



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Yapay Puzolanların Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda Kapilarite ve Basınç Dayanımına Etkisi

Ahmet BEYCIÖĞLU^{a,*}, H. Yılmaz ARUNTAŞ^b

^aİnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

^bİnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: abeycioglu@duzce.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada iki farklı yapay puzolanın kendiliğinden yerleşen betonlarda kapilarite ve basınç dayanımına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada yapay puzolan olarak uçucu kül ve yüksek fırın cürufu %20,%40 ve %60 oranında çimentoya ikame edilerek kullanılmıştır. Üretilen kendiliğinden yerleşen beton serileri üzerinde 28 günlük kür süresi sonunda kılcal su emme deneyi ile 7,28 ve 90 günlük kür süresi sonunda basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre puzolanların yüksek hacimde ikamesinde normal betonlardan beklenen düzeyde mekanik performans gösterebilen kendiliğinden yerleşen betonlar üretilebilmiştir. Ayrıca uçucu kül ikamesi kapilarite katsayısı üzerinde anlamlı bir etki oluşturmazken yüksek fırın cürufu ikame oranının artması kendiliğinden yerleşen betonların kapilarite katsayılarının önemli düzeyde düşmesine neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kendiliğinden yerleşen beton, Kapilarite, Basınç dayanımı, Yapay puzolan

Effect of Artificial Pozzolans on Capilarity and Compressive Strength of Self Compacting Concretes

ABSTRACT

In this study, the effect of two different artificial pozzolans on capilarity and compressive strength of self-compacting concrete was investigated. In the study, fly ash and blast furnace slag were substituted to cement as being artificial pozzolans by weight of 20%, 40% and 60%. As experimental, the capilarity test was performed at the end of 28th curing period and the compressive strength tests were performed at the end of 7th, 28th and 90th curing periods on produced self compacting concretes (SCC). According to the findings, self compacting concrete which has sufficient mechanical performance like normal concrete at the expected level can be produced by substitution of high volume pozzolans. Furthermore, the substitution of fly ash did not show meaningful effect on capilarity of concrete, but the substitution of blast furnace slag led to a significant decrease on capilarity coefficient.

Keywords: Self compacting concrete, Capilarity, Compressive strength, Artificial pozzolan

I. GİRİŞ

GÜNÜMÜZDE beton teknolojisi araştırmacıları klasik beton dışında birçok özel beton türü üzerinde yoğun olarak çalışmaktadır. Bu özel betonlardan bir tanesi de Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB)'dur. Klasik beton karışımından farklı olarak KYB'den taze halde iken beklenen özel performanslar nedeniyle; kimyasal katkı, viskozite arttırıcı katkı ve çok miktarda inert veya puzolanik mineral katkının tümünün veya bir kısmının kullanılması ihtiyacı doğmaktadır [1]. KYB türü bir betonun gerekliliği ilk olarak 1986 yılında Okamura tarafından ortaya atılmıştır. Daha sonra Tokyo Üniversitesinde Ozawa ve Maekawa tarafından KYB'nin işlenebilirliği üzerine çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. 1988 yılında KYB'nin ilk prototipi tamamlanmıştır [2,3]. KYB literatürde değişik isimler altında tanımlanmaktadır. Genellikle kendiliğinden sıkışan beton (self-compacting concrete-SCC) ismi kullanılmaktadır. Diğer kullanılan isimler ise kendiliğinden düzeyeleşebilen beton (self-levelling concrete-SCC) ve kendiliğinden çöken beton (selfconsolidating concrete-SCC) dur. Türkiye'de genellikle kendiliğinden yerleşen beton (KYB) terimi kullanılmaktadır [4]. KYB tasarımında genellikle yeni nesil Polikarboksilik tabanlı süper akışkanlaştırıcılar, viskozite düzenleyici kimyasal ve mineral katkılarla birlikte kullanılmaktadır [5]. KYB üretiminde kullanılan kimyasal katkı ve bağlayıcı miktarının konvansiyonel betonlara göre daha yüksek olması nedeniyle yüksek maliyetlerle karşılaşmaktadır. Bu yüksek maliyeti azaltma ve KYB özelliklerini elde etmenin olası bir yolu ise beton karışımlarında ilave mineral katkı kullanımınıdır. Bu konu ile ilgili birçok araştırma mevcuttur ve geçmişte yüksek oranda (% 70'e varan) uçucu kül kullanılarak KYB üretimi gerçekleştirilebilmiştir [6,7]. KYB üretiminde mineral katkıların kullanımı son derece önemlidir. Mineral katkıların kullanımı bu betonların maliyetlerini azaltmak, kohezif ve viskoz yapı oluşturarak kendiliğinden yerleşebilirliği sağlamak açısından önemli katkılar sağlamaktadır. İlk olarak Japonya'da Prof. Hajime Okamura tarafından geliştirilen KYB özellikleri ile ilgili literatürde birçok çalışma bulunmaktadır.

