

POLİETİLEN KATKILI BETONLARIN SES VE ISI YALITIM ÖZELLİKLERİ

Hanifi BİNİCİ

K.S.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

Remzi GEMCİ

K.S.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

Orhan AKSOĞAN

Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

Melih PEŞDERELİ ve Tahsin YILDIRIM

K.S.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmanın temel amacı, polietilenlerin beton üretiminde katkı olarak kullanımının uygunluğunu ısı ve ses yalıtımı açısından araştırmaktır. Üç farklı (%2, %4 ve %6) oranlarda polietilen kullanılmıştır. 3x10x10 cm ve 6x10x10 cm boyutlu katkı ve katkısız iki tip beton numuneler üretilmiştir. Üretilen beton kalıpların ısı ve ses yalıtımı özellikleri araştırılmıştır. Ultrases ölçümlerinin sonuçlarına göre kontrol örneğinin ses yalıtım düzeyi düşük bulunmuştur. Katkı oranı arttıkça yalıtım düzeyi de artmaktadır. Polietilen katkı içeren örneklerin ultrasonik ses geçiş hızları kontrole göre %77 daha düşük bulunmuştur. Ayrıca, kontrol örneğinin ısı iletkenlik değeri diğer örneklerden çok büyük bulunmuştur. Katkı oranı arttıkça ısı iletkenlik değeri de azalmaktadır.*

SOUND AND HEAT INSULATION PROPERTIES OF CONCRETE INCORPARATING POLYETHYLENE

ABSTRACT: *The main objective of this study is to investigate the suitability of polyethylene as additive in the production of concrete to improve its heat and sound insulation properties. Three different ratios (2%, 4% and 6%) of polyethylene were used. Two types of specimens with 3x10x10 and 6x10x10 cm dimensions with/without additive were produced. Heat and sound properties of samples were investigated. According to the ultrasonic measurement of the samples, it was observed that the additive improved the sound insulation properties of concrete. As the percentage of additive increases, the sound insulation properties improve more and more. Polyethylene concrete has 77 % lower ultrasonic sound coefficient than control concrete. Moreover, as the percentage of additive increases the thermal conductivity coefficient decreases.*

1. GİRİŞ

Son yıllarda, plastik atıkların kırılarak hafif beton agregası olarak kullanıldığı bazı araştırmalara rastlanmaktadır. Hafif beton agregası olarak kullanılan plastik atıklar, polipropilen, polietilen, polietilen tereftalat (PET) ve polistrendir. Bu plastik atık kompozisyonu içinde, tüketim artış hızı en yüksek olanların başında PET şişeler gelmektedir [1]. Ülkemizde, 1991 yılında yürürlüğe giren Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin 18. maddesine göre, yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren 10 yıl içinde, sorumlu ekonomik işletmeler ambalaj atıklarının ağırlık itibari ile en az %60'ını geri kazanmakla yükümlüdürler. Her yıl 10 bin ton atık PET şişe geri kazanılmaktadır.

Atık plastiklerin polimer betonu üretiminde kullanılması da son yıllarda önemli konulardan biri haline gelmiştir. Beton kompoziti olan polimer emdirilmiş beton, geniş bir kullanım alanına ulaşmıştır. Bu polimer betonu, hidrate Portland çimento betonuna düşük kıvamlı monomer emdirilerek üretilmiştir. 1950'lerden itibaren kullanılan polimer modifiyeli beton ise, Portland çimentosu ve polimer modifiye kullanılmasıyla elde edilmektedir [2].

İnşaat teknolojisinin vazgeçilmez malzemesi olan beton yapımı için çok miktarda mineral agregaya ihtiyaç duyulmaktadır. Atık plastiklerin hafif betonda agrega olarak kullanılmasıyla, hem doğal agregadan tasarruf edilmiş olunmaktadır, hem de atık plastiklerin ekonomik olarak geri dönüşümü sağlanmaktadır.

