



Makale / Research Paper

Hafif Beton Üretiminde Granüle Edilmiş Fındık Kabuğunun Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Korkmaz Yıldırım¹, Mensur Sümer², Serkan Subaşı³

¹ Adnan Menderes Üniversitesi Aydın Meslek Yüksekokulu, Efeler/Aydın, Türkiye.

² Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği, Serdivan/Sakarya.

³ Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konuralp/Düzce.

* Tel.: +90 5324067725, Fax.: + 0 256 2125714 E-mail address: korkmazy54@gmail.com

Received/Geliş: 09.03.2018

Revised/Düzeltilme: 09.04.2018

Accepted/Kabul: 11.04.2018

Öz: Yapılarda ölü yükü azaltmak amacı ile hafif betondan yapılmış elemanlar kullanılmaktadır. Bu amaçla da hafif beton üretiminde doğal ve yapay olarak elde edilen diatomit, yüksek fırın cürufu, hızar talaşı, rende talaşı, pomza gibi çeşitli hafif agregalar kullanılmaktadır. Böylece betonun birim ağırlığını azaltmak, betona ses ve ısı yalıtım özelliği kazandırmak veya atık maddeleri değerlendirmek mümkün olmaktadır. Bu çalışma kapsamında, bölgesel olarak üretilen fındık hasadı sonrası arta kalan ve genellikle yakıt olarak kullanılan fındık kabuğu granüle edilmiş, belli karışım oranları baz alınarak üretilen betonun mekanik ve fiziksel özellikleri uygulama açısından tartışılmıştır. Çalışma kapsamında; kütlece agrega miktarının %0-5-10-15-20-25-30-35-40 ve 50 oranında fındık kabuğu katkılı beton numuneleri üretilmiştir. Üretilen betonların slump, birim ağırlık, 28., 90. ve 180. günlerdeki basınç dayanımı değerleri ölçülmüştür. Fındık kabuğu miktarı arttıkça birim ağırlık ve basınç dayanımında azalmalar oluşmuştur. Fındık kabuğunun %50 oranında kullanılmasıyla birim ağırlık şahit betona göre % 25 azalmıştır. Bu da bina yükünün %25 azalması demektir. Sonuç olarak; yapılan deneysel sonuçları incelendiğinde granüle edilmiş fındık kabuğu kullanılmasıyla da hafif beton üretilebileceği görülmüştür. Böylece bina yükünün hafifletilebileceği ve ülkemizde çok miktarda olan fındık kabuğunun değerlendirilmesiyle ülke ekonomisine katkı sağlayacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hafif Beton, Fındık Kabuğu, Dayanım, Tarımsal Atık

Investigation Of The Availability Of Granulated Hazelnut Shells In The Production Of Lightweight Concrete

Abstract: Lightweight concrete elements are used in order to reduce the load of structures. For this purpose, various lightweight aggregates such as diatomite, blast furnace slag, sawmills wood shavings, shavings and grated pumice obtained naturally or artificially are used in the production of concrete. Thus, it will be possible to reduce the unit weight of the concrete, obtain the sound and insulation properties of concrete, or to utilize the waste materials. In the scope of this study, the hazelnut shells, produced locally after harvest and usually used as fuel, were granulated and used in concrete mixes to observe the effects on mechanical and physical properties of concrete. In the concrete production, hazelnut shells were used as 0-5-10-15-20-25-30-35-40-50 % by weight of total aggregates. The slump values, unit weights, 28th-90th and 180th day compressive strengths of concretes containing hazelnut shells were measured. The results showed that the increase in hazelnut shell contents decreased the unit weights and compressive strengths of concrete. When the hazelnut shell was used in the ratio of 50%, the unit weight of concrete was reduced by 25% compared to reference concrete. This result means that using hazelnut shells can significantly reduce the weight of the buildings. As a result; when the experimental results are examined, it is seen that lightweight concretes can be produced by using granulated hazelnut shell and the weights of the buildings can be decreased by this way. Besides, using hazelnut shells in concrete production contributes to the country's economy by evaluating the hazelnut shell that is available a large quantity as waste.

Key Words: Lightweight Concrete, Nutshell, Strength, Agricultural Waste

Bu makaleye atıf yapmak için

Yıldırım, K. Sümer, M. Subaşı, S. "Hafif Beton Üretiminde Granüle Edilmiş Fındık Kabuğunun Kullanılabilirliğinin Araştırılması" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2018, 5(2); 501-511.

How to cite this article

Yıldırım, K. Sümer, M. Subaşı, S. "Investigation Of The Availability Of Granulated Nutshell In The Production Of Lightweight Concrete" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2018, 5(2); 501-511.

1. Giriş

Hızla artan dünya nüfusu için ihtiyaç duyulan yapı sektöründe sağlam emniyetli bina üretimi önemsenmektedir. Bu da inşaat malzemelerindeki fonksiyonellik, dayanıklılık ve ekonomik malzeme üretimi sonucunda gerçekleşecektir.

