



BATMAN İLİNDEKİ ŞİŞEN ZEMİNLERİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN NİCEL ve NİTEL YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ

¹Mehmet Emin TUTUŞ , ²Habib AKGÜL , ³Nuray ALPASLAN 

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği ABD, Van, TÜRKİYE

²Doğu Zemin Laboratuvarı, Kültür Mahallesi, Batman, TÜRKİYE

³Batman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Batman, TÜRKİYE

¹ mehmettutus72@gmail.com, ² akgl.3030@gmail.com, ³ nuray.alpaslan@batman.edu.tr

(Geliş/Received: 19.06.2020; Kabul/Accepted in Revised Form: 10.12.2020)

ÖZ: Mühendislik yapılarının inşasında zeminlerdeki kil birimlerinde meydana gelen şişme problemi büyük sorunlara yol açabilmektedir. Özellikle zemindeki kil birimi seviyelerinde şişme potansiyelinin yüksek derecelerde olmasıyla yapılarda büyük deformasyonlar ve hasarlar meydana gelmektedir. Bu çalışmada Batman kent merkezinde belirlenen lokasyonlarda açılan altı adet jeoteknik sondaj kuyusundan elde edilen kil numuneler üzerinde şişme potansiyelinin araştırılması amacıyla nicel, nitel yöntemler ve ampirik bağıntılar kullanılarak değerlendirilmeler yapılmıştır. Bu amaçla öncelikli olarak her sondaj kuyusunun killi seviye birimlerinden alınan örselenmemiş numuneler (UD) için dane boyutu dağılımı analizleri, kıvam limitleri, hidrometre, üç eksenli basınç ve ödometre (konsolidasyon) deneyleri yapılarak çıkan sonuçlar yorumlanmıştır. Çalışmanın devamında killerin şişme potansiyelini belirlemede kullanılan yöntemlerle korelasyonlara gidilerek, nitel olarak belirlenen deneysel değerlerle karşılaştırması yapılmıştır. Sonuç olarak kil birimi için bütün yapılan analizlerde farklı değerler elde edilmiştir. Çıkan bu sonucun Batman kenti genelinde hakim olan Şelmo formasyonunun litolojik olarak yanal ve düşey yönlerde değişkenlik göstermesi ve formasyonun ayrışma zonu özelliği göstermesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Batman, Şişme potansiyeli, Kil, Ödometre

The Evaluation of the Geotechnical Properties of the Swelling Soils in Batman Province with Quantitative and Qualitative Methods

ABSTRACT: The problem of swelling potential occurring in clay units in the soil in the construction of engineering structures can lead to major problems. Especially with the high level of swelling potential at the clay units in the soil, major deformations and damages occur in the buildings. In this study, quantitative, qualitative methods and empirical correlations were employed to examine the potential of swelling on clay samples obtained from six geotechnical boreholes drilled in the locations determined in Batman city center. For this purpose, firstly, grain size distribution analyzes, consistency limits, hydrometer, triaxial pressure and oedometer (consolidation) tests were performed on undisturbed samples (UD) obtained from clay level units of each borehole. In the later of the study, the correlations were made with the methods used to determine the swelling potential of the clays, and these correlations were compared with the experimental values determined qualitatively. In conclusion, different values were obtained in all analyzes conducted for the clay unit. It is thought that this result may be due to the

fact that the Şelmo formation, which is dominant throughout the city of Batman, varies in horizontal and vertical directions and that the formation exhibits a weathering zone feature.

Key Words: *Batman, Swelling potential, Clay, Oedometer*

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Mühendislik yapılarındaki çeşitli deformasyonlar zeminlerdeki killerin şişme özellikleri ve karakteristiklerine bağlı olarak gelişebilmektedir. Dünyada zeminlerin büyük bir bölümünü oluşturan şişen zemin türleri ile geoteknik mühendisliğinde önemli bir problem olarak karşılaşılabilmektedir. Şişme potansiyeli yüksek olan zeminlerde, üzerine inşa edilen her tip yapıda, zemin kabarmaları, yapının yukarı doğru, kaldırma kuvvetine maruz kalmasıyla kırılmalar çatlamlar oluşması ve yapının belli bir süre sonunda kullanılamaz hale gelmesi şeklinde birçok farklı deformasyonlar meydana gelebilmektedir. Geoteknik mühendisliğinde en önemli zemin problemlerinden biri olan şişen zeminlerin özelliklerinin, davranış ve karakterlerinin çok iyi analiz edilmesi büyük önem taşımaktadır. Dünyada şişen kil zeminlerde oluşan problemlerle ilgili birçok araştırmacı çeşitli çalışmalar yapmıştır (Wise ve Hudson, 1971; Dakshanamurthy ve Raman, 1973; Fredlund, 1975; King, 1981; Zentar ve diğ., 2002; Gasparre, 2005; Kassa 2005; Lucian, 2006). Türkiye’de yapılan çalışmalarda; Yıldırım ve Acar (1994), çalışmalarında zeminlerin şişme potansiyelini etkileyen başlıca faktörler arasında yer alan aşırı konsolidasyon oranının şişme davranışı üzerindeki etkisini araştırmış ve kil mineralleri içeren zemin numuneleri üzerinde sabit hacim şartları altında şişme basınçlarını belirlemiştir. Yılmaz ve Karacan (1998) zeminlerin şişme özellikleri, zemin sınıflamaları, şişen zeminlerde temel tasarımı ve şişen zeminlerin üzerine inşaat uygulamaları ile ilgili değerlendirmeler yapmıştır. Şişme basıncının kil üzerine etkileyen inşaat yükünü aşması durumunda zeminde oluşabilecek kabarmaların önemli temel sorunlarına yol açabileceğine dikkat çekmişlerdir. Yıldırım (2002) şişen killerin belirlenmesinde emme kapasitesi ve şişme basıncının hesaplanması çok uzun zaman aldığından, şişme basıncına etki eden kuru birim hacim ağırlık, PI (Plastisite İndisi) ve başlangıç su muhtevası zemin özellikleri kullanarak, şişme basıncı ve emme deneyleri yapılmadan şişme basınçlarının ve emme kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla çalışmalar yapmıştır. Yıldırım (2002), yüksek emme kapasitesine sahip olan killi zeminlerin yüksek şişme potansiyeli de göstereceklerini, dolayısıyla bu tip zeminlerde yüksek şişme basınçları ve önemli şişme problemleri bekleneceğini belirtmiştir. Mollamahmutoğlu ve Güngör (2002), Bursa Çevre Otoyolu İnşaatı işi kapsamında, kazılarda karşılaşılan yüksek şişme potansiyeline sahip killerin, yol dolgularında kullanımı amacıyla, uçucu kül ile ıslahı üzerinde deneysel çalışmalar yürütmüştür. Bozkurtoğlu, Şans ve Eyüboğlu (2015), kohezyonlu zeminlerin şişme potansiyelini tespit etmek amacıyla literatürde yapılan eski çalışmaları değerlendirmiş ve kohezyonlu zeminlerdeki doğal su muhtevası ve likit limit (LL) değerlerini kullanarak şişme yüzdesinin bulunmasına dair yeni bir denklem geliştirilmişlerdir.

MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Çalışma sahası kilinin şişme özelliklerini tespit etmek amacıyla, elek analizi, atterberg (kıvam limitleri), hidrometre, konsolidasyon (ödometre) ve üç eksenli basınç deneyleri Doğu Zemin Laboratuvarında yapılmıştır. Bu çalışmada elek analizi deneyi, numunelerin dane boyu dağılımlarını belirlemek amacıyla değişik göz açıklıklarına sahip elekler (Şekil 1a) kullanılarak yapılmıştır. Elek altında kalan zemin miktarının toplam zemin miktarına oranıyla her bir elek için geçen yüzde bulunmuştur. İnce taneli zeminlerin kıvamında su muhtevasına bağlı değişimleri deneysel olarak belirleyebilmek için bazı sınır su muhtevası değerleri tanımlanmıştır. Kıvam limitleri olarak bilinen bu değerleri belirleyebilmek için Atterberg (kıvam limitleri) deneyi kullanılır. Atterberg (kıvam limitleri) deneyinde, etüvde kurutulan örneğin kuru ağırlığı ve su içeriği belirlendikten sonra su içeriği artırılarak vuruş sayıları saptanmıştır (Şekil 1b). Hidrometre analizi ise ince taneli zeminlerin hidrometre yöntemi ile tane çapı dağılımını bulmak için yapılan bir deneydir. Bu deneyde, yaklaşık 50 gr killi zeminden etüvde kurutulmuş örnekler alındıktan sonra, silindirik bir cam kap içinde 1000 cm³ lük bir süspansiyon hazırlanmış (Şekil 2) ve deney

başlangıcından başlayarak, belli süreler sonunda, süspansiyonun birim hacim ağırlığı, hidrometre aleti ile ölçülmüştür. Konsolidasyon deneyi aşamalı ve kontrollü aksenal gerilim altında, zeminin tek yönlü drenajına izin verildiği koşullardaki konsolidasyon hızı ve miktarının belirlenmesi amacıyla yapılır. Bu deneyde, numune halkasına alt ve üst yüzeyleri düzgün olacak şekilde numune yerleştirildikten sonra tartılmış, konsolidasyon hücresine yerleştirilmiştir. Yüklemeler 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 32 kg/cm² adımlarını takip ederek, her adımda adımın başlangıcından itibaren, belli süreler sonunda (0,25,1,2,4,8,...dak.) oturma değerleri, deformasyon saatleri gözlenerek kaydedilmiştir (Şekil 3a). En yüksek yük kademesinde basınçlar uygulandıktan sonra, yükleme kademesine uygun olarak boşaltma yapılmıştır (Uzuner,1998). Serbest basınç deneyinde, silindirik zemin numunesi yalnızca aksenal doğrultuda yüklemeye tabii tutularak aksenal yük artışları altında meydana gelen boy kısalması ölçülmüş ve gerilme-şekil değiştirme eğrileri elde edilmiştir. Aksenal gerilmenin en büyük değeri zeminin serbest basınç mukavemeti olarak alınmıştır. Üç aksenli basınç deneyi, zeminlerin kayma mukavemeti parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir deneydir. Bu çalışmada üç aksenli basınç deneyi, numunelere hücredeki sıvı ile çevresel bir basınç verildikten sonra makaslama yenilmesi olması için düşey yönde hidrolik yüklemeler şeklinde uygulanmıştır (Şekil 3b). Deneyler deformasyon ve yük kontrollü olarak yapılmıştır. Aksenal yük, yükleme halkası içerisindeki yük ölçer ile, boy değişimi ise deformasyon ölçer yardımı ile okunmuştur.



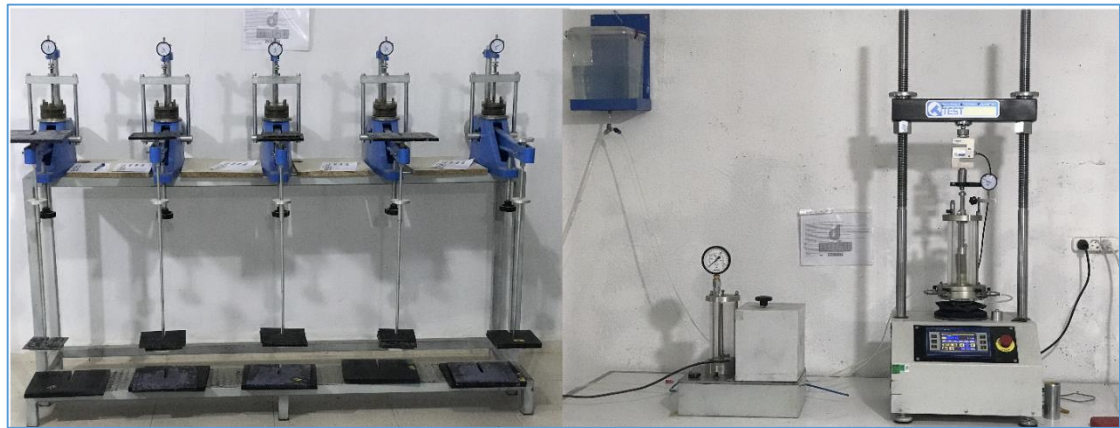
Şekil 1 a) Elek analizi deneyi b) Atterberg (kıvam limitleri) deneyi

Figure 1. (a) Sieve analysis test b) Atterberg (consistency limits) test



Şekil 2. Hidrometre deneyi

Figure 2. Hydrometer test



Şekil 3. a) Konsolidasyon deneyi b) Üç eksenli basınç deneyi

Figure 3.(a) Consolidation test b) Triaxial pressure test

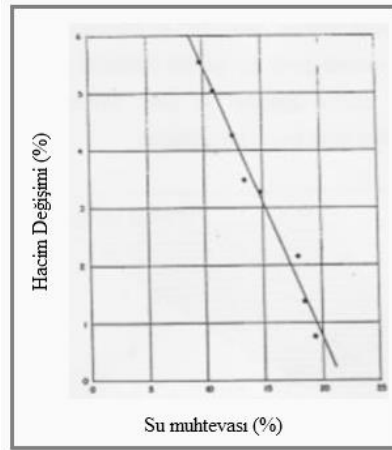
Şişen zeminler kil türü birimlerde su muhtevasının artması sonucunda hacimde artış ve büzülme meydana gelmesiyle oluşur. Şişme potansiyeli veya şişme yüzdesi (Eşitlik 1) tabii bir zemin numunesinin belirli yük altında, suya doymun duruma ulaşincaya kadar gösterdiği düşey şişme miktarının, numunenin ilk yüksekliğinin yüzdesi olarak ifade edilir.

$$S_w = [\Delta H / H_0 * 100] \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de S_w ; şişme yüzdesi, ΔH ; yükseklik artışı, H_0 ;başlangıç numune yüksekliğidir.

