

UÇUCU KÜLLERİN GEOTEKNİK MÜHENDİSLİĞİNDE KULLANIMI

Atila DEMİRÖZ

Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

ademiroz@selcuk.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, günümüzde en önemli enerji kaynağı olan kömürden elde edilen uçucu küllerin özellikleri, kullanım alanları ve geoteknik mühendisliğindeki kullanımı incelenmiştir. Ülkemizde ve dünyadaki enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla kurulan termik santrallerde en çok düşük kalorili, kül oranı yüksek linyit kömür kullanılmaktadır. Termik santral atığı olan uçucu küller, çok önemli çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bu sebeple uçucu külün çeşitli alanlarda kullanılması ve değerlendirilmesi çok önemlidir. Uçucu külün özellikleri, bu malzemenin puzolanik bir malzeme olduğunu ve inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Uçucu kül, Kömür, Geoteknik Mühendisliği, Kireç, Stabilizasyon, Silis,

USE OF FLY ASH GEOTECHNICAL ENGINEERING

Abstract

Coal is one of the most important energy sources today. In this study, properties, areas of use and usage in geotechnical engineering of fly ash obtained from coal are investigated. Lignite coal having low energy and high ash content has been used at the thermic power plants constructed to supply the energy need in Turkey as well as in the

world. Fly ashes being the waste of thermic power plants cause tremendous environmental pollution. Therefore, it is very important to use and evaluate the fly ashes in different areas. The properties of fly ash indicate that it is useful for construction sector.

Keywords: Fly ash, Coal, Geotechnical Engineering, Lime, Stabilization, Silica

1. GİRİŞ

Uçucu kül elektrik enerjisi elde etmek için yakıt olarak öğütülmüş kömürün kullanıldığı termik santrallerde veya demir, çelik ve bazı metallerin üretimlerinde olduğu gibi elde edilmek istenen esas ürünün yanı sıra yan ürün olarak ortaya çıkmaktadır. Atık olarak elde edilen bu ürünlerin depolanması, atılması büyük güçlükler yaratmakta ve çevre kirliliği dahil topluma büyük sorunlar getirmektedir. Yan ürünlerin değerlendirilmesi, çok kısıtlı olan doğal malzemelerin kullanımını azaltarak doğanın tahrip edilmesi ve doğal malzemelerin azalmasını önlemektedir. Atık malzemelerin değerlendirilmesi durumunda çevre sorunları azalmakta, enerji tasarrufu ve ekonomi sağlanmaktadır [1].

Türkiye’de bir yılda yaklaşık 45 milyon ton kömür yakılmakta, ortalama 15 milyon ton uçucu kül üretilmektedir. Ülkemiz için böyle bir atığın depolanmaması veya değerlendirilmemesi önemli derecede ekonomik ve çevresel problemleri de beraberinde getirmektedir [2]. Termik santrallerden üretilen ancak değerlendirilmeyen uçucu küllerin santrallerden çok uzak yerlerde depolanması gerekir. Uçucu küller atık olarak geri kazanılmaya elverişli bir malzeme olup değişik sektörlerde değerlendirilebilir [3].

Uçucu küller çeşitli ülkelerde çimento hammaddesi, briket ve tuğla gibi hafif yapı malzemesi olarak inşaat mühendisliğinde yüksek hacimlerde kullanılması ile

beraber kauçuk ve plastik yapımında da kullanılmaktadır. Ülkemiz ise uçucu kül üretiminde dünyada 10. sırada yer alırken, kuru olarak atık depolarına atılmakta veya suyla karıştırılarak kül barajlarında depolanmaktadır [4].

2. UÇUCU KÜLLERİN ÖZELLİKLERİ

2.1 Uçucu Kül

Uçucu kül üretimini; santral tipi, işletim biçimi, yakılan kömürün cinsi, yanma biçimi gibi çeşitli faktörler etkilemekle birlikte genel olarak elektrik enerjisi üreten termik santrallerde kullanılan taşkömürünün %10-15'i, linyit kömürünün ise %20-50'si kül olarak ortaya çıkmaktadır. Yanma sonucu ortaya çıkan külün %75-85'i baca gazları ile kazandan çıkan ve yukarı doğru yükselen çok ince dane atıklar "uçucu kül" olarak tanımlanırlar. Santrallerde, baca gazlarından uçucu küllerin tutulması amacıyla genel olarak yüksek verimli elektrofiltreler ve siklon denilen toz tutucular kullanılmaktadır [5].