Deprem olgusunun öneminin giderek arttığı günümüzde hafif yapı malzemesi üretimi önem kazanmaktadır. Yapı malzemelerinde geleneksel malzemelerin yerine nispeten daha hafif malzemeli ürünlerin üretimi ön plana çıkmaktadır.

Depremlerde ağır yapıların daha çok hasar görmesi sonucu hafif agregalı beton blok elemanlar, geleneksel betonların yerine uygunluk sağlayan birçok mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır [1].

Beton yapılarda betonun yoğunluğunun azaltılarak yapı üzerindeki toplam yükün azaltılması istenir ve bu yüklerin en önemlisi de ölü yüklerdir. Bu yüzden hafif betonun kullanılmasıyla bu ölü yükler azaltılır ve taşıyıcı elemanların boyutları küçülerek ekonomik bir kazanç sağlamaktadır [2].

Birçok hafif beton üretim yöntemleri vardır. Bu yöntemlerden bir tanesi beton bileşenlerinden olan ince malzemeyi çıkarmaktır. Hafif beton üretiminin diğer bir yolu kimyasal karışımlar kullanarak betonun içine hava kabarcıkları katmaktır. Bu tip betonlar gözenekli veya gaz beton olarak da bilinirler. Hafif beton üretiminin en popüler yolu ise hafif agregalar kullanmaktır [3].

Hafif yapı elemanının boyutuna göre TS 2511'de pomza taşı en büyük tane boyutunun 20 mm, 12.5 mm veya 10 mm olması gerektiği ön görülmüştür [4]. Gevşek birim hacim ağırlığı TS1114 standardına göre hafif agregada 1100 kg/m^3 'ü geçmemelidir [5]. Deprem yönetmeliğine göre deprem bölgelerinde yapılacak tüm betonarme binalarda C20'den daha düşük dayanımlı beton kullanılamaz [6]. Yapılaşmada teknolojinin gelişmesiyle kullanım yerlerine göre farklı beklentileri karşılamak amacıyla özel betonların üretilmesi hız kazanmıştır. Özellikle betonlar; ağır beton, taşıyıcı hafif beton, yüksek akıcılığa sahip beton, yalıtım özellikli beton vb. bu özelliklerden bazılarıdır [7,8]. Betona bu farklı özellikleri kazandırmak elbette ki betonun geleneksel bileşenlerinin haricinde farklı nitelikteki yapı malzemelerini karışıma ilave etmekle olmaktadır [9,10]. Ayrıca mineral ve kimyasal katkılarla, farklı tip ve mineralojik kökene sahip hafif agregalar kullanılmasıyla yüksek dayanımlı hafif agregalı betonlar üretilmiştir [11,12]. Hafif betonların agregalardan kaynaklanan zayıflığı azaltabilmek için genellikle düşük s/ç oranı ile birlikte mineral ve kimyasal katkı kullanılarak üretilmeleri gerekmektedir [12].

Günümüzde yapı sektöründe kullanılan malzemelerde aranan temel özelliklerin başında ısı/ses yalıtımı gelmektedir. İnşaat sektöründe özellikle hafif yapı ve ısı/ses izolasyonu özelliğine sahip hafif blok elemanı ve hafif beton imalatında pomzanın kullanılabileceği, bilimsel çalışmalarla ortaya konulmuştur [13-18].

Demirboğa ve Gül %30 uçucu kül + %70 çimento ile üretilen beton numunelerde pomza yerine genişletilmiş perlit agregası kullanıldığında sertleşmiş beton numunelerin ısı iletkenliğinin en düşük çıktığını bulmuşlardır [19].

Türkmen ve Gavgalı portland çimentosu yerine %10 silis dumanı+ %20 yüksek fırın cürufu ile üretilen betonların normal betonlara göre en düşük geçirimsizlik katsayısına sahip olduklarını bulmuşlardır [20-22]. Lydon, bazı hafif agregalar için beton basınç dayanımının agregalar tipine bağlı olduğunu ve beton yoğunluğu ile artış gösterdiğini işaret etmiştir [23].

Topçu, Al-Khaiat ve Haque ve Gökçe ve Can çalışmalarında hafif ağırlıklı agregaların hava boşlukları sayesinde bu malzeme ile üretilmiş betonun daha yüksek dayanım/ağırlık oranına, daha az yarmada çekme dayanımı kapasitesine, düşük ısıl genleşme katsayısına, yüksek nitelikli ısı ve ses yalıtımı özelliklerine sahip olduğunu rapor etmişlerdir [24-26].

Buna ek olarak Topçu, Yaşar ve diğ. betonda hafif ağırlıklı agrega kullanılmasıyla yapının ölü ağırlığının ve kullanılacak demir donatı miktarının azalacağını ortaya koymuşlardır [24-27].

