

Doğal Anhidritin Beton Bileşeni Olarak Kullanımı

Hakan GÜNEYLİ^{*1}, Nil YAPICI², Süleyman KARAHAN¹

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana
²Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 01.06.2016

Kabul tarihi: 23.11.2016

Öz

Bu çalışmada, doğal anhidrit (CaSO_4)'in beton karışımına değişik oranlarda eklenmesi ile oluşturulan beton örneklerinin fizikomekanik özellikleri değerlendirilmiştir. Hammadde olarak kullanılan doğal anhidrit Ulukışla (Niğde) bölgesinde yüzeyleyen Zeyvelediği anhidritinden; kırmataş agregası Karaisalı formasyonu (A. Miyosen) kireçtaşlarından derlenmiştir. Hazırlanan beton örnekleri tek eksenli basınç dayanımı ve ultrases hız deneylerine tabi tutulmuştur.

Deney sonuçları beton karımı içinde mikronize edilmiş doğal anhidrit miktarı %27-42 aralığında iken beton dayanımının birbirine çok yakın en büyük değerlerine ulaştığını göstermektedir. Diğer taraftan %27-42 anhidrit içerik bandının dışına çıktığında dayanım değerleri ani olarak belirgin şekilde azalmaktadır.

Beton örneklerinin ultrases hız değerleri ile doymun birim hacim ağırlıkları karşılaştırıldığında ters orantılı güçlü bir korelasyon ortaya çıkmaktadır. Bu sıra dışı durum 2,92 değerinde özgül ağırlığa sahip doğal anhidritin, beton karışımında kırmataş olarak kullanılan 2,72 özgül ağırlığındaki kireçtaşından daha küçük ultrases (UPV) değerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Sonuçlar mikronize edilmiş doğal anhidritin betonda çimento gibi davranarak bağlayıcılık özelliği gösterdiğini ve belirli oranlarda kullanılması durumunda beton dayanımından önemli artışlar sağladığını ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Doğal anhidrit, Beton, Dayanım ve ultrases hızı

Utilization of Natural Anhydrite as Concrete Component

Abstract

In this study, the physicochemical properties of concrete samples produced by adding of micronized natural anhydrite (CaSO_4) in various proportions to the concrete mix were evaluated.

* Sorumlu yazar (Corresponding author): Hakan GÜNEYLİ, hguneyli@cu.edu.tr

The natural anhydrite used as raw materials and the crushed stone aggregate were derived from Zeyvegediği anhydrite formation outcropped in Ulukışla (Niğde) region and Karaisalı formation (L. Miocene)'s limestone in Karaisalı (Adana) region, respectively. The compressive strength and ultrasonic velocity (UPV) tests were conducted on the concrete specimens prepared.

The test results indicate that the concrete strength reaches maximum values quite close to each other at the micronized natural anhydrite content range of 27-42% in the concrete mix. On the other hand, the strength decreases dramatically outside of this range (27-42%) of anhydrite content in concrete mix.

Analysis of the relationship between ultrasonic velocity values and saturated densities of the concrete specimens exhibits a strong negative correlation. This extraordinary statement is due to smaller UPV value of natural anhydrite having specific gravity of 2.96 than that of limestone used as crushed aggregate having specific gravity of 2.72.

The results shows that natural anhydrite micronized provides binding behavior like cement in concrete, and pronounced strength increase in case of using in particular proportions.

Keywords: Natural anhydrite, Concrete, Strength and ultrasonic velocity

1. GİRİŞ

Temel olarak “doğal anhidrit” susuz kalsiyum sülfat (CaSO_4) olarak tarif edilebilir. Uzun jeolojik süreçlerde doğal anhidrit, meydana geldiği havza içerisinde hidratlaşarak yapısına iki molekül su alıp, sulu kalsiyum sülfat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)’a, başka bir tabirle jips’e dönüşür. Anhidrit ve jips arasındaki bu dönüşüm, koşullara göre tersinir de olabilir [1]. Bu dönüşümler evaporitik sedimanter bölgelerde genelde hemen her ölçekte yanal ve düşey yönde geçişlidir.

Türkiye’de milyonlarca ton rezerve sahip zengin anhidrit ve jips yatakları bulunmaktadır [2,3]. Yapı malzemesi uygulamalarında daha çok jips (alçıtaşı) yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Yakın dönemde doğal anhidrit, yapı malzemesi alanında yaygın olarak kullanılmaya ve bu konuda odaklanan çalışmalar önem kazanmaya başlamıştır [3,4]. Doğal anhidritin su ile temasıyla bağlayıcılık özelliği kazanması, yapı malzemesi bilimi ve uygulamaları için yeni kullanım olanakları sağlayabilir.

