

İnşaat yıkıntı atığı ve kireçle kil zeminin stabilizasyonu üzerine deneysel bir çalışma

An experimental study on the stabilization of a clay soil with construction wastes and lime

Mamadou Lamine DIALLO¹, Yeşim Sema ÜNSEVER^{2*}

^{1,2}Bursa Uludağ Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.
mllapou56@gmail.com, unsever@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 27.03.2019, Kabul Tarihi/Accepted: 05.09.2019
* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2019.51436
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Günümüzde, kentsel dönüşüm projelerinden ortaya çıkan katı atık maddelerinin büyük hacimlerinden dolayı depolama problemi yarattığı gerçeği gündeme gelmiştir. Bu gibi atık maddelerin kullanılması, hem çevre korunması hem de maliyet açısından kazanç sağlar. Bu yüzden, son yıllarda bu atık malzemelerin kullanılabilmesi yeni araştırma konularına olanak sağlamıştır. Bu çalışmada, araziden alınan bir kil üzerine sabit %2 kireç ve %5 ile %35 arasında değişen oranlarda inşaat yıkıntı beton atıkları katılarak iyileştirme yapılmıştır. Öncelikle araziden elde edilen numuneye, Elek deneyi, Hidrometre deneyi ve Atterberg deneyleri yapılmıştır. Bu çalışmada, araziden alınan bir kil üzerine sabit %2 kireç ve %5 ile %35 arasında değişen oranlarda inşaat yıkıntı beton atıkları katılarak iyileştirme yapılmıştır. Öncelikle araziden elde edilen numuneye, Elek deneyi, Hidrometre deneyi ve Atterberg deneyleri yapılmıştır ve zemin yüksek plastisiteli kil olarak sınıflandırılmıştır. Daha sonra, proktor deneyi yardımıyla hazırlanan numunelerin optimum su muhtevaları ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri elde edilmiştir. Karışımların mukavemetini belirlemek için ise bulunan optimum su muhtevalarına uygun olarak 38 mm çapında ve 76 mm uzunluğunda silindirik numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler üzerinde 3 gün, 7 gün ve 28 gün kür süresinden sonra dayanımlarını belirlemek için serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerin sonucunda, yüksek plastisiteli kilin mühendislik özelliklerinin kullanılan kireç ve inşaat atıklarıyla birlikte farklı yüzdelerde arttığı bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Atık Malzeme, Kil, Serbest basınç deneyi, Kür, Zemin iyileştirme

Abstract

Nowadays, there is a storage problem of solid waste materials from the urban transformation projects due to their large volumes. Environmental protection and cost saving are provided when such waste materials are used. Therefore, in recent years the usage of these waste materials has been new trend research topics. In this study, 2% of lime (constant through the experiments) and different percentages of construction concrete wastes (changes between 5% and 35%) were added on a clayey soil taken from field for soil stabilization purposes. First of all, sieve test, hydrometer test and Atterberg test were performed on the soil sample and the soil classified as high plastic clay. Then, the optimum water content and maximum dry density values of the prepared samples has been determined by using proctor compaction test. To determine the strength of the samples, 38 mm diameter and 76 mm length cylinders of the samples with the optimum water content has been prepared. Unconfined compression tests were performed on those samples after 3 days, 7 days and 28 days curing time and their strengths have been determined. As a result of these experiments, it was found that the engineering properties of the high plastic clay increases with the different percentages by adding waste material and lime.

Keywords: Waste Material, Clay, Unconfined Compression Test, Curing Time, Soil Stabilization

1 Giriş

Killi zeminler üzerinde yapılması planlanan inşaatlarda, taşıma gücünün yetersiz kalması durumu çok karşılaşılan bir problemdir. Bu durumu çözmek için birçok zemin iyileştirme yöntemi mevcuttur. Bunlardan bir tanesi, taşıma kapasitesi düşük olan zeminin belirli oranlarda bir veya bir kaç katkı maddesi ile karıştırılmasıdır. Bu yöntem yüzeysel zemin stabilizasyonu olarak adlandırılmakta olup, maliyet ve yapım süreci açısından avantajlı bir yöntemdir. Zemin stabilizasyonu uygulamalarında birçok farklı alternatif malzeme kullanarak işlem yapılmıştır. Bu malzemelerden bazıları doğal ürün, bazıları sanayi ürünü bazıları ise atık malzemelerdir. Bu güne kadar en çok kullanılan malzemeler kireç, çimento, yüksek fırın cürufu ve uçucu küldür [1].

