

Some Properties of Concrete Produced with Pumice Powder

Selcuk Memis

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,
Kastamonu University, 37150, Kastamonu, Turkey.

E-mail: smemis@kastamonu.edu.tr

Abstract

Light construction materials solve many problems such as earthquake, economy, heat and sound insulation, resistance to fire and the pumice aggregate which is at the beginning of these materials is sufficient in our country and also the use of pumice in the production of lightweight concrete constitutes the most important point of today's work. The purpose of this study is to investigate the usability of lightweight concrete, obtained by using pumice aggregate as a screed and a maximum particle diameter of 1 mm, to be produced for a construction material that provides economical and sufficient conditions. The amount of material required for concrete mix is used as weight. The total volume of the mixtures was determined by finding the volume of material in each group. Light concrete was prepared with 250 kg/m³ and 350 kg/m³ dosages. In addition, light concrete blocks were produced by adding lime to the mixtures at 0.20, 0.40 and 0.60 percent of cement. These produced lightweight concrete blocks were water cured. Unit volume weight, water absorption, porosity, compressive strength, freeze thaw resistance and thermal conductivity values of the samples were determined. When the results are examined, it was determined that unit volume weight values changed between 1.338 t/m³ and 1.471 t/m³, water absorption porosity values changed by about 14±2%, and porosities were changed to about 21±1%. It has been observed that the compressive strength decreases with increasing lime ratio between 10 MPa and 2.2 MPa and the freezing and thawing strengths are improved positively. The thermal conductivity values of the lightweight concrete block elements were determined to be 0.84 W/mK at 350 kg/m³ dosage samples and 0.74 W/mK at 250 kg/m³ dosage samples. According to the results obtained, it can be seen that the pumice, which is expressed as screed, can provide advantages in the case of using in concrete block production.

Keywords: Construction materials, lightweight aggregate, lightweight concrete, pumice, powder concrete,

Pomza Tozu ile Üretilen Betonun Özellikleri

Özet

Hafif inşaat malzemeleri deprem, ekonomi, ısı ve ses yalıtımı, yangına dayanıklılık gibi pek çok sorunu çözmekte ve hafif beton üretiminde ülkemizde yeterli miktarda bulunan, pomza kullanımı da günümüz çalışmalarının en önemli noktasını oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı, ekonomik ve yeterli koşullar sağlayan bir inşaat malzemesi için şaplık olarak adlandırılan ve 1 mm'lik maksimum partikül çapına sahip toz pomzanın hafif beton üretiminde kullanılabilirliğini araştırmaktır. Beton karışımı için gerekli malzeme miktarı ağırlık olarak kullanılmış, karışımların toplam hacmi, her gruptaki malzeme hacminin bulunmasıyla belirlenmiştir. Hafif beton üretiminde 250 kg/m³ ve 350 kg/m³ dozajlarda hazırlanan karışımlara ayrıca, çimentonun 0,20, 0,40 ve 0,60 oranlarında karışımlara kireç eklenerek hafif beton bloklar üretilmiştir. Bu üretilen hafif beton bloklar su kürü uygulanmıştır. Numunelerin birim hacim ağırlığı, su emme, gözeneklilik, basınç dayanımı, donma çözülme dayanımı ve ısı iletkenlik değerleri belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, birim hacim ağırlık değerlerinin 1.338 t / m³ ile 1.471 t / m³ arasında değiştiği, su emme porozite değerlerinin yaklaşık % 14 ± 2 oranında, gözeneklerin yaklaşık % 21 ± 1 olarak değiştiği tespit edilmiştir. Basınç dayanımının 10 MPa ile 2.2 MPa arasında artan kireç oranı ile azaldığı, donma ve çözülme dayanımının ise olumlu yönde arttığı gözlenmiştir. Hafif beton blok elemanların ısı iletkenlik değerleri, 350 kg / m³ dozajlı numunelerde ortalama 0.84 W/mK, ve 250

kg/m³ dozajlı numunelerde ise ortalama 0.74 W/mK olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, şaplık olarak ifade edilen pomzaların beton blok üretiminde kullanımında avantaj sağlayabileceği görülmüştür.

