

Katı Atık Yönetimi Kapsamında Beyaz Bayburt Taşının Zemin Stabilizasyonunda Kullanılması

*¹Fatih YILMAZ, ¹H. Alper KAMİLOĞLU and ²Erol ŞADOĞLU

*¹Faculty of Engineering, Department of CivilEngineeringBayburtUniversity, Turkey

¹Faculty of Engineering, Department of CivilEngineeringBayburtUniversity, Turkey

²Faculty of Engineering, Department of CivilEngineering Karadeniz Technical University, Turkey

Özet

Zayıf zeminlerin fiziksel, hidrolik, mekanik ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesine zemin stabilizasyonu denilmektedir. Geçmişten günümüze birçok zemin stabilizasyonu çalışmaları yapılmış olup, farklı malzemelerin zemin stabilizasyonunda nasıl davrandıkları incelenmiştir. Stabilizasyonda kullanılacak olan malzemenin katı atık olması gerek çevre duyarlılığı gerekse maliyetler bakımından oldukça önemlidir. Bu çalışma kapsamında, bir endüstriyel atık olan Beyaz Bayburt Taşı'nın (BBT) katı atık yönetimi kapsamında zemin stabilizasyonunda kullanılabilirliğinin incelenmesi amaçlanmıştır. BBT orijin olarak tuf/tüfit taşlar grubundadır ve yapısında yüksek miktarda silis bulunmaktadır. BBT'nin ocak işletmeciliği sonucu kaybı, ortalama %60'ın üzerindedir. Camilerde, sütunlarda ve dış cephe kaplamalarında kullanılabilen BBT'nin bu işleme sırasındaki kayıplarının zemin stabilizasyonunda değerlendirilmesi çalışmanın ana temasını oluşturmaktadır. Bu amaçla, BBT sırasıyla % 0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında zemine karıştırılmış ve gerekli zemin mekaniği deneylerine tabii tutulmuştur. Elek analizi, likit-plastik limit analizleri ve serbest basınç dayanımı testi sonuçları, BBT atıklarının zemin stabilizasyonunda kullanımının uygun olduğunu ve iyileştirilen zeminlerin mukavemetinin doğal zemine göre ortalama %45 oranında artış sağladığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler:Bayburt Taşı, Zemin Stabilizasyonu, Katı Atık Yönetimi

Abstract

The improvement of physical, hydraulic, mechanical and chemical properties of poor soil is called soil stabilization. Many studies of soil stabilization have been performed from past to present and how they behaved in the soil stabilization were investigated. The solid waste material is to be used in soil stabilization is very important in terms of environment awareness as well as cost. The aim of this study is to investigate availability of White Bayburt Stone (WBS) as an industrial waste material take place in the scope of waste material management in soil stabilization. WBS is in origin of tuff/tuffite stone group and it contains silica in high quantity. The average dissipation of WBS from cast mining is over 60%. The evaluation of dissipation during using WBS as a siding in mosque, column, and engineering structures in soil stabilization is constituted to main theme of study. For this purpose, WBS was mixed with soil with the percentage of 0, 5, 10, 15 and 20 respectively and experimentalized to necessary soil mechanics tests. Results of sieve analysis, liquid-plastic limit test, and nonconfined compression test demonstrate that using solid waste material of WBS in soil stabilization is suitable and increase between stabilized soil and natural soil is nearly 45% for strength.

