

## FERROKROM CÜRUFUNUN KERPIÇİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Ömer CAN

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü  
06500 Teknikokullar, ANKARA

### Özet

Bu araştırmada ferrokrom cürufunun kerpiç'in mühendislik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada kerpiç yapımında kullanılacak toprağın; kil oranı analizi, çamurlaşma deneyi ve çekme dayanımı üzerine olan etkisi incelenmiş, kerpiç yapımına uygunluğu test edilmiştir. Daha sonra ferrokrom cürufu kerpiç toprağına kütlece %5, %10 ve %15 oranlarında katılmış kerpicingin, su etkisi ile dağılma süresi ve basınç dayanım değerleri deneysel olarak incelenmiştir. Deney sonuçlarında; ferrokrom cürufunun kerpiç'in su etkisi altında dağılma süresini ve basınç dayanımını arttırdığı gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kerpiç, Ferrokrom, Kil Oranı, Basınç Dayanımı, Çekme Dayanımı, Su Emme.

## THE EFFECT OF FERROCHROMIUM SLAG ON ENGINEERING PROPERTIES OF ADOBE

### Abstract

In this study, the effect of ferrochromium's slag on the engineering properties of adobe was examined. In the study, effect of soil used in adobe manufacturing on the mudding test, tensile strength and its clay content were examined. Soils suitability for adobe manufacturing was tested. After that, the ferrochromium slag was added at a rate of %5, %10 and %15 to the soil of adobe and adobe's duration of dispersion under water effect and its compressive strength values were examined experimentally. According to the test result, it was determined that ferrochromium slug increases the duration of dispersion under water effect and compressive strength.

**Keywords:** Adobe, ferrochrome, clay percentage, compressive strength, tensile strength, water absorption

## 1. Giriş

Bilindiği gibi kerpiç, çok eski dönemlerden beri insanların barınmak için yararlandıkları malzemelerin başta gelenlerinden biridir. Bugün de kırsal kesimde yaşayan insanların büyük bir çoğunluğu, kerpiçten yapılmış evlerde oturmaktadırlar. Bu bir yönden toprağın yapı malzemesi olarak hemen hemen her yerde kolay ve bol tedarik edilebilmesi, diğer yönden de topraktan oluşturulan yapının diğer malzemelerle yapılanlara nazaran birçok yönden daha yararlı olmasından kaynaklanır. Kerpiç yapı, başka olanak bulunmadığı dönem ve yörelerde, zorunluluk nedeniyle kullanılan, toplumun refah düzeyinin yükselmesi olanaklar elverdiğinde terk edilmesi gereken bir malzeme olarak görülmüştür. Oysa günümüzdeki sosyal ve ekonomik koşullar, kerpicin yapı için yararlı yönlerini tekrar ön plana çıkarmıştır.

Kerpiç yapı barınma sorununun çözümünde, ucuz ve hızlı yollardan birisidir. Üretimi tesis kurulmasını gerektirmeyen tek malzeme olduğu için seri üretim olanaklıdır ve maliyette büyük indirim sağlar. Kendi evini yapana, kendi olanaklarını değerlendirme ve bu yolla ev sahibi olma kolaylığı verir. Malzeme üretiminde, malzemenin taşınma işinde enerjiden, binanın tüm kullanım süresince yakıttan tasarruf ve kendi öz kaynaklarımızdan yararlanma olanağı sağlar. Konut yapımı kolaylaştırır, İşyeri, kümes, besi ahırları vb. yapılabilir. Tarımsal ürünlerin işlenip değerlendirilmesi ve yöresel el sanatlarının gelişmesinin ön şartı olan kırsal yörelerde uygarca yaşamın gerçekleşmesi olanağını artırır. Çevre kirlenmesini önlemesi açısından önemli katkıları vardır. Yıllık yağışı düşük olan bölgelerdeki tek katlı binaların inşasında, kerpiç'in duvar yapı malzemesi olarak kullanılması mümkündür. Fakat deprem bölgelerinde kullanılan kerpiç'in, basınç dayanımının daha yüksek olması ve yağışı nispeten fazla olan bölgelerde ise kerpiç'in, su ile temasta stabilizesini koruyabilme özelliğine sahip olması gerekmektedir.

