

**Araştırma / Research**

## HAVA SÜRÜKLENMİŞ BETONLARIN ISIL İLETKENLİK DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

**Fatih ÖZCAN<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0003-3391-9411)\***  
**Kubilay AKÇAÖZOĞLU<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0002-4448-2393)**

<sup>1</sup>İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Türkiye

*Geliş / Received:* 13.02.2018  
*Kabul / Accepted:* 28.02.2018

### ÖZ

Bu çalışmada, hava sürükleyici katkı kullanılarak üretilen betonların taze ve sertleşmiş haldeki bazı özellikleri incelenmiştir. Karışımların çimento miktarı ve su-çimento oranı sabit tutularak çimento ağırlığının %0.025, %0.050, %0.075 ve %0.1'i oranlarında hava sürükleyici katkı kullanılarak kontrol betonu ile birlikte toplam 5 farklı karışım hazırlanmıştır. Taze betonların, birim hacim ağırlığı, yayılma tablası ve hava muhtevası tayini ile sertleşmiş betonların, yoğunluk, ultrases geçiş hızı ve ısı iletkenlik katsayısı ölçümü deneyleri yapılmıştır. Hava sürükleyici katkı kullanımı numunelerin birim hacim ağırlığı, ultrases geçiş hızı ve ısı iletkenlik katsayısı değerlerinde düşüş meydana getirmiştir. %0.075 ve %0.1 oranlarında hava sürükleyici katkı kullanılarak, hafif beton sınıfında beton üretilmesi mümkün olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Hava sürükleyici katkı, ısı iletkenlik katsayısı, ultrases geçiş hızı, birim hacim ağırlığı.

## DETERMINATION OF THE THERMAL CONDUCTIVITY VALUES OF AIR ENTRAINED CONCRETE

### ABSTRACT

In this study, some properties of fresh and hardened concrete produced using air entraining additive were investigated. Together with control concrete five different mixtures were prepared with the addition of air entraining additive of 0.025%, 0.050%, 0.075% and 0.1% of cement weight with keeping the cement amount and water-cement ratio constant. Experiments were carried out to measure the unit volume weights, flow diameters, air contents of fresh concretes and density, ultrasonic pulse velocity, thermal conductivity coefficient of hardened concretes. The use of air entraining additives caused a decrease in the unit volume weight, ultrasonic pulse velocity and thermal conductivity coefficient values of the samples. Lightweight concrete was possible to produce using 0.075% and 0.1% air entraining additive.

**Keywords:** Air entraining admixture, thermal conductivity coefficient, ultrasonic pulse velocity, unit volume weight

### 1. GİRİŞ

Ülkemizde enerji tüketiminin büyük bir bölümü yapı sektöründe gerçekleşmektedir. Özellikle konut sektöründe enerjinin verimli kullanımına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanmasının sağlanması, diğer sektörleri de olumlu yönde etkileyecektir [1]. İnşaat sektöründe özellikle konutların ısı yalıtımı, enerji tasarrufu açısından önemli bir yer tutmaktadır. Uygun metotlarla üretilen yalıtım malzemeleri uzun ömürlü, daha

\*Corresponding author / Sorumlu yazar, Tel.: +90 388 225 2302; e-mail/e-posta: fozcan@ohu.edu.tr

F. ÖZCAN, K. AKÇAÖZOĞLU

ekonomik ve daha sağlıklı olmaktadır. Binalarda ısı yalıtım yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi ile birlikte yalıtım ürünlerine olan talep gün geçtikçe artmaktadır [2].

İnşaat sektöründe kullanılan yalıtım malzemelerinde ısı iletkenlik katsayısı oldukça önemli bir parametredir. Isı iletkenlik katsayısı, birim sıcaklık değişimine maruz birim kalınlıktaki malzemenin birim alanından geçen üniform ısı akışını temsil eder. Isı iletkenlik katsayısı, ısı yalıtım amaçlı üretilen betonlar için çok önemli bir parametredir. Ayrıca, ısı iletkenlik katsayısı düşük olan betonlar bünyelerinde sıcaklığın yükselmesini geciktirerek, betonun daha yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmasını sağlarlar. Betonun ısı iletkenlik özellikleri birçok faktör tarafından etkilenir. Çimento ve agreganın ısı iletkenlik katsayısı, betonun karışım oranları, nem içeriği, yerine yerleştirilen betonun boşluk miktarı ve yapısı betonun ısı iletkenliğini etkileyen en önemli faktörlerdir [3].

