

TURGUTLU TUĞLA VE KİREMIT FABRİKALARI KATI ATIKLARININ GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Devrim ERDOĞAN

Araş. Gör.
E.Ü. İnş. Müh. Böl.
Bornova-İzmir-Türkiye
devrim.erdogan@ege.edu.tr

Arif Ş. KAYALAR

Prof. Dr.
D.E.Ü. İnş. Müh. Böl.
İzmir-Türkiye
arif.kayalar@deu.edu.tr

Selim ALTUN

Y. Doç. Dr.
E.Ü. İnş. Müh. Böl.
Bornova-İzmir-Türkiye
selim.altun@ege.edu.tr

A. Burak GÖKTEPE

Y. Doç. Dr.
E.Ü. İnş. Müh. Böl.
Bornova-İzmir-Türkiye
burak.goktepe@ege.edu.tr

ÖZET

Gittikçe artan endüstrileşme ve tüketimin bir sonucu olarak atık maddeler bütün dünya ülkeleri için olduğu kadar Türkiye için de oldukça önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu bağlamda geoteknik mühendisliği de önemli bir işlev yüklenmiş bulunmaktadır.

Bu atık sorununu geleneksel teknolojide temellenen Turgutlu tuğla ve kiremit endüstrisi de özellikle bu çalışmanın gerçekleştirilmiş olduğu 1996 ve 1997 seneleri itibari ile önemli ölçüde yaşamakta idiler. Bu bildiride, üretimin geleneksel teknolojide temellendiği Turgutlu tuğla / kiremit fabrikaları katı atıkları olarak adlandırılan kırık tuğlalar ve kömür küllerinin geoteknik açıdan özelliklerinin belirlendiği ve geoteknik mühendisliği alanında kullanılabilirliklerinin araştırıldığı çalışmanın bir dökümünün verilmesi amaçlanmaktadır.

GİRİŞ

İkinci dünya savaşından sonra ülkemizde yapılaşmaya verilen önem, hızlı nüfus artışı nedeniyle oluşan konut ihtiyacı ve ekonomik istikrarsızlığa bağlı spekülasyon yatırım eğilimi, inşaat sektörünü canlandırmış, buna bağlı olarak tuğla ve kiremit üretimi de artmıştır.

Türkiye tuğla / kiremit üretiminin yaklaşık %10' unun yapıldığı Manisa ili Turgutlu ilçesi yöresinde bulunan ve çoğu geleneksel teknolojide temellenen işletmelerde gerçekleştirilmektedir. Buradaki işletmelerde çamur hazırlama, şekillendirme, kurutma ve pişirme aşamalarından geçirilen kil, 900°C civarında sinterleme ile tuğla / kiremite dönüştürülmektedir (1). Yörede, 1997 senesi itibari ile yapılan araştırmaya göre 80 adet işletme mevcuttur.

Bu teknolojinin beraberinde sürüklediği çeşitli nitelikte engeller nedeniyle (örneğin pişirme öncesi ve pişirme sırasında oluşan bazı ihmal ve kusurlar), üretim sürecinin çeşitli aşamalarında oldukça fazla miktarda bozuk ve çatlak tuğlalar oluşmaktadır. Bu atık türüne ek olarak, pişirme için gerekli ısının sağlanması amacıyla yakılan kömürün cüruf ve külleri de atık kaynağının ikinci bileşeni olmaktadır. Özellikle tuğla atıklarını doğa yok edememektedir. Yörede 1996-1997'de yapılan araştırmaya göre 225-250 bin ton/yıl atık oluşmakta idi.

Bu makalede, tuğla ve kiremit fabrikası katı atıkları olarak adlandırılan hasarlı tuğlalar ve kömür küllerinin geoteknik mühendisliği açısından değerlendirilebilmesi için yapılan laboratuvar araştırmasının bir bölümü sunulmaktadır.

