

Seramik Atıklarının Çimento İkame Malzemesi Olarak Kullanılması ve Asit Dayanıklılığının İncelenmesi

Günseli Kalınçimen¹, Ali Uğur Öztürk¹, Gökhan Kaplan^{2*}, Sadık Alper Yıldız¹

¹ Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Manisa/TÜRKİYE

² Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu MYO, İnşaat Bölümü, Kastamonu/TÜRKİYE

ARTICLE INFO

Received: April 08, 2015;

Reviewed: May 5, 2015;

Accepted: June 15, 2015

Keywords:

Ceramic Powder,
Impact of Acid,
Hydrochloric Acid,
Flow Diameter,
Weight Loss

Corresponding Author:

*E-mail: gkaplan@kastamonu.edu.tr

ABSTRACT

Industrial waste and material that is rendered useless during manufacturing process lead to environmental issues not to mention the additional costs arising from storing requirements. This study investigates the option of replacing cement with ceramic powder (CP) discarded in the ceramic processing. Flow diameters of the fresh mortar, flow area ratios, setting times, and consistency water ratio. Strength tests were performed for the 1st, 2nd, 7th and 28th days on the hardened mortars. Moreover, hydrochloric acid (HCl) which is known to have several effects on cement was investigated for its impact on CP in order to obtain information about its resistance. It was found that as CP has a porous structure, the use of CP results in increased water-cement ratio and prolonged setting times. Nevertheless, results showed that CP improves properties of fresh mortar. Flow diameters increases as CP ratio increases. Results of the compressive and flexural strength tests for the 28th day proved that ceramic powder inclusion in the cement by 10% improves the properties of the mix. While CP inclusion had an adverse impact on the properties of cement when the percentage was increased to 15%.

ÖZET

Anahtar Kelimeler:

Seramik Tozu,
Asit Etkisi,
Hidroklorik Asit,
Yayıma Çapı,
Ağırlık Kaybı

Endüstriyel atıklar ve fabrika üretim atıkları yaratmış oldukları çevresel sorunlar haricinde birçok durumda depolanma zorunluluğundan dolayı ilave bir maliyet getirmektedir. Bu çalışmada, seramik endüstrisinde açığa çıkan seramik tozunun (CP) çimento ikame malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma kapsamında taze harçların yayılma çapları, akış alan oranları, priz süreleri ve kıvam suyu oranları ile sertleşmiş harç numunelerinin ise 1, 2, 7 ve 28 günlük dayanımları belirlenmiştir. Ayrıca çimento için oldukça yıpratıcı etkisi olan hidroklorik asidin (HCl) CP üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışma sonucu olarak CP'nin boşluklu bir yapıya sahip olması harçların standart kıvam suyu miktarının artmasına ve priz süresinin uzamasına yol açmıştır. CP'nin taze harç özelliklerini iyileştirdiği belirlenmiş, CP oranı arttıkça yayılma çaplarında da artışlar elde edilmiştir. %10 CP katkısının 28 günlük eğilme ve basınç dayanımı ve asitlere dayanıklılığını arttırdığı belirlenmiştir. CP katkısının %15 oranında kullanılması durumunda ise harç özelliklerinin oldukça olumsuz etkilendiği gözlenmiştir.

1. Giriş

Seramik, organik olmayan malzemelerle oluşturulan bileşimlerin çeşitli yöntemlerle şekil verilmesinden sonra, sırlanarak veya sırlanmadan sertleşip dayanmasına kadar geçen pişirilme sürecidir (Menek, 1990). Pişirilme, şekillendirilmiş olan seramiğin sıcaklığın etkisi ile sertlik kazanması olarak da tanımlanabilir. Tuğla, kiremit ve yer karolarında olduğu gibi seramik pişirildikten sonra kullanıma hazırdır. Bazı durumlarda ise bir kez pişirme yetmeyerek seramik parçaya sırlama yapılır (Arcasoy, 1983).

