

HAFİF VE NORMAL AGREGALI BETONLARDA ATMOSFERİK KÜRÜN SU EMME, RÖTRE VE ISI İLETKENLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Osman GEÇTEN¹, Rüstem GÜL²

1 Atatürk Üniversitesi, ogecten@atauni.edu.tr

2 Iğdır Üniversitesi, rustem.gul@igdir.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, hafif betonlar ve bu betonlarla mukayese etmek üzere, aynı karışım özelliklerinde normal agregalı beton numuneler üretilmiş ve bu numuneler kür havuzu (suda kür) ve 4 farklı açık havada kür (atmosferik kür) olmak üzere 5 farklı kür işlemine tabi tutulmuşlardır. Daha sonra, bu kür koşullarının su emme, rötre ve ısı iletkenlik gibi parametreler üzerindeki davranışları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarda, gerek hafif ve gerekse normal betonlara uygulanan kür iyileştikçe (sulama sayısı arttıkça) su emmelerde azalma, yine sulama sayısına bağlı olarak rötrede hafif betonda %95'e kadar, normal betonlarda ise %75'e kadar bir azalma izlenmiş, ısı iletkenliklerde ise kür koşullarının diğer fiziksel özelliklere kıyasla fazla etkili olmadığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Hafif beton, Normal beton, Su emme, Rötre, Isı iletkenlik

THE EFFECTS OF ATMOSPHERIC CURE ON WATER ABSORPTION, SHRINKAGE AND HEAT CONDUCTIVITY IN LIGHTWEIGHT AND NORMAL AGGREGATE CONCRETES

Abstract

In this study, lightweight concretes and normal aggregate concretes with the same mixing properties were performed to compare with these concretes and these concrete samples were cured in 5 different curing processes, including curing pool (water curing) and 4 different outdoor curing (atmospheric curing). Then, the behaviour of these curing conditions on parameters such as water absorption, shrinkage and thermal conductivity were investigated. In the results obtained, as the cure applied to both lightweight and normal concretes improved (as the number of irrigation increased), the water absorption decreased, again depending on the number of irrigation shrinkage up to 95% in lightweight concrete, up to 75% in normal concrete was observed, and it was seen that thermal conductivity curing conditions compared to other physical properties were not effective much.

Key words: Lightweight concrete, Normal concrete, Water absorption, Shrinkage, Thermal conductivity

1.GİRİŞ

Beton, günümüzde kullanılan en önemli yapı malzemelerinden biridir. Betonun fazla kullanılmasının sebepleri arasında maliyetinin ucuzluğu, yüksek dayanımı, uzun ömür ve düşük bakım gibi özellikleri sayılabilir. Beton karışımına giren malzemelerin kurallara uygun bir şekilde karıştırılması, yerleştirilmesi ve kürü gibi özelliklere önem verilmesi betonun optimum olması için gereklidir [1, 2].

Geleneksel betonların 2400 kg/m^3 gibi bir hacim kütleyle sahip olmaları sakıncalı yönlerindedir. Bu betonlarla yapılan yapılar ağır olacağından önemli problemlere yol açmaktadır. Deprem yükleri, kütle ile doğru orantılı olduğu için geleneksel betonarme yapılara gelen deprem yükü değerleri de büyük olmaktadır [3, 4].

Normal betonlar yerine hafif beton kullanılmasının başlıca sebepleri arasında birim hacim ağırlıkta %20-25 gibi bir azalma elde edilmesi sayılabilir. Böylece yapının tüm ağırlığının azalmasıyla taşıyıcı elemanların kesitleri küçülecek, deprem esnasında daha az dinamik yükler oluşacaktır. Dinamik kuvvetlerin azalmasıyla bunların oluşturacağı gerilmelerin küçülmesi depreme karşı dayanımı artıracaktır [5].

İlk uygulamalarda hafif betonun ekonomik yararlarını, birim hacim ağırlıklarının ve ısı yalıtım katsayılarının küçüklüğü teşkil ediyordu. Ancak dolgu ve yalıtım elemanı olarak kullanılmalarından başarılı sonuçlar elde edilince hafif beton, bugün yalıtım görevine ilaveten taşıyıcı elemanlarda da kullanılmaya başlanmıştır [6].

Hafif agregalı beton üretiminde, genleştirilmiş perlit, genleştirilmiş kil gibi suni agregalar ve pomza, perlit, volkanik cüruf gibi doğal agregalar kullanılmaktadır. 1980'lere kadar özellikle hafif betonlarda suni agregalar kullanılmıştır. Fakat sonraki yıllarda enerji fiyatlarındaki aşırı yükselmeler sonrası suni hafif agregalarla üretilen hafif beton üretimi cazibesini kaybetmiş ve daha ekonomik olan doğal hafif agregalı beton üretimini ön plana çıkmıştır [7, 8].

