

Kompozit Yapı Malzemelerinde Isıl Özellik Ölçümü-2: Hurda Lastik Katkılı Betonlar İçin Ölçüm Sonuçları

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

ÖZET

Bu çalışmanın birinci bölümünde (Yeşilata ve diğ. 2007), kompozit yapı malzemeleri dahil, ileri mühendislik malzemelerinin ısı özelliklerinin ölçümünde yaygın olarak kullanılan yöntemler irdelenmiş ve laboratuvarında bu amaçla geliştirilen 'adyabatik hazne tekniği' tanıtılmıştır. Makalenin bu ikinci bölümünde ise, mevcut teknik kullanılarak, hurda lastik katkısının betonun yalıtım özelliği üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Farklı miktar ve dizilişlerde hurda otomobil lastiği içeren beton numunelerle, lastik katkısı bulunmayan normal beton numunenin yalıtım davranışları kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar, hurda lastik katkısının yalıtım özelliğini ortalama % 6.5-13.3 oranında iyileştirdiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Atık otomobil lastiği, beton, ısı özellik, yalıtım, adyabatik hazne tekniği

ABSTRACT

In the first part of the present study (Yeşilata et al. 2006a), the common thermal testing methods for advanced engineering materials including the composite building ones were briefly reviewed, and the 'adiabatic box technique' developed for thermal testing purpose was introduced. In this second part, the effect of scrap-tire addition on the insulation property of conventional concrete is examined by using the technique presented in the first part. Insulation behavior of the ordinary concrete specimen is compared with concrete specimens incorporated with scrap automobile tire pieces of various amounts and arrangements. The results obtained reveal that addition of scrap tire pieces into concrete improves its insulation property between 6.5% and 13.3% on average.

Keywords: Scrap automobile tire, concrete, thermal property, insulation, adiabatic box

GİRİŞ

Günümüzde atık oto lastiklerinin faydalı alanlara geri dönüşümünü sağlayarak, betona uygun boyutlarda atık lastik eklenerek oluşturulan yeni kompozit malzemenin, bazı fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin yanında ısı özelliklerinin de iyileştirilmesi amaçlanmaktadır (Nehdi ve Khan 2001, Siddique ve Naik 2004). Böylece titreşimli ve darbeli yükler altında betonun enerji yutma kapasitesinin bir göstergesi olan süneklik düzeyi artırılarak, çeşitli uygulamalarda kullanımı mümkün olabilmektedir. Örneğin; otoyollarda bariyer olarak kullanılan atık otomobil lastiği katkı betonlar, araçların bu bariyerlere çarpması esnasında ortaya çıkan enerjiyi iyi bir şekilde sönmüledikleri ve trafik kazalarında can kaybının yanında araç hasarlarını en aza indirdiği saptanmıştır. Ayrıca lastiğin sesi sönmüleme özelliğinden dolayı, araç gürtüsünün çok işlek olduğu (ülkemizde henüz yaygın

olmayan) oto yol betonlarında kullanımı önerilmektedir (Fedroff ve diğ. 1996).

Atık otomobil lastiklerinin beton içerisinde kullanılması, lastiğin birim ağırlığının düşük olmasından dolayı, betonun özgül ağırlığını azaltmaktadır. İnce öğütülmüş atık otomobil lastikleri parçacıklarının beton içerisine katılmasıyla, betonun çekme ve basınç dayanımı azalmakta, fakat sıcaklıktan kaynaklanan büzülme çatlakları büyük ölçüde önlenabilmektedir. Beton içerisine atık oto lastiği katılmasıyla, betonun elastikiyeti artmakta, böylece beton titreşim ve darbelere karşı büyük ölçüde dayanım kazanmaktadır. Atık lastik kullanılan betonda, oluşturulan kompozit malzemenin deformasyon yapma yeteneğinin fazlaşmasından dolayı, betonun donma ve çözülme direnci önemli derecede iyileşmektedir (Topçu 1995, Topçu ve Avcular 1997a, Topçu ve Avcular 1997b).

Kısaca; beton içerisine atık otomobil lastiklerini parçalayarak katmak, betonun bazı özelliklerini iyileştirirken, betonun basınç ve çekme dayanımı gibi bazı mekanik özellikleri de olumsuz yönde etkilemektedir. Atık lastik katkısının, betonun yalıtım özelliği üzerinde olumlu etkisi beklenmekle birlikte, literatürde bu konuya yönelik somut ölçümler içeren çok az sayıda çalışma bulunmaktadır (Nehdi ve Khan 2001). Bu tür somut ölçümlerin yapılmasındaki gereklilik son dönemlerdeki çalışmalarda özellikle vurgulanmaktadır (Benazzouk ve diğ. 2006). Ancak, parça veya şerit lastik katkılı betonların homojen olmayan iç yapılarından dolayı, bu çalışmanın birinci bölümünde (Yeşilata ve diğ. 2007) irdelenen klasik yöntemler ile ısı özelliklerinin ölçümünde önemli zorluklar söz konusudur. Öğütülmüş lastik katkılı betonlarda ise, homojen yapıya yakın bir dağılım sağlanabildiğinden, ısı özellik ölçümü nispeten kolaylaşmaktadır. Bina dış sıva malzemesi içerisine öğütülmüş lastik katkısının etkisini belirlemek üzere Han ve Xiong (2006) tarafından rapor edilen çalışmada, ancak yaklaşık bir değer elde edilebilmiş olup, yalıtımda sağlanan iyileşmenin zamana bağlı sıcaklık eğrilerinin gözlemlenmesi sonucu en az %5 olduğu belirlenebilmiştir.

