

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

M. Hulusi ÖZKUL

İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Yapı Malzemesi Anabilim Dalı

ÖZET

Kolay yerleşmesi, sıkıştırma aracı (vibratör) gerektirmemesi, ayrışma direncinin yüksek oluşu, yüksek dürabilite özelliği gibi nedenlerle yüksek başarımlı (performanslı) beton üretimine olanak veren kendiliğinden yerleşen betonlar ülkemizde de tanınmaya ve kullanılmaya başlamıştır. KYB'un bileşimi, etkin bir süperakışkanlaştırıcı yanında toplam ince malzeme miktarı, viskozite artırıcı katkı kullanımı, su/bağlayıcı oranı, maksimum agrega boyutu, kum/toplam agrega oranı ve toplam iri agrega miktarı gibi parametreler açısından geleneksel betondan farklılıklar gösterir. Bu çalışmada kendiliğinden yerleşen betonların genel özellikleri, bileşim özellikleri, çalışma mekanizması, taze beton özelliklerini ölçüm yöntemleri gibi konulara değinilmiş ayrıca üretilen bazı betonların taze ve sertleşmiş durumdaki özelliklerine yer verilmiştir.

GİRİŞ

Kendiliğinden yerleşen beton (KYB), herhangi bir vibrasyon gerektirmeden, sadece kendi ağırlığı altında döküldükleri kalıbı doldurabilir. Boşluksuz doldurma yanında ayrışmama da önemli özellikleridir. Zaten bu betonlar ayrışmama özelliklerinden dolayı ilk kez Japonya'da su altı beton uygulamalarında kullanılmak amacı ile geliştirilmişlerdir [1]. KYBlar taze halde aşağıdaki özellikleri taşımalıdır:

-
- Doldurma yeteneği (döküldükleri kalıbı boşluksuz bir şekilde doldurmalıdır)
 - Donatılar arasından geçebilme yeteneği (özellikle yoğun donatılı elemanlarda önemli)
 - Ayrışma direnci.

Sınırlı iri agrega miktarı, güçlü bir süperakışkanlaştırıcı ile birlikte yüksek akıcılık özelliğini gerçekleştirirken, azaltılmış (su/ince malzeme) oranı ve sınırlı iri agrega miktarı yüksek ayrışma direncini sağlayarak kendiliğinden yerleşen betonu ortaya çıkarmaktadır[2]. En yaygın kullanılan süperakışkanlaştırıcı polimer karboksilat esaslı olanıdır [3], ancak sülfonatmelamin formaldehit ve naftalin formaldehit benzeri polimerler de [4,5] kullanılmaktadır. Yukarıda açıklandığı şekilde KYB’da akıcılığı gerçekleştirmek amacı ile kuvvetli bir süperakışkanlaştırıcıya gereksinme vardır. Bu özellik, sadece ilk kuşak süper-akışkanlaştırıcılarda olduğu gibi, ince tanelerin üzerine adsorbe olarak aynı işaretli elektrik ile yüklü tanelerin birbirini iterek dağıtması (dispersiyon) ile sağlanmamakta, bunun yanında dallanmış uzun polimerlerin (süper akışkanlaştırıcı) oluşturduğu hacim doldurma (siterik hinderance) etkisi de gerekmektedir

Ayrıca ayrışmayı önlemeye yönelik olarak ince malzeme (100 mikrondan ince) ve viskozite düzenleyici bir katkıya (VDK) da gerek duyulur. İnce malzeme olarak uçucu kül, silis dumanı, cüruf ve taş unu kullanılmaktadır. Zhang ve Han [6], ultra-ince maddelerin çimento hamuru reolojisine etkilerini incelemiştir. Bu amaçla çok ince öğütölmüş yüksek fırın cürufu, kireç taşı unu ve silis dumanı denenmiştir. Nehdi ve arkadaşları [7] kireç taşı filleri, silis dumanı ve öğütölmüş silisi ince malzeme olarak KYBlara katarak akış direncine, viskoziteye, çökmeye ve terlemeye etkilerini incelemiştir. Öte yandan ayrışmayı önlemek amacı ile viskozite düzenleyici katkılardan da yararlanılabilir. Kawai [8] bu katkıları şu şekilde gruplandırmıştır:

1. Nişasta ve doğal sakız benzeri doğal polimerler.
2. Ayrıştırılmış nişasta ve türevleri, selüloz eter türevleri, sodyum alginat ve benzeri elektrolitler.
3. Polietilen oksit ve polivinilalkol gibi sentetik polimerler.

Bu gruba polisakaritler (welan gum) ve akrilik bazlı polimerler (poliakrilamit ve sodyum akrilat) de eklenebilir [9]. Rolz ve arkadaşları [10], KYBlarda nişasta, atık

nişasta ve çökeltilmiş silis (precipitated silica) denemişler ve betonun ayrışma direncini beton ile doldurdukları silindirik numunelerde iri agrega konsantrasyonunun yükseklikle değişimini ölçerek belirlemişlerdir. Lachemi ve arkadaşları [11], 4 farklı polisakarit esaslı viskozite düzenleyici ile harçlar üzerinde reolojik özellikleri incelemişlerdir.

KYBun ilk kullanım alanı olarak donatıların çok yoğun olduğu ve vibratörlerin ulaşamadığı elemanların üretimi düşünülmektedir. Daha sonra yüksek perdelerin üretiminde ve betonarme yapıların onarın ve güçlendirme işlerinde KYB kullanılmaya başlandı. Son yıllarda ise KYB'nin yeni bir kullanım alanı olarak prefabrikte sektörü öne çıktı [12]. Bu son kullanım alanında vibratör gereksinimini ortadan kaldırdığı için gürültünün zararlı etkilerinden korunmak olanağı da doğmuştur. Aynı gerekçe, yerleşim bölgelerinde yapılan binaların vibrasyon gürültüsünü azaltma konusunda da geçerlidir. KYBun diğer bir yararı işçiliği azaltırken yapım hızını artırmasıdır. Bir yapıda döşeme ve düşey elemanların üretiminin geleneksel betonla üretimine göre KYB kullanılması durumunda 1/5 oranında daha kısa sürede gerçekleştirileceği belirtilmiştir [13].

Okamura ve arkadaşları [14], kuru halde sıkıştırdıkları betona giren tüm malzemelerin %50'sinin iri agregadan oluşmasını önermişlerdir. 5mm'den küçük boyutlu agregalar ile toz malzemelerden (100 mikrondan küçük ince malzemeler) oluşturulan harç fazında %50 oranında ince agrega kullanmışlardır. Su/toz oranı ve süperakışkanlaştırıcı miktarı istenilen yayılmayı sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Daha sonra aynı yöntem Edamatsu ve arkadaşları[15] ile Quchi ve arkadaşları[16] tarafından geliştirilmiştir.