Polistren agregalı betonların ısı ve ses yalıtım özelliklerini incelemek amacıyla geliştirilmiş polistren tanelerini %22-36 oranları arasında kumla yer değiştirilmesi kullanılmıştır. Karışımda ayrıca %3-9 oranında silis dumanı, çimentoyla ikame edilerek kullanılmıştır. İnce ve kaba agreganın da kullanıldığı karışımların yoğunlukları 1500-2000 kg/m³ arasındadır. Silis dumanı miktarı arttıkça, karışımların akıcılığı ve dayanımı iyileşmektedir. Polistren agregalı betonların dayanımı yoğunlukla doğru orantılıdır. Polistren agreganın tane boyutu küçüldükçe ve iri agrega boyutu büyüdükçe, dayanımın arttığı gözlenmiştir [3]. PET lif takviyeli harç ve betonların performansının çok iyi olduğu savunulmaktadır [4].

Uçucu kül ve geri dönüşümlü PET'ten yapılan kompozit malzemelerin fizikomekanik özellikleri ve mikro yapısal özellikleri araştırılmıştır. Değişen uçucu kül konsantrasyonlarına sahip kompozit numuneler, ısı ve ses izolasyon testlerine tabi tutulmuştur. Ayrıca numunelerin su emme ve rötre özellikleri de incelenmiş ve PET katkısının ısı yalıtımına olumlu katkı yaptığı belirtilmiştir [5].

Yaşadığımız konut, okul, işyeri vb. binalar ile çevreyi istenmeyen seslerden yalıtılarak gürültünün zararlı etkilerinden korunmak; kayıt stüdyoları, sinema, konser salonu vb. mekânları istenmeyen seslerden yalıtılarak gerekli kullanım koşullarını oluşturmak; jeneratör, hidrofor, kalorifer vb. gürültülü mahalleri yalıtılarak çevreye yaydıkları gürültüyü azaltmak amacı ile yapılan uygulamalara "ses yalıtımı" denir. Ses yalıtımı, temel olarak gürültünün insan üzerinde oluşturacağı zararlı etkileri en aza indirmek için alınacak önlemleri kapsar. Gürültü, düzensiz yapılı, farklı frekans bileşenlerine sahip olan ve genellikle zamana göre, değişken olan istenmeyen ses topluluğudur. Kısaca rahatsız edici ses gürültü insan sağlığına ve konforuna zarar veren etkenler arasındadır. Çevredeki bir fabrikanın çıkardığı rahatsız edici sesler, havaalanı çevresindeki yerleşim bölgesinde duyulan şiddetli gürültü, satıcı sesleri, trafik sesleri,

komsudan gelen konuşmalar insanlar tarafından farklı dozlarda gürültü olarak algılanarak, rahatsız edici olabilir. Ses yalıtımı ise, yapı elemanları aracılığıyla iletilen seslerin miktarlarını azaltmak için yapılan işlemdir [6].

Isı yalıtımı yaparak binanın ömrünü uzatmak, kullanıcıya sağlıklı, konforlu mekânlar sunabilmek ve bina kullanım aşamasında yakıt ve soğutma giderlerinde büyük kazanım sağlamak mümkündür. Binaların ısıtılması amacıyla büyük oranda fosil yakıtlar kullanılır. Fosil yakıtların yakılması sonucu yanma ürünü olarak açığa çıkan gazlar, hava kirliliğine ve küresel ısınmaya neden olur. Isı yalıtımı uygulamaları ile konfor koşullarının oluşturulmasında kullanılan enerji miktarının azalması, küresel ısınma ve hava kirliliğinin artmasını önler. Yapılarda kurallara uygun şekilde gerçekleştirilen ısı yalıtımının bireyler ve ülkeler açısından pek çok yararı vardır. Bunların en önemlisi ısı yalıtımının enerji tasarrufuna olan katkısıdır. Taşıyıcı hafif betonların yalıtım betonlarına göre birim ağırlıkları daha yüksek, ısı yalıtım özellikleri ise daha düşüktür [6].

Bu çalışmada polietilenler betonda katkı olarak kullanılmıştır. Üretilen beton örneklerin ses ve ısı yalıtım özellikleri araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Bu bölümde, deneysel çalışmada kullanılan malzemelerin kimyasal bileşimleri, fiziksel özellikleri, harç karışımlarında kullanılan malzeme oranları ve gerçekleştirilen deneysel çalışmalara yer verilmiştir. Beton numunelerin üretiminde çimento, agrega, uçucu kül, polietilen ve su kullanılmıştır.