Zhu ve Bartos (2003) yaptıkları çalışmada, KYB'lerde dayanıklılık özelliklerini belirlemek amacıyla aynı dayanım özelliklerine sahip KYB ve normal beton üretimi gerçekleştirmişlerdir. Deneysel çalışmalar sonucunda KYB'lerin normal betonlara göre daha düşük kılcallık katsayısına sahip olduklarını belirlemişlerdir [8].

Sarıdemir (2006) yaptığı çalışmada ağırlıkça (puzolan)/(PÇ-42.5+puzolan) oranı 0'dan 0.5'e kadar farklı kombinasyonlarda üretilen taze haldeki KYB'ler üzerinde Yayılma, V-Hunisi, ve U-box deneyleri ile her KYB serisi için 2, 7, 28 ve 60 günlük kür periyotları sonucunda basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirmiştir. Ayrıca çalışmada elde edilen bulgular ile KYB'lerin 28-günlük mukavemetinin tahmin edilebilmesi için regresyon analizleri yapmıştır. Sonuç olarak uçucu kül (UK), ince öğütülmüş yüksek fırın cürufu (YFC) ve öğütülmüş tras kullanılarak, istenen akıcılık, geçme, ve ayrışma direnci özelliklerine sahip C30 ile C45 arası sınıflarda KYB'ler elde edilebilmiştir [9].

Öz (2006) yaptığı çalışmada, doğal zeolit (DZ), YFC ve DZ+YFC'nin KYB'lerin ısı iletkenliği, basınç dayanımı, ultrasonik hızı, eğilme dayanımı ve yoğunluk değerleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. DZ ve YFC ağırlıkça % 10, % 20, % 30 oranlarında çimento yerine kullanmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre % 10 DZ, % 10, % 20, % 30 YFC ve % 10 DZ+% 20 YFC kullanılarak 500-700 mm arasında yayılma çapına sahip KYB üretmek mümkün olmuştur. Çalışmada basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve ultrasonik hız değerleri 3, 7, 28 ve 90 günlük kür periyotları sonucunda belirlenmiştir. Sonuç olarak, DZ'nin eklenmesiyle numunelerin basınç dayanımı azalmıştır. YFC'li betonların basınç dayanımları ise erken yaşlarda düşük çıkmış fakat kür süresinin artmasıyla basınç dayanımlarının arttığı gözlemlenmiştir. 90 günlük kür süresi sonucunda en yüksek basınç dayanımı ve ultrasonik hız

değerleri %10 YFC katkılı numunelerde ve en yüksek eğilme dayanımı ise %20 YFC katkılı numunelerde elde edilmiştir [10].

Siddique (2011) yaptığı çalışmada, %15-35 oranında UK içeren KYB'lerde 7-28-90 ve 365 günlük basınç ve yarmada çekme dayanımı deneyleri ile 90 ve 365. günlerde karbonatlaşma ve hızlı klor iyonu penetrasyonu deneyleri yapmıştır. Sonuçlar %35 ikame oranına kadar UK'nın kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Karbonatlaşma derinliği ise 90 günden 365 güne gittikçe artmıştır. UK'nın ikame oranı arttıkça basınç dayanımı düşmüştür [11].