Bu çalışmada kireç ve inşaat yıkıntı atıkları birlikte kullanılarak söz konusu olan killi zeminin plastisite ve serbest basınç dayanımı gibi mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine değerlendirme yapılmış, zemin stabilizasyonunda alternatif malzemelerin kullanılmasına yönelik deneyler yürütülmüştür. Zemin stabilizasyonunda uygun stabilizör seçimi birkaç parametreye bağlıdır. Bunlardan en önemli olanlar zemin cinsi, stabilizasyonun amacı, zeminin hangi özelliğinin

iyileştirilmesinin istendiği, çevre şartları, stabilizatörün elde edilebilirliği ve maliyetidir [2].

Başarılı bir stabilizasyon için, mühendislik ve çevresel özelliklerin belirlenmesi amacıyla hem laboratuvar testlerinin hem de saha testlerinin yapılması gerekmektedir. Laboratuvar testlerinde (serbest basınç deneyi, üç eksenli deneyi, direkt kesme deneyi gibi), sahadakilerden (standart penetrasyon deneyi, plaka yükleme deneyi gibi) farklı mukavemet elde edilebilmesine rağmen, sahada stabilize edilmiş malzemelerin etkinliğinin değerlendirilmesine yardımcı olmaktadır. Laboratuvar testlerinden elde edilen sonuçlar, stabilizatörün seçimi ve optimum katkı miktarları konusunda yol gösterici olacaktır [3].

İnce daneli zeminlerde, stabilizatör olarak en etkin katkı malzemelerinden biri olan kireç, zeminin plastisitesini düşürüp işlenebilirliğini artırır. Zemin, kireç ile karıştırıldığında çeşitli kimyasal reaksiyonlar meydana gelir, bunlar: Katyon değişimi, flokülasyon, puzolanik reaksiyonlar ve karbonatlaşmadır [4]. Kireçle işleme tabi tutulmuş zeminin mühendislik karakteristikleri; zeminin cinsine, kullanılan kireç tipine, kireç yüzdesine ve kür sürelerine bağlı olarak değişiklik gösterir [5].

Kireç, ince taneli zeminlerin stabilizasyonunda en eski ve hala en popüler kullanılan katkı maddelerinden biridir. Bu nedenle bu konu da birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda, zemine eklenen kireçle birlikte zeminin optimum su muhtevsındaki ve kuru birim hacim ağırlığındaki değişimi, şişme potansiyeli, plastisitesi, dayanımı ve elastisite modülü gibi zemin özelliklerinin bir veya birkaçı üzerine etkisi araştırılmış ve kullanılacak optimum kireç miktarı belirlenmiştir [6-11]. Muntohar (2009) yaptığı çalışmada, plastik atık lifi kullanarak killi zeminlerin taşıma gücüne etkisini incelemiştir. Yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda, zeminin hem basınç hem de çekme dayanımının iyileştirildiğini saptamıştır [12]. Genel olarak, inşaatlardan kaynaklanan inşaat yıkıntı atıkları önemli miktarda moloz betondan oluşur. Eğer etkili bir geri dönüşüm sistemi uygulanırsa, malzemeler sahada ya da geri dönüşüm plantte ayrılabilirler. Şimdiye kadar bu malzeme; beton üretiminde, inşaat malzemeleri ve yol kaplamalarında başarıyla uygulanmıştır [13-15].

Vural ve arkadaşları (2017) yaptığı deneysel çalışmada, inşaat yıkıntı atıklarının killi zeminlerde zemin stabilizasyonuna etkisini araştırmıştır. İnşaat yıkıntı atıkları ile kaolin kilden hazırlanan numuneleri üzerinde yapılan deneyler sonucunda, inşaat yıkıntı atığının kilin serbest basınç dayanımını artırdığı ve killi zeminlerin iyileştirmesinde katkı olarak kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır [16].