Betonun donma çözünme dayanımını arttırmak amacıyla hava sürükleyici katkıları olarak adlandırılan yüzey aktif kimyasallar kullanılarak beton içerisinde boyutları 10 µm ile 1 mm arasında değişen birbirinden bağımsız küresel hava kabarcıkları oluşturulmaktadır [4,5]. Asıl kullanım amacı betonun donma çözünme dayanımını arttırmak olan bu hava kabarcıklarının bir başka avantajı da betonun yalıtım özelliklerini iyileştirmesidir.

Malzemelerin ısı iletkenlik değerinin ölçülmesinde sürekli ve geçici rejim yöntemleri olarak adlandırılan iki ana yöntem kullanılmaktadır. Sürekli rejim yöntemlerinin temeli belirli kalınlıkta test numunesinin her iki yüzeyinde belirlenen bir sıcaklık farkının yaratılması ile numuneden geçen ısı akışının ölçümüne dayanır. Sürekli rejim esasına göre ölçüm yapan yöntemlerin en yaygın kullanılanları Isı Akış Ölçme, Sıcak Levha ve Sıcak Kutu yöntemleridir [6,7]. Isı akış ölçme yönteminin ölçüm prensibi, küresel boyutlara sahip belli kalınlıkta ve farklı sıcaklıktaki iki levha (sıcak ve soğuk) arasına yerleştirilmiş test numunesinden geçen ekstenel ısı akışının ölçümüne dayanır [8].

Bu çalışmada, hava sürüklenmiş betonların ısı akış ölçme yöntemi kullanılarak ısı iletkenlik katsayıları ölçülmüştür. Çalışma kapsamında, sürüklenmiş hava miktarının taze betonun kıvam özellikleri ile sertleşmiş betonun ısı iletkenlik katsayısı, ultrases geçiş hızı ve birim hacim ağırlığına etkisi araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada, TS EN 197-1 [9] ile uyumlu CEM I 42,5 R portland çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentoya ait fiziksel özellikler Tablo 1’de, kimyasal özellikler ise Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Kullanılan çimentonun fiziksel özellikleri

|                                     |              |       |
|-------------------------------------|--------------|-------|
| Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> ) |              | 3.12  |
| Priz süresi                         | İlk (Dakika) | 160   |
|                                     | Son (Dakika) | 215   |
| Özgül yüzey(cm <sup>2</sup> /gr)    |              | 3382  |
| Basınç Dayanımı (MPa)               | 2 günlük     | 23.50 |
|                                     | 28 günlük    | 46.15 |

**Tablo 2.** Kullanılan çimentonun kimyasal özellikleri

| Oksit      | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | Cl   | SO <sub>3</sub> | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | K.K  |
|------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------|-----------------|-------------------|------------------|------|
| Miktar (%) | 18.78            | 5.60                           | 3.28                           | 64.45 | 1.52 | 0.03 | 2.82            | 0.55              | 0.75             | 1.80 |

Beton karışımlarında, dere kumu ve kalker esaslı kırma kum olmak üzere iki farklı ince agrega kullanılmıştır. Kaba agrega olarak maksimum tane çapı 8 mm olan kalker esaslı kırma taş kullanılmıştır. Agreganın su emme kapasitesi ve özgül ağırlığı TS EN 1097-6 [10]’ya göre bulunmuş olup, Tablo 3’te verilmiştir.

