

Kentsel Dönüşüm Atıkları Kullanarak Yol Altyapısının Taşıma Gücü Özelliklerinin İyileştirilmesi

Improving Bearing Capacity Properties Of Subgrade Using Urban Transformation Waste

*¹Zeynep Kalem ve ²İsa Vural ve ³Salih Kaya

¹Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

²Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

³Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

Özet

Ülkemiz hızlı bir kentsel dönüşüm sürecine girmiştir. Bu süreçte sürdürülebilirliğini kaybetmiş yapılar yıkılarak yerine durabilitesi daha uzun olan yeni yapılar inşa edilmektedir. Yıkılan yapılardan ortaya çıkan atıkların doğaya terkedilmeleri halinde çevre kirliliğine sebep olacakları açıktır. Ayrıca bu atıklar büyük hacimlerinden ötürü saklanacak alan problemi de doğuracaklardır. Bu sorun bu atıkların geri kazanımı fikrini aklı getirmiştir. Bu konu ile ilgili ilk olarak Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB) tarafından "Kentsel Dönüşüm Projeleri Kapsamında Oluşan İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Hazır Beton Sektöründe Yeniden Kullanım Potansiyelinin Araştırılması" isimli Ar-Ge projesi hayata geçirilmiştir.

Bu çalışmada söz konusu yapısal atıkların yumuşak killi zeminlerde zemin stabilizasyonuna ve taşıma gücü özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Killi zeminlerin yol alt tabakasında olduğu durumlarda stabilize problemleri ortaya çıkmakta ve bu sorun farklı zemin iyileştirmeleri ile düzeltilmeye çalışılmaktadır. Alt yapı ve yol inşaatlarında killi zeminler için uygulanan stabilizasyon yöntemlerinden biri kireç stabilizasyonudur. Kireç stabilizasyonu uygulaması kolay, maliyeti düşük, avantajlı bir yöntem olsa da kirecin de doğada bulunan bir hammadde olduğu ve doğal kaynakların günümüzde hızla tükendiği unutulmamalıdır.

Çalışmada bu iki durum göz önüne alınarak killi zeminlerde kireç stabilizasyonu etkisinin inşaat yıkıntı atıkları ile sağlanabilirliği araştırılmıştır. Böylece depolama ve kirlilik açısından sorun oluşturacak inşaat yıkıntı atıklarının geri kazanılarak tekrar kullanılmasının önünün açılması ve killi zeminlerdeki stabilize sorunun da bu yöntemle çözüme ulaştırılması hedeflenmiştir.

Çalışmada doğal zemin numunesi olarak kabul edilen kaolen kiline değişik oranlarda inşaat yıkıntı atığı, endüstriyel atık olan uçucu kül ve kireç katılarak numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler üzerinde kompaksiyon deneyi ile zeminin optimum su içeriğindeki maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri elde edilmiştir. Karışım oranlarına göre elde edilen optimum su muhtevasında sıkıştırılan bu zemin örnekleri 1 gün, 7 gün ve 28 günlük kürlere bırakılmış kürlleme süresi tamamlandıktan sonra CBR deneyi yapılarak, katkı maddeleri ile iyileştirilen bu numunelerin taşıma gücü kapasitelerinin ne kadar arttığı belirlenmiştir. Deneyler neticesinde elde edilen olumlu sonuçlar ile kentsel dönüşüm atıklarının killi zemin formasyonlarında iyileştirme malzemesi olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kentsel Dönüşüm, Zemin İyileştirmesi, İnşaat Yıkıntı Atığı, Geri Dönüşüm

Abstract

Our country has entered in the process of urban transformation. New buildings are being constructed instead of the structures that losing sustainability in this process. If the wastes from the collapsed buildings throw to nature, they will cause environmental pollution. In addition this waste will cause problems in the area due to the large size to be stored. This issue has been brought to mind the idea of recycling this waste. At first on this subject Turkey Ready Mixed Concrete Association realize a project is ‘‘Research of reusing potential of construction and demolition wastes that consisted urban transformation project’’.

In this study the effect of stabilization and bearing capacity properties in soft clay soil of these wastes was researched. In cases where the bottom layer of clay stabilized problems arise and the problem are trying to fixed with different ground improvements. . One of the stabilization methods in infrastructure and road construction for clay soils is lime stabilization. The lime stabilization is easy to apply, cost-efficient and has advantages in many aspects, but should be noted lime is a raw material in nature and natural resources are depleted rapidly in our day.

