



Makale

Normal, Hafif ve Yarı Hafif Beton Blokların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması

Güngör SERİN^a, Osman ÇANKIRAN^a, Celalettin BAŞYİĞİT^a,
Hasan Hüseyin TAŞ^a, , Mehmet FENKLİ^a

^aSüleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Isparta

ÖZET

Bu çalışmada normal (doğal agregası) ve iki farklı hafif agregası ile üretilen beton bloklar incelendi. Normal beton bloklarla, hafif ve yarı hafif beton blokların özellikleri karşılaştırıldı. Normal beton bloklarda Isparta-Atabey agregası, hafif ve yarı hafif beton bloklarda ise Isparta-Atabey agregası ve Isparta yöresinin pomza, diyatomit agregaları kullanılmıştır. Normal agregalı ile üretilen beton bloklarla pomza agregası ve diyatomit agregası kullanılarak üretilen yarı hafif ve hafif beton bloklar karşılaştırılmıştır.

Deneyel çalışmalarda beton bloklarda agregası granülometrisi, su/çimento oranı ve maksimum tane boyutu (16mm) sabit tutulmuştur. Atabey agregası ile normal beton, Atabey agregası, diyatomit ve pomza agregası ile yarı hafif ve hafif beton bloklar 6 seri halinde üretilmiştir. Bu numuneler üzerinde 7. ve 28. günde iki eksenli basınç deneyi, birim ağırlıkları ile ultrases geçiş hızı, özgül ağırlık, porozite, kompasite ve su emme miktarları bulunmuştur. Deneyel çalışmalar sonucunda Atabey agregası ile üretilen beton blokların dayanımlarının pomzalı ve diyatomitli beton bloklara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu sonuçlardan pomzalı ve diyatomitli hafif ve yarı hafif beton blokların taşıyıcı beton olarak kullanılamayacağı fakat ara bölme duvar elemanı ve yalıtım blokları olarak kullanılabilir özellikte olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Normal Beton, Yarı Hafif Beton, Hafif Beton, Pomza Agregası, Diyatomit Agregası

1. GİRİŞ

Normal agregalı (doğal agregası) beton ve beton blokları yapı sektöründe çok yaygın uygulama alanı bulan bir malzemedir. Normal agregalı beton ve blokları iyi bir taşıyıcı olmasına karşın birim ağırlığı büyük, dolayısıyla ısı iletkenlik katsayısı yüksektir. Normal agregalı beton ve blokların sakıncalı yönlerini ortadan kaldırmak, olumlu özellikler kazandırmak için hafif agregalı beton ve blokların kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla kullanılabilen hafif agregalar inşaat sektöründe kullanımı çok çeşitli olduğu için önemli bir yer tutmaktadır. Bu alandaki gelişmeler ekonomik ve teknik alanlardaki gelişmelere paralel olarak ilerlemiştir. Hafif beton ve blokların birim ağırlıkları 700-2000 kg/m³ arasında değişmektedir. Betonun birim ağırlığının düşürülmesiyle yapı elemanlarının kendi ağırlıkları azaltılıp kesitleri küçültülebilir. Bu şekilde zâti yüklerin azaltılmasıyla aynı zamanda ısı iletkenlik katsayısı azaltılıp ses yutuculuğu artırılabilir [1].

Hafif agregalı beton, normal agregalı beton ve bloklardan ısı yalıtımı bakımından üstündür ve bu nedenle konut yapımında kullanılması önem kazanmıştır. Hafif agregalardan üretilen beton blokların, düşük yoğunluğu, ısı yalıtımı, yangına karşı dayanımı, ısı şoku dayanımı ve deformasyonla ilgili özellikleri önemli avantajlarıdır. Bugün gelişmiş ülkelerde hafif betonlar yapılarda ölü yükü azaltmak amacıyla halâ kullanılırken, ısı yalıtımı amacı ile kullanılan çok hafif beton ve blokların üretilmesine gayret edilmektedir [2].