Bu çalışmada Ulukışla (Niğde) bölgesinde yer alan Zeyvegediği anhidrit sahasından elde edilen doğal anhidrit, başlıca çimento ve su ile değişik

oranlarda karıştırılıp beton örnekleri hazırlanarak bu beton örneklerinin performansları araştırılmıştır. Bundan sonraki bölümlerde “doğal anhidrit” terimi yerine daha yalın bir yazım dili kullanma amacıyla “anhidrit” terimi kullanılmıştır.

2. MALZEME

Çalışmada esas olarak Ulukışla (Niğde) bölgesinde yüzeyleyen anhidrit, Karaisalı formasyonu (A. Miyosen)’na ait kireçtaşından elde edilmiş kırmataş agregası ve standart Portland çimentosu kullanılmıştır.

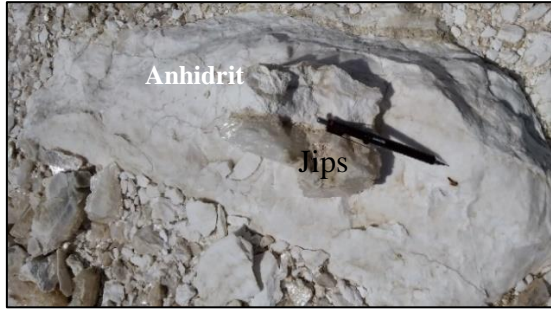
Çalışmanın temel konusunu oluşturan anhidrit Ulukışla (Niğde) bölgesinde mostra veren Oligosen Jipsli seri [5] ve daha sonra Zeyvegediği anhidriti [6] olarak adlandırılan Oligosen yaşlı evaporitik birimden derlenmiştir (Şekil 1-3). Anhidritin kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan anhidrit, hafif gri renkli, camsı parlaklıkta, sertliği 3 üzeri, masif görünümlüdür. HCl asite tepki vermemekte ve organik madde içermemektedir. Yaklaşık saf oranda kimyasal bileşime sahip, çökel ortam koşullarında oluşmuş mineral özelliğindedir. Yapısal karakteri, ince kristalin dokusu ve sertliği kalsiyum sülfat ailesinden; anhidrit özelliğinde olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Anhidritin kimyasal ve fiziksel özellikleri [7]

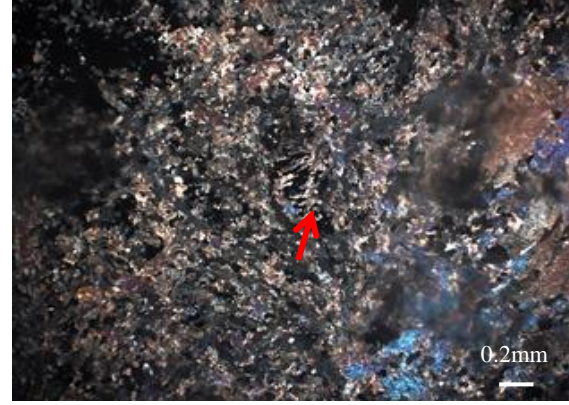
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	Ni	Sc	LOI
(%)											PPM	PPM	%
0,05	<0,01	<0,04	0,19	41,97	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,002	<20	<1	0,8
SO ₄ (Sülfat İçeriği)											66,09		
Kristal Su (%)											0,13		
pH											6,42		
CaSO ₄ (%)											93,63		
Ağırlıkça Su Emme (%)											0,18 (Ortalama)		
Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)											2,780 (Ortalama)		
Yoğunluk (g/cm ³)											2,850 (Ortalama)		
Özgül Ağırlık											2,96		
Basınç Dayanımı (MPa)											2,47		
UPV (km/sn)											4,22		



Şekil 1. Anhidritin saha görünümü (Ulukışla, bakış kuzeye)



Şekil 2. Anhidrit ve jipsin yakından görünümü



Şekil 3. Yüksek girişim renkleri ile iğnemsî anhidrit kristalleri

Sahadan derlenen ana malzeme olan anhidritin binoküler polarizan mikroskopta saptanan özelliklerine göre ana parajenez, anhidrit kristallerinden meydana gelmektedir. Yüksek röliyefleri ve çift kırma nitelikleri ile diğer minerallerden belirgin şekilde ayrılmaktadır.

Anhidrit kristalleri, porfiroblast dokuludur ve birincil niteliktedir. Nadiren ikincil oluşumlu jips kristalleri kenetli dokusu ile yer almaktadır. Porfiroblast dokulu birincil anhidritler iri prizmatik-çubuksudur. Anhidrit kristallerinde kataklastik doku benzeri değişik yönlü burulma-burkulmalar gözlenmektedir. İnce kesitte anhidritten jipse dönüşümler de yer yer saptanmıştır. Yine karbonat bantları arasında birincil anhidrit ve ikincil jips oluşumları bantlı olarak gözlenmektedir. Boşluk dolgulu olanlarda

iğnemi kristallere de rastlanılmıştır. Kil mineralleri ve organik yapı içeriği bulunmamaktadır [7].

