

Doğal Zeolitten Üretilen Hafif Betonun Tarımsal Yapılarda Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma

C. B. Şişman

İ. Kocaman

E. Gezer

Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Tekirdağ

Bu çalışmada, doğal zeolit (Klinoptilolit) kullanılarak üretilen hafif betonların fiziksel, mekanik ve termal özellikleri belirlenerek, tarımsal yapılarda kullanılabilirliğinin saptanması amaçlanmıştır. Bu amaçla 300 dozlu olarak üretilen hafif betonun hazırlanmasında agrega karışımına %25, %50, %75 ve %100 oranında doğal zeolit ilave edilmiştir. Üretilen beton örneklerinde 28. gündeki basınç dayanımı, birim ağırlığı, su emme oranı, don dayanıklılığı ve ısı iletkenlik katsayıları belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda üretilen hafif betonların basınç dayanımlarının farklı karışım oranlarına bağlı olarak 136-235 kg/cm² arasında, birim ağırlıklarının 1500-1900 kg/cm³ arasında değiştiği belirlenmiştir. Üretilen tüm hafif betonlar don dayanıklı çıkarken, su emme oranlarının %8 in altında kaldığı görülmüştür. Ayrıca üretilen hafif betonların ısı iletkenlik katsayılarının 0,5-0,8 kcal/m²Ch arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, doğal zeolit, hafif beton üretiminde dayanım, dayanıklılık ve ısı yalıtımı açısından tarımsal yapılarda kullanılabilir potansiyel bir malzemedir.

Anahtar Kelimeler: Hafif beton, zeolit, fiziksel ve mekanik özellikler, termal özellikler

A Research on Using Possibility of Lightweight Concrete Produced with Natural Zeolite in Agricultural Buildings

The objective of this research is to investigate physical, mechanical and thermal properties of lightweight concrete to be produced using natural zeolite and usable of farm buildings. The lightweight concretes of 300-dosages were produced adding different amount of zeolite into normal aggregate (%25, 50, 75, 100). The compressive strength, oven dry unit weight, water absorption rate, freezing-thawing test and thermal conductivity of produced lightweight concrete were determined after 28 days.

According to the result, the comprehensive strengths and oven dry unit weights of the lightweight concrete changed between 136 and 235 kg/cm² and between 1500 and 1900 kg/cm³, respectively. All produced concretes were resistant to freezing. Water absorption rates of the concretes were below %8. In addition, thermal conductivities varied from 0,5 to 0,8 kcal/m²Ch. It may be concluded that, zeolite is a potential materials to produce a lightweight concrete in terms of its strength, resistance and insulation and to offer using possibility of the agricultural buildings.

Keywords: Lightweight concrete, zeolite, physical and mechanical properties, thermal properties

Giriş

Yapı malzemeleri arasında dünyada en fazla kullanılan malzeme olan beton, tarımsal yapılarda da en geniş kullanılan malzemelerin başında gelmektedir. Çok yaygın kullanıma sahip olmasına karşın, betonun özellikle ısı ve ses iletkenliğinin yüksek ve ağır olması, yapılarda önemli sorunlara neden olmaktadır. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak amacıyla araştırmacılar hafif, daha iyi yalıtım özelliğine sahip ve ucuz yeni betonlar üretme yoluna

gitmişlerdir. Betonun ısı iletimi, içerdiği çimento miktarının artmasıyla ve düşük ısı iletkenliğine sahip agrega kullanılmasıyla azaltılabilmektedir (Uysal ve Ark. 2004). Ancak beton içerisindeki çimento miktarının çok fazla değiştirilememesi nedeniyle, beton üretiminde ısı iletkenliği düşük veya hafif agrega kullanımı daha fazla önem kazanmıştır (Paramasivam ve Loke, 1980).

Hafif beton teknik, ekonomik ve çevresel avantajları sayesinde yapılar için çok yönlü kullanılan bir materyal olmuş ve yeni milenyumda yapılarda daha fazla kullanılmaya başlamıştır (Haque ve ark. 2004). Hafif betonun yapı malzemesi olarak kullanımı ile yapı yükünün azaltılması dolayısıyla malzeme yönünden ekonomi ve düşük birim ağırlığı sayesinde de yüksek ısı ve ses yalıtımı gibi yararlar sağlanmıştır (Bomhard, 1980).

Doğal veya yapay agregalardan üretilen hafif betonlar dayanım ve birim ağırlık bakımından üç sınıfa ayrılmaktadır. Düşük dayanım (küp örneklerin) ve düşük birim ağırlığa (7-20 kg/cm², 250-750 kg/m³) sahip birinci kategorideki hafif betonlar yalıtım malzemesi olarak, orta dayanıma (20-142 kg/cm² ve 1000-1400 kg/m³) sahip ikinci kategorideki betonlar blok duvar yapımında ve dayanımı yüksek (173-418 kg/cm² ve 1500-2000 kg/m³) üçüncü kategorideki yapısal betonlar ise taşıyıcı yapı elemanlarında kullanılmaktadır (Sarı ve Pasamehmetoglu, 2005).

