

KATI ATIK KÜLÜNÜN BETON BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Hüseyin Temiz¹, Buçın Paçacı², İbrahim Halil Beşli³

Özet

Gaziantep Büyükşehir Belediyesinin katı atıklardan elektrik enerjisi üreten tesisinde katı atıkların yakılması sonrasında atık kül ortaya çıkmaktadır. Katı atık külü çevre sorunlarına neden olmaktadır. Katı atık külünün kimyasal özellikleri pozolanik malzemelerin kimyasal özelliklerine benzetilmektedir. Bu nedenle atık külün beton katkı maddesi olarak kullanılabilme imkanı incelenmiştir. Yapılan çalışmada atık külün kimyasal analizi, taze betonun çökme (slump) değeri, sertleşmiş betonun 7 ve 28 günlük basınç dayanımları bulunmuştur. Betona farklı oranlarda (çimento kütleinin %5, 10, 20) ilave edilen atık kül oranı yükseldikçe dayanımda düşüşe neden olmuştur; ancak 7 ve 28 günlük basınç dayanımları incelendiğinde, referans numuneye göre atık kül katkılı numunelerde atık külün oranının yükselmesiyle dayanım gelişimindeki artış daha yüksektir. Basınç dayanımı gelişimindeki artışa atık külün kimyasal yapısında bulunan silisin sebep olduğu düşünülmektedir. Bu çalışma ile katı atık küllerinin beton üretiminde değerlendirilerek ekonomiye katkı sağlayabileceği ve çevre kirliliğine olan etkisinin azaltılabileceği sonuçlarına ulaşılmıştır.

1. GİRİŞ

Tüm ülkelerde ve ülkemizde tüketim malzemelerinin çeşitlenmesi ve miktarlarının artması ile çevre kirliliğinin arttığı ve atık maddelerin depolama sorunlarının ortaya çıktığı görülmektedir. İnsanoğlu belirtilen sorunları çözmek ve atıklardan

Investigation of Solid Waste Ash Effects on Compressive Strength of Concrete

Waste ash comes out after the solid wastes are incinerated at the facility of Gaziantep Metropolitan Municipality, which produces electrical energy from solid waste. Solid waste ash causes environmental problems. Chemical properties of solid waste ash are similar to those of pozzolanic materials. For this reason, the possibility of using waste ash as a concrete additive has been investigated. In the study, chemical analysis of waste ash, slump value of fresh concrete, 7 and 28-day compressive strengths of hardened concrete were found. As the amount of waste ash added to the concrete at different rates (5, 10, 20% of the cement mass) increased, it caused a decrease in strength. However, when the 7 and 28-day compressive strengths are examined, the increase in strength development is higher with the increase in the proportion of waste ash in the samples with waste ash compared to the reference sample. It is thought that the increase in the compressive strength development is caused by the silica in the chemical structure of the waste ash. With this study, it has been concluded that solid waste ash can be evaluated in concrete production, contributing to the economy and reducing its effect on environmental pollution.

Key Words: Solid Waste; Compressive Strength; Silica; Mineral Additives

yararlanmak için uygun teknolojileri geliştirme yolunda uzun süre araştırma ve geliştirme faaliyetlerinde bulunmuşlardır. Sonunda büyük başarılarla imzalar atılarak atıkları işleyen teknolojiler geliştirilmiş ve insanoğlunun faydasına sunulmuştur. Bazı atıkların geri dönüşüm işlemiyle tamamen değerlendirildiği bilinmektedir.

Atıklardan enerji üretilmesi, atıkların oksijen varlığında ve yüksek sıcaklıkta yakılması işlemidir. Yanma ürünleri, ısı enerjisi, gaz ve kül şeklinde sayılabilir. Enerji miktarı atıkların bileşimine, yoğunluğuna, nem oranına ve inert maddelere bağlıdır. Yakma, organik maddenin ısı içeriğinin %65-80 oranında sıcak hava, buhar ve sıcak suya dönüştürülebilir [1].

Gaziantep Büyükşehir Belediyesi GASKİ Genel Müdürlüğü'nün merkez biyolojik atık su arıtma, Kızılhisar ve Oğuzeli ileri biyolojik atık su arıtma tesislerinden gelen arıtma çamurunun bertarafına yönelik tasarlanan, Atık Su Arıtma Çamuru Termal Kurutma ve Yakma Tesisi, 2012 yılı ekim ayında hizmete girmiştir. Atık su arıtma tesislerinden çıkmakta olan çamurun %27 kuruluk oranındaki 170 ton/gün arıtma

