

Kompozit Yapı Malzemelerinde Isıl Özellik Ölçümü-1: Mevcut Ölçüm Tekniklerinin İrdelenmesi

Bülent YEŞİLATA, Paki TURGUT, Yusuf IŞIKER
Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

ÖZET

Beton malzemelerin ısı özelliklerinin belirlenmesinde çeşitli zorluklar söz konusudur. Uluslararası (ASTM) standartlara uygun dökülen betonlarda dahi karışımı oluşturan maddelerin dağılımı, boşluk oranı arasında farkların bulunması bu zorluklardan biridir. Beton ısı iletim katsayısının düşüklüğü, hassas ölçümler için büyük numune boyutları ve uzun test süresi gerektirmektedir. Betona hurda lastik ilavesiyle oluşan anizotropik yapı sonrasında ısı ölçümlerinin mevcut tekniklerle yapılması iyice güçleşmektedir. Bu çalışmanın birinci bölümünde, kompozit yapı malzemeleri dahil, ileri mühendislik malzemelerinin ısı özelliklerinin ölçümünde yaygın olarak kullanılan yöntemler irdelenmektedir. Ayrıca bu bilgiler ışığında laboratuvarında geliştirilen basit ve ekonomik bir ısı ölçüm tekniği tanıtılmakta ve ölçüm uygulamasının detayları açıklanmaktadır. Makalenin ikinci bölümünde ise, mevcut teknik kullanılarak, farklı miktar ve dizilişlerde hurda lastik içeren betonların yalıtım özelliklerine yönelik sonuçlar sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kompozit beton, ısı özellik, adyabatik hazne tekniği

GİRİŞ

Katı malzemelerin ısı özelliklerinin doğru olarak belirlenmesi, malzemenin kullanıldığı uygulamada arzu edilen optimum performansa ulaşmak açısından oldukça önemlidir. Uzun yıllardır bu amaçla geliştirilen birçok ölçüm tekniği bulunmaktadır. Mevcut tekniklerle homojen ve izotropik katı bir malzemenin ısı özelliklerini oluşturan parametrelerden (ısı iletkenlik katsayısı, ısı yayılma katsayısı, özgül ısı ve ısı geçirgenlik) biri ya da birden fazlası ölçülebilmektedir. Ancak mühendislik malzemelerinde özellikle son çeyrek asırda sağlanan gelişmelerle, malzemelerin mikro ve makro seviyedeki iç yapısında homojen ve izotropik koşuluna uymayan karmaşıklar bulunmaktadır (örneğin seramikler, kompozitler). Bu durumda mevcut tekniklerin birçoğu ile

ABSTRACT

Measuring thermal properties of concrete based materials has some difficulties due to differences in distribution of accompanying components (i.e. cement, sand, and aggregates). The same uncertainties even persist in concretes obtained with the procedure described in international ASTM standards. The long testing time and large specimens are also necessary to obtain most accurate measurements since the concrete has low thermal conductivity. Thermal testing of concrete with conventional techniques even gets harder when the concrete structure is anisotropic due to incorporation of scrap-tire pieces within the concrete. The present study is divided into two parts. In the first part, the common thermal testing methods for advanced engineering materials including the composite building materials are briefly reviewed. A simple and inexpensive thermal testing technique for concrete based materials is also introduced. In the second part, the effect of scrap-tire addition on the insulation property of conventional concrete is examined by using the technique mentioned.

Keywords: Composite concrete, thermal property, adiabatic box technique

doğru ölçüm yapabilmek zorlaşmaktadır. Isıl özellik ölçümü için mevcut tekniklere uygulanan ek düzeneklerin ekonomik maliyeti de yüksektir.

Karmaşık iç yapıdaki malzeme ısı özelliklerinin belirlenmesi için, literatürde verilen hazır tablolardan yararlanma olanağı da yoktur. Çünkü, malzemenin bileşenlerinde, imalat şeklinde ve kullanım alanında oluşacak küçük farklar bile, ısı özelliklerde önemli sayılabilecek oranda değişim yaratmaktadır. Bu nedenle, karmaşık yapılı malzemelerde ısı özelliklerinin doğrudan ölçümü gereklidir.

Kompozit yapı malzemelerinin ısı özellik ölçümünde yukarıda bahsedilen zorluklara ek olarak, ısı iletim katsayılarının düşüklüğü sebebiyle, büyük boyutlarda test numunesi kullanımı gereklidir. Kompozit yapı içerisinde

sıcaklık ölçüm noktalarının doğru seçimi ve yorumlanması gereklidir. Bu nedenle yapı malzemeleri için, uygulama esnasında karşılaşılan sıcaklık aralıklarındaki ısı iletim katsayısı değerinden ziyade, termal geçirgenlik (ya da toplam ısı transfer katsayısı) değerinin ölçülmesi daha fazla tercih edilebilmektedir.

Kompozit yapı elemanlarının ısı özelliklerinin belirlenmesinde, yaygın olarak kullanılan mevcut teknikleri daha etkin ve doğru uygulama yönünde çalışmalara ek olarak, yeni yöntem arayışları da güncel konular arasındadır. Son dönemlerde bu amaçla geliştirilen basit ve ekonomik teknikler (Yeşilata ve Turgut 2005; Yeşilata ve diğ. 2006), homojen olmayan yapı malzemelerinin ısı geçirgenlik değerlerinin kıyaslanmasına olanak sağlamıştır.

