

SİLİS DUMANI KATKILI YAPI ALÇILARINDA BASINÇ DAYANIMININ ARAŞTIRILMASI

*Servet YILDIZ**

*Muhammed YALINBAŞ**

*Oğuzhan KELEŞTEMUR**

Özet: Bu çalışmada, yapı alçılarının belirli oranlarda silis dumanı ile yer değiştirilerek kullanılması durumunda basınç dayanımında meydana gelen değişim araştırılmıştır. Yapı alçısı olarak kullanılan kartonpiyer alçısının silis dumanı ile hacimce %5, 10, 15, 20 ve 25 oranlarında yer değiştirmesi neticesinde elde edilen numuneler, birim ağırlık, hacimce su emme oranı ve basınç dayanımı açısından kontrol numuneleri ile mukayese edilmiştir. Deneysel çalışmaların neticesinde, silis dumanı ilavesi ile birlikte kartonpiyer alçısının birim ağırlığı ve boşluk miktarında azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca, kartonpiyer alçısının silis dumanı ile %10 oranına kadar yer değiştirmesi neticesinde, elde edilen numunelerin basınç dayanımlarında olumsuz olarak nitelenemeyecek miktarlarda azalmanın meydana geldiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışma ile, basınç dayanımı değerleri göz önünde bulundurularak kartonpiyer alçısının silis dumanı ile %10 oranına kadar yer değiştirilerek kullanılabilceği sonucu elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kartonpiyer alçısı, silis dumanı, birim ağırlık, basınç dayanımı.

Investigation of Compressive Strength in Building Plasters With Silica Fumes

Abstract: In this study, the change at the compressive strength when addition silica fume into building plasters is examined. The samples obtained from the result of displacement with specified proportions (5, 10, 15, 20, 25%) of the control sample as volumetric, papier-mêché and silica fume which are prepared beforehand are mixed. Then, the obtained samples are compared with the control sample in terms of the unit weight, volumetric water absorption and compressive strength. In the condition of using silica fume, the consequence of comparisons which is done with the control samples, is determined that porosity and unit weights of them decrease. Furthermore the compressive strength of them decreases less ratio. As a conclusion, it is obtained that the papier-mêché can be used of displacement with silica fume and plaster is to 10%.

Key Words: Papier-mâché, silica fume, unit weight, compressive strength.

1. GİRİŞ

Malzemeler kullanım alanlarına, koşullarına ve mekanlarına göre değişik özellikler gösterebilmektedir. Malzeme seçimi ve kullanımındaki amaçlar daima insan ortak paydasında odaklanmalıdır. İnsan için, barınak ihtiyacı açısından asgari yaşam koşulları malzemelerdeki yeniliklerle değişmektedir. İnsan rahatını sağlayacak ortamlar oluşturulurken göz önünde bulundurulması gereken en önemli faktörlerden biri maliyettir [1].

Malzemelerin ucuz ve bol olması yalnız başına tercih faktörü oluşturmamaktadır. Yaşanan mekanların bioklimatik ve fizyolojik şartları da en iyi şekilde sağlaması gerekmektedir. Nem absorbe eden malzemeler yapı içerisinde bioklimatik ortamları sağlayabilmektedir. Bu tür malzemeler genellikle gözenekli olup, sadece nem düzenleyici olarak değil ısı ve ses izolasyonu bakımından da etkilidirler. Bioklimatik malzemelerin doğal olarak yangına karşı göstermiş oldukları olumlu davranışlarından dolayı, malzeme seçimi esnasından öncelikli tercih edilmektedirler.

Alçı, yapının çok çeşitli kısımlarında yaygın olarak kullanılan bioklimatik bir malzemedir. Alçı bünyesinde bulundurduğu küçük boşluklar nedeniyle kullanıldığı mekanlarda ses yutucu bir davranış göstermektedir. Anorganik bir malzeme olan alçı yanmadığı gibi, yangın esnasında boşluklarındaki nemin ve

* Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, 23119, Elazığ.

bünyesindeki kristal suyun ayrılarak buharlaşması sonucu ısı enerjisini büyük ölçüde absorbe ederek ısıyı diğer kısımlara iletmez [1].

