

Pirinç Kabuğu Külü Katkılı Harçların Dayanım Ve Dayanıklılık Özelliklerin Araştırılması

Asadullah Zaki^{1*}, Özlem Çelik Sola²

¹*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.*

²*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.*

*asadullah.zaki@ogr.iu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, tarımsal atık malzemesi olan Pirinç kabuğu külü, çimento yerine ağırlıkça %0, %2, 4%, 6%, 8%, 10%, ve %15 oranlarda kullanılarak toplam 7 farklı bileşime sahip harç numunesi üretilmiştir. Üretilen harç numuneleri üzerinde 28, 56 ve 90 günlük kür süreleri sonunda basınç dayanımı tespitinin yanında 56 günlük kür sonunda donma-çözülme ve ultrasonik hız tayini deneyleri de yapılmıştır. Çalışmada kullanılan bütün karışımlarda Su/Bağlayıcı oranı 0.50 oranında sabit tutulmuştur. Üretilen harç numunelerine ait sonuçlar değerlendirildiğinde %8 Pirinç kabuğu külü ikameli harçların daha yüksek dayanım ve dayanıklılık sonuçları verdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pirinç kabuğu külü, Dayanım, Dayanıklılık

Investigation of Strength and Durability Properties of Mortars with Rice Husk Ash Additive

Abstract

In this study, a total of 7 different composition mortar samples were produced by using Rice husk ash, which is an agricultural waste material, instead of Cement at 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10% and 15% by weight. Freezing-thawing and Ultrasonic velocity determination experiments were performed on the produced mortar samples as well as the compressive strength determination at the end of the curing periods of 28, 56 and 90 days. Water/Binder ratio was kept constant at 0.50 in all mixtures used in the study. When the results of the mortar samples were evaluated, it was determined that the mortars with 8% Rice husk ash substitution gave higher strength and durability results.

Keywords: Rice husk ash, Strength, Durability

1. GİRİŞ

Ekonominin ve toplumun gelişmesiyle birlikte enerji sorunu insanların özellikle de sorunların odak noktası haline gelmiştir. Özellikle son yıllarda binaların enerji tüketimindeki sorunlar giderek daha fazla insanın, binanın ve kendisinin ısı yalıtım performansına odaklandı. Binanın ısı yalıtım malzemeleri ve teknolojisinin gelişimi de desteklenmektedir. Düşük ısı iletkenliği ve verimli ısı koruma performans malzemeleri ile daha birçok bina ısı yalıtım sistemine uygulanmıştır [1].

İnşaat endüstrisi, dünya kaynakları, enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonları üzerinde doğrudan ve görünür bir etkiye sahiptir. Portland çimentosu hem kaynak hem de enerji ağırlıklı bir malzemedir. Çimento endüstrisi, küresel antropojenik CO₂ emisyonuna yaklaşık %5 katkıda bulunur ve çimento endüstrisini CO₂ emisyonu azaltma stratejilerinin önemli bir sektörü haline getirir [2].

Çimento büyümesindeki artış hala yüksek özel sektör gelişimi düzeyinden ve toplum için konut talebinden etkilenmektedir [3].

Çimento, inşaat endüstrisindeki temel malzemedir. Dünya çapında hızlı gelişme ve inşaat nedeniyle çimento talepleri hızla artmaktadır. Yapı malzemelerine olan talebin artması, ilgili endüstrilerin kaygılarına girmiştir [4].

Mesele sadece yapı malzemelerinin kronik kıtlığı değil, çimento üretimi de CO₂ emisyonları nedeniyle ciddi çevresel sorunlara yol açıyor [5].

Hükümet ve çimento endüstrisi, bu sorunun üstesinden gelmek için çeşitli stratejiler geliştirmiştir [6].

Yan ürün ve atık malzemelerin kullanımı, mevcut ekolojik sorunların çözümünde çok önemli bir rol oynar ve yalnızca yapı malzemeleri aralığını genişletemez, aynı zamanda enerji tüketen yüksek portland çimentosunun yerini alabilir [7, 8].

Diğer bir çevresel problem ise, atıkların bertaraf edilmesiyle ilgili olarak kirlilik artmaktadır. Açık atık dökümü doğanın estetik görünümünü bozması ve halk sağlığına zarar vermesi nedeniyle büyük bir sorun haline gelmektedir. Çimento atığı ve kıtlığı nedeniyle çevre sorununu dikkate alarak; Atık malzemeyi beton ve çimento blok üretimine dahil etmek için birçok girişimde bulunulmuştur. Örnek olarak pirinç kabuğu külü, uçucu kül, şeker kamışı torbası külü ve talaş külü, duvar blok üretiminde kısmi bir çimento değişimi olarak kullanılabilir. Bu atık malzemelerin inşaat malzemesi olarak kullanılması, atık yönetimi konusunda sürdürülebilir bir çözümdür. Ayrıca, bu duvar bloklarının üretiminde çimento kullanımını azaltır [9, 10].

