

ŞİŞEN KİLLERİN GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Zekai ANGIN

Yrd.Doç. Dr.
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Trabzon, Türkiye

Ayten ANGIN

İnşaat Mühendisi
DSİ 22. Bölge Müdürlüğü
Trabzon, Türkiye

ÖZET

Hacim değiştirme özellikleri taşıyan kil minerallerine sahip şişen killere ülkemizin birçok bölgesi sahiptir. Şişen killerin hacim değiştirme kapasitesine sahip olması düşey hacim değişimine neden olmakta ve yapısal hasarlara neden olmaktadır. Karayolu, istinat duvarları ve elastik zemin üzerinde inşa edilen plak temeller gibi birçok inşaat mühendisliği uygulamalarında zeminin hacim değiştirme özelliğine sahip olması durumunda yapısal ve dizayn problemleri ile karşılaşılabilir. Hafif yüklenmiş yapılarda temel zemininin şişme özelliği gösteren kil minerallerine sahip şişen kil içermesi durumunda yapının aktardığı düşük düşey basınç nedeniyle yapı farklı oturmalar maruz kalmakta ve büyük hasarlar meydana gelebilmektedir. İklim ve çevre koşullarının değişmesi şişen killerin zemin emme basınçlarında önemli miktarlarda değişiklik oluşturmaktadır. Şişen killerin içerdiği kil minerallerinin mineralojik yapısı, şişen killerin hacim değiştirmesine etki eden en önemli etkendir. Bu çalışmada, Trabzon İçme Suyu Arıtma Tesisinde suyun arıtılma işlemi sonucunda atık olarak oluşan çamur katkı maddesi olarak kullanılarak

killerin geoteknik özelliklerinin değişimi incelenmiştir. Katkı maddesinin seçimindeki en önemli etken, bu maddenin bir atık malzeme olması ve günümüzde atık maddenin tekrar kullanımının çevresel ve ekonomik açıdan çok büyük önem taşımasıdır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre zemine değişik oranlarda (%7.5, %10, %12.5, %15) katılan atık çamur, şişen killerin plastisite, geçirimsizlik ve şişme basıncı özelliklerinde azalmaya neden olmuştur

GİRİŞ

Şişen killerin hacim değiştirme kapasitesine sahip olması düşey hacim değişimine neden olmakta ve yapısal hasarlara neden olmaktadır. Kil mineralleri ayrışma ve yıpranmanın olduğu yüzeye yakın bölgelerde veya hidrotermal koşulların etkin olduğu derin bölgelerde oluşmaktadır. Kil minerallerinin diğer minerallere göre çok farklı özelliklere sahip olmaları oluşum farklılıkları ve tane büyüklüklerinin çok küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Şişen killer metamorfik ve püskürük kayaların kimyasal ayrışması sonucunda oluşmaktadır. Kayaların ayrışma koşulları şişme potansiyeli ile doğrudan ilişkilidir. Kaolinit ve montmorillonit mineralleri zemin mühendisliği bakımından en önemli kil mineralleridir. Her iki mineralde magmatik kayalarından ayrışmasından oluşmasına rağmen ayrışma koşullarındaki farklılıklar nedeniyle farklı şişme potansiyeline sahiptirler. Kaolinit minerali içeren killer düşük şişme potansiyeline sahip olmasına karşın montmorillonit içeren killer ise yüksek şişme potansiyeline sahiptir. Temel zemininin şişen kil minerallerini içermesi bu zeminin mühendislik davranışlarına olumsuz olarak önemli miktarda etkilemektedir. Killi zeminler mühendislik alanında gerek taşıyıcı olarak gerekse yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Şişen killer ise fiziksel ve kimyasal özellikleri dolayısıyla sondaj kuyularında, enjeksiyon karışımlarında, seramik, boya ve gıda sanayinde kullanılmaktadır. Fakat

killi zeminleri kullanmadan evvel kapsamlı bir geoteknik inceleme yapılmalıdır. Aksi halde ciddi problemlerle karşılaşma olasılığı yüksektir. Temel zemininde oluşan su akımları dolayısıyla kil minerallerinin suya karşı olan hassasiyetlerine göre zeminde şişme veya büzülme biçiminde hacim değişimi oluşmaktadır. Şişen killerin su muhtevsındaki değişim zeminin hacim değişimine neden olmaktadır. İklim koşullarının değişimi zemin su muhtevsını etkilemektedir. Uzun süren kurak iklim koşullarını yağışlı iklim koşullarının takip etmesi özellikle şişen killerde önemli hacim değişimlerine neden olmaktadır.

