

VERMİKÜLİTİN ÇİMENTODA PUZOLANİK KATKI MADDESİ OLARAK KULLANILMASI

Sabit OYMAEL ^{1*}

¹ İstanbul Arel Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, 34540, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 31.01.2024 Kabul Tarihi/Accepted Date: 06.07.2024 DOI: 10.54365/adyumbd.1428849

ÖZET

Vermikülit, genleşebilen mika sınıfından bir malzeme olup magnezyum alümina silikat kil esaslı bir malzemedir. Vermikülit mika mineralleri ve kloritin değişikliğe uğramış halidir. Vermikülitin bu özelliği çimento üretiminde puzolanik katkı maddesi olarak kullanım için umut vermektedir. Nitekim vermikülitin hafif beton üretiminde agrega ve çimentolarda puzolanik katkı maddesi olarak kullanıldığı da görülmektedir. Bu çalışmada, 1200 °C’de pişirilerek elde edilen vermikülitin öğütülerek PÇ42.5 R çimentolarında puzolanik katkı maddesi olarak kullanılması durumunda özellikleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, %0, %10, %15 ve %20 oranlarında pişirilerek öğütülen vermikülitin %20 oranında katılmasıyla 28 günlük basınç dayanımı 50,6 N/mm2 çıkmıştır ki, bu değer CEM I 42.5R çimentolarının 42,5 N/mm2 lik limit değerinin üzerindedir..

Anahtar Kelimeler: Portland Çimentosu, Vermikülit, Puzolan, Basınç Dayanımı

USAGE OF VERMICULITE IN CEMENT AS A POZZOLANIC ADDITIVE

ABSTRACT

Vermiculite is a magnesium alumina silicate clay-based material with the property of expansion. Vermiculite is a stratified silicate mineral formed as a result of the exchange of mica minerals and chlorite. This property of vermiculite gives hope for use as a pozzolanic additive in cement production. As a matter of fact, it is also observed that vermiculite is used as a pozzolanic additive in aggregates and cements in the production of lightweight concrete. In this study, the properties of vermiculite obtained by cooking at 1200 °C were investigated if it is used as a pozzolanic additive in OP42.5 R cements by grinding. As a result, with the addition of 0%, 10%, 15% and 20% of the vermiculite cooked and ground at 20%, the 28-day compressive strength increased to 50.6 N/mm2, which is above the limit value of 42.5 N/mm2 of CEM I 42.5R cements.

Keywords: Portland Cement, vermiculite, pozzolan, physical and chemical properties

1. Giriş

Türkiye’de vermikülit üretimine 2014 yılında başlanmış olup yıllar itibariyle sistematik üretim yapılamamıştır. 2014 yılında 716 bin ton olan üretim 2020 yılına kadar dalgalı bir seyir izlemiştir. 2020 yılında ise hiç üretim olmamıştır (Çizelge 1) [1]. Yapılan çalışmalarda, vermikülitin mika mineralleri ve kloritin değişmesi sonucu oluşan tabakalı silikat esaslı minerallerden oluşması ve ayrıca dört çeşit oluşumu söz konusudur. Vermikülitin, makroskopik trioktahedral yapısı ve izomorfik iyon değişimine uğrayarak pozitif yük noksanlığının tabakalar arasında yüklerle dengelendiği literatürde yer almaktadır [2]. Ham vermikülit cevherinden veya konsantrelerinden kalsinasyonla elde edilen genleştirilmiş vermikülit düşük kütle yoğunluğu, düşük ısı iletkenliği ve nispeten yüksek erime noktası gibi özellikler yanında kimyasal inertlik, dayanıklılık ve çevre güvenliği gibi özelliklere de sahiptir. Bu özellikler, vermiküliti çimento üretiminde puzolanik katkı maddesi olarak kullanımına uygun bir hale getirmektedir.

