

Aerojel'in Çimentoda Kullanımı

Use Of Airgel in Cement

Gürkan ALPARSLAN

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Doi: 10.51764/smutgd.947702

Geliş Tarihi : 03.06.2021

Kabul Tarihi : 05.07.2021

ÖZET

Bu çalışmada 'Yeryüzündeki en hafif katı madde' olarak tanımlanan Aerojelin çimentodaki kullanımı incelenmiştir. Aerojeller %99 düzeylerinde havadan oluştukları için oldukça gözenekli ve hafif malzemelerdir. Aerojeller doğa dostu olmaları, ileri kimyasal ve termal kararlılıkları ve oldukça yüksek dayanımları sayesinde çimento içeriğine dâhil edildiğinde çimento katkılı malzemelerin termal ve akustik izolasyon performanslarına ve birçok özelliğine ilave sağlamaktadır. Bu nedenle aerojel katkılı çimento önümüzdeki yıllarda oldukça popüler bir malzeme olma özelliğini taşıyacaktır.

Anahtar Kelimeler: Çimento, Malzeme, Aerojel

ABSTRACT

In this study, the use of Airgel, which is defined as 'the lightest solid substance on earth', in cement has been investigated. Since aerogels consist of 99% air, they are very light and porous materials. Aerogels contribute to the acoustic and thermal insulation performance and many properties of cement-based materials when included in the cement content, thanks to their environmental friendliness, improved thermal and chemical stability and relatively high strength.

Keywords: Airgel, Cement, Material

GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle sürekli karşımıza yeni malzemeler çıkmakta, karşımıza çıkan bu malzemeler, yapı sektörü de dâhil birçok alanda kullanılmaktadır. (Altın, 2014).

Mevcut binaların yaklaşık sıfır enerji binalarına doğru yenilenmesini teşvik etmek için yenilikçi malzemeler ve çözümler düşünülmektedir. Bu bağlamda, inşaat sektörü son zamanlarda nanoteknoloji tarafından üretilen çeşitli materyalleri kullanarak geleneksel malzemeleri geliştirmeye çalışmaktadır. Nano teknolojinin uygulanması yapı malzemelerinin performansını kuvvet ve dayanıklılık açısından önemli ölçüde artırabilir ve kendi kendini temizleyen cepheler, akıllı pencereler, süper yalıtım malzemeleri ve benzeri gibi kullanışlı özellikler ekleyebilir. Aerojel, enerji verimliliği yüksek binalarda ve pencerelerde kullanılabilir en umut verici nano malzemelerden biridir ayrıca vakum koşullarında 0.010 W/m². K'den daha düşük ısı iletkenliğe ve iyi optik şeffaflığa (ışık geçirgenliği) sahip çok gözenekli bir nano yapı malzemesidir. (ZAIDI, 2017).

Aerojel, yapı sektöründe bir çeşit şeffaf izolasyon malzemesi olarak tercih edilen bir malzemedir. Samuel S. Kistler isimli bilim adamı 1930'lu yıllarda bu maddeyi keşfetmiş ve geliştirmiştir. "Dünya Üzerinde keşfedilmiş ağırlığı en az olan katı cisim" olarak nitelendirilmektedir. Buz tutmuş sis görünümünde, cam gibi şeffaf bir maddedir. Cam gibi şeffaf olduğu için bina dış cephelerinde ve binaların çatılarında kullanımı olağandır. Madde bir de "süper yalıtkan" olarak isimlendirilmektedir. Bu da yapılarda şeffaf izolasyon maddesi olarak kullanımını izah etmektedir. Aynı zamanda aerojelin yanmazlık performansı da oldukça iyidir. Henüz bu yöntem benimsenmemiş olsa da bu malzemenin gelecekte binaların yangın ve ısı yalıtımında da kullanılacağı söylenebilir. (Altın, 2014).

