



Araştırma Makalesi

DÖKÜM ENDÜSTRİSİ ATIKLARININ BETON BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ

Zeynep ÇAKIR, Güray SALİHOĞLU¹

¹ Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
16059, Bursa, Türkiye, Tel:0-224-2942120, Faks:0-224-4429148

gurays@uludag.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, döküm endüstrisi imalat süreci incelenmiş, oluşan atık türleri belirlenmiş, oluşan atıkların beton üretiminde geri kazanım potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Cüruf, atık döküm kumu ve filtre tozu atıkları farklı oranlarda uygulanarak TS EN - 206 Beton Standardında beton numuneleri hazırlanmış ve 28 günlük basınç dayanımları incelenmiştir. Örneklerde su/çimento oranı sabit tutulmuş; standart atık malzemeler, kaba ve ince agrega ile ikame edilmiştir. Çalışma sonucunda atıklarla hazırlanan örneklerde, standart beton örneğine kıyasla basınç dayanımlarının zaman zaman artış gösterdiği görülmüştür. Atık döküm kumunun %20 oranında ikame edilmesi ile hazırlanan örneklerde %8, indüksiyon ocağı cürufunun %20 oranında ikame edilmesi ile hazırlanan örneklerde %5, ocak cürufunun %100 ikame edilmesi ile %8 basınç dayanımı artışı elde edilmiştir. Kupol cürufu ve filtre tozu ile hazırlanan örneklerde standart beton örneğine kıyasla basınç dayanımında artış görülmemiştir. Yapılan deneysel çalışmalar, döküm endüstrisi atıklarının, beton içerisinde, agrega ile ikame edilmesi yoluyla geri kazanımlarının mümkün olduğunu göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Basınç Dayanımı, Beton, Cüruf, Döküm Kumu

THE EFFECT OF CASTING INDUSTRY WASTES ON CONCRETE PRESSURE STRENGTH

Abstract: Foundry industry manufacturing process was examined, and the wastes generated were determined. Recycling potential of the waste fraction was investigated in the scope of this study. Slag, waste foundry sand, and filter dust were applied to prepare concrete samples according to the TS EN 206 Concrete standard. Unconfined compressive strength after 28 days cure were examined. Water/cement ratio was kept fixed while the waste materials were substituted with aggregate. Compressive strength values of several samples were found to be higher than the standard concrete sample. When the waste foundry sand was substituted with fine aggregate by 20%, the compressive strength increased by 8%; when the induction furnace slag was substituted by 20%, the compressive strength increased by 5%. When the furnace slag was substituted by 100% the increase in the compressive strength was found to be 8%. However, when the cupola slag and filter

Makale Gönderim Tarihi: 18.10.2018

Makale Kabul Tarihi: 27.12.2018



dust were increased no increase in the compressive strength has been observed. The findings showed that the non-hazardous fraction of foundry waste can be recycled in concrete.

Keywords: Compressive Strength, Concrete, Slag, Foundry Sand

TS EN 206 Beton - Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk

TS EN 12390-3 Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleleri - Bölüm 3: Deneyle Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini

TS 500 Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları

1. GİRİŞ

Üretim için gerekli kaynaklarının %70'inden fazlası yurt içinden temin edilmekte olan döküm endüstrisi, yüksek nitelikli istihdam yaratması ve bununla beraber üretilen mamul ve yarı mamuller birçok sanayi üretimi için temel oluşturması açısından ülkemizin en önemli sanayi kollarından biridir (Gönüllü, 2007).

Döküm sektöründeki üretim süreçlerinde yüksek miktarlarda tehlikesiz ve tehlikeli atık oluşmaktadır. Bu atıklar cüruf, baca tozu, filtre tozu, kum vb. olarak sıralanabilir. Döküm süreçlerinde, üretimin %2-8'i kadar cüruf, %40-60'ı kadar atık kum,

%0.1-2'si kadar baca tozu oluşmaktadır (HAWAMAN, 2009).

Cüruf, eriyiğin üzerinde yüzen metal oksitlerden oluşmaktadır (HAWAMAN, 2009). Ülkemizde, cürufların yaklaşık %87'si tesislerde bekletilmekte, %12'si düzenli depolama sahalarında bertaraf edilmekte, sadece %1'i geri kazanılmaktadır.

1 ton döküm üretmek için, 4-5 ton kum kullanılmaktadır (Zannetti and Fiore, 2002). Döküm kumu belli bir çevrimden sonra döküm kalıplarında daha fazla kullanılamayacak hale geldiğinde, atık döküm kumu olarak



uzaklaştırılmaktadır. Daha önceleri depolama sahalarında yüzey örtüsü olarak kullanılmak suretiyle bertaraf edilen atık döküm kumunun, 2005 yılından itibaren düzenli depolama tesislerinde depolanması Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından zorunluluk haline getirilmiştir (Solmaz, 2008).

Ülkemizde baca tozu bertarafına ilişkin çalışmalar oldukça kısıtlı olmakla beraber, baca tozundaki çinko metalini geri kazanmak amacıyla bazı tesisler kurulmuştur. Baca tozu içerisindeki çinkonun geri kazanılabilmesi için belli bir oranın üzerinde olması gerekmektedir. Çinko geri kazanımı sonrasında, bu tesislerden de tehlikeli atık çıkışı olmaktadır.

Döküm üretim süreçlerinde, yüksek miktarda oluşan tehlikeli ve tehlikesiz bu atıklar, inşaat sektöründe faydalı olabilecek bazı özellikler taşıyabilmektedir. Bu çalışma kapsamında bu atıkların inşaat sektöründe geri kazanım potansiyeli araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. 10 09 07* Atık Döküm Kumu

Bu deneysel çalışmada kullanılan 10 09 07* kodlu atık döküm kumunun, Atıkların Düzenli Depolanmasına İlişkin Yönetmeliğe göre (Tehlikesiz Atıkların Düzenli Depolanabilme Kriterleri, Reaktif Olmayan ve Kararlı Tehlikeli Atıkların 2. Sınıf Depolama Tesislerine kabul edilebilmesi için sınır değerler) 2.sınıf depolama tesisleri için gerekli limit değerleri aşmadığı görülmektedir.

Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik Ek-3B kapsamında, söz konusu döküm kumu örneğinde yapılan fizikokimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmektedir.