Sırlı seramik atıkları, seramik endüstrisinde hatalı üretim sonunda meydana gelen ve tekrar kullanılmayan malzemelerdir. Bunlar yapay puzolan grubunda yer almaktadır. Puzolan tek başına kullanıldığında bağlayıcı özelliği yoktur. Çimento ile karıştırılıp su ilave edildiğinde malzemeye bağlayıcı özellik kazandırır. Puzolanların içinde fazla miktarda koloidal halde silis ve alümin bulunmaktadır. Maddenin puzolanik özelliğine etki eden bir diğer faktör ise; puzolanın içerdiği reaktif maddeler amorf veya camsı ve zeolitik fazda bulunan Al_2O_3 ve SiO_2 'dir. Kristal halde alümin ve silisin reaktif özellikleri yoktur. Bir puzolanda CaO az miktarda olmasına karşın puzolan maddelerde SiO_2 , Al_2O_3 fazla miktarda bulunmalıdır (Jambor, 1963; Altın ve ark., 2014).

Seramik atıkların değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmalar daha çok agrega olarak kullanımı için yapılmıştır. Literatür taramasında CP çimento içerisinde bağlayıcı olarak kullanımı ile ilgili çalışmaların az olduğu görülmektedir (Puertas ve ark., 2006; Puertas ve ark., 2008; Gazulla ve ark., 2004; Puertas ve ark., 20010; Laval ve ark., 2009; Torgal ve Jalali, 2010; Luiz ve ark., 2012; Matias ve ark., 2014; Sanchez-Roja ve ark., 2003; García-Díaz ve ark., 2003).

Portland çimentosu yüksek alkali içeriğinden dolayı, beton güçlü asitlerin ya da asit oluşturan maddelerin saldırısına dayanıksızdır. Kimyasal saldırı, çimento hidrasyon ürünlerinin ayrışması ve oluşan yeni ürünlerden eriyebilir olanların betondan ayrılması, erimez olanların betonu parçalaması şeklinde görülür (CEB, 1992). Asit reaksiyonlarının hızı ve şiddeti; asitin türü, etkilenme süresi ve asit yoğunluğuna göre değişir. Ancak en önemli etken oluşan kalsiyum tuzunun çözünürlüğüdür. Çözünürlük arttıkça, su ile taşınan maddeler zararı arttırmaktadır. Reaksiyonların gelişimine bağlı olarak sertleşmiş betonun yüzeyinden başlamak suretiyle bünyesinde yumuşama ve gözenekler oluşur (Aydın ve Baradan, 2013)

Çimento ve betonun asit dayanıklılığı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır (Miyamoto ve ark., 2014; Changa ve ark., 2005; Pavlik, 2000; Feng ve ark., 2004; Senhadji ve ark., 2014; Bertron ve ark., 2005; Oueslati, ve Duchesne, 2012; Chatveera ve Lertwattanaruk, 2014; Li ve ark., 2009; Makhlofua ve ark., 2014). Ancak hidroklorik asit dayanıklılığı üzerine yapılan çalışma sayısı sınırlıdır. Bu çalışmada, seramik endüstrisinde açığa çıkan CP çimento ikame malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla taze ve sertleşmiş beton deneyleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çimento için oldukça yıpratıcı bir etkisi olan hidroklorik asidin CP katkısı üzerindeki etkisi de incelenmiştir.

