

İzmir Yöresinde Andezitlerin Bozunma Ürünü Killerin Oluşum Şekilleri ve Mühendislik Özellikleri

Formation features and engineering properties of the clays produced from the weathering of the andesites in Izmir and vicinity

Mehmet Yalçın KOCA Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova 35100 İZMİR

Öz

İzmir yöresinde andezit türü volkanik kayalar ve bunların ayrışma ürünü killer oldukça yaygın olarak bulunurlar. Andezitlerin malzeme özellikleri, bozunmanın derecesiyle değişmekte ve tamamen bozunmuş veya ayrışmış andezitlerden simektit grubu kil mineralleri oluşmaktadır. Andezitlerin bozunma ürünü olan killerin genelde iki şekilde oluştuğu arazi çalışmalarıyla belirlenmiştir. Birincisi, bir andezit lavı, kendisinden önce akan ve kısmen soğumuş olan (katılaşmış) lavı alterasyona uğratarak onu rezidüel zemin haline dönüştürmektedir. İkincisi, andezit içerisindeki süreksizlikler boyunca yeraltı suyunun ve atmosferik faktörlerin etkisiyle fiziksel ve kimyasal bozunma sonucunda andezit lavı, kil ve silt tane boyundan oluşan bir zemin haline gelmektedir. Süreksizlik zonları boyunca andezitin bozunma ürünü olarak gelişmiş simektit türü killerin yapısına su alarak şişmeleri, süreksizlik denetimli duraysızlıklara neden olmaktadır. Bunun sonucunda, soğuma çatlaklarının yüzeyleri boyunca çok düşük eğimlerde de ($20 \pm 2^\circ$) kil dolgululu süreksizliklerden itibaren kütle hareketleri gelişebilmektedir.

Bu makalede, Susuzdede Parkı, Osmangazi, Asansör taş ocağı şevlerinden ve İzmir metrosu derin tünel kazısının başlangıç noktasını oluşturan Yeşilyurt Nenehatun kuyusundan alınan andezitin bozunma ürünü dolgu zemin örneklerinin mühendislik özelliklerine ait deney sonuçları verilmiş ve bu tür zeminlerin eski taş ocaklarında ve yol yarmalarında yaratabileceği şev duraylılığı sorunları üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Andezit, bozunma, kil, makaslama dayanımı, stereografik izdüşüm tekniği

Abstract

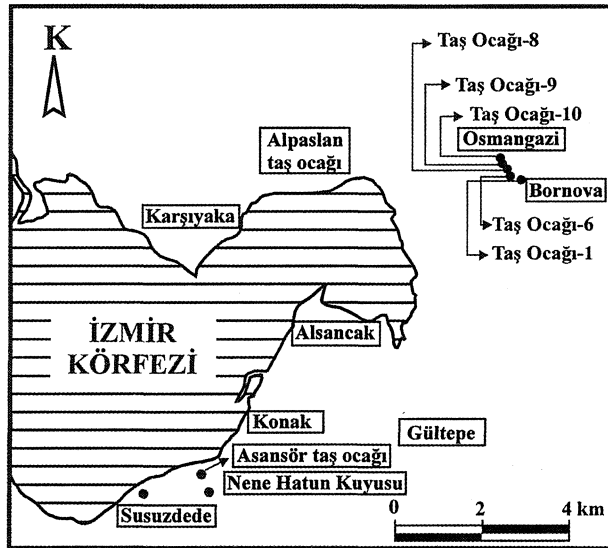
Andesitic volcanic rocks and their weathering products "clays" are highly widespread around Izmir. The material properties of andesites vary with their weathering grades. Smectite type clay minerals are formed in moderately and completely weathered andesites. The clays formed as a result of weathering are determined to have formed in two ways during the field observations. First, the andesitic lava alters the previously flown and partially solidified andesitic lava and a residual clay is formed. Secondly, the andesite is weathered by groundwater circulation through the discontinuities and by atmospheric factors, produce clay and silt. The smectite type clays formed as a weathering product, swell by taking water into their structure and developed instabilities controlling by the discontinuities. This may cause slope failures even at gentle slopes along the clay-filled cooling joints.

In this paper, the geomechanic test results of the clays formed from weathering of the andesite taken from Susuzdede Park, Osmangazi, Asansör Quarry and the Nenehatun Shaft of the Izmir Metro, are presented and the influence of such soil types on the stability of the abandoned quarries and road slopes, are discussed.

Key words: Andesite, clay, shear strength, stereo graphic projection technique, weathering

GİRİŞ

İnceleme alanı, İzmir Körfezi'nin güneyinde Hatay, Yeşilyurt ve Turgutreis semtlerinde, kuzeyinde de Osmangazi semtinde, yaklaşık 8 km²'lik bir alanda yüzeylenen andezitlerdeki bozunma zonlarını kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: İncelenen andezit taş ocakları ve tünel kuyusunun yer buldum haritası.

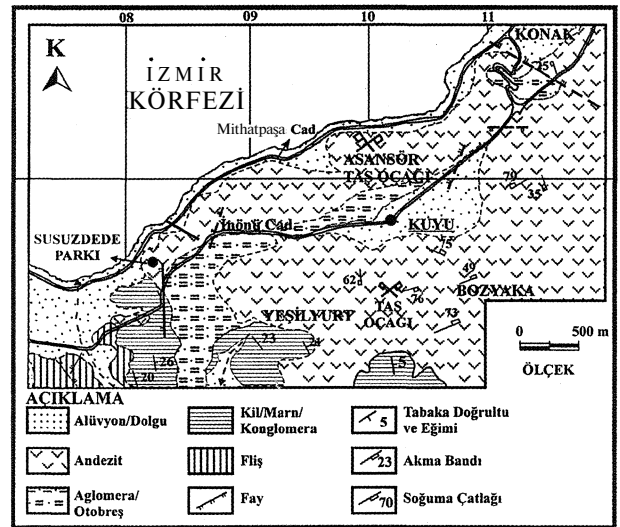
Figure 1: Location map of the studied andesite quarries and the tunnel shaft.

Bu alan ve yakın çevresinde günümüze değin volkanitler üzerinde değişik amaçlı araştırmalar yapılmıştır. Bunlardan Phillipson (1911), volkanitlerin petrokimyasını incelemiş ve andezitleri piroksen andezit olarak, Akartuna (1962) ise İzmir Kadifekale yöresindeki volkanik kayaları ayırtlamış ve andezitleri ojit-biotik-andezit olarak tanımlamıştır. Koca (1995), volkanitleri İzmir Körfezinin kuzeyinde ve güneyinde olmak üzere gruplandırmış ve andezitlerin bozunma derecelerine bağlı olarak fizikomekanik özelliklerinde meydana gelen değişimleri incelemiştir. Bu çalışmalarda, andezitlerde mevcut akma bantları, soğuma çatlakları ve tektonik kökenli süreksizliklerden itibaren andezitin yüzeysel bozunması sonucu oluşan killerin türleri ve oluşan kil gruplarının mühendislik özelliklerine değinilmiştir. Ayrıca, 1cm'den kalın süreksizlik dolgusu şeklinde gelişen andezitin bozunma ürünü killerin özellikle az pürüzlü düzlemsel yüzeylere sahip soğuma çatlakları boyunca ve süreksizliğin eğim yönünün şev dışına olması durumunda, çok düşük eğimlerde bile şev duraysızlıklarına neden olduğu belirlenmiştir. Bu gözlemi deneysel verileri de dikkate

olarak araştırmak amacıyla eski andezit ocaklarından, yarım şevlerden ve İzmir metro kuyusundan örselenmiş süreksizlik dolgusu zemin numuneleri alınarak konsolidasyonsuz-drenajsız ve konsolidasyonlu-drenajlı makaslama deneyleri yapılmış ve dolgunun makaslama dayanımı parametreleri saptanmıştır. Taş ocaklarında gözlenen kayma açılarıyla, dolgu kili numunelerinin içsel sürtünme açıları karşılaştırılmış ve andezitin bozunma ürünü olarak süreksizlikler boyunca oluşmuş killerden itibaren (özellikle aşırı yağışlar sonrasında) çok düşük süreksizlik eğimlerinde düzlemsel ve kama tipi kaymaların gelişebileceği ortaya konmuştur.