Son yıllarda, Yeşilata ve Turgut (2005) ve Yeşilata ve diğ. (2006b) tarafından çalışılan 'adyabatik hazne tekniği' ile atık lastik ve polimerik malzeme katkılı anizotropik betonların yalıtım özelliklerinin kıyaslanmasında önemli aşamalar kaydedilmiştir. Söz konusu teknikle ilgili, dış ortam sıcaklık kontrolü ve bir-boyutlu ısı transfer varsayımına uygunluk konusunda sağlanan gelişmeler sonucu oluşturulan yeni düzenek, Yeşilata ve diğ. 2007 tarafından detaylı olarak tanıtılmıştır. Adyabatik hazne tekniği; mutlak ısı özellik belirlemede kullanılan bir teknikten ziyade, geçici rejimde anizotropik malzemelerin toplam ısı geçirgenlik özelliğinin kıyaslanmasına olanak tanıyan ikincil bir tekniktir. Bu nedenle, mevcut düzenekle karmaşık yapıya sahip panel geometrideki betonların yalıtım özellikleri arasında etkin bir kıyaslama yapılabilmektedir.

Bu çalışmada mevcut tekniğin kullanımına örnek olmak üzere; farklı miktar ve dizilişlerde hurda lastik katkısı içeren

kompozit betonların yalıtım özellikleri ile klasik beton ısı geçirgenlik (yalıtım) özelliği arasında bir kıyaslama yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