DENEYSEL ÇALIŞMA

Atık Malzemelerin (Bozuk Tuğlalar ve Kömür Külleri) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Deneysel çalışmada, Turgutlu'da bulunan PEKSAN tuğla ocağının atık depolama sahasından getirilen hasarlı tuğlalar ve ocağın tabanından alınan kömür külleri kullanılmıştır. Hasarlı tuğlalar kırıldıktan sonra çeneli kırıcıda öğütülerek en büyük dane çapları sırasıyla No.4 ve 3/4" eleklerden geçecek şekilde, köşeli ve gözenekli danelerden oluşan iki ayrı tuğla kırığı malzemesi hazırlanmıştır. Bilindiği üzere pişirilmiş kil olan tuğla, gözenekli bir yapıdadır. Sinterleme nedeniyle oldukça dayanım kazanan tuğlanın kırıntıları da gözenekli ve dayanıklı danelerdir. Yapılan çalışmalara göre tuğlaların porozitesinin %20-%31, su emme yüzdesinin %11-%18, birim hacim ağırlığının 1.7-1.9 gr/cm³ ve yoğunluğunun da 2.34-2.62 gr/cm³ aralıklarında değişen değerlerde olduğu bilinmektedir (1).

Turgutlu'da bulunan işletmeler tuğla/kiremit olmak üzere hazırlanan kil birimlerini pişirmek için linyit kömürü kullanmaktadırlar ve bu kömürün külleri fazla miktarlarda yanmamış karbon içermektedirler. Yanmamış karbon aynı zamanda külün içindeki organik madde miktarını da teşkil eder. Özellikle su ile temas ettiklerinde bu küllerden gelen sülfür kokusu organik maddelerin varlığının bir diğer göstergesidir. Kül içindeki yanmamış karbon miktarını kullanılan kömürün cinsi, fırın türü, yanma koşulları önemli ölçüde etkilemektedir (2). Turgutlu'daki işletmelerde oluşan kömür külleri içindeki organik madde miktarı %10-%33 arasında değişmektedir.

Bu çalışmada kullanılan kömür külü ise açık gri renkte olup, kl içinde fazla miktarda gözlenen siyah partiküller ise yanmamış karbon parçacıklarıdır. Bilindiği üzere, kömür külü içinde gözlenen yanmamış karbon parçacıkları külün mühendislik parametrelerini, özellikle sıkıştırma-mukavemet özelliklerini yakından etkileyen faktörlerden biridir (3). Tuğla kırığı ve kömür külü malzemelerinin kimyasal analiz sonuçları Tablo 1.'de görülmektedir. Özellikle kömür külü yüksek miktarlarda CaO içermektedir.

Tablo 1. Tuğla Kırıkları Topluluğu ve Kömür Külü Malzemelerinin Kimyasal Analiz Sonuçları (D.E.Ü., Jeoloji Müh.Böl., Kimyasal Analiz Laboratuvarı, 1996)

	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	MnO (%)	Yanma Kaybı (%)
Tuğla	66.91	14.59	6.52	2.41	3.63	0.79	2.85	0.89	-	0.09	0.82
Kül	35.88	15.63	5.44	1.48	20.04	0.86	1.13	0.40	-	0.072	12.71

Hazırlanan Atık Malzeme Grupları

413

Bu çalışmada, en büyük dane çapı belli bir elek açıklığından küçük olan tuğla kırıkları topluluğu, kömür külü ve bu iki malzemenin belli oranlarda karışımından oluşan karışım malzemeleri olmak üzere yedi grup malzeme geoteknik laboratuvar deneyleri ile incelenmiştir. Hazırlanan malzeme grupları aşağıdaki gibidir;

G1 : En büyük dane çapı No.4 elek açıklığından küçük olan tuğla kırıkları topluluğu

G2: En büyük dane çapı 3/4" elek açıklığından küçük olan tuğla kırıkları topluluğu

G3: Kömür külü

G4: %75 en büyük dane çapı No.4 elekten geçen tuğla kırıkları topluluğu+%25 kömür külü