2. Materyal ve Metod

2.1. Malzeme

CP katkılı çimento harçlarının üretiminde TS EN 196-1 standardına uygun CEN Referans Kumu kullanılmıştır. Bağlayıcı malzeme olarak kullanılan çimento ve CP'ye ait kimyasal ve fiziksel özellikler Tablo 1'de verilmiştir. Çimento olarak TS EN 197-1 standardına uygun CEM I 42,5 R kullanılmıştır. CP ise Manisa'da üretim yapan Serel Seramik firmasından elde edilmiştir

2.2. Metod

Bu çalışmada CP çimento ile %5, 10 ve 15 oranlarında yer değiştirilerek kullanılmıştır. Harç karışımlarında s/b (su/bağlayıcı) oranı 0.50, a/ç (agrega/çimento) oranı 3 olarak alınmıştır. CP katkılı harçlar 5x5x5 cm ayrıtlı küp ve 4x4x16 cm ayrıtlı prizma numuneler halinde üretilmiştir.

Üretilen harçlar 1 adet referans ve 3 adet CP katkılı olmak üzere 4 farklı karışımdan oluşmakla beraber 60 adet numune üretilmiştir. Harçlar kalıba yerleştirilmesinden 24 saat sonra kalıplarından çıkarılarak deney gününe kadar (20±2) °C sıcaklıktaki kirece doymuş su içerisinde saklanmıştır. CP katkılı çimento örneklerinin standart kıvam suyu ve priz süreleri TS EN 196-3 standardına göre belirlenmiştir. Taze harçlar üzerinde yayılma tablası ile yayılma deneyi yapılarak akış alan oranı belirlenmiştir. Sertleşmiş harç örneklerinde ise 1, 2, 7 ve 28. günlerde 3 noktalı eğilme deneyi ile tek eksenli basınç deneyleri gerçekleştirilmiştir. CP katkılı çimentoların durabilite özelliklerini belirlemek için asit dayanıklılığı incelenmiştir. 28 gün boyunca içilebilir nitelikteki su içerisinde kür işlemine tabi tutulan harç numuneleri asit dayanıklılığı için %1,5 HCl çözeltisine yerleştirilmiştir. HCl çözeltisi içerisinde yerleştirilmeden önce harç numunelerinin ağırlıkları kaydedilmiştir. 7 gün boyunca HCl çözeltisinde bekletilen numunelerin deney günü sonunda tekrar ağırlıkları ölçülerek ağırlık kayıpları ve basınç dayanımları belirlenmiştir.

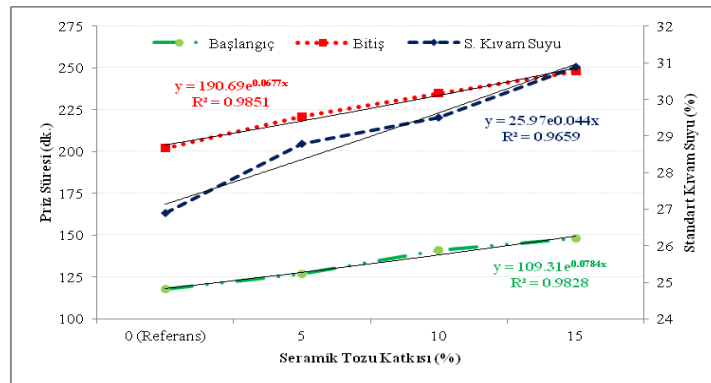
Tablo 1. Çimento ve CP'ye ait özellikler

Bileşen (%)	CEM I 42,5 R	Seramik Tozu (CP)
CaO	64,70	6,10
SiO ₂	19,12	47,77
Al ₂ O ₃	4,75	16,47
Fe ₂ O ₃	3,53	0,58
MgO	0,94	2,36
Na ₂ O	0,21	3,92
K ₂ O	0,88	0,95
SO ₃	2,85	0,29
Cl ⁻	0,009	-
Serbest Kireç	1,41	-
Kızdırma Kaybı	2,36	6,89
Çözünmeyen Kalıntı	0,23	-
C ₃ S	58,79	-
C ₂ S	12,69	-
C ₃ A	7,74	-
C ₄ AF	9,83	-
Özgül Ağırlık	3,10	2,85
Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3640	3500

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Standart Kıvam Suyu ve Priz Süresi

