

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN NORMAL DAYANIMLI HAFİF BETON ÜZERİNE DENEYSSEL BİR ÇALIŞMA

AN EXPERIMENTAL STUDY ON NORMAL – STRENGTH SELF COMPACTING LIGHT – WEIGHT CONCRETE

İrfan Kadiroğlu

Batıçim Batı Anadolu Çimento Sanayii A.Ş.
İzmir

Özet

Bu çalışmada, Kayseri bölgesinden temin edilen pomza taşı agregaları kullanılarak kendiliğinden yerleşen Normal Dayanımlı Hafif Betonun üretilebilirliği konusunda, laboratuvar bazında deneysel araştırmalar yapılmıştır. Çalışmada 1400, 1500, 1600 ve 1700 kg/m³ etüv yoğunluklarında hafif, aynı zamanda kendiliğinden yerleşen özelliklere sahip betonlar üretilmiştir. Belirtilen yoğunluklardaki karışımlarda, bağlayıcı (çimento +uçucu kül+silika dumanı) miktarları sabit tutulmuş, agrega oranları değiştirilerek hedef yoğunluklar elde edilmiştir. Üretilen betonlar üzerinde U-box, L-box, 50 cm'ye yayılma süresi, hava içeriği, birim hacim kütlesi deneyleri uygulanarak taze beton özellikleri tespit edilmiştir. Taze betonlardan alınan numunelerle betonların basınç, çekme ve eğilme dayanımları ile elastisite modülleri tespit edilmiş ve sonuçları irdelenmiştir.

Sonuç olarak sadece taze beton ve dayanım özellikleri göz önüne alındığında, kendiliğinden yerleşen hafif beton üretilebileceği kanaatine varılmıştır.

Abstract

In this study, an experimental research was performed to see the normal-strength, self compacting, light-weight concrete could be produced or not, using the pumice stone aggregates obtained from Kayseri region. For this purpose, self compacting concrete samples which have oven dry densities of 1400, 1500, 1600 and 1700 kg/m³ were produced. Keeping the dosages of the binding materials (concrete+fly ash+microsilica) constant, the samples were produced using different ranges of aggregates in order to obtain the target densities. The characteristics of the fresh concrete were determined by using U-Box, L-Box, J-Ring, air content and unit weight tests. The compressive strength, tensile strength, flexural strength and the modulus of elasticity of the samples were also determined.

As a result, a normal-strength, self compacting, light-weight concrete could be produced considering only the fresh concrete characteristics and the strength.

1. GİRİŞ

1990 'lı yıllardan itibaren, özellikle ısı yalıtımı ve birim hacim ağırlığı bakımından normal betona nazaran oldukça önemli üstünlüklere sahip olan hafif beton, gittikçe yükselen bir eğilimle kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Özellikle betonarme yapılarda, önemli sakıncası olarak sayılan yapı ağırlığının azaltılabilmesi için günümüze kadar çeşitli malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemelerde hafifliğin temel aranılan özellik olmasının yanında, dayanım, yüksek sıcaklıklara karşı direnç, yüksek ısı yalıtımı gibi özelliklerin de elde edilmesi tercih edilmiştir. Bu özelliklere yanıt veren ve en yaygın olarak kullanılan tuğla yerine, teknolojinin gelişmesiyle birlikte çok daha hafif ve ısı yalıtımı özellikleri iyi olan malzemelerin kullanılması yaygınlaşmaktadır [1].

Normal ağırlıklı beton İnşaat Mühendisliğinde en yaygın olarak kullanılan taşıyıcı bir malzemedir. Çok iyi bir taşıyıcı malzeme olmasının yanı sıra birim ağırlığı yüksektir. Bu nedenle yapılarda zati ağırlıklar çok yüksek boyutlara ulaşmaktadır. Normal ağırlıklı betonun birim ağırlığının azaltılmasıyla, yapı veya yapı elemanının ağırlığını azaltarak, ekonomi ve emniyet avantajları sağlamak olanaklıdır [2,3].

Hafif betonları üretmek için bilinen genel kural, beton içinde çeşitli yöntemlerle boşluk oluşturmaktır. Boşluk oluşturma ya harç içinde veya iri agrega taneleri arasında ya da agreganın içinde yapılır [4].

Hafif betonların üstünlükleri şöyle özetlenebilir[4]:

1. Daha düşük enerji ile üretim ve yerleştirme kolaylığına sahiptir.
2. Yapı yükleri önemli oranda azalır, yapı elemanları daha küçük boyutta yapılabilir.
3. Isı yalıtımları yüksektir.
4. Yangın etkisine, normal betonlara göre daha dirençlidirler.

Sayılan üstünlükleri yanında sakıncaları da vardır. Sakıncaları ise şöyle özetlenebilir[4]:

1. Dayanımları normal betona göre düşüktür.
2. Aşınmaya karşı dayanıksızdır.
3. Neme karşı yalıtım gerekebilir.
4. Elastisite modülleri düşüktür. Bu nedenle sünme bir dereceye kadar yüksektir[2].
5. Rötreden dolayı çatlama riski daha yüksektir [5].

