



Yumurta Kabuğu Katkılı Harçların Mekanik Özellikleri

Mechanical Properties of Mortar Using Eggshell

Aylin Akyıldız* 

Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çorlu, Tekirdağ, Türkiye

Öz

Doğal kaynaklarımız, ülke nüfusunun artması ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi nedeniyle azalmaktadır. Kaynakların sınırlı olduğu ve tüketimin hızla arttığı ülkemizde, geri dönüşüm büyük bir önem kazanmıştır. Bu sebeple öncelikle kütlece %0, %2, %4, %6, %8 ve %10 oranlarında kumun yerine yumurta kabuğu, çimento ve su kullanılarak harçlar üretilmiştir. Üretilen harç karışımları, 1 gün sonra kalıplardan çıkarılıp, 20 ± 2 °C kirece doymun su içerisine konulmuştur. Numuneler 28 günlük kür süresince havuzda bekletilmiştir. 28 gün sonra kür havuzundan çıkarılan numunelerde basınç ve eğilme dayanımı ve ultrases geçiş hızı deneyleri yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarına göre yumurta kabuğunun harç dayanımı üzerinde ne şekilde etkidiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dayanım, Harç, Katkı, Yumurta kabuğu

Abstract

Our natural resources are running out by increasing of population and changing of our consumptive habit. Recycling is gained value because of that our natural resources are limited and increase of consumption by the time. In this experimental study, the aim of this project is to investigate the usability of using egg shell as building material. For this reason, firstly mortars were produced by using cement, water and eggshell instead of sand in 0%, 2%, 4%, 6%, 8% and 10% by weight. The mortar mixtures produced were removed from the molds after 1 day and placed in saturated water at 20 ± 2 °C. The samples were kept in the curing pool for 28 days of curing. After 28 days, samples taken from the curing pool were subjected to compressive strength test, 3 point flexural strength test and ultrasonic test. According to the results of the experiment, it was determined how the egg shell affected the mortar strength.

Keywords: Strength, Mortar, Additive, Egg shell

1. Giriş

Günümüzde nüfusun büyük bir hızla artması bununla birlikte enerji kaynaklarının hızla tüketilmesi, meydana gelen atıkların bertaraf problemi bilim adamlarını yeni arayışlara itmiştir. Atıkları hammadde kaynağı olarak değerlendirmek, kullanılmış hammaddeleri yeniden kullanmak büyük önem kazanmış, ülkeleri enerjiyi etkin kullanmaya ve geliştirmeye yönlendirmiştir (Yılmaz 2012).

Tüm bu sorunlar göz önüne alınarak, depolanma problemi yaratan atık malzemelerin değerlendirilmesiyle, özellikle gelecek yıllarda tehlike içerisinde olduğu öngörülen çevrenin korunmasına ve ürünün üretim maliyetinin azaltılmasına katkı sağlanacaktır (Yığıter 2014).

Geri dönüşüm işlemi uzun sürede verim sağlayan ekonomik bir yatırımdır. Hammaddede olan azalma ve doğal kaynakların hızlı bir şekilde tükenmesi ile ekonomik sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Geri dönüşüm işleminin bu durumda ekonomi üzerinde olumlu etkileri vardır. Enerji ve doğal kaynakların tüketiminin azaltılması ülke ekonomisi için de göz ardı edilemeyecek büyüklükte önem arz etmektedir (Özden 2015).

Dahası çevresel düzenlemelerdeki yeni eğilimler, özellikle endüstriyel yan ürün olan yüksek fırın cürufu gibi atıkların harç ve beton üretiminde çimento veya agrega yerine kısmen kullanılarak değerlendirilmesine yöneliktir (Sarıdemir 2016).

