

# Alternatif Karışım Oranlarında Üretilen Doğal Perlit Agregalı Hafif Betonların Su/Çimento Üzerindeki Etkileri

H. Süleyman GÖKÇE, Gökhan DURMUŞ ve Osman ŞİMŞEK

## ÖZET

Bu çalışmada, doğal perlit agregası kullanılarak farklı su/çimento (s/ç) ve farklı granülometrik karışımlarla üretilen hafif betonların basınç dayanımları, ultrases geçiş hızları ve birim hacim ağırlıkları arasındaki değişimler araştırılmıştır. Çimento miktarı 300, 400, 500 ve 600 kg/m<sup>3</sup> olmak üzere dört grup ve granülometrik karışımda 4 grup olmak üzere toplamda 16 tür hafif beton üretilmiştir. Betonlar üzerinde basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı ve birim hacim ağırlık deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bütün deneylerde 100×100×100 mm<sup>3</sup> ölçülerindeki küp numuneler kullanılmıştır. Sonuçta, 0.55 s/ç oranı 0.70 s/ç oranına göre ultrases geçiş hızı değeri ortalama % 24, basınç dayanımı ise ortalama % 158 artmaktadır. Ayrıca hafif betonların içerisindeki ince karışım miktarı arttıkça ultrases geçiş değeri % 9, beton dayanımı % 58 artmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Perlit agregası, hafif beton, basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı, s/ç oranı

## The Effects of Water/Cement Ratio on Natural Perlite Aggregated Lightweight Concrete Produced With Alternate Mixture Ratios

### ABSTRACT

In this study, by using perlite aggregate, the changes of between compressive strength test, ultrasound velocity test and unit volume weight test of light-weight concrete were researched with different water/cement (w/c) ratios and different grain size curve mixtures. At totally, 16 type light-weight concrete were produced for four different cement quantities as 300, 400, 500, 600 kg/m<sup>3</sup> and four different grain size curve mixtures. Test of compressive strength, ultrasound pulse velocity and unit volume weight were confirmed on the concrete samples. For all experimental study, 100x100x100 mm cube samples were used. As a result, samples with 0.55 w/c rate was observed increasing mean 24 % than with 0.70 w/c rate on ultrasound velocity and mean 158 % on compressive strength. In addition, ultrasound velocity increased 9 % and compressive strength increased 58 % as thin mixture quantity in lightweight concrete increased.

**Key words:** Perlite aggregate, lightweight concrete, compressive strength, ultrasound velocity, w/c ratio

### 1.GİRİŞ

Teknolojinin ilerlemesiyle 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 (1,2). Betona bu farklı özellikleri kazandırmak elbette ki betonun geleneksel bileşenlerinin haricinde farklı nitelikteki yapı malzemelerini karışıma ilave etmektir (3,4). Ayrıca mineral ve kimyasal katkılarla, farklı tip ve mineralojik kökene sahip hafif agregalar kullanılmasıyla yüksek dayanımlı hafif agregalı betonlar üretilmiştir (5-11).

Hafif betonların agregalardan kaynaklanan zayıflığı azaltabilmek için genellikle düşük s/ç oranı

*Makale 12.01.2010 tarihinde gelmiş 03.05.2010 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.*

*H.S. GÖKÇE, G. DURMUŞ, O. ŞİMŞEK, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*

*e-posta : gdurmuş@gazi.edu.tr, simsek@gazi.edu.tr*

*Digital Object Identifier 10.2339/2010.13.1.55-63*

ile birlikte mineral ve kimyasal katkı kullanılarak üretilmeleri gerekmektedir (12). Demirboğa ve Gül (13), %30 uçucu kül + %70 çimento ile üretilen beton numunelerde pomza yerine EPA'sı (expanded perlite aggregate) kullanıldığında sertleşmiş beton numunelerin ısı iletkenliğinin en düşük çıktığını bulmuşlardır. Türkmen ve Gavgalı (14), portland çimentosu yerine %10 silis dumanı+ %20 yüksek fırın cürufu ile üretilen betonların normal betonlara göre en düşük geçirimsizlik katsayısına sahip olduklarını bulmuşlardır (15, 16).

Lydon (17), bazı hafif agregalar için beton basınç dayanımının agrega tipine bağlı olduğunu ve beton yoğunluğu ile artış gösterdiğini işaret etmiştir. Topçu (18), Al-Khaiat ve Haque (19), Gökçe ve Can (20) 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. Buna ek olarak Topçu (18), Yaşar ve diğ. (21), betonda hafif

ağırlıklı agregaya kullanılmasıyla yapının ölü ağırlığının ve kullanılacak demir donatı miktarının azalacağını ortaya koymuşlardır.