Çeşitli reaktif puzolanların ek çimentolu malzemeler olarak kullanılması, daha dayanıklı/yüksek performanslı betonun geliştirilmesinde hızla büyümektedir [11, 12].

Cüruf, uçucu kül, silis dumanı, metakaolin vb. çimentoda harmanlanmış mineral katkıları olarak kullanılmaktadır. Bütün bitki artıkları arasında pirinç kabuğunun külü, en yüksek silis oranını içerir [13].

Pirinç bitkileri ortosilik asidi yeraltı suyundan alır, bunun ardından kabuklarda amorf silika oluşturmak için polimerize edilir [14].

Pirinç kabuğu (RH), pirinç çekirdeğinin dış kaplama kısmıdır ve birbirine kenetlenen iki yarıdan oluşur. Kabuğu yenilmez olduğundan pirinç tanesinden çıkarılır. Kabuğun büyük kısmı, çevre sorunlarına neden olan alanlarda ateşe atılarak bertaraf edilir, ancak küçük miktarlar tuğla fırınlarında ve düşük basınçlı buhar üretiminde vb. Düşük dereceli bir yakıt olarak kullanılır. Bununla birlikte, gelişmiş dünyada, kabuk buhar üretimi yoluyla elektrik üretmek için kullanılır ve elde edilen kül, yüksek performanslı beton yapımında katma değerli bir ürün olarak kullanılır. Agro-Industrial atıkları Çin'de bol miktarda bulunmaktadır ve bu RH, muhtemelen en büyüklerinden biridir. Bu nedenle, betonda kullanılmak üzere kolayca katma değerli bir öğeye dönüştürülebilir. Pirinç kabuğu külü'nün uygulanabilirliğini değerlendirmek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar pirinç kabuğu külünün düşük maliyetli inşaat malzemesi olarak

kullanılabileceğini göstermiştir. Sistemin dayanıklılığını artırır ve yüksek performanslı beton üretmek için kullanılabilir [15, 16].

Pirinç kabuğu külü, pirinç üretim işlemiyle elde edilen tarımsal bir atıktır. Ucuz, biyolojik olarak parçalanabilir ve dünyada bol miktarda mevcuttur. Gelişmiş ülkelerde, bu tür ürünler atık olarak değil, yeni bir kaynak olarak görülmektedir. Bu nedenle, bu tür malzemeler çevrenin korunması ve yeni malzemelerin tasarımı için kullanılabilir. Pirinç kabuğunun kül içeriği esas olarak silikadan oluşur ve silika miktarı yaklaşık %94 kadardır [17].

Silika, aynı zamanda potasyum, sodyum, magnezyum, kalsiyum, demir ve fosfor ve çok daha az miktarda başka elementler içeren RH külünün ana mineral bileşenidir [18].

Pirinç kabuğu yenilenebilir, biyolojik olarak parçalanabilen, düşük maliyetli, kolay ulaşılabilir bir kaynak olduğundan, geleneksel ürünlere iyi bir alternatif olarak görülür [19].

2. DENEYSEL METOT

2.1 Malzeme ve Yöntem

2.1.1 Çimento

Bu çalışmada Nuh Çimento'dan temin edilen TS EN 197-1 [20] Standardı ile uyumlu CEM I 42.5R Portland Çimentosu kullanılmıştır.

2.1.2 Kum

DeneySEL çalışmalarda Set Çimento A.Ş.'den temin edilen TS EN 196-1'e [21] uygun granülometri dağılımı ve özelliği belirtilmiş standart RİLEM kumu kullanılmıştır.

2.1.3 Pirinç Kabuğu Külü

DeneySEL çalışmalarda Erdoğanlar Gıda San. ve Tic. LTD. ŞTİ.'den temin edilen %80-90 oranındaki silis içeren Pirinç kabuğu külü kullanılmıştır.

