ÇİMENTO HAMURUNUN PRİZ SÜRESİ VE GENLEŞMESİNE MİNERAL VE KİMYASAL KATKILARIN ETKİSİ

EFFECT OF MINERAL AND CHEMICAL ADMIXTURES ON SETTING TIME AND EXPANSION OF CEMENT PASTE

Tayfun UYGUNOĞLU
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, 03200 Afyonkarahisar, uygunoglu@aku.edu.tr

İlker Bekir TOPÇU
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26480 Eskişehir, ilkerbt@ogu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, CEM I 42.5R tipi Portland çimentosuyla birlikte farklı tipte mineral katkıların yer değiştirilmesiyle ve farklı oranlarda kimyasal katkı kullanılmak suretiyle çimento hamurunun sabit işlenebilirlik için gerekli su gereksinimi (kıvam suyu), kimyasal katkı miktarına bağlı olarak katkının su kesme oranı belirlenmiştir. Aynı zamanda, hem mineral hem de kimyasal katkının çimento hamurunun priz süresine olan etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda çimento ile uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu, kırmataş tozu ve tuğla tozu ağırlıkça %0 (kontrol), %10, %20 ve %30 oranlarında yer değiştirilerek 20 farklı seri üretilmiştir. Her bir seride bağlayıcı miktarının (çimento+mineral katkı) ağırlıkça %0, %1, %2 ve %3 oranlarında polikarboksilat esaslı süperakışkanlaştırıcı kullanılarak toplamda 80 seri tasarlanmıştır. Elde edilen seriler üzerinde kıvam suyu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak yüksek oranda kullanılan kimyasal katkı içeriğinin su kesme oranı belirlenmiştir. Normal kıvamda hazırlanan her bir katkılı çimento hamurunun yine priz başlangıç ve bitiş süreleri ölçülmüştür. Sonuçta, kimyasal katkı kullanılması ile tüm mineral katkılı serilerin kıvam suyu miktarı azalmıştır. Mineral ve kimyasal katkıların kullanım oranının artmasıyla çimento hamurunun priz başlangıç ve bitiş sürelerinin arttığı gözlenmiştir. Ayrıca mineral katkı kullanım oranının artmasıyla birlikte çimento hamurunun genleşme değeri de azalmıştır.

Anahtar kelimeler: Mineral katkı; kimyasal katkı; kıvam suyu; priz süresi.

Abstract

In this study, water requirement and consistency for a constant workability of cement paste with different type of mineral admixture and chemical admixture in different ratio was determined. Moreover, influence of both mineral and chemical admixture on setting time of cement paste was investigated. In experimental studies, fly ash, silica fume, blast furnace slag, crushed stone powder and brick powder replaced with cement in ratios of 0% (control), 10%, 20% and 30% by weight, and 20 different series were produced. Also, superplasticizer was added to each series in ratios of 0%, 1%, 2% and 3% by weight of cement, and totally 80 series were designed. On the series, water content for consistency was determined. Depending

on this, water reducing-ability of chemical content was also determined. Moreover, initial setting time and final setting time of each cement paste was measured. As a result, water requirement of all the mixtures containing mineral admixtures decreased by using the chemical admixture. It was observed that setting time of cement was lengthened by increase of replacement ratios of mineral and chemical admixtures. Moreover, the expansion of the cement pastes was reduced by using of mineral admixture.

Keywords: Mineral admixture; chemical admixture; consistency water; setting time.

1. GİRİŞ

Günümüzde beton teknolojisinde kullanılan kimyasal ve mineral katkıların kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bileşenleri açısından önceleri sadece su, çimento ve agregadan oluşan beton, bünyesine kimyasal ve mineral katkıların girmesiyle pek çok olumlu özelik kazanmıştır. Modern beton teknolojisinde kimyasal ve mineral katkısız bir beton neredeyse üretilmez hale gelinmiştir [1]. Yüksek oranda su azaltma yeteneğine sahip akışkanlaştırıcılar aynı zamanda taze betonun işlenebilirliğini de arttırmaktadır [2]. Yüzyılımızda beton teknolojisini yepyeni boyutlara taşıyan farklı tipteki süperakışkanlaştırıcı katkılar sayesinde beton, kendiliğinden yerleşebilir halde üretilebilmektedir [3]. Bu betonlar kendiliğinden yerleşen betonlar (KYB) olarak adlandırılmakta olup, içerik olarak en fazla mineral ve kimyasal katkıların birlikte kullanıldığı betonlardır. Süperakışkanlaştırıcı katkılar, çimento taneciklerinin çevresini sararak karışımın içinde homojen bir şekilde dağılmalarını sağlarlar [4,5]. Böylece dayanım ve dayanıklılığı geliştirilmiş yüksek performanslı betonlar elde edilebilir. KYB'nin bileşimi, etkin bir süperakışkanlaştırıcı yanında toplam ince malzeme miktarı, viskozite artırıcı katkı, su-bağlayıcı oranı, en büyük agrega boyutu, kum-toplam agrega oranı ve toplam iri agrega miktarı gibi parametreler açısından geleneksel betondan farklılıklar gösterir [6]. KYB ve yüksek dayanımlı betonların bileşenler açısından normal betondan en büyük farkı, 100 μ altındaki ince malzemedir [7]. Bu ince malzemeler filler malzeme olarak adlandırılan mineral katkılar olup, genel olarak betonda kullanımı kanıtlanmış olan silis dumanı, uçucu kül, kırmataş tozu, tuğla tozu, kaolen ve mermer tozu gibi atık malzemelerdir [8-10].