Bu çalışmada; ileri mühendislik malzemelerinin ısı özellik ölçümünde kullanılan yaygın teknikler ile ilgili bir irdeleme yapılmakta ve yapı elemanlarının ısı testleri için geliştirilen 'adyabatik-hazne tekniği' tanıtılmaktadır.

ISIL ÖZELLİK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİNİN İRDELENMESİ

Sürekli Rejim Yöntemleri

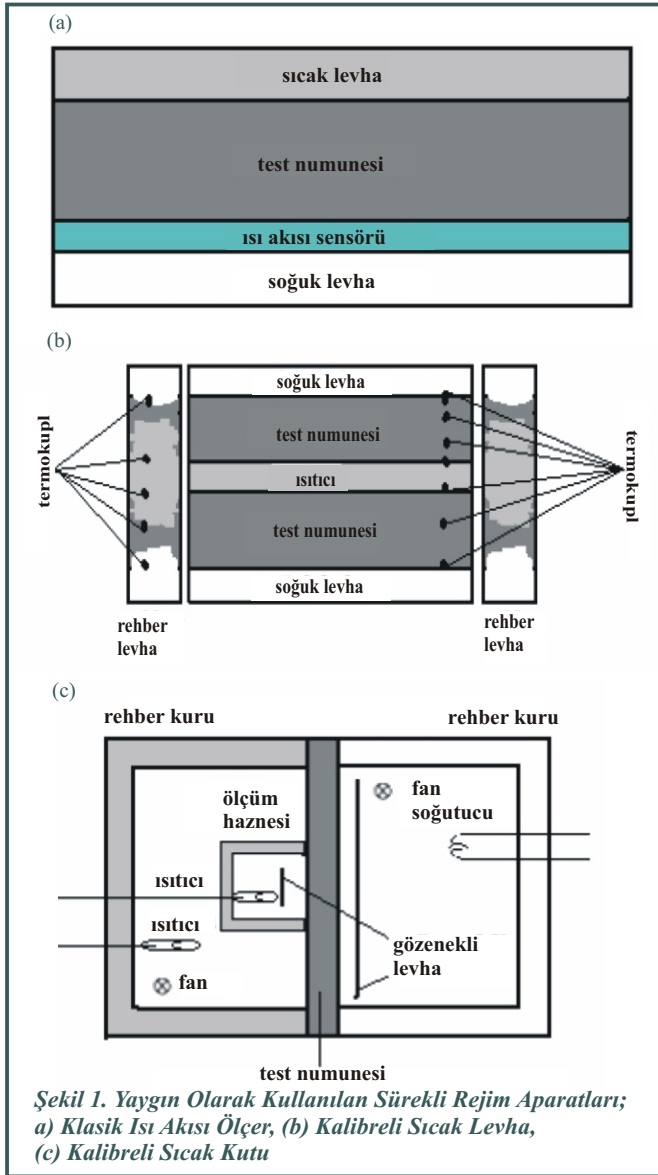
Isıl özelliklerin ölçümü için geliştirilen yöntemlerin en eskileri genellikle 'Sürekli Rejim Yöntemleri' kapsamındadır. Söz konusu yöntemlerin önemli bir kısmı standartlaştırılmış olup, halen yaygın olarak kullanılmaktadır (ASTM 2000a ve 2000b). Sürekli Rejim Yöntemleri'nin temeli bir boyutlu Fourier ısı iletim denkleminin dayanmaktadır. Belirli kalınlıkta test numunesinin her iki yüzeyinde arzu edilen

sıcaklık farkının yaratılması sonucu, numuneden geçen ısı akısının kontrol ve ölçümü sonucu, test numunesinin ısı iletim katsayısı belirlenebilmektedir. Sürekli Rejim esasına göre ölçüm yapan tekniklerin en yaygın kullanılanları Tablo 1'de verildiği üzere; 'Isı Akısı Ölçme', 'Sıcak Levha' ve 'Sıcak Kutu' teknikleridir. Her bir aparat kendi içerisinde kontrol ve kalibrasyon şekline göre farklı bileşenler içerebilmekte ve ek özelliklerine göre fiyatlandırılmaktadır (Mumaw 1974, Mumav 1980).