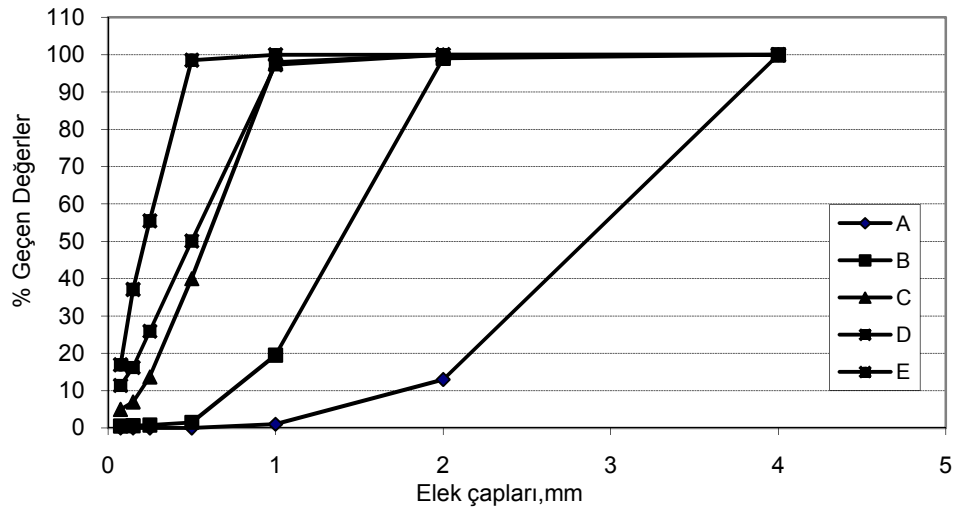
Literatürde çalışmalarda değişik tür ve kökündeki hafif agregalar kullanılarak üretilen betonların mekanik ve fiziksel analizleri incelenmiştir. Ancak farklı granüloetri oranların etkileri üzerindeki çalışmalara rastlanmamıştır. Türkiye’de toplam perlit rezervinin 4,5 milyar ton civarında olduğu düşünüldüğünde, perlitin beton agregası olarak inşaat sektöründe daha etkin kullanım artırılması hedeflenmiştir. Bu çalışmada ise, doğal perlit agregası farklı s/ç ve farklı granüloetri karışımlarla üretilen hafif betonların basınç dayanımları, ultrases geçiş

5 farklı granüloetriye ayrılmış ve % geçen değerleri Şekil 1’de verilmiştir.

Çimentonun fiziksel, kimyasal ve mekanik analizleriyle birlikte ham perlitin kimyasal özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Çimentonun kimyasal analizleri Set çimento sanayi T.A.Ş’de, fiziksel özelliklerine ilişkin deneyler Gazi Üniversitesi Yapı Eğitimi malzeme laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir

## 2.2. Yöntemler

Beş farklı granüloetriye sahip agregalar sırasıyla A, B, C, D, E olarak en büyük boyuttan küçüğe doğru alfabetik olarak adlandırılmıştır. Hazırlanan agregaya karışımları ASTM 330 (23) belirtilen hususlara



Şekil 1. Gruplanmamış ham perlit agregalarının elek analizleri

hızları ve birim hacim ağırlıkları arasındaki değişimler araştırılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

### 2.1. Malzemeler

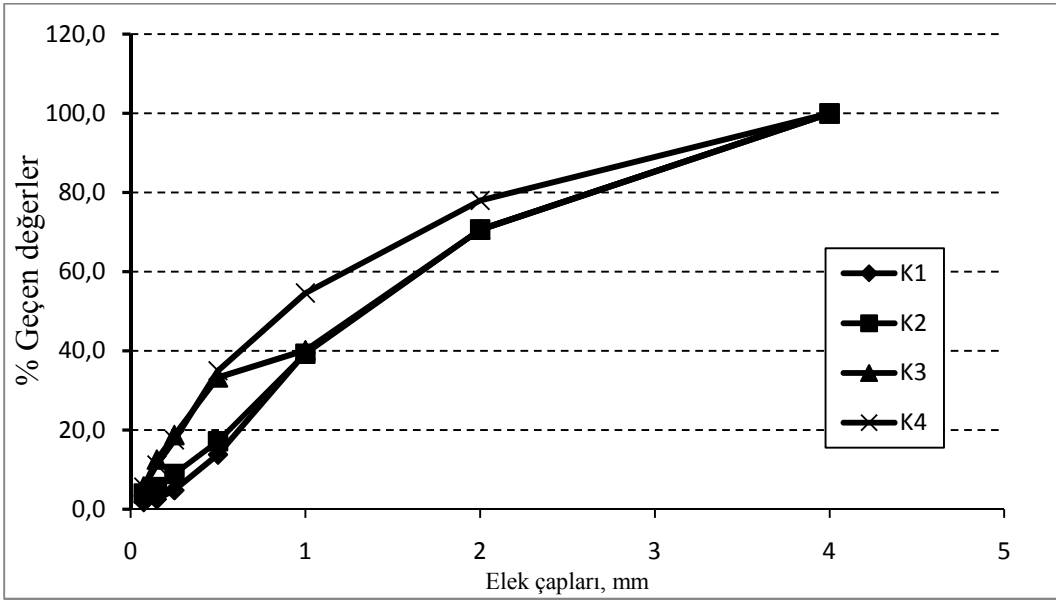
Araştırmada Ankara Set Çimento Fabrikasından temin edilen CEM I 42.5 R çimentosu, Ankara/Çubuk’tan alınan ham perlit agregası ve şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Perlit, doğal olarak oluşan silis esaslı volkanik kayadır (22). Ham perlit 0–5 mm aralıklarda kırılarak elde edilmiştir. Ham perlit agregası

uygun olarak bulunan fuller denklemine göre hesaplanmıştır. Perlit granüloetrisinde A ve B agregaları sabit tutularak, A+B+C (K1), A+B+D (K2), A+B+E (K3) ve A+B+C+E (K4) olacak şekilde 4 ayrı granüloetri karışımı elde edilmiştir. Elde edilen yeni karışımların % geçen değerleri Şekil 2’de verilmiştir.