Çimen ve arkadaşları (2016) tarafından inşaat yıkıntı atıklarının yüksek plastisiteli bir kilin mühendislik özelliklerine olan etkisi üzerine deneysel bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla, inşaat yıkıntı atıkları No. 40 elekten geçirilmiş, zemin ile ağırlıkça farklı oranlarında karışımlar hazırlanmıştır. Sonuç olarak, zemine inşaat yıkıntı atıklarının eklenmesiyle şişme potansiyelinin düştüğü ve serbest basınç mukavemetinin arttığını bulunmuştur. Ayrıca inşaat yıkıntı atıklarında ideal oranının %10-%20 arasında olduğu tespit edilmiştir [17].

Ülkemizde ve dünyada, son yıllarda kentsel dönüşümün artmasıyla birlikte bu atık malzemelerin değerlendirilmesi gündeme gelmiştir. Xuan ve arkadaşları (2012) yaptığı bir çalışmada, çevresel nedenler ve doğal kaynakları korumak için inşaat yıkıntı atıklarının mümkün olduğunca geri dönüştürülmesi ve değerlendirilmesinin ülkelerin ekonomisine ciddi katkılar sağlayacağını vurgulamışlardır [18]. Bu sebeple, killerin mühendislik özelliklerini iyileştirmesi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar zayıf zeminlerin stabilizasyonunda inşaat yıkıntı atıklarının kullanabileceğini ve zeminin mühendislik özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir [19-20].

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde son yıllarda artan kentsel dönüşüm dolayısı ile ortaya çıkan inşaat yıkıntı atıklarının kireç ile birlikte kullanılarak zemin özelliklerinin iyileştirilmesi üzerindeki etkilerinin incelenmesidir.

1 Malzeme ve Yöntemler

Bu çalışmada doğal kil zemin üzerine %2 kireç ve %5, %10, %15, %20, %25, %30, %35 inşaat yıkıntı beton atığı katılarak karışımlar hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımların üzerinde yapılan standart kompaksiyon deneyi yardımıyla zeminin optimum su muhtevası ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri elde edilmiştir. Daha sonra, karışımların mukavemetini belirlemek amacıyla, bulunan optimum su muhtevası ile zeminin üçer tane 38 mm çapında ve 76 mm boyunda silindirik numuneleri hazırlanmıştır. Numuneler kür süresince desikatör içinde bırakılmıştır. Hazırlanan numuneler; 3, 7 ve 28 gün bekletildikten sonra dayanımlarını belirlemek amacıyla serbest basınç deneyine tabi tutulmuştur.

En son 28 günlük kırılan numuların Atterberg Limitleri belirlenmiştir.

Deneyler TS1900-1 ve TS1900-2 standartlarına uygun olarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar bu kapsamda değerlendirilmiştir [21],[22].

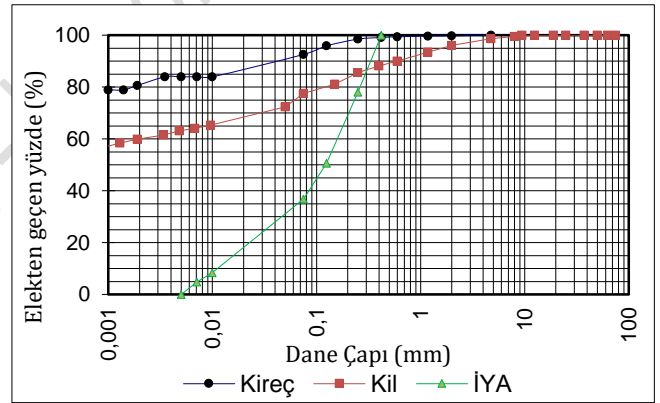
2.1 Zemin

Çalışmada kullanılan zemin, bir bina sahasında 2 m derinlikten alınmıştır. Araziden alınan zemini sınıflandırmak amacıyla elek analizi, hidrometre analizi ve kıvam limitleri deneyleri yapılmıştır. Şekil 1' de zeminin ve kullanılan diğer katkı malzemelerinin elek analizi ve hidrometre deneyleri sonucunda elde edilen dane dağılımı grafiği verilmiştir.

Zeminin sınıflandırılması için yapılan Atterberg limitleri sonuçları Tablo 1' de gösterilmiştir. Bu deney sonuçlarına göre, araziden alınan zemin Yüksek Plastisiteli Kil (CH) olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 1: Zeminin Atterberg limitleri ve plastisite indisi değerleri.

Likit Limit, w_L (%)	Plastik Limit, w_p (%)	Plastisite İndisi, I_p (%)
51,80	29,10	23,70



Şekil 1: Zeminin ve diğer katkı malzemelerinin granülometri dağılımı.

