

## Ünye (Ordu) Killerinin Konsolidasyon ve Plastik Özellikleri Arasındaki İlişkilerin Araştırılması

*Investigation of the Relationships Between Consolidation and Plastic Properties of the Clays in Ünye (Ordu)*

**Muhammet Oğuz SÜNNETCİ, Hakan ERSOY**

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TRABZON*

Geliş (received) : 12 Şubat (February) 2016  
Düzeltilme (revised) : 10 Nisan (April) 2016  
Kabul (accepted) : 11 Nisan (April) 2016

### ÖZ

Killerin konsolidasyon özelliklerinin plastik veya indeks özellikleri yardımı ile tahmin edilmesi ve çalışılan zeminin konsolidasyon özellikleri hakkında önceden bilgi edinilmesi amacı ile son yıllarda çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Bu özellikler arasında kurulan basit ampirik ilişkiler, belirli zeminlere kolaylıkla uygulanabilmekte, böylece uzun süren deneyler yapılmadan, konsolidasyon özelliklerinin önceden tahmininde zaman kazanılmaktadır. Literatürde, bu konuda çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte bu çalışmaların çoğunlukla saf killer üzerinde (cam kili vb.) yapılmış olması, ampirik ilişkilerin uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır. Bu çalışmada, farklı bir yaklaşım, Cevizdere (Ünye, Ordu) yöresindeki killi zeminlere uygulanmış, çalışma alanında belirlenen 15 ayrı noktadan alınan doğal zemin örnekleri üzerinde ödometre ile konsolidasyon özellikleri, Atterberg limitleri, özgül ağırlıkları; ıslak elek analizi ve hidrometre ile tane boyu dağılımları ve X-ışını kırınımı yöntemi ile örneklerin içerisindeki kil minerallerinin türü belirlenmiştir. Zemin örnekleri % 28 kum, % 38 silt ve % 34 kil boyutlu malzemeden oluşmaktadır. Örneklerin likit limiti % 63 ile % 76 arasında, plastik limitleri ise % 24 ile % 34 arasında değişmektedir. IAEG (1976)'nın plastisite sınıflamasına göre incelenen zeminlerin yüksek-çok yüksek plastisiteli zemindir. Birleşik zemin sınıflama sistemine (USCS) göre yüksek plastisiteli kil (CH)'dir. Zemin örneklerindeki kil mineralleri montmorillonittir. Ödometre deneyleri sonucunda zemin örneklerinin sıkışma indisi (Cc) 0.189 ile 0.625 arasında, yeniden sıkışma indisi (Cr) 0.011 ile 0.041 arasında, aşırı konsolidasyon oranı (OCR) ise 4.16 ile 95 arasında değişmektedir. Aşırı konsolidasyon sınırı değerlerine göre örneklerin orta-ileri derecede aşırı konsolide oldukları belirlenmiştir. Zeminin ön konsolidasyon gerilmesi (ÖKG) değerleri ile likit limit (LL) değerleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmiş ve aralarındaki korelasyon katsayısı  $K = 0.5$  olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İndeks Özellikler, Kil, Konsolidasyon, Ünye.

M.O.Sünneci

E-Posta:moguzsunnetci@ktu.edu.tr

**ABSTRACT**

Many studies have been carried out in recent years on estimating consolidation properties of clays from their plastic and index properties, and to prefigure about consolidation behaviour of soils. The simple empirical equations between these parameters can be calculated and applied to specific soil types easily, thus saving time on estimating the consolidation properties of soils prior to detailed laboratory tests. Although there are quite a number of studies presented in the literature, most of these studies have been done on pure clays (e.g. glass clay), which restrict the applicability of the calculated equations. In this study, a different approach was applied to the clayey soils near Cevizdere region in Ünye (Ordu, Turkey), and the consolidation properties via standard one dimensional consolidation (oedometer) test, Atterberg limits, specific gravities, grain size distribution via wet sieve analysis and hydrometer tests, and the type of clay minerals via X-ray diffraction (XRD) analyses of 15 natural soil samples were determined. The soil samples overall consist of 28 % sand-sized, 38 % silt-sized, and 34 % clay-sized particles. The liquid limits of the samples vary between 63 % and 76 %, and plastic limits between 24 % and 34 %. According to the IAEG (1976) plasticity classification, the soil samples are classified as highly-very highly plastic. The XRD analyses show the clay minerals in the soil samples are of montmorillonite type. The oedometer test results indicate that the soil samples have compression index ( $C_c$ ) values ranging between 0.189 and 0.625, re-compression index ( $C_r$ ) values ranging between 0.011 and 0.041, and over-consolidation ratio (OCR) values ranging between 4.16 and 95. The studied soil is classified as moderately-highly over-consolidated according to the over-consolidation limit classification. The pre-consolidation stresses and liquid limits of the soil samples were investigated statistically and the coefficient of correlation is calculated as 0.5

**Key Words:** Index Properties, Clay, Consolidation, Ünye.

**GİRİŞ**

Kil ve silt gibi ince taneli zeminler, iri taneli zeminlerin aksine ortamda suyun varlığına bağlı olarak şişme veya büzülme eğilimi gösterdikleri için, yer mühendisliği açısından, genellikle sorunlu malzemeler olarak bilinmektedir. Ayrıca ince taneli zeminlerin belirli bir yük altında sıkışma süreçlerinin uzun zaman alması, yapının inşası ile başlayan oturma süreçlerinin önceden analiz edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle jeoteknik projelerde zeminin plastik ve indeks özelliklerinin yanı sıra sıkışma parametrelerinin de belirlenmesi gereklidir. Ancak bazen bu parametrelerin belirlenmesi