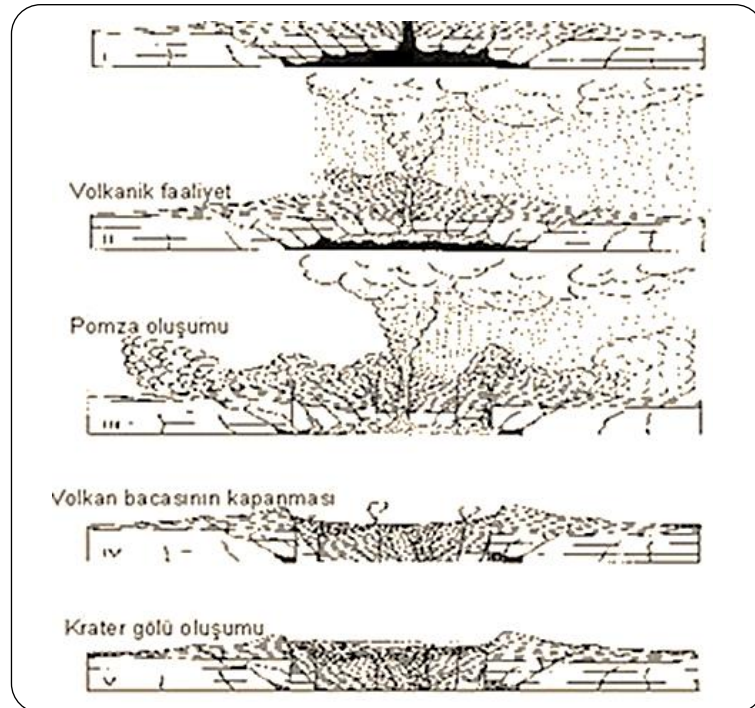
Anahtar kelimeler: Yapı malzemesi, hafif agrega, hafif beton, pomza, toz beton,

1. Giriş

İnşaat sektöründe pomza, ilk olarak Yunanlılar ve daha sonra da Romalılar tarafından duvarlarının inşasında ve su kanallarında kullanımı ile başladığı kabul edilen bir yapı malzemesidir (Gündüz 2008; Kabay et al. 2015). İlk olarak kullanımı daha eski olsa da günümüzde kullanımının ilk temelleri, boyutlandırılmış pomzanın Kaliforniya'da 1851 yılında kullanılmasıyla başlamaktadır. Pomzanın çimento ile karıştırılarak ilk kullanımı ise Los Angeles su kemerinin yapım yılı olan 1908 – 1918 tarihidir. Buna karşın A.B.D'de hafif-yalıtımlı beton agregası olarak 1935 yılında kullanılmaya başlanan ve günümüzde bile önemini kaybetmemiş bir malzemedir. (Bims Sanayicileri Derneği 2006).

Pomzayı tanım olarak açıklamak gerekirse; volkanik aktiviteler sonucu meydana gelmiş silikat esaslı, amorf yapıda, camsı, süngerimsi görünümlü silikat esaslı, birim hacim ağırlığı küçük, sertliği Mohs skalasına göre yaklaşık 6 olan doğal bir volkanik kayadır (Sari ve Pasamehmetoglu 2005; Anwar and Hossain 2004; Gündüz, et al. 2005; Cavaleri, et. al 2003). Dilimizde sünger taşı, hışır taşı, topuk taşı gibi adlar alan bu kayaç, İngilizcede pumice (iri taneli) veya pumicite (ince taneli), Almandada ise bims (iri taneli) veya bimstein (ince taneli), Fransızca ponce ve İtalyanca'da ponza olarak bilinmektedir (Seçer 1997; Köse et al. 1997). Diğer dillerin ve teknoloji ithalinin etkisiyle Tükçe'de pomza, ponza, bims, pümis ve pümisit gibi terimlerle ifade edilir (Serin et al. 2007; Orhan et al. 2017).

