

FARKLI TİPTE AGREGA KULANIMININ BETONUN MEKANİK ÖZELİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Kadir GÜÇLÜER¹, Osman GÜNAYDIN^{2*}, Ömer Faruk TEKİN², M. Fatih ŞAHAN²

¹İnşaat Bölümü, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye

²İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye

Geliş / Received: 02.10.2016

Düzeltilmelerin gelişi / Received in revised form: 27.12.2016

Kabul / Accepted: 27.12.2016

ÖZ

Beton bünyesinde farklı orijinlerde malzemeleri bulduran, kullanım alanı oldukça geniş olan kompozit yapı malzemesidir. Agregalar beton malzemeye taşıyıcı özelliğini kazandıran esas malzemelerdir. Agregaların köken ve oluşumuyla birlikte, kimyasal ve fiziksel özellikleri de doğrudan betonu etkilemektedir. Bu çalışmada, Adıyaman İlinde faaliyet gösteren 4 farklı agrega ocağından temin edilen agregalar ile beton deney örnekleri üretilmiş ve betonun mekanik özelliklerine olan etkileri tahribatlı ve tahribatsız deney metotları ile araştırılarak birbirleri arasında da karşılaştırma yapılmıştır. Sonuç olarak temin edilen farklı agrega tipleriyle amaçlanan dayanım sınıfında beton üretimleri gerçekleştirilmiş olup birbirleri arasındaki dayanım farkları kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Agregas, beton, tahribatlı-tahribatsız metotlar

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT TYPES OF AGGREGATES ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE

ABSTRACT

Concrete is a composite building material that contains materials of various origins, and covers a wide range of use. Aggregates are basic materials which supply concrete with load-bearing characteristics. Besides their origin and formation features, their chemical and physical properties, as well, directly affect concrete in general. In this study, concrete test samples were produced using aggregates obtained from four different quarries operating in the province of Adıyaman and their effects on concrete were comparatively investigated by using both destructive and non-destructive test methods. Consequently, concrete samples within the aimed strength range were produced using different aggregate types, and strength differentiations between them were interpreted with regard to their chemical and physical properties.

Keywords: Aggregate, concrete, destructive-nondestructive methods

1. GİRİŞ

İnsanoğlu M.Ö. 3000 yılından itibaren kalsiyum (Ca) esaslı bağlayıcı maddeleri yapı malzemesi olarak kullanmaktadır [1]. Beton mutlak hacim olarak, %75 oranında agrega, %10 oranında çimento ve %15 oranında

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 416 223 3800; e-mail/e-posta: gunaydin@adiyaman.edu.tr

K. GÜÇLÜER, O. GÜNAYDIN, Ö.F. TEKİN, M.F. ŞAHAN

sudan oluşur. Gerekliğinde, çimento ağırlığının %2'sinden fazla olmamak kaydı ile katkı maddesi ilave edilebilir [2].

Beton agregası, beton veya harç yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen, organik olmayan, doğal veya yapay malzemenin genellikle 100 mm'yi aşmayan büyüklüklerdeki kırılmamış veya kırılmış tanelerin oluşturduğu bir yığıdır.

Betonu oluşturan malzemeler içerisinde en büyük orana (yaklaşık %75) sahip olan agregası (kum, çakıl, kırmataş), doğal kaynakları giderek tükenen ve standartlara uygun, temiz, kaliteli örneklerinin bulunması güç bir malzeme olarak, hazır beton sektöründeki stratejik önemini her geçen gün artırmaktadır [3].

Beton yapımında agregası kullanılması tek nedeni daha ekonomik beton üretmek değildir. Agregası betonun teknik özelliklerine de önemli katkılarda bulunmaktadır [4]. Betonda kullanılan agregasının dayanıklılığı, gözenekliliği, su geçirgenliği, mineral yapısı, tane şekli, gradasyonu, tanelerin yüzey pürüzlülüğü, en büyük tane boyutu, elastiklik modülü, beton özelliklerini etkilemektedir [5].

