

Araştırma / Research

BAZİK POMZANIN KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN İŞLENEBİLİRLİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Hatice Öznur ÖZ*, Hasan Erhan YÜCEL, Muhammet GÜNEŞ

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Türkiye

Geliş / Received: 09.08.2016

Düzeltilmelerin gelişi / Received in revised form: 13.10.2016

Kabul / Accepted: 14.10.2016

ÖZ

Bu çalışma kendiliğinden yerleşen beton (KYB) üretiminde Osmaniye bazik pomzasının işlenebilirliğe olan etkisini araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bazik pomza katkılı kendiliğinden yerleşen beton (KYBB) üretimi 0,32 sabit su/bağlayıcı (çimento + uçucu kül) oranında, 690±20 mm sabit bir çökme akışıyla, yüksek oranda su azaltıcı katkı (akışkanlaştırıcı) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak bazik pomza hiç katılmaksızın kontrol betonu sabit su/bağlayıcı oranı ile dökülmüş ve daha sonra bazik pomza %20, %30, %40, %50 ve %60 oranlarında her defasında iri agreganın yerine ikame edilerek karışıma eklenmiştir. Bazik pomzanın KYBB'lerin taze ve sertleşmiş haldeki özellikleri üzerine etkilerini tespit etmek amacıyla taze haldeki betonun çökme yayılma tablasında akış çapı ve T₅₀₀ süresi, V hunisinde boşalma süresi, L kutusunda yükseklik oranı testleri ve 28 günlük basınç dayanımı testi yapılmıştır. KYBB'de kullanılan bazik pomza miktarı arttıkça işlenebilirliğin giderek azaldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle en fazla %60 oranında bazik pomza kullanılarak KYBB üretilmiştir. KYB'nin basınç dayanımı ise bazik pomzanın özgül ağırlığının kırma taştan düşük olmasından dolayı %23 oranında bir azalma göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Bazik pomza, kendiliğinden yerleşen beton, taze özellik

EFFECT OF BASIC PUMICE ON THE WORKABILITY CHARACTERISTICS OF SELF-COMPACTING CONCRETES

ABSTRACT

This study has been carried out to investigate the effect of Osmaniye basic pumice on the workability characteristics of self-compacting concrete (SCC). Self-compacting concrete incorporated basic pumice (SCCB) with a constant water / binder ratio (cement + fly ash) of 0.32 was produced at a fixed slump flow diameter of 690±20 mm by adjusting the amount of High-Range-Water-Reducing-Admixture (HRWRA). First, control concrete without basic pumice was produced at a constant water/binder ratio and then basic pumice replacing the coarse aggregate in the proportions of 20%, 30%, 40%, 50% and 60% was added to the mixture. To identify effects of basic pumice on properties in the fresh and hardened state of SCCB, slump flow diameter, T₅₀₀ flow time, V-funnel flow time, L-box height ratio and 28-day compressive strength tests were conducted. Increasing amount of the basic pumice in the SCC resulted in a gradual decrease of workability. Therefore, SCCB has been manufactured by adding basic pumice up to 60%. Due to the specific weight of basic pumice lower than that of crushed stone, compressive strength of SCC showed a decrease of 23%.

Keywords: Basic pumice, self-compacting concrete, fresh properties

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel. +90 388 225 2484; e-mail/e-posta: oznuroz@nigde.edu.tr