2.2 Kullanılan katkı malzemeleri

Kullanılan inşaat yıkıntı atıkları (İYA) kentsel dönüşüm kapsamında yıkılan bir binadan alınmıştır. Alınan beton taşları bir konkasörle kırılmıştır ve çalışmada sadece No#40 (0.425 mm) elekten geçen kısmı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan kireç ise, ticari olarak üretilen bir kireçtir. İYA'nın ve kirecin dane dağılımları Şekil 1' de verilmiştir.

XRF analizi ile kirecin ve diğer katkı malzemelerinin kimyasal özellikleri belirlenmiştir ve sonuçlar Tablo 2' de özetlenmiştir. Zemine eklenen katkı malzemelerinin içeriğinde bulunan SiO_2 , CaO , Al_2O_3 gibi bileşenlerin zeminde bulunan kil mineralleriyle tepkimeye girerek puzolanik reaksiyon oluşturması ve daneler arasındaki bağları güçlendirerek zeminin özelliklerini iyileştirilmesi beklenmektedir. Malzemelerin Özgül ağırlık değerleri ise laboratuvar deneyleri ile belirlenmiştir, deney sonuçları Tablo 3' te verilmiştir.

Tablo 2: Malzemelerin XRF analiz sonuçları.

Bileşen	Kil(%)	Kireç(%)	İYA(%)
SiO ₂	61,21	6,73	38,42
Al ₂ O ₃	11,47	1,90	17,08
Fe ₂ O ₃	5,13	0,96	7,00
CaO	6,27	49,55	25,10
MgO	1,65	0,72	2,33
SO ₃	0,12	0,59	5,40
Na ₂ O	0,49	0,06	0,26
K ₂ O	1,20	0,21	1,84
KK	10,86	38,37	0,33

Tablo 3: Malzemelerin özgül ağırlık değerleri.

Malzeme	Kil	Kireç	İYA
Gs	2,67	2,61	2,52

Stabilizasyon yöntemi için içeriğindeki %2 kireç ve inşaat yıkıntı atık malzemelerin ağırlıkça farklı oranları olan 9 karışım hazırlanmıştır. Bu karışımların oranları Tablo 4' de özetlenmiştir.

Tablo 4: Deney karışımları.

No	Kil(%)	Kireç(%)	İYA(%)	Kod
1	100	0	0	K
2	98	2	0	2K
3	93	2	5	2K5İYA
4	88	2	10	2K10İYA
5	83	2	15	2K15İYA
6	78	2	20	2K20İYA
7	73	2	25	2K25İYA
8	68	2	30	2K30İYA
9	63	2	35	2K35İYA

2.3 Deney Sonuçları

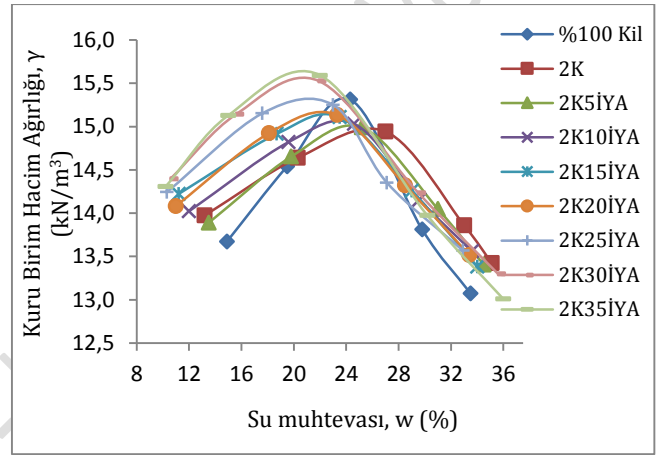
Bu çalışmada, zemine uygulanan katkı maddelerinin etkisini araştırmak amacıyla, optimum su muhtevasındaki değişiklikleri belirlemek için standart kompaksiyon deneyi, mukavemetindeki artışı gözlemek amacıyla 3 gün, 7 gün ve 28 gün bekletilmiş numuneler üzerinde serbest basınç deneyi ve 28 gün bekletilen ve tek eksenli basınç deneyine tabi tutulan numuneler üzerinde Atterberg limitleri deneyi yapılmıştır.