Isı akış ölçme tekniğinin ölçüm prensibi Şekil 1(a)'da gösterildiği gibi; karesel boyutlara sahip (30 cm x 30 cm), belli kalınlıktaki (10 cm) ve farklı sıcaklıktaki iki levha (sıcak ve soğuk) arasına yerleştirilmiş test numunesinden geçen aksel ısı akısının ölçümüne dayanır. Isı akısının ölçümü, test numunesinin alt yüzeyi ile temasta olan ince bir plakaya üniform yerleştirilmiş kalibreli ısı akısı sensörleri vasıtasıyla gerçekleştirilir. Isı iletim katsayısı, test numunesinin kalınlığı, sıcaklık gradyanı ve ölçülen ısı akısı vasıtasıyla belirlenir. Daha büyük boyutlu numuneler veya daha yüksek ısı iletim katsayısı ve sıcaklık aralıklarında ölçüm için, aynı aparatın yanal yüzeyleri sıcaklık kalibreli levhalar ile kapatılarak yöntem aynen uygulanır. Kalibreli levhanın uygulanma tarzı, Şekil 1(b)'de gösterilen sıcak levha tekniğinde olduğu gibidir. Sıcak levha tekniğinde farklı olarak ısı akısı yerine, çeşitli noktalara monte edilmiş ısı çiftleri vasıtasıyla sıcaklık gradyanları ölçülür. Kullanılan aparat, merkezde bulunan ısıtıcı eksenine göre alt ve üst kısımda bir simetri oluşturacak şekilde dizayn edilir. Aparat içine yerleştirilmiş test numunelerinin her iki yüzeyinde istenen sıcaklık farkı merkezde ısıtıcıya uygulanan DC güç vasıtasıyla sağlanır. Yan

Tablo 1. Kullanımı Yaygın 'Sürekli Rejim Teknikleri'

Ölçüm tekniği	Malzeme cinsi	Sıcaklık aralığı (°C)	Isıl özellik aralığı (W/m.K)
1. Isı akış ölçme (klasik veya kalibreli)	Yalıtım malzemeleri	-100 / 200	0.007 / 1.0
2. Sıcak levha (düz veya silindirik)	Katı, opak, homojen kompozitler, yalıtım malzemeleri	-180 / 1000	0.0001 / 2
3. Sıcak kutu (kalibreli veya izoleli)	Yalıtım, mermer, cam ve diğer katkı malzemesi içeren yapı kabuğu elemanları	-20 / 40	Isıl direnç oranı 0.2 ile 5 (m ² K)/W arasında



Şekil 1. Yaygın Olarak Kullanılan Sürekli Rejim Aparatları;
a) Klasik Isı Akısı Ölçer, (b) Kalibreli Sıcak Levha,
(c) Kalibreli Sıcak Kutu

yüzeyle yerleştirilmiş kalibreli plakalar, yanal yüzeylerden ısı transferine engel olacak şekilde bir sıcaklık dağılımına sahiptir.

Şekil 1(c)'de gösterilen kalibreli sıcak kutu tekniğinde ise, yukarıda açıklanan iki teknikten farklı olarak, ısı iletim katsayısı yerine, toplam ısı transfer katsayısı belirlenir. Büyük boyutlu homojen olmayan test numunesi; istenen sıcaklık, nem ve hava hızlarının sağlandığı sıcak ve soğuk bölmeler arasına yerleştirilir. Test numunesine ait yüzey ve yakınındaki hava sıcaklıklarının ölçümü için ısı çiftleri kullanılır. Kalibreli ölçüm bölgesi, test numunesinin merkezine gelecek şekilde yerleştirilerek, hava ve numune arasındaki sıcaklık farkı DC güç uygulanarak istenen seviyeye getirilerek, ölçülen bu değerler vasıtasıyla toplam ısı

transfer katsayısı hesaplanır. Sıcak kutu aparatının diğer bir türü, sıcak hacmin dış yüzeylerine kalın yalıtım tabakası uygulanması suretiyle oluşturulur. Bu durumda dış yüzeylerden iletimle olan ısı transferi minimuma indirilerek, farklı sıcak hacim ve laboratuvar sıcaklıklarında dış duvarlara doğru gerçekleşen ısı miktarı kalibrasyon panelleri kullanılarak belirlenir. Test numunesi kullanılarak alınan ölçüm sonuçları, kalibrasyon paneli ile alınan sonuçlarla kıyaslanarak sonuca gidilir.

Geçici Rejim Yöntemleri

Sürekli Rejim Yöntemleri'nin, kompozit yapıya sahip numuneler için bazı dezavantajları söz konusudur. Örneğin, katı hacim içerisinde ısı çiftle sıcaklık ölçümü için referans nokta seçiminin etkisi ve kontak direnci etkisi gibi ölçüm doğruluğunu tehdit eden sorunlar mevcuttur. Ayrıca sürekli rejime ulaşma süresi, özellikle yapı malzemeleri gibi düşük ısı iletim katsayısına sahip malzemeler için, çok uzundur (Assael ve diğ. 2002, Abdou ve Budaiwi 2005).

Daha yüksek sıcaklık ve ısı iletim katsayısı aralığında, daha hızlı ölçüm yapabilmek için geliştirilen tekniklerin büyük çoğunluğu 'Geçici Rejim Yöntemleri' kapsamına girmektedir. Söz konusu yöntemlerin temelinde dinamik (zamana göre değişen) ölçüm yaklaşımı bulunmaktadır. Ölçüm sonucunda genellikle malzemelerin ısı yayılım katsayısı direkt olarak bulunabilmekte ve eğer malzeme yoğunluğu ile özgül ısı değeri biliniyorsa, ısı iletim katsayısı dolaylı olarak tespit edilmektedir. Bu durum homojen olmayan kompozit yapıları numunelerin testinde önemli bir dezavantaj yaratmaktadır. Ölçüm; katı hacim içerisinde ısı üretimi oluşturmak için gönderilen elektriksel sinyal ile, malzeme içerisinde belirlenen bir noktadaki sıcaklık-zaman davranışının karşılaştırılması esasına göre yapılmaktadır (Gustafsson ve diğ. 1984 ve Gustafsson 1991).