Geleneksel bir yapı malzemesi olan alçı, ısı ve ses yalıtımı gibi olumlu özellikleri nedeniyle günümüzdeki duvar konstrüksiyonlarının estetik, konfor ve insan sağlığı açısından standardını yükseltecek nitelikte bir malzemedir. Ayrıca alçı çimento ve kireç esaslı malzemelere göre oldukça ucuz bir malzemedir. Devlet Planlama Teşkilatı'nın (DPT) 1993 yılı verilerine göre, üretim çeşitlerine bağlı olarak toz alçı ve alçı yapı elemanları fabrika çıkışı satış fiyatları çok değişmekte olup, çalışma malzemesi olan kartonpiyer alçısının fabrika çıkışı ortalama satış fiyatı 46.14 \$/Ton olarak belirlenmiştir [2].

Birçok olumlu özelliklerinden bazılarını kısaca değindiğimiz alçının tüm bu olumlu özelliklerinin yanında olumsuz yönü ise, su ile teması halinde kısmen ayrışması ve mukavemetinde bir miktar düşme olmasıdır. Bu olumsuz yönünün giderilmesi durumunda alçının daha mükemmel bir malzeme haline geleceği açıktır. Bu amaçla, literatürde çimento ile kullanılarak betonda geçirimsizliği artırdığına dair pek çok çalışmanın yer aldığı bir malzeme olan silis dumanının, alçı ile birlikte kullanılması düşünülmüş ve çalışma bu temel üzerine oturtulmaya çalışılmıştır.

Malzeme biliminde esas olan kullanılacak ilave argümanların atık malzemeler olmasıdır. Silis dumanı bu şartı sağlayan bir malzemedir. Silisyum ve ferrosilisyum alaşımlarının üretimi sırasında elektrik ark fırınlarında 2000°C'de yan ürün olarak elde edilen mikrosilika, silis dumanı veya silicafume olarak adlandırılır. İnceliği çimentonun 20-25 katı daha fazla olan bu malzemede %90-95 oranında aktif SiO₂ bulunmaktadır [3,4].

Betonda kullanımı özellikle Kuzey Amerika ve İskandinav ülkelerinde oldukça yaygın olan silis dumanı, mukavemet artışı yanı sıra, geçirgenliği 10 misli azaltarak korozyon, karbonasyon ve alkali-sülfat reaksiyonu, gibi beton açısından tehlikeli olan bir çok kimyasal ve biyolojik etkilere karşı dayanımı artırmaktadır. Ayrıca, çimentonun %10-15'i oranında yer değiştirilerek kullanılması durumunda işlenebilirlik, donma-çözülme dayanımı ve aşınma dayanımında da artışlar meydana geldiği yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir [3,5].

Çalışmamızda kullanılmak üzere Antalya Etibank Elektrometalurji işletmesinden temin edilen silikoferrokrom baca tozunun fabrika satış fiyatı 12 \$/Ton olarak belirtilmiştir [2]. Bu özelliği ile alçıya göre çok ucuz bir malzeme olan silis dumanının, alçı ile belirli oranlarda yer değiştirerek kullanılması durumunda maliyeti önemli oranda düşüreceği görünen bir gerçektir.

Literatürde, alçı üzerine yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur. Kovler 1998 yılında yapmış olduğu çalışmada silis dumanı, portland çimentosu ve alçı taşından oluşan taze karışımın priz alması ve sertleşmesi üzerine bir çalışma yapmıştır [6]. Bentur ve Goldman 1996 yılında yapmış oldukları çalışmada, %25 portland çimentosu ile %75 alçı taşından meydana gelen karışımı incelemişlerdir. Çalışma neticesinde, silis dumanı/portland çimentosu oranının 0,25 olması durumunda optimum oranın elde edildiği ve bu durumda alçıya göre iki kat daha fazla dayanım sağlandığı belirtilmiştir [7]. Alksnis'in 1988, Kovler ve Bentur'un ise 1996 yılında yapmış oldukları çalışmalarda, alçıtaşı-portland çimentosu karışımına optimum miktarda silis dumanı ilave edilmesi durumunda ettringite'den daha tehlikeli olan thaumasite'nin oluşumunun önlenildiği belirtilmiştir[8,9].