çamuru, çamur deposunda toplanarak iletim ekipmanları yardımıyla termal kurutmaya sevk edilmektedir. Termal kurutucunun ısı kaynağı, akışkan yataklı kazanın eşanjör sistemiyle 200 °C'ye kadar ısıtılan kızgın yağdır. Termal kurutucuda %40 kuruluk oranına kadar kurutulan çamur, iletim sistemiyle akışkan yataklı kazana alınarak, 850 °C'de yakılmaktadır. Girişte 170 ton olan arıtma çamurundan sistemden 15 ton kül çıkmaktadır [2]. Ortaya çıkan külün kimyasal analizi sonucu bulunan

1) htemiz@ksu.edu.tr, 2) burcinpacaci@gmail.com, 3) ibrahimbesli@hotmail.com Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş

(*) Türkiye Hazır Beton Birliği tarafından düzenlenen Beton İstanbul 2017 Hazır Beton Kongresi'nde sunulmuştur

Anahtar Kelimeler: Katı Atık; Basınç Dayanımı; Silis; Mineral Katkı

oksitleri ve yüzde oranları puzolanik malzemelerle benzerlik göstermektedir.

Bazı atık maddelerin önlem alınmadan gelişi güzel yakılması büyük çevre kirliliğine ve yangınlara neden olmaktadır. Taşıt lastiklerinin ve birikmiş çöpün yakılması sonucu ortaya çıkan kirlilik Şekil 1 ve 2'de görülmektedir.



Şekil 1. Taşıt lastiği yakılması



Şekil 2. Biriktirilmiş çöpün yakılması [3].

Çizelge 1: Atık külün kimyasal kompozisyonu

	İçerik (%)			
	1	2	3	4
SiO ₂	25,16	32,88	32,41	32,10
Al ₂ O ₃	9,768	10,12	10,01	9,93
Fe ₂ O ₃	5,482	5,37	5,21	5,32
CaO	32,93	26,16	25,38	25,36
MgO	3,938	2,77	2,69	2,69
SO ₃	7,174	7,29	7,40	7,40
K ₂ O	1,285	1,4	1,37	1,37
Na ₂ O	0,325	1,98	1,85	1,85
Cl	0,1703	-	-	-
TiO ₂	0,4749	0,71	0,72	0,70
P ₂ O ₅	6,692	6,55	6,36	6,16

Katı atıkların yakılarak kül edilmesi, atığın fiziki varlığını değiştirmektedir. Katı atıklar kaliteli bir tesiste, filtre sistemi tam çalışır halde ve sıkı bir denetim altında yakılmazsa, varlığının çöp durumundayken oluşturduğu tehlikeden daha fazlası kalıcı ve tehlikeli başka kimyasalların üretilmesine neden olabilir. Plastik ve benzeri çöplerin kontrolsüz veya kontrollü bile yakılsa ağır metallerin, dioksinlerin, poliklorlu bifenillerin (PCB) ve diğer tehlikeli maddelerin toprağa, suya ve havaya karışmasına neden olunabilir. Gıda maddelerini de etkileyen bu kimyasalların nesiller boyu sürmesi de en önemli özellikleridir. Belirtilen gerekçelerle bertaraf tesislerinin kaliteli ve çevre kirliliğine en az zarar veren özellikte olması, atıklardan yararlanma yollarının bulunması ve plastik yerine alternatif maddelere ağırlık verilmesi önem arz etmektedir [3].

Bu çalışmada GASKİ atıksu arıtma tesislerinden elde edilen çamurun yakılması sonucu ortaya çıkan külün beton katkı maddesi olarak değerlendirilmesi araştırılmıştır. Bulunan sonuçlar katı atık külünün beton katkı maddesi olarak değerlendirilebileceğini göstermiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Atık kül Gaziantep Büyükşehir Belediyesi GASKİ Genel Müdürlüğü arıtma tesislerinden alınmıştır. Atık külün kimyasal değerleri Çizelge 1'de, atık kül ise Şekil 2'de verilmiştir. Araştırmada bağlayıcı malzeme olarak CEM I 42.5R çimentosu kullanılmıştır. CEM I 42.5 çimentosunun kimyasal analizi Çizelge 2'de verilmiştir. Agregat Gaziantep'te kullanılan mıcır olup tane dağılımı analizleri yapılarak kullanılmıştır.

Beton küp numunelerin hazırlanması ve basınç dayanımlarının bulunmasında TS EN standartları esas alınmıştır [4,5].

Katı atık külünün kimyasal yapısındaki değişimi görebilmek amacıyla katı atık külünden dört ayrı tarihte numuneler alınmış ve kimyasal analizler bu numuneler üzerinde bulunmuştur. Çizelge 1 incelendiğinde, tüm numunelerde SiO_2 oranı %25'in üzerindedir. SiO_2 TS EN 197-1'de puzolanik maddeler için verilen en az %25 olma koşulunu sağlamaktadır. Dört numunenin kimyasal yapısı arasında çok büyük farklılıklar yoktur. Bu değerler yakılan atıkların genelde benzer olduklarını göstermektedir [6].