Günümüzde, hafif beton ve blok üretimi için doğal ve yapay agregaların kullanıldığı farklı yöntemler bulunmaktadır. Genel olarak;

1- Normal ağırlıklı agrega yerine, boşluklu doğal ve yapay agrega kullanmak. (Genişletilmiş kil ve sist perlit, pomza gibi)

2-Fiziksel veya kimyasal yolla beton ve bloklar içerisinde boşluklar oluşturmak. (Gaz beton, köpük beton gibi)

3- İnce agregasını çıkartarak büyük boşluklar oluşturarak kumsuz beton blokları üretmek, şeklinde sınıflandırılır. Üç metotta da betonun birim hacim ağırlığının düşme nedeni, oluşturulan hava boşluklarıdır. Bu boşluklar agreganın, harç veya iri agregaların arasında olabilir. Bu boşlukların beton mukavemetini düşüreceği bir gerçektir. Hafif betonları kullanım amaç ve yerlerine göre; taşıyıcı hafif betonlar, taşıyıcı olmayan duvarlar ve yalıtım blokları olarak sınıflandırabiliriz. Taşıyıcı hafif betonlarda havada kurumuş haldeki ağırlığının 2000 kg/m^3 den ve silindir basınç dayanımının 17 N/mm^2 den, yalıtım bloklarının ise $800\text{-}1800 \text{ kg/m}^3$ ve dayanımının $0,7\text{-}7 \text{ N/mm}^2$ 'den az olmaması istenir [1]. Hafif betonlar ise kuru birim hacim ağırlıkları 800 kg/m^3 'den büyük ve basınç dayanımları 20 kg/cm^2 'den küçüktür [3].

Hafif beton blok elemanı üretiminde kullanılan diyatomit, diyatomi adı verilen silisli bir kabağa sahip olan deniz bitkisini ve silisli artıkların birikmesiyle oluşmuş bir kayaç çeşididir. Pomza taşı ise volkanik bir kayaç türü olup asidik ve bazik karakterli volkanik aktivitelerle oluşmuştur. Volkanik bir cam yapısında, birbirine bağlantısız boşluklu, sünger görümlü, silikat esaslı, birim hacim ağırlığı 1 gr/cm^3 'den küçüktür. Hafif beton üretiminde iyi bir ısı yalıtımı sağlayan pomza, diğer hafif agregalara oranla daha çok tercih edilen bir malzemedir [4, 5].

Yapı elemanlarının hafif olması, özellikle yapıda temel ve alt katlara az yükün gelmesi yapının dayanıklılığı bakımından çok önemlidir. Bu çalışmada Isparta yöresinde mevcut bulunan Atabey agregası ile Gölcük pomzası ve Keçiborlu diyatomit agregaları ile üretilen beton blokları incelenerek, yarı hafif ve hafif betonların normal agregalı betonlara göre karşılaştırılması yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Pomza agregasıyla ilk çalışmayı 1949 yılında Niederhoff yapmıştır [6]. Pomza agregasıyla beton yaparak, bu betonların yapısal davranışlarını ve özelliklerini incelemiştir. Erciyas, 1963 yılında yaptığı çalışmada bims agregası ile yaptığı beton duvarların özelliklerini incelemiştir [7].

Ağırdır, Konya Altınapa bims agregası ile beton bloklar üretmiş, bims agregalı beton blokların ısı iletim katsayısının normal agregalı bloklara göre düşük olduğunu belirlemiştir. Bimsblok kullanımı ile yapılarda yakıt maliyetinin düşeceğini ifade etmiştir [8].

Taşdemir, yaptığı çalışmada en büyük agrega boyutu ve çimento miktarını sabit tutarak, agrega granülometrisinin çeşitli bölümlerini pomza agregasıyla değiştirerek yaptığı hafif agregalı normal beton, yarı hafif ve hafif betonlar üzerinde elastik ve elastik olmayan davranışlarını incelemiştir [9].