AMAÇ

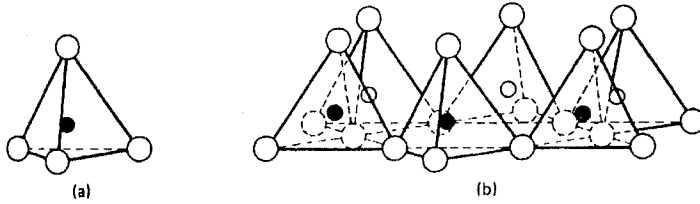
Zemin özelliklerinin mühendislik yönünden uygun olmaması durumunda geoteknik mühendisinin aşağıdaki alternatiflerden birine karar vermek durumundadır. Bunlardan birincisi stabilizasyon amacına uygun olmayan zemini olduğu gibi kabul etmek, ikincisi stabilizasyon amacına uygun olmayan zemini atıp, yerine amaca yönelik uygun zemin yerleştirmek, üçüncüsü stabilizasyon amacına uygun olmayan zemini ıslah etmektir. Zeminlerin dirençlerini artırmak veya belirli koşullarda sahip oldukları direnci her türlü hava koşullarında korumak ve aynı zamanda değişken yük ve iklim koşullarının zararlı etkileri altında uzun zaman dayanacakları hale getirilmeleri amacıyla, mekanik veya katkı maddeleri kullanılarak iyileştirilmesi işlemi stabilizasyon olarak tanımlanmaktadır Zeminlerin üzerinde yapılan işlemler sonucunda, hacimsel stabilite, geçirimsizlik, sıkışabilirlik ve konsolidasyon gibi mühendislik özelliklerinde pozitif değerler elde edilmektedir Zeminlerin stabilizasyonu, zeminin kayma direncini, dayanımını arttıran, geçirimsizlik ve hacimsel değişim yeteneğini azaltan işlem olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, şişen kilin atık çamur kullanılarak özelliklerinin iyileştirilmesidir. Daha önce yapılan çalışmalarımızda zemine değişik oranlarda (%10, %15, %20, %25) katılan atık çamur katılarak şişen kilin kayma direnci, konsolidasyon ve

geçirimsizlik kapasitelerinin analizi yapılmış olup, bu çalışmada ise katkı oranları %7.5, %10, %12.5 ve %15 olarak belirlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre atık çamur ile stabilizasyon, kireç ve çimento kadar yüksek iyileştirme sonuçları vermese de maliyetinin çok az olmasından dolayı kireç ve çimento göre kullanımı tercih edilebilecek olan bir malzeme olabileceğini göstermektedir.

ŞİŞEN KİLLERİN ÖZELLİKLERİ

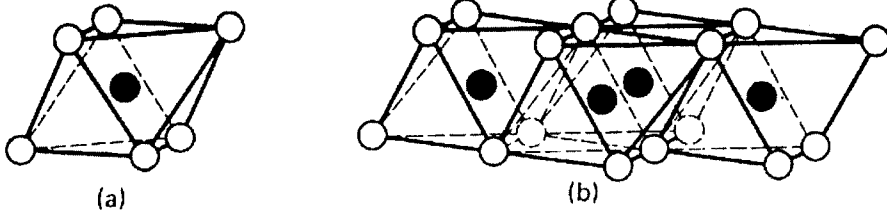
Şişen Killerin Mineralojik Yapıları

Kil mineralojisinde silis tetrahedron ve alüminyum veya magnezyum oktahedron olarak adlandırılan iki ana yapı bloku vardır. Silis tetrahedron; 1 silis iyonu ile 4 oksijen atomunun birleşmesinden oluşan 4 köşeli, 4 yüzlü kristal bloktur. Silis tetrahedronların birleşmesi ile oluşan tabakalar tetrahedral tabaka olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1'de silis tetrahedron ve tetrahedral tabaka gösterilmektedir[1].



