

Gazbeton Malzemesinin Isıl İletkenliğinin Nem ve Sıcaklıkla Değişiminin İncelenmesi

Zühtü Pehlivanlı

Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, 71450 Türkiye
Telefon: +90 (318) 357-4242; Fax: +90 (318) 357-2459, pehlivanli@kku.edu.tr

ÖZET

Binalarda ısı yalıtımı göz ardı edilemeyecek düzeyde önemlidir. Bu önem sadece enerji ekonomisi açısından değil enerji kaynaklarının sınırlı olması ve dikkatli tüketilmesi açısından da öne çıkar. Yapı malzemeleri açısından ısı geçirgenliği oldukça düşük malzemelerin üretimi gün geçtikçe artmıştır. Bu çalışmada, içerisinde hava kabarcıkları bulunan hafif yoğunluklu yapı malzemesi gazbetonun ısı iletkenlik değerinin nem içeriğine ve sıcaklığa bağlı olarak değişimi deneysel olarak incelendi. Çalışmada, duvar elamanı olarak kullanılan G2/04 sınıfı gazbeton numuneleri, 0,0% ile 48% arasında değişen beş farklı kütleli nem içeriği için 0°C ile 45°C arasındaki sıcaklıklarda ısı iletkenlik katsayılarının değişimi deneysel olarak incelenmiştir. LaserComp 300 cihazı yardımıyla ölçülen ısı iletkenliğinin kütleli nem içeriğine ve sıcaklığa bağlı olarak arttığı deneysel olarak belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Gazbeton, Nem, Isıl İletkenlik, LaserComp 300.

ABSTRACT

Thermal insulation is an important issue in buildings. This is related to not only energy economy but also consumption of limited energy resources. During the last decades, construction materials with lower thermal conductivity have been produced. In this study, variation of thermal conductivity according to moisture content and temperature of low density construction material autoclaved aerated concrete was investigated. The variation of thermal conductivity of G2/04 class autoclaved aerated concrete samples which were used as wall component, was observed for five different moisture content as changing between 0,0% and %48 and the temperature between 0 °C - 45 °C. An increase depending on moisture content and temperature of thermal conductivity were determined by LaserComp 300 instrument

Key words: Autoclaved Aerated Concrete, Moisture, Thermal conductivity, LaserComp 300.

1. GİRİŞ

Yapılardaki enerji kayıplarını azaltmak için ısı yalıtım özelliği olan hafif yapı malzemelerinin kullanımının önemi her geçen gün artmaktadır. Hafif yapı malzemelerinin temel fonksiyonları binalarda ve kullanıldıkları ortamda ısı yalıtımı sağlamaktır. Bunlar genellikle yük taşıma özellikleri zayıf gözenekli malzemelerdir. Bu tür yapı malzemelerinden biri de gazbetondur.

Gözenekli bir yapıda olan Gazbetonun en önemli ve üstün özelliklerinden birisi düşük ısı iletkenliğidir. Malzemenin gözenekli yapısı içerisindeki makro ve mikro düzeydeki gözeneklerin tüm yapı içerisindeki oranı %60 – 85 arasında değişmektedir. Bu yüksek orandaki gözenek miktarı gazbetonun ısı iletkenliğinin düşük olmasını sağlar. Malzeme bünyesinde bulunan bu gözeneklerin hava ile dolması durumunda (kuru hal için), havanın ısı iletkenliği 0,026 W/m.K düzeylerinde olduğu için otomatik olarak yüksek gözenek miktarından dolayı malzemenin ısı iletkenlik değeri düşmektedir. Ancak bu gözeneklerin fazlalığı aynı zamanda nemli ortamlarda gözeneklerdeki havanın su ya da su buharı ile yer değiştirmesine neden olur bu da havaya göre ısı iletkenliği yaklaşık 20 kat büyük olan su miktarına bağlı olarak malzemenin ısı iletkenliğini artırır. Dolayısıyla gazbeton yoğunluğuna bağlı olarak en düşük ısı iletkenlik değerine kuru halde ulaşırken nem içeriğinin artmasıyla birlikte ısı iletkenliği de artmaya başlar. Isıl iletkenlik değerinde ki bu artış beraberinde yapının ısıtma ve soğutma için olan enerji ihtiyacının da artmasına neden olur. Aynı zamanda yapı malzemenin ısı iletkenliği üzerinde sıcaklığında olumsuz etkisi bulunmaktadır. Tüm bu değişimler doğal olarak yoğunluk değişimine bağlı olarak da farklılıklar göstermektedir.