Ülkemizde, taşıyıcı hafif beton için gerekli olan yapay agregaların üretimiyle ilgili henüz bir sanayi kolu kurulmamıştır. Doğal hafif agregalardan ise ülkemizde en yaygın olarak bulunanları pomza taşı, volkanik tüf ve volkanik curuftur. Pomza taşının, Orta ve Doğu Anadolu 'da oldukça büyük rezervleri olduğu bilinmektedir [6].

Pomza taşı, boşluklu, süngerimsi, silika esaslı ve birim hacim ağırlığı 1 gr/cm^3 'den küçük, camsı doku gösteren ve sertliği Mohs Skalasına göre 6 civarında olan volkanik bir doğal hafif agregadır [7].

Taşıyıcı hafif beton, agregasının tümü veya bir kısmı hafif ve boşluklu olan, sürekli granülometriye sahip, çimento hamuru normal betondakiyle aynı özellikte ve dayanım değeri yüksek olan (Karakteristik silindirik basınç dayanımı en az 12 N/mm^2 olan) betondur. Normal betonda olduğu gibi basınç dayanımını etkileyen en önemli faktör

su/çimento oranıdır. Beton karışım hesabında, su/çimento oranı, agregaların türlerine bağlı olarak su emme kapasiteleri, su içerikleri ve çimento dozajı ile kimyasal ve mineral katkı içerikleri, taze ve sertleşmiş beton özelliklerini etkileyecek faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır [8]. Beton karışım oranlarının belirlenmesinde genellikle basınç dayanımı ve işlenebilirlik özellikleri göz önünde bulundurulur[9]. Çünkü hafif agrega ile yapılan hafif taşıyıcı betonlar daima dayanım düşüklüğü ve segregasyona eğilimlidirler. Bu nedenle tasarımdan yerleştirmeye kadar bütün aşamalarda, çalışmaların titizlikle gerçekleştirilmesi gerekir.

Hafif agregaların yüksek derecede su emme yetenekleri nedeniyle, istenen işlenebilirliği ve kıvamı elde etmek için gerekli su miktarı da, kullanılan agrega çeşidi, tane büyüklüğü ve çimento dozajına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir[10].

8 Mart 2004 'den itibaren ülkemizde uygulanması zorunlu olacak olan TS EN 206-1 Standardı hafif betonu, etüv kurusu durumdaki yoğunluğu, 800 kg/m^3 ve daha büyük olup, 2000 kg/m^3 'ü geçmeyen beton olarak tanımlamaktadır. Standart hafif betonu, karakteristik basınç dayanımları ve yoğunluklarına göre sınıflandırmaktadır [11].

1980 'li yılların sonunda Japonya 'da geliştirilmeye başlanan ve ülkemizde özellikle son yıllarda gittikçe artan yaygınlıkla kullanılan kendiliğinden yerleşen beton, normal ağırlıklı (genellikle $2300\text{-}2400 \text{ kg/m}^3$) olarak üretilmektedir. Kendiliğinden yerleşen beton, kendi ağırlığı ile istenilen kesite homojen bir şekilde yayılabilen, vibrasyonsuz, kesitte tam doluluğun sağlanabildiği, yüksek dayanım ve dayanıklılık gibi özellikleriyle de yüksek performanslı bir betondur [12].

Bu çalışmada özellikle 1400 kg/m^3 ile 1700 kg/m^3 arasında yoğunluklara sahip orta dayanımlı hafif beton üretimi amacıyla yola çıkılmıştır. Agregaya olarak ülkemizde zengin rezervlere sahip olan pomza taşı agregasının kullanılması öngörülmüştür. Bunun için işlenebilirlik ve dayanım özelliklerini sağlama amacına, iyi bir çimento hamuru matrisini elde etme yoluyla ulaşılabileceği düşüncesi, uçucu kül ve mikrosilica ile polikarboksilat bazlı hiperakışkanlaştırıcı kullanımına götürmüştür. Daha sonra çalışma, kendiliğinden yerleşen orta dayanımlı hafif beton üretimi amacına yönelik olarak gerçekleştirilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmalarda kullanılan beton bileşenlerinin özellikleri, beton karışımları ve yapılan deneylerin sonuçları hakkında bilgi verilmiştir.

2.1. Kullanılan Malzemeler

2.1.1. Agregalar

Deneysel çalışmada kullanılan hafif agrega, Soylu Madencilik San. ve Dış. Tic. Ltd. Şti. 'nin Kayseri bölgesindeki ocağından gönderilen 0-4 mm, 4-8 mm ve 8-16 mm tane sınıflarındaki pomza taşı agregasıdır. Normal agrega, İzmir – Bornova 'daki Batıçim A.Ş. Mıdır Üretim Tesisi 'nden üretilen 0-3 mm ve 5-15 mm tane sınıflarındaki kireçtaşı kökenli kırmataş agregalarıdır. Kullanılan agregaların bazı kimyasal özellikleri Çizelge 1 'de ve pomza taşı agregasının bazı fiziksel özellikleri Çizelge 2 'de verilmiştir.