1. GİRİŞ

Beton bir yapıyı meydana getirmek için gerekli olan en önemli yapı malzemelerinden birisidir. Bu nedenle bir yapının istenilen performansı göstermesi özellikle betona bağlıdır. Normal betonun bazı durumlarda istenilen performansı gösterememesi farklı beton türlerini doğurmuştur. Kendiliğinden yerleşen beton (KYB) da bu farklı beton türlerinin en önemlilerinden birisidir. KYB'nin yüksek akışkanlığı sayesinde kendi ağırlığı ile ayrışma ve terleme olmaksızın yerleşebilmesi, hiçbir şekilde vibrasyona ihtiyaç duymamasından dolayı işçilik tasarrufu, zaman kazandırma özelliği ve yapı kalitesini artırması, KYB'yi vazgeçilmez bir beton haline getirmiştir [1-3]. KYB'nin tüm bu özelliklerini sağlamak amacıyla KYB'ye katılan ve KYB üretimi için vazgeçilmez bir unsur olan kimyasal katkıları ise segregasyonu (ayrışma) azaltmak, KYB'nin kendi ağırlığı ile sıkışmasını sağlamak, su miktarını azaltmaya yardımcı olarak, terlemenin azalması neticesinde boşlukları azaltmak ve işlenebilirliği artırmak için daima gereklidir. Tüm bu özelliklerin yanı sıra iri agrega içeriği ve su/çimento oranı KYB'de normal betonunkinden daha düşüktür. Bu nedenle, KYB'ler yüksek fırın cürufu, uçucu kül ve kireç tozu gibi ince parçacıkların büyük miktarlarını içerir. KYB'de ince parçacıkların kullanılma sebebi ise taze karışımda daha büyük parçacıkların ayrışmasını önlemektir [4-6].

Ülkemizde ve dünyada termik santrallerin atığı olan uçucu kül, depolama sorunları nedeniyle, hava ve suları kirleterek çevreye büyük zararlar vermektedir. Türkiye'deki termik santraller yılda 15 milyon tonun üzerinde uçucu kül ortaya çıkarmaktadır. Dünya genelinde ise 1998 yılına kadar yaklaşık olarak 360 milyon ton uçucu külün depolandığı bildirilmektedir [7]. Ancak, bu kadar büyük bir üretime karşın uçucu küllerin çok az bir kısmı inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Çoğu ülkede uçucu külün çok fazla miktarının kullanılmadan kalması, uçucu külün beton üretiminde kullanılmasının bu miktarın azaltılabilmesinde ne kadar önemli olabileceğini göstermektedir [8].

KYB'lerin yüksek birim hacim ağırlığa sahip olmaları nedeniyle yapıların zati ağırlıklarını artırmaları ve maliyetlerinin yüksek olması gibi bir takım problemleri vardır. KYB'de iri agreganın bir kısmı yerine hafif agrega kullanılması ile bu problemlerin önüne geçilebilir. Bunkadaki en temel amaç ise deprem esnasında yapılara gelen yükler yapının ağırlığı ile doğru orantılı olduğu için yapı ağırlığını azaltarak deprem sırasında yapının fazla salınım yapmasını engellemektir [9]. Yapıların hafifletilerek depreme dayanıklılıklarının artırılması, yapı kullanım alanının artırılması, mesnet açıklıklarının büyütülmesi ve yalıtım özelliklerinin geliştirilmesi gibi bazı uygulama alanları örnek olarak verilebilir [8].

KYB'de işlenebilirliği artırmak ve birim hacim ağırlığı azaltmak amacıyla hafif agrega olarak doğal ve yapay çeşitli hafif agregalar kullanılabilir. Hafif yapı elemanları üretiminde kullanılan hafif agregaların dağılım aralığı oldukça geniştir. Doğal hafif agregalar; genelde bir volkanizma ürünü olarak oluşmuş gözenekli ve geniş kütleli dağılımlar gösteren endüstriyel hammaddelerdir. Pomza (asidik ve bazik), diyatomit, perlit, vermikülit, puzolanlar, tüf ve volkanik cürufur bu kapsamda değerlendirilen ve güncel oluşumları bilinen doğal hafif agrega türleri olarak sayılabilir. Endüstriyel olarak üretilen yapay hafif agregalar kil, şeyl ve arduvaz gibi doğal malzemelerden elde edilmektedir [8].