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, alçıtaşı-portland çimentosu-silis dumanı bileşiminden meydana gelen taze karışımın sertleşme süreci ve bu süreç zarfında meydana gelen içyapı detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ancak alçı ve silis dumanının birlikte kullanıldığı bir çalışma literatürde mevcut değildir. Bu nedenle yapılan bu çalışmada, yapı alçısı ile belirli oranlarda silis dumanı hacimce yer değiştirilmiş, hazırlanan karışımın gerekli bakım şartları sağlandıktan sonra birim ağırlık, boşluk oranı ve basınç dayanımları test edilmiştir. Elde edilen veriler kontrol numuneleri ile kıyaslanmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Yapı alçılarının silis dumanı ile belirli oranlarda yer değiştirmesi neticesinde basınç dayanımlarında meydana gelen değişimleri belirlemek üzere yapılan çalışmada kullanılan malzemeler ve izlenen yöntemlerden aşağıda kısaca bahsedilmiştir.

2.1. Yapı Alçısı

Çalışmada yapı alçısı olarak kartonpiyer alçısı kullanılmıştır. Yapılan ön deneyler neticesinde, kartonpiyer alçısının basınç mukavemetinin TS 370'de belirtilen değerlere göre, diğer alçı türlerinden yüksek

çıkması yapı alçısı olarak kartonpiyer alçısının seçilmesine neden olmuştur. Çalışmada kullanılan kartonpiyer alçısına ait teknik özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1.
Kartonpiyer Alçısının Teknik Özellikleri

Su/Alçı oranı	%70
Donma Başlangıcı	8-12 dakika
Basınç Mukavemeti	min 100kg f/cm ²
Su Absorpsiyonu	%42 (Ağırlıkça)
İncelik	0,2 mm. Elek üzeri %0
Kuru Yüzey Sertliği	50 shore D.

2.2. Silis Dumanı

Silis dumanı olarak, Antalya Etibank Elektrometalurji İşletmesi Tesisleri’nden (A.E.E.İ.) temin edilen SiFeCr baca tozu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan silis dumanına ait minerolojik bileşim Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2.
Silis Dumanının Minerolojik Bileşimi

Bileşenler	Bileşen Miktarları (%)
Silisyum dioksit (SiO ₂)	91
Alüminyum oksit (Al ₂ O ₃)	0,58
Demir oksit (Fe ₂ O ₃)	0,24
Kalsiyum oksit (CaO)	0,71
Mağnezyum oksit (MgO)	0,33
Kükürt trioksit (SO ₃)	1,06
Klorür (Cl)	0,09
Kızdırma kaybı (K.K.)	1,84
Tayin edilemeyen (T.E.)	-

Tablo 2’de minerolojik bileşimi verilen silis dumanının yoğunluğu 2.2 kg/dm³ olarak belirlenmiştir.

2.3. Numunelerin Hazırlanması

Kartonpiyer alçısının, silis dumanı ilavesi ile birlikte basınç dayanımında meydana gelen değişimi belirlemek üzere; kontrol numunelerinin yanı sıra alçı ile hacimce %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında yer değiştirecek şekilde silis dumanı ilaveli deney numuneleri hazırlanmıştır.