Çizelge 1. 10 09 07* (M) Atık Döküm Kumunun Fizikokimyasal Analizleri

Parametre	Sonuç
Görünüm/Koku	Siyah/kokusuz
pH değeri (Sulu Çözelti)	10,27
Su(nem) içeriği (% ağırlık)	2,7
Katı madde içeriği (% ağırlık)	97,38
Organik madde miktarı (% ağırlık)	2,96
İnorganik madde miktarı (% ağırlık)	94,42
Toplam organik karbon (mg/kg) (katı numunede)	34621
Üst ısı değeri (kcal/kg)- Kuru örnek	Negatif değer

İnorganik içerik açısından Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik EK- 3B’de verilen eşik konsantrasyonlar aşılmamaktadır. Söz konusu atık döküm kumu örneğinde yapılan tüm fizikokimyasal, kimyasal ve akut toksisite analizleri sonucunda bulgular değerlendirilerek, ‘Döküm kumu’ örneğinin ekotoksik ve GHS göre kategori 4 akut toksik özellik göstermesi nedeniyle ‘tehlikeli atık’ olduğu tespit edilmiştir.

2.1.2. 10 09 03 İndüksiyon Cürufu

Atık listesinde 10 09 03 kodu ile ‘Ocak Cürufları’ olarak tanımlanmıştır. Bu deneysel çalışmada kullanılan indüksiyon

ocağı cürufu üzerinde, Atıkların Düzenli Depolanmasına İlişkin Yönetmelik EK-2 ‘de belirtilen depolanabilirlik kriterlerine göre analiz yaptırılmıştır. Analiz sonucunda değerlerin inert atık depolama tesisleri için gerekli sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.



Çizelge 2. 10 09 İndüksiyon Cürufunun Depolanabilirlik Kriterlerine Göre Analizi

PARAMETRE	BİRİM	ANALİZ SONUÇLARI	Organik parametrelerin toplam içerikleri için sınır değerler			SONUÇ
			İnert atık depolama tesisleri için sınır değerler	Tehlikesiz atık depolama tesisleri için sınır değerler	Tehlikeli atık depolama tesisleri için sınır değerler	
Arsenik	mg/L	<0,004	0,05	0,2	2,5	İnert Atık
Baryum	mg/L	<0,01	2	10	30	İnert Atık
Kadmiyum	mg/L	<0,0005	0,004	0,1	0,5	İnert Atık
T. Krom	mg/L	<0,001	0,05	1	7	İnert Atık
Bakır	mg/L	<0,1	0,2	5	10	İnert Atık
Civa	mg/L	<0,001	0,001	0,02	0,2	İnert Atık
Molibden	mg/L	<0,004	0,05	1	3	İnert Atık
Selenyum	mg/L	<0,004	0,01	0,05	0,7	İnert Atık
Nikel	mg/L	<0,006	0,04	1	4	İnert Atık
Antimon	mg/L	<0,005	0,006	0,07	0,5	İnert Atık
Kurşun	mg/L	<0,005	0,05	1	5	İnert Atık
Çinko	mg/L	<0,02	0,4	5	20	İnert Atık
Klorür	mg/L	0,15	80	1500	2500	İnert Atık
Florür	mg/L	<0,05	1	15	50	İnert Atık
Sülfat	mg/L	0,75	100	2000	5000	İnert Atık
DOC (Çözünmüş Organik Karbon)	mg/L	37	50	80	100	İnert Atık
TOC (T.Organik Karbon)	mg/kg	9439	3000	5%	6%	İnert Atık
TDS (Top.Çözünen Katı)	mg/L	126	400	6000	10000	İnert Atık
Fenol İndeksi	mg/L	0,243	100	-	-	İnert Atık
BTEX (Benzen, Toluen, Etilbenzen ve Xylenes)	mg/kg	<0,1	6	-	-	İnert Atık
PCBs	mg/kg	<0,13	1	-	-	İnert Atık
Mineral Yağ	mg/kg	856	500	-	-	-
Kızdırma Kaybı	%	0,066	-	-	10%	-



(LOI)						
Nem	%	0,22	-	-	-	-

2.1.3. Çimento

Bu çalışmada Bursa Çimento'dan temin edilen dayanım sınıfı 42.5 olan CEM II /A-M (P-L) 42.5 R Portland kompoze çimento ana bağlayıcı materyal olarak kullanılmıştır.

2.1.4. Agregalar

Çalışmada kullanılan agregalar SİMGE-MAT Madencilik Asfalt Ticaret ve Sanayi A.Ş. 'den alınmıştır. Agregaların tane büyüklüğü dağılımı ince agregalar için 0-4 mm ve kategorisi G_{F85} , iri agregalar için tane büyüklüğü dağılımı 4-11,2 mm ve kategorisi $G_{C80/20}$ 'dir. İnce agregalar ve iri agregalar için tane yoğunluğu maksimum $2,90 \text{ kg/dm}^3$ 'dir.

2.1.5. Beton Katkı Maddesi

Bu deneysel çalışmada kullanılan Poli Naftalin Sülfonat esaslı beton katkı kimyasalı kahverengi renge sahiptir. Literatürde kimyasalın

yapısı plastikleştirici ajan olarak geçmektedir. Non-iyonik yapısı gereği kılıf ayırıcı görevindedir ve bu sayede beton kalıplarının yağlanmasına gerek kalmamaktadır. Soğuk su ile kolayca karışarak emülsiyon olabilmektedir. pH 2-12 değerleri arasında kullanılabilir. Prosesine uygun kullanım oranlarında priz hızlandırma sağlamaktadır. Yüksek türbülans altında çalışan mikserlerde kullanıma uygundur. Örneklerin hazırlanmasında 10,5 gr kimyasal katkı kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Örneklerde su/çimento oranı sabit tutularak, beton üretim hattında uygulanan menüdeki kaba ve ince agregalar ile standart atık malzemeler (atık döküm kumu, indüksiyon çürufu, kupol çürufu, filtre tozu) %20, 40, 60, 80 ve 100 oranlarında ikame edilerek beş farklı menü oluşturulmuştur. Her menüden 4 örnek hazırlanmış olup ilk örneklerin 7 günlük basınç



dayanımları diğer üç örneğin ise 28 günlük basınç dayanımları incelenmiştir.

İndüksiyon ocağı baca tozu ile hazırlanan menüde, standart beton menüsündeki ince agrega ile baca tozunun %10, 20 ve 30 oranlarında

ikame edilerek 3 farklı kombinasyon elde edilmiştir. Oluşturulan kombinasyonlardan 4 örnek hazırlanmıştır. İlk örneklerin 7 günlük basınç dayanımları diğer üç örneğin ise 28 günlük basınç dayanımları incelenmiştir.

Çizelge 3. Üretim Hattında Uygulanan Standart Menü

İnce agrega (Kum) (g)	Kaba agrega (Çakıl) (g)	Çimento (CEM II 42.5) (g)	Kimyasal Katkı (g)	Su (g)
900	1050	400	10,5	135

2.2.1. Küp Numune Basınç Dayanımı Deneyi

Döküm endüstrisi atıklarının geri kazanım potansiyeli araştırılması yapılan bu çalışmada, beton ana maddeleri yerine edilen döküm endüstrisi atıklarının beton basınç dayanımındaki etkilerini incelemek için basınç dayanım testi yapılmıştır.

