

## **ASİDİK POMZA İLE ÜRETİLEN KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN TAZE ÖZELLİKLERİ**

**Hasan Erhan YÜCEL<sup>1\*</sup>, Hatice Öznur ÖZ<sup>1</sup>, Sümeyye KÖMÜR<sup>2</sup>, Muhammet GÜNEŞ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Türkiye  
<sup>2</sup>İnşaat Bölümü, Niğde Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Türkiye

*Geliş / Received: 11.08.2016*

*Düzeltilmelerin gelişi / Received in revised form: 18.10.2016*

*Kabul / Accepted: 19.10.2016*

### **ÖZ**

Bu çalışmada asidik pomza ile üretilen kendiliğinden yerleşen betonun (KYB) taze haldeki özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla altı farklı beton karışımı, su/bağlayıcı oranı (çimento + uçucu kül) 0,32 ve slump yayılma çapı  $720 \pm 20$  mm olacak şekilde tasarlanmıştır. İlk karışım tamamen doğal agregadan üretilirken, diğer karışımlarda iri agrega %20, %40, %60, %80 ve %100 oranlarında kullanılan asidik pomza ile değiştirilerek kendiliğinden yerleşen asidik pomzalı betonlar (KYBA) elde edilmiştir. Asidik pomzanın taze beton özelliklerine olan etkisini belirlemek amacıyla karışımlar üzerinde slump yayılma çapı,  $T_{500}$  süresi, V hunisinde boşalma süresi ve L kutusunda yükseklik oranı deneyleri yapılmıştır. Yapılan deney sonuçlarına göre; KYB'de kullanılan asidik pomza miktarı arttıkça işlenebilirliğin arttığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kendiliğinden yerleşen beton, asidik pomza, taze özellikler

## **FRESH PROPERTIES OF SELF-COMPACTING CONCRETES PRODUCED WITH ACIDIC PUMICE**

### **ABSTRACT**

Fresh properties of self-compacting concrete (SCC) produced with acidic pumice were investigated in this study. For this purpose, six different concrete mixtures were designed with water / binder ratio (cement + fly ash) of 0.32 and slump flow diameter of  $720 \pm 20$  mm. While first mixture was produced with totally natural aggregate, other mixtures were prepared by acidic pumice replaced with the coarse aggregate in the proportions of 20%, 40%, 60%, 80% and 100% in the mixtures which were self-compacting concrete incorporating acidic pumice (SCCA). Slump flow diameter,  $T_{500}$  flow time, V-funnel flow time and L-box height ratio tests were conducted to determine effects of acidic pumice on fresh properties. According to the test results, it was identified that the workability of SCC increased with increasing the amount of acidic pumice.

**Keywords:** Self-compacting concrete, acidic pumice, fresh properties

### **1. GİRİŞ**

Beton diğer yapısal malzemelere kıyasla çok yönlülük, kullanılabilirlik ve ekonomiklik gibi üstün özelliklere sahip olan dünyanın en yaygın kullanılan yapı malzemesidir. Tüm bu avantajlara rağmen, beton kullanımı yüksek öz ağırlığı ve diğer inşaat malzemelerine kıyasla kalifiye işçilik fazlalığından dolayı bazı yapılarda sınırlı olmaktadır. Bu nedenle, son yıllarda inşaat sektörünün ortaya çıkan talepleri karşılamak için, kendiliğinden yerleşen beton ve hafif beton gibi yeni beton türlerine olan ilgisi giderek artmaktadır [1-4].

\*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 388 225 2271; e-mail/e-posta: heyucel@ohu.edu.tr