Kosmatka ve Panarese (1992) hafif betonları birim ağırlık ve 28 günlük küp örneklerin basınç dayanımlarına göre, birim ağırlıkları 1400-1800 kg/m³ arasında, basınç dayanımları ise 170 kg/cm² den büyük olan hafif betonlara yapısal hafif beton, birim ağırlıkları 800-1400 kg/m³, basınç dayanımları ise 70-170 kg/cm² arasında olanlara orta dayanımlı hafif beton, birim ağırlıkları 800 kg/m³ den küçük, basınç dayanımları ise 7-70 kg/cm² arasında olanlara ise düşük dayanımlı yalıtım ve dolgu betonları adını vermiştir.

Chi ve ark. (2003) doğal hafif agregalar ile ürettikleri hafif betonlar üzerinde yaptıkları bir çalışmada, küp örneklerin basınç dayanımlarının 217-491 kg/cm² arasında değiştiğini saptamıştır.

Turgutalp ve Örüng (1992) doğal pomza ile 300, 400 ve 500 dozlu olarak ürettikleri hafif betonların birim ağırlıklarının sırasıyla 1631, 1660 ve 1698 kg/m³, silindir örneklerin basınç dayanımlarının ise 80.6, 101 ve 109.8 kg/cm² arasında değiştiğini saptamışlardır.

Örüng ve Şahin (1995) Erzurum Köprüköy ocaklarından sağlanan hafif agregayla ürettikleri betonun, 75, 100, 150, 200, 250 ve 300 kg/m³ dozajlardaki 28 günlük silindir örneklerin basınç dayanımının sırasıyla 17, 21, 28, 45, 66 ve 101 kg/cm², su emme oranlarının

% 14, 11.5, 7.4, 5.6, 4.1 ve 3.2, birim ağırlıkların ise 1572, 1672, 1724, 1823, 1848 ve 1865 kg/m³ olduğunu belirlemişlerdir.

Demirboga ve ark. (2001) ısı işlem görmüş perlit içerisine farklı oranlarda uçucu kül ilave ederek 200 dozlu ürettikleri hafif betonların 28. gündeki birim ağırlıkların 735-1154 kg/m³ arasında değiştiğini, maksimum küp örneklerin basınç dayanımının ise %60 perlit ilave edildiğinde 127 kg/cm² olduğunu belirtmişlerdir.

Yasar ve ark. (2003) sünger taşı ile üretilen beton içerisine %20 oranında uçucu kül eklemişler ve küp örneklerin basınç dayanımının 285-295 kg/cm² olduğunu belirlemişlerdir. Aynı çalışmada yapı betonlarının en düşük basınç dayanımlarının 173 kg/cm² olması gerektiğini de ifade etmişlerdir.

Mannan ve ark. (2006) hafif beton üretiminde kaba agrega olarak palmye kabuklarını kullanmışlar ve %20 oranında kabuk ile üretilen hafif betonların su emme oranının %18-20, birim ağırlıklarının 1860-1930 kg/m³ arasında ve 28. gündeki küp basınç dayanımlarının ise 234 kg/cm² olduğunu saptamışlardır.

Topçu (2006) hafif betonları yalıtım betonu, hem yalıtım hem taşıyıcı beton ve taşıyıcı hafif betonarme (öngerilmeli beton) olmak üzere üç sınıfa ayırmıştır. Her üç sınıf hafif beton için birim ağırlık, basınç dayanımı (küp örneklerin) ve ısı iletkenlik katsayılarının ise sırasıyla 1. sınıf hafif beton için 200-600 kg/m³, 2-25 kg/cm², 0,05-0,20 kcal/m²Ch, 2. sınıf hafif betonlar için 600-1200 kg/m³, 25-101 kg/cm², 0,20-0,45 kcal/m²Ch, 3. sınıf için ise 1200-2000 kg/m³, 101-606 kg/cm² ve 0,45-1 kcal/m²Ch arasında olduğunu ifade etmiştir.

Uysal ve ark. (2004) farklı dozaj ve karışım oranlarında sünger taşı ile üretilen hafif betonlar üzerine yaptıkları bir çalışmada, karışımdaki sünger taşı oranı % 25, 50 ve 75 olması durumunda hafif betonların birim ağırlıklarının sırasıyla 2270, 1990 ve 1761 kg/m³, ısı iletkenlik katsayılarının ise 1.253, 1.160, 1.006 ve 0.905 kcal/m²Ch olduğunu saptamışlardır.

Gündüz ve Uğur (2005) farklı oranlardaki sünger taşı ve çimento miktarları ile üretilen betonlarda, sünger taşı/ çimento oranı 2/1, 3/1 ve 4/1 olması durumunda 28 günlük basınç dayanımının sırasıyla 266, 195 ve 149 kg/cm²,

birim ağırlıkların 1271, 1234 ve 1150 kg/m³ ve %3 nemdeki ısı iletkenlik katsayılarının 0.391, 0.328 ve 0.296 kcal/m²Ch olduğunu belirlemişlerdir.