Çizelge 1 Hafif (pomza) ve normal (kireçtaşı) agregalarının bazı kimyasal özellikleri

Malzeme	Kimyasal Özellikler							
	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)
Pomza	68,50	14,90	3,10	2,90	4,10	2,75	0,08	---
Kireçtaşı	1,65	0,78	0,19	53,28	0,05	0,04	0,22	0,08

Çizelge 2 Hafif (pomza) agreganın bazı fiziksel özellikleri (TS 2511/1977'e göre)

Fiziksel Özellikler	Pomza Agregası		
	0-4 mm	4-8 mm	8-16 mm
Kuru Gevşek Birim Ağırlık (kg/m ³)	690	384	328
24 Saatlik Su Emme Kapasitesi (%)	29	44	52
Kuru Özgül Ağırlık Faktörü	1,51	1,18	1,01
Kullanıldığı Andaki Nem İçeriği (%)	19	29	26
Kullanıldığı Andaki Özgül Ağırlık Faktörü	1,48	1,21	1,09

Normal (kireçtaşı) agregalarda ise, DYK özgül ağırlık 0-3 mm kırma kum için 2,68, 5-15 mm kırmataş için 2,70 olarak bulunmuştur. Su emme oranları 0-3 mm için %1,3, 5-15 mm için %0,35 olarak tespit edilmiştir. Agregaların elek analizleri Çizelge 3 'de verilmiştir.

Çizelge 3 Pomza taşı ve kireçtaşı agregalarının elek analizleri

Agrega	Elekten Geçen (%)							
	Elek Açıklığı (mm)							
	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25
Pomza 0-4 mm	100	100	100	96	69	44	31	23
Pomza 4-8 mm	100	100	94	28	17	14	13	11
Pomza 8-16 mm	100	97	19	12	8	6	5	4
Kireçtaşı 0-3 mm	100	100	100	100	73	46	30	20
Kireçtaşı 5-15 mm	100	100	36	3	0	0	0	0

2.1.2. Çimento

Çalışmalarda Batıçim Batı Anadolu Çimento San. A.Ş. üretimi olan PÇ 42,5 çimentosu kullanılmış olup, bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4 PÇ 42,5 çimentosunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Fiziksel Özellikler		Kimyasal Özellikler	
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	3,10	SiO ₂ (%)	20,64
Blanie (cm ² /gr)	3261	Al ₂ O ₃ (%)	5,84
Basınç Dayanımı	2 Gün N/mm ²	Fe ₂ O ₃ (%)	2,53
	7 Gün N/mm ²	CaO (%)	63,81
	28 Gün N/mm ²	SO ₃ (%)	2,79

2.1.3. Uçucu Kül ve Silis Dumanı

Beton karışımlarında Soma Ash Plus Yapı Malzemeleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. üretimi olan uçucu kül ve YKS Yapkim Yapı Kimya San. A.Ş. firmasından temin edilen silis dumanı kullanılmış olup, bu malzemelerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 5 'de verilmiştir.

Çizelge 5 Uçucu kül ve silis dumanının bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

Malzeme	Kimyasal Özellikler							Fiziksel Özellikler		
	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	SO ₃ (%)	FcaO (%)	Cl ⁻ (%)	Özgül Ağır. gr/cm ³	Özgül yüzey cm ² /gr	45 µm Üzeri (%)
Uçucu Kül	49,14	26,22	4,12	13,96	1,22	1,00	0,034	2,30	2612	38,80
Silis Dumanı	91,97	0,02	1,32	0,31	0,35	---	0,08	2,30	21080	1,24

2.1.4. Kimyasal Katkı

Beton karışımlarında Konsan Bilgi ve Teknoloji Üretim A.Ş. firmasının üretimi olan Smart Flow HS 100 süper akışkanlaştırıcı katkısı kullanılmıştır. Polikarboksilat bazlı kimyasal katkının yoğunluğu 1,09 gr/cm³, pH 'ı 5,5 olarak tespit edilmiştir.

2.1.5. Su

Karışımlarda içilebilir nitelikte çeşme suyu kullanılmıştır.

2.2. Beton Karışımları , Üretimleri ve Yapılan Deneyler

Bu çalışmada, etüv yoğunluğu 1400, 1500, 1600 ve 1700 kg/m³ olan dört farklı yoğunlukta kendiliğinden yerleşen hafif betonun laboratuvarında üretilmesi amaçlanmıştır. Dört karışımda da çimento (350 kg/m³), uçucu kül (170 kg/m³), silis dumanı (30 kg/m³) ve kimyasal katkı miktarları (8 kg/m³) ile en büyük agrega tane büyüklüğü (16 mm) sabit tutulmuştur. İlk karışımda sadece pomza taşı agregaları kullanılmıştır. Daha sonraki karışımlarda ise hedeflenen yoğunluk değerleri elde edilinceye kadar ve ilk karışımın granülometrisine göre fazla sapma oluşturmayacak şekilde normal agrega, hafif agrega yerine değiştirilerek eklenmiştir. Su miktarları, taze kendiliğinden yerleşen beton özelliklerini sağlayacak şekilde deneyerek tespit edilmiştir. Beton karışım hesapları TS 2511 'e göre yapılmıştır.