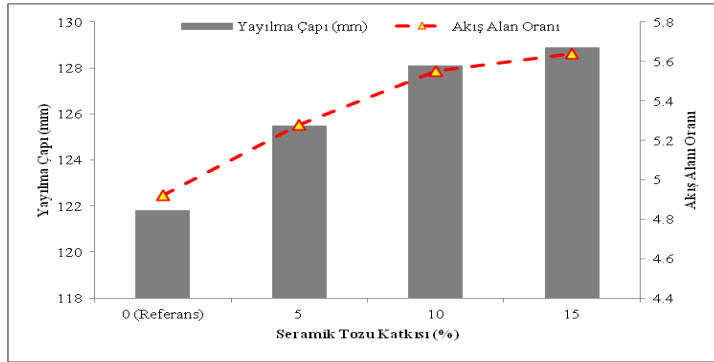
Şekil 1. CP oranının standart kıvam suyu ve priz süresi üzerindeki etkilerini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi CP oranının artması ile kıvam suyu ve priz süresi değerleri artmaktadır. Standart kıvam suyu değerinin artmasının sebebi puzolanik malzeme olarak kullanılan CP'nin su emme değerinin yüksek (porozitesi yüksek) olmasıdır. Özellikle CP'nin %15 oranında kullanılması durumunda priz bitiş süresi %23 uzarken, kıvam suyu oranı da %15 oranında artmaktadır.



Şekil 1. CP katkısının standart kıvam suyu ve priz süresi üzerindeki etkisi

3.2. Taze Harç Özellikleri (Yayıma Deneyi)

CP katkıli harçlar üzerinde gerçekleştirilen yayılma deneyi ve buna bağlı olarak belirlenen akış alan oranları Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. CP katkısının taze harç özelliklerine etkisi

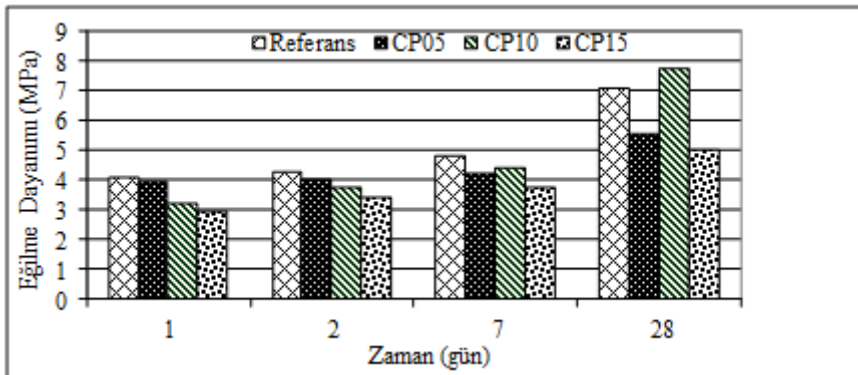
CP katkısı taze harç özelliklerini olumlu etkilemiştir. CP oranının artması ile yayılma çapında %3-6 oranında artışlar tespit edilmiştir. Akış alanı oranı aşağıda verilen bağıntı (1) ile hesaplanmıştır.

$$Akış\ alan\ oranı = \frac{F^2 - 50^2}{50^2} \quad (1)$$

Burada F değeri yayılma çapını ifade etmektedir. Yayılma çapına paralel olarak CP'nin artması ile akış alan oranı %7-13 oranında artmaktadır. Taze harçlar üzerinde yapılan deneyler CP'nin işlenebilirliği olumlu etkilediğini göstermektedir. Bu olumlu etki literatürde araştırılmış ancak açıklayıcı bir deneysel çalışma bulunamamıştır. Yapılan literatür taramasında bazı araştırmacılar CP'nin mikroyapısını incelemek için SEM ile fotoğraflar elde etmiştir. Araştırmacılar tarafından elde edilen SEM görüntüleri incelendiğinde, seramik tozlarına ait tane şeklinin genellikle küresel forma yakın olduğu belirlenmiştir (Wu ve ark., 2013; Paul ve ark., 2009; Jiati-yun ve ark., 2007). Seramik tozlarının tane şekli küresel olduğu için işlenebilirlik özelliği iyileşmektedir.