Pomza lavın katılaşması esnasında gazların serbest bırakılmasıyla oluşmuş volkanik kökenli doğal bir malzemedir. Pomza dünya çapında birçok ülkede hafif beton üretiminde agrega olarak kullanılmıştır ve hala kullanılmaktadır. Yaklaşık olarak 7,4 milyar m³ pomza yani dünyadaki toplam pomza rezervinin (18 milyar m³) %40'ı Türkiye'de bulunmaktadır [10]. Pomzanın doğal malzeme olarak kullanılmasının; hafiflik, yüksek derecede ısı ve ses izolasyonu ve kolay işlenebilirlik gibi üstün avantajları vardır. Pomzanın en önemli avantajlarından biri olan ısı ve ses izolasyonu pomzanın gözenekli yapısından dolayı çok yüksektir. Gözle görülebilecek düzeyde gözeneklerin yanı sıra gözle görülemeyecek kadar küçük ve süresiz gözenekler de ısı ve ses izolasyonunun yüksek olmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, KYB üretiminde agrega ya da mineral katkı (pomza tozu) olarak pomzanın kullanımı hafif beton üretimi, ekonomik ve çevreci bir beton için iyi bir yaklaşım olabilir. Asidik ve bazik olmak üzere iki çeşit pomza mevcuttur. Asidik pomzanın yüzeyi daha düz olmasına rağmen bazik pomzanın çok fazla girinti ve çıkıntıya sahip olan pürüzlü bir yüzeyi vardır. Asidik pomzanın özgül ağırlığı bazik pomzaya göre çok daha düşüktür. Bu çalışmada bazik pomza kullanılarak bazik pomza katkılı kendiliğinden yerleşen beton (KYBB) üretilmiştir. Böylece bazik pomzanın işlenebilirliğe (taze beton özelliklerine), betonun birim hacim ağırlığına ve 28 günlük basınç dayanımına olan etkileri araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Çalışmada iri agrega olarak kırma taş ve pomza, ince agrega olarak ise kırma kum ve doğal kum kullanılmıştır. Bu malzemelerin fiziksel özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. KYB, kırma taş, kırma kum, doğal kum ve kırma taşın bir kısmı yerine değişen oranlarda ikame edilen bazik pomza kullanılarak üretilmiştir. Kırma taş, kırma kum ve doğal kum Niğde İline, bazik pomza ise Osmaniye İline aittir. Bazik pomza agregası 4-8 ve 8-16 tane sınıflarına ayrılarak kullanılmıştır. ASTM C127’ye [11] göre 4-8 mm tane boyutuna sahip bazik pomzanın su emmesi %9,42 ve 8-16 mm tane boyutlarına sahip bazik pomzanın su emmesi %8,15 olarak belirlenmiştir. Şekil 1’de bazik pomzanın alındığı alandan bir görüntü verilmiştir.

Tablo 1. Agregaların Fiziksel Özellikleri

Özellik	İri Agregası			İnce Agregası	
	Bazik Pomza		Kırma Taş	Doğal Kum	Kırma Kum
	4-8 mm	8-16 mm	4-16 mm	0-4 mm	0-2 mm
Özgül Ağırlık	2,17	2,09	2,65	2,67	2,63



Şekil 1. Bazik pomzanın elde edildiği alandan bir görüntü

Deneysel çalışmalarda çimento olarak TS EN 197’ye [12] uyumlu CEM I 42,5 R tipi çimento, toz malzeme olarak ise F sınıfı uçucu kül kullanılmıştır. F sınıfı uçucu kül çimento miktarının %20’sinin yerine ikinci bir bağlayıcı olarak tüm karışımlara eklenmiştir. Kullanılan çimento ve uçucu külün fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Portland çimentosu ve uçucu külün kimyasal bileşenleri ve fiziksel özellikleri

Özellik	Çimento	Uçucu Kül
CaO (%)	62,58	2,24
SiO ₂ (%)	20,25	57,2
Al ₂ O ₃ (%)	5,31	24,4
Fe ₂ O ₃ (%)	4,04	7,1
MgO (%)	2,82	2,4
SO ₃ (%)	2,73	0,29
K ₂ O (%)	0,92	3,37
Na ₂ O (%)	0,22	0,38
Kızdırma Kaybı (%)	2,96	1,52
Özgül Ağırlık	3,15	2,04
Özgül Yüzey (m ² /kg)	326	379

KYBB’ler için hedeflenen çökme akışını sağlamak amacıyla 1,07 yoğunluğunda, polikarbonat temelli, yüksek oranda su azaltıcı (akışkanlaştırıcı) bir kimyasal katkı kullanılmıştır.