Numunelerin dökümünden önce yapılan ön deneyler ile silis dumanının katılması sırasında %5 oranında herhangi bir olumsuzluğun olmadığı ancak silis dumanının daha yüksek oranlarda katılması ile birlikte silis dumanının suyu absorbe etmesi nedeniyle priz süresinin kısaldığı gözlenmiştir. Betonda silis dumanı kullanımı halinde, “1 m³ betonda her 1 kg. silis dumanı için 1 lt. su ilavesi önerilmektedir [10].” Bu öneri dikkate alınarak alçı ve silis dumanı karışımları için de aynı yöntem benimsenmiş ve karışımlar hazırlanırken %5 de dahil olmak üzere katılan silis dumanı miktarınca su ilavesi yapılarak herhangi bir priz geciktiriciye gerek kalmadan yeterli priz süresi elde edilmiştir.

Numunelerin su/alçı oranı TS 370’de belirtilen değer esas alınarak 0.70 olarak belirlenmiştir. Böylece yeterli priz süresi elde edilmiş ve herhangi bir priz geciktirici katkı maddesi kullanımına gerek duyulmamıştır.

Yapılması planlanan her deney için 40x40x40 mm. boyutlarında üçer adet numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler, TS 370’de belirtildiği gibi %90 nispi nemde 20 °C sıcaklıkta 24 saat kalıp içinde bekletilmiştir. Daha sonra kalıplardan çıkarılan numuneler, 40 °C’ deki etüvde sabit kütleye gelinceye kadar bekletilmiş ve deneye hazır hale getirilmiştir.

2.4. Birim Ağırlık Ölçümleri

Malzeme ağırlığının, boşluklu hacmine oranına birim ağırlık denir. 40x40x40 mm. boyutunda hazırlanan numunelerin birim ağırlığı, $\gamma = \frac{W}{V}$ formülü ile hesaplanmıştır.

Numunelerin birim ağırlığının bulunmasındaki amaç, kontrol numunelerine göre silis dumanı ilaveli numunelerde meydana gelmesi muhtemel hafiflik ve buna bağlı olarak basınç deneyi neticesinde elde edilebilecek mukavemet artışı ya da azalmasının kıyaslanmasıdır.

2.5. Boşluk Oranı (Zahiri Porozite) Ölçümleri

Boşluk oranı, boşluk hacminin görünen hacme oranı olarak tanımlanır. 40x40x40 mm. boyutlarında hazırlanan numunelerin boşluk oranı, $e = \frac{V_b}{V}$ formülü ile hesaplanmıştır. Formülde yer alan boşluk hacmi (V_b), malzemenin suya doygun ağırlığından ilk ağırlığının çıkarılması ile elde edilir. Bulunan boşluk hacminin, görünen hacme oranı boşluk oranını vermektedir.

Numunelerin boşluk miktarlarının tespit edilmesi mukavemet, donma-çözülme v.b. deneysel sonuçlar hakkında ön bilgi verebilmektedir. Boşluk oranı fazla olan malzemelerde hem mukavemet hem de donma-çözülme değerleri genel olarak düşük çıkmaktadır. Malzemelerde boşluk oranının az olması doluluğu ve geçirimsizliği artıracığından mukavemetin ve dayanıklılığın artmasına neden olacaktır.

2.6. Basınç Dayanımı Ölçümleri

Silis dumanı ilavesinin kartonpiyer alçılarının basınç dayanımında meydana getirdiği değişimi belirlemek üzere, 40x40x40 mm. boyutlarında üçer adet kontrol ve deney numuneleri hazırlanmıştır. Numuneler, gerekli kür şartları uygulandıktan sonra, ELE Autotest 3000 test cihazında basınç deneyine tabi tutulmuştur. Deney esnasında uygulanan yükleme hızı 0,1 kN/sn olacak şekilde sabit tutulmuştur. Yükleme sonuçları cihazın dijital göstergesinden okunmuştur.