2.2 Karışım Oranları Ve DeneySEL Çalışma

Bu çalışmada, çimento yerine ağırlıkça %0, %2, 4%, 6%, 8%, 10%, ve %15 oranlarda pirinç kabuğu külü kullanılmıştır. Bu oranlar kullanılarak hazırlanan çimento bileşenlerine kum ve su da eklenerek karışımlar üretilmiştir. Hazırlanan bu karışımlar, TS EN 196-1 [21] standardı uyarınca 40x40x160 mm boyutundaki üç gözlü prizmatik harç kalıplarına dökülmüştür ve 24 saat sonra kalıptan çıkartılan harç numuneleri 20±1°C sıcaklığındaki kür tankında suda kürleme işlemine tabi tutulmuşlardır. Her bir karışım oranı için 3'er adet numune üretilmiştir. 28, 56 ve 90 günlük kür sürelerinin ardından numunelerin basınç dayanım deneylerine ilaveten 56 gün kür süreleri sonunda numunelere donma-çözülme deneyleri de yapılmıştır.

2.2.1 Basınç Dayanım Deneyi

Kür süreleri sona eren numuneler, basınç dayanımı için İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa İnşaat mühendisliği bölümündeki Yapı ve Malzeme Laboratuvarı'nda bulunan UTEST markalı basınç dayanım cihaz aracılığıyla basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur. Çimentoların basınç dayanımlarının belirlendiği TS EN 196-1 [21] standardına uygun olarak gerçekleştirilen analizler neticesinde toplam 7 farklı karışım numunesi için 28, 56 ve 90'ıncı günlerdeki basınç dayanım değerleri tespit edilmiştir. Harç numunelerinin basınç dayanımının testinin yapılışı Şekil 1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Basınç dayanımı tayini

2.2.2 Donma-Çözülme Deneyi

ASTM C 666 [22] standardına göre yapılan donma-çözülme tekrarları, otomatik çevrim uygulayan Şekil 2.'deki donma-çözülme deney cihazı ile yapılmıştır. Çalışmada üretilen pirinç kabuğu külü katkı harç numuneleri 56 gün suda küre işlemine tabi tutulmuş ve sonra oda sıcaklığına getirildikten sonra donma-çözülme test kabinine yerleştirilmiştir. Harç numuneleri toplam 24 saat süre ile 8 saat -20°C de dondurulmuş, sonra 4 saat süre ile $+20^{\circ}\text{C}$ çözdürülmüştür ve aynı işlem bir kere daha tekrarlanmıştır. Numuneler böylece, 24 saatte toplam 8'er saat'lik 2 donma çözülme döngüsüne maruz bırakılmıştır. Deneyler, toplamda 90 döngü olmak üzere 45 gün sürmüştür. Donma-çözülme çevrimi öncesi ve sonrası numuneler üzerinde ultrasonik ses hızı ölçümleri ile basınç dayanımı deneyleri de gerçekleştirilmiştir.



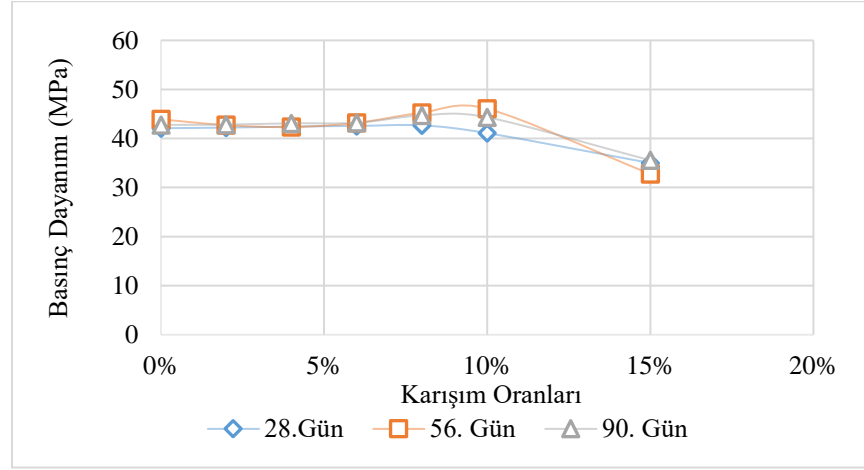
Şekil 2. Donma-çözülme deneyi

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Harç numunelerinden 28 gün suda kürenen ve %0, %10 ile %15 oranında pirinç kabuğu külü içerenlerin basınç dayanımları sırasıyla 42.1 MPa, 41.0 MPa ve 35 MPa olarak tespit edilmiştir. %0, %10 ve %15 oranında Pirinç kabuğu külü içeren harç karışımların 56 gün suda küre tabi tutulduktan sonra basınç dayanımları ise sırasıyla 43.8 MPa, 46.0 MPa ve 32.7 MPa olmuştur. Aynı şekilde %0, %10 ve %15 oranında pirinç kabuğu külü içeren harç karışımların 90 gün suda küremeye tabi tutulduktan sonraki basınç dayanımları da sırasıyla 42.8 MPa, 44.3 MPa ve 35.5 MPa olarak tespit edilmiştir. İncelenen tüm karışımlar