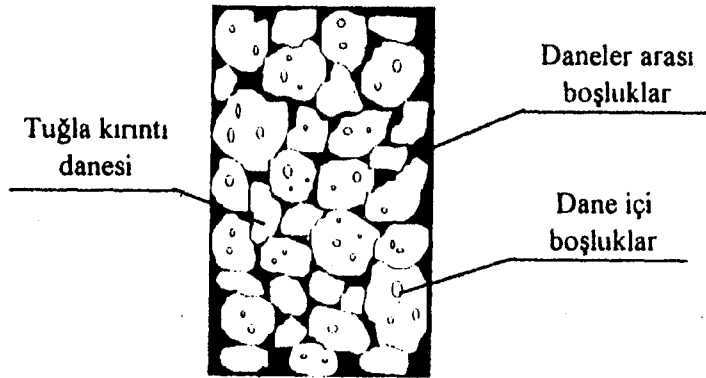
G5: %50 en büyük dane çapı No.4 elekten geçen tuğla kırıkları topluluğu+%50 kömür külü

G6: %75 en büyük dane çapı 3/4" elekten geçen tuğla kırıkları topluluğu+%25 kömür külü

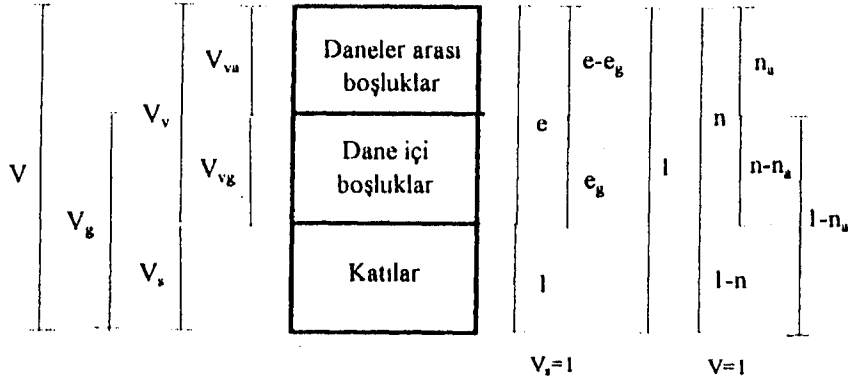
G7: %50 en büyük dane çapı 3/4" elekten geçen tuğla kırıkları topluluğu+%50 kömür külü

Tuğla Kırıntı Daneleri Topluluğunun Faz İlişkileri ve Boşluk Oranı, Porozite İlişkileri

Pişirilmiş kilin en önemli özelliği gözenekli yapıda olmasıdır. Tuğla kırıntılarının oluşturduğu bir daneler topluluğu Şekil 1'de görülmektedir. Tuğla kırıntılarında oluşan daneler topluluğunun faz ilişkilerinde, daneler arası boşluklar kadar dane içi boşluklar da önemlidir. Şekil 2.'de tanımlanan prizma göz önüne alınarak tuğla kırıntı daneleri topluluğu için aşağıdaki boşluk oranı ve porozite ilişkilerini elde etmek mümkündür (4).



Şekil 1. Tuğla Kırıntı Daneleri Topluluğu Prizması (Kayalar, A.Ş.,
Erdoğan,D.,1996)



Şekil 2. Tuğla Kırıntı Daneleri Topluluğu Faz Tanımlamaları
(Kayalar, A.Ş., Erdoğan,D.,1996)

$$V = V_v + V_s \quad (1a)$$

$$V_v = V_{va} + V_{vg} \quad (1b)$$

$$V_g = V_{vg} + V_s \quad (1c)$$

Burada, V =toplam hacim, V_v =toplam boşluk hacmi, V_{va} =daneler arası boşluk hacmi, V_{vg} =dane içi boşluk hacmi, V_g =dane hacmi, V_s =katı hacmi olarak tanımlanmıştır