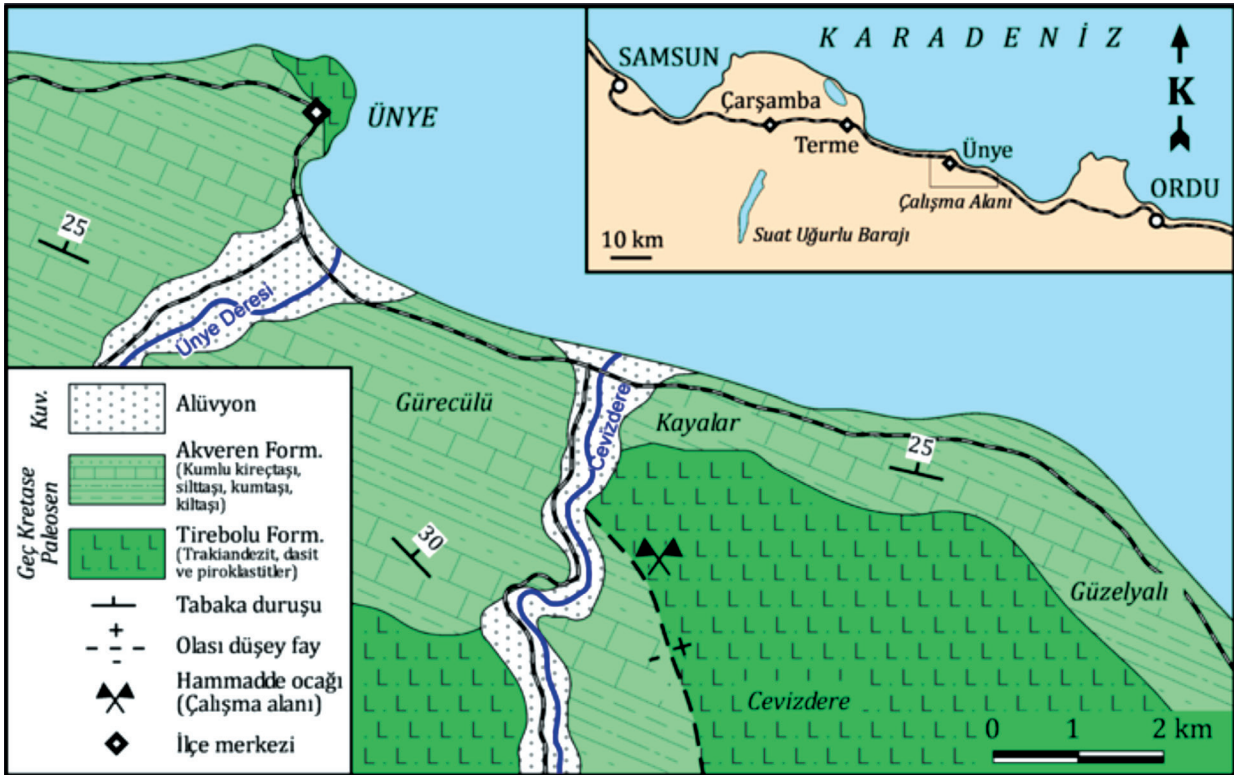
zaman darlığı veya ekonomik nedenlerden dolayı zor olmaktadır. Özellikle konsolidasyon özelliklerinin belirlenmesinde uzun laboratuvar deney işlemlerinin olması zaman kaybına neden olmaktadır. Konsolidasyon özellikleri ile birlikte, zeminlerin sınıflanabilmesi için plastik özelliklerinin de belirlenmesi gerekebilmektedir. Mayne ve Kulhawy (1982), zeminlerin yanal basınç katsayılarının ( $K_0$ ) zeminin aşırı konsolidasyon oranıyla (OCR) ilişkili olduğunu belirlemiştir. Böyle bir durumda, zeminin yanal basınç katsayısını belirlemek için ödometre deneyleri yapmak ciddi anlamda zaman kaybına neden olacaktır. Bu nedenle araştırmacılar,

1940'lı yıllardan beri, zeminlerin dayanım veya sıkışma parametrelerini, plastik veya indeks özelliklerinden istatistiksel olarak belirleme yoluna gitmişlerdir. Son yıllarda, Sridharan ve Nagaraj (2005), Sivrikaya vd. (2008), Di Matteo vd. (2009) ve Jesmani vd. (2012), zemin granülometrisi, plastisite ve indeks özellikleri kullanarak bu zeminlerin sıkışma karakteristiklerini belirlemeye çalışmışlardır. Dolinar ve Skrabl (2013) ve Sivrikaya ve Hakbilir (2013), zeminlerin şişme potansiyellerinin, kuru birim hacim ağırlıklarından ve emme basınçlarından hesaplanması üzerine çalışmalar yapmışlardır.

Bu çalışmada Cevizdere (Ünye, Ordu) yöresinden alınan 15 adet (örselenmiş ve örselenmemiş) zemin örneğinin plastik, indeks ve sıkışma özellikleri belirlenmiş ve bu özellikler arasında istatistiksel bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır.

## ÇALIŞMA ALANININ KONUMU VE JEOLJİSİ

Çalışma alanı Ünye'nin (Ordu) yaklaşık 6 km doğusunda bulunan Cevizdere mevkiinde bulunmakta ve 1/25000 ölçekli Samsun F38-c4 paftası içerisinde yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru ve jeoloji haritası.

Figure 1. Location and geological map of the study area.

İnceleme alanında yaşlıdan gence doğru Santoniyen-Kampaniyen yaşlı Tirebolu Formasyonu, Kampaniyen-Selandiyen yaşlı Akveren Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı denizel taraça ve alüvyonlar tespit edilmiştir.

Andezit, trakiandezit, riyodasit, dasitik tüf ve bentonitlerden oluşan Tirebolu Formasyonu çalışma alanındaki temel birimi oluşturmaktadır. Tirebolu Formasyonu üzerine uyumlu olarak Akveren Formasyonu gelmektedir. Beyaz-krem renkli kireçtaşı, türbiditik kireçtaşı, ince taneli kumtaşı, kiltası, marn ve tüfit ardalanmasından oluşan birim bol fosillidir (Abdioğlu, 2002). Çalışma alanının içerisinden geçen dereler boyunca görülen Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ve Karadeniz sahili boyunca yüzeylenen denizel taraçalar diğer birimleri uyumsuz bir şekilde örtmektedir (Şekil 1).

