

Sepiyolit İkame Edilmiş Gazbetonun Isıl ve Basınç Dayanım Özellikleri

Musa SAVAŞ^{a,*}, İlhami DEMİR^b, Selahattin Güzelküçük^c, Çağrı Göktuğ Şengül^d, Hasbi Yaprak^e,

^aGeneral Directorate of State Hydraulic Works, Civil Engineer, Kırşehir, Turkey

^bKırıkkale University, Faculty of Engineering, Dept. of Civil Eng., Kırıkkale, Turkey

^cKırşehir Vocational School, Ahi Evran University, Kırşehir, Turkey

^dKırıkkale University, Faculty of Engineering, Dept. of Civil Eng., Kırıkkale, Turkey

^eKastamonu University, Faculty of Engineering, Dept. of Civil Eng, Kastamonu, Turkey

ÖZET

Gazbeton gözenekli hafif betondur. Bu araştırmada, Sepiyolit gazbeton üretiminde hammadde olarak kullanılan kuvarsit yerine ikamesinin gazbetonun ısıl ve basınç dayanım özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada, duvar elamanı olarak kullanılan ve ticari olarak üretimi yapılan G2/04 sınıfı gazbeton üretimi esas alınmıştır. Eskişehir Sivrihisar maden sahasından alınan Sepiyolit, hammadde olarak kullanılan kuvarsit yerine %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında ikame edilerek gazbeton örnekleri üretilmiştir. Üretilen örnekler 60 °C sıcaklıkta 4 saat kürde bekletildikten sonra 180 °C’de 11 bar basınçta 6,5 saat otoklavda küre tabi tutulmuştur. Üretilen örneklerin basınç dayanımı ve ısıl iletkenlik özellikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak sepiyolit oranının artırılması sonucu basınç dayanımında azalma olurken ısıl iletimde iyileşme gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Gazbeton, sepiyolit, basınç dayanımı,

Thermal and Compressive Strength Properties of Sepiolite Substituted Autoclaved Aerated Concrete

ABSTRACT

Aerated concrete is a lightweight concrete which has porous structure. In this study, effects of usage of sepiolite as a raw material instead of quartzite on the thermal and compressive strength properties of aerated concrete were investigated. G2/04 class aerated concrete, which has been commercially produced as a wall component, has been focused. Aerated concrete samples have been prepared by substitution of sepiolite instead of quartzite in %5, %10, %15, %20 and %25. Sepiolite has been provided from Eskişehir mine field. After 4 hours cure at 60°C, samples moved to treat in autoklave in the temperature of 180°C and pressure at 11 bar for 6.5 hours. Thermal conductivity and compressive strength properties of samples were determined. As a result, increasing the rate of sepiolite in aerated concrete decreases the compressive strength and increases the thermal conductivity.

Keywords: Aerated concrete, sepiolite, compressive strength,

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gazbeton ince öğütülmüş silisli bir agrega ve inorganik bir bağlayıcı madde (kireç ve/veya çimento) ile hazırlanan karışımın gözenek oluşturu bir madde ilavesi ile hafifletilmesi ve buhar küre ile sertleştirilmesi ile elde edilen gözenekli hafif betondur.

Türkiye’de ilk gazbeton üretimine 1966 yılında başlanmış, 18 Kasım 1989 tarihinde TS 453 “Gaz ve Köpük beton Yapı Malzeme ve Elemanları” Standardı yayımlanmıştır.

TS EN 771-4 “Kâgir Birimler - Özellikler - Bölüm 4: Gazbeton Kâgir Birimler” standarttı gazbetonu “Gazbeton kâgir birimler, çimento ve/veya kireç gibi hidrolik bağlayıcının, silis esaslı ince öğütülmüş malzeme, gözenek oluşturan katkı maddeleri ve su ile karıştırılmasıyla hazırlanmalı ve otoklavda yüksek basınçlı buhar altında sertleştirilerek imal edilmelidir.” ifadesi ile tanımlamaktadır [1]

TS EN 12602 “Önyapımlı Donatılı Gazbeton Yapı Elemanları ” standarttı gazbetonu “Gazbeton (AAC), ince silis esaslı malzeme, gözenek oluşturan maddeler ve su ile birleştirilen çimento ve/veya kireç gibi bağlayıcılardan imal edilir. Hammaddeler birlikte karıştırılır ve karışım kabarak kek oluşturabileceği kalıplara dökülür. İşlemin bu kısmı bittikten sonra kek, elemanların istenen boyutlarına göre kesilir ve otoklavlarda yüksek basınçlı buhar ile kürlenir.” ifadesi ile tanımlamaktadır [2] .

