



# AGREGA OLARAK ÇİNKO MADENİ CÜRUFU KULLANIMININ BETON BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ

## The Usage of Slag of Zinc Ore as an Aggregate in Concrete Production

Zahide BAYER ÖZTÜRK\* , Merve Nur BAĞIRAN\* , Büşra SAĞLAR\* , Lütfü ARSLAN\* , Şerife AYCAN\*

\*Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 50300, Nevşehir, Türkiye

Başvuru/Received: 03/04/2018

Kabul/Accepted: 12/06/2018

Son Versiyon/Final Version: 29/06/2018

### Öz

İnşaat sektöründe son yıllarda hızlı bir büyüme ve gelişme yaşanmaktadır. Bu büyüme doğal kaynakların azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle endüstriyel atıkların geri dönüşümü önem kazanmaktadır. Bu çalışma, agregaya yerine granül haldeki çinko cevheri cürufunun farklı oranlarda karıştırılması ile elde edilen betonların deneysel sonuçlarını göstermektedir. Bu cüruf, 5-15 mm ve 0-5 mm tane boyutlarında ayrılmış ve agreganın yerine beton bileşimlere ilave edilmiştir, 15×15×15 cm<sup>3</sup> boyutlarında küp numuneler hazırlanmış ve 7, 14 ve 28 gün olgunlaştırılmıştır. Olgunlaştırılan numunelerin basınç dayanım testleri yapılmıştır ve referans numune ile kıyaslanmıştır. 5-15 mm ve 0-5 mm tane boyutlu cüruf içeren numunelerde standarda eşdeğer dayanımlı ve daha hafif beton numuneler elde edilmiştir. Bu çalışma, çinko cevheri cürufunun agregaya yerine beton üretiminde sürdürülebilir ve teknolojik açıdan hem ekonomik hem de çevreye uygun bir yaklaşım olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

### Anahtar Kelimeler

Beton, agregaya, atık, çinko cevheri cürufu, basınç dayanımı

### Abstract

In the last few decades there has been rapid growth than prosperity in construction industry. This growth is give rise to the lack of natural resources. Therefore there cycling of industrial waste is gaining importance. This study reports on some experimental results obtained from production of concretes containing granulated slag of zinc ore as aggregate replacement mixed in different proportions. This slag was separated as 5-15 mm and 0-5 mm grain sizes and slag of zinc ore was added to compositions instead of aggregate, 15x15x15 cm<sup>3</sup> cube specimens were prepared and cured at 7,14 and 28 days. After curing compressive strength tests were done and compared with Standard concrete. The equivalent strengths and lighter concretes were obtained containing slag with 5-15 mm and 0-5 mm grain sizes. This study shows that the slag of zinc ore can be used in concrete production instead of aggregate as a sustainable and technologically both economically and environmentally suitable approach.

### Key Words

Concrete, aggregate, waste, slag of zinc, compressive strength

## 1. GİRİŞ

Beton; çimento, iri agrega, ince agrega ve suyun, kimyasal ve mineral katkıların ilave edilerek karıştırılması ile oluşturulan ve çimentonun hidratasyonu ile gerekli teknik özelliği kazanan bir malzemedir [Özdemir,2006]. Bu bileşime giren malzemeler, belirli oranlarda karıştırılıp hazırlandığında herhangi bir yere dökülebilir ve şekli belli kalıpların şeklini alabilen plastik kıvamlı bir kütle meydana getirir. Çimentonun hidratasyonu sonucunda beton, birçok amaç için kullanılabilir olan, mukavemet ve sertlik olarak taşa benzeyen bir yapı malzemesine dönüşür (Şimşek,2012).

Çimentonun beton oluşturulmasında görevi, agrega tanelerinin yüzeyini kaplamak, agrega taneleri arasındaki boşlukları doldurmak ve agrega tanelerini bir arada tutacak bağlayıcılığı sağlamaktır. Bu açıdan, beton “çimento ve agregalardan oluşan kompozit bir malzeme” olarak da tanımlanabilmektedir [Erdoğan,2003]. Belirli oranlarda karıştırılarak hazırlanan taze betonun iyi bir şekilde yerleşimini sağlamak için vibratörle titreştirilmesi gerekir. Daha sonra sertleşmeye bırakılan beton kullanılan çimentonun türüne ve katkı maddelerine göre değişen bir hızla sertleşmeye başlar ve bu işlemin %60 -90’lık kısmı genellikle 28 gün içinde tamamlanır (Celep ve Kumbasar, 1996).