Al-Jarbi ve ark. (2005) polistren agregalar ve ucucu kül ile üretilen hafif betonlar üzerine yaptıkları bir çalışmada, yoğunlukları 600, 800 ve 1000 kg/m³ olacak şekilde polistren ve uçucu kül ile ürettikleri betonların ısı iletkenlik katsayılarının sırasıyla 0.114, 0.186 ve 0.258 kcal/m²Ch olduğunu belirlemişler ve uçucu kül ile polistren arasında önemli bir farkın ortaya çıkmadığını saptamışlardır.

Hafif beton üretimini sınırlandıran tek faktör hafif agrega ihtiyacıdır (Haque ve ark. 2004). Günümüzde hafif beton üretiminde sünger taşı, magnezyum mikası, perlit, pomza, volkanik tüfler, tras ve cüruf gibi çeşitli hafif agregalar kullanılmaktadır. Son yıllarda beton üretiminde hafif agrega olarak kullanılmaya başlayan bir diğer hammadde ise zeolittir (Klinoptilolit).

Doğada büyük rezervler halinde bulunan Zeolitlerin, işletilmesinin diğer madenlere göre daha kolay ve ucuz olması, yüksek boşluk miktarı, düşük ağırlığı, homojen yapısı, kolay işlenebilmesi, genişlemeye uygun olması ve sıkışmaya ve aşınmaya karşı dayanımının yüksek olması nedeniyle inşaat sektöründe daha fazla tercih edilebilecek bir mineraldir. Bu özelliklerinden dolayı özellikle fazla yük taşımayan tarımsal yapılarda zeolit kullanımı,

sağlayacağı yüksek ısı yalıtımı dolayısıyla yapı içerisindeki optimum çevre koşullarının kolaylıkla yaratılması ile verim artışının sağlanmasında, depolama kayıplarının azaltılmasında ve ısıtma ve havalandırma sorunlarının çözümünde önemli rol oynayacaktır. (Anonim, 2001).

Bu çalışmada, yüksek miktarda zeolit rezervine sahip olan ülkemizde yeni yeni inşaat sektöründe telaffuz edilmeye başlayan doğal zeolit (Klinoptilolit) kullanılarak üretilen hafif betonların, farklı karışım oranlarına bağlı olarak fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve tarımsal yapılarda kullanım olanakları araştırılmıştır.

Materyal Metot

Araştırmanın materyalini öğütülmüş doğal zeolit (Klinoptilolit), doğal agrega, çimento, şebeke suyu ve bunlarla üretilen hafif beton oluşturmuştur. Hafif beton üretiminde kullanılan zeolit (Klinoptilolit) dünyadaki en yüksek saflık oranına sahip olduğu (%96 saflıkta) Manisa Gördes yöresindeki ocaklardan temin edilmiştir. Araştırmada TS EN 197-1'e (Anonim, 2005) göre üretilen PÇ 425 (portland) çimentosu ve en büyük tane büyüklüğü 8 mm olan kırma taş ve doğal kum kullanılmıştır.

Araştırma materyalini oluşturan zeolit ve doğal agrega örnekleri üzerinde yapılan kimyasal ve fiziksel analiz sonuçları Çizelge 1 de verilmiştir.

Çizelge 1. Zeolit ve doğal agreganın belirlenen çeşitli kimyasal ve fiziksel özellikleri
Table 1. Chemical and physical properties of zeolite and natural aggregate

Malzeme (Material) Özellik (Properties)	Doğal Agregada (Natural Aggregate)		Zeolit (Zeolite)	
	İnce (Slight)	İri (Coarse)	İnce (Slight)	İri (Coarse)
SiO ₂ (%)	89.82	43.64	71.0	
CaO (%)	0.10	18.49	3.40	
Fe ₂ O ₃ (%)	0.48	12.84	1.70	
Al ₂ O ₃ (%)	4.89	10.22	11.80	
K ₂ O (%)	2.95	0.03	2.40	
MgO (%)	0.39	7.82	1.40	
Gevşek Birim Ağırlık (kg/m ³) (Loose Unit Weight)	1540	1462	1196	1131
Sıkışık Birim Ağırlık (kg/m ³) (Condensed Unit Weight)	1635	1619	1326	1205
Özgül Ağırlık (g/cm ³) (Specific Gravity)	2.70	2.79	1.65	1.70
Su Emme (%) (Water Absorption)	1	0.6	19	18

Beton içerisine katılan zeolitler Erdoğan (2004)' da, Turgutalp ve Örüng (1992) de belirtilen en büyük tane çapı 8 mm olan hafif betonlar granümetri eğrilerine uygun olacak şekilde harmanlanmıştır. Elde edilen hafif agregası (zaolit), en büyük tane çapı 8 mm olan doğal beton agregası içerisine %100 (Z1), %75 (Z2), %50 (Z3) ve %25 (Z4) oranlarında katılarak hafif beton agregası oluşturulmuştur. Agregası karışımının hazırlanmasında her oran için bileşime girecek malzemeler öncelikle kuru olarak iyice karıştırılarak ve homojen bir karışım oluşturulmuştur. Belirtilen karışım oranlarında oluşturulacak beton agregasına ait granümetri eğrisi Anonim (2004) de, birim ağırlık Anonim (1981a; 2004) de, su emme Anonim (1980; 2004) de belirtilen yöntemle belirlenmiştir. Hafif beton agregasının granümetrisi Erdoğan (2004)' da belirtilen sınırlar içerisinde tutulması amaçlanmıştır.