## BULGULAR

### Plastik ve İndeks Özellikler

İncelenen zemin örnekleri, Ünye'nin yaklaşık 6 km doğusundaki Cevizdere mevkiinde işletilmekte olan bir kil ocağında meydana gelmiş bir heyelanın aynasından alınmıştır. 15 ayrı noktadan, 5 ile 10 metre arasında değişen aralıklarla, örselenmiş ve örselenmemiş zemin örnekleri alınmıştır (Şekil 2). Örnekler, heyelan tepesinden, yüzeyden itibaren 0.3 ile 3.0 m arasında değişen derinliklerden alınmıştır.

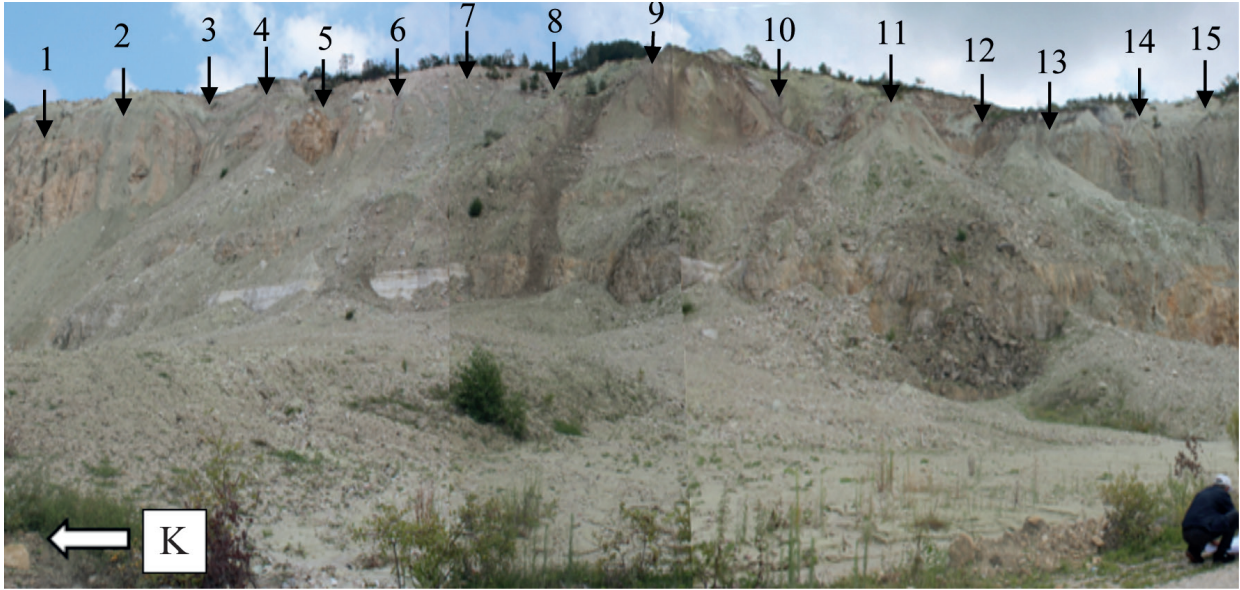
Çalışma alanından alınan zemin örneklerinin likit limiti, plastik limiti ve indeks özellikleri ASTM D 4318-10e1 standardına göre (ASTM, 2010) belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Örneklerin plastik ve indeks özellikleri.

Table 1. Plastic and index properties of the samples.

Örnek No.	LL (%)	PL (%)	PI (%)	G	W <sub>n</sub> (%)	Örnek No.	LL (%)	PL (%)	PI (%)	G	W <sub>n</sub> (%)
1	71	28	43	2.236	41.63	9	65	25	40	2.230	34.54
2	72	31	41	2.224	39.06	10	72	30	42	2.192	43.28
3	68	33	35	2.192	44.29	11	69	31	38	2.148	32.89
4	65	29	36	2.248	38.41	12	68	33	35	2.175	40.54
5	68	29	39	2.251	35.95	13	66	31	35	2.195	32.54
6	67	29	38	2.175	41.62	14	76	34	42	2.129	35.95
7	71	26	45	2.200	26.75	15	66	28	38	2.489	38.13
8	63	24	39	2.225	38.14						

**Açıklama:** LL: likit limit, PL: plastik limit, w: su içeriği ve G: özgül ağırlık



Şekil 2. Çalışma alanındaki heyelanın görünümü ve örnek alım noktaları.

Figure 2. View of the landslide in the study area and the sampling locations.

Zemin örneklerinin likit limitleri % 63 ile % 76 arasında, plastik limitleri % 24 ile % 34 arasında ve plastisite indisleri % 35 ile % 45 arasında değişmektedir.

Zemin örnekleri, IAEG (1976)'nın likit limite bağlı plastisite sınıflamasına göre yüksek, çok yüksek ve çok daha yüksek plastisiteli zemin; Burmister (1951)'e göre yüksek - çok yüksek plastisiteli kil – siltli kil; Leonards (1962)'nin plastisite sınıflamasına göre plastik – çok plastik zemin; IAEG (1976)'nın plastisite indisine bağlı plastisite sınıflandırmasına göre yüksek ve çok yüksek plastisiteli zemin sınıfındadır.