Kafesçioğlu ve Gürdal [1], çağdaş kerpiç olarak adlandırılan alkeri (alçılı kerpiç) üretmişlerdir. Çalışmalarında 100 kg toprak, 22 lt su, 2 kg kireç ve 10 kg alçı karışımından alkeri oluşturmuşlardır. Alker, 3 dakika gibi kısa bir sürede mikserde

karıştırıldıktan sonra kalıba yerleştirilmiş, 20 dakika sonra da inşaatta kullanılabilir hale gelmiştir. Suya karşı dayanıklı bir yapı malzemesi üretmişlerdir.

Balaban ve Şen [3], kerpiç'in suya ve basınca karşı direncini arttırmak amacıyla çeşitli katkı maddeleri kullanılmışlardır. Bu amaçla kullanılan stabilize edici katkı maddelerinin belli başlıcaları; portlant çimentosu ve emülsiyel asfalttır. Çimento ve emülsiyel asfalt gibi bağlayıcılar ilavesiyle elde edilen kerpiç toprağı, sıkıştırılırsa katkı maddesi oranının yüksekliğine bağlı olarak pres kerpiç'in direncinin yükseldiğini saptamışlardır.

Şimşek ve Erol [4], çalışmalarında ülkemizdeki Termik Santrallerde atık malzeme olarak çıkan uçucu külü değerlendirerek, hem çevre kirliliğini engellemek hem de kırsal bölgelerimizin vazgeçilmez yapı malzemesi olan kerpice katkı maddesi olarak katılıp, mekanik özelliklerini iyileştirmeyi amaçlamıştır. Kütlece %5,%7,%10 oranlarında uçucu kül, çimento ve toprağın kil oranına bağlı olarak metreküpüne 7 kg saman karıştırılarak kerpiç üretmişlerdir. Numunelerin basınç dayanımları ve suya karşı dayanımları, katkı maddelerine göre karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre uçucu küllü kerpiçlerin basınç dayanımları çimentolu ve samanlı kerpiçlere göre daha iyi sonuç verdiği saptamışlardır.

Postacıoğlu [5], kerpiç malzemesine çimento ilavesi, başta basınç dayanımı olmak üzere, suya karşı direnci ve donmaya karşı dayanıklılığı arttırmaktadır. Böylece, malzeme maliyetinde oldukça küçük bir artışa karşılık önemli üstünlükler elde edilmektedir. Bu malzeme ile yapıların ömürlerinde önemli üstünlükler elde edilmektedir. Bu malzeme ile yapıların ömürlerinde önemli derecede artış olacağı belirtilmektedir.

Kıvrak [6], yaptığı tez çalışmasında kerpiç toprağına, kütlece %0, %5, %10, %15, %20, %25 oranında silis dumanı eklenmiş ve saman ile karıştırılarak, kerpiç üretilmiştir. Üretilen numuneler üzerinde, birim hacim ağırlık deneyi, basınç dayanımı deneyi, suya dayanıklılık deneyleri yapılmıştır. İlave edilen silis dumanı oranlarındaki değişimin kerpiçler üzerindeki mekanik ve fiziksel özelliklerine etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, silis dumanı ilave edilmesinin, numuneler üzerinde gerçekleştirilen bütün deneylerde olumlu sonuç verdiği görülmüştür.

Elazığ Ferrokrom işletmesinde yıllık yaklaşık 225.000 ton cüruf çevredeki açık sahaya atılmaktadır [7]. Kerpicin iyileştirilmesi amacıyla bu araştırmada ortaya çıkan

atık malzemeyi değerlendirerek hem çevre kirliliğini engellemek hem de kırsal bölgelerimizin vazgeçilmez yapı malzemesi olan kerpice katkı maddesi olarak katılıp, mekanik özelliklerine (basınç dayanımı ve kılcallık) etkileri araştırılmıştır [9,10].

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Bu araştırmada; numunelerin hazırlanmasında Ankara Eskişehir yolu üzerinde çay yolu yakınlarından zemin kotundan 0,75 metre derinlikten alınan killi toprak, patöz saman ve Ankara şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Atık olarak Elazığ Eti Bor Ferrokrom Madeni İşletmelerinden alınan ferrokrom cürufu kullanılmıştır. Tablo-1’de kullanılan ferrokrom atığının fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

Tablo-1 Elazığ Ferrokrom cürufunun fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kimyasal Analiz (%)					
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O+0,658K <sub>2</sub> O
45,62	31,90	1,95	2,25	16,80	1,48
Fiziksel Özellikler					
Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )		Su emme (%)		Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	
1,06		13,63		2,86	