2. Literatür Taraması

Türkiye zengin vermikülit rezervlerine sahiptir. Ancak malzemenin iyi bilinmemesi, çalışmaların yetersizliği, alana yeterli yatırım yapılmayarak dikkate değer pazar oluşturulmamıştır. Bulunan rezervler ise henüz değerlendirilme sürecindedir. Türkiye’de genişleme özelliği iyi olan Sivas-Yıldızeli Karakoç vermikülit rezervi 2.750.000 ton kadardır. Eskişehir-Sarıcakaya, Malatya-Darende-Kuluncak (genleşme oranı düşük, miktarı 6-7 milyon ton) ve Elazığ-Harpur Arduçluk’ta bulunmaktadır [3]. Dünya üzerindeki vermikülit üretiminin %55’inin tarım malzemesi, %16’sının hafif agrega, %23’ünün yalıtım malzemesi olarak üretildiği, %16’sının da diğer alanlarda kullanıldığı görülmüştür [4].

İşletme ruhsat sahiplerinin çalışmalarla rezerv genişletmesi sonucu, 2020 yılı itibarıyla MAPEG’e (Maden Petrol İşleri Genel Müdürlüğü) beyan edilen görünür rezerv miktarı yaklaşık 35 milyon tondur [1]. Türkiye’de MTA tarafından yapılan çalışmalar neticesinde genişleme özelliği iyi olan ve olmayan 2.750.000+2.475.000 ton vermikülit cevheri belirlenmiştir [5]. Hesaplamalar göstermektedir ki, 6-7 milyon ton vermikülit rezervi vardır [6]. Ülkelere göre vermikülit üretim miktarları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Ülkelere göre vermikülit üretim miktarları (Ton) [1].

Ülkeler	YILLAR							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Arjantin	1.000	90	90	60	-	-	-	-
Brezilya, Konsantre	68.014	56.444	70.000	58.000	55.000	50.000	50.000	50.000
Bulgaristan (Tahmini)	18.600	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	11.000	10.000
Çin(Tahmini)	-	-	-	-	-	-	-	-
Mısır	3.000	3.000	8.190	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Hindistan	9.574	16.384	13.250	8.058	5.000	10.000	2.000	2.000
Japonya (Tahmini)	6.200	6.000	-	-	-	-	-	-
Kenya	460	440	410	-	-	-	-	-
Rusya (Tahmini)	-	21.000	8.282	12.363	13.000	10.000	25.000	25.000
Güney Afrika	127.658	143.007	138.290	166.483	176.000	180.000	158.000	140.000
Uganda	243	2.620	1.118	3.294	5.000	20.000	7.000	7.000
ABD konsantre, satış ve üretici kullanımı, tahmini)	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Zimbabve (Tahmini)	28.808	29.767	30.868	29.020	30.000	30.000	30.000	30.000
İran	-	1.200	1.000	1.000	1.000	1.000	-	-
Meksika	-	226	299	310	-	-	-	-
Türkiye	-	716	425	1.050	1.618	18.183	1.370	-
Diğer Ülkeler						9.500	3.000	3.000
Toplam	363.557	390.894	382.222	397.638	404.000	430.000	394.000	375.000

Türkiye’de özellikle ponza taşı ve volkanik tüf / cüruf kullanılarak hafif beton üretimi yaygın olmakla beraber, geliştirilmiş vermikülit kullanımı henüz yeterli seviyede değildir. Ancak ısıyla geliştirilen vermikülitin gerek ısı ve gerekse yüksek sıcaklığa dayanabilen hafif beton üretimi konusunda çalışmalar yapılmıştır [7].

Yapılar yüksek sıcaklık altında durabilite bakımından olumsuz etkilenir. Sonuçta yapıların hasara uğraması, insanları için tehlike yaratması söz konusudur [2]. Özellikle yapımında beton kullanılan, yüksek ısıya maruz kalan yerlerde betonun zarar görmesi mümkündür. Yangın etkisinde kalan bir beton bünyesindeki suyu kaybeder ve çimentonun agregadan ayrılmasına neden olur. Betonarme yapılarda sıcaklığın ani yükselerek 600 °C'lere ulaşması betonda %50'lik bir mukavemet kaybına uğramaktadır. Sıcaklığın 800 °C'lere çıkması durumunda ise dayanımının yaklaşık %80'ini kaybederek yıkılma tehlikesiyle karşı karşıya kalır.