Zemin sınıflaması, zemin malzemesinin plastik davranışının anlaşılması açısından oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Zeminler genellikle değişik boyut ve şekillerde malzeme içerdiklerinden bunların tane boyutuna göre sınıflandırılması oldukça yaygındır. Bu çalışmada ASTM D422-63 standardına (ASTM, 2007)

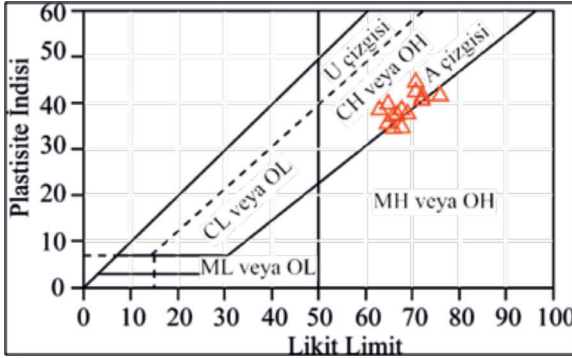
uygun olarak ıslak elek analizi ve hidrometre deneyleri ile tane boyu dağılımları belirlenmiştir. Örneklerin tane dağılımları Çizelge 2'de verilmiştir. Zeminler % 28 kum, % 38 silt ve % 34 kilden oluşmaktadır.

Çizelge 2. Örneklerin tane boyu dağılımları.

Table 2. Grain size distributions of the samples.

Örnek No	%Kil	%Silt	%Kum
1	37	36	27
2	38	40	22
3	32	42	26
4	31	38	31
5	33	37	30
6	33	35	32
7	37	36	27
8	27	33	40
9	30	35	35
10	38	39	23
11	36	39	25
12	34	42	24
13	32	40	28
14	40	41	19
15	32	37	31

Atterberg limitleri ve tane boyu dağılımı verileri kullanılarak incelenen zeminler, Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması Sistemi'ne (USCS) göre sınıflandırılmış ve örneklerin, yüksek plastisiteli yağlı killer (CH) sınıfında olduğu belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Örneklerin Casagrande plastisite kartındaki dağılımları.

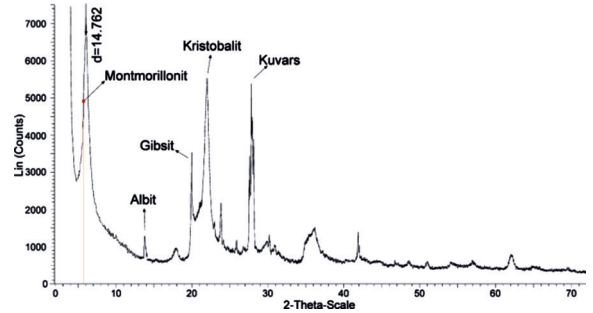
Figure 3. Distribution of the samples on the Casagrande plasticity chart.

### Zemin Örneklerinin Mineralojisi

Killerin mineralojik tayininde kullanılacak olan örnekler, yaklaşık bir ay oda sıcaklığında kurutulduktan sonra plastik çekiç yardımıyla 3 cm ile 5 cm arasında değişen boyutta parçalara bölünmüş ve ahşap plakalar arasında ezilerek ufalanmıştır. Ufalama işleminden sonra, örnekler 200 no'lu elekten elenmiştir.

Farklı plastik özelliğe sahip 6 örnek içerisindeki kilin, diğer minerallerden ayrılmasını sağlamak amacıyla kimyasal çözüme, santrifüjleme - boşaltma-yıkama ve sedimentasyon - sifonlama - santrifüjleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Örnekler etilen glikol ile işleme tabi tutulmamıştır. Analizler bakır kullanılarak yapılmıştır. 8 numaralı örneğe ait XRD analizi sonucu Şekil 4'te verilmiştir (Sünneci, 2015). XRD analizi sonuçlarına göre incelenen zeminlerdeki killerin montmorillonit

türü olduğu belirlenmiştir. Ayrıca montmorillonit ile birlikte albit, kalsit, kuvars, kristobalit ve gipsit de gözlenmiştir



Şekil 4. 8 numaralı örneğe ait XRD difraktogramı.

Figure 4. XRD-diffractogram of sample #8.

### Konsolidasyon Özellikleri

Çakıl ve kum gibi iri taneli zeminler üzerine yük uygulandığında, boşluklardaki su uzaklaşır, boşluklar azalır ve ani sıkışma meydana gelir. Ancak ince taneli zeminlerde boşluklardaki suyun uzaklaşması ve boşlukların kapanması uzun sürede meydana geldiğinden oturmaya bağlı olarak üstündeki yapılarda hasarlar meydana gelebilmektedir. Bu nedenle kil ve silt gibi ince taneli zeminlerin konsolidasyon özelliklerinin belirlenmesi önem kazanmaktadır.

Çalışma alanında belirlenen 15 örnek alım noktasında, dairesel örnek alım tüpleri farklı derinliklerde zemine çakılmış ve tüpün etrafındaki zemin malzemesi kazılarak örselenmemiş zemin örnekleri alınmıştır. Örnekler, nemliliğin korunması amacıyla alüminyum folyo ve streç film ile sarılıp kilitli örnek poşetlerine konularak laboratuvara taşınmış, burada deneye tabi tutulana kadar desikatörde saklanmıştır. Örnekler üzerinde ASTM D 2435-03 standardına (ASTM, 2003) uygun olarak tek yönlü konsolidasyon (ödometre) deneyleri yapılmış

ve Casagrande (Casagrande, 1936) yöntemiyle sıkışma parametreleri hesaplanmıştır. Örneklerin sıkışma parametreleri hesaplanırken örselenme etkisini ortadan kaldırmak için Schmertmann (Schmertmann, 1955) düzeltmesi uygulanmıştır

(Şekil 5). Örneklerin alındığı derinlikler, birim hacim ağırlıkları ve örtü yükleri Çizelge 3'te, hesaplanan sıkışma parametreleri ise Çizelge 4'te verilmiştir (Sünneci, 2015).

Çizelge 3. Örneklerin alındığı derinlikler, birim hacim ağırlıkları ve örtü yükleri.

Table 3. Depth, unit weight and effective stress of the obtained samples.