Bu çalışmada Gazbetonun ısı iletkenlik değeri üzerinde yoğunluk, sıcaklık ve nem bileşeninin etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Literatürdeki bu konuda yapılan çalışmalarda gözenekli yapı malzemelerinin ısı iletkenliği üzerinde nem bileşeninin etkisi Mendes [1] ve arkadaşları tarafından, yapı malzemelerindeki buhar difüzyonu ve yağışmanın malzemenin ısı iletimi

üzerindeki etkisi Heperkan [2] ve arkadaşları tarafından incelenmiştir. Gözenekli yapılar ve gözenekli inorganik yapı malzemelerinin ısı iletkenliği Matiasovsky [3] ve arkadaşları, gözenekli yapı malzemelerinin taşınım özellikleri ve mikro yapıları Bentz [4] ve arkadaşları, atmosfer şartları altında yapı elemanlarındaki nem ve ısı transferinin sade şekilde modellenmesi Janssen [5] ve arkadaşları tarafından incelenmiştir. Yapı malzemeleriyle ilgili olarak yüksek yoğunluklu karışık malzemelerin ısı iletkenliği Barea [6] ve arkadaşları, yüksek yoğunluklu gözenekli yapı malzemelerinde ısı yayılımının ve ısı iletkenliğinin ölçülmesi Bouguerra [7] ve arkadaşları tarafından çalışılmıştır.

Yoğunluğu 400 kg/m³ civarında olan G2/04 gazbeton malzemesi üretim hattından uygun pozisyonda seçilerek numune alınmıştır. Üretim blokları yapı malzemeleri imalat şartlarında üretildiğinden Şekil 1.'de gösterildiği gibi farklı boyutlarda üretilmektedir. Üretim hattından çıkan numuneler genelde oldukça nemli olmaktadır. Deneysel ölçümlerdeki nem miktarlarının üst değeri, malzemenin üretim çıkışı mevcut nem değeri (yaklaşık 50%) göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Her ölçüm sonunda fırında malzeme nemi alınarak sürekli azalan bir şekilde nem değeri değiştirilmiştir. Yapılan çalışmada gazbeton malzemesinin ısı özelliklerinin belirlenmesi yanında bu özelliklerinin diğer çevre şartları dahilinde nasıl bir değişim gösterdiği bir eşitlikle ifade edilmesi şeklinde sonlandırılmıştır.

2. PROBLEMİN TARİFİ

İncelenen malzemenin üretim hattında katılma esnasında kimyasal reaksiyonlar sonucu kabarcıklar oluşmaktadır. Bu hava boşlukları üretim bloklarının alt kısmında daha az üst kısımlarına doğru gittikçe artmaktadır. Bu durum malzemenin bir bütün olarak aynı gözenek yapısına sahip olması ve hacimsel olarak gözenek ile ana malzeme oranının sabit olması beklenmemelidir. Şekil 2.'de gösterildiği gibi bu durumun deneysel sonuçları olumsuz etkilememesi için numuneler üretim bloklarının ortalarından alınmıştır. Malzemelerin yoğunluk değişimleri üretim hattındaki farklı karışımlardan, katılan malzemelerin çok az da olsa kimyasal içerik değişimlerinden kaynaklanmaktadır. Bu değişimler fabrika üretim hattında sürekli kontrol edilmekte olup deneysel numuneler ayrıca laboratuvar ortamında yoğunluk açısından ölçülmüştür. Çalışma malzemenin sadece kuru durumu için yapılmadığından nemli durumlar için de ayrı ayrı yoğunluk ölçümleri yapılmıştır. Malzemenin nem durumu kütlele değişimle bağlantılı olarak belirlenmiştir. Yüksek nem değerinden başlanılarak her ölçüm sonunda