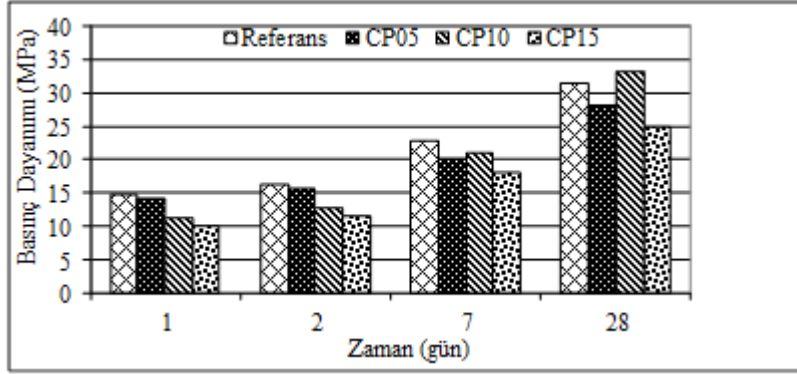
3.3. Mekanik Özellikler (Basınç ve Eğilme Dayanımı)

Sertleşmiş harç örneklerinin 1, 2, 7 ve 28. günlük eğilme ve basınç değerleri Şekil 3 ve 4’de verilmiştir.



Şekil 3. CP katkısının eğilme dayanımı üzerindeki etkisi

Şekil 3'de yer alan eğilme dayanımları incelendiğinde 1 ve 2 günlük dayanım değerleri benzerlik gösterirken, 7 ve 28 günlük dayanım değerlerinde farklılıklar gözlenmiştir. Erken yaşlarda (1 ve 2 günlük) CP katkısı eğilme dayanımlarını olumsuz etkilemiş, CP'nin artması ile eğilme dayanımları azalmıştır. %10 CP katkısı 7 günlük eğilme dayanımlarında daha az dayanım kaybı oluşturmuştur. CP'nin %5 ve 15 oranında kullanılması durumunda 28 günlük eğilme dayanımı değerleri olumsuz etkilemiştir. Ancak CP'nin %10 oranında kullanılması durumunda eğilme dayanımında %11 artış gözlenmiştir.

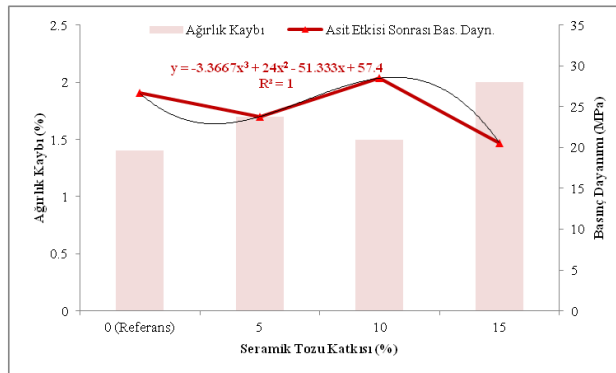


Şekil 4. CP katkısının basınç dayanımı üzerindeki etkisi

Şekil 4'de yer alan basınç dayanımı değerleri incelendiğinde eğilme dayanımı ile paralellik gösterdiği görülmektedir. CP katkısı erken yaşlarda (1 ve 2 gün) dayanım kaybına yol açmaktadır. %10 CP katkısı 7 günlük basınç dayanımı değerlerinde azalmalara yol açmıştır. %10 oranında kullanılan CP katkısı 28 günlük basınç dayanımı değerini ise yaklaşık %10 oranında arttırmıştır. CP katkısının %15 oranında kullanılması durumunda 28 günlük basınç dayanımı değeri %20 azalmıştır.

