

Pomza ve Normal Agregalı Betonların Kılcal Geçirimsizliği ve Basınç Dayanımları Üzerine Kürün Etkileri

Osman GEÇTEN^{1*}, Rüstem GÜL²

¹Atatürk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Programı, Erzurum, Türkiye

²Atatürk Üniversitesi, İnşaat Programı, Erzurum, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, pomza agregası ile hafif betonlar ve bu betonlarla mukayese etmek üzere, aynı karışım özelliklerinde normal agregalı betonlar üretilmiş ve 5 farklı su kürüne tabi tutulmuşlardır. Sertleşmiş beton numunelerin kılcal geçirimsizlik katsayıları 28 günde, basınç dayanımları ise 7, 14, 28, 56 ve 90 günde ölçülmüştür. Her iki seri betonda, uygulanan kür iyileştikçe kılcal geçirimsizliğin azaldığı, özellikle pomza agregalı betonların kılcal geçirimsizlik katsayılarının, normal agregalı betonlara göre daha iyi değerlerde olduğu yine, pomza ve normal agregalı betonların kür koşulları iyileştikçe ve kür süresi uzadıkça basınç dayanımlarının arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Basınç dayanımı, Kılcal geçirimsizlik katsayısı, Pomza agregalı beton, Normal agregalı beton

Capillarity Coefficient of Pumice and Normal Aggregate Concretes and Curing Effects on Compressive Strengths

ABSTRACT: In this study, normal aggregate concretes which have the same mixture properties and pumice aggregate and light concretes were produced to compare with these concretes and they were subjected to five different water curing. Capillarity coefficients of hardened concrete specimens for 28 days and their compressive strengths for 7, 14, 28, 56 ve 90 days were determined. It was seen that capillarity coefficient decreased as long as applied curing improved, especially capillarity coefficients of pumice aggregate concretes were at better ratios in terms of normal aggregate concretes and also their compressive strengths increased as long as curing conditions of pumice and normal aggregate concretes improved and curing time increased.

Keywords: Compressive strength, Capillarity coefficient, Pumice aggregate concrete, Normal aggregate concrete

1. GİRİŞ

Günümüzde kullanılan en önemli yapı malzemelerinden birisi de betondur. Beton, çimento, agrega, su ve ihtiyaç duyulduğu zaman ilave katkılarla üretilen, kalıba yerleştirilen ve uygun kür şartları altında dayanım kazanan kompozit bir malzeme olarak tarif edilmektedir. Beton, şekil verilebilme kolaylığı, fiziksel ve kimyasal dış etkilere karşı dayanıklılığı ile yapı malzemeleri içerisinde en çok tercih edilen malzemelerden biridir [1, 2].

Normal betonun birim hacim ağırlığının fazlalığı (2400 kg/m³ civarında) genellikle betonun sakıncalı yönlerinden biridir. Bu betonla yapılan yapı, ya da yapı elemanları oldukça ağır olduğundan yüksek yapılarda önemli problemlere sebebiyet vermektedir. Büyük açıklıkların geçilmesinde, bu betonlar kendi öz ağırlıklarını dahi taşıyamaz hale gelebilmektedir. Ağırlıklarının fazlalığı nedeniyle geleneksel betonla yapılan yapıların depremden daha fazla etkilenenleri de bilinen bir gerçektir [3].

Normal betonun sahip olduğu bu dezavantajları ortadan kaldırmak için, yapılan araştırmalarla hafif betonlar üretilmiştir. Hafif agregalarla üretilen betonlar birim hacim ağırlıkta %20-25 gibi bir azalma sağlamaktadır. Bu nedenle, hafiflikleri nedeniyle, kesitlerin küçülmesi ile donatı ve malzemede ekonomisi sağlanması, kullanılabilir alanların artması, ısı ve ses yalıtımı için ikinci bir malzeme kullanımına ihtiyaç göstermemesi, donma-çözülme ve ateşe dayanıklılıklarının yüksek olması ve deprem esnasında dinamik kuvvetlerin azalmasıyla bunların oluşturacağı gerilmelerin küçülmesi dolayısı ile depreme karşı dayanımlarının yüksek olması hafif betonların başlıca kullanılma sebepleri arasında sayılabilir [4, 5].

