

Atık Lastik Katılmış Harçların Isı Yalıtım Özelliği

Bülent YEŞİLATA*, Paki TURGUT**

*Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
ŞANLIURFA

** Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü
ŞANLIURFA

ÖZET

Bu çalışmada, kullanılmış ya da atık haldeki polimerik esaslı lastik malzemelerin beton harçlarına ilavesi ile yalıtım özelliklerinin iyileştirilmesi konusu deneysel yöntemle araştırılmaktadır. Temel amaç, kullanılmış lastik malzeme takviyesiyle bir taraftan çevre sorunlarına katkıda bulunmak iken, diğer taraftan malzeme temininin kolay ve ucuzluğu sebebiyle yalıtım maliyetini düşürmektir. Lastik malzeme takviyesinin beton dayanımı üzerindeki etkisi bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. Deneylemlerden elde edilen sonuçlar, lastik malzeme takviyesinin düşük bir maliyet karşılığı yapı elemanlarında ısı transferini küçümsenmeyecek oranda azaltabileceğini net olarak sergilemektedir. Mevcut deneyler, binanın en azından taşıyıcı olmayan kısımları için bu tür bir uygulamayı teşvik eder niteliktedir.

Anahtar Kelimeler: Polimerli harç, yalıtım, atık lastik, geometrik etki, ısı kapasitans yöntemi

Heat Insulation Property of Rubber-Added-Mortar

ABSTRACT

The insulation improvement by adding used or waste polymeric rubber material into mortar is experimentally analysed here. Main object of the study is to reduce building-insulation-cost by composing the easily obtainable and low-cost material with mortar as well as to reduce environmental pollution triggered by these waste materials. The effect of used rubber addition on mortar-strength is beyond the scope of this work. The experimental results reveal that heat loss can greatly be reduced though the additive cost is low. The present experiments encourage such an application at least for the buildings' components that are not under significant load.

Key words: polymer-added-mortar, insulation, waste rubber, geometric effect, thermal capacitance method

1. GİRİŞ

Gelişmiş ülkelerde uygulanan sistematik ve istikrarlı enerji politikalarının katkısıyla daha ekonomik şartlarda elde edilebilen ısı konforu, Türkiye'de halen çok yüksek bedel ile temin edilebilmektedir. Merkezi ısıtma sistemlerinin kullanıldığı binalarda, ısı yalıtım standartlarının yetersizliği sonucu, bir m² alanın ısıtılması amacıyla yılda ortalama 250-350 kWh enerji harcanmaktadır (1). Isıtma amacıyla binalarda birim m² başına harcanan enerji gelişmiş ülkelerde 50-100 kWh arasında değişmektedir. Ülkemizde ısıtma ihtiyacı için harcanan enerjinin yaklaşık % 85'lik kısmı birincil yakıtlar olup, bu yakıtların tükenmeye yüz tutuyor olması ve atmosfere bıraktığı zararlı emisyonlar dolayısıyla ülkemizde sistemlerde enerji tasarrufuna yönelik uygulamaların kaçınılmaz olduğu gerçeği ortadadır. Bu doğrultuda, 1992 yılında Rio De Janerio'daki çevre kalkınma konferansında ve 1997 yılında da Kyoto'daki iklim değişikliği sözleşmesinde, enerji üretim ve tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının düşürülmesi için alınan ortak kararlara Türkiye de uyacağını taahhüt etmiştir (2). Bu kararlarda, sera gazı emisyonunun artmasından kaynaklanan küresel ısınmanın dünya için bir tehdit oluşturduğu kabul edilerek, acil tedbirlerin alınması

gereği ifade edilmektedir. Buna göre enerji tasarrufunun artırılması ve enerji tüketiminin (ısıtma, aydınlatma, ulaşım, endüstriyel prosesler vb.) azaltılması için gerekli teknolojilerin uygulanarak, yaygınlaştırılması öngörülmektedir (2).