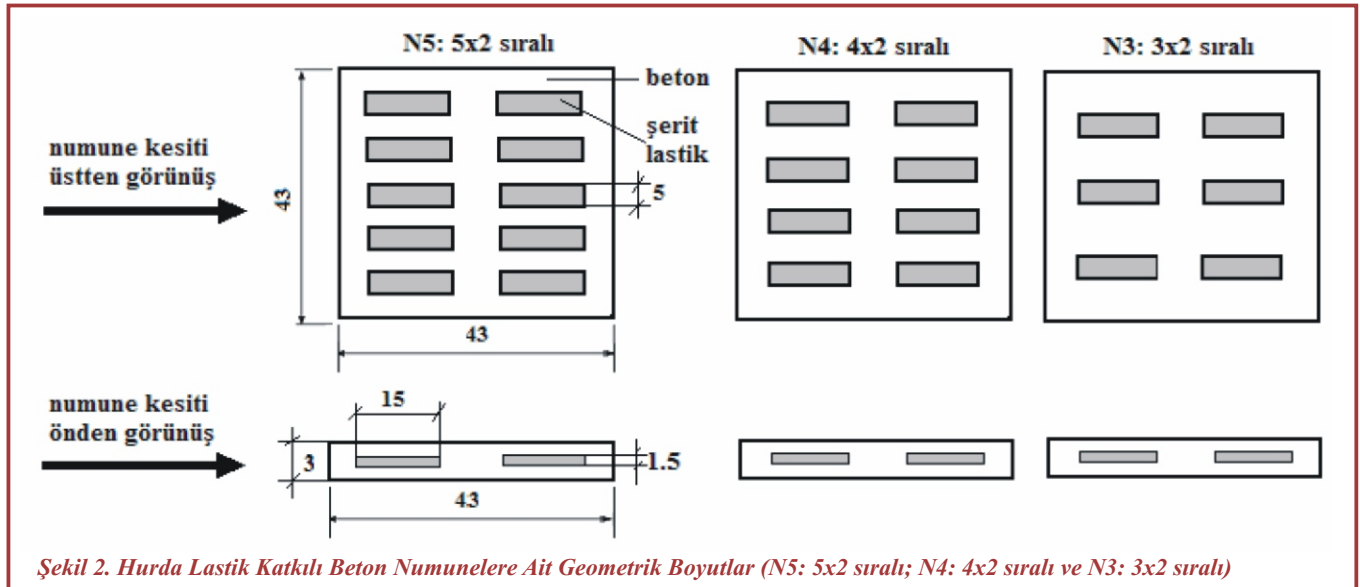
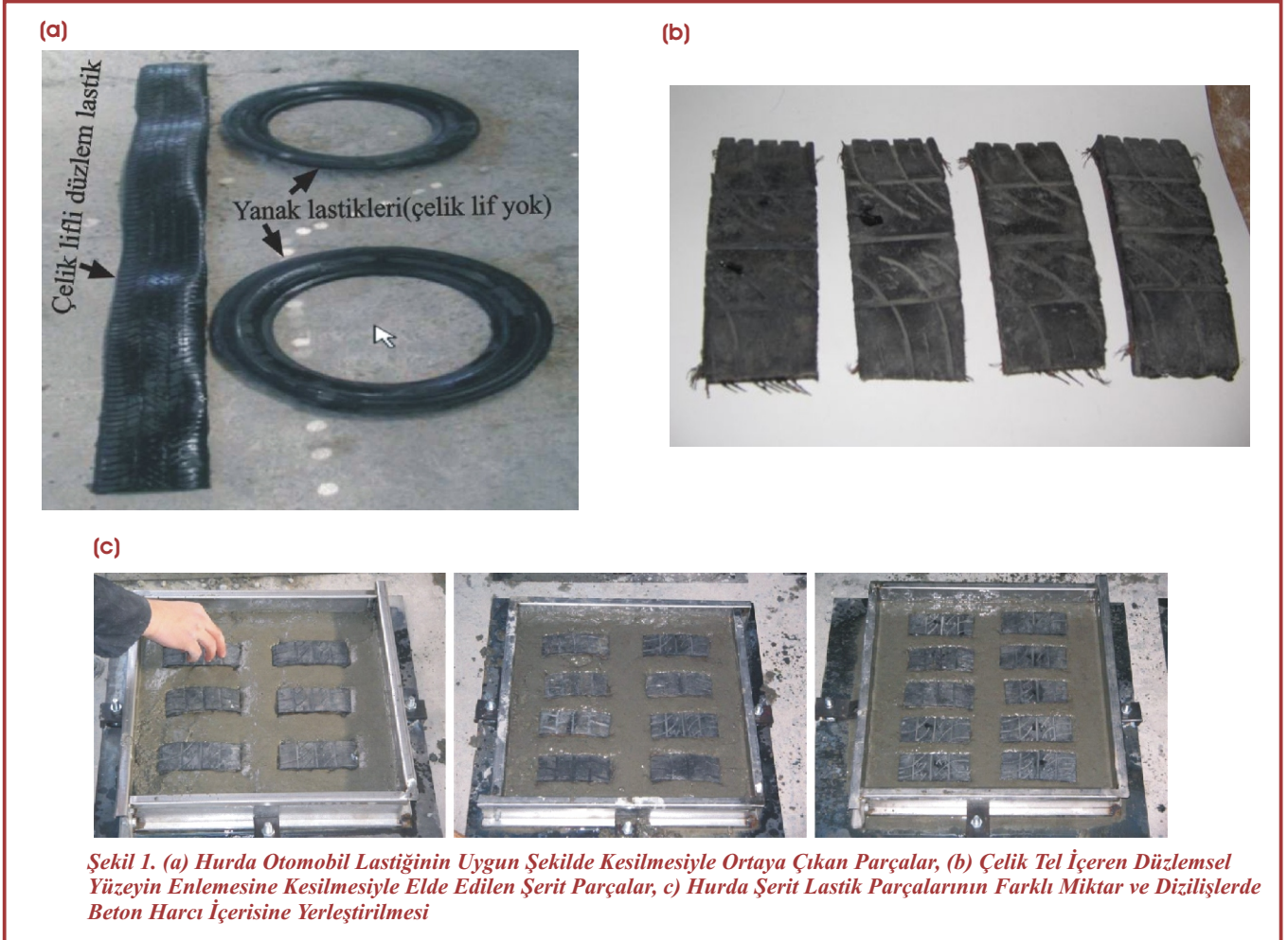
Atık otomobil lastiğinin tamamının parçalanarak beton içerisinde kullanılması, başkaca sorunları da beraberinde getirmektedir. Örneğin, atık otomobil lastiklerinin orta kısmında bulunan çelik teller nedeniyle; lastikle birlikte kesilerek parçalanması, kesici giyotin bıçaklara zarar vererek masrafları küçümsenmeyecek derecede arttırmaktadır. Ayrıca işlem zamanı da çok uzundur (Terry 2004). Atık otomobil lastiklerinin çelik içeren kısımları üzerinde, herhangi bir kesme işlemi yapılmadan yapılarda kullanılması; ekonomik olmasının yanında, zaman kaybını da önleyen bir çözümdür. Yeşilata ve diğ. (2005), çelik tel içeren kısmın şerit haline getirilerek, binaların tavan ve taban döşemelerinde ısı yalıtımı amacıyla tek parça halinde kullanılmasının uygun olacağını belirtmişlerdir.