Hem kimyasal katkıların çeşitliliği hem de mineral katkıların tip olarak birbirinden oldukça farklılık göstermesi nedeniyle bu iki farklı malzemenin çimento hamuruyla birlikte kullanımında, çimento hamuruna yaptıkları etkilerin bilinmesi gereklidir. Bu etkilerin başında priz süresi gelmektedir. Priz süresi, çimentonun su ile birleştiği andan itibaren çimento hamurunun plastik (sıvı-şekil verilebilir) özeliğini kaybederek katılaşmaya başlaması olarak adlandırılır [11]. Priz süresi, çimento hamurunun katılaşmaya başladığı süre olan priz başlangıç süresi ve çimento hamurunun tamamen katılaştığı zamana kadar geçen priz bitiş süresi olmak üzere iki kategoride adlandırılmaktadır. Bazı mineral katkıların çimento hamuru priz süresine etkisi detaylı bir şekilde araştırılmış olmasına rağmen yüksek oranda kimyasal katkı kullanımı durumunda çimento-mineral-kimyasal katkı etkileşiminin priz süresine etkisi üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmalardan bazıları burada verilmiştir. Yaman ve Şahmaran [12], kendiliğinden yerleşen harçlarda kullanılan mineral ve kimyasal katkıların etkisini araştırmışlardır. Deney sonuçlarına göre, kendiliğinden yerleşen harçlarda kimyasal katkı ile uçucu kül ve kırmataş tozu kullanımı durumunda harçların priz sürelerinin iyileştirildiği belirtilmektedir. Brooks vd. [13] uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu ve metakaolin içeren yüksek dayanımlı betonların penetrasyon direncini ölçmek suretiyle priz sürelerini araştırmışlardır. Mineral katkı içeriğinin arttırılmasıyla betonun priz süreleri de artmıştır. Şahmaran vd. [8] mineral ve kimyasal katkı etkileşiminin kendiliğinden yerleşen harçlar üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Mineral katkı olarak uçucu kül, tuğla tozu, kırmataş tozu ve kaolin tozu kullanmışlardır. Özellikle uçucu kül kullanımında priz süresinin arttığı gözlenmiştir. Bu çalışmada da çimentoyla birlikte farklı mineral ve kimyasal katkı kullanılması ile oluşturulan farklı oranlardaki çimento hamurlarının priz süreleri ölçülmüştür.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzemeler ve özelikleri

Kırmataş tozu ve çimento, Afyonkarahisar'da hazır beton tesislerinden alınmıştır. Çimento, Afyon Set Çimento fabrikası ürünüdür. Uçucu kül ve silis dumanı sırasıyla Tunçbilek Termik Santrali ve Etibank Antalya Elektrometalurji Sanayi İşletmesi'nden temin edilmiştir. Tuğla tozu, Afyonkarahisar'daki bir tuğla fabrikasının kırık ve atık tuğlalarının bilyalı değirmende öğütülerek 125 μm'den elenmesiyle elde edilmiştir. Yüksek fırın cürufuda Bolu Çimento'dan getirilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan CEM I 42.5/R tipi Portland çimentosunun ve mineral katkılar olan uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu, tuğla tozu ve kırmataş tozunun kimyasal analizleri Çizelge 1'de toplu bir şekilde sunulmuştur.

Çizelge 1. Çimento ve mineral katkıların karakteristik özelikleri

Bileşen, %	**Çimento**	**Yüksek F. Cürufu**	**Uçucu Kül**	**Silis Dumanı**	**Tuğla Tozu**	**Kırmataş Tozu**
CaO	63.6	39.8	6.66	1.48	4.56	51.4
SiO_2	16.6	32.8	47.4	74.7	50.7	2.96
Al_2O_3	4.72	11.8	19.8	0.46	23.8	1.13
Fe_2O_3	3.27	1.45	11.8	0.84	8.32	0.2
S+A+F	-	*46.05*	*79.0*	*76.0*	*82.8*	*4.3*
MgO	1.91	4.15	4.76	3.64	2.28	1.0
Na_2O	0.34	0.51	0.57	0.85	0.98	0.03
K_2O	1.06	0.91	2.62	5.05	4.34	0.14
SO_3	4.72	2.06	1.86	2.48	0.98	0.03
Cr_2O_3	0.04	0.02	0.13	2.83	0.03	-
TiO_2	0.41	0.63	0.88	0.63	1.1	0.07
K.K.	2.69	2.2	2.76	5.97	2.45	42.9
Özgül ağırlık	3.07	2.8	1.99	2.44	2.73	2.72
İncelik (Özgül yüzey alanı), cm^2/g	3312	4982	3126	14000	3954	2427

Çizelge 1'de ayrıca bağlayıcı ve mineral katkılara ait özgül ağırlık ve incelik değerleri de verilmiştir. İncelik değeri olarak silis dumanı dışında diğer tüm mineral katkılar ve çimento için Blaine cihazıyla belirlenen incelik değeri verilirken, silis dumanı için BET yöntemiyle elde edilen değer kullanılmıştır. Karışımlarda ayrıca yeni nesil süperakışkanlaştırıcı (SA) katkı kullanılmış olup, katkının yoğunluğu 1.1 ve pH değeri 4, katı madde oranı %20'dir.

