

Katı Atık Depolama Alanlarında Şev Stabilitesinin ve Depolama Hacminin Artırılmasına Yönelik Bir Araştırma

Research and Development Studies for Increasing Slope Stability and Storage Volume in DTSF

C. Okay Aksoy^{1*}, Emrullah Bilgin²

Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, İzmir

Özet

Ülke ekonomisinin gelişmesinde büyük katkı sahibi olan madencilik sektörü, doğru mühendislik teknikleri ve çevre duyarlılığıyla sürdürülebilirliği mümkün hale getirebilecek potansiyele sahiptir. Doğal çevre ve yer kabuğu ile etkileşimi göz önüne alındığında yer kabuğundan ham madde üreten maden şirketlerinin sorumluluğu oldukça fazladır. Günümüzde teknolojinin ilerlemesi ile birlikte madencilik alanında kaydedilen gelişmeler görece daha düşük tenörlü cevherlerin ekonomik olarak üretilmesini mümkün kılmıştır. Bununla beraber söz konusu cevherin tenörünün düşük olması doğal olarak atık yüzdesinin artmasına sebep olmaktadır. Yer kabuğundan elde edilen tüvenan cevherin değerli kısmının kazanılması ve elde kalan değersiz kısmının atık olarak ele alınıp, doğal dengeyi bozmayacak şekilde değerlendirilip, tehlikeyi en aza indirecek şekilde depolandırılması gerekmektedir. Depolanacak atık miktarı arttıkça saha hacminin artması, gerek çevresel olarak gerekse ekonomik olarak negatif etki yaratmaktadır. Bu çalışmada, bir maden işletmesinin cevher hazırlama ve zenginleştirme tesisi atığının serildiği kuru atık depolama sahasının depolama kapasitesinin artırılması için, malzemenin dayanım özelliklerinin iyileştirilmesine ve şev stabilitesinin artırılmasına yönelik çalışmalar yürütülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Şev stabilitesi, tek eksenli basınç dayanımı, ,KAD, kuru atık depolama

Abstract

The mining sector, which has a great contribution to the development of the country's economy, has the potential to make sustainability possible with the right engineering techniques and environmental awareness. Considering its interaction with the natural environment and earth crust, mining companies producing raw materials from earth crust are highly responsible. At the present time, with the advancement of technology, the developments in the mining field made it possible to produce relatively low grade ores economically. In addition to this, the lower grade of ore causes naturally to increase the percentage of waste. Depending on the increase in the amount of waste to be stored, the increase in the required storage volume has a negative impact on the environment and economy. In this research, studies were carried out to improve the strength properties of the tailing material and increase the slope stability in order to expand the storage capacity of the Dry Tailings Storage Facility

Keywords: Slope stability, uniaxial compressive strength, dry tailings storage facility, DTSF

1. Giriş

Geçmişten günümüze yumuşak zeminlerin şev stabilitesi oldukça önemli bir çalışma konusu olmuştur. Bu bağlamda yapılan çalışmalar sonucunda ortaya konan birçok yöntem mevcuttur. Yöntemin uygunluğu zeminin özelliklerine göre değişmekle birlikte genel olarak uygunluğu kabul görmüş yöntemlerden bazıları şunlardır; malzemeye uçucu kül karıştırarak stabiliteyi artırmak, yapay donatılar ekleyerek stabiliteyi artırmak, kimyasal madde ekleyerek malzeme özelliklerinin iyileştirmek vb. yöntemlerdir. Okagbue, C.O. ve Yakubu, J.A. (2000) yaptığı çalışma kaya mekanik özelliklerinin kalker külü atıkları ile iyileştirilebileceğini ortaya koymuştur. Buna ek olarak, kömür uçucu külünün stabiliteyi artırma yöntemi olarak kullanılıp malzemede kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerini iyileştirdiği ortaya konmuştur. (Shaneen S.M., ve ark.,2014). Alternatif yöntem arayışında farklı bir çalışma da uçucu kül, polipropilen ve kopolimer fiberlerin yüzeysel zemin stabilizasyonu çalışmalarında alternatif yöntemler olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Çetin, A.Y. 2011).