İhtiyaroğlu, 1976 yılında doğal hafif agregalarla yaptığı ve duvar olarak kullanılan hafif beton blokların davranışlarını incelemiştir [10].

Koç ve Kılıç, Madenşehri (Karaman) güney batısındaki pomzanın hafif beton agregası olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır [11]. Çankıran, Pomza agregalı hafif betonun mekanik özellikleri ve kimyasal katkılarla dayanımının arttığını ve yoğunlukta azalma olduğunu tespit etmiştir [12].

Oğuz, Pomza betonda fiziksel ve mekaniksel özellikleri araştırmış, dozajın artmasında, su/çimento oranının azaltılmasında basınç dayanımının arttığını fakat üretilen yarı hafif ve hafif betonların yük taşıyıcı elemanlarda kullanılamayacağını açıklamıştır [13].

Sezgin, Diyatomitin hafif yapı eldesinde değerlendirilebilirliğini araştırmış, Isparta diyatomitinin yüksek ısı ve ses yalıtımı özelliğine haiz, rezerv yönünden iyi ve ucuz bir endüstriyel kaynak olduğunu tespit

etmiş ve alçı, beyaz çimento vb. bağlayıcı malzemeler ile dekoratif ve kaliteli inşaat ürünleri, hazır paneller prefabrik elemanların üretilmesinin mümkün olabileceğini belirtmiştir [14].

3. KULLANILAN YÖNTEM

Betonların üretiminde maksimum tane boyutu 16mm sabit alınarak 6 seri beton imal edilmiştir. Beton agregası karışımının granülometrisi A16 ve C16 eğriler arasında kalacak şekilde düzenlenmiştir. Beton bileşimlerinde çimento 300 dozajlı olacak şekilde karışımlar yapılmıştır. Su/çimento oranı 0.49 olarak seçilmiş, fakat özellikle pomza agregasının nem içeriği durumuna göre yeterli çökme değeri elde edilinceye kadar değiştirilmiştir. Ayrıca numunelerin birim hacim ağırlığını azaltmak için kum miktarı hacimce %50 eksilti olarak yerine diyatomit agregası ikame edilmiştir. Beton bileşim hesaplarında normal beton (NB), pomzalı yarı hafif beton (PYHB), pomzalı hafif beton (PHB), diyatomitli normal beton (DNB), pomza ve diyatomitli yarı hafif beton (PDYHB) ve pomza ve diyatomitli hafif beton (PHB) eldesi için kullanılan agrega oranları Çizelge 1'de verilmiştir.

Beton bileşim hesaplarında mutlak hacim metodu kullanılmıştır. Çimento dozajı çimentonun özgül ağırlığına bölünerek çimento hacmi hesaplanmış ve su/çimento oranından su miktarı bulunmuştur. TS 802'ye göre [15] önerilen hava boşluğu hacmi tahmin edilmiştir. 1 m³ hacim için çimento, su ve hava hacimleri toplanarak 1m³'lük hacimden çıkartılmış ve toplam agrega hacmi bulunmuştur. Daha sonra agrega tane sınıflarının özgül ağırlıklarıyla, kullanılan agregaların kullanım oranları çarpılarak her sınıf ve her cins agreganın miktarları ağırlık cinsinden hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan beton karışımı oranları

Karışım No		AGREGALAR (%)					
		Kum (0-4mm)	Çakıl		Pomza		Diyatomit (0-4 mm)
			4-8mm	8-16 mm	4-8 mm	8-16 mm	
1	NB	40	35	25	-	-	-
2	PYHB	40	25	-	15	20	-
3	PHB	40	15	-	25	20	-
4	DNB	20	35	25	-	-	20
5	PDYHB	20	25	-	15	20	20
6	PDHB	20	15	-	25	20	20

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Beton numuneleri üretiminde Isparta-Atabey kum ocaklarından temin edilen kum kullanılmıştır. Çalışmada 4 nolu elek kullanılarak, elekten elenen kum üzerinde yapılan deney sonuçları TS EN 1097-6'ya göre [16], özgül ağırlık ve su emme deneyleri yapılarak sonuçları Çizelge 2.'de verilmiştir.