2.2. Yapılan Deneyler

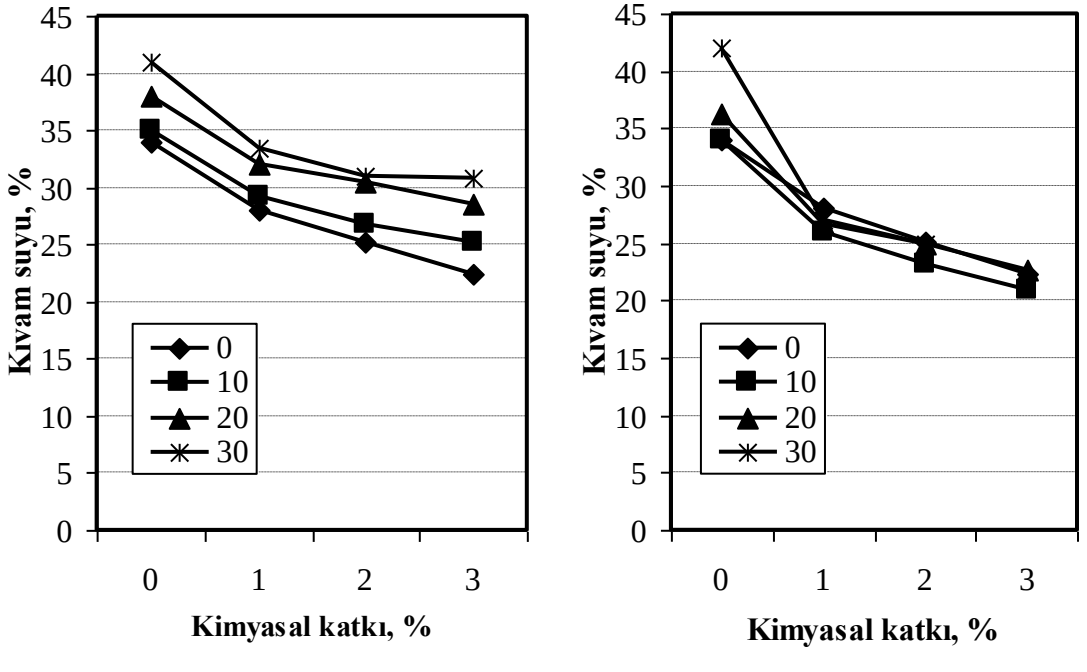
Deneylere çimento-mineral katkı karışımlarının su gereksiniminden başlanmıştır. Bunun için öncelikle çimentoyla mineral katkının her birinin %0, %10, %20 ve %30 oranlarında yer değiştirilmesi sonucunda kıvam suyuna etkisi belirlenmiştir. Kıvam suyu, mekanik vikat aletiyle çimentonun her bir mineral katkıyla belirli oranlarında yer değiştirilmesiyle üretilen çimento hamurlarında TS EN 196-3 [14] standardına göre belirlenmiştir. Belirlenen kıvam suyu ile birlikte yeni çimento hamurları hazırlanarak yine aynı standarda göre mineral katkı kullanımının çimento hamuru priz başlangıç ve bitiş sürelerine etkisi araştırılmıştır. Priz sürelerinin ölçümünde otomatik vikat aleti kullanılmıştır. Priz başlangıç süresi olarak, vikat iğnesinin harç içerisine koni üst seviyesinden 35±1 mm girebildiği andaki süre; priz bitiş süresi olarak da vikat iğnesinin koni üst seviyesinden itibaren 1 mm derinliğe inebildiği andaki süre dikkate alınmıştır.

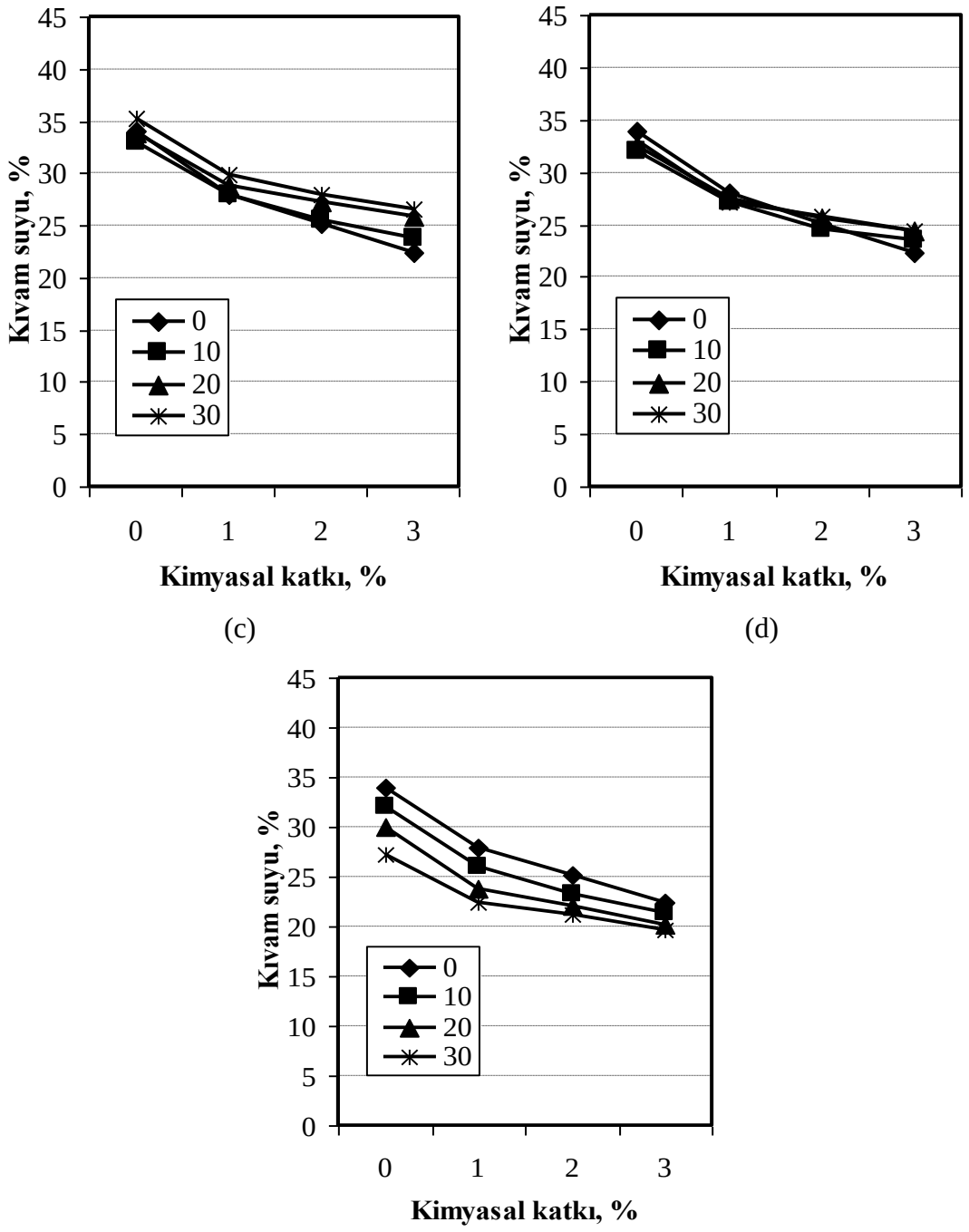
Mineral katkıların çimento hamurunda Le Chatelier kalıbıyla genleşme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Normal kıvamda hazırlanan mineral katkılı çimento hamurları Le Chatelier kalıbına yerleştirildikten sonra 20 ^{o}C sıcaklıktaki su içerisinde 24 saat bekletilmişlerdir. Daha sonra kalıbın çubukları arasındaki açıklık kumpasla ölçülmüş ve kalıp içerisindeki numuneyle birlikte 4 saat boyunca kaynar suda tutulmuştur. Oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra çubuklar arasındaki açıklık tekrar ölçülerek kaydedilmiştir. İki ölçüm arasındaki fark hazırlanan karışımın genleşme değeri olarak alınmıştır.

3. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Vikat aletinde sondanın sabit çökme değeri için mineral katkı içeren çimento hamuruna konulan su miktarları, diğer bir ifadeyle kıvam suyu miktarı mineral katkı tipi ve içeriğine göre Şekil 1'de verilmiştir. Kontrol karışımı olarak üretilen ve mineral katkı içermeyen çimento hamurunun (%0 olan karışımlar) kıvam suyu miktarı % 34 oranındadır. Çimentonun mineral katkılarla yer değiştirilmesiyle birlikte kırmataş tozu (KT) kullanılan seriler haricinde tüm karışımlarda kıvam suyu artmıştır. Bu artışın nedeni, çimentoya göre daha düşük özgül ağırlığa sahip olan çimentoyla aynı ağırlıktaki mineral katkıların daha fazla hacim kaplamasıdır. Yüzey alanının artmasından dolayı bu alanların kaplanması için gerekli su miktarı da (kıvam suyu) artmıştır. En fazla kıvam suyu, çimentodan daha ince tanelere sahip olan silis dumanının kullanıldığı çimento hamurunda elde edilmiştir. Silis dumanı (SD) yer değiştirme oranı arttıkça kıvam suyu da artmıştır. Yer değiştirme oranı %30 iken, hamurun kıvam suyu miktarı yaklaşık %42 oranına yükselmiştir.

Silis dumanından sonra çimento hamuruna göre en fazla kıvam suyu %30 oranında uçucu kül (UK) kullanılan karışımlarda yaklaşık %41 oranında elde edilmiştir. Yüksek fırın cürufu (YFC) ve tuğla tozunun (TT) kullanıldığı karışımlarda da çimento hamuruna göre daha fazla kıvam suyu elde edilmişse de mineral katkının kullanım oranıyla ilişkili olarak kıvam suyundaki artışlar uçucu kül ve silis dumanındaki kadar yüksek değildir. Kırmataş tozunun (KT) da özgül ağırlığı çimentonunkinden daha az olmasına rağmen, yer değiştirme oranı artıkça %10 oranından sonra kıvam suyu azalmaya başladığı görülmüştür. Bunun nedeni de kırmataş tozunun çimento tanelerine göre daha iri olması ve bunun sonucunda da daha az yüzey alanına sahip olmalarıdır.