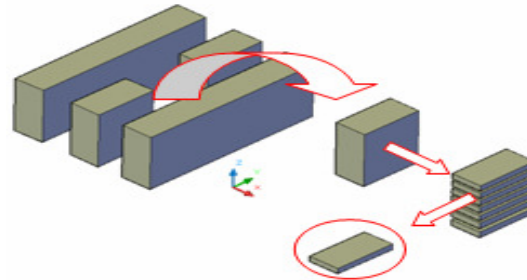
numunenin kütle kaybetmesi sağlanarak farklı nem miktarlarında deneyler yapılmıştır. Kütlelerin artık değişmediği durum ise malzemenin kuru durumu olarak değerlendirilmiştir.

Gazbeton malzemesinin ana bileşenleri kuvarsit, çimento, kireç ve alçıtaşıdır. İnce toz kıvamında öğütülen bu malzemelere su ve gözenek oluşturuçu alüminyum ilave edilerek kalıplara dökülür. Kalıplar oldukça büyük boyutlarda olup malzeme iyice katılaşmadan Şekil 1'de gösterilen şekillerde ve istenen ölçülerde kesilir.



Şekil 1: Gazbeton duvar elemanlarının imalat büyüklükleri.

G2/04 sınıfı malzemenin nemsiz durumdaki ısı iletkenlik değeri ve farklı nem içeriklerindeki ısı iletkenlik değeri değişimi 0°C sıcaklıktan başlayarak 45°C sıcaklığa kadar değerlendirilmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan tüm malzemeler 300x300x30mm boyutlarında kesilmiş ve ölçümler bu boyutlardaki numuneler üzerinde yapılmıştır. Deneysel ölçümlerde ısı akış metre prensibine göre çalışan LaserComp 300 cihazı kullanılmıştır. Numunelerin kalınlığı diğer boyutlarına göre oldukça küçük seçildiğinden deneysel ölçümler tek boyutlu ısı geçirgenliği temelinde gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sabit duvar sıcaklığı sınır şartları altında 10°C sıcaklık farklarında yapılmıştır.

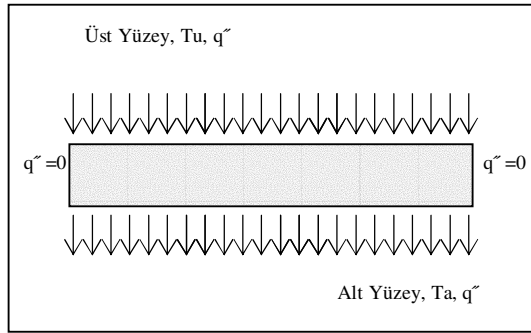


Şekil 2. Deneysel numunelerin alındığı ana blok bölgeleri

Deneysel ölçümlerde ısı iletkenliğinin yoğunlukla

değişimi, nemsiz durumdaki altı farklı yoğunluk değeri için 0°C ile 45°C arasındaki altı farklı sıcaklıkta ölçümleri yapılmıştır.

G2/04 sınıfı gazbeton numunesinin deneysel ölçümleri nemsiz durum ile birlikte %8.40, %17.30, %25.30, %35.20, %48.60 olmak üzere altı farklı kütleli nem içeriğinde yapılmıştır. Numuneler belirtilen her bir kütleli nem içeriğinde 0°C ile 45°C arasındaki altı farklı sıcaklık değerinde deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel ölçümlerin yapıldığı cihazın çalışma sistemine ilişkin şematik gösterim Şekil 3.'de verilmiştir. Bu düzeneğin deney numunesi haznesi yatay doğrultuda ve düzleme dik doğrultuda 300mmx300mm boyutlarında buna bağlı olarak deney numuneleri de bu boyutlarda hazırlandığından yan yüzeylerde ısı kaybı olmadığı bir başka deyişle yanal yüzeylerin yalıtıldığı varsayılmaktadır. Problemin deneysel çözümündeki en önemli nokta numune yüzeylerinin çok düzgün kesilmesi ve mümkün olduğunca pürüzsüz olmasıdır. Değilse en ufak parçacık dahi bir hava katmanının efektif ısı iletim katsayısına etkisi büyük olacaktır.