Bir başka tanıma göre pomza, birbiriyle bağlantısız boşluklu, süngerimsi, silikat esaslı, volkanik olaylar sonucunda oluşmuş (Şekil 1), fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, birim hacim ağırlığı 1 gr/cm³'ten küçük, gözenekli ve camsı bir kayadır (Ünal, Demir, and Uygunoğlu 2003; Uygunoğlu and Ünal 2007). Endüstriyel kullanım açısından tanımlandığında ise; boşluklu, süngerimsi, volkanik olaylar neticesinde oluşmuş fiziksel ve kimyasal özelliklere karşı dayanıklı, zararsız, uzun ömürlü, ısı ve ses yalıtım özelliği sağlayan, yüksek sıcaklıklara dayanıklı, camsı özelliğe sahip volkanik bir kayaç olarak ifade edilebilir (Yazicioğlu and Bozkurt 2006).



Şekil 1. Pomza taşının oluşum mekanizması (Varol 2016)

Pomza, ülkemizde ve dünyada geniş anlamda inşaat sanayiinde kullanılma sebebi düşük birim hacim ağırlığı, yüksek ısı ve ses izolasyonu, iklimlendirme özelliği, kolay sıva tutması, mükemmel akustik özelliği, deprem yük ve davranışları karşısındaki elastikiyeti ve alternatiflerine göre daha ekonomik oluşu ile açıklanabilir (Yazıcıoğlu ve Bozkurt 2006; Uygunoğlu ve Ünal 2007; Orhan et al. 2017).

Sahip olduğumuz doğal kaynakların değerlendirilmesinde, teknolojik gelişmelerin ışığı altında ülkemizde yaygın bir şekilde bulunan bazı doğal hafif agregalar ile belirli amaçlara yönelik ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekliliği görülmektedir (Karaman et al. 2006). Bu amaçlar doğrultusunda yeterli kullanım alanı bulunan pomzanın ise şaplık olarak adlandırılan ince malzeme miktarının fazla oluşu ve kıt kaynaklarımızın en verimli şekilde kullanılarak ekonomiye yeniden kazandırılmasında kısıtlı kullanımı olan bu malzemenin üretime dahil edilmesi amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Yapı malzemesi olarak yeterli özelliklere sahip bir hafif yapı malzemesinin yapılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışma kapsamında; şaplık pomza olarak ifade edilen 1 mm elek altı malzemenin hafif beton üretiminde kullanılmasıyla elde edilen hafif betonun fiziksel ve mekaniksel özellikleri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma kapsamında agrega olarak Erzurum Pasinler bölgesinden elde edilen ve şaplık olarak adlandırılan maksimum tane boyutu 1mm olacak şekilde ayarlanmış pomza ile elde edilen hafif betonun fiziksel ve mekaniksel özellikleri araştırılmıştır. Deneylerde kullanılan malzemelerden pomzanın kimyasal element içerikleri Tablo 1’de ve Erzurum Aşkale Çimento Fabrikası ürünü olan TS EN 197-1 standardına uygun Portland Kompoze (CEM II /A-M (P-LL) 42.5N) çimentosunun fiziksel ve mekanik özellik değerleri Tablo 3’de verilmiştir. Ayrıca ince malzeme kullanılması nedeniyle karışımlara çimentoya ilave olarak çimentonun %20’si, %40’i ve %60’ı oranlarında karışımlara piyasada bulunan, inşaat ve yapı malzemeleri imalatında kullanılan yoğunluğu, 2.20 - 2.45 g/cm³, birim ağırlığı 0.60 - 0.75 g/dm³ olan CL – 80 – S tipi söndürülmüş toz kalker kireci (Tablo 2) ilavesi yapılmıştır. Deneysel çalışmada dozajın etkisinde ortaya konulabilmesi amacıyla 250 kg/m³ ve 350 kg/m³ olacak şekilde gruplar hazırlanmıştır (Tablo 4).