Ayrıca hafif blok elemanı ve hafif beton imalatında kullanılan agregalar yerine yoğunluğu düşük, gözenekliliği yüksek olan pomza dışında diatomit, vermikulit, genleştirilmiş perlit, genleştirilmiş killer ve EPS köpüğü gibi doğal ve sentetik ürünlerin kullanımıyla ilgili çalışmalar yapıldığı anlaşılmaktadır.

Literatürde çalışmalarda değişik tür ve kökendeki hafif agregalar kullanılarak üretilen betonların mekanik ve fiziksel analizleri incelenmektedir. Geleneksel betonların bazı durumlarda istenilen özellikleri sağlayamaması beton üretiminde yeni arayışları zorunlu kılmaktadır. Bu yüzden özel betonların önemi, malzeme ve karışım oranları, özellikleri ve uygulama alanları açısından farklılıklar göstermektedir. Özel amaçlar ve kullanımlar için geliştirilmiş olan birçok farklı tip özel betonlar bulunmaktadır.

Genelde, portland çimentosu matris fazı ve agrega fazı bir şekilde değişime uğratarak bazı beton özelliklerinin değiştirilmesi, iyileştirilmesi ve betona yeni özelliklerin kazandırılması amaçlanmaktadır.

Bu özel tip betonların uzun zamanlardan beri inşaat sektöründe kullanılmalarına rağmen, bazıları beton endüstrisine yeni çalışmalar ile kazandırılmaktadır. Hafif beton üretimi alanında tarımsal atık olarak ifade edilen bitki sapları, külleri beton ve beton elemanların üretiminde kullanılabilirliği araştırmaları günümüzde devam etmektedir.

Bu çalışmada özel beton üretimlerine bakılarak, Karadeniz bölgesinde üretilen fındık hasadı sonrası arta kalan ve genellikle yakıt olarak kullanılan fındık kabuğu granüle edilmiş, belli karışım oranları baz alınarak üretilen beton özellikleri ve uygulama açısından tartışılmıştır.

2. Malzeme ve Metot

2.1. Çalışma Kapsamında Kullanılan Malzemeler

Karadeniz bölgesinde halkın geçim kaynağı olan fındığın, hasat sonrasında atık malzeme olarak kalan kabuğu genellikle yakıt olarak kullanılmaktadır. Organik malzeme olan kabuğun beton içerisinde mekanik ve fiziksel özelliklerini araştırmak için fabrikadan fındık kabuğu alınmış 2mm ve 4mm kare gözlü elekten elenerek kırılmış ince ve iri kabuk elde edilmiştir. Kabuğun kırılmış halde özgül ağırlığı $0,90\text{gr/cm}^3$ (900 kg/m^3) olarak bulunmuştur (Şekil.1).

Deneysel çalışmada kullanılan CEM I 42,5 R tipi çimento Oyak Bolu Çimentodan temin edilmiştir. Çimentonun kimyasal analizleri tablo 1’de verilmiştir[28]. Beton karışımında kullanılan agrega yerel hazır beton tesisinden alınmıştır. Agregaya ait özgül ağırlıklar şöyledir (Tablo.2).



Şekil .1 Granüle fındık kabuğuna ait görüntü

Tablo 1. Çimentoya ait kimyasal analiz değerleri

	%
SiO ₂	19,95
Al ₂ O ₃	5,12
Fe ₂ O ₃	3,75
CaO	63,82
MgO	1,64
SO ₃	3,36
Na ₂ O	0,22
K ₂ O	0,46
Na ₂ O Eşdeğer	0,52
Kızdırma Kaybı	1,11
sCaO	1,23
45 Mikron	1,90
90 Mikron	---
Özgül Ağırlık	3,17
Blaine	3971

Tablo 2. Agrega fiziksel özellikleri ve karışıma katılma oranları

Agrega türü	Özgül ağırlığı	Karışım oranı	Birim ağırlığı
İnce agregası (0-6mm)	2.63	% 65	2630 kg/m ³
İri agregası (6-13mm)	2.70	% 35	2700 kg/m ³
Fındık kabuğu	0,90	Muhtelif	900 kg/m ³

2.2. Deneysel Çalışma

Fındık kabuğu katkılı hafif beton üretimine ait beton karışım hesabında S/Ç oranı 0.50, Su miktarı 200 kg, Hava %3.5, akışkanlaştırıcı katkı olarak %1-1,5 oranı kullanılmıştır [29].