## HAVA SÜRÜKLENMİŞ BETONLARIN ISIL İLETKENLİK DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

**Tablo 3.** Deneysel çalışmada kullanılan agregaların fiziksel özellikleri

| Fiziksel özellik     | Dere kumu | Kırma kum | Kaba agregası |
|----------------------|-----------|-----------|---------------|
|                      | 0-5       | 0-5       | 5-12          |
| Özgül ağırlık, (DYK) | 2.49      | 2.57      | 2.68          |
| Su emme yüzdesi, (%) | 2.50      | 2.30      | 1.10          |

Beton karışımında kullanılan agregası grupları TS 802 [11]'de agregası en büyük dane büyüklüğü 8.0 mm olan beton için belirtilen agregası dağılımı eğrisine ait sınırlar içerisinde kalacak şekilde karıştırılmış ve elek analizi sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Kullanılan agregasının granülometrisi

| Elek Açıklığı<br>(mm) | Elekten Geçen (%)    |            |           | Kullanılan Agregası |
|-----------------------|----------------------|------------|-----------|---------------------|
|                       | TS 706 EN 12620 + A1 |            |           |                     |
|                       | Alt Limit            | Orta Limit | Üst Limit |                     |
| 16                    | 100                  | 100        | 100       | 100                 |
| 11,2                  | 98                   | 99         | 100       | 99.2                |
| 8                     | 85                   | 92         | 99        | 90.1                |
| 4                     | 62                   | 75         | 88        | 73.0                |
| 2                     | 40                   | 56         | 72        | 48.2                |
| 1                     | 23                   | 39         | 55        | 35.4                |
| 0,5                   | 13                   | 26         | 38        | 24.0                |
| 0,25                  | 7                    | 15         | 22        | 12.3                |
| 0,125                 | 3                    | 8          | 12        | 5.2                 |
| 0,63                  | 1                    | 3          | 5         | 2.1                 |

Beton karışımlarına hava sürüklemek amacıyla TS EN 934-2 [12]'ye uygun, sıvı halde hava sürükleyici katkı malzemesi kullanılmıştır. Kullanılan katkı malzemesi 1.01 kg/litre yoğunlukta ve açık sarı renktedir. Deneylerde kullanılan karışım ve bakım suyu şehir şebekesinden alınan içme suyudur.

## 2.2. Beton Karışım Oranları ve Numunelerinin Hazırlanması

Beton karışım hesabı TS 802 [11]'de belirtilen mutlak hacim metoduna göre yapılmıştır. Öncelikle su-çimento (s/ç) oranı 0.6 olan şahit karışımın (M1) malzeme miktarları belirlenmiştir. Daha sonra şahit karışımın çimento miktarı ve su-çimento oranı sabit tutularak %0.025 (M2), %0.050 (M3), %0.075 (M4) ve %0.1 (M5) hava sürükleyici katkı ilavesi yapılmış ve toplam 5 farklı karışım hazırlanmıştır. Karışımlarda kıvam düzenlemesi yapılmamış böylece hava sürükleyici katkının kıvama etkisi gözlenmiştir. Bir metreküp beton içinde bulunan malzeme miktarları Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5.** Bir metreküp betonu oluşturan malzeme miktarları (kg)

| Karışım Kodu | Çimento | Su  | Doğal Kum | Kırma Kum | Kırma Çakıl |
|--------------|---------|-----|-----------|-----------|-------------|
| M1           | 400     | 240 | 690       | 690       | 155         |
| M2           | 400     | 240 | 661       | 661       | 152         |
| M3           | 400     | 240 | 639       | 639       | 143         |
| M4           | 400     | 240 | 615       | 615       | 135         |
| M5           | 400     | 240 | 574       | 574       | 125         |

F. ÖZCAN, K. AKÇAÖZOĞLU

Tasarlanan betonların üretimi için mikserin içerisine önce kaba ve ince agregalar konularak karışım homojen hale gelinceye kadar karıştırılmıştır. Daha sonra çimento ilave edilmiş ve homojenlik sağlanıncaya kadar karıştırmaya devam edilmiştir. Karma suyunun bir kısmı beton karışımına ilave edilerek bir miktar karıştırılmış ve son olarak daha önce karma suyunun bir kısmı ile karıştırılarak hazırlanmış olan hava sürükleyici katkı mikser çalışır haldeyken ilave edilmiştir.