Ülkemizde bu konuda atılmış en önemli adım olarak, 1985 yılından beri uygulanan "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardının (3) revize edilerek Nisan 1998'de yürürlüğe girmesi (4) ve 14 Haziran 1999 tarihinde Resmi Gazete'de bir yıl içerisinde zorunlu olarak uygulanmaya başlanması kaydıyla yayınlanması gösterilebilir. Söz konusu standart doğrultusunda ısıtma için bir m² başına harcanan enerjinin; 4. iklim bölgesi hariç olmak üzere, 64-120 kWh seviyelerine indirilmesi amaçlanmış olmakla birlikte, uygulamaya zorunlu olarak geçirilmesi aradan geçen uzun süreye karşın mümkün olamamıştır. Bu duruma temel sebep olarak; yalıtım amaçlı malzemelerin inşaat bedelini arttırması olarak gösterilebilir. İşletme masrafındaki azalmanın uzun yıllar bazında bu maliyeti telafi edeceği konusu ısrarla ikinci plana atılmaktadır. Bu nedenle yalıtım malzemesi seçiminde ekonomiklik en önemli etken olma özelliğini sürdürmektedir (5).

Bu çalışmada, kullanılmış ya da atık haldeki polimerik esaslı lastik malzemelerin hazır beton harçla-

rına ilavesi ile yalıtım özelliklerinin iyileştirilmesi konusunda deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Temel amaç, kullanılmış lastik malzeme takviyesiyle bir taraftan çevre sorunlarına katkıda bulunmak iken, diğer taraftan malzeme temininin kolay ve ucuzluğu sebebiyle yalıtım maliyetini düşürmektir. Mevcut deneysel çalışma, lastik malzeme takviyesinin beton dayanımı üzerindeki etkisini dikkate almamaktadır. Bu nedenle, elde edilen deneysel sonuçların, bir binanın (kendi ağırlığı dışında) taşıyıcı olmayan bina panelleri ile üst tavan döşemeleri gibi yapı elemanları açısından yorumlanması gerekmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Beton içerisine atık lastik maddelerin katılması konusunda literatürde sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Beton içerisine atık lastik maddelerin katılmasının, betonun fiziksel, ısı ve mekanik özellikleri üzerinde önemli etkisi söz konusu olduğundan, bazı araştırmacılar (6, 7) atık otomobil lastik parçacıklarını beton karışımında kullanıp, betonun gevrekliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Beton elemanların çoğunlukla birim ağırlığının düşük, tokluk ve çarpma dirençlerinin yüksek olması istenmektedir. Beton, çok kullanılan yaygın bir inşaat malzemesi olmasına rağmen çoğunlukla bu ihtiyaçları karşılayamamaktadır. Bu nedenle, betonun bazı özelliklerini iyileştirmek için, son yıllarda endüstriyel atık malzemelerinin kullanılması fikri hızlı bir şekilde yayılmaktadır. Bu tür betonlar hakkında ilk inceleme Rad (8) tarafından yapılmıştır. İçerisine atık lastik katılmış betonun basınç dayanımının, normal betonun basınç dayanımının % 35'i kadar olduğu gözlenmiş ve bu tip betonların yapıların genellikle taşıyıcı olmayan kısımlarında kullanılması tavsiye edilmiştir. Basınç dayanımı 35 MPa olan betonlar üretilirken kaba agregası olarak, iki tip lastik parçası kullanılmıştır. İlk tipte normal betonda kullanılan kaba agreganın % 25' i kadar lastik parçası kullanılmıştır. İkinci tipte ise kum yerine granüle hale getirilmiş lastik parçacıkları kullanılmış ve basınç dayanımında % 85 ve çekme dayanımında da % 50 azalma gözlenmiştir. Dayanım düşmesinin sebebi, yük taşıyan katı malzemenin miktarındaki azalma ve lastik agregası sınırlarındaki gerilme yoğunlaşmalarına verilebilir. Lastiğin daha fazla enerji yutmasından dolayı, kırılma anındaki plastik şekil değiştirmeler artmaktadır. Betonun basınç altındaki önemli özellikleri, bu malzemenin gerilme- deformasyon eğrileriyle değerlendirilebilir. Bir malzemenin kırılması için gerekli olan enerjinin toplamına tokluk ismi verilmekte olup; eğri altında kalan alan, malzemenin toplam kırılma enerjisini vermektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda, lastik parçaları içeren beton numunelerin yüksek miktarda tokluğa sahip olduğu gözlenmiştir (7).