H.E. YÜCEL, H.Ö. ÖZ, S. KÖMÜR, M. GÜNEŞ

Kendiliğinden yerleşen beton, ağırlığı ile sık donatılı dar ve derin kesitlere kolayca yerleşebilme imkanı sağlayan ve vibrasyon gerektirmeksizin kendiliğinden sıkışabilen özel bir beton türüdür. Geleneksel betona kıyasla işlenebilirlik, yüksek dayanım, yüksek ayrışma direncine sahip olması ve yüksek dayanıklılık gibi özelliklerinden dolayı ülkemizde kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır [5]. Ancak KYB'nin düşük su/bağlayıcı oranıyla tasarlanması sonucu yapıların zati ağırlıkları da fazla olmakta ve buna bağlı olarak deprem sırasında yapı daha çok zorlanabilmektedir. KYB'nin karakteristik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olan agregalar beton hacminin %65-75'ini oluşturmaktadırlar [4, 6]. KYB'de işlenebilirliği artırmak ve birim hacim ağırlığı azaltmak amacıyla hafif agrega olarak doğal ve yapay çeşitli hafif agregalar kullanılabilir. Doğal hafif agregalar; genelde bir volkanizma ürünü olarak oluşmuş gözenekli ve geniş kütleli dağılımlar gösteren endüstriyel hammaddelerdir. Pomza (asidik ve bazik), diatomit, perlit, vermikülit, puzzolanlar, tuf ve volkanik cürüfler bu kapsamda değerlendirilen ve güncel oluşumları bilinen doğal hafif agrega türleri olarak sayılabilir. Endüstriyel olarak üretilen yapay hafif agregalar uçucu kül ve yüksek fırın cürufu gibi atık malzemelerden elde edilebilmektedir [7].

Kendiliğinden yerleşen hafif agregalı beton (KYHB), kendiliğinden yerleşen beton ve hafif betonun olumlu özelliklerini birleştirerek geliştirilen bir beton türüdür. Bu beton türünde, hafif agregaların betonda oluşturduğu segregasyon problemi önlenirken aynı zamanda betonun birim hacim ağırlığı da azaltılmaktadır. Hiçbir vibrasyona ihtiyaç duymadan kullanım amacına yönelik olarak tasarlanan KYHB, yapıların toplam kütlelerinde bir azalma sağlamaktadır. Buna bağlı olarak yapı elemanlarının kesitlerinin boyutunun küçültülmesiyle önemli bir avantaj elde edilebilmektedir [8].

Birçok araştırmacı agregaların özgül ağırlığı, yüzey şekli ve nem durumunun KYB'nin taze özellikleri üzerinde etkilerini araştırmak için çalışmalar yapmıştır. Kim ve ark. düşük özgül ağırlığa sahip hafif agreganın KYB'nin işlenebilirliğini olumlu etkilediğini göstermiştir [3, 4]. Fakat Khaleel [9], hafif iri agreganın maksimum boyutunun artmasıyla KYB'nin akışkanlığı ve geçebilme kabiliyetinin azaldığını bulmuştur. Sonuç olarak araştırmacılar hafif agreganın yüzeyinin pürüzsüz ve şeklinin küresel durumda olması halinde KYB'nin işlenebilirlik özelliklerini artırdığı kanaatine varmışlardır. [4, 9-12].

Bu çalışmada Nevşehir bölgesinden elde edilen asidik pomza kullanılarak 0,32 su/bağlayıcı oranında, altı farklı beton karışımı tasarlanmış ve asidik pomzanın kendiliğinden yerleşen betonun taze özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

KYB karışımlarında; çimento, uçucu kül, süper akışkanlaştırıcı malzeme, iri agrega olarak asidik pomza ve doğal agrega, ince agrega olarak doğal kum ve kırma kum kullanılmıştır.

#### 2.1.1. Çimento, Uçucu Kül, Süper Akışkanlaştırıcı

Bu çalışmada, TS EN 197-1 [13] standartlarına uygun, İskenderun Çimento Fabrikası'nda üretilen CEM I 42,5 R türü çimento kullanılmıştır. F tipi uçucu kül, çimento ağırlığının %20 seviyesinde değiştirilmesiyle karışımlarda ikinci bağlayıcı malzeme olarak kullanılmıştır. Çimentonun ve uçucu külün kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Özgül ağırlığı 1,07 olan bir polikarboksilik eter tipi süper akışkanlaştırıcı (SA), tüm karışımlarda istenilen işlenebilirliği elde etmek için kullanılmıştır.

#### 2.1.2. Agregalar

Karışımlarda doğal ince ve kaba agregalar asidik pomza ile birlikte kullanılmıştır. Doğal ince agrega olarak kırma kum ve doğal akarsu kumu kullanılmıştır. Kırma taş, kırma kum ve doğal kum Niğde iline aittir. Kaba agrega olarak maksimum dane çapı 16 mm olan kırma taş ve asidik pomza kullanılmıştır. Doğal agregaların elek analizleri ve özgül ağırlıkları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan 4-8 mm ve 8-16 mm çapındaki asidik pomzaların özgül ağırlıkları sırasıyla 1,15 ve 0,99, su emme kapasiteleri ise sırasıyla %47,6 ve %33,2'dir. Kullanılan asidik pomzalar Nevşehir Bölgesinden temin edilmiştir.