TS EN 206-1/A1 [13]'e uygun olarak hazırlanan beton numuneleri 15x15x15 cm'lik küp kalıplara yerleştirilmiştir. Numuneler 24 saat sonra kalıplardan çıkartılmış ve  $20 \pm 2$  °C sıcaklıktaki kür havuzuna konularak 28 gün bekletilmiştir. Kür havuzundan çıkarılan deney numuneleri kalınlıkları 40 mm olacak şekilde kesilerek 150x150x40 mm ebatlarında deney numuneleri hazırlanmıştır. Elde edilen numuneler 24 saat süre ile  $100 \pm 5$  °C sıcaklıktaki etüvde kurutulularak deney hazır hale getirilmiştir.

### 2.3. Numuneler Üzerinde Yürütülen Deneysel Çalışmalar

Taze beton üzerinde, TS EN 12350-6 [14]'ya uygun şekilde birim hacim ağırlığı, TS EN 12350-5 [15]'e uygun şekilde yayılma tablası ve TS EN 12350-7 [16]'ye uygun şekilde hava muhtevası tayini deneyleri yapılmıştır. Sertleşmiş beton numuneleri üzerinde ise TS EN 12390-7 [17]'ye uygun şekilde yoğunluk, ASTM C 597 [18]'ye uygun ultrases geçiş hızı ve TS ISO 8302 [19]'ye uygun ısı iletkenlik katsayısı ölçümleri yapılmıştır. Deneyler her bir beton karışımı için 3 numune üzerinde gerçekleştirilerek ortalaması alınmıştır.

Beton karışımları taze haldeyken TS EN 12350-6 [14]'ya uygun şekilde yaş ağırlıkları ölçülmüş ve taze beton birim hacim ağırlıkları tespit edilmiştir. Hazırlanan karışımların kıvamlarının ölçülmesi amacıyla numuneler üzerinde yayılma tablası deneyi yapılmıştır. TS EN 12350-5 [15]'e uygun şekilde Şekil 1'de görülen deney ekipmanı kullanılarak, yayılma tablasında betonun birbirine dik yönde iki uzunluğu ölçülüp ortalaması alınarak belirlenmiştir. Taze beton numunelerinin içerdiği hava miktarının tayin edilmesi amacıyla numuneler üzerinde TS EN 12350-7 [16]'ye uygun şekilde hava muhtevası tayini deneyi yapılmıştır.



Şekil 1. Yayılma tablası deneyi

Sertleşmiş betonun yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla TS EN 12390-7 [17]'ye uygun şekilde yoğunluk tayini yapılmıştır. Numune hacmi, TS EN 12390-1 [20]'e göre, numunede yapılan boyut ölçümleri kullanılarak belirlenmiştir.

Ultrases geçiş hızının belirlenmesinde, ASTM C 597 [18]'ye uygun 0,1  $\mu$ s duyarlıklı ultrases aleti ile ses geçiş süreleri ölçülmüştür. Ses geçiş sürelerinin ölçülmesinde numune yüzeyindeki pürüzlerin oluşturduğu boşlukları doldurmak amacı ile numunelerin her iki yüzeyine ultrason jeli sürülerek direkt iletim yöntemi ile ses geçiş süresi okunmuş ve ses geçiş hızı hesaplanmıştır. 40 mm kalınlıktaki numuneler üzerinde yürütülen ultrases geçiş hızı tayini deneyi Şekil 2'de görülen deney aleti kullanılarak yapılmıştır.

## HAVA SÜRÜKLENMİŞ BETONLARIN ISIL İLETKENLİK DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ



Şekil 2. Numunelerin ultrases geçiş hızının belirlenmesi

Numunelerin ısı iletkenlik katsayısı TS ISO 8302 [19]'de belirtilen ısı akış ölçme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. 150x150x40 mm boyutlarındaki beton numuneleri ısı iletkenlik katsayılarının tespiti için teste tabi tutulmadan önce 100±5 °C sıcaklıktaki etüvde 24 saat süre ile kurutulmuştur. Her bir karışımdan hazırlanan deney numuneleri üzerinde Şekil 3'te görülen ısı iletkenlik cihazı ile ölçüm yapılmış ve ortalama ısı iletkenlik katsayıları bulunmuştur.