Kaya (2011) yaptığı bir tez çalışmasında, vermikülit ile değişik oranlarda puzolanik silis dumanı eklenen çimentolu harçların yüksek sıcaklığa maruz kalması durumunda basınç dayanımlarındaki değişimleri araştırmıştır. Hacimce üç değişik vermikülit / çimento oranına sahip karışımlar üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Çimentoya ağırlığının %5, %10 ve %15'i kadar silis dumanı ikame edilmiş, 40×40×160 mm'lik prizmatik numuneler üretilmiştir. Söz konusu numuneler; fırında, 300 °C, 600 °C ve 900 °C sıcaklıklarda bırakıldıktan sonra basınç ve eğilmede çekme dayanımı ile ultrasonik ses hızı testlerine tabi tutulmuştur. Sonuçlar, oda sıcaklığındaki numunelerin mekanik dayanımları ve ultrasonik ses hızları ile karşılaştırılmıştır. Karışımlarda genleştirilmiş vermikülit kullanımı ile numunelerin kuru birim ağırlık değerlerinin azaldığı görülmüştür. Harçlara silis dumanı ilave edilmesiyle elde edilen numunelerin eğilmede çekme dayanımı, kontrol numunesine göre %26,9-62,31 azalmıştır. Eğilmede çekme dayanım değerlerine bakıldığında maksimum düşüş vermikülit/çimento oranı 6 olan %15 puzolanik silis dumanlı harçlarda (%62,31) olmuştur. 900°C sıcaklıktaki numunelerin eğilmede çekme dayanımındaki en az kayıp vermikülit/çimento oranı 4 olan puzolan katkısız numunelerde gözlenmiştir. Basınç kaybı ise % 4,3 olmuştur. Buna karşılık, 900°C sıcaklıktaki numunelerde maksimum eğilmede çekme dayanımı kaybı, en fazla vermikülit / çimento oranı 8 olan silis dumanı içeriği %10 olan numunelerde gerçekleşmiştir. Basınç dayanımı kaybı ise %34 olarak tespit edilmiştir. Vermikülit / çimento oranı 6 olan %15 puzolan katkılı numunelerin basınç kaybı ise %75 gerçekleşmiştir. Buna karşılık, 900°C sıcaklıkta bekletilen numunelerde en az basınç dayanımı kaybı vermikülit / çimento oranı 8 olan %15 puzolanik silis dumanı içeren numunelerde olmuştur (%38) [7].

Ehsani (2015), vermikülitin yüksek sıcaklıkta refrakter yalıtım malzemesi olarak kullanımına ilişkin çalışma yapmıştır. Söz konusu çalışmada, vermikülitin, laminar (yaprak halinde katmanlı) yapıda hidrasyona uğramış Mg / Al / Fe silikatlı mikaya benzer bir kil esaslı bir mineral olduğunu, 300 °C üzerinde ısıtılınca orijinal hacminin birçok katına kadar genişleme yaptığını tespit etmiştir. Söz konusu mineral aynı zamanda düşük yoğunluğa ve ısıl iletkenliğe ve yangına karşı dayanıma sahiptir. Bu demektir ki, endüstride 1100-1150 °C gibi yüksek sıcaklıklarda refrakter malzeme olarak kullanılabilir. Hem bu sıcaklığı arttırmak hem de çeşitli vermikülit esaslı yangın yalıtım malzemeleri üretebilmek için, alümina çimento, ateş kili gibi dolgu maddeleri ilâve edilebilmektedir [4].

Kılıç (2020), "yüksek sıcaklığın genleştirilmiş vermikülit kullanılarak üretilen çimento esaslı hafif harçların özelliklerine etkisi" konulu lisansüstü tez çalışmasında, hafif agrega olarak genleştirilmiş vermikülit kullanılmıştır. Amaca yönelik olarak vermikülit/çimento oranı 3, 4, 5 ve 6 olan numuneler üretilmiştir. Karışımlarda Portland ve alüminatlı çimentolar kullanılmıştır. 28 günlük kürden sonra, laboratuvar ortamındaki referans numunelerle 300, 600, 900 ve 1100 °C sıcaklığa maruz bırakılan numunelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinden olmak üzere birim ağırlık, su emme, poroz boşluğun oranı, ultrasonik test yanında basınç ve eğilme çekme deneyleri yapılmıştır. Genleştirilmiş vermikülitin kullanılması ile yangına dayanıklı olan çimentolu kompozit bir kaplama malzemesi üretilebileceği sonucuna varılmıştır [8].