Perlit agregası gruplarındaki özgül ağırlık ve su emme değerleri TS 1114 EN 13055-1 (24) standardına göre gerçekleştirilmiş ve elde edilen değerler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Malzemelerin kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri (CEM I 42.5 R ve Perlit)

Kimyasal özellikler, %			CEM I 42.5 R Fiziksel Özellikleri			
Bileşen	CEM I 42.5 R	Perlit				
SiO <sub>2</sub>	20,64	71,36	Özgül yüzey, cm <sup>2</sup> /g	3350		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,35	13,72	Su ihtiyacı, %	27,2		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,30	3,31	Priz baş. dk	106		
CaO	62,50	1,58	Priz sonu, dk	189		
MgO	1,65	-	Özgül ağırlık, g/cm <sup>3</sup>	3,1		
SO <sub>3</sub>	2,93	1,24	Genleşme, mm	2		
Na <sub>2</sub> O	0,15	-	Mekanik Özellikleri, MPa	Gün	Basınç	Eğilme
K <sub>2</sub> O	0,71	8,23		7	33,8	5,3
Kız. Kaybı	-	2,5		28	50,9	8,1



Şekil 2. Karışımda kullanılan ham perlit agregalarının elek analizleri

Tablo 2. Perlit agregasının bazı fiziksel özellikleri

	Elek grup isimleri ve aralıkları				
	A (2-4)	B (1-2)	C (0.15-1)	D (0-1)	E (0-0.5)
Yoğunluk, kg/dm <sup>3</sup>	2,312	2,305	2,302	2,290	2,288
Su Emme, %	0,98	1,15	1,25	1,43	1,56

Tablo 2'ye incelendiğinde yoğunluk değerlerine göre en düşük E grubu, en yüksek A grubu olduğu, su emme oranları göre en düşük A grubu ve en yüksek E grubu olduğu bulunmuştur.

Çalışmada 300, 400, 500 ve 600 kg/m<sup>3</sup> dozajlı, 4 farklı agrega karışımı ile 0,55-0,70 arasında değişen s/ç oranı göre 16 farklı karışımlar tasarlanmıştır. Perlitli hafif beton karışımlarının üretimi 10 dm<sup>3</sup> kapasiteli su emmeyen kaptaki düşey eksen doğrultusunda mikser uçlu matkapla topaklaşma kalmayınca kadar 2 dakika boyunca karıştırılmıştır. Elde edilen taze betonlar üzerinde taze beton deneyleri yapıldıktan sonra 100x100x100 mm boyutundaki prizma numunelere yerleştirilmiştir. Numuneler 20±2 °C sıcaklık ve % 55-65 bağıl neme sahip laboratuvar ortamında 24 saat bekletildikten sonra kalıptan çıkarılarak 28 gün süreyle kür havuzunda bekletilmiştir.

Bütün karışımlar TS 2511 standardında belirtilen kurallara uygun olarak gerçekleştirilmiştir (25). Hafif beton üretiminde kullanılan malzeme karışım oranları yapılan kodlamalarla birlikte Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Karışımların malzeme oranları

Kod	Çimento, (kg/m <sup>3</sup> )	s/ç	A kg	B kg	C kg	D kg	E kg
300K1	300	0.70	514	314	725	-	-
300K2	300	0.70	513	307	-	729	-
300K3	300	0.70	513	331	-	-	705
300K4	300	0.70	513	310	620	-	107
400K1	400	0.65	451	275	636	-	-
400K2	400	0.65	450	269	-	640	-
400K3	400	0.65	450	291	-	-	618
400K4	400	0.65	450	272	544	-	94
500K1	500	0.60	396	242	559	-	-
500K2	500	0.60	395	236	-	562	-
500K3	500	0.60	395	255	-	-	543
500K4	500	0.60	395	239	478	-	82
600K1	600	0.55	348	213	492	-	-
600K2	600	0.55	347	208	-	494	-
600K3	600	0.55	347	225	-	-	478
600K4	600	0.55	348	210	420	-	73

Karışım kullanılarak üretilen taze betonlar üzerinde TS EN 12350-2 (26) standardına göre çökme miktarı (ÇM) deneyi ve TS EN 12350-6 (27) standardına göre birim hacim ağırlık (BHA) deneyi gerçekleştirilmiştir.