Bu kapsamda kullanılan tekniklerin önemli bir kısmı son dönemlerde geliştirilmiştir. Özellikle, mühendislik malzeme teknolojisindeki hızlı gelişmeye paralel olarak, aynı hızla gelişmeyi sürdüren 'Temas Elemanlı Geçici Rejim Yöntemleri' konusunda yoğun çalışmalar söz konusudur. Söz konusu yöntemlerle ilgili kapsamlı bilgi Tablo 2'de verilmiştir. Bu

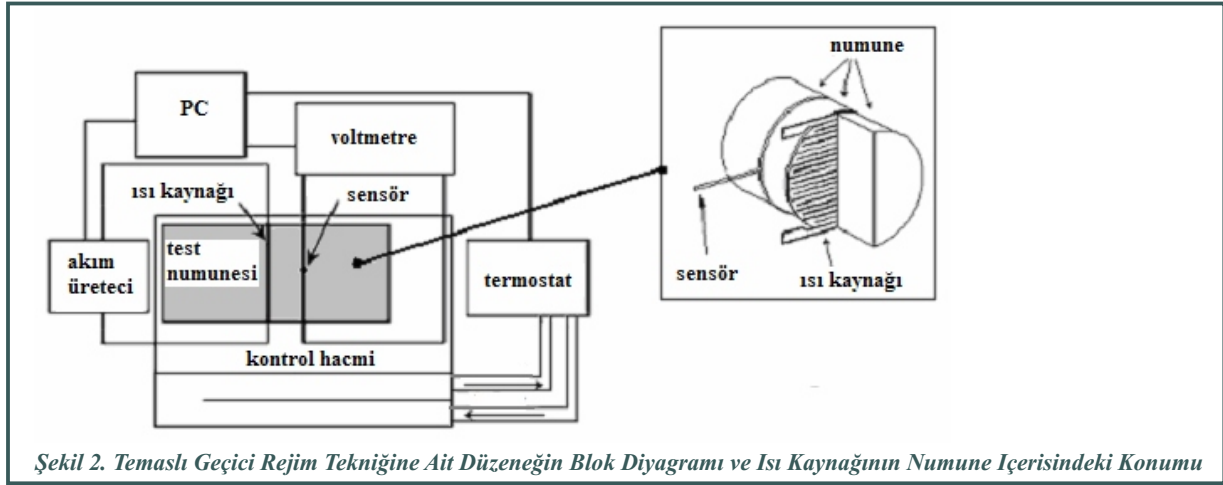
Tablo 2. Kullanımı Yaygın 'Temas Yüzeyle Geçici Rejim Teknikleri'

Ölçüm tekniği	Malzeme cinsi	Sıcaklık aralığı (°C)	Isıl özellik aralığı (W/m.K)
1. Çizgisel ısı kaynağı			
a) Sıcak şerit	Cam, gıda maddesi, seramik	-50 / 500	0.1 / 5
b) Sıcak tel	Fırın malzemeleri; mineral, cam, plastik, granül ve partikül içeren katı, sıvı ve gazlar	-40 / 1600	0.001 / 20
c) İğne sensör	Toprak, mineral, katı ve erimiş polimer ve gıda maddeleri, lastik partikül ve tozu	-50 / 500	0.05 / 20
2. Düzlemsel ısı kaynağı			
a) Periyodik sinyal b) Doğrusal sinyal c) Sıcak plaka - doğrusal sinyal	Polimer, taş ve kaya, seramik, bazı alaşımlar, ısı yalıtkanlar, su ve yağ numuneleri, toprak, mineral, lastik, partikül, toz, bazı yapı malzemeleri, erimiş gıda maddesi ve erimiş polimerler	-40 / 400	0.05 / 50
3. Disk ısı kaynağı			
Gustafsson sensörü	Metaller, alaşımlar, seramikler, cam ve polimerler, fırın malzemeleri, kompozitler ve toz metalurji ürünleri	-70 / 700	0.05 / 200

yöntemlerle, kompozitler, seramikler, süper iletkenler gibi homojen ve izotropik olmayan yapıdaki malzemelerin ısı özellikleri belirlenebilmektedir. Ölçüm hızı çok yüksek olmakla birlikte, kullanılan aparatların maliyeti çok yüksektir. Ayrıca, düşük ısı iletim katsayısına sahip malzemeler için kullanımında ek tedbirlerin alınması gereklidir (Gustaffson ve Long 1995; Kubicar ve Bohac 2000).