Her bir karışım için ön deneyler yapılarak su miktarları ve verim katsayıları tayin edilmiş ve gerçek karışım miktarları elde edilerek bunlara göre betonlar üretilmiştir. Bütün betonlar 50 dm³ kapasiteli laboratuvar mikserinde üretilmiştir. Öncelikle hafif agrega ağırlıklarının %20 'si kadar su, mikserin içinde hazırlanarak, hafif agregalara 10 dakikalık bir ön emdirme uygulanmıştır. Diğer bileşenler daha sonra eklenerek homojen ve kohezyonu iyi karışımlar elde edilmiş ve işlenebilirlik kolaylaşmıştır. Bütün karışımlar 40 dm³ 'lük harmanlar şeklinde üretilmiş ve bütün bileşenlerin mikserde konulmasından itibaren iki dakika karıştırma uygulanmıştır. Her karışım için üretilen betonların EFNARC 2002 'ye göre yayılma, L-box ve U-box deney sonuçları tespit edilmiştir. Ayrıca taze beton birim hacim kütleleri TS EN 12350-6 'ya göre, hava içeriği TS EN 12350-7 'ye göre tayin edilmiştir. Üretilen her beton karışımından 13 adet 15cm x 15cm x 15cm ayrıtlı küp, 6 adet 15cm x 30cm ayrıtlı silindir ve 10cm x 10cm x 50cm ayrıtlı prizma kalıplara numuneler alınmıştır.

Üretilen karışımların 1 m³ için gerçek bileşimleri ve tespit edilen taze beton özellikleri Çizelge 6 'da verilmiştir.

Çizelge 6 Beton bileşimleri ve taze beton özellikleri

Beton Bileşimleri	Kyhb 1,4	Kyhb 1,5	Kyhb 1,6	Kyhb 1,7
Çimento (kg/m ³)	346	353	351	351
Uçucu Kül (kg/m ³)	168	171	171	171
Silika Dumanı (kg/m ³)	30	30	30	30
Su (kg/m ³)	267	265	237	224
Su / Toplam Bağlayıcı	0,49	0,48	0,43	0,41
Kimyasal Katkı (kg/m ³)	8	8	8	8
0-4 mm Pomza (%)	48	28	10	---
4-8 mm Pomza (%)	30	30	30	27
8-16 mm Pomza (%)	22	22	22	20
0-3 mm Kırmakum (%)	---	20	38	48
5-15 mm Kırmataş (%)	---	---	---	5
Yayılma Çapı (mm)	660	670	690	710
T _{50cm} (sn)	3,87	3,04	2,82	2,44
L-box (h ₂ /h ₁)	0,88	0,90	0,92	0,95
U-box (h ₂ -h ₁) (mm)	18	15	15	15
Taze Beton Birim Hacim Kütlesi (kg/m ³)	1480	1560	1654	1745
Hava İçeriği (%)	6,5	6,0	6,0	5,0

Küp, silindir ve prizma kalıplara alınan numuneler laboratuvar içinde üzerleri ıslak çuvalarla örtülerek ilk 24 saat sabit bekletilmişler ve sonra kalıplardan sökülerek, 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı, 7 ve 28 günlük yarmada çekme ve eğilme dayanımları tayini ve 28 günlük elastisite modülü tayini için, 20±2 °C sıcaklığa sahip laboratuvar kür havuzunda deney günlerine kadar küre tabi tutulmuşlardır. Basınç dayanımı tayini TS EN 12390-3, yarmada çekme dayanımı tayini TS EN 12390-6 ve elastisite modülü tayini TS 3502 standardına uygun olarak yapılmıştır. Sertleşmiş betonlar üzerinde uygulanan deney sonuçları Çizelge 7 'de verilmiştir.

Çizelge 7 Üretilen betonların basınç, yarmada çekme, eğilme dayanımları ve 28 günlük elastisite modülleri

Karışım	Ortalama Basınç Dayanımları (N/mm ²)			Ortalama Yarmada Çekme Dayanımları (N/mm ²)		Eğilme Dayanımları * (N/mm ²)		28 Günlük Elastisite Modülü (N/mm ²)
	2 Gün	7 Gün	28 Gün	7 Gün	28 Gün	7 Gün	28 Gün	
Kyhb 1,4	11,30	17,00	20,80	1,45	1,82	2,55	3,59	16.500
Kyhb 1,5	12,00	19,90	25,50	1,60	1,85	3,12	4,26	18.400
Kyhb 1,6	12,80	20,20	27,70	1,79	1,93	3,30	4,59	20.000
Kyhb 1,7	13,10	21,80	35,00	1,85	2,12	3,80	4,65	21.000

* Üç noktadan yüklenen kirişlerden elde edilen

Ayrıca her bir karışımdan oluşturulan 3 'er adet 15cm x 15cm x 15cm boyutlarında küp numuneler kullanılarak, betonların TS EN 12390-7 'ye göre etüv yoğunlukları ve su emme oranları tespit edilmiştir. Betonların etüv yoğunlukları ve su emme oranları Çizelge 8 'de verilmiştir.

