde edilen, UD tüplerinden hidrolik kriko ile çıkarılmış numuneler üzerinde şişme yüzdesi ve şişme basıncı deneyleri direkt yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Şişme basıncının belirlenmesinde PVC metre donanımı kullanılmıştır. PVC metre deneyin esası, zemin numunesinin ıslatılmasından sonra gelişen şişmenin engellenmesiyle oluşan şişme basıncının belirlenmesidir. Sisteme yerleştirilen numune üzerine yük halkası kolu numune üzerine gelecek şekilde yerleştirilir. Numune suya boğulur ve belirli aralıklarla yük halkasından değer okunur. Yük halkasından okunan değer, kalibrasyon eğrisi kullanılarak veya yük halka faktörüyle çarpılarak birimi bilinen yüke çevrilir. Yükün numune alanına bölünmesiyle basınç değeri elde edilir. Şişme potansiyelinin önemli bir diğer değişkeni olan şişme yüzdesi, 7 kPa basınç altında suya boğulan numunenin 24 saat veya şişme tamamlanana kadar gelişen

nihai deformasyonun, numunenin başlangıç boyuna oranı olarak tanımlanır. Bu esasa, şişme potansiyeli değişkenlerinin aynı çap ve yükseklikteki numuneler üzerinde yapılmasına olanak sağlamak ve karşılaştırmanın anlamlı olması için genişleme indisi (EI) ölçüm donanımı dönüştürülmüştür. 7 cm çapında ve 2 cm yüksekliğinde ince cidarlı halka içine alınan numunelerin üzerine 7 kPa'lık basınç oluşturacak ağırlık imal edilmiştir. Numunelerin suya boğulmasından hemen sonra, farklı zaman aralıklarında (0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 60, 120, 240, 360 ve 1440 dakika) şişme yüzdesi ve şişme basıncı değişimleri, bu amaç için tasarlanmış sisteme bağlı bulunan dijital saatler kullanılarak ölçülmüştür.

Numunelerin şişme yüzdesi, kuru yoğunluk ve başlangıç su muhtevalarına bağlı olarak %0.5-%9.8 arasında değişmektedir. Aynı numunelerin şişme basınçları ise 4 kPa ile 102.2 kPa arasında değiştiği belirlenmiş ve yaygın olarak şişme potansiyelinin değerlendirildiği kartlardan da bu zeminlerin yüksek şişme potansiyeline sahip olduğu görülmüştür.

3.3. Metilen mavisi deneyleri

Metilen mavisi deneyleri daha önce tanımlandığı şekliyle, sıcaklık değişimlerinin kil ve metilen mavisi tozunda yapısal değişime neden olmaması

için aynı ortam sıcaklığında laboratuvar şartlarında yapılmıştır. Numunelerin tane boyu dağılımının deney sonuçları üzerindeki etkisini gidermek ve uniform bir dağılım temin etmek için tüm numuneler deney öncesinde 40 no'lu (400 mm) elekten elenerek hazırlanmıştır. Nihai olarak metilen mavisi değeri Eşitlik 1'deki denklem kullanılarak her bir numune için bulunmuştur.

Bu çalışma kapsamında yapılan Metilen Mavisini deney sonuçları değerlendirildiğinde; metilen mavisi değerleri 5.33-9.87 arasında değişmekte olup ortalaması 7.30 ve standart sapması 1.25 olarak dar bir aralıkta değiştiği belirlenmiştir.

4. Çoklu regresyon analizi

İstatistiksel eşitlikler açısından değerlendirildiğinde, deneysel çalışma sonunda elde edilen parametrelerin şişme potansiyeli üzerindeki etkisini değerlendirmek, tek tek parametreler değerlendirildiğinde oldukça karmaşık bir hal alır. Bu anlamda, korelasyon ve regresyonun en önemli avantajı, bağımsız değişkenlerin toplu etkisini göstermesi yanında, diğer değişkenler kontrol altında tutularak, her değişkenin etkisinin de tek tek görülebilir olmasıdır (Thomas vd., 2000).