Malzemelerin basınç dayanımı, üzerlerine uygulanan yükün malzemenin basınca maruz kalan yüzey alanına oranı olarak ifade edilir. Deney sonrası dijital göstergeden elde edilen veriler, $\sigma_b = \frac{P}{A}$ formülü kullanılarak matematiksel olarak da elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

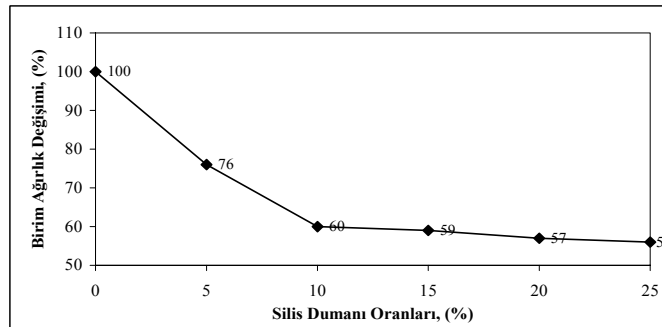
Kontrol numunelerine ait deney sonuçları Tablo 3'te verilmiş, silis dumanı etkisi aşağıda irdelenmiştir.

Tablo 3.
Kontrol Numunelerine Ait Deney Sonuçları

Birim Ağırlık (g/cm^3)	Boşluk Oranı (%)	Basınç Dayanımı (N/mm^2)
1,84	44,43	9,750

3.1. Birim Ağırlık Ölçüm Sonuçları

Kontrol ve silis dumanı katkılı kartonpiyer alçılarında ait birim ağırlık değişimleri Şekil 1'de verilmiştir.

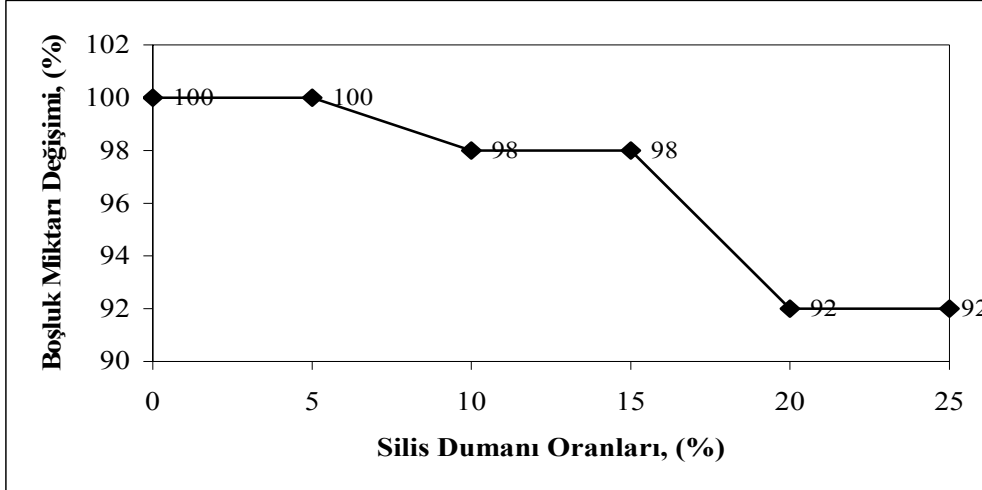


Şekil 1.
Numunelerin Birim Ağırlık Değişimlerini Gösteren Grafik

Şekil 1'den görüleceği üzere silis dumanı katkıli kartonpiyer alçılarında, silis dumanı miktarındaki artışa bağlı olarak birim ağırlıkta bir azalma meydana gelmiştir. Ancak birim ağırlıktaki bu azalma %10 silis dumanı kullanım oranına kadar net bir şekilde meydana gelirken, %10'dan sonraki kısımlarda pek fazla değişim göstermemiştir. Elde edilen bu veriler, %10'dan fazla silis dumanı kullanımının birim ağırlık açısından fayda sağlamayacağı şeklinde yorumlanmıştır.

3.2. Boşluk Oranı Ölçüm Sonuçları

Kontrol ve silis dumanı katkıli kartonpiyer alçılarında ait boşluk miktarı değişimleri, Şekil 2'de verilmiştir.