BAZİK POMZANIN KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN İŞLENEBİLİRLİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

2.2. Metot

2.2.1. Karışımlar

KYBB’lerin karışım oranları Tablo 3 ve Tablo 4’de verilmiştir. Bu çalışmada su/bağlayıcı oranı 0,32’de sabit tutulan 6 farklı KYBB karışımında toplam 550 kg/m³ bağlayıcı içeriğinin ağırlıkça %20’sini uçucu kül ve %80’ini çimento oluşturmaktadır. Deneyler bazik pomza agregasının, kırma taşın (iri agrega) yerine %20, %30, %40, %50 ve %60 oranlarında ikame edilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Karışımlar kullanılan yüzde oranlarına göre isimlendirilmiştir. 0-4 mm tane boyutlarına sahip olan doğal kum tüm karışımlarda sabit olup kullanım miktarı 579,8 kg/m³’tür. 0-2 mm tane boyutlarına sahip olan kırma taş tüm karışımlarda sabit olup kullanım miktarı 244,7 kg/m³’tür. Karışımlar 28 dm³ kapasiteli mikserde hazırlanmıştır. KYBB’yi kıyaslamak için ilk olarak kontrol numunesi üretilmiştir. KYBB’ler pomzanın dökümden 24 saat önce suya atılıp döküm esnasında doygun kuru yüzey hale getirilmesiyle üretilmiştir. Bundaki temel sebep pomzanın gözenekli yapısından dolayı agreganın yüzeyini nemlendirmek ve çimento hamurunun hidrasyonunu sağlamak amacıyla karışıma eklenen beton karışım suyunu emmesini engellemektir.

KYBB0 için taze beton birim hacim ağırlığı 2372,5 kg/m³ ve KYBB60 için taze beton birim hacim ağırlığı 2275,7 kg/m³’tür.

Tablo 3. İri Agrega yerine ikame edilen bazik pomza oranları

Kod	İri Agrega (%)		
	Kırma Taş	Pomza	
	4-16 mm	4-8 mm	8-16 mm
KYBB0	100	0	0
KYBB20	80	10	10
KYBB30	70	15	15
KYBB40	60	20	20
KYBB50	50	25	25
KYBB60	40	30	30

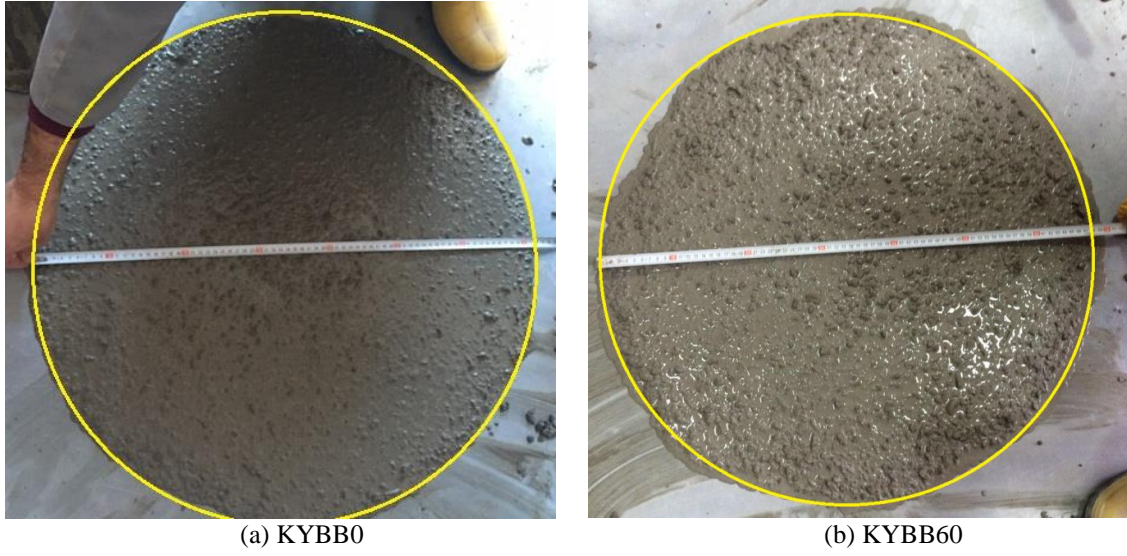
Tablo 4. KYBB’lerin Karışım Oranları (kg/m³)