Bütün değişkenlere ait çoklu korelasyon matrisi hesaplanması ile, bağımlı değişken olan “şişme yüzdesi” ve “şişme basıncı” için bağımsız değişkenlerin her biri ile olan korelasyonu yanında, bağımsız değişkenlerin birbirleri ile olan korelasyonları da değerlendirilmiştir. Bağımlı değişkenler (şişme yüzdesi ve şişme basıncı) ve bağımsız değişkenler (doygunluk yüzdesi, kuru yoğunluk ve MBV) arasında çoklu korelasyon değerlendirmeleri yapılmıştır. Regresyon modelinin açıklayıcı gücünün göstergesi olması ve doğrusal modelin uyum iyiliğinin en yaygın ölçüm biçimi olan tanımlayıcılık katsayısı olan R^2 değerleri, ayrı ayrı eşitlikler bazında Çizelge 2'de verilmektedir. Çizelge 2'den, şişme yüzdesi ve şişme basıncı değişkeni ile diğer değişkenler arasında kuvvetli bir doğrusal ilişkinin mevcut olduğu görülebilmektedir.

Çoklu regresyonun uygunluğunun bir diğer kontrolü de bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olmasıdır. Bu amaçla bağımlı ve bağımsız değişkenlerin serpm grafiği oluşturularak ilişkinin bir eğri olup olmadığı incelenmiş ve doğrusallık varsayımının sağlandığı görülmüştür. Güven aralıkları, oluşturulan modeller açısından ayrı ayrı değerlendirildiğinde, regresyon katsayılarının %95 güven aralığında ve 0.05'lik önem seviyesinde kaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 2. Çoklu regresyon analizi esasında geliştirilen eşitlikler.

Eşitlik no	Eşitlik	R^2
2	$SYU = -57.443 + 34.877\rho_d + 0.329MBV - 2.403\log\left(\frac{1}{S}\right)$	0.82
3	$SBU = -495.84 + 293.107\rho_d + 2.785 MBV - 27.061\log\left(\frac{1}{S}\right)$	0.77
4	$SYU = -57.014 + 35,543\rho_d + 0.358MBV$	0.81
5	$SYU = -458,47 + 300,606\rho_d + 3,118 MBV$	0.76

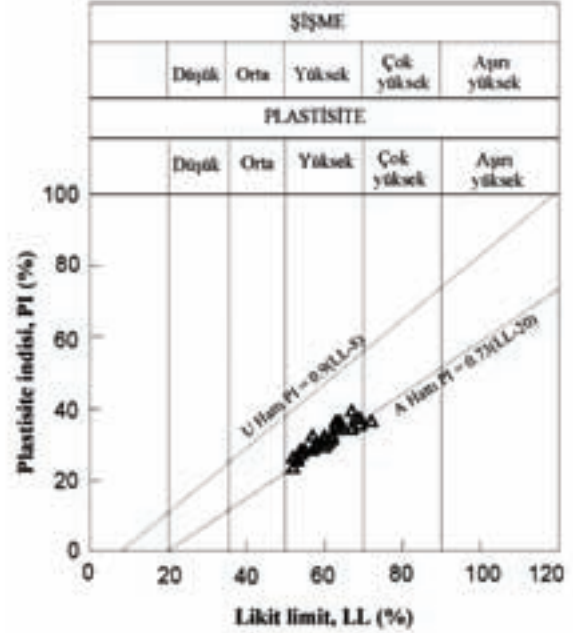
SYU: örselenmemiş numunelerin şişme yüzdesi (%), SBU: örselenmemiş numunelerin şişme basıncı (kPa), S: doyumluk (%), MBV: metilen mavisi değeri (g/100g), ρ_d : kuru yoğunluğu (Mg/m³).

Birçok araştırmacı şişme potansiyelinin değerlendirilmesinde en az üç parametrenin gerekli olduğunu düşünmüştür. Komornik ve David (1969), 200 numune kullanarak yaptıkları istatistiksel esaslı çalışma sonucunda şişme basıncının tahmininde kullanılmak üzere doğal su muhteva-