Bu araştırmanın ana amacı, bir maden işletmesindeki Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme tesisinde uygulanan prosesin son aşaması olan Katı Atık Depolama (KAD) alanının depolama kapasitesinin artırılması ve işletmeye ekonomik ve güvenli bir tasarım ortaya koymaktır. Bu aşamada, KAD alanına konacak malzeme miktarının artırılması için öncelikle malzemenin dayanımını arttırmak ve dolayısıyla şev stabilitesine pozitif etki yapmak düşünülmüştür. Laboratuvar ölçekli, pilot ölçekli ve endüstriyel ölçekli olmak üzere 3 aşamalı olarak planlanan bu çalışmanın ilk aşaması olan laboratuvar ölçekli araştırmalar bu makale kapsamında verilmektedir. Laboratuvar ölçekli çalışmada atık malzemenin dayanımı ve kohezyonunun ekonomik şekilde artırılması yönünde çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar aşağıda verilmektedir.

Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme tesisinden ve prosesin son aşaması olan KAD alanından alınan numuneler ile gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada kullanılan numunelerin alındığı lokasyonlar aşağıda verilmiştir.

- Detox ünitesinden çıkan hattan alınan çamur numune
- Filtrasyon ünitesi besleme tankı çıkışı ile pres filtre girişi arasındaki hattan alınan (Coagulant içeren) çamur numune
- Elek ile susuzlandırılmış kek numune
- Pres Filtre ile susuzlandırılmış kek numune

Laboratuvar ortamına getirilen numunelere standart test yapılabilecek bir şekil verebilmek amacıyla PVC borulardan çapı 45 mm ve yüksekliği 100 mm olacak şekilde kalıplar hazırlanmıştır. Atık malzemesi, tarafımızca geliştirilen ve tamamen doğal malzemelerden oluşan, hiçbir kimyasal içermeyen ve AJAN olarak adlandırdığımız malzeme karışımı kullanılmıştır.

2. Laboratuvar Deneyleri

KAD alanına atılan malzeme yaklaşık olarak %10-20 oranında nemlidir. Bu atık malzemedeki nem miktarı işletmelerin olanakları dahilinde tamamen giderilememektedir. Bu nedenle, her ne kadar serme ve sıkıştırma işlemleri yapılsa da, stabilite açısından yeterli kohezyona sahip hale getirilememektedir. Bu durum dünyadaki birçok işletmede aynı şekildedir. Öncelikle atık malzemenin daneleri arasında daha sıkı bir bağ kurulması, dolayısıyla kohezyonun artırılması ve aynı zamanda nemin danelerden uzaklaştırılması düşünülmüştür.

Bu amaçla, laboratuvar ortamında bazı deneyler planlanmıştır. Bu deneylerden en önemlisi Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyleridir. Bu deneyler vasıtası ile orijinal numune ve farklı oranlarda ajan karıştırılmış numunelerdeki dayanım ve kohezyon değişimleri incelenmiştir.

2.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi İçin Numunelerin Hazırlanması

Deneyin yapımı aşamasında her bir numune kendi içerisinde 4 farklı kimyasal ajan derişimi ile hazırlanmıştır. Test amaçlı orijinal numuneler ve kütlece derişim %1, %2, %3 olacak şekilde çamur haldeki numuneler ve filtre edilmiş kek malzemelerin her birine aynı şekilde ele alınmıştır.

Plastik kalıplara dökülmek üzere belli bir miktar malzeme hassas tartıda tartıldıktan sonra, hedef derişime ulaşmak için üzerlerine ajan eklenmiştir (Şekil 1). Bir spatula veya el ile karıştırılarak, mümkün olduğunca homojen hale getirilen malzemeler, önceden hazırlanmış plastik kalıplara doldurulur, bir şiş yardımı ile karıştırılarak ve üst açıklıklarından kuvvet uygulanarak mümkün olan mertebede sıkıştırılması sağlanmıştır. Numuneler farklı süre zarflarında kurumaya bırakılmaktadır. Bu sayede ajan ile karıştırılmış olan numunelerin derişim farklılığına ve geçen süreye bağlı olarak davranışı incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca her bir test için kontrol verisi elde etmek için numunelerin orijinal halleri kimyasal ilavesi olmaksızın kalıplara dökme üzere hazırlanmış ve tartılmıştır.