Referans numunenin karışım hesabındaki agregası ile ikame edilerek granüle fındık kabuğu kullanılarak farklı oranlardaki fındık kabuğu oranları için beton karışım oranları belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo. 3 Fındık kabuğu ilaveli beton karışım hesabı tablosu

	Fındık Kabuğu Karışım Oranları %	0-2mm kabuk miktarı $\gamma:0,90 \text{ g/cm}^3$		2-4mm kabuk miktarı $\gamma:0,90 \text{ g/cm}^3$		İnce Agrega miktarı $\gamma:2,63 \text{ g/cm}^3$		İri Agrega miktarı $\gamma:2,7 \text{ g/cm}^3$		Çiment o $\gamma:3,17 \text{ g/cm}^3$	Su (Kg)	Taze beton ağırlığı (kg/m ³)
		V	Kg	V	Kg	V	Kg	V	Kg	Kg		
Referans Numune	0	0	0	0	0	415	1092	224	604	400	200	2296
H1	5	21	19	11	10	394	1037	212	573	400	200	2239
H2	10	42	37	22	20	373	983	201	543	400	200	2183
H3	15	62	56	33	30	353	928	190	513	400	200	2127
H4	20	83	74	44	40	332	873	178	483	400	200	2070
H5	25	104	93	55	50	311	819	167	452	400	200	2014
H6	30	125	112	67	60	290	764	156	422	400	200	1958
H7	35	145	130	78	70	269	710	145	392	400	200	1902
H8	40	166	149	89	80	249	655	134	362	400	200	1846
H9	50	207	186	111	100	207	546	111	301	400	200	1735

Tablo 3'e göre betonların toplam ağırlıkları görüldüğü üzere karışım oranı % 30 geçince toplam ağırlık hafif beton ağırlık oranına ulaşmıştır. Betoniyerde betonların hazırlığı şekil 2'de görülmektedir.



Şekil .2 Fındık kabuğu ilaveli beton hazırlığı

Hazırlanan beton da TS EN 206:2013+A1'de tanımlanan slump deneyi yapılmış olup yaklaşık 100-150 mm çökme görülmüştür [30]. Bu da hazırlanan betonun S3 sınıfına girdiğini göstermektedir (Şekil 3).



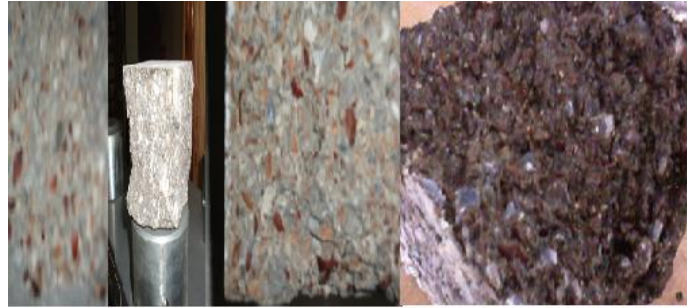
Şekil.3 Betonda yapılan slump deneyi

Şekil 4'de 10*10*10cm ebadında numune kalıplarına yerleştirilen beton masa vibratöründe gerekli yerleştirme işlemlerine tabii tutularak deneyde kullanılan numunelerimiz üretilmiştir (Şekil 4).



Şekil4. Beton küp numunelerin imalatı

Hazırlanan beton numunelerin 28 gün sonunda beton basınç presinde kırılmıştır. Deney sonucunda kırılan numunelerdeki fındık kabuğu dağılımı şekil 5'te görülmektedir. Bu görüntülerden anlaşıldığı üzere fındık kabuğu beton içerisinde homojen bir dağılıma göstermiş olup, çimento ile aderansının iyi olduğu görülmüştür.



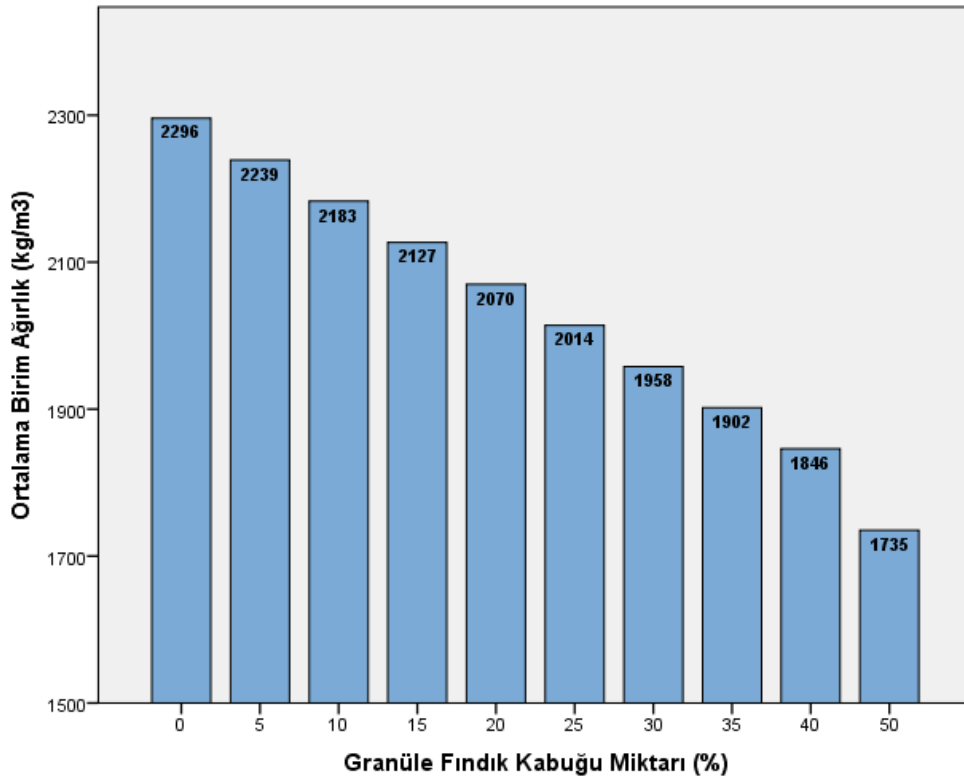
Şekil 5. Beton küp numunelerin kırılmış hali