Bir başka tanımıyla; kum, çimento, sönmemiş kireç, çok düşük konsantrasyonda alçıtaşı ve su karışımına gözenek oluşturu alüminyum ilave edilmesiyle elde edilir. Milimetrik olarak kesilerek otoklavlarda nihai kristal yapısına ulaşan Gazbeton bu gözenekli yapısı sayesinde iyi ısı yalıtımını sağlayan, hafif, yeterli basınç dayanımına sahip, yangına ve depreme dayanıklı hafif beton grubuna giren bir yapı malzemesidir. Gazbetonun endüstrilemiş üretiminde, genellikle silisli agrega olarak silisçe zengin olan kum, kuvarsit veya uçucu kül, gözenek oluşturu olarak ise alüminyum tozu veya macunu kullanılmaktadır. [3]

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: yaprakh@hotmail.com

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2014.17 Sayı 1, 43-47

Sepiyolit, tabakalı silikatler grubuna mensup sulu magnezyum silikat bileşimli doğal bir kil minerali olup ideal yapısal formülü, $(Si_{12})(Mg_8)O_{30}(OH)_4(OH_2)_4 8H_2O$ 'dur. Genellikle beyaz ve krem renkli olan sepiyolit, doğada saf olarak rastlanmasına karşın genellikle safsız olarak diğer kil ve kil dışı mineraller içermektedir. Sarı ve kahverengi tonlarından esmer tonlara kadar değişim gösteren sepiyolit Türkiye'nin çeşitli yörelerinde çeşitli safsızlıklar içeren çok sayıda sepiyolit yatağı bulunmasına rağmen, safa yakın olan beyaz renkli sepiyolit yalnızca Eskişehir civarında bulunmaktadır. Sepiyolitin adsorpsiyon ve/veya absorpsiyona dayalı uygulamalarında yüksek yüzey alanı ve iç yapıyı teşkil eden mikro gözenek ve zeolitik kanallar önemli rol oynar [4].

Tabiatta sepiyolit zenginleşmeleri, kabaca iki farklı tipte bulunmaktadır. Bunlardan birinci tip sepiyolit oluşumu, ülkemizde özellikle Eskişehir yöresinde ve Konya-Yunak civarında bulunan "lületaşı (meerschhausum)" dur. Bir diğer önemli sepiyolit oluşumu ise, "sanayi sepiyoliti" veya "tabakalı sepiyolit" olarak da adlandırılan "sedimanter sepiyolit" lerdir. Bunlara daha çok Eskişehir-Sivrihisar ve Mihalicçık-Yunusemre yörelerinde rastlanmaktadır [5].

Çizelge 1. Eskişehir civarındaki bazı bölgelerin tabakalı sepiyolit rezervleri [6]

BÖLGE	REZERV (Mümkün, ton)
Yörükçayır	4.680.000
Kepez tepe	3.200.000
Çerkekzireç	32.000.000
Söğütlük	16.800.000
TOPLAM	56.680.000

Günümüz de sepiyolit, yüksek yüzey alanı, lifsi yapısı, porozitesi, kristal morfolojisi ve kompozisyonu, yüzey aktivitesi, düşük konsantrasyonlarda yüksek viskoziteye duyarlı süspansiyonlar oluşturması vs. gibi teknolojik uygulamalara baz teşkil eden sorptif, katalitik ve reolojik özelliklerinden dolayı sayısız kullanım alanına sahip bulunmaktadır. Sepiyolit sert suların yumuşatılmasında, yüksek vizkoziteli yağ elde etmede, korozyona dayanıklı otomobil boyası üretiminde, elektrik sanayinde katalizör imalatında, nebati ve madeni yağlar ile şurupların arıtılmasında, petrol arama sondajlarında, askeri mühimmat imalinde, ve birçok alanda kullanılmaktadır. Sayısız alanda kullanılan sepiyolitin, gazbeton üretiminde değerlendirilmesi ve performansı yüksek gazbeton üretilmesi amaçlanmıştır [6].

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Materyal (Material)

Çalışmada kullanılan sepiyolit; Eskişehir ilinde faaliyet gösteren, Dolsan Madencilik Mineral Yapı Kimyasalları Madencilik San. ve Tic. Ltd Şti. e ait Eskişehir, Sivrihisar ilçesi de bulunan maden ocağından temin edilmiştir. Çalışmada 80 µ altı, küçük yassı ve yuvarlak partiküller veya amorf agregalar halinde oluşan

ve tabakalı bir yapıya sahip olan sedimanter β-sepiyoliti kullanılmıştır.