Agregası elde edilmiş şekline göre, genel olarak kırma agregası ve doğal akarsu yatağından, temin edilmektedir [6]. Beton agregalarının özellikleri TS 706 EN 12620 [7] standardında belirlenmiştir.

Standarta göre beton agregaları; sert, dayanıklı ve boşluksuz olmaları, zayıf taneler içermemeleri (deniz kabuğu, odun, kömür vb.), basınca ve aşınmaya mukavemetli olmaları, toz, toprak ve betona zarar verebilecek maddeler içermemeleri, yassı ve uzun taneler içermemeleri, çimentoyla zararlı reaksiyona girmemeleri ve donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidirler.

Bu çalışmada Adıyaman yöresinde beton yapımında kullanılan Göksu deresinden alınan doğal kum-çakıl agregaları ile doğal taş ocaklarından alınan kırmataş agregaları ile beton üretimleri yapılmış olup kullanılan agregası tiplerinin beton üretiminde kullanım potansiyelleri değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada bağlayıcı olarak, TS EN 197-1 [8] ile uyumlu normal Portland çimentosu CEM I 42,5R kullanılmıştır. Çimentoya ait fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 1 ve 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan çimentonun kimyasal bileşimi

Oksit	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	KK
Oran (%)	19,29	3,88	4,25	62,63	3,42	2,58	0,34	2,86

Tablo 2. Kullanılan çimentonun fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler		Sonuçlar
Özgül Ağırlık	(g/cm ³)	3,09
Priz Süresi	İlk (dakika)	125
	Son (dakika)	190
İncelik	Özgül Yüzey (cm ² /g)	3420

DeneySEL çalışmalarda, ince, orta ve iri agregaları doğal dere malzemesi ve 3 farklı kırma taş malzeme olmak üzere toplamda 4 farklı agregadan yapılmıştır. Doğal dere agregaları Adıyaman Göksu deresi tesislerinden temin edilmiştir. Kırmataşlar ise Adıyaman Tercih Mermer Emprador ocağından, Merkeze bağlı 2 farklı kalker ocağından alınan malzemelerden temin edilmiştir (Şekil 1).

Beton karışımlarında kullanılan agregasının maksimum tane çapı 22 mm'dir. Agregaların su emme kapasitesi ve özgül ağırlığı TS EN 1097-6 [9]'ya göre (Tablo 3), agregası granülometrisi TS 706 EN 12620 [7]'ye göre belirlenmiştir (Şekil 2-5). Ayrıca kullanılan agregaların kimyasal analizleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3. Kullanılan agregaların fiziksel özellikleri

Agregası	A-1	A-2	A-3	A-4	
Özgül Ağırlık	İnce (0-5 mm)	2,52	2,42	2,41	2,51
	Orta (5-12 mm)	2,52	2,44	2,52	2,53
	İri (12-22 mm)	2,50	2,49	2,58	2,54
Su emme (%)	2,48	4,47	5,00	3,00	
Su İçeriği (%)	0,20	0,10	0,10	1,00	