Betonun dayanımını etkileyen faktörlerden en önemlisi kendisini oluşturan malzemelerdir. Agregada betonun %75’ini oluşturur, dolayısıyla agreganın beton dayanıklılığı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Ayrıca, agregaların istenmeyen bileşenler içermeleri halinde, betonun dayanım ve yapısal performansını olumsuz yönde etkileyebilir (Bekem ve diğ. 2009).

Beton, yapı malzemesi olarak kullanılan temel bir malzemedir. Betonun basınç dayanımı yüksek, ancak çekme dayanımı düşüktür. Dolayısıyla, betonun çekme dayanımı göz ardı edilir. Betonun basınç dayanımı ise hesaplarda göz önünde bulundurulmaktadır. Betonun basınç dayanımı, 15 cm çaplı ve 30 cm uzunluğundaki standart silindirik numunelerin aksel basınç kuvveti altında bulunmaktadır (Gökdemir, 1997).

Sanayinin gelişmesi ile beraber endüstrinin her alanından binlerce ton atık açığa çıkmaktadır. Atıklar, çevre ve insan sağlığına olan etkileri oranında zararlı ve zararsız olarak birbirinden ayrı değerlendirilirler. Üretim sonrası ortaya çıkan atıkların geri kazanılması sadece çevreye değil aynı zamanda ekonomik hammadde olarak değerlendirilmesiyle de ilgili sektöre kazançlar sağlayacaktır. Endüstriyel atıkların farklı sektörlerde kullanımına yönelik literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Aydın 2017; Tarhan ve diğ. 2016; Binal ve Ay 2014; Ozturk ve Gultekin 2015).

Beton üretiminde uçucu kül, mermer tozu, atık boya ve arıtma çamuru gibi endüstriyel atıkların kullanımına ilişkin çalışmalar da mevcuttur. Gülan ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada atık mermer tozu ve cam lif katkılı betonun mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine karbonatlaşmanın etkisi incelemiştir. Ağırlıkça 0,25; 0,50; 0,75 ve 1 kg/m<sup>3</sup> oranlarında cam lif içeren beton numunelerine hacimce %25, %50, %75 ve %100 oranlarında dolgu malzemesi ile yer değiştirecek şekilde mermer tozu ilave edilerek 25 farklı beton serisi hazırlanmıştır. Gülan ve diğ. (2016) numuneler üzerinde porozite, kılcal su emme, ultrases geçiş hızı, basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı deneyleri yapılarak, karbonatlaşma deneyi sonrası meydana gelen değişimler belirlenmiştir. Yapılan çalışma neticesinde, karbonatlaşma deneyi sonrası numunelerin, porozite, kapillarite, basınç ve yarmada çekme dayanımı değerlerinde azalma görülmekte, ultrases geçiş hızı değerinde ise artış olduğu tespit edilmiştir.

Ünal ve Uygunoğlu (2004) yaptıkları çalışmada Soma Termik santraline ait uçucu külü çimento yerine %10-40 oranlarında ikame ederek beton numunelerinde kullanmıştır. Elde edilen su emme, ultra ses geçiş süresi, tek eksenli basınç deneyi ile özellikleri kıyaslanmıştır. Ağırlıkça %10-20 oranında uçucu kül kullanıldığında normal betonlara eş değer dayanım değerlerinin ve elastisite modülünün elde edildiği tespit edilmiştir.