Çalışmada ikame edilerek kullanılan sepiyolitin kimyasal, fiziksel ve mineralojik analizleri gerçekleştirilmiştir. Sepiyolitin kimyasal analizi XRF cihazı ile gerçekleştirilmiştir olup Çizelge 2. de verilmiştir. Ayrıca sepiyolitin fiziksel özellikleri Çizelge 3. de verilmiştir.

Çizelge 2. Sepiyolitin kimyasal analiz sonuçları

CaO (%)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SO ₃ (%)	SrO (%)	K ₂ O (%)
58.151	36.880	1.849	1.649	1.048	0.423

Çizelge 3. Sepiyolitin fiziksel özellikleri

Fiziksel görünüm	Beyaz toz veya granül
Renk	Beyaz
Koku	Kokusuz
Kızdırma Kaybı (%)	32,69

Serilerde Akyüz Kireç Sanayi LTD. ŞTİ.' den alınan kireç kullanılmıştır. Kirecin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Kirecin fiziksel özellikleri

Fiziksel görünüm	Beyaz toz veya granül
Renk	Beyaz
Koku	Kokusuz
CaO (%)	94,75
Kızdırma Kaybı (%)	3,21

Kuarsit AKG Gazbeton İşletmeleri San. ve Tic. A.Ş.' e ait Kırşehir- Boztepe ocak sahasından temin edilmiştir. Temin edilen kuarsit XRD ve kızdırma kaybı testlerine tabi tutulmuş ve kızdırma kaybı % 3,090 bulunmuştur. Ayrıca kuarsitin kimyasal bileşenleri Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Kuarsit kimyasal bileşeni

SiO ₂ (%)	SO ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)
89,717	-	2,091	1,119	1,138	0,188	0,117	1,055

Çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. CEM I 42,5 R Çimentosunun kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kimyasal bileşim	CEM I 42,5 R
SiO ₂ (%)	13.01
Al ₂ O ₃ (%)	3.47
Fe ₂ O ₃ (%)	2.74
CaO (%)	66.04
MgO (%)	1.23
Na ₂ O (%)	0.27
K ₂ O (%)	0.93
SO ₃ (%)	4.60
Özgül ağırlık	3.18
Özgül yüzey (Blaine) (cm ² /g)	3352
Kızdırma Kaybı (%)	1.98
Na ₂ O +0,658x K ₂ O	0.88

Priz başlama (dak)	155
Priz sonu (dak)	195
Hacimsel genleşme (mm)	2

Serilerde Kılıçoğlu Alçıtaşı Nakliye Ve Ticaret Ltd. Şti.' den alınan alçıtaşı kullanılmıştır. Alçıtaşından alınan numunelere ait deney sonuçları ve özellikleri Çizelge 7'de verilmiştir

Çizelge 7. Alçıtaşı özellikleri

Fiziksel Görünüm (Mm)	Kızdırma Kaybı (%)	Bağlı Su (%)	SO ₃ (%)	CaO (%)
Maks. 500	Maks. 6	17 - 24	Min. 38	26,5 - 32
450	2,04	18,96	42,09	29,50

Gazbeton üretiminde AKG Gazbeton İşletmeleri San. ve Tic. A.Ş.' e ait Kırıkkale Gazbeton Tesislerinde üretimlerinde arıtarak kullandıkları kuyu suyu kullanılmıştır.

Pastalar halinde ithal edilen alüminyum gazbeton üretiminde kullanılmak üzere su ile karıştırılarak Alüminyum Süspansiyon haline getirilir. Gazbeton üretimde yaklaşık olarak Alüminyum 1, Karışım Suyu 3,75

Çizelge 9. Çalışmada kullanılan malzeme ve karışım oranları.

Karışım Oranları (1 m ³)								
Seriler	Sepiyolit	Kuarsit	Sepiyolit	Çimento	Kireç	Alçı Taşı	Su	Al.
	İkame Oranı							
	%	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
SK 0	0	168	0	91	31	29	262	0,55
SK 5	5	160	8	91	31	29	262	0,55
SK 10	10	151	17	91	31	29	262	0,55
SK 15	15	143	25	91	31	29	262	0,55
SK 20	20	134	34	91	31	29	262	0,55
SK 25	25	126	42	91	31	29	262	0,55

(1/3,75) oranında karıştırılarak Alüminyum Süspansiyon yapılmıştır.