Örnek No	Alındığı Derinlik (m)	Birim hacim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> )	Örtü Yüğü $\sigma'_{z0}$ (kPa)	Örnek No	Alındığı Derinlik (m)	Birim hacim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> )	Örtü Yüğü $\sigma'_{z0}$ (kPa)
1	1	17.53	17.53	9	1	17.16	17.16
2	2	16.44	32.87	10	1,5	16.59	24.89
3	2	16.6	33.2	11	1	19.76	19.76
4	0,3	16.94	5.08	12	2	16.99	33.99
5	1,8	17.67	31.81	13	3	21.44	64.32
6	1,5	18.23	27.34	14	1	16.88	16.88
7	2,5	18.13	45.33	15	1	18.07	18.07
8	3	17.38	52.13				

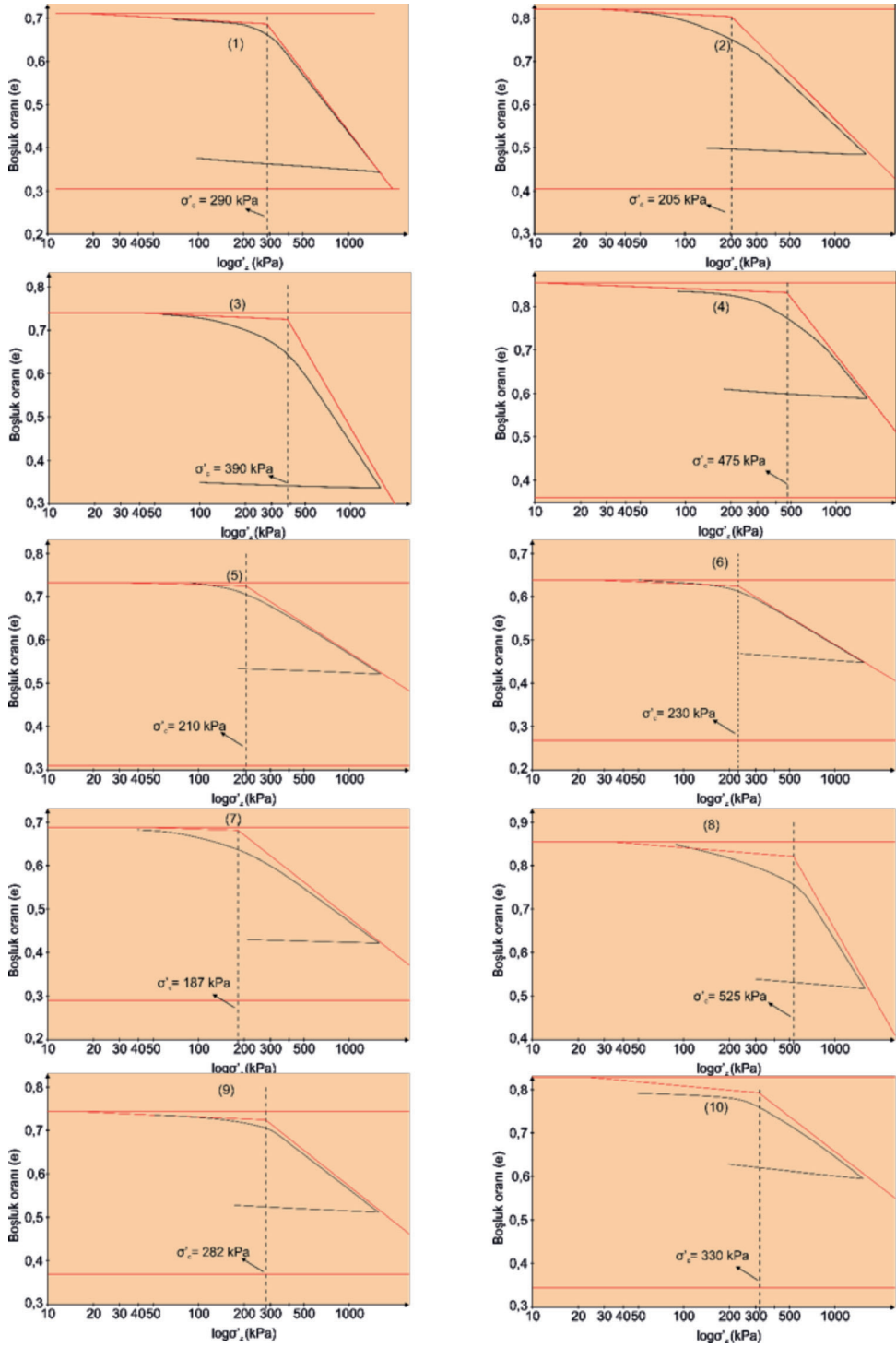
Çizelge 4. Örneklere ait sıkışma parametreleri.

Table 4. Compaction parameters of the samples.

Örnek No	$C_c$	$C_r$	OCR	$\sigma'_m$ (kPa)	Konsolidasyon Oranı
1	0.46	0.022	16.57	272.5	ODAK
2	0.342	0.02	6.24	172.13	ODAK
3	0.625	0.018	11.751	356.81	ODAK
4	0.441	0.016	95	470	İDAK
5	0.227	0.014	6.6	178.19	ODAK
6	0.201	0.023	8.52	203	ODAK
7	0.266	0.011	4.16	142	ODAK
8	0.613	0.026	15.9	492	İDAK
9	0.276	0.017	16.59	265	ODAK
10	0.267	0.039	13.75	306	ODAK
11	0.202	0.014	11.84	206	ODAK
12	0.379	0.041	8.82	266	ODAK
13	0.189	0.028	5.16	266	ODAK
14	0.26	0.014	14.15	224	ODAK
15	0.264	0.012	15	252	ODAK