Hafif agregalı beton üretiminde, genişletilmiş kil, genişletilmiş perlit ve uçucu kül gibi yapay agregalar kullanılabildiği gibi pomza, ham perlit, diatomit ve volkanik cüruf gibi doğal agregalar da kullanılmaktadır. 1959 – 1980’li yıllara kadar taşıyıcı hafif beton üretiminde yapay agregalar yaygın olarak kullanılmıştır. Ancak sonraki yıllarda enerji fiyatlarında görülen artışlar yapay hafif agregayla üretilen hafif betonlara olan talebi azaltmış ve çok daha ekonomik üretilen doğal hafif agregalı betonları daha cazip hale getirmiştir [6, 7].

*Sorumlu Yazar: Osman GEÇTEN, ogecteni@atauni.edu.tr

Günümüzde hafif agregalı beton üretiminde yaygın olarak kullanılan doğal hafif agregalardan biri de pomzadır. Pomza, volkanizma faaliyetleri sırasında yüksek sıcaklık ve basınç altında eriyik halde bulunan magmanın, yeryüzünden atmosferin üst katmanlarına doğru püskürmesiyle ani olarak soğuması ve bünyesindeki gazların uzaklaşması neticesinde kristalleşmeye fırsat bulamadığı için çok gözenekli bir yapıya kavuşan piroklastik bir kayadır. Pomzanın, düşük birim hacim ağırlığı, yüksek ısı ve ses izolasyonu, iklimlendirme özelliği, kolay sıva tutması, mükemmel akustik özelliği, deprem yük ve davranışları karşısındaki elastikiyeti ve alternatiflerine göre daha ekonomik olması gibi üstün özelliklerinden dolayı inşaat ve yapı endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır [8].

Betonun yerleştirilmesinden sonra hidrasyon, priz ve sertleşme olaylarının oluşması için betonun devamlı rutubetli tutulması gerekir. Bu amaçla yapılan işleme kür denir. Suyun eksikliği nedeniyle çimentonun hidrasyonu yavaşlar veya durur, dolayısıyla betonun mukavemet özelliklerinin gelişimi de durur. Kür işlemi, yeterli rutubetli ortamın sürdürülmesiyle istenen özelliklerin kazanılmasıdır. Betonun iyi bir şekilde kür edilmesiyle dayanıklılık, dayanım, geçirimsizlik, aşınmaya karşı direnç, hacim sabitliği (rötre) gibi özelliklerde iyileşme sağlanır [9, 10].

Ülkemizde kür işlemi çoğunlukla beton kalıba yerleştirildikten sonra, bir hafta süre ile günde 1-2 kez sulama şeklinde yapılmaktadır. Bu çalışmada, üretilen pomza agregalı ve normal agregalı beton numuneler, dış ortamda uygulamada yapıldığı gibi günde 1,2 ve 3 kez sulanarak, hiç kür edilmeden dış ortamda ve devamlı suda bekletilerek 5 farklı küre tabi tutulmuşlardır. Daha sonra, kür koşullarının kılcal geçirimsizlik ve basınç dayanımları gibi parametreler üzerindeki davranışları incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyaller

2.1.1. Çimento

Bu çalışmada bağlayıcı madde olarak Aşkale Çimento Fabrikası ürünü CEM I, PÇ 42.5 portland çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1’ de verilmiştir.

Çizelge 1. Çimentonun fiziksel ve mekanik özellikleri

| | |
|------------------------------------|-------|
| Özgül Ağırlık (g/cm ³) | 3.13 |
| Özgül Yüzey (cm ² /g) | 3329 |
| 0.2 mm elek üstünde kalan (%) | - |
| 0.04mm elek üstünde kalan (%) | 13.9 |
| Priz Başlangıcı (saat-dak.) | 2-33 |
| Priz Sonu (saat-dak.) | 3-28 |
| Hacim Genleşmesi (mm) | 3 |
| | 2.gün |
| | 23.6 |

| | | |
|-----------------------|--------|------|
| Basınç Dayanımı (MPa) | 7.gün | 36.4 |
| | 28.gün | 47.2 |

2.1.2. Pomza

Bu çalışmada Van – Erciş yöresi Kocapınar mevkiindeki volkanik cüruf ocağından sağlanan pomza kullanılmıştır. Pomzanın kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2’ de verilmiştir [11].

Çizelge 2. Pomzanın kimyasal analizi

| Kimyasal Bileşen | % 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. Agregası

Normal agregası olarak Korkmazlar Hazır Beton Tesisinden alınan agregası kullanılmıştır. Maksimum agregası büyüklüğü 16 mm dir. Normal agregasının özellikleri Çizelge 3’ te verilmiştir.