Şekil 1. (a) Silis tetrahedron (b) Tetrahedral tabaka.

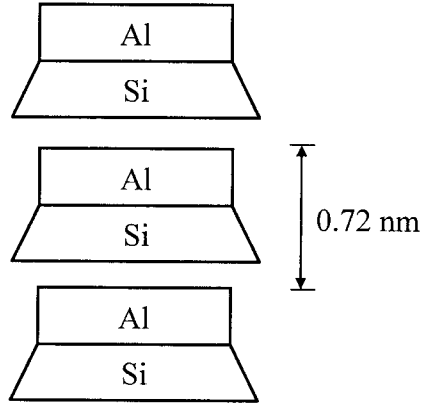
Alüminyum veya magnezyum oktahedron; 6 hidrosil iyonuna bağlı alüminyum veya magnezyum iyonundan oluşan 6 köşeli 8 yüzlü kristal yapı bloğudur. Oktahedronların birleşmesi ile oluşan tabakalar ise oktahedral tabaka olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2'de alüminyum oktahedron ve oktahedral tabaka gösterilmektedir [1]. Şişen zeminin içerdiği kil minerallerinin mineralojik yapısı zemin hacim değişimine etki eden en önemli faktördür. Kaolinit, illit ve montmorillonit mineralleri zemin mühendisliği bakımından en önemli kil mineralleridir.



Şekil 2. (a) Alüminyum oktahedron (b) Oktahedral tabaka .

Kaolinit Minerallerinin Mineralojik Yapısı

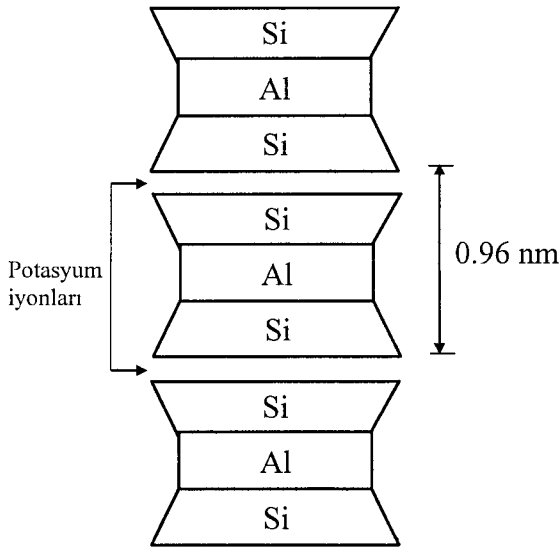
Kaolinitin kristal yapısı 1 tetrahedral ve 1 oktahedral tabakadan oluşmaktadır. Kaolinitin mineralojik yapısında tabakalar arasındaki kuvvetli hidrojen bağları suyun tabakalar arasına girip şişme oluşturmasını engellemektedir. Doğada sık olarak rastlanan kaolinit minerallerinin suya eğilimi az olup su ile karşılaştıklarında büyük oranda hacim değişimine sahip olmazlar. Bu minerallerin şişme ve plastik özellikleri düşüktür. Şekil 3’de kaolinit mineral grubunun mineralojik yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3. Kaolinit mineral grubunun mineralojik yapısı.

İllit Minerallerinin Mineralojik Yapısı

İllit minerallerinin mineralojik yapısı 1 oktahedral tabakanın 2 tetrahedral tabakasının arasına sıkışmasından oluşmaktadır. Tabakalar arasına giren potasyum iyonları bağın bir miktar kuvvet kazanmasına neden olup su moleküllerinin tabakalar arasına girmesine engel olmaktadır. Şekil 4’de illit mineral grubunun mineralojik yapısı gösterilmektedir.