Ayrıca Isparta-Atabey çakıl ocaklarında temin edilen çakıl 3mm elek üzerinde yıkanarak kum ile beraber kullanılmak üzere karışımın iri kısmı için hazırlanmıştır. Çakıldaki ince malzeme oranını azaltmak için 4 nolu elekte elenerek, 4-8mm ve 8-16mm'lik iki kısma ayrılmıştır. Çakılın elek analizi TS 706 EN 12620'ye göre [17] yapılarak granülometri değerleri, özgül ağırlık, su emme değeri, gevşek ve sıkışık birim ağırlık değerleri Çizelge 2.'de gösterilmiştir.

Pomza agregası Isparta-Gölcük bölgesinden temin edilerek, 4-8mm ve 8-16mm'lik tane sınıflarına ayrılmıştır. Yapılan granülometrik elek analizi Çizelge 2'de verilmiştir. Pomza agrega grupları için ayrı ayrı birim ağırlık deneyleri yapılmış, TS 707 [18], TS EN 13055-1 [19] ve TS 3529'a [20] göre sonuçlar bulunmuştur. Pomza agregasının hava kurusu durumundaki her iki tane grubu için 30 dakika süresindeki su emme oranları tespit edilerek deney sonuçları Çizelge 3'de ve kimyasal bileşimleri Çizelge 4'de verilmiştir [21].

Çizelge 2. Isparta-Atabey kumu ve çakılının fiziksel özellikleri

Agrega cinsi	Elek Çapları (mm)							Özgül Ağırlık (Kg/m ³)	Su Emme %	Gevşek Birim Ağırlık (kg/m ³)	Sıkışık Birim Ağırlık (kg/m ³)
	0.25	0.5	1	2	4	8	16				
Atabey Kum (% Geçen)	29	55	72	86	97	-	-	2690	8.50	1415	1518
Atabey Çakılı (% Geçen)	0.5	0.98	1	2	5	44	100	2750	2.30	1500	1616
Gölcük Pomzası (% Geçen)	7	21	29	37	55	78	100	-	-	-	-

Çizelge 3. Gölcük pomza agregasının birim ağırlık değerleri

Pomza agregası Grubu (mm)	Gevşek Birim Ağırlık (kg/m ³)	Suya Doymuş Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)	Su emme (30 dakika) (%)
4-8	820	1650	3.9
8-16	685	1870	4.7

Diyatomit agregası Isparta-Keçiborlu Değirmendere mevkisinden parçalar halinde alınarak SDÜ. Cevher Hazırlama Laboratuvarındaki çeneli kırıcı ve merdaneli kırıcı ile kırılmıştır. Daha sonra elekler ile elenerek sınıflara ayrılmıştır. Diyatomitli beton karışımında kum miktarı hacimce %50 azaltılarak yerine diyatomit agregası konmuştur. Diyatomitin M.T.A. da yapılan kimyasal analizleri Çizelge 4'de gösterilmiştir [14].

Deneysel çalışmada TS EN 197-1'e [22] uygun olan CEM I 42.5N Portland çimentosu kullanılmış ve kimyasal özellikleri Çizelge 4'de verilmiştir. Çalışmalarda karışım suyu olarak Süleyman Demirel Üniversitesi Çünür kampüsü içme suyu kullanılmıştır.

Çizelge 4. Deneyde kullanılan pomza, diyatomit ve çimentonun kimyasal bileşimleri

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SO ₃	Ateş Kaybı
Pomza	55-60	15-18	4-6	1-2	4-6	4-5	5-6	0.5-1	0.5-1	0.5-1	0.3-0.5	1-2
Diyatomit	80-86	4-6	1-3	0.2-0.4	0.5-1	1-2	0.75-1	2-3	-	-	0.2-0.5	2-3
Çimento	20.60	6.20	61.4	1.91	0.19	3.01	1.03	-	-	-	2.53	1.35