Key words:Bayburt Stone, Soil Stabilization, Solid Waste Management

1. Giriş

Yaşamın doğal ve kaçınılmaz sonucu olan atıklar ve atıkların yönetimi, toplumların yıllardır gözden uzak olsun anlayışıyla davrandıkları konuların başındagelmiş; insanlık, uzun süre, yaptıklarıyla doğal dengeyi bozabileceğini düşünememiştir. Nüfus artışı, teknolojik gelişme, sanayileşme, kentleşme, hızla artan ve farklılaşan tüketim ile ortaya çıkan katı atıklar, çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileriyle günümüzde önemli çevre sorunlarından biri olmaktadır[1]. Bu tip çevre sorunları özellikle endüstri ve sanayi bölgelerinde gittikçe büyüyen bir problem haline gelmiştir. Evsel, endüstriyel ve ticari olmak üzere üç ana başlıkta toplanabilen katı atıkların yeniden kullanımına ilişkin birçok çalışma ve araştırma yapılmıştır. Bu çalışmanın ana teması ise, Beyaz Bayburt Taşı'nın (BBT) işlenmesi sonucu ortaya çıkan katı atıkların mukavemet yönünden zayıf zeminlerde kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır.

BBT orijin olarak tüf/tüfit taşlar grubundadır. Kimyasal olarak yüksek oranda silis içermekte ve bu silisli yapı zeolit minerallerinden oluşmaktadır. BBT genel olarak dış duvar kaplaması, denizlik ve yüzey kaplamaları yanında çeşitli restorasyon işlerinde, köprü, cami ve çeşme gibi imalatlarda kullanılabilir. BBT'nin ocak işletmeciliğinde modern yöntemlere geçilmemesi sebebiyle %70'e varan kayıplar oluşmaktadır. Bu kayıp tarım arazilerini ve havayı kirletmekte çevre ve sağlık problemlerine sebep olmaktadır. BBT'nin fazla miktarda atığı depolama sorunlarını da beraberinde getirmektedir. BBT ocağı ve işlenmesi sonucu meydana gelen atıklar şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. BBT ocağı ve atıkları

Zemin stabilizasyonu üzerine yapılan çalışmalarda kireç, çimento ve bitümlü katkıları ön plana çıkmaktadır. Kireç stabilizasyonu sonucunda zeminde kısa dönemde optimum su muhtevası artmakta, proktor yoğunlukları düşmekte, plastisite indisinde azalmalar olmakta, proktor eğrisi düzleşmekte, CBR (Kaliforniya taşıma oranı) değerlerinde ise artışlar olmaktadır [2]. Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve özellikle SiO_2 mineralleri, kireç ve yeterli su ile reaksiyona girdiklerinde yüksek puzolanik aktivite göstermektedir. Bundan dolayı killi zeminlerin stabilizasyonunda kireçle birlikte puzolanik madde kullanımı popüler bir uygulamadır. Aynı şekilde kireç kullanılmadan yapılmış stabilizasyon çalışmaları da literatürde mevcuttur. Örneğin hurda oto lastiklerinin duvar yüzü yapımında kullanılması veya termik santrallerin atık ürünleri olan uçucu kül ve cürufurların stabilizasyon çalışmalarında kullanılması endüstri atıklarından ekonomik fayda sağlanabileceğini göstermektedir. Almanya, Hollanda ve Belçika'da üretilen toplam uçucu külün %95'inden fazlası, İngiltere'de ise yaklaşık %50'si, büyük miktarlarda uçucu kül üreten ABD ve Çin'de ise sırasıyla