Temaslı geçici rejim tekniklerine ait temel ölçüm prensibi ve ölçümde kullanılan aparat şematik olarak Şekil 2'de gösterilmektedir. Ölçüm için, uygun boyutlara sahip

dikdörtgen ya da silindirik test numunesi içerisine, düşük kapasiteli ısı kaynağı ve sıcaklık sensörü (veya sensörleri) yerleştirilerek, sıcaklık değişimleri izlenir. Test numunesi içerisindeki ısı kaynağına periyodik ya da doğrusal elektrik akımı uygulanarak, sıcaklık sensöründen elde edilen dinamik (geçici) rejimdeki sıcaklık değerleri kaydedilir. Isı üretimi için uygulanan akım sinyali ile beklenen dinamik sıcaklık değişimi arasındaki ilişkiden yararlanılarak, test numunesine ait ısı yayılım katsayısı değeri belirlenir. Yerleştirilen ısı kaynağının geometrisine bağlı olarak,



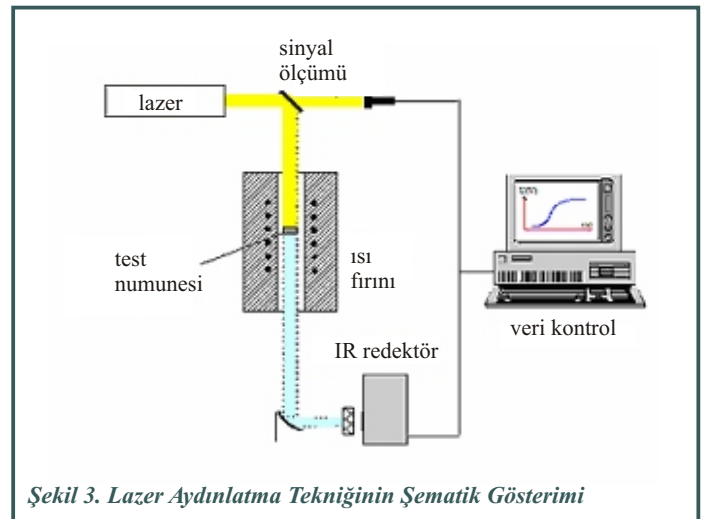
Tablo 3. Kullanımı Yaygın 'Optik Esaslı Geçici Rejim Teknikleri'

Ölçüm tekniği	Malzeme cinsi	Sıcaklık aralığı (°C)	Isıl özellik aralığı (W/m.K)
1. Lazer aydınlatma tekniği	Elmas, süper metaller, polimerler ve seramikler	-100 / 3000	0.1 / 1500
2. Angstrom tekniği (klasik ve geliştirilmiş)	Metal ve alaşımlar, elmas, yarı-iletkenler, çok tabakalı polimer ve seramik kompozitler	-100 / 1300	0.5 ve üzeri
3. Ayarlı ışın tekniği	metaller, polimerler ve seramikler	300 / 2000	1 / 500
4. Fototermal teknikler	Katı malzemelerden oluşan küçük numuneler	-50 / 500	0.1 / 200

numune içerisinde çizgisel, düzlemsel ya da dairesel (disk) ısı üretimi gerçekleştirilir.

Geçici Rejim Yöntemleri kapsamına giren diğer yaygın teknikler, optik esasa dayalı düzenekler içermektedir. Tablo 3'de belirtilen bu tür teknikler, hassas ölçümler yapabilmekle birlikte, çok pahalı bileşenler içermektedir. Test malzemesinin, hacim içerisinde oluşturulan periyodik enerji ya da ısıl dalgaya karşı verdiği tepki ölçümün esasını oluşturmaktadır. Bu kapsamda en yaygın kullanılan teknik, Şekil 3'te gösterilen 'Lazer Aydınlatma Tekniği' olup, çok geniş sıcaklık aralığında (170 K and 2900 K) ölçümler yapılabilir. Ölçüm için, test numunesi bir fırın içerisine yerleştirilerek üniform bir sıcaklığa kadar ısıtılmakta ve numunenin bir yüzeyine kısa süreli (1ms veya daha az) bir aydınlatma sinyali lazer ile gönderilmektedir. Numunenin diğer yüzeyinde bu sinyalden dolayı oluşan dinamik sıcaklık artışı bir kızıl ötesi detektör ile

belirlenerek, ısıl yayılım katsayısı hesaplanabilmektedir. Söz konusu teknik, aşırı pahalı olması nedeniyle, çok ileri düzey uygulamalarda kullanılan malzemelerin (elmas, seramik ve çok katmanlı uçak türbini malzemeleri) ölçümünde kullanılmaktadır (Brauer ve diğ. 1992).