VOLKANİTLERİN JEOLJİSİ VE PETROGRAFİSİ

Geç Miyosen yaşlı andezitler (Akartuna, 1962), İzmir Körfezi'nin kuzeyinde ve güneyinde lavlar ve bunların piroklastikleri şeklinde oldukça geniş alanlar kaplamaktadır. Bu alanlara ait jeoloji haritası yazar tarafından 1/10.000 ölçekte hazırlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2: Çalışma alanının jeoloji haritası.

Figure 2: Geological map of the study area.

Andezitler genelde İzmir yöresinde Neojen tortul istif üzerine uyumsuz olarak gelirler. Körfezin kuzeyinde geniş andezit yüzleklerine rastlanırken, güneyinde yoğun yerleşim nedeniyle bu yüzlekler örtülü durumdadır. Andezitlerde derinliği 1.5-2 m'ye ulaşan yüzeysel bozunmanın yanı sıra, tektonik aktiviteyle ilgili makaslama çatlaklarıyla akma bantları ve soğuma yüzeyleri boyunca killeşmeler gelişmiştir (Koca, 1995). Grimsi

İZMİR YÖRESİ ANDEZİT ÜRÜNÜ KİLLERİN ÖZELLİKLERİ

siyah ve pembe andezitler, bozunma zonlarında sarımsı beyaz, sarımsı kahverengi renklidir.

Petrografik incelemelere göre andezitler porfirik yapı gösterirler. Fenokristallerini plajiyoklaz, hornblend, biotit, ojit ve %2'den az olmak üzere serbest kuvars oluşturmaktadır. Plajiyoklazlarda killeşme, serisitleşme ve karbonatlaşma, hornblendlerde epidotlaşma ve kloritleşme, biotitlerde kloritleşme, ojitlerde uralitleşme ve kloritleşme gibi bozunma ürünleri gözlenmiş, demir minerallerinin ise oksitlendikleri saptanmıştır.

YÖNTEM

Şekil 1'de yerleri gösterilen andezitin bozunma ürünü kil numunelerin X-ışını difraktogramları Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde, JEOL-JSDX-100S4 model difraktometrede çekilmiş ve elde edilen difraktogramlar incelenerek dolgu numunelerin kil grupları belirlenmiştir. Kil tipinin belirlenmesine yönelik olarak Asansör taş ocağından alınan ve X-ışın difraktogramı çekilen numune gliserine doyurulmuş hale getirilmiş ve $2\theta = 15^\circ$ 'ye kadar olan kesiminde tekrar çekim yapılmıştır.

Süreksizliklerin 5-7 cm kalınlığındaki dolgu malzemesinden alınmış killer üzerinde 11, siltli-killi kumlar üzerinde 4 adet olmak üzere, toplam 15 adet numunenin indeks özellikleri tayin edilmiştir. ASTM (1972a)'ye göre granülometri, ASTM (1972b) ve (ASTM) (1971)'ye göre ise kıvam limitleri deneyleri yapılmıştır. Andezit taş ocaklarında süreksizliklerdeki dolgu türüne bağlı olarak makaslama dayanımı parametrelerinin değişiminin saptanmasına yönelik olarak konsolidasyonsuz-drenajsız ve konsolidasyonlu-drenajlı makaslama deneyleri yapılmıştır. Deneyler ASTM (1979)'ye göre yapılmış olup, deney cihazı ile ilgili bilgiler Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1: Deneysel aletlerin özellikleri.

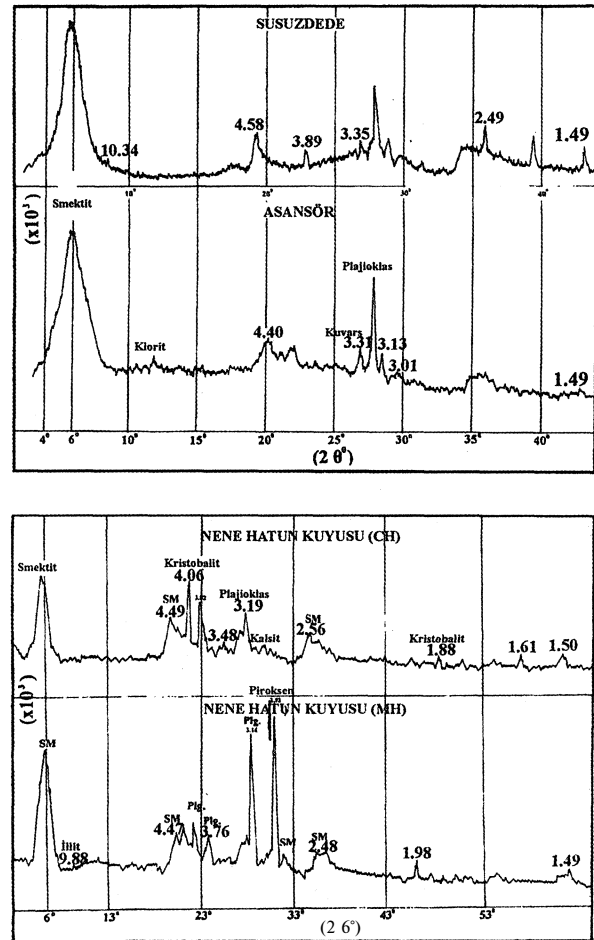
Table 1: Features of the experiment devices.

Adı	Deformasyon hızı değişimi		Yük halkası değişimi			
	Aralığı (mm/dak)	A-dedi	Aralığı (kg)	Adedi	Numune Boyutları (cm)	Deney Türü
Direkt Makaslama	0.0020	25	200	5	6x6x2	Drenajlı Drenajsız
Serbest sıkışma dayanımı	0.0006	25	200	5	-	-

Konsolidasyonlu-drenajlı deneylerden elde edilen makaslama dayanım parametrelerinin süreksizlik dolgusu kontrolündeki kaya şevlerinin uzun süreli duraylılık analizleri için gerekli olacağı düşünülmüştür. Örselenmemiş süreksizlik dolguları için drenajsız koşullarda 45 adet (15 adet yenilme zarfının elde edilmesi için), drenajlı koşullarda 12 adet (3 adet yenilme zarfının elde edilmesi için) olmak üzere değişik yük kademelerinde normal ve makaslama gerilim değerleri 18 adet yenilme zarfının tayini için kullanılmıştır. Nenehatun kuyusunda farklı derinliklerdeki dolgudan alınan kili ve siltli numuneler üzerinde de 11 adet serbest sıkışma dayanım deneyi yapılmıştır.

KİL MİNERALLERİ VE OLUŞUM MEKANİZMASI

Susuzdede, Asansör ve Nenehatun kuyusundaki andezitlerin çatlaklarındaki kil dolgularından örnekler alınarak X-ışını difraktometre çekilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: Süreksizlik dolgularından alınan kil boyutu malzemelerin tipik X-ışını difraktogramları.

Figure 3: Typical X-ray diffractograms of clay size fractions from the infilling material between discontinuity walls.

Dört adet örnek üzerinde X-ışını difraktometre çalışmaları yapılarak $d=15 \text{ \AA}$ 'da (001) yüzeyine ait maksimum pik elde edilmiş ve aynı nimeralin $d=1.49 \text{ \AA}$ 'da (060) düzlemlerinden X-ışınları saçınım yöntemiyle ölçülen d_{60} kalınlıkları esas katyon Al^{+3} olmak üzere montmorillonitlerde $1.49\text{-}1.50 \text{ \AA}$ arasında değiştiği bilinmektedir (Brown, 1961). Ayrıca, Velde (1994) tarafından $29=3^0\sim 3.5^0$ 'deki (d) mesafesi 17.6 \AA olarak tespit edilmiştir. Tüm bu veriler andezit bozunma ürünü killerin, simektit grubunda yer alan Ca-montmorillonit tipi killer olduğuna işaret etmektedir.