Yangın etkisine maruz kalmış yüksek dayanımlı betonların dış yüzeylerinde patlama sonucunda dökülmeler meydana gelmektedir. Bu tür betonların içerisine

kullanılmış lastik ilavesiyle beton dış yüzeyindeki dökülmeler önlenmiştir (9).

Literatürde, atık veya kullanılmış lastik malzeme takviyesinin betonun yalıtım özelliği üzerindeki etkisini araştıran herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada, hazır beton harcı içerisine çeşitli miktar ve geometrilerde eklenen polimerik esaslı lastik malzemenin betonun yalıtım özelliği üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmaktadır. Daha önce belirtildiği üzere, polimerik malzeme eklenmesi nedeniyle, betonun mekanik ve fiziksel özelliklerindeki değişimler mevcut makalenin kapsamı dışında tutulmuştur.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

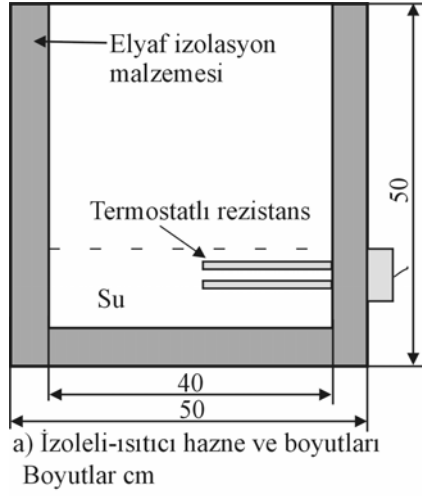
3.1. Deney Düzenegi

Bu çalışmada kullanılan deney düzenegi Şekil 1' de gösterilmektedir. Deney düzeneginin temel elemanı, içinde elektrikli ısıtıcı bulunan ve üst yüzeyi dışında diğer tüm (yan ve taban) yüzeyleri çok iyi izole edilmiş küp geometrisinde bir haznedir. Haznenin içerisinde bulunan sabit seviyedeki su, belirlenmiş bir sıcaklığa kadar ısıtıldıktan sonra, üst kapağı (yüzeyi) farklı kompozisyonlarda lastik malzeme içeren sertleşmiş beton harcı ile kapatılarak, zamana bağlı sıcaklık değişimi ölçülmektedir. Isıtıcı hazne, demir sacdan imal edilmiştir. Dış boyutları 50x50x50 cm³, iç boyutları ise 40x40x40 cm³ ebatlarında olup, dış sac kalınlığı 1 mm, iç sac kalınlığı ise 3 mm dir. Bu iki sac arasında 4 cm kalınlığında elyaf izole malzemesi yerleştirilmiştir. Tabandan 10 cm yüksekliğe 1500 Watt'lık termostatlı rezistans monte edilmiştir. Isıtıcı haznenin üst kapağı haznenin içine girecek şekilde 4 cm derinlikte olup orta noktasında 3 mm çapında delik açılmıştır. Sac kalınlığı 1 mm olup, kapağın üst yüzeyine, tutma işleminin kolaylıkla yapılabilmesi için, karşılıklı iki kulp monte edilmiştir.

