



Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi

dergi web sayfası: <http://dergipark.gov.tr/nevbiltek>

Makale Doi: **10.17100/nevbiltek.474221**

Geliş tarihi: 24.10.2018 Kabul tarihi: 29.12.2018



Bardakçı (Van) Bölgesindeki Kil Seviyelerinin Jeoteknik Özellikleri ile Jeolojik Yapısı Arasındaki İlişkiye Ait Bir Ön Çalışma

Elif ERDEVE ÖZVAN^{1*}, Hasan ÇETİN²

^{1*}Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

ORCID ID:0000-0002-3355-3432

²Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana.

ORCID ID: 0000-0002-8301-5405

Öz

Van Gölü doğu kıyısında yer alan Bardakçı köyü ve civarı, gerek Van Gölü suyu seviye değişimlerinden gerekse 2011 yılında depremini üretmiş olan Van fayından etkilenen bir zon içerisinde yer almaktadır. Bu bölgede, Van Gölü'nün seviye değişimleri sonucunda, farklı kalınlıklarda ve farklı tane boyuna sahip sedimanlar çökmüştür. Bu sedimanların kalınlıkları ve tane boyutları çökdikleri dönemdeki morfolojiye ve su hareketlerine bağlı olarak değişebilmektedir. İnceleme alanında geçmiş dönemde yapılan jeoteknik sondaj çalışmaları bulunmakta olup, bu çalışma kapsamında ek olarak bölgedeki killerin jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 6 adet yeni sondaj yapılmıştır. Bu sondajlarda farklı derinliklerde örselenmemiş (UD) zemin örnekleri alınmış ve bu örneklerin fiziksel özelliklerinin yanı sıra kil seviyelerine ait kohezyon ile içsel sürtünme açıları belirlenmiştir. Laboratuvar testleri sonucunda elde edilen veriler bölgenin jeolojik geçmişi ile ilişkilendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, killi seviyelerin kohezyon değerlerinde meydana gelen değişikliklerin bölgenin tektonik ve/veya biyo-jeokimyasal olaylara bağlı olabileceğini işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: Kil, Bardakçı, kohezyon, Van Fayı, biyo-jeokimyasal olaylar, Van Gölü seviye değişimi

A Pre-Study to the Relationship Between Geotechnical Properties and Geological Structure of Clay Levels in Bardakçı (Van) Region

Abstract

The Bardakçı region, located on the east coast of Lake Van, is in a zone under the influence of the Van Lake water changes and the Van fault, which produced earthquakes in 2011. In this region, because of the level changes of Lake Van, sediments with different thicknesses and different grain sizes were deposited. Thicknesses and grain sizes of these sediments may vary depending on the morphology and water movements in the period they occurred. There are many geotechnical studies in the study area in the previous period. In this study, six new soil drillings were made in order to determine the mechanical properties of clays in the region. In these drillings, undisturbed (UD) samples were taken at different depths and cohesion, internal friction angles of clay levels were determined on these samples. These mechanical properties were then associated with the geological history of the region with the finding that the cohesion value of same type of soils are different. The results indicate that changes in cohesion values may be due to tectonism and / or bio-geochemical events took place in this region.

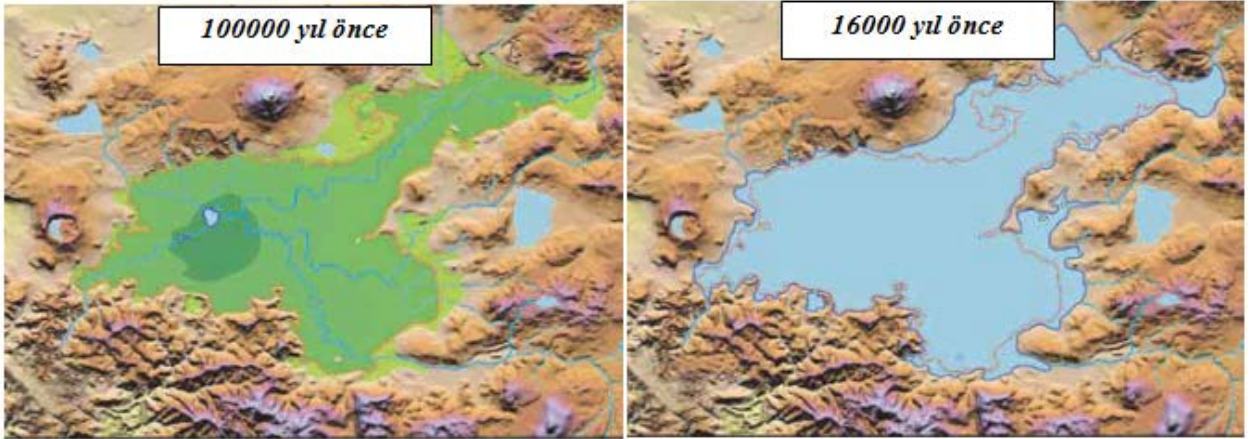
Keywords: Clay, Bardakçı, cohesion, Van Fault, bio-geochemical events, Lake Van level change

¹ Bu çalışma, devam eden “Van/Bardakçı Bölgesi Zeminlerinde Arazi Deneyleri ve Laboratuvar Deneyleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi” başlıklı doktora çalışmasının ön bulgularını içermektedir.