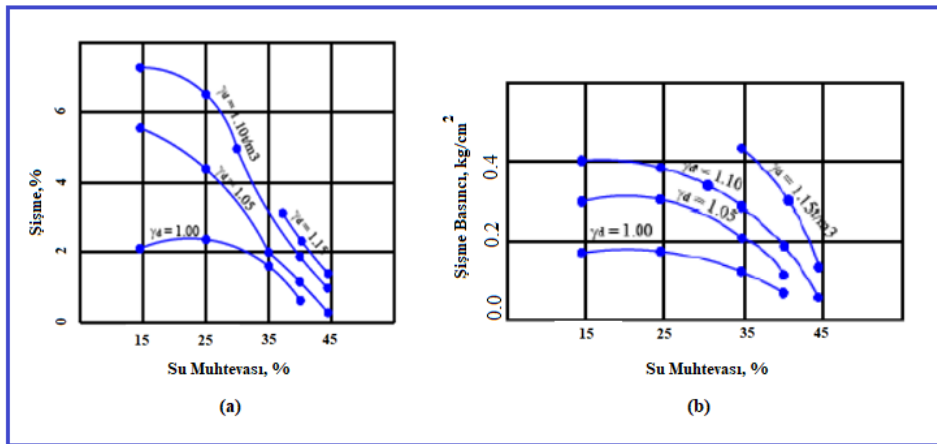
Zeminlerdeki kil birimlerinde meydana gelen şişme olayının mekanizması McBride (1989) tarafından kil yüzeyi, iyonlar ve su arasındaki etkileşim kuvvetlerinin dengelenmesi olarak tanımlanmıştır. Sıvı miktarının değişmesi sonucunda, zemindeki su değişmekte ve dolayısıyla iç kuvvetler etkilenmektedir. Dışarıdan uygulanan gerilmeler arasındaki denge bozulduğunda; denge yeniden sağlanıncaya kadar, zeminde şişme-büzülme şeklinde hacim değişiklikleri meydana gelmektedir (Nelson ve Miller, 1992). Zeminlerin fiziksel parametreleri kullanılarak şişme potansiyelinin tanımlanması konusunda birçok araştırmacı çalışmalar yapmışlardır. Parker, Amos ve Kaster (1977), karmaşık mineralojiye sahip killerde aktivitenin çok belirsiz bir değerde olduğunu ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte, Schreiner (1988)

aktivite ile şişme-büzülme potansiyeli arasında kararlı bir ilişki olduğunu gözlemlemiştir. Schafer ve Singer (1976) şişen kil yüzdesinin, zeminin şişme potansiyelindeki değişimin büyük bir bölümünü etkilediğini belirtmişlerdir. Chen (1975) yaptığı çalışmalar sonucunda su içeriğinin hacim değişimine etkisini Şekil 4 deki gibi ifade etmiştir. Kassiff (1971) başlangıç su içeriğinin şişme yüzdesi (Şekil 5a) ve şişme basıncına (Şekil 5b) etkisini araştırmış ve sabit birim hacim ağırlıkta su içeriğindeki artışın şişme basıncı ve şişme yüzdesini azalttığını ortaya koymuştur.



Şekil 4. Su içeriğinin hacim değişimine etkisi (Chen, 1975)

Figure 4. Effect of water content on volume change



Şekil 5. a) Başlangıç su içeriğinin şişme yüzdesine etkisi b) Başlangıç su içeriğinin şişme basıncına etkisi (Kassiff, 1971)

Figure 2. (a) Effect of initial water content on swelling percentage b) Effect of initial water content on swelling pressure

Chen (1975), şişen zeminlerde başlangıç su içeriğinin ve kuru birim hacim ağırlığının şişme oranını etkilediğini ve doğal su içeriği % 15'in altındaki killerin, şişme yönünden problemlili olduğunu, su içeriği % 30'nun üzerindeki killerde ise daha düşük değerlerde şişme olabileceğini tespit etmiştir. Holtz (1959), yaptığı deney sonuçlarından su muhtevası % 15'in altındaki çok kuru killerin şişme yönünden riskli olduğunu belirtmiştir. Şişme derecesinin belirlenmesinde Holtz ve Gibbs (1956) tarafından etkili endeks özellikleri kullanılarak yeni bir yöntem (Çizelge 1) önerilmiştir. Şişme potansiyelinin en iyi göstergelerinden biri olan plastisite indisine bağlı olarak şişen zeminlerin tanımlanması Çizelge 2'de verilmiştir. Holtz ve Gibbs (1956), Seed ve arkadaşları (1962), Likit Limit (LL) ve Plastisite İndisine (PI) bağlı sınıflandırma kartı (Şekil 6) geliştirmişlerdir. Mollamahmutoğlu ve Taşkıran (2000) tarafından önerilen şişme potansiyelinin zemin deneyleri ile korelasyonu Çizelge 3'de, Yıldırım ve Acar, 1994'e göre plastisite indisine bağlı şişme potansiyeli Çizelge 4'de gösterilmiştir. Şekil 7' de Seed ve arkadaşları (1962)

tarafından kil yüzdesi ve aktivite kullanılarak oluşturulan sınıflandırma sistemi ve Şekil 8'de kil yüzdesi ile plastisite indisine göre tanımlanmış Van Der Merve (1964) sınıflandırma abağı verilmiştir.

Çizelge 1. Endeks özellikleri ile şişme derecesinin belirlenmesi (Holtz ve Gibbs, 1956)

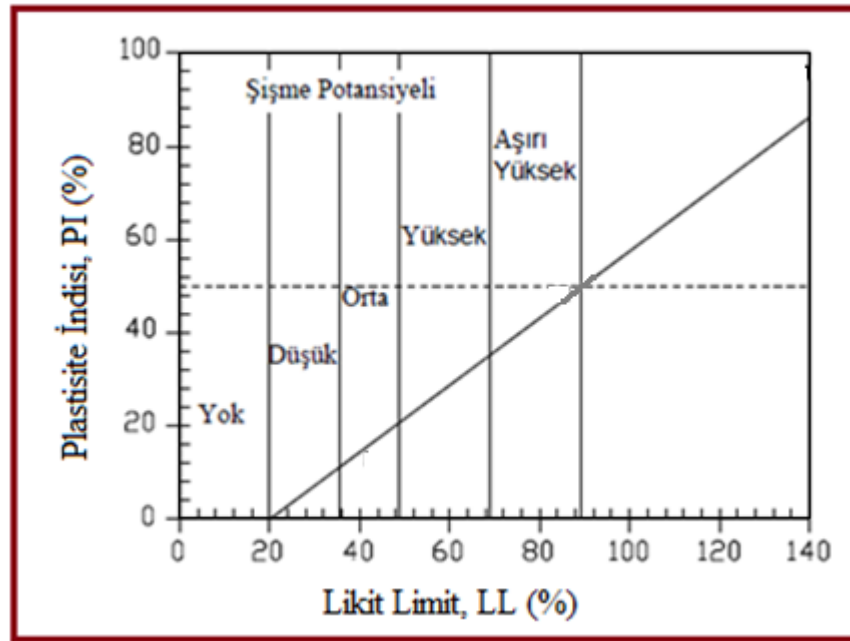
Table 1. Determination of the degree of swelling with index properties