2.3.1 Kompaksiyon deney sonuçları

Farklı oranlarda inşaat atığı içeren karışımların kompaksiyon deney sonuçları Şekil 2' de verilmiştir. Şekil 2' den görüleceği gibi, %2 kireç eklendiğinde zeminin optimum su muhtevası artarken maksimum kuru yoğunluğu düşmüştür. Zemine İYA eklendiğinde ise, kireç eklendikten sonra artan optimum su muhtevası azalmış ve İYA oranı arttıkça optimum su muhtevası değeri düşmeye devam etmiştir, saf kil numuneye göre optimum su muhtevasındaki azalış ise %15 İYA eklendiğinde gözlenmiştir. Bu davranışın sebebinin eklenen katkı malzemelerin dane boyutu ile ilgili olduğu düşünülmektedir;

kilden daha ince yapılı olan kireç eklendiğinde karışımın su ihtiyacı artmıştır, kilden daha iri dane dağılımı olan İYA eklendiğinde ise karışımın su ihtiyacı azalmaya başlamıştır. Maksimum kuru birim hacim ağırlık ise kirecin eklenmesiyle düşse de İYA eklenmesiyle yükselme trendine girmiştir. %100 kil numunesi ile karşılaştırıldığında ise maksimum kuru birim hacim ağırlıktaki artış %30 İYA eklendiğinde görülmüştür (Şekil 2).

Karışımların kompaksiyon deney sonuçlarına göre elde edilen maksimum kuru birim hacim ağırlıkları ve optimum su muhtevası Tablo 5' de özetlenmiştir. Tablodan da anlaşılacağı gibi maksimum kuru birim hacim ağırlık artışına en fazla %2 Kil ve %35 İYA kullanıldığında ulaşılmıştır, bu karışımın optimum su muhtevası ise en küçük değer olan %20,30 olarak bulunmuştur.



Şekil 2: Karışımların kompaksiyon deney sonuçları.

Tablo 5: Karışımların kompaksiyon deney sonuçları.

Karışım	Maksimum kuru birim hacim ağırlık (kN/m ³)	Optimum su muhtevası (%)
K	15,30	23,90
2K	14,90	26,00
2K5İYA	15,00	24,80
2K10İYA	15,10	23,90
2K15İYA	15,20	23,10
2K20İYA	15,20	22,50
2K25İYA	15,30	21,00
2K30İYA	15,60	20,50
2K35İYA	15,70	20,30

2.3.2 Serbest basınç deney sonuçları

Serbest basınç deneyi üç eksenli basınç deneyinin özel bir çeşidi olup zemine tek yönde uygulanan kuvvetlere karşı gösterdiği dayanım olarak tanımlanabilir [17].

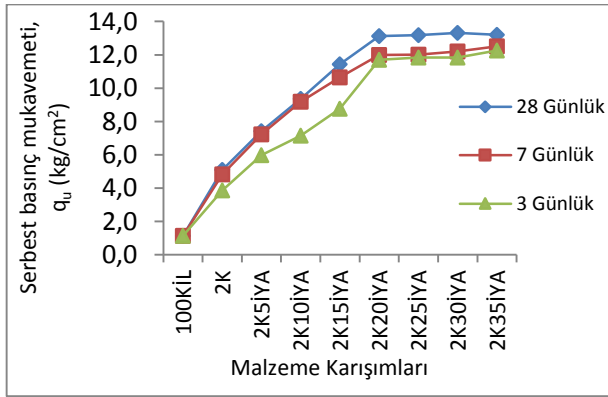
Serbest basınç deneyi sonuçları Tablo 6 ve Şekil 3' de özetlenmiştir. Serbest basınç deneyi sonucunda, İYA arttıkça

serbest basınç mukavemetinin de arttığı saptanmıştır. Bunun yanı sıra, %20 İYA sonrası zeminin mukavemetinin pek değişmediği gözlenmiştir.

Zeminin mukavemetinin kür ile bir miktar arttığı belirlenmiştir (Şekil 3). Kür süresi ile ilgili artış, düşük İYA oranlarında (%5-15) 3 ile 7 gün arasında belirgin, yüksek İYA oranlarında (%20-30) 7 ile 28 gün arasında belirgin hale gelmiştir. %35 İYA kullanımında ise kür süresinin pek bir etkisi gözlemlenmemiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, optimum İYA kullanımında kür sürelerinin serbest basınç mukavemeti üzerinde düşük oranda da olsa bir etkisi vardır. Bu artışın beklenen kadar olmamasının nedeninin İYA içindeki çimentonun büyük bir kısmının daha önceden pozolanik reaksiyona girmiş olması olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 6: Serbest basınç deney sonuçları.