Hafif beton örneklerinin üretiminde çimento dozajı sabit tutulmuş ve 300 kg/m³ doz uygulanmıştır.

Çoğunlukla hafif agregalı betonların net su/çimento oranı, karışım hesabına temel olabilecek yeterli doğrulukta saptanamadığından, hafif agregalı beton karışımları önerilen koşuldaki kıvamda, çimento dozuna göre bir seri deney karışımı yapılarak hesaplanması gerekmektedir. Bu nedenle, üretilen hafif betonun yapımında Anonim (1977; 2002a)' den yararlanılarak çökme değeri yaklaşık 5±1 cm (Kosmatka ve Panarese, 1992) olacak şekilde bir seri deney karışımı yapılarak agregası-çimento içerisine katılacak su miktarları belirlenmiştir.

Oluşturulan beton karışım oranlarının (Z1, Z2, Z3 ve Z4) her birinde basınç dayanımı, dona dayanıklılık, su emme ve birim ağırlık ve

ısı iletkenlik katsayılarının üçparalelli olarak belirlenmesi için toplam 60 adet küp örnek (15x15x15 cm³) hazırlanmıştır.

Örneklerin kalıplanmasında Anonim (2002b)' de belirtilen yöntem uygulanmıştır.

Kalıplara dökülen örnekler 24 saat bekletildikten sonra kalıplardan çıkarılmış ve deney gününe kadar 20±2 °C sıcaklıkta su içerisinde bekletilerek normal kür uygulanmıştır (Anonim 2002b). Hazırlanan örneklerin 28 gün sonunda basınç dayanımı Anonim (1990; 2003) de, su emme Örüng, (1995) ve Anonim (1981b) de, dona dayanıklılık Ekmekyapar ve Örüng (2001) de, birim ağırlık Anonim (1981b)' de belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır. Ayrıca üretilen hafif betonların ısı iletkenlik katsayılarının belirlenmesinde McClune ve Moorhouse (1981) de verilen eşitlik (Eşitlik 1) kullanılmıştır.

$$\lambda_{kuru} = 0,0728 e^{0,00128\gamma_{kuru}} \quad (1)$$

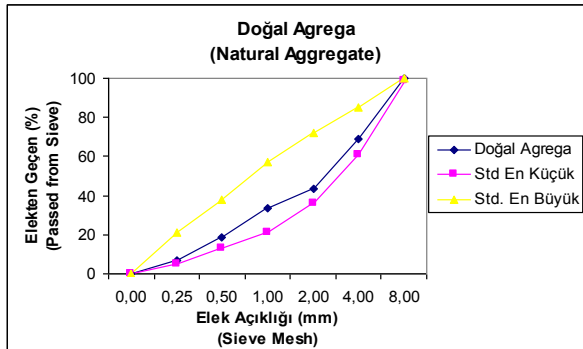
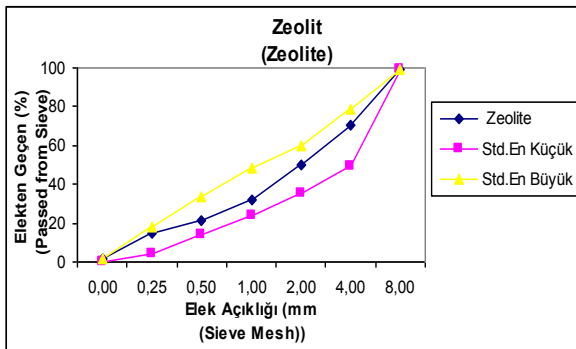
λ_{kuru} : Isı iletkenlik katsayısı (kcal/hm°C)

γ_{kuru} : Birim ağırlık (Kg/m³)

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Hafif beton üretiminde kullanılan doğal agregası ve zeolit' e ait granümetri eğrileri Şekil 1 de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi gerek doğal agregası gerekse zeolit Turgutalp ve Örüng (1992), Erdoğan (2004) ve Anonim (2004) de verilen sınırlar içerisinde kalmıştır.

Zeolit kullanılarak dört farklı karışım oranında 300 dozlu hazırlanan beton örneklerinin içerisine giren malzeme miktarları Çizelge 2 de verilmiştir.