*ASİDİK POMZA İLE ÜRETİLEN KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN TAZE ÖZELLİKLERİ*

**Tablo 1.** Çimentonun ve uçucu külün kimyasal ve fiziksel özellikleri

Özellik	Çimento	Uçucu Kül
CaO (%)	62,58	2,24
SiO <sub>2</sub> (%)	20,25	57,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	5,31	24,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	4,04	7,1
MgO (%)	2,82	2,4
SO <sub>3</sub> (%)	2,73	0,29
K <sub>2</sub> O (%)	0,92	3,37
Na <sub>2</sub> O (%)	0,22	0,38
Kızdırma Kaybı (%)	2,99	1,52
Özgül Ağırlık	3,15	2,04
İncelik (Blaine) (m <sup>2</sup> /kg)	326	379

**Tablo 2.** Doğal agreganın elek analizi ve fiziksel özellikleri

Elek Çapı (mm)	Doğal Agregada (% Elekten Geçen)		
	Doğal Kum	Kırma Kum	Doğal Kaba
16	100	100	100
8	99,7	100	31,5
4	94,5	99,2	0,4
2	58,7	62,9	0
1	38,2	43,7	0
0,5	24,9	33,9	0
0,25	5,4	22,6	0
İncelik Modülü	2,79	2,38	5,68
Özgül Ağırlık	2,66	2,45	2,72

## 2.2. Metot

### 2.2.1. Beton Karışım Oranları ve Üretimi

Bu çalışmada su/bağlayıcı oranı 0,32 olarak sabit tutulan altı beton karışımı üretilmiştir. Karışımlarda toplam 550 kg/m<sup>3</sup> bağlayıcı içeriğinin ağırlıkça 20%'sini uçucu kül ve 80%'ini çimento oluşturmaktadır. İnce agregada olarak kullanılan doğal kum ve kırma kum miktarları bütün karışımlar için sabit olup sırasıyla 579,8 kg/m<sup>3</sup> ve 244,7 kg/m<sup>3</sup>'tür. Tablo 3'de görüldüğü gibi asidik pomza %20, %40, %60, %80 ve %100 oranlarında doğal iri agregada ile yer değiştirilerek kullanılmıştır. Buna bağlı olarak, KYB (kontrol karışımı), KYBA20, KYBA40, KYBA60, KYBA80 ve KYBA100 olarak isimlendirilen altı farklı beton karışımı üretilmiştir. Bütün karışımlarda istenilen işlenebilirliği sağlamak amacıyla farklı miktarlarda süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır (Tablo 3).

**Tablo 3.** Kendiliğinden yerleşen beton karışımlarının malzeme miktarları

Kod No	S/B*	Çimento (kg/m <sup>3</sup> )	Uçucu Kül (kg/m <sup>3</sup> )	Su (kg/m <sup>3</sup> )	İri Agregada			İnce Agregada		SA** (kg/m <sup>3</sup> )
					Çakıl No I	Pomza		Doğal		
						4-8 (mm)	8-16 (mm)	Doğal Kum	Kırma Kum	
KYB	0,32	440	110	176	822,0	0,0	0	579,8	244,7	7,50
KYBA20	0,32	440	110	176	657,6	35,7	30,7	579,8	244,7	6,61
KYBA40	0,32	440	110	176	493,2	71,3	61,4	579,8	244,7	5,00
KYBA60	0,32	440	110	176	328,8	107,0	92,1	579,8	244,7	4,64
KYBA80	0,32	440	110	176	164,4	142,7	122,8	579,8	244,7	4,14
KYBA100	0,32	440	110	176	0,0	178,4	153,5	579,8	244,7	3,93