Pomza, volkanik faaliyetler esnasında magmanın soğuyarak volkan bacasını tıkayıp ve erimiş gazların bacadan püskürmesiyle oluşan çok gözenekli, bims veya süngertaşı olarak da bilinen, Mohs Skalasına göre sertliği 5-6, birim ağırlığı $0.5-1 \text{ g/cm}^3$ olan fiziksel ve kimyasal etkenlere dayanıklı, gözenekli, camsı volkanik kökenli bir kayadır. Diğer hafif agregalara oranla en fazla kullanılan tek doğal hafif agregadır. Fazla gözenekli olmasından dolayı ısı ve ses geçirgenliği oldukça düşüktür. Bünyesinde kristal suyu yoktur, kimyasal olarak da %75 silis içerirler [9, 10].

Kür, çimentonun hidrasyonunu sağlayan, sıcaklığa bağlı olarak beton içinde nem hareketlerini yükseltmek için sürdürülen işleme verilen isimdir. Özellikle kürün amacı, mümkün olduğu kadar betonu nemli tutarak, çimento hamuru içindeki boşlukları, çimento hidrasyon ürünlerinin ihtiyacı kadar su ile doldurmaktır. Nem kürünün kesintiye uğraması, özellikle taze beton için istenmeyen bir durumdur. Ayrıca küre aralıklarla devam edilmesi de betonun ıslanma-kuruma çevrimlerine maruz kalmasına neden olacaktır, bu da kuruma aşamasında betonda çekme gerilmelerinin oluşmasına yol açacaktır [11, 12].

Yapılan bu çalışmada, pomza agregası ile hafif betonlar ve bu betonlarla karşılaştırmak üzere, normal betonlar üretilmiştir. Üretilen beton numunelere kür havuzu (suda kür) ve 4 farklı açık havada kür (atmosferik kür) olmak üzere 5 farklı kür işlemi uygulanmıştır. Uygulanan kür şartlarının su emme, rötre ve ısı iletkenlik gibi fiziksel özellikler üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

2.1.1. Çimento

Yapılan çalışmada CEM I PÇ 42.5N Portland çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

2.1.2. Pomza

Çalışmada, Van – Erciş- Kocapınar’dan sağlanan pomza agregası kullanılmıştır. Pomzanın kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir [13].

Çizelge 1. Deneyde kullanılan çimentonun özellikleri

Bileşen	Oranı %	Yoğunluk (g/cm ³)	3.13
SiO ₂	17.66	Özgül Yüzey (Blaine) (cm ² /g)	3329
Al ₂ O ₃	4.58	200 µm elek üstünde kalan (%)	-
Fe ₂ O ₃	3.11	40 µm elek üstünde kalan (%)	13.9
CaO	64.17	Priz Başlangıcı (saat-dk.)	2-33
MgO	2.76	Priz Sonu (saat-dk.)	3-28
SO ₃	2.19	Hacim Genleşmesi (mm)	3
Cl ⁻	0.0121	Basınç Dayanımı(MPa)	2.gün
Serbest CaO	0.33		7.gün
Çözünmeyen Kalıntı	1.03		28.gün
Kızdırma Kaybı	2.19		
Ölçülemeyen	3.35		

Çizelge 2. Pomza kimyasal analiz sonuçları

Bileşenler	Oran (%)
Na ₂ O	3.40
MgO	0.01
Al ₂ O ₃	13.20
SiO ₂	71.35
K ₂ O	5.00
CaO	1.84
TiO ₂	0.25
Fe ₂ O ₃	1.54
SO ₃	0.04
Kızdırma Kaybı	3.05

2.1.3. Normal Agregası

Normal agregası olarak yerel bir işletmenin hazır beton tesisinden alınan agregası kullanılmıştır. Maksimum agregası tane büyüklüğü 16 mm dir. Normal agregası özellikleri Çizelge 3' te verilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Agregası Elek Analizi

Agregası elek analizleri TS 3530 EN 933 – 1 standardına göre yapılmıştır [14]. Agregaların maksimum tane boyutu 16 mm olarak alınmıştır. Agregası tane dağılımı, TS 706 standardına göre belirlenmiştir [15].