Bu çalışmada kullanılan lastik katkılı beton numuneler, hurda otomobil lastiğinin çelik tel içeren yüzeyinden, doğrudan şerit şeklinde kesilmiş parçalar içermektedir. Atık oto lastikleri toplanma alanlarından alındıktan sonra, yanakları çıkarılarak elde edilen çelik telli lastik çember enlemesine kesilmiştir. Bu durumda, Şekil 1(a)'da gösterildiği gibi, üst yüzey düzlemsel bir parça ve yanak yüzeyler ise iki adet halkasal parçaya dönüşmektedir. Beton numuneler içerisine yerleştirilen ve Şekil 1(b)'de gösterilen şerit lastikler ise, çelik tel içeren düzlemsel parçanın enlemesine kesilmesi suretiyle elde edilmiştir. Lastik katkılı beton numuneleri oluşturmak için, önce beton harcı yüksekliği 1.5 cm olacak şekilde kalıba dökülüp vibratör ve tokmak yardımıyla uygun bir şekilde sıkıştırılmaktadır. Daha sonra hurda şerit lastik parçaları, Şekil 1(c)'de gösterilen dizilişlerde, beton harcı üzerine yerleştirilmektedir. Son aşamada ise, 1.5 cm daha harç tabakası dökülerek, arzulanan 3 cm kalınlıktaki kompozit beton yapı elde edilmektedir. Katkisiz normal betonun oluşturulmasında ise, harç tek kademede kalıba döküldükten sonra, uygun şekilde sıkıştırılarak istenen 3 cm kalınlık elde

edilmektedir. Bu aşamaları takiben, tüm numuneler fiskeye sulama sistemi kullanılarak arazide 28 günlük kür işlemine tabii tutulmaktadır.

Kullanılan hurda lastik katkılı test numunelerine ait

geometrik boyutlar Şekil 2'de tanımlanmıştır. Şekilde gösterilen ve sırasıyla 5x2, 4x2 ve 3x2 sıralı lastik dizilimine sahip numuneler, metin içinde N5, N4 ve N3, içerisinde lastik katkısı bulunmayan klasik beton ise N0 olarak isimlendirilmektedir. Numunelerde kullanılan agregaların



granülometrisi TS 706'ya uygun olarak hazırlanmış olup, beton karışımına ait özellikler Tablo 1'de verilmiştir. Kullanılan çimentonun cinsi PÇ 32.5 olup, Şanlıurfa Türkerler Çimento Fabrikası'nın günlük üretiminden alınmıştır. Lastik ile beton arasında iyi bir yapışma yüzeyi oluşturmak için, seçilen kumun en büyük tane çapı 4.75 mm olarak alınmıştır. Kullanılan kumun suya doymun birim ağırlığı 2.73 gr/cm^3 ve telli lastiğin suya doymun birim ağırlığı ise 1.35 gr/cm^3 olarak bulunmuştur. 15 cm'lik küp numunelerden elde edilen beton basınç dayanımı ortalama 29 MPa olarak bulunmuştur.

Tablo 1. Beton Karışım Oranları ve Taze Betonun Özellikleri

Çimento (kg/m ³)	Su (kg/m ³)	S/Ç	Kum (kg/m ³)	Toplam (kg/m ³)	Çökme miktarı (cm)	Sıkışma faktörü
573	242	0.45	1478	2293	1.5	0.84

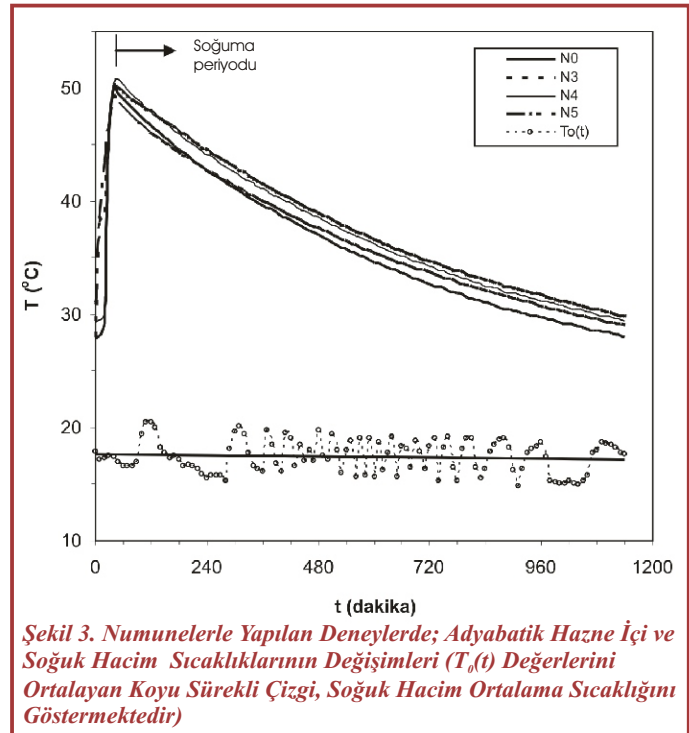
Numunelere ait ısıl deneyler, kür işlemi için gerekli 28 günlük süreyi takiben, numuneler 48 saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra gerçekleştirilmiştir. Isıl deneyler için, Yeşilata ve diğ. (2006a) tarafından detaylı olarak tanıtılan adyabatik hazne tekniğinin uygulandığı düzenek kullanılmıştır.