Kerpiç toprağına kütlece %5, %10, %15 oranlarında ferrokrom cürufu ve kil oranına bağlı olarak 1 m<sup>3</sup> karışıma 7 kg saman kullanılmıştır. Bu araştırmada kullanılan kalıplar; 12\*18\*30 cm lik ahşaptan üretilmiştir. Her katkı oranı için ve yapılacak deneyler için 6’şar adet numune toplamda basınç dayanımı ve suda dağılma deneyleri için toplam 48 adet numune hazırlanmıştır. Kerpiç toprağı üzerinde yapılacak deneyler için numuneler TS 2514’e uygun olarak hazırlanmıştır. Deneyde kullanılan numune sayıları Tablo-2 de görülmektedir.

Tablo-2 Hazırlanan kerpiç numuneler

Kerpiç Katkı Malzemesi	Karışım Oranları	Basınç Dayanımı Deneyi		Su etkisi ile dağılma Deneyi	
		Boyutları (cm)	Adet	Boyutları (cm)	Adet

<b>Ferrokrom cürufu</b>	%0	12*15*30	3	12*12*12	6
	%5	12*15*30	3	12*12*12	6
	%10	12*15*30	3	12*12*12	6
	%15	12*15*30	3	12*12*12	6
<b>Saman</b>	7 kg/m <sup>3</sup>	Toplam Numune Sayısı: 48 Adet			

## 2.2. Metod

### 2.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması

Çalışmada 5 mm'lik elekten geçen %26 killi toprak, katkı oranına bağlı olarak miktarı tespit edilen ferrokrom cürufu, 1m<sup>3</sup>'üne 7 kg saman ve 500 litre su gelecek şekilde malzemelerin harmanlanması ile TS 2514'e uygun kerpiç numuneler oluşturuldu. Bu işlemler neticesinde Tablo-3'de gösterilen numune malzeme oranları hazırlanmıştır.

Tablo-3 Malzeme Miktarı Tablosu

<b>Katkı Oranı / Karışım Miktarı (12'şer Numunelik)</b>	<b>Ferrokrom Cürufu (gr)</b>	<b>Toprak (gr)</b>	<b>Saman (gr)</b>	<b>Toplam Karışım (gr)</b>	<b>Su (lt)</b>
<b>%0</b>	0	107440	560	108000	38.9
<b>%5</b>	5400	102040	560	108000	38.9
<b>%10</b>	10800	96640	560	108000	38.9
<b>%15</b>	16200	91240	560	108000	38.9
<b>Toplam (48Num.)</b>	32400	397360	2240	432000	155.6

### 2.2.2. Kerpiç toprağı üzerinde yapılan deneyler

#### 2.2.2.1. Kerpiç toprağında kil oranı tayini

Bunun için kerpiç toprağının 3 farklı noktasından toprak analizi yapılmıştır. Analizler Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Zemin Laboratuvarında yapılmış ve toprağın %26 killi olduğu tespit edilmiştir.

#### 2.2.2.2. Kerpiç toprağında çekme deneyi

Deney numunesi hazırlandıktan sonra, TS 2514'e uygun olarak çekme direncini ölçen alete yerleştirilmiştir. Numune kopana kadar yükleme yapılmıştır. Yük artışı sürekli ve dakikada en çok 750 gr olmuştur. Çamurun çekme dayanımı, birbirinden

ancak % 10 farklı olabilecek üç çekme deneyinin ortalama değeridir ve gr/cm<sup>2</sup> olarak ifade edilmiştir. Deney numunesinin hesaba giren kesit alanı 5 cm<sup>2</sup> dir [6].

#### 2.2.2.3. Kerpiç toprağında çamurlaşma deneyi

TS 2514'e göre hazırlanmış ve kurutulmuş deney numunesi, TS 2514'de belirtildiği gibi alt ucu 5 cm suyun içine girecek biçimde asılmıştır. Suya batırılmasından, sudaki kısmın deney parçasından kopup ayrılmasına kadar süre saptanmıştır. Deney numunesinin suya batırılmış kısmı bir saatte kopup ayrılırsa bu numune suda kolayca çamurlaşacak türden sayılmıştır. Süre bir saatten fazla ise çamurlaşması zor demektir. 45 dakika veya daha kısa sürede kopup ayrılan numunelere ait çamurdan ise hiçbir zaman kerpiç yapılmamalıdır [6].