Beton harcının geometrik bir şekle girmesi ve istenilen ölçülere sahip olması için uygun bir kalıp tasarımı yapılmıştır. Kalıp, 38x38x2 cm³ lük iç hacim oluşturacak ebatlara sahiptir. Kalıba dökülecek harcı, bu ebatlara uygun olarak kurumasını ve alt kısmının temas yüzeyine yapışmamasını temin etmek için kalıbın altına 42x42 cm² ebadında ve 3 mm kalınlığında su geçirmez bir tahta sunta monte edilmiştir. Kalıbı oluşturan çerçeve ise 38x2x2 cm³ ebadında dört adet su geçirmez ahşap çitadan ibarettir. Bu çitalar istenilen hacmi sağlayacak şekilde su geçirmez sunta ile montelidir.

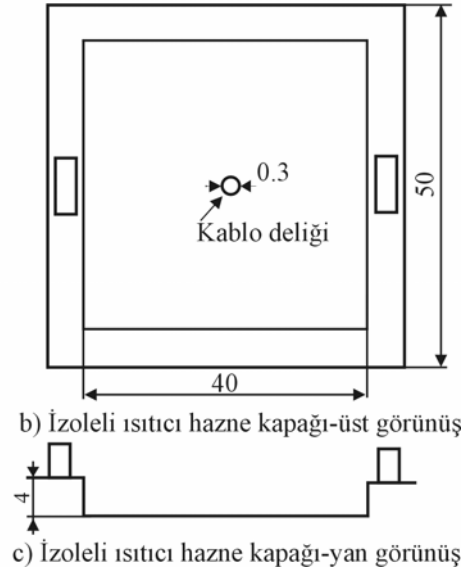
Deneyler için gerekli üst kapak boyutlarındaki normal ve lastik takviyeli harçlarını oluşturmak için, öncelikle harç kalıba dökülerek bir tokmak ile iyice sıkıştırılmıştır. Sertleşmiş beton harcının tam ortasında, ısı çift kablosunun girebileceği ortalama 3 mm çapında bir delik bulunmaktadır. Harcın düzgün geometride sertleşmesi için, kalıp düz bir yüzey üzerine yerleştirilmiştir. Hidratasyonun tamamlanması için, 24 saat sonunda her gün olmak üzere, bir hafta boyunca

nemli ortamda kür yapılmıştır. Yaklaşık 10 günlük bir kuruma süresi geçtikten sonra, 38x38 cm² ebadında ve 2 cm kalınlığındaki yapı elemanı kalıptan çıkarılarak



3.3. Deneysel yöntem ve sonuçlar

Deneyler üç temel aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, normal beton harcı için üç numune dö-



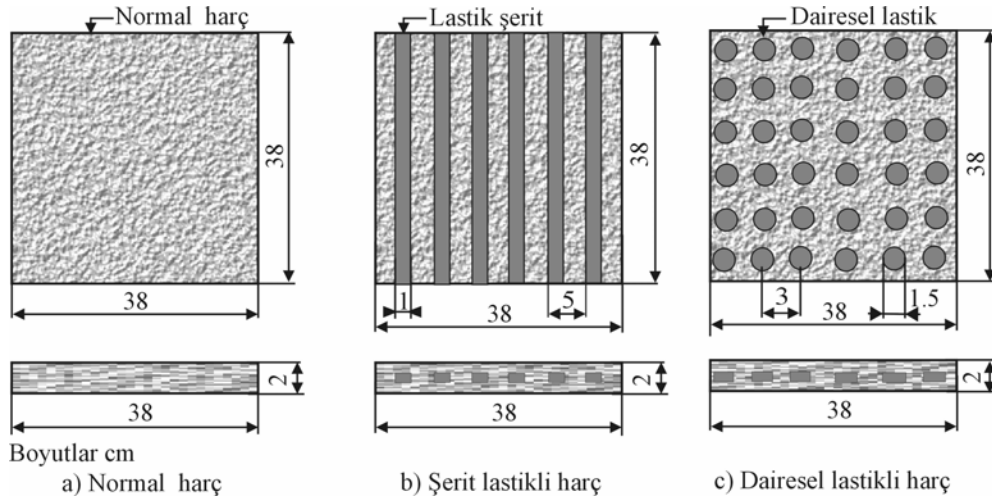
Şekil 1. İzoleli-ısıtıcı hazne ve kapak boyutları

kapağın içine yerleştirilmiştir. Yapı elemanının sıkı sıkıya oturduğu bu kapak deneyler sırasında ısıtıcı hazne üzerine yerleştirilmiştir.