ISIL DENEYLER VE SONUÇLARI

Mevcut numunelerle yapılan ısıl deneylerin sonuçları Şekil 3'te gösterilmektedir. Grafikten anlaşılacağı üzere, hazne içerisindeki suyun belirlenmiş bir sıcaklığa kadar ısıtılma sürecini takiben, test numuneleri hazne üzerine yerleştirilmiş durumda, ısıtıcıya verilen enerji kesilmektedir. Bu noktadan itibaren soğuma periyodu başlamaktadır. Adyabatik haznenin bulunduğu soğuk hacim sıcaklığının zamana bağlı değişimi grafikte $T_0(t)$ ile gösterilmiş olup, bu sıcaklık değerlerinin oluşturduğu eğilim çizgisi (kalın sürekli çizgi) yaklaşık olarak sabit bir T_0 değerinin varlığını doğrulamaktadır. Zamana bağlı ortalama değere karşılık gelen T_0 etrafındaki dalgalanmaların seviyesi ($17.5 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$), soğuma trendini etkilemeyecek oranda düşük ve kısa sürelidir. Toplam deney süresinin uzunluğuna (20 saat) karşın, test numuneleri ile yapılan deneylerin hiçbirinde, T_0

değeri ile termal denge şartlarına, ulaşamamıştır. Ancak mevcut veriler (aşağıda açıklandığı üzere) bu denge sıcaklığına ulaşma gereksinimi olmadan kullanılan numuneler arasında yalıtım özelliğinin kıyaslanabilmesi için yeterli gözükmemektedir. Numunelere ait eğrilerde, hazne içindeki su sıcaklığı başlangıçta hızla düşerken, daha sonra sıcaklık değişim eğrisi yaklaşık sabit kalacak şekilde bu düşüş hızı azalmaktadır. Bu azalma anından itibaren farklı eğriler arası sıcaklık farkı korunacak şekilde (dinamik denge anı) deneyler sürmekte olup, daha uzun deney sürelerinin yapılan analiz üzerindeki etkisi ihmal edilecek seviyelerdedir.

Hazne içerisinden soğuk odaya ısı transfer hızlarına bakıldığında, başlangıçta numuneler arası fark çok küçüktür. Belli bir süre geçtikten sonra ise, lastik katkılı beton numunelerin (özellikle N5 ve N4) ısıyı transfer etme hızında belirgin bir düşüş oluşmaktadır. Dolayısıyla, hurda lastik katkısının artırılmasıyla betonda daha geç bir soğuma gerçekleşmektedir. Bu durum, yapı malzemesinin yalıtım özelliğinin iyileştiğine yönelik bir göstergedir. N3 numunesinde soğuma hızının sürekli düşüşü sonucunda, N0 numunesi ile arasındaki fark deneyin ortalarından itibaren iyice belirginleşmektedir. Grafik dikkatle incelendiğinde, gerek soğuma periyoduna başlangıç anı, gerekse başlangıç



Şekil 3. Numunelerle Yapılan Deneylerde; Adyabatik Hazne İçi ve Soğuk Hacim Sıcaklıklarının Değişimleri ($T_0(t)$ Değerlerini Ortalama Koyu Sürekli Çizgi, Soğuk Hacim Ortalama Sıcaklığını Göstermektedir)

sıcaklık değeri için numuneler arasında küçük miktarda da olsa bir fark söz konusudur. Benzer şekilde, numunelerin aynı anda test edilmemesinden dolayı T_0 değerinde de küçük farklar oluşabilmektedir. Numuneler arası objektif bir kıyaslanmanın yapılması açısından, bu farkları ortadan kaldıran bir yaklaşım, boyutsuz sıcaklık değerinin kullanımıdır (Yeşilata ve Turgut 2005). Boyutsuz sıcaklık,

$$\theta^* = \frac{T(t) - T_0}{T(t=0) - T_0} = \frac{\theta}{\theta_i} \quad (1)$$

denklemleri ile tanımlanmakta olup, denklemlerdeki $T(t)$ ve $T(t=0)=T_i$, sırasıyla deney başlangıcındaki ve herhangi bir 't' anındaki (anlık) hazne içi su sıcaklığını, T_0 ise çevre sıcaklığını temsil etmektedir. Bu parametre, farklı başlangıç koşullarında denenen numuneler arasında kıyaslama yapma olanağı sağlaması açısından oldukça kullanışlıdır. Boyutsuz sıcaklık parametresinin fiziksel anlamı; hazne içerisindeki suyun herhangi bir anda çevreye kıyasla sahip olduğu enerji (diğer bir ifadeyle, ekserji) potansiyelinin, $t=0$ anındaki ekserji potansiyeline oranıdır. Kütle (m) ve özgül ısı (cp) bilinen suyun, belli bir anda çevre havasına kıyasla sahip olduğu ısı tutumlarının oranı yazıldığında,