Bu tip killer geniş bazal aralıklara sahip ($14\text{-}17 \text{ \AA}$) oldukları için bünyelerine su alarak şişebilmekte ve suyunu kaybettiklerinde ise oldukça sert ve keskin yüzeylere sahip malzemeler haline dönüşebilmektedir. Arazi çalışmalarında andezitlerden türeyen simektit grubu killerin genelde iki şekilde oluştuğu gözlenmiştir. Birincisi, birden fazla volkanik aktivite sonucunda oluşan andezit lavları akarak üst üste gelmekte ve ilk fazla oluşmuş olan lavlar, bir sonraki fazda oluşmuş lavlar tarafından ısının etkisiyle alterasyona uğratılmaktadır. Burada mekanizma; akarak gelen kızgın lav bandının atmosferle temasta olan yüzeyleri hızlı soğumaya başlarken, hemen onun üzerine gelen ikinci kızgın lav bandı tarafından, yüksek sıcaklığın etkisiyle alttaki lav bandını altere etmesi şeklindedir. Önceden altere olmuş andezitler daha sonra yüzeysel koşullarda farklı derecede bozunmaya uğramışlardır. İki ayrı fazda oluşan ve üst üste gelen lavların dokanakları boyunca pişme zonları ve bu zonlarda kil minerallerinin oluştuğu gözlenmiştir. İkinci mekanizma ise, andezit kütlelerinin içerdiği süreksizlik zonları boyunca yeraltı suyunun dolaşımı ve atmosferik etkiler sonucunda andezitlerdeki süreksizliklerden itibaren kil minerallerinin oluşmasıdır (Şekil 4).

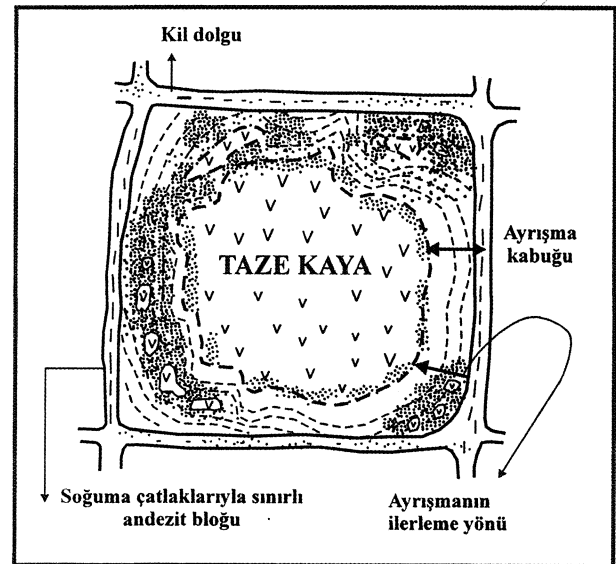
Kil dolguları likit limit değerlerinin $LL>50$ olması da bu killerin montmorillonitik olduğuna işaret etmektedir (Means ve Parcher, 1963). Orta derecede bozunmuş andezitler pembe, gri ve kahverenginin değişik tonlarında gözlenirken, tamamen kile dönüşmüş kesimlerde renk sarımsı beyaz, sarımsı kahverengi-tonlardadır.

DOLGU TÜRLERİ VE İNDEKS ÖZELLİKLERİ

Süreksizliklerin tipleri, açıklıkları, yeraltı suyu seviyesinin altında ve/veya üstünde bulunuşları, çatlaklarda oluşan dolguların yüzeye yakın olması durumunda çevre

kayaçların parçacıklarını içerip içermemeleri ve tektonik aktivite oluşan dolgu türlerini etkilemektedir. Ayrıca, dolgu kalınlığının (t), süreksizliğin pürüzlülüğünün dalga boyuna (a) oranının "1" ve daha yüksek değerlere erişmesi durumunda ($t/a>1$), süreksizliğin makaslama dayanımını dolgunun dayanım parametreleri kontrol etmektedir (Ladanyi ve Archambault, 1977).

Andezitlerdeki süreksizliklerin yüzeye doğru gidildikçe açıklıklarının arttığı tespit edilmiştir. Özellikle soğuma yüzeyleri için bu açıklıklar şev aynalarının tabanlarında $0,1\text{-}1 \text{ cm}$, şev üst yüzeylerinde $2\text{-}15 \text{ cm}$ kadardır. Fay zonlarında ise 25 cm 'ye kadar erişmektedir (Koca, 1995). $5\text{-}30 \text{ m}$ yüksekliğindeki şevleri olan Asansör taş ocağında, $15\text{-}25 \text{ m}$ yüksekliğindeki şevlerin gözlendiği Osmangazi taş ocaklarında, $10\text{-}18 \text{ m}$ şev yüksekliğine sahip Suzdede Parkı şevlerinde ve 33 m derinliğe sahip Nenehatun tünel kuyusunun (kuyu ağız kotu: 80.78 m) düşey profilinde yukarıda bahsedilen süreksizlik açıklıkları ölçülmüş ve şevlerin değişik seviyelerindeki açık çatlaklı soğuma ve makaslama zonlarındaki bozunma ürünü dolgudan TS (1975)'e göre 18 adet örselenmemiş zemin numunesi ve kenar uzunluğu $7\text{-}10 \text{ cm}$ ve $15\text{-}30 \text{ cm}$ olan küp biçiminde numuneler alınmıştır. Numune alımı sırasında kıl testere ve numunenin alttan kesilmesi için bıçak kullanılmıştır. Andezitlerin süreksizliklerinde gelişen dolgu zemin numuneleri iki gruba ayrılarak incelenmiştir.



Şekil 4: Andezitlerde süreksizlik yüzeylerinden itibaren ayrışma derecesinin ilerlemesini gösteren temsili şekil.

Figure 4: An illustration of the progressive weathering grade from the discontinuity walls in andesites.

İZMİR YÖRESİ ANDEZİT ÜRÜNÜ KİLLERİN ÖZELLİKLERİ

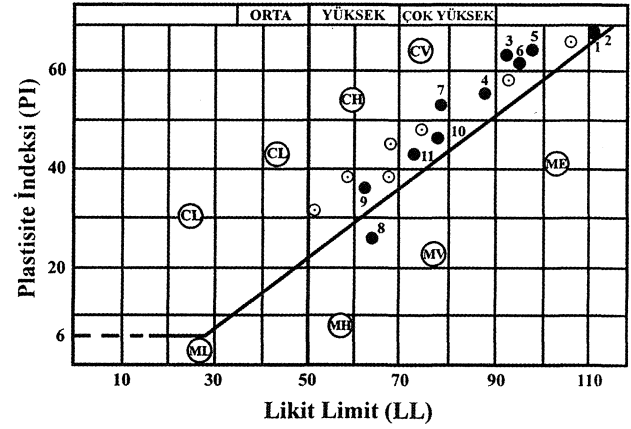
a) I. Grup zemin numuneleri

Yörede andezitleri çevreleyen kay aç türleri, killi kireçtaşı, kumtaşı, çakıltası gibi Neojen yaşlı tortullar ile Kretase yaşlı ve temeli oluşturan Bornova Karmaşığı'dır. Taşıma işlevi nedeniyle çevre kayaların parçacıkları, andezit bozunma ürünü olarak önceden oluşmuş kil, silt ve kum boyutu malzemeler içine karışmaktadır. Genellikle bu durum, şev üst yüzeyinden şev tabanına doğru olan ilk 4.5 m'de görülmektedir. Bu zonda, mekanik bozunma sonrası süreksizlik civarındaki ana kayaktan ayrılan ve kaba kumdan çakıl boyutuna kadar olan büyüklükte andezit parçaları da bulunabilmektedir. I. grup dolgu zemin numuneleri belirtilen nedenlerden dolayı şevlerin yüzeyden itibaren 0-4.5 m derinliğindeki çatlak dolgularından ve makaslama zoolarından alınmıştır.