Şişme Derecesi	Şişme Yüzdesi (%)	Rötre Limiti (%)	Plastisite İndisi (%)	0.001'den küçük dane yüzdesi (%)	Serbest Şişme (%)
Çok yüksek	>30	< 10	> 32	> 27	> 100
Yüksek	20 - 30	6- 12	23 - 45	18 - 37	> 100
Orta	10 - 20	8-18	12 - 34	12 - 27	50 - 100
Düşük	< 10	> 13	< 20	< 17	< 50

Çizelge 2. Plastisite indisi ile şişen zeminlerin tanımlanması (Carter ve Bentley, 1991)

Table 2. Identification of swollen soils with plasticity index

Şişme Potansiyeli	Plastisite İndisi (Seed ve diğ.,1962)	Plastisite İndisi (Krebs ve Walker, 1971)
Düşük (%0-1.5)	0-15	0 - 15
Orta (%1.5-5)	10 - 30	15 - 24
Yüksek (%5-25)	20 - 55	24 - 46
Çok yüksek (>25)	>40	>46



Şekil 6. Şişme potansiyeli sınıflandırma kartı (Holtz ve Gibbs, 1956; Seed ve diğ., 1962)

Figure 6. Swelling potential classification card

Çizelge 3. Zemin deneyleri ile şişme potansiyeli korelasyonları (Mollamahmutoğlu ve Taşkıran, 2000)

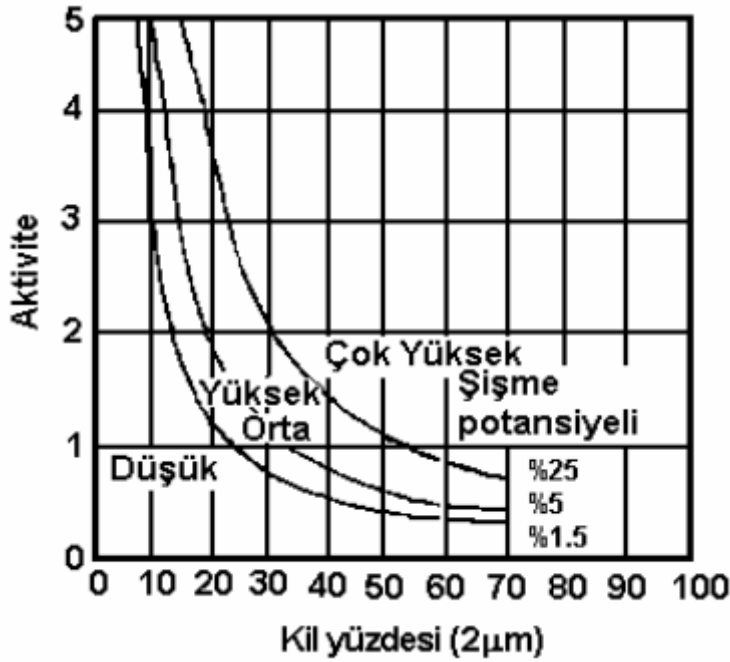
Table 3. Swelling potential correlations with soil tests

Laboratuvar ve arazi verileri			Şişme dereceleri		
200 no'lu elekten geçen	Likit Limit (LL)	SPT-N değeri	Muhtemel şişme (%)	Şişme Basıncı (kPa)	Şişme Potansiyeli
< 30	< 30	< 10	< 1	50	Düşük
30-60	30-40	10-20	1-5	150-250	Orta
60-90	40-60	20-30	3-10	250-1000	Yüksek
> 95	> 60	> 30	< 10	> 1000	Çok yüksek

Çizelge 4. Plastisite indisine bağlı şişme potansiyeli (Yıldırım, 2004)

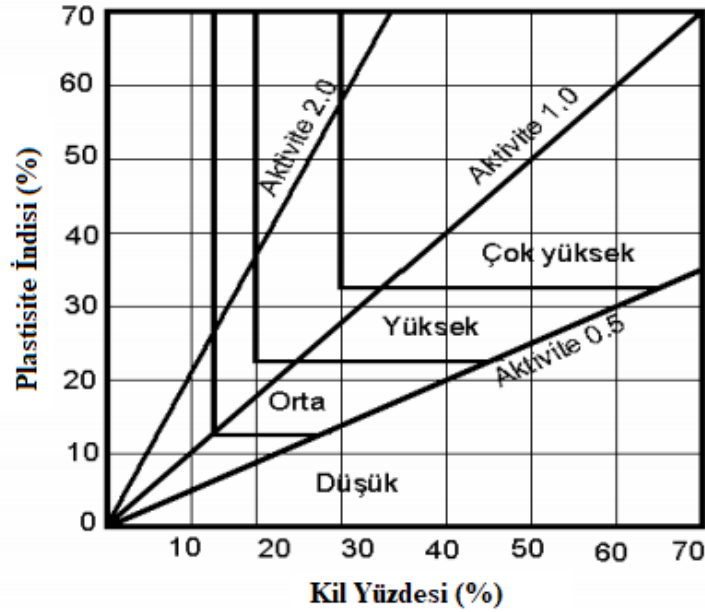
Table 4. Swelling potential due to plasticity index

Plastisite İndisi	Şişme Potansiyeli
0-15	Düşük
15-20	Orta
20-35	Yüksek
>35	Çok yüksek



Şekil 7. Seed ve arkadaşları tarafından önerilen sınıflandırma sistemi (Seed ve diğ., 1962)

Figure 7. The classification system proposed by Seed et al



Şekil 8. Van Der Merve tarafından önerilen sınıflandırma sistemi (Van Der Merve, 1964)

Figure 8. The classification system proposed by Van Der Merve

Ampirik Yaklaşımlar (Empirical Approaches)

Şişme karakteristiğinin ortaya çıkarılmasında önemli bir parametre olan şişme potansiyeli (şişme yüzdesi) hesaplanmasında birçok ampirik bağıntı geliştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan ampirik bağıntılar aşağıda verilmiştir.

Vijayvergiya ve Ghazzaly (1973)'e göre şişme potansiyeli hesabı (Swelling potential calculation according to Vijayvergiya and Ghazzaly (1973))

Atterberg limitlerini kullanarak lineer şişme yüzdesini tanımlamışlardır. Lineer çoklu regresyon analizleri yapılarak eşitlik (2) önerilmiştir.

$$S = 2.27 + 0.131W_L - 0.274W \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de, S ; Lineer serbest şişme yüzdesi, W_L ; Likit Limit, W ; başlangıç su muhtevasıdır.