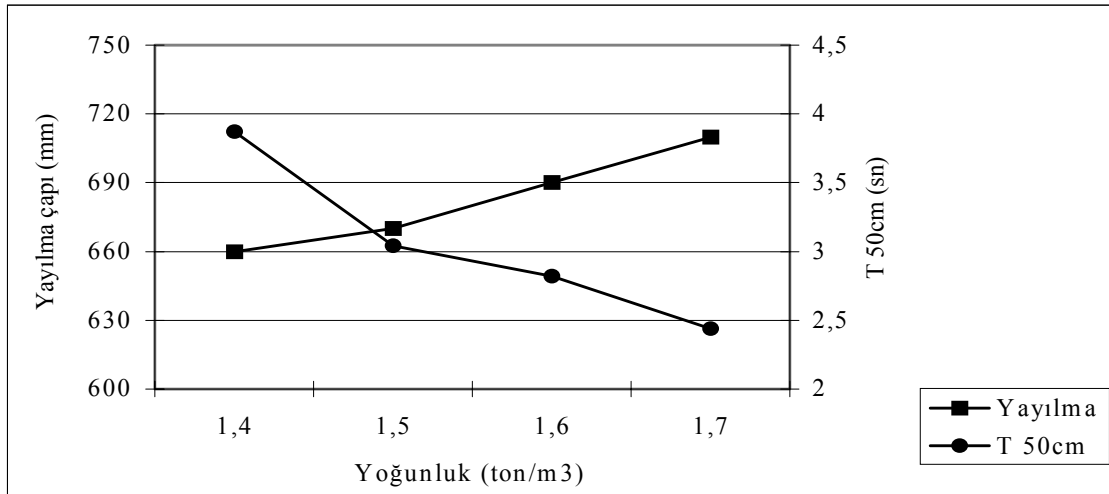
Çizelge 8 Betonların 28 günlük etüv yoğunlukları ve su emme oranları

	Kyhb 1,4	Kyhb 1,5	Kyhb 1,6	Kyhb 1,7
Etüv Yoğunluğu (kg/m ³)	1398	1518	1610	1688
Su Emme Oranları (%)	13,5	12,6	8,7	8,1

3. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

3.1. Taze Beton Özelliklerinin İrdelenmesi

Kendiliğinden yerleşen hafif betonda yoğunluk arttıkça işlenebilirliğin de kolaylaştığı görülmektedir. Su/toplam bağlayıcı oranı yüksek olan (0,49) Kyhb 1,4'de, yayılma 660 mm, 50 cm'ye yayılma süresi 3,87 sn, L-box 'da h_2/h_1 oranı 0,88 ve U-box 'da (h_2-h_1) farkı 18 mm olarak tespit edilen özellikler, su/toplam bağlayıcı oranı daha düşük (0,41) olmasına rağmen Kyhb 1,7'de ise yayılma 710 mm, 50 cm'ye yayılma süresi 2,44 sn, L-box'da h_2/h_1 oranı 0,95 ve U-box'da (h_2-h_1) 15 mm olarak elde edilmiştir (Çizelge 6). Kullanılan kimyasal katkı miktarı bütün karışımlarda sabittir. Kendiliğinden yerleşen betonun yayılma ve yerleşme özelliğinin ağırlığınca sağlandığı bilindiğinden, yoğunluğun azalmasıyla yayılma ve yerleşme özelliklerinin de azalması beklenen sonuç olmaktadır. Kendiliğinden yerleşen hafif betonda yoğunluk-yayılma ve yoğunluk 50 cm'ye kadar yayılma süresi (T_{50cm}) arasındaki ilişki Şekil 1'de gösterilmiştir.