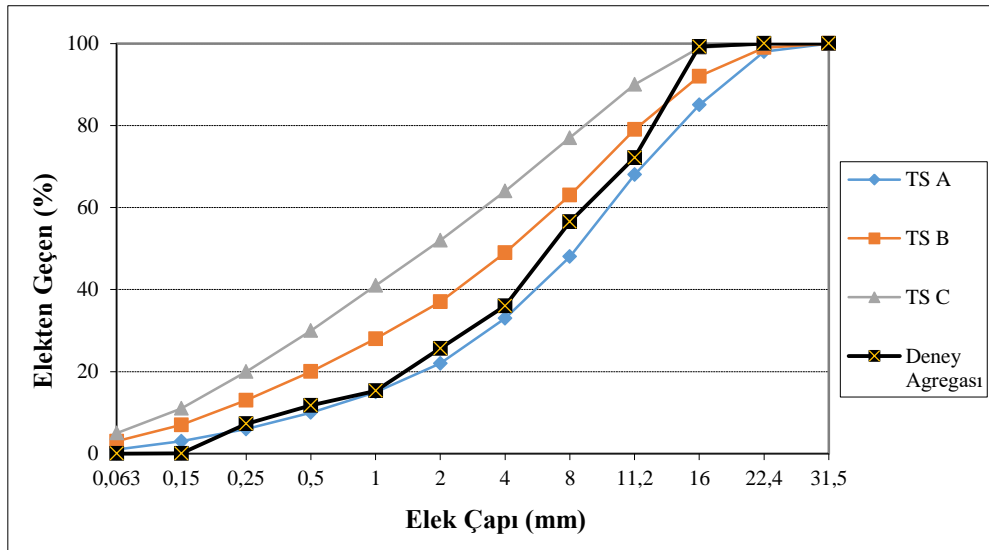
FARKLI TIPE AGREGA KULANIMININ BETONUN MEKANİK ÖZELİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI



Şekil 1. Agregta temin edilen ocaklardan görünüm

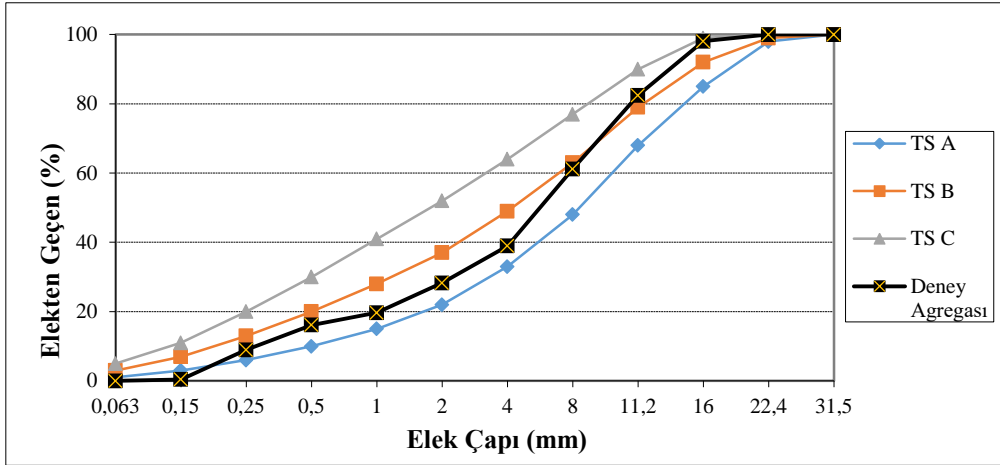
Tablo 4. Kullanılan agregaların kimyasal bileşimleri

Agrega	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂
A-1	64,12	0,013	0,16	0,335	1,24	0,0043	0,043	0,0182
A-2	65,46	0,012	0,10	0,2236	0,82	0,0042	0,046	0,013
A-3	43,31	8,739	0,27	0,694	2,15	0,0048	0,05	0,0379
A-4	31,41	7,206	5,19	2,622	22,4	0,234	0,048	0,1848