2.1.1. Çimento

Bu çalışmada, TS EN 197-1 (CEM 1 42,5) ile uyumlu Portland çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun taze olarak kullanılmasına özen gösterilmiş ve nem almayacak şekilde koruyucu kaplarda korunmuştur [7]. Kullanılan çimentonun Kimyasal içerikleri Tablo 1'de, Fiziksel özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun Kimyasal İçerikleri

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Yanma kaybı
19.40	5.36	3.79	64.30	2.25	0.90	0.09	2.47	1.22

Tablo 2. Çimentonun Fiziksel özellikleri

Özgül ağırlık (g/cm ³)	Özgül yüzey (cm ² /g)	İncelik	
		200 µ elek Üzerinde kalan %	90 µ elek Üzerinde kalan %
3.18	3260	0.24	1.45

2.1.2. Agrega

Kullanılan agreganın elek analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Kullanılan Agreganın Elek Analiz Sonuçları

Agrega türü	Elek göz boyutu	Yüzde geçen							
		31.5	16	8	4	2	1	0.5	0.25
Taş unu		100	100	100	100	71	62	47	22
0-5 Kırma kum		100	100	100	95	72	60	35	10
5-15 Kırma çakıl		100	100	88	22	0.5	0.1	0	0
5-25 Kırma çakıl		100	68	2	0.2	0	0	0	0

2.1.3. Uçucu kül

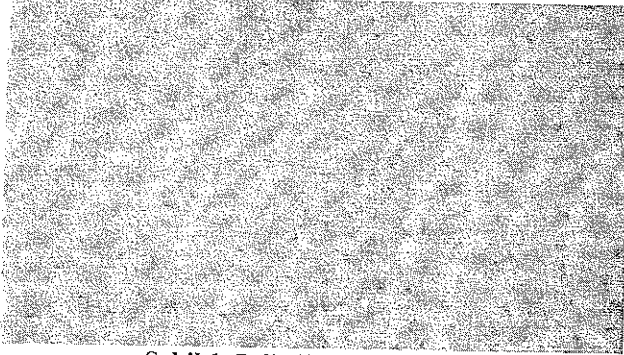
Afşin-Elbistan Termik Santralinden alınan uçucu kül kullanılmıştır. Tablo 4'te uçucu külün kimyasal içerik yüzdeleri gösterilmektedir.

Tablo 4. Uçucu Külün Kimyasal İçerik Yüzdeleri

Bileşenler	(%)
SiO ₂	23.21
Al ₂ O ₃	12.88
Fe ₂ O ₃	13.06
CaO	22.55
MgO	3.42
SO ₃	12.16
Na ₂ O	0.60
K ₂ O	2.02
P ₂ O ₅	0.56
TiO ₂	0.41
Kızdırma Kaybı	9.10

2.1.4. Polietilen

Çalışmada agrega olarak kullanılan atık PE Kahramanmaraş 2.Bölge Sanayisi'nden temin edilmiştir. Kullanılan polietilenin görünümü Şekil 1'de verilmiştir. Deneylerde kullanılan karışım ve bakım suyu şehir şebekesinden alınan içme suyudur. Beton karışım ve bakım suyunun kalitesi ile ilgili özel bir Türk Standardı yoktur. Kaynaklarda karma suyu genel anlamda içilebilir su olarak ifade edilmektedir.

**Şekil 1.** Polietilenin görünümü

2.2. Metot

2.2.1. Betonların Hazırlanması

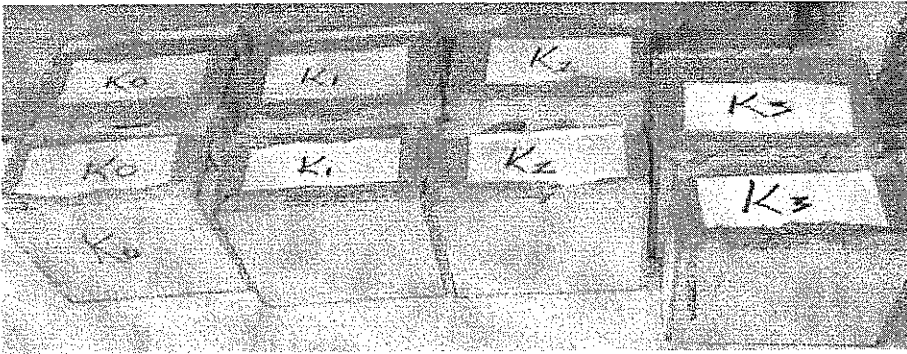
TS 802'ye göre yapılan karışımlar Tablo 1'de verilmiştir. Çalışmada kontrol örneğinin yanında sadece çapı 2 mm olan polietilen kullanılarak beton üretilmiştir.