Çizelge 3. Normal agregası özellikleri

Agregası özellikleri		Bulgular
Gevşek Bir. Ağırlık (kg/m ³)		1713
Sıkışık Bir. Ağırlık (kg/m ³)		1971
Yoğunluk (g/cm ³)	İnce Agregası	2.32
	İri Agregası	2.64
Su Emme (%)	İnce Agregası	4.76
	İri Agregası	0.96
Yıkınabilir İnce Madde Oranı (%)	İnce Agregası	0.59
	İri Agregası	0.58
Organik Kökenli Madde		Açık Sarı

2.2.2. Beton Karışım Hesapları

Normal betonların karışım hesabı TS 802'ye ve hafif betonların karışım hesabı ise TS 2511 standardına göre yapılmıştır [16, 17]. Her iki beton karışımlarında, çimento dozajı 300 kg/m³ ve su/çimento oranı 0.55 sabit tutularak malzeme miktarları belirlenmiştir. Çizelge 4'de üretilen 1 m³ karışıma girecek bileşen miktarları verilmiştir.

Çizelge 4. 1 m³ taze beton karışımına giren malzeme miktarları (kg)

MALZEMELER		Hafif beton	Normal agregalı beton
Pomza ve normal agrega	0-2 mm	274	499
	2-4 mm	178	333
	4-8 mm	284	663
	8-16 mm	114	285
Çimento		303	300
Su		163	168
Su/çimento oranı		0.54	0.56
Teorik birim ağırlık (kg/m ³)		1316	2248

2.2.3. Beton Üretimi

Hafif betonların üretiminde pomza önceden homojen bir şekilde nemlendirilmiş, daha sonra karışıma ilave edilmiştir.[18].

Taze betonların üretimi Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemesi ve Tatbiki Mekanik Laboratuvarında yapılmıştır. Betonlar laboratuvar tipi mikserde karıştırılmıştır. İlk karışım malzemesi mikserde konulmadan önce, mikserin içi nemlendirilmiştir. Karışıma girecek malzemeler sırası ile mikserde konulduktan sonra 1.5 dk süreyle karıştırılarak betonların üretimi gerçekleştirilmiştir [18].

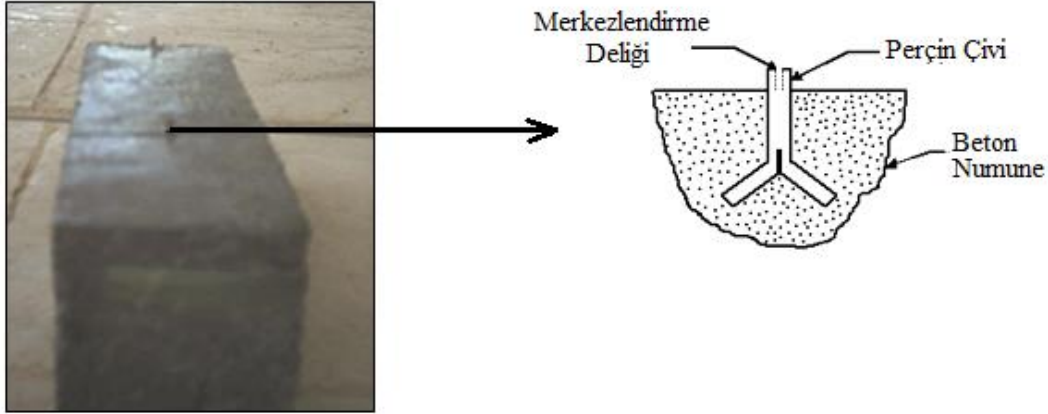
Hazırlanan taze betonların kıvamı, slump deneyi ile belirlenmiş [19] ve çökme değerleri ortalama 5 ± 1 cm alınmıştır.

Laboratuvar koşullarında (sıcaklık $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ve bağıl nem $\%45 \pm 10$) üretilen numuneler, 24 saat kalıp içinde bekletildikten sonra kalıplarından çıkarılmıştır. Bu numunelere 28 gün süre ile aşağıda belirtilen beş farklı kür işlemi uygulanmıştır:

- Numuneler kür süresince tamamen atmosferik ortamda bekletildi. (ortalama hava sıcaklığı 16.6°C , ortalama bağıl nem $\% 53.6$, ortalama rüzgar hızı 2.5 km/saat olduğu Erzurum meteoroloji müdürlüğünden alınan kayıtlarla belirlenmiştir).
- Numuneler atmosferik ortamda bekletilerek günde 1 defa (sabahları) sulandı.
- Numuneler atmosferik ortamda bekletilerek günde 2 defa (sabah ve akşam) sulandı.
- Numuneler atmosferik ortamda bekletilerek günde 3 defa (sabah, öğlen ve akşam) sulandı.
- Numuneler kür havuzunda $23 \pm 2^\circ\text{C}$ de kirece doymun suda bekletildi.