#### 2.2.3. Kerpiç deneyleri

##### 2.2.3.1. Kerpiç'in basınç dayanımı deneyi

TS 2514'e uygun olarak; kerpiç bloklar master görevi yapacak olan bir çerçeve içine aralarına çimento ve yıkanmış ince kumdan (0,2 ila 1,0 mm) yapılan bir harç ile ve en çok 1,5 cm kalınlıkta bir harç konulmak suretiyle birbirleri üzerine yerleştirilmiştir. Master çerçeve çevrilerek dikilmek suretiyle kerpiçlerin dış yüzeyleri 3 mm'yi geçmeyecek şekilde aynı harçla birbirlerine paralel olacak şekilde düzeltilmiştir. Bu şekilde hazırlanan numuneler 7 gün bekletildikten sonra master çerçeveden çıkartılarak basınç deneyine tabii tutulmuştur.

##### 2.2.3.2. Kerpiç'in su etkisi ile dağılma deneyi

TS 2514'e uygun olarak 12x18x30 cm lik kerpiç numuneleri, su dolu bir kaba yarısına kadar daldırılmış ve daldırılan kısmın su içerisinde dağılma süreleri saptanmıştır. TS 2514'deki baz süresi (45 dak.) ile kıyaslanmıştır.

### 3. Bulgular ve Değerlendirme

#### 3.1. Kerpiç toprağında çekme deneyi

TS 2514'e uygun olarak hazırladığımız 3 adet numune üzerinde yaptığımız çekme deneyi sonuçları ise Tablo-4'de, Toprağın çekme deneyi sonucuna göre sınıflandırılması (Tablo-5'de) verilmiştir.

Tablo-4 Kerpiç Toprağının Çekme Deneyi Sonuçları

Gerilme	1. Numune	2. Numune	3. Numune	Ortalama
---------	-----------	-----------	-----------	----------

Kopma değeri				
Elde edilen değer (gr/cm <sup>2</sup> )	138,6	150,4	145,3	144,76 gr/cm <sup>2</sup>

Tablo-5 TS 2514'e göre Toprağın Çekme Deneyi Sonuçlarına Göre Sınıflandırılması

Kerpiç Sınıfı	Yağsız çamur	Orta yağlı çamur	Çok yağlı çamur	Yağlı çamur
Gerilme Kopma değeri (gr/cm <sup>2</sup> )	50-110	111-200	201-280	281-360

### 3.2. Kerpiç toprağında çamurlaşma deneyi

Çamurlaşma deneyi sonucunda Tablo-6 değerler elde edilmiştir.

Tablo-6 Kerpiç Toprağının Çamurlaşma Süreleri

Çamurlaşma Deneyi	1. Numune	2. Numune	3. Numune	Ortalama
Geçen süre (dak.)	72	68	65	68,3

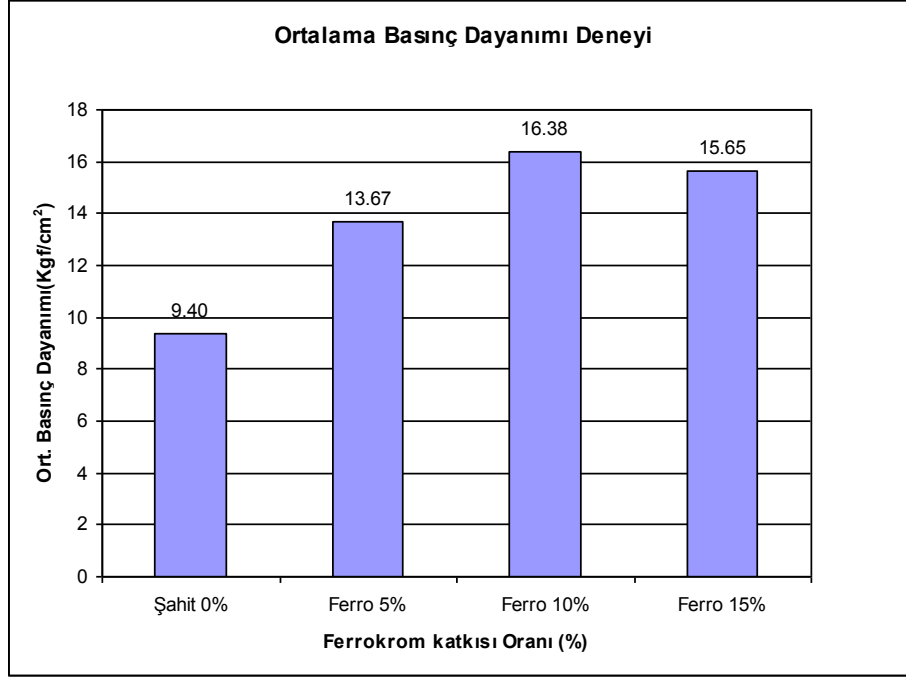
### 3.3. Kerpiç basınç dayanımı deneyi sonuçları

Tablo-7 ve Şekil-1'de basınç dayanımı sonuçları verilmiştir. Sonuçlar bize katkının katılması ile kerpiç dayanımının arttığını göstermektedir.