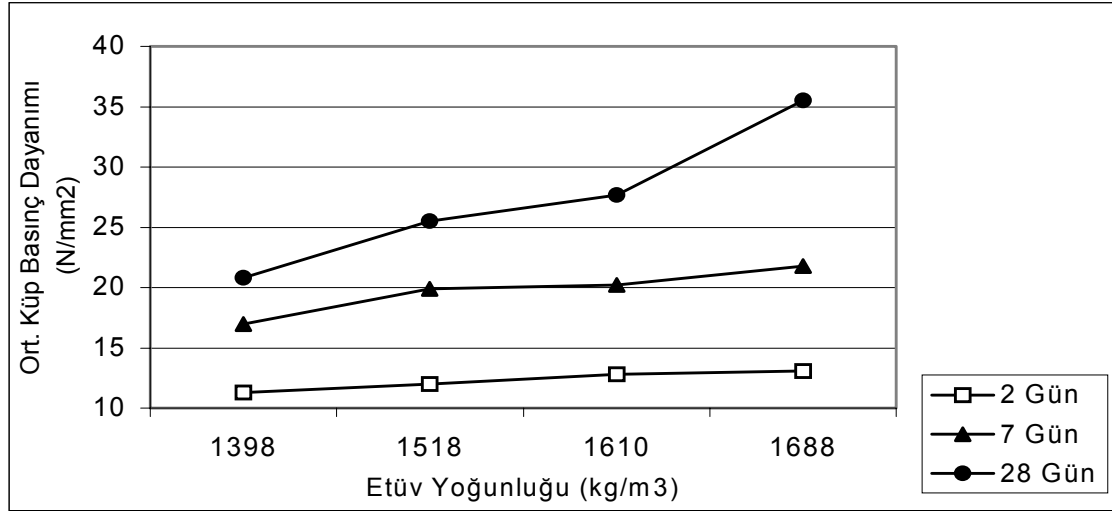
Şekil 1 Kyhb 'da yoğunluk - yayılma ve yoğunluk - T_{50cm} aralarındaki ilişki

TS EN 12350-7 standardına göre tespit edilen hava içeriği miktarı yoğunluğun artmasıyla azalmaktadır. Kyhb 1,4 'de %6,5 olarak tespit edilen hava içeriği, Kyhb 1,7 'de %5 olarak bulunmuştur (Çizelge 6).Beklenildiği üzere betonlarda karma suyu ihtiyacı, yoğunluğun azalmasıyla artmaktadır.

3.2. Sertleşmiş Beton Özelliklerinin İrdelenmesi

3.2.1. Basınç Dayanımları

Toplam bağlayıcı miktarının ve katkı dozajının sabit tutulması, buna karşılık agrega karışım oranlarında değişiklik yapılarak farklı yoğunlukların elde edilmesi durumunda, yoğunluk arttıkça su miktarı azalmakta ve basınç dayanımları artmaktadır. Buna neden olarak hem kuvvetli bir bağlayıcı hamurunun oluşumunu, hem de daha yüksek dayanımlı agrega iskeletinin oluşturulması sayılabilir. Toplam bağlayıcı miktarı ve kimyasal katkı dozajının sabit tutulması koşuluyla, yoğunluk ve basınç dayanımları arasındaki ilişki Şekil 2 'de gösterilmiştir.



Şekil 2 Sabit toplam bağlayıcı ve kimyasal katkı içeren farklı yoğunluktaki Kyhb 'larda basınç dayanımı değişimi

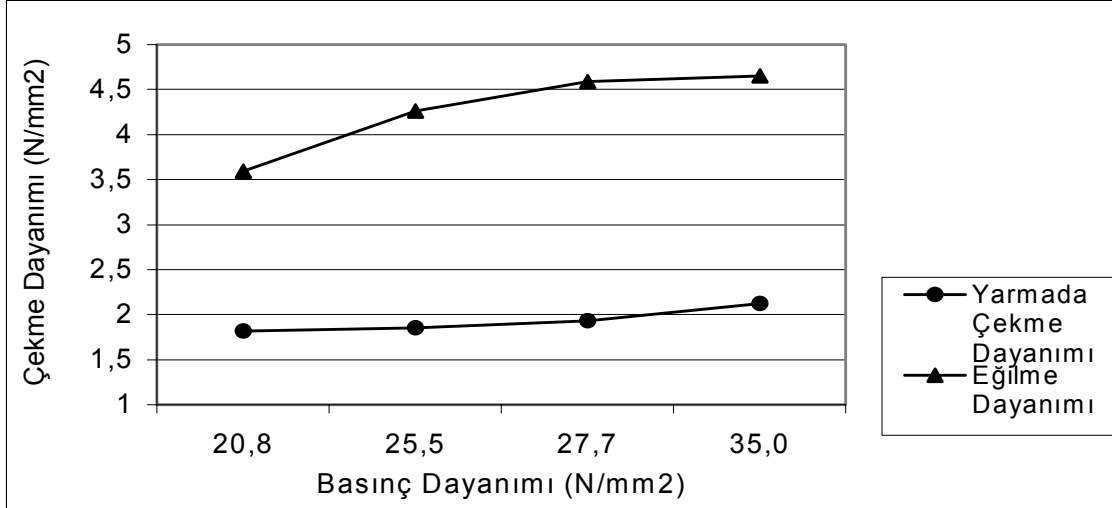
Çizelge 7 'deki 2,7 ve 28 günlük basınç dayanımlarına göre betonların dayanım gelişimi incelendiğinde, toplam bağlayıcı ve kimyasal katkı bütün karışımlarda sabit tutulduğu halde, üstelik su/bağlayıcı oranının azalmasına rağmen yoğunluk arttıkça dayanım gelişiminin yavaşladığı görülmektedir. Bu durumda yoğunluk-dayanım gelişimi ilişkisi Çizelge 9 'da gösterilmiştir.