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (2a)$$

$$e_g = \frac{V_{vg}}{V_s} \quad (2b)$$

$$e_a = \frac{V_{va}}{V_g} \quad (2c)$$

$V_s=1$ için, boşluk oranı cinsinden,

$$e_a = \frac{e - e_g}{1 + e_g} \quad (3)$$

$V=1$ için porozite cinsinden,

$$n_g = \frac{n - n_a}{1 - n_a} \quad (4)$$

elde edilir. Porozite ve boşluk oranı arasındaki ilişki ise (5a) ve (5b) de görülmektedir.

$$e_a = \frac{n_a}{1 - n_a} \quad (5a)$$

$$e_g = \frac{n - n_a}{1 - n} \quad (5b)$$

Burada, e =toplam boşluk hacminin katı hacmine oranı, e_g =dane içi boşluk hacminin katı hacmine oranı, e_a =daneler arası boşluk hacminin dane hacmine oranı, n =toplam boşluk hacminin toplam hacme oranı, n_g =dane içi boşluk hacminin toplam dane hacmine oranı, n_a =daneler arası boşluk hacminin toplam hacme oranı olarak tanımlanmaktadır.

İndeks Özellikleri ve Sınıflandırma

Aşağıda Tablo 2'de, hazırlanmış olan atık malzemesi gruplarının zemin sınıflandırması ve indeks özellikleri bilgileri verilmektedir.

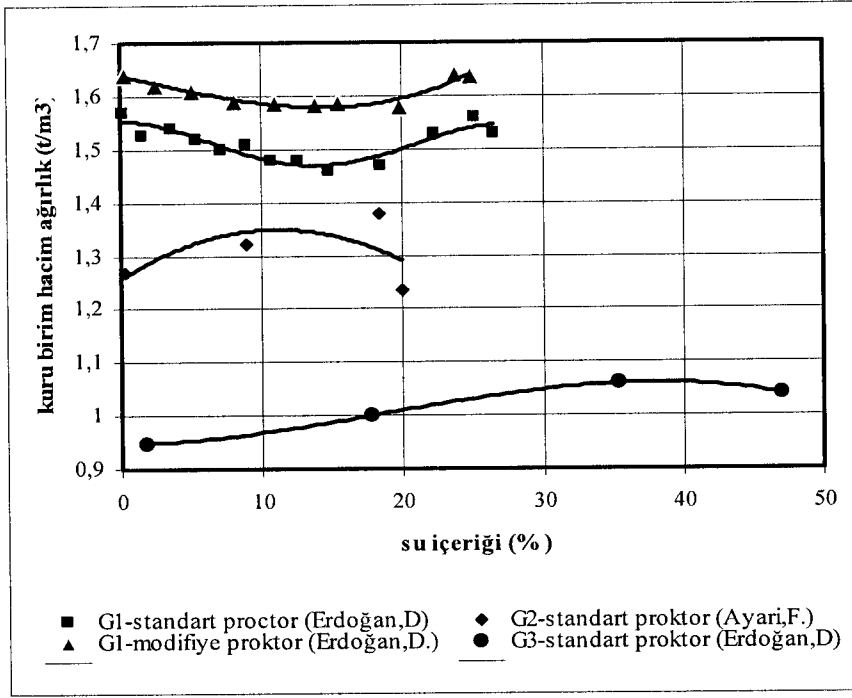
Tablo 2. Atık Malzemesi Gruplarının Birleşik Zemin Sınıflandırması ve İndeks Özellikleri (Erdoğan,D., 1997; Ayari,F.,1997)

Hazırlanan Malzeme Grupları	-No.4 (%)	-No.200 (%)	D60 (mm)	D30 (mm)	D10 (mm)	C_c	C_u	Zemin Sınıfı	Özgül Ağırlık
G1	100	16	1.55	1	-	-	-	SM	2.73
G2	26.6	3.0	12	5	0.9	2.3	13	GW	2.73
G3	100	18	0.39	0.15	-	-	-	SM	2.51
G4	100	15.5	1.8	0.4	0.07			SM	2.67
G5	94.4	11.40	1.1	0.28	0.06	1.2	18.3	SW-SM	2.62
G6	33.1	5.3	11	4	0.25	5.8	44	GP-GM	2.67
G7	68.7	9.7	1.8	0.3	0.08	0.63	22.5	SP-SM	2.62