Tablo 1. Erzurum-Pasinler pomzası kimyasal analiz sonuçları

Kimyasal Bileşenler	% Oran
MgO	0.02
Al ₂ O ₃	12.99
SiO ₂	70.33
CaO	1.75
Fe ₂ O ₃	1.51
SO ₃	0.29
K ₂ O	5.80
Na ₂ O	3.90
TiO ₂	0.35
Kızdırma kaybı	3.06

Karışım hesapları TS 2511’e göre yapılmış olup, standartta belirtilen net su/çimento oranı bulunurken istenilen akıcı kıvamda beton elde edilmesinde ön deneme karışımlarından yararlanılmış ve su/çimento oranı her bir grup için aynı kıvamda olacak şekilde 0,98 olarak seçilmiştir. Ayrıca karışımlarda agreganın piknometre yöntemine göre saptanan 10 dakikalık özgül ağırlık faktörü değerleri kullanılmıştır. Karışımların toplam hacmi, her gruptaki malzemenin kapladığı hacimleri bulunarak yapılmış (Tablo 5) ve agrega hacmi bulunurken ağırlıkları ve piknometre yoğunluk faktörü değerlerinden yararlanılarak karışım miktarları bulunmuştur

Tablo 2. Kirece ait kimyasal analiz raporu

Kimyasal analiz		
<i>Kalsiyum hidroksit (CaOH₂)</i>		> % 90
<i>Magnezyum hidroksit (Mg(OH)₂)</i>		< % 1
<i>Silisyum dioksit (SiO₂)</i>		< % 0.1
<i>Metal oksitler (Fe₂O₃+Al₂O₃)</i>		< % 0.5
<i>Nem miktarı</i>		< % 1
<i>İncelik</i>	<i>100 mesh elek üstü</i>	% 0
	<i>200 mesh elek üstü</i>	< % 2

Tablo 3. Araştırmada kullanılan çimentonun (CEM II /A-M (P-LL) 42.5N) kimyasal analiz değerleri ile fiziksel ve mekaniksel özellikleri

Kimyasal analiz		Fiziksel ve mekaniksel özellikler		
SiO ₂	18.59	İncelik	45 µ elek üstü %	8.58
Al ₂ O ₃	4.69			
Fe ₂ O ₃	3.04	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)		3.05
CaO	60.34	Özgül Yüzey (cm ² /gr)		4145
MgO	1.92	Priz Başlangıcı (saat-dk)		2sa-33dk
SO ₃	2.89	Priz Sonu (saat-dk)		3sa-18dk
Kızdırma Kaybı	7.19	Hacim Genleşmesi (mm)		0,7
Na ₂ O	0.11	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	2.Gün	23.9
K ₂ O	0.64		28.Gün	51,1
Cl	0.0189	Su İhtiyacı %		29,9
Ölçülemeyen	0.57			
Toplam	100			
s.CaO	0.38			
Katkı %	17.87			

Tablo 4. Araştırmada kullanılan temel karışım grupları

Kür Şartları	Tane boyutu	Su/ Bağlayıcı	Dozaj (kg/m ³)	Kireç/Cimento
				0,20
Su Kürü	0-1	0,98	250	0,40
			350	0,60

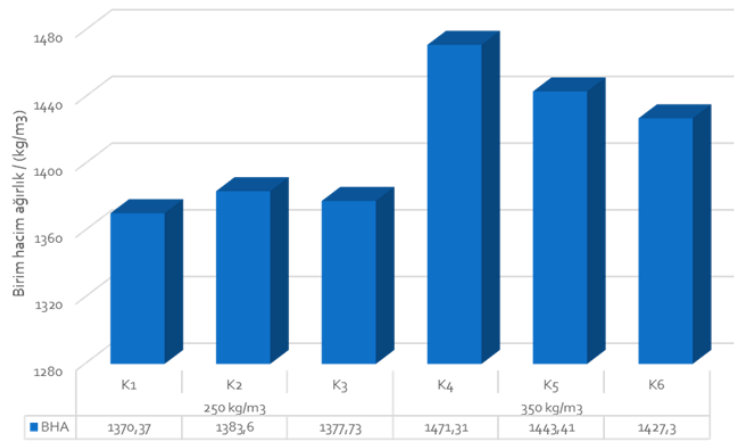
Karışımların hazırlanmasında pomza, kireç ve su sırasıyla mikserle ilave edilerek 3 dakika ön karıştırma işlemi uygulanmış ve sonra çimento karışıma ilave edilerek 5 dakika daha karışımın homojenliği sağlamak amacıyla karıştırma işlemine devam edilmiştir. Elde edilen karışımlar 20cm x20 cm lik küp numunelere dökülmüş ve 24 saat 200C oda sıcaklığında bekletildikten sonra ilgili deney gününe kadar kirece doymuş su içerisinde bekletilmiştir. Kürünü tamamlayan örnekler üzerinde birim hacim ağırlıklar, su emme ve porozite değerleri TS EN 12390-7 standartına göre, basınç dayanımı TS EN 12390-3 ve ASTM C 39 standartına göre, donma-çözülme dayanımı ASTM C 666 standartına göre 3 saat -15±3 0C 'de derin dondurucuda dondurulduktan sonra 3 saat 20±2 0C 'de suda çözülürülerek 25 defa tekrarlanan uygulamadan sonra ve ısıl iletkenlik değerleri ASTM C 1113-90 standardında verilen prensiplere göre "Hot Wire Method (Sıcak Tel Yöntemi)" kullanılarak belirlenmiştir. Isıl iletkenlik katsayısının belirlenmesinde minimum 5x5x10 cm boyutlarında prizmatik numuneler üzerinde ölçüm yapılabilen QTM-500 marka cihaz kullanılmıştır.