Tablo 1. Karışım Tablosu (kg)

Örnekler	Su	Çimento	Kum	Çakıl	Uçucu Kül	Polietilen
Kontrol	0,245	0,5	0,500	1	0,055	0
% 2 Polietilen agrega katkılı Örnek	0,245	0,5	0,485	1	0,055	0,015
% 4 Polietilen agrega katkılı Örnek	0,245	0,5	0,470	1	0,055	0,030
% 6 Polietilen agrega katkılı Örnek	0,245	0,5	0,455	1	0,055	0,045

2.2.2. Numunelerin Üretimi

Toplam 8 karışımın taze haldeyken kıvamları ile birim ağırlıkları ölçülmüştür. Daha sonra bu harç karışımları 3x10x 10 cm ve 6x10x10 cm boyutlarındaki kalıplara dökülerek sertleşmesi için laboratuvar ortamında bırakılmıştır. Numuneler kalıplardan çıkarılarak ve deney sürelerine kadar yarısı 22 ± 2 °C sıcaklıkta % 65 bağıl nemli küre odasında tutulmuş ve 28 gün sonra sudan çıkarılmış ve ertesi gün test edilmiştir (Şekil 2).



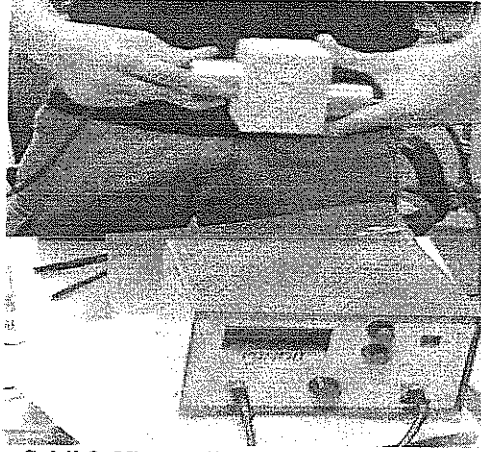
Şekil.2. Kontrol ve Polietilen Katkılı Betonların Üretimi

2.2.3. Ses Yalıtım Deneyi (Ultras ses Geçişi)

Ses yalıtımı; gürültünün zararlı etkilerinden korunulması gereken alanlarda (konut, okul, hastane, yurt, otel, iş yeri vb.), çevreye yaydıkları gürültünün önlenmesi gereken alanlarda (jeneratör, hidrofor, kalorifer, yüksek ses düzeyine sahip eğlence yerleri vb.), kullanım koşulu sese bağlı alanlarda (sinema, tiyatro, konser ve konferans salonu, TV ve ses kayıt stüdyosu vb) yapılmalıdır.

Ultrasonik test cihazı ile betonun içerisine gönderilen ses üstü dalgaların betonun bir yüzünden diğer yüzüne geçme süresi ölçülüp, dalga hızı hesaplanmaktadır. Bulunan bu ses üstü dalga hızı ile betonun basınç dayanımı ve diğer özellikleri arasındaki ilişki elde edilmektedir [2, 8].

Çalışmada elde edilen numuneler üzerinde yapılan ses ölçümlerine göre kontrol örneğinin ses yalıtım düzeyi çok düşük bulunmuştur. Katkı oranı arttıkça yalıtım düzeyi de artmaktadır. K grubu örneklerin katkı içerikleri aynı ama boyutları farklı olmasına karşılık bulunan değerler T grubuna çok yakındır (Şekil 3.).



Şekil 3. Ultrasonik ses geçiş hızı ölçümü

Ultrases geçiş hızı deneyi, ASTM C 597 standardına uygun olarak yapılmıştır. Betonun içerisinden geçen P dalgasının hızı ile beton dayanımı arasında doğrudan bir ilişki yoktur. Ancak, P dalgasının hızı ile betonun yoğunluğu arasında belirli bir ilişki bulunmaktadır. Yoğunluğu az olan bir betonda, yani içerisinde daha çok boşluk bulunan bir betonda, P dalgasının betonun bir yüzünden diğerine ulaşabilme süresi daha uzundur. Ya da betonun içerisindeki boşluk miktarı arttıkça P dalgasının hızı daha küçük olmaktadır.