AEROJELLERİN TEMEL ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

Aerojel

Günümüz teknolojisinin yeni bir icadı gibi görünse de, aerojelin icadı 1930'ların başlarına kadar uzanıyor. Steven S. Kistler California'daki Pacific College'da çalışıyordu ve ıslak jel malzemesiyle aynı boyut ve şekilde katı bir jel yapmanın bir yolunu arıyordu. Bunu elde etmenin en basit yolu da bu yaş jelin kimyasına zarar vermeden bünyesindeki suyu ayırmak olarak görünmüştü. Fakat bu işlemin öncesinde bazı engeller ortaya çıkmıştı; örneğin suyu içerisinden atmak için kurumaya terk edildiğinde jel, büzülerek boyu kılalacak ve şekli de değişecekti. Kistler bu yerde doğru bir fikir ortaya atmayla jelin katı bölgesinin mikro tanecikli olduğunu, buğulaşan suyun da bu tanecikli yapıyı bozacak bir gerilim yüzey kuvveti ortaya koyacağını düşündü ve sonuca ulaşmanın yolunu bu sayede anladı. Kistler, Aerojel oluşturmak için en sağlam ve güzel yolun, jelin bünyesindeki suyun yerine havanın geçmesiyle oluşacağını düşünmüştü. Gerçekte "Aerojel" kelimesini de bu yerde buldu (air gel, demek ki hava jeli kelimelerinden geliyor). Kistler'e göre, akışkan buhar basıncından çok daha yüksek basınç altında barındırıp sıcaklığı yükselttiğinizde hassas sıcaklıkta bu akışkan gaz halini alacak ve bu sayede akışkanın yerine gaz geçecekti. Bu usulde ilk aerojelini ortaya çıkaran Kistler'in bu ilginç maddeyle ilgili makalesi de 1931 yılında Nature dergisinde ilan edilmişti. (BiLiMveTEKniK, 2008)

"Dünya Üzerinde keşfedilmiş ağırlığı en az olan katı cisim" olarak belirtilen aerojeller, içinde %95 ve %99,9 mertebelerinde hava barındıran havalandırılmış sünger olarak nitelendirilmekte olup kalan bölüm ise şeffaf bir maddedir. Mesela silika ismiyle tanınan silikon dioksit. Çok küçük ebatlarda sıkışan hava molekülleri yer değiştiremezler. Bu nedenle bu malzeme yüksek ısı izolasyon özelliğine sahip olur. Bu olay sayesinde aynı şekilde ses izolesi için de sağlanır, yer değiştiremeyen hava molekülleri sebebiyle maddenin ses dalgalarını en düşük oranda geçirmesi meydana gelmekte bu nedenle aerojel madde çok iyi bir ses izole maddesi de olmaktadır. Bunun sayesinde farklı kimyasal ve fiziksel özelliği içinde bulundurur. Aerojel, buz tutmuş sis görünümünde şeffaf bir madde olup, bu nedenle de bina dış cephelerinde kullanımı muhtemeldir. (Altın, 2014).

Aerojelin Yapısı ve Fiziksel Özellikleri

Aerajeller, çok düşük yoğunluğa, çok düşük ısı iletimine ve düşük dielektrik sabitine sahip olmakla birlikte çok fazla özgül yüzey hacmine sahip olmakla birlikte çok küçük gözenekli üç boyutlu örgü yapı katı malzemelerdir. Günümüzde çok türlü aerajeller üretilmekte ve gaz uyarıcı sensörleri, sorbent, ısı izolasyon levhaları ve hidrojen biriktirme gibi çok farklı sektörde kullanılmaktadırlar. Bu sebeple aerajeller hususunda yapılan araştırmalar son zamanlarda çok büyük bir hıza sahip olmuştur. (ÖZ, ÖZ, & KAYA, 2017).

Çok fazla ısı iletkenlik yeteneğine sahip olan aerojelin ısı iletimi katsayısı yalnızca 0.018 W/mK olup, epey düşük bir değere sahiptir. Bu nedenle yapının ısı kaybını azalttığı ve aynı şekilde sıcak hava bölgelerinde yazları dışarıdan ısı kazanımını da azaltmaktadır. Böylece malzeme hem soğutma hem de ısıtma yüklerini önemli düzeyde düşürmektedir.

Aerojel maddenin ışığı belirgin ve eşit yayma niteliği vardır. Bu sebeple iç mekânda aynı şekilde parlamanın da önüne geçerek görsel rahatlık koşullarını meydana getirir. Hidrofobik özelliğe malik olup bu sebepten dolayı yapıyı nem ve küf gibi etkilerinden korur. Üstelik aerojel maddenin fiziksel mukavemeti de oldukça yüksektir. (Altın, 2014).