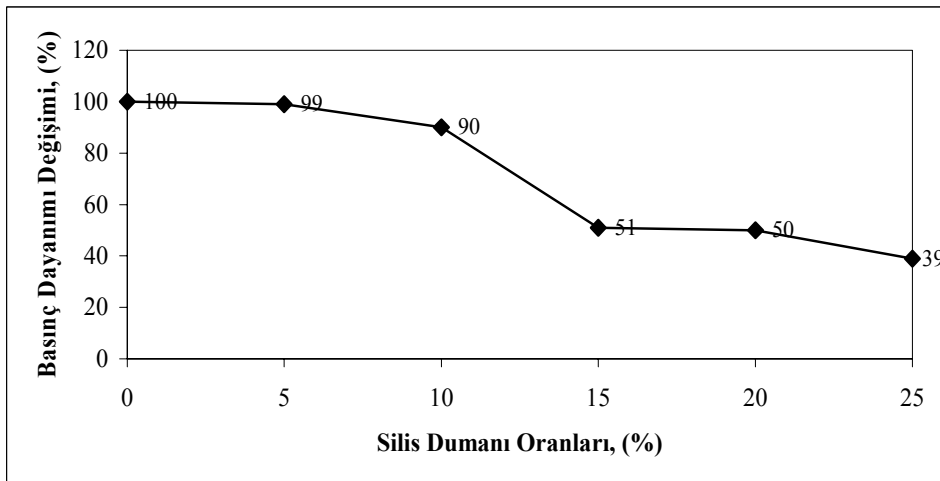
Şekil 2.

Numunelerin Boşluk Miktarı Değişimlerini Gösteren Grafik

Şekil 2.'den de görüleceği üzere, silis dumanı katkıli kartonpiyer alçılarında, silis dumanı oranındaki artışa bağlı olarak boşluk yüzdelerinde bir azalma meydana gelmiştir. Ancak, boşluk yüzdelerindeki bu azalma, %20 silis dumanı katkısına kadar devam etmiş daha sonraki kısımlarda pek fazla değişim göstermemiştir. Bu durumun, eklenen silis dumanı porlarına yerleşen suyun yeterince uzaklaştırılmamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Silis dumanı ilavesiyle birlikte kartonpiyer alçısındaki boşluk miktarının azalma göstermesi bu malzemenin donma-çözülme, aşınma ve geçirimsizlik incelemelerinde iyi sonuçlar verebileceği sonucunun bir göstergesidir.

3.3. Basınç Dayanımı Ölçüm Sonuçları

Kontrol ve silis dumanı katkıli kartonpiyer alçılarında ait basınç dayanımı değişimleri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3.

Numunelerin Basınç Dayanımı Değişimlerini Gösteren Grafik

Silis dumanı ilavesi ile birlikte kartonpiyer alçısının basınç dayanımında azalma meydana gelmiştir. Ancak, bu azalma silis dumanının % 5'e kadar katıldığı kısımlarda kontrol numunesine göre %1,07 gibi küçük bir değer iken, % 10'luk kısma kadar % 10,25 gibi bir değere ulaşmıştır. Bu noktadan sonra ise basınç dayanımlarında ani bir azalma meydana gelmiştir. Silis dumanı ilavesiyle birlikte numunelerin basınç dayanımında meydana gelen değişim, birim ağırlık ve boşluk oranlarındaki değişimler ile birlikte değerlendirilecek olursa, kartonpiyer alçısının %10 oranına kadar silis dumanı ile yer değiştirecek şekilde kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Alçı ve silis dumanı kombinasyonunun deneysel olarak incelendiği bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Kartonpiyer alçısına, %10 oranına kadar silis dumanı ilavesi birim ağırlığında azalma meydana getirirken, %10'dan sonraki kısımlarda değişim meydana getirmemiştir. Bu durum, kartonpiyer alçılarında %10'dan fazla silis dumanı katılmasının birim ağırlık açısından fayda sağlamayacağı sonucunu doğurmuştur.