Şekil 3. Deneysel düzeneğin çalışma prensibinin şematik gösterimi.

Deneysel numunenin boyutlarına, nem durumuna ve gözenek miktarına bağlı olarak deney düzeneğinde kararlı duruma geçmesi zaman alabilmektedir. Bu kararlılık bir çok parametreye bağlı olmakla birlikte ortam sıcaklığı, soğutma suyu sıcaklığı ve ortamdaki zamanla değişimle etkilenmektedir.

3. DENEY SONUÇLARI

Gazbeton malzemesinin porozitesinin yüksek olması nem veya su tutma kapasitesinin de fazla olması sonucunu doğurmaktadır. Bu durum bu malzemenin kış şartlarında ısı iletimlik değerlerinin çok önemli olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Tablo 1.'de numunelerin deney öncesi ve sonrasındaki neme bağlı olarak kütleli değişimlerini göstermektedir. Kuru malzemeye

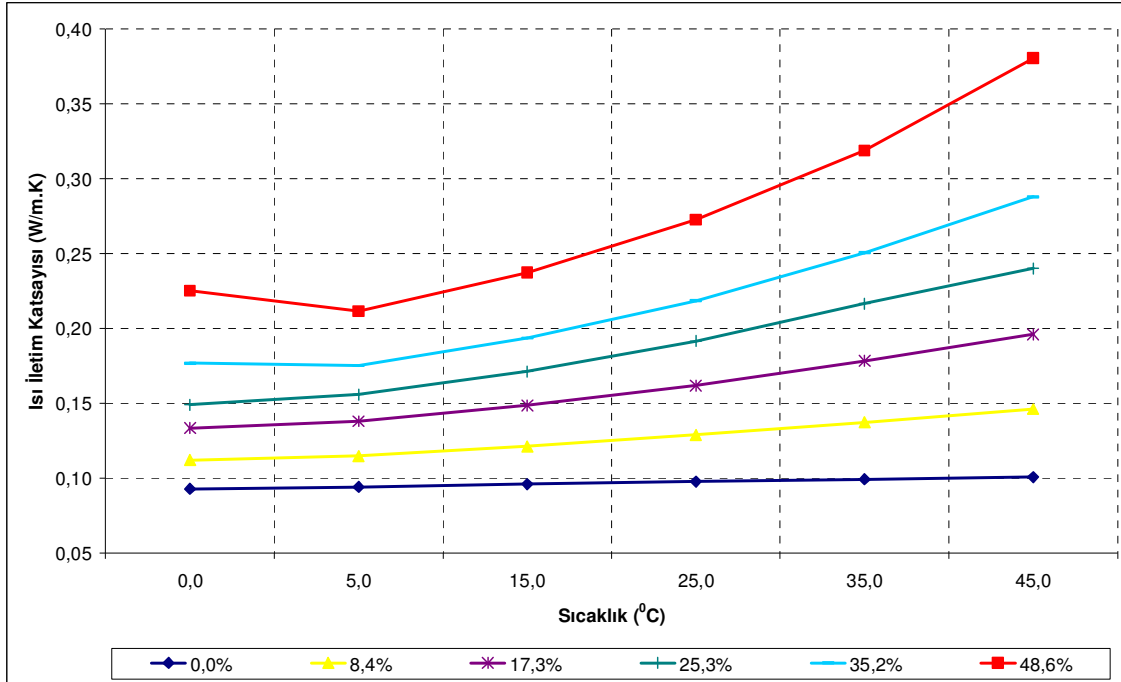
göre en yüksek nem değerinde malzeme yaklaşık yarı kütleli nem barındırabilmektedir. Bu su bulundurması anlamına da gelmektedir. Isıl iletkenlik değerinin de buna bağlı olarak çok fazla değişiklik gösterdiği aşağıdaki Şekil 4. ile gösterilmiştir. Nem farklılıkları ve kuru durum için aynı numunenin kullanılmasına özen gösterilmelidir. Değilse aynı bloktan kesilmiş olsa bile porozite değerleri her bir farklı numune için farklılık gösterebilmektedir.