Çizelge 9 Sabit bağlayıcı (çimento + uçucu kül + silis dumanı) ve kimyasal katkı kullanılması durumunda yoğunluk – su/bağlayıcı - dayanım gelişimi ilişkisi

Karışım	Etüv Yoğunluğu (kg/m³)	Su / Bağlayıcı	2 / 7 Gün Basınç Day. Oranı	7 / 28 Gün Basınç Day. Oranı	2 / 28 Gün Basınç Day. Oranı
Kyhb 1,4	1398	0,49	0,66	0,82	0,54
Kyhb 1,5	1518	0,48	0,60	0,78	0,47
Kyhb 1,6	1610	0,43	0,63	0,73	0,46
Kyhb 1,7	1688	0,41	0,60	0,62	0,37

3.2.2. Yarmada Çekme ve Eğilme Dayanımları

Çizelge 7 'de verilen silindir numunelerdeki yarmada çekme ve orta noktada yüklenen kırışteki eğilme dayanımları irdelendiğinde, beklenildiği gibi, basınç dayanımı ve yoğunluk arttıkça çekme dayanımları da yükselmektedir. Basınç dayanımları ile çekme dayanımları arasındaki ilişki Şekil 3 'de verilmiştir.

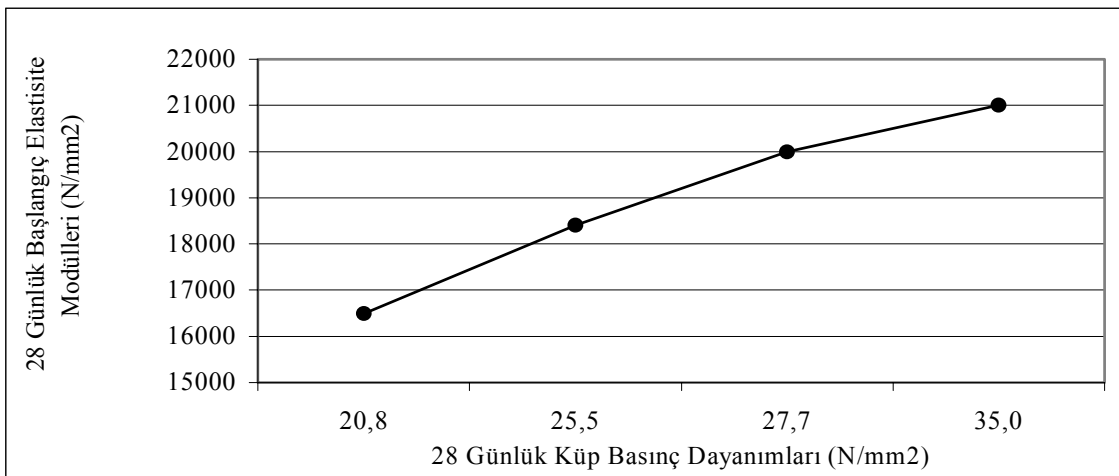


Şekil 3 Basınç dayanımları – çekme dayanımları arasındaki ilişki (28 Günlük)

Silindir numunedeki yarmada çekme dayanımı basınç dayanımının %6,05-%8,75 'i arasında, eğilme dayanımı ise basınç dayanımının %13-%17 'si arasında değer almaktadır. Basınç dayanımı arttıkça oran azalmaktadır.

3.2.3. Elastisite Modülleri

Çizelge 7 'de verilen elastisite modülleri başlangıç elastisite modülleridir. Basınç dayanımı ve yoğunluğun artmasıyla birlikte elastisite modülleri de artmaktadır. Elde edilen değerlerin, aynı küp dayanımına sahip normal betonların elastisite modülleri ile kıyaslandığında daha düşük oldukları söylenebilir. Basınç dayanımı-elastisite modülü ilişkisi Şekil 4 'de gösterilmiştir.



Şekil 4 Basınç dayanımı-başlangıç elastisite modülü ilişkisi

Hafif betonlardan elde edilen elastisite modüllerinin, eşdeğer küp dayanımı aynı olan normal ağırlıklı betonları ile kıyaslandığında (TS 500 'deki karakteristik elastisite modülü değeri ile) %30-40 'ı oranlarında düşük olduğu ortaya çıkmaktadır. En büyük fark, en hafif betonda görülmüştür.

3.2.4. Su Emme Oranları

1400 – 1700 kg/m³ yoğunluğa sahip betonlardan elde edilen su emme oranlarının, yoğunluğun artmasıyla azaldığı görülmektedir. Kyhb 1,4 %13,5 olarak tespit edilen su emme oranı, Kyhb 1,7 'de %8,1 olarak elde edilmiştir. Su emme oranları normal ağırlıklı betonlara göre, beklenildiği gibi, bir hayli yüksektir.