3. Bulgular ve Tartışma

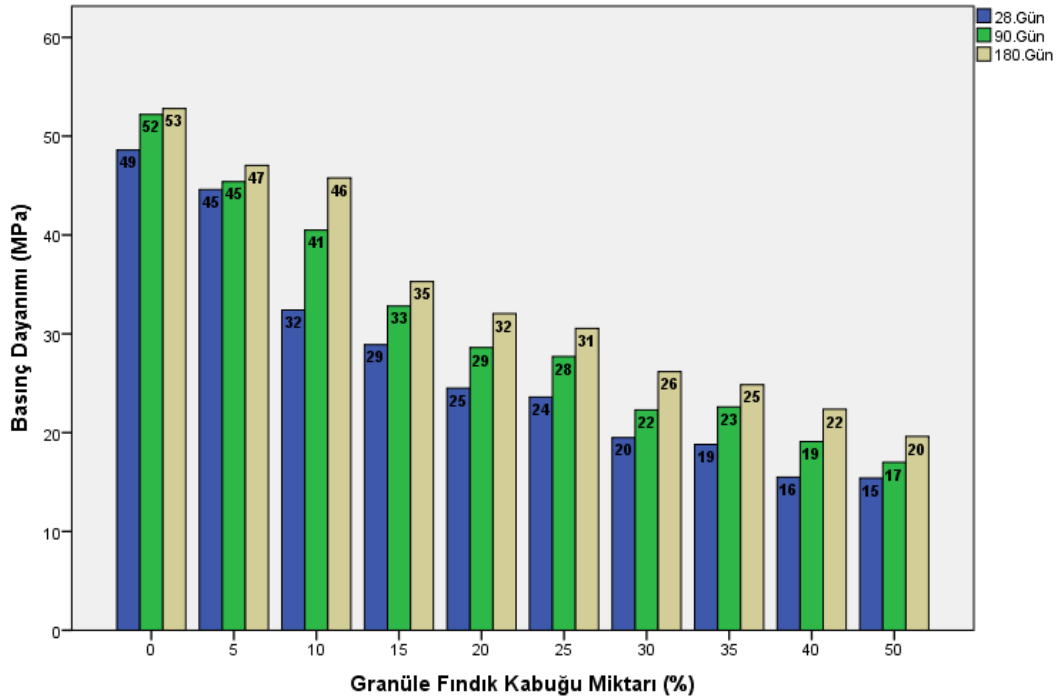
Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen ortalama birim ağırlık ve basınç dayanımı değerlerine ait sonuçlar tablo 4'de verilmiştir. Ayrıca ortalama birim ağırlık değerlerine ait grafik şekil 6'da, ortalama basınç dayanımı değerlerine ait grafik ise şekil 7'de görülmektedir. Beton basınç dayanımlarını 28, 90 ve 180 periyotla bulmamızın nedeni fındık kabuğu organik malzeme olması nedeniyle beton içerisindeki davranışını gözlemektir. Şekil 5'de görüldüğü gibi kabuk kür havuzunda bekletilmesine rağmen değişim göstermemiş, betonun yapısallığını bozmamıştır.

Tablo 4. Fındık kabuğu ilaveli beton silindir basınç dayanım değerleri

Numune isimleri ve fındık kabuğu karışım oranları	Taze beton toplam ağırlığı (kg/m ³)	28 gün (MPa)	90 gün (MPa)	180 gün (MPa)
Referans Numune	2296	48,6	52,2	52,80
H1 %5	2239	44,6	45,4	47,04
H2 %10	2183	32,4	40,5	45,77
H3 %15	2127	28,9	32,8	35,29
H4 %20	2070	24,5	28,6	32,05
H5 %25	2014	23,6	27,7	30,55
H6 %30	1958	19,5	22,3	26,17
H7 %35	1902	18,8	22,6	24,85
H8 %40	1846	15,5	19,1	22,37
H9 %50	1735	15,4	17,0	19,62