In this study considering these two cases, the availability of lime stabilization effect in clay soils using construction demolition waste was investigated. Thus, the construction demolition waste that causing storage and pollution problems are recycled and the stabilized problem in clay soils are aimed to solved in this way.

In this study kaoline clay is accepted as natural soil sample and added construction demolition waste, fly ash, lime at different rates. The compaction test was made on prepared samples and the maximum dry density values at the optimum water content was obtained. Then soil samples compacted at the optimum water content obtained and started the curing period 1 day, 7days and 28 days. After the curing period CBR test performed and was determined the increase in carrying capacity. The end of the experiments positive results obtained and has been determined that urban trasformation wastes are useful to improve in the clay soil formation.

Key words: Urban Transformation, Soil Improvement, Construction Demolition Waste, Recycling

1. Giriş

Gelişen ve nüfusu artan dünyamızda yerleşim artmış, yapı sayısı ve çeşitliliği çoğalmıştır. Bunun sonucu olarak her çeşit zemin üzerine yapı yapma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Mühendislik yapılarının inşa edilebilmesi ve uzun ömürlü olması için ise zeminin istenilen proje değerlerine sahip olması gerekmektedir. İstenilen özellikte zemin bulunamıyorsa mevcut haliyle farklı özelliklere sahip olan zeminlerin çeşitli yöntemlerle daha iyi hale getirilmesi ihtiyacı sonucunda zemin iyileştirme kavramı doğmuştur. Zemin iyileştirmesindeki amaç işin özelliğine göre değişmekle birlikte yumuşak kil zeminlerde amacı; düşük olan taşıma gücünü artırmak ve konsolidasyon oturmalarını sınırlar içinde tutabilmektir [1].

Zemin iyileştirme işlemi için birçok farklı yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan

yöntem ise zemine puzolanik maddeler katarak oluşan kimyasal reaksiyonlar ile zeminin özelliklerini iyileştirme yöntemi olarak bilinen kimyasal iyileştirmedir. Kimyasal iyileştirmede en çok kullanılan ve literatürde en geniş yer bulan katkı maddeleri; kireç, çimento ve uçucu küldür. Bu malzemeler zeminde bulunan daneler arasındaki boşlukları doldurarak ve daneler arasındaki bağları güçlendirerek zemin iyileştirmesine katkı sağlamaktadırlar.

Uçucu küller kömür kullanılan termik santrallerde ortaya çıkan endüstriyel bir atık ürünüdür. Uçucu küllerin puzolanik etkisinden faydalanılarak inşaat mühendisliğinde birçok alanda kullanılmaktadır. Uçucu küllerin zemin stabilizasyonunda olumlu sonuçlar verdiği yapılan birçok çalışma ile belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada “%5kireç+%5 uçucu kül” katkılı karışımın mukavemeti %95 artırdığı saptanmış ve CL sınıfı kil zeminlerde kireç ve uçucu küllerin mukavemeti artırmak için kullanılabileceği belirtilmiştir [2].

Yapılan başka bir çalışmada da kireç oranının %5 ile %10 arasında optimum sonuçlar verdiği tespit edilmiştir [3]. Bu sebeple bu çalışmada kireç oranı sabit olarak ağırlıkça %5 seçilmiştir.

Uçucu külün puzolonik aktivitesinin sağlayacağı değişimleri not etmek için ise önce %0 olduğu karışımlar hazırlanmış, sonra da %15 olarak katılmıştır. Bu oran uçucu külün puzolonik aktivitesinin ağırlıkça oranı arttıkça önce arttığı fakat %15 ‘in üzerine çıkıldığında düşüş olduğu bilindiği için seçilmiştir [2].

İnşaat yıkıntı atığı ise %0 dan başlayarak ağırlıkça %25’e varan oranlarda katılarak sonuçlar incelenmiştir.

2. Malzeme ve Yöntemler

İyileştirme deneyleri için kullanılan malzemelerin ağırlıkça oranları tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Karışımlarda Kullanılan Malzemelerin Ağırlıkça Oranları

NO	KARIŞIM ORANLARI			
	İYA	U.KÜL	KİREÇ	KİL
1	0%	0%	0%	100%
2	0%	0%	5%	95%
3	5%	0%	5%	90%
4	5%	15%	5%	75%
5	10%	0%	5%	85%
6	10%	15%	5%	70%
7	15%	0%	5%	80%
8	15%	15%	5%	65%
9	20%	0%	5%	75%
10	20%	15%	5%	60%
11	25%	0%	5%	70%
12	25%	15%	5%	55%