ODAK: Orta derecede aşırı konsolide İDAK: İleri derecede aşırı konsolide

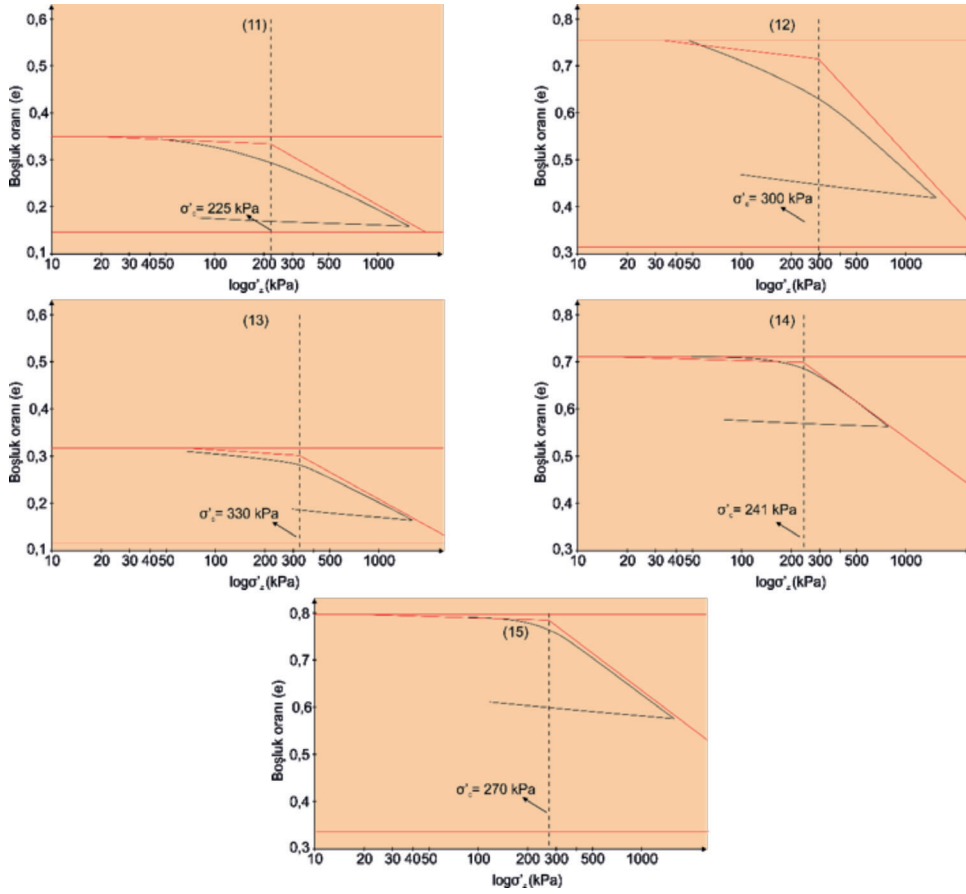
Sünnetci, Ersoy



Şekil 5. Casagrande yöntemiyle ön konsolidasyon basıncının bulunması (a) ve Schmertmann düzeltmesi (b).

Figure 5. Determination of pre-consolidation pressure with Casagrande method (a) and the Schmertmann procedure (b).





Şekil 5. (devamı)

Figure 5. (cont'd.)

Örneklerin birim hacim ağırlıkları 16.25 kN/m<sup>3</sup> ile 21.44 kN/m<sup>3</sup> arasında ve örtü yükleri ise 5.08 kPa ile 52.13 kPa arasında değişmektedir.

Ödometre deneyleri sonucunda örneklerin sıkışma indisinin (Cc) 0.189 ile 0.625 arasında, yeniden sıkışma indisi (Cr) değerlerinin 0.011 ile 0.041 arasında, aşırı konsolidasyon oranının

(OCR) 4.16 ile 95 arasında, aşırı konsolidasyon sınırının ( $\sigma'_m$ ) (Coduto, 1995) ise 142 kPa ile 492 kPa arasında değiştiği görülmüştür. Aşırı konsolidasyon sınırına göre yapılan sınıflamaya göre örneklerin orta-ileri derecede aşırı konsolide oldukları belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 6. Killi zeminlerin sıkışma indisi ile doğal su içeriği ve likit limiti arasındaki ilişkiler (Rani ve Rao, 2013'ten).

Table 6. Relationships between the compression index and natural water content or liquid limit of clayey soils (from Rani and Rao, 2013).

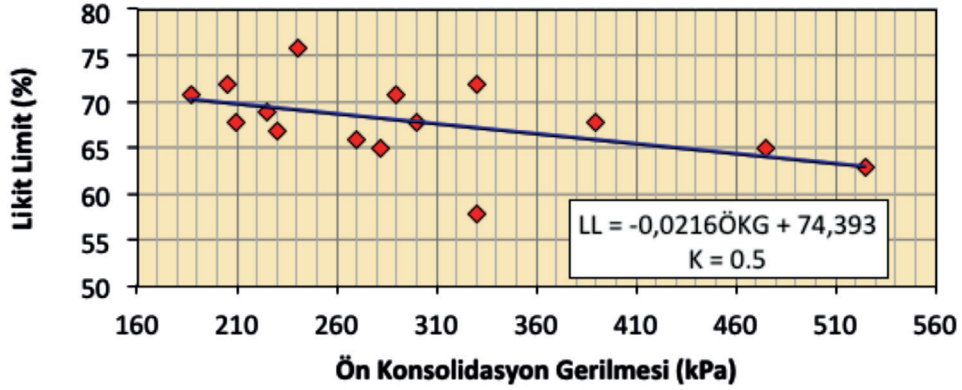
Eşitlik	Referans	Uygulanma koşulu
$Cc = 0,0115 W_n$	Bowles (1979)	Organik silt ve killler
$Cc = 0,0046 (W_L - 9)$	Bowles (1979)	Brezilya Killeri
$Cc = 0,156 e_0 + 0,0107$	Bowles (1979)	Tüm killler
$Cc = 0,208 (e_0 - 0,0083)$ Bowles (1979)		Şikago Killeri
$Cc = 0,75(e_0 - 0,5)$	Bowles (1979)	Düşük plastisiteli killler
$Cc = 0,007(W_L - 7)$	Skempton (1944)	Örselenmiş killler
$Cc = 0,009(W_L - 10)$	Terzaghi ve Peck (1967)	Normal konsolide, orta hassasiyette killler
$Cc = 0,01 W_n$	Koppula (1981)	Şikago ve Alberta Killeri
$Cc = 0,30(e_0 - 0,27)$	Hough (1957)	İnorganik siltli kum - siltli killler
$Cc = 1,15(e_0 - 0,35)$	Nishida (1956)	Tüm killler
$Cc = 0,5(\gamma_w / \gamma_d)^{1,2}$	Oswald (1980)	Tüm karmaşıklıkta ve tipteki zeminler
$Cc = (-0,629 + (0,0027 * W_L) + (0,007 * mc) + (0,031 * \gamma_d) + (0,002 * PI)$	Rani (2007)	Tüm çimentolanmış zeminler
$ÖKG = -26,537LL + 2138,3$	Bu çalışma	Yüksek plastisiteli siltli-kumlu killler