Tablo 5. Pomza ile üretilen 1 m³'lük beton karışımına giren malzeme miktarları

Gruplar	Çimento		Kireç		Su		Pomza		Hava boşluğu Hacmi (dm ³)	Toplam	
	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)		Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)
K1	81.97	250	20.83	50	245	245	642.200	1117.43	10	1000	1662.43
K2	81.97	250	41.67	100	245	245	621.360	1081.17	10	1000	1676.17
K3	81.97	250	62.50	150	245	245	600.530	1044.92	10	1000	1689.92
K4	114.75	350	29.17	70	343	343	503.080	875.36	10	1000	1638.36
K5	114.75	350	58.33	140	343	343	473.920	824.62	10	1000	1657.62
K6	114.75	350	87.50	210	343	343	444.750	773.87	10	1000	1676.87

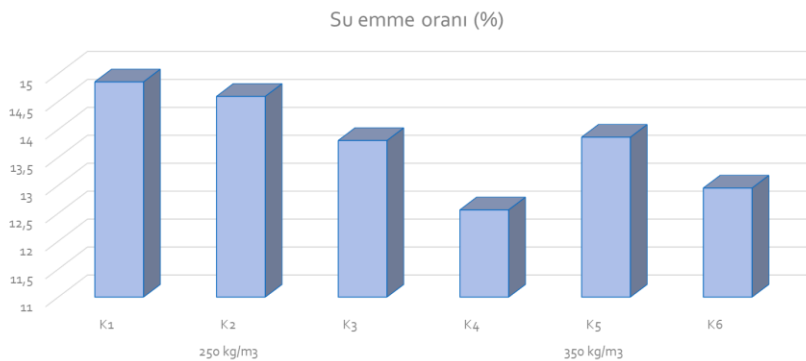
3. Deneysel Sonuçları ve Tartışma

Erzurum Pasinler bölgesinden elde edilen ve maksimum tane boyutu 1 mm olan pomza ile hazırlanan betonların birim hacim ağırlık değerleri Şekil 2 'de, su emme değerleri Şekil 3'de ve porozite değerleri ise Şekil 4'de verilmiştir.