Sertleşmiş beton numuneler üzerinde, TS EN 12390-7 (28) standardına göre BHA ve su emme (SE) deneyleri, TS EN 12390-3 (29) standardına göre basınç dayanımı ve ASTM C597 standardına göre ultrases geçiş hızı değerleri elde edilmiştir (30).

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Taze beton örnekleri üzerinde gerçekleştirilen ÇM, BHA sonuçları Tablo 4’de, sertleşmiş betonun kuru birim hacim ağırlıkları (KBHA) ve doygun birim hacim ağırlıkları (DBHA), SE %’de değerleri ise Şekil 3’de verilmiştir.

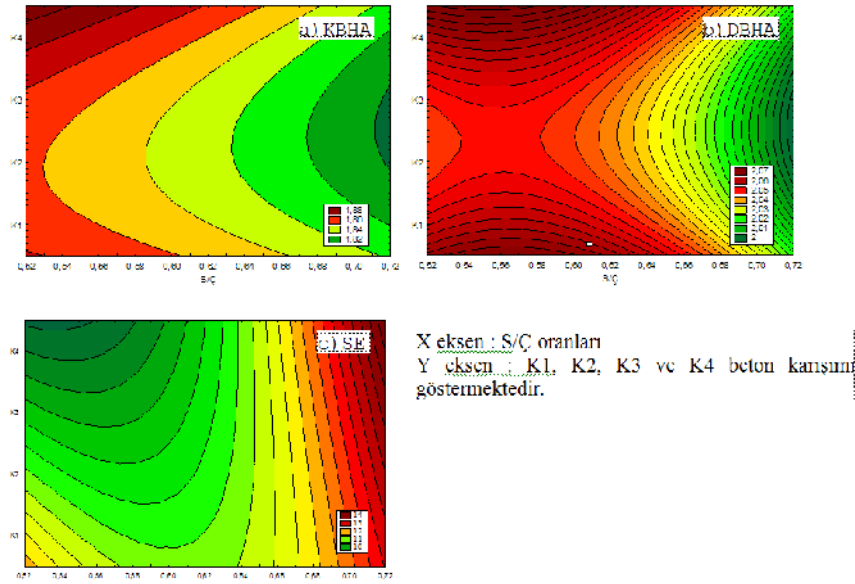
Tablo 4. Taze beton özellikleri

S/ç oranı	0,70		0,65		0,60		0,55	
Agrega karışımı	ÇM, cm	BHA, g/cm <sup>3</sup>	ÇM, cm	BHA, g/cm <sup>3</sup>	ÇM, cm	BHA, g/cm <sup>3</sup>	ÇM, cm	BHA, g/cm <sup>3</sup>
K1	9,2	2,08	9,7	2,038	10,4	2,01	11,3	1,995
K2	9,9	2,076	10,3	2,035	10,5	2,007	11,7	1,992
K3	10,3	2,076	10,8	2,035	11,3	2,007	12,6	1,992
K4	9,5	2,078	9,9	2,037	11,1	2,008	12,1	1,993

Tablo 4’e göre bütün agrega karışım grupların tamamında taze beton birim ağırlığı 1,99-2,08 kg/dm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Gruplanmış karışımlar kullanılarak üretilen hafif betonların s/ç oranlarına bağlı olarak KBHA ve DBHA ve SE’nin % değişim miktarları Şekil 3’te verilmiştir.

Şekil 3’te sertleşmiş betonun KBHA’sı A’da DBHA’sı B’de ve SE’si C şıkında gösterilmektedir. Burada X eksen S/Ç oranlarını, Y eksen ise Karışım gruplarını göstermektedir. Buna göre X ve Y eksenleri çakıştırılarak karışım gruplarına ait KBHA, DKBA ve SE yüzdelerin renk değişimi görülmektedir. Sertleşmiş betonun KBHA’sı ve SE’si s/ç oranı arttıkça artmakta, DBHA’sı ise s/ç oranı arttıkça azalmaktadır. Gruplanmış karışım gruplarına göre incelendiğinde KBHA ve DBHA değerleri arasında istatistiksel farklılık bulunmamıştır. Şekil 3’e bakıldığında zaman sertleşmiş betonların KBHA’ları 2,0 kg/dm<sup>3</sup> küçük olduğu gözükmemekte ve hafif beton sınıfına girmektedirler (1, 22, 31). Ultrases geçiş hızı değerlerinin istatistikî bilgileri Tablo 5’de verilmiştir. Analize tabi tutulan verilerin dağılımını gösteren çizgi grafik ise Şekil 4’de görülmektedir.

Tablo 5’deki ultrases geçiş hızı değerleri en küçük 2.97-3.76 km/s arasında değişmektedir. Beton kalitesi bakımında ASTM C597’ye göre değerlendirildiğinde büyük bir çoğunluğunun ultrases geçiş hızı değerleri “iyi” sınıfına girmektedir.