Tablo-7 Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

Killi Toprak İçindeki Ferrokrom madeni atığı oranı	Basınç Mukavemeti (Kgf/cm <sup>2</sup> )			Ortalama Basınç Mukavemeti (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Standart sapma
	1	2	3		
(Şahit Num.) %0	8,90	9,60	9,70	9,40	0,435
%5	12,60	13,90	14,50	13,67	0,971

<b>%10</b>	14,90	17,05	17,20	16,38	1,286
<b>%15</b>	14,53	15,74	16,67	15,65	1,073



Şekil-1 Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

#### 3.4. Kerpiçin su etkisi ile dağılma deneyi sonuçları

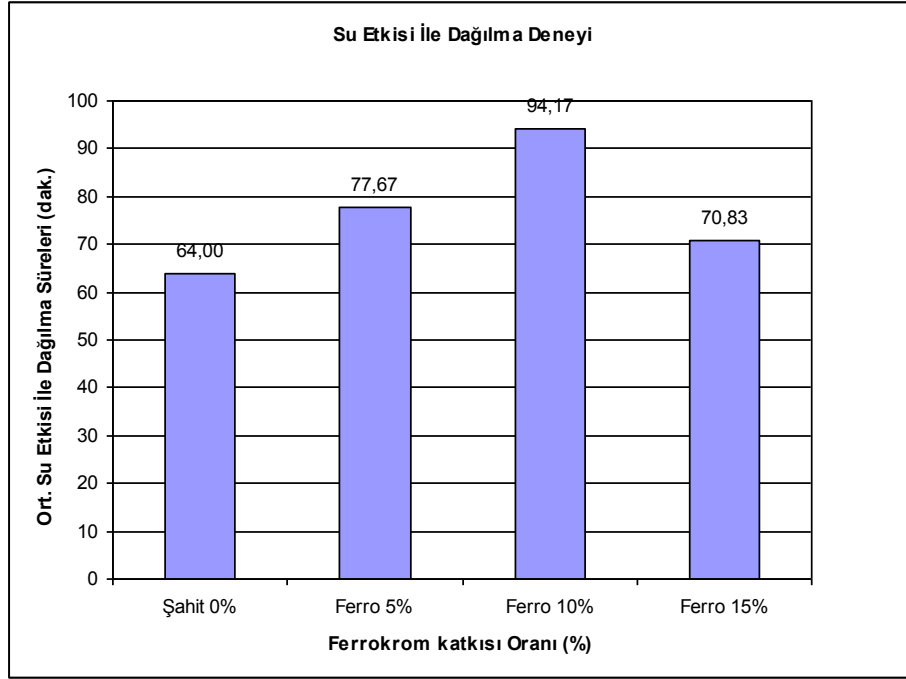
Tablo-8 ve Şekil-2’de su etkisi ile dağılma dayanımı süreleri verilmiştir. Bu deneyde TS 2514’te minimum dağılma süresi 45 dakika olarak verilmiştir. Yani sonuçta katkıların kerpiç su dayanımını da arttırdığı görülmektedir.

Tablo-8 Su Etkisi İle Dağılma Deneyi Sonuçları

Numune Sayısı/ Su Etkisi İle Dağılma Süresi (dak.)	%0 Ferrokrom Katkılı	%5 Ferrokrom Katkılı	%10 Ferrokrom Katkılı	%15 Ferrokrom Katkılı
1	59	73	89	69
2	62	77	96	66
3	68	85	98	76



4	70	78	94	71
5	63	72	91	68
6	66	81	97	75
<b>Ortalama Süre (dak.)</b>	64,66	77,66	94,17	70.83



Şekil -2 Su Etkisi İle Dağılma Deneyi Sonuçlarının Grafikselsel Gösterimi

#### 4. Sonuç ve öneriler

Kerpiç toprağının kil oranı tayininde kil oranı %26 oranında bulunmuştur. TS 2514'te en iyi kil oranının %20-%40 arası olduğu verilmiştir. Buradan toprağımızın istenilen kil oranına sahip olduğu görülmektedir.