2.2.4. Isı Yalıtım Deneyi

İnsanların yaşam kalitesinden ve konforundan ödün vermeden, enerji tasarrufu sağlamak için alınabilecek üç önlem vardır. Bunlar, yüksek verimli cihazların kullanılması, otomasyon sistemleri ve ısı yalıtımıdır. Bu üç önlem arasında ilk sırayı ise ısı yalıtımı alır. Etkin bir ısı yalıtımının yapılmadığı binalarda, enerji tüketimi çok fazladır. Hesaplamalar, etkin bir ısı yalıtımı ile yapılarda ortalama yüzde 50 enerji tasarruf yapılabileceğini ortaya koyuyor. Enerjinin verimli kullanılmaması, çevre kirliliğine neden olurken doğal yaşamı da olumsuz etkiliyor.

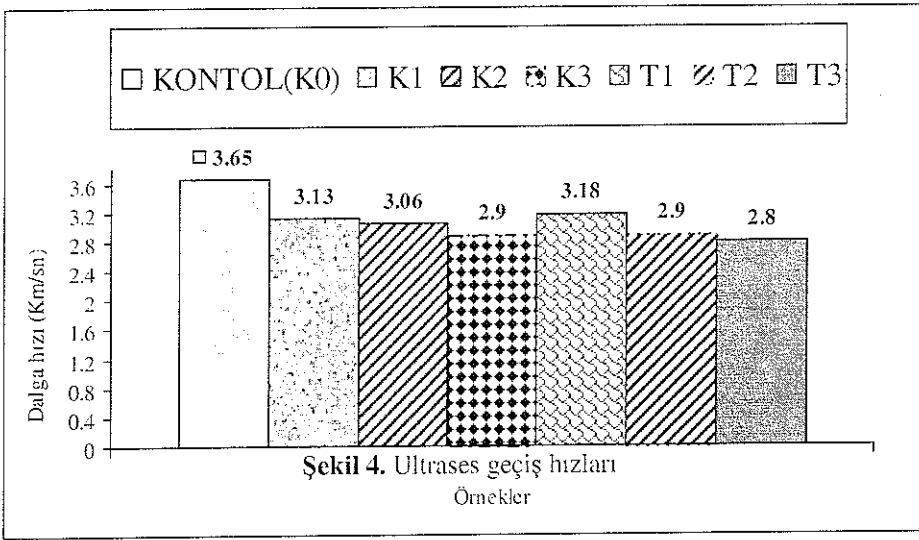
Isı iletkenlik katsayısı genellikle iki yöntem ile bulunmaktadır Bunlar geleneksel plaka ve sıcak tel yöntemleridir. Plaka yönteminde malzemenin iki yüzeyi arasında okuma yapılır. Kararlı hale gelmesi bir hayli zaman alır bazen 1 günde bir okuma yapılabilir. Fakat sıcak tel yönteminde tek yüzeyden 3-5 dakika içinde kararlı hal

oluşur ve okuma yapılabilir. Her iki yöntem de beton için uygundur. Literatürde sonuçlar arasında önemli bir fark yoktur. Sıcak tel yöntemi çok okuma yapılabilirdiğinden daha güvenilir ve ekonomiktir. Isı iletkenlik katsayısı sıcak tel yöntemi ile bulunmuştur.