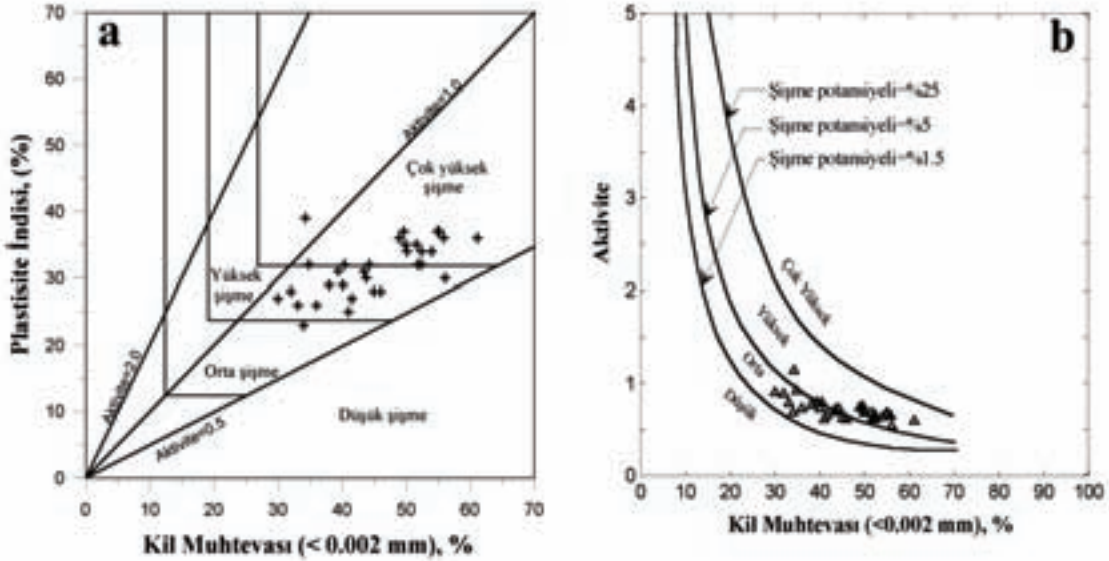
sı, kuru yoğunluk ve likit limit parametrelerine dayalı bir model türetmişlerdir. Bu çalışmada, kuru yoğunluk, MBV ve doyumluk derecesi için üretilen ilişkilerin nispi olarak daha yüksek tanımlayıcılık katsayısı verdiği belirtilmelidir.

5. Tartışma

Tanımlama deney sonuçlarından elde edilen fiziksel özellikler şişme potansiyelinin öncelikli göstergesi olması açısından değerlendirildiğinde, Şekil 3, Şekil 4a ve 4b'deki ilişkiler elde edilmiştir. Şekil 3, Şekil 4a ve 4b'den aynı plastisite indisi değeri için farklı şişme potansiyeli tanımlamalarının elde edildiği görülebilmektedir. Bunun nedeni olarak şişme potansiyelinin sınıflanmasında kullanılan bu ilişkilerin farklı zemin tiplerinde ve gerilme durumlarında, farklı zamanlarda geliştirilmiş olması olarak değerlendirilmektedir. Şişme potansiyeli açısından tehlike oluşturacağı belirlenen bölge zeminlerine ait zemin profili incelendikten ve fiziksel özelliklere dayalı tanımlamalar yapıldıktan sonra şişme potansiyelinin belirlenmesine yönelik detaylı araştırmanın yapılması için örselenmemiş numune alınması gerektiğinin ortaya çıktığı görülebilmektedir.



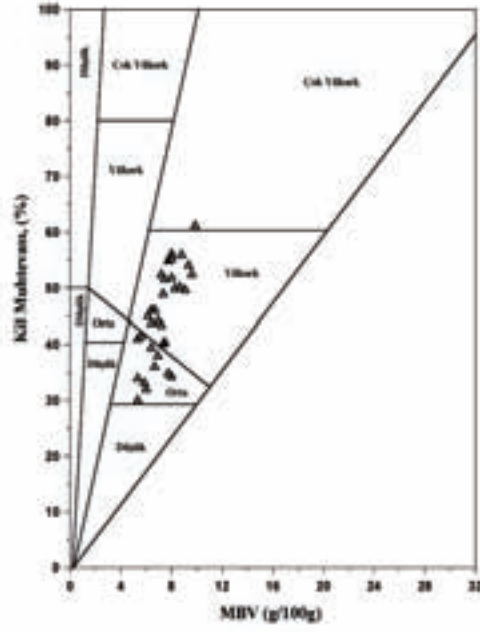
Şekil 3. Dönüştürülmüş plastisite kartı (Dakshnamurty ve Raman, 1973).



Şekil 4. Şişme potansiyelinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan ilişkiler (Van der Merve, 1964; Seed vd., 1962).

MBV-Kil muhtevası arasındaki ilişki Şekil 5'de sunulmaktadır. Şekil 5'den zemin numunelerinin orta ve yüksek şişme potansiyeline sahip olduğu nihayetinde artan kil yüzdesiyle orantılı

olarak metilen mavisi değerlerinde bir artış olarak gözlenmektedir. Bu durum, Seed v.d. (1962) tarafından önerilen sınıflama kartı ile de uyum içindedir (Şekil 4b).