Sorumlu yazar e-mail: eliferdeveee@gmail.com

1. Giriş

Van Gölü Türkiye'nin en büyük gölü olma özelliğinin yanı sıra, oluşumu, seviye değişimleri ve sodalı-tuzlu su kimyasıyla dikkat çeken bir göldür. Muş havzası ve Van havzası yaklaşık 790 bin yıl önce Van Gölü batısında yer alan Nemrut yanardağının yaptığı püskürme sonucu oluşan ürünlerinin Bitlis çayı vadisini doldurmaya başlamasıyla ayrı iki havza durumuna gelmişlerdir [1]. Kapalı havza konumuna gelen Van havzası sürekli olarak korunmuş ve Van Gölü'nü oluşturmuştur [2] (Şekil 1). Van Gölü'nün oluşumu üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında; havzada ilk kez günümüzden 60 bin-100 bin yıl kadar önce su birikmeye başladığı söylenebilir [3]. Göl su seviyesinin, son buzul dönemiyle birlikte 25 bin yıl kadar önce bugünkü seviyesinden 20-25 metre, 16 bin yıl önce de yine bugünkü göl seviyesinden 70-80 metre yukarıya ulaştığı [3,4] ve bu seviye değişimleriyle birlikte farklı gölsel birimlerin çökeldiği bilinmektedir. Bu çökeller özellikle Van Gölü'nün doğu kesimlerinde net olarak görülmektedir. Van yerleşim alanı ve kuzeyi bu göl çökellerinin izlerini taşıyan kum, silt ve kil tane boyutuna sahip sedimanlardan oluşmaktadır. Bu sedimanlar farklı kalınlıklara sahip olup, farklı mühendislik özellikleri göstermektedir. Genelde sıkı ya da katı derecede tutturulmuş bu birimlerin fiziksel özellikleri tane boyu ve kıvam özelliklerine bağlıyken, bu birimlerin mekanik özellikleri sadece birimlerin maruz kaldıkları gerilme koşullarına değil aynı zamanda jeolojik evrime bağlı olarak da değişebilmektedir. Jeolojik süreç içerisinde hem göl suyundaki yükselmeler hem de Van Gölü doğusundaki tektonik olaylar zeminler içerisindeki gerilme koşullarının değişmesine neden olmuştur. Bu durumun zeminlerin jeoteknik özellikleri üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.



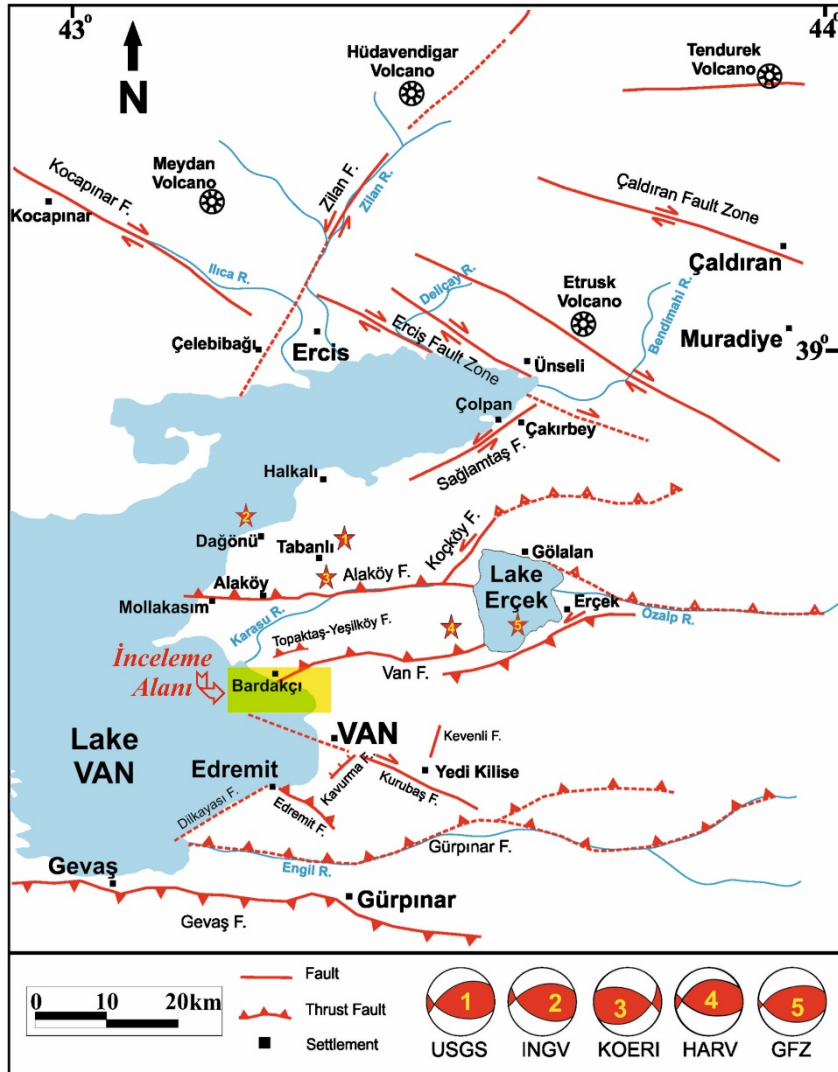
Şekil 1. Yaklaşık 100 bin ve 16 bin yıl önce Van Gölü seviyesi [3].

Sıkışma rejimine bağlı olarak fay zonu içerisindeki jeolojik birimlerin kesme gerilmesi değerleri değişmektedir. Van Gölü'nün doğu kesiminde yerleşim alanları genellikle bu birimler üzerine kuruludur. Bu yerleşim alanlarından biri de Bardakçı bölgesidir (Şekil 2). Bu bölge özellikle Van Fayının (Şekil 3) etkisi altında olup zeminlerindeki düşey gerilmeler, hem göl seviyesi değişimlerinin neden olduğu örtü yükü gerilmelerinden, hem de fay kaynaklı gerilmelerden etkilenmiştir.