Çizelge 2: Kimyasal analizi (CEM I 42,5)

Ana oksitler ve diğer bulunanlar	Ağırlıkça (%)
SiO_2	18,63
Al_2O_3	4,73
Fe_2O_3	3,17
CaO	62,69
MgO	3,15
SO_3	2,90
K_2O	0,63
Na_2O	0,33
Cl ⁻	0,0056
Cr ⁺⁶ (ppm)	33,80
Serbest CaO,	1,00
Kızdırma kaybı	3,10
Çözünmeyen alıntı	0,24

Şekil 2: Atık kül

Çalışmada C40 beton sınıfı üretilmesi planlanmıştır. Buna göre TS 802 esas alınarak karışım oranları bulunmuştur [7]. Değerler Çizelge 3'te verilmiştir. Hazırlanan numunelerin agrega ve su miktarlarında değişme olmamıştır. Bağlayıcı madde oranlarındaki değişiklik ise Çizelge 4'te verilmiştir. Kontrol numunesinde kullanılan çimentodan %5, %10 ve %20 oranlarında azaltılıp aynı oranlarda atık kül ilave edilerek numuneler hazırlanmıştır. Her karışım için altışar adet numune hazırlanmıştır.

Çizelge 3: TS 802'ye göre karışım miktarları (kg/m³)

CEM I 42.5	Kum (0/4)	Orta çakıl (4/11.2)	İri çakıl (11.2/22.4)	Su	Toplam
400	903	290	567	201	2361

Çizelge 4: Bağlayıcı madde oranları

Numune ismi	Çimento (%)	Katı atık külü (%)
NK	100	-
N1	95	5
N2	90	10
N3	80	20

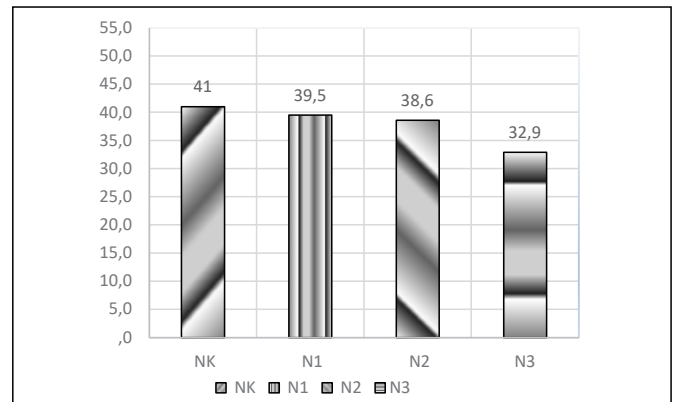


3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

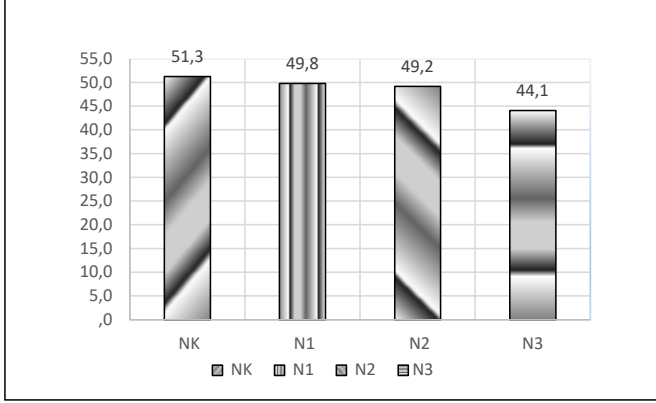
Kontrol numunesinin ortalama birim ağırlığı 2,39 kg/dm³ olarak bulunmuş ve atık kül katkılı karışımlarda küçük miktarlarda azalma meydana gelmiştir. Örneğin %20 atık kül katkılı numunenin ortalama birim ağırlığı 2,33 kg/dm³ bulunmuştur. Bu durum katkının birim ağırlığının çimentodan düşük olması ile açıklanabilir.

NK, N1, N2 ve N3 numunelerinin işlenebilirlik özelliği konusunda bilgi edinmek için uygulanan slump deneyi ile saptanan çökme değerleri 10-15 cm arasında bulunmuştur.