Crow ve Dunstan (1981), uçucu küllerin tane boyutunu değerlendirdikleri çalışmalarında inceliği fazla olan uçucu küllerin çimentoyla daha iyi reaksiyona girdiğini ve daha iyi mukavemet kazandığını tespit etmişlerdir. Nehdi ve Summer (2012), betonun işlenebilirliğini, eğilmede çekme dayanımını, klorür geçirimsizliğini ve buz çözücü tuzlara dayanıklılığı arttırmak amacıyla atık boyayı %0-100 oranlarında kimyasal katkı yerine kullanmıştır. Çalışma neticesinde atık boyanın basınç, eğilme dayanımı ve klorür geçirimsizliğinde referans karışıma göre daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Mun ve arkadaşları (2007) arıtma tesisi çamurunu ticari amaçlı hafif betonda kullanmıştır ve mukavemet değerini 15 MPa 'dan 17 MPa'a kadar yükseldiğini tespit etmiştir.

Kayseri Çinkom İşletmesinde çinko cevheri, kok ve kalker ile 900-1300°C’de döner fırında reaksiyona sokularak çinko oksit elde edilmektedir. Çinkosu alınmış materyal ise demir kalsiyum silikat şeklinde cüruf olarak fırın çıkışından alınarak stoklanmaktadır [www.cinkom.com.tr]. Her yıl bu döner fırından istenen metal bileşimlerin alınması sonrası granüle halde çinko cevheri atığı elde edilmektedir. Ancak çinko cevheri atığının kullanımına ilişkin çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Alwaeli (2017) yaptığı çalışmalarında granül haldeki kurşun-çinko cürufunu beton bünyelerde kum ile ağırlıkça %25-50-75 ve 100 oranlarında yer değiştirerek standart ile kıyaslamıştır. Cürufun kullanıldığı numunelerin daha iyi mukavemet gösterdiğini ve gama radyasyonunu zayıflatma özelliğini arttırdığını tespit etmiştir. Literatürde çinko cevheri atığının kullanımı ile ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu nedenle, bu çalışmada cürufun beton sektöründe agrega yerine belirli oranlarda kullanılabilirliği ve betonun

mekanik özelliği üzerine etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada, beton bünye içerisine, Çinkom Fabrikası'ndan (Kayseri) temin edilmiş çinko cevheri cürufu tane boyutlarına göre (0-5 mm, 5-15 mm) ayrılarak %100, %50 oranlarında bünye karışımlarında agrega yerine kullanılmıştır ve standart ile özellikleri kıyaslanmıştır. Cürufun inşaat sektöründe kullanılabilir olması hem atık depolama problemini ortadan kaldıracak hem de beton üretimine ve ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Acerler firmasında (Nevşehir) beton numunelerin hazırlanması için farklı tane boyutlarında agrega ve çimento kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan çimento, TS EN 197-1:2012'ye uygun olup Yozgat Çimento Fabrikasında üretilmiştir. Çimentoya ait priz başlama süresi 175 dakika ve priz tamamlanma süresi 240 dakikadır. Çimentonun özgül ağırlığı 3.05 gr/cm<sup>3</sup>, özgül yüzey alanı 3930 cm<sup>2</sup>/gr'dır. Çimentonun kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmiştir. Fabrikada kullanılan agrega bazalttır. Çalışmada agrega ile yer değiştirilerek çinko cevheri cürufu kullanılmıştır. Çinko Cevheri cürufu; Kayseri İncesu bölgesinde bulunan Çinkom Çinko Kurşun Metal ve Madencilik Sanayi Ticaret A.Ş. firmasından, agrega ise Nevşehir Karayazı Bölgesindeki Acerler Hazır Beton firmasına ait taş ocağından temin edilmiştir. İri parçalar halindeki numuneler, önce çekiçle kaba kırma işleminden geçirildikten sonra, kırıcıda kırılmış ve standart eleklerden elenmiştir. TS 706 'ya uygun boyutlara indirilen agregalar 3 farklı boyut olarak 0-5 mm, 5-15 mm, 15-25 mm aralığına ayrılmıştır. Çinko cevheri cürufu ve agregaya ait kimyasal bileşimler Tablo 1 'de verilmiştir.