Çizelge 3. Normal agregasının fiziksel ve kimyasal özellikleri

| Özellikler | Bulgular | |
|---|---------------|------|
| Gevşek Birim Ağırlık (kg/m ³) | 1713 | |
| Sıkışık Birim Ağırlık (kg/m ³) | 1971 | |
| Özgül Ağırlık (g/cm ³) | İnce Agregası | 2.32 |
| | İri Agregası | 2.64 |
| Su Emme (%) | İnce Agregası | 4.76 |
| | İri Agregası | 0.96 |
| Yıkabilir İnce Madde Oranı (%) | İnce Agregası | 0.59 |
| | İri Agregası | 0.58 |
| Organik Kökenli Madde (Renk Skalası ile Belirlenmiştir) | Açık Sarı | |

2.2. Metot

2.2.1. Agregası Elek Analizi

Pomza agregalarının ve Normal agregasının elek analizleri TS 3530 EN 933 – 1’e göre yapılmıştır [12]. Karışımda kullanılan agregaların maksimum tane boyutu 16 mm olarak alınmıştır. Agregası tane dağılımı, en büyük tane çapına bağlı olarak TS 706’ da verilen sınır değerleri arasında kalacak şekilde, tek tip granülometri

kullanılmıştır [13]. Ocaktan alınan tuvenan pomzanın elek analiz sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Pomzanın elek analiz sonuçları

| Elek Açıklığı (mm) | Elek Üzerinde Kalan(g) | Yığılımlı Kalan (g) | % Kalan | % Geçen |
|-----------------------|------------------------|---------------------|---------|---------|
| 16 | 7.05 | 7.05 | 0 | 100 |
| 8 | 108.72 | 115.77 | 6 | 94 |
| 4 | 464.28 | 580.02 | 30 | 70 |
| 2 | 620.48 | 1200.05 | 63 | 37 |
| 1 | 298.20 | 1498.70 | 79 | 21 |
| 0.5 | 130.10 | 1628.80 | 86 | 14 |
| 0.25 | 98.26 | 1727.06 | 91 | 9 |
| E. Altı | 185.40 | 1902.06 | 100 | 0 |
| İncelik modülü : 4.55 | | | | |

2.2.2. Beton Karışım Hesapları

Normal betonların karışım hesabında TS 802, hafif betonların karışım hesabında TS 2511'e esas alınmıştır [14, 15]. Beton karışımlarında, çimento dozajı 300 kg/m³ ve su/çimento oranı 0.55 sabit olacak şekilde 1 m³ beton için malzeme miktarları tespit edilmiştir. Pomza ile hafif betonlar ve normal agregalı betonlar olmak üzere toplam 360 numune üretilmiştir. Karışım oranları Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Beton karışım oranları

| ÖZELLİK | | Pomza agregalı beton | Normal agregalı beton |
|---|------|----------------------|-----------------------|
| Pomza ve normal agregası (kg/m ³) | 0-2 | 274 | 499 |
| | 2-4 | 178 | 333 |
| | 4-8 | 284 | 663 |
| | 8-16 | 114 | 285 |
| Çimento dozajı (kg/m ³) | | 303 | 300 |
| Su miktarı (kg/m ³) | | 163 | 168 |
| Çökme (cm) | | 4.0 | 5.0 |
| Su/çimento oranı | | 0.54 | 0.56 |
| Teorik birim ağırlık (kg/m ³) | | 1316 | 2248 |

2.2.3. Beton Üretimi

Pomza agregalı betonların üretiminde, pomza uzun süre laboratuvar ortamında kaldığından ve dolayısıyla kuru olduğundan dolayı karışıma sokulmadan 24 saat önce homojen bir şekilde nemlendirilmiş [16].

Betonların üretiminde 60 dm³ hacimli laboratuvar tipi betoniyer kullanılmıştır. Betoniyere ilk karışım malzemesi konulmadan önce, betoniyerin içi nemlendirilmiştir. Daha önce homojen bir şekilde nemlendirilen pomza ve karışıma girecek malzemeler sırasıyla iri agregası, ince agregası, su ve çimentonun tamamı betoniyere konulduktan sonra 1.5 dakika süreyle

karıştırılarak hafif ve normal betonların üretimi gerçekleştirilmiştir [16].

Kıvam, slump deneyi (çökme deneyi) ile belirlenmiştir [17]. Kıvam ölçülmesi, karışım hesaplarının sonucuna göre işlenebilirliği belirlemek için yapılmış ve çökmenin ortalama 5±1 cm olduğu görülmüştür.