3.2. Deneysel Numuneleri

Deneylerde kullanılan malzemeler beton harcı ve lastiktir. Kullanılan harcın ağırlıkça karışım oranları çimento, kum ve su olarak sırasıyla 1:2.75:0.5 olup, çimento miktarı 350 kg/m³ tür. Kullanılan çimentonun cinsi KPÇ 32.5 tir. Karışımındaki ince agreganın en büyük dane çapı 5 mm dir. Atık otomobil lastiğinin yoğunluğu 0.84 gr/cm³ ve kalınlığı 2 mm dir. Öncelikle sadece normal harç kullanılarak, belirli zaman aralığında sıcaklık değişimi incelenmiştir. Daha sonra beton harcının arasına yerleştirilen değişik geometrilere sahip lastik malzeme ile deneyler tekrarlanmıştır. Numunelere ait detaylar Şekil 2' de verilmiştir.

kümü yapılmış ve kalibrasyon ile istikrarlılık deneyleri bu numunelerle gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada lastik şeritli ve dairesel lastikli numunelerden ikişer adet dökülerek kıyaslama deneyleri yapılmıştır. İlk iki aşama deneyleri 4 saat süre ve veri aralığı 15 dakika ile sınırlı tutulmuş ve bu deneyler sonucunda deney süresi uzunluğu 12 saat ve veri aralığı 5 dakika olan son aşama deneylerine geçilmiştir. Son aşama deneylerinde, numunelerin ısı yalıtım yetenekleri arasında, ikinci aşamada belirlenen eğilim doğrulanmış ve kullanılan sürenin yeterli seviyede uzun olması nedeniyle daha kesin rakamsal kıyaslamalara ulaşılmıştır. Mevcut deneylerle, numunelerin sadece ısı yalıtım yetenekleri arasında bir kıyaslama hedeflenmiş olup; mutlak bir ısı özelliği (örneğin numune ısı iletim katsayısı) belirlenirken, her bir numuneden en az üç adet dökülerek deneysel ortalamasının belirlenmesi gereklidir.



Şekil 2. Deneysel numuneleri

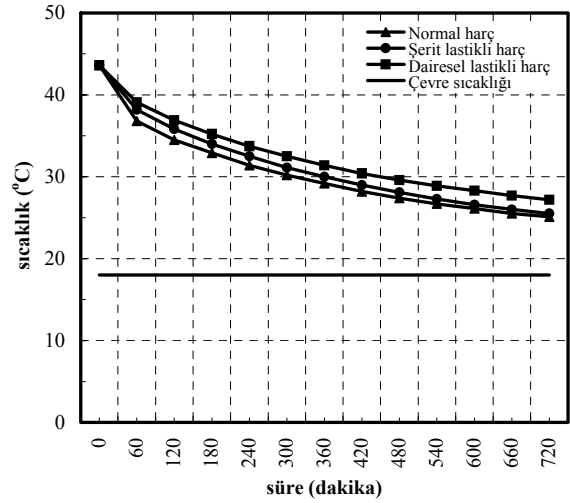
Deneysel sırasında çevre sıcaklığı ve hazne iç hacim sıcaklığı çift kanallı dijital ısı çift termometre ile, su sıcaklığı ise periyodik zaman aralıklı ve zamana bağlı sıcaklık değişimlerini otomatik olarak bilgisayar ortamına aktaran Testostor 171 termometre ile ölçülmüştür. Deneysel başlangıcında, izoleli hazne hacminin $\frac{1}{4}$ 'lük kısmı su ile doldurulmuştur. Su kullanılmasının temel nedeni; ısıtıcı yüzey sıcaklığının sadece hava bulunan ortamlarda çok çabuk yükselmesi ve dolayısıyla hazne içinde homojen sıcaklık dağılımının elde edilememesidir. Hazne içerisinde su, elektriksel ve ısı koşullarının dengeli bir şekilde kontrolüne olanak tanımaktadır. Isıtma işlemine, deney numunesinin bulunduğu üst kapak yerine yerleştirilerek başlanmaktadır. Su sıcaklığı $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaştığında ısıtıcı kapatılarak ve veri ölçüm-kayıt işlemleri bu andan ($t=0$) itibaren başlatılmaktadır. Deneysel su sıcaklığının değişimi 12 saat boyunca ve 5 dakika aralıklarla bilgisayar ortamına aktarılmış olup, bu süre boyunca laboratuvar ortam sıcaklığının, bir split-klima sistemi yardımıyla yaklaşık olarak sabit bir değerde ($18\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) tutulması temin edilmiştir. Zamansal sıcaklık azalmaları, boyutlu ve boyutsuz formda ayrı ayrı olmak üzere Şekil 3 (a) ve (b)'de gösterilmiştir. Boyutsuz sıcaklık,