3.4. Dayanıklılık Özellikleri (Asit Direnci Deneyi)

%1,5 HCl asit çözeltisinde 7 gün boyunca bekletilen harçların ağırlık kayıpları ve basınç dayanımları belirlenmiştir. Şekil 5. CP katkılı harçlarda asit etkisi ile oluşan ağırlık kayıpları ve basınç dayanımlarını göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi en az ağırlık kaybı (%1,39) CP kullanılmadan üretilen referans karışımında gerçekleşmiştir. %5 ve 15 oranında CP kullanılması harçların asit dayanıklılığını oldukça olumsuz etkilemiştir. Ancak CP %10 oranında kullanıldığı takdirde ağırlık kaybı %1,5 değerinde kalmıştır. %15 oranında CP kullanılması durumunda harçların dayanıklılık özellikleri olumsuz etkilenmiştir. Ayrıca harçların asit etkisi sonrası basınç dayanımları incelendiğinde ise %10 oranında CP katkısı olumlu sonuçlar göstermiştir. CP katkısının %15 oranında kullanılması ağırlık kaybını arttırdığı gibi basınç dayanımını da azaltmaktadır. Ağırlık kaybının artması ile basınç dayanımının azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 5. CP katkısının HCl (asit dayanıklılığı) üzerindeki etkisi

Yapılan deneysel çalışma sonucu taze ve sertleşmiş harç özelliklerinin, dayanıklılık özellikleri ile arasındaki korelasyon (R^2) Tablo 2'de verilmiştir. Yayılma çapı ile 28 günlük basınç dayanımı arasında oldukça zayıf bir ilişki ($R^2=0,06$) olduğu gözlenmiştir. Yayılma çapının artması ile basınç dayanımının azalması bu durumun bir göstergesidir. Yayılma çapı ile ağırlık kaybı arasında ise nispeten biraz daha kuvvetli ($R^2=0,46$) bir ilişki elde edilmiştir. Ağırlık kaybı ile 28 günlük basınç dayanımı arasında kuvvetli ($R^2=0,77$) bir ilişki tespit edilmiştir. İstatistiksel analiz sonucu dayanıklılık özelliklerinde nihai dayanımın daha çok önemli olduğu belirlenmiştir. Asit içerisinde bekletilen numunelerin yüzey dokularında meydana gelen bozulma ve dökülmeler basınç dayanımı deneyinin homojenliğini etkilediği için sadece ağırlık kaybı korelasyon uygulamasına dahil edilmiştir.

Tablo 2. Deneysel çalışmada elde edilen verilerin korelasyon katsayıları

R^2	Yayılma Çapı	Ağırlık Kaybı	28 Günlük Basınç Dayanımı
Yayılma Çapı	1	0,46	0,06
Ağırlık Kaybı	0,46	1	0,77
28 Günlük Basınç Dayanımı	0,06	0,77	1

4. Sonuçlar

Bu çalışmada CP katkısının çimento üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda taze/sertleşmiş beton deneyleri ve dayanıklılık deneyleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen deneysel çalışma sonucunda aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

CP boşluklu bir yapıya sahip olması harçların standart kıvam suyu miktarının artmasına, çimento miktarının azalması ise priz süresinin uzamasına yol açmıştır.

CP katkısı harçların yayılma çapı ve akış alan oranlarını arttırmıştır. Bunda CP'nin tane şeklinin küresel yapıda olmasının etkili olduğu söylenebilir.

CP katkısı erken yaşlarda eğilme dayanımı kaybına yol açmaktadır. Ancak %10 oranında CP kullanımı 28 günlük eğilme dayanımını arttırmaktadır. Eğilme dayanımında olduğu gibi basınç dayanımında da CP katkısı erken yaş dayanımlarını olumsuz etkilemiştir. Ancak %10 oranında CP katkısı 28 günlük basınç dayanımı değerlerini arttırmıştır.