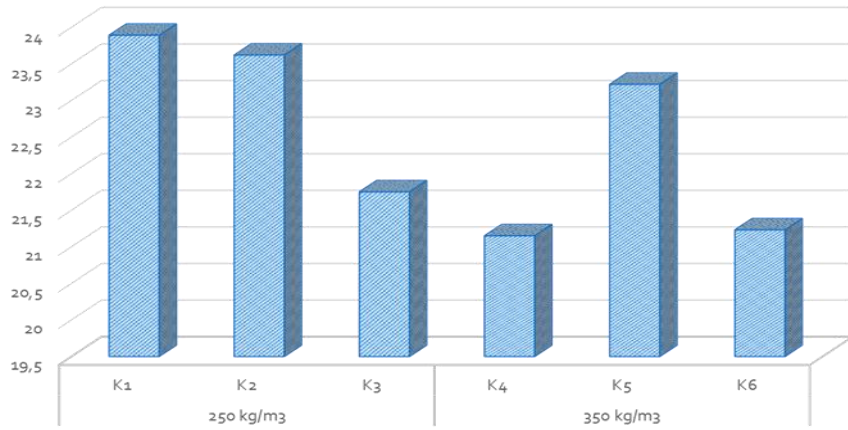


Şekil 2. Hafif beton örneklerin birim hacim ağırlık değerlerindeki değişim

Şekil 2 incelendiğinde birim hacim ağırlık değerleri 250 kg/m³ dozajlı örneklerde (K1,K2 ve K3) artan kireç oranına bağlı olarak %0,5 lik oranında küçük bir artış gözlemlenmesine rağmen bu değişim 350 kg/m³ dozajlı örneklerde (K4,K5 ve K6) artan kireç oranına bağlı olarak %3 lük bir azalış gerçekleşmiştir. Su emme ve porozite değerleri incelendiğinde (Şekil 3, Şekil 4) 250 kg/m³ dozajlı örneklerde (K1,K2 ve K3) porozite değerlerinin %21,5-24 arasında 350 kg/m³ dozajlı örneklerde (K4,K5 ve K6) %21,5-23,5 arasında olmasına rağmen su emme oranlarında ise tüm boşlukların tüm gruplarda malzeme inceliğinden ve kompasiteden kaynaklı olarak suyla dolmadığı görülmüştür.

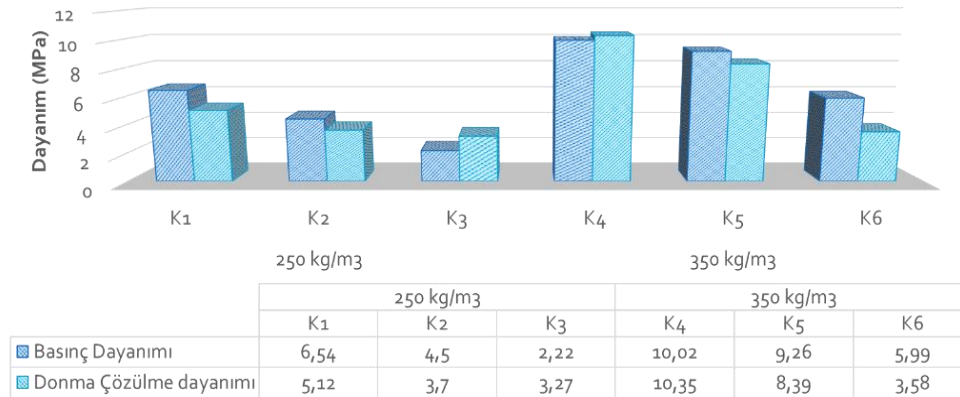


Şekil 3. Hafif beton örneklerin su emme oranlarındaki % değişim



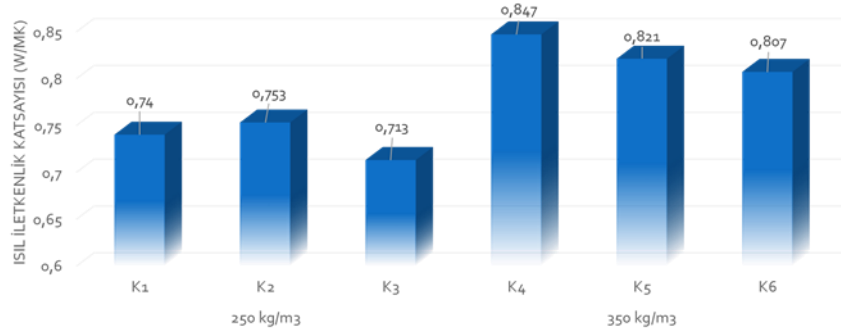
Şekil 4. Hafif beton örneklerinde porozitedeki % değişim