$$\theta = \frac{T(t) - T_o}{T(t=0) - T_o}$$

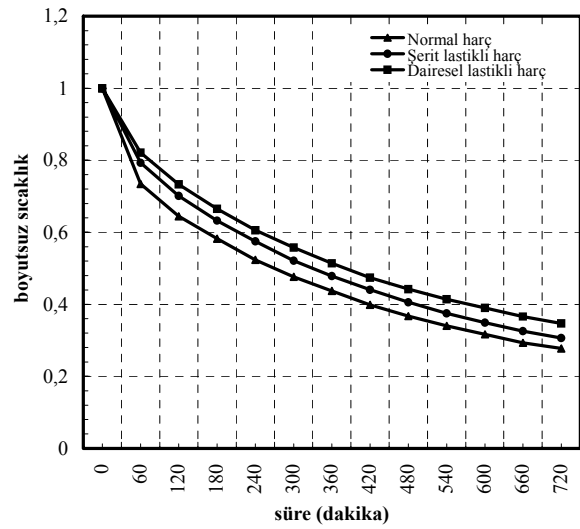
formülü ile tanımlanmış olup, $T(t)$ anlık hazne içi su sıcaklığını, T_o ise çevre havası sıcaklığını temsil etmektedir. Şekil 3' teki grafikten anlaşılacağı üzere, deneylerin yapıldığı laboratuvarın ortalama sıcaklığı olan $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile termal denge şartlarına seçilen deney süresi uzunluğuna ulaşamamıştır. Hazne içindeki su sıcaklığı başlangıçta hızla düşerken, daha sonra sıcaklık değişim eğrisi yaklaşık sabit kalacak şekilde bu düşüş hızı azalmaktadır. Ancak mevcut veriler, bu denge sıcaklığına ulaşma gereksinimi olmadan, kullanılan numuneler arasında ısı izolasyon özelliğinin kıyaslanabilmesi için yeterli gözükmemektedir. Katkısız normal harcın ısıyı transfer etme hızı, lastik malzeme takviyeli olanlardan daha yüksektir. Şerit lastik takviyeli harç ile daha geç bir soğuma gerçekleşmekte, yani yapı malzemesinin yalıtım özelliği iyileşmektedir. Dairesel lastik takviyeli harçta ise bu iyileşme çok daha belirgin olmaktadır.

Bu iyileştirme derecelerinin rakamsal olarak yorumlanabilmesi için, boyutsuz sıcaklık (θ) değerlerine bakmak gerekir. 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 izolasyon özelliğine işaret etmektedir. Bu şartlarda yeterli uzunlukta bir süreç sonrasında aynı ' t ' anı için, numunelere ait θ değerleri arasındaki yüzdesel farklar, yalıtımın iyileşme derecesi ile direkt orantılıdır. Deneysel sonucunda ($t=720$ dak.), normal harç (NH), şerit lastikli harç (ŞLH) ve dairesel lastikli harç (DLH) için boyutsuz sıcaklık değerleri