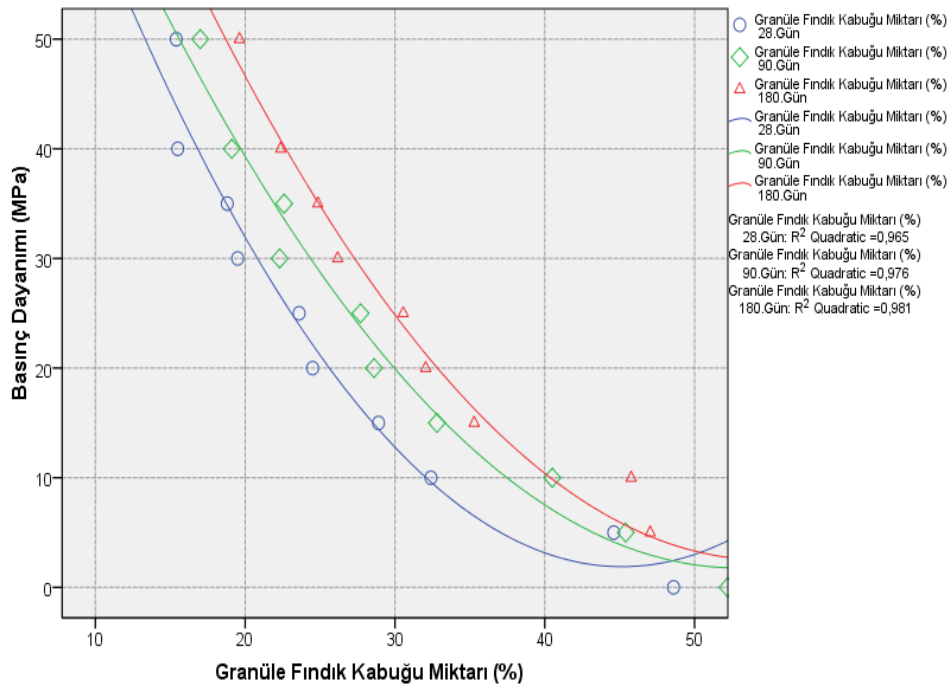
Şekil 6. Ortalama birim ağırlık değerleri



Şekil 7. Beton küp numunelerin ortalama basınç dayanım değerleri

Elde edilen basınç dayanımı değerleri ile fındık kabuğu miktarları arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek amacıyla regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizi sonucunda elde edilen ilişki grafiği şekil 8’de görülmektedir. Gerçekleştirilen analiz sonucunda Basınç dayanımı ile fındık kabuğu miktarı arasında 2. dereceden $Y=a+bX+cX^2$ model denklemi ile açıklanabilen güçlü bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Regresyon analizi sonucunda 28, 90 ve 180. günlerdeki dayanım

değerleri ile fındık kabuğu miktarı arasındaki ilişkiyi açıklayan denkleme ait katsayılar tablo 5’de verilmiştir.

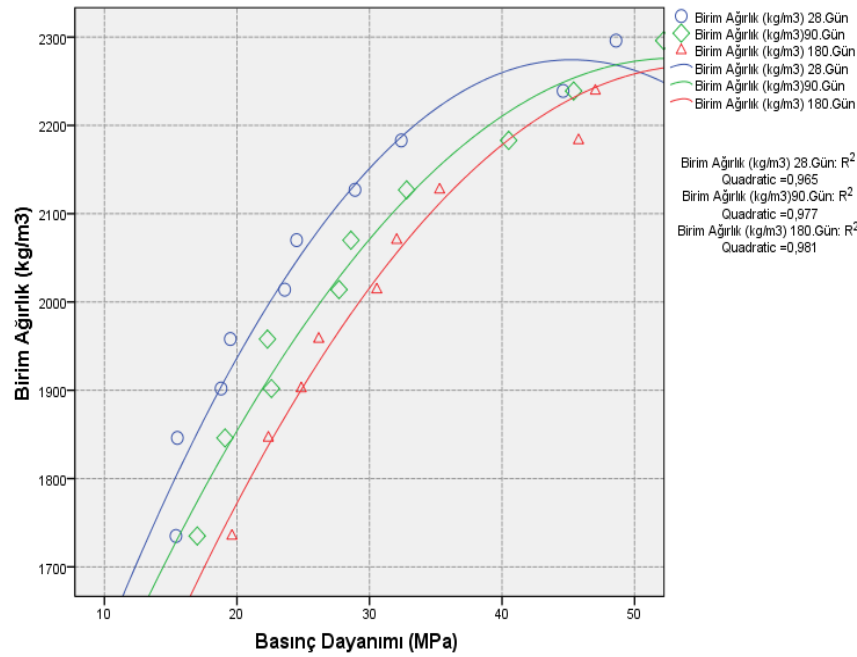


Şekil 8. Basınç dayanımı ile fındık kabuğu miktarı arasındaki ilişki

Tablo 5. Regresyon analizi sonucunda elde edilen katsayılar

Bağımlı Değişken	Tahmin Parametreleri				Model Denklem $Y=a+bX+cX^2$
	R^2	a	b	c	
28 Günlük Basınç Dayanımı	0,978	48,60	-1,478	0,017	$Y=48,603-1,478X+0,017X^2$
90 Günlük Basınç Dayanımı	0,990	51,86	-1,364	0,014	$Y=51,861-1,364X+0,014X^2$
180 Günlük Basınç Dayanımı	0,982	53,30	-1,216	0,011	$Y=53,307-1,216X+0,011X^2$