Aerojeller ilk olarak jöle halindedir. Bu jöle, etanol ve silika gibi bir akışkan çözücünden meydana gelir ve alkojel olarak isimlendirilir. Silikon alkoksitin (Si(OR)_4) bir çözücü içerisinde su ile polimerize edilmesiyle Alkojeller meydana gelir. Buradaki reaksiyonda alkoksit zerrelere hidrolizle birleşerek silikon-oksijen bağlanması meydana getirir ve bu sayede mini polimerler yani oligomerler meydana gelir. Bu oligomerler birleşerek daha sonradan jölenin katı kısmını meydana getirecek olan büyük tanecikleri meydana getirir. Alkojellerdeki silika dizilimi çok küçük etanol kutucuklarıyla doludur. Jöle bünyesindeki bu çok küçük etanol kutucuklarına nano-gözenek ismi verilir. Bu sebeple aerojel, alkojellerin kurutulması ile katı silika katkılarından akışkanın ayrıştırılmasıyla meydana getirilir. Buğulaşan akışkan çözücü malzemenin jöleden tamamıyla ayrışması jölenin biraz küçülmesine ve boyutunun da %10 oranlarında küçülerek daha sıkı bir katının meydana gelmesine sebep olur. Bu katı maddeye xerojel (bu kısımdaki “xero” ön eki sert anlamına gelmektedir) ismi verilir. Aerojel meydana getirilirken çözücü maddeyi buharlaştırmaktansa jölenin süper kritik koşullarda kurutulması yoluna gidilir. Süper kritik kurulum, jölenin şeklini bozmadan akışkanın uzaklaştırılması yoludur. Bu yolda kullanılan süper kritik sıvılar çoğu zaman yüksek basınç ve yüksek sıcaklıktaki yarı-gaz/yarı-sıvılardır. Gerçekte bütün sıvıları süper kritik sıvı hale dönüştürülebilir. Bu sıvıların gazlara benzeyen genleşebilme özelliği olsa da yoğunlukları ve ısı iletimi yetenekleri akışkan hale daha benzemektedir. Süperkritik olarak alkojelin kurulumu işleminde jel içerisindeki ayrıştırıcının hassas ısısına varabilmesi için ilk başta ısıtma işlemi olaya dâhil olur. Hassas ısıya varıldığında jöleden ayrılan akışkanın yerine gaz doldurulur. Neticede meydana gelen mavi renkli katı cisim, silikadan üretilmiş, içi %50 ile %99 oranında hava ile dolu çok küçük paketler bulunduran aerojeldir. Aerojellerin mavi boyalı olmasının nedeni havanın mavi renkli olmasıyla aynı nedene dayanır. Her iki olayda da mavi rengi ortaya koyan süreç Rayleigh saçılımıdır. Rayleigh dağılımı, beyaz bir ışık süzmesinin kendi dalga boyundan çok daha küçük olan (örneğin 5-200 nm) taneciklerin dağılmasıyla açıklanan optik bir gerçektir. Bu çok küçük tanecikler, üzerlerine gelen renksiz ışık süzmesinin bünyesindeki küçük dalga boylarını büyüklerinden çok daha kolay dağılmaya uğratır. Bu olayın nedeni de mavi ve mor renge karşılık gelen dalga boylarında daha fazla saçılma olacağıdır. Gözlerimiz mor dalga boylarına değil de mavi dalga boylarına daha fazla duyarlı olduğu için yalnızca mavi rengi görürüz. Aerojellerde de atom parçalarından sadece yüz iki yüz kat daha büyük olan hava dolu çok küçük delikler bulunur. Beyaz ışık renginin dağılmasından ve aerojelin mavi gözükmesinden mesul olan bu çok küçük boyuttaki deliklerdir. Bu mavi renginden dolayı ve hafif olması sebebiyle aerojellerin “mavi sis” olarak isimlendirildiği de doğrudur. (BiLiMveTEKNIK, 2008).