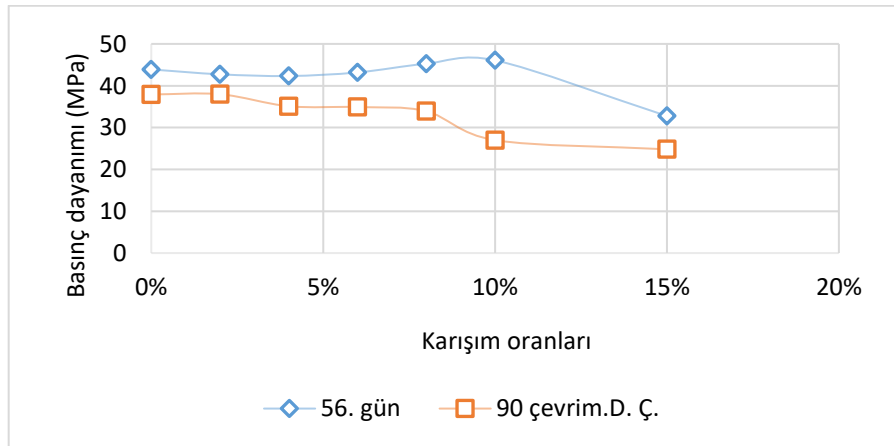
için maksimum basınç dayanımı %8 pirinç kabuğu külü ikamesinde bulunmuştur. Basınç dayanımının datalarına ait grafik Şekil 3.'te verilmiştir.



Şekil 3. Harç karışımlarının basınç dayanımı

3.2 Donma-Çözülme Deney Sonuçları

Çalışmada üretilen pirinç kabuğu külü katkılı harç numuneler 56 gün suda kür işlemine tabi tutulmasının ardından kür ortamından çıkartılarak oda sıcaklığına getirilmişlerdir. Bundan sonra her karışımdan 3 adet harç numunesi donma-çözülme test kabineye yerleştirilmiştir. Deney numuneleri toplam 24 saat süre içerisinde, 8 saat -20°C de dondurulmuş, sonra 4 saat süre ile +20°C çözdürülmüştür ve aynı işlem bir kere daha yapılmıştır. Numuneler böylece, 24 saatte toplam 8'er saat'lik 2 adet donma-çözülme döngüsüne maruz bırakılmıştır. Deneyler toplamda 90 döngü olmak üzere 45 gün sürmüştür. 90 döngü olarak sürdürülen donma-çözülme çevrimi sonunda numunelerde meydana gelen ultrasonik hızdaki azalma ve dayanım kayıpları belirlenmiştir. Donma-çözülme sonucu basınç dayanımlarındaki kayıplar Şekil 4.'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Donma-çözülme deneyi

Şekil 4 incelendiğinde şu değerlendirmeler yapılabilir; %0 pirinç kabuğu külü katkılı harç numunelerinde 56 gün kürden sonraki basınç dayanımı 43.8 MPa'ya ulaşmıştır. Aynı numunenin 56 gün su küründen sonra

90 döngü donma- çözölmeye maruz bırakıldıktan sonraki basınç dayanımı 37.9 MPa'a düşmüştür. Aynı şekilde %15 pirinç kabuğu külü katkılı harç numunelerde 56 gün kürden sonraki basınç dayanım 32.7 MPa olmuştur, Aynı numunenin 56 gün ıslak kürden sonra 90 döngü donma çözölmeye maruz bırakıldıktan sonra basınç dayanımı 24.8 MPa'a düşmüştür.