ADYABATİK HAZNE TEKNİĞİ VE DENEYSEL DÜZENEK

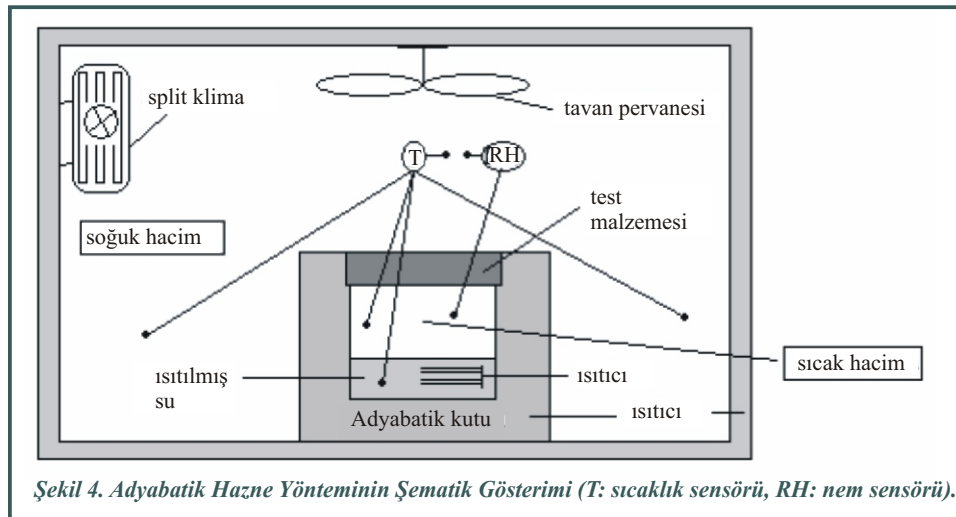
Anizotropik katı bir malzemenin ısıl geçirgenlik katsayısının ölçümü için kullanılacak yöntemlerin sayısı sınırlı olup, önceki bölümlerde sözü edilen tekniklerin uygulanmasında önemli zorluklar söz konusudur. Bu amaca uygun olarak geliştirilen test yöntemi şematik olarak Şekil 4'de gösterilmektedir. Düzenğin temel elemanı, içinde elektrikli ısıtıcı bulunan ve üst yüzeyi dışında diğer tüm (yan ve taban) yüzeyleri çok iyi izole edilmiş (adyabatik) bir haznedir. Hazne, bir split klima sistemiyle soğutulan küçük bir hacim içerisine yerleştirilmektedir. Soğuk oda görevi yapan bu hacimde, hava sıcaklık ve neminin homojen dağılımı için klima fanına ek olarak bir de tavan pervanesi bulunmaktadır.

Şekil 5'de geometrik boyutları gösterilen adyabatik hazinenin cidarları, 0.4 mm kalınlığında paslanmaz çelik saclar arasına, 15 cm kalınlığında poliüretan malzeme yerleştirilerek oluşturulmuş, mükemmel bir ısı yalıtımı sağlamıştır. Açık olan üst (tavan) yüzeye termal geçirgenliği belirleme amacıyla test malzemesi yerleştirilmektedir. Test malzemesinin yan yüzeylerden ısı kaybını engellemek için, etrafı 13 cm yalıtım malzemesi bulunan bir çerçeve ile kapatılmaktadır. Çerçeve yüksekliği, 8 cm kalınlığa olan malzemelerin testine elverişli konumdadır. Daha yüksek kalınlıklarda, özellikle düşük ısı

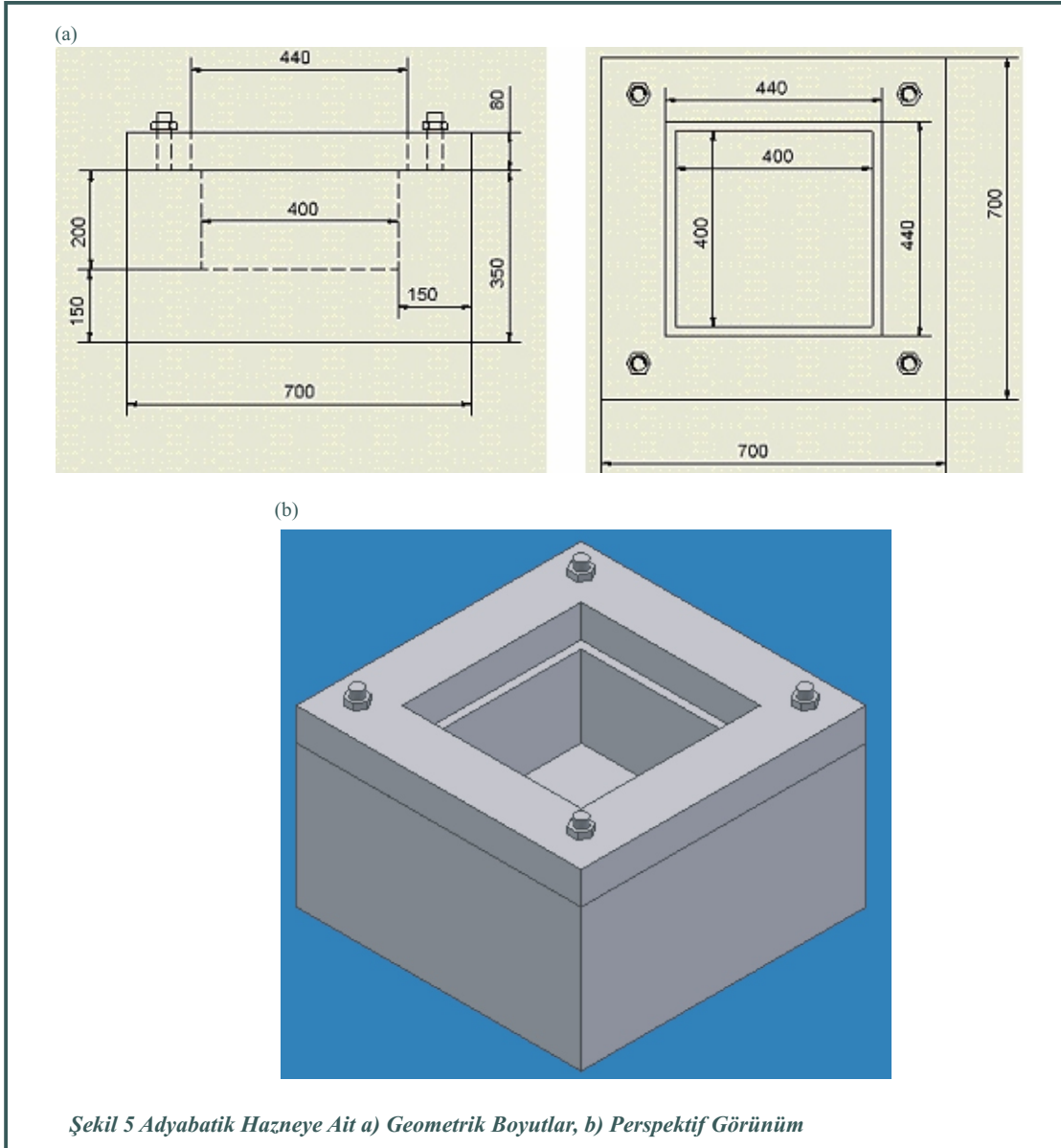
iletim katsayısına sahip malzemeler için, bir-boyutlu ısı transferi varsayımının geçerliliği açısından bazı riskler söz konusudur.