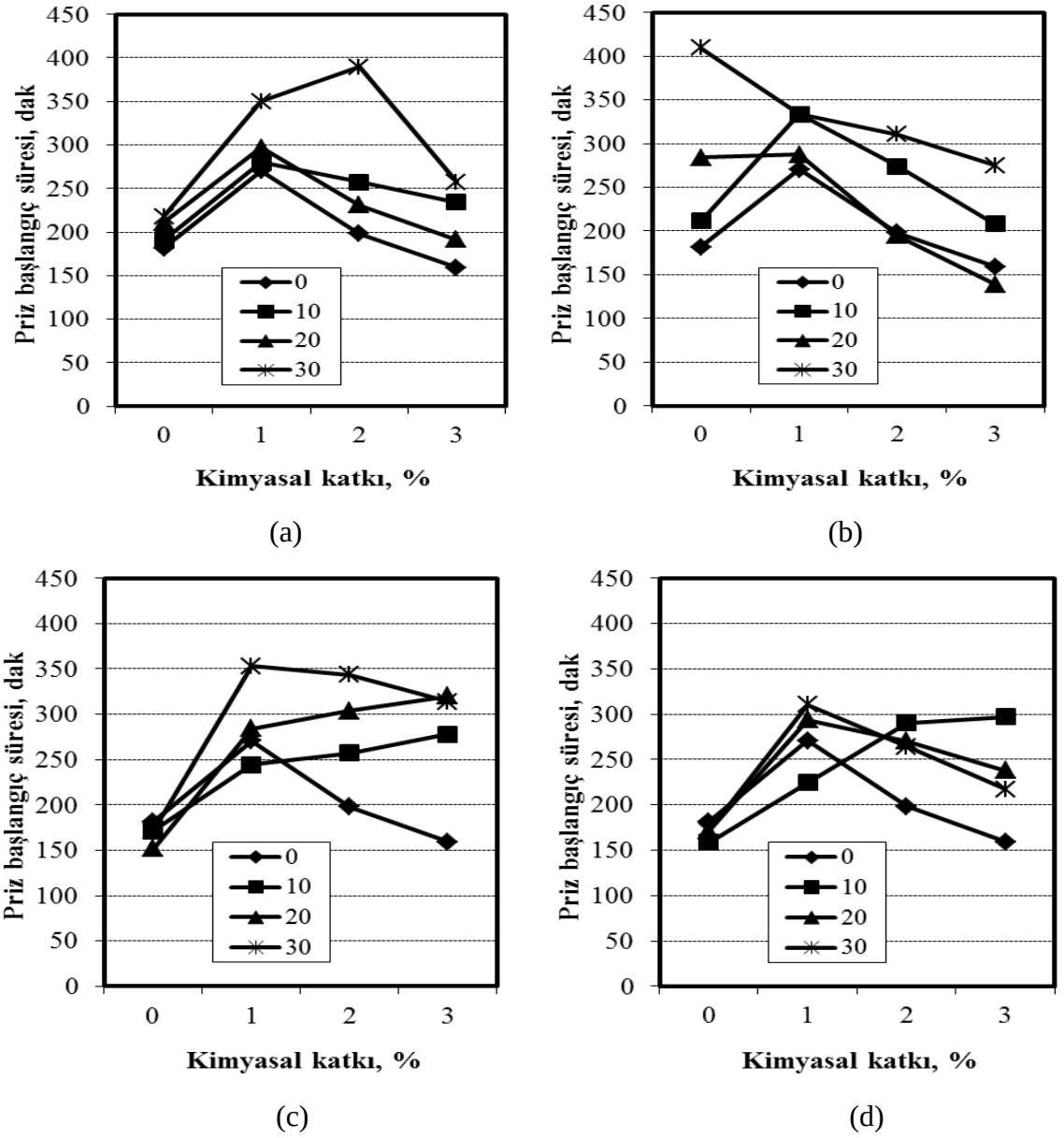




Şekil 1. Mineral katkı ve kimyasal katkı miktarının çimento kıvam suyuna etkisi
(a: UK; b: SD; c: TT; d: YFC; e: KT)

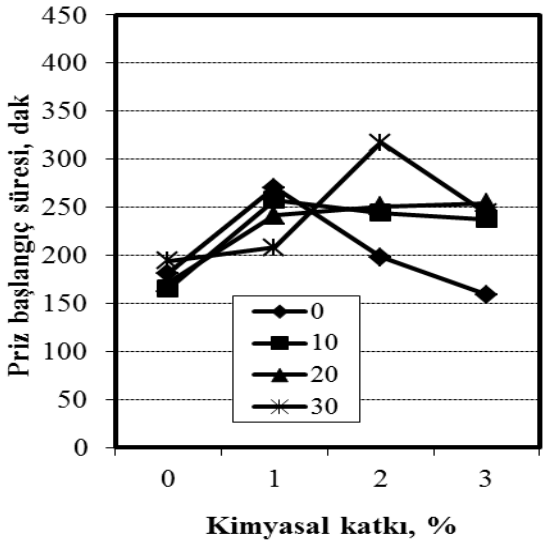
Karışımlara kimyasal katkı ilave edilmesiyle birlikte tanecikler arasındaki sürtünmenin azalmasından dolayı işlenebilirlik artmış ve böylece tüm mineral katkılı karışımların kıvam suyu miktarı belirgin derecede azalmıştır. Süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkıların içerdiği polimer molekül zincirleri çimento ve diğer tanelerin yüzeyinde absorbe olarak tanelerin birbirini itmesini ve böylece karışım içerisinde kolayca dağılmalarını sağlayarak işlenebilirliği arttırırlar [2]. Tüm karışımlar göz önüne alındığında, başlangıçta yaklaşık olarak %27-42 arasında olan kıvam suyu miktarı yaklaşık %20-%30 oranına kadar azaltılabilmiştir. Böylece yüksek miktarda mineral katkı kullanımıyla artmış olan su gereksinimi kimyasal katkı kullanımıyla önemli miktarda azaltılmıştır. Katkısız kontrol serilerine göre %1 katkı ilave edilmesi kıvam suyunun %20 oranında; %3 katkı ilavesi de %32 oranında su azalttığı için kullanılan SA yüksek oranda su azaltıcı katkıdır.

Mineral katkıların kullanılmasıyla çimento hamurunun priz başlangıç sürelerindeki değişim Şekil 2'de her bir mineral katkı için ayrı ayrı verilmiştir. Kontrol numunesi olan %0 mineral katkılı çimento hamurunun priz başlangıç süresi 180 dakikadır. Mineral katkı etkisi göz önüne alındığında, mineral katkı kullanımının arttırılması sonucunda priz başlangıç sürelerinde az bir değişiklik görülmüş olup genelde priz başlangıç süreleri kontrol karışımına göre artmıştır. Silis dumanındaki artış diğer mineral katkılara göre daha fazladır. Priz başlangıç sürelerindeki bu artışın başlıca nedeni de karışım içerisinde çimentodan gelen ve ilk saatlerdeki hidratasyon olayının gelişmesinde önemli bir etkiye sahip olan C_3A bileşeninin mineral katkı kullanımı durumunda azalmasıdır [15-21].