Sonrasında kuruması için açık havaya bırakılan numuneler 1 gün 7 gün ve 28 günlük bekleme süresinden sonra özelliğinin kaybetmeyen numunelere Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi uygulanmıştır. Numunelerden bazılarının kalıplardan çıkarma işlemi esnasında bütünlüğünü koruyamadığı görülmüştür. Genellikle detox ve tank çıkışlarından alınan çamur numunelerde bu durum söz konusudur. Bu gibi örselenme ve benzeri durumların yaşandığı numuneler için numune hazırlama işlemleri baştan yapılmıştır. Deney aşamalarına ait fotoğraflar aşağıda şekillerde verilmiştir.



Şekil 1. Çamur numune ile ajanın homojen karışımı



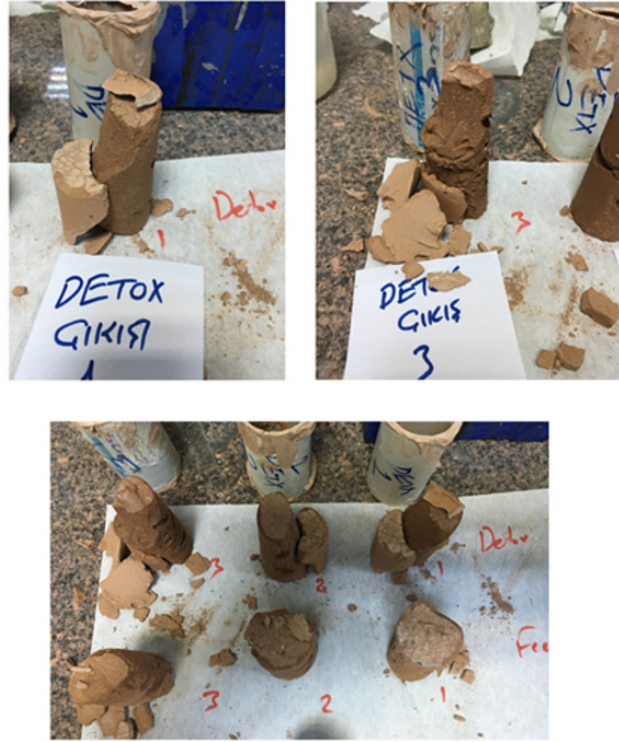
Şekil 2. Kek malzeme ile ajanın karıştırılması



Şekil 3. Çamur halindeki malzemenin kalıplara doldurulması



Şekil 4. PVC borudan kalıplarda bekletilen numuneler



Şekil 5. Kalıplardan sağlam çıkarılamayan çamur malzemenin numuneleri



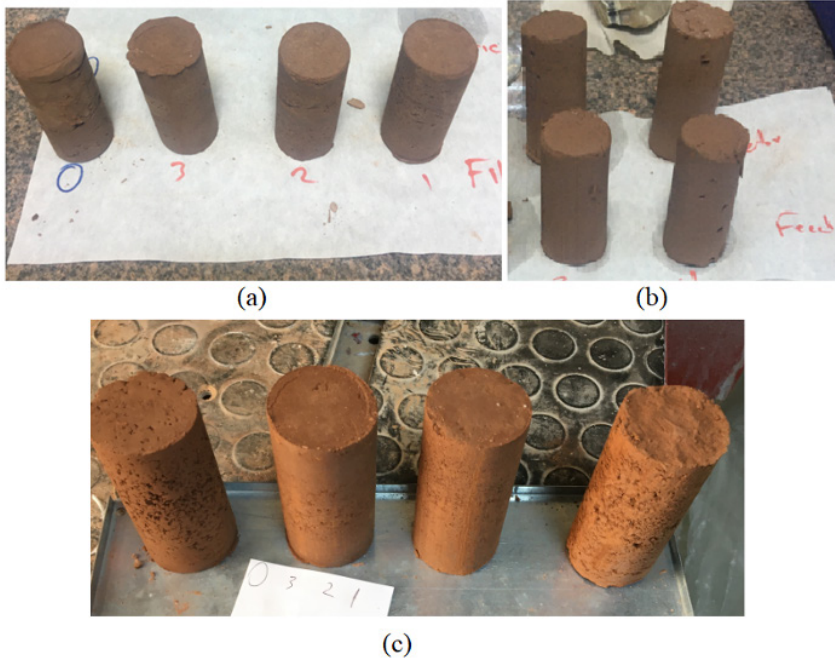
Şekil 6. Deney için uygun olmayan numuneler