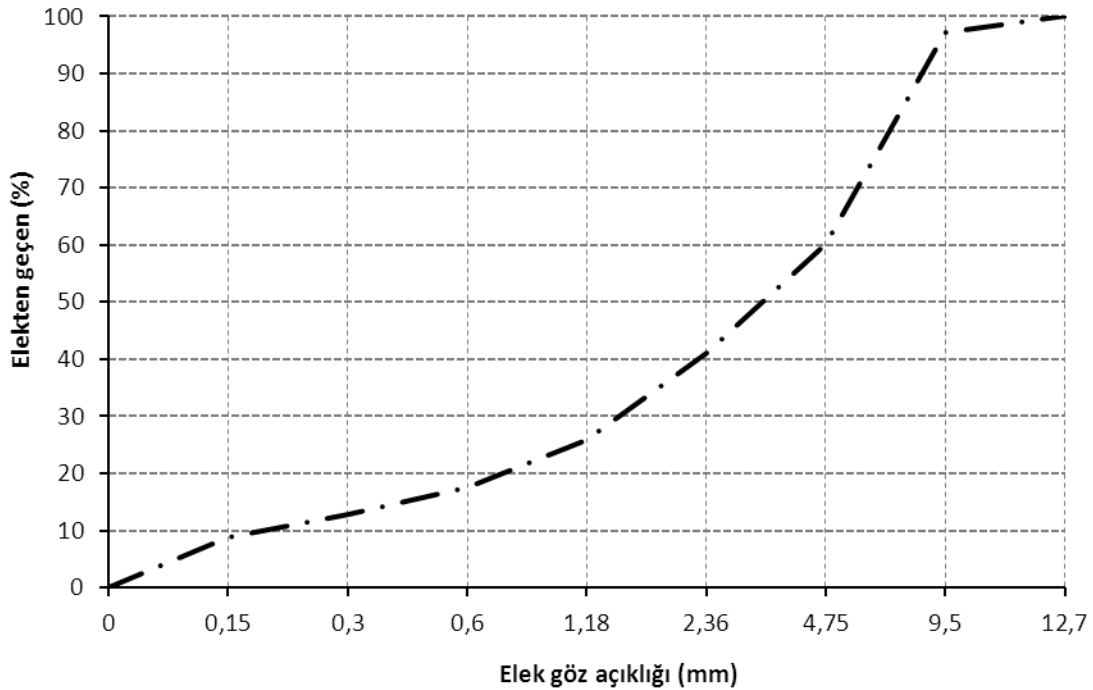
II. MALZEME ve YÖNTEM

A. MALZEME

Deneyisel çalışmalarda kullanılan agrega, Düzce İli Yığılca İlçesinden Kapucuoğlu firması tarafından çıkarılan sınıflandırılmış kırmataş agregadır. Kullanılan agrega ince (0 – 4.75 mm) ve iri agrega (4.75 - 12.7 mm) şeklinde iki sınıftır. Kullanılan agregaya ait fiziksel özellikler Tablo 1.'de ve agreganın beton üretiminde kullanılan karışım granülometrisi ise Şekil 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan agregaya ait bazı fiziksel özellikler

Agrega	Özellik	
	Yoğunluk (g/cm ³)	Su emme (%)
İri (4.75 -12.7 mm)	2,717	0,55
İnce (0 – 4.75 mm)	2,70	2,3



Şekil 1. KYB üretiminde kullanılan agrega granülometrisi

Çalışmada kullanılan çimento OYAK Bolu çimento fabrikasında üretilen CEM I 42.5 R tipi dökme çimento olup çimentoya ait fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler Tablo 2.'de verilmiştir.

Tablo 2. Kullanılan çimentonun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri

Kimyasal kompozisyon	(%)	Fiziksel özellikler	
SiO ₂	18,95	Priz başlangıcı (sa:dk)	02:20
Al ₂ O ₃	5,32	Priz sonu (sa:dk)	02:40
Fe ₂ O ₃	4,07	Hacim genleşmesi (mm)	1
CaO	64,72	Yoğunluk (g/cm ³)	3,18
MgO	1,35	Özgül yüzey (Blaine cm ² /g)	4663
SO ₃	2,90	Mekanik özellikler	
Na ₂ O	0,16	Basınç dayanımı (MPa)	
K ₂ O	0,51	7 gün	44,6
Kızdırma kaybı	3,83	28 gün	55,3
Çözünmeyen kalıntı	0,63	90 gün	62,4
Serbest CaO	1,52		

Çalışmada çimento ikame malzemesi olarak yapay puzolanlar grubundan olan öğütülmüş granüle YFC ve düşük kalsiyumlu UK kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan YFC, OYAK Bolu Çimento San. AŞ Ereğli öğütme ve paketlenme tesisinden, UK ise Çatalağzı termik santralinden temin edilmiştir. YFC ve UK'ya ait kimyasal kompozisyon ve fiziksel özellikler Tablo 3.'de verilmiştir.

