

Mikrodalga Kürün Harç Özelliklerine Etkileri

İlker Bekir TOPÇU*
M. Uğur TOPRAK**
Abdullah KIRMIZI***

ÖZ

Mikrodalga kür (MK) çimentonun hidrasyon hızını arttırarak harç numunelerinin erken dayanım kazanmalarını sağlayan bir yöntemdir. Bu çalışma iki bölümden oluşmakta olup, ilk kısımda farklı ön bekleme sürelerinde (ÖBS: 15, 60, 120, 240 ve 360 dk) uygulanan MK'nın (90 W, 100 dk boyunca) harçların sıcaklık değişimleri ve su içeriklerine etkileri; ikinci kısımda ise aynı 5 ÖBS'de uygulanan MK'nın (90 W, 32 dk) harçların 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarına etkileri belirlenmiştir. MK'nın harçlara erken dayanım kazandırmada ve hidrasyon derecelerinin belirlenmesinde kullanılabilceği görülmüştür. En yüksek 2 günlük basınç dayanımı 120 dk ÖBS'de elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: mikrodalga kür, harç, hidrasyon derecesi, basınç dayanımı.

ABSTRACT

Effect of Microwave Curing on Mortar Properties

Microwave curing (MC) is a method that can accelerate hydration of cement, which results in rapid strength increase of mortars. In this study, first the effect of MC (90 W, during 100 mins) on temperature change and water content properties then the effect of MC (90 W, 32 mins) on 2, 7 and 28 day compressive strength of mortars having different precuring times (PT) as (15, 60, 120, 240 ve 360 mins) were investigated. MC can be used to determine the hydration degree of the mortars and rapid strength increase of mortars. The highest 2 day compressive strength was obtained for 120 mins PT.

Keywords: microwave curing, mortar, hydration degree, compressive strength.

1. GİRİŞ

Mikrodalga kür (MK) harçlara erken dayanım kazandırmada ve hidrasyon derecesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır [1-7]. Mikrodalga enerjisi, polar bir moleküler yapıya sahip olan su molekülleri tarafından emilerek harç içerisinde ısı oluşumunu sağlamakta ve

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 09.03.2010 günü ulaşmıştır.
- 30 Haziran 2011 gününe kadar tartışmaya açıktır.

- * Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir - ilkerbt@ogu.edu.tr
- ** Dumlupınar Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kütahya - utoprak@dpu.edu.tr
- *** Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl., Eskişehir - kirmizitoprak_44@hotmail.com

bu ısı çimentonun hidratasyonunu hızlandırarak harca erken dayanım kazandırmaktadır. Harç içerisinde su moleküllerinin eşit dağılması nedeniyle MK'da ısı harcın her yerinde aynı anda oluşmaktadır. Böylece harcın ısınması hızlı ve homojen olmakta, ısıl gerilmeler azalmaktadır [4-8]. MK'nın harçların hidratasyonuna etkileri harç içerisinde kalan su içeriğine ve harcın ulaştığı sıcaklığa göre değişmektedir. [9-10]. Bu çalışmada MK'nın farklı ön bekleme süresine (ÖBS) sahip harçların özelliklerine etkileri araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışma; (i) farklı ÖBS'lere (15, 60, 120, 240 ve 360 dk) sahip 4×4×16 cm boyutlarındaki harç numunelerde MK'nın (90 W, 100 dk boyunca) harçların iç sıcaklık (IS), iç-dış sıcaklık farkı (SF), buharlaşan su/toplam su oranına (BS/TS), hidratasyon derecesine (HD) ve (ii) MK'nın (90 W, 32 dk) harçların basınç dayanımlarına etkilerinin araştırılması üzere iki bölümden oluşmaktadır. Her ÖBS için 3 adet olmak üzere ilk bölümde 15, ikinci bölümde 54 numune kullanılmıştır. MK daha yüksek güç seviyelerinde uygulandığında harçlarda aşırı ısınma ve çatlak oluştuğundan [11] MK güç seviyesi 90 W alınmıştır. Sıcaklık ölçümleri dijital termometre ile yapılmıştır. Harçlarda su/çimento/kum oranı 0.5:1:3'tür. Çimento özellikleri Tablo 1'de, kullanılan cihazlar Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun özellikleri