Şekil 7. Kalıptan çıkartma işlemi esnasında zarar görmüş numuneler



Şekil 8. 1 gün süre ile test için yeterli şekilde kurumayan bazı numuneler



Şekil 9. 1 gün bekletilen ve Tek Eksenli Basınç Deneyi için yeterince sağlam olan numuneler



Şekil 10. 7 gün bekletilen ve Tek Eksenli Basınç Deneyi için yeterince sağlam olan numuneler



Şekil 11. 28 gün bekletilen ve Tek Eksenli Basınç Deneyi için yeterince sağlam olan numuneler

2.2. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

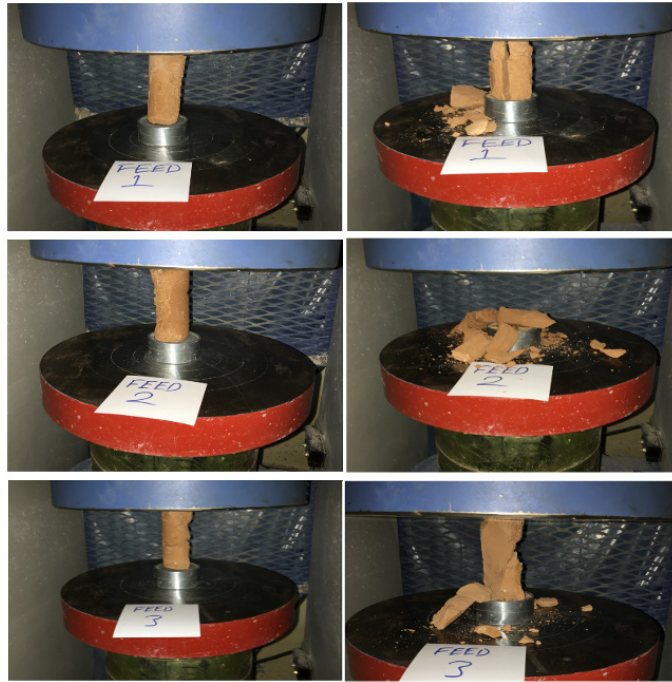
Deneyi yapabilmek için silindir şeklinde PVC borulardan kalıplar hazırlanmıştır. Bu kalıplardan çıkacak numunelerin L/D oranı ASTM standartlarına uygun olarak 2-2.5 olacak şekilde ayarlanmıştır.

44 mm iç çapı olan boruların boyu 100-110 mm civarında kesilmiştir. Besmak Basınç test presi ve bunun bağlı olduğu bir bilgisayar ile numuneler testlere tabii tutulmuştur. Presin alt tablasının merkezine konan numunelerin malzeme özellikleri programa tanııldıktan sonra, test prosedürü olarak yükleme hızının 0.1 kN/s olarak ayarlanmasıyla birlikte numunelere yük uygulanıp yenilmeye uğradıkları maksimum yükler incelenmiştir. Deneyler 1 günlük 7 günlük ve 28 günlük numunelerin tümüne aynı şekilde uygulanmıştır. Yapılan testlerde, Detox çıkışı

ve Pres filtrenin Feed tank çıkışından alınan numuneler Tek Eksenli Basınç Dayanımları için düzgün sonuç alınamamıştır. Birkaç denemeden sonra çamur numunelerin istenilen özellikleri sağlamadığı anlaşılıp yalnızca filtrasyon işlemi ürünü olan ve KAD alanından alınan kek numuneleri ile deneylere devam edilmiştir. Aşağıda deneyden bazı fotoğraflar verilecek olup deney sonuçları tablo şeklinde sunulacaktır.