Maden ocağından getirilerek stok edilen kuvarsit ve alçıtaşı birinci ve ikinci kırıcıda kırılmak üzere %85 i Kuvarsit, %15 Alçıtaşı oran ında bunkere dökülür. Birinci ve ikinci kırıcıdan geçen karışım, bilyalı değirmende su ikame edilerek 90 µ altı olacak şekilde öğütülür. Öğütme işlemi sırasında %61 katı olacak şekilde Alçıtaşı Kuvarsit karışımına su ilave edilerek kum çamuru elde edilir. Gazbeton üretiminde kullanılan kum çamuru yoğunluğu 1569,49 (g/ml) olup, kum çamuruna ait deney sonuçları ve özellikleri Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Kum çamuru özellikleri

90 µ Elek Üstü (%)	SiO ₂ (%)	SO ₃ (%)
Max. 30	Min. 60	Max. 10
37,50	76,333	4,77

Kek halindeki gazbeton bloklarının şekillendirilmesi ve boyutlandırılması işlemi sırasında oluşan kek atıkların, tekrar işlenmek üzere su ile karıştırılarak çamur haline getirilmesi ile oluşan bu karışıma atık çamur denir. Gazbeton üretiminde kullanılan atık çamur yoğunluğu 1412,18 (g/ml) dir.

2.2. Metot (Method)

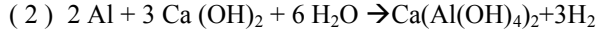
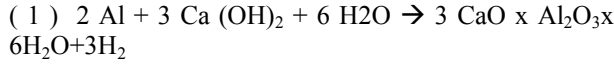
Bu çalışmada sepiyolit, çimento, kireç, alüminyum, kum çamuru, atık çamur ve su çeşitli oranlarda karıştırılarak farklı karışımlar hazırlanmıştır. SK0 seri no ile gösterilen karışım da sepiyolit ikamesi yapılmamış ve şahit numune olarak hazırlanmıştır. Karışım oranları Çizelge 9'da verilmiştir.

İlk olarak karışım içerisi giren malzemeler, karışım oranları doğrultusunda ölçülerek kaplarda hazır hale getirildi. Alüminyum pastasına su ilave edilerek oluşturulan alüminyum süspansiyon homojen bir karışım haline getirilerek hazır hale getirilir. Kum çamuru ve atık çamur deney kovası içerisinde döküldükten sonra sepiyolit ilavesi edilerek karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım suyu da ilave

edilerek karışıma devam edilir. Karışım suyu miktarı karışımın homojenliğini ve akıcı kıvamını koruyacak şekilde sepiyolit ikame oranı doğrultusunda artırılmıştır.

Çimento ve kirecin homojen bir karışım oluşturmaları için çimento ve kireç ilk önce ayrı bir kapta iyice karıştırılan çimento kireç karışımı, deney kovasına eklenerek bekletilmeden mikserde homojen hale getirilinceye kadar karıştırılmıştır. Karıştırılarak elde edilen homojen karışıma önceden hazırlana alüminyum süspansiyon ilave edilir 15-25 saniye karıştırıldıktan sonra homojen hale gelen akıcı kıvamdaki gazbeton harcı bekletilmeden ve homojenliği bozulmadan içerisi madeni yağ ile yağlanmış numune kaplarına dökülmüştür.

Alüminyum süspansiyonu eklenmesi ile Alüminyum-Kireç tepkimesi gerçekleşir ve gazbeton karışımı genleşmeye başlar. Alüminyum-Kireç tepkimesi örnekleri aşağıdaki gibidir [7] .



Karıştırma işleminden sonra oluşan sulu çimento kalıpların sadece 2/3'ü dolduracak biçimde dökülür. Numune kaplarına dökülen gazbeton karışımı 50 °C ' de ki kür hatta verilerek 3,5-4 saat arası bekletilir. Hatta verilen numuneler hızlı bir şekilde genişmeye ve priz almaya başlar. Yaklaşık 30 dakika içinde gelişen reaksiyonlar sonucu açığa çıkan hidrojenin oluşturduğu baloncuklar sonucu kabaran, kısmen katılmış gazbeton bloğu oluşur.