Nayak ve Christensen (1974)'e göre şişme potansiyeli hesabı (Swelling potential calculation according to Nayak ve Christensen (1974))

Plastisite indisi, kil yüzdesi ve başlangıç su muhtevasını kullanarak eşitlik (3)'ü önermiştir.

$$S = \frac{(0.00229PI)(1.45C)}{(W_0 + 6.38)} \quad (3)$$

Eşitlik (3)'te, S ; Şişme yüzdesi (%), PI ; Plastisite İndisi, C ; Kil yüzdesi (%), W_0 ; Başlangıç su muhtevasıdır.

Acar ve Nyeretse (1992)'e göre şişme potansiyeli hesabı (Swelling potential calculation according to Acar ve Nyeretse (1992))

Şişme yüzdesini, aktivite ve kil yüzdesine bağlı olarak önerdikleri eşitlik (4)'de verilmiştir.

$$S = 0.63 \cdot A^{1.05} \cdot C^{0.58} \quad (4)$$

Eşitlik (4)'de, S ; Şişme yüzdesi, A ; Aktivite, C ; Kil yüzdesi dir.

Şekercioğlu (1998)'e göre şişme potansiyeli hesabı (Swelling potential calculation according to Şekercioğlu (1998))

Şişme potansiyelini ampirik bir metotla belirlemek için önerdikleri eşitlik (5)'de verilmiştir.

$$S = 3.6 \cdot 10^{-5} \cdot A^{2.44} \cdot C^{3.44} \quad (5)$$

Eşitlik (5)'te, S ; Şişme potansiyeli, A ; Aktivite, C ; Kil yüzdesi ($< 0.002 \text{ mm}$) dir.

Sabtan (2005)'e göre şişme potansiyeli hesabı (Swelling potential calculation according to Sabtan (2005))

Şişme potansiyelinin, kil yüzdesi, plastisite indisi ve su muhtevası kullanılarak hesaplanmasında eşitlik (6) önerilmiştir.

$$S = 1.0 + 0.06 \cdot (C + PI - W) \quad (6)$$

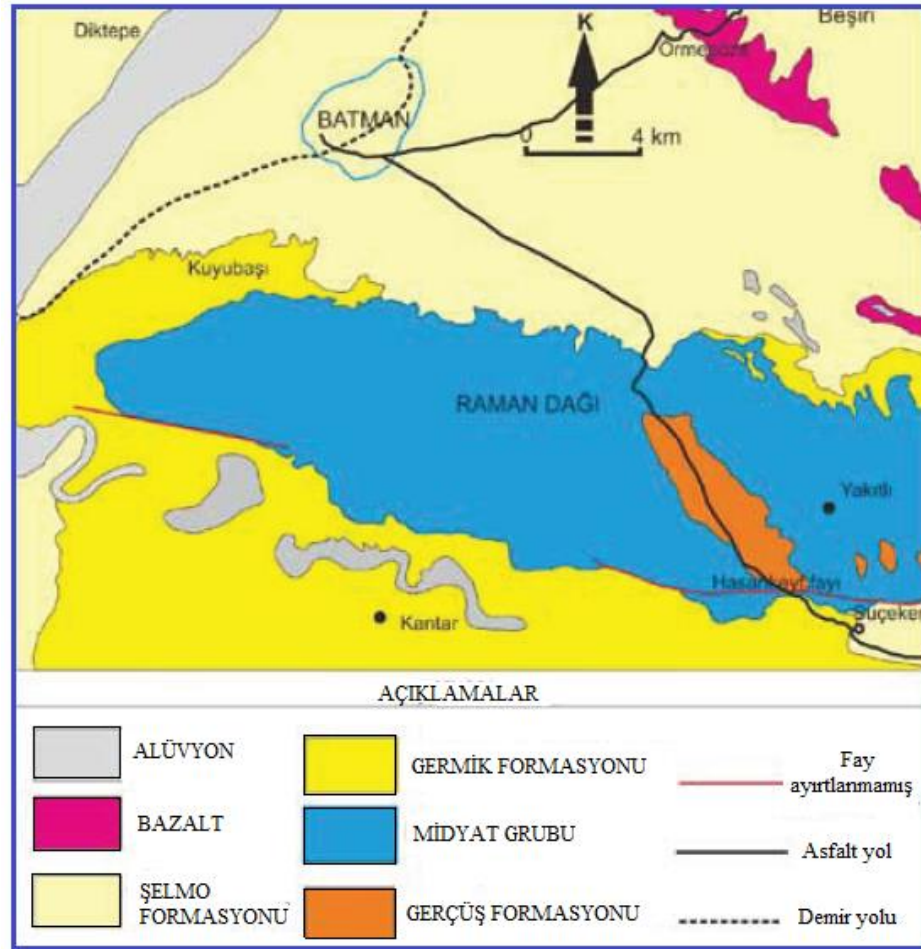
Eşitlik (6)'da, S ; Şişme yüzdesi (%), C ; Kil yüzdesi, PI ; Plastisite İndisi, W ; Su içeriğidir.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA (RESEARCH FINDINGS AND DISCUSSION)

Bu çalışmada inceleme alanı olan Batman ilinde yaygın olarak görülen kil biriminin şişme karakteristiğini araştırmak amacıyla niteliksel ve niceliksel yöntemler kullanılarak elde edilen şişme potansiyeli sonuçları değerlendirilmiştir. Bununla birlikte farklı araştırmacılara ait ampirik bağıntılar ile de şişme potansiyeli değerleri hesaplanmış ve sunulmuştur.

İnceleme Alanının Jeolojisi (Geology of the Study Area)

Batman ili ve çevresinde gözlemlenen en yaşlı birim, Midyat grubuna ait Alt Eosen-Alt Oligosen yaşlı, seyrek killi kireçtaşı seviyeli, kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitlerden oluşan Hoya Formasyonu, Hoya formasyonu üzerine Oligosen yaşlı, yer yer dolomitik kireçtaşı, killi kireçtaşlarından oluşan Germik Formasyonu, bu formasyonların üzerini Orta-Üst Miyosen yaşlı, konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı'ndan oluşmuş Şelmo formasyonu örter. Kıra Dağı'nı oluşturan Kuvaterner yaşlı bazaltlar Şelmo formasyonu üzerine gelmiş olup, alüvyonlardan oluşan Kuvaterner birimler Batman Çayı Vadisi ve çevresinde görülmektedir. Şelmo formasyonu İnce-orta-kalın tabakalı, kırmızı, kahve, gri, açık gri çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı, ve yer yer de tutturulmamış, çamur, kum, çakıl, çakıllı-kumlu çamurlardan oluşur. Yer yer beyaz renkli jips seviyeleri içerir. Germik ve Midyat kireç taşları üzerine uyumsuz olarak gelen Şelmo formasyonu bölgede 1400 m kalınlığa kadar erişebilmektedir (Eren ve diğ., 2012). Grimsi yeşil, pembe, belli kısımlarında kahvems mor renkli kumtaşı, şeyl, kumlu silttaşı, jips ara tabakalı, kötü boylanmalı, alt seviyelerinde ince tabakalı, dağınık kireçtaşı çakıllı olan Şelmo Formasyonu, üst seviyelerinde kalın ve çapraz tabakalı sertçe kumtaşı halindedir (Bolgi, 1961). İnceleme alanı olan Batman kent merkezi yerleşiminin büyük bir bölümü Şelmo formasyonun (Şekil 9) üzerindedir.