**Tablo1.** Kullanılan çimento, çinko cevheri cürufu ve agreganın kimyasal bileşimi

Hammadde	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	K.K
		2						
<b>Çimento</b>	20,80	5,57	3,93	58,88	1,94	-	-	4,00
<b>Çinko cevheri cürufu</b>	16,10	8,53	26,47	29,83	3,22	-	-	11,10
<b>Agrega</b>	50,20	20,35	13,65	9,89	4,08	-	-	0,20

Çalışmada kullanılan katkı maddesi pancar suyudur. Kullanılan pancar suyu FOSROC firmasından alınmıştır. Ürünün adı CENTRO854W'dir. Katkı maddesine ait kimyasal bileşimler ise Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo2.**Katkı maddesinin kimyasal bileşimi

	Ölçülen Değerler	Standart Değerler	Analiz Yöntemi	İdeal Deney Metodu
<b>Homojenlik</b>	Homojen	Homojen	Gözle	Gözle
<b>Renk</b>	Kahverengi	Kahverengi	Gözle	Gözle
<b>Bağlı Yoğunluk(gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.11	1.08-1.14	ISO 758	T 45
<b>Ph</b>	8.1	7.5-9.5	ISO 4316	T 02
<b>Katı Madde Miktarı (%)</b>	25,03	24.60-27.20	EN 480-8	T 44
<b>Suda Çözünebilir Klorür (%)</b>	0.07	< 0.1	EN 480-10	T 47
<b>Alkali Miktarı (%)</b>	Uygun	< 5	EN 480-12	Dış Lab.
<b>*FT-Spectrum / Etkin Bileşen</b>	Uygun	Referans IR spect.	EN 480-6	T 50

\* FT : FastFourierTransform

## 2.2. Metot

Çinko cevheri cürufunun ve agreganın elek analizi sonuçları Tablo 3 ve 4 ' da gösterilmiştir. Aşağıda verilen analiz sonuçları %33 nem ve 20,4 °C ortam sıcaklığındaki laboratuvar şartlarında üretici firma tarafından ölçülmüştür.

**Tablo3.**Çinko cevheri atığı elek analizi

<b>ÇİNKO CEVHER ATIĞI</b>					
<b>Agrega Çapı</b>		:	5-13		
<b>Alındığı Ocak</b>		:	Çinkom fabrikası		
Elek analizi	Açıklık(mm)	Elek üzerinde kalan miktar (gr)	Elek üzerinde kalan miktar (%)	Elek üzerinde kalan yığışımli miktar (%)	Elekten geçen miktar (%)
	8	385,5	38,55	38,55	61,45
	4	575	57,50	96,05	3,95
	2	24,5	2,45	98,50	1,50
	1	3,5	0,35	98,85	1,15
	0,5	0,5	0,05	98,90	1,10
	0,25	3	0,30	99,20	0,80
	0,125	0	0,00	99,20	0,80
	0,063	0	0,00	99,20	0,80
	Kap	8	0,80	100,00	0,00
<b>TOPLAM</b>	1000				

**Tablo4.**Agrega elek analizi

<b>AGREGA</b>					
<b>Agrega Çapı</b>		:	5-13		
<b>Alındığı Ocak</b>		:	Acerler		
Elek analizi	Açıklık(mm)	Elek üzerinde kalan miktar (gr)	Elek üzerinde kalan miktar (%)	Elek üzerinde kalan yığışımli miktar (%)	Elekten geçen miktar (%)
	11	48	4,03	4,03	95,97
	8	366	30,44	34,47	65,53
	4	721,5	60,00	94,47	5,53
	2	34,5	2,87	97,34	2,66
	1	0	0,00	97,34	2,66
	0,5	0	0,00	97,34	2,66
	0,25	0	0,00	97,34	2,66
	0,125	0	0,00	97,34	2,66
	0,063	0	0,00	97,34	2,66
Kap	30	2,66	100,00	0,00	

	<b>TOPLAM</b>	1200
--	---------------	------

Su emme hesabı eşitlik 1'deki gibi yapılmaktadır. Buna göre  $m_2$ ; su emmiş malzeme ağırlığı,  $m_1$  malzemenin kuru ağırlığıdır (Öztürk ve Gültekin,2015).