Yeraltı suyu seviyesinin üzerinde, şev üst yüzeyine yakın açık çatlaklı soğuma ve makaslama zonlarından alınan numunelerde granülometri ve kıvam limitleri deneyleri yapılmıştır. Numunelerin düşük ve/veya non-plastik siltli kum (SM), kötü derecelenmiş kum-silt, kil kum (SC) karışımları ve %5'ten az çakıl içeren killi siltli kumlar olduğu yapılan zemin deneyleri sonucunda belirlenmiştir (Çizelge 2).

b) II. Grup zemin numuneleri

I. gruba nazaran daha derinlerden, genellikle yeraltı suyu seviyesinin altından örselenmemiş dolgu zemin numuneleri alınmış ve numunelere ait indeks özellikler ve kıvam limitleri deney sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Taş ocaklarında şev tabanına yakın kesimlerden, kuyuda ise yüzeyden itibaren 14-15'nci ve 30-32'nci metrelerden alınmıştır. II. Grup dolgu kil numunelerinin kıvam limitleri incelendiğinde; Susuzdede parkı ve Asansör taş ocağından alınan simektit grubu killerin likit limit değerleri 89-128, tünel kuyusundan ve Osmangazi taş ocaklarından alınan kil numunelerinkilerin ise 63-79 arasında değiştiği belirlenmiş olup, bunların CH-grubu inorganik killer olduğu görülmektedir (Şekil 5). Ayrıca tünel kuyusunun 14-15'nci metrelerinden alınan zemin numunelerinde likit limit değerlerinin 55-63, plastik limit değerlerinin 45-48 arasında olduğu (MH-grubu inorganik şiltler), 30-32'nci metrelerinden alınan kil örneklerinin ise diğer lokasyonlardan alınan örneklerle uyumlu olarak yüksek plastisiteli killer (CH) sınıfına girdiği belirlenmiştir (Şekil 5).



• : Drenajsız direkt makaslama deneyi yapılan numuneler (Undrained direct shear test specimens).

Şekil 5: Örneklerin plastisite abağındaki dağılımı.

Figure 5: Distribution of the specimens on the plasticity chart.

Nenehatun kuyusunda, kuyunun süreksizlik haritası yapılırken, kuyuda 60° kuzeye eğimli bir makaslama zonu varlığı tespit edilmiştir (Kıncal, 1996). Makaslama zonu boyunca ve zonu her iki yanından 1.5-2.0 m mesafeden olmak üzere andezitin bozunma ürününden örselenmemiş numuneler alınmış ve incelenmiştir. Makaslama zonu üzerinden alınan numuneler CH türü yüksek plastisiteli killer (LL=73-85), zonu her iki yanından alınan örnekler MH türü yüksek plastisiteli şiltler ve SM türü kumlardan (%16) oluşmaktadır. Tektonik aktiviteyle birlikte makaslamanın olduğu hat boyunca ezilme ve ufanma, hattını her iki yanına göre daha fazla gelişmiş ve kil oluşumu yeraltı suyunun da etkisiyle hat boyunca daha hızlı gerçekleşmiştir.

Belirtilen lokasyonlardan alınan numuneler üzerinde yapılan tek eksenli sıkışma deneyi A.S.T.M. (1979) standardına göre yapılmış ve sonuçlar Çizelge 2'de sunulmuştur. Çok yüksek plastisiteli Susuzdede ve Asansör killerinde serbest sıkışma dayanımının 34-100 kn/m², Nenehatun kuyusu ve Osmangazi killerinde ise 28-46 kn/m², arasında değiştiği belirlenmiştir. Kuyuda belirli derinliklerden (14-15'nci ve 30-32'nci metreler arasında) derinliğe bağlı olarak alınan numunelerde yapılan serbest sıkışma dayanımı sonuçları ayrıca Şekil 6'da grafik olarak sunulmuştur. Süreksizlik dolgusu killerin drenajsız makaslama dayanımını belirlemek için tek eksenli sıkışma dayanımı deneyleri yapılmıştır. 14-15'nci metrelerden alınan MH grubu inorganik şiltlerde bu değerlerin 22-34 kn/m², 30-32'nci metrelerden alınan CH grubu inorganik killerde ise 40-44 kn/m² arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 2: Dolgu numunelerine ait indeks özellikler ve dayanım parametreleri.
Table 2: Index properties and strength parameters of the infill samples.

Örnek Yeri	γ_n (kN/m ³)	G	LL (%)	PL (%)	PI (%)	W _n (%)	Uu Drenajsız Deney		Qu (kPa)	200 nolu elekten geçen	Zemin Grubu
							ϕ (°)	C (kPa)			
1 Susuzdede	15,4	2,69	128	44	84	0,81	8 ⁰	0,0	34	93	CH
2 Susuzdede	15,0	2,69	120	45	80	0,83	8 ⁰	0,0	38	90	CH
3 Susuzdede	18,2	2,67	93	30	63	0,29	21 ⁰	7,5	101	85,4	CH
4 Susuzdede	17,7	2,67	89	33	56	0,36	18 ⁰	10	93	86,0	CH
5 Asansör	17,8	2,68	98	31	67	0,63	20 ⁰	5,0	40	89,0	CH
6 Asansör	18,0	2,68	96	32	64	0,53	22 ⁰	17	48	92,0	CH
7 SHAFT Kuyu	18,2	2,67	79	26	53	0,43	24 ⁰	8,0	44	87,0	CH
8 SHAFT Kuyu	18,0	2,67	64	37	27	0,54	20 ⁰	20	32	84,0	MH
9 Osmangazi 9-nolu Ocak	16,7	2,68	63	27	36	0,61	13 ⁰	8,0	28	78	CH
10 Osmangazi 9-nolu Ocak	17,3	2,68	74	32	42	0,74	16 ⁰	10	46	81	CH
11 Alpaslan Taşocağı	16,3	2,68	78	31	47	0,65	14 ⁰	12	42	76	CH
						X +/-SD	18,5+/-3,5	10,8+/-4,82			
12 Susuzdede	17,8	2,67				0,18	45 ⁰	19			SC
13 Susuzdede	17,3	2,67				0,24	38 ⁰	39			SC
14 Asansör	18,7	2,67				0,32	40 ⁰	28			SC
15 Alpaslan	18,3	2,69				0,31	37 ⁰	20			SM
						X +/-SD	40+/-3,55	26,5+/-9,25			

γ_n = Doğal birim hacim ağırlık,

q_u = Tek eksenli sıkışma dayanımı,

G = Özgül Ağırlık,

c ve ϕ = Konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) deneylerden elde edilen makaslama dayanımı parametreleri

LL = Likit limit,

PL = Plastik limit,

PI = Plastisite indisi

CH-grubu inorganik killerde q_u değerlerinin MH grubu inorganik şiltlerden daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 6). Bu durum bozunma sonucu oluşan malzemelerin tane boyutu, doğal su içeriği ve kil mineralojisi ile ilgilidir. II. grup zemin numunelerinin likit limit değerlerinin yüksek ve/veya çok yüksek olması (LL=63-128), bunların bünyelerine çok miktarda su alarak şişebileceğine işaret etmektedir. Simektit grubu montmorillonit türü killerin özellikle yağışlı mevsimlerde yapılarına su alarak şişmeleri, süreksizlik düzlemleri boyunca dayanımı azalmakta ve değişik tipte kütle hareketlerine sebep olmaktadır.