Çalışmada uygulanan basınç dayanımı, TS EN 12390-3'e göre hazırlanmış numunelere uygulanmıştır. Bu çalışmada

15x15x15 cm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

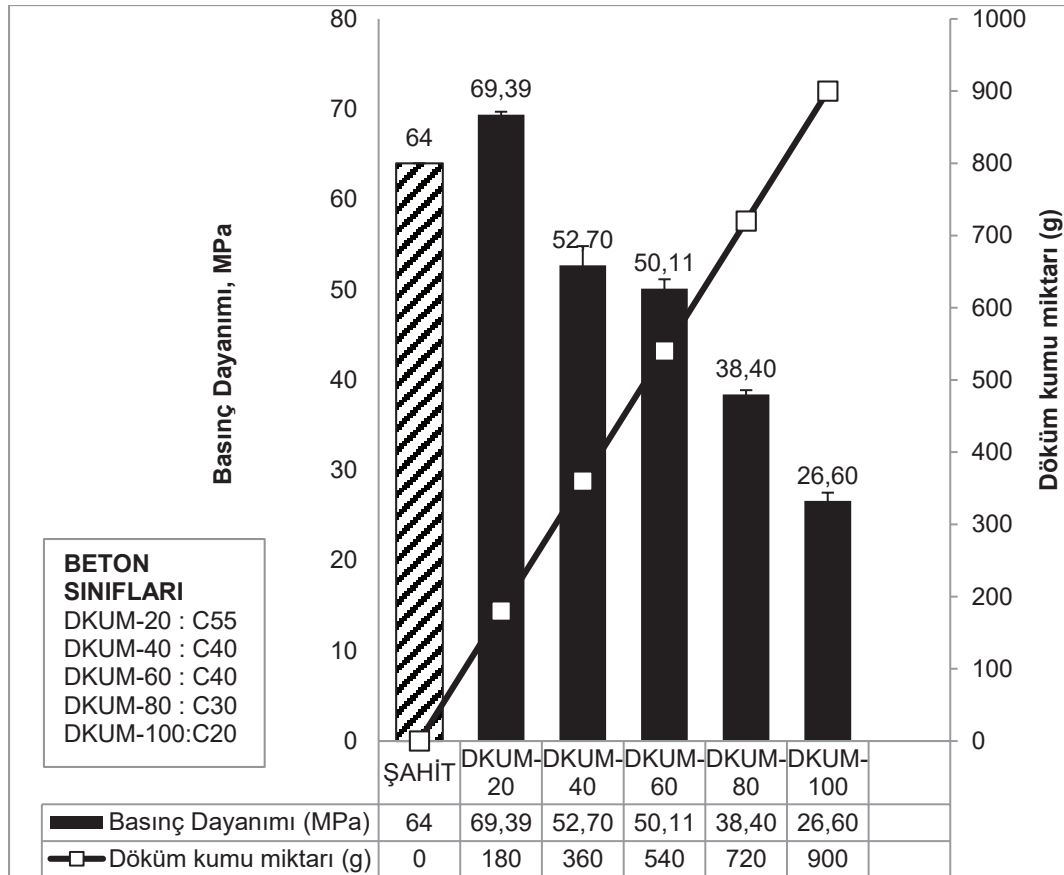
3.1. 10 09 07* Atık Döküm Kumu ile Elde Edilen Basınç Dayanımı

28 günlük priz alma süresi sonrası basınç dayanım testi sonuçları Şekil 1'de verilmiştir. Atık döküm kumunun ince agrega ile %20 ikamesi ile hazırlanan örneğin (DKUM-20) basınç dayanımı 69,39 MPa olarak ölçülmüştür. Bu sonuca göre şahit numuneye kıyasla basınç dayanımında %8.4



artış elde edilmiştir ve DKUM-20 örneği C55 beton sınıfı standartlarını sağlamaktadır. Grafik incelendiğinde örneklerdeki atık döküm kumu oranı arttıkça basınç dayanım değerlerinin tedrici olarak azaldığı görülmektedir. Atık döküm kumu içerisinde bulunan bağlayıcı maddelerin basınç dayanımlarının azalmasına sebep olan etkenlerden biri olduğu düşünülmektedir. Döküm kumunun kimyasal bileşiminde

yüksek oranda kil (bentonit) bulunmasının basınç dayanımını azalttığı düşünülmektedir. Kullanılan ince agreganın tane büyüklüğü dağılımı 0-4 mm arasındadır. 0,6 mm ile 0,15 mm arasında tane büyüklüğündeki döküm kumunun bileşik içinde daha fazla oranlarda kullanılmaya başlanması ile basınç dayanımının azaldığı, bu düşüşün tane büyüklüğü ile de ilgili olduğunu düşündürmektedir.