\*Su/Bağlayıcı

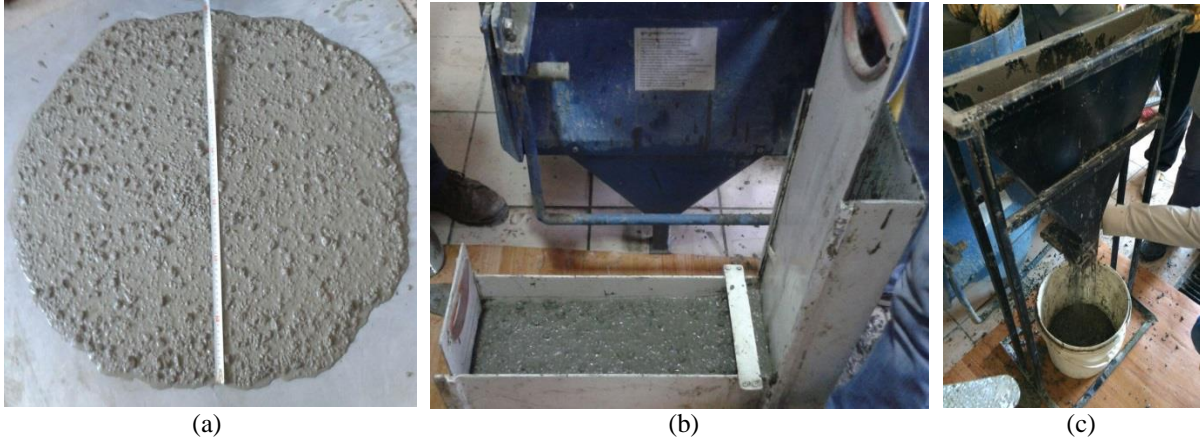
\*\*Süper Akışkanlaştırıcı

H.E. YÜCEL, H.Ö. ÖZ, S. KÖMÜR, M. GÜNEŞ

Bütün KYB karışımları için homojenliği ve üniform yapıyı sağlamak amacıyla harmanlama ve karıştırma işlemleri sırasında aynı prosedür izlenmiştir. Asidik pomzaların yüksek su emme kapasiteleri dikkate alınarak, doymun kuru yüzey hale gelebilmeleri için daha önceden 24 saat boyunca suda bekletilmişlerdir. Bütün karışımlarda slump yayılma çapları  $720 \pm 20$  mm sağlamak amacıyla farklı oranlarda akışkanlaştırıcı kullanılmıştır [14].

### 2.2.2. Deney Yöntemleri

KYB'nin kendiliğinden yerleşebilme yeteneği üç parametreyle belirlenmektedir. Bu parametreler doldurma yeteneği, ayrışma direnci ve geçiş yeteneğidir [14]. Karışımlar  $28 \text{ dm}^3$  kapasiteli mikser kullanılarak taze beton deneylerine yetecek miktarda hazırlandıktan sonra, aynı mikserden çıkan KYB karışımları ile sırasıyla birinci dökümde slump yayılma çapı, ikinci dökümde L kutusu yükseklik oranı ve üçüncü dökümde V hunisi boşalma süresi deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerin uygulamaları sırasıyla Şekil 1a, Şekil 1b ve Şekil 1c'de görülmektedir.



Şekil 1. (a) Slump yayılma çapı, (b) L kutusu yükseklik oranı ve (c) V hunisi boşalma süresi deneyleri

Slump yayılma çapı,  $T_{500}$  slump yayılma süresi, V hunisi boşalma süresi ve L kutusu yükseklik oranı deneyleri EFNARC [14] komitesi tarafından tavsiye edilen prosedüre göre gerçekleştirilmiştir. Slump yayılma değeri, serbest durumdaki taze betonun akıcılığını ifade etmektedir. Deney süresince görsel gözlemler, segregasyon direnci hakkında ek bilgi verebilmektedir.  $T_{500}$ , betonun 500 mm çapına yayılması için geçen süreyi ölçmektedir [14]. EFNARC'a göre uygulama aralığı için üç karakteristik slump yayılma sınıfı vardır. Karakteristik uygulama alanlarının yanı sıra üst ve alt limitleri Tablo 4'de verilmiştir.

Üretilen KYB karışımlarının viskoziteleri,  $T_{500}$  yayılma zamanı ve V hunisi boşalma süresi ile karakterize edilebilir. V hunisi boşalma süresi deneyinde, V şekilli huni taze beton ile doldurulur ve taze betonun huniden akması için geçen süre ölçülerek V hunisi boşalma süresi olarak kaydedilir. Bu sürenin EFNARC' da [14] 8-25 saniye arasında olması gerektiği belirtilmektedir.