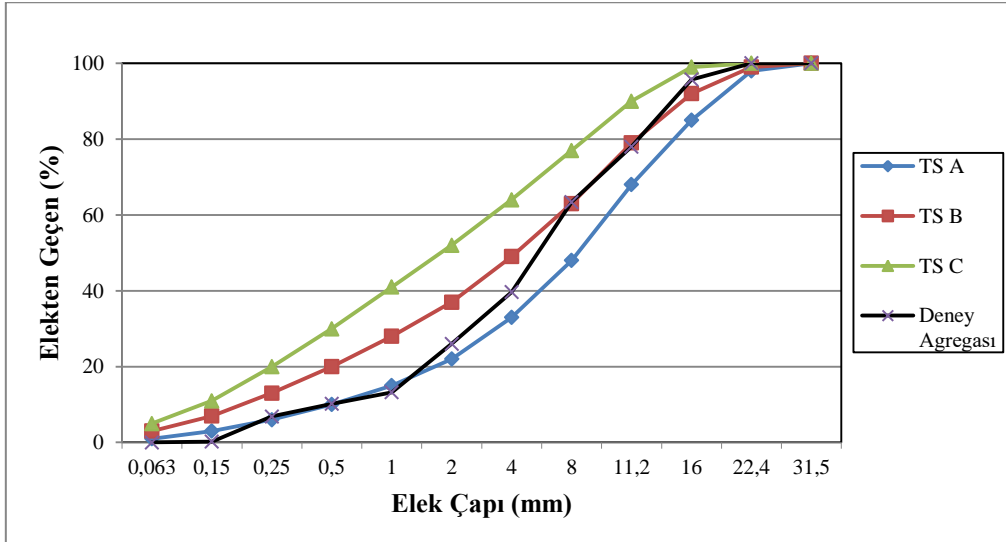


Şekil 2. A-1 Agregasının granülometri eğrisi

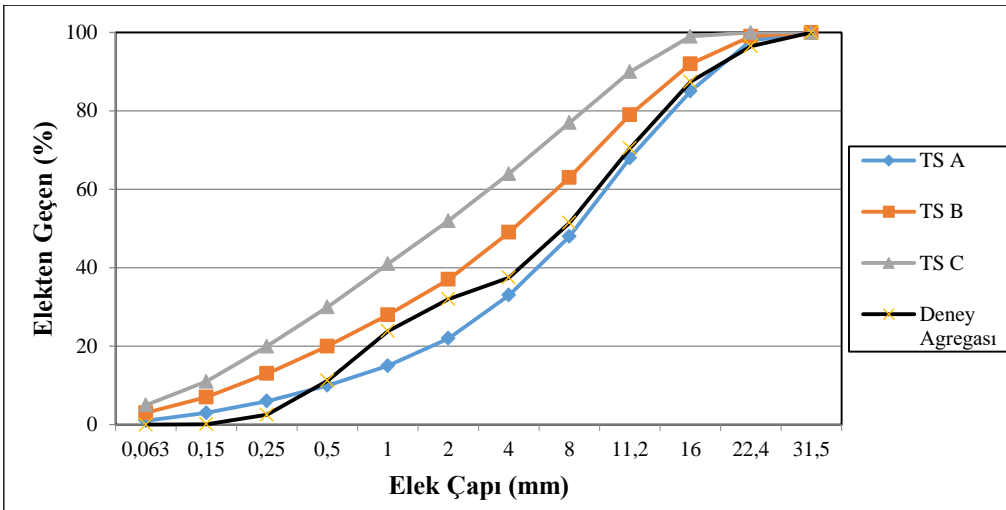
K. GÜÇLÜER, O. GÜNAYDIN, Ö.F. TEKİN, M.F. ŞAHAN



Şekil 3. A-2 Agregasının granülometri eğrisi



Şekil 4. A-3 Agregasının granülometri eğrisi



Şekil 5. A-4 Agregasının granülometri eğrisi

FARKLI TIPTE AGREGA KULANIMININ BETONUN MEKANİK ÖZELİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Karışım miktarlarının hesabı TS 802 [10]'de verilen mutlak hacim metoduna göre yapılmıştır. Hesaplarda hapsolmuş hava miktarı ise TS 802 [10]'den alınarak gerekli agrega miktarının hacmi hesaplanmış ve daha sonra da ağırlıklar bulunmuştur. Bir metreküp beton içinde bulunan malzeme miktarları Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5. Bir metreküp beton karışımı için yaklaşık malzeme miktarları (kg/m³)

Agrega	İnce Agregası (0-5 mm)	Orta Agregası (5-12 mm)	İri Agregası (12-22 mm)	Çimento	Su	Hava
A-1	668	618	444	371	204	20
A-2	692	668	324	371	204	20
A-3	722	555	538	371	204	20
A-4	748	863	279	356	185	20