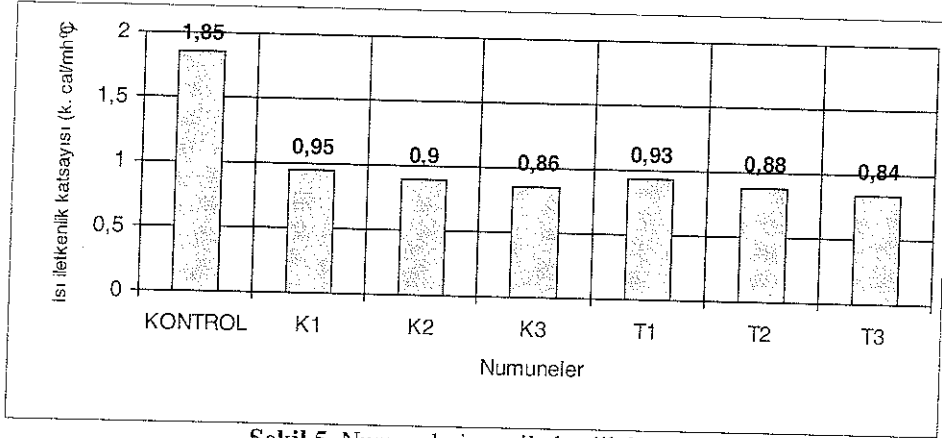
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada elde edilen numuneler üzerinde yapılan ultrases ölçümlerine göre kontrol örneğinin ses yalıtım düzeyi düşük bulunmuştur. Katkı oranı arttıkça yalıtım düzeyi de artmaktadır. K grubu örneklerin katkı içerikleri aynı sadece boyutları farklı olmasına karşılık bulunan değerler T grubuna çok yakındır (Şekil 4). Şekil 4 incelendiğinde katkılı numunelerin boşluk hacminin diğer numunelere göre daha az olduğu söylenebilir. Ses üstü dalga ne kadar az boşluğa rastlarsa o kadar kısa sürede ilerleyeceğinden, Şekil 4'ten de anlaşıldığı gibi katkı oranı arttıkça dalga geçiş hızı yavaşlamaktadır.

Akustik önlemler, genelde önemli harcamalar gerektirir. Başarısız, yani isteneni vermeyen bir sonuç, açıkça dile getirilmese bile, uzun vadede, kullanılan malzemenin üretici ya da pazarlayıcılarına da zarar verir. Çalışmada elde edilen sonuçlar polietilen katkıli numunelerin ses yalıtım özelliklerinin daha iyi olduğunu göstermektedir.

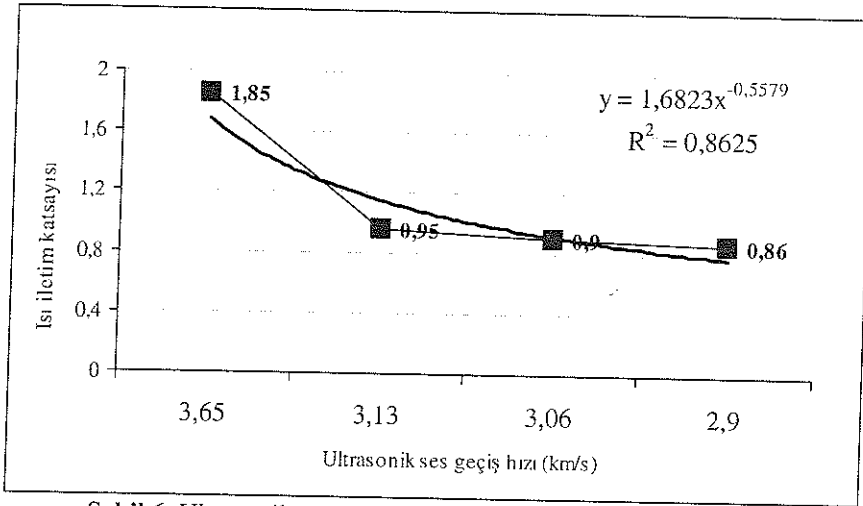


Çalışmada elde edilen numuneler üzerinde yapılan ısı yalıtım ölçümlerine göre kontrol örneğinin ısı iletkenlik değeri diğer örneklerden çok büyük bulunmuştur. Katkı oranı arttıkça ısı iletkenlik değeri azalmaktadır. K grubu örneklerin katkı içerikleri aynı sadece boyutları farklı olmasına karşılık bulunan değerler T grubuna çok yakındır (Şekil 5).