Yıllar boyunca, çok sayıda araştırmacı ve şirket, birçok benzersiz katı özelliğe sahip olduğu bilinen yüksek Silika Aerojel potansiyelinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalarla ilgilenmiştir. Tablo 1’de, Silika Aerojellerin özelliklerinden bazıları verilmiştir. (CIZA, 2021).

Tablo 1. Silika Aerojellerin Özellikleri.

Özellik	Birim	Değer
Partikül çapı	nm	2-5
Gözenek çapı	nm	2-100
Ortalama gözenek çapı	nm	20-40
Porozite	%	85-99,9
İç yüzey alanı	m ²	600-1000
Kütle yoğunluğu	kg/m ³	3-350
İnşaat amaçlı kütle yoğunluk	kg/m ³	70-150
Termal iletkenlik	W/mK	0,004
İnşaat amaçlı termal iletkenlik	W/Kg	0,013-0,014
Basınç dayanımı	KPa	300
Çekme dayanımı	KPa	16
Sıcaklık kararlılığı	°C	600 kadar
Yanma	-	Evet
Reaktif	-	Hayır
Yangın sırasında zehirli gazlar salması	-	Hayır

Aerojelin Kullanım Alanları

Aerojel; termik izolasyon, akustik izolasyon, havacılık ve uzay kullanımları, katalizör ile katalizör dolguları, yakacak gözleri, kimyasal uyarıcılar, ilaç yayma sistemleri, kapı ve pencere uygulamaları gibi pek çok sektörde kullanılmaktadır. Sızıntı temizlemede kimyevi adsorbant, boyalarda izole edici sıkılaştırıcı ve emici olarak kullanım özellikleri bulunmaktadır. Çin ülkesindeki çalışmalar sonucunda ham petrol kaçaqları ile mücadelede çok önemli bir siper görevine sahip olmak gibi çok fazla kullanım alanına sahiptir. Aerojeller izolasyon yeteneği sayesinde gemi kazanlarında minimum izolasyon kalınlığı ve maksimum enerji korunumu sağlamaktadır. Bu maddelerin estetik binalarda kullanımı çok yaygındır. Genelde binaların dış cephelerinde gün ışığını geçiren dolgu maddesi olarak pencere benzeri bina bileşenlerinde, dış cephede giydirmede kullanılan geleneksel yapı materyallerinin yerine lif ilaveli aerojelden yararlanma şeklindedir. Aerojeller, boşluklu izolasyon panellerinin içine konularak da kullanılmaktadır. (Saraç & Toplan, 2016).

AEROJEL'İN ÇİMENTODA KULLANIMI

Enerjinin hesaplı bir şekilde kullanılması fikri bütün endüstriyel sektörlerde olduğu gibi yapı sektöründe de kullanımı kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir. Yapı sektöründe ilerletilen çalışmalar fazla düzeyde enerji harcanmasını getirmektedir. Çoğalan enerji tüketimi ve dünya çapında ısınma seviyesi de artmaktadır bu durumda gerek ekonomi gerekse ekosistem açısından düzeltilmesi mümkün olmayan sorunlar doğurmaktadır (Karahan, 2017). Çimento gelişiminde 1 kg çimento meydana getirilmesi esnasında yaklaşık olarak 1,0 kg CO₂ salınımı meydana gelmekte ve aynı zamanda da kg başına 1,5 kWh enerji tüketilmektedir. Çimento üretiminin fazla maliyeti ve CO₂ yayılımı göz önüne getirilerek günümüzde çimento hamurları yerine bağlayıcı madde içeriğinde çimento oranının azaltıldığı doğa-dostu harç dizaynları üzerine sürekli deneysel çalışmalar meydana getirilmektedir (Boştancı, 2018).