Şekil 3. Sertleşmiş hafif betonun fiziksel özellikleri

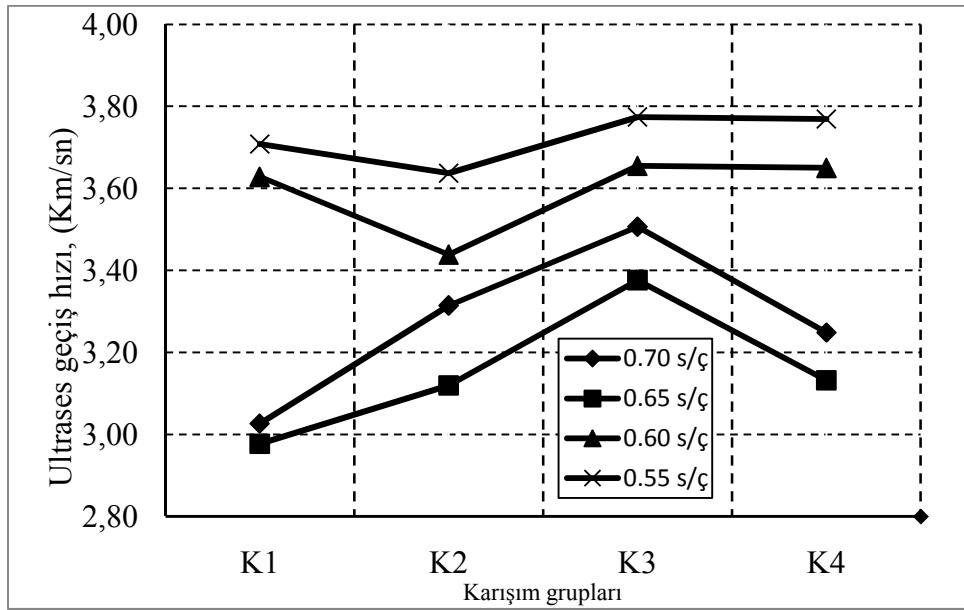
Tablo 5. Ultrases geçiş hızının ortalama değerleri

S/ç	Karışım grup.	N	Ultrases geçiş hızı , km/s	
			Ort.	Std. Hata
0,70	K1	3	3,026	0,047
	K2	3	3,314	0,062
	K3	3	3,506	0,046
	K4	3	3,248	0,125
0,65	K1	3	2,977	0,039
	K2	3	3,119	0,014
	K3	3	3,376	0,054
	K4	3	3,132	0,012
0,60	K1	3	3,628	0,009
	K2	3	3,438	0,056
	K3	3	3,655	0,029
	K4	3	3,650	0,048
0,55	K1	3	3,708	0,009
	K2	3	3,637	0,028
	K3	3	3,774	0,025
	K4	3	3,769	0,025

Şekil 4'e göre en yüksek ultrases geçiş hızı değerleri 0.55 s/ç oranına sahip 600 kg/m<sup>3</sup> çimentolu numunelerde gerçekleşmiştir. Karışım gruplarına göre ultrases geçiş hızı değerleri en yüksek K3'te en düşük K1'de gerçekleşmiştir. Bunun nedeni karışıma giren ince agrega oranı en yüksek K3'de olduğundan sertleşmiş betondaki boşluğun daha az olması şeklinde açıklanabilir.

Ultrases geçiş hızı değerleri üzerinde s/ç oranının dört faktörü (0.55, 0.6, 0.65 ve 0.7) ve karışımın dört faktörleri (K1, K2, K3 ve K4) üzerinde gerçekleştirilmiş tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonucunda, s/ç, karışım grubu ve s/ç\*karışım grup interaksiyonları istatistikî olarak önemli bulunmuştur ( $\alpha < 0.05$ ) (Tablo 6).

Ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Duncan testi kullanılmıştır (Tablo 7).



Şekil 4. Gruplanmış karışım gruplarının ultrases geçiş hızı değerleri

Tablo 6. Ultrases geçiş hızını değerlerinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbest derec.	Kareler Toplam	Kareler Ort.	F	Anlam. düzeyi( $\alpha$ )
S/ç	2,7921	3	0,931	134,15	<b>0,000</b>
Karışım grup	0,4097	3	0,137	19,68	<b>0,000</b>
s/ç*Karışım grup	0,4311	9	0,048	6,90	<b>0,000</b>
Toplam	0,2220	32	0,007		

Tablo 7. Ultrases geçiş hızı verilerine ait Duncan testi sonuçları

S/Ç	Karşım. Grup	Farklı gruplar					
		1	2	3	4	5	6
0,60	K1	S*					
0,55	K1	S*	S*				
0,60	K2	S*	S*				
0,60	K4		S*				
0,55	K4		S*				
0,55	K2			S*			
0,60	K3			S*	S*		
0,70	K2			S*	S*		
0,55	K3				S*	S*	
0,70	K1					S*	S*
0,65	K2					S*	S*
0,70	K3					S*	S*
0,65	K1						S*
0,70	K4						S*
0,65	K4						S*
0,65	K3						S*

S\*:  $\alpha < 0.05$  göre farklı olan gruplar

Gerçekleştirilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre ultrases geçiş hızı değerleri, s/ç ve karışım grupları faktörleri bakımından;

- 0.7 s/c oranındaki K1, K3 ve K4; 0.65 s/c oranındaki K1, K2, K3 ve K4 arasında fark olmadığı, ancak 0.7 s/c oranındaki K2'nin bunlardan farklı olduğu;
- 0.6 oranındaki K1 ve K2 aralarında fark olmadığı, K3 ve K4 hem kendi aralarında hem de diğerleri arasında fark olduğu,

- S/ç oranlarına göre K1 ve K2 birbirinden farklı olmadığı, ancak K3 ve K4 karışımların birbirinden farklı olduğu bulunmuştur.

