

Adapazarı Zeminlerinde Hassaslık Derecesinin Değerlendirilmesi

E. Arel¹

Yrd.Doç.Dr.
Sakarya Üniversitesi
Sakarya, Türkiye

A. Özocak¹

Yrd.Doç.Dr.
Sakarya Üniversitesi
Sakarya, Türkiye

ÖZET

İnce daneli zeminlerde yuğrulma sonucu kayma direncinde önemli düşüşler görülebilmektedir. Özellikle yapısı hassas olan killer örselenmemiş durumda yüksekçe dayanım gösterirken su muhtevası değiştirilmeden yuğrulup tekrar aynı birim hacim ağırlığa sıkıştırıldığında kayma direncinin belirgin ölçüde düştüğü indigi görülmektedir. Bu düşüşün ölçütü hassaslık derecesidir. Olağan koşullarda killerin hassaslık derecesi 2 ile 4 arasında değişirken 4-8 arasındaki değerler kilin orta derecede hassas olduğunu göstermektedir. 8'in üstündeki değerler akıcı killerin varlığına işaret etmektedir. Türkiye'deki killerin aşırı hassas olmadıkları ($St < 8$) bilinmektedir (Önalp, 2002). Bu araştırmada Adapazarı'nın farklı zemin sınıflarına sahip örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiş deney sonuçları değerlendirilmiştir. Bunun nedeni kentte deprem koşullarında sıvılaşma yanında zeminlerde tekrarlı yükleme sonucunda yaygın yenilme belirtilerinin gözlemlenmiş olmasıdır.

Çalışmanın Amacı

Önemli ölçüde deprem tehdidi altında yer alan Adapazarı kentinde farklı özellikteki zemin yelpazesinde yer alan düşük kayma direncine sahip zeminler deprem sırasında oluşan tekrarlı gerilmelerin etkisi ile önemli

ölçüde dayanım kaybına uğrayıp üzerindeki yapıların hasar görmesine meydan verebilirler. Bu çalışmada zeminlerin direncindeki düşüşün bir ölçütü olan hassaslık derecesinin Adapazarı zeminlerindeki büyüklüklerinin belirlenmesi ve farklı zemin tiplerine göre değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma Yöntemi

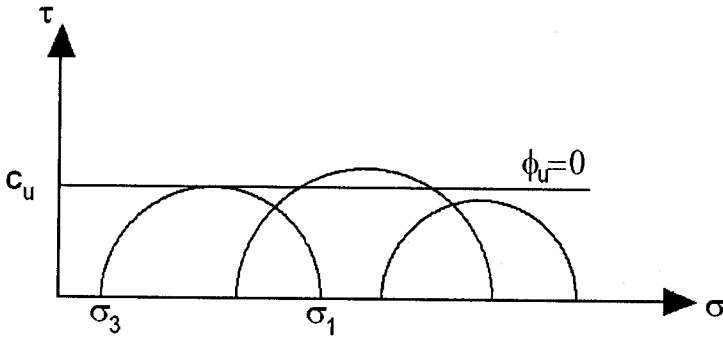
Bu çalışmada, 1999 Marmara depremi sonunda Sakarya Üniversitesi Geoteknik Anabilim Dalı'nca Adapazarı kentinde parsel bazında yürütülen zemin etüdü çalışmaları için laboratuvara getirilen numuneler kullanılmıştır. Araziden laboratuvara UD tüpü ile gelen numuneler 35 mm çaplı numune alıcıları ile çıkartılarak drenajsız kayma dirençleri ve elastisite modülleri bulunmuş ayrıca her bir numunenin TS1500/2000'e göre sınıflandırılması yapılmıştır. Bilindiği gibi ince daneli zeminlerin drenajsız kayma direnci parametresi (c_u) üç eksenli hücre kesme deneyi (UU), serbest basma deneyi (UC), cep penetrometresi veya cep kanatlı kesici (*vane*) ile bulunabilmektedir. Bu deneysel çalışma esnasında her numuneden iki veya üç adet 35 mm'lik örnek hazırlanmış ve bunlar UU deneyine tabi tutulmuştur. Kayma direnci belirlenmesinde üç eksenli deneyin serbest basma deneyine tercih edilmesinin nedeni silt içeren numunelerin çevre basıncı olmaksızın kendini tutabilme yeteneğinin azlığıdır. Çevre basınçları numunenin alındığı derinlik göz önüne alınarak seçilmiştir. En düşük çevre basıncında kesilen numune daha sonra yağrularak tekrar aynı numune alıcı içinde hazırlanıp çıkartılarak aynı çevre basıncında tekrar kesilmiştir. En düşük çevre basıncının seçilmesinin nedeni serbest basma deney koşullarına yakın kalma amacıdır. Sonuçta örselenmemiş numunenin drenajsız kayma direnci [$(c_u)_{\text{örselenmemiş}}$] ile yağrulmuş numunenin drenajsız kayma direnci [$(c_u)_{\text{yağrulmuş}}$] her bir numune için elde edilmiştir. Bu durumda hassaslık dereceleri

$$S_f = \frac{C_{u_{\text{örselenmemiş}}}}{C_{u_{\text{yuğrulmuş}}}} \quad (1)$$

olarak hesaplanmıştır.