Kimyasal katkı miktarı dikkate alındığında ise, kontrol serilerinde, kimyasal katkı içermeyen serilere göre %1 katkı ilave edilen serilerde daha uzun priz başlangıç süreleri elde edilmiştir. Bu durum %30 SD içeren seriler haricinde tüm mineral katkılar için de aynıdır. Ancak katkı ilavesinin arttırılmasıyla mineral katkı tipine göre farklı priz süreleri alınmışsa da, genel olarak, priz başlangıç süreleri %1 katkılı serilere göre azalmaya başlamıştır. Burada mineral katkı inceliğinin ve yüzey yapısının önemli olduğu düşünülmektedir. Mineral katkıların inceliğinden dolayı daha hızlı bir şekilde SA absorbe olmakta ve buna bağlı olarak priz sürelerine etki etmektedir. Örneğin, kimyasal katkı içermeyen SD'li serilerin başlangıçta uzun olan priz süreleri kimyasal katkı kullanımıyla hem SD taneciklerinin işlenebilirliği arttırması

hem de kimyasal katkı kullanımıyla sayesinde karışım içerisindeki tanecikler homojen bir şekilde dağılarak çimento tanecikleri daha hızlı hidrate olmuşlardır. Dolayısıyla kullanılan SA'nın %1'den sonra priz hızlandırıcı etkisi olmuştur. UK ve SD kullanılan karışımlarda %2 ve %3 katkıyla priz başlangıç süreleri kontrol karışımına göre aynı veya daha az olmuştur. Dolayısıyla artan mineral katkı içeriği ve %1 SA ile priz sürelerindeki artış, yüksek oranda (>%2) SA kullanımıyla azaltılıp kontrol karışımıyla benzer duruma getirilmiştir.



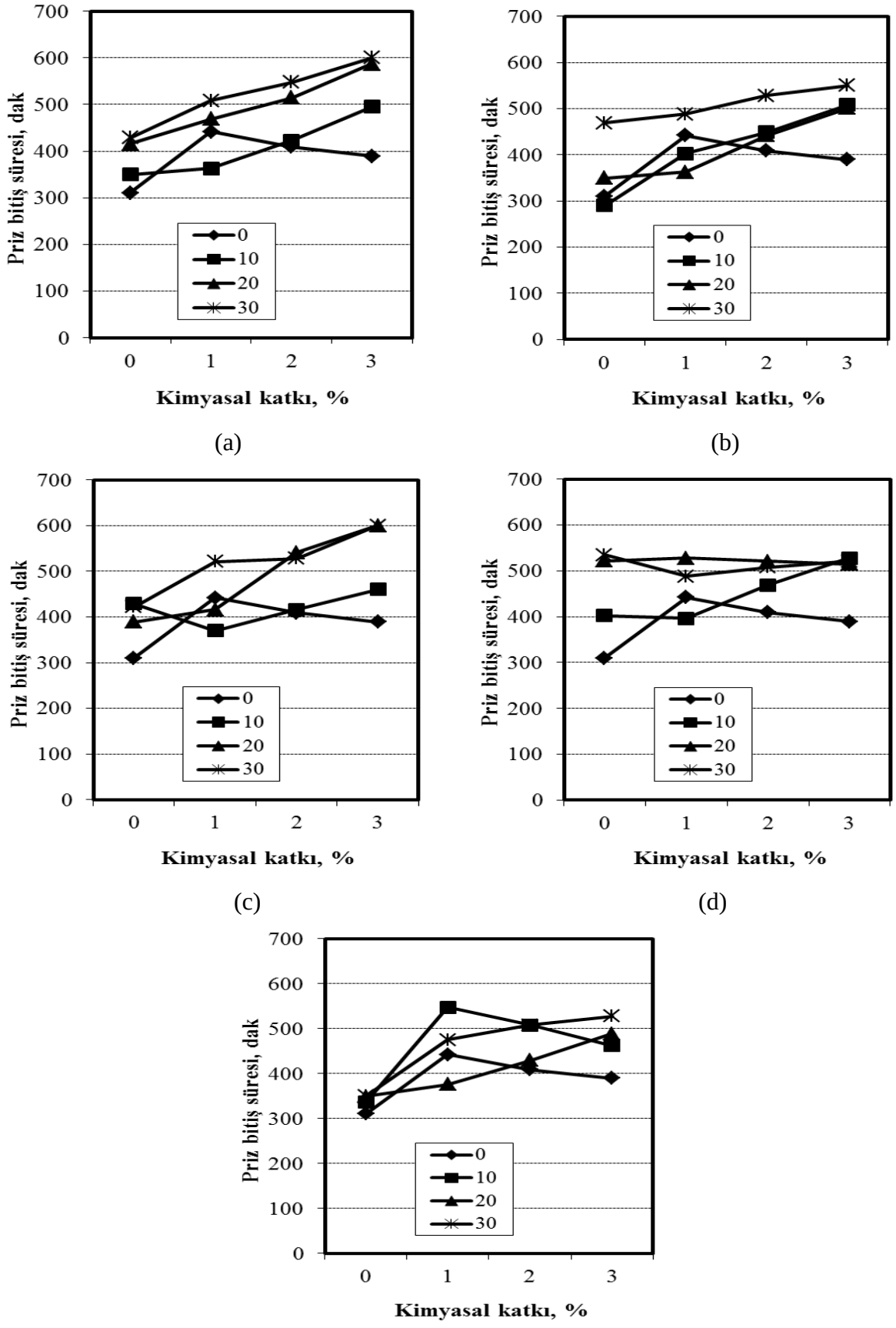
(e)

Şekil 2. Mineral katkı ve kimyasal katkı miktarının çimento priz başlangıç süresine etkisi (a: UK; b: SD; c: TT; d: YFC; e: KT)

Diğer yandan YFC, TT ve KT için tüm kimyasal katkı içeriklerinde kontrol serilere göre daha uzun priz başlangıç süresi elde edilmiştir. Ancak, genel olarak hem mineral katkı içeriğinin hem de kimyasal katkı ilavesi ile priz başlangıç sürelerinin arttığı görülmüştür. Bu nedenle özellikle kış ayları için geciken priz süresinden dolayı betonun zarar görmemesi için ilave önlemlerin alınması gerekli olacaktır. Diğer yandan yaz aylarında ilaveten priz geciktirici kimyasal katkı kullanma gereksinimi olmadan bu bildiride verilen şekillerden yararlanılarak herhangi bir mineral katkı içeriği için kimyasal katkı miktarına bağlı olarak priz başlangıç süresi belirlenebilir. Bu sayede kalıba yerleştirilen betonun bitirme zamanı da kimyasal ve mineral katkı içeriğine göre ayarlanabilecektir. Yine tüm karışımlardaki priz başlangıç süreleri standartlarda verilen 1 saatlik süre altına düşmemiş olup, standartlara uygundur.