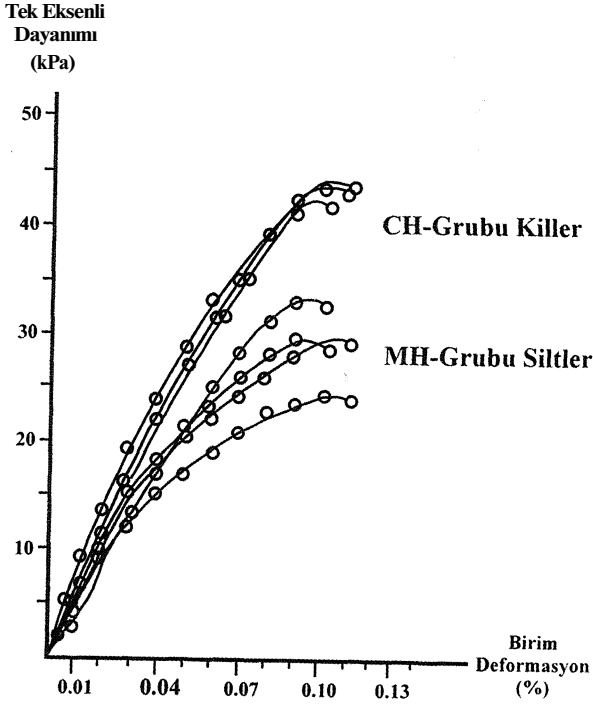
DOLGU ZEMİNLERİN MAKASLAMA DAYANIMI

Bu çalışma kapsamında makaslama dayanımı deneylerinin yapılmasındaki birincil amaç; andezit taş ocaklarında süreksizliklerdeki dolgu türüne bağlı olarak makaslama dayanımı parametrelerinin değişimini deneysel olarak saptamak ve elde edilen bu değerlerle, andezit taş ocaklarında önceden gerçekleştirilmiş kaymaların stereogra-

fik izdüşüm teknikleri kullanılarak yapılan analizleriyle belirlenmiş dayanım parametrelerinin karşılaştırılmasını yapmaktır. Diğer bir amaç ise; drenajsız-hızlı deneylerden elde edilen dayanım parametreleriyle konsolidasyonlu-drenajlı makaslama deneylerinden elde edilen dayanım parametrelerini karşılaştırmak, uzun ve kısa dönemli şev duraylılığı çalışmaları için gerekli olan bu parametrelerin değişim aralıklarını belirlemektir. İzmir içi ve çevresindeki andezit taş ocaklarından ve İzmir metrosu derin tünel hattının başlangıcını teşkil eden Nenehatun kuyusundan alınan SM-SC türü şiltlerde ve CH-türü killerde hızlı deneyler ve sadece CH türü killerde de konsolidasyonlu drenajlı deneyler yapılmıştır. Deney sonuçlarından elde edilen makaslama dayanım parametrelerinin; bu tür dolgu zeminlerin kontrol ettiği süreksizlikleri içeren andezit yarma şevlerinin kısa ve uzun dönemli duraylılık analizlerinde kullanılabilmesi düşünülmüştür. Bu amaçlarla, süreksizlik dolguları için drenajsız koşullarda 3, değişik yük kademesinde 45 adet,

İZMİR YÖRESİ ANDEZİT ÜRÜNÜ KİLLERİN ÖZELLİKLERİ

drenaj h koşullarda 4 değişik yük kademesinde normal ve makaslama gerilimi değerleri 18 adet yenilme zarfının tayini için kullanılmış ve elde edilen makaslama dayanım parametreleri Çizelge 2 ve 3'de sunulmuştur.



Şekil 6: Nenehatun kuyusundan alınmış dolgu zemin örnekleri için % Birim Deformasyon-Serbest Sıkışma Dayanım grafikleri.

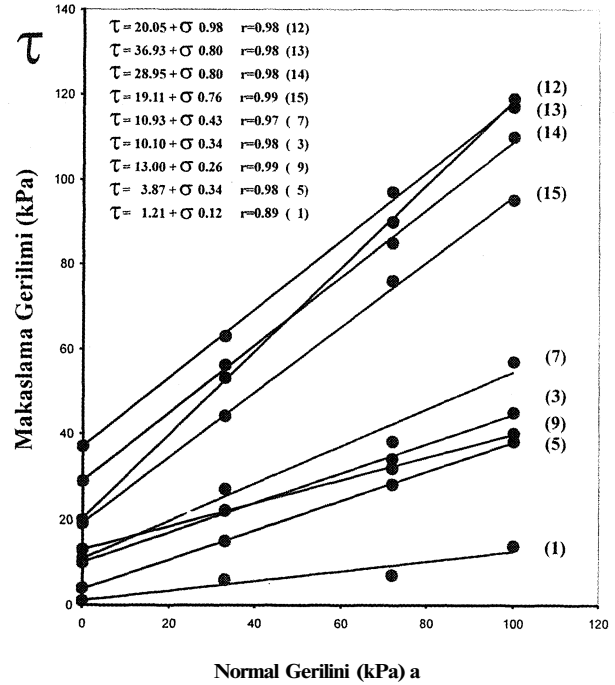
Figure 6: The uniaxial compressive strength and strain curves for the soil samples taken from the Nenehatun shaft.

Konsolidasyonsuz-Drenajsız Makaslama Deneylei

Drenajsız koşullarda yapılan bu deneylerden 1,3,5,7,12,13,14 ve 15 nolu olarak Çizelge 2'de indeks özellikleri belirtilen bozunma ürünü süreksizlik dolgularının yenilme zarfları aynı numaralarla Şekil 7'de gösterilmiştir. 1,3,5 ve 7 nolu yenilme zarfları CH türü killere, 12,13,14, ve 15 nolu olanlar killi siltli kumlara aittir. CH türü killerde içsel sürtünme açısı $16.7 \pm 5.4^\circ$ kohezyon değeri ise 0-20 kp arasında olup, ortalama değer 8.8 ± 6.1 kpa'dır (Çizelge 2). Siltli killi kumlarda makaslama dayanımı parametreleri nispeten daha yüksektir. İçsel sürtünme açısı değerleri $37-45^\circ$, kohezyon değerleri ise 19-39 kpa arasında değişmektedir (Çizelge 2).

Yüzeye yakın kesimlerde, süreksizlik açıklığına bağlı olarak değişik miktarda çevre kayalara ait parçacıklar ve mekanik bozunmayla sonrası süreksizlik civarındaki ana

kayadan ayrılan parçalar taşınarak süreksizlik açıklıklarına gelmektedir. Ayrıca, yüzey koşullarında kimyasal bozunmayla birlikte andezit kayasından itibaren zemin oluşumu da başlamakta ve bozunma dışarıdan içeriye doğru ilerlemektedir (Şekil 4). Bu süreç içinde bozunma zonunda kayanın tamamı ayrılmamakta, kayaya ait sert kısımlar, kayaç parçaları kum boyutunda kalabilmektedir. Bu kırıntılar, dolgu zemin numunesinin makaslama dayanımını artırıcı bir rol oynamaktadır. Bu bakımdan yüzeye yakın kesimlerdeki süreksizlik dolgularında içsel sürtünme açısı değerleri yüksek çıkmıştır. ($\theta = 37-45^\circ$).



(12), (13) ve (14) nolu yenilme zarfları (SC) Susuzdede Parkı (15) nolu yenilme zarfı (SM) Osmangazi Taşocağı (7) nolu yenilme zarfı (CH) Nenehatun Kuyusu (3) nolu yenilme zarfı (CH) Susuzdede Parkı (9) nolu yenilme zarfı (CH) Osmangazi Taş Ocağı (1) nolu yenilme zarfı (CH) Susuzdede Parkı (CH) Yüksek Plastik Killer, (SC) Killi Kum, (SM) Siitli Kum

Şekil 7: İzmir içi ve çevresindeki taş ocaklarından ve Nenehatun kuyusundan alınan süreksizlik dolguları için drenajsız koşullarda yenilme zarfları.