Uçucu küller alüminli, silisli ve demirli malzemelerdir. Genellikle gri renklidir. Renkleri koyu ise içlerinde yanmamış karbon parçacıkları çok miktarda bulunmaktadır. Kireçle birleştiklerinde bağlayıcılık özelliği taşımaktadır [6]. Silisyum oksit, demir oksit ve alüminyum oksit içeren karmaşık yapıları çoğunlukla camsı küresel taneciklerden oluşur. Çapları 1-300 mikron arasında değişen uçucu külün özelliklerine etki eden faktörler, yakılan kömürün cinsi, yakma randımanı, kömürün yakıldığı fırının sınıfı, kömürün inceliği, kömüre ilave edilen katkı maddeleridir.

2. 2 Uçucu Küllerin Sınıflandırılması

Uçucu küller kimyasal kompozisyonları ve üretildikleri kömür cinsi göz önünde tutularak C618 nolu ASTM (American Society for Testing Materials) standardına göre 2 sınıfa ayrılmaktadır.

1. F tipi uçucu kül
2. C tipi uçucu kül

Mineralojik ve kimyasal özellikler açısından uçucu küller, içi boşluklu ve boşluksuz, camsal kürecikler süngerimsi mineral parçacıklar ve yanmamış taneciklerden oluşurlar. Kimyasal yapılarında element olarak Si, Al, Ca ve S bulunur. Uçucu küllerin matrisi esas olarak alümina silikatlardan ve bunlarla birlikte bulunabilen Fe, Mg, Na, K, Ca, Ti ve nadir toprak elementlerinden oluşur. Uçucu olan veya uçucu oksitleri oluşturan As, Cd, Ga, Mo, Pb, Se ve Zn gibi elementler matrise girme eğilimi göstermezler [7].

2. 2. 1 F Sınıfı Uçucu Kül

Genellikle antrasit ve taşkömürün yakılmasıyla elde edilir. Silisyum oksit+demir oksit+alüminyum oksit \geq % 70 olduğu zaman F sınıfı uçucu kül olarak tanımlanır. Yapısında kireç serbestçe bulunmaz. Genel olarak içerisinde % 10'dan daha az CaO içerdikleri için düşük kireçli uçucu kül olarak isimlendirilir. Kendi kendine sertleşme özelliğine sahip değildirler. Sulu ortamda kireçle reaksiyona girerek çimentolaşma özelliği gösterirler.

2. 2. 2 C Sınıfı Uçucu Kül

Linyit ve bitüm miktarı düşük kömürlerin yakılmasıyla elde edilirler. Yapılarında Silisyum oksit+demir oksit+alüminyum oksit \geq % 50 ve %1-3 kireç olduğu

zaman C sınıfı uçucu kül olarak isimlendirilir. Çimentolaşma özelliğine sahip oldukları için kendi kendilerine sertleşebilirler.

2. 3 Uçucu Küllerin Özellikleri

Uçucu küllerin kimyasal ve minerolojik kompozisyonları arasında doğrudan bir ilişki bulunmamasına rağmen, yalnızca kimyasal oksit analizi kullanılarak bu malzemelerin kullanılabilirliği belirlenmektedir. Mineral malzemenin çoğu kil, pirit ve kalsitten oluşur. Minerallerin %85'den fazlası minerallerin termal işlemlerle şekillendirilmiş camsı, içi boşluklu ve dolu kristalimsi taneciklerden oluşmaktadır. Linyitten elde edilen külde CaO ve MgO oranı Fe_2O_3 'den fazladır. Taşkömüründen elde edilen külde ise Fe_2O_3 oranı CaO ve MgO oranından daha fazladır [9].

Uçucu küllerin endeks ve mühendislik özellikleri genelde oldukça dar bir aralıkta değişir. Düşük geçirgenliği sahip olan uçucu küller kireç ile reaksiyona girdiği zaman sertleşmektedir. Oturmalar kil zemine nazaran çok daha hızlı oluşmakta ve suya doymun olmadığı zaman suyun yüzeysel gerilimlerinden dolayı görünen kohezyon oluşmaktadır [10, 11].