### Özellikler Arasındaki İlişkiler

Zeminin sıkışma özellikleri ile plastik özellikleri arasındaki olası bir istatistiksel ilişkiyi ortaya çıkarmak adına elde edilen tüm parametreler üzerinde regresyon analizleri yapılmıştır. Zeminin ön konsolidasyon basıncı ile likit limiti arasında korelasyon katsayısı 0.5 olan bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 6).

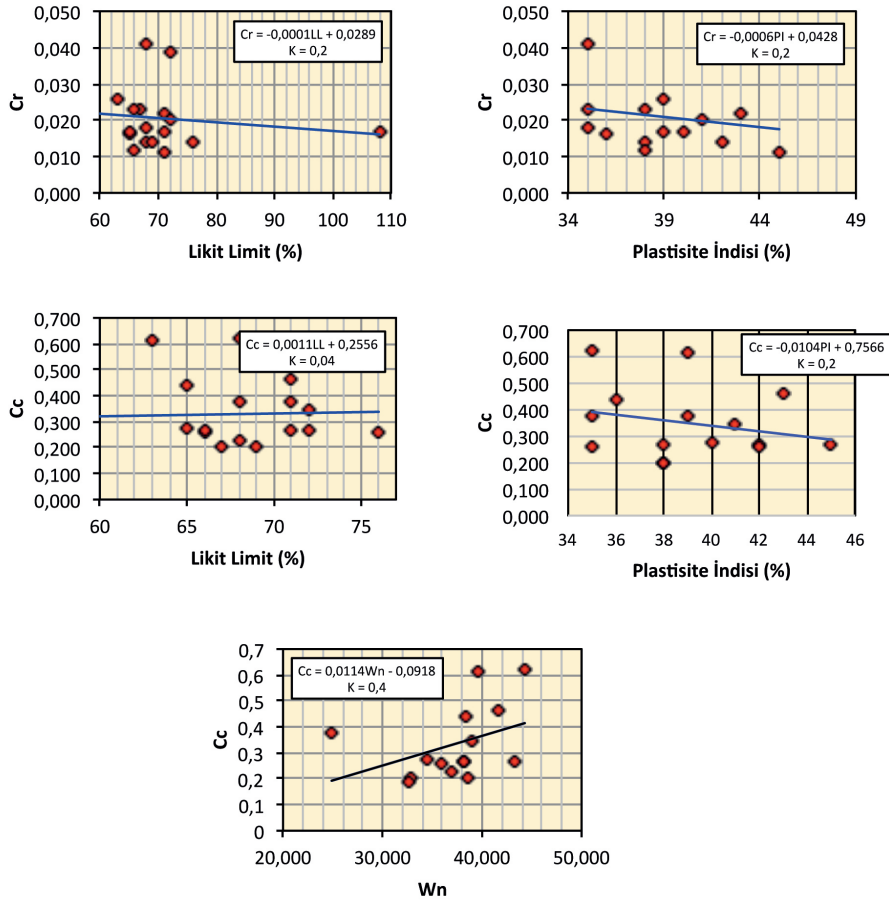
Elde edilen bağıntının ve korelasyon katsayısının, literatürdeki çalışmalarla kıyaslandığında farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu durumun, literatürdeki çalışmaların genellikle saf killler

(cam kili vb.) üzerinde gerçekleştirilmesinden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Bu çalışmada incelenen zemin saf kil olmayıp, kil-silt-kum karışımından oluşan doğal bir zemindir. Bu da plastik özellikler ile konsolidasyon parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi olumsuz yönde etkilemektedir. Şekil 7'de, aralarında anlamlı bir istatistiksel ilişkinin tespit edilemediği parametrelere ait grafikler sunulmuştur. Çizelge 6'da, literatürdeki bazı çalışmalarda belirlenen eşitlikler verilmiştir.



Şekil 6. Ön konsolidasyon gerilmesi ile likit limit arasındaki istatistiksel ilişki.

Figure 6. Statistical relationship between pre-consolidation pressure and liquid limit.



Şekil 7. Diğer parametreler arasındaki istatistiksel ilişkiler.

Figure 7. Statistical relationships among the other parameters.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada Cevizdere (Ünye, Ordu) yöresinden alınan killi zeminlerin, likit limit, plastik limit, doğal su içeriği, sıkışma indisi ve yeniden sıkışma indisi belirlenmiş ve bu parametreler arasında istatistiksel bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır.

% 28 kum, % 38 silt ve % 34 kil boyutlu malzemeden oluşan zeminlerin montmorillonit türü kil mineralleri içerdiği belirlenmiştir. Zemin örneklerinin, Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemi'ne (ASTM, 2011) göre yüksek plastisiteli inorganik yağlı killer (CH) sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu örneklerin sıkışma indisi (Cc) değerlerinin 0.189 ile 0.625 arasında, yeniden sıkışma indisi (Cr) değerlerinin 0.011 ve 0.041 arasında, aşırı konsolidasyon oranı (OCR) değerlerinin 4.16 ile 95 arasında, aşırı konsolidasyon sınırı ( $\sigma'_m$ ) değerlerinin ise 142 ile 492 kPa arasında değiştiği belirlenmiştir. Aşırı konsolidasyon sınırı sınıflamasına göre örneklerin orta-ileri derecede aşırı konsolide oldukları saptanmıştır.