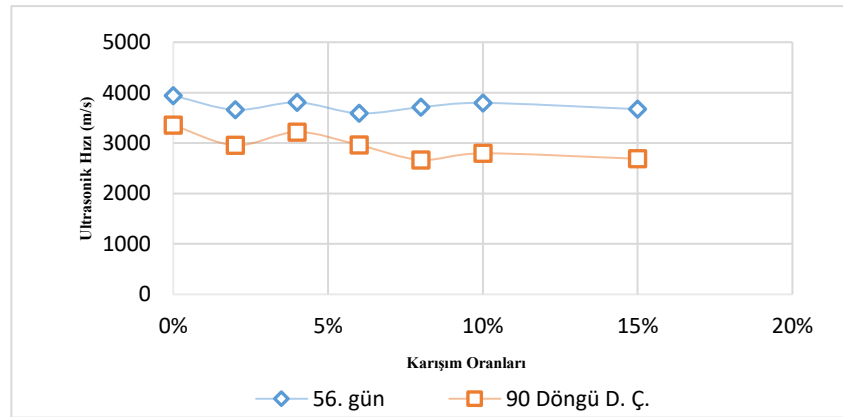
%0 Pirinç kabuğu külü içeren karışımlarda donma-çözölmeye maruz kalan numunelerde basınç dayanımında %15 oranında dayanım kaybı görölmüştür, aynı şekilde %8 ve üstü pirinç kabuğu külü içeren karışımlarda donma-çözölmeye maruz kalan numunelerde %25 oranında dayanım kaybı görölmüştür.

%0, %10 ve %15 oranında pirinç kabuğu külü katkılı harç numunelerde 56 gün kürden sonraki ultrasonik hızı sırasıyla 3940 m/s, 3797 m/s ve 3673 m/s olmuştur. Karışımda pirinç kabuğu kül miktarı artıka ultrasonik hız dalgalarında düşüş görölmüştür. Karışım malzemesinin içerisinden geçen ses dalgalarının hızı, o malzemenin içerdiği boşluk oranına ve yoğunluğuna bağlıdır. Pirinç kabuğu külünün yoğunluğu çimentodan düşüktür, dolayısıyla düşük yoğunluklu ve boşluk oranı yüksek malzemenin ses dalgasının hızı da düşük olmaktadır.

Aynı karışım orandaki numunelerinin 56 gün ıslak kürden sonra 90 döngü donma-çözölmeye maruz bırakılmasından sonra ultrasonik hızları da ölçölmüştür, %0, %10 ve %15 oranında pirinç kabuğu külü içeren karışımların donma-çözölmeden sonraki ultrasonik hızları sırasıyla 3354 m/s, 2797 m/s ve 2689 m/s olmuştur.

Referans numunelerde donma-çözölmeye işlemlerinden sonra ses dalgasının hızlarında %15 civarında bir düşüş görölmüştür, %8 ve %15 oranında pirinç kabuğu külü içeren karışımlarda ise %25 civarında düşüş görölmüştür.

Numunelerden geçen ses dalgasının hızı ile, dayanımı arasında doğrudan bir bağlantı yoktur, ancak belirli bir ilişki bulunmaktadır, yoğunluğu az olan bir malzemede (daha çok boşluk bulunan) ses dalgasının malzemenin bir yüzeyinden diğerine ulaşabilme süresi daha uzundur [23]. Donma-çözölmeye öncesi ve sonrası ultrasonik hız dataları ve hız değışimleri Şekil 5.'te verilmiştir.



Şekil 5. Ultrasonik hız değışimi

4. SONUÇ

Çalışmada yapılan basınç ve donma-çözülme deneylerinde dayanım ve dayanıklılık kapsamında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Karışımlarda pirinç kabuğu külü oranı artıkça basınç dayanımında yükselme görülmüştür, İncelenen tüm karışımlar için maksimum basınç dayanımı %8 pirinç kabuğu külü seviyesinde bulunmuştur, %8 oranından sonra dayanımında azalma görülmüştür.
- %8 oranında pirinç kabuğu külü katkılı harçlarda az da olsa kürün etkisi görülmüştür, kür süresi yükseldikçe dayanım yükselmiştir.
- Referans numunelerde donma-çözölmeye maruz kaldıktan sonra dayanımlarında %15 oranında düşüş görülmüştür.
- %8 ve üstü pirinç kabuğu külü içeren harçlarda donma-çözölmeye maruz kaldıktan sonra dayanımlarında %25 oranında düşüş görülmüştür.
- 56 gün kür gören pirinç kabuğu külü katkılı harç numunelerde ultrasonik ses hızı ölçölmüştür, karışımlarda pirinç kabuğu külü miktarı yükselince ses dalgasının hızında düşüş görölmüştür.
- Referans numunelerde donma-çözölmeye maruz kalan numunelerde ses dalgasının hızlarında %15 civarında bir düşüş görölmüştür, Ancak %8 ve üstü pirinç kabuğu külü içeren karışımlarında %25 oranında bir düşüş görölmüştür.
- Yoğunluğu az olan bir malzemenin boşluğu fazla olacaktır, dolayısıyla ses dalgasının hızı da bu malzemelerde daha uzun olmaktadır. Bu nedenle, deneylerde pirinç kabuğu külünün yoğunluğu çimentodan daha düşük olduğu için karışımlarda daha fazla boşluk üretmiştir ve bu yüzden ses dalga hızları da düşük olmuştur.