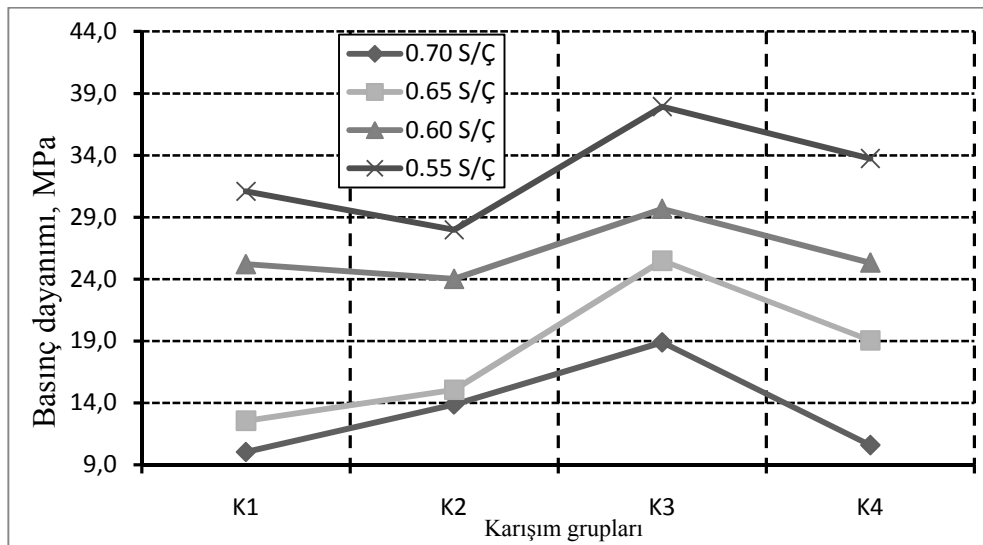
Bu sonuçlara göre hafif betonlarında s/ç oranı düştükçe ultrases geçiş hızı değerleri artmaktadır.

Basınç dayanım değerleri Tablo 8'de, s/ç oranına bağlı olarak basınç dayanımı verilerin dağılımını gösteren çizgi grafik Şekil 5'de verilmiştir.

Tablo 8. Basınç dayanım değerleri

s/ç	Karışım grup.	N	Basınç dayanımı, MPa	
			Ort.	Std. Hata
0,70	K1	3	10,03	0,178
	K2	3	13,86	0,384
	K3	3	18,89	0,390
	K4	3	10,59	1,547
0,65	K1	3	9,66	0,140
	K2	3	11,58	0,242
	K3	3	19,60	0,664
	K4	3	14,66	0,084
0,60	K1	3	27,72	0,431
	K2	3	26,42	0,505
	K3	3	32,64	1,153
	K4	3	27,86	0,423
0,55	K1	3	28,26	0,450
	K2	3	25,44	0,369
	K3	3	34,49	1,262
	K4	3	30,67	0,410

Tablo 8'deki basınç dayanım değerleri değerlendirildiğinde en küçük 9.6-34.5 MPa arasında değişmektedir. En iyi basınç dayanım sonucu 0.6 s/ç oranı sahip betonlarda görülmüştür.



Şekil 5. Hafif betonun basınç dayanım sonuçları

- 0.55 oranındaki K1, K2, K3 ve K4 aralarında fark olduğu,
- Karışım gruplarına göre K1, K2, K3 ve K4 grupları birbirinden farklı olduğu,

Şekil 5'deki hafif betonun basınç dayanım sonuçları ultrases geçiş hızı değerleri paralel olarak gerçekleşmiştir. En yüksek basınç dayanımını 0.55 s/ç oranındaki 600 kg/m<sup>3</sup> çimentolu K3 karışımında, en

Tablo 9. Basınç dayanım değerlerinin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbest derec.	Kareler Toplam	Kareler Ort.	F	Anlam. düzeyi( $\alpha$ )
S/ç	2920,42	3	973,47	711,3	<b>0,000</b>
Karışım grup	428,87	3	142,96	104,5	<b>0,000</b>
S/ç*Karışım grup	88,86	9	9,87	7,21	<b>0,000</b>
Toplam	43,80	32	1,37		

küçük basınç dayanımı da 0.70 s/ç oranındaki 300 kg/m<sup>3</sup> çimentolu K1 karışımında gerçekleşmiştir.

Basınç dayanım değerleri üzerinde s/ç oranının dört faktörü (0.55, 0.6, 0.65 ve 0.7) ve karışımın dört faktörü (K1, K2, K3 ve K4) üzerinde gerçekleştirilmiş tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonucunda, s/ç, karışım grubu ve s/ç\*karışım grup etkileşimleri istatistikî olarak önemli bulunmuştur ( $\alpha < 0.05$ ) (Tablo 9).