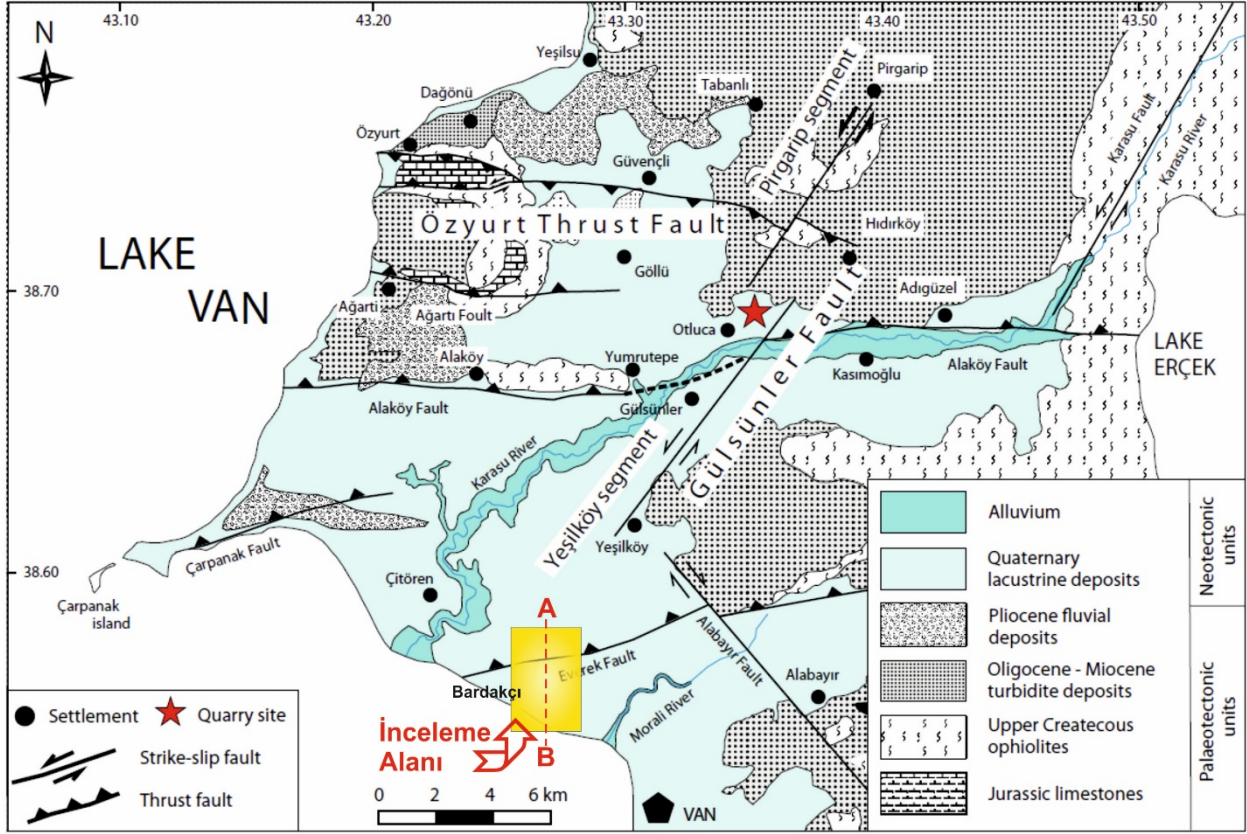
Bu çalışmada Bardakçı bölgesindeki zemini oluşturan farklı kil seviyelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri belirli bir sistematik içerisinde araştırılmıştır. Bu amaçla Van Fayını dik kesecek şekilde 6 farklı noktada ve farklı derinliklerde (15m'ye kadar) sondaj çalışması yapılmış ve kil seviyelerden örselenmemiş (UD) örnekler alınmıştır. Bu zemin örneklerinin fiziksel özellikleri (tane boyu, kıvam limitleri, su içeriği) ve mekanik özelliklerine yönelik olan dayanım parametreleri (kohezyon ve içsel sürtünme açısı) değerleri belirlenmiştir. Elde edilen laboratuvar verileri ile bölgenin jeolojik evrimi karşılaştırılarak jeolojik sürecin zeminlerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine olan etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma alanında geçmiş dönemlerde birçok jeoteknik amaçlı sondaj yapılmıştır. Bu sondajlarda genelde arazi deneylerinden olan Standart Penetrasyon Testi (SPT) darbe sayılarına bağlı zeminin sıkılık değerleri ve bu deneyden alınan örselenmiş örnekler üzerinden zeminin fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Bu çalışmada ayrıca örselenmemiş (UD) örnekler üzerinde üç eksenli basınç deneyi yapılarak çalışma alanındaki zeminlerin mekanik özellikleri farklı derinlikler ve noktalar için belirlenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında inceleme alanındaki eski sondaj verileri toplanmıştır. Bu verilerden kil seviyeleri belirlenmiş ve bu kil seviyelerinden örnek alacak şekilde yeni sondaj planlamaları yapılmıştır. İnceleme alanında Van Gölü'nden kuzeye doğru 6 adet sondaj yapılmıştır (Şekil 4). Bu sondajlarda zeminin durumuna göre 15m derinliğe kadar örselenmemiş (UD) örnekler alınmaya çalışılmıştır. Farklı kotlarda toplam 80 UD örneği alınmıştır. Fakat bu örneklerin çoğundan bazı örneklerin çok kuru, bazı örneklerin ise sulu olmaları nedeniyle deneye uygun örnek alımı gerçekleştirilememiştir. Toplam 37 adet seviyeden üç eksenli basınç dayanımı için örnek alınabilmiştir. Ayrıca SK-5 nolu kuyudan alınan UD'lerden üç eksenli basınç deneyine uygun örnek çıkarılamamıştır. İkinci aşamada, bu örneklerin tane boyu [7], atterberg limitleri [8] ve üç eksenli basınç dayanımı deneyleri [9] standartlara uygun bir şekilde yapılmış ve elde edilen sonuçlar kendi içerisinde yorumlanmıştır. Üç eksenli basınç dayanımı deneylerinde numunenin özgün yapısının ve su içeriğinin değişmemesi amacıyla dourma ve konsolidasyon işlemleri yapılmamış, dolayısıyla UU (konsolidasyonsuz-drenajsız) yöntemine [9] göre deneyler yapılmıştır. Deneylerde kesme hızı 0.5mm/dak olarak belirlenmiştir. Üç eksenli basınç dayanımı testinde çevre basınçları genellikle 50, 100 ve 150 kPa olarak seçilmiştir.



Şekil 2. Van Gölü doğusu ve kuzeyinde bulunan faylar [5].



Şekil 3. İnceleme alanı civarındaki faylara ve jeolojik birimlere ait harita [6].

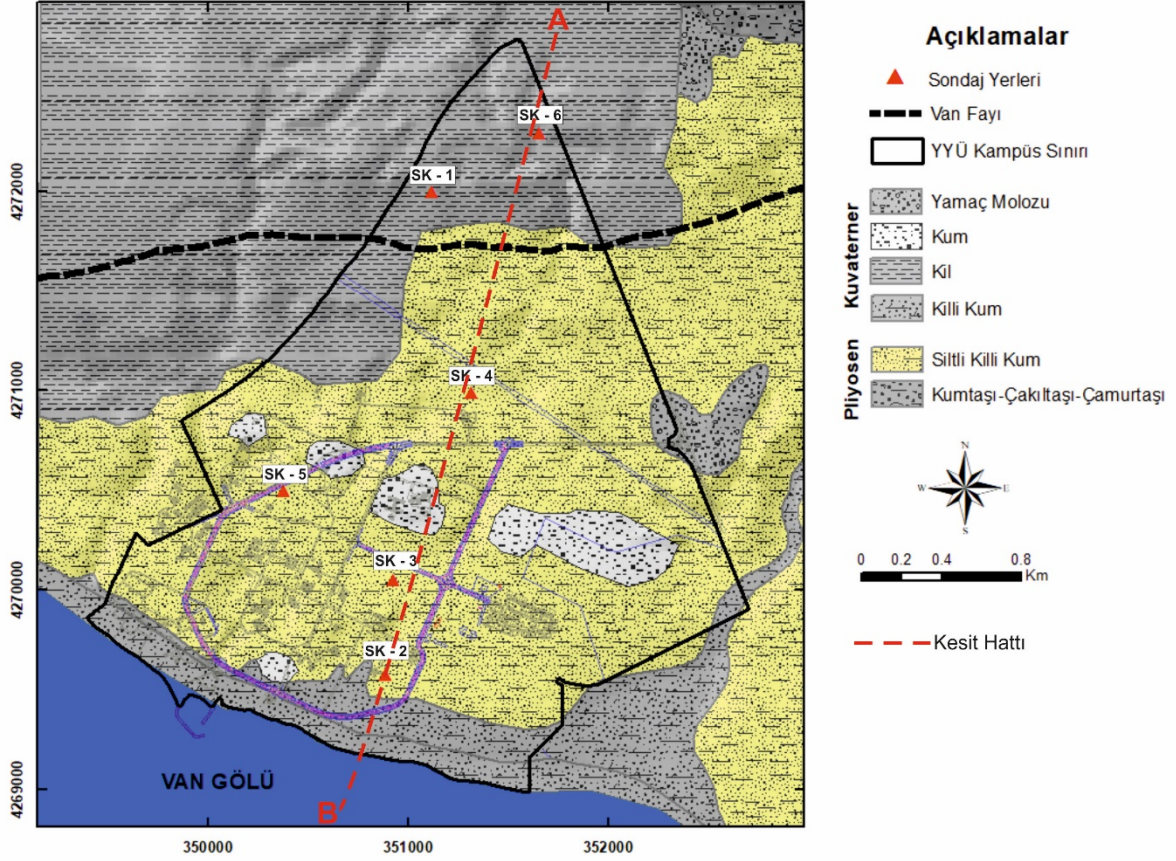


Şekil 3. İnceleme alanının ve sondaj noktalarının Google Earth görüntüsü.

3. Bulgular

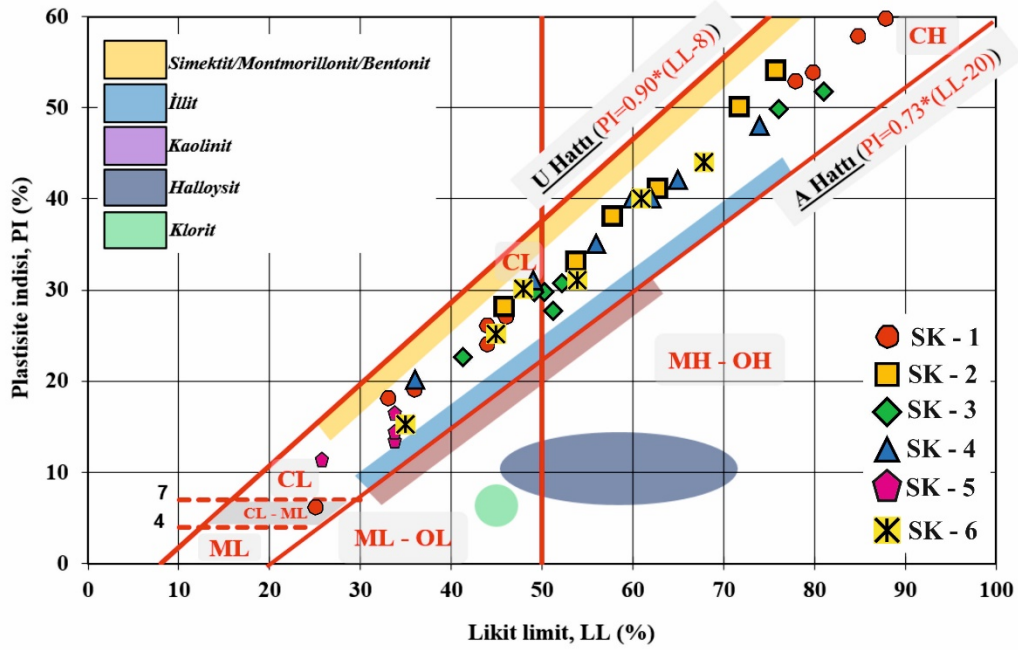
Bardakçı bölgesi, içerisinde Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi'nin de yer aldığı ve Van Gölü'nün doğu kıyısında, eski göl ve akarsuların getirmiş olduğu çakıl, kum, silt ve kil tane boyutuna sahip birimlerin bulunduğu Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı

jeolojik birimlerden oluşmaktadır [10] (Şekil 4). Geçmiş dönemdeki göldeki su seviye değişimleri ve hızları bu çökellerin kalınlıklarını ve zemin sınıflarını belirlemiştir. Literatürde Van Gölü seviyesinin çıktığı en yüksek seviye ile ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. Gölün 16 bin yıl önce 1720m kotlarına ulaştığı görüşü savunulmaktadır [10-11]. Göl seviyesindeki yükselmeler ve üstte bulunan zeminin yarattığı örtü yükü basıncı değerleri, çökme esnasında tanelerin pekişmesinde etkili olabilmektedir. Ayrıca pekişmeyi etkileyen bir diğer unsurda, göl suyunun içerisinde çözülmüş halde bulunan soda, tuz, karbonat gibi bağlayıcıların gölün sıg olduğu dönemlerdeki evaporitleşme ile diyajenez aşamasındaki tanelerin bağlanmasında etkili olduğu ihtimalidir. Zemin seviyelerindeki bu sıklığa tektonizmanın da etkili olabileceği düşünülmektedir. Hem düşey hem de yatay yönde sıkışan bölge zeminlerinde mekanik özellikler de bu sıkışmalara göre düşey ve yatay yönde farklılıklar göstermektedir.



Şekil 4. İnceleme alanının jeolojisi.

Bu çalışmanın ilk aşamasında Standart Penetrasyon Testinden (SPT) alınan örselenmiş örnekler üzerinde zeminlerin tane boyu analizi ile Atterberg limitleri belirlenmiş ve zemin sınıfı ortaya çıkarılmıştır. İnceleme alanındaki zeminlere bakıldığında zemin sınıfının çoğunlukla simektit ve illit türü [10] yüksek plastisiteli kil (CH) ve düşük plastisiteli siltli kil (CL) sınıfında olduğu belirlenmiştir (Şekil 5). İnceleme alanındaki killi zeminlerin (CL-CH) şişme ve oturma özellikleri Akın ve arkadaşları (2015) tarafından incelenmiştir [11]. Aktivite açısından bu killer değerlendirildiğinde, çoğunlukla “orta-yüksek” aktiviteye sahip oldukları, şişme potansiyeli açısından ele alındığında ise kampüs genelindeki killi malzemenin şişme potansiyelinin genel olarak “düşük-orta” olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada da incelenen killerin “orta-yüksek” aktiviteye ve “düşük-orta” şişme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5. İnceleme alanındaki killerin zemin türünü gösteren plastisite diyagramı.

SPT'den alınan örneklerin dışında Shelby tüpü ile örselenmemiş (UD) örnekler de alınmıştır (Şekil 6.i). Bu tüplerden çıkarılan zemin örnekleri incelendiğinde bazı zemin seviyelerinde düşey bantların (Şekil 6.j,k), bazı seviyelerde ise kırık düzlemlerinin (Şekil 6.i) olduğu gözlenmiştir. Özellikle bu yapıların Van fayının kuzeyindeki SK-6 ile güneyindeki SK-4 nolu kuyularda olması tektonizmanın bu noktalarda zemini etkilediği düşüncesini doğurmuştur. Jeolojik ve göl suyu geçişinin zemin yapısındaki jeoteknik özelliklere etkisini araştırmak amacıyla da farklı derinliklerinden alınan 37 adet UD örneği üzerinde üç eksenli basınç dayanımı testleri yapılmıştır (Şekil 6.a-b). İnceleme alanındaki zeminlerin jeoteknik özellikleri incelendiğinde, killi zemin örneklerinin değişken makaslama dayanımı değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Tablo 1). Üç eksenli deney (UU) sonuçlarına göre kampüs alanındaki killi zeminlerin kohezyon değerlerinin en düşük 0.06 kg/cm^2 , en yüksek 0.94 kg/cm^2 ve içsel sürtünme açısı değerlerinin ise, en düşük 0.8° , en yüksek 7° olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçların ortalamasına bakıldığında genelde su içeriği arttıkça kohezyon değerlerinin azaldığı belirlenmiş olsa da bu bölgede kohezyon ve içsel sürtünme açısını belirleyen unsurun örneklerin alındığı noktaların Van Fayı'na olan konumları olduğu gözlenmiştir. Bilindiği gibi üç eksenli basınç deneyinde tipik yenilme şekilleri yumuşak killerde varilleşme şeklinde olurken kayma düzlemi her zaman gözlenmeyebilir. Aşırı konsolide killerde ise tipik kayma düzlemleri oluşmaktadır [11]. Üç eksenli basınç deneyi sonrasında incelenen örneklerdeki yenilme şekillerine bakıldığında da faya yakın örneklerde yenilmelerin kırılma düzlemi (elastik) şeklinde olduğu (Şekil 6.d, i, l) faydan uzaklaştıkça varilleşmenin (plastik) oluştuğu (Şekil 6.f,h) gözlenmiştir. Sondajlardan elde edilen örnekler üzerinde yapılan üç eksenli basınç dayanımı değerleri Şekil 4'de gösterilen fayın konumuna göre ayrı ayrı incelenmiştir. Ortalaması en yüksek kohezyon değeri faya yakın olan SK-1 kuyusundaki seviyelerden elde edilirken (ortalama $c=51.19 \text{ kPa}$), en düşük değerler fayın kuzeyindeki SK-6 (ortalama $c=13.57 \text{ kPa}$) ve faya en uzak noktadaki SK-2 sondajlarındaki seviyelerden (ortalama $c=20.57 \text{ kPa}$) elde edilmiştir.

SK-6'daki seviyeler bindirme fayının tavan bloğundaki sıkışma bölgesinde yer almasına karşın kohezyon değerleri düşük çıkmıştır. Bunun en büyük nedeni tavan bloğun fay düzleminde uzaklaşan kesiminde oluşan zemindeki dokusal yönelmeler ve gerilme azalmasına bağlı gelişen düşük kayma gerilmeleri olabilir. Özellikle fay ile birlikte yükselen bu kesimde kil seviyeleri dike yakın konuma gelmiş ve düşey alınan UD örneklerinde farklı seviyelerin bantlar halinde görülmesine (Şekil 6.k) ve örneklerdeki yenilme düzlemlerinde oluşan kayma gerilmelerinin düşük çıkmasına neden olmuştur.

Tablo 1. İnceleme alanındaki zeminlere ait kıvam değerleri ile üç eksenli basınç dayanımı sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Doğal Su İçeriği	Üç Eksenli		
		LL	PL	PI			Birim Hacim A. (kN/m ³)	C	ϕ
SK-1	1.30					16.35	20.78	18.23	3.5
	1.75	85.0	27.0	59.0	CH	24.40	20.98	32.0	11.7
	2.75	45.0	20.0	24.0	CL	16.00			
	3.50					11.87	21.39	92.67	4.3
	4.25	44.0	20.0	24.0	CL	13.60			
	4.50					20.21	21.10	25.18	7.8
	5.00	36.0	17.0	19.0	CL	15.30			
	5.50					12.65	21.18	31.15	3.8
	5.90	44.0	18.0	26.0	CL	13.70			
	6.50					23.48	20.33	34.12	5
	6.75					22.34	19.42	32.00	9.3
	7.25	88.0	28.0	60.0	CH	22.30			
	8.00	80.0	26.0	54.0	CH	17.80			
	8.75					16.33	21.855	36.10	9.2
	9.00					17.45	20.474	26.91	4.0
	9.25	33.0	15.0	19.0	CL	20.30			
9.50	78.0	25.0	53.0	CH	21.60				
9.75					21.16	21.855	38.84	10.8	
10.50	36.0	17.0	19.0	CL	12.40				
11.25	25.0	19.0	6.0	CL-ML	20.70				
12.50	46.0	19.0	28.0	CL	20.00				
SK-2	1.00					17.12	20.874	9.97	3.80
	1.50	46.0	18.0	29.0	CL	16.70			
	3.50	58.0	20.0	39.0	CH	31.20			
	4.00					27.85	19.522	7.16	5.90
	4.75					29.30	19.702	11.50	4.30
	5.50	72.0	22.0	49.0	CH	30.70			
	6.00					27.58	19.675	10.45	2.90
	6.50					27.72	19.480	9.32	5.60
	7.00	63.0	22.0	41.0	CH	31.10			
	9.00	54.0	21.0	33.0	CH	30.20			
14.00	76.0	22.0	54.0	CH	28.90				
SK-3	1.00					23.33	20.73	13.11	5.6
	1.50	76.0	26.0	50.0	CH	25.40			
	2.50					23.93	20.72	9.71	7.9
	3.00	91.0	28.0	63.0	CH	26.50			
	4.00					29.89	19.95	9.24	6.2
	4.25					21.60	19.95	16.23	3.9
	4.50	52.0	21.0	31.0	CH	22.60			
	5.50					22.29	20.12	23.15	7.0
	5.75	50.0	20.0	30.0	CL-CH	18.20			
	6.75					22.76	20.502	23.28	6.6
	7.25					21.42	19.58	25.95	5.2
	7.50	51.0	23.0	28.0	CH	26.10			
	8.00					23.72	20.37	25.26	3.5
	8.25					27.45	20.35	22.00	4.3
	8.50	81.0	29.0	52.0	CH	28.10			
	8.75					25.59	20.256	27.08	1.1
	9.25					26.61	19.89	10.96	2.4
	9.50	94.0	32.0	62.0	CH	31.00			
9.75					27.58	19.77	16.47	1.4	
10.00					27.20	19.29	7.66	2.5	
10.25	85.0	20.0	64.0	CH					
12.00					24.74				
12.25					21.07	19.438	31.0	4.9	
12.50	49.0	19.0	30.0	CL	19.10				
13.75					23.99	20.046	40.8	3.4	
14.25	41.0	18.0	23.0	CL	18.40				

Tablo 1. (Devam)

Sondaj No	Derinlik (m)	Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Doğal Su İçeriği	Üç Eksenli		
		LL	PL	PI			Birim Hacim A. (kN/m^3)	C	ϕ
SK-4	1.00	60.0	20.0	40.0	CH	19.60			
	2.50	65.0	23.0	42.0	CH	22.00			
	3.75					17.43	21.035	31.27	4.5
	4.50	62.0	22.0	39.0	CH	22.20			
	5.75					20.94	20.370	39.66	3.1
	6.00	62.0	22.0	40.0	CH	21.00			
	7.00					20.89	20.980	42.43	3.5
	7.25	51.0	21.0	34.0	CH	19.90			
	8.25	74.0	26.0	48.0	CH	19.75			
	10.00	49.0	18.0	31.0	CL	14.10			
	11.75	36.0	16.0	20.0	CL	12.10			
SK-6	2.25					26.09	20.550	7.66	4
	2.75					21.89	20.550	11.88	4.20
	3.50	48.0	18.0	30.0	CL	17.80			
	5.25	35.0	20.0	14.0	CL	19.30			
	5.50					23.57	20.196	9.49	3.60
	6.00					27.22	20.29	11.49	3.8
	6.75	68.0	24.0	44.0	CH	23.20			
	8.00	54.0	23.0	31.0	CH	18.70			
	9.50	45.0	20.0	25.0	CL	19.70			
	10.50	61.0	21.0	39.0	CH	20.10			

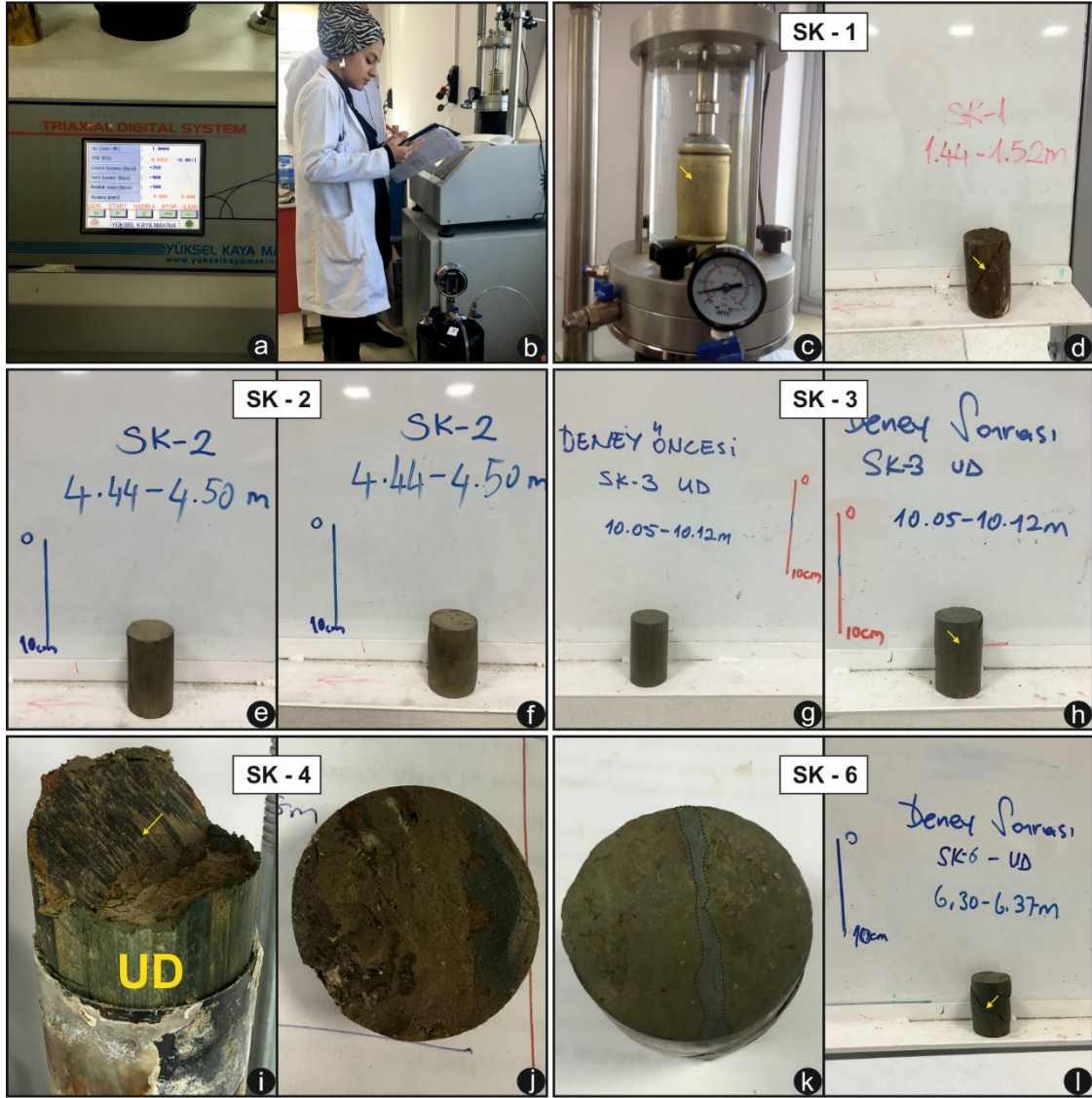
Ayrıca Van Gölü'nün eski seviyeleri düşünüldüğünde göl suyu yüksekliğinin (H_{su}) de zeminlerin sıklığında etkili olma ihtimali bulunmaktadır (Şekil 7). Fakat bu durum göle yakın yerlerde daha düşük sıklığa sahip seviyelerin bulunması nedeniyle pek doğru bir yaklaşım gibi gelmemektedir. Bu durumun dışında biyojeokimyasal etkide zeminlerdeki sıklığı etkileme ihtimaline sahiptir.

4. Tartışma ve Sonuç

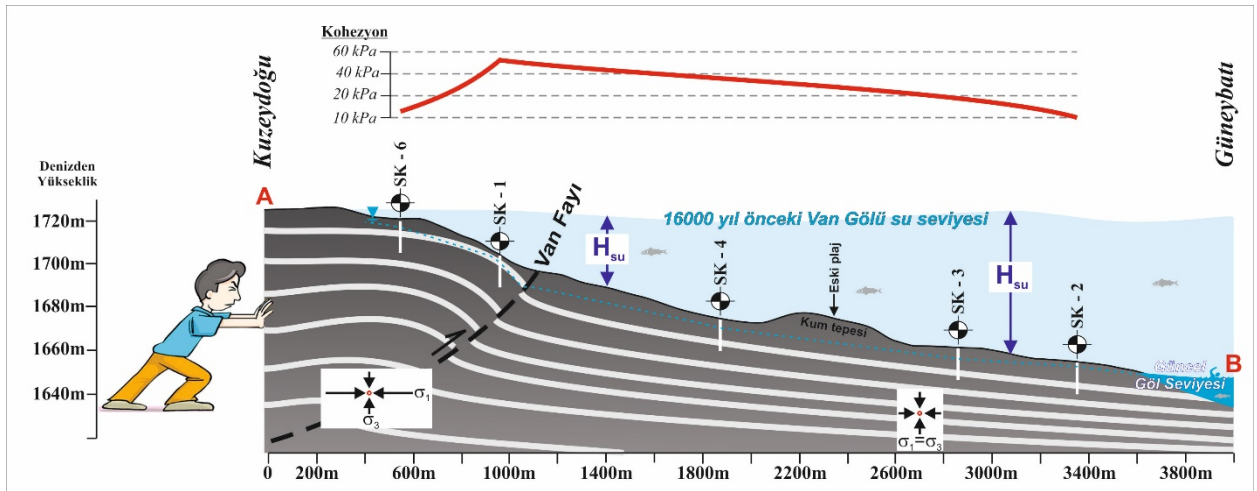
Bu çalışmada 2011 Van Depremine neden olan Van fayının bulunduğu Bardakçı bölgesindeki zeminlerin jeoteknik özellikleri ile jeolojik yapı karşılaştırılmıştır. Bu bölgeden alınan zemin örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç dayanımı deneylerden elde edilen kohezyon değerleri incelendiğinde, faya yakın alanlarda artan gerilmenin etkisiyle zemin tanelerinin daha sıkı hale geldiği bununda zemin hafızasını etkilediği düşünülmektedir. Fayın kuzeyinde, tavan bloğu üzerinde SK-6 kuyusundan alınan örneklerde, sıkışmanın etkisiyle kohezyonun artması beklenirken bindirme fayı ile oluşan zemin dokularındaki yönelmenin kayma dayanımlarını düşürdüğü bu nedenle de bu kesimde en düşük kohezyon değerlerinin elde edildiği gözlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda kohezyon değerlerinin, Van Fayın tavan ve taban bloğunda fay düzlemine yakın alanlarda yüksek σ_1 değerine bağlı olarak yüksek, fay düzleminden uzaklaştıkça düşük çıktığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak; bölgedeki zeminlerin kohezyonunun farklı olmasına neden olan etkenlerden biri; Van fayının sıkışma zonu içinde kalan bölgede tanelerin gerilme etkisi ile sıkışmasıdır. İkinci ihtimal ise sedimantasyon ile birlikte gelişen karbonat çökelişi, katyon değişimi, silikat bozunumu gibi biyo-jeokimyasal olayların etkisi ile diyajenez evresinde tanelerin suda çözülmüş halde bulunan karbonat, soda ve tuz ile bağlanması ihtimalidir. Bu durum gölün son dönemdeki çekilmesi esnasında SK-1 ile SK-4 arasındaki bölgede sığ olduğu seviyede evaporasyon ile birlikte tanelerin karbonat ve benzeri çözücüler ile bağlanması ihtimalini doğurmaktadır. Üçüncü ve son ihtimal ise, çökelen sedimanların ve göl suyunun yüksekliğine (H_{su}) bağlı olarak oluşan su ve sediman örtü yüküdür ki bu durum güncel kıyıya yakın alanlarda daha etkilidir. Bu nedenle bu ihtimalin zemin tanelerinin sıklığında diğer ihtimallere göre göreceli olarak daha düşük

gerilmeye neden olduğu düşünülmektedir (Şekil 7). Bu çalışmada elde edilen bulgular, ön çalışma niteliğinde olup daha fazla jeoteknik veri ile çalışmanın desteklenmesi önerilmektedir.



Şekil 6. İnceleme alanındaki killerde gözlenen yapılar.



Şekil 7. İnceleme alanındaki jeolojik süreçleri ve araştırma bulgularını gösteren bir kesit.

5. Teşekkür

Doktora çalışmasının bir bölümünden hazırlanan bu makalenin hazırlanma sürecinde arazi ve laboratuvar çalışmalarında desteklerini esirgemeyen sayın Doç.Dr. Ali Özvan'a, Doç.Dr. İsmail Akkaya'ya, Doç.Dr. Mücip Tapan'a, ve Jeoloji Yüksek Mühendisi Mesut Bor'a sonsuz teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1] Şaroğlu, F., Güner, Y., “*Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik Gelişimine Etki Eden Öğeler; Tektonik, Volkanizma ilişkileri*” Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24: 39-50. 1981.
- [2] Özkaymak, Ç., “Van Şehri Yakın Çevresinin Aktif Tektonik Özellikleri” Yüzüncü Yıl Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 95s, Van, 2003.
- [3] Köse, O., “Van Gölü'nün yüz bin yılı” *Atlas Aylık Coğrafya ve Keşif Dergisi*, sayı:104 – Kasım 2001.
- [4] Üner, S., Yeşilova, Ç., Yakupoğlu, T., Üner, T., “*Pekişmemiş sedimanlarda depremlerle oluşan deformasyon yapıları (sismitler): Van Gölü Havzası, Doğu Anadolu*” *Yerbilimleri*, 31 (1), 53–66, 2010.
- [5] Akkaya, İ., Özvan, A., Tapan, M., Şengül, M.A., “*Determining the site effects of 23 October 2011 earthquake (Van province, Turkey) on the rural areas using HVSR microtremor method*” *Journal of Earth System Science*, 124, 1429-1443, 2015.
- [6] Dicle, S. and Üner, S., “*New active faults on Eurasian-Arabian collision zone: Tectonic activity of Özyurt and Gülsünler faults (eastern Anatolian Plateau, Van-Turkey)*” *Geologica Acta*, Vol.15, 107-120, 2017.
- [7] ASTM D422-63 “Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)”, *ASTM International*, West Conshohocken, PA, 2007, www.astm.org.
- [8] ASTM D4318-17e1 “Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils” *ASTM International*, West Conshohocken, PA, 2017, www.astm.org.
- [9] ASTM D2850-15 “Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils” *ASTM International*, West Conshohocken, PA, 2015, www.astm.org.
- [10] Selçuk, L., “Yüzüncü Yıl Üniversitesi Zeve Kampusu yerleşim alanının Mühendislik Jeolojisi” Yüzüncü Yıl Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Van, Yüksek Lisans Tezi, 150s, Van, 2003.
- [11] Akın, K.M., Akın, M., Akkaya, İ., Özvan, A., Üner, S., Selçuk, L., Tapan, M., “*Mikrobölgeleme Çalışmasına Atlık Oluşturmak Üzere Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs Zemininin Dinamik Özelliklerinin Belirlenmesi*” *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 39 (1), 1-26, 2015.
- [12] Genç, D., “Zemin Mekaniği ve Temeller” *Jeoloji Mühendisleri Odası yayını*, Yayın no: 110, Ankara, 2008.

Extended Abstract

Introduction

Lake Van, which is 1648m above sea level, is subject to 4 - 5m level changes due to climate changes. However, it is known that water level has changed between -250m to +80m up to the present day, apart from these small level changes. The settlement area of Van and the north of Van consists of sediments with sand, silt and clay grain size including traces of lake sediments. These sediments have different thicknesses and show different engineering properties. In the geological process, both the rise in lake water and the tectonic events in the east of Lake Van was caused the stress conditions in the soil to change. This situation is thought to be effective on the geotechnical properties of soils. This region is under the influence of the Van Fault, and the stresses on the soil have been affected both by the stress of the overburden load pressure (as caused by lake level changes) and by the stresses caused by the fault of Van. In this study, it is aimed to observation of the relationship between geotechnical properties of the lake sediments which under different stress conditions and the geology of the region.

Material and Method

In this study, the physical and mechanical properties of the different clay levels in the Bardakçı region were investigated. For this purpose, in 6 different locations and different depths (up to 15m) were drilled and disturbed and undisturbed samples were collected from clay levels for laboratory tests. The physical properties (grain size, consistency limits, water content) and mechanical properties of the soil samples (cohesion and internal friction angle) were determined according to standards. By comparing the geological evolution of the region and the obtained laboratory data, the effect of the geological process on the physical and mechanical properties of soils were investigated.

Results and Discussion

In this study, geotechnical properties and geological structure of the soils in the Bardakçı region where near the Van Fault, which caused the Van earthquake of 2011, were investigated. In the samples taken from the SK-6 which on the hanging block of the Fault of Van, the cohesion was expected to increase due to the compression of fault. However, in this location, lower cohesion values were obtained due to the orientation in the soil texture formed by thrust fault. When the cohesion values that obtained from the boring in the hangingwall and footwall block of Fault of Van were examined, it was determined that the cohesion values decreased as they moved away from the footwall block.

As a result; One of the reasons for the different cohesion of soils in the region is the compression of the grains in the zone of the compressive zone of the Van fault. The second reason is the bonding of the grains with the water-dissolved carbonate, soda and salt in the diagenesis stage with the effect of bio-geochemical events such as carbonate precipitation, cation exchange and silicate degradation which develop together with sedimentation.

This situation shows the possibility that the grains will be bonded with carbonate and similar solvents with the level of evaporation in the area between SK-1 and SK-4 during the last regression of the lake. The third reason can be the overburden load pressures due to sediment or past lake water levels changes which is think more effective in areas close to the current coast. In this case, it was expected that there would be more overburden load pressure due to the water load along shore. However, in experimental results, lower cohesion values were obtained near the shore. The results of this study are preliminary results and it is recommended to support with more geotechnical data.