Şekil 1. Zeolit ve Doğal agreganın granümetri eğrileri
Figure 1. Grading curves of zeolite and natural aggregate

Çizelge 2. Beton karışımına giren malzeme miktarları

Table 2. Amount of the materials in the concrete mixture

Karışım (Mixture)	Zeolit (kg) (Zeolite)		Doğal Agrega (kg) (Natural Aggregate)		Çimento (kg) (Cement)	Su (L) (Water)	Su/Çimento Oranı (Water/Cement Ratio)	Çökme Miktarı (Slump)
	İnce (Slight)	İri (Coarse)	İnce (Slight)	İri (Coarse)				
Z1	21.72	23.91	-	-	12.3	19.25	1.560	6
Z2	16.32	13.68	6.54	10.16	12.3	16	1.300	5.5
Z3	11.49	8.42	13.64	19.87	12.3	14	1.138	6
Z4	5.81	4.19	20.38	30.98	12.3	12.3	0.97	6

Çizelge 2' den de görüldüğü gibi hazırlanan taze betonlarda özellikle su/çimento oranları oldukça yüksek çıkmıştır. Bu durum özellikle zeolitin yüksek boşluk miktarına sahip olması ve su emme oranının (%18) yüksek olmasından ileri gelmiştir.

Üretilen hafif beton örneklerinin 28 gün normal kür uygulandıktan sonra yapılan basınç dayanımı, birim ağırlık, su emme, dona dayanıklılık ve ısı iletkenlik katsayılarının ortalamaları Çizelge 3 de verilmiştir.

Çizelge 3. Sertleşmiş hafif betona ait fiziksel, mekanik ve termal özellikler

Table 3. Physical, mechanical and thermal properties of the lightweight concrete

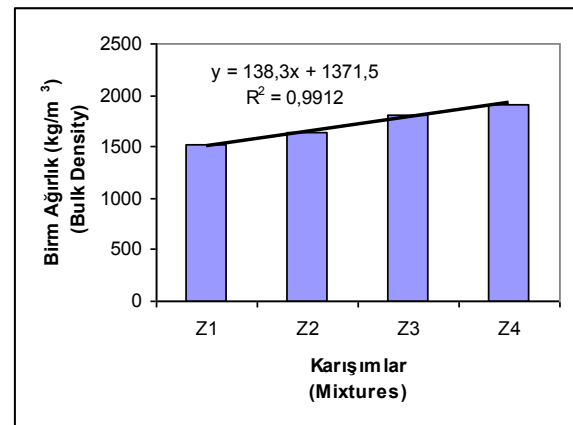
Konular (Matter)	Z1	Z2	Z3	Z4
Basınç Dayanımı (kg/cm ²) (Compressive Strength)	136	140	165	235
Birim Ağırlık (kg/m ³) (Bulk Density)	1514	1631	1808	1916
Su Emme (%) (Water Absorption)	8.3	7.8	6.4	6.1
Dona Dayanıklılık (Basınç Dayanımı kg/cm ²) (Freezing-Thawing Strength)	110	124	139	202
Isı İletkenlik katsayısı (kcal/m ² Ch) (Thermal conductivity)	0.50	0.58	0,73	0.84

Çizelge 3 den görüldüğü gibi zeolitin tek başına kullanılması ile üretilen hafif betonun basınç dayanımı 136 kg/cm², ve içerisine %25, %50 ve %75 oranında doğal zeolitin katılması durumunda basınç dayanımı sırasıyla 140, 165 ve 235 kg/cm² ye çıkmıştır. Aynı örneklerin fırın kuru birim ağırlıkları da sırasıyla 1514, 1631, 1808 ve 1916 kg/m³ olmuştur. Şekil 2 de farklı karışım oranlarına göre üretilen hafif beton sınıflarının birim ağırlık değişimi, Şekil 3'de ise birim ağırlıklar ile basınç dayanımları arasındaki ilişki verilmiştir.

Şekil 2 den görüldüğü gibi, karışıma giren zeolit miktarı azaldıkça üretilen hafif betonun birim ağırlığı doğrusal olarak azalmaktadır. Bunun nedeni karışıma giren zeolitin sahip olduğu yüksek boşluk oranı ve hafifliğidir.

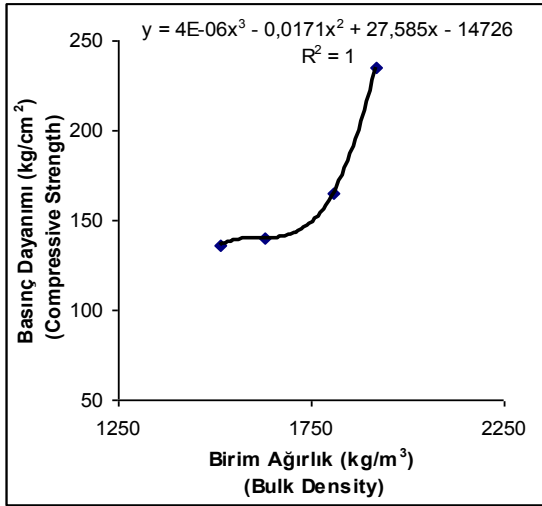
Şekil 3' de görüldüğü gibi birim ağırlık ve basınç dayanımları arasında polinom bir ilişki söz konusudur. Yani karışım içerisine giren zeolit miktarı azaldıkça birim ağırlık

ve buna bağlı olarak ta basınç dayanımı önemli ölçüde artmaktadır.