Kimyasal bileşimi	%	Kimyasal bileşimi	%
SiO ₂	31.53	Na ₂ O	1.33
Al ₂ O ₃	7.06	SO ₃	2.01
Fe ₂ O ₃	3.29	KK	6.20
CaO	48.89	ÇK	0.27
MgO	1.46	Serbest CaO	1.31
K ₂ O	0.12	Reaktif CaO ve SiO ₂	-
Fiziksel özellikler		Basınç dayanımı, MPa	
Özgül ağırlık, Blaine (cm ² /gr)	3.05, 3450	7, 28 günlük	>16, 32.5



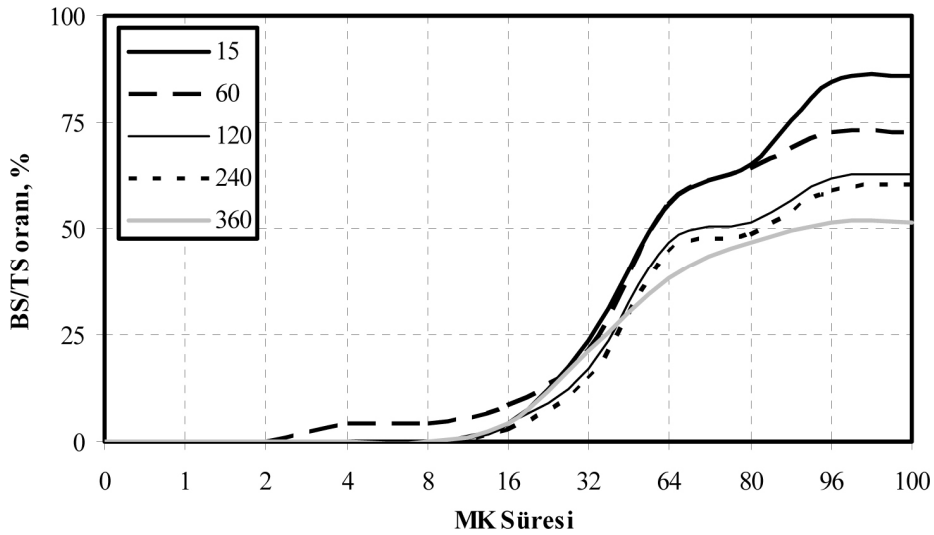
Şekil 1. Cam kalıp, mikrodalga fırın (1200 W, 2450 MHz) ve basınç presi (200 ton)

3.1 Mikrodalga Kürün Harçların Sıcaklık ve Hidratasyon Derecelerine Etkisi

Farklı ÖBS'lerde uygulanan MK'nın 100 dk boyunca harçların IS ve SF'sine etkileri Tablo 2'de incelenmiştir. İS'nin 32. dk'da 75-85 °C, 64. dk'da 88-92 °C aralığında olduğu, 15 dk ÖBS'de İS'nin 50 °C'ye kadar düştüğü görülmüştür. Farklı ÖBS'ler için SF'lerin farklı değerler aldığı görülmektedir. SF'nin en yüksek değerleri 360 dk ÖBS'de elde edilmiştir.

Tablo 2. MK'nın harçların iç sıcaklıklarına ve iç-dış sıcaklık farklarına etkileri

MK Süresi (dk)	ÖBS, dk									
	15		60		120		240		360	
	IS,°C	SF,°C	IS,°C	SF,°C	IS,°C	SF,°C	IS,°C	SF,°C	IS,°C	SF,°C
0	18.6	0.3	16.9	0.2	17.2	0.3	23.2	2.9	17	0.4
1	22.4	0.7	32.5	2.8	22.6	0.9	30.5	2.3	22.6	0.8
2	26.2	1.1	38.5	2.1	27.4	0.4	35.9	5.5	27.6	1.3
4	32.4	1.1	44.2	2.4	34.8	1.1	43.5	4.3	36.7	1.8
8	44.7	3.3	50.4	4.6	46.8	2.4	56.7	10.4	47.5	3.9
16	65.2	10.0	64.2	8.1	60.5	8.7	69.8	14.4	64.5	11.3
32	81.2	20.6	85.6	15.2	75.7	13.6	85.2	20.4	74.7	12.5
64	90.5	26.4	88.3	17.0	91.2	16.1	91.8	21.2	91.8	21.5
80	90.8	34.6	84.1	14.5	92.1	13.5	90.2	25.1	90.4	20.6
96	53.9	5.3	90.4	16.6	92.3	13.8	91.6	13.3	86.9	30.2
100	50.7	6.1	81	8.7	88.6	18.9	88.1	16.2	85.6	31.6