Tablo 3. YFC ve UK'ya ait kimyasal kompozisyon ve fiziksel özellikler

Kimyasal kompozisyon (%)	UK	YFC
SiO ₂	58,56	38,56
Fe ₂ O ₃	6,51	1,07
TiO ₂	1,21	1,01
Al ₂ O ₃	23,39	16,64
CaO	1,81	34,2
MgO	2,02	7,29
Na ₂ O	0,53	0,58
K ₂ O	4,13	1,1
SO ₃	0,0013	0,35
P ₂ O ₅	0,14	-
Kızdırma kaybı	1,25	0
Fiziksel özellikler		
Yoğunluk (g/cm ³)	2,09	2,80
Özgül yüzey (cm ² /g)	4252	5283

Çalışmada İKSA İnşaat Katkıları San. ve Tic. Ltd. Şti.'den temin edilen POLYCAR 300 polikarboksilat bazlı yüksek oranda su azaltıcı Hiperakışkanlaştırıcı (HA) beton katkısı kullanılmış olup firmadan elde edilen ürün bilgileri Tablo 4.'de verilmiştir.

Katkıda optimal dozajın istenilen çalışabilirlik ve mukavemetle ilgili olarak şantiye şartlarında yapılacak ön denemelerle tespit edilebileceği ve beton karışım bileşenleri ile karışım suyunun %70'i ilave edilip, homojen bir karışım elde edildikten hemen sonra kalan su ile birlikte ilave edilmesinin uygun olacağı üretici firma tarafından önerilmektedir. Yine üretici firma tarafından, beton tasarımı yapılırken ince malzeme miktarının az olmamasına dikkat edilmesi gerektiği belirtilmekte olup ayrıca malzemenin Silis dumanı (SD), UK gibi malzemelerle uyumlu olduğu da ifade edilmektedir.

Tablo 4. Kimyasal katkıya ait özellikler

Özellik	Kullanım dozajı	
Görünüm	Açık kahve renkli sıvı	▪ Çimento miktarına göre;
Tip	Polikarboksilat esaslı karışım	▪ Erken mukavemetli beton için kütlece % 1,2-3,0
Yoğunluk	1,10 ± 0,03 kg/L	▪ Akıcı betonlar için % 0,8-1,2
pH	4,00 – 5,50	▪ Plastik betonlar için % 0,8-1,5
Klorür	≤ %0,1 (TS EN 480-10)	▪ Kompakt betonlar için en az % 0,5 oranlarında kullanılır.

Tüm KYB serilerinin üretiminde karışım suyu olarak içilebilir nitelikte olan Düzce ili şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

B. YÖNTEM

Çalışmada 1 tane kontrol ve 6 tane de puzolan ikamesi içeren toplam 7 farklı karışıma sahip KYB'ler üretilmiştir. Üretilen 1 tane kontrol betonunun yanı sıra karışımlarda UK ve YFC her biri ayrı ayrı olacak şekilde %20, %40 ve %60 oranlarında çimento ile ağırlıkça yer değiştirilerek kullanılmış ve 6 farklı karışıma sahip puzolan ikameli KYB tasarlanmıştır. Karışımlarda gerekli olan su miktarını ayırmaya yol açmayacak şekilde belirlemek amacıyla tüm karışımlar için deneme yanılma yoluyla çok sayıda ön deney gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada toplam toz malzeme miktarı 500 kg/m³ olarak belirlenmiş ve sabit oranda toz malzeme/HA katkı kullanımı hedeflenmiştir. Deneysel olarak üretimi yapılan tüm KYB serilerine ait karışım oranları Tablo 5.'de verilmiştir. Tabloda görülen R simgesi puzolan içermeyen referans KYB karışımını, UK ve YFC'nin yanındaki rakamlar ise o karışımdaki puzolanın ikame oranını (%20,%40,%60) temsil etmektedir.

Tablo 5. Tüm karışımlar için 1m³ hacimdeki malzeme miktarları/oranları

Bileşenler	Karışıma giren malzeme miktarları/oranları						
	R	UK20	UK40	UK60	YFC20	YFC40	YFC60
Su (kg/m ³)	167,5	162,500	152,500	150,00	165	163	159
Çimento (kg/m ³)	500	400	300	200	400	300	200
UK (kg/m ³)	0	100	200	300	-	-	-
YFC (kg/m ³)	-	-	-	-	100	200	300
Akışkanlaştırıcı (kg/m ³)	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
0-4,75 Agregası (kg/m ³)	1054	1036	1026	1004	1051	1048	1047
4,75-12,7 Agregası (kg/m ³)	703	691	684	669	701	699	698
Hava	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Toplam Agregası (kg/m ³)	1757	1727	1710	1673	1752	1746	1746
Toplam teorik ağırlık (kg/m ³)	2431	2396	2369	2330	2424	2416	2411
Su/(Puzolan+Çimento)	0,335	0,325	0,305	0,3	0,33	0,326	0,318
Puzolan/bağlayıcı	0	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	0,6
Katkı/bağlayıcı	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
0-4,75 / toplam agregası	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
4,75-12,7 / toplam agregası	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Üretilen KYB numuneleri üzerinde KYB üretimi için literatürde kabul gören öneriler sunan EFNARC'ın (European Federation of National Associations Representing producers and applicators of specialist building products for Concrete) [12] önerileri göz önünde bulundurularak taze beton deneyleri tamamlandıktan sonra taze haldeki betonlar herhangi bir sıkıştırma veya sarsma işlemi

uygulanmadan kalıplara yerleştirilmiştir (Şekil 2). Kalıplara yerleştirilen KYB numuneler 24-36 saat boyunca kalıplarda bekletilmişlerdir.