Adyabatik hazne içerisinde bulunan sabit seviyedeki su, belirlenmiş bir sıcaklığa kadar ısıtıldıktan sonra enerji kesilmekte ve üst yüzeyi anizotropik test malzemesi ile kapatılarak hacim içerisinde zamana bağlı sıcaklık değişimi ölçülmektedir. Bu şekilde bir tasarım, depo içerisinde ısıtılan suyun, soğuk hacme doğru sadece test malzemesinin bulunduğu yüzeyden ısı transfer ederek soğumasına sebep olmaktadır. Aynı kalınlığa sahip farklı test malzemeleri kullanarak, suyun soğuma sürelerinin kıyaslanması, test malzemelerinin toplam ısıl geçirgenliklerinin kıyaslanmasına olanak tanımaktadır. Adyabatik depo içerisindeki su miktarı, hazne hacminin yaklaşık 1/4'lük kısmını oluşturmaktadır. Su kullanılmasının temel nedeni; ısıtıcı yüzey sıcaklığının sadece hava bulunan ortamlarda çok çabuk yükselmesi ve hava içerisinde homojen sıcaklık dağılımını sağlamadaki zorluklardır.

Deney süresince, soğuk hacim içerisinde üç farklı noktadan ve sıcak hacim içerisinde bir noktadan, ısı çift sensörleri ve çok kanallı bir sıcaklık ölçme cihazı (Consort T51) vasıtasıyla anlık sıcaklık değerleri $\pm 1^{\circ}\text{C}$ doğrulukla belirlenebilmektedir. Adyabatik kutu içerisindeki su sıcaklığı için, istenilen zaman aralıklarında sıcaklık değerlerini kaydeden ve RS 132 bağlantısıyla bilgisayar



Şekil 4. Adyabatik Hazne Yönteminin Şematik Gösterimi (T: sıcaklık sensörü, RH: nem sensörü).



Şekil 5 Adyabatik Hazneye Ait a) Geometrik Boyutlar, b) Perspektif Görünüm

ortamına aktaran çok hassas ($\pm 0.1^{\circ}\text{C}$) bir sıcaklık ölçer (Testo 171-1) kullanılmaktadır. Sıcak ve soğuk hacimdeki hava nemi çift kanallı bir nem ölçer (Testo 175-2) vasıtasıyla belirlenmektedir. Su sıcaklığı istenilen değere ulaştığı anda ısıtıcı kapatılmakta ve data ölçüm-kayıt işlemleri bu andan ($t=0$) itibaren geçerli hale gelmektedir. Soğuk hacim içerisinde farklı noktalardaki sıcaklık dalgalanmalarının seviyesi $\pm 2^{\circ}\text{C}$ sınırları içerisinde tutulabilmektedir. Deney sırasında tüm sıcaklıklar 10 dakika aralıkla ve yaklaşık 20 saat boyunca ölçülerek, bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Deneylerin uygulanması ve ölçümlerin analiz yöntemi, çalışmanın ikinci bölümünde (Turgut ve diğ. 2007) sunulmaktadır.