Şekil 3. Numunelerin ısı iletkenlik katsayısının belirlenmesi

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Taze Beton Deney Sonuçları

Çalışma kapsamında hazırlanan taze beton numuneleri üzerinde birim hacim ağırlığı, yayılma çapı ve hava muhtevası deneyleri yapılmış ve deney sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur.

**Tablo 6.** Karışımlara ait taze beton özellikleri

| Karışım | Hava sürükleyici katkı miktarı (%) | Birim hacim ağırlığı (kg/dm <sup>3</sup> ) | Yayılma çapı (cm) | Hava muhtevası (%) |
|---------|------------------------------------|--|-------------------|--------------------|
| M1      | 0                                  | 2.24                                       | 46                | 3.1                |
| M2      | 0.025                              | 2.18                                       | 50                | 4.8                |
| M3      | 0.050                              | 2.13                                       | 53                | 6.9                |
| M4      | 0.075                              | 2.07                                       | 54                | 9.2                |
| M5      | 0.100                              | 1.98                                       | 56                | 12.6               |

Taze betonun içerisindeki sürüklenmiş hava miktarının artması ile birlikte betonun birim hacim ağırlığı düşmüştür. Şahit betona %0.1 oranında hava sürükleyici katkı ilavesi taze betonun birim hacim ağırlığında yaklaşık %12 düşüş meydana getirmiştir.

Betonun kıvamı ve işlenebilirliği betonun karakteristik özellikleri kadar büyük önem taşımaktadır. Taze betonun kıvamını belirlemede kullanılan deney yöntemlerinden bir tanesi de yayılma tablası deney metodudur [3]. Bu çalışmada hem beton numunelerinin kıvamını ölçmek hem de sürüklenmiş havanın beton kıvamına etkisini belirlemek amacıyla yayılma tablası deneyi yapılmıştır. Taze betonun yayılma çapları 46 ile 56 cm arasında değişmiştir. Sürüklenmiş hava miktarının artışı ile birlikte taze betonun yayılma çaplarının da arttığı gözlenmiştir. Sürüklenmiş hava kabarcıkları taze beton içerisinde yuvarlanma etkisi göstererek taze betonun yayılma miktarının artmasına neden olmuştur.

Karışımların hava muhtevalarının % 3.1 ile %12.6 arasında değiştiği Tablo 6'da görülmektedir. Hava sürükleyici katkı miktarı arttıkça sürüklenmiş hava miktarı da artarak şahit betona % 0.1 hava sürükleyici katkı ilavesi ile sürüklenmiş hava miktarında yaklaşık %300 artış meydana gelmiştir.

### 3.2. Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları

Çalışma kapsamında hazırlanan sertleşmiş beton numuneleri üzerinde birim hacim ağırlığı, ultrases geçiş hızı ve ısı iletkenlik katsayısı deneyleri yapılmış ve deney sonuçları Tablo 7'de sunulmuştur.

**Tablo 7.** Karışımlara ait sertleşmiş beton deney sonuçları

| Karışım kodu | Birim hacim ağırlığı (kg/dm <sup>3</sup> ) | Ultrases geçiş hızı (km/sn) | Isı iletkenlik katsayısı (W/m.K) |
|--------------|--|-----------------------------|----------------------------------|
| M1           | 2.16                                       | 4.32                        | 1.15                             |
| M2           | 2.13                                       | 4.29                        | 1.08                             |
| M3           | 2.06                                       | 4.15                        | 1.02                             |
| M4           | 1.93                                       | 3.96                        | 0.83                             |
| M5           | 1.90                                       | 3.74                        | 0.75                             |

Taze betona benzer şekilde sürüklenmiş hava miktarının artması ile birlikte sertleşmiş betonun birim hacim ağırlığı düşmektedir. M4 ve M5 karışımlarının birim hacim ağırlığı 2.0 kg/dm<sup>3</sup> değerinin altına düşerek TS EN 206-1/A1 [13]' de belirtilen hafif betonun yoğunluğuna göre sınıflandırılması kriterleri uyarınca birim hacim ağırlığı 1.8 ile 2.0 kg/dm<sup>3</sup> aralığındaki betonları ifade eden D 2,0 hafif beton sınıfına girmektedir.