Şekil 2. Zeolit karışım oranlarına bağlı olarak birim ağırlıklar

Figure 2. The Lightweight classes and their oven-dry bulk density

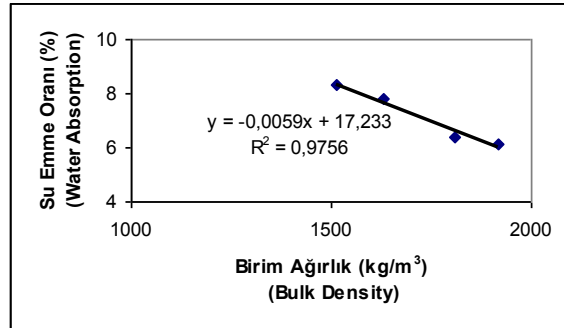


Şekil 3. Zeolit ile üretilen hafif beton sınıflarının birim ağırlık-basınç dayanımı ilişkisi
Figure 3. Relationship between the oven dry-bulk density and comprehensive strength of the lightweight concret produced by zeolite.

Farklı malzemelerden üretilen hafif betonlar ile zeolit kullanılarak üretilen hafif beton karşılaştırıldığında; zeolitli betonların basınç dayanımı ve birim ağırlık açısından daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Özellikle zeolit miktarının %50 nin altında tutulması durumunda elde edilen basınç dayanımının normal agregalı betonların dayanım değerlerine çok yaklaştığı diğer bir ifade ile yapısal hafif beton ($170 \text{ kg/cm}^2 <$) (Kosmatka ve Panarese 1992) olarak kullanılabilir düzeyde ulaştığı söylenebilir. Zeolit miktarının %50 den fazla olduğu durumlarda ise üretilen betonun orta dayanımlı ($70\text{-}170 \text{ kg/cm}^2$) hafif beton sınıfı içerisine girmektedir (Kosmatka ve Panarese 1992). Üretilen hafif betonların tamamı Topçu (2006)ya göre 3.sınıf veya en yüksek dayanımlı hafif betonlar içerisinde yer almıştır. Ünal ve Uygunoğlu (2007) de belirtilen sınıflandırmaya göre ise, zeolit ile üretilen betonlardan zeolit miktarı %50 ve üstünde olması durumunda hafif taşıyıcı yalıtım beton ($101\text{-}203 \text{ kg/cm}^2$), %50' den az olması durumunda hafif taşıyıcı beton sınıfı içerisinde yer almıştır.

Tamamen zeolit ile üretilen hafif betondan elde edilen 136 kg/cm^2 basınç dayanımının, pomza ile üretilen hafif betonda $80.6\text{-}109.8 \text{ kg/cm}^2$ arasında olan (Turgutalp ve Örüng 1992), perlitle üretilende ise 127 kg/cm^2 (Demirboga ve Ark. 2001) olan dayanım değerlerinin üzerindedir.

Sertleşmiş hafif betonlarda su emme değerleri (Çizelge 3) %6.1 ile %8.3 arasında değişmiştir. Turgutalp ve Örüng (1992) pomza kullanarak ürettikleri hafif betonda su emme oranının çimento dozajına bağlı olarak %9-33 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Örüng (1995) diatomit ve pomza kullanarak ürettikleri hafif betonun su emme oranının %15-28 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Unal ve Uygunoğlu (2007) diatomitin ile ürettikleri hafif betonun su emme oranının %30-46 arasında değiştiğini saptamışlardır. Sonuç olarak zeolit kullanılarak üretilen hafif betonun su emme oranları farklı hafif agregalarla üretilen betonlara göre oldukça düşük düzeyde kalmıştır.



Şekil 4. Zeolit ile üretilen hafif beton sınıflarının birim ağırlık-su emme oranı ilişkisi
Figure 4. Relationship between the unit weight and water absorption ratio of the lightweight concret produced by zeolite.

Şekil 4'den de görüldüğü gibi, hafif betonun birim ağırlığı ile su emme oranları arasında doğrusal ve ters bir ilişki mevcuttur. Birim ağırlığın artması ile beton içerisinde boşluk miktarının azalması sonucunda su emme oranları düşmüştür. Karışıma giren zeolit miktarının azalması

ve zeolitin boşluk oranının fazla ve hafif olması nedeniyle su emme oranları azalmıştır.

Zeolitle farklı karışım oranlarında üretilen tüm betonların dona dayanıklılık açısından yeterli dayanıklılığa sahip olması da özellikle soğuk bölgelerde bu hafif betonun kullanılabilirliğini daha da arttırmaktadır. Çünkü üretilen tüm örneklerin dona dayanıklılık deneyleri sonucundaki basınç dayanımı kayıpları %20 nin altında kalmıştır.