2.2.4. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Rötre deneyleri, 7x7x18 cm ebatlarında hazırlanan numuneler üzerinde yapılmıştır [18]. Betonun kalıplara yerleştirme aşamasında Şekil 1’ de görüldüğü gibi beton yüzeyinden en fazla 5 mm dışarıda kalacak şekilde pirinç çiviler yerleştirilmiştir. Numuneler kalıptan çıkarılmadan önce, bu pirinç çivilerin merkezleştirme deliklerine yerleştirilen Multi-Position Strain Gauge cihazı ile hassas bir şekilde ilk boyları (L_0) ve sonra tekrar deney yaşlarında boyları ölçülmüştür (L_1) (Şekil 2). Rötre değeri, boy değişimlerinin farkı alınarak ilk boylarına (L_0) bölünüp bulunmuştur.



Şekil 1. Pirinç çivilerin numuneye yerleştirilmiş şekli ve kesit görünüşü



Şekil 2. Multi-position strain gauge cihazı ile rötre ölçümlerinin yapılması

Isı iletkenlik ölçümleri, 7x7x18 cm boyutundaki beton prizma numuneler üzerinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar üç deneyin aritmetik ortalaması olarak alınmıştır.

Isı iletkenlik deneyleri, DIN 51046'ya (ASTM C 1113-90) uygun olarak, "sıcak tel" yöntemine göre ölçme yapan (QTM 500) cihazla yapılmıştır (Şekil 3). Bu cihazın, ölçüm aralığı 0.0116-6 W/mK arasındadır. Referans plakası okuma değeri hassasiyeti $\pm 5\%$ dir. 0.100-1000 °C sıcaklık aralıklarında ölçme yapabilir özelliktedir [20].



Şekil 3. Isı iletkenliklerin ölçülmesi

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Deneyisel çalışmada, küre işlemine tutulan numuneler şu şekilde gösterilmişlerdir; **H**; hafif betonları göstermektedir. **H₀**; kür süresince tamamen atmosferik ortamda bekletilen, **H₁**; kür süresince atmosferik ortamda bekletilerek günde 1 defa (sabahları) sulanan, **H₂**; kür süresince atmosferik ortamda bekletilerek günde 2 defa (sabah ve akşam) sulanan, **H₃**; kür süresince atmosferik ortamda bekletilerek günde 3 defa (sabah, öğlen ve akşam) sulanan ve **H_s**; kür süresince kür havuzunda $23\pm 2^\circ\text{C}$ de kirece doymun suda bekletilen numuneleri ifade etmektedir, **N**; Normal agregalı betonlarda, aynen hafif betonlar gibi **N₀**, **N₁**, **N₂**, **N₃** ve **N_s** şeklinde gösterilmişlerdir.

3.1. Su emme ile ilgili bulgular

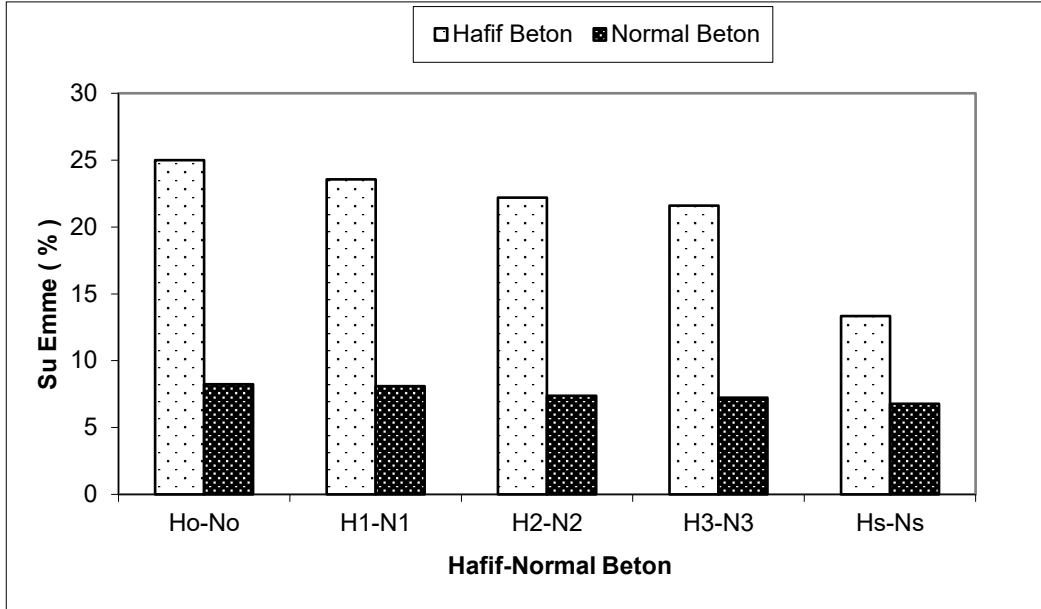
Yapılan deneysel çalışmada, normal betonların su emme değerleri, hafif betonların su emme değerlerinin yaklaşık 1/3 olduğunu göstermektedir. Demirboğa, yaptığı çalışmada hafif betonların su emmelerinin normal betonlardan daha büyük olduğunu belirtmektedir [13]. Çizelge 5'de görüldüğü gibi gerek hafif ve gerekse normal betonlara uygulanan kür iyileştikçe (sulama sayısı arttıkça) su emme değerlerinde bir azalma gözlenmektedir.