Tuğla kırıklarının ortalama dane birim hacim ağırlığı, parafin yöntemi kullanılarak $\gamma_s=1.96 \text{ gr/cm}^3$ olarak bulunmuştur. Ayrıca öğütülerek pudra haline getirilen tuğla kırıkları üzerinde yapılan özgül ağırlık deneyinden, tuğla kırıkları malzemesinin özgül ağırlık değeri, $G_s(\text{tuğla kırığı})=2.73$ olarak bulunmuştur. Bu değerler göz önüne alınarak, tuğla kırığı malzemesi için $e_g=0.39$ olarak hesaplanabilir. Kömür külünün özgül ağırlık değeri ise $G_s(\text{kül})=2.51$ 'dir. Karışım malzemelerinin özgül ağırlık değerleri ise, tuğla kırığı ve kömür külün toplam malzeme içindeki yüzdeleri göz önüne alınarak Tablo 2.'de olduğu gibi hesaplanır.

Kompaksiyon Deneyleri

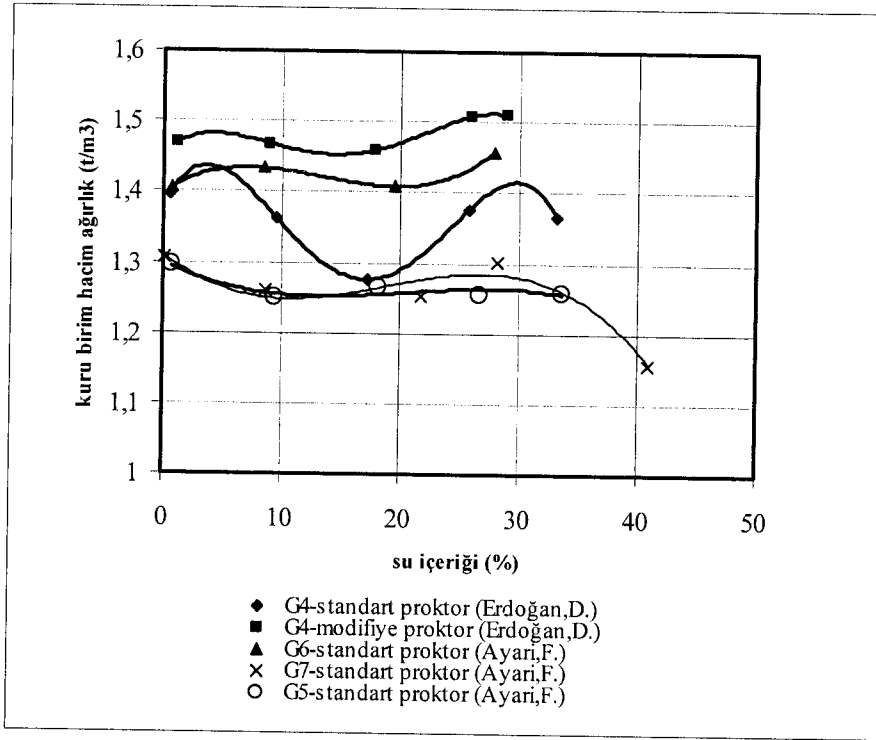
Tuğla kırıkları ve küller hem tek başlarına, hem de belli oranlarda karıştırılarak Standard Proctor ve Modifiye Proctor deneylerine tabi tutulmuştur. Sıkıştırma deneyleri ASTM D 698-78 ve ASTM D 1557-78 standartlarına göz önüne alınarak yapılmıştır. Şekil 3. ve Şekil 4' de hazırlanan malzeme gruplarının kompaksiyon eğrileri görülmektedir. Tablo 3. de ise elde edilen maksimum kuru birim hacim ağırlık, optimum su içeriği ve boşluk oranı değerleri görülmektedir.