Kod	Su/Bağlayıcı	Çimento kg/m ³	Uçucu Kül kg/m ³	İri Agrega (kg/m ³)			Akışkanlaştırıcı (kg/m ³)
				Kırma Taş 4-16 mm	Pomza		
					4-8 mm	8-16 mm	
KYBB0	0,32	440	110	822	0	0	7,50
KYBB20	0,32	440	110	657,6	67,3	64,8	6,96
KYBB30	0,32	440	110	575,4	101	97,2	6,43
KYBB40	0,32	440	110	493,2	134,6	129,7	6,07
KYBB50	0,32	440	110	411	168,3	162,1	5,71
KYBB60	0,32	440	110	328,8	201,9	194,5	5,36

2.2.2. Taze Beton Deneyleri

KYB’nin kendiliğinden yerleşebilme yeteneği üç parametreyle belirlenir. Bunlar doldurma yeteneği, ayrışma direnci ve geçiş yeteneğidir [13]. Taze beton deneylerine yetecek miktarda KYBB karışımı hazırlandıktan sonra, aynı mikserden çıkan beton ile sırasıyla 1. dökümde slump yayılma, 2. dökümde L kutusu ve 3. dökümde V hunisi deneyleri yapılmıştır.

Slump yayılma deneyinde, KYBB karışımları herhangi bir sıkıştırma işlemine tabi tutulmaksızın Abrams konisine doldurulmuş ve koninin kaldırılması sonrasında taze betonun 500 mm çapında tablada belirli olan çembere ilk ulaşma süresi T₅₀₀ ve toplam yayılma çapı birbirine dik iki doğrultuda ölçülerek ortalamaları alınmıştır [13]. Yapılan deneyler sonrası yayılmış betonların görüntüleri Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. KYBB0 ve KYBB60'ın slump yayılma çapı ölçümleri

Numunelerin viskozite özelliklerini tespit etmek amacıyla V hunisi deney aparatı kullanılmıştır. V hunisi taze betonla doldurulduktan sonra alt taraftaki kapağın açılmasıyla betonun boşalma süresi ölçülmüştür. Bu sürenin EFNARC'da [13] 8-25 saniye arasında olması gerektiği belirtilmektedir.

Numunelerin geçiş yeteneğini ölçmek için ise standart L kutusu deney aparatı kullanılmıştır [13]. Betonun karıştırma işlemi tamamlanır tamamlanmaz hiçbir şekilde bekletme olmaksızın beton, L kutusunun kapalı bölümüne herhangi bir vibrasyon işlemine tabi tutulmadan doldurulmuştur. Doldurmanın hemen ardından kapak sabit bir hızla yukarı doğru çekilmiş ve betonun demir çubuklar arasından geçiş yeteneği iki uç noktadaki kotun birbirine oranı ile tespit edilmiştir. Deney sonuçları Tablo 5'de verilen sınır değerler ile kıyaslanmıştır.

Tablo 5. Kendiliğinden yerleşen betonların kabul kriterleri

Ölçülen Özellik	Deney Metodu	Sınır Değerler (EFNARC) [13]	
Viskozite	V Hunisi Akış Süresi (sn)	≤8	≤25
Akışkanlık	Slump yayılma (mm)	550-650	660-750 760-850
Geçiş Yeteneği	L Kutusu Deneyi (mm/mm)	>0.8	

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Taze Beton Deney Sonuçları

KYBB'lere ait taze özellikler Şekil 3-6'da verilmiştir. KYBB üretiminde kullanılan bazik pomza miktarı arttıkça taze betonun işlenebilirliğinin azaldığı ve %60'ın üzerine çıkılmasının işlenebilirliğin sınır değerlerini aşacağı öngörülerek en fazla bazik pomza katkısının %60 olması gerektiği tespit edilmiştir. 4-16 mm tane sınıflarında olan ve iri agreganın yerine belirlenen oranlarda ikame edilen bazik pomzanın özgül ağırlığı (4-8 mm ve 8-16 mm) kırma taşın özgül ağırlığından kısmen düşük olduğu için betonda segregasyona rastlanmamıştır.