Çizelge 5. Hafif ve normal betonların farklı kür koşullarındaki su emme yüzdeleri

Farklı kür koşullarına tabi betonlar	H₀	H₁	H₂	H₃	H_s
Su emme (%)	25,00 ± 1,00	23,56 ± 2,80	22,20 ± 0,53	21,60 ± 0,20	13,34 ± 1,53
	N₀	N₁	N₂	N₃	N_s
	8,23 ± 0,15	8,10 ± 0,95	7,37 ± 0,51	7,23 ± 0,25	6,77 ± 0,15

Hafif betonların su emmeleri H_0 , H_1 , H_2 , H_3 ve H_S için sırası ile, %25, %23.56, %22.20, %21.60 ve %13.34 olarak belirlenmiştir (Çizelge 6). Buna göre. Hafif betonların su emmelerinde H_0 'a göre, H_1 de % 6. H_2 de %11, H_3 de %14 ve H_S de %46 bir azalma söz konusudur (Şekil 4).

Normal betonlarda ise, N_0 , N_1 , N_2 , N_3 ve N_S için sırası ile, %8.23, %8.10, %7.37, %7.23 ve %6.77 olan su emmelerde (Çizelge 5), N_0 'a göre, N_1 de %2, N_2 de %10, N_3 de %13 ve N_S de %19'lık bir azalma gözükmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Hafif ve normal betonlarda farklı kür koşulları ve su emme arasındaki ilişki

3.2. Rötire ile ilgili bulgular

Rötire deneylerinde, her iki seri betonun da kür havuzunda bekletilen numunelerinde “şişme” veya negatif büzülme görülmüştür. Negatif rötire, hafif betonlarda normal betonların yaklaşık iki katı kadar olmuştur (Şekil 5). Erdoğan, devamlı su içerisinde bırakılan çimento hamurlarında ve beton hacimlerinde, ağırlıklarında küçük bir artma olmakta dolayısıyla, çimento hamurunun veya betonun gösterdiği bu hacim artışını “şişme” veya “negatif büzülme” olarak belirtmektedir [21].