Numune	Serbest basınç mukavemeti, q_u (kg/cm ²)		
	3 Gün	7Gün	28Gün
K	1.14	1.16	1.16
2K	3.87	4.83	5.10
2K5İYA	7.98	7.23	7.42
2K10İYA	7.14	9.19	9.36
2K15İYA	8.76	10.65	11.44
2K20İYA	11.71	12.00	13.12
2K25İYA	11.84	12.00	13.18
2K30İYA	12.18	12.58	13.99
2K35İYA	12.59	12.84	13.19



Şekil 3: Serbest basınç dayanımda katkı malzemelerinin ve kür sürelerinin etkileri.

2.3.3 Atterberg limitleri deney sonuçları

Karışımlar üzerinde Atterberg limit deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler, karışımlar hazırlandıktan sonra katı malzemelerin nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla 28 gün bekletilen ve tek eksenli basınç deneyine tabi tutulan numuneler kullanılarak yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 7' de özetlenmiştir. Tablodan da anlaşılacağı gibi yüksek plastisiteli olan kile, %2 kireç eklendiğinde plastisite indisi 22.70' den 13.68' e kadar düşmüştür ve farklı yüzdelerde İYA eklendiğinde de bu değer düşmeye devam etmiştir. Eklenen İYA miktarı %20' yi geçtikten sonra, zemin tamamen plastisitesini kaybetmiştir. Bu duruma yüksek plastisiteli zemine eklenen ve plastikliği olmayan inşaat yıkıntı atığı neden olmuştur.

Tablo 7: Karışımların kıvam limit değerleri.

	LL	PL	PI	SINIF
K	51.80	29.10	22.70	CH
2K	49.60	35.92	13.68	ML
2K5İYA	48.10	37.70	10.40	ML
2K10İYA	47.60	38.12	9.48	ML
2K15İYA	46.02	38.97	7.05	ML
2K20İYA	45.90	39.60	6.30	ML
2K25İYA	-	-	-	NP
2K30İYA	-	-	-	NP
2K35İYA	-	-	-	NP

3 Sonuç

Sonuç olarak bu çalışmada, zemin stabilizasyonu amacıyla yüksek plastisiteli kil bir zemin üzerinde sabit oranda kireçle birlikte farklı oranlarda inşaat yıkıntı atığının etkisi araştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, eklenen katkı malzemelerinin zeminin optimum su muhtevasını azalttığı ve mühendislik özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür. Eklenen İYA' nın optimum su muhtevasını azaltmasının nedeninin eklenen katkı malzemesinin karışımın yüzey alanını arttırmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ayrıca, kil içerisine katılan %2 kireç ve farklı oranlarda inşaat yıkıntı atığının kilin serbest basınç dayanımını arttırdığı gözlenmiştir. %2 kireç ile inşaat yıkıntı atığının plastisiteli kile karıştırılabileceği ideal katkı oranı %20 olarak bulunmuştur. Kür süresinin dayanımı arttırmakta az da olsa etkili olduğu gözlemlenmiştir. Kür süresiyle dayanımdaki artışın daha fazla olmamasının nedeninin İYA içindeki çimentonun büyük bir yüzdesinin daha önce pozolanik reaksiyona girmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ülkemizde kentsel dönüşümle ortaya çıkan katı atıkların doğaya terk edilmeleri çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Bu atıkların büyük hacimleri depolama probleminin ortaya çıkmasına neden olmaktadır dolayısı ile bu gibi atık maddelerin kullanılması hem çevre korunmasına hem de maliyet açısından kazanç sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlar, kireçle birlikte kullanılan inşaat yıkıntı atığının zemin stabilizasyonunda katkı olarak kullanılabilmesini göstermiştir. Ancak, zeminin su muhtevastaki artma-azalma; veya zeminin donma-çözülme maruz kalması karışımın dayanımını etkileyebileceğinden araştırılması gereken konulardır.