3. UÇUCU KÜLLERİN İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE KULLANIMI

Uçucu küllerin arazide dolgu halinde depolanması çevre açısından bir problem oluşturmaktadır. Kül içindeki ağır metallerin ayrışarak yeraltı suyuna karışması durumunda tehlikeli olmaktadır. Stabilizasyon uçucu küllerin permeabilitesini azaltır ve böylelikle uçucu külden kimyasal ve biyokimyasal maddelerin süzülmesini önlemektedir. Uçucu küller çok miktarlarda üretildiklerinden ve de puzolanik özellikten dolayı inşaat mühendisliğinde çok yüksek hacimlerde kullanılmaktadır [12]. İnşaat mühendisliğinde uçucu kül;

- Dolgu malzemesi,
- Zemin stabilizasyonunda zemin özelliklerini iyileştirici malzeme,
- Yalıtım malzemesi,
- Maden ocaklarında filler olarak,
- Gaz beton üretiminde yardımcı hammadde,
- Katkılı çimento ve beton üretiminde katkı malzemesi,
- Hafif agrega üretiminde yardımcı hammadde,
- Tuğla üretiminde yardımcı hammadde,
- Donatılı zeminlerde duvar arkası dolgusu, [12]
- Katı atık sahalarında yeraltı suyunu kirletmemesi için çevresinde düşey geçirimsiz perdelerin oluşturulmasında bentonit-çimento ve zemin-bentonit karışımlarında katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Geoteknik Mühendisliğinde yüzeydeki zeminler için stabilizasyon katkı malzemesi, derindeki zeminlerin iyileştirilmesinde ise yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Genel olarak geoteknik mühendisliğinde şu amaçlar için kullanılmaktadır:

Temel alt dolgusu

İstinat duvarı arkası dolgusu

Baraj dolgularında katkı malzemesi olarak,

Zemin stabilizasyonu ve yollarda,

Beton üretiminde reolojik özellikleri düzenleyici olarak,

Kireç-uçucu kül enjeksiyonunda,

Asfalt-uçucu kül enjeksiyonunda,

Çimento-Bentonit ve Uçucu Kül enjeksiyonunda,

Uçucu küllerin enjeksiyonda kullanımı oldukça yenidir. Tane boyutu ve şekli, tane dağılımı ve puzolanik aktivitesi uçucu küllerin enjeksiyonda kullanımını sağlayan özelliklerdir. Taneleri çimentodan daha ince olduğu için etkili bir enjeksiyon malzemesidir [12].

Basınçla kireç-uçucu kül enjeksiyonu, zeminlerin arazideki hacim değiştirme potansiyellerini azaltmak ve taşıma kapasitelerini arttırmak amacıyla yapılır. Kil oranı düşük olan zeminlerde, kireç tek başına istenilen iyileştirmeyi sağlayamamaktadır.

Uçucu küller silisyum oksit, demir oksit ve alüminyum oksit bileşimlerinde sahip oldukları için, kendi kendine sertleşmesinden dolayı zemin içerisinde çatlak ve boşluklar arasında çimentolaşmayı sağlamaktadır. Kireç ve uçucu kül,

- Bina ve park alanlarının yapımını desteklemek amacıyla yapılan dolguların stabilizasyonunda ve onarımında,
- Dolguların oturmasını azaltarak taşıma kapasitelerini artırır,
- Geçirimsizliği sağlamak amacıyla kullanılır.

Uçucu küller, kimyasal yapısından kaynaklanan özelliğinden dolayı zararlı atık sularından az etkilenmektedir. Bu da çöp sahalarında yapılan geçirimsiz kil tabakasında kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Kül daneleri fiziksel olarak silt veya daha küçük boyutdadır. Genellikle düşük plastisiteli olup donmaya karşı hassastırlar. Bu özelliğinden donma-çözünme durumunda kaplama olarak görev alan uçucu külün bozulabileceğine dikkat edilmelidir. C-tipi uçucu külün arazide yerleştirilmeden ve sıkıştırılmadan önce sertleşeceği göz önünde tutulmalıdır.