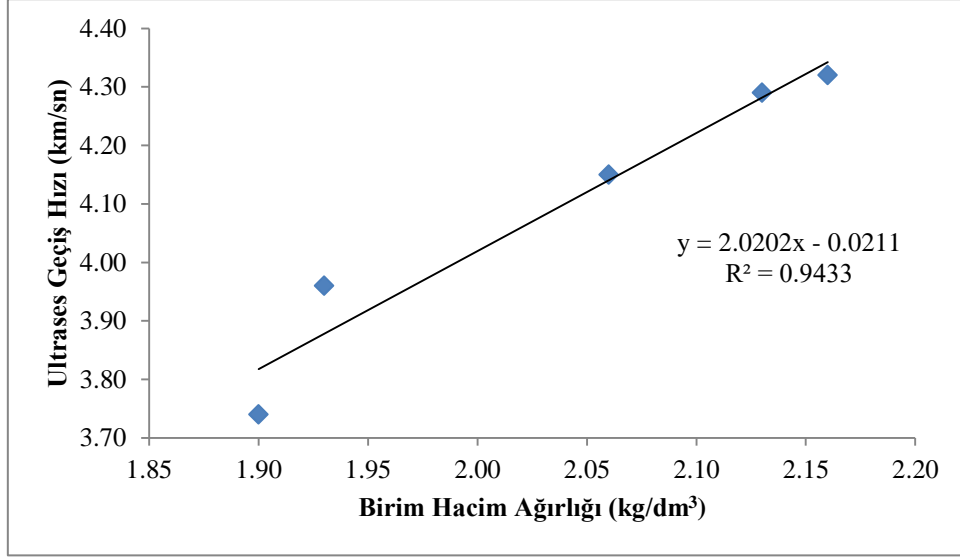
Bir malzemenin ultrases geçiş hızı o malzemenin boşluk yapısına, dolayısıyla yoğunluğuna bağlıdır. Betonun yoğunluğu azaldıkça ve boşluk miktarı arttıkça ses boşlukların etrafından dolanarak ilerleyeceğinden ultrases geçiş hızı değeri de azalmaktadır [21,22]. Çalışma kapsamında bu durumun incelenmesi amacıyla numunelerin ultrases geçiş hızları ölçülmüştür. Numunelerin ultrases geçiş hızları 3.74 ile 4.32 km/sn arasında değişmektedir. Sürüklenmiş hava miktarının artmasıyla birlikte ultrases geçiş hızı değerleri azalmıştır. Tablo 8'de verilen ultrases geçiş hızları ile beton kalitesi arasındaki ilişki için önerilen değerlendirmeler gözönüne alındığında, çalışma kapsamında üretilen numunelerin beton kalitesinin "iyi" sınıfında olduğu görülmektedir [21].

**Tablo 8.** Ultrases geçiş hızlarının pratik değerlendirilmesi [21]

| Hız (km/sn)    | ≥4.5    | 3.5-4.5 | 3.0-3.5 | 2.0-3.0 | ≤2.0      |
|----------------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Beton Kalitesi | Çok İyi | İyi     | Orta    | Zayıf   | Çok Zayıf |