Prizini tamamlayan numuneler kek kıvamında bir sertliğe ulaşır ve son adım numunelerin buhar kürüne alınmasıdır. Numuneler otoklavlarda doymuş buhar ile 11 bar basınç ve 180 °C sıcaklıkta yaklaşık 6,5 - 7 saat doygun buhar kürüne tabi tutulur. Buhar küründen çıkan ürünler, hafif, gözenekli ve yüksek basınca dayanım özeliğine sahip olur.

Otoklavdan çıkarılan numuneler basınç testi yapılmak için 100*100*100 mm boyutlarında, ısı iletkenlik testi için ise 300*300*(35-37) mm boyutlarında kesilir.

Karışım oranlarına göre üretilen gazbeton numuneleri 100x100x100 mm boyutlarında kesildikten sonra tartılarak yaş birim hacim ağırlıkları bulunur. TS EN 771-4'E göre 100x100x100 mm boyutundaki gazbeton numuneleri 36 saat tutulmak üzere 60 °C sıcaklık da ki etüve konur.

2.3. Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi (Determination of Physical and Mechanical Properties)

2.4. Basınç Dayanımı (Compressive Strenght)

Etüv de 60 °C sıcaklık da 36 saat tutulan 100x100x100 mm boyutundaki gazbeton numuneleri sürenin tamamlanması ile basınç mukavemet testi için bilgisayar kontrollü otomatik basınç presine yerleştirilerek basınç dayanımı tayini gerçekleştirilir [8].

2.5. Isı İletkenlik ve Isıl Direnç Deneyi (Thermal Conductivity and Thermal Resistance Test)

Deney numunelerinin ısı iletkenlik ve ısıl direncinin ölçülmesinde ısı akış sayacı yöntemi ile Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Laboratuvarında bulunan "LASERCOMP FOX 314" ısı iletkenlik cihazı kullanılarak TS ISO 8301 standardına uygun olarak yapılmıştır. Numuneler ortalama 35 mm kalınlığında 300mmx300mm ebatlarında hazırlanarak ısı iletkenlik deneyine tabi tutulmuştur. LasercompFox 314 cihazı 0,05–10 W/mK aralığında ısı iletim katsayısını ölçebilmektedir [9].

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

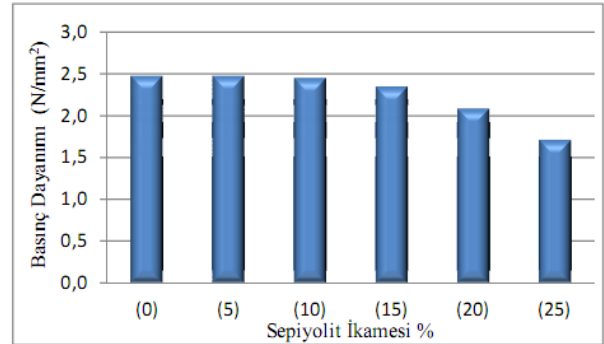
Üretilen gazbeton numunelerin, basınç dayanımı ve ısı iletkenlik deneyleri yapılmış olup sonuçları bu bölümde verilmiştir.

3.1. Örneklerin Mekanik Özellikleri (Mechanical Properties of Samples)

Sepiyolit ikameli gazbeton örneklerinin basınç dayanımı ve ısı iletkenlik deney sonuçları Çizelge 10'da verilmiştir. Çizelge 10 ve Şekil 1'e göre; Örneklerin basınç mukavemeti değerleri 2,47 ile 1,72 N/mm² arasında değişmektedir. Sepiyolit ikame oranının artışına ters oranla basınç dayanımı düştüğü, yoğunluğunun ise arttığı gözlenmiştir. Ayrıca basınç dayanımı açısından literatürde yapılan çalışmalarla sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür [10]. Bu değerler ticari gazbeton örneklerin basınç mukavemeti değerlerine göre daha düşüktür. Sepiyolit ikame oranına bağlı olarak artan karışım suyu nedeniyle su-çimento oranında yaşanan artış basınç dayanımının düşmesine neden olduğu düşünülmektedir.