Şekil 2. Kullanılan kalıplar-kalıplara betonların yerleştirilmesi

Taze beton deneyleri yapılarak kalıplara yerleştirilen ve 24-36 saat boyunca kalıplarda bekletilen KYB numuneleri çıkarılarak 20 ± 2 °C sıcaklıktaki kirece doymun su içeren kür havuzunda deney gününe (7, 28, 90 gün) kadar bekletilmişlerdir (Şekil 3.)

7, 28 ve 90 günlük kür süreleri sonunda KYB numunelerin basınç dayanımı deneyi tüm seriler için 100x100x100 mm boyutlarındaki numuneler üzerinde TS EN 12390-3'ye [13] uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

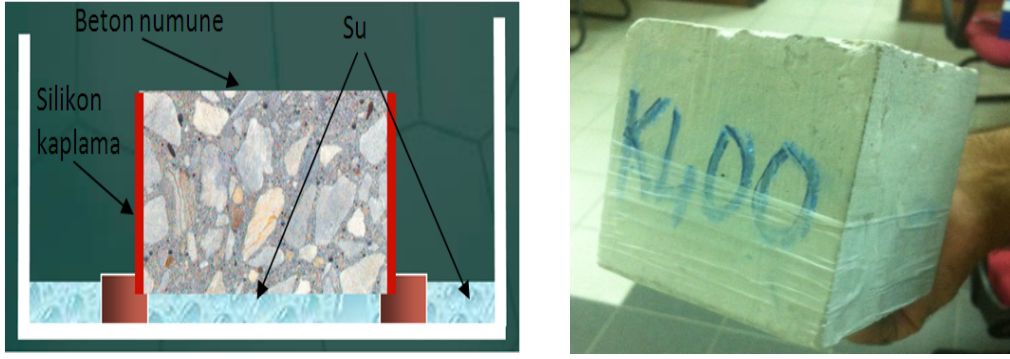


Şekil 3. Kür havuzunda bekletilen KYB numuneleri

Numunelerin kılcallık katsayısının belirlenmesinde ise ASTM C1585 – 11'e [14] uygun olarak belirli zaman aralıklarında numunelere tabandan su emdirme yöntemi kullanılmıştır. Kılcallık katsayısını belirlemek amacıyla hazırlanan numuneler deneye tabi tutulmadan önce 105 ± 5 °C sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmişlerdir.

Etüv kurusu ağırlıkları alınan numunelerin yan yüzeyleri parafin ile kaplanarak yalıtılmıştır. Kaplanan numuneler, hazırlanan düzeneğe içerisinde 5 mm yüksekliğinde tabandan su emecek şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 4).

Numuneler, içerisinde su bulunan düzeneğe yerleştirildikten sonra deney başlangıcından itibaren 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 25, 36, 49, 64, 81 ve 120. dk.'larda deney düzeneğinden alınarak 0.01 g hassasiyetli teraziyle tartılmıştır. Tartımlarda bulunan farklar, numune yüzey alanı ve zaman ile ilişkilendirilerek kılcalık katsayıları hesaplanmıştır.



Şekil 4. Kılcal su emme deneyi uygulaması

III. BULGULAR ve TARTIŞMA

Gerçekleştirilen kılcal su emme deneyinden elde edilen bulgular Tablo 6'da görülmektedir. Tablodaki sonuçlara göre YFC içeren ikameli KYB'lerin kılcal su emme katsayıları UK içeren KYB'lere göre daha düşük değerler almıştır. Bu sonuçlar YFC'nin KYB'lerde geçirimsizlik özelliğine UK'ya göre daha fazla katkı sağladığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 6. KYB'lerin kılcal su emme katsayıları