## HAVA SÜRÜKLENMİŞ BETONLARIN ISIL İLETKENLİK DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

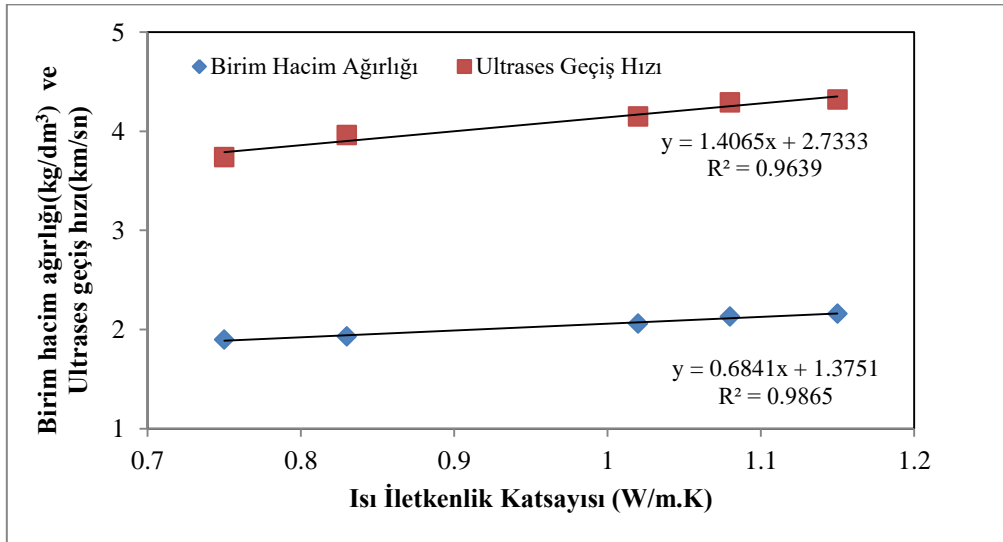
Sertleşmiş beton numunelerinin birim hacim ağırlıkları ile ultrases geçiş hızları arasında bir ilişki olduğu görülmüş ve bu ilişki Şekil 4'te sunulmuştur. Numunelerin birim hacim ağırlıkları ile ultrases geçiş hızları arasında korelasyon katsayısı 0.94 olan kuvvetli bir ilişkinin olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Birim hacim ağırlıkları ile ultrases geçiş hızları arasındaki ilişki

Şahit numune ile birlikte sürüklenmiş hava içeren sertleşmiş beton numunelerine ait ısı iletkenlik katsayıları Tablo 7'de verilmiştir. Isı iletkenlik katsayıları, ilave edilen hava sürükleyici katkı miktarının artışı ile birlikte azalma eğilimi göstererek 1.15 ile 0.75 W/m.K aralığında değerler almıştır. Şahit betona %0.1 oranında hava sürükleyici katkı ilavesi ile beton içerisinde birbirinden bağımsız küresel boşluklar oluşması ısı iletkenlik katsayısında yaklaşık %35'lik bir düşüş meydana getirmiştir.

Isı iletkenlik katsayısının birim hacim ağırlığı ve ultrases geçiş hızları ile olan ilişkisi Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5. Isı iletkenlik katsayısının birim hacim ağırlığı ve ultrases geçiş hızı ile ilişkisi

Çalışma kapsamında üretilen betonların hem birim hacim ağırlığı hem de ultrases geçiş hızlarının ısı iletkenlik katsayıları ile oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Sertleşmiş betonun bünyesinde bulunan boşluk miktarının artması ve bu nedenle birim hacim ağırlığının azalması sonucu ısı iletkenlik katsayısının düştüğü görülmüştür.

#### 4. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma ile hava sürükleyici katkı kullanımının hem taze hem de sertleşmiş beton özelliklerine olan etkileri belirlenerek elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