Üretilen numuneler, laboratuvar koşullarında 24 saat bekletildikten sonra kalıpları çıkarılarak, şantiye betonları kuru ile benzerlik oluşturacak şekilde beş farklı ortamda ve 7, 14, 28, 56 ve 90 gün süreyle;

Kür uygulanmadı (Kür süreleri boyunca hiç kür uygulanmadan dış ortamda "korumasız ortamda" bekletildi. Kür süresince ortalama hava sıcaklığı 16.6 oC, ortalama bağıl nem % 53.6, ortalama rüzgar hızı 2.5 km/saat olmuştur).

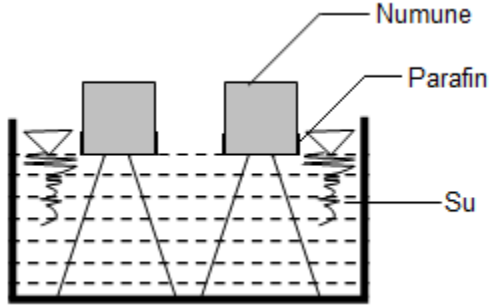
- Günde 1 sulama (dış ortamda bekletilerek, sadece sabahları sulandı).
- Günde 2 sulama (dış ortamda bekletilerek, sabah ve akşam sulandı).
- Günde 3 sulama (dış ortamda bekletilerek, sabah, öğlen ve akşam sulandı).
- Suda kür (kür havuzunda 23±2oC de kirece doymuş suda bekletildi)'e tabi tutulmuşlardır.

2.2.4. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Basınç dayanımı deneyi için 100x200 mm silindirik ve kılcak geçirimsizlik katsayısı deneyleri içinde 70x70x70 mm küp numuneler hazırlanmıştır. Beton numunelerin 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük basınç dayanımları ELE marka 100 tonluk hidrolik dijital presle belirlenmiştir.

Kılcak geçirimsizlik deneylerinde kullanılacak numuneler etüvde 105±5oC de değişmez ağırlığa kadar kurutulduktan sonra yan yüzleri su geçirmemesi için

parafinle kaplandıktan sonra sadece alt yüzden kılcal su emmeleri sağlanmıştır (Şekil 1). Geçirimsizlik katsayısı $k=q2/t$ eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır [18]. Burada “q” birim cm^2 alandan emilen su miktarı, “t” emilen su miktarı için geçen süre (dak.), “k” ise geçirimsizlik katsayısıdır (cm^2/dak).



Şekil 1. Kılcal geçirimsizlik düzeneği

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Deneylerde, küre tabii tutulan numuneler çizelgelerde ve şekillerde aşağıdaki belirtilen grup isimleriyle gösterilmişlerdir; H; Pomza agregalı hafif

betonları göstermektedir. H0, H1, H2., H3 ve HS sırası ile susuz kür, günde 1 defa sulama, günde 2 defa sulama, günde 3 defa sulama ve su kürünü ifade etmektedir. N; Normal agregalı betonları göstermektedir. N0, N1, N2., N3 ve NS sırası ile susuz kür, günde 1 defa sulama, günde 2 defa sulama, günde 3 defa sulama ve su kürünü ifade etmektedir.