Kerpiç toprağının ortalama gerilme kopma dayanımı çekme deneyi sonucunda 144,76 gr/cm<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca göre toprağımız orta yağlı çamur sınıfındadır ve gerilme kopma dayanımı 50 gr/cm<sup>2</sup> den büyük olduğu için kullanılabilir toprak grubundadır.

Toprağımız üzerinde yapılan çamurlaşma deneyi sonucunda toprak ortalama 68,3 dk'da dağılmaya başlamıştır. TS 2514'te ise bu süre min. 45 dk.'dır ve toprağımızın kerpiç yapımına uygun olduğu görülmektedir.

Kerpiç üzerine yapılan basınç dayanımı deneyinde ferrokrom cürufu kerpiç dayanımını arttırdığı görülmektedir. Sırasıyla basınç dayanım ortalamaları (Katkısız,

%5, %10, %15) 9.4 kgf/cm<sup>2</sup>, 13.67 kgf/cm<sup>2</sup>, 16.38 kgf/cm<sup>2</sup>, 15.65 kgf/cm<sup>2</sup> dir. Tüm katkı ilave oranlarında da basınç dayanımı artmıştır. En yüksek basınç dayanımı %10 luk katkı ilavesi ile sağlanmıştır. %15 lik katkılı numunede ise dayanım %10'a göre daha az dayanım sağlamıştır.%5 katkılı numunede 1.45 , %10 katkılı numunede 1.74 ve %15 katkılı numunede dayanımın 1.66 kat arttığı görülmüştür.

Su etkisi ile dağılma dayanımı sonuçları basınç dayanımında olduğu gibi suya karşı dayanımda da katkılı numuneler daha yüksek dayanım kazandırmıştır. Burada da en iyi katkı oranı ortalama 94 dk'lık su dayanımı ile %10 luk karışım olmuştur. Ferrokrom cürufu kerpiç'in suya karşı direncini her karışım oranında TS 2514'te verilen min. 45 dk'lık dayanımdan daha yukarılarda olduğu görülmüştür.

Genel bir sonuç olarak ferrokrom cürufu kerpiç'in basınç ve suya karşı direncini arttırmış buna rağmen maliyete hiçbir ekstra yük getirmemiştir. Böylelikle ferrokrom cürufu kerpiç' te kullanılarak çevre kirliliği azaltılabilir.

#### **Kaynaklar**

- [1] Kafesçioğlu R., Gürdal E., Çağdaş Yapı Malzemesi “Alçılı Kerpiç”(ALKER), Ankara ,1985.
- [2] Alkan Z., Kerpiç'in mekanik özelliklerine bazı stabilizasyon maddelerinin etkisi, Tübitak, Ankara ,1973.
- [3] Balaban, A., Şen,E., Tarımsal İnşaat (Temel ilke ve kavramlar), Ankara, 1978.
- [4] Şimşek,O., Erol,Ö., Uçucu Kül Katkısıyla Kerpiç Üretimi Üzerine Bir Çalışma Y.lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2000.
- [5] Postacıoğlu B., Çimentolu zeminlerin özellikleri ve mesken yapımında kullanılma imkanları, Kerpiç semineri tebliği, İ.İ.B. Yapı Malzemesi Genel Müdürlüğü, Ankara, 1964.
- [6] Kıvrak, J., Silis Dumanı Katkılı Kerpiçlerin Mekanik Ve Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması, Y. Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [7] Bildik, M., Boybay, M., Solmaz, B., Tümen, F.,Cici, M., Elazığ Ferrokrom Fabrikası ve Keban Simli-Kurşun İşletmesi Katı Artıklarının Kirlilik Potansiyeli, Doğa Bilim Dergisi, Cilt:16, Sayı:1, 1992; 16/1.
- [8] TS 2514 ,”Kerpiç Bloklar ve Yapım Kuralları” ,TSE, Ankara

- [9] Gündüz, Z., Cüruf Katkısı ile Kilden Kerpiç İmalinin Mühendislik Özellikleri, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu, İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara, 1993.
- [10] Yıldız,K., Gökdemir,A., The Effect Of Ferrochrome Waste And Polypropilen Fiber Admixture On The Strength Of Adobe, 2007; 2/4: 265-273.
- [11] TS 1900, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuar Deneyleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1987.