Günümüzde bilim adamlarının çalışmalarında, atık miktarının her geçen gün arttığını ve çevreye gittikçe zarar verdiğini ortaya koymuşlardır. Bu sebeple geri kazanılabilir atıkların hammaddelerin yerine kullanımına dikkat çekmiş

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: aakyildiz@nku.edu.tr

ve araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Atıkların hammadde olarak değerlendirilmesi suretiyle çevre kirliliğinin önüne geçilebilmekte ve atıkların inşaat malzemesi olarak ekonomiye kazandırılması ile sağlanabilmektedir (Yılmaz, 2014, Akyıldız vd. 2017, Binici H vd. 2012, Köse vd. 2017, Subaşı vd. 2017) Tüketim açısından baktığımızda geri dönüşümün özellikle inşaat sektöründe artan bir şekilde kullanılması ile önemli miktarda hammadde kaynağı sağlayacağı görülebilir (Gürer vd. 2004)

İnşaat sektörü hammaddelerin en çok tüketildiği sektörlerden birisidir. Bu sektör, hammadde ve enerji tüketimini azaltmaya çalışmaktadır. Özellikle farklı atıkların değerlendirilmesi ile hammadde ve ekonomik kazanç sağlanabilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda genellikle atıklar çimento veya agrega yerine kullanılmaktadır (İpekçi vd. 2017, Akçaözoglu vd. 2016, Açıkgenç vd. 2013)

Bu malzemelerden biri, sıklıkla CaCO_3 olarak adlandırılan kalsiyum karbonat veya kireçtaşı formunu içeren tavuk yumurtası kabuklarıdır. Yumurta kabuğu kalsiyum açısından zengindir ve kireçtaşı ile benzer yapıya sahiptir. Yumurta kabuğu özellikle kalsiyum, magnezyum, karbonat (kireç, CaCO_3) ve protein içermektedir. Yumurta kabuğunun çok büyük bir kısmı % 93 - 97'ü kalsiyum karbonat (CaCO_3)'tan oluşmaktadır (Erol 2011). Lokantalarda, evlerde, yumurta kırma tesisleri gibi yerlerden çıkan kireçtaşı tabanlı yumurta kabuğu atığının yeniden kullanılması atığın geri dönüşümüne yardımcı olacaktır (Binici vd. 2011, Pliya ve Cree 2015, Gowsika vd. 2014).

Bu çalışma, öğütülmüş yumurta kabuğunun harç üretiminde doğal kumun yerine kullanıldığında yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğini ve dayanım performansını değerlendirmiştir.

2. Gereç ve Yöntem

2.1. Gereç

2.1.1. Agrega

Harç üretiminde fiziksel özellikleri, ince madde oranları, kirliliği, eşdeğerliği, özgül ağırlığı, su emme oranları ve renk bilgileri Çizelge 1'de verilen kum kullanılmıştır.

2.1.2. Çimento

Beton üretiminde, TS EN 197-1 (2005) standardına uygun olan Akçansa çimento fabrikasından temin edilen özgül ağırlığı 3.14 g/cm^3 olan CEM I çimentosu kullanılmıştır ve çimentonun özellikleri Çizelge 2'de görülmektedir.

2.1.3. Yumurta Kabuğu

Kalsiyum karbonat oranı %93.8 olan kullanılmış yumurta kabuğu kırılarak 1 mm elekten geçirilip agreganın kütlece %0, %2, %4, %6, %8 ve %10 oranında karışıma katılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Yumurta kabuğu.

Çizelge 1. Kullanılan kumun özellikleri.

Deney Adı	Birim	Kum
İnce madde oranı (<0.063)	%	2.7
İnce madde oranı (çok. met.)	%	2.7
Metilen mavisi değeri (kirlilik)	g/ml	0.8
DYK Özgül ağırlığı	g/cm^3	2.6
Su emme oranı	%	1.2
Toplam % H_2O (rutubet)	%	3.3
Organik maddeler		Renksiz

Çizelge 2. Çimentonun özellikleri.

Özellik	Birim	CEM I	
Çözünmez Kalıntı	%	0.52	
SO_3	%	3.16	
Kızdırma Kaybı	%	6.28	
Cl ⁻	%	0.0106	
Özgül Ağırlık	g/cm^3	3.14	
Priz süresi Başlama	dak	230	
Priz süresi Bitiş	dak	270	
Hacim Genleşmesi	mm	1	
Özgül yüzey- Blaine	cm^2/g	3818	
Basınç Dayanımı	2	N/mm^2	24.7
	7	N/mm^2	32.0
	28	N/mm^2	45.6

2.2. Yöntem

Deneylerde kullanılmak üzere hazırlanan harç TS EN 196-1 standardına göre üretilmiştir. Harcın bileşim oranları kütlece bir kısım çimento, üç kısım kum ve 1/2 kısım su, su/çimento oranı 0.50 dir. Buna göre üç deney prizmasına yetecek her kalıp takımı için öngörülen karışım 450 g çimento, 225 g ve 1350 g kum sudan oluşmuştur. Üretim sırasında kullanılan malzeme miktarları Çizelge 3'de verilmiştir.

Öncelikle su ve çimento karıştırma kabına yani harç mikserine konulup karıştırılmıştır. 30 s sonra kum ilave edilmiştir. Karıştırmaya 30 s daha devam edilmiştir. Mikser, 90 s sonra durdurulmuştur. Kabın kenarlarına ve tabanına yapışan harç sıyrılıp, kabın ortasına toplanıp, belirlediğimiz ağırlıklarda yumurta kabuğu eklenerek karıştırmaya 60 s daha devam edilmiştir. Hazırlanan harç karışımları 40x40x160 mm boyutlarındaki kalıplara yerleştirilmiştir. Kalıplara yerleştirilen numuneler bir gün sonra kalıptan çıkarılmış ve kür havuzuna yerleştirilmiştir. 20 °C'lik kür havuzunda 28 gün bekletilmiştir.

28 gün kür edilmiş 40x40x160 mm boyutundaki numuneler, ilk önce ultrases geçiş hızı, üç noktalı eğilme deneyine daha sonrada basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. Böylelikle üretilen numunelerin dayanım durumları ortaya konulmuş ve değerlendirilmiştir.

2.2.1. Eğilme dayanımı

Kür süresini dolduran numunelerin eğilme dayanımı deneyi TS EN 196-1'e göre yapılmıştır. Deneyde; numuneler açıklığı 100 mm olan iki mesnet üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 2). Açıklığın tam ortasından P yükü kırılıncaya kadar artırılmış ve kırma yükü belirlenmiştir.

Eğilme dayanımı (1) bağıntısına göre hesaplanmıştır (TS EN 196-1).

$$R_f = \frac{1.5 \times (F_t \times \ell)}{(b^3)} \quad (1)$$

Çizelge 3. Kullanılan malzeme miktarları.

Numune Kodu	Çimento (g)	Su (g)	Kum (g)	Yum. Kab. (g)
E0	450	225	1350	0
E2	450	225	1323	27
E4	450	225	1296	54
E6	450	225	1269	81
E8	450	225	1242	108
E10	450	225	1215	135

R_f : Eğilme dayanımı, MPa

b: Prizmanın kare kesitinin kenar uzunluğu, mm

F_t : Prizmanın kırıldığı anda ortasına uygulanan kuvvet, N

ℓ : Mesnet silindirleri arasındaki uzaklık, mm

2.2.2. Basınç dayanımı

Eğilme deneyinden sonra iki parçaya ayrılmış olan prizmaların yarım parçası, plâkaları arasına merkezlenerek uzunlamasına yerleştirilmiştir. Yük düzgün şekilde, prizma kırılana kadar artırılmıştır. Basınç dayanımı (2) bağıntısına göre hesaplanmıştır (TS EN 196-1).

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (2)$$

R_c : Basınç dayanımı, MPa

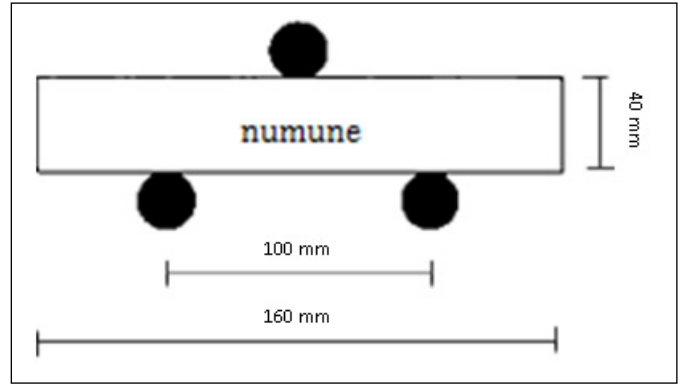
F_c : Kırılmadaki en büyük yük, N

1600: Plakalarının (40x40 mm) alanı, mm²

2.2.3. Ultrases geçiş hızı

Ultrases geçiş hızı deneyi ASTM C597-02'ye göre yapılmıştır. Ultrases geçiş hızı (3) bağıntısına göre hesaplanmıştır.

$$V = \frac{t}{s} \times 10^3 \quad (3)$$



Şekil 2. Eğilme deneyi.

V: Ses üstü dalga hızı, km/s

s: Ses üstü dalga gönderilen yüzeyi ile dalganın alındığı yüzey arasındaki mesafe, m

t: Ses üstü dalganın numune üzerinden geçme süresi, μ s

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

3.1. Eğilme Dayanımı

Harcın içerisine ilave edilen yumurta kabuğu katkısı kullanarak üretilen numunelerin 28 günlük eğilme dayanımları incelendiğinde, eğilme dayanımında katkısız numuneye göre %2 katkı yüzdesinde kontrol numunesi ile yakın değer aldığı Şekil 3'de görülmektedir. Katkısız numunelerde eğilme dayanımı 6.3 MPa iken, %2 katkı oranında 6.2 MPa değerine ulaşmıştır. Katkı yüzdeleri yönünden değerlendirildiğinde; eğilme dayanımı 6.3-5.1 MPa arasında değiştiği Şekil 3'de görülmektedir.

3.2. Basınç Dayanımı

Sertleşmiş harç numunelerinin 28 günlük basınç dayanım değerleri Şekil 4'de verilmiştir. Şekilde 4'te yer alan dayanım değerleri Şekil 3'te verilen eğilme dayanımı ile paralellik göstermektedir.

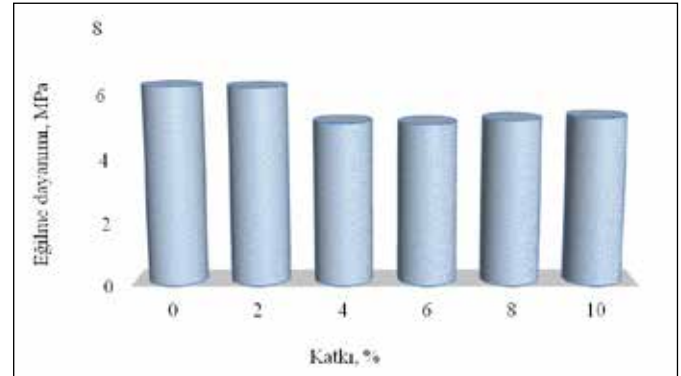
Katkı oranı artığında basınç dayanımının azaldığı Şekil 4'te görülmektedir. Bu numunelerde en yüksek dayanım şahit numunelerde, en düşük dayanım ise %10 katkılı numunelerde saptanmıştır. Katkılı numunelerde basınç dayanımında en yüksek ve en düşük değerleri %2'de 27 MPa %10 katkılı numunelerde 20 MPa olduğu bulunmuştur. Katkı yüzdeleri yönünden değerlendirildiğinde basınç dayanımı değerleri 27-20 MPa arasında değiştiği Şekil 4'te görülmektedir.

3.3. Ultrases Geçiş Hızı

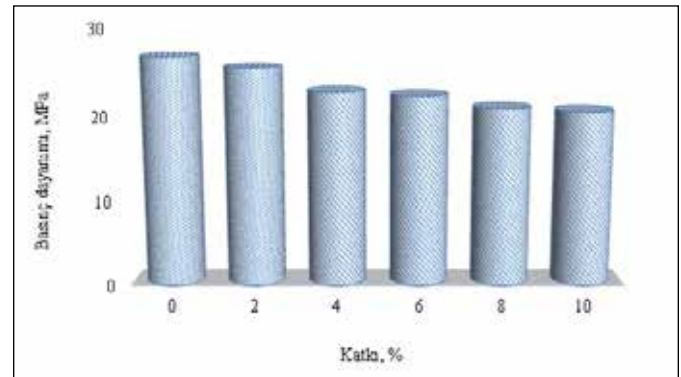
Ultrases geçiş hızı değerlerinin artan katkı oranı ile meydana gelen değişimi Şekil 5'de görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi katkı oranının artmasıyla ultrases geçiş hızında düşmeler gerçekleşmiştir. Bu çalışmada ses dalgalarının harç içinden geçiş hızı belirlenmektedir. Ultrases dalgalarının başlangıç noktasındaki alıcıdan diğer taraftaki alıcıya varış zamanı ölçülerek, dalganın geçtiği uzaklık yardımı ile hesaplanmaktadır. Harç içerisinde boşlukların olması ise ses dalgasının alıcı noktaya varış süresi uzamaktadır ve ultrases geçiş hızı azalmaktadır. Katkı oranı arttıkça harç içerisinde oluşan boşluklardan dolayı numunelerin ultrases geçiş hızının ve basınç dayanımının azaldığı şekilde görülmektedir. Şekil 5 incelendiğinde deney sonuç değerleri 4.63-3.9 km/s arasında değişmiştir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

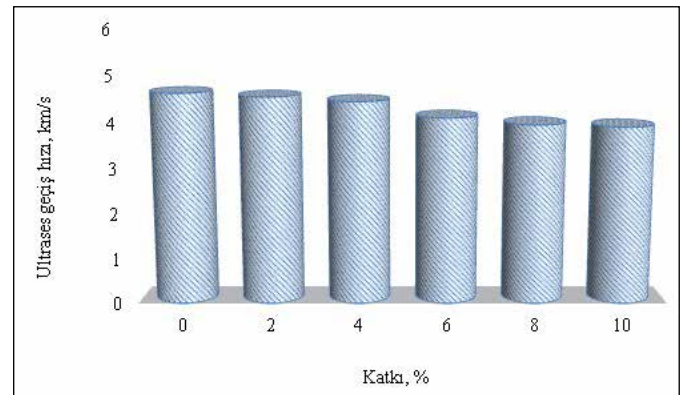
Yapılan bu çalışma, öğütülmüş atık yumurta kabuğunun yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği ve dayanım performansını değerlendirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, atık yumurta kabuğu katkılı harç numunelerinin, ultrases geçiş hızı, eğilme ve basınç dayanımı değerlerinin azalma gösterdiği şekillerde görülmüştür. Eğilme dayanımı %2 katkı oranında katkısız numunelere yakın değer almıştır.



Şekil 3. Katkı yüzdesine göre eğilme dayanımı.



Şekil 4. Katkı oranına göre basınç dayanımı.



Şekil 5. Katkı oranına göre ultrases geçiş hızının değişimi.

Ülkemizde atıkların farklı amaçlarla hem atıkların geri dönüşümü açısından hem de hammadde kullanımını azaltılması açısından ekonomiye katkı sağlayacağından bu tür çalışmalar gittikçe önem kazanmıştır. Bu çalışmaların, atıkların geri kazanımı konusunda oluşturacağı bilinç yaşadığımız dünyaya yansiyacaktır. Kaynaklarımızın sınırlı olduğu ülkemizde geri dönüşüm uygulamalarının inşaat sektöründe potansiyel bir hammadde kaynağı olduğu unutulmamalıdır.

5. Kaynaklar

- Akçaözoglu, S., Akçaözoglu, K. 2016.** Atık kil pestili ve atık pet şişe kırıklarının kompozit malzeme üretiminde değerlendirilmesi. *Niğde Üni. Müh. Bil. Der.*, 5 (2): 218-226.
- Açıkgöç, M., Karataş, M., Ulucan, ZÇ. 2013.** Elazığ Yöresine Ait Atık Tuğla ve Kireç Taşı Tozunun Kendiliğinden Yerleşen Harcın Mühendislik Özelliklerine Etkisi. *Pamukkale Ün. Müh. Bil. Der.*, 19 (6): 249-255.
- Akyıldız, A., Köse, ET., Yıldız, A. 2017.** Compressive strength and heavy metal leaching of concrete containing medical waste incineration ash. *Con. Build. Mat.* 138: 326-332.
- ASTM C597-02, 2009.** Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- Binici, H., Temiz, H., Sevinç, A., Eken M., Küçükönder A., Ergül, T. 2013.** Atık Pil Kömürü ve Yumurta Kabuğunun Radyasyon Tutucu Materyal Olarak Üretimde Kullanılması. *KSU Müh. Bil. Der.*, 16(1): 8-14.
- Binici, H., Sevinç, A., Eken, M. 2012.** Ayçiçek Sapı ve Tekstil Atıkları ile Yalıtım Malzemesi Üretimi. *KSU Müh. Bil. Der.*, 15(1): 13-26.
- Erol, A. 2011.** Yumurta Tavuklarında Rasyona Farklı Kalsiyum Kaynakları İlavesinin Performans ve Yumurta Kabuk Kalitesine Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, 76 s.
- Gowsika, D., Sarankokila, S., Sargunan, K. 2014.** Experimental Investigation of Egg Shell Powder as Partial Replacement with Cement in Concrete. *Inter. Jour. of Eng. Trends and Tech.* 14 (2): 65-68
- Gürer, C., Akbulut, H., Kürklü, G. 2004.** İnşaat Endüstrisinde Geri Dönüşüm ve Bir Hammadde Kaynağı Olarak Farklı Yapı Malzemelerinin Yeniden Değerlendirilmesi. *V. Endüst. Hammad. Semp.*, ss. 28-36.
- İpekçi, C., Coşkun, N., Karadayı, T. 2017.** İnşaat Sektöründe Geri Kazanılmış Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından Önemi. *TÜBAV Bil. Araş. Vakfı.*, 10 (2) : 43-50.
- Köse, ET., Akyıldız, A. 2017.** Kırmızı Çamurun Çimento Bazlı Solidifikasyon/Stabilizasyonu: Ağır Metallerin Sızma Özellikleri. *Pamukkale Üni. Müh. Bil. Der.* PAJES-00187 | DOI: 10.5505/pajes.2016.00187, *Basımda.*
- Özden, Ö. 2015.** Geri Dönüşümün Çevre ve Ekonomi Açısından Önemi. http://toplumhekimligi.istanbul.edu.tr/wp-content/uploads/2015/11/Geri-dönüşümün-çevre-ve-ekonomi-açısından-önemi-Yrd.Doç.Dr._Öznur-ÖZDEN.pdf.
- Pliya, P., Cree, D. 2015.** Limestone derived eggshell powder as a replacement in Portland cement mortar. *Con. Build. Mat.*, 95: 1-9.
- Sarıdemir, M. 2016.** Alkali İle Aktive Edilmiş Ögütülmüş Diatomitli Harçların Dayanım Özellikleri. *Niğde Üni. Müh. Bil. Derg.*, 5(2): 124-134.
- Subaşı, S., Öztürk, H., Emiroğlu M. 2017.** Utilizing of waste ceramic powders as filler material in self-consolidating concrete. *Cond. Build. Mat.* 149(15): 567-574.
- Yılmaz, M. 2012.** Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. *Ank. Üni. Çevre Bilimleri Der.*, 4(2): 33-54.
- Yığıter, M. 2014.** Kısa saplı lif karakterli endüstriyel atıklardan sıva malzemesi üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi, 108 s.
- Yılmaz, Y. 2014.** Beton Üretiminde Uçucu Kül ve Yüksek Fırın Cürufu Kullanılmasının Etkileri ve Maliyet Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, 55 s.
- TS EN 197-1, 2002.** Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 196-1, 2009.** Çimento Deney Metotları, Bölüm 1: Dayanım Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.