3.1. Kılcal geçirimsizlik ile ilgili bulgular

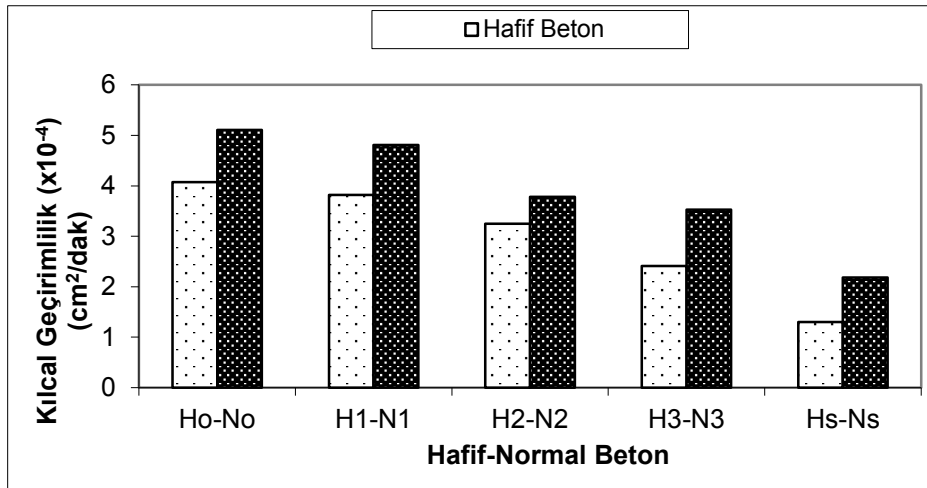
Deneylerde, pomza agregalı betonların kılcal geçirimsizlik katsayıları, normal betonlara göre daha düşük değerlerde çıkmıştır. Her iki seri betonda, uygulanan kür iyileştikçe geçirimsizliğin azaldığı Çizelge 6’da gözükmektedir. Bu da, iyi kür uygulandığında hafif betonların, normal betonlara göre daha iyi hidratasyon yaptığını dolayısıyla sürekli olan kılcal boşlukları kesikli duruma getirdiğini göstermektedir. Taşdemir, C., yaptığı çalışmada hidratasyonun sürekliliği için betona uygulanan özellikle su kürünün dayanımdan çok geçirimsizliği etkilediğini belirtmektedir [19].

Çizelge 6. Hafif ve normal betonların farklı kür koşullarındaki kılcal geçirimsizlik

| Farklı kür koşullarına tabii betonlar | H ₀ | H ₁ | H ₂ | H ₃ | H _s |
|---------------------------------------|---|---|---|---|---|
| Kılcal Geçirimsizlik (cm^2/dak) | $4,07 \times 10^{-4} \pm 0,79 \times 10^{-4}$ | $3,82 \times 10^{-4} \pm 1,04 \times 10^{-4}$ | $3,25 \times 10^{-4} \pm 0,95 \times 10^{-4}$ | $2,41 \times 10^{-4} \pm 1,13 \times 10^{-4}$ | $1,30 \times 10^{-4} \pm 0,39 \times 10^{-4}$ |
| | $5,11 \times 10^{-4} \pm 2,19 \times 10^{-4}$ | $4,81 \times 10^{-4} \pm 2,19 \times 10^{-4}$ | $3,78 \times 10^{-4} \pm 3,03 \times 10^{-4}$ | $3,53 \times 10^{-4} \pm 3,01 \times 10^{-4}$ | $2,18 \times 10^{-4} \pm 2,35 \times 10^{-4}$ |

Pomza agregalı betonların kılcal geçirimsizlik katsayıları H0, H1, H2., H3 ve HS için sırası ile, $4,07 \times 10^{-4}$, $3,82 \times 10^{-4}$, $3,25 \times 10^{-4}$, $2,41 \times 10^{-4}$ ve $1,30 \times 10^{-4}$ olarak tespit edilmiştir. Bu betonlarda, H0 grup beton ile, H1 grup betonlar arasında %6, H2 grup betonlar arasında

%20, H3 grup betonlar arasında %41 ve HS grup betonlar arasında kılcal geçirimsizlikte %68 bir azalma gözlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Pomza agregalı ve normal agregalı betonda farklı kür koşulları ve kılcal geçirimsizlik arasındaki ilişki

Normal agregalı betonlarda ise, kılcal geçirimsizlik katsayıları N0, N1, N2., N3 ve NS için sırası ile, 5.11×10^{-4} , 4.81×10^{-4} , 3.78×10^{-4} , 3.53×10^{-4} ve 2.18×10^{-4} olarak belirlenmiştir. Bu betonlarda, N0 grup beton ile, N1 grup betonlar arasında %6, N2 grup betonlar arasında %26, N3 grup betonlar arasında %31 ve NS grup betonlar arasında kılcal geçirimsizlikte %57 bir azalma gözlenmiştir (Şekil 2).

3.2. Basınç Dayanımı İle İlgili Bulgular

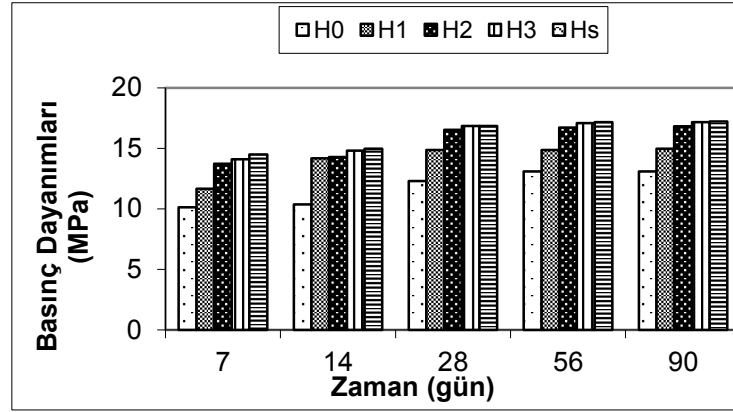
Farklı kür koşullarına tabi tutulmuş H0, H1, H2, H3 ve HS hafif betonların basınç dayanımları Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Hafif betonun farklı kür koşullarındaki basınç dayanımları