Khayat ve arkadaşları[17], çimento dozajı 360-600 kg/m³, su/çimento oranı 0,37-0,50, iri agrega hacmi 240-400m³, VDK/çimento oranı %0,5-2 ve (süperakışkanlaştırıcı/çimento) oranı %0,30-1,1 arasında değişen KYBlarda optimum bileşimler araştırmışlardır.

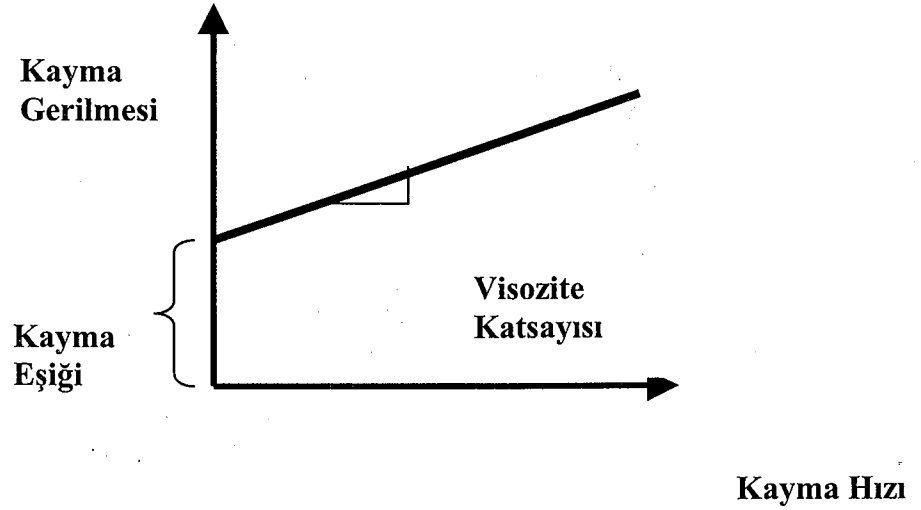
Kendiliğinden Yerleşen Betonun Reolojik Özellikleri

Viskozimetre aletleri kullanarak ve betonu Bingham sıvısı olarak kabul ederek dönme hızı ile dönme momenti arasında lineer bir ilişki kurulabilir:

$$T = \tau_0 + \eta \dot{\gamma} \quad (1)$$

Burada T dönme momentini (Tork) ve N dönme hızını göstermektedir. Momentten kayma gerilmesine, dönme hızından ise kayma hızına geçilebilir (Şekil 1). Burada doğrunun eğimi viskozite katsayısını, düşey eksenini kestiği noktanın merkez noktasına uzaklığı ise kayma eşiğini gösterir.

Beton içindeki agregat tanelerinin arasındaki sürtünme etkilerini azaltmak için tanelerin birbirinden uzaklaştırılması gerekir. Bu amaçla çimento hamuru miktarı artırılabilir. Bunun sonucu betonun şekil değiştirme yeteneği artar [2].

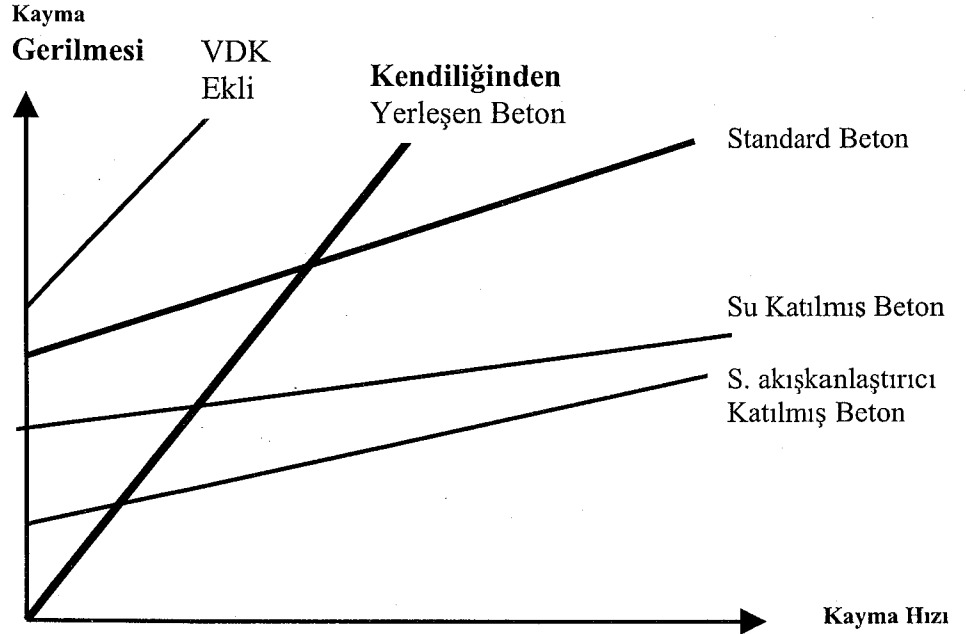


Şekil 1. Bingham sıvısının reolojik parametreleri

İnce taneler (toz) arasındaki sürtünmeleri azaltmak için ise suyu artırmak çözüm değildir. Çünkü bu durumda ayrışma eğilimi artacaktır. Bunun yerine tanelerin dağılımını (dispersiyon) sağlayan, yukarıda sözü edilen bir süperakışkanlaştırıcıya gerek vardır. Böylece beton viskozitesini azaltmadan sürtünme düşürülebilecektir.

Reolojik büyüklükler açısından ele alınırsa, betonun şekil değiştirebilir özelliği kazanması için kayma eşiğinin küçük olması, ancak ayrışma olmaması için viskozitenin düşmemesi gereklidir. Akıcı, yani şekil değiştirebilir bir beton elde etmek için kayma eşiğini düşürmek gerekir, dolayısıyla davranışın Bingham'dan Newton'a (yani kayma eşiği = 0) doğru geçişi söz konusudur (Şekil 2). Bu özellik su miktarını artırarak sağlanamaz. Kuvvetli süperakışkanlaştırıcı kullanımı ise ilişki doğrusunun paralel ötelenerek merkeze gelmesini, dolayısı ile kayma eşiğinin sıfırlanmasını gerçekleştirebilir; ancak burada ayrışma sorunu ortaya çıkabilir [18].