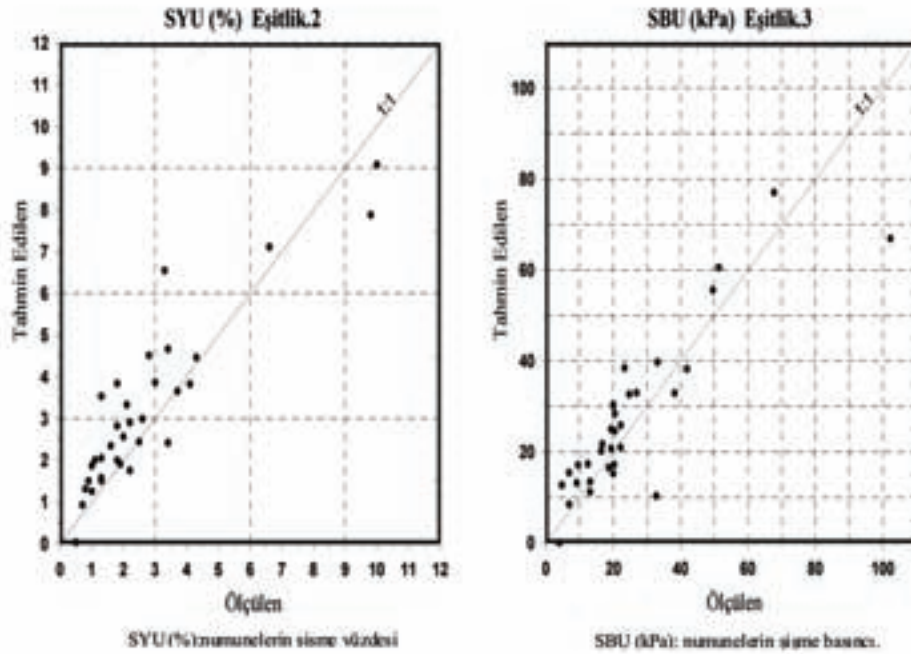


Şekil 5. Kıl muhtevası-MBV ilişkisi (Çokça, 1991).

Örselenmemiş numuneler için, şişme potansiyelinin önceden tahmin edilmesine yönelik regres-

yon analizi esasında yapılan bu çalışmada, kuru yoğunluk, MBV ve doyumluk değişkenlerinin birlikte değerlendirildiği eşitlikler Çizelge 2’de, bu eşitliklerden bulunan grafiksel sonuçlar Şekil 6’da verilmektedir. Arazideki şişme potansiyeline hızlı bir şekilde yaklaşımda bulunmak için

iki değişkenli modellerin de şişme yüzdesi için $R^2=0.81$ ve şişme basıncı için $R^2=0.76$ seviyesinde oldukça makul sonuçlar verdiği görülmektedir.



Şekil 6. Şişme yüzdesi ve şişme basıncı için geliştirilen modeller üzerinde ölçülen ve tahmin edilen değerler.

6. Sonuç

Bu çalışmada, yüksek plastisiteli kil zeminlerin şişme yüzdesi ve şişme basıncı değerleri direkt deneylerle belirlenmiş, bu veriler üzerinde bazı fiziksel parametrelerin ve özellikle pratik kullanıma yönelik metilen mavisi değerinin etkisi incelenmiş ve çoklu regresyon analizi esasında modeller üretilerek değerlendirilmeler gerçekleştirilmiştir;

* Özellikle kuru yoğunluk, MBV ve doyguluk değişkenlerine bağlı olarak üç parametreyi içeren modeller nispeten daha anlamlıdır.

* Kuru yoğunluk ve MBV değişkenlerini içeren ikili modellerde de oldukça yüksek tanımlayıcılık katsayısına ulaşılmıştır.

* Arazide şişme yüzdesi ve şişme basıncının önceden tahmini için geliştirilen modellerde mutlak hataların olduğu görülmektedir. Zeminin üç fazlı bir malzeme oluşu ve tüm değişkenlerinin aynı anda kontrolünün olmayışı ve dolayısıyla mevcut olan belirsizlikler bu hatayı kaçınılmaz kılmıştır. Ancak doğru tahmin için mevcut durumu temsilen örselenmemiş numuneler esasında değerlendirmelerin yapılması gerekmektedir.