L kutusu yükseklik oranı deneyi, taze beton karışımlarının hapsolmuş boşluklar ve sıkışık donatılı alanlar gibi dar açıklıklardan segregasyon, homojenlik ve bloklanmaya sebep olmayacak şekilde geçebilme kabiliyetini gösterir. L kutusu yükseklik oranı deneyinde, taze beton yatay bir biçimde düşey, pürüzsüz donatılar arasından akmasına izin verilir ve donatıların arasından geçen betonun yüksekliği ölçülür. Tablo 4'de L kutusu yükseklik oranına dayalı olarak geçebilme kabiliyeti sınıfları gösterilmiştir.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

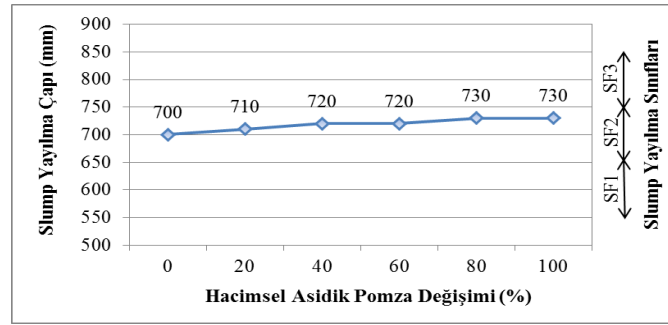
Bu çalışmada üretilen KYB karışımlarının slump yayılma çaplarının kullanılan SA miktarına bağlı olarak 700 mm ile 730 mm arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu sınırlar içinde, en düşük slump yayılma çapı kontrol karışımı (KYB) için ölçülürken en yüksek slump yayılma çapı KYBA80 ve KYBA100 karışımlarında elde edilmiştir. Taze beton birim hacim ağırlıklarına bakıldığında kontrol betonuna kıyasla KYBA100'ün ağırlığının %20,6 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

ASİDİK POMZA İLE ÜRETİLEN KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN TAZE ÖZELLİKLERİ

**Tablo 4.** EFNARC'a göre slump yayılma, viskozite, geçebilme kabiliyeti sınıfları [14]

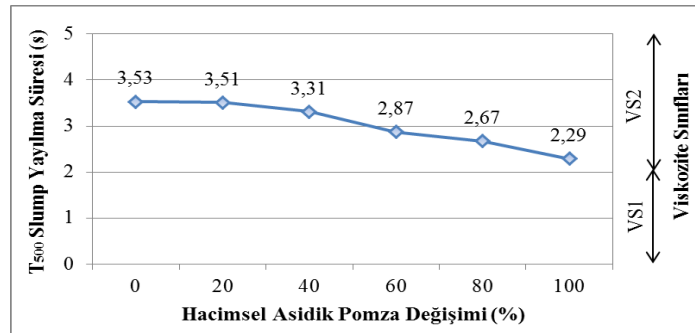
Slump yayılma sınıfları		Slump yayılma çapı (mm)	
SF1		550-650	
SF2		660-750	
SF3		760-850	
Sınıflar	T500 mm (sn)	V-hunisi süresi (sn)	
Viskozite sınıfları			
VS1/VF1	≤2	≤8	
VS2/VF2	>2	9-25	
Geçebilme kabiliyeti			
PA1	≥0,8 iki çubuk donatı		
PA2	≥0,8 üç çubuk donatı		

Tablo 3’de gösterildiği gibi, hacimsel olarak asidik pomza miktarının artmasıyla birlikte amaçlanan slump yayılma çapını sağlamak için gerekli olan SA miktarı önemli derecede azalmıştır. Kontrol karışımında (KYB), örneğin, 7,50 kg/m<sup>3</sup> SA eklenirken KYBA100 karışımı için 3,93 kg/m<sup>3</sup> SA eklenmesi amaçlanan slump yayılma çapı için yeterli olmaktadır. Karışımlarda kullanılan kuru yüzey doygun asidik pomza miktarının artmasıyla daha yüksek akışkanlık özelliklerine sahip KYBA’ların üretildiği açık bir şekilde gözlenmektedir. Şekil 2’de gösterildiği gibi slump yayılma sınıfı SF2 olarak belirlenen KYB karışımlarının, yapı elemanlarının çoğunda kullanılabilir olduğu bilinmektedir [4].