Homojen bir karışım sağlanması için düşey eksenli zorlamalı karıştırıcı betoniyer kullanılmıştır. Agregası ve çimento kuru olarak 1 dakika karıştırıldıktan sonra su ilave edilerek, karıştırma işlemine 2 dakika daha devam edilmiştir. Hafif agregalara üretimden önce 10 dakikalık bir ön emdirme uygulanmıştır. Agregalara emdirilen su, hafif agregası ağırlığının %15'i kadardır. Bu emdirilen su ile betonun işlenebilme ve yerleştirebilme imkânı sağlanmıştır. Beton üretimi için 15 dm³'lük karışım hazırlanarak, laboratuvarında geliştirilen vibrasyon-baskı ünitesinde %20 sıkıştırma yapacak şekilde karışımlardan 10x10x10cm'lik küp numuneler üretilmiştir. Numuneler 22 ± 3⁰C'de, % 60 ± 10 bağıl nemli ortamda kür süresini tamamlaması için beklemeye alınmıştır. 36 saat sonra, numunelere numara verilerek 7. ve 28. günlerde deneysel çalışmalar yapılmıştır.

4.1. Betonlar Üzerinde Yapılan Deneyler

Üretilen 6 farklı serideki numunelerden 3'er adet alınarak 7. ve 28. günlerde basınç dayanımları preste ölçülmüştür. Daha sonra her numunenin basınç dayanım değerlerini yüzey alanının bölerek gerilme değerleri hesaplanmıştır. Üretilen 3'er adet 10x10x10 cm'lik numuneler TS 3624'e göre [22] önce, 105⁰C sabit sıcaklıktaki etüvde 24 saat bekletilerek sabit ağırlığa ulaşmaya kadar etüvde bırakılmıştır. Daha sonra etüvden alınan numuneler ortam sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmuştur. Numuneler su dolu

havuzda 24 saat bekletilerek tartım yapılmıştır. Tekrar su içerisine bırakılan numuneler 48 saat sonra sudan çıkartılarak, yüzey suyu kurutulduktan sonra hassas terazide tartılmış bulunan değerler kaydedilmiştir. Her numunenin suya doymun ağırlığı etüv kurusu ağırlığından çıkarılıp etüv kurusu ağırlığına bölerek yüzde cinsinden su emme değerleri hesaplanmıştır.

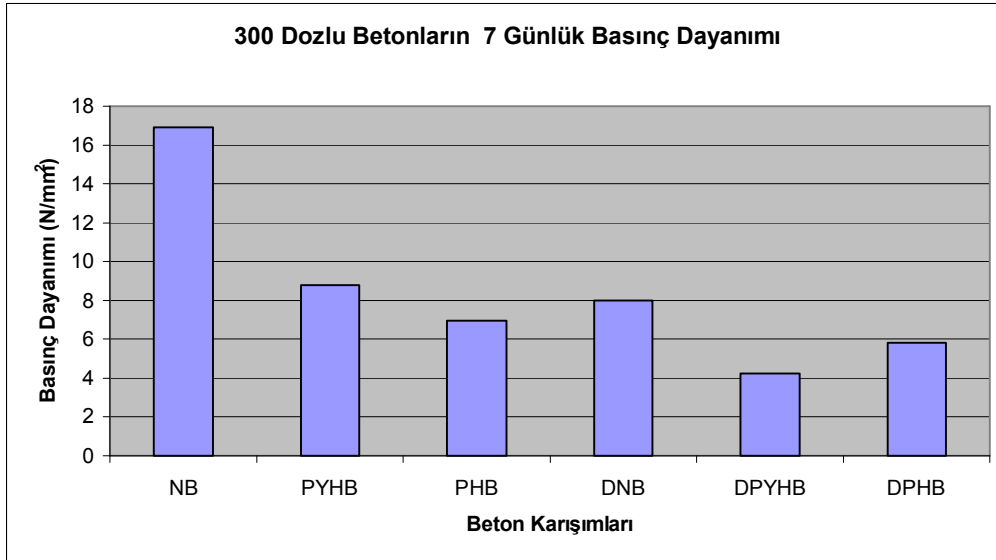
Üretilen 6 farklı serideki beton numunelerin 28. gündeki ağırlıkları hassas terazide tartılarak bulunmuştur. Bulunan ağırlıkları numunelerin dış hacmine bölünerek birim hacim ağırlıkları hesaplanmıştır.

5. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

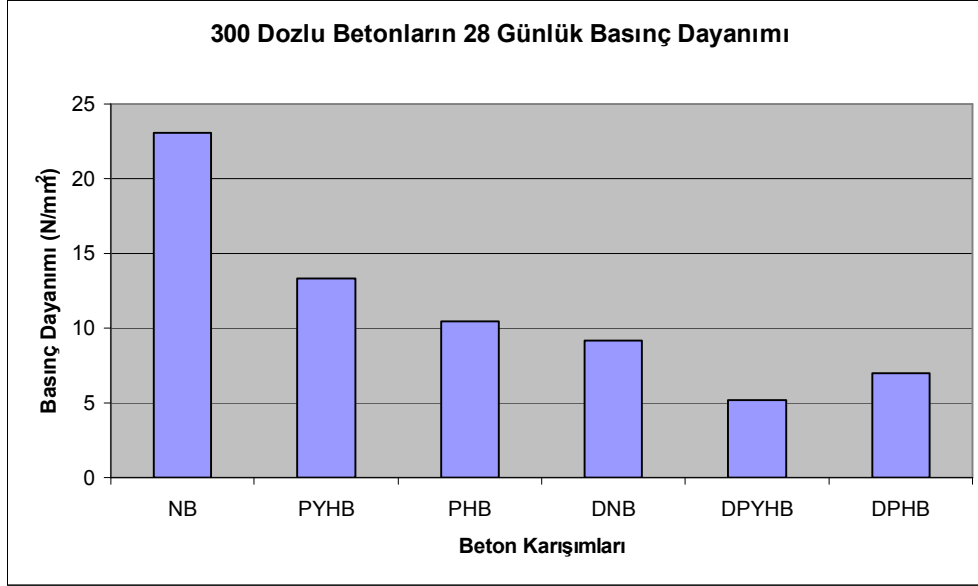
Bu çalışmada, Isparta yöresinde büyük miktarda rezervi bulunan diatomit ve pomza agregası ile normal agrega kullanılarak üretilen beton bloklar karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve bu malzemelerin hafif beton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Yapılan çalışmalarda üretilen farklı 6 seri betonların fiziksel özellikleri Çizelge 5’de verilmiştir. Üretilen normal beton, yarı hafif beton ve hafif beton bloklar üzerinde yapılan deneylerde 7 günlük basınç dayanımları Şekil 1’de, 28 günlük basınç dayanımları Şekil 2’de ve birim hacim ağırlıkları Şekil 3’de verilmiştir.