Vermikülitler 1200 °C gibi yüksek sıcaklıklarda ısıtıldıklarında, tabakalarının arasındaki suyun ani buharlaşması ile hacimce 8 ila 20 kata kata kadar genişlebilmektedir, Birim ağırlığı ise 56-192 kg/m3 olabilmektedir. (Bir başka veriye göre, genişleme oranı ortam koşullarının da etkisi ile 13-18 kat aralığındadır [3]. Ham haliyle kullanımı oldukça zor olan vermikülitin endüstride genellikle genleştirilmiş yapısı tercih edilmektedir. Kimyasal yapısındaki iyon değişim özelliğinden dolayı inşaatlarda (boya, kompozit ve seramik-refrakter malzeme bileşimlerinde) ve tarım endüstrisinde kullanılabilir [2].

Yapılan bir araştırmada da, atık vermikülitin beton içerisinde agrega yerine kullanımı da düşünölmüştür. Bu kapsamda kum ile atık vermikülit yer değiştirilmiş olup elde edilen beton örneklelerinin kimyasal yapısı ile mineralojik bileşimleri SEM-EDS, FTIR ve XRD analizleriyle tespit edilmiştir. Sonuçta, betonun yapısında meydana gelebilecek kimyasal ve mineral yapı değişimleri betonun basınç dayanımı ile ilişkilidir. Elde edilen veriler, atık vermikülit miktarının artışı ile beton basınç dayanımında azalmalara yol açtığını, beton karışıma giren su ihtiyacının fazla olduğunu göstermektedir. Böylece, düşük miktarlarda atık vermikülit içeren betonların, basınç dayanımlarının önemli olmadığı yapılarda kullanılabileceği görölmüştür [6].

3. Deneysel Çalışma

Genleştirilmiş vermikülitin 1200 °C sıcaklıkta pişirilmesi sonucu ne gibi fiziksel ve kimyasal yapıya sahip olacağı ve Portland (CEM I 42,5 R) çimentolarında puzolanik katkı maddesi olarak kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmıştır. Deneysel çalışmaların %90'ı AKÇANSA Çimento Fabrikası, %10'u İstanbul Arel Üniversitesi laboratuvarlarında yapılmıştır. Söz konusu sıcaklıkta pişirilerek öğütölen puzolanik vermikülit Portland CEM I 42.5R'ye %0, %10 %15 ve %20 oranlarında ikame edilerek, 40x40x160 mm'lik üçer adet prizmatik hamur numuneleri elde edilmiştir. Tüm hamur karışımlarda (Su / vermikülit külü) Su / VK = 0,40 sabit alınmıştır. Deneye esas olan numuneler 20°C'lik oda sıcaklığında kalıplandıktan 24 saat sonra 1, 2, 7 ve 28 gün süreyle (yüksekliğinin ½ sine kadar su doldurulmuş kaplar içinde) kür edilerek basınç dayanımları bulunmuştur.

3.1. Kullanılan Malzemeler

3.1.1. Çimento

Deneylerde kullanılan CEM I 42.5 R çimentosu, Akçansa Çimento fabrikası tarafından üretilmiştir. Söz konusu çimentoya ait fiziksel ve kimyasal bulgular ile kimyasal reaksiyonla oluşan bileşikleri Çizelge: 2, 3 ve 4'te verilmiştir.

Çizelge 2. CEM I 42.5R Çimento'sunun fiziksel analizi.

Fiziksel Analiz		Literatür değerleri [7]	Deneysel bulgular [9]
Priz başlama/Bitim dk		≥ 60/-	140/196
Genleşme mm		≤ % 10	1
Özg. Ağr.			3.12
Basınç Dayanımı	1 Günlük		19.4
	2 Günlük	≥ 20,0 MPa	33.8
	7 Günlük		48
	28günlük	≥ 42,5 N/mm ² ≤ 62.5 N/mm ²	58.7
Özgöl yüzey (Bleine)		3400 – 3900 cm ² /g	3960

Çizelge 3. CEM I 42.5R Çimentosunun kimyasal analizi.