Figure 7: Failure envelopes in undrained conditions for the fill materials taken from the quarries and Nenehatun shaft in and around İzmir city.

Konsolidasyonlu - Drenajlı Deneylei

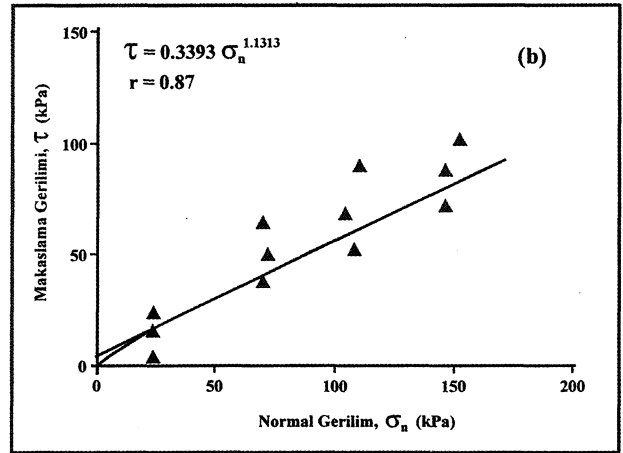
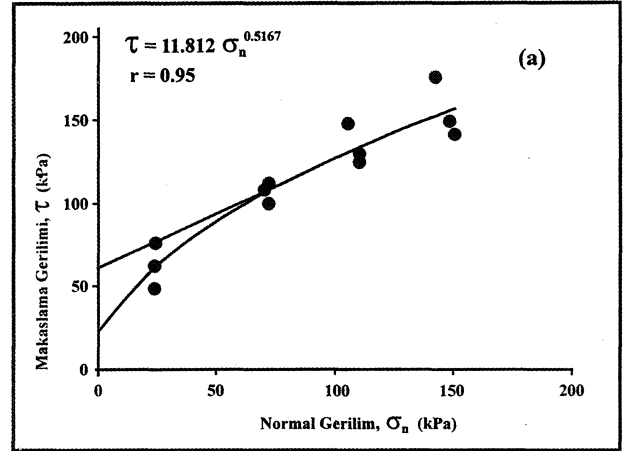
Konsolidasyonlu - drenajlı deneylerden elde edilen doruk (pik) ve artık (rezidüel) makaslama dayanımı parametreleri montmorillonit türü yüksek plastisiteli (CH) Asansör ve Susuzdede killerine aittir. Artık makaslama kapasiteli ve deformasyon kontrollü zemin makaslama

cihazı kullanılarak gerçekleştirilen konsolidasyonlu drenajlı makaslama deneyleriyle tayin edilmiş 12 adet normal ve makaslama gerilimi değerleri yenilme zarflarının tayini için ayrıca değerlendirilmiş ve bu değerlendirmede doğrusal (Coulomb) ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilen eğrisel yenilme ölçütleri kullanılmıştır. $\tau = A(\sigma_n)^B$ Eşitlik-1

Yukarıdaki eşitlikte, A ve B değerleri eğrisel yenilme zarfının sabitlerini, a n ise yenilme yüzeyi boyunca etkiyen efektif normal gerilimi ifade etmektedir.

Yüksek plastisiteli bozunma ürünü killerin doruk ve artık makaslama dayanımı parametrelerinin tayini amacıyla tüm test sonuçları birlikte değerlendirilerek yenilme zarfları doğrusal ve geometrik regresyon analizleriyle belirlenmiş ve sonuçları Çizelge 3'te sunulmuştur. Her iki ölçüte göre elde edilen yenilme zarfları artık değerler için yaklaşık 65 kPa, doruk değerler için ise 25 kPa gibi düşük bir normal gerilim değerinden sonra hemen hemen çıkışmaktadır (Şekil 8).

Bu zarflardan belirlenen makaslama dayanımı parametreleri arasında ihmal edilebilecek ölçüde farklılık bulunmaktadır. Ayrıca, doğrusal regresyon analizleriyle hesaplanan korelasyon katsayıları (Çizelge 3) geometrik regresyon analizi ile elde edilen değerlere oranla daha yüksek olup, söz konusu bozunma ürünü killerin makaslama dayanımının Coulomb eşitliğiyle verilmesi daha uygun olacaktır. Bununla birlikte, şev duraylılığı açısından önem taşıyan artık makaslama dayanımı parametreleri, her örnek seti için doğrusal regresyon analizleriyle ayrı ayrı hesaplanmıştır. Buna göre, artık kohezyonun (c) 0 ile 22 kPa, içsel sürtünme açısının (ϕ) ise 22° ile 30° arasında değiştiği anlaşılmıştır.



Şekil 8: Bozunma ürünü killeri için doğrusal ve doğrusal olmayan yenilme zarfları

- a) Doruk makaslama - normal gerilim ilişkisi.
b) Artık makaslama - normal gerilim ilişkisi

Figure 8: Linear and non-linear failure envelopes of the clay weathering products

- a) Peak shear versus normal stress.
b) Residual shear versus normal stress.

Çizelge 3: Konsolidasyonlu-drenajlı makaslama testlerinin istatistiksel sonuçları

Table 3: Result of the statistical consolidated-drained soil shear tests.

	Doğrusal Regresyon $\tau = c + \sigma \tan \phi$			Geometrik Regresyon $\tau = A + \sigma_n^B$	
	ϕ (°)	c (kPa)	r	Makaslama Dayanımı	r
Doruk	30	32	0,97	$\tau_p = 2,116 \sigma_n^{0,537}$	0,96
Artık	26	10	0,94	$\tau_p = 0,41 \sigma_n^{0,80}$	0,90

r = Korelasyon katsayısı.

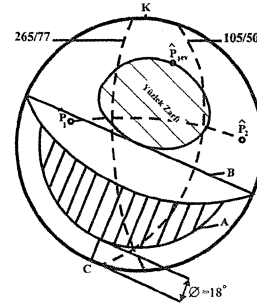
İZMİR YÖRESİ ANDEZİT ÜRÜNÜ KİLLERİN ÖZELLİKLERİ

KİNEMATİK ANALİZLER

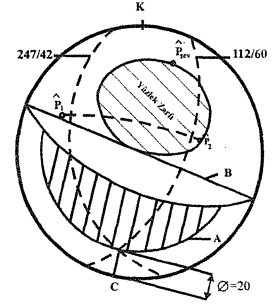
Şev çalışmalarında genellikle ihmal edilen ayrıntılı bir veri kaynağı sahada gözlenebilen gerçek şev duyar-sızlıklarıdır. Şev kaymalarıyla ilgili olarak Susuzdede, Asansör, Osmangazi-6 nolu taş ocaklarında önceden kaymış şevlerin geriye dönük analizleri yapılarak kayma düzlemlerinin eğim açıları tespit edilmiştir. Düzlemsel ve kama tipinde meydana gelmiş kütle hareketlerinde kaymaların süreksizliğin hangi eğim değerinde gerçekleştiğini belirlemek için stereografik izdüşüm teknikleri kullanılmıştır. Kayma düzleminin eğim değerleri pürüzlü yüzeylere sahip tektonik kökenli süreksizliklerde $38\pm 5^\circ$, düz-az ondülasyonlu soğuma çatlaklarında ise $20\pm 2^\circ$ 'dir. (Koca ve Aydan, 1996). Kama tipi kütle hareketlerinde arakesit boyunca gerçekleşen kaymaların stereografik izdüşüm analizleri Şekil 9'da sunulmuştur. Kil dolgululu, açık çatlaklı ($d > 5$ mm) soğuma yüzeylerinin oluşturduğu kama tipi duraysızlıklarda süreksizliklerin kesişme hattı boyunca kaymalar $18-26^\circ$ arasında gerçekleşirken, ince kil dolgululu ($d=1-3$ mm) ve/veya dolgusuz kapalı çatlakların oluşturduğu kamalarda arakesitin dalım açısı $32-46^\circ$ arasında değiştiği projeksiyon teknikleriyle yapılan analizlerden belirlenmiştir (Şekil 9). Tektonik kökenli bir süreksizliğin ve/veya akma bantları gibi pürüzlü yüzeylere sahip süreksizliklerin oluşturduğu kamalarda arakesitin dalım açısı; İzmir içi ve yakın yöresinde mevcut 56 andezit taş ocağında yapılan ölçümler ve projeksiyon teknikleriyle belirlenmiş ve $53\pm 3^\circ$ olarak bulunmuştur (Koca, 1995).