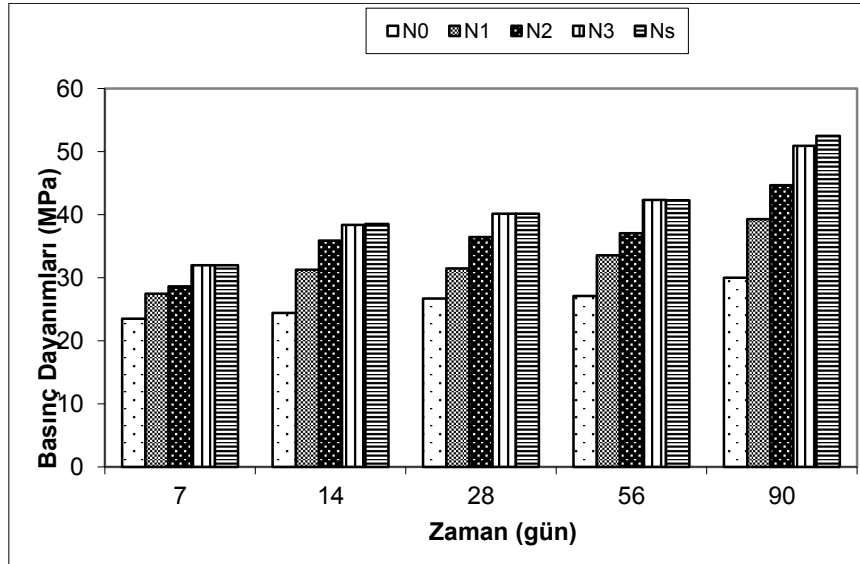
| Farklı kür koşullarına tabi betonlar | | H ₀ | H ₁ | H ₂ | H ₃ | H _s |
|--------------------------------------|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Basınç Dayanımı (MPa) | 7 | 10,12 ± 1,49 | 11,66 ± 0,27 | 13,72 ± 0,02 | 14,10 ± 0,03 | 14,48 ± 0,74 |
| | 14 | 10,37 ± 0,22 | 14,18 ± 0,63 | 14,28 ± 0,47 | 14,82 ± 0,02 | 14,96 ± 0,02 |
| | 28 | 12,29 ± 1,41 | 14,86 ± 0,54 | 16,54 ± 0,38 | 16,86 ± 0,25 | 16,84 ± 0,03 |
| | 56 | 13,08 ± 0,38 | 14,86 ± 0,02 | 16,72 ± 0,02 | 17,09 ± 0,04 | 17,16 ± 0,02 |
| | 90 | 13,09 ± 0,31 | 14,98 ± 0,04 | 16,82 ± 0,02 | 17,16 ± 0,07 | 17,21 ± 1,26 |

Hafif betonun farklı kür koşullarında basınç dayanımları 7 gün ile 90 günlük zaman aralığında 10.12-17.21 MPa arasında değiştiği çizelge 3.2'de görülmektedir. 7 günlük basınç dayanımlarında H0'a göre, H1 de %15, H2 de %36, H3 de %39 ve HS de %44 artmıştır. Bu artış 14 günde sırasıyla, %37, %38, %43 ve %44, 28 günde, %21, %35, %37 ve %38, 56 günde, %14, %28, %31 ve %31, 90 günde, %14, %29, %31 ve %31 artış olmuştur. Elde edilen sonuçlar Şekil 3'te görülmektedir. Çalışmada hafif ve normal betonların her ikisinde de, en yüksek basınç dayanımına su küründe ve 90 günlük kür süresinde ulaşılmıştır. Balayssac, ve

arkadaşları, yaptıkları çalışmada özellikle kür koşulları ve zamanının betonun basınç dayanımı üzerine önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmektedirler [20]. Hafif betonlar 28 günlük kür süresinde basınç dayanımlarının %95-98'ni, normal betonlarda %85-90'ını almıştır. Bu durum, hafif agregat tanelerinin içinde bulundukları suyu, su rezervi olarak kullanarak betonun kürüne yardımcı olduğu ve dolayısıyla betonun daha kısa sürede dayanım kazanmasını sağladığı söylenebilir.