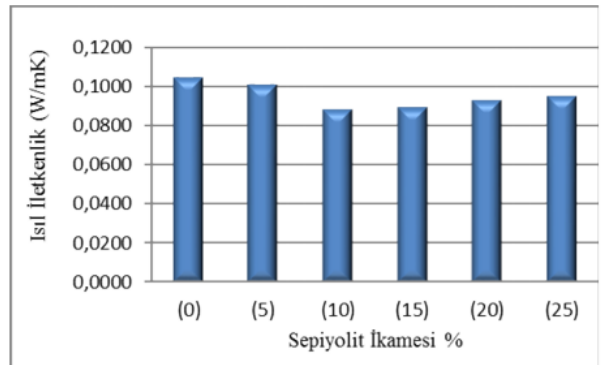
Çizelge 10. Deney numunelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri

Seriler	İkame Oranı (%)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Isıl İletkenlik (W/mK)
SK0	0	2,47	0,105
SK5	5	2,47	0,101
SK10	10	2,45	0,088
SK15	15	2,35	0,090
SK20	20	2,09	0,093
SK25	25	1,72	0,095



Şekil 1. Basınç dayanımı değerleri (N/mm²)

Şekil 2'ye göre Sepiyolit ikameli gazbeton örneklerinin ısı iletkenlik deney sonuçları verilmiştir.



Şekil 2. Isıl iletkenlik değerleri (W/mK)

Çizelge 10 ve Şekil 1 ve Şekil 2' ye göre Sepiyolit ikameli gazbeton örneklerinin basınç dayanımı ve ısı iletkenlik deney sonuçlarına göre; Örneklerin ısı iletkenlik değerleri 0,088 ile 0,105 W/mK arasında elde edilmiştir. Buna göre örneklerin birim ağırlık değerleri ile ısı iletkenlik değerleri arasında doğrusal bir oran gözlenmiştir. Buna birim ağırlığın artması ile gazbeton numunelerinin daha yoğun ve yoğunluğa bağlı olarak toplam gözenek oranında azalmaya ve gözenek yapısında bozulmalara neden olduğu düşünülmektedir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada farklı oranlardaki sepiyolit, geleneksel gazbeton üretiminde kullanılan silis kumu yerine silika kaynağı olarak kullanılmıştır. Karışımın suyu miktarı sabit tutulurken sepiyolit miktarı artırılarak yapılan gazbeton numunelerinde;

- Sepiyolit'in absorbe etme özelliği nedeniyle sepiyolit oranına doğru orantıda karışım suyu ihtiyacını attırmıştır,
- Gazbeton karışımının çok yoğun bir kıvam almaya başladığı,
- Kabarma miktarının azaldığı
- Gözenek yapısının bozulduğu,
- Basınç dayanımının azaldığı,

görülmüştür.

Sepiyolit oranının arttırılması sonucu basınç dayanımında azalma olurken, ısı iletimde iyileşme gözlenmiştir. Bundan sonraki çalışmaların, %0 - %100 aralığında değişen sepiyolit miktarları gözetilerek, farklı karışım suyu oranlarında SEM görüntülerinin de

incelenmesi ile gerçekleştirilmesinin daha uygun olduğu düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- 1) TS EN 771-4, Kâgir Birimler - Özellikler - Bölüm 4: Gazbeton Kâgir Birimler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara,2011.
- 2) TS EN 12602, Önyapımlı Donatılı Gazbeton Yapı Elemanları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara,2011.
- 3) Kömürlü , R., Önel, H., Gazbeton Yapı Ürünlerinin Konutlarda Kullanımı, YTÜ Mimarlık Fakültesi E-Dergisi, Cilt 2, Sayı 3, Syf 145- 158, İstanbul,2007.
- 4) Yılmaz, Y., Eskişehir Yöresi Sepiyoliti' nin , Termal Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2007.
- 5) DPT, Lüleataş, Tabakalı Sepiyolit, Atapulgit (Paligorskit), Devlet Planlama Teşkilatı VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu, Diğer Endüstri Mineralleri Çalışma Grubu Raporu, Cilt 1, Yayın No: DPT 2421-ÖK: 480 Ankara, 1996.
- 6) Sabah, E. Ve Çelik, M. S., Sepiyolit : Özellikleri ve Kullanım Alanları, 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 1999.
- 7) Borhan, B., Ytong El Kitabı-1, Teknik Yayınları No:1, İstanbul, 1987.
- 8) TS EN 679, Gazbeton - Basınç Dayanımı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2008.
- 9) TS ISO 8301, Isı Yalıtımı - Kararlı Halde Isıl Direncin Ve İlgili Özelliklerin Tayini - Isı Akış Tayini İçin Metotlar, Ankara, 1991.
- 10) Kavas, T., Sabah, T., Çelik, M.S., Structural Properties of Sepiolite-Reinforced Cement Composite, Cement and Concrete Resarch, 2004.