$$\%Su\ emme\ miktarı = m_2 - m_1 / m_1 \times 100 \quad (1)$$

Su emme testi sonucunda;

- Çinko Cevheri cürufu 5-15 mm için %7,06 , 0-5 mm için % 7,52 ,
- Agregası 15-25 mm için %2,04, 5-15 mm için %2,04 hesaplanmıştır.
- Agregası (0-5 mm) için %3,73 hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan Çinko cevheri atığının daha çok açık gözenek miktarına sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Çinko cevheri cürufunun betonun fiziksel karakteristiğine etkilerini incelemek için, beton bünyesi içerisine çinko cevheri cürufu, tane boyutlarına göre 0-5 mm ve 5-15 mm boyutlarında ayrılmış ve ağırlıkça % 67, % 34 ve % 51 oranlarında agregası yerine kullanılarak standart ile beraber 16 adet 4 farklı beton numunesi oluşturulmuştur. Yapılan çalışmalarda kullanılan beton karışımı oranları sırasıyla, çimento, bazalt agregası, çinko cevheri cürufu, su ve katkı maddesi olarak belirlenmiştir. Çökme değeri 18-23 cm civarında tutulmuştur. Çökme değerleri Tablo 5'de gösterilmiştir. Deneyler için numuneler 150 mm ebadında kübik kalıplara dökülmüştür. Numunelerin sıkıştırılması vibrasyonla sağlanmıştır.

**Tablo 5.** Çökme değerleri

Karışım	Agregası	% 67 Çinko Cevheri cürufu	% 34 Çinko Cevheri cürufu	% 51 Çinko Cevheri cürufu
Çökme (Slump)	22	19	18	23

Dökülmelerinden 1 gün sonra bütün numuneler kalıplarından çıkarılmış ve su içerisinde kür'e bırakılmıştır. Kür sıcaklığı  $22 \pm 2$  °C ta tutulmuştur. Kür süresine bağlı olarak yapılan her bir deney için, basınç dayanımını belirlerken dörder adet 15 cm'lik standart numune kullanılmıştır. Kalıptan çıkarılıp yaşlandırılan numuneler Şekil 1 'de verilmiştir. Betonlara ait tek eksenli basınç dayanımı 7, 14 ve 28 gün içinde belirlenmiştir. Numunelerin 3'ü bu testte kırılmış olup, 1 tanesi referans olarak arşivlenmiştir. Numunelerin kırılması için JEOTEST marka hidrolik pres kullanılmıştır. (Şekil 2)



**Şekil 1:** Kalıptan çıkarılan numuneler



Şekil 2: Basma testi uygulanan numune

### 3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Kür süresine bağlı olarak 7., 14. ve 28. gün sonunda karışımların; agregaya ile karışım (standart), %100 (0-0,5 mm) ve % 100 (5-15 mm) Çinko cevheri cürufu karışımı (1. Karışım), % 50 (0-0,5 mm) ve % 50 (5-15 mm) çinko cevheri cürufu karışımı (2. Karışım), %100 (0-0,5 mm) Çinko cevheri cürufu karışımından (3. Karışım) imal edilen betonların ortalama basınç dayanımları ve karışım oranları Tablo 6-9'da verilmiştir. Karşılaştırmaların daha iyi şekilde anlaşılabilmesi için, aynı tabloda agregaların özgül hacim yoğunlukları ve basınç dayanımları da verilmiştir. Tablolar incelendiğinde, kür süresi arttıkça beton dayanımlarının arttığı görülmektedir. 28 günlük kür süresi dikkate alındığında standart numunede basma mukavemeti 43,74 N/mm<sup>2</sup> değerine ulaşılırken, 1. Karışımında bu değer 36, 71 N/mm<sup>2</sup>, 2. Karışımında 38,49 N/mm<sup>2</sup> ve 3. Karışımında 34,03 N/mm<sup>2</sup> değerlerini almıştır. 1. ve 3. Karışımında değerler biraz düşük iken 2. Karışımın nispeten standardı yakaladığı düşünülmektedir. Buna göre; agregaya yerine % 50 (0-0,5) ve % 50 (0,5-15) oranlarında çinko cevheri cürufu kullanımı neticesinde standart değerlere yakın basma mukavemeti değerleri elde edildiği tespit edilmiştir. (Şekil 3).