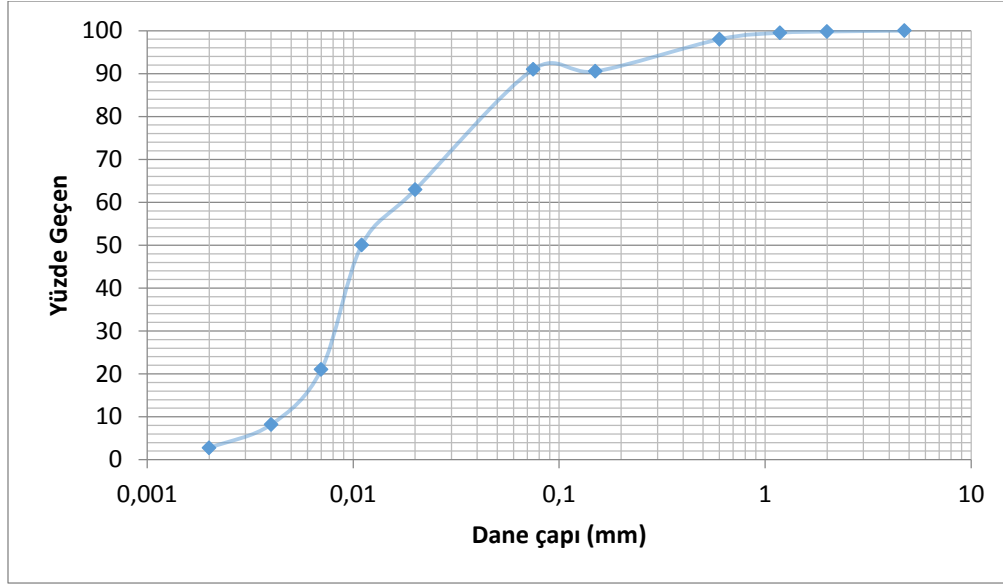
yaklaşık %32 ve %40 oranında uçucu külün diğer alanlarda kullanıldığı görülmektedir. Dünyada üretilen toplam uçucu külün ancak %25'den daha azı farklı alanlarda değerlendirilebilmektedir[3].

Atom ve Al-Sharif, zemin stabilizasyon çalışmalarında zeytinyağı endüstrisi atık ürününü 550°C yakarak elde ettikleri atık malzeme külünü katkı olarak kullanmışlardır[4]. Çalışmalarında zemin açısından iyileştirmelerin meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu iyileşmelere atık malzeme külünün plastik olmayan yapısı ve içeriğindeki CaO neden olarak gösterilmiştir. Miller ve Azad, çimento üretim tesislerindeki fırın bacalarından elde edilen fırın külü ile yapılan zemin stabilizasyon çalışmasındaki deney sonuçlarına zemin türünün etkisini araştırmışlardır[5]. Üç farklı zemin türünde yapılan deneyler sonucunda, karışımların pH değerleri ile PI ve serbest basınç dayanımlarında (SBD) meydana gelecek değişimler arasında güvenilir ilişkiler tespit edilmiştir. Kumar ve Sharma, uçucu külün şişen zeminin serbest şişme yüzdesi ve basıncı, plastisite, kompaksiyon, dayanım ve geçirimsizlik karakterleri üzerindeki etkisini incelemiştir[6]. Uçucu kül miktarı arttıkça karışımların serbest basınç dayanımı değerlerinde yükseliş görülmüştür. Ansary vd., Bangladeş'in Chittagong sahil bölgesinde yer alan Anwora ve Banshkali sitelerinden sağlanan iki tür zemine uçucu kül ile stabilizasyon çalışması yapmışlardır[7]. Çalışmanın sonucunda, deneylerde kullanılan sahil zeminlerinin %12-%18 uçucu kül ve %3 kireçle birlikte hafif trafikli yolların temel ve alt temelleri için gerekli plastisite ve mukavemet şartlarını sağladığı ortaya konmuştur. Lin vd., farklı oranlarda atık çamur külü (atık su arıtma tesisinden elde edilen çamurun 800°C yakılmasıyla oluşan kül) ve uçucu külün %70 silt ve kilden oluşan, AASHTO sınıflandırmasına göre A-4 sınıfında yer alan doğal zeminde meydana getirdiği değişimleri karşılaştırmışlardır[8]. Elde edilen veriler, atık çamur külünün uçucu kül yerine kullanılacak kadar iyi bir malzeme olduğunu göstermiştir. Ayrıca bu çalışmada optimum atık çamur oranı %8 olarak bulunmuştur. Brooks, şişen zeminin dayanım özellikleri açısından uçucu kül ve pirinç kabuğu külünün kullanılabilirliği üzerine bir çalışma yapmıştır[9]. Çalışma neticesinde, %12 pirinç kabuğu külü ve %25 uçucu kül oranlarında şişen zeminde maksimum dayanım elde edilmiştir. Al-Mukhtar vd. yüksek plastik killi zeminin, kireçle stabilizasyonu ve 50 °C'de kür edilmesi sonucu puzolanik özelliklerde ve zemin özelliklerinde artış olduğunu belirlemişlerdir[10].