Bu çalışma kapsamında, açık çatlaklı ($d > 5$ mm), genellikle kil dolgululu soğuma yüzeyleri ele alınmış ve değerlendirilmiştir. Bu süreksizlik yüzeylerinin açılacak şevlerde şev düzlemini kesmesi ve/veya oluşturdukları kamaların arakesitlerinin şev düzleminde yüzlek zarfı (daylight envelope) oluşturması düşük açılarda da bu süreksizlikler boyunca şev stabilitesi problemlerinin meydana gelebileceğine işaret etmektedir. Ayrıca, soğuma yüzeylerinin kil dolgu içerip içermemeleri, yeraltı suyu, artık ve yüzey sularının etkisinin olup olmaması soğuma yüzeyleri boyunca önceden meydana gelen kaymalarla ilgili süreksizlik eğimi değer aralığını ($18-45^\circ$) genişletmektedir.

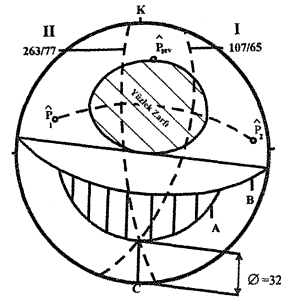
OSMANGAZİ Taş Ocağı-6



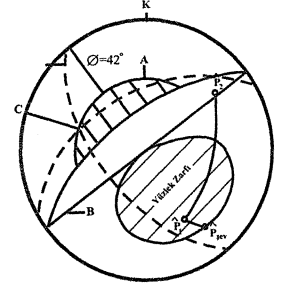
ASANSÖR



SUSUZDEDE



ASANSÖR



P: Kutup noktası, 0: İçsel sürtünme açısı, B: Şev düzleminin büyük dairesi, A: Stabilité açısından riskli bölge.

Şekil 9: Soğuma yüzeylerinin oluşturduğu kaya kamalarının yenilme durumu ve süreksizliklerin kinematik analizlerinden elde edilen arakesitin eğimi ve eğim yönü.

(a) Açık çatlaklı kil dolgululu soğuma yüzeyleri için kinematik analiz ($d > 5$ mm), (b) İnce kil dolgululu kapalı çatlaklara sahip soğuma yüzeyleri için kinematik analiz ($d = 1-3$ mm).

Figure 9: Dip and dip direction of the line of intersection obtained from cinematic analysis of the discontinuities and condition of wedge failure formed by cooling surfaces.

(a) Cinematic analysis for the cooling and open joints with clay filled ($d > 5$ mm), (b) Cinematic analysis for the clay filled cooling surfaces, thin clay filled ($d=1-3$ mm.)

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İncelenen şevlerin tabanına yakın kesimlerinde, Nenehatun kuyusunun yüzeyden itibaren ilk 4.5 metreden sonraki derinliklerde, İzmir metrosu derin tünel güzergahı boyunca, yeraltı suyunun etkisi altında bulunan andezitlerin kayadan itibaren kil oluşumu (% olarak kil miktarı) yüzeye nazaran daha hızlı gelişmiştir. Bu seviyelerden alınan numunelerde 200 nolu elekten ağırlıkça geçen ince taneli malzeme miktarı %76-93 olarak gerçekleşirken, yüzeye yakın kesimlerden alınan dolgu zemin örneklerinde bu oran %32-42.3 mertebesindedir. Kayadan itibaren dolgu zemin oluşumunda, ayrışma ne kadar ileri derecede ise plastiklik o derece artmaktadır. Burada, ayrışmayı hızlandıran parametrelerin başında suyun varlığı gelmektedir. Diğer bir parametre tektonik hareketlerdir. Yeşilyurt Nenehatun kuyusunda 60° kuzeye eğimli bir makaslama zonunda, direkt makaslamanın geliştiği zon boyunca oluşan dolguların CH türü killerden, zondan 1.5-2.0 m uzaktan alınan numunelerin daha

çok kırıntılı malzeme içeren MH türü inorganik, yüksek plastisiteli şiltlerden oluştuğu belirlenmiştir. Burada esas makaslamanın gerçekleştiği hatta, kil boyutundaki malzemenin daha fazla olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Konsolidasyonsuz-drenajsız deneylerden elde edilen makaslama dayanımı parametreleri CH türü killeri için $0_u=8-24^\circ$ $c_u=0-20$ kPa arasında değişmektedir. Doğal su içeriği $\%w_n>0.80$ olan çok yüksek plastisiteli Susuzdede killlerinde bu değerler $0_u=8^\circ$, $c_u=0$ kPa mertebesindeyken, doğal su içeriği $\%w_n=0.29-0.63$ olan örnekler üzerinde yapılan hızlı deneylerden elde edilen makaslama dayanım parametreleri $0_u=18.5\pm 3.5^\circ$, $C_u=10.8\pm 4.8$ kPa olup, sıfıra yakın kohezyon ve oldukça düşük içsel sürtünme açısına sahiptirler. Bu parametreler, kil dolgulu süreksizlik içeren yarma şevlerin temel kazılarının kısa dönemli duraylılıkları analizlerinde kullanılmaktadır. Taş ocaklarının uzun dönemli duraylılık incelenirken (kil dolgulu soğuma çatlaklarının kontrolündeki kütleler için) kullanılan makaslama dayanım parametreleri, konsolidasyonlu-drenajlı deneylerden elde edilen artık (rezidüel) makaslama dayanım parametreleridir (c_r ve 0_r). Susuzdede ve Asansör taş ocağı killlerinde yapılan deneylerden elde edilen artık makaslama dayanımı parametreleri $c_r=0-22$ kPa, $0_r=22-30^\circ$ arasındadır. Tüm deney sonuçlarının birlikte değerlendirilmesinden elde edilen artık makaslama dayanım parametreleri $C_r=10$ kPa, $0_r=26^\circ$ 'dir. Doruk değerler ise $c_p=32$ kPa, $0_p=30^\circ$ olarak belirlenmiştir.