Tablo 6. Agregaya içeren standart karışım

Beton içeriği	Özgül Ağ. (g/cm <sup>3</sup> )	Miktar (kg)	Hacim (m <sup>3</sup> )	%K	SE	MD	ÖH	Basınç deneyi (N/mm <sup>2</sup> ) Günlük		
								7	14	28
Agrega 15-25	2,75	486	0,18	18,88	2,04	-	2,22	31,02	37,99	43,74
Agrega 5-15	2,75	248	0,09	9,63	2,04	-				
Agrega 0-5	2,69	752	0,28	29,86	3,73	-				
Cüruf (5-15)	2,15	0	0	-	7,06	-				
Cüruf (0-5)	2,35	0	0	-	7,52	-				
Çimento	3,05	400	0,13	14,01						
Su	1,00	255	0,26	27,24						
Katkı	1,12	4	0,00	0,38						
		2145	0,94	100,00						

%K: Yüzde küçülme miktarı,  
 SE: Su emme miktarı (%),  
 MD: metilen değeri,  
 ÖHY: Özgül hacim yoğunluğu (g/mm<sup>2</sup>)

**Tablo7.** % 100 (0-0,5) ve % 100 (5-15) Çinko cevheri cürufllu karışım (1. Karışım)

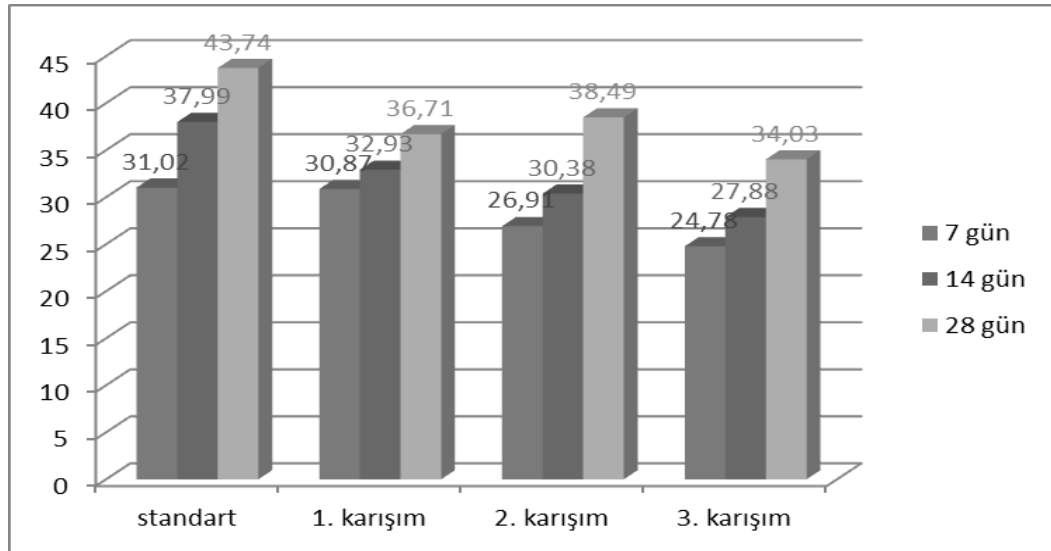
Beton içeriği	Özgül Ağ. (g/cm <sup>3</sup> )	Miktar (kg)	Hacim (m <sup>3</sup> )	%K	SE	MD	ÖH	Basınç deneyi (N/mm <sup>2</sup> ) Günlük		
								7	14	28
Agrega 15-25	2,75	486	0,18	17,64	2,04	-	2,14	30,87	32,93	36,71
Agrega 5-15	2,75		0	0	2,04	-				
Agrega 0-5	2,69	0	0	0	3,73	2,00				
Cüruf (5-15)	2,15	248	0,12	11,51	7,06	-				
Cüruf (0-5)	2,35	752	0,32	31,94	7,52	0,75				
Çimento	3,05	400	0,13	13,09						
Su	1,00	255	0,26	25,45						
Katkı	1,12	4	0,00	0,36						
		2145	0,94	100,00						