Kartonpiyer alçısına, %20 oranına kadar silis dumanı ilavesi boşluk yüzdelerinde azalma meydana getirirken, %20'den sonraki kısımlarda değişim meydana gelmemiştir. Bu durum, kartonpiyer alçılarında %20'den fazla silis dumanı katılmasının boşluk yüzdesi açısından fayda sağlamayacağı sonucunun bir göstergesidir.

Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde, birim ağırlık ve boşluk oranları bakımından silis dumanı katkılı kartonpiyer alçılarında hiçbir olumsuz sonuca rastlanmazken, basınç dayanımı açısından olumsuz olarak ifade edemeyeceğimiz ancak beklenen ve hedeflenen den daha olumlu bir sonuca da ulaşamamıştır. Silis dumanı katkılı kartonpiyer alçılarında basınç dayanımı %10 oranındaki silis dumanı katkısına kadar çok az miktarda bir azalma göstermiş olmasına rağmen, %10'dan sonraki kısımlarda önemli ölçüde düşüş meydana gelmiştir.

Sonuç olarak, basınç dayanımı ile birlikte birim ağırlığı ve porozite değerleri de göz önüne alındığında, kartonpiyer alçısına %10 oranına kadar silis dumanı ilavesinin hem alçıdan tasarruf sağlaması hem de daha hafif, kompasitesi daha yüksek ve daha dayanıklı bir malzeme elde edilmesi bakımından uygun olacağı neticesi elde edilmiştir.

Kartonpiyer alçısındaki boşluk miktarının %20 silis dumanı katkısına kadar azalma göstermesi, bu malzemenin donma-çözülme, aşınma ve geçirimsizlik incelemelerinde de iyi sonuçlar verebileceği kanaatini oluşturmuştur. Bu nedenle, ileriki zamanlarda bu noktalara açıklık getirebilecek çalışmaların yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ersoy, H. Y., 1985, "Alçı, Sünger Taşı ve Cam Lifi Kompoziti", İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınevi.
2. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), 1996, "Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri", Devlet Planlama Teşkilatı Yayınevi, Ankara.
3. Ekinci, C. E., 1995, "Antalya Etibank Elektrometalurji İşletmesi Silis Dumanlarının Çimento ve Betonda Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi", Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, sayfa 195.
4. Uysal, M., 1993, "Antalya Etibank Elektrometalurji İşletmesi'nde Baca Tozlarının Tutulması", Antalya.
5. Özturan, T., 1993, "Uluslararası IV. CANMET ACI Betonda Uçucu Kül, Silis Dumanı, Cüruf ve Doğal Puzolanların Kullanımı Konferansının Değerlendirilmesi", Endüstriyel Katı Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 18-19 Kasım.
6. Kovler, K., 1998, "Setting and Hardening of Gypsum-Portland Cement-Silica Fume Blends", Cement and Concrete Research, Vol. 28, No. 3, pp 423-437.
7. Bentur, A., Goldman, A., 1996, "Properties of Cementitious Systems Containing Silica Fume or nonreactive Microfillers", Advanced Cement Based Materials, Volume 1, No.5, pp 209-215.
8. Alksnis, F., 1988, "Hardening and Destruction of Gypsum-Cement Materials", Stroyizdat, Leningrad, Rusya.
9. Kovler, K., Bentur, A., 1996, "Differential Thermal Analysis of Hydration and Hardening in Gypsum-Portland Cement Systems", Proc. of Israel-Hungary Binat. Conf. on Thermal Analysis and Calorimetry of Materials, pp. 15-16, Ein-Bokek, Israel.

10. Yeğınobalı, M.A., 1993, “Silis Dumanının Betonda Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi”, Endüstriyel Katı Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 18-19 Kasım.
11. TS 370, 1996, “Yapı Alçıları”, TSE, Ankara.
12. TS 5266, 1987, “Alçı-Deney Şartları”, TSE, Ankara.
13. TS 6917, 1989, “Alçıtaşı (Jips)-Alçı Üretiminde Kullanılan”, TSE, Ankara.