Ultras ses hızı ölçümleri ASTM C 597 [11] standardına göre yapılmıştır. 7, 28, 90 ve 180 gün süre ile kür edilen üçer adet numuneye kür uygulaması sonrasında ultras ses ölçümleri uygulanmıştır. Her bir numune kuru yüzey doygun (KYD) halde iken 2 farklı yüzeyden okumalar gerçekleştirilmiş ve bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Bu işlem 4 farklı agrega ile hazırlanan 48 adet beton numunesinde uygulanmıştır. Schmidt çekici ile beton yüzey sertliği ölçümleri TS 3260[12] Standardına göre yapılmıştır. Deneyde N tipi Schmidt çekici kullanılmıştır (Şekil 9). 7, 28, 90 ve 180 gün süre ile kür edilen her yaş için üçer adet toplamda 48 numune kür uygulaması sonrasında yüzey sertliği ölçümleri yapılmıştır. Her bir numune kuru yüzey doygun (KYD) halde iken 10 farklı noktadan okumalar gerçekleştirilmiş ve bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Beton basınç dayanımı deneyleri, hazırlanan 15x15x15 cm ebatlarındaki 7, 28, 90 ve 180 gün süre ile kür edilen üçer adet numune üzerinde TS EN 12390-3 [13] standardına uygun olarak yapılmıştır. Her bir agrega grubu için 4 farklı yaşa ait 12'şer adet küp numune üzerinde beton basınç dayanımı deneyi gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Ultras Ses Geçiş Süresi Bulguları

Ultras ses hızı ile betonun kalitesi Tablo 6'da verilmiştir. Buna göre 4,5 km/s ultras ses hızı çok kaliteli betonu ve 2 km/s ultras ses hızı ise kalitesiz betonun göstergesidir. 4 agrega için bulunan ultras ses ölçüm sonuçlarının tümü 3,5-4,5 km/s aralığı ile iyi beton kalitesi sınıfına girdiği görülmüştür (Tablo 7).

Aregalar 28 günlük nihai dayanımlarına göre bakıldığında ultras ses hızı ile betonu büyükten küçüğe doğru A-4, A-1, A-3 ve A-2 olarak sıralandıkları görülmektedir (Tablo 7).

Tablo 6. Ultras ses ile beton kalitesinin tayini [4]

Ultra ses hızı (V) km/s	Beton kalitesi
>4,5	Mükemmel
3,5-4,5	İyi
3,0-3,5	Şüpheli
2,0-3,0	Zayıf
<2,0	Çok zayıf

Tablo 7. Standart kür ultras ses hız sonuçları (km/s)

Agrega	7 Günlük	28 Günlük	90 Günlük	180 Günlük
A-1	4,52	4,33	4,07	4,00
A-2	3,57	3,62	3,73	3,76
A-3	4,45	4,36	4,31	4,42
A-4	4,17	4,44	4,56	4,56

3.2. Schmidt Çekici ile Beton Yüzey Sertliği Bulguları

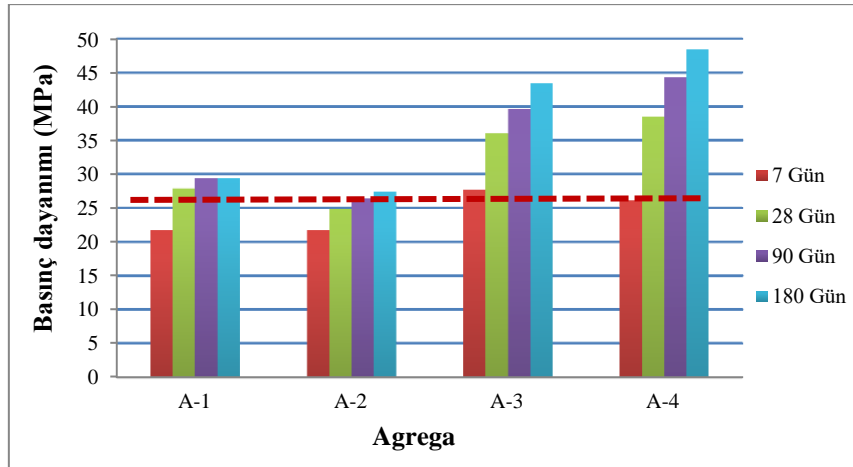
Schmidt çekici ile yüzey sertlik ölçümü ASTM C805-08 [14]'e göre yapılmıştır. Schmidt çekici ile yüzey sertlik ölçümü; betonun kalitesinin 28, 90 ve 180 günlük kür koşullarındaki numunelerde, betonun homojenliğinin belirlenmesi ve betonların birbirleri arasında kıyaslanması için yapılmıştır (Tablo 8). Buna göre A-1, A-2 ve A-3 agregaları kullanılarak hazırlanan betonlar birbirine yakın yüzey sertliklerine sahipken A-4 agregası kullanılarak hazırlanan betonun ise bunlardan daha yüksek yüzey sertliklerine sahip oldukları belirlenmiştir.