UU deney prensibi

Konsolidasyonsuz-drenajsız üç eksenli (UU) hücre kesme deneyinde numune konsolidasyonuna izin verilmeden çabucak kesilir. Bu deney tipi bu nedenle “hızlı deney” (*quick test*) olarak da bilinmektedir. Konsolidasyon ve kesme aşamasında numuneden su çıkışına izin verilmediği için boşluk suyu basınçları yüksek seviyede kalmaktadır. Deney tipinin basitliği nedeniyle Türkiye’deki laboratuvarlarda gerçekleştirilen üç eksenli kayma direnci ölçümlerinin büyük çoğunluğu UU ile yapılmaktadır. Suyu doymun normal yüklenmiş killer için ideal olan UU deneyinde kesme aşamasında deviatör gerilmedeki artışlar tümüyle boşluk suyu basıncındaki yükselmeye karşılandığından çevre basıncındaki artış ile kayma direncinde bir artış olmayacak bir başka deyişle zeminin drenajsız kayma direnci esasta çevre basıncından bağımsız olacaktır. Dolayısıyla NL kilde kırılma dairelerinin çaplarının teorik olarak aynı olması ve kırılma zarfının yatay çizilmesi gerekmektedir (Şekil 1) (Önalp, 2002).



Şekil 1. UU deneyde $\phi=0$ kırılma zarfını gösteren Mohr daireleri

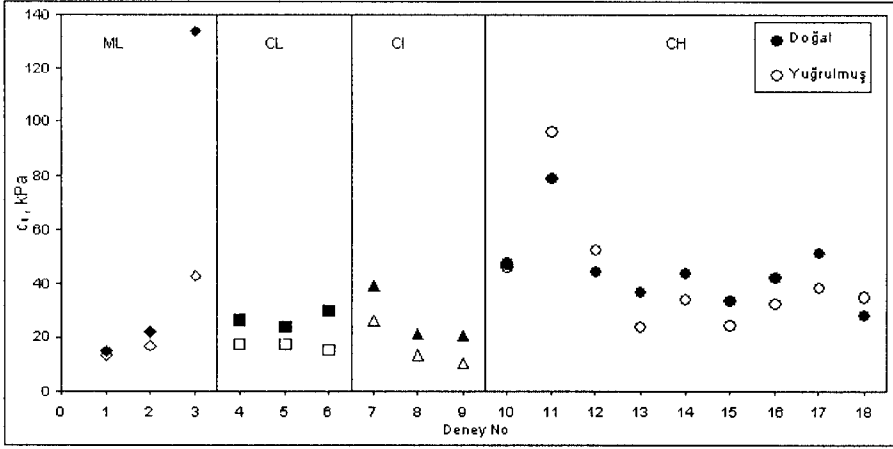
Deney Sonuçları

Tablo 1’de bu çalışma kapsamında TS1500/2000 uyarınca yapılan sınıflama sonuçları ile TS1900/1987 uyarınca yapılan UU deney sonuçları bir arada verilmiştir. Şekil 2’de ise yağrulmuş ve örselenmemiş numunelerin kayma dirençleri zemin cinsine göre gösterilmiştir. Tablodan hassaslık derecelerinin (S_c) en düşük 0.81 en yüksek 3.12 olduğu görülmektedir. Bununla birlikte maksimum 3.12 değerini göz önüne almadan hesaplanan hassaslık derecesinin ortalama 1.33 olduğu, yani bu zeminlerin düşük hassaslığa sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Tüm silt numunelerinde plastik limit ölçümü yapılamamasına rağmen Casagrande yöntemi ile likit limit tayini yapılabilmiş ve siltlerde likit limit yaklaşık aynı değerleri vermiştir. Siltler arasında farklı olan doğal su muhtevaları sıvılık indisinin farklılığına yol açmaktadır. Dolayısı ile 3 nolu numunenin hassaslık derecesinin 3.12 gibi diğer silt numunelere oranla yüksek bir değerde çıkmasının nedeninin bu silt numunesinin sıvılık indisinin (I_L) 1’den küçük, yani plastik- katı kıvamda bulunması olarak düşünülmektedir.