İşte çözüm olarak kayma eşiğini düşürürken ayrışmayı önleyecek önlemler almak gerekir; bu ise betondaki ince malzeme miktarını artırarak ve/veya viskozite artırıcı katkıları kullanmakla sağlanabilir.



Şekil 2. Kendiliğinden Yerleşen Betonun geleneksel betonlarla karşılaştırılması

Taze Beton Test Yöntemleri

Çökme-Yayılma Deneyi

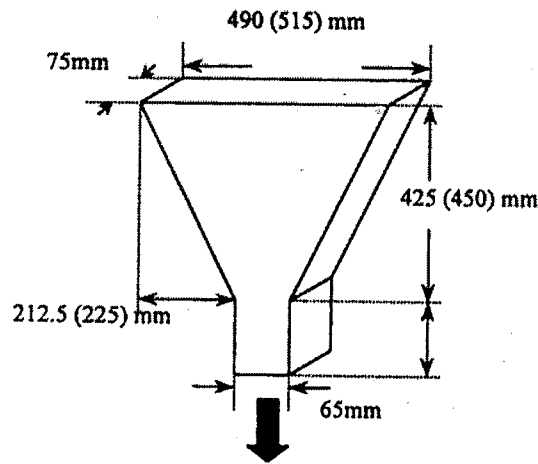
Klasik çökme konisi kullanılabileceği gibi Alman Standardı DIN 1048'de yer alan çökme konisi de kullanılabilir. Bazen koni ters konumda, yani geniş ağzı üstte kalacak şekilde de yerleştirilebilir. 50 cm çapında çizilen bir dairenin merkezine yerleştirilen koni beton ile doldurulduktan sonra yukarıya doğru çekilerek çıkartılır ve aşağıdaki ölçümler yapılabilir.

- 50 cm çaplı daireye ulaşmaya kadar geçen süre ölçülür. Bu değer betonun başlangıçtaki akış hızını verir ve belirli değerlerden küçük olması istenir.
- Toplam yayılma süresi belirlenebilir.

- Yayılma sona erdikten sonra oluşan dairenin birbirine dik iki çapı ölçülerek çökme-yayılma değeri bulunur.

V-Huni Akış Testi

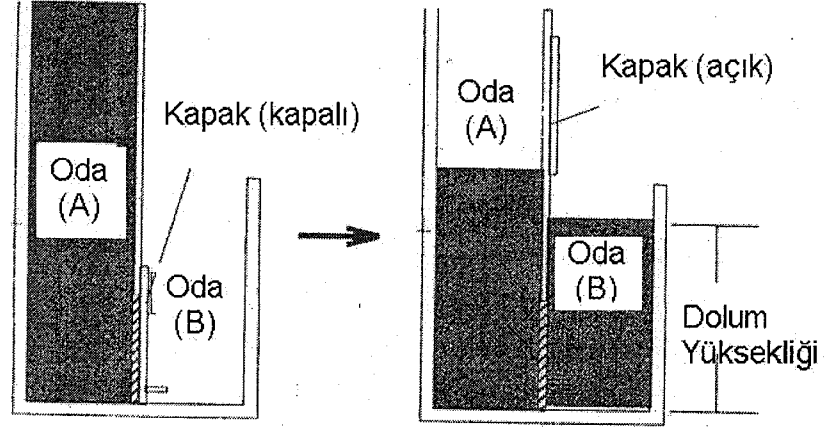
Bu deney betonun dar bir aralıktan geçiş yeteneğini ve viskozitesini dolaylı olarak ölçmeye yöneliktir. Huni taze beton ile doldurulduktan sonra alt uçtaki kapak açılarak akış başlatılır. Üstten bakıldığında alttan ışık geçmeye başladığı ana kadar geçen süre ölçülür (Şekil 3.).



Şekil 3. V-Huni akış deneyi

Çift Kutu Testi

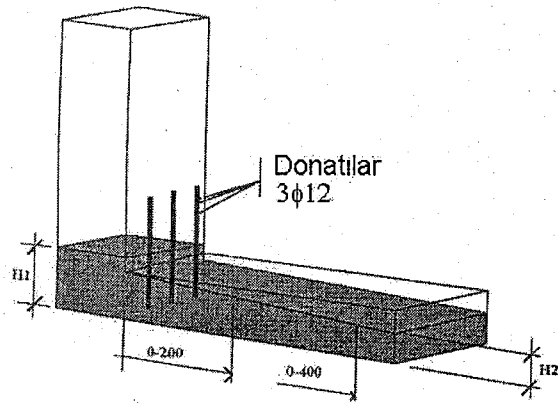
U borusu şeklinde iki kutu yan-yanaya yerleştirilmiş ve aralarında alttan 19 cm lik bölüm açık olacak şekilde ayarlanmıştır (Şekil 4.). Bu açıklığa 10 mm çaplı 5 adet çelik çubuk aralarında 35 mm aralık kalacak şekilde düşey konumda yerleştirilir. Beton doldurulmadan önce bu açıklık hareket edebilen bir kapak ile kapatılır. A odası belirli bir yüksekliğe kadar doldurulduktan sonra kapak düşey olarak kaldırılır ve betonun diğer kutuya akması sağlanır. Beton kendi ağırlığı altında bu kutuyu belirli bir yüksekliğe kadar doldurur. Burada hem engellerden (çubuklar) geçme yeteneği hem de doldurma yeteneği ölçülmektedir. Deney sırasında iki ölçüm yapılır; hem doldurma işlemi bitene kadar geçen süre ölçülür, hem de ikinci kabinde betonun yükselme değeri kaydedilir.



Şekil 4. Çift kutu deneyi

L – Seklinde kutu testi

Bu alet kare kesitli kutu şeklinde bir bölüm ile bunun önünde yer alan bir yatay platformdan oluşmaktadır (Şekil. 5). Kutunun alt kısmında bulunan açıklığa 12 mm çaplı ve 34 mm aralıklı 3 adet çelik çubuk (donatı) yerleştirilmiştir. Başlangıçta açıklık kapatılmıştır. Kutu taze beton ile doldurulduktan sonra kapak yukarıya çekilir ve beton donatılar arasından geçerek platform üzerinde akmaya başlar. 200 mm ve 400 mm lik uzaklıklara ulaşma süreleri ayrı-ayrı ölçülür. Ayrıca betonun kutu içinde kalan bölümünün ve en uçtaki (platformda) bölümünün yükseklikleri ölçülür. Bu deney betonun doldurma yeteneği, engel geçiş yeteneği ve ayrışma direnci gibi özelliklerini ölçmeye yarar.