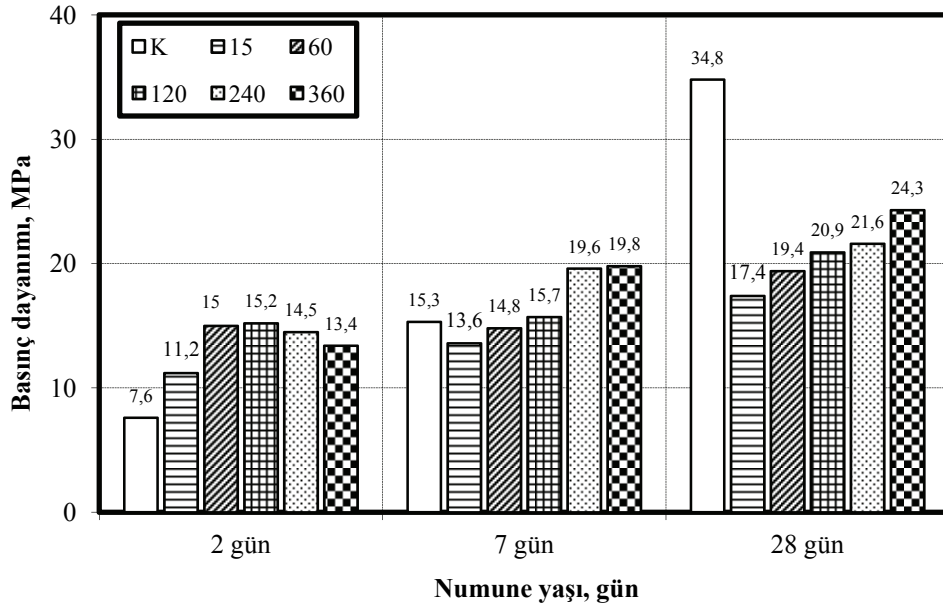


Şekil 2. Farklı ÖBS'li harçlarda buharlaşan su/toplam su oranı-MK süresi ilişkisi

Şekil 2’de farklı ÖBS’lerde BS/TS oranlarının 100 dk MK boyunca değişimi verilmektedir. Şekil 2’den BS/TS oranının bütün ÖBS’lerde ilk 20 dk birbirine yakın, daha sonra kısa ÖBS’lerde daha yüksek olduğu görülmüştür. ÖBS’si 15, 60, 120, 240 ve 360 dk olan harçlarda BS/TS oranı sırasıyla % 85.7, 72.5, 62.9, 60.3 ve 51.2 dir. Buradan ÖBS’si 15, 60, 120, 240 ve 360 dk olan harçlarda hidrasyon derecesi (HD: kütlece buharlaşmayan su/çimento miktarı) % 7.2, 13.8, 18.6, 19.9 ve 24.4 olarak hesaplanmıştır.

3.2 Mikrodalga Kürün Harçların Basınç Dayanımlarına Etkisi

Literatüre göre özellikle numune plastik kıvamda iken MK hidrasyon hızını artırarak erken dayanımlarda belirgin bir artış sağlamaktadır [12]. Farklı ÖBS’de MK (90 W, 32 dk) uygulanmış harçlar ve kontrol harçlarının (K) 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları (MPa) Şekil 3’te araştırılmıştır. MK sonrası numuneler 20 ± 2 °C’ye kadar soğutulduktan sonra K ile beraber 20 ± 2 °C sıcaklıkta beton kür havuzunda tutulmuşlardır. ÖBS’si 15, 60, 120, 240 ve 360 dk olan harçların 2 günlük basınç dayanımları sırasıyla 11.2, 15, 15.2, 14.5 ve 13.4’tür. MK ile elde edilen yüksek erken dayanımlarda literatürde verildiği gibi [13] çimentodaki yüksek alkali miktarının hızlandırılmış kür uygulamalarında harçların HD’sini artırmasının da katkısı olduğu düşünülmektedir. Erken dayanım kazanımı açısından en uygun ÖBS 120 dk’dır. K’ya göre 15 ve 60 dk ÖBS’lerde harçların 7 günlük basınç dayanımları düşük, 120 dk ve daha uzun ÖBS’lerde ise yüksek bulunmuştur. Bütün serilerde 28 günlük basınç dayanımları K’ya göre % 30-50 daha düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 3. Farklı ÖBS’li harçlarda basınç dayanımı- numune yaşı ilişkisi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

MK ile IS 100 °C'ye çıkmadan suyun harcın bünyesinden SF'nin oluşturduğu basıncın etkisiyle atıldığı gözlemlenmiştir. ÖBS uzadıkça hidrasyon ilerlemektedir. Dolayısıyla BS/TS oranı azalmakta, HD artmaktadır. Harçların hidrasyon derecesinin MK ile belirlenebileceği görülmüştür. MK'nın harçların erken dayanım kazanmalarını sağlayan bir kür yöntemi olarak gelişebileceği görülmektedir. Harçların 7 ve 28 günlük basınç dayanımları ÖBS arttıkça artmaktadır. Buradan ÖBS arttıkça MK'nın ileri yaş basınç dayanımları üzerindeki olumsuz etkilerinin azaldığı görülmektedir.