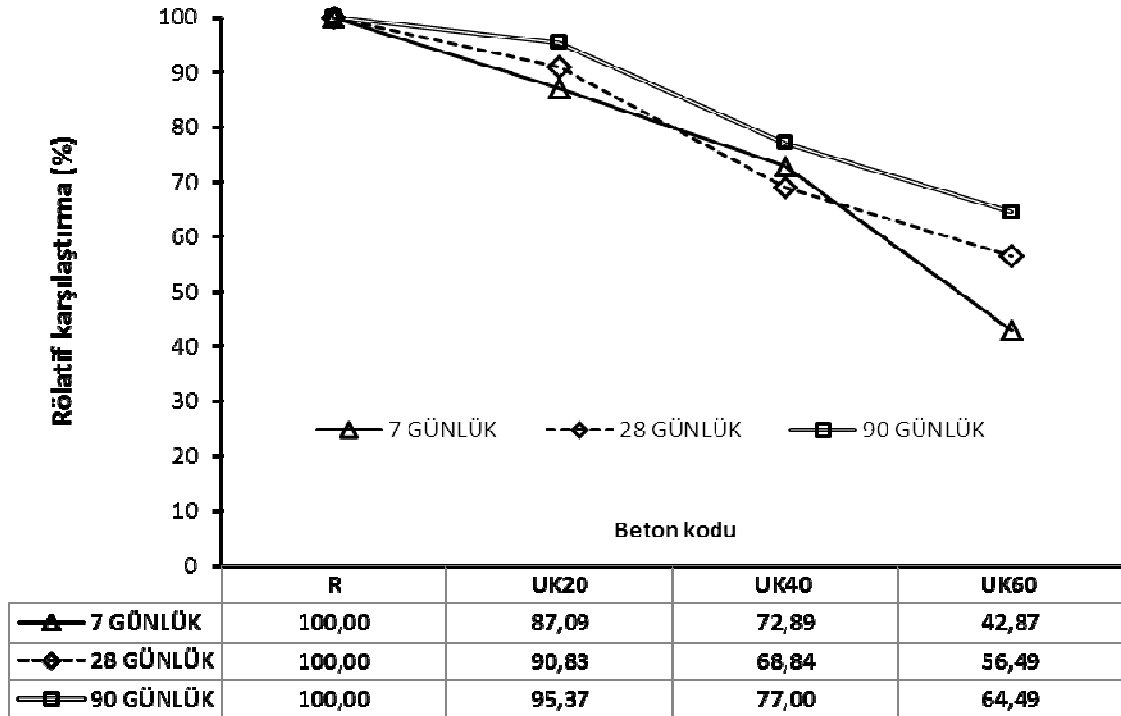
Beton kodu	Kapilarite (mm/dakika ^{1/2})	Beton kodu	Kapilarite (mm/dakika ^{1/2})
R	0,134		
UK20	0,158	YFC20	0,126
UK40	0,117	YFC40	0,097
UK60	0,148	YFC60	0,0703

Basınç dayanımı deneylerinden elde edilen bulgular yorumlanırken UK ve YFC ikame oranı değişiminin basınç dayanımına etkisi kür süresi de göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. UK ve YFC içeren KYB'lerin basınç dayanımı deney sonuçları Tablo 7'de görülmektedir. Ayrıca değişimin gözlenmesi için hem UK hem de YFC içeren betonların basınç dayanımlarındaki göreceli değişim Şekil 5. ve Şekil 6.'da sunulmuştur.