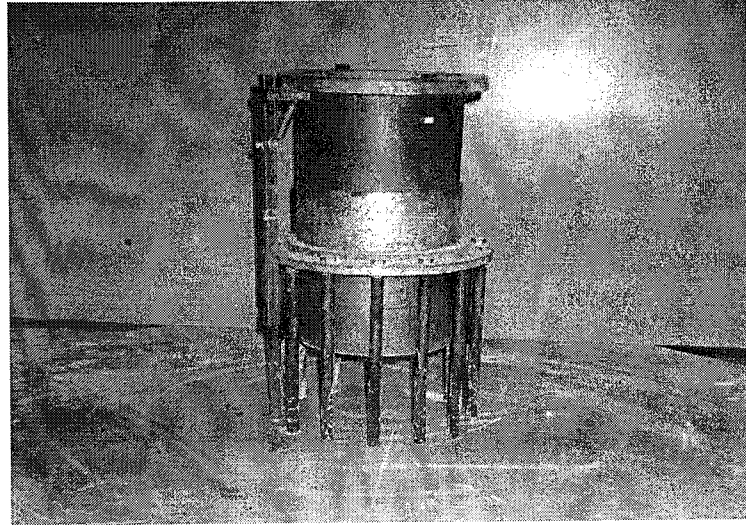
Şekil 5. L-kutu deneyi

Viskozimetre

Çimento hamuru ve harcında reolojik özellikler eş eksenli silindirden oluşan viskozimetre yardımıyla ölçülebilir. Beton ve bazen harç için ise bir paletin beton içine gömüldüğü ve belirli hızlarla dönen betonun palete uyguladığı dönme momentinin ölçümüne dayanan aletler kullanılmaktadır. Beton için ilk viskozimetre Tattersal [19] tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra bu alet modifiye edilerek BML viskometresi ve IBB Beton Reometresi adı altında modellenmiştir. Larrard ve arkadaşlarının [20] geliştirdiği alet ise BTRHEOM Reometresi adını almıştır.

Geliştirilmiş çökme-yayılma testi

Yazar ve arkadaşlarınca [21,22,23] geliştirilen deney aletinde içte, alt ve üstü açık 15 cm çapında ve 30 cm yükseklikte bir silindir bulunur ve bunun hemen etrafına 12 mm çapında ve 35 mm aralıkla 14 adet çelik çubuk düşey olarak yerleştirilmiştir (Şekil 6.). İçteki silindir beton ile doldurulduktan sonra düşey doğrultuda yukarıya doğru kaldırılmakta ve betonun çubuklar arasından geçerek yayılması sağlanmaktadır. Aletin oturtulduğu çelik plaka üzerine daha önceden çizilen 50 cm çaplı daire yardımı ile betonun başlangıçtaki hızı, toplam yayılma süresi ve toplam yayılma miktarı ölçülebilmektedir. Ayrıca çubuklar arasında kalan betondaki iri agrega konsantrasyonu ayrışmanın bir ölçüsü olarak değerlendirilebilir. Bazı betonlar geleneksel çökme-yayılma konisinde belli bir yayılma verirken söz konusu alette çubuklar (donatılar) arasından geçmesi gerektiği için yayılma miktarı daha düşük kalabilmektedir [24].



Şekil 6. Geliştirilmiş çökme-yayılma deneyi [21,22,23].

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Taze beton özellikleri

İlk çalışmada taş tozu (Blaine incelik: 3200 cm²/g), çimentonun (PÇ 42,5, Blaine incelik: 3120 cm²/g) yanında ince malzeme olarak düşünülmüş ve 450 kg/m³ çimento içeren betonlara ilave edilerek KYB üretilmiştir [21,22]. Agrega olarak en büyük tane çapı 22 mm olan 2 nolu kırmataş, 1 nolu kırmataş, kırma kum ve doğal kum kullanılmıştır. Süperakışkanlaştırıcı katkı karboksilik asit esaslıdır.

İşlenebilirlik çökme-yayılma ve kısıtlanmış yayılma deneyleri ile belirlenmiştir. 500 kg/m³'ün altındaki ince malzeme oranlarında ayrışma eğilimi olduğu, optimum değer 550 kg/m³ de gerçekleştiğinin saptandığı çalışmada, (Tablo 1) çimentonun bir bölümünün kalker taşı tozu ile yer değiştirebileceği sonucuna varılmıştır.

Tablo 1. KYB Deney Sonuçları

Çimento+taş tozu (kg/m ³)	Su/çim.	Katkı (%)	Süre (dakika)	Yayılma(cm)		Gözlem
				Serbest	Kısıtlanmış	
450+0	0,37	1,5	Ani 30	55 50	- -	Ayrışma
500+0	0,38	1,5	Ani 30 60 90 120	56 56 57 58 45	57 57 58 57 40 30	Hafif Ayrışma
550+0	0,36	1,5	Ani 30 60 90 120 150	65 65 63 66 65 59	65 65 63 66 65 45	Ayrışma Yok
450+150	0,33	2,5	Ani 30 60 90 120 150	73 74 70 65 49 50	74 75 65 59 50 45	Ayrışma Yok

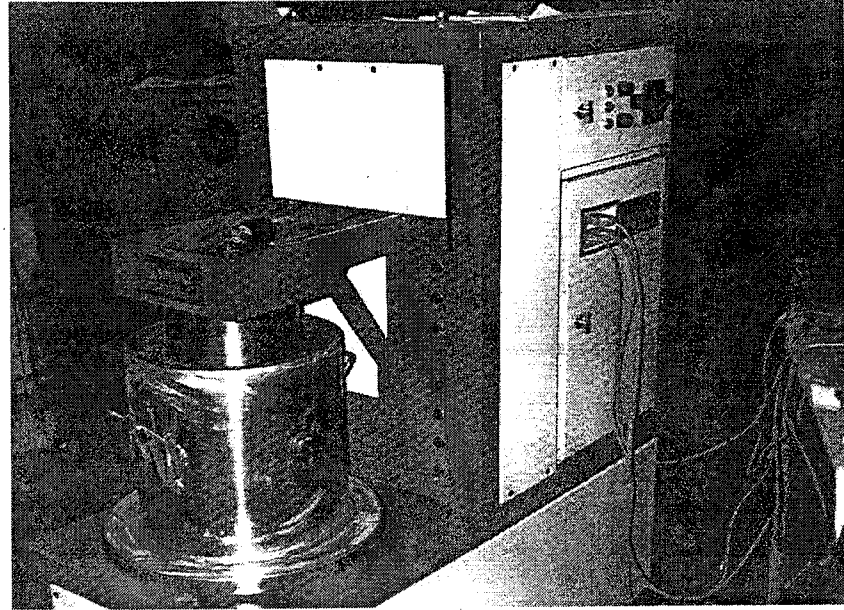
Diğer bir çalışmada [25,26] ise çimento hamuru, harç ve betonlar üzerinde optimizasyon araştırmaları yapılmıştır. Çimento hamuru üzerinde, su/çimento oranı, süperakışkanlaştırıcı katkı miktarı ve uçucu kül (veya silis dumanı)/çimento