**Tablo 8.** % 50 (0-05) Ve % 50 (05-15) Çinko Cevheri cürufllu Karışımı (2. Karışım)

Beton içeriği	Özgül Ağ. (g/cm <sup>3</sup> )	Miktar (kg)	Hacim (m <sup>3</sup> )	%K	SE	MD	ÖH	Basınç deneyi (N/mm <sup>2</sup> ) Günlük		
								7	14	28
Agrega 15-25	2,75	486	0,18	18,24	2,04	-	2,21	26,91	30,38	38,49
Agrega 5-15	2,75	124	0,05	4,65	2,04	-				
Agrega 0-5	2,69	376	0,14	14,43	3,73	2,00				
Cüruf (5-15)	2,15	124	0,06	5,95	7,06	-				
Cüruf (0-5)	2,35	376	0,16	16,51	7,52	0,75				
Çimento	3,05	400	0,13	13,53						
Su	1,00	255	0,26	26,32						
Katkı	1,12	4	0,00	0,37						
		2145	0,94	100,00						

**Tablo 9.** % 100 (0-05) Çinko Cevheri Cürüflu Karışımı (3. Karışım)

Beton İçeriği	Özgül Ağ. (g/cm <sup>3</sup> )	Miktar (kg)	Hacim (m <sup>3</sup> )	%K	SE	MD	ÖH	Basınç deneyi (N/mm <sup>2</sup> ) Günlük		
								7	14	28
Agrega 15-25	2,75	486	0,18	18,10	2,04	-	2,19	24,78	27,88	34,03
Agrega 5-15	2,75	248	0,09	9,23	2,04	-				
Agrega 0-5	2,69	0	0	0	3,73	2,00				
Cüruf (5-15)	2,15	0	0	-	7,06	-				
Cüruf (0-5)	2,35	752	0,32	32,77	7,52	0,75				
Çimento	3,05	400	0,13	13,43						
Su	1,00	255	0,26	26,11						
Katkı	1,12	4	0,00	0,37						
		2145	0,94	100,00						

**Şekil 3:** Basınç deneyi sonuçları

Agrega ile elde edilen standart beton karışımının özgül hacim ağırlığı 2,28 gr/cm<sup>3</sup>, %100 (0-0,5 mm) ve %100 (0,5-15 mm) çinko cevheri cürüflu karışımının (1. Karışım) özgül hacim ağırlığı 2,14 gr/cm<sup>3</sup>, % 50 (0-0,5mm) ve % 50 (0,5-15 mm) çinko cevheri cürüflu karışımının (2. Karışım) özgül hacim ağırlığı 2,21 gr/cm<sup>3</sup>, %100 (0-0,5 mm) çinko cevheri cürüflu karışımının (3. Karışım) özgül hacim ağırlığı ise 2,19 gr/cm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Tablo 6-9 ayrıntılı olarak değerlendirildiğinde çinko cevheri cürufunun özgül hacim yoğunluğunun agrega yoğunluğuna göre daha az olmasından dolayı, % 2-6 aralığında daha hafif beton elde edilmiştir. Bunun nedeninin çinko cevheri cürufunun daha çok gözeneklilik içermesi olduğu düşünülmektedir. Elde edilen su emme değerleri de bunu doğrulamaktadır.



#### 4. SONUÇLAR

Günümüzde beton bileşenlerinden olan agrega, çimento temini için ekstra iş gücü, enerji ve işçi gereksinimlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada büyüyen gelişmekte olan inşaat sektöründe, endüstriyel atıklardan daha önce üzerinde sınırlı çalışmalar yapılmış olan çinko cevheri cürufunun beton bünye içerisinde bulunan agrega yerine kullanıldığında beton basınç dayanımında ne gibi etkileri olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Kayseri ÇİNKOM fabrikasının atık ürünü olan çinko cevheri cürufunun betonda agrega yerine belirli oranlarda kullanılabilmesi tespit edilmiştir.