Şekil 3. Kömür Külü ve En Büyük Dane Çapı No.4 ile 3/4'' Eleklerden Geçen Tuğla Kırığı Malzemelerinin Sıkıştırma Diyagramları

Şekil 3 ve Şekil 4'de görülen kömür külü dışındaki malzemeler sıkıştırma davranışı açısından yaklaşık aynı değerlerde olan iki tane maksimum kuru birim hacim ağırlık değerine sahip olma eğilimi göstermişlerdir. Yalnızca tuğla kırığından oluşan G1 ve G2 malzemelerine ait olan sıkıştırma eğrilerinde ilk maksimum kuru birim hacim ağırlık değeri kuru durumda elde edilmiş olup su içeriği arttırıldıkça kapiler etkiler nedeni ile (5) azalma eğilimi göstermiş ve belli bir değerden sonra yeniden ilk kuru birim hacim ağırlığına yükselmeye başlamıştır. Zemin kuru iken sıkıştırmaya karşı direnç esas olarak zemin danelerinin yüzey pürüzlülüğünden kaynaklanmaktadır. Düşük su içeriklerinde ise kapilarite nedeniyle negatif boşluk suyu basıncına bağlı efektif gerilme artışı ve kayma direnci artışı oluşmakta , bu da sıkıştırmaya karşı ek bir direnç oluşturmaktadır. Belirli bir su içeriğine kadar

bu etki artarak maksimuma çıkmakta, boşluklarda doygunluk oluşmaya başladığında ise azalmaktadır. Suyun yüzey pürüzlülüğünü azaltıcı etkisinin de katkısı ile sıkıştırmaya karşı direnç azalmakta ve zemin daha çok sıkıştırılmaktadır.



Şekil 4. Karışım Malzemelerinin Sıkıştırma Diyagramları

Kömür külü içerdiği yüksek miktarlardaki organik madde miktarına bağlı olarak standart proktor enerjisi altında optimum su içeriği oldukça yüksek bir değerde (%35) elde edilmiştir.

Karışım örneklerinin kompaksiyon eğrileri (Şekil 4.) incelendiğinde, yalnızca tuğla kırığından oluşan örneklerle göre daha düşük kuru birim hacim

ağırlık değerleri vermekle birlikte, serbest basınç deneyleri sonuçlarından da görüleceği üzere karışım örnekleri su ile temas ettiklerinde zaman içinde sertleşen bir yapı oluşmakta ve dayanım artmaktadır. Şekil 3. ve Şekil 4. de görüldüğü üzere, tuğla kırığı ve karışım malzemelerinin sıkıştırma eğrileri su içeriğindeki değişime çok fazla duyarlı değildir.

Tablo 3. Malzeme Gruplarının Sıkıştırma Deneyi Bulguları

Malzeme Grupları	Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık $\gamma_{k,max}$ (gr/cm ³)	Optimum Su İçeriği w_{opt} (%)	Boşluk Oranı, e	e_a
G1	1.56 (standart proktor)	25	0.75	0.26
	1.64(modifiye proktor)	24	0.66	0.19
G2	1.38 (standart proktor)	18	0.97	0.42
G3	1.06 (standart proktor)	35	1.36	-
G4	1.37 (standart proktor)	26	0.95	-
	1.51 (modifiye proktor)	29	0.77	-
G5	1.27 (standart proktor)	20	1.06	-
G6	1.45(standart proktor)	27	0.84	-
G7	1.31(standart proktor)	30	1.00	-