Şekil 1. 10 09 07 *Atık Döküm Kumu İçeren Örneklerde Basınç Dayanımı

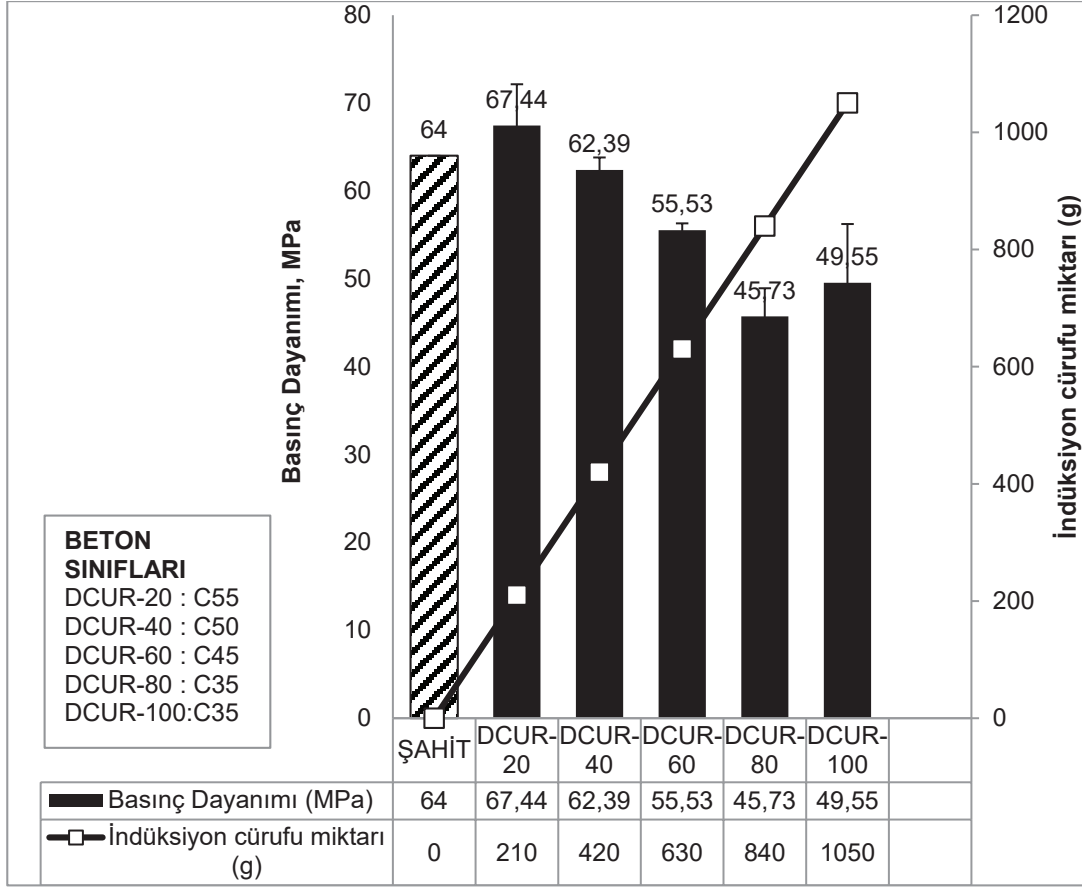


Şubat 2000 tarihinde revize edilen TS 500 "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Standardı" C14 ve daha aşağı mukavemet sınıflarındaki betonların taşıyıcı sistemlerde kullanılmayacağı hükmü ve 01.01.1998 tarihinde yürürlüğe giren deprem yönetmeliği gereğince deprem bölgelerinde kullanılacak en düşük beton dayanım sınıfını C20 olarak belirlenmiştir. Bu yasal dayanaklara göre; atık döküm kumu, kum ile %100 ikame edildiğinde bile sonuçların C20 beton sınıfında olduğu görülmektedir. Türkiye'de yapı ve inşaat sektöründe beton

sınıflarından en sık kullanılanları %86 oranla C20 ile C30 arası betonlardır ve bu durum atık döküm kumunun ince agrega yerine kullanımının mümkün olduğunu doğrulamaktadır.

3.2. 10 09 03 İndüksiyon Cürufu ile Elde Edilen Basınç Dayanımı

Döküm işlemi süreçlerinden metalin ergitilmesi esnasında oluşan indüksiyon cürufunun kaba agrega ile ikame edilmesi ile hazırlanan örneklerde, indüksiyon cürufunun kaba agrega ile %20 ikamesi ile hazırlanan DCUR-20 örneğinde 67,44 MPa basınç dayanımı elde edildiği görülmektedir.



Şekil 2. 10 09 03 İndüksiyon Cürufu İçeren Örneklerde Basınç Dayanımı

Şahit numune ile karşılaştırıldığında, oluşturulan bu kombinasyon, basınç dayanımında %5.4 oranında artış sağlamıştır. Fakat örneklerde indüksiyon cürufu oranı arttıkça basınç dayanım değerlerinin çok büyük bir oranla olmasa da tedrici olarak azaldığı görülmektedir. Bu durumun indüksiyon cürufu tane boyut dağılımı ile kaba agrega tane boyutunun farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

İndüksiyon cürufu, çakıl ile %100 ikame edildiğinde 49 MPa değerine ulaşıldığı C35 beton sınıfı standartlarının sağlandığı görülmektedir. Tüm örnekler göz önünde bulundurulduğunda elde edilen basınç dayanımlarının C35 ve üstü beton sınıflarında olduğu görülmekte olup, yasal standartların üzerindedir. Yapılan deneysel çalışma indüksiyon cürufunun beton üretiminde kaba agrega olarak geri



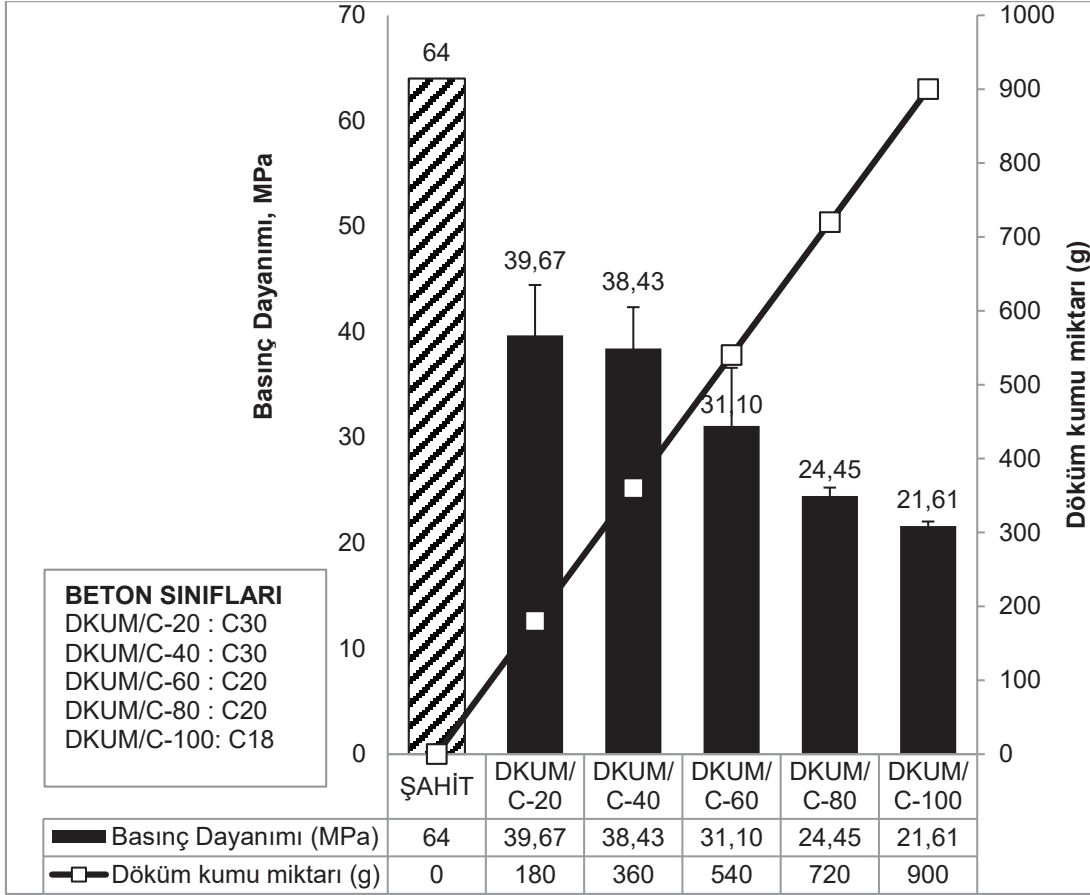
kazanılabileceğini göstermektedir. Aynı zamanda tehlikeli bir atık olmaması nedeni ile de çevresel açıdan bir problem teşkil etmemektedir.