Tablo 7. UK ve YFC ikame oranına göre KYB'lerin basınç dayanımları

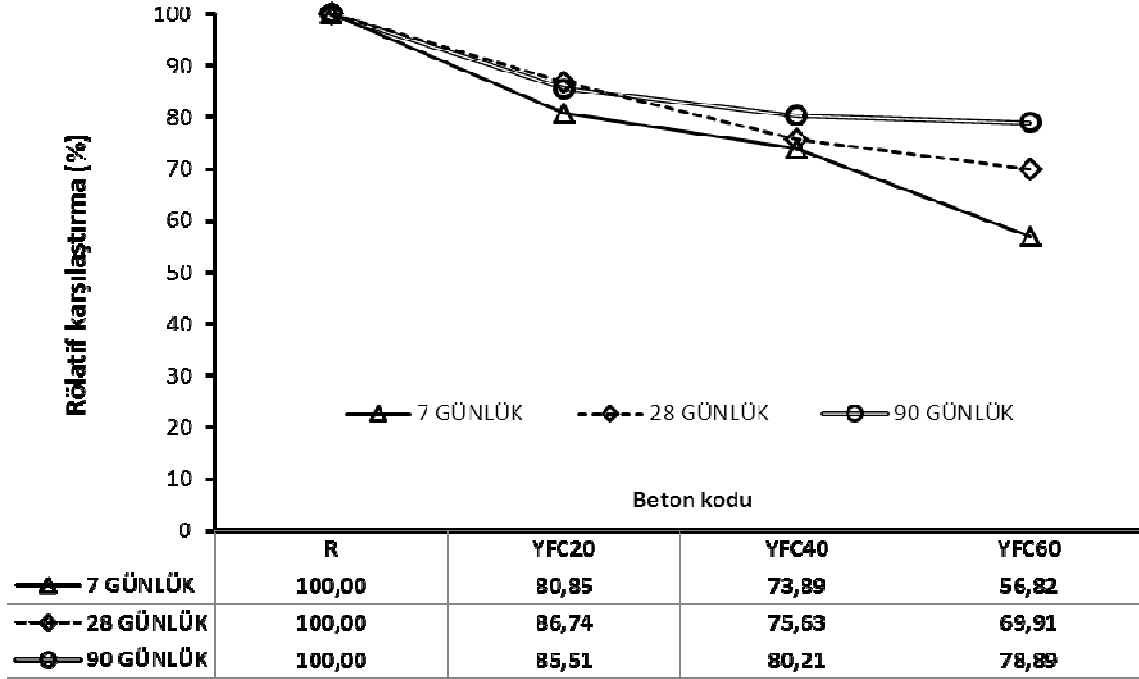
Beton kodu	Basınç dayanımı (MPa)		
	7 günlük	28 günlük	90 günlük
R	60,15	75,38	79,84
UK20	52,38	68,47	76,15
UK40	43,84	51,90	61,47
UK60	25,78	42,58	51,49
YFC20	48,63	65,39	68,27
YFC40	44,44	57,02	64,04
YFC60	34,18	52,70	62,99

Sonuçlar incelendiğinde KYB'ler arasında en yüksek ve en düşük basınç dayanımları tüm kür süreleri için sırasıyla R ve UK60'da elde edilmiştir. UK ikameli KYB'lerde basınç dayanımındaki değişim 7 günlük numuneler için rölatif olarak incelendiğinde %20, %40 ve %60 oranında UK kullanılan KYB'ler referans numunenin basınç dayanımını sırasıyla %87,09, %72,89 ve %42,87 oranında sağlamıştır. Bu değerler 28 ve 90 günlük numunelerde ise %90,83, %68,84 ve %56,49 ile %95,37, %77,00 ve %64,49 olmuştur. Karşılaştırmada %60 UK ikame oranında betonun basınç dayanımı referans numuneye oranla 7 günlük kür süresinde yaklaşık %58, 28 günlük kür süresinde yaklaşık %44 ve 90 günlük kür süresinde ise yaklaşık %36 oranında düşüş göstermiştir. Bu sonuçlara göre 7, 28 ve 90 günlük kür süresinde UK ikame oranı %20'den fazla olduğunda ve özellikle %60 seviyesinde basınç dayanımının büyük oranda azaldığı söylenebilir. Ayrıca göreceli karşılaştırma 90 günlük kür süresinde UK'nın etkisini daha fazla göstermeye başladığını ortaya koymaktadır. Bu durum UK'nın puzolanik etkisinin ilerleyen yaşlarda ortaya çıkması ile açıklanabilir.



Şekil 5. KYB'lerin basınç dayanımının UK ikame oranına bağlı olarak rölatif karşılaştırması

YFC ikameli betonlarda basınç dayanımındaki değişim 7 günlük numuneler için rölatif olarak incelenecek olursa %20, %40 ve %60 oranında YFC ikame edilmiş KYB'ler Referans numunenin basınç dayanımı değerini sırasıyla %80,85, %73,89 ve %56,82 oranında sağlayabilmişlerdir. Bu değerler 28 ve 90 günlük numunelerde ise %86,74, %75,63 ve %69,91 ile %85,51, %80,21 ve %78,89 olmuştur. Karşılaştırmada %60 YFC ikame oranında betonun basınç dayanımı referans numuneye oranla 7 günlük kür süresinde yaklaşık %44, 28 günlük kür süresinde yaklaşık %31 ve 90 günlük kür süresinde ise yaklaşık %22 oranında düşüş göstermiştir. Sonuçlara göre 7, 28 ve 90 günlük kür süresinde YFC ikame oranının genel olarak basınç dayanımı değerlerini düşürdüğü 7 ve 28 günlük kür sürelerine göre ve özellikle %60 seviyesine yükseltildiğinde bu düşüşün büyük oranda olduğu söylenebilir. 90 günlük kür süresinde ise %20, %40 ve %60 ikame oranlarının birbirlerine yakın bir performans gösterdiği ve referans numunenin dayanımını yüksek oranda yakaladığı söylenebilir.