Şekil 5. Numunelerin ısı iletkenlik katsayıları

Dünyadaki enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Türkiye’de harcanan enerjinin yaklaşık % 40’ı konutlarda tüketilmektedir [8, 9]. Bu enerjinin % 80’i de ısınma amaçlıdır. Türkiye’de tüketilen enerjinin % 65’inden fazlası ithal edilmektedir. Polietilen katkılı betonların özellikle ısı iletim değerlerinin düşük olması nedeniyle önemli enerji tasarrufu sağlanabilir. Isı iletkenlik değeri, bir yapı malzemesinin ısı yalıtımının niteliğinin bir göstergesidir ve yapıların ısı yalıtımı hesabında bu değer direk kullanılmaktadır. Isı iletkenliği küçük olan malzemelerin, ısı yalıtımı yüksek olmaktadır. Şekil 5’te gösterildiği gibi, % 2, 4 ve 6 polietilen içeren numunelerin, ısı iletkenlik değerleri kontrol numunesine kıyasla sırasıyla % 51, 48 ve 46 daha küçük olmaktadır. Böylece, polietilen içeren numunelerin ısı yalıtımı, kontrol numunesine kıyasla daha iyi olmuştur. Ultrasonik ses geçiş hızı ve ısı iletim katsayılarının değişimi Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. Ultrasonik ses geçiş hızı ve ısı iletim katsayılarını ilişkisi

Regresyon analizi sonucunda, ultrasonik ses geçiş hızı ile ısı iletim katsayısı arasındaki ilişki nonlineer ve korelasyon katsayısı $R^2=0.8625$ olarak bulunmuştur.

4. SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışma tekstil atıkları olarak düşünülebilen polietilenin bir Kompozit olarak beton elemanlarda kullanılmasını amaçlamaktadır. Çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1-Ultrases ölçümlerine göre kontrol örneğinin ses yalıtım düzeyi düşük bulunmuştur. Katkı oranı arttıkça yalıtım düzeyi de artmaktadır. Polietilen katkı içeren örneklerin ultrasonik ses geçiş hızları kontrole göre %77 daha düşük bulunmuştur.

2-Isı yalıtım ölçümlerine göre kontrol örneğinin ısı iletkenlik değeri diğer örneklerden çok büyük bulunmuştur. Katkı oranı arttıkça ısı iletkenlik değeri azalmaktadır. En düşük ısı iletim değerine sahip olan polietilen katkılı örneğin değeri kontrol örneğinden % 45 daha düşük bulunmuştur.

3-Bu malzemenin en önemli özelliği blokların, istenilen boyutta üretilebileceğinden, duvar malzemesi olarak kullanılabilir olmasıdır.

4- Binaların kendi ağırlıkları deprem sırasında yapının hasar görmesine önemli oranda katkı yaptığından bu yükün azaltılması önemlidir. Polietilen katkılı betonlar ile üretilecek yapıların bina yükleri de azaltılabilmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Pehlivan,E., Ünal,S., Tunçsiper,B., “Plastik Ambalaj Malzemelerinin Hayatımızdaki Yeri ve Bunların Geri Kazanılması ve Azaltılmasında Çağdaş Yöntemler”, POLSEM 2004, Polimer İşleme ve Geri Kazanımı Sempozyumu, Mersin, s.114–128, 2004.

2. Erdoğan, Beton, ODTU Geliştirme Vakfı ve Yayıncılık A.Ş., 2003.

3. Babu,A., “Behaviour of Lightweight Expanded Polystyrene Concrete Containing Silica Fume”, Cement and Concrete Research, s.755 – 762, 2003.

4. Silva,K., “Degradation of Recycled PET Fibers in Portland Cement-Based Materials”, Cement and Concrete Research 35, s.1741–746, 2005.

5. White,M., “Microstructure of Composite Material from High-lime Fly Ash and RPET”, Journal of Materials in Civil Engineering, v 12, s.60–65, 2000.

6. Koide,G., “Investigation of The Use of Waste Plastic as an Aggregate for Lightweight Concrete”, Sustainable Concrete Construction, London, 2002.

7. TS EN 197-1, Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar - Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 25s, 2002.

8. Coşkun,A., Tanyıldızı,H., “Silis Dumanı Katkılı Hafif Betonun Basınç Dayanımı ve Ultrasonik Ses Geçirgenliğine Farklı Kür Koşullarının Etkisi”, D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü 14. Sayı Aralık 2007.

9. Tanrıverdi,E., “Isı yalıtım ve tasarrufu”, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 427,109-115,2004.

10. Binici,H, Aksoğan,O, Gemci,R, “Pamuk Atıkları ve Tekstil Külleri ile Üretilen Hafif Yapı Malzemelerinin Yalıtım Özellikleri”, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Dergisi, 2:23,15–24,2008.