G2/04 sınıfı gazbeton malzemesinin ısı iletimlik değerinin nem içeriğine ve sıcaklığa bağlı olarak arttığı görülmektedir. Düşük kütleli nem içeriklerinde malzemenin ısı iletimlik değeri sıcaklıkla doğru orantılı olarak artmaktadır. Ancak kütleli nem içeriğinin artmasıyla birlikte eğrideki doğrusal artışın değiştiği görülmektedir. 26% kütleli nem içeriği değeri civarında malzemenin 0°C'deki ısı iletimlik değeri 5°C'deki değerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Artan kütleli nem içeriğiyle birlikte bu durum daha belirgin hale gelmeye başlamaktadır. 5°C'den sonraki sıcaklık değerlerinde ısı iletimlik değeri yine sıcaklıkla doğrusal olarak arttığı görülmektedir. Artan nem içeriklerinde ısı iletimlik değerinin 0°C - 5°C arasında azalış göstermesinin diğer bir deyişle 0°C'deki değerin yüksek olmasının nedeni, malzeme içerisinde ısı iletimlik değeri, hava ve suya göre yüksek olan buzlanmanın görülmeye başlamasıdır.

Tablo 1. Deneysel numunelerinin ölçüm öncesi ve sonrası kütleli değerleri.

Numune Kodu	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6
Nem Oranı (%)	0,0%	8,4%	17,3%	25,3%	35,2%	48,6%
Numune Kalınlığı (mm)	30,44	30,505	30,531	30,512	30,556	30,524
Deneysel Öncesi Kütle (gr)	1.097,81	1.190,68	1.288,24	1.375,90	1.484,86	1.632,68
Deneysel Sonrası Kütle (gr)	1.098,54	1.189,21	1.287,60	1.374,82	1.483,36	1.630,15
Ortalama Kütle (gr)	1.098,18	1.189,95	1.287,92	1.375,36	1.484,11	1.631,42
Kuru Birim Ağırlığı (gr)	1.097,81	1.097,81	1.097,81	1.097,81	1.097,81	1.097,81

Isıl iletkenlik değerlerinin sıcaklıkla değişimlerine bakıldığı zaman da yükselme gözlemlenmektedir. Bunun nem içeriği arttıkça arttığı ancak artışın doğrusal olmadığı söylenebilir. Deneysel ölçüm esnasında bir miktar kütleli kayıp söz konusu olmaktadır. Burada belirtilen kütle değerleri ortalama değerler olarak verilmiştir.



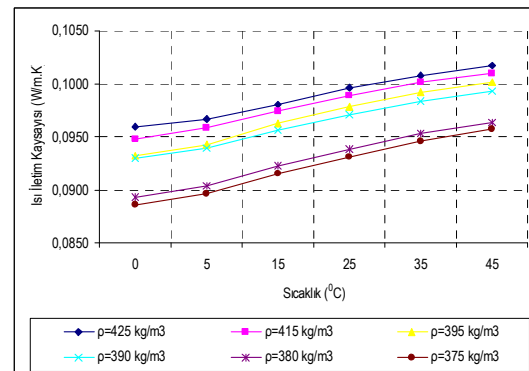
Şekil 4. Isıl iletkenliğin kütleli nem içeriği ve sıcaklıkla değişimi