Özellikler	Literatür değerleri % [7]	Deneysel bulgular (Dökme) % [9]	Standart limit [10]
Çözünmeyen Kalıntı	0.4-0.6	-	5.0
SiO ₂	19.0-20.0	19.17	-
Al ₂ O ₃	4.0-5.0	4.21	-
Fe ₂ O ₃	2.50-3.5	3.55	-
CaO	62.0-64.0	62.88	-
MgO	1.7-2.9	0.99	-
SO ₃	2.9-3.6	0.65	4.0
Kızdırma Kaybı	2.0-3.5	3.73	5.0
Na ₂ O	0.2-0.4	0.26	1.0
K ₂ O	0.6-1.00	0.65	
Klorür (Cl)	0.01-0.05	0.03	0.10
Cr ₂ O ₃		35.08	
P ₂ O ₅		0.26	
KST		103.15	
SM		2.47	
TM		1.19	
TOPLAM		95.75	
CaO (Free)		1.21	

Çizelge 4. CEM I 42,5 R Çimentosunda kimyasal bileşikler [9].

Bileşikler	% değerler
C3S	61.35
C2S	8.69
C3A	5.15
C4AF	10.81

3.1.2. Vermikülit

Deneylerde kullanılan vermikülit İstanbul-Bülbüller madencilik Firmasından (2022) [11] temin edilmiştir. Doğadan çıkarılarak ve işlem görerek elde edilmiş olan vermikülit fırında pişirilirken 1200 °C sıcaklığa eriştikten sonra 15 dk. daha bekletilmiştir. Pişirme Protherm marka maksimum 1400 °C ısıtma kapasiteli fırında gerçekleştirildi. Pişirmede 20 °C/dk hız ve 60 dakika süre uygulandı. Fırından çıkarılan malzeme havada soğumaya bırakılmış olup kırıcıdan geçirildikten sonra 0,76 mm'lik elekten elenerek puzolana dönüştürülmüştür. Vermikülitin çeşitli safhaları Şekil 1'de, pişirilmiş vermikülitin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 5'te verilmiştir.



a. Doğadan çıkarılan vermicülit kayacı



b. İşlenmemiş ham vermicülit



c. 1200 °C'de pişirilmiş vermicülit



ç. Pişirilerek kırıcıdan geçirilmiş vermicülit

Şekil 1. Pişirilmemiş ve pişirilmiş vermicülitlerin resimleri.

4. Bulgular

DeneySEL çalışmalarında kullanılmak üzere pişirilmiş (genleştirilmiş) vermicülitin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 5'te verilmiştir. Burada MgO'in yüksekliği dikkat çekmektedir. Zira, MgO çimentoda hacim genleştirme özelliğine sahiptir.

Çizelge 5. Pişirilmiş (Genleştirilmiş) vermikülitin fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Fiziksel Özellikler	Literatür değerleri [7]	Deneyisel bulgular [9]
Renk	Altın	
Şekil	Akordeon	
	% 240 (ağırlıkça)	
Su Tutma Kapasitesi	% 28 (hacimsel)	
Katyon Değişim Oranı	50 - 150 meq/100 g	
Isı İletkenliği	0.065 - 0.062 W/m.K	
Geçirgenlik	95%	
Sinterlenme Noktası	1150 °C - 1250 °C	
Ateşe Dayanıklılık	Yanmaz	
Spesifik Isı	0.20 - 0.26Kcal /Kg°C	
Sıkışık Birim Hacim Ağırlığı	0.147 gr/cm3	
Kimyasal Özellikler %		
Silisyum (SiO ₂)	35.4	40.98
Alüminyum (Al ₂ O ₃)	17.8	13.36
Potasyumoksit (K ₂ O)	4.68	4.25
Na ₂ O(Sodyumoksit)	-	0.26
Kalsiyumoksit (CaO)	6.9	0.54
Magnezyumoksit (MgO)	17.3	24.05
Demiroksit (Fe ₂ O ₃)	16.7	12.90
SO ₃	-	0.21
H ₂ O	4.00	-
Cl		0.0323
pH	8.1	-
Diğer	0.2-1.2	-
Kızdırma kaybı(Loss on)	-	0.0