Plastik özellikler ile sıkışma parametreleri arasında yapılan istatistiksel incelemelerde, ön konsolidasyon basıncı ile likit limit arasında  $K = 0,5$  korelasyon katsayısına sahip bir ilişki tespit edilmiş; Cc ve Cr ile likit limit, plastisite indisi ve doğal su içeriği arasında  $K = 0,04$  ile  $0,4$  arasında değişen ilişkiler elde edilmiştir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, konsolidasyon özellikleri ile plastik ve indeks özellikler arasındaki ilişkinin yüksek korelasyon oranlarına sahip olduğu görülmektedir. Ancak bu çalışmalar çoğunlukla saf killer üzerinde yapılmıştır. Ancak doğadaki zeminler çoğunlukla

farklı boyuttaki malzemelerden oluşmaktadır ve bu durum literatürde önerilen ampirik eşitliklerin pratikte uygulanmasını güçleştirmektedir. Çalışma kapsamında incelenen zeminlerin plastik ve indeks özellikleri ile konsolidasyon özellikleri arasındaki istatistiksel ilişkinin, literatürdeki çalışmalara kıyasla daha zayıf olması, çalışılan zeminin kil-silt-kum karışımı olmasından kaynaklanmaktadır. Böyle bir çalışmanın doğal zeminler üzerinde yapılması, elde edilen ampirik ilişkilerin kullanım alanını genişletirken ilişkinin korelasyon katsayısını düşürmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abdioğlu, E., 2002. Kavaklar (Ünye-Fatsa, Ordu) yöresindeki kil oluşumlarının mineralojik, jeokimyasal ve kökensel incelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Yüksek Lisans Tezi, 127 s (yayımlanmamış).
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 2003. ASTM D2435-03, Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 2007. D422-63, Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 2010. D4318-10, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D4318-10 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2010.

- ASTM D2487-11 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2011.
- Bowles, J. W., 1979. *Physical and Geotechnical Properties of Soils*, McGraw Hill, New York, 478 p.
- Burmister, D. M., 1951. Identification and classification of soil an appraisal and statement of principles. ASTM STP 113, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- Casagrande, A., 1936. The Determination of the Pre-Consolidation Load and Its Practical Significance. Discussion D-34, Proceedings of the First International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Cambridge, III, 60 – 64.
- Coduto, D. P., 1995. *Geoteknik Mühendisliği*. Gazi Kitabevi, Ankara, 759 s.
- Di Matteo, L., Bigotti, F., Ricco, R., 2009. Best-fit models to modified proctor properties of compacted soil. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 135 (7), 992-996.
- Dolar, B., Stanislav, S., 2013. Atterberg limits in relation to other properties of fine-grained soils, *Acta Geotechnica Slovenica*, 10 (2), 4-13.
- Hough, B. K., 1957. *Basic Soil Engineering*, Ronald Press, New York, 513 p.
- IAEG, 1976. *Engineering Geology Maps: a Guide to Their Preparation*, Unesco Pres, Paris, 79 p.
- Jesmani, M., Vaezi, R., Kamalzare, M., 2012. Correlation between  $C_c$  alpha/ $C_c$  ratio and index parameters of soil. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 45 (2), 207-220.
- Koppala, S. D., 1981. Statistical estimation of compression index. *Geotechnical Testing Journal*, 4 (2), 68-73.
- Mayne, P. W., Kulhawy, F. H., 1982. K<sub>0</sub>-OCR relationships in soil. *Journal of Geotechnical Engineering*, 108 (GT6), 851-872.
- Leonards, G. A., 1962. *Foundation Engineering*, McGraw Hill Book Company, New York, 1136 s.
- Nishida, Y., 1956. A brief note on compression index of soil. *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Engineering Proceedings of The American Society of Civil Engineers*. 82, (SM3), 1027-1 – 1027-14.
- Oswald, R. H., 1980. Universal compression index equation. *Journal of Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers*, 106, 1179-1199.
- Rani, C. S., 2007. *A Knowledge Based System for Soil Identification and Assessment of Volume Change Characteristics of Clayey Soils*. Sri Venkateswara University, Tirupati, India, PhD. Thesis (yayımlanmamış).
- Rani, C. S., Rao, K. M., 2013. Statistical evaluation of compression index equation. *International Journal of Civil Engineering and Tunnel Technology*, 4-2, 104-117.
- Schmertmann, J. H., 1955. The undisturbed consolidation behavior of clay. *Transactions, ASCE*, 120, 1201 – 1233.
- Sivrikaya, O., Togrol, E., Kayadelen, C., 2008. Estimating compaction behavior of fine-grained soils based on energy, *Canadian Geotechnical Journal*, 45, 877-887.
- Sivrikaya, O., Hakbilir, S., 2013. Comparison of fine-grained soils of the Kolsuz and Araplı areas in the Central Anatolia (Niğde, Turkey) in terms of geotechnical properties. *Eurasian Soil Science*, 46 (5), 587-598.
- Skempton, A. W., 1944. Notes on the compressibility of clays. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, 100, 119-135.

Sünnetci, Ersoy

Sridharan, A., Nagaraj, H. B., 2005. Plastic limit and compaction characteristics of fine grained soils, *Ground Improvements*, 9 (1), 17-22.

Sünnetci, M. O., 2015. Cevizdere (Ünye, Ordu) yöresi killerinin konsolidasyon parametrelerinin ve şişme özelliklerinin araştırılması.

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Yüksek Lisans Tezi, 59 s (yayımlanmamış).

Terzaghi, K., Peck, R. B., 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley and Sons, New York, 729 p.