3.3. 10 09 07* Döküm Kumu ve 10 09 03 İndüksiyon Cürufu ile Elde Edilen Basınç Dayanımı

Bu deneysel çalışma kapsamında döküm kumu ve indüksiyon cürufunun birlikte kullanıldığı menüler oluşturulmuş ve her iki atığı da içeren beton örneklerinin basınç dayanımına karşı davranışları incelenmiştir. Reaktif Beton A.Ş'nin beton üretim hattında uyguladığı menüde kaba agregaya sabit %100 oran (1050 g) kullanılarak indüksiyon cürufu ile ikame edilirken, döküm kumu %20, 40, 60, 80 ve 100 oranlarında ince

agrega ile ikame edilmiştir. Şekil 3'te her bir örnekte kullanılan döküm kumu miktarları görülmektedir. 28 günlük basınç dayanımları incelenen örneklerde atık döküm kumu miktarı arttıkça basınç dayanımlarının azaldığı görülmektedir.

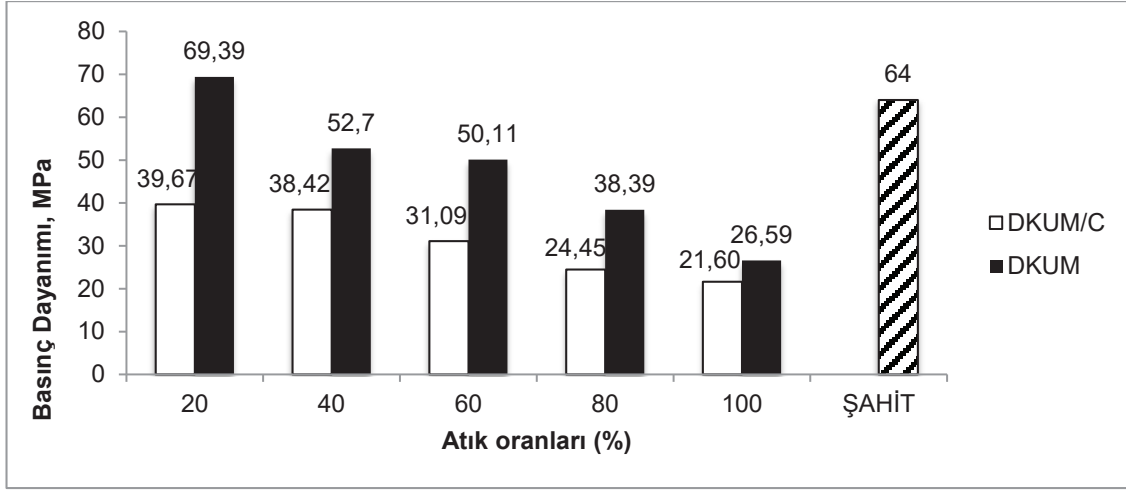
Şekil 3'te atık döküm kumunun %20 indüksiyon cürufunun %100 ikame edilmesi durumunda elde edilen basınç dayanımının şahit numuneye kıyasla %38 oranında düşük olduğu görülmektedir. Ancak C30 beton sınıfı standartlarını sağlamaktadır. Düşük oranlarda ikame edilmesi durumunda döküm kumu ve indüksiyon cürufunun birlikte beton üretiminde geri kazanımının mümkün olabileceğini doğrulamaktadır.



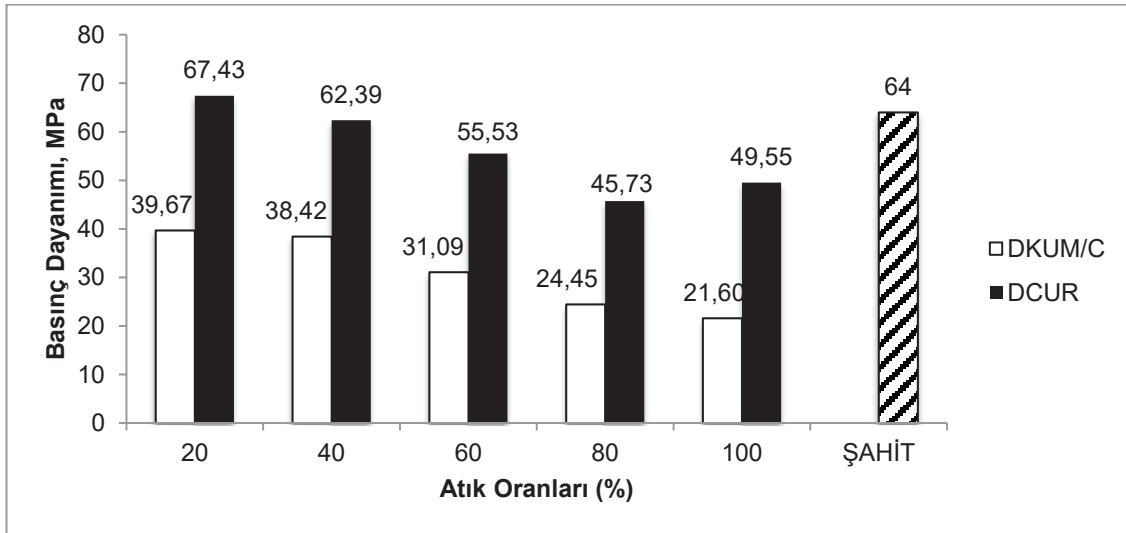
Şekil 3. 10 09 07*Döküm Kumu ve 10 09 03 İndüksiyon Cürufu İçeren Örneklerde Basınç Dayanımı

Döküm kumunun bulunmadığı, yalnız indüksiyon cürufu kaba agrega ile %100 ikame edildiği örnek, 49 MPa basınç dayanımı göstermiştir. Yalnız başına döküm kumunun bulunduğu örneklerde döküm kumu %100 ikame edildiğinde 26 MPa basınç

dayanımı gösterebilmiştir. Şahit numune ile karşılaştırıldığında indüksiyon cürufu yalnız başına basınç dayanımını %28,4 azaltırken, döküm kumu %59,3 azaltmaktadır. Her iki atık birlikte %100 ikame edildiğinde basınç dayanımı %67,2 düşmektedir.