3.2.5. 28 Günlük Basınç Dayanım Sonuçlarının TS EN 206-1 'deki Hafif Beton Dayanım Sınıfları İle Kıyaslanması

Çalışmada elde edilen ve 1400-1700 kg/m³ arasında yoğunluğa sahip betonların 28 günlük basınç dayanımı sonuçları irdelendiğinde, TS EN 206-1'e göre, LC 12/13-LC 30/33 arasındaki sınıf betonların dayanımları ile uyumlu değerler içerdiği görülmektedir. Bu yoğunluklarda, normal dayanımlı beton üretilebileceği kanaatine ulaşılmıştır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Normal ağırlıklı olarak üretilen ve gittikçe kullanımı yaygınlaşan kendiliğinden yerleşen betonun, hafif olarak da üretilebileceği kanaatine varılmıştır. Ancak bunun için özellikle çok daha yoğun bir şekilde laboratuvar denemeleri yapılmalı, özellikle bu çalışmada incelenmeyen fakat çok gerekli olan süre – kıvam koruma özelliği incelenmeli, kısa sürede oluşacak kıvam kayıplarıyla ilgili önlemler araştırılmalıdır. Üretimde, agrega girdisi olarak pomza agregasının, özellikle granülometrisi ve nem içeriği çok sık kontrol edilmeli, bunun için sık periyotlu bir girdi kalite planı oluşturulmalıdır. Pomza agregası kapalı stok alanlarında depolanmalı ve üretime girdiği ana kadarki aşamalarda, özelliklerinin değişmemesi için önlem alınmalıdır.
2. Yoğunluğu 1400, 1500, 1600 ve 1700 kg/m³ olan Kyhb 'larda elde edilen basınç dayanım değerleri, TS EN 206-1 'deki öngörülen normal dayanımlı sınıf betonlarının dayanım değerlerini sağlamaktadır. Bağlayıcı miktarları bütün karışımlarda sabit tutularak, yoğunluklar, agrega karışımlarındaki değişimle elde edildiğinden, beklenildiği üzere yoğunluk arttıkça dayanım değerleri de yükselmiştir. Basınç dayanımları arttıkça çekme dayanımları ve elastisite modülleri de artmaktadır. Yarmada çekme ve eğilme dayanım sonuçları da tatmin edicidir. Ancak elastisite modülleri, aynı basınç dayanımına sahip normal ağırlıklı betonlara göre düşük bulunmuştur.
3. Kyhb 'larda su emme oranları, normal ağırlıklı betonlara göre bir hayli yüksektir. Bu özellik çok iyi bir su yalıtım gerektireceği anlamına gelmektedir.
4. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, laboratuvar bazında çok küçük hacimli karışımlardan elde edilmiştir. Bir hazır beton santralından büyük hacimli deneme üretimleri yapılarak sonuçları araştırılmalıdır.
5. Hafif betonların, betonarmede demir donatı ile aderans yeterliliği, rötre durumları ve dürabilite özelliği de araştırılmalıdır.
6. KYHB 'larda hedeflenen dayanım değerlerini elde etmek için, öncelikle iyi dayanımlı ve yüksek performanslı bir hamur matrisinin oluşturulması sağlanmalıdır.

Kaynaklar

1. Sarışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uęur, İ., Çankıran, O., "Pomza Teknolojisi Cilt II", S.D.Ü. Müh. Mim. Fak.,Isparta, 1998.
2. Neville, A.M., *Properties of Concrete*, Pitman Publishing, London, 1977.
3. Akman, M.S. ve Tařdemir, M.A., "Taşıyıcı Malzeme Olarak Perlit Betonu", *1. Ulusal Perlit Kongresi*, s: 40-48, Ankara, 1977.
4. Tařdemir, M.A., "Taşıyıcı Hafif Agregalı Betonların Elastik ve Elastik Olmayan Davranışı", *Doktora Tezi*, İstanbul, 1981.
5. Baradan, B., *Yapı Malzemesi II*, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, 2000.
6. Erciyes, Y., *Bims ve Bims Betonu Üzerine Araştırmalar*, İmar ve İskan Bakanlığı Yayınları No: 5-17, Ankara, 1963.
7. TSE, *TS 2823/1977 Bims Betondan Mamul Yapı Elemanları*, TSE, Ankara, 1977.
8. TSE, *TS 2511/1977 Taşıyıcı Hafif Betonların Karışım Hesap Esasları*, TSE, Ankara, 1977.
9. Oęuz, C., Türker, F., "Pomza Betonda Fiziksel ve Mekaniksel Özellikler Arasındaki İlişkiler", *1. Isparta Pomza Sempozyumu*, s: 81-87, Isparta, 1997.
10. Shacklock, B.W., *Concrete Constituents and Mix Proportions*, Cement and Concrete Association, London, 1974.
11. TSE, *TS EN 206-1 Beton Bölüm-1 Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk*, TSE, Ankara, Nisan 2002.
12. Felekoęlu, B., Yardımcı, M.Y., Baradan, B., "Kendiliğinden Yerleşen Betonların Aşınma ve Donma-Çözülme Direnci", *5. Ulusal Beton Kongresi*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul, 2003.