Şekil 3. Pomza agregalı betonda farklı kür koşulları ve basınç dayanımı ilişkisi



Şekil 4. Normal agregalı betonda farklı kür koşulları ve basınç dayanımı ilişkisi

Çizelge 8. Normal betonun farklı kür koşullarındaki basınç dayanımları

| Farklı kür koşullarına tabi betonlar | | N ₀ | N ₁ | N ₂ | N ₃ | N _s |
|--------------------------------------|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Basınç Dayanımı (MPa) | 7 | 23,48 ± 1,16 | 24,43 ± 0,46 | 26,68 ± 1,50 | 27,10 ± 0,02 | 29,97 ± 0,87 |
| | 14 | 27,46 ± 3,36 | 31,24 ± 0,66 | 31,45 ± 1,05 | 33,55 ± 0,04 | 39,28 ± 4,55 |
| | 28 | 28,61 ± 1,01 | 35,89 ± 1,09 | 36,46 ± 0,96 | 37,05 ± 0,02 | 44,65 ± 1,30 |
| | 56 | 31,98 ± 1,85 | 38,39 ± 0,52 | 40,13 ± 0,11 | 42,33 ± 0,02 | 50,91 ± 4,72 |
| | 90 | 31,97 ± 0,02 | 38,53 ± 0,50 | 40,17 ± 0,11 | 42,27 ± 0,70 | 52,47 ± 1,75 |

Normal agregalı betonun farklı kür koşullarında basınç dayanımlarında ise 7 gün ile 90 gün de 23.5- 52.5 MPa arasında değişmektedir (Çizelge 8). 7 günlük basınç dayanımlarında N₀'a göre, N₁ de %4, N₂ de %14, N₃ de %15 ve N_s de %28 artmıştır. Bu artış 14 günde sırasıyla, %14, %15, %22 ve %43, 28 günde, %25, %27, %29 ve %56, 56 günde, %20, %26, %32 ve %59, 90 günde, %21,

%26, %32 ve %64 artış gözlenmiştir. Sonuçlar Şekil 4'de görülmektedir.

Her iki seri betonda da kür uygulanmamış numuneler ile kür uygulanmış numuneler arasında, sulama sayısı arttıkça dayanımlarda artışlar gözlenmiştir. Ancak, kür uygulanmayan numune ile kür havuzunda bekletilen numune arasında, normal betonda kür

sürelerine göre, 7 günde %28, 14 günde %43, 28 günde %56, 56 günde %59 ve 90 günde %64 oranında doğru orantılı bir dayanım artışı varken, hafif betonda bunun tersi durum gözlenmiştir. Şöyle ki, kür uygulanmayan numuneler ile kür havuzunda bekletilen numuneler arasında 7 ve 14. günlerde basınç dayanım artış oranı %44 olurken, artış oranlarında 28, 56 ve 90. günlerde sırasıyla %38, %31 ve %31 azalma izlenmiştir.

Diğer taraftan, kür süresi arttıkça dayanımlarda artışlar gözlenmiştir. Ancak, her kür koşuluna göre, 7 ve 90 günlük kür periyotları arasında normal betonlarda, N0 betonda %36, N1 betonda %58, N2 betonda %51, N3 betonda %56 ve NS betonda % 75 gibi kür iyileştikçe çok yüksek dayanım artış oranları gözlenirken, bu artış oranları hafif betonlarda, H0 betonda %29, H1 betonda %28, H2 betonda %23, H3 betonda ise %22 ve HS betonda ise %18 gibi kür iyileştikçe az dayanım artış oranları gözlenmiştir.