Şekil 9. İnceleme alanı jeoloji haritası (Eren ve diğ., 2012)

Figure 9. Geological map of the study area

Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları (Land and Laboratory Studies)

İnceleme alanında kil biriminin şişme potansiyelinin araştırılması amacıyla altı adet jeoteknik amaçlı sondaj kuyusu açılmıştır. Şekil 10'da temel sondaj kuyularının lokasyon yerleri verilmiştir. Her temel sondaj kuyusunun killi seviye birimlerinden alınan örselenmemiş numuneler (UD) (Şekil 11) için dane boyutu dağılımı analizleri, kıvam limitleri, hidrometre, üç eksenli basınç ve ödometre (konsolidasyon) deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçlarından elde edilen fiziksel ve mekanik zemin parametreleri Çizelge 5'te, kil birimin ortalama zemin parametreleri değerleri Çizelge 6'da verilmiştir.



Şekil 10. İnceleme alanındaki sondaj kuyularının lokasyon yerlerinin gösterimleri
 Figure 10. Representation of location locations of drilling wells in the study area



Şekil 11. Killi seviye birimlerinden alınan örselenmemiş numunelerin bir bölümünün görünümü
 Figure 11. View of some of the undisturbed samples taken from clayey level units

Çizelge 5. İnceleme alanına ait laboratuvar deneylerinden elde edilen fiziksel ve mekanik zemin parametreleri değerleri

Table 5. Physical and mechanical soil parameters values obtained from laboratory experiments belonging to the study area

Sondaj Numarası	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6
Doğal su muhtevası	20,47	20,74	20,55	19,80	19,68	18,94
Tane Boyu Analizi						
# 4 geçen (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
# 200 geçen %	95,05	91,24	91,27	97,22	93,49	96,01
Atterberg Limitleri						
LL	42,7	49,7	37,0	51,8	47,2	32,2
PL	24,5	27,3	23,1	22,0	24,3	17,3
PI	18,2	22,4	13,9	29,8	22,9	14,9
Zemin Sınıfı	CL	CL	CL	CH	CL	CL
Doğal birim hacim ağırlık (t/m³)	2,030	1,950	1,950	1,770	1,980	2,010
Kuru birim hacim ağırlık (t/m³)	1,685	1,615	1,617	1,477	1,654	1,689
Boşluk oranı	0,561	0,448	0,514	0,512	0,568	0,523
Aktivite	0,191	0,245	0,152	0,306	0,244	0,155
Likitlik indisi	1,053	0,885	1,392	0,584	0,763	1,197
Kıvam indisi	1,22	1,29	1,18	1,07	1,20	0,88
Mukavemet Parametreleri						
Kohezyon (c) (kg/cm ²)	0,68	0,70	0,65	0,62	0,67	0,70
İçsel sürtünme açısı (Ø) (Derece)	2,00	3,00	3,00	4,00	2,00	2,00

Çizelge 6. İnceleme alanına ait kil birimin ortalama zemin parametreleri değerleri

Table 6. The average values of the parameters of the study area soil clay unit

Doğal su muhtevası	20.03
Başlangıç su muhtevası	20.47
Likit Limit	43.4
Plastik Limit	23.0
Plastisite İndisi	20.3
# 200 Elekten geçen	94.04
Aktivite	0.313
Kuru Birim Hacim Ağırlık	1.622

Ödometre (Konsolidasyon) deneyi ile zeminin tek eksenli şişme değerleri hesaplanmış (Çizelge 7) ortalama şişme potansiyeli % 1.66 ve şişme basıncı 0.183 kg/cm² olarak hesaplanmıştır. İnceleme alanına ait kil birimin ortalama zemin parametreleri değerleri (Çizelge 8) ile niteliksel yöntemler kullanılarak elde edilen şişme potansiyeli sonuçları *Yüksek-Orta-Düşük* olarak belirlenmiştir. Aynı ortalama zemin parametreleri ile farklı araştırmacılara ait ampirik bağıntılar kullanılarak yapılan hesaplamalarda en

düşük şişme potansiyeli değeri % 1.90 en yüksek % 6.68 olarak bulunmuştur. Niteliksel yöntemlere göre elde edilen değerlendirmelere bakıldığında (Çizelge 8) plastisite indisi değeri kullanılarak Seed ve arkadaşları (1962), Yıldırım ve Acar (2004)'a göre *yüksek*, Krebs ve Walker (1971)'a göre *orta*, Holtz ve Gibbs (1956)'e göre yine orta derecede şişme potansiyeli, su içeriği değeri kullanılarak Chen (1975) ve Holtz (1959)'a göre düşük derecede şişme potansiyeli, likit limit ve plastisite indisi değerleri birlikte kullanılarak Holtz ve Gibbs (1956), Seed ve arkadaşları (1962)'na göre orta derecede şişme potansiyeli belirlenmiştir. Mollamahmutoğlu ve Taşkıran (2000)'a göre yapılan analizde Likit Limit (LL) değeri kullanılmış, Standart Penetrasyon Testi (SPT) ile elde edilen darbe sayısı kullanılmamıştır. Standart Penetrasyon Deneylerinin (SPT) darbe sayılarından elde edilen değerlerinin doğruluğunun kontrolü zordur. Dolayısıyla zemine verilen güç her defasında aynı olamayacağından elde edilen darbe sayıları yanıltıcı olabilmektedir. Bununla birlikte Seed ve arkadaşları (1962)'nin önerdiği Aktivite ve kil yüzdesine göre önerilen grafikte düşük, Van Der Merve (1964)'nin plastisite indisi (PI) ve kil yüzdesine göre önerdiği sınıflandırma sisteminde ise yüksek derecede şişme potansiyeli olduğu görülmüştür. Genel olarak su içeriği ve kıvam limitleri kullanılarak inceleme alanındaki kil birimi için uygulanan nitel yöntem sonuçlarında şişme potansiyelinin birbirinden farklı sonuçlar verdiği, bununla birlikte yüksek olduğu görülmüştür. Şişme potansiyelinin ampirik bağıntılar kullanılarak farklı araştırmacılara göre sonuçlarına bakıldığında (Şekil 12a ve Şekil 12b) Sabtan (2005) ile Nayak ve Christensen (1974)'e göre yapılan hesaplamalarda sonuçların birbirine yakın değerlerde olduğu, bunda her iki bağıntıda plastisite indisi, kil yüzdesi ve su içeriği parametrelerinin kullanılması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte ampirik bağıntılarda Vijayvergiya ve Ghazzaly (1973) Acar ve Nyeretse (1992) ve Şekercioğlu (1998)'na göre yapılan şişme potansiyeli hesaplamalarında elde edilen değerlerin ödometre konsolidasyon (ödometre) deneyinden çıkan sonuçla daha yakın ve uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 7. İnceleme alanındaki şişme potansiyeli ve şişme basıncının niteliksel yöntem olan konsolidasyon (ödometre) deneyi kullanılarak elde edilen değerleri