Tablo 8. Standart kür Schmidt çekici ile yüzey sertlik ölçüm sonuçları

Agrega	28 Günlük	90 Günlük	180 Günlük
A-1	21	23	21
A-2	18	20	21
A-3	24	22	23
A-4	25	27	31

3.3. Basınç Dayanımı Bulguları

Farklı agregalardan hazırlanan betonlarda basınç dayanımları zamana bağlı olarak 7, 28, 90 ve 180 gün boyunca standart kür koşullarında tespit edilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 6' da sunulmuştur.



Şekil 6. Agregaların 4 farklı (7, 28, 90 ve 180 gün) yaş için beton mukavemet ölçüm değerleri

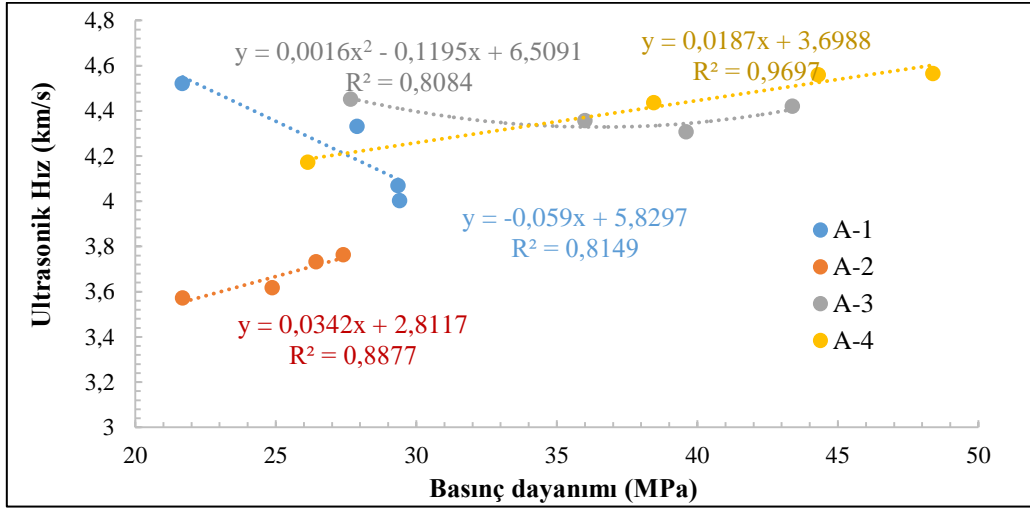
Şekil 7'de beton numunelerinin tümünde hedeflenen 25 MPa nihai dayanımın yakalandığı gözlenmiştir. Kür sürelerine göre beklenildiği gibi mukavemetlerin arttığı ve en yüksek dayanımı A-4 agregasının verdiğini diğer agregaların mukavemet sıralamasının A-3, A-1 ve A-2 şeklinde olduğu gözlenmiştir.