Malzeme iliminde çimento içerikli malzemelerin işlevsel ve izolasyon performanslarının geliştirilmesi için nano boyuttaki maddelerin çimento içeriğine dâhil edilmesi konusunda da sıkça çalışılmaktadır. Nano maddeler, kalsiyum silikat özelliği içerisinde çoğu zaman boşluk doldurarak mini yapı niteliklerini geliştirmekte ve kökenlerine bağlı olarak hem de hidrolik aktiviteleri yardımıyla da hidrasyon sürekliliğine ciddi seviyede etki edebilmektedir (Morsy, & El-Khodary, 2018). Son zamanlarda mini-maddeler arasında silika aerojelleri temel alan çalışmalar hızla çoğalmaktadır. Silika aerojeller, su gerektiren aktive göstermemekle beraber kendilerine has por yapısı ve yüksek seviyede hava bulundurmasına rağmen katı iskeletlerini değiştirmeyecek biçimde üretilmektedir. Dünya üzerinde bilinen en hafif katı madde olarak kabul edilen silika aerojellerin çimento bulunduran karışımlarda kullanılması çoğu zaman malzemelerin ısı yalıtım veya ses yalıtım performanslarının çoğaltılması üzerine odaklıdır.

Fakat silika aerojeller %99,8 mertebelerine erişebilen por yoğunluğuna rağmen kendi ağırlıklarının 1600 katı seviyelerinde yük taşıyabilmektedirler. Parçacık yoğunluklarının hava parçacıklarına kıyasla 4 -5 kat daha çok olduğu ortadadır. Alkali- aktive edilmiş karışımlarda silika aerojellerin çok düşük katkı oranlarında kullanılmasına yönelik geliştirilen çalışmalar sınırlı seviyededir. Ortaya konan çalışmalar eşit aktivatör karışımı için dozajlarda uygun değerli seviyede artan aerjel katkıları ve kısmi olarak mukavemet artışının saptanabileceğini göstermektedir. (Boştancı, 2020)

Çimento içerikli maddelerde silika aerojeller çoğu zaman fazla izolasyon hedefleri doğrultusunda toprak ile yer değiştirilerek fazla seviyede kullanılmakta ve mecburen basınç ve eğilme mukavemetlerinde büyük düşüşler gözükmemektedir. Çok fazla dayanımlı hazır beton üretiminde %50 oranlarında kullanılan silika aerjel muhtevası sebebiyle basınç mukavemetleri 20 MPa düzeylerine indirgenmektedir. Ortaya çıkan dayanım düşüşleri esasında silika aerojellerin çimento içeren malzemelerde hafif çakıl olarak işlevsel rol üstlenmesi ile ilgilidir. 28 günlük kaptaki yüksek seviyedeki silika aerjel muhtevası için 1187 kg/m³ 'lük atom hacim ağırlığına göre basınç mukavemetini 18.63 MPa olarak ortaya koymuşlardır. Aynı kür zamanı sonunda ise burulma dayanımı 3.66 MPa olarak tespit edilmiştir. Liu vd. ye göre hacimce %60 seviyelerinde aerjel içeren örneklerde 2.15 MPa'lık basınç mukavemeti ve 0.45 MPa'lık eğilme mukavemeti ortaya konmuştur. Diğer yandan karışımlarda silika aerjel maddesinin çimento katkı malzemesi olarak kullanımında da silika aerjel karışımının az olması nedeniyle mekanik mukavemetlerde çoğu zaman ciddi seviyede düşüşler gözlenmemektedir. Silika aerjel muhtevasının % 0,1 den % 0,7 seviyelerine doğru olan artışı basınç mukavemetlerinde benzer mukavemet değerlerini görürken %1,0 aerjel katkı oranındaysa kontrol numunesine göre 56,5 MPa' dan 57,0 MPa' seviyelerine kadar kısmi bir artışında gözlenebileceğini ortaya çıkarmıştır. (Boştancı, 2020).

Silika aerojellerin gelişimi için yakın zamanda yapılan deneysel çalışmalar, silika aerojellerin fazla gözeneklilik değerlerini düşünerek genellikle örneklerin ses, yangın ve sıcaklık izolasyon performanslarına olan faydaları üzerine çalışılmıştır. Çalışmanın odak merkezi aşağı yukarı 20 MPa basınç mukavemetine sahip karışım örneklerindeki bozulma tutumunun silika aerjel katkıları ile artıp azalmasının araştırılması konusundadır. Silika aerjel katkılarının eşdeğer basınç mukavemetleri altında örneklerin deformasyon olayına olan etki işlevinin anlaşılması önemle bina duvarlarında kullanılacak çimento içerikli ve silika aerjel içerikli blok elemanların önümüzdeki yıllarda dizayn girişimleri için çok önemlidir (Provis, 2014)