%15 oranında kullanılan CP yayılma çapını arttırmasına rağmen eğilme ve basınç dayanımlarını olumsuz etkilemiştir. CP'nin yüksek oranda kullanılması bağlayıcılık özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Ancak filler malzeme olarak kullanılması hem ekonomi sağlayacak hem de taze beton özelliklerini iyileştirecektir.

Asit dayanıklılığı açısından referans karışıma en yakın performansı hem ağırlık kaybı hem de basınç dayanımı yönüyle %10 CP katkılı harçlar göstermiştir.

Çimento sektöründe CP kullanımının sektöre ekonomik ve çevresel boyutlu olumlu katkı sağlayacağı söylenebilir. Ancak CP ikame kullanım oranının %10'u geçmemesine özen gösterilmelidir.

5. Kaynaklar

- Altın Z, Erturan S, Çorbacıoğlu S, (2014) Seramik Endüstrisindeki Sırlı Atık Malzemenin Değerlendirilmesi, 11. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, Eskişehir.
- Arcasoy A, (1983) Seramik Teknolojisi, Marmara Üniversitesi Yayınları, Yayın No:457
- Aydın S, Baradan B, (2013) Betonun Durabilitesi (Dayanıklılık, Kalıcılık), Beton 2013-Hazır Beton Kongresi, İstanbul.
- Bertron A, Duchesne J, Escadeillas G (2005) Accelerated Tests of Hardened Cement Pastes Alteration by Organic Acids: Analysis of the pH Effect, Cement and Concrete Research, 35; 155–166.
- CEB -Comite Euro-International du Beton- (1992) Durable Concrete Structures, Lausanne: Thomas Telford Ltd.