Serbest Basınç Deneyleri

Tuğla kırıkları topluluğu ve kömür külünden oluşan karışım malzemesinin sıkıştırıldığı kalıptan çıkarılmadan su içinde bekletilmesi sonucu kendi kendine katılan dayanımlı bir malzemenin elde edildiği bu çalışmada rastlantısal olarak geçirimsizlik deneyleri yapılırken gözlenmiş ve tuğla kırıkları ile kömür külü arasında oluşan çimentolaşma etkisinin bu dayanım artımına neden olabileceği yorumu yapılmıştır. Bu noktadan hareketle, standart proktor sıklığında sıkıştırılmış karışım örnekleri hem su içeriklerinin korunması amacı ile naylon poşetlere yerleştirilmek suretiyle ve hem de su içerisinde olmak üzere iki ayrı durumda, 7 ve 28 günlük bekleme

süresine tabi tutulmuş ve daha sonra da bu örnekler üzerinde serbest basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Deneilerde,yalnızca standart proktor sıklığında sıkıştırılmış örnekler kullanılmıştır çünkü modifiye proktor sıklığındaki örneklerin su içinde katılaştıktan sonra serbest basınç kalıplarından çıkarılması permeabilite deneyinden elde edilen deneyime göre mümkün olamayabileceği düşünülmüştür. Serbest basınç deneyleri, %75 –No.4 tuğla kırıkları topluluğu+%25 kömür külü ve %50 –No.4 tuğla kırıkları topluluğu+%50 kömür külü olmak üzere iki karışım malzemesi üzerinde yapılmıştır. Karışım malzemeleri 5 cm.x 10 cm. ve 3.5 cm.x 7 cm. silindir çelik kalıplar içinde sıkıştırılmıştır.

Tablo 4 ve Tablo 5 de, sırasıyla, %75 –No.4 tuğla kırıkları topluluğu+%25 kömür külü ve ve %50 –No.4 tuğla kırıkları topluluğu+%50 kömür külü kullanılarak hazırlanmış ve daha sonra da, 7 ve 28 günlük bekleme sürelerine tabi tutulmuş karışım örneklerinin serbest basınç dayanımları görülmektedir. Her iki karışım malzemesinde de gerek naylon poşetlerde gerekse su içinde bekletilerek küre tabi tutulan örneklerde 28 günlük serbest basınç dayanımları 7 günlük dayanımlardan yüksek bulunmuştur. Ayrıca naylon poşet içinde bekletilerek yapılan kür işlemi su içindekinden daha yüksek değerler vermiştir. Sıkıştırma yöntemi, örnek boyutları ve örneklerin kalıplardan çıkarılması sırasında meydana gelebilecek hasarlar, dayanım değerlerini etkileyen en önemli unsurlar arasındadır.

Karışım örneklerinde, zamana bağlı dayanım artışının yanı sıra gözlenen diğer bir özellik de, kırıldıktan sonra, örneklerin iskelet yapısının dağılmaya başlamasıdır. Karışım örnekleri, serbest basınç kalıpları içinde sıkıştırıldıktan sonra kömür külleri ile tuğla kırığı daneleri arasında

çimentolaşma oluşmakta ve suyun varlığı dolayısı ile de kendi kendine katılarak dayanımlı bir yapı meydana gelmektedir. Deneylerde kullanılan kömür külleri linyit kömürü bazlı olduğu için yüksek miktarlarda CaO içermektedir. Bu tür küller sıkıştırılıp, su ile temas ettiklerinde, daneler arasında meydana gelen çimentolaşma ile katılma özelliği gösterirler (2). Ayrıca, karışım örneklerinin kalıplarda sıkıştırıldıktan sonra içerdikleri yüksek miktarlardaki organik madde miktarına bağlı olarak şişme eğilimi göstermiş ve bu da dayanım artışına sebep olmuş olabilir (5).

Tablo 4. %75 –No.4 tuğla kırıkları topluluğu+%25 kömür külü karışım örneklerinin 7 ve 28 Günlük Serbest Basınç Dayanımları (Erdoğan, D., 1997)