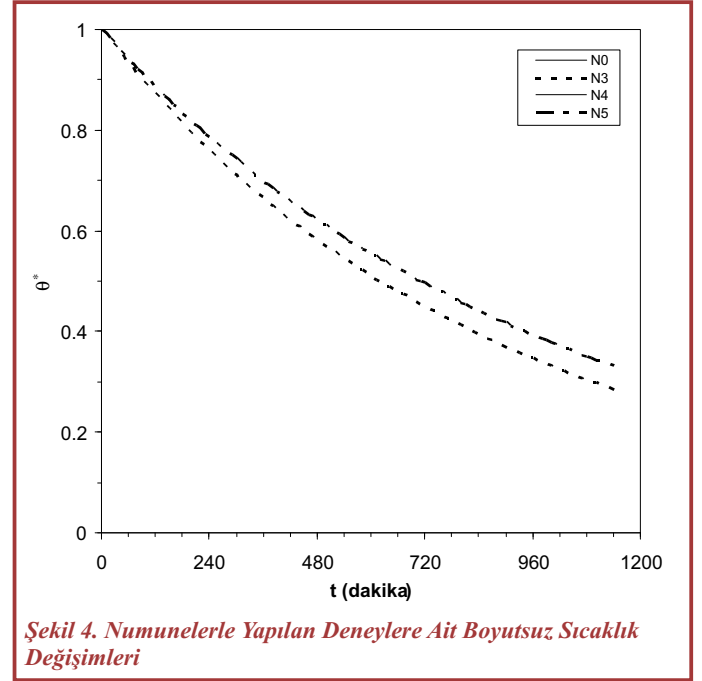
$$\theta^* = \frac{Q}{Q_i} = \frac{mc_p(T - T_0)}{mc_p(T_i - T_0)} = \frac{\theta}{\theta_i} \quad (2)$$

denklemleri elde edilir. Bu nedenle, farklı numunelerin, deney süresi boyunca θ^* değerleri arasında oluşan fark, yalıtım özelliklerinin kıyaslanmasına olanak tanımaktadır. Test yapılan numunelerin tümüne ait boyutsuz sıcaklık değerleri Şekil 4'de gösterilmektedir.

Grafikte numunelerin testi sırasında ortaya çıkan soğuma hızları arasındaki fark çok daha belirgin durumdadır. Hurda lastik katkılı tüm numunelerde yalıtım özelliği normal betona kıyasla daha iyi durumdadır. Ancak, lastik katkı miktarındaki kademeli artışın etkisi başlangıçta gözükmemekte, N3 numunesine kıyasla %33 daha fazla lastik katkısı içeren N4 numunesinin yalıtım davranışında bir iyileşme gözükmemektedir. Lastik katkı miktarı N3 numunesine kıyasla %66 artırılarak elde edilen N5 numunesi ile yalıtım

özelliği oldukça iyileşmektedir. Numunelerin ısı yalıtım davranışları arasındaki farkın yüzdesel değerini belirlemek için, iki farklı yaklaşım mevcuttur.

Birinci yaklaşım (Yeşilata ve Turgut 2005); numunelerin deney sonundaki ($t=t_d$) boyutsuz sıcaklık değerlerinin kıyaslanmasını öngörmektedir. Tüm numuneler için $\theta^*(t=0)=1$ koşullarında başlayan deneyin, herhangi bir t anında elde edilen $\theta^*(t>0)$ değerinin, '1' değerinden uzaklaşma hızının düşüklüğü daha iyi bir yalıtım özelliğine işaret etmektedir. Bu şartlarda yeteri uzunlukta bir süreç sonrasında, aynı 't' anı için, numunelere ait θ^* değerleri arasındaki yüzdesel farklar, yalıtımın iyileşme derecesinin bir ölçüsü olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4. Numunelerle Yapılan Deneylere Ait Boyutsuz Sıcaklık Değişimleri