- Hava sürükleyici katkı kullanımının taze betonun yayılma çaplarında artış meydana getirdiği ve betonun kıvamını olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir.
- Şahit betona % 0.1 hava sürükleyici katkı ilavesi ile birlikte taze beton birim hacim ağırlığında yaklaşık %12 düşüş meydana gelmiştir.
- %0.075 ve %0.1 oranında hava sürükleyici katkı kullanılarak elde edilen M4 ve M5 karışımlarının TS EN 206-1’de belirtilen hafif beton sınıfına girdiği tespit edilmiştir.
- Isı iletkenlik katsayıları, sürüklenmiş hava miktarının artması ile birlikte %35’lik bir düşüş sergileyerek 1.15 değerinden 0.75 W/m.K değerine düşmüştür.
- Çalışma kapsamında üretilen M4 ve M5 karışımlarının hava sürüklenmiş hafif beton olmaları ve ayrıca ısı iletkenlik katsayılarının düşük olması nedeniyle soğuk iklim bölgelerindeki yalıtım betonu uygulamalarında kullanılabilir.
- Üretilen betonların, birim hacim ağırlığı ve ultrases geçiş hızları ile ısı iletkenlik katsayıları arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.

#### KAYNAKLAR

- [1] KÖSE, B., ISIKAN, O., İNAN, A.T., “Isı Yalıtım Uygulamalarının Üç Bölge İçin Enerji Verimliliği Açısından İncelenmesi”, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3,1-9, 2006.
- [2] BİNİCİ, H., GEMCİ, R., KÜÇÜKÖNDER, A., SOLAK, H.H., “Pamuk Atığı, Uçucu Kül ve Barit ile Üretilen Sunta Panellerin Isı, Ses ve Radyasyon Geçirgenliği Özellikleri”, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8(1), 16-25, 2012.
- [3] BARADAN, B., YAZICI, H., AYDIN, S., Beton (ikinci baskı), Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir, Türkiye, 2015.
- [4] MYERS, D., Surfactant Science and Thecnology, John Wiley & Sons Inc, U.S.A., 2006.
- [5] AMIRY, A.W., Yüksek Sıcaklığın Hava Sürüklenmiş Betonun Basınç Dayanımına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, Türkiye, 2017.
- [6] MUMAW, J.R., “Heat Transmission Measurements in Thermal Insulations”, ASTM STP 544, ASTM International, West Conshohocken, pp 193-211, 1974.
- [7] MUMAW, J. R., “Thermal Insulation Performance”, ASTM STP 718, ASTM International, West Conshohocken, pp 195-207, 1980.
- [8] YEŞİLATA, B., TURGUT, P., İŞİKER, Y., “Kompozit Yapı Malzemelerinde Isıl Özellik Ölçümü-1: Mevcut Ölçüm Tekniklerin İrdelenmesi”, Mühendis ve Makine, 48 (564), 2-9, 2007.
- [9] TS EN 197-1, Çimento - Bölüm 1: Genel Çimentolar - Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2012.
- [10] TS EN 1097-6, Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri için Deneyler – Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2002.
- [11] TS 802, Beton Karışım Hesapları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2009.
- [12] TS EN 934-2, Kimyasal Katkılar - Beton, Harç ve Şerbet için - Bölüm 2: Beton Katkıları- Tarifler, Özellikler, Uygunluk, İşaretleme ve Etiketleme, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2011.
- [13] TS EN 206-1/A1, Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2005.
- [14] TS EN 12350-6, Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 6: Yoğunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2010.
- [15] TS EN 12350-5, Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 5: Yayılma Tablası Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2010.
- [16] TS EN 12350-7, Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 7: Hava Muhtevasının Tayini - Basınç Yöntemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2010.
- [17] TS EN 12390-7, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 7: Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2010.
- [18] ASTM C 597, Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, Annual Book of ASTM Standards, 2003.



*HAVA SÜRÜKLENMİŞ BETONLARIN ISIL İLETKENLİK DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ*

- [19] TS ISO 8302, Isı Yalıtımı - Kararlı Halde Isıl Direncin ve İlgili Özelliklerin Tayini - Mahfazalı Sıcak Plaka Cihazı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2002.
- [20] TS EN 12390-1, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 1: Deney Numunesi ve Kalıplarının Şekil, Boyut ve Diğer Özellikleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2014.
- [21] WHITEHURST, E.A., "Soniscope Tests Concrete Structures", Journal of the American Concrete Institute, 47, 433-444, 1951.
- [22] ZOLDNERS, N.G., "Thermal Properties of Concrete Under Sustained Elevated Temperatures", ACI Publication, SP-25, 1-31, 1971.