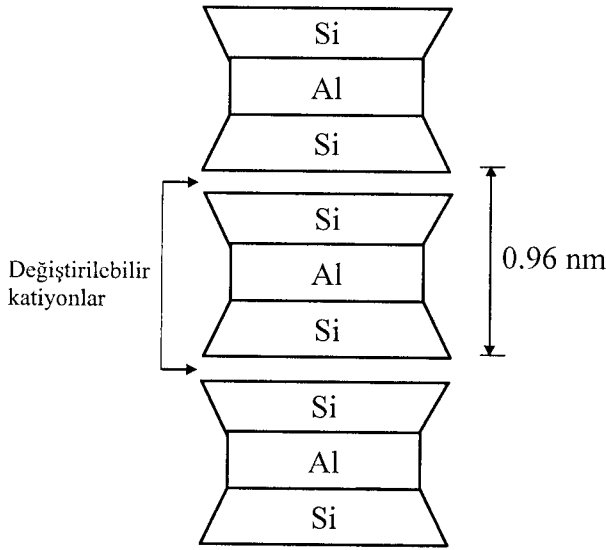


Şekil 4. İllit mineral grubunun mineralojik yapısı.

Montmorillonit Minerallerinin Mineralojik Yapısı

Montmorillonit' in mineralojik yapısı 1 oktahedral tabakanın 2 tetrahedral tabaka arasına sıkışmasından oluşmaktadır. Tabakalar arasındaki bağ çok zayıf olduğundan suyun tabakalar arasına girmesi tabakaların birbirinden ayrılmasına dolayısıyla da zeminin hacim değişimine neden olmaktadır. Doğada yaprak plaka şeklinde bulunan montmorillonit minerallerinin plastisite ve hacim değiştirme özellikleri yüksek olup suya olan eğilimleri

diğer kil minerallerine oranla çok yüksektir. Tetrahedral veya oktahedral tabakalardaki kationların yerinin başka bir kation tarafından alınması olarak tanımlanan izomorf yer değiştirme kil minerallerinin davranışlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Şişen zeminlerin içerdiği kil mineralleri izomorf yer değiştirme nedeniyle mineral yüzeylerinde net negatif yük taşımaktadır. Bu durumdaki mineral tabakaları su ve kationlara karşı istekli olmaktadır. Şişen killerin hacim değişimi, kil minerallerinin yapısına, miktarına ve kil tanelerinin dizilişine bağlıdır [2]. Şekil 5’de montmorillonit mineral grubunun mineralojik yapısı gösterilmektedir.



Şekil 5. Montmorillonit mineral grubunun mineralojik yapısı.

Kil Minerallerinin Özellikleri

Kil mineralleri, çok karmaşık bir yapı gösterdiklerinden dolayı günümüze kadar herkes tarafından kabul edilmiş bir sınıflandırma sistemi mevcut değildir. Çünkü kil minerallerinin sınıflandırılmasında; Tabakalanma (tabaka kalınlığı, tabakaların ara mesafesi, vb.), iyon içeriği (tabakalar arasındaki diğer organik veya inorganik minerallerin varlığı, cinsi, miktarı, vb.) tabakaların diziliş ve düzeni olmak üzere farklı özellikler göz önüne