Şekil 4'deki grafik dikkatli incelendiğinde deney sonuna doğru numunelere ait eğriler arası mesafenin sabit bir seyir izlediği görülmektedir. 'Dinamik denge' koşulunun sağlandığı bu bölgede, numuneler arası sanki-sürekli (quasi-steady) bir sıcaklık farkı söz konusudur. Numuneler arası dinamik denge, deney sonu anından yaklaşık 4 ile 8 saat önce sağlanabilmektedir. Deney süresi tüm numuneler için aynı olduğundan, deney sonuna karşılık gelen $t=t_d$ anı için θ^* değerlerinin kıyaslanmasıyla, numunelerin dinamik denge

anındaki yalıtım özellikleri arasında yüzdesel farklar belirlenebilecektir. Denge anına ait yüzdesel farkın hesabı;

$$X_{\text{denge}} (\%) = \left(\frac{(\theta_{t=t_d}^*)_1}{(\theta_{t=t_d}^*)_2} - 1 \right) \times 100 \quad (4)$$

denklemleri ile ifade edilir. Denklemde; t_d toplam deney süresini, (1) ve (2) indisleri kıyaslaması yapılan iki farklı numuneyi temsil etmektedir. Denklemde etkin kullanımı açısından (2) indisinin referans malzeme için uygulanması daha uygundur. Örneğin bu çalışmada; hurda lastik katkısının normal betona kıyasla yalıtım özelliğine etki derecesi araştırıldığından, (2) indisi normal (lastik katkısız) beton numuneye uygulanmıştır.

İkinci yaklaşımda ise (Yeşilata ve diğ. 2006); toplam deney süresi boyunca, Şekil 4'de gösterilen eğrilerin altında kalan alan farklarının bulunması gereklidir. Çünkü söz konusu alan farkı, süreç boyunca numunelerin yalıtım davranışları arasındaki farktan kaynaklanmaktadır. Bu durumda tüm dinamik süreç göz önüne alındığından, bulunan farklar dinamik ortalamayı temsil etmektedir. Söz konusu yüzdesel farkın matematiksel ifadesi,

$$X_{\text{ort}} (\%) = \left[\frac{\left(\sum_{t=0}^{t=t_d} \theta_t^* \right)_1}{\left(\sum_{t=0}^{t=t_d} \theta_t^* \right)_2} - 1 \right] \times 100 \quad (4)$$

şeklinde dir. Denklem (4), ayrık (discrete) deneysel dataların hesabına uygun bir tanımlamadır. Matematiksel bir fonksiyon ile ifade edilebilen sürekli (continuous) eğrilerde, doğrudan integrasyon ile hesaplama yapmak mümkündür. Bir önceki denklemde uygulandığı gibi, (4) denkleminde de '2' indisi normal (lastik katkısız) beton numuneye uygulanmıştır.

Her iki denklem yardımıyla hesaplanan değerler Tablo 2'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar; N3 ve N4 numunelerinin yalıtım davranışları arasındaki benzerliği ve N5 numunesi ile çok daha iyi yalıtım sağlandığını doğrulamaktadır. Denge anına ait yalıtım iyileştirme dereceleri (X_{denge}), beklenildiği üzere dinamik ortalama değerlerine (X_{ort}) göre oldukça yüksektir. Çünkü denge anı için birbirine yakın tek değerler arasında kıyaslama yapılırken, dinamik ortalama için birbirine yakın toplam değerler arasında kıyaslama yapılmaktadır. Ancak her iki X değeri, değerlendirme açısından önem taşımaktadır. Örneğin, X_{denge} değeri; sürekli olarak iklimlendirilen bina ve hacim uygulamalarında olduğu gibi dış sıcaklık ile iç sıcaklık farkının düşük olduğu uygulamalar için geçerli bir ölçüdür. Diğer taraftan X_{ort} değeri, dış ortam-iç hacim sıcaklık farkının yüksek ve değişken olduğu durumlarda geçerlidir. Kullanılan hurda atık lastiğin viskoplastik bir yapıya sahip olduğu göz önüne alınır, lastik bünyesinde hapsedilen ısı potansiyelinin çok değişken olmayan sıcaklık farklarında dış ortama uzun sürede serbest bırakılması, bu olumlu sonuca ulaşmada temel etken olarak gözükmektedir.

DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Kompozit yapı malzemelerinin ısı geçirenlik değerlerinin tahmin ve kıyaslanmasına yönelik olarak geliştirilen adyabatik hazne tekniğinde; basit ve ekonomik bir düzenek kullanılmasına karşın, çok karmaşık iç yapıya sahip beton plakaların yalıtım özellikleri arasında kıyaslama yapılabilmektedir. Farklı miktar ve dizilişlerde hurda lastik katkılı kompozit beton numunelerle yapılan deneylerin sonuçları, hurda lastik katkısının yalıtım özelliğini ortalama % 6.5 -13.3 oranında iyileştirdiğini göstermektedir.