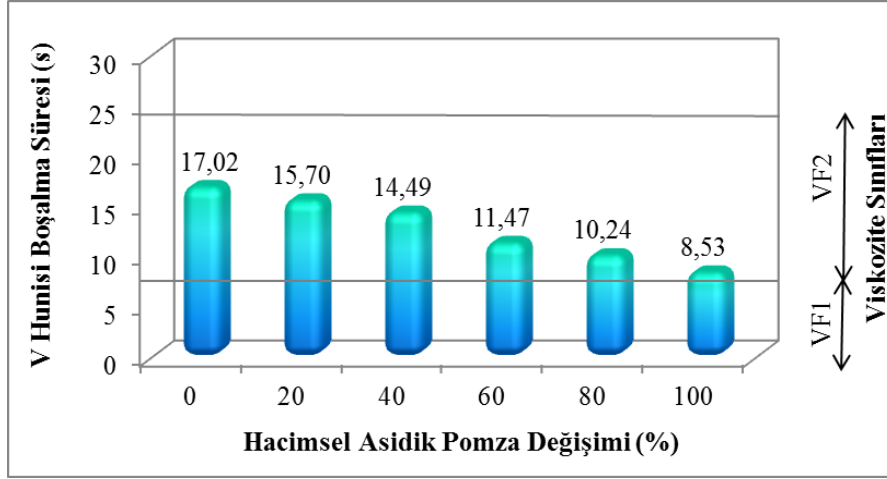


**Şekil 2.** Karışımlardaki hacimsel asidik pomza değişimi ile slump yayılma çapı ilişkisi

Şekil 3 ve 4’de, üretilen KYB karışımlarının 500 mm slump yayılma çapına ulaşmak için geçen süre ve KYB’nin işlenebilirliğini, viskozitesinin değerlendirilmesini sağlayan V hunisindeki boşalması için geçen süre sırasıyla gösterilmiştir. T<sub>500</sub> süresi KYB için 3,53 sn ölçülürken, KYBA100’de 2,29 sn olarak elde edilmiştir. V hunisi boşalma süresi, asidik pomza miktarına bağlı olarak 17,02-8,53 sn arasında gözlenmiştir. Asidik pomzanın düşük özgül ağırlığı ve kuru yüzey doygun halde karışımlarda kullanılması bu sonuçların elde edilmesinde etkili olmuştur.

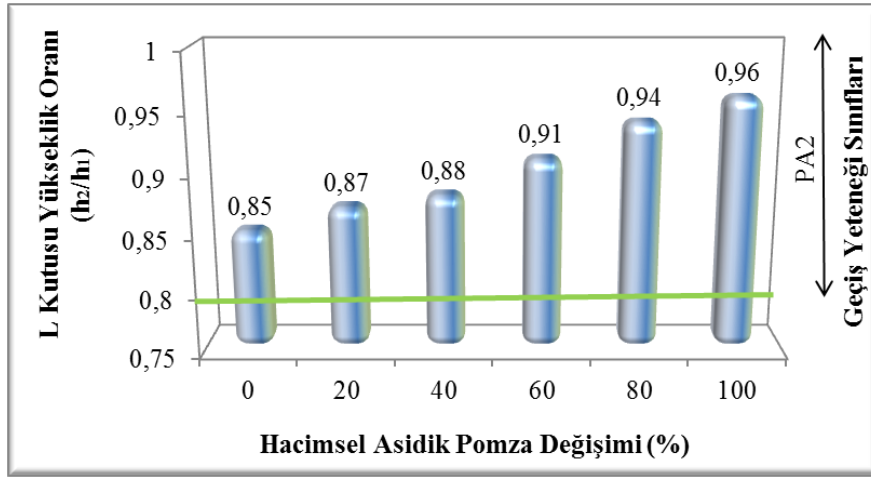


**Şekil 3.** Karışımlardaki hacimsel asidik pomza değişimi ile T<sub>500</sub> slump yayılma süresi ilişkisi



Şekil 4. Karışımlardaki hacimsel asidik pomza değişimi ile V hunisi boşalma süresi ilişkisi

KYB karışımlarının geçme kabiliyetine sahip olduğunu doğrulamak için L kutusu yükseklik oranı 0,8'den büyük olması gerekmektedir. Şekil 5'e göre,  $h_2/h_1$  oranı üretilen bütün KYB'lerde EFNARC [14] sınırını karşılamıştır. Bu deneyin sonucunda KYB karışımlarına asidik pomza eklenmesi ile L kutusu yükseklik oranında sistematik bir artış sağladığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5. Karışımlardaki hacimsel asidik pomza değişimi ile L kutusu yükseklik oranı ilişkisi