Tablo 10. Basınç dayanım verilerine ait Duncan testi sonuçları

S/Ç	Karışım. Grup	Farklı gruplar						
		1	2	3	4	5	6	7
0,65	K1	S*						
0,70	K1	S*						
0,70	K4	S*						
0,65	K2	S*						
0,70	K2	S*						
0,65	K4	S*						
0,70	K3	S*						
0,65	K3	S*						
0,55	K2	S*						
0,60	K2	S* S*						
0,60	K1	S*						
0,60	K4	S*						
0,55	K1	S*						
0,55	K4	S*						
0,60	K3	S*						
0,55	K3	S*						

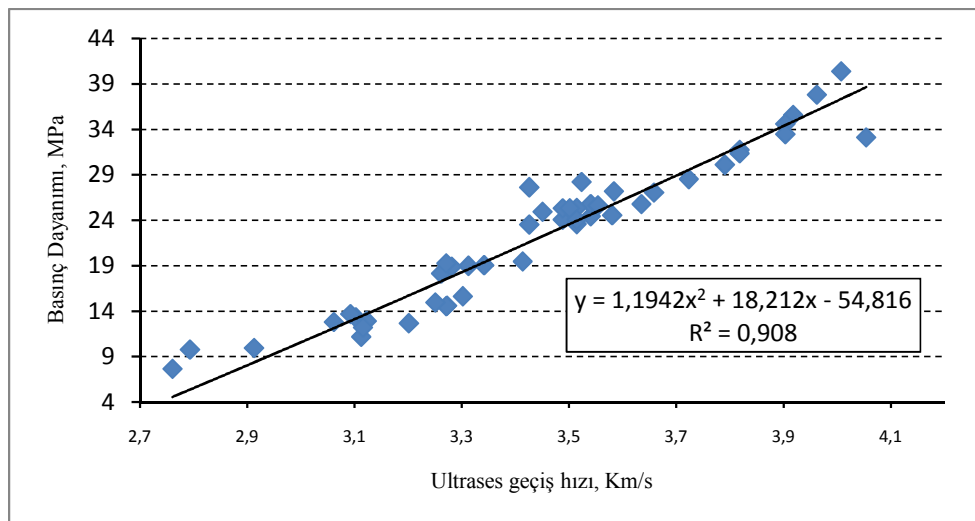
S\*:  $\alpha < 0.05$  göre farklı olan gruplar

Ortalamalar arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Duncan testi kullanılmıştır (Tablo 10).

Gerçekleştirilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre basınç dayanım değerleri s/ç ve karışım grupları faktörleri bakımından;

- 0.7 s/c oranındaki K1 ve K4 arasında fark olmadığı, K2 ve K3 hem kendi aralarında hemde K1 ve K4 den farklı olduğu,
- 0.65 s/c oranındaki K1, K2, K3 ve K4 birbirinden farklı olduğu,
- 0.60 s/c oranındaki K1, K2 ve K4 arasında fark olmadığı, K3'nin ise farklı olduğu,
- 0.65 s/c oranındaki K1, K2, K3 ve K4 birbirinden farklı olduğu bulunmuştur.

Perlit agregalı hafif betonların ultrases geçiş hızı değerleri ile basınç dayanımı arasında herhangi bir ilişki olup olmadığı istatistiksel olarak araştırılmış ve ikinci dereceden bir denklemle ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Elde edilen doğrusal ilişkinin korelasyon katsayısı 0,966 ve regresyon katsayısı 0,91 olup Şekil 6'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Basınç dayanımı ile ultrases arasındaki ilişki

Şekil 6’de ultrases geçiş hızı ile basınç dayanımı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Araştırılan doğrusal regresyon katsayısı 0,91 belirlemiştir. Perlit agregası kullanılarak üretilen beton yapılara tahribatsız deney metotlarından ultrases geçiş hızı deneyi ile basınç dayanımı tahmin edilmesi katkı sağlayacaktır.

#### 4. SONUÇLAR

Çalışmada, doğal perlit agregası kullanılarak 5 farklı grup agregadan 4 farklı s/ç değerinde taze beton ve sertleşmiş beton deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Taze beton deneylerine göre;

- Bütün karışımlar hafif beton sınıfına girmek ve karışım sınıfları arasında kuru birim hacim ağırlık ve doymun birim hacim ağırlık değerlerine göre istatistiksel farklılık bulunmamıştır.

Sertleşmiş beton deneylerine göre;

- Üretilen bütün sertleşmiş betonların kuru birim ağırlıkları 2.0 kg/dm<sup>3</sup> ‘den daha aşağıda bulunmuştur.
- Beş değişik hafif agrega karışımı dikkate alındığında, karışıma giren ince agrega miktarı arttıkça beton ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı değeri artmıştır.
- Karışım gruplarına göre en yüksek ultrases geçiş hızı ve basınç dayanım değerleri sırasıyla K3>K4>K2>K1 şeklinde gerçekleşmiştir.
- 0.55 s/ç oranı 0.70 s/ç oranına göre ultrases geçiş hızı değeri ort. % 24, basınç dayanımı ise ortalama % 158 artmaktadır.
- Hafif betonların içerisindeki ince karışım miktarı arttıkça ultrases geçiş değeri % 9, beton dayanımı % 58 artmaktadır.