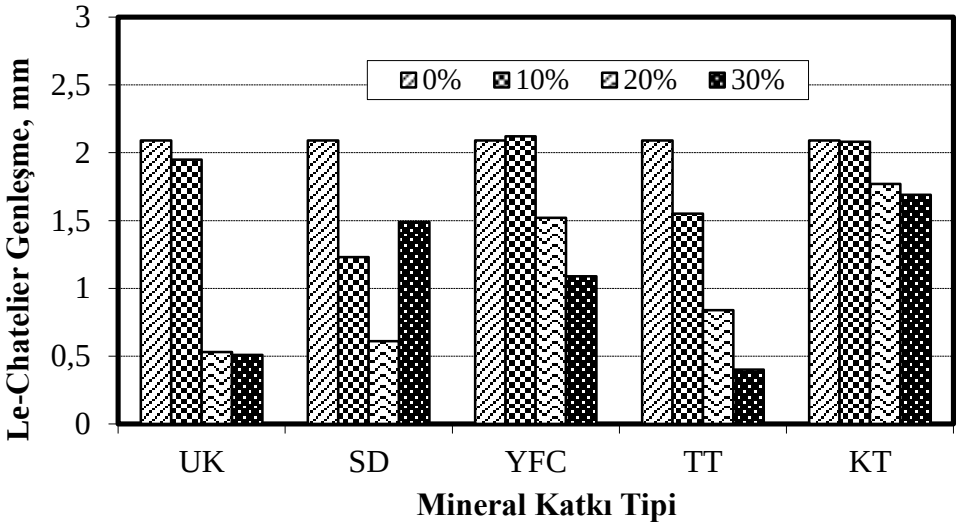
Şekil 3'te her bir mineral katkı tipi için priz sona erme süreleri verilmiştir. Genel olarak, kimyasal katkı içermeyen karışımların priz bitiş süreleri mineral katkı ilavesiyle birlikte artmıştır. Kontrol serilerinde %1 SA içeriğinde priz bitiş süresi katkı içermeyenlere göre artarken, %2 ve %3 SA içeriğinde priz başlangıç süresine benzer şekilde azalmalar görülmüştür. Ancak, özellikle mineral katkı ilavesiyle, priz süreleri genel olarak kontrol karışımına göre tüm SA içeriklerinde artış eğilimindedir. Diğer yandan %1 SA ile birlikte genel olarak %10 mineral katkı ilavesiyle bitiş süreleri %1 SA içeren kontrol serilere göre azalmıştır. Dolayısıyla, %1 içeriğinde kimyasal katkı kullanımı durumunda yaklaşık %10 oranında mineral katkı kullanılarak betonların uzayan priz bitiş süreleri dengelenebilir. Karışımlara kimyasal katkı ilave edilmesi sonucunda priz sürelerinin kimyasal katkı içermeyen karışımlara göre daha uzun sürede bittiği yine Şekil 3'te görülmektedir.

UK, SD, TT ve YFC'nin kullanıldığı karışımlarda, en fazla priz sona erme süreleri %30 oranında mineral ve %3 oranında kimyasal katkı içeren karışımlarda elde edilmiştir. UK serilerinde %30 mineral ve %3 SA ilavesinde priz sona erme sürelerinin 10 saat olduğu görülmektedir. Tüm karışımlarda elde edilen priz sona erme süreleri Türk Standartlarında ön görülen 10 saatlik süreden daha kısadır.



Şekil 3. Mineral katkı ve kimyasal katkı miktarının çimento priz bitiş süresine etkisi (a: UK; b: SD; c: TT; d: YFC; e: KT)

Şekil 4'te çimento ile mineral katkı kullanımının serbest CaO ve MgO'den dolayı genleşmesine etkisi görülmektedir. Çimento ve mineral katkı karışımlarının genleşme değerleri incelendiğinde, mineral katkı kullanılmasıyla çimento hamurunun genleşme değerleri kontrol karışıma göre azalmıştır. Sadece %10 YFC içerikli karışımda kontrol karışıma göre çok az bir artış olmuştur. Bunun nedeninin de içerdiği CaO ve çimentoya göre daha yüksek MgO içeriğidir.