oranının reolojik özelliklere etkisi, harçlar üzerinde ise su/çimento oranı, süperakışkanlaştırıcı miktarı ve bağlayıcı/kum oranları değiştirilerek optimum oranlar aranmaktadır. Bu deneylerde eş eksenli silindirlerden oluşan viskozimetre aleti ve yayılma konisi kullanılmıştır. Aynı çalışmada, beton üzerinde de benzer deneyler gerçekleştirilmiş ve su/çimento oranı, süperakışkanlaştırıcı miktarı ve bağlayıcı/kum oranlarının optimum değerleri araştırılmıştır. Bu amaçla geliştirilen alette (beton viskozimetresi) bir palet beton içine daldırılarak belirli dönme hızlarında oluşan dönme momentleri ölçülmektedir (Şekil 7).

Çökme-yayılma deneyleri deneysel kısımda verilen çökme konileri kullanılarak çimento hamuru, harç ve beton karışımları için yapılmıştır. Her bir karışım için yayılma çapı ölçülmüş ve yayılma alan oranı aşağıda tanımlandığı gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Yayılma Alan Oranı} = \frac{A-A_0}{A_0} \quad (2)$$

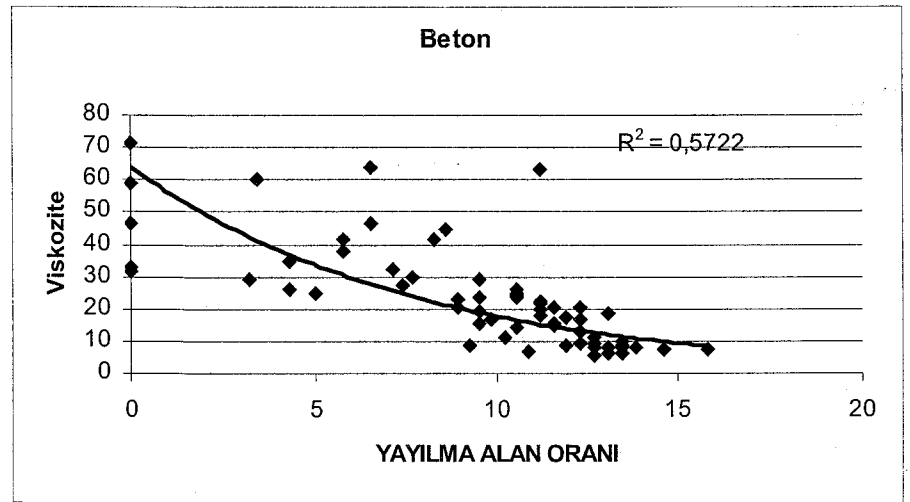
Burada A_0 , koni taban alanı, A ise yayılma sonrası ölçülen alanı göstermektedir.



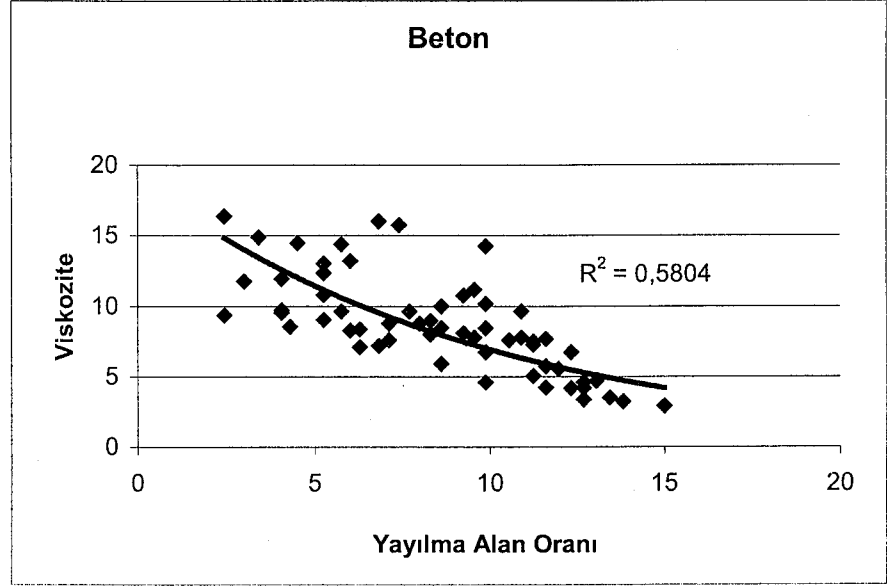
Şekil 7. Beton için geliştirilen viskozimetre [25].

Şekil 8’de, uçucu kül içeren betonlar için yayılma alan oranı ile viskozitenin değişimi gösterilmiştir. Genel olarak viskozite azaldıkça yayılma alan oranının arttığını görülmektedir. Aynı gösterim Şekil 9’da, uçucu kül yerine silis dumanı içeren karışımlar için verilmiştir. Şekil 8 ve 9’dan görülebileceği gibi betonlarda uçucu kül yerine silis dumanı kullanıldığında viskozite düşmektedir.

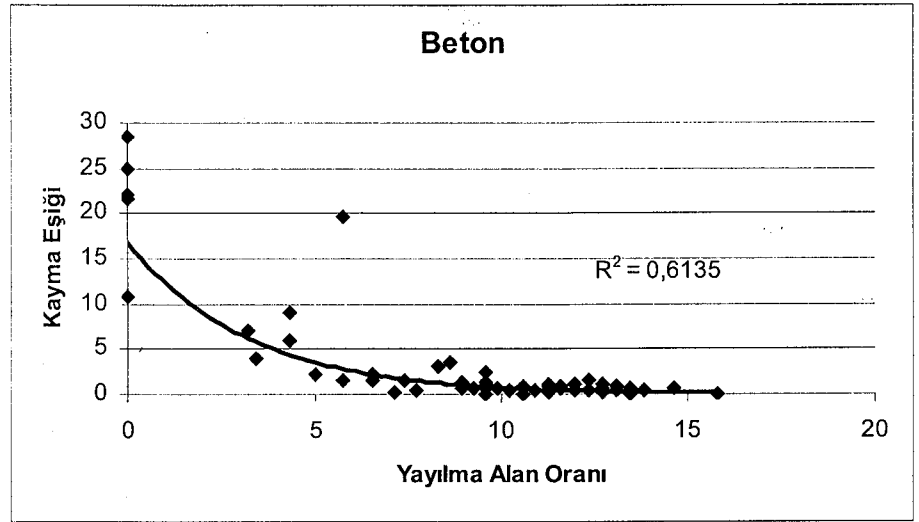
Yayılma alan oranı ile kayma eşiğinin değişimleri Şekil 10 ve 11’de sırası ile uçucu küllü ve silis dumanlı karışımlar için verilmiştir. Hem uçucu kül hem de silis dumanı içeren karışımlarda, yüksek yayılma değerlerinde sıfıra yaklaşan eşik kayma değerleri elde edilmiş ve yayılma alan oranları 5-6 değerinden büyük olan beton karışımlarının pratik olarak Newtonien olarak kabul edilebileceği görülmüştür.