Çizelge 5. 300 Dozajlı betonların fiziksel deney sonuçları

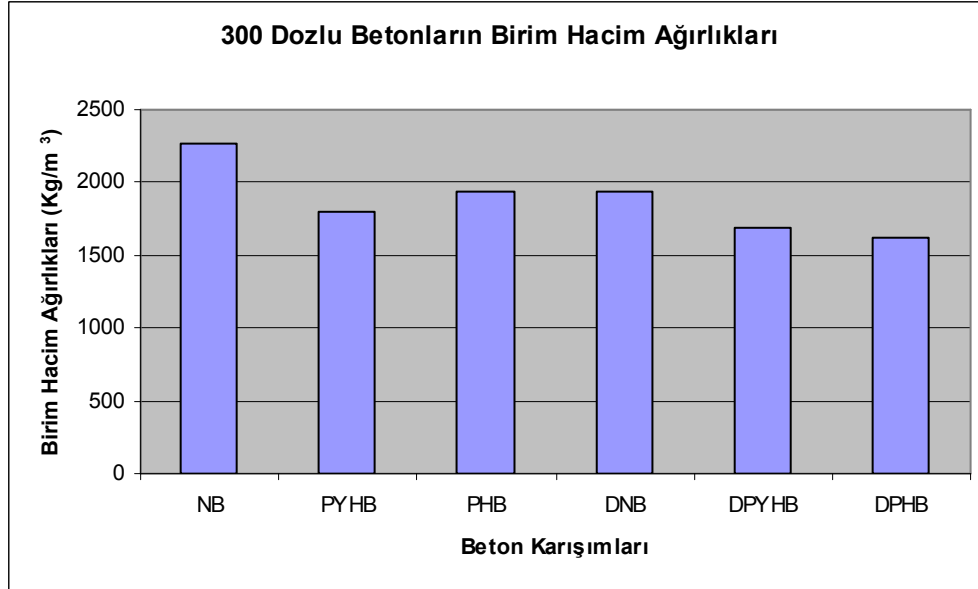
Karışım No	Ultrases geçiş hızı (km/sn)		Özgül Ağırlık (kg/m ³)	Kompasite (%)	Porozite (%)	Su emme (%)
	7. Gün	28. gün				
1 NB	3.72	3.49	2767	82.00	18.00	6.04
2 PYHB	3.10	3.02	2601	69.00	31.00	11.77
3 PHB	2.94	2.84	2554	75.50	24.50	10.64
4 DNB	2.92	2.74	2641	73.11	26.89	12.01
5 DPYHB	2.53	2.33	2453	68.69	31.31	15.18
6 DPHB	2.47	2.36	2393	67.83	32.17	20.05



Şekil 1. 300 Dozlu Betonların 7 Günlük Basınç Dayanımları



Şekil 2. 300 Dozlu Betonların 28 Günlük Basınç Dayanımları



Şekil 3. 300 Dozlu Betonların Birim Hacim Ağırlıkları

Daha önce yapılan deneysel çalışmalarda da tespit edildiği gibi hafif agregalı beton blokların basınç dayanımları düşüktür. Üretilen beton serilerinde 7 günlük basınç dayanım değerleri Şekil 1.'de görüldüğü üzere normal beton blokların en yüksek dayanımda olduğu, bundan sonra pomzalı yarı hafif beton bloğun ve diyatomitli normal beton bloğun geldiği görülmektedir. En düşük dayanımlı diyatomitli pomzalı yarı hafif betonun basınç dayanımına sahip olduğu tespit edilmiştir. 28 günlük basınç dayanım değerleri Şekil 2.'de verilmiş ve normal beton blokların en yüksek dayanımda olduğu, bundan sonra pomzalı yarı hafif beton bloğun ve pomzalı hafif beton bloğun, en düşük dayanımın, diyatomitli pomzalı yarı hafif beton blokların sahip olduğu tespit edilmiştir.

Beton blokların birim hacim ağırlıklarının karşılaştırılmasında en yüksek değer normal beton blokların ve sırasıyla diyatomitli normal beton blokların olduğu tespit edilmiştir. En düşük birim hacim ağırlığa sahip olan diyatomitli pomzalı hafif beton bloğun olduğu görülmüştür.

6. SONUÇ

İnşaat sektörünün önemli sorunlarından biri olan binanın zati ağırlıklarının azaltılabilmesi için çok çeşitli yapay ve doğal malzemeler kullanılmıştır. Hafif malzemelerin özellikle doğal olanlarının ucuz olmaları, teknoloji ithali ve büyük yatırım gerektirmemeleri ve işçilik, donatı tasarrufu ve benzeri nitelikleri ile önemli avantajlar sağladığı söylenebilir. Yapılan çalışmada pomza agregalı ve diyatomit agregalı beton bloklarının birim hacim ağırlıklarının normal agregalı beton bloklara göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Özellikle temel ve alt katlara az yük yüklemek binanın dayanıklılığı bakımından çok önemlidir.