DEĞERLENDİRME

Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de inşaat sektörüne yönelik yeni malzeme arayışları yoğun olarak çalışılan konulardan biridir. Sektör, uygulamanın tür ve önemine göre, bir taraftan süper özellikli malzemelere (örneğin gökdelen, kule, havaalanı ve askeri sığınakların yapımı için) ihtiyaç duyarken, diğer taraftan daha ekonomik ve daha hafif malzeme (örneğin tek ve çok katlı konut, sosyal tesis, yurt ve okul yapımı) arayışları içerisinde. Süper özellikli malzeme konusundaki araştırmalarda, ısıl özelliklerin standartlarca belirlenmiş pahalı tekniklerle yapılması, uygulamanın normal seyri içerisinde. Ancak, özellikle son çeyrek asırda, atık ya

da ucuz malzemeler kullanılarak betonun bazı özelliklerinin iyileştirilmesi yönünde çalışmalar büyük hız kazanmıştır. Bu tür araştırmalar, ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkeler açısından büyük önem arz etmektedir. Çünkü, yapı malzemesi ve nakliye maliyetindeki düşüş, ülke ekonomisini ve konut piyasasını canlandırmaktadır. Bu tür araştırmaların yürütüldüğü laboratuvarların önemli çoğunluğunda, ısı özelliklerin ölçümüne yönelik bir standart test düzeneği bulunmamaktadır ve atık malzeme katkısının ısı özellikler üzerindeki etkisi değerlendirilememektedir.

Isıl özellik ölçüm tekniklerine yönelik Türkçe literatür eksikliği, araştırmacıların bu konuya yoğunlaşması ve ekonomik ölçüm tekniklerinin geliştirilmesi yönündeki arayışların önünü kapatmaktadır. Bu çalışma kapsamında, mevcut tekniklerin kısaca irdelenmesine sözü edilen nedenle yer verilmiştir. Kompozit yapı malzemelerinin ısı geçirgenlik değerlerinin tahmin ve kıyaslanmasına yönelik olarak geliştirilen adyabatik hazne tekniği; basit ve ekonomik bir düzenek olmasına karşın; çok karmaşık iç yapıya sahip beton plakaların yalıtım özelliklerinin kıyaslanmasına olanak sağlamaktadır. Söz konusu tekniğin bu özelliğine yönelik detaylar çalışmanın ikinci bölümünde (Turgut ve diğ. 2007), farklı miktar ve dizilişlerde hurda lastik katkılı beton numunelerle yapılan deneylerin sonuçları ile birlikte verilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada tanıtılan düzeneğe maddi destek veren TÜBİTAK Mühendislik Araştırma Grubu'na (Proje No: 105M021) teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. **Abdou, A.A., Budaiwi, I. M.** 2005. Comparison of Thermal Conductivity Measurements of Building Insulation Materials under Various Operating Temperatures, Journal of Building Physics, 29: 171-184.
2. **Assael, M.J., Dix, M., Gialou, K., Vozar, L., Wakeham, W.A.** 2002. "Application of the Transient Hot-wire Technique to the Measurement of the Thermal Conductivity of Solids", Int. J. Thermophys. 23: 615-633.
3. **ASTM.** 2000a. Standard Test Method For Steadystate Heat Flux Measurements And Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-hot-plate Apparatus, Annual Book of ASTM Standards (04.06), C 177-197.
4. **ASTM.** 2000b. Standard Test Method For Steadystate Thermal Performance of Building Assemblies by Means of a Guarded Hot Box, Annual Book of ASTM Standards (04.06), C 236-289.
5. **Brauer, G., Dusza, L., And Schulz, B.,** 1992. New Laser Flash Equipment LFA 427, Interceram, 41: 489-492.
6. **Gustafsson, S.E., Chohan, M.A., Ahmed, K., Maqsood, A.,** 1984. Thermal Properties of Thin Insulating Layers Using Pulse Transient Hot Strip Measurements, J. Appl. Phys. 55: 3348-3353.
7. **Gustafsson, S.E.,** 1991. Transient Plane Source Technique for Thermal Conductivity and Thermal Diffusivity Measurements Of Solid Materials, Rev. Sci. Instrum. 62: 797-804.
8. **Gustafsson, S.E., Long, T.,** 1995. Transient Plane Source (TPS) Technique for Measuring Thermal Properties of Building Materials, Fire and Material, 19: 43-49.
9. **Kubicar, L., Bohac, C.** 2000, A Step-wise Method for Measuring Thermophysical Parameters of Materials, Meas. Sci. Tech. 11: 252-258.
10. **Mumaw, J R.,** 1974. Heat Transmission Measurements in Thermal Insulations, ASTM STP 544, Ed. R P Tye, ASTM International, West Conshohocken, PA, pp 193-211.
11. **Mumaw, J R.,** 1980. Thermal Insulation Performance, ASTM STP 718, Eds D L McElroy and R P Tye, ASTM International, West Conshohocken, PA, pp 195-207.
12. **Turgut P., Yeşilata, B., Işiker, Y.,** 2007. Kompozit yapı Malzemelerinde ısıl Özellik Ölçümü-2: Hurda Lastik Katkılı Betonlar İçin Ölçüm Sonuçları, Mühendis ve Makina, Dergiye Sunuldu.
13. **Yeşilata, B., Turgut P.,** 2005. Atık Lastik Katılmış Harçların Isı Yalıtım Özelliği, Politeknik, cilt 8, sayı 2, sy. 173-177.
14. **Yeşilata, B., Turgut P., Işiker, Y.,** 2006. Atık Polimerik Malzeme Katkılı Betonun Yalıtım Özelliğinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 26, sayı 1, sy. 15-20.

Makalenin "Hurda Lastik Katkılı Betonlar İçin Ölçüm Sonuçları" konulu ikinci bölümü Şubat 2006 565 sayıya yayınlanacaktır.