alınabilmektedir. Fakat kil minerallerinin mühendislik özellikleri (su tutma / emme kabiliyeti, sıkışabilirlik, şişme – büzülme potansiyeli, vb.) açısından tabakaların dizilişi ve diziliş düzeni yönünden sınıflandırmaya tabi tutmak genel kabul görmektedir. Kil parçacıklarının dizilişi oldukça farklı olabilmektedir. Kil parçacıkları flokül veya dağılmış (dispersif) dizilişler göstermektedir. Kil mineralleri içeren zeminlerin en belirgin özellikleri tane çaplarının çok küçük olması ve su ile temas halinde olduklarında çamur haline gelmesidir. Killi zeminlerin suya olan eğilimleri içermiş oldukları kil minerallerinin miktarı ve türüne bağlıdır. Büyük oranda kaolinit mineralleri içeren killi zeminlerin suya eğilimleri az olup bu zeminler su ile karşılaştıklarında stabilitelelerini kaybetmezler. Fakat içeriğinde büyük oranda montmorillonit minerali içeren killi zeminlerin suya karşı çok hassas olup su ile karşılaştıklarında büyük oranda hacim değişimlerine maruz kalırlar. Kil Minerallerinin özgül yüzeyi, kil minerallerinin tane büyüklükleri ile ters orantılıdır. Kil içeren zeminlerin hacim değiştirme özelliği minerallerin özgül yüzeylerinin büyüklükleri ile orantılıdır. Kil zeminlerin içerdiği oktahedral tabakadaki bazı magnezyum iyonları veya tetrahedral tabakadaki bazı silis iyonlarının alüminyum kationları ile izomorf yer değiştirmesi durumunda mineral yüzeylerinde net elektrik yük oluşmaktadır. Oktahedral tabakadaki hidroksil iyonlarının kil yüzeylerinden ayrılması ise elektriksel yük dengesizliğine neden olmaktadır. Bu durumdaki kil mineralleri bu dengesizliği giderebilmek için su ve kationlara istek duymaktadır. Kil tanelerinin negatif yüklenmesi durumunda oluşan yük dengesizliğini giderebilmek için gerekli kation miktarı ise kation değiştirme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Kıvam limitleri yüksek olan kil minerallerinin kation değiştirme kapasiteleride yüksek olmaktadır. Kation değiştirme kapasitesinin büyüklüğü kil içeren zeminlerin hacim değiştirme kapasitesinin belirlenmesi bakımından çok önemlidir. Kil minerallerinin üzerindeki negatif elektron şarjları, tabakalar arası bağ kuvvetlerini ve kation değiştirme kapasitesini dolayısıyla kilin

şişme potansiyelini arttırmaktadır. Kaolinit, kil mineralleri arasında en düşük şişme kapasitesine sahip kil mineralidir. İllit minerali %15 şişme yüzdesine sahip olup montmorillonit minerallerinin şişme yüzdesi ise %60-100 arasındadır. Zemin mühendisliği bakımından önemli olan kil minerallerinin özellikleri Tablo 1' de verilmektedir.

Tablo 1. Kil minerallerinin özellikleri [3].

Özellik	Kaolinit	İllit	Montmorillonit
Büyüklik (nm)	100-5000	100-2000	10-1000
Kalınlık (nm)	50-2000	30	3
Özgül yüzey (m ² /g)	5-20	100-200	700-800
Kohezyon	Düşük	Orta	Yüksek
Hacim Değişirme Özelliği	Düşük	Orta	Yüksek
Katyon Değişirme Kapasitesi (cmol/kg)	3-10	15-40	80-120

Tablo 1' den görüldüğü üzere kil minerallerinin özgül yüzeyleri büyük olup su tutma kapasiteleri de fazladır. Montmorillonit en büyük özgül yüzeye sahip olmakta ve bu yüzden bu mineralin su tutma kapasitesi diğerlerine oranla daha büyük olmaktadır. Killi bir zeminin şişme kapasitesi, zemin içerisindeki kil minerallerinin miktarı ve tipine, kil partiküllerinin yüzey alanlarına ve bu partikülleri çevreleyen zemin suyunun kimyasına bağlıdır. Montmorillonit mineralini yüksek oranda içeren zeminler hacim değişimine eğilimleri çok yüksek olup bu minerali içeren zeminlerin inşaat malzemesi olarak kullanılmaması gerekmektedir [4].

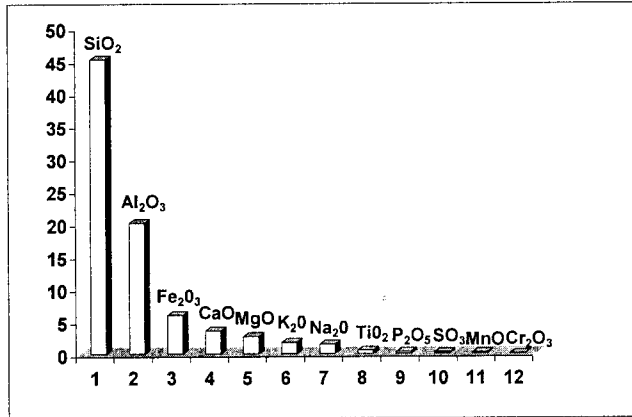
ZEMİN VE KATKI MADDESİNİN ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada düşük plastisiteli ve yüksek plastisiteli kil zeminler açık havada kurutulduktan sonra zemin üzerinde sınıflandırma, kıvam limitleri, ve özgül ağırlık deneyleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen deney sonuçları Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Analizde Kullanılan Zeminin Mühendislik Özellikleri [5]

Zemin Özellikleri	Katkı Maddesi	Düşük Plastisiteli Kil	Şişen Kil
Sınıflandırma (TS-1500)		CL	CH
Plastisite kartı			
Kıvam limitleri			
Likit limit (%)	29	46.30	157
Plastik limit (%)	22	30.14	29
Plastisite indisi	7	16.16	128
Özgül ağırlık (kN/m^3)	24.5	26.2	26.8

Analizde kullanılan katkı çamurun kimyasal analizi ACME Analytical Ltd./Canada laboratuvarı tarafından belirlenmiş ve kimyasal analizden elde edilen sonuçlar Şekil 1' de gösterilmiştir.



Şekil 1. ACME analiz sonuçlarının grafiksel gösterimi [6].

KATKILI ZEMİNLERDE YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Atterberg Limitlerinin Belirlenmesi

Casagrande deney aleti kullanılarak açık havada kurutulmuş zemine değişik oranlarda (%7.5, %10, %12.5, %15) atık çamur karıştırılarak kıvam limitleri belirlenmiştir. Karışımda katkısız zemin ve zeminin kuru ağırlığının %7.5, %10, %12.5, ve %15 i kadar atık çamur katkısı kullanılmıştır. Deneyden elde edilen sonuçlar Tablo 3’de gösterilmektedir. Tablo 3’ den görüldüğü gibi atık çamur katkı oranlarının artması ile katkı killi zeminlerin plastisite indisi değerlerinde azalma görülmektedir. Plastik olmayan katkı maddesi olan atık çamurun şişen killi zemine katılması şişen killi zeminin plastisitesinde önemli oranda azaltıcı etki göstermiştir.

Tablo 3. Plastisite indisinin katkı oranlarına göre değişimi.

Katkı Oranı (%)	Plastisite İndisi			
	Düşük Plastisiteli Kil	Değişim (%)	Yüksek Plastisiteli Kil	Değişim (%)
0	16		128	
7.5	15.2	5.00	85	33.6
10	14	12.5	70	45.3
12.5	12.3	23.1	65	49.2
15	12	25.0	62	51.6

Geçirimlilik Katsayısının Belirlenmesi

Zemine değişik oranlarda (%7.5, %10, %12.5, %15) atık çamur ile karıştırılarak katkıli zeminlerin geçirimlik (permeabilite) katsayıları belirlenmiştir. Geçirimlilik katsayılarının belirlenmesinde düşen düzeyli permeabilite deneyi yapılmış ve deney öncesinde katkıli zemin tamamen doygun hale geldikten sonra deney gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen geçirimlilik katsayılarının atık çamur katkı oranına göre değişimi Tablo 4' de gösterilmektedir. Tablo 4'den görüldüğü gibi katkı oranı arttıkça geçirimlik katsayıları azalmaktadır.

Tablo 4. Geçirimlilik katsayılarının katkı oranlarına göre değişimi.

Katkı Oranı (%)	Geçirimlilik Katsayısı (m/s)*10 ⁻⁷			
	Düşük Plastisiteli Kil	Değişim (%)	Yüksek Plastisiteli Kil	Değişim (%)
0	1.4048		0.01195	
7.5	1.2715	9.5	0.01134	5.1
10	1.2404	11.7	0.01110	7.1
12.5	0.9392	33.1	0.01022	14.5
15	0.8388	40.3	0.00984	17.7

Şişme Basıncının Belirlenmesi

Şişen zeminler, şişme yüzdesi ve şişme basıncı olmak üzere iki önemli özelliğe sahiptirler. Belirli bir sürsaj yükü altında su içinde bekletilen numunenin düşey yönde şişmesinin başlangıç yüksekliğine olan yüzde oranına şişme yüzdesi, bu düşey yönde meydana gelen şişmeyi engelleyici kuvvete karşı, şişen zeminin göstermiş olduğu basınca şişme basıncı adı verilir. Serbest şişme deneyleri katkıli şişen killer üzerinde ASTM Standartında belirtilen A yöntemine göre yapılmıştır. Şişme deneylerinde 72 mm çapında ve 20 mm yüksekliğindeki zemin numuneleri 1 kPa'lık yük altında serbest şişmeye bırakılmıştır. Serbest şişmenin sona ermesinden sonra numuneye başlangıç yüksekliğine ulaşınca kadar düşey yük

uygulanarak şişme basıncı belirlenmiştir [7]. Değişik katkı oranları kullanılarak deneysel olarak elde edilen şişme basıncı değerleri Tablo 5’ de verilmektedir.

Tablo 5. Katkı maddesinin şişen zeminin şişme basıncı üzerindeki etkisi.

Katkı Oranı (%)	Şişme Basıncı (kPa)	Değişim (%)
0	247	
7.5	193	21.9
10	153	38.1
12.5	93	62.3
15	78	68.4

Tablo 5’ den görüldüğü üzere plastik olmayan katkı maddesi olan atık çamurun şişen killi zemine katılması şişen killi zeminin şişme basıncı değerlerinde önemli oranda azaltıcı etki göstermiştir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, Trabzon İçme Suyu Arıtma Tesisinde suyun arıtılma işlemi sonucunda atık olarak oluşan çamur katkı maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu çalışmadan elde edilebilen başlıca sonuçlar aşağıda özetlenmektedir:

- Katkı oranlarının artması ile katkılı zeminin plastisite indisi değerlerinde azalma gözlenmiştir. Plastik olmayan katkı maddesi olan atık çamurun zemine katılması zeminin plastisitesini azaltıcı etki göstermiştir. Plastisite indisi değerlerinde düşük plastisiteli killerde % 25 oranında, yüksek plastisiteli şişen killerde ise % 51.6 oranında azalma gözlenmiştir. Katkı oranının %12.5 seçilmesi durumunda ise düşük plastisiteli killerde % 23.1 oranında, yüksek plastisiteli şişen killerde ise % 49.2 oranında azalma meydana gelmiştir.

• Katkı oranı arttıkça geçirimsizlik katsayıları azalmaktadır. Geçirimsizlik katsayısı değerlerinde düşük plastisiteli killerde % 40.3 oranında, yüksek plastisiteli şişen killerde ise % 17.7 oranında azalma gözlenmiştir. Katkı oranının %12.5 seçilmesi durumunda ise düşük plastisiteli killerde % 33.1 oranında, yüksek plastisiteli şişen killerde ise % 14.5 oranında azalma meydana gelmiştir. Bu katkı oranı ile elde edilen sonuçlar %15 katkı oranı kullanılması durumunda elde edilen sonuçlara oldukça yakındır. Katkılı zeminin bu özelliği bu karışımın nükleer atık ve çöp depo alanlarında geçirimsiz tabaka olarak kullanılabilceğini göstermektedir.

• Katkı oranlarının artması ile şişen kilin şişme basıncı değerlerinde azalma gözlenmiştir. Şişen kilin şişme basıncı %15 katkı oranı katılması durumunda % 68.4 oranında azalma gözlenmiştir. Plastik olmayan katkı maddesi olan atık çamurun zemine katılması zeminin şişme basıncında önemli oranda azaltıcı etki göstermiştir. Katkı oranının %12.5 seçilmesi durumunda ise % 62.3 oranında azalma meydana gelmiştir. Bu katkı oranı ile elde edilen sonuçlar %15 katkı oranı kullanılması durumunda elde edilen sonuçlara oldukça yakındır.

• Deneysel sonuçlarına göre katkı malzemesinin şişen zeminlerde daha etkin olduğu ve optimum katkı oranının %12.5 olduğu gözlemlenmiştir.

• Analizde kullanılan katkı maddesinin bir atık malzeme olması, günümüzde atık maddenin tekrar kullanımının çevresel ve ekonomik açıdan çok büyük önem taşımaktadır. Atık çamur ile gerçekleştirilen iyileştirme, günümüzde sıkça uygulanan diğer katkı maddeleri kadar yüksek iyileştirme sonuçları vermese de maliyetinin çok az olmasından dolayı kullanımı tercih edilebilecek olan bir malzemedir.

KAYNAKLAR

1. Holtz, R.D., and Kovacs, W.D., An Introduction to Geotechnical Engineering, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1981.
2. Katti, R. K., Kulkarni, S. K., and Fotedar, S. K., "Shear Strength and Swelling Pressure Characteristics of Expansive Soils," Proc. 2nd Int. Conf. on Expansive Soils, Texas A&M Press, College Station, TX, 1969, pp. 334-342.
3. Angın, Z., "Estimating Structural Design Parameters for Slab-on-Grade Supported Residential and Light Commercial Structures from Fundamental Soil Moisture Changes", Ph.D. dissertation, Department of Civil Engineering, Texas Tech University, Lubbock, TX, USA, 1993.
4. Angın, Z., "Şişen Killerin Mineralojik Yapılarının Hacim Değiştirme Etkilerinin İncelenmesi," Türkiye İnşaat Mühendisliği 16. Teknik Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul, 2001.
5. Bayraktar, M., "Düşük Plastisiteli Killerin Trabzon İçme Suyu Arıtma Tesisi Çamuru (T.İ.A.T) Kullanılarak Stabilizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, KTÜ, 2003.
6. Gülay, M., "Çevre Müh., İçme Suyu Arıtma Tesislerinden Çıkan Çamur Atıklarının Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, KTÜ, 2002.
7. Çiftçi, G., "Şişen Zeminlerin Trabzon İçme Suyu Arıtma Tesisi Atık Çamuru Kullanılarak Stabilizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, KTÜ, 2003

IMPROVEMENT OF THE GEOTECHNICAL PROPERTIES OF EXPANSIVE CLAYS

Zekai ANGIN

Asst. Prof. Dr.
Karadeniz Technical University
Trabzon, Turkey

Ayten ANGIN

Civil Engineer
22nd Regional Directorate of
State Hydraulic Works
Trabzon, Turkey

ABSTRACT

Expansive clays with the potential to shrink or swell are found throughout the Turkey. Volume change potential of expansive clays cause vertical movement which are generally responsible for structural damage. Soils with volume change behaviour cause many structural and design problems in engineering structures, such as highways, pavements, retaining walls and slab-on-grade foundations. Lightly loaded structures are very susceptible to differential soil movement which cause important damages due to their low confining pressures. Expansive clays exhibit high suction changes when exposed to climatic and environmental changes. The mineralogic composition of the expansive clay minerals determine the amount of volume change.

In this study, the geotechnical properties of expansive clays investigated by using the waste sludge of the drinking water refinery of Trabzon. The most important factor why this additive is selected is: it is a waste material and today reuse of waste materials has environmentally and economically great importance. The results of this study showed that the addition of seven and a half to fifteen percent of the wasted sludge which resulted to reduced plasticity, permeability and swelling pressure.