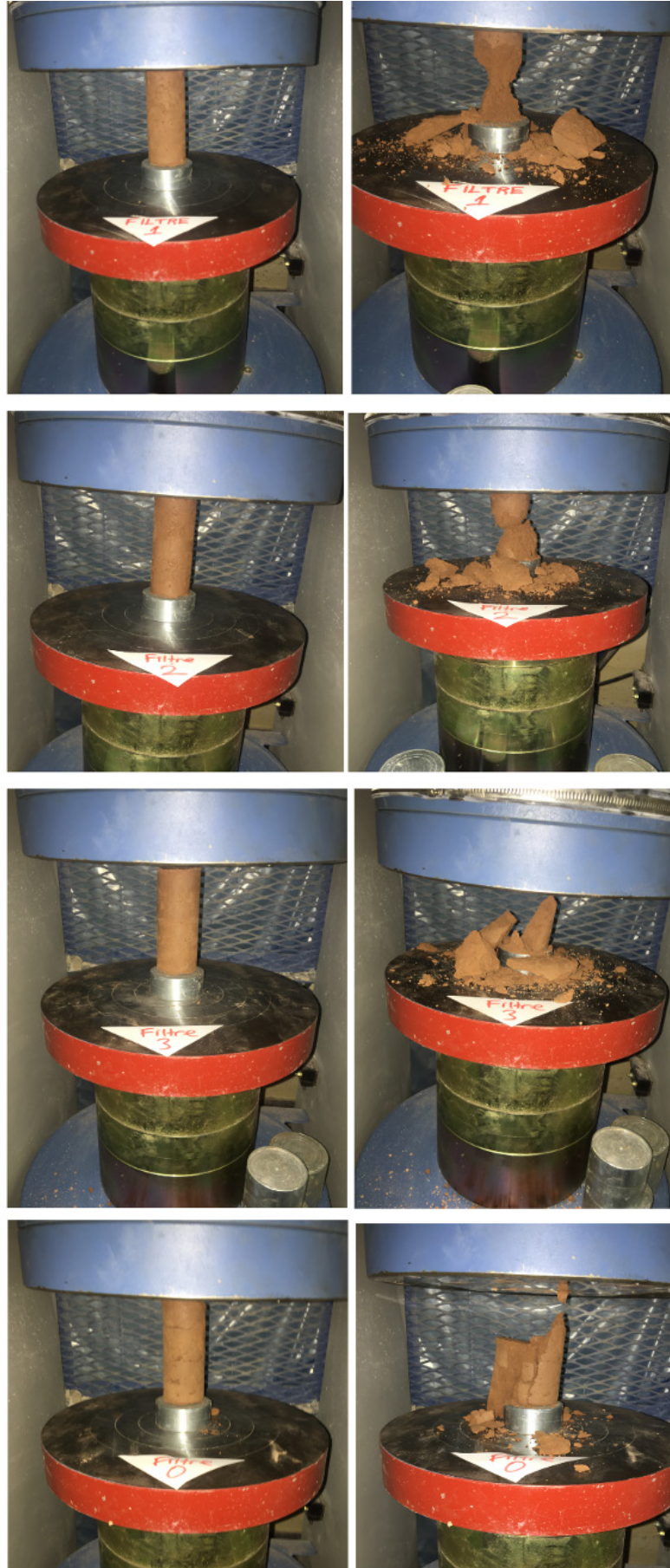
Şekil 12. 1. gün sonunda %2 ve %3 lük derrick elek ürünü kek malzeme



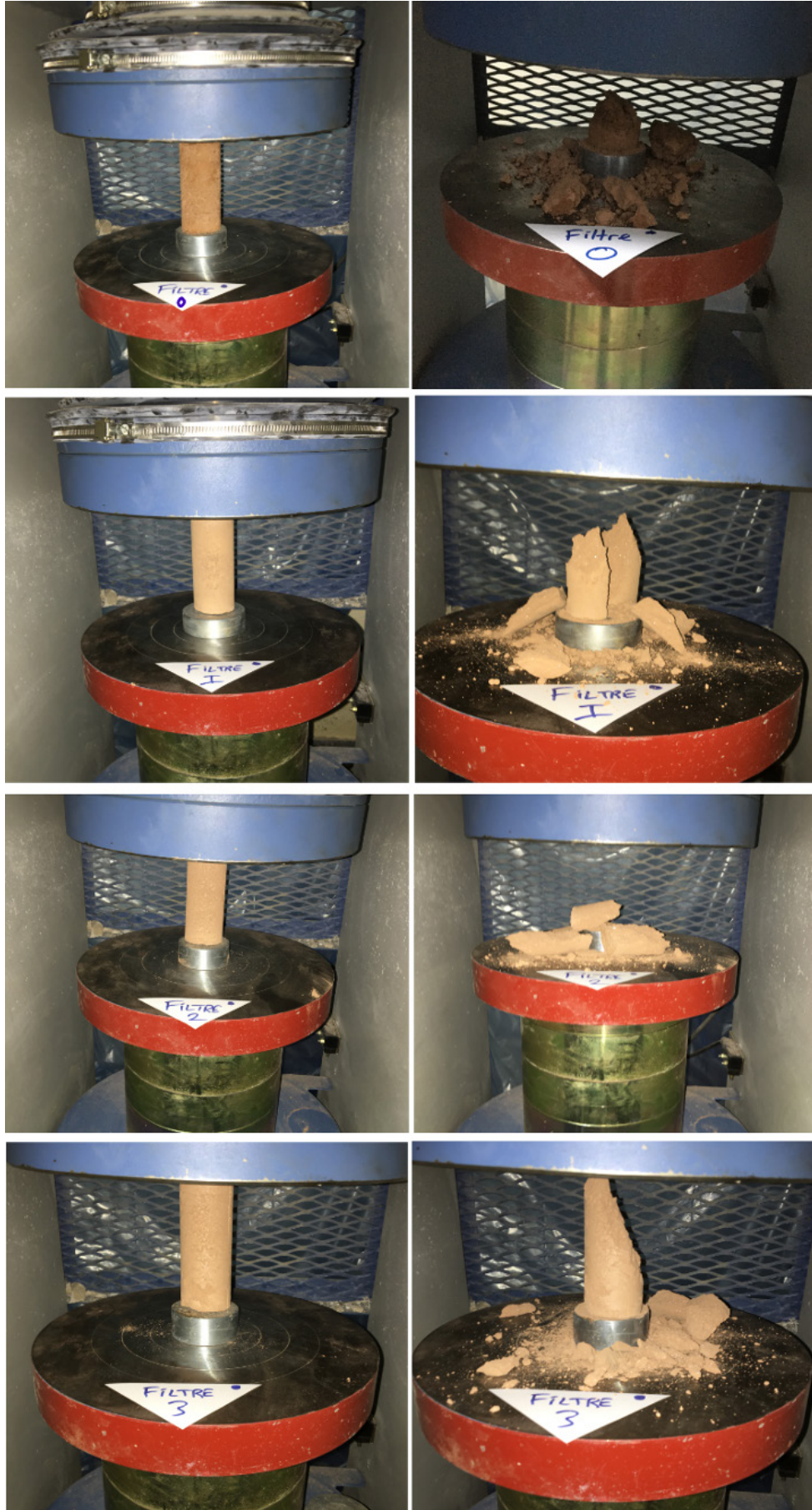
Şekil 13. 7 günlük %1, 2, 3 derişimli Feed Tank sonrası çamur numunelerinin TEBD deneyi (orj. uygun şekilde katılaşmadı)



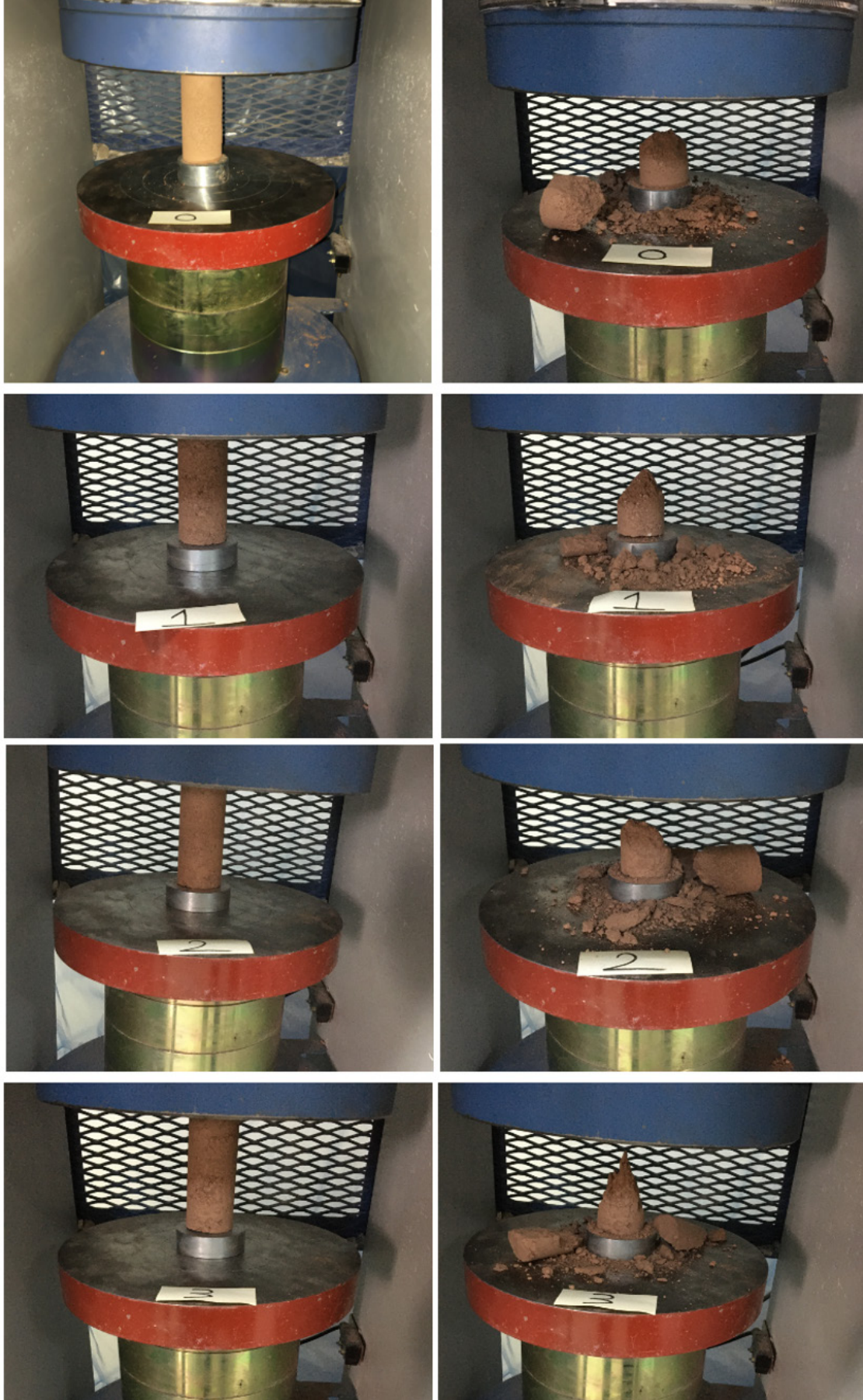
Şekil 14. 1 günlük Filtre keki numuneleri, derişimler sırasıyla %0, %1 ve %3



Şekil 15. 1 haftalık filtre numuneleri ile yapılan deney fotoğraflar (derişimleri sırasıyla %1, %2,%3 ve %0)



Şekil 16. Etüvde 1 gün kurutulan kek numuneleri (derişimleri sırasıyla %1, %2,%3 ve %0)



Şekil 17. 28 gün sonunda deney yapılan kek numuneler

Tablo 1. 1 günlük filtre numunelerinin Tek Eksenli Basınç Dayanımı deneylerinden alınan sonuçlar

Deney Adı	Numune	%Derişim	Maksimum Yük (kN)	Maksimum Stres (MPa)
1. Gün	Filtre 0	0	1.410	0.93
	Filtre 1	1	1.878	1.24
	Filtre 2	2	1.812	1.19
	Filtre 3	3	1.746	1.15

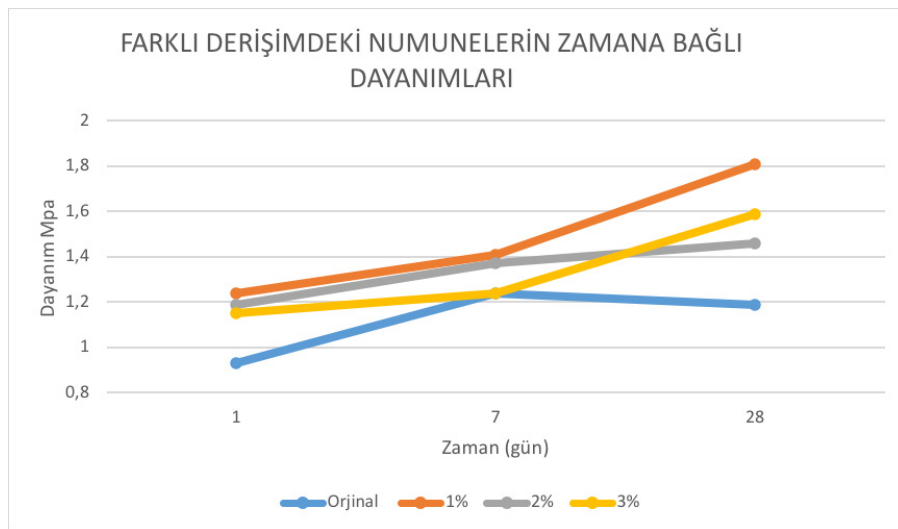
Tablo 2. 7 günlük filtre numunelerinin Tek Eksenli Basınç Dayanımı deneylerinden alınan sonuçlar