- Changa Z, Song X, Munn R, Marosszeky M (2005) Using Limestone Aggregates and Different Cements for Enhancing Resistance of Concrete to Sulfuric Acid Attack, *Cement and Concrete Research*, 35(8):1486–94.
- Chatveera B, Lertwattanaruk P (2014) Evaluation of Nitric and Acetic Acid Resistance of Cement Mortars Containing High-Volume Black Rice Husk Ash, *Journal of Environmental Management*, 133; 365-373.
- Feng Q, Yamamichi H, Shoya M, Sugita S (2004) Study on the Pozzolanic Properties of Rice Husk Ash by Hydrochloric Acid Pretreatment, *Cement and Concrete Research*, 34; 521–526.
- García-Díaz I, Palomo JG, Puertas F (2011) Belite Cements Obtained from Ceramic Wastes and the Mineral Pair $\text{CaF}_2/\text{CaSO}_4$, *Cement & Concrete Composites*, 33; 1063–1070.
- Gazulla MF, Gómez MP, Barba A, Orduña M (2004) Chemical Characterisation of Geological Raw Materials Used in Traditional Ceramics. *Geostand Newsletter*, 28(2):203–12.
- Jambor, JJ (1963) Relation Between Phase Composition, Overall Porosity and Strength of Hardened Lime Pozzolana Pastes. *Magazine of Concrete Research*, Vol 5; 131-142,
- Jiati-yun F, Zhuo-xin L, Jian-min J, Yao-wu S (2007) Difference in Particle Characteristics and Coating Properties Between Spraying Metallic And Ceramic Powder Cored Wires, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 17; 537-542.
- Lavat A, Trezza M, Poggi M (2009) Characterization of ceramic Roof Tile Wastes as Pozzolanic Admixture. *Waste Management*, 29:1666–74.
- Li G., Xiong G., Lü Y., Yin Y., (2009) The Physical and Chemical Effects of Long-Term Sulphuric Acid Exposure on Hybrid Modified Cement Mortar, *Cement & Concrete Composites*, 31 325–330.
- Luiz A. Pereira-de-Oliveira, João P, Castro-Gomes, Pedro MS. Santos (2012) The Potential Pozzolanic Activity of Glass and Red-Clay Ceramic Waste as Cement Mortars Components, *Construction and Building Materials*, 31; 197–203.
- Makhloufia Z, Bederinaa M, Bouhichaa M, Kadrib EH (2014) Effect of Mineral Admixtures on Resistance to Sulfuric Acid Solution of Mortars with Quaternary Binders, *Physics Procedia*, 55; 329 – 335.
- Matias G, Faria P, Torres I (2014) Lime mortars with ceramic wastes: Characterization of Components and Their Influence on The Mechanical Behaviour, *Construction and Building Materials* 73 523–534.
- Menek M, (1990) *Seramik Üretim Teknolojisi*,
- Miyamoto S, Minagawa H, Hisada M (2014) Deterioration Rate of Hardened Cement Caused by High Concentrated Mixed Acid Attack, *Construction and Building Materials* 67; 47–54.
- Oueslati O, Duchesne J (2012) The Effect of SCMs and Curing Time On Resistance of Mortars Subjected to Organic Acids, *Cement and Concrete Research*, 42; 205–214.
- Pacheco-Torgal F, Jalali S (2010) Reusing Ceramic Wastes in Concrete, *Construction and Building Materials*, 24; 832–838.
- Paul F, Binder JR, Gesswein H, Ritzhaupt-Kleissl HJ, Hausselt J (2009) Synthesis of Doped $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{TiO}_3$ Ceramic Powder Via a Sol–Freeze–Granulation and Freeze–Drying Process, *Ceramics International*, 35; 479–486.
- Pavlik V (2000) Effect of Carbonates on the Corrosion Rate of Cement Mortars in Nitric Acid. *Cement and Concrete Research*, 30(3):481–9.
- Puertas F, Barba A, Gazulla MF, Gómez MP, Palacios M, Martínez-Ramírez S (2006) Ceramic Waste as Raw Materials in Portland Cement Clinker Fabrication: Characterization and Alkaline Activation. *Materiales De Construccion*, 56(281): 73–84.
- Puertas F, García-Díaz I, Barba A, Gazulla MF, Palacios M, Gómez MP et al. (2008) Ceramic Wastes as Alternative Raw Materials for the Portland Cement Clinker Production. *Cement & Concrete Composites*, 30(9):798–805.
- Puertas F, García-Díaz I, Palacios M, Gazulla MF, Gómez MP, Orduña M (2010) Clinkers and Cements Obtained From Raw Mix Containing Ceramic Waste as A Raw Material. Characterization, Hydration and Leaching Studies, *Cement & Concrete Composites*, 32; 175–186

- Seramik Atıklarının Çimento... KALINÇIMEN, G., ÖZTÜRK, A.U., KAPLAN, G., YILDIZEL, S.A., 1(1):9-16, 2015**
- Sanchez-Roja MI, Frias M, Rivera J, Marin FP (2003) Wastes Products from Prefabricated Ceramic Materials as Pozzolanic Addition. In: Proceedings of the 11th ICCI, Durban; 935–43.
- Senhadji Y, Escadeillas G, Mouli M, Khelafi H (2014) Benosman, Influence of Natural Pozzolan, Silica Fume and Limestone Fine on Strength, Acid Resistance and Microstructure of Mortar, Powder Technology, 254; 314–323.
- Torgal PF, Jalali S (2011) Compressive Strength and Durability Properties of Ceramic Wastes Based Concrete, Materials and Structures, 44:155–167.
- Wu JM, Lu WZ, Wang XH, Fu P, Ni M, Yang JL, Wang C, Zeng QC (2013) Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO₃–MgO Ceramics from Ceramic Powders Prepared by Improved Aqueous Gelcasting-Assisted Solid-State Method, Journal of the European Ceramic Society, 33; 2519–2527.