1200 °C'de pişirildikten sonra 3960 cm²/g bleine inceliğine kadar öğütülen vermikülit puzolanı, Portland CEM I 42,5 çimentosuna %, 10, 15 ve 20 oranlarında katılmış ve fiziksel analizi yapılmıştır. Priz başlama ve bitim süreleri ile Le-Chatelier (genleşme) değerleri limitlerin altındadır. %0 katkılı (Kontrol numunesi) CEM I 42.5R çimentosunun bleine inceliği, bu çimentolar için ön görülen standart 2900 cm²/g'dan oldukça fazladır (3960 cm²/g). İncelik katkı oranına bağlı olarak daha da artmakta, %20 katkı oranında 4480 cm² ye ulaşmaktadır. Bu özellik, çimentoda hidrasyon ısısının yükselmesine neden olabilecektir. Pişirilmiş puzolanik vermikülit katkılı CEM I 42,5 R çimentosunun fiziksel analizi Çizelge 6'da, basınç dayanımları ise Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 6. Pişirilmiş puzolanik vermikülit katkılı CEM I 42.5R çimentosunun fiziksel analizi [9].

CEM I 42,5 R Çimentosuna vermikülit katkı oranı	Harca Verilen su (ml)	Priz Baş. (dk)	Priz Bit. (dk)	Le Chat. (mm)	Elek Analizi 32 µ	Elek Analizi 45 µ	Elek Analizi 90 µ	Özg. Ağırlık	Blaine Özgül Yüzey
Vermikülit %0 Kontrol Num.	225	140	196	1	8.2	2.7	0.1	3.12	3960
Vermikülit %10	225	169	237	1	8	21.4	0	3.1	4210
Vermikülit %15	225	156	220	1	8.1	2.5	0	3.11	4300
Vermikülit %20	225	158	261	0	8.1	2.5	0	3.13	4480

Çizelge 7. Pişirilmiş vermikülit katkı CEM 42,5 R çimentolarının basınç dayanımları [9].

CEM I 42,5 R Çimentosuna vermikülit katkı oranı	Günler			
	1. gün	2. gün	7. gün	28. gün
Vermikülit %0 Kont. Num.	19.4	33.8	48	58.7
Vermikülit %10	16.7	28.5	42.8	55.9
Vermikülit %15	15.5	27.4	39.7	51.3
Vermikülit %20	14.1	26.6	38.3	50.6

Çizelge 7’de görüleceği üzere, %10, 15 ve 20 vermikülit katkı çimentoların tümü KÇ 32,5 çimentosu dayanımını fazlasıyla karşılamaktadır. Öyle ki, PÇ 42,5 dayanımlarını da sağlamaktadır. Basınç dayanımlarının yüksek olmasında Na₂O+K₂O (alkali) değerlerinin (%0,91≤%1), MgO miktarının (%0,99) ve SO₃ miktarının (%0,65) limitlerden çok düşük olmasının etkin olduğu ifade edilebilir. Keza, kızdırma kaybı da (3,75≤Limit 5,0) in altındadır.

Deneye esas olan CEM I 42,5 R çimentosunun bileşiklerinden C3S’nin %61,35 olması (C2S=%8,69), ilk mukavemetinin yüksek, priz alma süresinin kısa, hidratasyon ısısının yüksek olduğunun kanıtıdır. Nitekim Al₂O₃ miktarının (%4,21) düşüklüğü hidratasyon ısısını düşürmektedir.

1200 °C’de pişirilmiş vermikülitin Na₂O+K₂O miktarı (%4,21) çimentonunki ile birleştiğinde toplamda (%0,91+%4,21) miktara erişen alkalinin, alkali agrega reaksiyonuna neden olabileceği, bu olumsuzluğun MgO miktarının (%24,05) gibi yüksekliği ile daha da artabileceği anlaşılmaktadır.

PÇ’li çimentolar için genelde %19 civarında olan (hücrel) su miktarının vermikülit katkılılarda %27’lere çıkmış olması, alınan çimento numunesinin bleine inceliğinin 3960 cm²/g üzerinde olması ile izah edilebilir (Çizelge 6).

5. Sonuçlar

Sonuç olarak, %0, %10, %15 ve %20 oranlarında pişirilmiş vermikülit katkı çimentolarda %20 katkı oranında 28 günlük basınç dayanımı 50.6 N/mm² çıkmıştır ki, bu değer CEM I 42.5R çimentolarının 42.5 N/mm² lik limit değerinin üzerindedir. MgO miktarının yüksekliğine rağmen bu değere ulaşması, bileşimde MgO değerinin indirgenliği anlamına gelir. Yine de, genleşme yapabileceği unutulmamalıdır. Bu özellik, çimentonun genleşen çimento özelliğine yakın olduğuna, delik tıkama vb. işlerde kullanılabilmesine işaret eder. CEM I 42.5 R çimentosunun kimyasal bileşiklerin incelenmesinde (Çizelge 4) C3S değerinin yüksekliği, vermikülit katkı numunelerin bleine inceliğinin yüksekliği ile birlikte incelendiğinde; priz süresi kısa, hidratasyon ısısı yüksek, kalıp alma süreleri kısmen kısa olan bir katkı çimento özelliği taşımaktadır.

Teşekkür

Bu çalışmada laboratuvar deneylerini yapılmasında kısmen yardımcı olan yüksek lisans öğrencim Dİlfuza Tuxanova’ya, deneylerin bütünüünün yapılmasını sağlayan Akçansa Çimento Sn. ve Ticaret A.Ş. Kalite Proses Kontrol Yöneticisi Teoman Erenoğlu’na teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile kişisel ve finansal çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

Kaynaklar

- [1] Arıkan, F., Dünyada ve Türkiye’de Vermikülit, MTA Genel Müdürlüğü Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı, 12, Ankara, 2021.
- [2] Toksoy, F., Vermikülit: Mineraloji, jeolojik oluşum, endüstriyel kullanım ve Türkiye’deki durumu, 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 123-139, İzmir, 1997.
- [3] Ekinci C. E., Yeğinobalı, A., Silis Dumanlı Betonlarda Sürtünme Yolu ile Aşınma Kaybı, İnşaat Mühendisliğindeki gelişmeler 2. Tek. Kongre Bildiriler Kitabı, 359–368, İstanbul, 1995.
- [4] Ehsani, İ., Bir Vermikülitin Fiziksel, Kimyasal ve Isıl Özellikleri Üzerine Sülfürik Asit Liçinin Etkileri, Yüksek lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2015.
- [5] DPT, II. Pomza-Perlit-Vermikülit-Flogobit-Genleşen Killer çalışma grubu raporu, Devlet Planlama Teşkilatı, DPT: 2617-ÖİK: 628, 64, Ankara, 2001.
- [6] Kalem, M., Harmancı, F. N., Betonda atık vermikülit kullanımının betonun mineralojik ve kimyasal yapısına olan etkisinin incelenmesi (Investigation of the effect of using waste vermiculite in concrete on the mineralogical and chemical structure of concrete), GUFBD / GUJS, 12(3): 848-863, 2022.
- [7] Kaya, M., Genleştirilmiş vermikülit kullanılarak üretilen silis dumanı katkılı-çimento esaslı kompozitlerin yüksek sıcaklık dirençleri, Yüksek Lisans Tezi, 2011.
- [8] Kılıç, K., Yüksek sıcaklığın genleştirilmiş vermikülit kullanılarak üretilen çimento esaslı hafif harçların özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 114, 2020.
- [9] Rapor, Akçansa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş., Büyükçekmece/İstanbul, 4.1.2023.
- [10] TS EN 197/1, Çimentolar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2012.
- [11] Bülbüller Madencilik, B.O.S.B Mermere Sanayi Sitesi 14. Cad. No: 22/1 Beylikdüzü/ İstanbul, 2022.