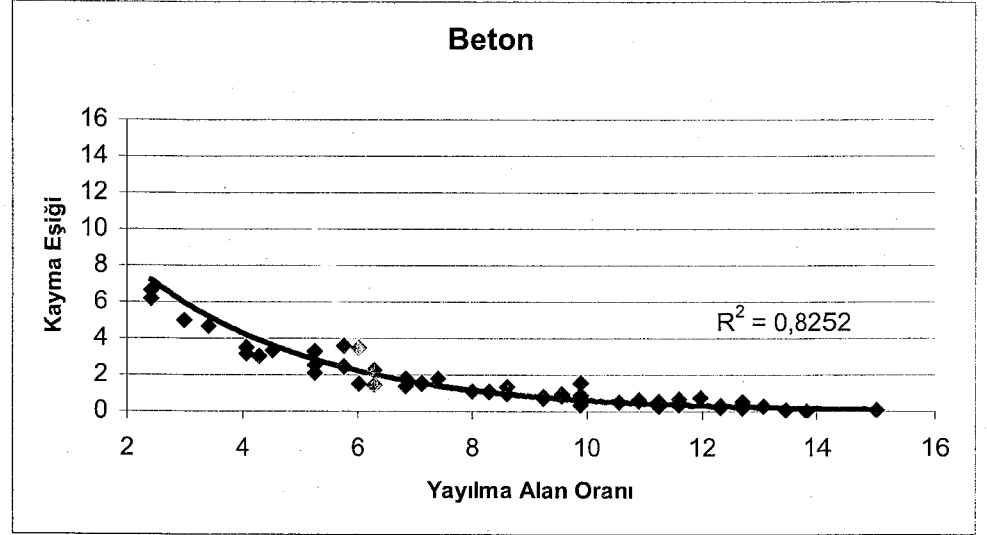
Şekil 8. Uçucu küllü karışımlarda viskozitenin yayılma alan oranı ile değişimi



Şekil 9. Silis dumanlı karışımlarda viskozite - yayılma alan oranı ilişkisi.



Şekil 10. Uçucu küllü karışımlarda kayma eşği - yayılma alan oranı ilişkisi



Şekil 11. Silis dumanlı karışımların kayma eşiği- yayılma alan oranı ilişkisi

Dürabilite (Dayanıklılık) Deneyleri

İnce agregalar olarak özgül ağırlıkları 2.56 kg/dm^3 olan doğal kum ve 2.61 kg/dm^3 olan kırmakum kullanılmıştır. İri agregalar kalker kökenli kırmataş olup en büyük tane boyutu 25 mm ve özgül ağırlığı 2.69 kg/dm^3 'tür [27]. Doğal kum %33, kırmakum %14 ve kırmataş %53 oranlarında kullanılarak karışımın granülometrisi B eğrisine (TS 706) yakın olacak şekilde ayarlanmıştır.

Tüm karışımlarda toplam çimento dozajı 550 kg/m^3 alınmıştır. Kullanılan Portland, Kompoze Portland, Pozzolanik, Traslı ve Katkılı çimentoların özgül ağırlıkları sırasıyla 3.14, 2.92, 2.75, 2.76 ve 2.99 kg/dm^3 'tür. Kimyasal katkı dozajı (çimento ağırlığına göre %2.5) sabit tutulmakla birlikte su/çimento oranları ani yayılmanın 70 cm civarında olmasını sağlayacak şekilde ayarlanmıştır.

Karbonatlaşma

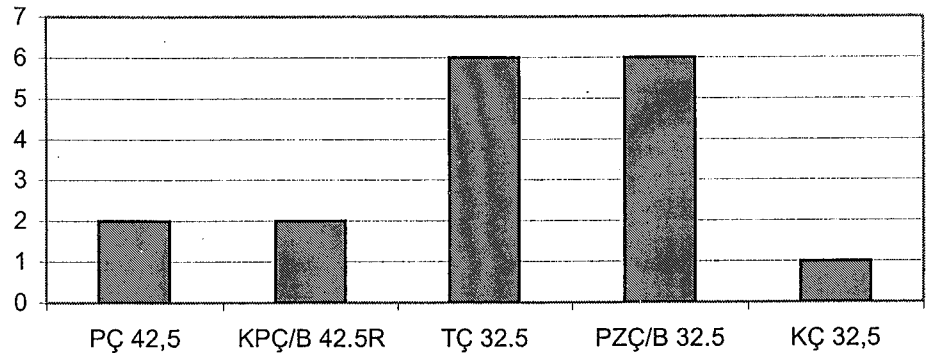
Yaklaşık üç yaşındaki numunelerin fenolfitalein çözeltisi ile karbonatlaşma derinlikleri belirlenmiş, Şekil 12'de verilmiştir. Buna göre KPÇ'li KYB en düşük karbonatlaşmayı vermiş, onu PÇ ve KÇ'li KYB'ler izlemiştir. TÇ ve PZÇ'li KYB özelliği göstermeyen betonlarda karbonatlaşma daha büyük elde edilmiştir. Son iki

betonda su/çimento oranının diğerlerinden daha yüksek olması bu sonucu doğurmuş olabilir.