REFERANSLAR

- [1] Zhao L, Yi D, Fei W, Zhi P. “Thermal insulation material based on SiO₂ aerogel”. *Construction and Building Materials*, 122, 548-555, 2016.
- [2] Ernst W, Lynn P, Nathan M, Chris H, Leticia O. “Carbon Dioxide Emissions from The Global Cement Industry”. *Annual Review of Energy and The Environment*, 26, 303-329, 2001.
- [3] Nur R, Studi A. “Design of Portland Cement Factory with Waste Paper Sludge Ash as an Alternative Raw Material”. *Journal of Civil Engineering*, 4 (2), 2337-3539, 2015.
- [4] Schneide M, Romer M, Tschudin M, Bolio H. “Sustainable cement production – present and future”. *Cementand Concrete Research*, 41, 2642–650, 2011.
- [5] Alex J, Dhanalakshimi J, Ambedkar B. “Experimental investigation on rice husk ash as cement replacement on concrete production”. *Construction and Building Materials*, 127, 353–362, 2016.
- [6] Brown T, Gambhir J, Florin N, Fennell P. “Reducing CO₂ Emissions from Heavy Industry: A Review of Technologies and Considerations for Policy Makers”. *Imperial College London*, South Kensington, London, United Kingdom, 7, 1-32, 2012.
- [7] Roy DM. “Alkali-activated cements opportunities and challenges”. *Cement and Concrete Research*, 29(2), 249–254, 1999.
- [8] Talling B, Brandsteter J. “Present state and future of alkali-activated slag concretes”. *American Concrete Institute*, 114, 1519–1546, 1989.

- [9] Kazmi SMS, Abbas S, Munir MJ, Khitab A. “Exploratory study on the effect of waste rice husk and sugarcane bagasse ashes in burnt clay bricks”. *Journal of Building Engineering*, 7, 372–378, 2016.
- [10] Cheah CB, Part WK, Ramli M. “The long-term engineering properties of cementless building block work containing large volume of wood ash and coal fly ash”. *Construction and Building Materials*, 143, 522–536, 2017.
- [11] Swamy RN. “High performance and durability through design”. *American Concrete Institute*, 159, 209–230, 1994.
- [12] Smith IA. “The design of fly ash concretes”. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 36(4), 769–790, 1967.
- [13] Rizwan SA. High performance mortars and concretes using secondary raw materials. PhD Thesis, Technical University of Bergakademie, Freiberg, Germany, 2006.
- [14] Kamiya K, Oka A, Nasu H, Hashimoto T. “Comparative study of structure of silica gels from different sources”. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 19, 495–499, 2000.
- [15] Coutinho JS. “The combined benefits of CPF and rice husk ash improving the durability of concrete structures”. *Cement and Concrete Composites*, 25(1), 51–59, 2003.
- [16] Zhang MH, Malhotra VM. “High-performance concrete incorporating rice husk ash as a supplementary cementing material”. *ACI Materials Journal*, 93(6), 629–36, 1996.
- [17] Yalcin, N., and Sevinc, V., “Studies on silica obtained from rice husk”, *Ceramics International*, vol. 27, no. 2, pp. 219-224, 2001.
- [18] Bakar RA, Yahya R, Gan SN. Production of high purity amorphous silica from rice husk. *Procedia Chemistry* 2016; 19: 189-195. doi: 10.1016/j.proche.2016.03.092
- [19] Kalapathy U, Proctor A, Shultz J. A simple method for production of pure silica from rice hull ash. *Bioresource Technology* 2000; 73 (3): 257-262. doi: 10.1016/S0960-8524(99)00127-3
- [20] TS EN 197-1. “Çimento-Bölüm 1: Genel Çimentolar-Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri”. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2012.
- [21] TS EN 196-1 “Çimento Deney Metotları – Bölüm 1: Dayanım Tayini”. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2009.
- [22] ASTM International. “Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing”. West Conshohocken, PA, USA, ASTM C666/C666M-15, 2015.
- [23] Erdoğan TY. *Beton*. Ankara, Türkiye, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim AŞ. Yayını, 2003.