4 Kaynaklar

- [1] Gregory PM. "Soil stabilization methods and materials in engineering practice". Lulea University of Technology, Sweden, 2012.
- [2] Little DN, Nair S. "NCHRP Recommended Practice for Stabilization of Subgrade Soils and Base Materials." Texas Transportation Institute Texas A&M University, USA, 2009.
- [3] EuroSoilStab. "Development of design and construction methods to stabilize soft organic soils: Design guide for soft soil stabilization." *European Commission, Industrial and Materials Technologies Programme*, CT97-0351, Bryssel, 2002.
- [4] Mallela J, Quintus HV, Smith K. "Consideration of lime-stabilized layers in mechanistic-empirical pavement design." *The National Lime Association 200 North Glebe Road. Applied Research Associates*, 5: 65-74, 2004.
- [5] Tosun H, Türköz M. "Şişen killerin sönmüş kireç katkısı ile stabilizasyonu." *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Sekizinci Ulusal Kongresi*, İTÜ, İstanbul, 2000.

- [6] Dash SK, Manowar H. "Lime stabilization of soils: Reappraisal." *Journal of Materials in Civil Engineering* , 24(6): 707-714, 2012.
- [7] Kavak A, Güngör AG, Avşar C, Atbaş B. "Kireç ile Zemin Stabilizasyonu" *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği, On ikinci Ulusal Kongresi*, Konya, 16-17 Ekim 2008.
- [8] Yeşilbaş G. "Stabilization Of Expansive Soils Using Aggregate Waste, Rock Powder And Lime." *Msc., Middle East Technical University, Turkey*, 2004.
- [9] Tabatabai AM. "Pavement. University's publication center", Tehran, Iran, 321 pp, 1997.
- [10] Sherwood P. "Soil stabilization with cement and lime." State of the Art Review. London, UK, 125 pp, 1993.
- [11] Transpostation Research Board, National Research Council. "Lime Stabilization: Reactions, Properties, Design and Construction, State of the Art." Washington, USA 45 pp, 1987.
- [12] Muntohar AS. "Influence of plastic waste fibers on the strength of lime-rice husk ash stabilized clay soil." *Civil Engineering Dimension*, 11 (1), 32-140, 2009.
- [13] Ravindrarajah RS, Tam CT. "Recycled concrete as fine and coarse aggregate in concrete." *Magazine of Concrete Research*, 39, 214-220, 1987.
- [14] Khalaf FM, DeVenny AS. "Recycling of demolished masonry rubble as coarse aggregate in concrete." *Journal of Materials in Civil Engineering*, 16, 331-340, 2004.
- [15] Limbachiya MC, Leelawat T, Dhir R. "Use of recycled concrete aggregate in high-strength." *Concrete Journal Materials and Structures*, 33, 574-580, 2000.
- [16] Vural İ, Akgül T, Aydın E. "İnşaat yıkıntı atıkları kullanılarak zeminlerin serbest basınç dayanımlarının iyileştirilmesi." *5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, Baku, 2017.
- [17] Çimen Ö, Günaydın Hİ, Keskin SN. "Yüksek plastisiteli kil zeminin mühendislik özelliklerine inşaat atıklarının etkisi." *Pamukkale Univ. Muh. Bilim Derg.*, 23 (3), 250-253, 2017.
- [18] Xuan DX, Houben LJM, Molenaar AAA, Shui ZH "Mixture optimization of cement treated demolition waste with recycled masonry and concrete." *Materials and Structures*, 45 (1), 143-151, 2012.
- [19] Kalem A, Vural İ. "Kentsel dönüşüm atıkları ile zeminlerin kompaksiyon özelliklerinin iyileştirilmesi." *2nd International Sustainable Buildings Symposium*, Ankara, 2015.
- [20] Kumar VS, Vipul K, Umar J. "Review on stabilization of clayey soil using fines obtained from demolished concrete structures." *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 4(5): 471-473, 2015.
- [21] TS 1900-1. "Methods of testing soils for civil engineering purposes in the laboratory part 1: Determination of physical properties." *TSI, Ankara, Türkiye*, 2006.
- [22] TS 1900-2. "Methods of testing soils for civil engineering purposes in the laboratory - Part 2: Determination of mechanical properties." *TSI, Ankara, Türkiye*, 2006.
- [23] Bardet JP. *Experimental Soil Mechanics*. Upper Saddle River, New Jersey, US, Prentice Hall, 1997.