4. SONUÇLAR

- Pomza agregalı betonlar ile normal agregalı betonların kılcal geçirimsizlikleri incelendiğinde her iki seri betonda da kür koşulları iyileştikçe veya diğer bir deyişle düzenli uygulanan su kürüyle kılcal geçirimsizliklerde azalma izlenmiştir.
- Pomza agregalı betonların kılcal geçirimsizlikleri normal agregalı betonlardan daha düşük değerler almıştır. Bu durum, pomza agregalı betonlarda sürekli kılcal boşlukların, normal agregalı betonlardan daha az olduğunu göstermektedir.
- Pomza agregalı betonlarda, sulama sayısı ve kür süresi arttıkça basınç dayanımlarında artışlar izlenmiştir. Bu dayanım artışları, özellikle kür havuzunda kür edilen numuneler ile günde üç defa sulanan numunelerde 28 gün ve daha sonraki günlerde yakın seviyelerde seyretmiştir. Yine, kür uygulanmamış numuneler ile kür uygulanan numunelerde 14. güne kadar basınç dayanımlarında net bir artış izlenirken, 28 ve daha sonraki günlerde çok azda olsa artış oranlarında düşme görülmüştür. Bu durum, pomza agregalı betonların, en fazla 14 gün süreyle, günde bir defa dahi sulamanın basınç dayanımlarının yaklaşık %80'ni kazanmada yeterli olduğunu göstermektedir.
- Normal agregalı betonlarda ise, sulama sayısı ve kür süresi arttıkça orantılı olarak basınç dayanımları artmıştır. Özellikle kürün devam ettirilmesine bağlı olarak, 28. günden sonrada basınç dayanımlarında önemli oranda artışların devam ettiği gözlenmiştir. Bu sonuçlar, normal

agregalı betonların kür süresinin ve sulama sayısının, pomza agregalı betonlardan daha fazla olması gerektiğini göstermektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1]. Bomhard, H., 1980. Lightweight concrete structures potentialities limits and realities. *Journal of Lightweight Concrete*, v 2 (4), 193-209.
- [2]. Vaughen, J. G., 1995. *Introduction to materials science and engineering laboratory*. 3rd Edition, University of Mississippi, 313-314.
- [3]. Durmuş, A. ve AYTEKİN, M., 1982. Betonarme inşaat hafif betonlar, Türkiye İnşaat Mühendisliği 8. Kongresi, 229-26, Ankara.
- [4]. Taşdemir, M. A., 1982. Taşıyıcı hafif agregalı betonların elastik ve elastik olmayandıravranışları. İTÜ İnşaat Fakültesi, Doktora tezi, İstanbul
- [5]. Postacıoğlu, B., 1987. Beton, (Bağlayıcı Maddeler, Agregalar ve Beton). Teknik Kitaplar Yayınevi, Cilt II. İstanbul
- [6]. Short, A. and Kinniburgh, W., 1978. *Lightweight concrete*. Third Edition, Printed in Great Britain by Gallord (printers) Ltd. Great Yarmouth, chapter 4, pp 42 - 54.
- [7]. Urhan, S., 1993. Hafif ve çok hafif betonların karakteristik özellikleri ve teknik kapasiteleri. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, sayı 369, 34-40.
- [8]. Davraz, M., 2001. Pomzanın endüstriyel kullanım alanları. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta.
- [9]. Uluata, A. R., 1981. Beton malzemeleri ve beton, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını, Erzurum.
- [10]. Balaýssac, J. P., Detriche, Ch. H. and Diabat, N., 1998. Effect of wet curing duration upon mechanical properties of commonly - used concretes. *Materials and Structures*, v 30, pp 284 - 292.
- [11]. Demirboğa, R., 1999. Silis dumanı ve uçucu külün perlit ve pomza ile üretilen hafif beton özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Erzurum.
- [12]. TS 3530 EN 933 - 1 "Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu", Türk Standartları Enstitüsü, 1999.
- [13]. TS 706 "Beton Agregaları", Türk Standartları Enstitüsü, 2003.

- [14]. TS 802 “Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları”, Türk Standartları Enstitüsü, 2009.
- [15]. TS 2511: Taşıyıcı hafif betonların karışım hesap esasları. Türk Standartlar Enstitüsü,1977.
- [16]. TS 3234: Bims beton yapım kuralları karışım hesabı ve deney metotları. Türk Standartlar Enstitüsü, 1978.
- [17]. TS 2871: Taze beton kıvam deneyi (çökme hunisi metodu ile). Türk Standartlar Enstitüsü,1977.
- [18]. Taşdemir, C., 2003. Hafif betonların ısı yalıtım ve taşıyıcılık özellikleri. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, sayı 427, 57-61.
- [19]. Taşdemir, C., 1998. Mineral katkıların ve kür koşullarının betonun kılcal geçirimsizliğine etkileri. Beton-Çimento ve Boya Semineri, 47-56, Ankara.
- [20]. Balayssac, J. P. ; Detriche, Ch. H. ; Grandet, J., 1995. Effects of curing upon carbonation of concrete. construction and bulding materials. v 9, pp 91 - 95.