Tablo 2. Farklı Miktar ve Dizilişe Sahip Lastik Katkılı Betonlarla Sağlanan Yalıtım İyileştirme Yüzdeleri

Numuneler	$\theta_{t=t_d}^*$	$X_{\text{denge}} (\%)$	$\sum_{t=0}^{t=t_d} \theta_t^*$	$X_{\text{ort}} (\%)$
N0	0.25572	-	61.0978	-
N3	0.28478	11.3	65.1064	6.5
N4	0.29125	13.8	64.8872	6.2
N5	0.33224	29.9	69.2606	13.3

Kullanılan hurda lastik şeritlerin içerisinde bulunan çelik tellerin ayrıştırılması halinde daha iyi bir yalıtım sağlanacağı düşünülmektedir. Ancak bu durumda ayrıştırma işlemi ek bir maliyet gerektirecektir. Bu nedenle çelik tel içeren kısmın, binaların tavan ve taban döşemelerinin yanında panellerde, tek parça halinde belli aralıklarla yerleştirilmesi, en ekonomik yalıtım iyileştirme çözümlerinden biri olarak gözükmektedir. Düzlemsel lastik parçasının, yeni binalarda taze beton dökülmesi esnasında, eski binalarda ise, mevcut tavan yüzeyine serilip, üzerine şap uygulanmak kaydıyla kullanımı mümkündür. Ancak uygulamaya geçiş için aydınlatılması ya da çözülmesi gereken bazı temel problemler aşağıda sıralanmaktadır:

- Serilen lastik yüzeyinden itibaren uygulanması gereken en uygun şap kalınlığı ve en uygun lastik diziliş konfigürasyonu konusunda araştırmalara gerek vardır.
- Atık lastiklerin çelik içeren kısımlarında şekil bozukluğu ve kasılma problemlerini gidermek ve taban kısmının döşeme üzerine düzgün bir şekilde oturmasını sağlamak için pratik ve ekonomik çözümlerin bulunması gereklidir.
- Çelik lifli lastik katkısı içeren betonların, basınç ve eğilme dayanımları, donma-çözülme ve yangına karşı direnci, su-emme kapasitesi ve ses yalıtımının da araştırılması gerekmektedir.
- Binaların tavan ve taban döşemelerinde kullanılacak çelik lif içeren lastiğin beton kaplama tabakası ile aderansı ve sıcaklık etkisinde farklı genleşmeler olup olmayacağını araştırılmasının yanında, beton kaplama tabakasının büzülme (rötre) davranışı da bilinmelidir.

Bu problemlerin aydınlatılma ve çözümüne ilişkin halen sürmekte olan çalışmaların sonuçlarını gelecekte rapor etmeyi ümit etmekteyiz.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya, TÜBİTAK (Proje No: 105M021) tarafından sağlanan desteğe teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. **Benazzouk, A., Douzane, O. Mezreb, K., Queneudec, M.** 2006. Physico-mechanical Properties of Aerated Cement Composites Containing Shredded Rubber Waste, Cement & Concrete Composites, 28: 650657.
2. **Fedroff, D., Ahmad, S., Savas, B.Z.,** 1996. Mechanical Properties of Concrete with Ground Waste Tire Rubber, Transportation Research Record, No. 1532, pp. 6672.
3. **Han Z., Xiong Z.,** 2002. Adding Crumb Rubber Into Exterior Wall Materials, Waste Manage Res., 20: 407413.
4. **Nehdi M, Khan A.** 2001. Cementitious Composites Containing Recycled Tire Rubber: An Overview of Engineering Properties and Potential Applications, Cement & Concrete and Aggregates, 23: 310.
5. **Siddique R, Naik, T.R.** 2004. Properties of Concrete Containing Scrap-Tire Rubber an Overview. Waste Management, 24: 563569.
6. **Terry, A.G.,** 2004. Designing Building Products Made With Recycled Tires, Contractor's Report to the Board, Integrated Waste Management Board, California, USA.
7. **Topcu, I.B.** 1995. The Properties of Rubberized Concretes, Cement and Concrete Research, 25: 304310.
8. **Topçu, I.B. ve Avcular, N.,** 1997b. Collision Behaviors of Rubberized Concretes, Cement and Concrete Research., 27: 18931898.
9. **Topçu, I.B., Avcular, N.,** 1997a. Analysis of Rubberized Concrete as a Composite Material, Cement and Concrete Research, 27: 11351139.
10. **Yeşilata, B., Turgut P.,** 2005. Atık Lastik Katılmış Harçların Isı Yalıtım Özelliği, Politeknik, cilt 8, sayı 2, sy. 173-177.
11. **Yeşilata, B., Turgut P., Işiker, Y.,** 2007. Kompozit Yapı Malzemelerinde Isıl Özellik Ölçümü-1: Mevcut Ölçüm Tekniklerin İrdelenmesi, Mühendis ve Makina, dergiye sunuldu.
12. **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.
13. **Yeşilata, B., Turgut, P., Bulut, H. ve Demir, F.,** 2005. Atık Otomobil Lastiklerinin Bina Yapı Elemanlarında Yalıtım İyileştirme Amacıyla Kullanılabilirliğinin Araştırılması, TÜBİTAK-MAG Projesi (105M021), Başlangıç tarihi: 1 Eylül 2005.