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, iri agreganın belirli oranlarda asidik pomza ile ikamesi sonucu taze beton özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

- Taze beton birim hacim ağırlıklarına bakıldığında kontrol betonuna kıyasla KYBA100'ün ağırlığının %20,6 oranında azaldığı tespit edilmiştir.
- Doğal iri agreganın asidik pomza ile ikame edilmesiyle segregasyon ve terleme olmaksızın KYB üretiminin uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır.
- Deney sonuçlarına göre, 500 mm slump yayılma çapına ulaşmak için geçen süre ile taze betonun V hunisinden akması için geçen süre incelendiğinde, her iki sürenin de asidik pomza miktarının artmasıyla azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, bütün karışımlarda asidik pomza miktarının artmasıyla L kutusu yükseklik

*ASİDİK POMZA İLE ÜRETİLEN KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN TAZE ÖZELLİKLERİ*

oranının arttığı gözlenmiştir. Sonuç olarak asidik pomzanın düşük özgül ağırlığı ve kuru yüzey doygun halde KYB’de kullanılması KYB’nin taze özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir.

**KAYNAKLAR**

- [1] BENTUR, A., IGARASHI, S., KOVLER, K., “Prevention of Autogenous Shrinkage in High Strength Concrete by Internal Curing Using Wet Lightweight Aggregates”, Cement and Concrete Research, 31, 1587-1591, 2001.
- [2] KILIC, A., ATIS, C.D., YASAR, E., OZCAN, F., “High-Strength Lightweight Concrete Made with Scoria Aggregate Containing Mineral Admixtures”, Cement and Concrete Research, 33, 1595-1599, 2003.
- [3] KIM, Y.J., CHOI, Y.W., LACHEMI, M., “Characteristics of Self-Consolidating Concrete Using Two Types of Lightweight Coarse Aggregates”, Construction and Building Materials, 24, 6-11, 2010.
- [4] GESOGLU, M., GUNEYISI, E., OZTURAN, T., OZ, H.O., ASAAD, D.S., “Self-Consolidating Characteristics of Concrete Composites Including Rounded Fine and Coarse Fly Ash Lightweight Aggregates”, Composites Part B: Engineering, 60, 757-763, 2014.
- [5] OKAMURA, H., OUCHI, M., “Self-Compacting Concrete. Development, Present Use and Future”, Proceedings of 1st International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, 3-14. Stockholm, Sweden, 1999.
- [6] SU, N., HSU, K.C., CHAI, H.W., “A Simple Mix Designs Method for Self Compacting Concrete”, Cement and Concrete Research, 31(12), 1799-1807, 2001.
- [7] ÖZ, H.Ö., “Soğuk Bağlama Yöntemi ile Üretilecek Uçucu Kül ve Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufu Hafif Agregalarının Özelliklerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep, Türkiye, 2014.
- [8] FELEKOGLU, B., “Kendiliğinden Yerleşen Betonun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Malzemesi Ana Bilim Dalı, 267. İzmir, Türkiye, 2003.
- [9] KHALEEL, O.R., AL-MISHHADAN, S.A., RAZAK, H.A., “The Effect of Coarse Aggregate on Fresh and Hardened Properties of Self-Compacting Concrete (SCC)”, Procedia Engineering, 14, 805-813, 2011.
- [10] BOGAS, J.A., GOMES, A., PEREIRA M.F.C., “Self-Compacting Lightweight Concrete Produced with Expanded Clay Aggregate”, Construction and Building Materials, 35, 1013-1022, 2012.
- [11] LO, T.Y., TANG, P.W.C., CUI, H.Z., NADEEM, A., “Comparison of Workability and Mechanical Properties of Self-Compacting Lightweight Concrete and Normal Self-Compacting Concrete”, Materials Research Innovations, 1(1), 45-50, 2007.
- [12] HELA, R., HUBERTOVA, M., “Development of Self Compacting Lightweight Concrete Using Lightweight Liapor Aggregate”, The Financial Support of the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic, Project No: 1M0579, 2005.
- [13] TS EN 197-1, Çimento - Bölüm 1, Genel Çimentolar - Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [14] EFNARC, “Specifications and Guidelines for Self-Compacting Concrete”, EFNARC, Association House, 99 West Street, Farnham, United Kingdom, www.efnarc.org, ISBN 0 953973344, 32, 2002.