Tablo 1. Deneç sonuçları

Numune		TS1500/2000 sonuçları										iki veya üç numuneli UU deneç sonuçları						doğal			yuğrulmuş			hassaslık	
NO	z (m)	w _L	w _P	I _P	w _n	I _L	% FC	SINIF	e ₀	ρ _h	S _r	c _u	φ	E _u	PEN	c _u	E _u (MPa)	Şekil	c _u	E _u (MPa)	Şekil	S _r	E _w /E _{ud}		
1	2.5	K	26	0	0	34	1.31	64	ML	--	--	--	--	--	160	15	1.29	V	14	1.16	V	1.11	1.11		
2	2.5	k.Y	29	0	0	33	1.14	83	ML	0.9	18.4	98	48	1.8	75	22	1.68	K	17	1.45	V	1.32	1.16		
3	10	k.YG	26	0	0	24	0.92	89	ML	0.8	19.2	99	94	--	450	134	4.93	K	43	2.76	V	3.12	1.79		
4	2.5	K	33	19	14	30	0.79	80	CL	0.9	19.1	100	25	--	110	26	1.38	K	17	1.12	V	1.51	1.23		
5	4	G	34	21	13	29	0.62	67	CL	1.1	19	100	30	--	130	24	1.88	K	17	1.59	V	1.39	1.18		
6	2.5	K	31	20	11	36	1.45	88	CL	1	18.1	100	41	--	130	30	1.78	V	15	1.26	V	1.94	1.41		
7	2.5	Yk.G	41	18	23	35	0.74	92	CI	0.9	17.9	93	41	2.1	110	39	1.25	K	26	0.86	V	1.53	1.45		
8	2.5	K	48	26	22	41	0.68	100	CI	1.1	17.7	99	42	2.3	85	21	1.62	V	14	0.9	V	1.54	1.80		
9	2.5	Y	35	21	14	40	1.36	92	CI	1	18.6	100	20	1.6	140	21	1.47	V	10	0.9	V	1.96	1.63		
10	10	G	61	22	39	40	0.46	99	CH	1.1	18.3	99	67	4.1	140	48	2.48	K	46	2.31	V	1.03	1.07		
11	2.5	K	84	30	54	39	0.17	98	CH	1.1	18.8	100	81	--	170	79	6.02	K	96	4.65	K	0.82	1.29		
12	2.5	a.K	57	24	33	37	0.39	99	CH	1	18	100	64	--	130	45	2.74	K	53	2.33	V	0.84	1.18		
13	4	GY	51	25	26	40	0.58	100	CH	1.1	18.1	100	41	--	100	37	1.64	K	24	1.38	V	1.54	1.19		
14	2.5	a.K	68	26	42	43	0.40	99	CH	1.2	17.7	100	51	3.3	120	44	3.31	K	34	2.37	V	1.31	1.40		
15	2.5	GK.K	74	32	42	58	0.62	99	CH	1.4	17.4	100	36	--	100	34	2.37	K	25	1.46	K	1.37	1.62		
16	2.5	K	74	25	49	45	0.41	98	CH	1.2	17.3	99	50	4.1	85	42	3.29	K	33	1.51	K	1.29	2.18		
17	10	GY	64	22	42	36	0.33	97	CH	1.5	18	99	62	4.6	130	51	4.58	K	38	2.36	V	1.33	1.94		
18	2.5	GK	76	33	43	50	0.40	81	CH	1.4	17	--	21	2.9	85	28	2.24	K	35	2.21	K	0.81	1.01		

V: Varil şekilli, K: Kayma yüzeyi belirgin



Şekil 2. Yuğrulmuş ve örselenmemiş numunelerin kayma dirençleri

Düşük ve orta plastisiteli kiler (CL ve CI) birbirlerine yakın sonuçlar vermişlerdir. Her iki sınıf numunenin ortalama hassaslık derecesi 1.65 civarındadır ve yuğrulma sonucunda az da olsa bir direnç azalımı göstermişlerdir (Şekil 2). Yüksek plastisiteli kilerde (CH) ise yuğrulma sonucunda hassaslık derecesinin 9 numuneden 3'ünde 1'in altına indiği yani yuğrulmuş kayma direncinin örselenmemiş kayma direncinden büyük çıktığı görülmektedir (Şekil 2). Yağlı kilerde beklendiği gibi hassaslık derecesi ortalama 1.15 ile en düşük değeri vermiştir. Dolayısı ile yuğrulma etkisinin CH kilerde en az olduğu gibi ilginç bir sonuca varılmaktadır. Yüksek sıvılık indislerine karşın hassaslığın dikkati çekecek denli düşük çıkmasının da Adapazarı fluviyal kökenli silt ve kilerinde düşük aktiviteli kil minerallerinin varlığına işaret ettiği düşünülmektedir.

Numunelerin Yenilme Şekilleri

Bu çalışmada aynı zamanda doğal ve yuğrulma ile hazırlanan numunelerin kesildikten sonraki yenilme şekilleri de incelenmiştir. Tablo 1'de "V" simgesi kesme sonucu kayma yüzeyi belirgin olarak oluşmadan varillenmeyi, "K" simgesi ise numune kesildikten sonra en az bir kayma

yüzeyi boyunca yenildiğini göstermektedir. Doğal durumda kesilen 18 numunenin 4'ünde varillenme oluşurken, yağrularak oluşturulan numunelerin yenilme sonucu 14'ü varillenme göstermektedir. Bununla birlikte yağrulma sonucu 4 adet numunede oluşan kayma düzlemleri sadece CH sınıfını veren yağlı killerde gözlemlenmiştir. Buradan siltler ile düşük ve orta plastisiteli killerde yağrumanın bir yumuşama etkisi oluşturduğu söylenebilir. Doğal durumda zaten düşük kayma direnci değerleri veren bu tür zeminler deprem sonucunda oluşan tekrarlı gerilmelerin etkisi ile dayanımlarını önemli ölçüde azaltabilirler ve sonuç olarak üzerinde bulundukları binalarda hasara neden olabilirler. Nitekim 1999 Marmara depreminden sonra Adapazarı'nda zemin yumuşaması (*soil softening*), taşıma gücü kaybı ve özellikle siltli zeminlerde sıvılaşma sonucu bir çok bina kullanılamaz hale gelmiştir (Önalp ve diğ., 2001). Buna karşın Adapazarı'nın güney batı mahallelerinde (Mithatpaşa, Şirinevler ve Güllük) CH killer üzerinde yer alan yapılarda hasar dağılımının en az olduğu Bol (2003) tarafından gösterilmiştir.

Sonuç

Hassaslık derecesinin incelemesi yapılan Adapazarı zeminlerinde S_t değerinin 0.81 ile 3.12 arasında değerler aldığı ve ortalamasının 1.33 olduğu, dolayısıyla bu zeminlerin düşük hassaslığa sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Düşük ve orta plastisiteli killer (CL ve CI) birbirlerine yakın sonuçlar verirken yağrulmanın en az etkisi CH killerde olmaktadır. Yenilme sonrası numunenin şekline bakarak yapılan değerlendirmede de siltler ile düşük ve orta plastisiteli killerde yağrulmanın kesin yumuşama etkisi oluşturduğu söylenebilmektedir.

Teşekkür

Çalışmamıza destek veren Prof.Dr. Akın Önalp, Dr. Ertan Bol ve Dr. Sedat Sert'e teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. Bol, E., 2003, "Adapazarı Zeminlerinin Geoteknik Özellikleri", Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adapazarı.
2. Önalp, A., Arel, E., Bol, E., 2001, "A General Assesment of the Effects of 1999 Earthquake on the Soil-Structure Interaction in Adapazarı", Jubilee Papers in Honour of Prof. Dr. Ergün Toğrol, pp. 76-89, İstanbul, Türkiye.
3. Önalp, A., 2002, Geoteknik Bilgisi I - Zeminler ve Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Evaluation of Degree of Sensitivity in Adapazarı Soils

E. Arel¹

Assist.Prof., Dr.
Sakarya University
Sakarya, Türkiye

A. Özocak¹

Assist.Prof., Dr.
Sakarya University
Sakarya, Türkiye

ABSTRACT

Decrease of the shearing resistance can occur as a result of remoulding in fine grained soils. Especially, if sensitive clays are remoulded without changing the soil water content and compacted to same unit weight, their shearing resistance at undisturbed state will be observed to drop. The criterion of this decrease is degree of sensitivity. Under normal conditions the degree of sensitivity of clays changes between 2 and 4, while values between 4 and 8 show medium degree of sensitivity. Values higher than 8 indicate quick clays. It is known that clays in Turkey are not sensitive ($St < 8$). In this research test results which have been performed on the different soil types of Adapazarı have been evaluated. In Adapazarı soils the degree of sensitivity have been found to vary between 0.81 and 3.12, and its average is equal to 1.33, so it can be said that that these soils are of low sensitivity. Low and medium plasticity clays (CL and CI) give similar results while CH clays are affected the least by remoulding. After evaluating the yielded sample shapes it can be said that remoulding exposes softening effect in silts and low and medium plasticity clays.