Basınç dayanımı değerlerinin birim ağırlığa bağlı olarak değişimini tespit edebilmek amacıyla regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizi sonucunda elde edilen ilişki grafiği şekil 9’da görülmektedir. Gerçekleştirilen analiz sonucunda Basınç dayanımı ile birim ağırlık arasında 2. dereceden $Y=a+bX+cX^2$ model denklemi ile açıklanabilen güçlü bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Regresyon analizi sonucunda 28, 90 ve 180. günlerdeki basınç dayanım değerleri ile birim ağırlık değerleri arasındaki ilişkiyi açıklayan denkleme ait katsayılar Tablo 6’de verilmiştir.



Şekil 9. Basınç dayanım değerleri ile birim ağırlık değerleri arasındaki ilişki

Tablo 6. Regresyon analizi sonucunda elde edilen katsayılar

Bağımlı Değişken	Tahmin Parametreleri				Model Denklemleri $Y=a+bX+cX^2$
	R ²	a	b	c	
28 Günlük Basınç Dayanımı	0,977	435,616	-0,468	0,000131	$Y=435,616-0,468X+0,000131X^2$
90 Günlük Basınç Dayanımı	0,990	337,797	-0,370	0,000107	$Y=337,797-0,370X+0,000107X^2$
180 Günlük Basınç Dayanımı	0,982	258,254	-0,286	8,586E-5	$Y=258,254-0,286X+0,0000858X^2$

4. Sonuçlar ve Öneriler

Yapılan deneysel sonuçları incelendiğinde granüle edilmiş fındık kabuğu kullanılmasıyla da hafif beton üretilebileceği görülmüştür. %5,%10 ve %15 oranında fındık kabuğu numunelerin basınç dayanımları oldukça yüksek olmuştur. Birim ağırlıkları da hafif beton birim ağırlığının üzerinde seyretmektedir. Yani % 15 kadar fındık kabuğu kullanılmasıyla normal beton üretilmesi de mümkün olabileceği görülmüştür. Fındık kabuğu miktarı arttıkça birim ağırlık ve basınç dayanımında azalmalar oluşmuştur. Bu sonuçlar hafif beton için uygun sonuçlardır. Max %50 kullanılması birim ağırlık şahit betona göre % 25 azalmıştır. Bu da bina yükünün %25 azalması demektir. %50 oranında granüle fındık kabuğu kullanılan karışımlarda basınç dayanımı 20 MPa değerine ulaşmıştır. Bu dayanım da hafif betonlar için oldukça iyi bir sonuç olarak değerlendirilmektedir. Gerçekleştirilen regresyon analizi sonucunda Basınç dayanımı ile fındık kabuğu miktarı arasında 2. dereceden $Y=a+bX+cX^2$ model denklemi ile açıklanabilen güçlü bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Aynı ilişki birim ağırlık ile basınç dayanımı değerleri arasında da tespit edilmiştir.