X-ışını difraktometre çalışmaları sonucunda andezit bozunma ürünü killerin simektit grubu montmorillonit türü killeri olduğu belirlenmiştir. Bu tür killeri şişebilme özelliğine sahiptir. Montmorillonitlerin yapılarına su alarak şişmeleri süreksizlik düzlemlerinde kayaç-kütle dayanımını azaltan gerilimlere neden olmaktadır. Şişme, süreksizliklerin açılmasına ve süreksizlik dayanımının düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca, birbirine yaklaşık dik konumda gelişen hafif pürüzlü-düzlemsel soğuma yüzeyleri andezit taş ocaklarında ve yarma şevlerde blok oluşumunu sağlar. Blok oluşturan soğuma yüzeylerinden şev düzlemini kesmesi ve bu yüzeyin kil dolgulu olması durumunda, süreksizlik düzlemi boyunca kaymanın çok düşük açılarda da ortama $20\pm 2^\circ$ gerçekleştiği yapılan kinematik analizlerle belirlenmiştir. Soğuma yüzeyleri boyunca kaymaların çok düşük açılarda gerçekleşmesinin iki önemli nedeni bulunmaktadır. Birincisi; soğuma yüzeylerinin az pürüzlü-düzlemsel yüzeylere sahip olmasıdır (Koca ve Aydan, 1996). Bu yüzeyler boyunca dolgu kalınlığının (t) süreksizlik dalga boyuna (a) oranının $\gg 1$

olması, 0.5 cm'den daha az kil dolgu kalınlığında da bu yüzeylerde t/a oranları ≥ 1 değerlerine erişmektedir. Diğer bir ifadeyle, çok ince kil dolgulu ($t < 1$ cm) soğuma çatlağı yüzeyleri boyunca meydana gelen kaymalarda, kil dolgunun makaslama dayanımı parametreleri kayma anında etkili olabilmektedir. İkincisi, süreksizlik dolgusunu oluşturan andezitin ayrışma ürünü montmorillonit türü yüksek plastisiteli (CH) killerin artık (rezidüel) makaslama dayanımı parametrelerinin çok düşük mertebelerde olmasıdır ($c_r=0-22$ kPa, $0_r=22-30^\circ$).

Bozunma ürünü killeri dolgu malzemesi olarak yer aldığı süreksizlikler boyunca meydana gelen kaymalarda, süreksizliklerin konumlarına, tipine (soğuma çatlakları, akma bantları, makaslama zonları gibi tektonik kökenli süreksizlikler), dolgu kalınlıklarına ve cinslerine göre farklı açılarda geliştiği belirlenmiştir. Kil dolgulu soğuma yüzeylerinde kaymalar $20\pm 2^\circ$ 'de gerçekleşirken, pürüzlü-ondülasyonlu yüzeylere sahip akma bantlarında $38\pm 5^\circ$ 'de gerçekleşmektedir. Kayma anında, ikinci derece pürüzlülükler bozunma ve düşey efektif yüklerin tesiriyle etkisini kaybetmekte, birinci derece pürüzlülüğü oluşturan ondülasyonlar etkili olmaktadır. Ondülasyon cepçerinde kil dolgular gelişmesine karşın, kalınlıkları süreksizlik duvarlarının birbirine temasını engelleyecek ölçüde değildir. Bu bakımdan kaymaların düşük açılarda gerçekleştiği kil dolgulu soğuma yüzeyleri boyunca gelişen düzlemsel kaymalar ve kaya kamaları dikkate alınmış ve değerlendirilmiştir.

Andezit taş ocağı şevlerinde kaymalar önceden gerçekleştiği için soğuma yüzeylerinde mevcut kil dolgular yağışlarla yıkanıp ortamdan uzaklaşmaktadır. Bu nedenle kaymanın gerçekleştiği süreksizlik düzlemi üzerinde kil dolgular gözlenememekte ve/veya kalıntı kil dolgular şeklinde oyuklarda (gözleneklerde) bulunmaktadır. Araziye soğuma yüzeyleri üzerinde yapılan (kil dolgusuz) tilt deneyleri ise yüksek kayma açısı ($36\pm 2.86^\circ$) vermektedir (Koca, 1995). Yerinde yapılan bu gözlem ve deneylerle, soğuma yüzeyleri boyunca meydana gelen düşük açılı düzlemsel kaymalarda kayma düzleminin eğim açısının ($20\pm 2^\circ$) olduğu tespit edilmiştir. Kaymanın bu açılarda gerçekleşmesinde süreksizlik yüzeyi boyunca mevcut kil dolguların dayanım parametreleri rol oynamıştır. Bu bakımdan soğuma yüzeyi boyunca kaymayı kil dolgunun dayanım parametreleri kontrol ettiği düşünülerek, gerçek kayma açısı değerleriyle konsolidasyonlu-drenajlı deneylerden elde edilen artık içsel sürtünme açısı değerleri karşılaştırılmıştır.

İZMİR YÖRESİ ANDEZİT ÜRÜNÜ KİLLERİN ÖZELLİKLERİ

Andezit taş ocaklarında stereografik izdüşüm tekniğiyle belirlenmiş soğuma yüzeyleri boyunca gerçekleşmiş kaymalardan ölçülen açılal değerler 18-25° arasında olup, ortalama değer $20\pm 2^\circ$ olarak bulunmuştur. Bu kayma açısı değeri, andezitin bozunma ürünü dolgu killeri üzerinde yapılan hızlı deneylerden elde edilen sürtünme açısı değerlerinin üstünde, konsolidasyonlu-drenajlı deneylerden elde edilen artık içsel sürtünme açısı değerlerinin altındadır. Artık değerlerin değişim aralığının 22-30° olduğu göz önüne alınırsa, bu değerlerin gerçek kaymalardan elde edilen değerlerle (18°-25°) uyumlu olduğu söylenebilir. Gerçek kayma açısı değerlerinin artık sürtünme açısı değerleriyle kısmen uyumlu olmasına karşın, daha düşük olması; yağışlar sonrasında montmorillonit türü killerin yapılarına su alarak şişmeleri ve sonuçta kayaç-kütle makaslama dayanımını azaltan çekme gerilmelerinin oluşması, şişen killerin tekrar konsolide olma-ya fırsat bulamadan şev kaymalarının gerçekleşmesiyle ilgili olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, genel olarak deney sonuçlarıyla gerçek kayma açılarının uyumlu olması ve aynı zamanda soğuma yüzeyleri boyunca düşük açılarda kaymaları, süreksizlik yüzeyinin kendisinin değil, kil dolgunun makaslama dayanımı parametrelerinin kontrol ettiğinin bir kanıtıdır.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akartuna, M., 1962, On the geology of İzmir, Torbalı, Seferihisar, Urla districts. MTA Bull. No. 5, 1-19.
- ASTM, 1971, Standard Test Method for Plastic Limit and Plasticity Index of Soil. D. 424-59, 127-128.
- ASTM, 1972a, Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. D. 422-63, 112-114.
- ASTM, 1972b, Standard Test Method for Liquid Limit of Soils. D. 423-66, 123-126.
- ASTM, 1979, Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. D. 3080-72, 487-497.
- ASTM, 1979, Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soils. D. 2166-66, 332-335.
- Brown, G., 1961, The X-Ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals. Mineralogy Society, London, 544.
- Kıncal, C., 1996, Yeşilyurt (İzmir) Tünel Şaftının Mühendislik Jeolojisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Bitirme Projesi, İzmir, 64s.
- Koca, M. Y., 1995, Slope Stability Assessment of the Abandoned Andesite Quarries in and Around the İzmir City Centre. PhD. Thesis. Dokuz Eylül University Graduate School of Natural and Applied Sciences. 430 p (unpublished).
- Koca, M. Y., ve Aydan, Ö., 1996, Andezitlerdeki süreksizliklerin pürüzlülük ölçümleri. 3. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu. Ankara, 101-112.
- Landanyi, H. K., ve Archambault, G., 1977, Shear strength and deformability of filled indented joints. Proc. 1st International Symposium Geotechnically Structural Complex Formations, Capri, Italy, vol. 2, 317-236.
- Means, R. E., ve Parcher, J. W., 1963. Physical Properties of Soils. Charles E. Merrill Publ. Compt., Columbia, Ohio, 467 pp.
- Phillippson, A., 1911, Reisen und Forschungen Westlichen Kleinasien. Peterm. Mitt. Ergaenz. 172. Gotha.
- TS 1901, 1975, İnşaat Mühendisliğinde Sondaj Yolları ile Örselenmiş ve Örselenmemiş Numune Alma Yöntemleri. UDK 622.233: 624.131.36.
- Velde, B., 1994, Origin and Mineralogy of Clays. Oxford University Press, Inc. New York. 103-105

Makalenin geliş tarihi: 30.09.1998

Makalenin yayma kabul ediliş tarihi: 15.05.1999

Received July 3, 1998

Accepted May 15, 1999