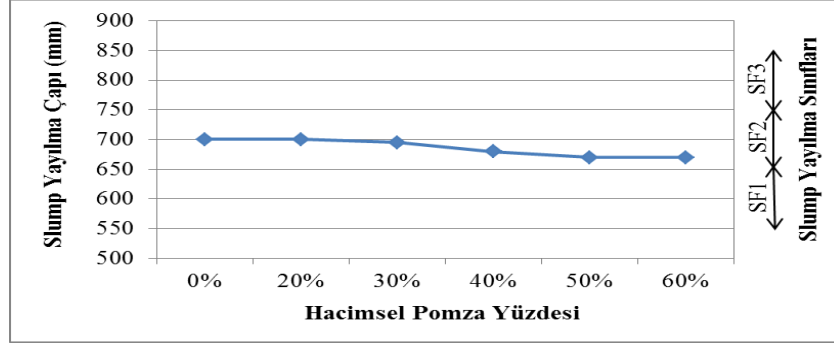
KYBB'lerin akışkanlığının ve ayrışmaya karşı direncinin ölçüldüğü çökme yayılma tablasında üretilen bütün betonlarda 690±20 mm'lik bir yayılma çapı elde edilip, SF2 sınıfının sağlandığı gözlemlenmiştir. Bazik pomza yüzdesi arttıkça slump yayılma çapının giderek azaldığı buna bağlı olarak da T₅₀₀ süresinin arttığı tespit edilmiştir. Kendiliğinden yerleşebilme özellikleri incelendiğinde ayrışma direnci iyi olan karışımların slump yayılma çaplarının azaldığı görülmektedir. Yani slump yayılma çapının artması ayrışma riskini ortaya çıkarmaktadır.

KYB'lerin işlenebilirliğinin ve viskozitesinin değerlendirilmesini sağlayan V hunisindeki boşalma süresinin bazik pomza miktarı arttıkça arttığı tespit edilmiştir. Bunun temeldeki iki sebebi bazik pomzanın çok fazla girinti ve çıkıntıya sahip olan pürüzlü yüzeyinin sürtünmeyi artırıp boşalma süresini geciktirmesi ve bazik pomzanın

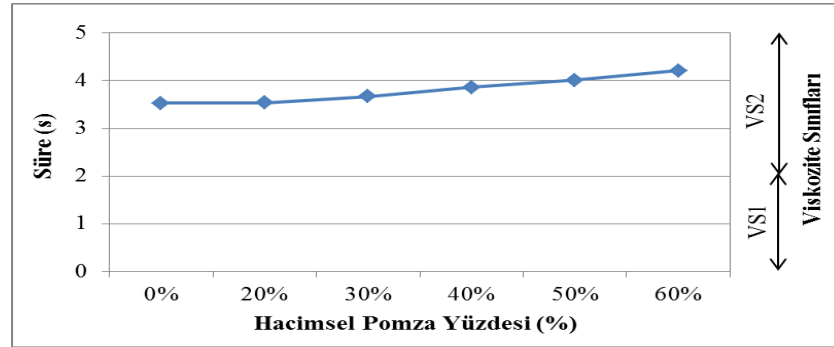
BAZIK POMZANIN KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN İŞLENEBİLİRLİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

özgül ağırlığının kırma taştan düşük olmasıdır. Yani kırma taş biraz daha ağır yapıda ve daha pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğundan V hunisindeki boşalma süresini bazik pomzaya göre hızlandırmaktadır.

L kutusu aracılığıyla KYBB'lerin geçiş yeteneğinin incelenmesi ile de bazik pomza miktarı arttıkça h_2/h_1 'in azaldığı gözlemlenmiştir. KYBB60 kabul edilebilir son sınır değer olan 0,8'i sağlamıştır. Dolayısıyla tüm bu sonuçlardan anlaşılacağı üzere pomza miktarı arttıkça betonun akmasında fark edilecek kadar önemli yavaşlamalar meydana gelmiştir.