3.4. Basınç Dayanımı ile Ultrases Geçiş Hızı Ölçüm Değerleri Arasındaki İlişki

Genelde literatürde beton numuneler üzerinde yapılan çalışmalarda basınç mukavemeti ile ultrases hız ölçümleri arasındaki ilişkiden ve bu ilişkinin oldukça güçlü olduğundan bahsedilmektedir. Bu amaç doğrultusunda çalışma kapsamında yer alan beton numunelerin 7, 28, 90 ve 180 günlük basınç dayanımları ile ultrases hız ölçümleri arasındaki ilişki aranmış ve Şekil 8 hazırlanmıştır.

Mevcut veriler ile kurulan ilişkide 7, 28, 90 ve 180 günlük basınç mukavemeti ile ultrases hız ölçümleri arasında Şekil 8'de gösterilen ve korelasyon katsayıları sırasıyla A-1, A-2, A-3 ve A-4 agregaları için 0,82, 0,89, 0,81 ve 0,97 olan yüksek korelasyon ilişkisi ortaya çıkmıştır. Sadece A-3 agregasında eğim çizgisi polinom olarak alınmış diğer agregalar için doğrusal eğim çizgisi kullanılmıştır (Şekil 7).

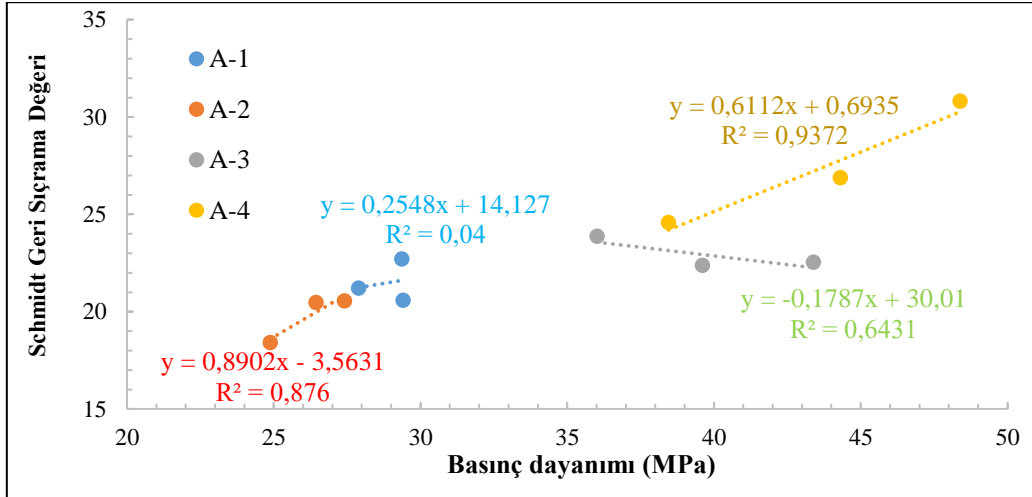
FARKLI TIPE AGREGA KULANIMININ BETONUN MEKANİK ÖZELİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI



Şekil 7. Basınç deneyi bulguları ile ultrases hız ölçüm bulguları arasındaki korelasyonlar

3.5. Basınç Dayanımı ile Schmidt Geri Sıçrama Ölçüm Değerleri Arasındaki İlişki

Schmidt geri sıçrama sertlik değerleri numunenin su içeriği, yüzey pürüzlülüğü, betonun homojenliği (agregaların beton içerisindeki dağılımı, çekiç temasının çimento veya agregaya gelmesi) ve benzeri birçok faktörün etkisi altındadır. Farklı agregalardan hazırlanan beton mukavemet değerleri ile Schmidt geri sıçrama sertlik değerleri arasında ilişki Şekil 9’da gösterildiği gibi korale edilmiş ve A-1 agregası ile hazırlanan beton numunesinde bir korelasyon gözlenmezken A-3 agregası ile hazırlanan betonda $R^2=0,64$ ve A-2 $R^2=0,88$ ve A-4 de $R^2=0,94$ gibi yüksek korelasyonlar elde edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Basınç deneyi bulguları ile ultrases hız ölçüm bulguları arasındaki korelasyonlar