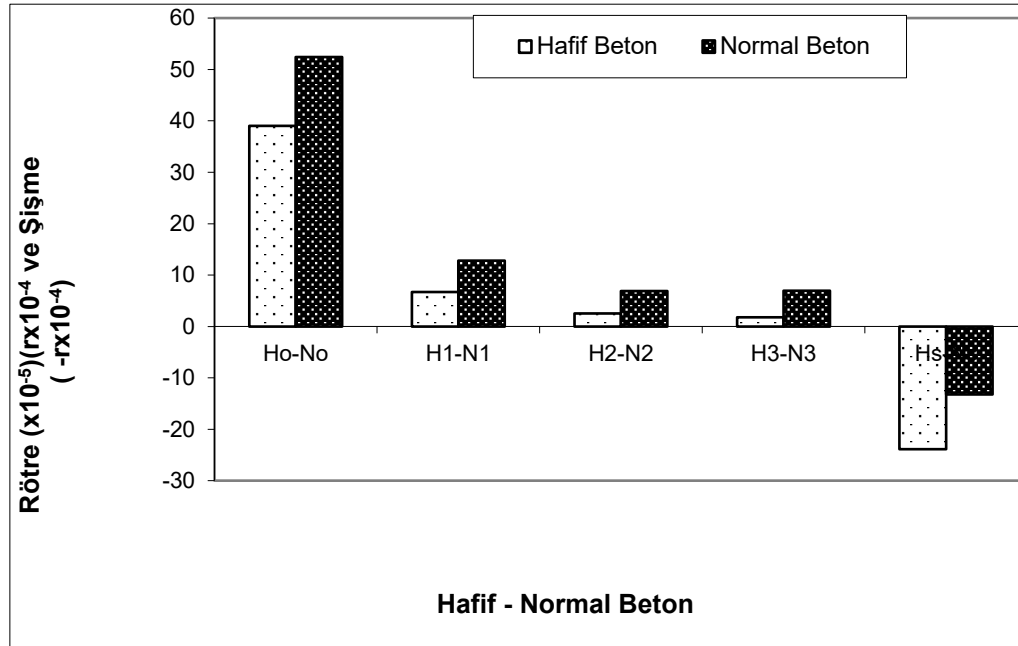
Bu çalışmada, hem hafif ve hem de normal betonların kür edilmemiş numunelerinde çok yüksek olan rötire değerleri, sulama sayısı arttıkça daha düşük değerler almıştır. Ayrıca, aynı koşullara maruz kalan hafif betonların rötire değerleri, normal betonlardan daha düşük çıkmıştır. Bu durum, pomza agregalı hafif betonlara düzenli bir kür uygulandığında çimento hamurunda oluşan rötrenin belli bir düzeye çekilebileceğini göstermektedir. Neville, rötrenin, buharlaşma sonucu betonun büzülmesiyle oluşan, iç gerilmelerle ortaya çıkan bir olay olduğu, rötrenin uzun süreli nem kürüyle düşük değerler alabileceğini belirtmektedir [11].

Çizelge 6. Hafif ve normal betonların farklı kür koşullarındaki rötre değerleri

Farklı kür koşullarına tabi betonlar	H ₀	H ₁	H ₂	H ₃	H _s
Rötre ($r \times 10^{-4}$) Şişme (- $r \times 10^{-4}$)	$39,04 \times 10^{-5} \pm 2,07 \times 10^{-5}$	$6,73 \times 10^{-5} \pm 0,64 \times 10^{-4}$	$2,54 \times 10^{-5} \pm 0,41 \times 10^{-5}$	$1,79 \times 10^{-5} \pm 0,27 \times 10^{-5}$	$-23,9 \times 10^{-5} \pm 1,91 \times 10^{-4}$
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N _s
	$52,42 \times 10^{-5} \pm 2,08 \times 10^{-5}$	$12,8 \times 10^{-5} \pm 0,94 \times 10^{-5}$	$6,91 \times 10^{-5} \pm 4,71 \times 10^{-5}$	$6,94 \times 10^{-5} \pm 4,67 \times 10^{-5}$	$-13,2 \times 10^{-5} \pm 1,58 \times 10^{-4}$

Hafif betonlarda, H₀, H₁, H₂, H₃ ve H_s için sırası ile, $39,04 \times 10^{-5}$, $6,73 \times 10^{-5}$, $2,54 \times 10^{-5}$, $1,79 \times 10^{-5}$ büzülme ve $-23,93 \times 10^{-5}$ şişme (negatif rötre) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 6). H₀'a göre, H₁ de %83, H₂ de %95 azalma H₃ de ise şişme (negatif rötre) olmuştur (Şekil 5).

Normal betonlarda ise, N₀, N₁, N₂, N₃ ve N_s için sırası ile, $52,42 \times 10^{-5}$, $12,80 \times 10^{-5}$, $6,91 \times 10^{-5}$, $6,88 \times 10^{-5}$ büzülme ve $-13,23 \times 10^{-5}$ şişme (negatif rötre) belirlenmiştir (Çizelge 6). N₀'a göre, N₁ de %76, N₂ de %87, N₃ de %86 azalma ve N_s de şişme (negatif rötre) gözükmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Hafif ve normal betonlarda farklı kür koşulları ve rötre arasındaki ilişki