Sonuç olarak granüle edilmiş fındık kabuğu kullanılarak hafif beton üretmenin mümkün olabileceği, ülkemizde çok miktarda olan fındık kabuğunun değerlendirilmesiyle ülke ekonomisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Hafif beton üretiminde tarımsal atıkların değerlendirilmesi ile yeni özel betonların üretilebileceği, alternatif agrega ve bağlayıcıların beton üretiminde kullanılabilirliğine yönelik çalışmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- [1] Cavaleri, L., and etc., “Pumice Concrete for Structural Wall Panels”, Engineering Structures, 2003, 25:115-125.
- [2] Neville, A.M., Brooks, J.J., “Concrete Technology”, Longman Group UK Limited, pp.346, (1987).
- [3] Demirboğa, R., and etc., “Effects of expanded Perlite aggregate And Mineral Admixtures On The Compressive Strength Of Low-Density Concretes”, Cement and Concrete Research, 2001, 31:1627-1632.
- [4] TS 2511, “Taşıyıcı hafif betonların karışım hesap esasları” Türk standartları Enstitüsü, Ankara, (2017).
- [5] TS 1114 EN 13055-1, “Hafif agregalar - Bölüm 1: Beton, harç ve şerbette kullanım için”, Türk standartları Enstitüsü, Ankara, (2004).
- [6] “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, (2007).
- [7] Şimşek, O., “Beton ve Beton Teknolojisi” Seçkin Yayıncılık, 3. Baskı, Ankara, (2009).
- [8] Yazıcıoğlu, S., Bozkurt N., “Pomza ve mineral katkılı taşıyıcı hafif betonun mekanik özelliklerinin araştırılması” G.Ü. Müh. Mim. Fak. Der. 2006, 21:675-680.
- [9] Neville, A., “Properties of Concrete” ISBN 0-582-23070- 5, 3rd edition, London (1993).
- [10] Mindess S., Young J.F and Darwin D., “Concrete” Second edition, (2002).
- [11] Şapcı N., Gündüz L., ve Ulusoy M., “Karaman ve Cıvırı Pomza Oluşumlarının Hafif Beton Sektöründe Agrega Olarak Yeri ve Önemi” 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, (2004).
- [12] M. Gesoğlu, T. Özturan, E. Güneyisi, “Shrinkage cracking of lightweight concrete made with cold-bonded fly ash aggregate” Cement and Concrete Research, 2004, 34:1121-1130.
- [13] Gündüz, L., Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran, O., 1998; “Pomza Teknolojisi” Cilt- I, Süleyman Demirel University, 275-285, 1998.
- [14] Demirdağ, S., Gündüz, L., “Strength properties of volcanic slag aggregate lightweight concrete for high performance masonry units” Construction and Building Materials, 2008, 22:135– 142.
- [15] Cavaleri, L., Miraglia, N., Papia, M., “Pumice concrete for structural wall panels” Engineering Structures, 2003, 25:115–125.
- [16] Gündüz, L., Bekar, M., Şapcı, N., “Influence of a new type of additive on the performance of polymer-lightweight mortar composites” Cement and Concrete Composites, 2007, 29:594-602.
- [17] Gündüz, L., “The effects of pumice aggregate/cement ratios on the low-strength concrete properties” Construction and Building Materials, 2008a, 22:721–728.
Gündüz, L., “Use of quartet blends containing fly ash, scoria, perlite pumice and cement to produce cellular hollow lightweight masonry blocks for non-load bearing walls” Construction and Building Materials, 2008b, 22:747– 754.
- [18] Campione, G., La Mendola, L., “Behavior in compression of lightweight fiber reinforced concrete confined with transverse steel reinforcement” Cement and Concrete Composites, 2004, 26:645–656.
- [19] Demirboğa, R. ve Gül R., “The effects of expanded perlite aggregate silica fume and fly ash on the thermal conductivity of light weight concrete” Cement and Concrete Research, 2002, 33:723-727.

- [20] Türkmen İ. and Gavgalı M., “Influence of mineral admixtures on the some properties and corrosion of steel embedded in sodium sulfate solution of concrete” *Materials Letters*, 2003, 57:3222-3233.
- [21] Gökçe M., “Genleşmiş Kil Agregalarının Hafif Betonda Kullanılabilirliğinin Araştırılması” Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, P.kodu: 07/2007-25, (2008).
- [22] Kantarcı, A., Türkmen İ., “Kendiliğinden Yerleşen Betonların Geçirimlilik Katsayısı Ve Mekanik Özellikleri Üzerine Farklı Kür Şartlarının Ve Genleştirilmiş Perlit Agregasının Etkileri” II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi MBGAK İstanbul, 17–19, (2005).
- [23] Lydon, F.D., “Concrete Mix Design, Applied Science Publishers” 2nd ed., London, (1982).
- [24] Topcu, İ.B., “Semi-Lightweight Concretes Produced by Volcanic Slags” *Cement And Concrete Research*, 1997, 27:15-21.
- [25] Al-Khaiat, H., Haque, M.N., “Effect of Initial Curing on Early Strength and Physical Properties of Lightweight Concrete” *Cement And Concrete Research*, 1998, 28:859-866.
- [26] Yasar, E., Atis, C. D., Kilic, A., Gulsen, H., “Strength Properties of Lightweight Concrete Made with Basaltic Pumice and Fly Ash”, *Materials Letters*, 2003, 57:2267-2270.
- [27] Gökçe, S. ve Can, Ö., “Pomza Agregasının Farklı Zamanlardaki Su Emmelerinin Hafif Betonun Mekanik ve Fiziksel Özelliklerine Etkisi”, 12(4), Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi, (2009).
- [28] TS EN 197-1, “Çimento - Bölüm 1: Genel çimentolar - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri” Türk standartları Enstitüsü, Ankara, (2012).
- [29] TS 802, “Beton Karışımı Hesapları” Türk standartları Enstitüsü, Ankara, (1985).
- [30] TS EN 206:2013+A1, “Beton- Özellik, performans, imalat ve uygunluk” Türk standartları Enstitüsü, Ankara, (2017).
- [31] TS EN 12390-3, “Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini” Türk standartları Enstitüsü, Ankara, (2010).