4. SONUÇLAR

Kimyasal analiz sonuçlarına göre; Kırmataşlarda bulunan CaO içeriği %43,31-64,10 arasında, MgO içeriği kırmataşlarda en yüksek (% 8,74) A-3 agregasında gözlenmiş olup diğer kırmataşlarda (A-1 ve A-2) az miktarda (%0,12-0,13) olduğu dere kumunda ise %7,2 olduğu, SiO₂ içeriğinin A-4 dere agregasında en yüksek olduğu ve bununda betonda alkali silis reaksiyonu açısından risk taşıdığı, Al₂O₃ miktarının da A-4 agregasında fazla olduğu gözlenmiştir. Agregalarda en fazla ateş kaybının %44,93 ile A-3 agregasında olduğu diğer agregalarda bu oranın %30,55 ile %34,62 aralığında olduğu gözlenmiştir.

Tüm agregalarda istenilen nihai dayanım (C25) yakalanmış en yüksek değer A-4 agregasında (39 MPa) en

K. GÜÇLÜER, O. GÜNAYDIN, Ö.F. TEKİN, M.F. ŞAHAN

düşük değer (25 MPa) ise A-2 agregasında olduğu belirlenmiştir.

Tüm agregalar için ölçülen ultrases değerlerine göre beton kalitesinin 3,5-4,5 km/s aralığı ile “iyi beton kalitesi” sınıfına girdiği görülmüştür.

Beton mukavemet değerleri ile Schmidt geri sıçrama sertlik değerleri arasında korelasyonlarda A-1 agregası ile hazırlanan beton numunesinde bir korelasyon gözlenmezken, A-3 agregası ile hazırlanan betonda $R^2=0,64$ ve A-2 $R^2=0,88$ ve A-4 de $R^2=0,94$ gibi yüksek korelasyonlar elde edilmiştir. 7, 28, 90 ve 180 günlük basınç mukavemeti ile ultrases hız ölçümleri arasında yapılan korelasyonda A-1, A-2, A-3 ve A-4 agregaları için sırasıyla 0,82, 0,89, 0,81 ve 0,97 olan yüksek korelasyon (R^2) ilişkisi gözlenmiştir.

A-4 agregası fazla miktarda SiO_2 içermesinden dolayı bu agrega ile yapılacak betonlarda alkali silis reaksiyonunun oluşup oluşmayacağı ASR deneyleri ile belirlendikten sonra kullanılması uygun olacaktır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmayı MÜFBAP/2014-0001 nolu projeye destekleyen Adıyaman Üniversitesi BAPK birimine teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- [1] DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI MÜSTEŞARLIĞI, Dokuzuncu Kalkınma Planı, Taş ve Toprağa Dayalı Sanayiler Özel İhtisas Komisyonu, Hazır Beton Sanayii Ön Raporu , Ankara, 2006.
- [2] DEMİRYÜREK E., Türkiye’de Hazır Beton Sektörü ve Sektördeki Büyüme, İTÜ Sosyal Bilimleri Ens., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2007.
- [3] <http://www.thbb.org/teknik-bilgiler/agrega/> (erişim tarihi 16.09.2016)
- [4] ERDOĞAN, T., Beton. METU Press, Ankara, 2003.
- [5] MEHTA, P.K., MONTEIRO, J.M.P., Concrete, Microstructure-Properties and Materials, Mc Graw Hill, (3rd ed.), 2006 .
- [6] SIMSEK, O., Beton ve Beton Teknolojisi, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2004.
- [7] TS 706 EN 12620, Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2009.
- [8] TS EN 197-1, Çimentoların Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [9] TS EN 1097-6, Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [10] TS 802, Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2009.
- [11] ASTM C597-09, Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, American Concrete Institute, 2009.
- [12] TS 3260, Beton Yüzey Sertliği Yolu ile Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini Kuralı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1978.
- [13] TS EN 12390-3, Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003.
- [14] ASTM C805-08, Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete, American Concrete Institute, 2008.