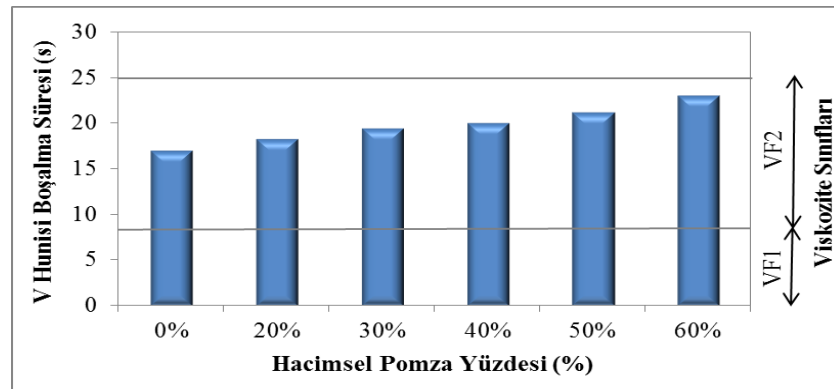
Şekil 3. KYBB'ler için slump yayılma çapı ve slump yayılma sınıfları değişimi



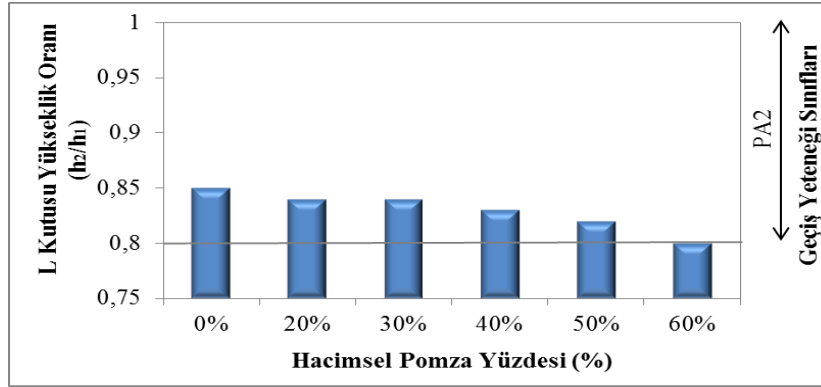
Şekil 4. KYBB'ler için T₅₀₀ slump yayılma süresi ve viskozite sınıfları değişimi

3.2. Sertleşmiş Beton 28 Günlük Basınç Dayanımları Deney Sonuçları

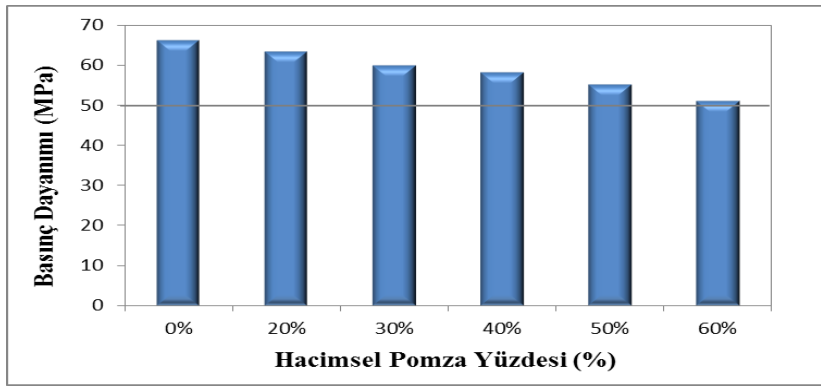
Sertleşmiş betonların sadece 28 günlük basınç dayanımları test edilmiştir. Test sonuçları için basınç dayanımı değişimleri Şekil 7'de verilmiştir. En düşük dayanım değeri KYBB60'da elde edilmiş olup 51,23 MPa'dır. Bazik pomza miktarı arttıkça betonun basınç dayanımı azalmıştır. Bunun sebebi bazik pomzanın özgül ağırlığının kırma taşın özgül ağırlığından biraz daha düşük olmasından dolayı kırma taşa göre daha az dayanıma sahip olmasıdır.