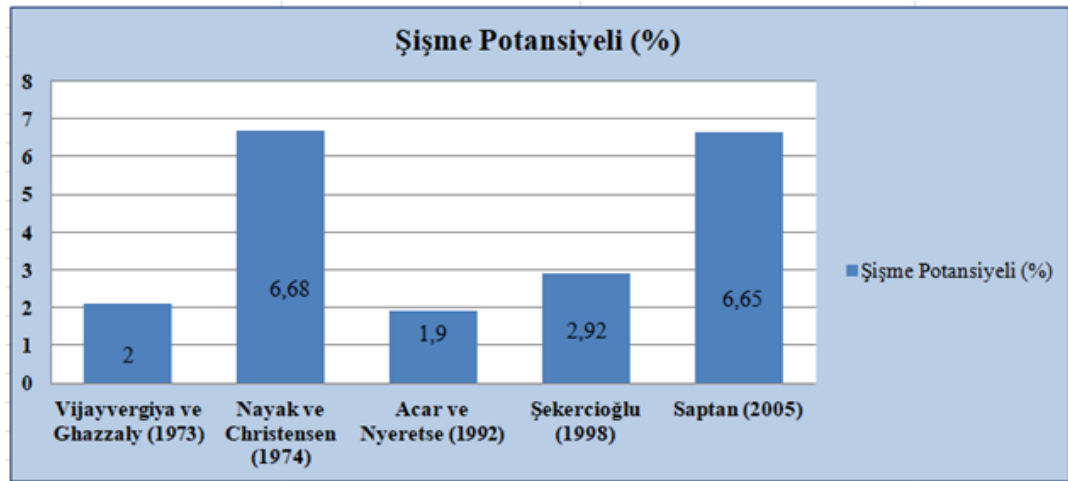
Table 7. The swelling potential in the study area and the values obtained by using the swelling pressure (consolidation) test, which is a qualitative method

Sondaj No	Numune	Derinlik (m)	Şişme Basıncı, (kg/cm ²)	Şişme, (%)
SK-1	UD	3,00	0,10	1,40
SK-2	UD	3,00	0,075	1,30
SK-3	UD	3,00	0,25	2,50
SK-4	UD	3,00	0,399	2,75
SK-5	UD	3,00	0,15	1,00
SK-6	UD	3,00	0,125	1,05

Çizelge 8. İnceleme alanındaki şişme potansiyelinin niteliksel yöntemlerden elde edilen farklı araştırmacılara göre sonuçları

Table 8. Results of the swelling potential in the study area according to different researchers obtained from qualitative methods

Holtz ve Gibbs (1956); Seed ve arkadaşları (1962)	Holtz ve Gibbs (1956)	Holtz (1959)	Seed ve arkadaşları (1962)	Seed ve arkadaşları (1962)	Van Der Merve (1964)	Krebs ve Walker, (1971)	Chen (1975)	Mollama hmutoglu ve Taşkiran (2000)	Yıldırım ve Acar (2004)
Plastisite İndisi (PI) ve Likit Limit (LL) kullanılarak sınıflandırmaya kartına göre	Endeks özellikle rine göre	Su muhtevasına göre	Plastisite İndisine (PI) göre	Aktivite ve kil yüzdesi ne göre	Plastisite İndisi (PI) ve kil yüzdesi ne göre	Plastisite İndisin e (PI) göre	Su muhtevasına göre	Likit Limit (LL) değerleri ne göre	Plastisite İndisine (PI) göre
Orta	Orta	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta	Düşük	Yüksek	Yüksek



Vijayvergiya ve Ghazzaly (1973)	Nayak ve Christensen (1974)	Acar ve Nyeretse (1992)	Şekercioğlu (1998)	Saptan (2005)
2.12	6.68	1.90	2.92	6.65

Şekil 12 a) İnceleme alanındaki şişme potansiyelinin ampirik bağıntılardan elde edilen farklı araştırmacılara elde edilen sonuçların grafiksel b) Çizelge gösterimi

Figure 12. (a) Graphical results of the results obtained from different researchers from the empirical relations of the swelling potential in the study area b) Chart representation

SONUÇLAR (RESULTS)

Bu çalışmada Batman kentine ait kil numuneleri üzerinde laboratuvar deney sonuçlarına göre elde edilen parametrelerle şişme potansiyelinin derecesi nitel ve nicel yöntemlerle araştırılmıştır. Bununla birlikte mühendislik yapılarının inşa edilmesinde sık görülen zemin problemlerinden biri olan şişme