şirasiyla; $\theta_{NH} = 0.277$, $\theta_{ŞLH} = 0.306$ ve $\theta_{DLH} = 0.346$ olmaktadır. Diğer bir ifadeyle, normal harcın izolasyon özelliğinde; şerit lastik takviyesiyle yaklaşık % 10, dairesel lastik takviyesiyle ise yaklaşık % 25 oranında iyileşme sağlanabilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3. Sıcaklık değerlerinin zamanla değişiminin; (a) boyutlu, (b) boyutsuz, formda gösterimi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, lastik malzeme katkısının düşük bir maliyet karşılığı yapı elemanlarında ısı transferini küçümsenmeyecek oranda azaltılabileceğini net olarak sergilemektedir. Mevcut deneyler, binanın en azından taşıyıcı olmayan dış panelleri ve tavanı için bu tür bir uygulamayı teşvik eder niteliktedir. Optimum lastik katkı oranı ve geometrisinin belirlenmesi için yeni deneylere gereksinim vardır.

Isı yalıtımını iyileştirici malzeme olarak araştırılan lastiğin öğütülerek uygun oranlarda harca karıştırılması halinde ısı transfer hızının daha da azaltılabileceği

düşünülmektedir. Çünkü dairesel kesitli lastik takviyesinin şerit kesitliye göre tek farkı beton içerisindeki dağılımı daha homojen olmasıyla açıklanabilir. Bu durumda lastiğin basit bir makine ile fazla miktarlarda öğütülmesi ve beton harcına karıştırılması çok daha kolay ve ekonomik olacaktır.

Lastik katkısının, yalıtım iyileştirme malzemesi olarak binanın taşıyıcı elemanlarında kullanabilmesi için, beton dayanımına etkisinin dikkatle araştırılması gerekir. Araştırılması gereken bir diğer konu ise, lastik malzeme katkısıyla beton elemanın yangına karşı gösterdiği direnç değerindeki değişimdir. Bu tür endişelerin ortadan kaldırılması durumunda; kolay işçiliği, ekonomik ve hafif olması, ısı iletim katsayısının küçük olması ve ayrıca ani ya da periyodik deprem yüklerinde darbe sönmüleyici özelliğinin olması nedeniyle, uygulamanın yaygınlaşması beklenmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu deneysel çalışmanın çeşitli aşamalarında önemli katkılar sağlayan, başta Arş. Gör. Z. Abidin Fıratoglu olmak üzere, Mak. Müh. Mehmet Irmak, Mak. Müh. Abdurrahim Çınar ve Mak. Müh. Uğur İynen'e teşekkür ederiz.

5. KAYNAKLAR

1. Işık, K., Yeni TS 825 ve Enerjiyi Verimli Kullanan Binalar, İzolasyon Dünyası, 18, 15-18, 1999.
2. Çimen, F., 21. Yüzyılın Enerji Teknolojileri, Enerji kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılmasında Teknolojinin Rolü, TÜBİTAK BTP 99/01, 1999.
3. TS 825, Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları, Türk Standartları, Ankara, 1985.
4. TS 825, Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları, Türk Standartları, Ankara, 1998.
5. Aktacir, A., Yeşilata, B., Açiker, Ş.M., Binalarda Yalıtım Kullanımının Ekonomik Analizi Üzerine Bir Çalışma, 3. GAP Mühendislik Kongresi, Harran Üniversitesi, 65-70, 2000.
6. Sarabond, Architecture and Engineering Performance Information Center (AEPIC), College Park, Md., 1988.
7. Topçu, İ.B., The Properties of Rubberized Concretes, Cement and Concrete Research, 25, 304-310, 1995.
8. Rad, F., Rubberized Concrete, New Horizons in Construction Materials, Envo Publishing Company, 1, 287-292, 1992.
9. Hernandez-Olivares, F., Barluenga, G., Fire Performance of recycled rubber-filled high-strength concrete, Cement and Concrete Research, 34, 109-117, 2004