Kılcallık

Birim alandan ölçülen su emme değerleri yığılımlı olarak alınmış ve su emmenin karesinin zaman ile değişimi çizilmiştir. İlişki doğrusal elde edilmiş ve aşağıdaki (3) nolu bağıntıda verilen k kılcallık katsayısı doğrunun eğiminden hesaplanmıştır

Karbonatlaşma (mm)

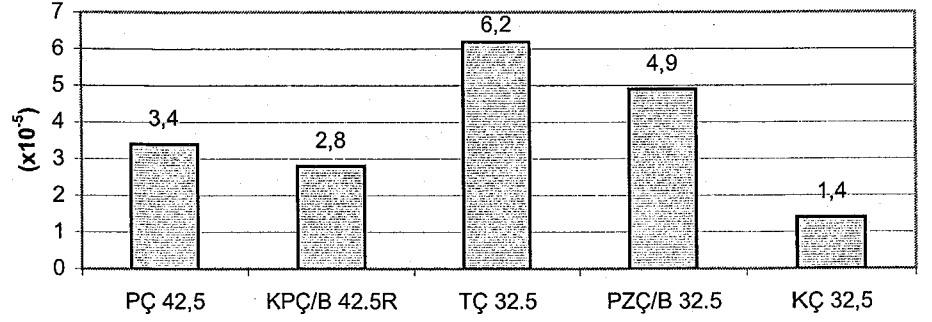


Şekil 12. Üç yıl sonundaki karbonatlaşma derinlikleri

$$q^2 = k \times t \quad (3)$$

Bu şekilde hesaplanan kılcallık katsayıları Şekil 13’de karşılaştırılmıştır. KÇ’li KYB’nin kılcallık katsayısı diğer iki KYB’den daha düşük çıkmıştır. Bu durum karbonatlaşma derinliği açısından da benzer şekilde bulunmuştur. Beklendiği gibi TÇ ve PZÇ’li KYB özelliğinde olmayan betonların kılcallık katsayıları diğer betonlarınkinden daha büyük elde edilmiştir. Bu durum da TÇ ve PZÇ’li betonlarda su/çimento oranının yüksekliğine bağlanabilir.

Kılcallık katsayısı ($\text{cm}^2/\text{dak.}$)

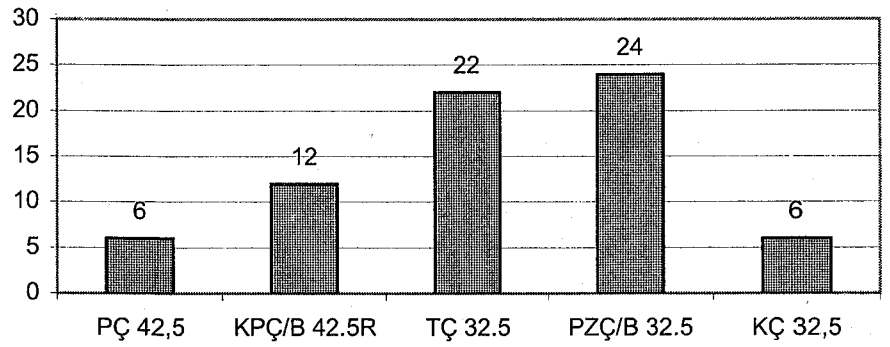


Şekil 13. Üç yıl sonundaki kılcallık katsayıları

Basınçlı Su Geçirirliiği

PÇ ve KÇ'li KYB'lerin basınçlı su geçirirliiği özellikleri benzer elde edilmiş, KPÇ'li betonlar bu iki betonu izlemiştir. KYB özelliğinde olmayan TÇ ve PZÇ'li betonlarda ise geçirirliiği derinlikleri daha yüksek çıkmıştır (Şekil 14). Bu durum yukarıda değinilen karbonatlaşma ve kılcallık sonuçları ile paralellik göstermektedir.

Su derinliiği (mm)

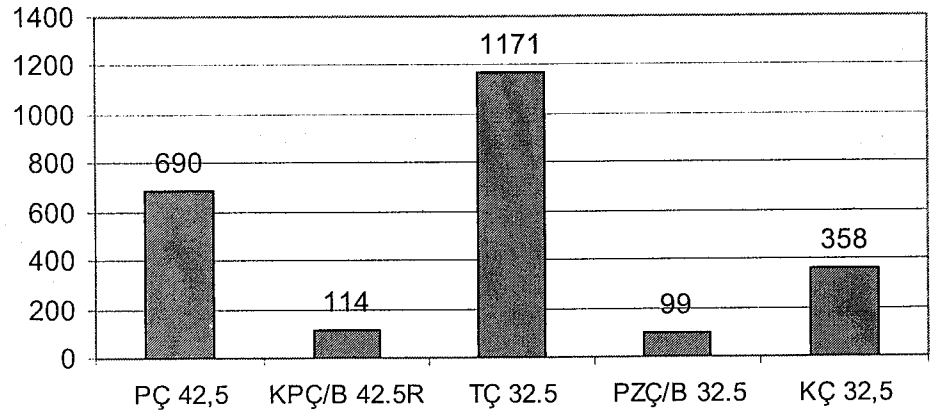


Şekil 14. Üç yıl sonundaki basınçlı su geçirirliiği deney sonuçları

Hızlı Klor Geçirirmliliği

ASTM C 1202 standardına göre gerçekleştirilen deneyler sonunda elde edilen değerler Şekil 15’de gösterilmiştir. Üretilen karışımlardan KYB özelliği göstermeyen PZÇ’li betonda, ASTM 1202’de ihmal edilebilir bir seviye olduğu belirtilen 100 Coulomb’un altında bir değer elde edilmiştir. Diğer KYB özelliği göstermeyen TÇ’li betonda ise tüm betonlar içinde en büyük değer ölçülmüştür. Yapılan bir çalışmada [28] klor geçirgenliği üzerinde betonun KYB ya da normal beton olmasından çok kullanılan mineral katkı cinsinin daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Hızlı Klor Geçirirmliliği (Coulomb)



Şekil 15. Üç yıl sonundaki hızlı klor geçirirmliliği deney sonuçları

SONUÇ

KYB teknolojisi ile vibrasyon gerekmeden kendiliğinden yerleşip sıkışabilen ve düzgün yüzeyler veren beton üretimi olanaklı hale gelmiştir. Bu teknoloji düşük su/bağlayıcı oranlarında üretime olanak verdiği için dürabilitesi yüksek betonlar ortaya çıkmaktadır. KYB ile aynı zamanda işlenebilirlik uzun süre korunabilmekte, ayrışmayan ve üstteki donatı-beton aderansı alttakilere göre düşük olmayan (top bar effect) betonlar üretilebilmektedir. KYB özellikle sık donatılı, karmaşık ve düzgün olmayan şekle sahip elemanların, yüksek perde duvarları ve geniş yüzeyli döşemelerin üretiminde aranan bir teknoloji haline gelecektir. Türkiye’de de onarım-güçlendirme ve prefabrike sektörleri başta olmak üzere inşaat dünyasında