2. Materyal ve Yöntem

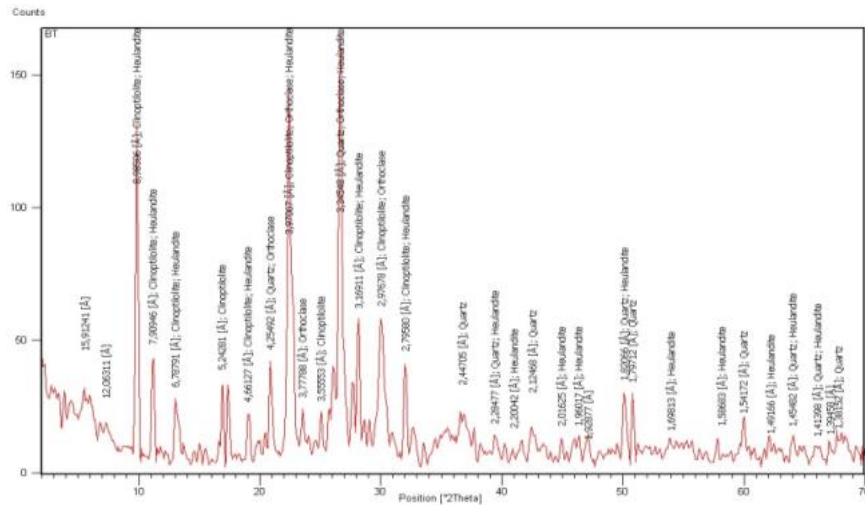
Bu çalışma kapsamında kullanılan BBT daha önce zemin stabilizasyonu için kullanılmamış bir malzemedir. Zemin stabilizasyonundaki ana amaçlardan biri, dayanımı düşük bir zemine çeşitli katkıların farklı oranlarda katılarak, mukavemet değerlerinin artış göstermesidir. Burada kullanılan BBT tamamen katı atıkların toplanması sonucu elde edilmiştir. Deneylerde kullanılan zemin örneği ise Bayburt ili Demirözü ilçesindeki bir araştırma çukurundan alınmıştır. BBT, taş kesimlerinin yapıldığı alana dökülen katı atıkların toplanması suretiyle elde edilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan ilk işlem laboratuvar ortamında bu taşların öğütülmesi işlemidir. BBT öğütülüp hazır edildikten sonra, %0, %5, %10, %15, %20 oranlarında zeminle karıştırılmıştır.

Standart Proctor kompaksiyon enerjisi ile bu karışımların kompaksiyon karakteristikleri belirlendikten sonra, optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlıkta sıkıştırılan karışımlar desikatörde 28 gün küre bırakılmıştır. 28 günlük kürün ardından her bir karışım oranı için üçer numune olarak hazırlanan karışımlar, tek eksenli basınç deneyine tabi tutularak, tüm karışımların tek eksenli serbest basınç dayanımları elde edilmiştir. Birleşik zemin sınıflama sistemi ASTM D 2487 standardına göre çalışmada kullanılan zeminin sınıfı CH olarak belirlenmiştir. Zemine ait dane boyutu dağılım eğrisi şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 2. Çalışmada Kullanılan Zeminin Dane Boyutu Dağılım Eğrisi