ÇİMENTO İÇERİĞİNDE AEROJEL KULLANIMININ AVANTAJLARI

- Hafiflik: Aerjel katkı çimentolar sayesinde daha hafif beton üretilebildiği için bu da depreme karşı daha dayanıklı yapı oluşmasını sağlıyor.
- Alandan tasarruf: Aerjel katkı malzemeler sayesinde daha ince izolasyon malzemeleri üretilebildiği için alandan tasarruf sağlanıyor.
- Aerjel katkı betonlar Karbon salınımını ciddi düzeyde azaltarak doğaya zararı önüyor.
- Konut binalarında kullanımda çok ince seviyelerde ses yalıtımını da sağlaması çok önemlidir.
- Aerjel katkı malzemeler su yalıtımını da sağlıyor.
- Aerjel katkı dış cephe kaplama malzemeleri solmaya karşı direnç gösteriyor.

SONUÇLAR

- Aerjeller, çimento içeriğine dâhil edildiklerinde fazla gözenekli yapıları sayesinde çimento içerikli malzemelerin ses ve ısı izolasyon performanslarına katkı sağlayabilirler.
- Düşük ısı iletkenliği sayesinde Aerjel katkı çimento ve harçlar izolasyon malzemesi olarak kullanılabilir.
- Aerjellerin yangın dirençleri de çok iyi olduğu için bu maddenin henüz bu amaç için kullanılmasa da önümüzdeki yıllarda yapılarda yangın izolasyonunda da kullanılabileceği tartışılmaz.
- Aerjeller sayesinde ortaya çıkan tokluk kazancı, çimento üretiminde aerjel katkısını kullanmak için bir nedendir.
- Kalsiyum – silikat matrisine dâhil olan silika aerjeller, zorluk yaşayan kalsiyum-silikat liflerinin çok daha az zorlanan liflere germe aktarabilme yeteneğini geliştirebilmektedir.
- Çok az aerjel katkı seviyesinde artan aktivatör miktarı işlevsel özelliklerin gelişimine katkı sağlarken çok fazla aerjel katkı miktarında çok az aktivatör miktarı uygun değer işlevsel verim için tercih edilebilir.

KAYNAKLAR

- 196-1, T. E. (2016). Çimento deney metotları- Bölüm 1:Dayanım tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Altın, D. D. (Haziran 2014). Sürdürülebilir Yapılarda Aerojel Kullanımı. Yalıtım. BiLiMveTEKniK. (Eylül 2008).
- Boştancı, L. (2018). Mechanical properties and thermal conductivity of aerogel incorporated alkali-activated slag mortars. Adances in Civil Engineering.
- Boştancı, L. (2020). Silika Aerojel katkılı Alkali-Aktive Edilmiş Uçucu Kül . BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi , 588.
- CIZA, B. (2021). VOLKANİK TÜF ATIKLARINDAN SİLİKA AEROJEL SENTEZİ VE YÜKSEK TERMAL YALITIM ÖZELLİKLERİ İÇİN ALÇI ESASLI KOMPOZİTLERDE DEĞERLENDİRİLMESİ. Yüksek Lisans Tezi.
- Karahan, O. (2017). Transport properties of high volume fly ash or slag concrete exposed to high temperature. Construction and Building Materials.
- Morsy, M. S., S., H., M. M., & El-Khodary. (2018). An investigation into its effect on compressive strength, pore structure and microstructural . Construction and Building Materials.
- ÖZ, D. C., ÖZ, B., & KAYA, N. (2017). BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi.
- Provis. (2014)). Y.,Nedeljković, M.,Ye, G. Geopolymers and related alkali-activated materials, Annual Review of Materials Research, 44 .
- SARAÇ, N., & TOPLAN, N. (2016). Dünyanın En Hafif Katı Malzemesi: Aerojeller. Metal Dünyası.
- Türk Standartları Enstitüsü, A. (2000). Kagir harcı- Deney metotları- Bölüm 11: Sertleşmiş harcın basınç ve eğilme dayanımının tayini,. TS EN 1015-11.
- ZAIDI, I. K. (Ağustos 2017). NANO SiO₂ - AEROJEL KATKILI SÜPER ISIL YALITIM .