ÇİNKOM Fabrikasının atığı olan cüruf bölgesel olarak çok düşük maliyetlerle temin edilebilmektedir. Maliyetindeki bölgesel avantajı yanında, kullanılan yapı elemanlarının hafiflemesi ile birlikte betonarme statik hesaplarında göz önüne alınan ölü yüklerin de azalması söz konusudur. Bu durumda çinko cevheri atığı içeren beton kullanılan yapıların, betonarme statik hesapları sonucunda daha az miktarda çelik donatı gerektireceği de öngörülmektedir. Çinko cevheri cürufunun kullanımı sonucunda ortaya çıkan beton karışımının basınç deneylerinde agregalı betonlar ile yakın sonuçlar verdiği ve bölgesel olarak ekonomik açıdan daha avantajlı olduğu belirlenmiştir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışmamızda bizlerden hiçbir destek ve ekipmanını esirgemeyen Kayseri Çinkom ve Acerler A.Ş. fabrikalarına teşekkür ederiz.

#### REFERANSLAR

Özdemir, M. (2006). Kayaç Mukavemetinin Beton Dayanımına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, Türkiye.

Şimşek, O. (2012). Beton ve Beton Teknolojisi (23-24), Ankara, Seçkin Yayınevi.

Erdoğan, T. Y. (2003). Beton, Ankara, METD Yayınları.

Celep, Z., Kumbasar, N. (1996). Betonarme Yapılar, İstanbul, Sema Matbaacılık.

Bekem, İ., Gültekin, A.B., Dikmen, Ç.B. (2009). Yapı Ürünlerinin Hizmet Ömrü Kapsamında İrdelenmesi: Betonarme Örneği, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS09), Karabük, Türkiye.

Gökdemir, A. (1997).Yapı Malzemeleri ve Beton Teknolojisi, Ankara, Mavi Kitapevi.

Gülan, L., Yıldız, S., Keleştemur, O. (2016). Atık Mermer Tozu ve Cam Lif Katkılı Betonun Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Karbonatlaşmanın Etkisi, Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi, 28(2), 189 – 200.

Ünal, O., Uygunoğlu, T. (2004). Afyon Mermer Tozu ve Soma Uçucu kül Katkılı betonların Donma Çözülme Özellikleri ve Ekonomik Değerlendirilmesi, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye.

Crow, R. D., Dunstan, E. R. (1981). Properties of Fly Ash Concrete. In Diamond S., (ed.) Proceedings of Symposium on fly ash Incorporation in Hydrated cement systems, 214-225, Materials Research Society, Boston.

Nehdi, M., Sumner, J. (2012). Recycling Waste Latex Paint in Concrete, Cement and Concrete composites, 34, 627-633. doi.org/10.1016/S0008-8846(02)01084-0.

Mun, K. J. (2007). Development and tests of light weight aggregate using sewage sludge ash on the mortar Properties, Cement and Concrete research, 33, 1749-1754. doi:10.1016/j.conbuildmat.2005.09.009.

Gönen, T., Onat, O., Cemalgil, S., Yılmaz, B., Altuncu, Y.T. (2012). Beton Teknolojisinde Kullanılacak Yeni Atık Malzemeler Üzerine Bir İnceleme, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8-1, 36-43, [www.cinkom.com.tr](http://www.cinkom.com.tr).

Alwaeli, M. (2017). Investigation of Gamma Radiation Shielding and Compressive Strength Properties of Concrete Containing Scale and Granulated Lead-Zinc Slag Wastes, Journal of Cleaner Production, 156, 157-162. doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.203.

Alwaeli M. (2013). Application of granulated lead-zinc slag in concrete as an opportunity to save natural resources, Radiation Physics and Chemistry, 83, 54-60. doi: 10.1016/j.radphyschem.2012.09.024.

Bayer Ozturk, Z., Eren Gultekin E. (2015). Preparation of Ceramic Wall Tiling Derived From Blast Furnace Slag, Ceramics International, 41, 12020-12026. doi: 10.1016/j.ceramint.2015.06.014.