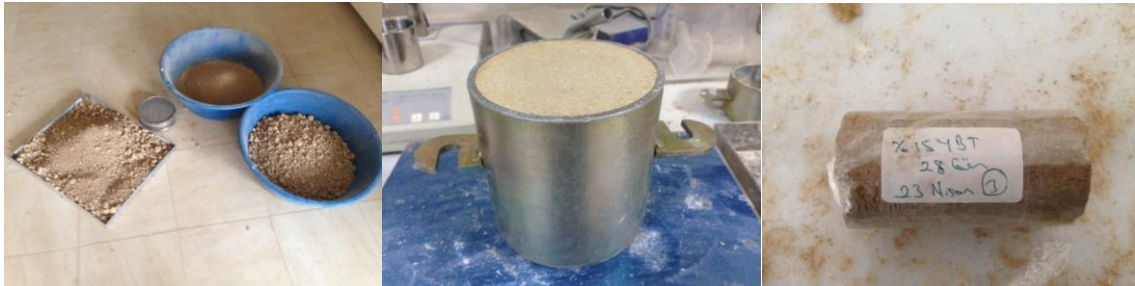
Bu çalışma kapsamında BBT için XRD analizleri yapılmış olup, sonuçları Şekil 3’te gösterilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre taşın içinde kuvars ve zeolit minerallerinin bulunduğu tespit edilmiştir. BBT’ye ait fiziksel ve kimyasal özellikler ise çizelge 1’de sunulmuştur.



Şekil 3. Beyaz Bayburt Taşına ait XRD Analizi**Çizelge 1.** Beyaz Bayburt Taşı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

| KİMYASAL ANALİZLER | |
|------------------------------------|--------|
| Toplam SiO ₂ (%) | 69,96 |
| Al ₂ O ₃ (%) | 12,25 |
| Fe ₂ O ₃ (%) | 0,33 |
| CaO (%) | 2,52 |
| MgO (%) | 1,20 |
| SO ₃ (%) | 0,05 |
| K ₂ O (%) | 2,43 |
| Na ₂ O (%) | 0,57 |
| Kızdırma Kaybı (%) | 10,08 |
| Cl (%) | 0,0280 |
| FİZİKSEL ANALİZLER | |
| 45 µ elek üzeri (%) | 7,0 |
| Özgül Ağırlık (g/cm ³) | 2,32 |
| Blaine (cm ² /g) | 7194 |
| Puzolanik Aktivite | 8,8 |

Stabilizasyonda kullanılan zeminin tümü 4 No'lu elekten elenmiştir. Kimyasal ve fiziksel analizlere göre, zemin ile karıştırıldığında mukavemet artışı göstermesi beklenen BBT, belirlenen oranlarda zemine katılmıştır. Fiziksel analizlerden anlaşılacağı üzere, 45 µ üzeri malzeme miktarı %7 seviyelerindedir. Bu incelik ise dayanımı arttırıcı bir faktördür. Numunelerin hazırlanma aşamaları aşağıdaki şekilde sırasıyla zeminin elenmesi, standart proktor kabında sıkıştırılması ve örnek çıkarıcı ile numunelerin elde edilmesi olmak üzere üç aşamalı olarak sunulmuştur.

**Şekil 4.** Numunelerin Hazırlanma Aşamaları

BBT karıştırılan numuneler ve doğal zemindeki mukavemet değerlerinin belirlendiği tek eksenli basınç dayanımı testi düzeneği ise şekil 5'te verilmiştir. Burada tek eksenli yükleme sonrasında zeminde meydana gelen kırılma yüzeyleri açıkça görülebilir.



Şekil 5. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

3. Sonuçlar ve Değerlendirme

Yapılan tek eksenli basınç deneyleri sonucunda elde edilen mukavemet değerleri aşağıdaki tabloda sunulduğu gibidir.