Standard ortamda kür edilen üç adet beton küp numunenin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3: Numunelerin 7 günlük basınç dayanımları (N/mm²)



Şekil 4. Numunelerin 28 günlük basınç dayanımları (N/mm²) Şekil 3 incelendiğinde 7 günlük numunelerde en yüksek basınç dayanımının kontrol numunesinde bulunduğu görülmüştür. Kontrol numunesinin (NK) ortalama 7 günlük basınç dayanımı değeri 41,8 N/mm² dir. Bu yaş grubunda en düşük basınç dayanımı değeri %20 atık kül katkılı (N3) numunesinde bulunmuştur. Bu numunenin ortalama basınç dayanımı değeri 32,9 N/mm² dir. 7 günlük numunelerin basınç dayanımı değerlerinden katkı oranının artması ile basınç dayanımı değerlerinde azalma meydana geldiği görülmüştür. %5 atık kül katkılı numunenin (N1) basınç dayanımı, kontrol numunesinin basınç dayanımından %5,7 düşüktür. Bu oran N2’de %7,6 ve N3’te %21,2 olmuştur.

Şekil 4’te verilen 28 günlük basınç dayanımları gözönüne alındığında; kontrol numunesinin basınç dayanımının en yüksek, %20 atık kül katkılı numunenin ise en düşük çıktığı görülmektedir. Kontrol numunesinin ortalama dayanımı 51,3 N/mm² bulunmuştur. N1 ve N2 numunelerinin (%5 ve %10 atık kül katkılı) dayanımlarının kontrol numunesine yakın çıktığı belirlenmiştir. N1 ve N2 numunelerinin basınç dayanımları sırası ile 49,8 ve 49,2 N/mm²dir. N1 numunesi kontrol numunesinden %2,9, N2 numunesi %4,1, N3 numunesi %14 düşük çıkmıştır.

7 ve 28 günlük N1, N2 ve N3 katı atık kül katkılı numunelerin kontrol numunesi ile basınç dayanımları farkları incelendiğinde, 7 günlük numunelere göre 28 günlük numunelerin basınç dayanımlarındaki fark azalmıştır. Örneğin 7 günlük numunelerde N3 numunesinin NK numunesinden farkı %21,2 iken, bu fark 28 günlük numunelerde %14’e inmiştir. N1 ve N2 numunelerinde de 28 günde fark azalmıştır. Bu sonuçlar ile N1, N2 ve N3 numunelerinde kullanılan atık külünün ilerleyen zamanlarda reaksiyonun devam etmesi sayesinde ilk yaşlara göre dayanım farklarının azaldığı saptanmıştır. Elde edilen bulgulara göre katı atık külünün beton katkısı olarak değerlendirilmesi halinde puzolanik özellik gösterebileceği söylenebilir.

4. SONUÇ

Yapılan çalışmanın bulgularına göre atık külün puzolanik özellik gösterdiği ifade edilebilir. 7 günlük numunelerde atık kül katkılı numunelerin basınç dayanımlarının düşük, 28 günde dayanımın daha yüksek çıktığı görülmüştür. Bu sonuçlar katı atık külünün puzolanik özelliği sayesinde dayanım gelişmesinin ileri yaşlarda devam ettiği şeklinde yorumlanabilir.

Kül katkısının artmasıyla slump değeri azalmıştır. Bunun külün su emme kapasitesinin yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kontrol numunesinin slump değerine en yakın olan değer %5 kül katkılı N1 numunesinde görülmüştür.

Çizelge 1’deki katı atık külün kimyasal yapısındaki SO₃, Cl- ve alkali oksitlerin yüksek olduğu görülmektedir. Bu bakımdan atık kül katkılı betonların dürabilitesi üzerine araştırma yapılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmadan yola çıkılarak atık külün beton katkı malzemesi olarak kullanılmasıyla betonun daha ileri yaşlardaki dayanımları ve yalıtım özellikleri incelenmelidir. Ülkemizde bu şekilde faaliyette olan ve kurulması planlanan çok sayıda proje olduğu için çalışmanın önemi artmaktadır.

Kaynaklar

- [1]. ESWET, “European Suppliers of Waste to Energy Technology”, S. 4-9.
- [2]. GASKİ Genel Müdürlüğü, <http://gaski.gov.tr/page.php?m1id=13&m2ld=44>.
- [3]. Gündoğdu, S., <https://yesilgazete.org/acikta-ya-da-tesiste-yakmak-copten-yakarak-kurtulabilir-miyiz/>
- [4]. TS 3323. Beton - Basınç Deney Numunelerinin Hazırlanması, Hızlandırılmış Küre Tabii Tutulması ve Deneyle, Türk Standardları Enstitüsü, 2012.
- [5]. TS EN 12390 - 3. Beton - Sertleşmiş Beton Deneyle - Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standardları Enstitüsü, 2010.
- [6]. TS EN 197-1. Genel Çimentolar-Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standardları Enstitüsü, 2012.
- [7]. TS 802. Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları, Türk Standardları Enstitüsü, 2016.