Üretilen hafif betonların ısı iletkenlik katsayıları 0,50-0,84 kcal/m°C arasında değişmiştir (Çizelge 3). Doğal zeolitin kullanılması ile ısı iletkenliği azaltılmış olmasına karşın perlit ve pomza gibi diğer hafif agregalarla yapılan betonlara oranla biraz daha yüksektir. Turgutalp ve Örüng (1992) pomza kullanarak ürettikleri hafif betonda ısı iletkenlik katsayısının 0,20-0,33 kcal/m°C arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Örüng (1995) diyatomit ve pomza ile üretilen hafif betonlarda ısı iletkenliğinin 0,20-0,35 kcal/m°C arasında değiştiğini belirtmiştir. Park ve Chisholm (Al-Jarbi ve Ark. 2005) polistren agregalar ve ucucu kül ile üretilen hafif betonlarda ısı iletkenliğinin 0.11-0.26 kcal/hm°C arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Topçu (2006) ısı iletkenlik katsayılarına göre hafif betonları üç sınıfa ayırmış ve iletkenlik katsayıları 0,05-0,20 kcal/hm°C arasında olan betonlara yalıtım betonu, iletkenlik katsayıları 0,2-0,45 kcal/hm°C arasında olanlara hem yalıtım hem taşıyıcı beton ve 0,45-1.00 kcal/hm°C arasında değişenlere ise taşıyıcı hafif betonarme veya öngerilmeli beton olarak adlandırmıştır. Doğal zeolitle üretilen hafif beton termal özellikleri açısından yeterli yalıtım özelliği gösterdiğini söylemek mümkündür.

Sonuç ve Öneriler

Hafif beton üretiminde doğal zeolitin kullanılabilirliği üzerine yapılan bu çalışma sonucunda, üretilen hafif betonların basınç dayanımının oldukça yüksek çıkması, bu

betonların taşıyıcı elemanlarda da kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Özellikle tarımsal yapıların tek katlı olmaları ve yapı yükünün az olması nedeniyle rahatlıkla taşıyıcı elemanlarda kullanılması mümkündür. Ayrıca birim ağırlığının normal betona göre %40 daha düşük olması nedeniyle yapı yükünün daha azaltılması sağlanmış olacaktır. Bu sayede gerek malzeme tasarrufu, gerekse çeşitli doğal afetler sonucunda tarımsal yapılara karşılaşılan büyük can ve mal kayıplarının azaltılması da sağlanmış olacaktır.

Zeolit ile üretilen hafif betonların özellikleri içerisinde tarımsal yapılar açısından en önemli olanı ısı iletkenlik özelliğidir. Çünkü tarımsal yapılarda karşılaşılan sorunların başında yapı içerisindeki iklimsel çevre koşullarının kontrolü gelmektedir. Uygun çevre koşullarının oluşturulmasında yapı elemanlarından meydana gelen ısı kayıplarının azaltılmasının etkisi büyüktür. Bu nedenle tarımsal yapılarda ısı iletkenliği düşük malzemelerin kullanılması ile ısı kayıplarının azaltılması ve yapı içerisinde uygun çevre koşullarını oluşturulması kolaylaşacaktır. Zeolit kullanılarak üretilen hafif betonun ısı iletkenlik katsayısının normal betona göre %50 oranında azalmış olması, yapı elemanları yoluyla ortaya çıkan kayıpların önemli miktarda azaltılmasını sağlayacaktır. Zeolitin gerek taşıyıcı elemanlarda gerekse sıvada kullanılması durumunda ısı kayıpları düşürülmüş olacak, böylece ısıtma sorunlarının aşılmasına katkı sağlamış olacaktır.

Zeolitin hafif beton üretiminde kullanılması durumunda su emme oranları açısından da olumlu katkısı olacaktır. Su emme oranlarının %8 in altında kalması ve diğer hafif agregalara göre çok daha düşük olması zeolit ile üretilen hafif betonun tarımsal yapılarda kullanılabilirliğini arttırmaktadır. Özellikle sıva da kullanılması ile hem su emme açısından yeterli bir dayanıklılık sağlanmış olacak

hem de ısı yalıtımının artırılması ile yapı içerisindeki çevre koşullarına olumlu bir etki yapılmış olacaktır.

Sonuç olarak zeolitın hafif betonda kullanılması ile dayanım ve dayanıklılığı yeterli, ısı iletkenliği düşük bir malzeme üretilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların ışığında, hafif beton üretiminde

karışıma girecek zeolit miktarının kullanım amacına bağlı olarak %50 ile %75 arasında olması uygundur. Çünkü bu aralığın üzerindeki zeolit miktarlarında dayanım özellikleri azalmakta, bu aralığın altındaki zeolit miktarlarında ise ısı iletimi artmaktadır.