tanınmaya başlamıştır. Zaman içinde daha çok bilgi edinildikçe ve daha ekonomik çözümler geliştirildikçe KYB'un kullanım alanı daha çok artacaktır. Kendiliğinden yerleşen betonların reolojik özellikleri dikkate alındığında, kireç taşı filleri, uçucu kül ve silis dumanı (diğer iki katkıdan daha az oranda gerekiyor) gibi ince malzemeleri çimentonun belli bölümleri yerine kullanarak başarılı üretimler gerçekleştirmek olası görünmektedir. Diğer taraftan, kendiliğinde yerleşen betonların bu çalışmada ölçülen dürabilite ile ilgili özellikler olan karbonatlaşma, kılcal su geçirimliliği, basınçlı su geçirimliliği ve hızlandırılmış klor geçirimliliği açılarından üstün özellikler taşıdıkları sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Okamura, H., "Self-Compacting High-Performance Concrete", Concrete International, V.19, No.7, 50-54, July (1997).
2. Skarendahl, A. And Petersson, O(Ed.), "Self-Compacting Concrete", RILEM Technical Committee 174-SCC, RILEM Pub. S.A.R.L. (2000).
3. T. A. Burge, Super High Strength Concrete, Int. Conf. On Superplasticizers And other Chemical Admixtures in Concrete, Rome (1997).
4. Okazawa, S., Umezawa, K. And Tanaka, Y., "A New Polycarboxylate Based Polymer: Physical Properties of Concrete", Concrete 2000, Ed.by R.K. Dhir and M.R. Jones, 1813-1824 (2000).
5. Ghezal, A. And Khayat, H., "Optimizing Self-Consolidating Concrete With Limestone Filler by Using Statistical Factorial Design Methods, ACI Materials J. Vol. 99, No.3, 264-272, May-June (2002).
6. X. Zhang and J. Han, The Effect of Ultra-fine Admixture on the Rheological Property of Cement Paste, Cem. Concr. Res., Vol.30, 827-830 (2000).
7. M. Nehdi, S. Mindess and P.C. Aitcin, Rheology of High-Performance Concrete: Effect of Ultrafine Particles, Cem. Concr. Res. Vol.28, No.5, 687-697 (1998).
8. T. Kawai, Non-Dispersible Underwater Concrete Using Polymers, Marine Concrete, Int. Cong. Polym. In Conc., Brighton, Sept., p.6 (1987).
9. K.H. Khayat and A. Yahia, Effect of Welan Gum-High-Range Water Reducer Combinations on Rheology of Cement Grout, ACI Materials J., Vol.94, No.5, 365-372 (1997).
10. S. Rols, J. Ambroise, J. Pera, Effects of Different Viscosity Agents on the Properties of Self-Leveling Concrete, Cem. Concr. Res. 29, 261-266 (1999).
11. M. Lachemi, K.M.A. Hossain, V. Lambros, P.C. Nkinamubanzi, N. Bouzoubaa, Self-Consolidating Concrete Incorporating New Viscosity Modifying Admixtures, Cem. Concr. Res. Vol.34, 917-926 (2004).

12. Özkul, M.H., Sağlam, A.R., Parlak, N., Doğan, A., Mutlu, M., and Manzak, O., "The Usage of Self-Compacting Concrete in the Precast Industry", 17th Int. Congress of the Precast Concrete Industry, BIBM 2002, Istanbul (2002).
13. Semioli, W.J., "Self-Placing Concrete", Concrete International, V.23, No.12, 69-72(2002)
14. Okamura, H., Ouchi, M., "Self-Compacting High Performance Concrete", Progress in Structural Engineering and Materials 1(4), 378-83 (1998).
15. Edamatsu, Y., Nishida, N. And Ouchi, A., "A Rational Mix-Design Method for Self-Compacting Concrete", Proc. 1 st.Int.RILEM Symp. On Self-Compacting Concrete, Stockholm, 309-320 (1999).
16. Ouchi, M., Hibino, M. And Okamura, H., "Effect of Superplasticizer on Self-Compactability of Fresh Concrete", Trans.Res.Rec., 37-40 (1997).
17. Khayat, K.H., Ghezal, A. And Hadriche, M.S., "Factorial Design Models for Proportioning Self-Consolidating Concrete", Materials and Structures, Vol.32, 679-86(1999).
18. Droll, K., "Self Compacting Concrete-State of the Art-New Perspectives", Concrete Plant International, No.6, 40-51, Dec. (2001).
19. Tattersal, G.H., "The Workability of Concrete", A Viewpoint Pub. PCA, (1976).
20. Larrard, F., Hu, C, Szitkar, J.C, Joly, M., Claux, F. And Sedran, T., "A New Rheometer for Soft-to-Fluid Fresh Concrete", LCPC Internal Report, (1995).
21. Ozkul, M.H., Doğan, Ü. A., Çavdar, Z., Sağlam, A. R., Parlak, N., "Properties of Fresh and Hardened Concretes Prepared by New Generation Superplasticizers" Creating with Concrete, Proc.Int.Conference, Dundee, U.K. pp.467-74, (1999).
22. Doğan, Ü.A., "Yeni Kuşak Süperakışkanlaştırıcıların Harç ve Beton Özelliklerine Etkisi", Y.Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, (2000).
23. Ozkul, M.H., Doğan, Ü. A., Çavdar, Z., Sağlam, A. R., Parlak, N., "Effects of Self Compacting Concrete Admixtures on Fresh and Hardened Concrete Properties", 2nd Int. Symp. on Cement and Concrete Technology in the 2000's, Vol.1, pp.493-502, Sept.6-10, (2000)
24. Demirtaş, M., "Yüksek Akışkanlığa Sahip Betonlarda (Kendiliğinden Yerleşen Betonlar) Bileşimin Taze ve Sertleşmiş Beton Özelliklerine Etkisi", "Y.Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, (2001).
25. Sağlam, A.R. Kendiliğinden Yerleşen Taze Betonun Reolojisi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, (2005).
26. Ozkul, M.H., Sağlam, A.R., Parlak, N., "A Factorial Analysis of Self-Compacting Concrete Using Rheological Measurements", 6th CANMET/ACI Int. Conf. On Recent Advances in Concrete Technology, Ed. by V. M. Malhotra, Proc.,579-594, June (2003).
27. Özkul, M. H., Doğan, Ü. A., "Kendiliğinden Yerleşen Betonların Geçirimlilik Özellikleri", 5. Ulusal Beton Kongresi, İMO İstanbul Şubesi, 111-122 Ekim (2003).
28. Zhu, W ve Bartos, P.J.M, "Permeation Properties of Self-Compacting Concrete", Cement and Concrete Research, 33, pp.921-926 (2003).