MK uygulanan harçların ileri yaş dayanımlarının düşük olmasının nedenleri (i) yüksek sıcaklıkta oluşan hidrasyon ürünlerinin çimento tanesi etrafında kabuk oluşturarak, çimento tanesinin iyon difüzyonunu azaltması (ii) MK'nın çimentonun hidrasyonu için gerekli olandan daha fazla suyu buharlaştırması nedeniyle çimento tanelerinin hidrasyon reaksiyonlarını tamamlayamaması ve (iii) MK nedeniyle oluşan boşluklu ve çatlaklı yapı olarak yorumlanmıştır [4, 5, 11]. Bu nedenlerle MK uygulamalarında (i) çatlaklı yapı oluşmaması amacıyla harçların plastik kıvamını kaybetmeyeceği kadar kısa ve (ii) çimentonun hidrasyonda kullanacağı kadar suyu buharlaştırmayacak kadar uzun bir ÖBS seçilmelidir. Harçların 2 günlük basınç dayanımları dikkate alındığında MK uygulamaları için en uygun ÖBS 120 dk olarak belirlenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Pheeraphan, T., Cayliani, L., Dumangas, M.I., Nimityongskul, P., Prediction of later-age compressive strength of normal concrete based on the accelerated strength of concrete cured with microwave energy, *Cement and Concrete Research*, Vol. 32, pp. 521-527, 2002.
- [2] Tumidajski, P.J., Gong, B., Baker D., Correlation between 28-day and 6-hour compressive strengths, *Cement and Concrete Research*, Vol. 33, pp. 1491-1493, 2003.
- [3] Mak, S.L., Banks, R.W., Ritchie, D.J., Shapiro, G., Advances in microwave curing of concrete, 4th World Congress on Microwave & Radio Frequency Applications, Sydney, Australia, 22-26 September 2002.
- [4] Rattanadecho, P., Suwannapum, N., Chatveera, B., Atong, D., Makul, N., Development of compressive strength of cement paste under accelerated curing by using a continuous microwave thermal processor. *Materials Science and Engineering: A*, Vol. 472, No. 1-2, pp. 299-307, 2008.
- [5] Topçu, İ.B., Toprak, M.U., Akdağ, D., Mikrodalga kür yöntemi ile beton dayanımın erken belirlenmesi, *İMO Tek. Der.*, Cilt 19, Sayı 4, 4539-4544, Ekim 2008, Yazı 300.
- [6] Pheeraphan, T., Accelerated curing of concrete with microwave energy, PhD Thesis, MIT, USA, 1997.
- [7] Sutton, W. H., Microwave processing of ceramic materials, *Ceramic Bulletin*, Vol. 68, No. 2, 1989.
- [8] Yıldız, K., Alp, A., Metalurjik proseslerde mikrodalga kullanımı, *Metalurji Dergisi*, Cilt 24, Sayı:125, s.24-29, 2000.

- [9] Haddad, R.H., Alqadi, I.L., Characterization of portland cement concrete using electromagnetic waves over the microwave frequencies. *Cement and Concrete Research*, Vol. 28, No. 10, pp. 1379-1391, 1998.
- [10] Miura, N., Shinyashiki, N., Yagihara, S., Shiotsubo, M., Microwave dielectric study of water structure in the hydration process of cement paste. *J. Am. Cer. Soc.* 81 (1), pp. 213-216, 1998.
- [11] Kırmızı, A., Standart harçlarda mikrodalga ile uygulanan hızlandırılmış küre en uygun kür çevriminin belirlenmesi, Bitirme Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 46 s., 2010.
- [12] Topçu, İ.B., Toprak, M.U., Akdağ, D., Determination of optimal microwave curing cycle for fly ash mortars, *Canadian Jour. of Civil Eng.*, Vol. 35(4), pp. 349-357, 2008.
- [13] Pekmezci, B.Y., Uyan, M., Akman, M. S., Yüksek performanslı çimentolu ürünlerin hamur fazının otojen rötre özellikleri, *İTÜ Dergisi*, Cilt 6, Sayı 4, 49-60, Ağu. 2007.