Hafif beton örneklerinin 28 günlük basınç dayanımları incelendiğinde (Şekil 5) %20 katkıli gruplarda basınç dayanımının K1 grubunda 6,54 MPa, K4 grubunda ise 10,02 MPa dayanıma ulaştığı görülmüştür. Ancak dayanımda 250 kg/m³ dozajlı örneklerde yaklaşık %67'lik bir kaybın olmasına rağmen, 350 kg/m³ dozajlı örneklerde bu kayıp değeri yaklaşık %40 oranında olmak üzere artan kireç oranına bağlı olarak azalma meydana geldiği görülmüştür. Donma çözülme dayanımları ise (Şekil 5) %20'lik bir dayanım kaybı yaşanan 250 kg/m³ dozajlı K1 grubunda iken %30'luk dayanım kaybı 350 kg/m³ dozajlı K6 grubunda gerçekleşmiştir. Bu durum K1 , K2 ve K3 gruplarında kirecin bağlayıcı olarak daha çok etkili olduğu ancak 350 kg/m³ dozajlı K4, K5 ve K6 gruplarında ise artan kirecin zayıf bir faz oluşturduğu ve bu azalışın bu fazdan kaynaklanabileceği öngörülmüştür.



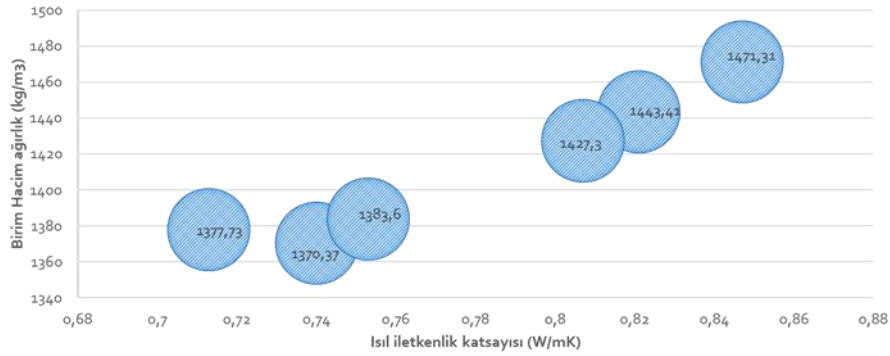
Şekil 5. Hafif beton örneklerin 28 günlük basınç dayanım ve donma çözülme dayanım değerlerindeki değişim

Hafif beton örneklerinin ısı iletkenlik katsayıları incelendiğinde (Şekil 6) dozaja bağlı artış ve kireç oranına bağlı olarak bir azalış olduğu görülmüştür. Bu durum 250 kg/m³ dozajlı gruplarda 0,753 – 0,713 W/mK değerleri arasında iken, 350 kg/m³ dozajlı örneklerde 0,847-0,804 W/mK değerleri arasında gerçekleşmiştir.



Şekil 6. Hafif beton örneklerin ısı iletkenlik katsayısı değerlerindeki değişim

Isıl iletkenlik değerlerinin birim hacim değerleri ile ilişkisi incelendiğinde (Şekil 6, Şekil 7) artan bağlayıcıya göre değişmekle birlikte 250 kg/m³ dozajlı örneklerde ortalama 1380 kg/m³ ve 0,74 W/mK ve 350 kg/m³ dozajlı örneklerde ortalama 1450 kg/m³ ve 0,84 W/mK ısı iletim katsayısı değerlerinde olduğu belirlenmiştir. Bu durumda elde edilen örneklerin ASTM (C330-77) standardına göre 28 günlük basınç dayanımı değerlerinin 7 - 17 MPa basınç dayanım değerine sahip ve ısı yalıtım özelliği bakımından da taşıyıcı ve yalıtım amaçlı hafif beton sınıfları arasında kalan yarı taşıyıcı hafif beton sınıfına giren (Sari and Pasamehmetoglu 2005) betonlar elde edilebildiği görülmüştür.



Şekil 7. Hafif beton örneklerinde ısı iletkenlik katsayısı ile birim hacim ağırlık değerleri arasındaki ilişki

4. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Artan dozaja bağlı olarak 250 kg/m³ dozajlı örneklerde 1377 kg/m³, 350 kg/m³ dozajlı örneklerde 1377 kg/m³ ortalama birim hacim ağırlık değerlerinin elde edilebileceği
- Su emme ve porozite değerlerinin artan kireç oranına ve dozaja farklı oranlarda azaldığı,
- Basınç dayanımları açısından artan dozaja bağlı olarak 6,54MPa ile 10,02 MPa arasında değişmekle beraber yarı taşıyıcı olarak ifade edilebilecek betonların elde edilebileceği, donma çözülme dayanımı açısından ise yeterli dayanıma sahip olduğu,
- Isıl iletkenlik katsayıları ise normal biriketlerin değerlerine yakın ancak mevcut tuğla değerlerinden (ortalama 0,45 W/mK) fazla olduğu,
- Agrega olarak kullanılan pomzanın uygun tane dağılımına sahip olan hafif beton (bims blok, briket gibi) üretiminde kullanılmasına karşın piyasada şaplık malzeme olarak adlandırılan 4 mm elek altı ince malzemenin de yarı taşıyıcı hafif beton üretiminde de değerlendirilebileceği saptanmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında BAP/ 2009-224 nolu proje ile desteklenmiş ve yazarın doktora tezinden özetlenmiştir.

References

- Hossain A., Khandaker M. (2004). 'Properties of Volcanic Pumice Based Cement and Lightweight Concrete'. *Cement and Concrete Research* 34 (2): 283–91. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2003.08.004>.
- Bims Sanayicileri Derneği. (2006). *Bims_Sektor_Raporu_2006*. https://www.byclub.com/Files/sektor_raporlari/Bims_Sektor_Raporu_2006.pdf. 30.06.2018
- Cavaleri, L, Miraglia N, and Papia M. (2003). 'Pumice Concrete for Structural Wall Panels'. *Engineering Structures* 25 (1): 115–25. [https://doi.org/10.1016/S0141-0296\(02\)00123-2](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(02)00123-2).
- Gündüz, L. (2008). 'The Effects of Pumice Aggregate / Cement Ratios on the Low-Strength Concrete Properties'. *Construction and Building Materials* 22: 721–28. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.01.030>.
- Gündüz, L, Şapcı N, and Davraz M. (2005). 'Pomza Madenciliği , Endüstrisi ve Türkiye Açısından Önemi (Gelişen Yeni Bir Sektör)'. In *Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, IMCET2005 İzmir, Türkiye, 09-12 Haziran 2005*, 397–407.
- Nihat K, Tufekci M M., Kizilkanat A B, and Oktay D. (2015). 'Properties of Concrete with Pumice Powder and Fly Ash as Cement Replacement Materials'. *Construction and Building Materials* 85. Elsevier Ltd: 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.026>.
- Karaman S, Şahin S, Örüng İ, and Köksal P. (2006). 'Ağaç Yaprağı ve Pomza Katkili Alçı Kompozitlerin Tarımsal Yapılarda Kullanılabilme Olanaklarının Araştırılması'. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik -Mimarlık Fakültesi Dergisi* 11 (1): 75–82.
- Köse H, Köse Ç, Pamukçu Ç, Yalçın N, and Seçer T. (1997). 'Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu'. In *Pomza ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Olanakları*.
- Varol O O. (2016). 'Bitlis Ve Van İllerinde Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış'. *Bilimsel Madencilik Dergisi* 55 (3): 27–34.
- Ahmet O, Dinçer İ, Akin M, and Çoban S. (2017). 'Nevşehir Pomza Endüstrisi'nin Genel Değerlendirilmesi'. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi* 6 (2): 571–79.
- Sari, D, and Pasamehmetoğlu A G. (2005). 'The Effects of Gradation and Admixture on the Pumice Lightweight Aggregate Concrete' 35: 936–42. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.04.020>.
- Seçer, T. (1997). 'Pomza ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Olanakları H. Köse, Ç. Pamukçu', 16–17.
- Güngör S, Çankiran O, Başyigit C, Taş H H, and Fenkli M. (2007). 'Normal, Hafif ve Yarı Hafif Beton Blokların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması'. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi* 3 (1): 15–22.
- Uygunoğlu T., and Ünal O. (2007). 'Buhar Kürü Uygulanmış Pomzalı Hafif Betonun Özellikleri', *Politeknik Dergisi* 10: 111–16.

- Ünal, O., Demir İ, and Uygunoğlu T. (2003). ‘Pomza ve Diyatomitin Hafif Blok Eleman Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması’. III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu. 2003.
- Yazicioğlu, S., and Bozkurt N. (2006). ‘The Investigation of the Mechanical Properties of Structural Lightweight Concrete Produced with Pumice and Mineral Admixtures’. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 21 (4).