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapı malzemelerinin gözenek miktarının artması ısı iletkenlik değerinin beklendiği gibi düşürmekte ve ısı geçiş direncini artırmaktadır. Bunun nedeni, oluşan gözenekleri ısı iletkenlik değeri çok düşük olan havanın doldurmasıdır. Ancak malzeme içerisindeki bu boşluklara hava yerine nem geçmesi durumunda malzemenin ısı iletkenlik değeri artmaya başlamaktadır. Bu duruma açıklık getirmek üzere G2/04 türü gazbeton bloklarından numuneler alınıp ısı iletkenlik değeri üzerinde nem ve sıcaklığın etkisi deneysel olarak belirlenmiştir. Bu belirlemede öncelikle kuru durumdaki gazbeton numunelerin ısı iletkenlik değerinin sıcaklıkla doğrusal olarak arttığı görülmüştür. Düşük kütleli nem içerikli numunelerle yapılan ölçümlerde, nem içeriğine ve sıcaklık artışına bağlı olarak malzemenin ısı iletkenlik değerinin doğrusal olarak arttığı görülmüştür. Ancak, Şekil 4'de de görüldüğü gibi nem içeriğinin yüksek değerlere çıkmasıyla birlikte malzeme içerisinde yoğunlaşmış haldeki su içeriğinin arttığı ve bu artışa bağlı olarak 0°C'den 5°C'ye doğru ısı iletim katsayısının azaldığı fakat daha sonra 5°C'den itibaren tekrar sıcaklıkla doğrusal olarak artmaya başladığı görülmüştür. Malzemenin ısı iletkenlik değeri üzerinde özellikle nemin büyük etkisi olduğu, 48%'lik nem içeriğinde ısı iletkenlik değerinin kuru duruma göre yaklaşık üç kat (ortalama 5 °C sıcaklık için) arttığı görülmüştür. Bu durum malzemenin özellikle nemli

bölgelerde kullanımı durumunda, diğer yapı malzemelerine göre avantaj durumunda olan ısı iletkenlik değerinin gerçekte çok daha fazla olduğunu göstermiştir. Deneysel sonuçlardan, gerçek ısı kaybı ve kazancı hesaplamalarında özellikle nemin dikkate alınması gereken bir etken olduğunu göstermiştir.

Ayrıca farklı yoğunluklarda ki kuru numuneler üzerinde yapılan ve Şekil 5'de verilen deney sonuçları da ısı iletkenliğin sıcaklık ve aynı zamanda yoğunluk artışıyla doğrusal olarak arttığı göstermiştir.



Şekil 5. Isıl iletkenlik değerinin boşluk oranlarına göre değişimi

KAYNAKLAR

- [1] Mendes, N., Fernandes, C.P., Philippi, P. C., and Lamberts, R., Moisture Content Influence On Thermal Conductivity Of Porous Building Materials, Seventh International Ibpsa Conference, Rio De Janeiro, Brazil, August 13-15, 2001.
- [2] Heperkan, H.A., Bircan, M.M., Sevindir, M.K., Yapı Malzemelerinde Buhar Difüzyonu ve Yoğuşma, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, pp 461-470,
- [3] Matiasovsky, P., Koronthalyova, O., Pore Structure And Thermal Conductivity of Porous Inorganic Building Materials
- [4] Bentz, D. P., Martys, N. S., and Garboezi, E. J., Microstructure and Transport Properties of Porous Building Materials. II. Three-Dimensional X-Ray Tomographic Studies, Materials and Structure, Vol. 33, pp 147-153, April 2000.
- [5] Janssen, H., Blocken, B., Carmeliet, J., Conservative Modelling of the Moisture and Heat Transfer in Building Components Under Atmospheric Excitation, International Journal of Heat and Mass Transfer,2006.
- [6] Barea, R., Osendi, M. I., Ferreira, J.M.F., Miranzo, P., Thermal Conductivity of Highly Porous Mullite Material, Acta Materialia, Vol: 53, pp 3313–3318, 2005.
- [7] Bouguerra, A., Ait-Mokhtar, A., Amiri, O., Diop, M. B., Measurement Of Thermal Conductivity, Thermal Diffusivity And Heat Capacity Of Highly Porous Building