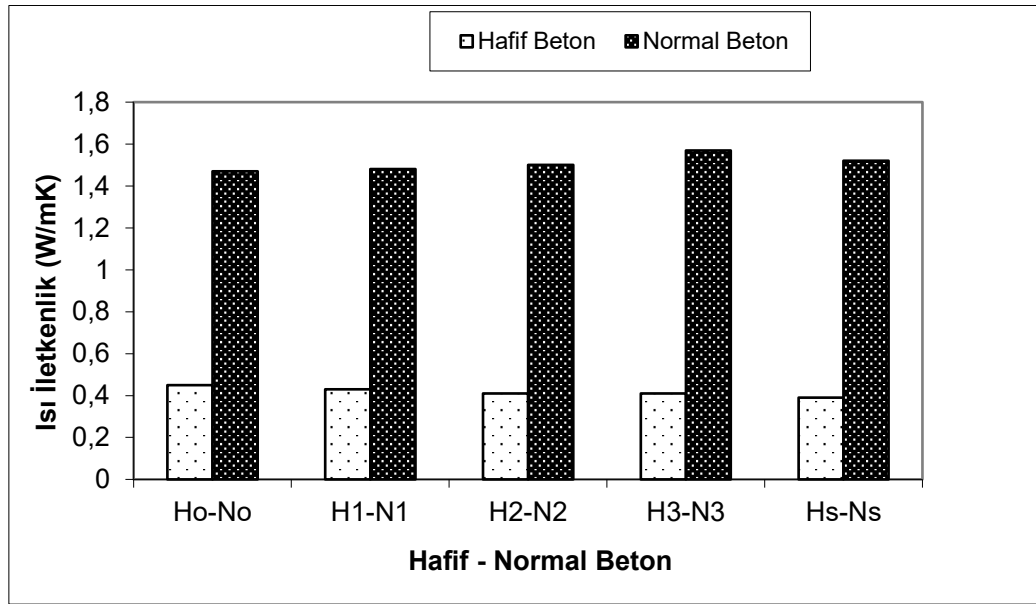
3.3. Isı iletkenlik katsayısı ilgili bulgular

Yapılan deneylerde ısı iletkenlik katsayısı değerleri, H_0 , H_1 , H_2 , H_3 ve H_8 için sırasıyla, 0,45, 0,43, 0,41, 0,41 ve 0,39 W/mK, normal betonda ise N_0 , N_1 , N_2 , N_3 ve N_8 için sırasıyla 1,47, 1,48, 1,50, 1,57 ve 1,52 W/mK olduğu Çizelge 7’de görülmektedir.

Çizelge 7. Hafif ve normal betonların farklı kür koşullarındaki ısı iletkenlik katsayıları

Farklı kür koşullarına tabi betonlar	H_0	H_1	H_2	H_3	H_8
Isı İletkenlik katsayısı (W / mK)	0,45 ± 0,02	0,43 ± 0,03	0,41 ± 0,02	0,41 ± 0,04	0,39 ± 0,04
	N_0	N_1	N_2	N_3	N_8
	1,47 ± 0,05	1,48 ± 0,11	1,50 ± 0,07	1,57 ± 0,07	1,52 ± 0,04

Hafif betonun ısı iletkenlik katsayıları normal betonun yaklaşık 1/3 kadardır (Şekil 6). Normal betonların birim ağırlıkları yüksek olduğundan ısı iletkenlik katsayıları da yüksek çıkmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda, 2320 kg/m³ kuru birim ağırlığa sahip normal betonlarda ısı iletkenlik değerleri 1.15- 1.73 W/mK (0.99-1.49 Kcal/mh°C) iken, birim ağırlıkları 960-1648 kg/m³ arasında değişen hafif betonların ısı iletkenlik katsayılarının 0.22-0.47 W/mK (0.19-0.40 Kcal/mh°C) arasında değiştiği belirtilmektedir [22, 23]. Çizelge 7’ e bakıldığında, çalışmadaki hafif ve normal betonların ısı iletkenlik katsayıları yukarıda verilen sınır değerler arasında kaldığı görülmektedir.



Şekil 6. Hafif ve normal betonlarda farklı kür koşulları ve ısı iletkenlik arasındaki ilişki

4. SONUÇLAR

Bu araştırmanın sonuçlarına göre; gerek hafif ve gerekse normal betonlara uygulanan kür iyileştikçe (sulama sayısı arttıkça) su emme değerlerinde bir azalma gözlenmektedir. Ancak hafif betonların su emme değerleri normal betonlardan daha fazladır. Yapılan deneysel çalışmada da, hafif betonların su emme değerleri, normal betonların su emme değerlerinin yaklaşık 3 katı kadardır. Hafif betonlarda özellikle uygulanan su küründe bu oran 2 katına kadar düşmektedir. Bu nedenle hafif betonların su ile temas edecek yüzeylerde kullanılırken suya karşı yalıtım yapılması gerekir.