Şekil 4. Döküm Kumu ve İndüksiyon Cürufu İçeren Örneklerin Şahit Numune ve Yalnız Döküm Kumu İçeren Örneklerle Karşılaştırılması



Şekil 5. Döküm Kumu ve İndüksiyon Cürufu İçeren Örneklerin Şahit Numune ve Yalnız İndüksiyon Cürufu İçeren Örneklerle Karşılaştırılması

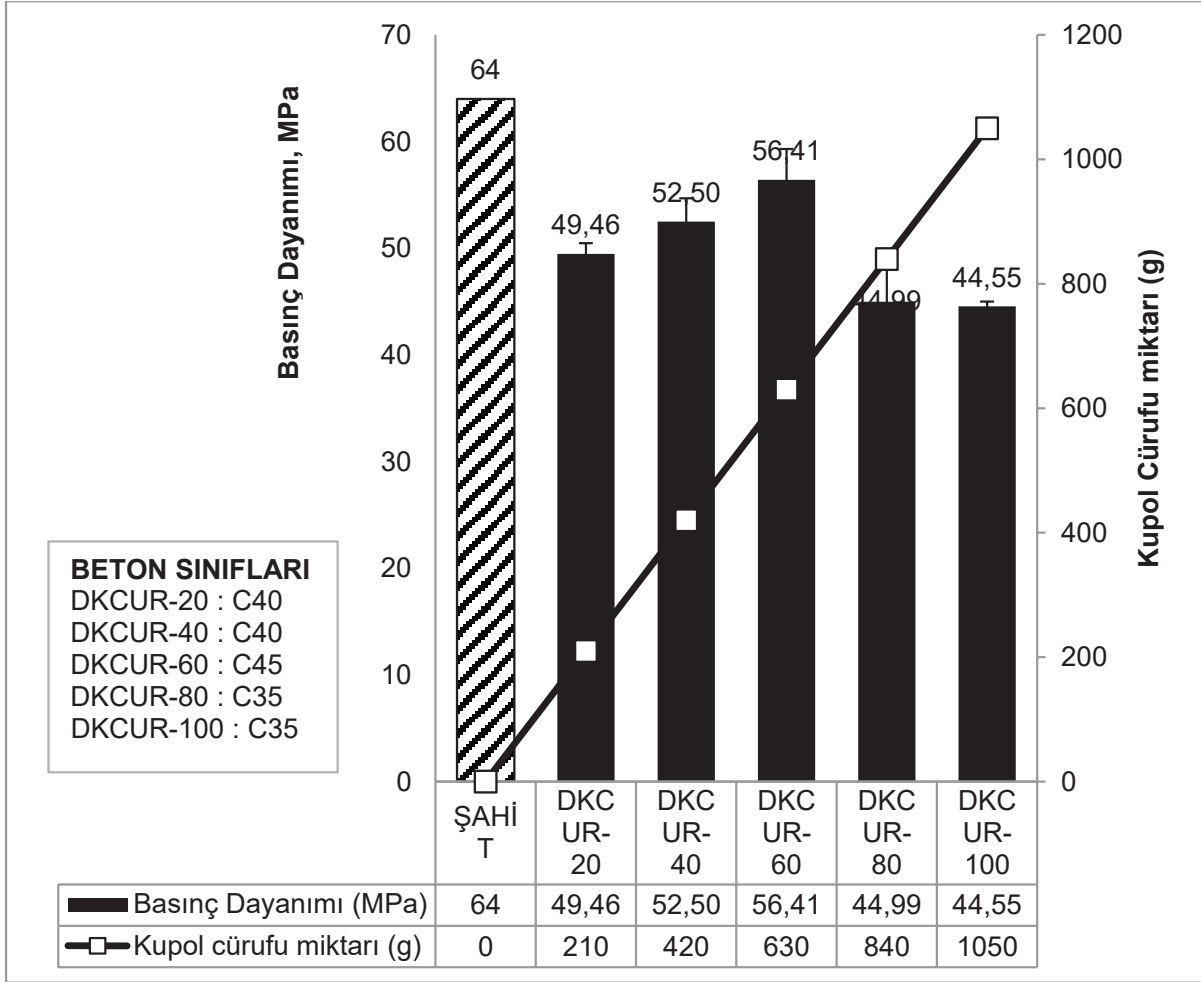
3.4. 10 09 03 Kupol Cürufu ile Elde Edilen Basınç Dayanımı

Dökümhanelerde metalin eriyik haline geçmesi için kullanılan kupol ocaklarında oluşan kupol cürufunu içeren örneklerin 28 günlük basınç dayanım verilerine göre kupol

cürufu oranı arttıkça basınç dayanım değerlerinde artma ya da azalma eğilimi net olarak anlaşılamamaktadır. Bu durumun kupol cürufunun tane boyutunun homojenlik göstermemesi gibi etkenlere bağlı olduğu

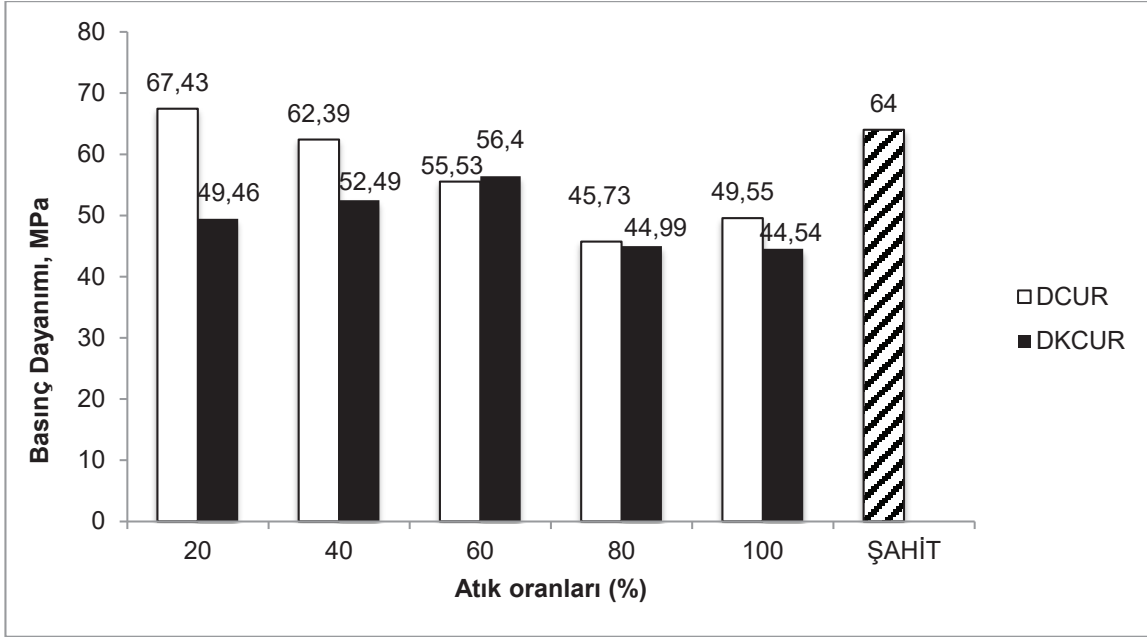


düşünülmektedir.