5. SONUÇ

Ülkemizin elektrik ihtiyacını karşılamak amacıyla, kısa dönemde inşa edilen termik santrallerin atık ürünü olarak, her yıl yaklaşık 12-20 milyon tonun üzerinde çıkan ve termik santrallerin civarında depolanan uçucu küller, çevreyi kirletmesi ve taşınması-depolanması sırasında önemli sorunlar ortaya çıkmıştır.

Nüfus artışına paralel olarak gelişen endüstrinin, giderek artan elektrik ihtiyacı, petrol kaynaklarının azalması ve nükleer santrallere karşı kamuoyu tepkisinden dolayı enerji üretiminde kömürün kullanılması kaçınılmazdır. Bu durum termik santrallerde üretilen çok miktardaki uçucu külün geoteknik mühendisliğinde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Uçucu külü kullanmadan önce ilk adım olarak fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini belirlemek gerekir. Kullanılan kömürün tipi, mineral madde miktarı, yakma yöntemi, fırın tipi, biriktirme ve depolama metodu gibi birçok faktör uçucu külün özelliklerini etkilemektedir. Kendi kendine sertleşen uçucu kül dolguların doğal zeminlerle yapılanlardan daha yüksek taşıma kapasiteleri vardır. Bu dolgular nispeten geçirimsizdir. Aynı zamanda düşey ve yatay basınçlar daha düşük olmaktadır. Uçucu kül-kireç enjeksiyonu dolguların oturma miktarını ve geçirimsizliğini azaltarak taşıma kapasitelerini artırması gelecekte daha çok uygulamalara kullanım imkanı sağlamaktadır.

Kaynaklar

- [1] Güler, G., Güler, E., İpekoğlu, Ü., Mordoğan, H., “Uçucu Küllerin Özellikleri ve Kullanım Alanları”, Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, IMCET 2Q05. İzmir. Türkiye, ss:419-423, 09-12 Haziran 2005.

- [2] Demiröz, A., “Uçucu Küllerin Zemin İyileştirmesinde Kullanımı”, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Semineri, Konya, 22s, 1996.
- [3] Erdoğan Y, T., “Atık Malzemelerin İnşaat Endüstrisinde Kullanımı Uçucu Kül Yüksek Curufu”, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara, ss:1-8, 1993.
- [4] Baykal, G., Özturan, T., Savaş, M., Ramadan, K., “Uçucu Külün İnşaat Mühendisliğinde Kullanım Olanakları”, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara, ss: 89-102, 1993.
- [5] Morrison. R., E. "A Review of Ash Specifications." Symposium on Fly Ash Utilization, pp. 24-31. Pittsburgh, 1970.
- [6] Özbayoğlu, U, F., “Uçucu Küllerin Bentonit, Kireç ve Çimento Katkılarıyla Kumlu Zeminlerin Stabilizasyonlarında Kullanımı, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara, ss: 103-120, 1993.
- [7] Çana. B., Güleç. N., & Erler. A. "Kömür Yakıtlı Termik Santrallerdeki Uçucu Küllerin Çevreye Etkisi". Genel değerlendirme. Selçuk Unv. Müh-Mim. Fak. 20. Yıl Jeoloji Semp., IS1 -187. Konya. 1997.
- [8] Tokyay, M., “Uçucu Küllerin Mineralojik Kompozisyonlarının Hidratasyon ve Puzolonik Reaksiyonlara Etkisi” Türkiye İnşaat Mühendisliği X. Kongresi, Cilt 1, ss: 389-401, TMMOB, Ankara, 1989.
- [9] Joshi, R., Nagaraj, “Fly Ash Utilization for Soil Stabilization” Env. Geotechnics and Problematic Soils and Rock, Balkema, Rotterdam, 1987.
- [10] Uysal, F., “Geotechnical Properties of the Fly Ashes Produced in Two Thermal Plants in Turkey, Msc, ODTU, Ankara, 1987.

- [11] McLaren, R., Digioia, A. M., “The Typical Eng. Properties of Fly Ash”, Geotechnical Practice for Waste Disposal’87, ASCE., Geotechnical Special Publication, No:13, pp:683-697, New York, 1987.
- [12] Eftelioğlu, M., Bowders, J. J., “ Permeability Testing of Fly Ash/Grout Specimens, Environmental Geotechnology, pp: 495-501, Balkema, Rotterdam, 1992.