Rötre sonuçlarına bakıldığında, gerek hafif ve gerekse normal betonlarda kür uygulanmamış numunelerde rötre çok fazla çıkmıştır. Betonlarda kür iyileştikçe sulama sayısına bağlı olarak rötrede hafif betonda %95'e kadar, normal betonlarda ise %75'e kadar bir azalma söz konusudur. Bu durum bize, betona uygulanan kürün, rötre üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Yapılan deneylerde, pomza agregalı hafif betonların ısı iletkenliklerinin, normal betonların 1/3'den daha düşük değerlerde olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, betonların ısı iletkenliklerinin daha çok birim ağırlıkla doğru orantılı olduğunu göstermektedir. Birim ağırlık arttıkça betonun ısı iletkenliği de artmaktadır. Bu çalışmada, kür koşullarının ısı iletkenlik üzerindeki etkisi incelendiğinde, diğer fiziksel özelliklere kıyasla kür koşullarının ısı iletkenlik üzerinde fazla ekili olmadığı söylenebilir.

5. KAYNAKLAR

- [1]. Bomhard, H., Lightweight concrete structures potentialites limits and realities. Jurnal of Lighthouse Concrete, v 2 (4), 193-209, 1980.
- [2]. Vaughen, J. G., Introduction to materials science and engineering laboratory. 3.rd Edition, University of Mississippi, 313-314, 1995.
- [3]. Durmuş, A. ve Aytekin , M., Betonarme inşaatta hafif betonlar, Türkiye İnşaat Mühendisliği 8. Kongresi, 229-26, Ankara, 1982.
- [4]. Hüsem, M., Doğu Karadeniz Bölgesi Doğal Hafif Agregalarından Biriyle Yapılan Hafif Betonun Geleneksel Bir Betonla Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1995.
- [5]. Postacıoğlu, B., 1987. Beton, (Bağlayıcı Maddeler, Agregalar ve Beton). Teknik Kitaplar Yayınevi, Cilt II. İstanbul.
- [6]. Durmuş, A. ve Aytekin M., 1986. Betonarme inşaatta hafif betonlar. TMMOB Haber Bülteni, sayı 8, sayfa 12 - 15, İzmir.
- [7]. Short, A. and Kinniburgh, W., Lightweight concrete. Third Edition, Printed in Great Britain by Gallord (printers) Ltd. Great Yormauth , chapter 4, pp 42 – 54, 1978.

- [8]. Urhan, S., Hafif ve çok hafif betonların karakteristik özellikleri ve teknik kapasiteleri. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, sayı 369, 34-40, 1993.
- [9]. Çankıran, O., Pomza Agregalı Hafif Betonun Mekanik Özellikleri ve Kimyasal Katkılarla Dayanımının Artırılması, SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Haziran-1998, Isparta,
- [10]. Urhan, S., Hafif ve çok hafif agregaların karakteristik özellikleri ve teknik kapasiteleri. TÇMB Çimento ve Beton Dünyası Dergisi, sayı 7, 19-28, 1997.
- [11]. Neville, A.M., 1995. Properties of concrete. Third Edition, Singapore, 605-647.
- [12]. Özer, B., Doğal puzolanlar ile üretilen betonlarda kür etkisinin incelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Y. Lisans Tezi, 2000, İstanbul.
- [13]. Demirboğa, R., Silis dumanı ve uçucu külün perlit ve pomza ile üretilen hafif beton özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Erzurum, 1999.
- [14]. TS 3530 EN 933 – 1 “Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneysel Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu”, Türk Standartları Enstitüsü, 1999.
- [15]. TS 706 “Beton Agregaları”, Türk Standartları Enstitüsü, 2003.
- [16]. TS 802 “Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları”, Türk Standartları Enstitüsü, 2009.
- [17]. TS 2511 “Taşıyıcı hafif betonların karışım hesap esasları “,Türk Standartlar Enstitüsü, 1977.
- [18]. TS 3234 ”Bims beton yapım kuralları karışım hesabı ve deney metotları”. Türk Standartlar Enstitüsü, 1978.
- [19]. TS 2871 ”Taze beton kıvam deneyi” (çökme hunisi metodu ile). Türk Standartlar Enstitüsü, 1977.
- [20]. Ürün kataloğu, Kyoto Electronics Manufacturing Co. Ltd. Japan, 2004.
- [21]. Erdoğan, T.Y., 2003, Beton, ODTÜ geliştirme Vakfı yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, 577s, Ankara.
- [22]. BRS, Manufacture and application of lightweight concrete. Overseas Division Bulding Research Station, Overseas Bulding Note, No 152, Garston, 1973.
- [23]. Camcıoğlu, V., Hafif betonlar. İmar İskan Bakanlığı Yapı Malzemesi Genel Müdürlüğü, Ankara, 1963.