Şekil 6. 10 09 03 Kupol Cürufu İçeren Örneklerde Basınç Dayanımı

Cüruf, çakıl ile %100 ikame ulaşıldığı görülmektedir.
edildiğinde 44 MPa değerine



Şekil 7. İndüksiyon Cürufu İçeren Örnekler ile Kupol Cürufu İçeren Örneklerin Karşılaştırılması

Bu çalışma ile indüksiyon cürufu ile yapılan çalışma sonucunda elde edilen basınç dayanımları ile karşılaştırıldığında, indüksiyon cürufu ile hazırlanan örneklerin daha yüksek basınç dayanım sonuçları verdiği görülmektedir. İndüksiyon ocaklarında ısı herhangi bir yanma olayı ile sağlanmadığı için metalin ergitilmesi esnasında sıvı metalin yüzeyinde oluşan cürufun bileşimde yabancı maddelerin, kupol ocağında oluşan cüruflara göre oldukça az olması bu durumun nedenlerinden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca,

indüksiyon ocaklarının ve kupol ocaklarının metal şarjlarının kimyasal bileşimleri arasındaki farkın da bu basınç dayanımını etkilediği söylenebilir.

3.5. 10 09 10 Filtre Tozu ile Hazırlanan Kombinasyonlar ve Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Şekil 8'de örneklerin içerdiği filtre tozu miktarına karşılık 28 günlük priz alma süresi sonrası basınç dayanım testi sonuçları verilmiştir. Filtre tozunun ince agrega ile %20 ikamesi ile hazırlanmış örnekte (DFT-20) 61 MPa değeri elde

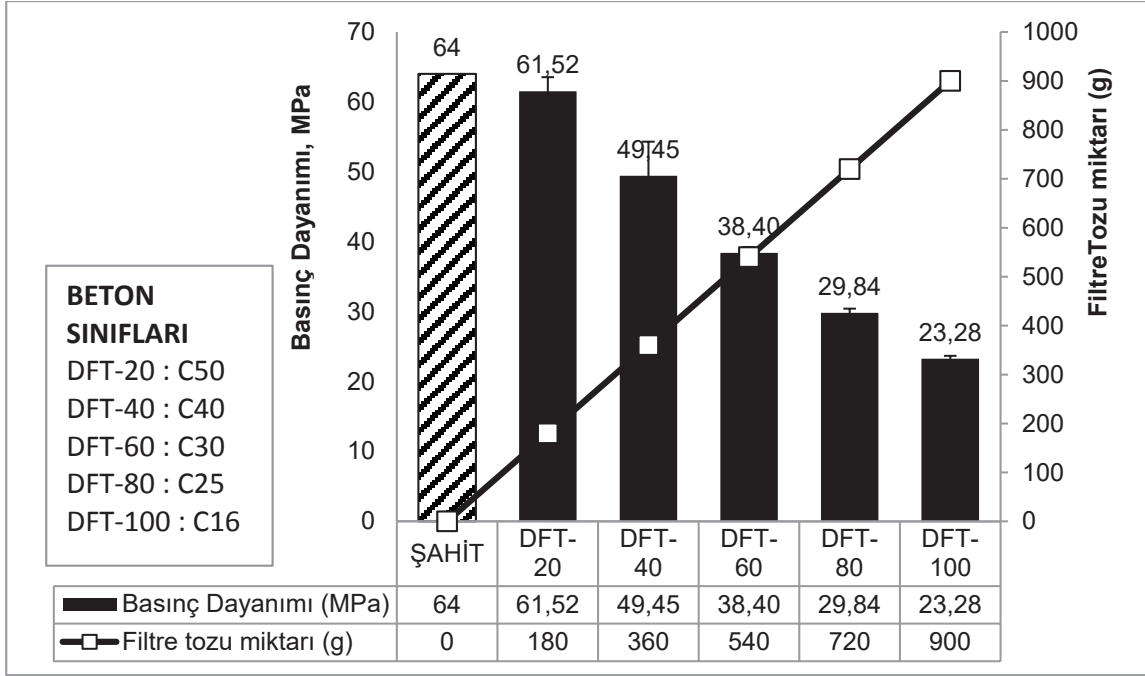


edilmiştir. Örneklerdeki atık miktarı arttıkça basınç dayanımlarındaki düşüş ve dayanımlara karşı sağladıkları beton sınıfı standartları Şekil 8'de görülmektedir. Beton basınç dayanımı düşüren etkenlerden birinin agrega içerisinde bulunan kil, silt, humus ve organik maddeler gibi elemanlar olduğu bilinmektedir. Filtre tozunun kimyasal bileşiminde kil (bentonit) bulunması basınç dayanımları açısından sorun teşkil ettiği sonuçlarda görülmektedir. Filtre tozu üzerinde fizikokimyasal testler yapılarak basınç değerlerinde düşüşün net olarak belirlenmesi gerekmektedir.

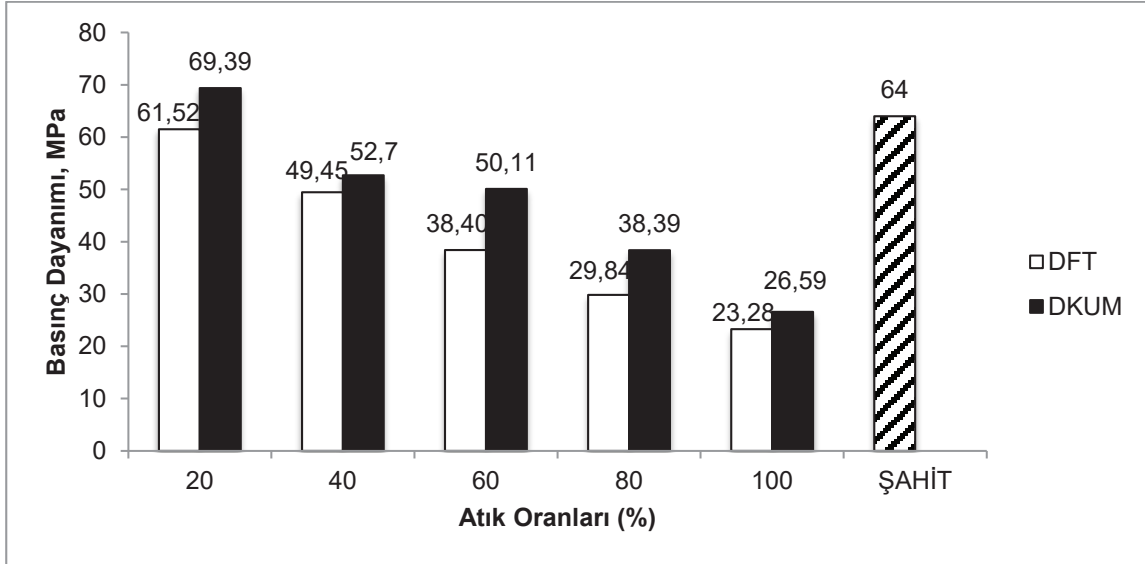
Filtre tozu, kum ile %100 ikame edildiğinde elde edilen basınç değeri C16 beton sınıfı standardını sağlamaktadır. Şubat 2000

tarihinde revize edilen TS 500 "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Standardı" C14 ve daha aşağı mukavemet sınıflarındaki betonların taşıyıcı sistemlerde kullanılmayacağını hükmü gereğince elde edilen sonuçların standartları sağladığı görülmektedir.