probleminin daha geniş irdelenmesinin önemi üzerinde durulmuştur. İnceleme alanında limit, likit limit, aktivite v.b. temel zemin parametreleri ile uygulanan korelasyonların tümünde ağırlıklı olarak 'yüksek veya orta derecede şişme' sonuçları elde edilmiştir. Konsolidasyon (Ödometre) deneyi ile zeminin tek eksenli şişme değerleri hesaplanmış ve ortalama şişme potansiyeli % 1.66 olarak bulunmuştur. Niteliksel yöntemlere göre elde edilen sonuçlarda, plastisite indisi değeri kullanılarak Seed ve arkadaşları (1962), Yıldırım ve Acar (2004)'a göre *yüksek*, Krebs ve Walker (1971)'a göre *orta*, Holtz ve Gibbs (1956)'e göre yine orta derecede şişme potansiyeli, su içeriği değeri kullanılarak Chen (1975) ve Holtz (1959)'a göre düşük derecede şişme potansiyeli, likit limit ve plastisite indisi değerleri birlikte kullanılarak Holtz ve Gibbs (1956), Seed ve arkadaşları (1962)'na göre orta derecede şişme potansiyeli belirlenmiştir. Su içeriği ve kıvam limitleri kullanılarak uygulanan nitel yöntem sonuçlarında ise şişme potansiyelinin birbirinden farklı sonuçlar verdiği ve yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Şişme potansiyelinin ampirik bağıntılar kullanılarak farklı araştırmacılara göre yapılan analizlerinde, Sabtan (2005) ile Nayak ve Christensen (1974)'ün hesaplama sonuçlarının birbirine yakın değerlerde olduğu, Vijayvergiya ve Ghazzaly (1973) Acar ve Nyeretse (1992) ve Şekercioğlu (1998)'na göre yapılan şişme potansiyeli hesaplamalarında ise elde edilen değerlerin konsolidasyon (ödometre) deneyinden çıkan sonuçla daha yakın ve uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Ancak kil birimi için bütün yapılan analizlerde, sonuçların birbirinden farklı değerler verdiği gözlemlenmiştir. Çalışmada elde edilen bu farklı sonuçlar, Batman kenti genelinde hakim olan Şelmo formasyonunun litolojik olarak yanal ve düşey yönlerde değişkenlik göstermesi ve ayrışma zonu özelliğinde olmasından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır. Bu çalışmada, son yıllarda hızlı bir kentleşmenin görüldüğü Batman şehrinde yapılan mühendislik amaçlı tüm çalışmalarda sonradan daha büyük zemin problemlerinin ortaya çıkmasını önlemek amacıyla tüm zemin parametrelerinde olduğu gibi şişme potansiyelinin de farklı analizlerle yorumlanmasının daha fazla önem kazandığı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Acar, Y. B., Nyeretse, P., 1992, "Total suction of artificial mixtures of soil compacted at optimum water content", *Geotechnical Testing Journal*, Cilt 15, Sayı 1, ss. 65-73.
- Bozkurtoğlu, E., Şans, G., Eyüboğlu, R., 2015, "Kohezyonlu zeminlerin şişme potansiyeli için bir yaklaşım: Avclar-Esenyurt örneği", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 21, Sayı 6, ss. 270-275.
- Carter, M., Bentley, S. P., 1991, *Correlations of soil properties*, Pentech Press, London.
- Chen, F. H., 1975, *Foundations on expansive soils, developments in geotechnical engineering 12*, Elsevier Scientific, New York.
- Dakshanamurty, V., Raman V., 1973, "A Simple Method of Identifying an Expansive", *Soils and Foundations*, Cilt 13, Sayı 1, ss. 97-104.
- Eren, Y., Nalbantçılar, M. T., Beyaz, T., Dinç, S., Ünal, M., Arslan, Ş., Polat, S., 2012, "Esentepe (Gültepe/Batman) çukurunun oluşum mekanizması", *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, Cilt 1, Sayı 2, ss. 385-394.
- Fredlund, D. G., 1975, "Engineering Properties of Expansive Clays", Paper presented to the seminar on Shallow Foundations on Expansive Clays, Regina, Saskatchewan, Canada.
- Gasparre, A., 2005, *Advanced Laboratory Characterization of London Clay*. Phd Thesis, Imperial College, London.
- Holtz, W. G., 1959, "Expansive clays-properties and problems", *Journal of the Colorado School of Mines*, Cilt 54, Sayı 4, ss. 89-125.
- Holtz, W. G., Gibbs, H. J., 1956, "Engineering properties of expansive clays, transactions", *ASCE*, Sayı 121, ss. 641-677.
- Kassa, M., 2005, *Relationship Between Consolidation and Swelling Characteristics of Expansive Soils of Addis Ababa*, Master Thesis, Addis Ababa University, Department of Civil Engineering, Addis Ababa.
- Kassiff, G., 1971, "Swelling potential of compacted clay", *ASCE*, Cilt 97.
- Kassif, G., 1971. Swelling Potential of Compacted Clay, *ASCE*, Vol.97.

- King P. M., 1981, "Comparison of methods for measuring severity of water repellence of sandy soils and assessment of some factors that affect its measurement", *Aust. J. Soil Res.*, Cilt 19, Sayı 3, ss. 275–285.
- Krebs, R. D., and Walker, E. D. (1971). "Highway materials." Publication 272, Department of Civil Engrg., Massachusetts Institute of Technology, McGraw-Hill Company, New York, 107.
- Lucian, C., 2006, *Geotechnical Aspects of Buildings on Expansive Soils in Kibaha, Tanzania: Preliminary Study*, Licentiate Thesis, Royal Institute of Technology, Department of Civil and Architectural Engineering, Stockholm, Sweden.
- McBride, M. B., 1989, *Surface chemistry of soil minerals, Minerals in soil environments*, 2nd ed, Soil Sci. Soc. Am. Book Ser, No. 1, Madison, WI. 35- 88.
- Mollamahmutoğlu, M., Güngör, G., 2002, *Bursa Yöresi Şişebilen Kil Zeminlerin Yol Dolgularında Kullanılması Amacıyla Uçucu Kül ile Islahı*, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Mollamahmutoğlu, M., Taşkıran, T., 2000, *Diyarbakır İli, KayapınarYeniköy- Bağcılar Yöresi Kilinin Şişme Potansiyelinin İrdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Ankara.
- Nayak, N. V., Christensen, R. W., 1974, Swell characteristics of compacted expansive soils, *Clay and Clay Minerals*, Cilt 19, ss. 251-261.
- Nelson, J., Miller, D. J., 1992, *Expansive soils problem and practice in foundation and pavement engineering*, John Wiley & Sons.
- Parker, J. C., Amos, D. F., Kaster, D. L., 1977, "An evaluation of several methods of estimating soil volume change", *Soil Soc. Am. J.*, Cilt 41, Sayı 6, ss. 1059– 1064.
- Sabtan A. A., 2005, "Geotechnical properties of expansive clay shale in Tabuk, Saudi Arabia", *Journal of Asian Earth Sciences*, Cilt 25, Sayı 5, ss. 747–757.
- Schafer, W.M., Singer, M.J., 1976, Influence of physical and mineralogical properties on swelling of soils in Yolo County, California, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Cilt 40, Sayı 4, ss. 557-562.
- Schreiner, H. D., 1988, *Identification and classification of expansive soils*, Proc. 6th Intl. Conf. on Expansive Soils. New Dehli, 23-29.
- Seed, H. B., Moodward, R. J., Lungreen, R., 1962, "Prediction of swelling potential for compacted clays", *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, Cilt 88, Sayı 3, ss. 53-87.
- Şekercioğlu, E., 1998, *Yapıların projelendirilmesinde mühendislik jeolojisi*, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.
- Uzuner, B., 1998, *Temel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi. 4.B.*, Ankara.
- Van Der Merve D. H., 1964, "The prediction of heave from the plasticity index and percentage clay fraction", *Trans SAICE*, Cilt 6, Sayı. 5, ss. 103-107.
- Vijayvergiya, V. N., Ghazzaly, O. I., 1973, Prediction of Swelling Potential of Natural Clays, *Proceedings, Third International Research and Engineering Conference on Expansive Clays*, 227-234.
- Wise, J. R., Hudson W. R., 1971, *An examination of expansive clay problems in Texas; study of expansive clays in roadway structural systems research project 118-5*, The Texas Highway Department, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Austin.
- Yıldırım, H., 2002, "Şişme basıncının tespiti ve emme kapasitesi ilişkisi", *İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi*, Sayı 176, ss. 2617-2625.
- Yıldırım, H., Acar, C., 1994, *Killi Zeminlerin Şişme Davranışına Ön Yüklemenin Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Yılmaz, I., Karacan E., 1998, "Zeminlerin şişme özellikleri", *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, Sayı 52, ss. 17-26.
- Zentar, R., Karstunen, M., Wheeler, S. J., 2002, "Influence of Anisotropy and Destructuration on Undrained Shearing of Natural Clays", 5th European Conf. On Numerical Methods in Geotechnical Engineering (NUMGE 2002), Paris, 21-26.