7 Günlük Serbest Basınç Dayanımları		28 Günlük Serbest Basınç Dayanımları	
Naylon poşette bekletilmiş örnekler	Su içinde bekletilmiş örnekler	Naylon poşette bekletilmiş örnekler	Su içinde bekletilmiş örnekler
7.28 (3.5x7.0)	3.95 (3.5x7.0)	29.5 (3.5x7.0)	13.25 (5.0x10.0)
8.52 (3.5x7.0)	7.24 (5.0x10.0)	17.3 (5.0x10.0)	14.52 (5.0x10.0)
10.29 (3.5x7.0)	2.80 (5.0x10.0)	16.3 (5.0x10.0)	17.83 (5.0x10.0)
7.59 (3.5x7.0)	6.37 (5.0x10.0)		29.73 (3.5x7.0)**
16.63 (3.5x7.0)	21.8 (5.0x10.0)*		
ORTALAMA=10.10	ORTALAMA=5.09	ORTALAMA=21.03	ORTALAMA=15.2

* Bu örnek 10 gün küre tabi tutulmuştur.

** Bu örnek 30 gün küre tabi tutulmuştur.

Parantez içindeki değerler örnek boyutlarını belirtmektedir.

Tablo 5. %50 -No.4 tuğla kırıkları topluluğu+%50 kömür külü karışım örneklerinin 7 ve 28 Günlük Serbest Basınç Dayanımları (Ayari, F., 1997)

7 Günlük Serbest Basınç Dayanımları Naylon poşette bekletilmiş örnekler (kg/cm ²)	28 Günlük Serbest Basınç Dayanımları Naylon poşette bekletilmiş örnekler (kg/cm ²)
3.27 (5.0x10.0)	14.32 (5.0x10.0)
4.22 (5.0x10.0)	16.73 (5.0x10.0)
3.68 (5.0x10.0)	14.19 (5.0x10.0)
	16.08 (5.0x10.0)
	15.63 (5.0x10.0)
ORTALAMA=3.72	ORTALAMA=15.39

Parantez içindeki değerler örnek boyutlarını belirtmektedir.

SONUÇLAR

Boşluklu bir yapıda olan tuğla kırıntıları sıkıştırıldığında , birim hacim ağırlığı oldukça düşük olan bir dolgu kütlesi elde edilmektedir. Tuğla kırıntılarının kül ile karıştırılması sonucu elde edilen karışım optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerlerinde sıkıştırıldığında, zaman içinde sertleşen bir yapı meydana gelmektedir. Karışımın sertleşmiş durumdaki serbest basınç dayanımı değerleri, temel zemininde aranan dayanımın çok üzerinde olmaktadır. Özellikle temel altında dayanımlı bir dolgu kütlesi oluşturulması açısından uygun bir malzeme olarak düşünülmektedir. Sıkıştırılmış birim hacim ağırlığı, sıkıştırılmış konvansiyonel dolgu malzemesinin %70'i kadar olduğundan, ağırlığı önemli olan dolgu uygulamalarında alternatif bir malzeme olarak düşünülebilir.

KAYNAKLAR

1. Güler,Ç.,vd.,“Turgutlu Bölgesi Tarım alanı Dışı Toprağın Tuğla Üretiminde Kullanılması”, E.Ü.Araştırma Fonu Başkanlığı, Proje No:B41,1989, İzmir.
2. Joshi,R.C.,Nagaraj,T.S.,“Fly Ash Utilisation for soil Improvement” ,Environmental Geotechnics and Problematic Soils and Rocks, Balasubramaniam,et.al. (Eds.),1987.
3. Gray,D.H., Lin,Y., “Engineering Properties of Compacted Fly Ash, Journal of the Soil MEchanics and Foundations Division,98,1972, pp.361-380.
4. Kayalar, A.Ş., Erdoğan,D., “Tuğla Kırıntı Daneleri Topluluğunun Bazı Geoteknik Özellikleri”, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Altıncı Ulusal Kongresi, I. Cilt, 1996.
5. Erdoğan, D., “ Investigation of the Geotechnical Properties of the Solid Wastes of Brick and Tile Plants in Turgutlu”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Master Tezi,1997.
6. Ayari, F. “Tuğla Kırıntı Daneleri ve Kül Karışımlarının Zemin Mekaniği Bitirme Laboratuar Bulguları”, Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Müh. Geoteknik Anabilim Dalı Tezi,1997.