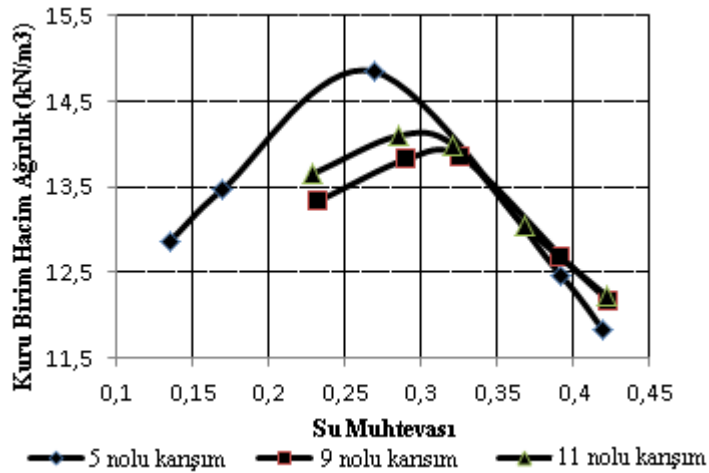
(İYA=İnşaat Yıkıntı Atığı; U.KÜL=Uçucu Kül)

Hazırlanan bu karışımlar havasız ve dış etkenlerden korunmuş şekilde paketlenip bir gün bekletildikten sonra TS1900-1’de anlatıldığı şekli ile kompaksiyon deneyine tabi tutulmuşlardır [4]. Kompaksiyon deneyi sonucunda maksimum birim hacim ağırlığı (ρ_k) veren, optimum su muhtevası (w_{opt}) değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen bu su muhtevası değerleri ile ağırlıkça oranları aynı tutulan karışımlar tekrar hazırlanmış, bir gün hava almayacak şekilde paketli halde bekletildikten sonra yeniden sıkıştırma işlemi yapılarak TS1900-2’ye göre CBR (The California Bearing Ratio/Kaliforniya taşıma oranı) deneyi uygulanmıştır [5]. Karışımlardan elde edilen deney sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Kompaksiyon ve CBR Deney Sonuçları

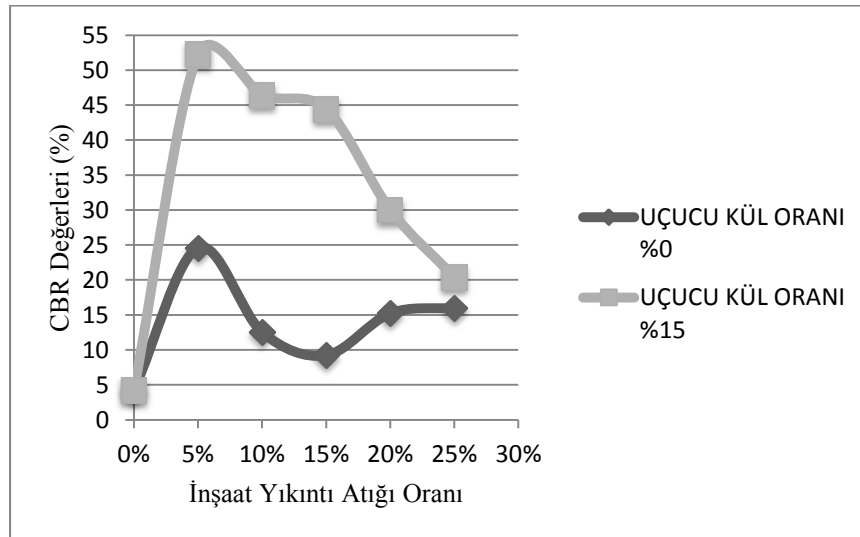
NO	DENEY SONUÇLARI		
	Maksimum Kuru BirimHacimAğırlık (ρ_k)	Optimum Su Muhtevası (w) (%)	Cbr Değerleri (%)
1	10,97	31	4,23
2	12,09	33,67	8,81
3	12,87	36,31	24,59
4	11,32	29	52,24
5	14,9	27	12,55
6	11,67	26,7	34,41
7	12,97	36,58	9,23
8	12	26,2	46,44
9	13,85	32,5	15,22
10	11,98	28,5	30,03
11	14	30	16,03
12	12,2	28	20,42

Kompaksiyon deneylerinde en yüksek kuru birim hacim ağırlığın elde edildiği karışım 5 nolu karışım olmuştur. Karışımlar arasında en yüksek kuru birim hacim ağırlık değerlerini veren 3 karışımın kompaksiyon eğrisi Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kompaksiyon Eğrileri