Şekil 5. KYBB'ler için V hunisi akış süresi ve viskozite sınıfları değişimi



Şekil 6. KYBB'ler için L kutusu yükseklik oranı değerleri değişimi



Şekil 7. KYBB'ler için basınç dayanımı değişimi

4. SONUÇLAR

KYBB60'ın birim hacim ağırlığı KYBB0'a göre %4 azalırken buna karşılık dayanımda azalma %23 kadardır. Bazik pomza bu çalışmada kuru yüzey doygun halde kullanılmasına rağmen taze beton özelliklerini olumsuz etkilemiştir. Bunun en önemli sebebi bazik pomzanın yüzeyinin çok fazla girinti ve çıkıntıya sahip olduğundan dolayı yüksek derecede sürtünme oluşturarak KYBB'lerin işlenebilirliğini azaltmasıdır. Bazik pomzanın bu problemi doğurmasından dolayı istenilen sınır değerler arasında kalmak kaydıyla bazik pomza en fazla %60 oranında karışıma eklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] BOUKENDAKDJI, O., KENAI, S., KADRI, E.H., ROUIS, F., "Effect of Slag on the Rheology of Fresh Self-Compacted Concrete", Construction and Building Materials, 23, 2593–2598, 2009.
- [2] SUKUMAR, B., NAGAMANI, K., SRINIVASA, R.R., "Evaluation of Strength at Early Ages of Self-Compacting Concrete with High Volume Fly Ash", Construction and Building Materials, 22, 1394–1401, 2008.
- [3] SIDDIQUE, R., "Properties of Self-Compacting Concrete Containing Class F Fly Ash", Materials & Design, 32, 1501–1507, 2011.
- [4] KHATIB, J.M., "Performance of Self-Compacting Concrete Containing Fly Ash", Construction and Building Materials, 22, 1963–1971, 2008.
- [5] GÜNEYİSİ, E., GESOĞLU, M., BOOYA, E., MERMERDAS, K., "Strength and Permeability Properties of Self-Compacting Concrete with Cold Bonded Fly Ash Lightweight Aggregate", Construction and Building Materials, 74, 17–24, 2015.

BAZİK POMZANIN KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN İŞLENEBİLİRLİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

- [6] GÜNEYİSİ, E., GESOĞLU, M., BOOYA, E., “Fresh Properties of Self-Compacting Cold Bonded Fly Ash Lightweight Aggregate Concrete with Different Mineral Admixtures”, *Materials and Structures*, 45, 1849–1859, 2012.
- [7] BENTLİ, I., UYANIK, A.O., DEMİR, U., ŞAHBAZ, O., ÇELİK, M.S., “Seyitömer Termik Santrali Uçucu Küllerinin Tuğla Katkı Hammaddesi Olarak Kullanımı”, *Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı*, İzmir, Türkiye, 2005.
- [8] ÖZ, H. Ö., “Soğuk Bağlama Yöntemi ile Üretilecek Uçucu Kül ve Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufu Hafif Agregalarının Özelliklerinin İncelenmesi”, *Doktora Tezi*, Gaziantep, Türkiye, 2014.
- [9] GÖNEN, T., YAZICIOĞLU, S., “Pomza Agregalı Kendiliğinden Yerleşen Hafif Betonların Donma-Çözülme Direnci”, *Ulusal Beton Kongresi*, Antalya, Türkiye, 2015.
- [10] KOTAN, T., GUL, R., “Effect of Atmospheric Pressure Steam Curing to Mechanical Properties of Lightweight Concrete Produced with Erzurum-Pasinler Pumice”, *International Scientific Journal Technologies Materials*, 4–5, 66–69, 2010.
- [11] ASTM C 127, “Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate”, *Annual Book of ASTM Standards*, 2007.
- [12] TS EN 197-1, Çimento Sınıfları 1, Bileşen, “Yaygın Çimentolar için Şartnameler ve Uygunluk Kriteri”, *Türk Standartları*, 2002.
- [13] EFNARC, “Specifications and Guidelines for Self-Compacting Concrete”, EFNARC, Association House, 99 West Street, Farnham, UK, www.efnarc.org, ISBN 0 953973344, 32, 2002.