Deney Adı	Numune	%Derişim	Maksimum Yük (kN)	Maksimum Stres (MPa)
7. Gün	Filtre 0	0	1.506	1.24
	Filtre 1	1	2.148	1.41
	Filtre 2	2	2.079	1.37
	Filtre 3	3	1.878	1.24

Tablo 3. 28 günlük filtre numunelerinin Tek Eksenli Basınç Dayanımı deneylerinden alınan sonuçlar

Deney Adı	Numune	%Derişim	Maksimum Yük (kN)	Maksimum Stres (MPa)
28. Gün	Filtre 0	0	1.811	1.19
	Filtre 1	1	2.754	1.81
	Filtre 2	2	2.217	1.46
	Filtre 3	3	2.415	1.59

Yukarıda verilen deneyler sonrasında elde edilen sonuçları bir grafik halinde incelersek aşağıdaki sonuçlar elde edilmektedir (Şekil 18).



Şekil 18. Derişime göre dayanım-zaman grafiği

Kütlece %Ajan derişimlerine göre tek eksenli basınç dayanımlarının zamana bağlı değişimi yukarda verilmiştir. Buna göre ajan ile karıştırılmış numunelerin dayanımları orijinal kek numunesine (%0) göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Bu farklı derişimler arasında en iyi sonuç verenlerin ise kütlece %1'lik ajan ile hazırlanan numuneler olduğu görülmüştür.

3. Sonuç

Katı atık alanında depolanan malzemenin hacminin arttırılması, dolayısıyla Katı Atık Depolama alanlarından daha fazla yararlanmak, aynı zamanda atık malzemenin dayanımını arttırmak suretiyle çevre duraylılığına katkı koymak üzere laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Yapılan testler içinde, numunelerdeki gelişim, dayanım açısından incelendiğinde, testlerde en başarılı sonucu %1 ajan katkılı numuneler vermiştir. Bu orandaki karışımındaki 1 günlük dayanım artışı orijinal numuneye oranla % 33 oranında artarak 1.24 MPa olmuştur. 7 günlük numuneler değerlendirildiğinde % 1 ajan katkılı numune orijinal numuneden %13.7 oranında daha sağlam çıkmış ve nihai dayanımı 1.41 MPa olmuştur. 28 gün bekledikten sonra %1 ajan katkılı numune orijinal numuneden %52 oranında daha sağlam çıkmış ve nihai dayanımı 1.81 MPa olmuştur. Bu analizlerde önemli bir durum tespit edilmiştir. Orijinal numunede de ilk günlerde zaman içerisinde bir dayanım artışı olurken, zamanla birlikte 28 günlük dayanım değerinin düşmesi önemli bir işarettir. Bu durum, zamanla nem ve havanın etkisiyle orijinal numunenin taneler arasındaki bağının zayıfladığının bir göstergesi olabilir. Diğer taraftan, %1 Ajan katkılı numunede böyle bir durum görülmemiş ve ilk günden sonra 28. Gün sonunda dayanım toplam olarak %46 artmıştır.

Kaynaklar

Shaheen, S. M., Hooda, P. S., & Tsadilas, C. D. (2014). Opportunities and challenges in the use of coal fly ash for soil improvements – A review. *Journal of Environmental Management*, 145, 249–267.

Okagbue, C.O., Yakubu J.A., (2000), "Limestone ash waste as a substitute for lime in soil improvement for engineering construction", *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, Volume 58, pages 107-113

Çetin, A.Y., (2011), "Yüksek Plastisiteli Kil Zeminlerin Alternatif Malzemeler İle Yüzeysel Zemin Stabilizasyonu", İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, <http://hdl.handle.net/11527/7032>