Uçucu külün %0 ve %15 olarak seçildiği iki durum için değişen inşaat yıkıntı atığı oranlarına göre elde edilen CBR değerleri Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Değişen inşaat yıkıntı atığı değerlerine karşılık gelen CBR değerleri

Ağırlıkça farklı oranlarda kireç, uçucu kül ve inşaat yıkıntı atığı kullanılarak hazırlanan toplam 12 karışımdan en iyi kompaksiyon özellikleri veren karışım numaralarının 5, 9 ve 11 nolu karışımlar olduğu görülmüştür. Bu karışımlar içerik olarak uçucu külün olmadığı karışımlardır. Kompaksiyon özelliklerindeki iyileşmenin, taşıma gücündeki iyileşme ile paralel olacağı düşünülse de elde edilen CBR sonuçları durumun tersini göstermiştir. En yüksek taşıma gücü

oranı %52.24 ile 4 nolu karışımda elde edilmiştir. Bu karışımda uçucu kül %15 oranında bulunmaktadır. Şekil 2 incelendiğinde uçucu külün oranının %0 olduğu durumdaki CBR sonuçlarının %15 olduğu durumdan düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun uçucu külün puzolonik aktivitesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Uçucu küllerin kireç ve su ile karıştırıldığında belli bir süre sonunda sertleşerek dayanım kazandığı bilinmektedir. Bu dayanım kazanma ise süre arttıkça artmaktadır [6]. Tablo 2’de verilen CBR sonuçları 28 günlük kür sonucunda elde edilmiş değerlerdir. Uçucu külün, oranının %15 olduğu karışımlarda bu süre içerisinde bahsedilen puzolonik aktiviteye girerek ve boşlukları doldurarak CBR sonuçlarını %50 seviyelerine yükselttiği düşünülmektedir. Bu durum ile ilgili kesin açıklamalar elde edebilmek için numuneler üzerinde kimyasal analiz yapılması ayrıca XRD (X Ray Diffraction/X Işınları Kırınımı) ve SEM (Scanning Electron Microscope/Taramalı Elektron Mikroskobu) analizlerinin incelenmesi gerekmektedir. Sonuçlara baktığımızda inşaat yıkıntı atığının tek başına olduğu durumda sağlanan iyileşmenin %25 civarında olduğu görülür.

Sonuçlar

Çalışmada doğal zemin numunesi olarak kabul edilen kaolin kilinin taşıma gücü özelliklerinin inşaat yıkıntı atıkları ile iyileşebilirliği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda kaolin kilinin 4,23 olan CBR değeri inşaat yıkıntı atıkları ile 24,59 değerine çıkarılmıştır. Bu da hedeflenen iyileşmenin %581 gibi bir oranla gerçekleştirilebileceğini göstermiştir.

Endüstriyel bir atık olan uçucu kül ile beraber hazırlanan karışımlarda ise CBR değeri 50 seviyelerinde olmuştur. Bu sonuca uçucu külün ortamda var olan kireç sayesinde puzolonik aktiviteye girerek sebep olduğu düşünülmektedir. Bu konu ile alakalı araştırma yapmak için numunelere XRD (X Ray Diffraction/X Işınları Kırınımı) ve SEM (Scanning Electron Microscope/Taramalı Elektron Mikroskobu) incelemesi yapılacaktır.

Bu verilere göre kimyasal iyileştirmenin uygulanacağı karayolu projesinde istenen taşıma gücü değeri %20 civarında ise inşaat yıkıntı atığı tek başına, eğer daha yüksek bir değer isteniyorsa uçucu kül ile birlikte kullanılması uygundur denebilir.

Kaynaklar: .

[1] Öztoprak, S., ‘‘Zeminlerin İyileştirilmesi: Yöntemlere Genel Bir Bakış ve Uygulamadan Örnekler’’ IMO, İstanbul, Türkiye, Ekim 2011

[2] Cömert, A. T., ‘‘Uçucu Küllerin Zemin Stabilizasyonuna Etkileri’’ Yüksek Lisans Tezi , Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye, Haziran 2005

[3] Balta, İ., ‘‘ Doğu Karadeniz Bölgesi Topraklarının Çimento ve Kireçle Stabilizasyonu’’, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1984)

[4] Türk Standardı 'İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri- Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini'' TS 1900-1, Mart 2006

[5] Türk Standardı 'İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri- Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini'' TS 1900-2, Mart 2006

[6] İmançlı, G., ''Uçucu Küllerin Zemin Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi'' Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye, 2002