Şekil 6. KYB'lerin basınç dayanımının YFC ikame oranına bağlı olarak rölatif karşılaştırması

IV. SONUÇ

Bu çalışmada iki farklı yapay puzolan içeren KYB'lerde kapilarite ve basınç dayanımı özellikleri araştırılmıştır. Çalışmada gerçekleştirilen kılcal su emme deneyi sonuçlarına göre YFC ikameli KYB'lerin kapilarite katsayıları UK içeren KYB'lere göre daha düşük değerler almıştır. Ayrıca YFC ikame oranı arttıkça KYB'lerin kapilarite katsayısı önemli düzeyde düşüş göstermiştir. Bu sonuçlara göre düşük kapilarite hedeflenen betonlarda YFC kullanımını iyi bir çözüm olacaktır. Basınç dayanımı deneyi sonuçlarına göre, UK ve YFC ikame miktarının artması tüm KYB'lerde basınç dayanımını düşürmüştür. Tüm serilerde kür süresi ile puzolanların etkisi artmış ve kür süresi arttıkça puzolan içeren KYB'ler referans karışımın basınç dayanımına daha yüksek oranda yaklaşabilmiştir. UK-YFC ikamesinde çimentodaki azalma basınç dayanımlarındaki düşüşün nedeni olarak yorumlanabilir. Burada dikkati çeken önemli bir sonuç ise %60 gibi çok yüksek oranlarda UK içeren KYB'lerde 28 günlük kür süresinde 42,58 MPa ve YFC içeren KYB'lerde ise 51,49 MPa basınç dayanımına ulaşılmasıdır. Bu değerler 90. günde UK içeren KYB için 52,70 MPa ve YFC içeren KYB için ise 62,99 MPa seviyelerine ulaşmıştır. Bu sonuçlar çok yüksek oranda puzolan ikamesi ile sektörde kullanılacak düzeyde basınç dayanımlarının elde edilebileceğini göstermiştir.

V. KAYNAKLAR

- [1] B. Felekođlu, B. Baradan, “Kendiliğinden yerleşen betonun mekanik performansı” **THBB Beton 2004 Kongresi** 12-14 Haziran, İstanbul, (2004) s.234-243
- [2] M. Ouchi, "History of development and applications of self-compacting concrete in Japan" **Proceedings of the International Workshop on Self-Compacting Concrete**, JSCE, Kochi (1999) pp.1-10
- [3] K. Ozawa, M. Kunishima, K. Maekawa, K. Ozawa, “Development of High Performance Concrete Based on the Durability Design of Concrete Structures”, **Proceedings of the second East-Asia and Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-2)** January (1989) pp. 445-450.
- [4] Aruntaş, H.,Y., Dayı, M., Tekin,İ., Birgöl, R., ve Şimşek, O., “Kendiliğinden yerleşen beton özelliklerine atık mermer tozunun etkisi” **2. Yapıda Kimyasal Katkılar Sempozyumu Ankara** (2007)
- [5] M. Şahmaran, A. Yurtseven, I. O. Yaman, *Building and Environment* 40 1672–1677 (2005)
- [6] Erođlu, L., Şahmaran, M., Yaman, İ., Ö., ve Tokyay, M., “Karışım parametrelerinin kendiliğinden yerleşen betonun taze özellikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi” **2. Yapıda Kimyasal Katkılar Sempozyumu** (2007)
- [7] M.Şahmaran, İ.Ö.Yaman, M.Tokyay, *Magazine of Concrete Research*, 59, No. 2, March, 2007, 97–106
- [8] W.Zhu, P.J.M. Bartos, *Cement and Concrete Research*. 33, (2003) 921-926.
- [9] H. Sarıdemir, *Mineral ve Süper Akışkanlaştırıcı Katkılarının Kendiliğinden Yerleşen Betonun İslenebilme ve Basınç Dayanımına Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı, (2006).
- [10] Öz, A., *Doğal Zeolit ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Kendiliğinden Yerleşen Betonların Termo-Mekanik Özellikleri*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Erzurum/TÜRKİYE (2006)
- [11] R.Siddique, *Materials and Design*. 32 1501–1507 (2011)
- [12] European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems. Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete. EFNARC 2002.
- [13] **TS EN 12390-3**. Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri–Bölüm 3:Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini
- [14] ASTM C1585-11 Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes.