

Mikrodalga Kür Yöntemi ile Beton Dayanımın Erken Belirlenmesi

İlker Bekir TOPÇU*
M. Uğur TOPRAK**
Devrim AKDAĞ***

ÖZ

Mikrodalga kürü çimentonun hidrasyon reaksiyonlarını hızlandırarak betonun erken dayanımını artırmaktadır. Bu çalışmada mikrodalga kür uygulanan uçucu küllü harç numunelerinin erken dayanımlarından faydalanarak aynı numunelerin 7 ve 28 günlük standart basınç dayanımlarının önceden tahmin edilmesi araştırılmıştır. Erken dayanım değerlerini artırmak amacıyla çimento harcı (KK) ve uçucu küllü harç numuneleri (UK) için mikrodalga kür (MK) yönteminde etkili olan parametrelerin en uygun değerleri belirlenmiştir. Mikrodalga kür uygulanan KK ve UK numunelerinin erken dayanımlarının sırasıyla 6 ve 8 saatte belirlenmesinin uygun olacağı görülmüştür. KK numunelerinin tahmin edilen 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarının hata oranları sırasıyla \pm % 2.22, \pm % 2.91 olarak belirlenmiştir. UK numunelerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanım tahminleri için ise hata oranları sırasıyla \pm % 4.36, \pm % 5.20 olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: mikrodalga kür, hızlandırılmış kür, dayanım tahmini, harç

ABSTRACT

Early Estimation of Concrete Strength With Microwave Curing Method

Microwave energy can accelerate hydration of cement, which results in rapid strength development of concrete. In this paper, prediction of 7 and 28 day standard compressive strength of fly ash cement mortars, based on the accelerated strength of mortars cured with microwave energy was investigated. To accelerate curing properly, optimal processing parameters of microwave curing (MC) on Portland cement mortars (CM) and fly ash cement mortars (FA) were first determined. The possible early ages for the strength prediction were found to be at 6 and 8 h for CM and FA, respectively. The error percentages for prediction of CM were \pm 2.22% and 2.91% for 7 and 28 days respectively. Error percentages for FA, on the other hand, were \pm 4.36% and 5.20% for 7 and 28 days.

Keywords: microwave curing, accelerated curing, strength prediction, mortar

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 06.03.2007 günü ulaşmıştır.
- 31 Aralık 2008 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir - ilkerbt@ogu.edu.tr
** Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir - utoprak@ogu.edu.tr
*** Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Eskişehir - devrim_akdag@hotmail.com

1. GİRİŞ

Artan konut talebini en kısa sürede ve ekonomik biçimde karşılayabilmek amacıyla betonda dayanım artışını hızlandırmaya yönelik çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında en yaygın olanı betona ısıtma işlemi uygulanarak betonun erken dayanımının artırılmasıdır. Son yıllarda mikrodalga kürü betona erken dayanım kazandırmak için hem çeşitli laboratuvar çalışmalarında hem de endüstride kullanılmaktadır. Mikrodalga kürü beton basınç dayanımının önceden belirlenmesinde de alternatif bir hızlandırılmış kür yöntemi olarak da kullanılabilir. Betonda basınç dayanımının önceden belirlenmesi; kalıp söküm zamanının, inşaatların tamamlanma sürelerinin, ön-germe uygulamalarının zamanının belirlenmesi ve betonda kalite kontrolü açısından büyük önem taşımaktadır [1-8].

Mikrodalga kürü ile ilgili yapılan çalışmalarda, (I) s/ç oranı sırasıyla 0.5 ve 0.40 olan betonlarda 4.5 saatlik basınç dayanımlarının 19 ve 27 MPa olduğu, (II) betonun karıştırılmasından hemen sonra uygulanan mikrodalga kürünün gereksiz suyu buharlaştırarak s/ç oranını düşürdüğü, (III) optimum MK parametreleri (ön bekleme süresi, mikrodalga kür süresi ve gücü) uygulandığında erken dayanımların 7 günlük standart dayanıma yaklaştığı (IV) mikrodalga kür uygulanarak elde edilen erken dayanımların 7 ve 28 yaş standart beton dayanımlarının tahmin edilmesinde kullanılabileceği görülmüştür [1-4]. Burada KK ve UK için en uygun MK çevrimi belirlenmiştir. Ayrıca, MK ile elde edilen erken dayanımlar ile ileri yaş dayanımları arasında oluşturulan doğrusal ilişkiler ile numunelerin 7 ve 28 günlük dayanımlarının önceden tahmin edilmesine çalışılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneylerde harç numunelerinde (KK) CEM I 42.5 (TS EN 197-1) ve standart harç kumu (TS EN 197-1) kullanılmıştır. Uçucu küllü harç numunelerinde (UK) Seyitömer Termik Santrali F sınıfı uçucu küllü çimento yerine ağırlıkça % 10, 20 ve 30 oranlarında kullanılmıştır. Deneylerde üç farklı su/çimento (s/ç) oranı, 0.4, 0.5 ve 0.6 kullanılmıştır. Ayrıca çimento/kum (ç/k) oranı da 1:2, 1:2.5 ve 1:3 olmak üzere üç farklı oranda denenmiştir. Diğer değişkenler; ön bekleme süresi, mikrodalga kür süresi ve erken dayanım deney zamanı olarak belirlenmiştir. Mikrodalga kür uygulanacak numuneler için ekstrude polistren köpük (XPS) kalıplar kullanılmıştır.

2.1. En Uygun Mikrodalga Kür Çevriminin Belirlenmesi

Deneylerde ilk olarak en uygun mikrodalga kür (MK) güç kademesi araştırılmış, 90 W uygun bulunmuştur. Daha yüksek güç kademeleri uygulandığında harç numunelerinde aşırı ısınma ve çatlaklar oluştuğu belirlenmiştir. Deneysel çalışma başlangıcında ön bekleme süresi ve mikrodalga kür süresi 30 ve 45 dk olarak sabit alınıp uygun s/ç ve ç/k oranları belirlendikten sonra diğer parametreler araştırılmıştır. MK sonrası numuneler erken dayanım deney zamanına (MDED) kadar laboratuvar ortamında bekletilmişlerdir. MK uygulanmış ve ileri yaş dayanımları (MD7G) belirlenecek numuneler ise nemli ortamda bir gün kalıplarında, daha sonra kalıplarından çıkarılarak 7 gün sonuna kadar 20±2 °C sıcaklıkta beton kür havuzunda bekletilmişlerdir. Su kürü uygulanmış 7 ve 28 günlük

numuneler (SK7G, SK28G) ise 20±2 °C sıcaklıkta beton kür havuzunda tutulmuşlardır. En uygun kür çevrimini belirlemek için yapılan deney sonuçları Tablo 1’de gösterilmiştir [9].

Tablo 1. En uygun mikrodalga kür çevriminin belirlenmesi için yapılan deney sonuçları

Parametreler	σ_{MDED} , MPa	σ_{MD7G} , MPa	σ_{SK7G} , MPa	
s/ç oranı	0.40	13.09	32.22	37.72
	0.50	11.38	28.81	34.92
	0.60	7.00	24.28	29.57
ç/k oranı	1:2	20.50	48.54	52.72
	1:2.5	15.89	36.52	43.53
	1:3	13.09	32.22	37.72
Mikrodalga kür süresi, dk	30	10.24	49.54	
	45	22.15	48.05	52.72
	60	15.36	42.05	
Ön bekleme süresi, dk	30	22.15	48.05	
	45	20.85	48.20	52.72
	60	19.18	48.34	
	90	16.32	49.10	
Erken dayanım deney zamanı, saat	5	15.48		
	6	22.15		
	7	22.75	48.05	52.72
	8	23.32		

KK için en uygun s/ç ve ç/k oranları sırasıyla 0.40 ve 1:2 olarak belirlenmiştir. En uygun MD süresi, ön bekleme süresi ve erken dayanım deney zamanı sırasıyla 45 dk, 30 dk ve 6 saat olarak belirlenmiştir. MD (45 dk) için numuneler 20 dk 90 W mikrodalga fırında tutulduktan sonra 10 dk mikrodalga güç kapalı bekletilmiştir. Daha sonra 15 dk 90 W MD uygulanmış ve 10 dk güç kapalı tekrar bekletilmiştir. Son olarak 10 dk 90 W daha MD uygulanmıştır. MD (30 dk) için ilk 20 dk MD, arkasından 10 dk bekleme ve 10 dk MD uygulanmıştır. MD (60 dk) ise MD süreleri sabit 20 dk, bekleme süreleri 10 dk alınmıştır.

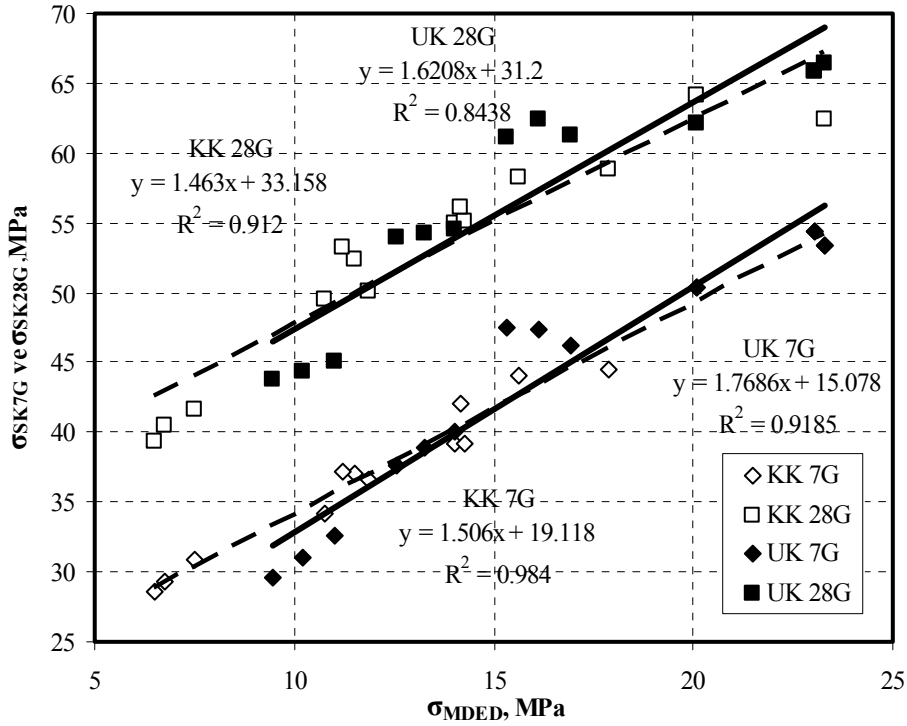
Mikrodalga kürün başlarında, özellikle numune plastik kıvamda iken uygulanan fazla güç kademesinin hidrasyon hızını olumlu yönde etkilediği, priz öncesinde serbest su moleküllerinin uzaklaştırılmasının daha az geçirimli bir yapı oluşturduğu ve dayanımlarda belirgin bir artış sağladığı görülmüştür [10-12]. UK için ön bekleme süresi ve erken

Mikrodalga Kür Yöntemi ile Beton Dayanımının Erken Belirlenmesi

dayanım deney zamanı tekrar araştırılmıştır. UK'da priz süreleri uzadığı için uygun değerler artarak sırasıyla 45 dk ve 8 saat olarak belirlenmiştir.

2.2. İleri yaş basınç dayanımı tahmini

Mikrodalga kür ile elde edilen erken dayanımın 7 veya 28 günlük basınç dayanımlarına oranı arttıkça, erken dayanım-28 günlük dayanım tahminlerinde hata payı azalacaktır [13-17]. Bu nedenle KK ve UK için MK parametrelerinin en uygun değerlerinin belirlenmesinden sonra bu parametreler farklı s/ç ve ç/k oranları, farklı uçucu kül miktarlarına sahip harç numunelerine uygulanmıştır. Çimento harcı (KK) için 15'er ve uçucu küllü harçlar (UK) için 12'şer adet MDED, SK7G, SK28G basınç dayanım değeri kullanılarak oluşturulan 7 ve 28 günlük dayanım tahmini denklemleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. MDED-SK7G ve SK28G dayanımları ilişkisi

3. SONUÇ

Çalışmalar sonucunda, mikrodalga kür yönteminin harç numunelerinin hidratasyon hızını artırarak kısa sürede erken dayanım kazanmalarını sağladığı belirlenmiştir. Erken dayanım artışı sağlarken ileri yaş dayanımında oluşan azalmaları da en aza indirmek için mikrodalga kür yönteminde etkili parametrelerin en uygun değerleri bulunmuştur.

Mikrodalga kür uygulamasının başlarında daha fazla mikrodalga güç uygulanması ve daha sonra güç kademesi azaltılarak kür işlemine devam edilmesi numune içersindeki su moleküllerinin malzemenin yapısına zarar vermeden uzaklaştırılmasını sağlamıştır. Ayrıca mikrodalga kür yönteminin, harç numunelerinin 7 ve 28 günlük standart basınç dayanımlarının mikrodalga kür sonrası elde edilen 6 saatlik basınç dayanımlarından yararlanarak önceden tahmin edilmesine olanak sağladığı görülmüştür. KK numunelerinin tahmin edilen 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarının hata oranları sırasıyla \pm % 2.22, \pm % 2.91 olmuştur. UK numunelerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanım tahminleri için ise hata oranları sırasıyla \pm % 4.36, \pm % 5.20 olarak bulunmuştur. Mikrodalga kür yönteminin KK numunelerinin basınç dayanım tahminlerinde daha güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu deneysel çalışmamızda MK parametrelerinin erken dayanım kazanımını büyük oranda etkilediği anlaşılmıştır. Dolayısıyla, harç ve beton numunelerin ileri yaş dayanımlarının önceden tahmin edilmesinde kullanılan formüllerin elde edilmesi için mikrodalga kür yönteminin uygulanmasından önce ön deneylerin yapılmasının gerekli olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

- [1] C.K.Y. Leung, T. Pheeraphan, Determination of optimal process for microwave curing of concrete, *Cement and Concrete Research*, Vol. 27, No.3, pp. 463-472, 1997..
- [2] R.G Hutchison, J.T Chang, H.M. Jennings and M.E. Brodwin, Thermal acceleration of Portland cement mortars with microwave energy, *Cement and Concrete Research*, Vol. 21, pp. 795-799, 1991.
- [3] T. Pheeraphan, L. Cayliani, M.I. Dumangas, P. Nimityongskul, Prediction of later-age compressive strength of normal concrete based on the accelerated strength of concrete cured with microwave energy, *Cement and Concrete Res.*, Vol.32, pp. 521-527, 2002..
- [4] P.J. Tumidajski, B. Gong, D. Baker, Correlation between 28-day and 6-hour compressive strengths, *Cement and Concrete Research*, Vol. 33, pp. 1491-1493, 2003.
- [5] K. Christopher, Y. Leung, T. Pheeraphan, Microwave curing of Portland cement concrete: experimental results and feasibility for practical applications, *Construction and Building Materials*, Vol. 9, No. 2, pp. 67-73, 1995.
- [6] S.L. Mak, R.W. Banks, D.J. Ritchie, G. Shapiro, Advances in microwave curing of concrete, presented to 4th World Congress on Microwave & Radio Frequency Applications, Sydney, Australia, 22-26 September 2002.
- [7] P. Rattanadecho, N. Suwannapum, B. Chatveera, D. Atong, N. Makul, Development of compressive strength of cement paste under accelerated curing by using a continuous microwave thermal processor. *Materials Science and Engineering: A*, Volume 472, Issues 1-2, pp. 299-307, 2008.
- [8] S.L. Mak, O. Shapiro, T. Son, Proceedings of the Fourth CANMET/ACI/JCI International Conference on Recent Advances in Concrete Technology, Tokoshima, Japan, pp. 531-542. 1998.

Mikrodalga Kür Yöntemi ile Beton Dayanımının Erken Belirlenmesi

- [9] D. Akdağ, Mineral Katkılı Harçlarda Mikrodalga ile Uygulanan Hızlandırılmış Kürde En Uygun Kür Çevriminin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 66s., 2007.
- [10] K. Christopher, Y. Leung and T. Pheeraphan, Very high early strength of microwave cured concrete, *Cement and Concrete Research*, Vol. 25, pp. 136-146, 1995.
- [11] T. Pheeraphan, Accelerated curing of concrete with microwave energy, PhD Thesis, MIT, USA, 1997.
- [12] X. Wu, J. Dong, M. Tang, Microwave curing technique in concrete manufacture, *Cement and Concrete Research*, 17, No: 2, pp. 205-210, 1987.
- [13] Topçu, İ.B., Toprak, M.U., Fine aggregate and curing temperature effect on concrete maturity, *Cement and Concrete Research*, Vol. 35, pp. 758-762, 2005.
- [14] Topçu, İ.B., Toprak, M.U., A discussion of the paper The maturity method: Modifications to improve estimation of concrete strength at later age by Yahia A. Abdel-Jawad, *Construction and Building Materials*, Vol. 21, Issue 5, pp. 1144-1148, May 2007.
- [15] Topçu, İ.B., Karakurt, C., Farklı Çimentolar ile Üretilen Betonların Olgunluğu, İMO, İstanbul Bülten, Sayı 80, ss. 18-22, 2005.
- [16] Topçu, İ.B., Toprak, M.U., Akdağ, D., Determination of optimal microwave curing cycle for fly ash mortars, *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 35, Number 4, pp. 349-357, 2008.
- [17] Topçu, İ.B., Karakurt, C., Sarıdemir, M., Predicting the strength development of cements produced with different pozzolans by neural network and fuzzy logic, *Materials and Design*, Vol. 29, Issue 10, pp. 1986-1991, 2008.