Pomza ve diyatomit agregaları ile üretilen beton blokların birim hacim ağırlıklarının düşük olmalarından dolayı yapıya iletilecek yüklerde de azalma olacaktır. Bundan dolayı taşıyıcı elamanların kesitlerinde ve demir donatılarında azalma ve ekonomik olarak tasarruf sağlanacaktır.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen bilgilerden, pomzalı ve diyatomitli beton blokların, bölme duvar elemanları üretiminde ve yalıtım bloğu olarak kullanılmasında uygun olacağı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Neville, A. M., 1975, "Properties of Concrete", Pitman publishing, pp. 606, 607, London.
2. Urhan, S., 1994, "Hafif ve çok Hafif Betonların Karakteristik Özellikleri Ve Teknik Kapasiteleri", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, Sayı: 370, Ankara
3. Gündüz, L., Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran, O., 1998, "Pomza Teknolojisi", cilt II, s.111, Isparta
4. Aruntaş, H.Y., 1996, "Diatomitlerin Çimentolu Sistemlerde Puzolonik Malzeme Olarak Kullanılabilirliği", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
5. TS EN 13055-1, Hafif Agregalar - Bölüm 1: Beton, harç ve şerbet kullanım için.
6. Çankıran, O., Serin, G. ve Sancak, E., 1998, "Pomza taşı hammaddesinin kullanıldığı sektörler", SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, cilt 3, Sayı 1, Isparta.
7. Erciyas, Y., 1963, "Bims Ve Bims Betonu Üzerinde Araştırmalar", İmar ve İskan Bakanlığı yayınları No: 5-17, Ankara.
8. Ağırđır, L.M., 1989, "Altınapa Bims Agregasından Ts 3234'e Uygun Hafif Beton Briket İmalı", Selçuklu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
9. Taşdemir, M.A., 1982, "Taşıyıcı Hafif Agregalı Betonların Elastik Ve Elastik Olmayan Davranışları", İTÜ. Fen.Bil.Enst., Doktora Tezi, İstanbul.
10. İhtiyaroğlu, E., 1976, "Tabii Hafif Agregalarla İmal Edilen Hafif Beton Blokların Duvar Elemanı Olarak Özelliklerinin Tayini Üzerine Araştırmalar", İmar ve İskan Bakanlığı yayınları, No 5, Ankara.
11. Koç, Ş. ve Kılıç, R., 1988, "Madeneşhri (Karaman) Güney Batısındaki Pomza Taşının Etüdü Ve Hafif Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması", Dođa, Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, 12.

12. Çankıran, O., 1998, “Pomza Agregalı Hafif Betonun Mekanik Özellikleri Ve Kimyasal Katkılarla Dayanımının Artırılması”, SDÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
13. Oğuz, C., 1994, “Pomza betonda fiziksel ve mekanik özellikler arasındaki ilişkiler”, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
14. Sezgin, M., 1998, “Diatomitin Hafif Yapı Eldesinde Değerlendirilebilirliği”, SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
15. TS 802, 1996, “Beton Karışımı Hesap Esasları ”, T.S.E., Ankara.
- 16 TS EN 1097-6’, 2002, “Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini ”, T.S.E., Ankara.
17. TS 706 EN 12620, 2006, “ Beton Agregaları”, T.S.E., Ankara.
18. TS 707, 1980, “Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi”, T.S.E., Ankara.
19. TS EN 13055-1/AC, 2006, “Hafif agregalar - Bölüm 1: Beton, harç ve şerbette kullanım için”, T.S.E., Ankara.
20. TS 3529, 1980, “Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini “,T.S.E., Ankara.
21. Gündüz, L., Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran, O., 1998 “Pomza Teknolojisi” cilt I, S: 6-13-15-33, Isparta.
22. TS EN 197-1, 2002, “Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri”, T.S.E., Ankara.
23. TS 3624, 1981, “Sertleşmiş Betonda Özgül Ağırlık, Su Emme ve Boşluk Oranı Tayin Metodu”, T.S.E., Ankara.