Normal bir arazi araştırması, şişme potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik yeterli bilgiyi çoğunlukla sağlamaz. Bu açıdan şişen zeminlerin varlığının belirlenmesi, daha detaylı ve özel arazi araştırma yöntemlerini gerekli kılar. Çok geniş alanlar düşünüldüğünde detaylı bir arazi araştırmasının, oldukça büyük miktarda parasal imkan, donanım, kalifiye personel ve zaman gerektireceği aşikardır. Bu anlamda, bu çalışmada önerilen modellerin bu bölge için kullanılması çok daha pratik olacaktır.

Katkı belirtme

Çalışmada kullanılan veriler 2004K120770 no'lu DPT projesinden alınmıştır.

Kaynaklar

1. Abdullah, W.S., Alshibli, K.A. ve Al-Zou'bi, M.S., 1999. Influence of Pore Water Chemistry on The Swelling Behavior of Compacted Clays, Applied Clay Science, 15, 447-462.

2. Al-Rawas, A.A., Taha, R., Nelson, J.D., Al-Shap T.B. ve Al-Siyabi, H., 2002. A Comparative Evaluation of Various Additives Used in the Stabilization of Expansive Soils, Geotechnical Testing Journal, GTJODJ, 25, 199-209.
3. Basma, A.A., Al-Hamoud, A.S. ve Husein, A., 1995. Laboratory Assessment of Swelling Pressure of Expansive Soils, Applied Clay Science, 9, 355-365.
4. Chen, F.H., 1975. Foundation on Expansive Soils, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 280p.
5. Chiappone, A., Marelllo, S., Scavia, C., Setti, M., 2004. Clay Mineral Characterization Through the Methylene Blue Test: Comparison With Other Experimental Techniques and Applications of the Method, Canadian Geotechnical Journal, 41, 1168-1178.
6. Çokça, E., 1991. Swelling Potential of Expansive Soils With a Critical Appraisal of The Identification of Swelling of Ankara Soils By Methylene Blue Tests, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 325s.
7. Çokça, E., 2002. Relationship between Methylene Blue Value, Initial Soil Suction and Swell Percent of Expansive Soils, Turkish J. Eng. Env. Sci., 26, 521-529.
8. Dakshanamurty, V. ve Raman, V., 1973. A Simple Method of Identifying An Expansive Soil, Soils and Foundation, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, 13, 97-104.
9. Du, Y., Li, S. ve Hayashi, S., 1999. Swell-Shrinkage Properties and Soil Improvement of Compacted Expansive Soil, Ning-Liang Highway, China, Engineering Geology, 53, 351-358.
10. Fityus, S.G., Smith, D.W. ve Jennar, A.M., 2000. Surface Area Using Methylene Blue Adsorption As a Measure of Soil Expansivity, GeoEng 2000, An International Conference on Geotechnical and Geological Engineering, Melbourne, Australia.
11. Komornik, A. ve David, D., 1969. Prediction of Swelling Pressure of Clays, Journal of SMFE Div., ASCE, 95, 209-225.
12. Parker, J.C., Amos, D.F. ve Kaster, D.L., 1977. An Evaluation of Several Methods of Estimating Soil Volume Change, Soil Science Society of America Journal, Vol.41, pp.1059-1064, (1977).

13. Seed, H.B., 1962. Woodward R.J., and Lundgren R., Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays, *Journal of Soil Mechanics and Foundation Dis.*, ASCE, 88, 53-87.
14. Taylor, R.K., 1985. Cation Exchange in Clays and Mudrocks By Methylene Blue, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 35A, 195-207.
15. Thomas, P.J., Baker, J.C., Zelazny, L.W. ve Hatch, D.R., 2000. Relationship of Map Unit Variability To Shrink-Swell Indicators, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 262-268.
16. Tosun, H., Türköz, M., Zorluer, İ. ve Arslan A., 2000. Sıkışma Kontrolü ile Şişme Potansiyelinin Önlenmesi ve Harran Killerinde (V.kısım) Yapılan Uygulamalar, 3.GAP Mühendislik Kongresi, Bildiriler kitabı, Şanlıurfa, 24-26 Mayıs, 425-432.
17. Tosun, H., 2004. An empirical method for controlling the swell potential of compacted soils, *Geotechnical Engineering*, 35, 141-148.
18. Van der Merve, D.H., 1964. The Prediction of Heave from the Plasticity Index and The Percentage Clay Fraction of Soils, *Civil. Eng. South Africa*, 103-107.