Şekil 4. Mineral katkı tipi ve miktarının çimento genleşme miktarına etkisi

Mineral katkısız çimento hamurunun da genleşme değeri Türk Standartları (TS EN 196-3) tarafından verilen üst limitin (<10 mm) oldukça altındadır. Buna rağmen mineral katkı kullanımıyla çimentodan gelen yüksek CaO değerinin azaltılması sonucu çimento hamurunun genleşme değeri azaltılmıştır. Sadece %30 SD kullanımı durumunda genleşme değerinde artış görülmektedir. Bunun nedeni oldukça ince tanelere sahip silis dumanının çimento hamuru karışımlarındaki miktarı arttıkça daha fazla su gereksinimi duyma ve bundan dolayı da su içerisinde kaynatılan numunelerin daha fazla genleşmeye başlamasıdır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çimento ile belirli oranlarda mineral katkıların yer değiştirilerek kullanılması durumunda çimento hamurunun kıvam suyu miktarı artmıştır. Ancak aynı karışımlara kimyasal katkı ilave edilmesiyle aynı işlenebilirlik için kıvam suyu miktarı fark edilir derecede (>%20) azalmıştır. Priz başlangıç ve bitiş süreleri genel olarak göz önüne alındığında, özellikle sıcak havalarda hem hidratasyon ısısının azaltılması hem de priz süresinin uzatılması gereken durumlarda ilaveten priz geciktirici kimyasal katkı kullanmadan, mineral ve süperakışkanlaştırıcı katkıların birlikte kullanımıyla istenilen amaca ulaşılmış olunacaktır. Mineral katkıların çimento ile belirli oranlarda yer değiştirilerek kullanılmaları durumunda çimentonun priz başlangıç süresi önemli derecede değişmemiş olmasına rağmen, priz sona erme süresinin tüm mineral katkılar için arttığı gözlenmiştir. Diğer yandan, mineral katkıların kullanımıyla çimento hamurunun bazı oksitlerinden dolayı genleşmesi azaltılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı 110M246 Nolu proje ile destekleyen Tübitak'a, Kolsan Hazır Beton'a ve Chryso kimyasal katkı firmasına yazarlar teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

1. Felekoğlu, B., Türkel, S., Baradan, B., "Kendiliğinden yerleşen beton: Bölüm-1 genel tanıtım, kullanım alanları", *TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Haber Bülteni*, Yıl: 19, Sayı: 117, 2004, ss. 20-24.
2. Ramachandran, V., Malhotra, H., "*Concrete admixtures handbook*", Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey, USA, 1984, pp. 410-460.
3. Özkul, M.H.,"Kendiliğinden yerleşen betonların genel özellikleri", *Yapılarda Kimyasal Katkılar (Beton ve Harçlar) Sempozyumu*, 24-25 Mart 2005, Ankara, ss. 119-136.
4. Ramyar, K., Portland çimentosu-süperakışkanlaştırıcı katkı uyumunu etkileyen faktörler, *2. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu*, 12-13 Nisan 2007, Ankara, ss. 197-211.
5. Sağlam, A.R., Parlak, N., Doğan, Ü.A., Özkul, M.H., "Kendiliğinden yerleşen beton ve katkı-çimento uyumu", *Beton 2004 Kongresi*, 10-12 Haziran 2004, İstanbul, ss. 213-224.
6. Uygunoğlu, T., *Hafif agregalı kendiliğinden yerleşen betonların özelikleri*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 2008, 155s.
7. Topçu, İ.B., Ünal, O., Uygunoğlu, T., Kendiliğinden yerleşen betonda mineral katkıların taze beton özeliklerine etkilerinin araştırılması, *2. Yapıda Kimyasal Katkılar Sempozyumu*, 12-13 Nisan 2007, Ankara, ss. 181-193.
8. Şahmaran, M., Christianto, H.A., Yaman, İ.Ö., "The effect of chemical admixtures and mineral additives on the properties of self-compacting mortars", *Cement and Concrete Composites*, 28, 2006, 432-440.
9. THBB, "*Kendiliğinden yerleşen beton için Avrupa kılavuzu*", Türkiye Hazır Beton Birliği, Nisan 2007, ss. 10-63.
10. EFNARC, "*Specification and guidelines for self-compacting concrete*", Association House, 99 West Street, Farnham, Surrey GU97EN, UK, Feb 2002, pp.1-40.
11. Erdoğan, T.Y. "*Beton*", ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayın. ve İletişim Şti., Ankara, Mayıs 2003, ss.130-160.
12. Yaman, İ.Ö., Şahmaran, M., Kimyasal ve mineral katkılı kendiliğinden yerleşen harçlar, *Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu*, 2005, ss. 137-146.
13. Brooks, J.J., Johari, M.A.M, Mazloom, M., Effect of admixtures on the setting times of high-strength concrete, *Cement and Concrete Composites*, 22 (4) 2000, 293-301.
14. TS EN 196-3 A1, *Çimento deney yöntemleri - Bölüm 3: Priz süreleri ve genleşme tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2010.
15. Yeğinobalı, A., Ertün, T., *Çimentoda Yeni Standartlar ve Mineral Katkılar*, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB), Ar-Ge, Y04.01, 2005, 54s.
16. Chandra S, Björnström J., Influence of cement and superplasticizers type and dosage on the fluidity of cement mortars-Part I, *Cem. Concr. Res.*, 2002, 32(10): 1605-1611.
17. Topçu, İB, Uygunoğlu, T., Influence of mineral additive type on slump-flow and yield stress of self-consolidating mortar, *Scientific Research and Essays* Vol. 5 (12), 18, June 2010.
18. Topçu İB, Bilir T, Uygunoğlu T, Effect of waste marble dust content as filler on properties of self-compacting concrete, *Construct. Build. Mat.*, 2009, 23 (5), 1947-1953.
19. Çelik M.H., Şimşek O., Sancak E., Silis dumanı kullanımının çimentonun priz başlama ve bitiş sürelerine etkisi, *Politeknik Dergisi*, Cilt: 4, Sayı: 4, 2001, ss. 55-60.
20. Dorum A, Koçak Y, Yılmaz B, Uçar A, Yüksek fırın cürufunun çimento yüzey özelliklerine ve hidratasyona etkileri, *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2009, 19, 47-58.
21. Yahia A., Tanimura M., Shimabukuro A., Shimoyama Y., "Effect of rheological parameters on self compactability of concrete containing various mineral admixtures", *Proceedings of the First International RILEM Symposium*, Edited by A.Skarendahl and Ö. Petersson, 1999, pp. 523-536.