#### 5. KAYNAKLAR

- (1) Şimşek, O., Beton ve Beton Teknolojisi, Seçkin Yayıncılık, 3. Baskı, Ankara 2009.
- (2) Yazıcıoğlu, S., Bozkurt N., Pomza ve mineral katkılı taşıyıcı hafif betonun mekanik özelliklerinin araştırılması, G.Ü. Müh. Mim. Fak. Der., 21: 675-680, 2006.
- (3) Neville, A., Properties of Concrete, ISBN 0-582-23070-5, 3rd edition, London 1993.
- (4) Mindess S., Young J.F and Darwin D., Concrete, Second edition, 2002.
- (5) Şapcı N., Gündüz L., ve Ulusoy M., Karaman ve Cıvırı Pomza Oluşumlarının Hafif Beton Sektöründe Agregada Olarak Yeri ve Önemi, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye 2004.
- (6) Serin G., Cankıran O., Başyigit C., Taş H.H. ve Fenkli M., Normal, Hafif ve Yarı Hafif Beton Blokların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması, Teknolojik Araştırmalar : YTED (1) 15-22, 2007
- (7) Coşkun A. ve Tanyıldızı H., Effect Of Different Curing Conditions On Ultrasonic Pulse Velocity And Compressive Strength Of Lightweight Concrete, D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü dergisi, 14, 119-128, 2007.

- (8) Fındık F.S., Saltan M., Hafif Agregaların Esnek Üstyapı Alttemelinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Antalya yöresinin inşaat mühendisliği sorunları kongresi, 22-23-24 Eylül, Antalya, 2005.
- (9) T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu., 1996.
- (10) Bingöl A. F., Gül R., Compressive strength of lightweight aggregate concrete exposed to high temperatures, Indian J. of Eng. and Materials Sciences, 1168-72, 2004
- (11) Wasserman R., Bentur A., Effect of lightweight fly ash aggregate microstructure on the strength of concrete, Cement and Concrete Composites, 18 67-76, 1996.
- (12) M. Gesoğlu, T. Özturan, E. Güneyisi, Shrinkage cracking of lightweight concrete made with cold-bonded fly ash aggregate, Cement and Concrete Research 34 1121-1130, 2004.
- (13) 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 33, 723-727, 2002
- (14) 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, 57 3222-3233, 2003
- (15) Gökçe M., Genleşmiş Kil Agregalarının Hafif Betonda Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje kodu: 07/2007-25, 2008.
- (16) Kantarcı, A., Türkmen İ., Kendiliğinden Yerleşen Betonların Geçirimsizlik Katsayısı Ve Mekanik Özellikleri Üzerine Farklı Kür Şartlarının Ve Genleştirilmiş Perlit Agregasının Etkileri, II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi MBGAK 2005 İstanbul 17-19, 2005.
- (17) Lydon, F.D., Concrete Mix Design, Applied Science Publishers, 2nd ed., London, 1982.
- (18) Topcu, İ.B., Semi-Lightweight Concretes Produced by Volcanic Slags, Cement And Concrete Research, No. 27, 15-21, 1997.
- (19) Al-Khaiat, H., Haque, M.N., Effect of Initial Curing on Early Strength and Physical Properties of Lightweight Concrete, Cement And Concrete Research, No. 28, 859-866. 1998
- (20) Yasar, E., Atis, C. D., Kilic, A., Gulsen, H., Strength Properties of Lightweight Concrete Made with Basaltic Pumice and Fly Ash”, Materials Letters, No. 57, 2267-2270, 2003.
- (21) Gökçe, S. ve Can, Ö., “Pomza Agregasının Farklı Zamanlardaki Su Emmelerinin Hafif Betonun Mekanik ve Fiziksel Özelliklerine Etkisi”, Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi, 12(4), 2009.
- (22) Şimşek, O., Yapı Malzemeleri 2, Seçkin Yayıncılık, 3. Baskı, Ankara 2007.
- (23) ASTM C 330-05 Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete, Annual Book of ASTM Standard, December, 2005.



- 
- (24) TS 1114 EN 13055-1, Hafif agregalar - Bölüm 1: Beton, harç ve şerbette kullanım için, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1-25, 2004.
- (25) TS 2511, Taşıyıcı Hafif Betonların Hesap Esasları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1977
- (26) TS EN 12350-2, Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 2: Çökme (slump) deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2010
- (27) TS EN 12350-6, Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 6: Yoğunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2010
- (28) TS EN 12390-7, Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 7: Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- (29) TS EN 12390-3, Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003
- (30) ASTM C 597-02 Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete”, Annual Book of ASTM Standard, February 2003.
- (31) Topçu, İ.B., Yapı Malzemesi ve Beton, Şahvar Offset, Eskişehir, Türkiye. 2006