Ancak 01.01.1998 tarihinde yürürlüğe giren deprem yönetmeliği gereğince deprem bölgelerinde kullanılacak en düşük beton dayanım sınıfını C20 olarak belirlenmiştir. Buna göre filtre tozu deprem bölgelerinde bu yeterliliği sağlayamamaktadır. Filtre tozu belirli oranlarda sabit tutularak beton üretiminde ince agrega olarak kullanımının mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır.



Şekil 8. 10 09 10 Filtre Tozu İçeren Örneklerde Basınç Dayanımı



Şekil 9. Filtre Tozu İçeren Örnekler ile Döküm Kumu İçeren Örneklerin Karşılaştırılması

Tüm durumlarda, filtre tozu içeren örneklerin döküm kumu içeren örneklere kıyasla daha düşük basınç dayanımlarına sahip olduğu Şekil 9'da görülmektedir.

4. SONUÇ

Döküm kumu ile hazırlanan örneklerin 28 günlük basınç dayanım verileri incelendiğinde elde edilen en düşük değerin 26.60



MPa olduğu ve C20 beton sınıfı standardını sağladığı gözlenmiştir. Aynı zamanda atık döküm kumunun ince agregaya ile %20 ikamesi durumunda şahit numuneye kıyasla basınç dayanımında %8,4 artış olduğu saptanmıştır. Fakat atık miktarı arttıkça basınç dayanımları azalan bir grafik izlemiştir.

İndüksiyon cürufunun %20 kaba agregaya ile ikame edilmesi durumunda şahit numune basınç dayanımı ile karşılaştırıldığında %5.4 oranında daha yüksek basınç dayanımına sahip olduğu tespit edilmiştir. Döküm kumu ile hazırlanan örneklerde olduğu gibi atık miktarı artış gösterdikçe basınç dayanım değerleri düşmüştür. Kaba agregaya yerine %100 indüksiyon cürufu kullanılarak hazırlanan örneğin 49 MPa basınç dayanımına sahip olduğu ve C35 beton sınıfında olduğu sonucuna varılmıştır.

Döküm kumunun değişen oranlarda ince agregaya ile

indüksiyon cürufunun ise sabit %100 oranında kaba agregaya ile ikame edilerek hazırlanmış örneklerde şahit numunenin basınç dayanımının üzerinde bir basınç dayanımı elde edilememiştir. Döküm kumunun %20 ikamesi durumunda şahit numuneye kıyasla %38 oranında düşüş olduğu görülmektedir. Bu durumda bile elde edilen basınç dayanımı C30 beton sınıfı standardındadır. %20 ikame durumu ile %100 ikame durumu karşılaştırıldığında, %100 ikame halinde basınç dayanımında %45,5 azalış olmuştur.

Yalnız döküm kumunun ve yalnız indüksiyon cürufunun kullanıldığı örnekler ile her iki atığın birlikte kullanıldığı örnekler göz önüne alındığında, iki atığın birlikte ikame edildiği durumlar her oranda daha düşük basınç dayanımına sahip olduğu görülmüştür.

Kupol cürufu içeren örneklerde, şahit numunenin basınç dayanımından yüksek bir değer ölçülmemiştir. Örneklerin içerdiği



atık miktarı ve basınç dayanımları arasında doğrusal bir ilişki bulunmamaktadır. %100 ikame durumunda 44 MPa değeri elde edilmiş ve örnek C35 beton sınıfındadır.

İndüksiyon cürufu ile kupol cürufu içeren örnekler karşılaştırıldığında, indüksiyon cürufu içeren örneklerin %60 oranında yapılan ikame durumu hariç olmak üzere daha yüksek basınç dayanım değerlerine ulaşıldığı görülmüştür.

Filtre tozunun %20 ikamesi ile hazırlanan beton örneğinde (DFT-20), 61MPa değerinde basınç dayanımı elde edilmiş ve C50 beton sınıfında olup şahit numunenin sahip olduğu basınç dayanımına yakın sonuç vermiştir. Örneklerde filtre tozu miktarı arttırıldıkça basınç dayanımları düşüş göstermiştir. Filtre tozu içeren örnekler ile bileşimi benzer olan atık döküm kumu ile hazırlanan örnekler karşılaştırıldığında, tüm durumlarda filtre tozu içeren

örneklerde daha düşük değerler ölçülmüştür.

Döküm tesislerinden kaynaklanan ve döküm esnasında yüksek oranlarda ortaya çıkan cüruf, atık döküm kumu ve filtre tozu gibi atıkların, çevre dostu teknolojilerle faydalı ve ekonomik ürünlere dönüştürülmesi ve sanayide uygulamaya aktarılması gerekmektedir. Bu amaçla yürütülen deneysel çalışmada kullanılan atıkların her birinin, çevresel ve ekonomik fayda göz ardı edilmeden uygun atık oranları seçilmesi suretiyle beton üretiminde kullanılarak geri kazanımının sağlanması mümkün görülmektedir.

KAYNAKÇA

Gönüllü, M.T., 2007, *Döküm Kumu Rejenerasyonu Değerlendirmesi*, 2. Uluslararası Döküm ve Çevre Sempozyumu ve Sergisi, 24-26 Ekim, İstanbul.

HAWAMAN, 2009, *Türkiye'de Sanayiden Kaynaklanan Tehlikeli Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi*, Döküm Sektörü Rehber



*Doküman, LIFE HAWAMAN
Projesi, LIFE06
TCY/TR/000292, ÇOB, Ankara.*

*Solmaz, P., 2008, Atık Döküm Kumunun
Geçirimsiz Perde Yapılarak
Tekrar Kullanımı, Yüksek Lisans
Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü,
İstanbul.*

*Zannetti, M. C. and Fiore., S., 2002,
Foundry Processes: The
Recovery of Green Moulding
Sands for Core Operations,
Resources, Conservation and
Recycling, Vol.38, pp.243-254.*