Kaynaklar

- Al-Jarbi K.S., A.W. Hago, A.S. Al-Nuaimi, A.H. Al-Saidy. 2005. Concrete Blocks for Thermal Insulation in Hot Climate. *Cement and Concrete Research* 35: 1472-1479.
- Anonim. 1977. Taşıyıcı Hafif Betonların Karışım Hesapları. TS 2511. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara, 135s.
- Anonim. 1980. Beton agregalarında özgül ağırlık ve su emme oranı tayini (TS 3526). Türk Standartları Enstitüsü. Ankara, 13 s.
- Anonim. 1981a. Beton Agregalarında Birim Ağırlıkların Tayini. TS 3530. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara, 12 s.
- Anonim. 1981b. Sertleşmiş Betonda Özgül Ağırlık, Su Emme ve Boşluk Oranı Tayini Metodu. TS 3624. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara, 9 s.
- Anonim. 1990. Beton Basınç Mukavemeti Tayini. TS 3114. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara, 11 s.
- Anonim. 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu (Mika-Zeolit- Lületaş). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT 2619- ÖİK 630. Ankara, 45 s.
- Anonim. 2002a. Beton-Taze Beton Deneyleri-Bölüm 2: Çökme Deneyi. TS EN 12350-2. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara, 15 s.
- Anonim. 2002b. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Kürenmesi. TS EN 12390-2. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara, 12 s.
- Anonim. 2003. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini. TS EN 12390-3. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara, 10 s.
- Anonim. 2004. Hafif agregalar. Beton Harç Ve Şerbette Kullanım için. TS 1114 EN 13055-1. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara, 16 s.
- Anonim, 2005. Çimento, Bölüm 1: Genel Çimentolar – Bileşim Özellikleri ve Uygunluk Kriterleri, TS EN 197-1. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Bomhard, H. 1980. Lightweight Concrete Structure, Potentialities, Limits and Realities. *The International Journal of Lightweight Concrete*. 2 (4): 193-195.
- Chi J.M., R. Huang, C.C. Yang and J.J. Chang. 2003. Effect of Aggregate Properties on the Strength and Stiffness of Lightweight Concrete. *Cement and Concrete Composites*. 25: 197-205.
- Demirboğa R., İ.Örüng and R.Gül, 2001. Effects of Expanded Perlite Aggregate and Mineral Admixtures on The Compressive Strength of Low Density Concretes. *Cement and Concrete Research, Elsevier Ltd*. 31: 1627-1632.
- Ekmekyapar T. Ve İ. Örüng, 2001. İnşaat Malzeme Bilgisi. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No:145, Erzurum, 234 s.
- Erdoğan T.Y. 2004. Sorular ve Yanıtlarıyla Beton Malzemeleri. Türkiye Hazır Beton Birliği, ISBN 975-92122-1-8, Ankara, 85 s.
- Gunduz L. and I. Uğur. 2005. The Effects of Different Fine and Coarse Pumice Aggregate/Cement Ratio on the Structural Concrete Properties Without Using Any Admixtures. *Cement and Concrete Research*. 35: 1859-1864.
- Haque M.N., H. Al-Khaiata and O. Kayalı, 2004. Strength and Durability of Lightweight Concrete. *Cement & Concrete Composites*. Elsevier Ltd. Number 26: 307-314.
- Kosmatka S.H. and W.C.Panarese, 1992. Design and Control of Concrete Mixture. Portland Cement Association Publication, Illinois, USA.
- Mannan M.A., J. Alexander, C. Ganapathy, D.C.L. Teo, 2006. Quality Improvement of Oil Palm Shell (OPS) as Coarse Aggregate in Lightweight Concrete. *Building and Environment*. 41: 1239-1242.
- McClune C.R. and J. Moorhouse, 1981. The Development of Waterproof Insulating Materials Based on Lightweight Concrete. *Magazine of Concrete Research*. 33 (114):35-40.
- Örüng İ. 1995. Tarımsal Yapılarda Öğütülmüş Hafif Agreganın Kullanılabilme Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi. 26(1): 90-111.
- Örüng İ. Ve S. Şahin, 1995. Köprüköy (Pasinler) Yakınındaki Ocaklardan Sağlanan Doğal Hafif Agregadan Yöredeki Tarımsal Yapılarda Yararlanabilme Olanakları Üzerine Bir

- Araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi. 26 (2):194-202.
- Paramasivam P. and Y.O. Loke, 1980. Study of Sawdust Concrete. International Journal of Lightweight Concrete. 2(1):57-61.
- Sarı D. And A.G. Pasamehmetoglu, 2005. The Effects of Gradation and Admixture on The Pumice Lightweight Aggregate Concrete. Cement and Concrete Research, Elsevier Ltd. 35: 936-943.
- Topçu İ.B. 2006. Beton. İnşaat Müh. Odası Eskişehir Odası Yayınları, Uğur Ofset A.Ş. Eskişehir, s.183-185.
- Turgutalp E.Ü. ve İ.Örüng, 1992. Doğal Hafif Agregalı Betonların Donma-çözülme Etkisi Altındaki Bazı Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi. 23(2): 72-88.
- Uysal H., R.Demirboğa, R.Şahin and R.Gül, 2004. The Effects of Different Cement Dosage and Pumice Aggregate Ratios on The Thermal Conductivity and Density of Concrete. Cement and Concrete Research, Elsevier Ltd. 34: 845-848.
- Ünal O. Ve T. Uygunoğlu, 2007. Diatomitin Hafif Beton Üretiminde Kullanılması. İMO Teknik Dergisi. 1: 4025-4034.
- Yasar E., C.D. Atis, A.Kılıç, H.Gulsen, 2003. Strength Properties of Lightweight Concrete Made with Balastic Pumice and Fly Ash. Materials Letters. 57: 2267-2270.