Çizelge 2. Serbest Basınç Dayanım Değerleri

| Numune Adı | Doğal Zemin | Zemin+%5 BBT | Zemin+%10 BBT | Zemin+%15 BBT | Zemin+%20BBT |
|------------------------|-------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| Numune 1 Dayanımı(kPa) | 102,03 | 151,32 | 96,85 | 169,48 | 161,7 |
| Numune 2 Dayanımı(kPa) | 134,89 | 137,48 | 99,44 | 147,86 | 191,1 |
| Numune 3 Dayanımı(kPa) | 151,32 | 142,68 | 145,27 | 127,11 | 199,75 |
| Ortalama Dayanım(kPa) | 129,45 | 143,8 | 113,79 | 148,12 | 184,18 |

Tablodaki değerler incelendiğinde en yüksek basınç dayanımı değerleri BBT'nin zemine %20 oranında katılması sonucu elde edilmiştir. Doğal zemin numunelerine göre yaklaşık %45 oranında bir artış görülmektedir. BBT'nin zemine %10 oranında katılmasında kısmi bir düşüş görülmesine rağmen, %5 ve %15 oranlarında %10-15 seviyelerinde bir artış gözlemlenmektedir. %20 oranında BBT ile zemin karışımının verdiği sonuç zemin mukavemeti açısından stabilizasyon çalışmaları için çok anlamlı bir sonuç olmakla birlikte atık BBT'nin yalnız başına zemin stabilizasyonunda kullanılabileceğinin bir göstergesidir. Elde edilen sonuçların birçok farklı açıdan değerlendirilebilmesi mümkündür. Öncelikle BBT atıklarının yeni bir

stabilizasyon malzemesi olarak kullanılabilceği sonucuna varılmış olup, bu yeni stabilizasyon malzemesi ile yapılabilecek yeni çalışmaların n açılmıştır. evre kirliliğinin önlenmesinde katı atıkların yeniden kullanılabilirliğine bir örnek teşkil edebilecek bu çalışma, katı atık yönetimi kapsamında BBT atıklarının kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Bu alışma verilerinden yola çıkarak, BBT atıklarının zayıf zeminlerin iyileştirilmesinde kullanılmasıyla, BBT'nin kullanımının Bayburt yöresi civarında ve tüm Türkiye genelinde özellikle cami, eřme inşaatlarında ve işleme sanatında giderek artış göstermesine istinaden yakın gelecekte oluşabilecek çok daha büyük evre sorunlarının önüne geçilmesi planlanmaktadır.

Kaynaklar

- [1] Palabıyık H, Altunbař D. Kentsel Katı Atıklar ve Yönetimi, evre Sorunlarına ađdař Yaklaşımlar: Ekolojik, Ekonomik, Politik ve Yönetsel Perspektifler, C. Marin, U. Yıldırım (Ed.) Beta, İstanbul; 2004, p. 103-124.
- [2] Kavak A. The behavior of lime stabilized clays under cyclic loading. Ph. D., University of Bođaziçi, İstanbul 1996; 110- 112.
- [3] Bhattacharjee U, Kandpal TC. Potential Fly Ash Utilisation in India. Energy 2002; 27,2: 151-166.
- [4] Attom MF, Al-Sharif, MM. Soil Stabilization with Burned Oil Waste. Applied Clay Science 1998; 113: 219-230.
- [5] Miller G, Azad S. Influence of Soil Type on Stabilization with Cement Kiln Dust. Journal of Construction Build Materials 2000; 14, 2: 89-97.
- [6] Kumar BP, Sharma RS. Effect of Fly Ash on Engineering Properties of Expansive Soils. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 2004; 130, 7: 764-767.
- [7] Ansary MA, Noor M, Islam M. Effect of Fly Ash Stabilization on Geotechnical Properties of Chittagong Coastal Soil Geotechnical Symposium, March, Roma, 2006; 443-454.
- [8] Lin DF, Lin KL, Luo HL. A Comparison between Sludge Ash and Fly Ash on the Improvement in Soft Soil. Journal of the Air-Waste Management Association 2007; 57,1: 59-64.
- [9] Brooks RM. Soil Stabilization with Fly Ash and Rice Husk Ash. Int. Journal of Research and Reviews in Applied Sciences 2009; 1, 3: 209-217.
- [10] Al-Mukhtar M, Lasledj A, Alcover JF. Behaviour and Mineralogy Changes in Lime-Treated Expansive Soil at 50 C. Applied Clay Science 2010; 50,2: 199-203.