Bu araştırma kapsamında hazırlanan beton karışımlarında kullanılan diğer bileşenler kireçtaşından elde edilen kırmataş agregası ve standart ticari Portland (CEM I 42,5 R) çimentosudur. Söz konusu kırmataş agregasının amaca yönelik temel özellikleri Çizelge 2'de özetlenmiştir.

3. YÖNTEM

Öncelikle saha çalışmalarında Ulukışla bölgesinde mostra veren Zeyvegediği anhidriti olarak adlandırılmış olan çökel birimden anhidrit numuneleri alınmış; malzeme laboratuvar ortamında 24C^o'de kurutulmuştur. Daha sonra çeneli kırıcıda kırılıp öğütülen anhidritler 500 mikronluk elekten elenerek toz haline getirilmiştir. Toz haldeki anhidrit numuneleri 65C^o'lik etüvde tekrar kurutulduktan sonra kimyasal ve indeks özelliklerinin saptanması için gerekli analizlere tabi tutulmuştur. Anhidritin kimyasal analiz sonuçları ve temel özellikleri Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Beton karışımlarında agrega olarak Çukurova bölgesinde yaygın olarak kullanılan Karaisalı formasyonu (Alt Miyosen)'na ait kireçtaşı kullanılmıştır. Beton üretimi için gerekli özelliklerin belirlenmesi amacıyla ilgili standartlar çerçevesince; bu kireçtaşından elde edilen kırmataş agregası üzerinde, özgül ağırlık, yoğunluk, su

emme (TS EN 1097-6) [8], yassılık indeksi (BS 812) [9], Los Angeles aşınma kaybı (TS EN 1097-2) [10], donma çözünme kaybı (TS 706) [11] ve metilen mavisi (TS EN 933-9) [12] deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler agreganın 0,0-4 mm (ince agrega), 4-11,2 mm (orta agrega) ve 11,2-22,4 mm (iri agrega) taneboyu aralıklarında; üç grup halinde tasnif edildikten sonra, her bir grup için ayrı ayrı yürütülmüştür ve ilgili parametreler saptanmıştır (Çizelge 2). Beton karışımlarında kullanılan agrega, iri ve orta agregadan %35 ve ince agregadan %30 oranında eklenerek elde edilmiştir.

Temel olarak bu çalışmada, mikronize hale getirilen anhidritin beton karışımına eklenmesiyle elde edilen beton numunelerinin performansı irdelenmiştir. Beton karışımları TS 802 [13] standardına göre hazırlanmış ve karışımlarda standart Portland çimentosu (CEM I 42,5 R) kullanılmıştır. Bu amaçla beton karışımına %3,82-65,5 aralığındaki oranlarda mikronize anhidrit eklenerek ve çimento miktarı %15,08 olacak şekilde kuru karışımlar hazırlanmıştır. Karışım oranları kuru ağırlıklara göre belirlenmiştir. Kuru olarak elde edilen toz karışımlar öncelikle homojen hale getirilmeye kadar dikkatli bir şekilde elle karıştırılmıştır. Daha sonra tüm karışımlara su/çimento (W/C) oranı 0,4 olacak şekilde saf su eklenerek ilkin elle; daha sonra 500 dev/dk'lık mikserle 15 dk karıştırılmıştır. Homojen hale gelmiş jel kıvamındaki malzeme 15x15x15 cm hacimli beton kalıplarına ilgili standarda uygun şekilde yerleştirilmiştir. Bu şekilde 14 farklı içerikte beton karışımı hazırlanmıştır (Şekil 4).

Çizelge 2. Kullanılan agreganın fiziksel özellikleri

Özellik	Tane Boyu Aralığı			Sınır Değer	İlgili Standart
	11,2-22,4 mm	4-11,2 mm	0-4 mm		
Özgül Ağırlık	2,721	2,719	2,725	-	TS EN 1097-6
Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	2,671	2,673	2,632	-	TS EN 1097-6
Doğun Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	2,678	2,685	2,668	-	TS EN 1097-6
Tane Şekli (Yassılık İndeksi) [FI ₁₅]	13,7	6,6		≤50	BS 812
Su Emme (%)	0,66	0,63	1,28	-	TS EN 1097-6
Aşınma Kaybı (Los Angeles) (%)	20,05	18,47		≤50	TS EN 1097-2
Donma-Çözünme Kaybı (MgSO ₄) (%)	5,92	4,85		≤12	TS 706
Metilen Mavisi Oranı (kg/g)	-	-	0,75	-	EN 933-9
Basınç Dayanımı (MPa)		43,74		-	TS 1900-2
UPV (km/sn)		5,47		-	TSE EN 12390-4



Şekil 4. Çeşitli anhidrit-agrega oranlarında hazırlanan beton örneklerinin bir bölümü

Her karışımdan üçer tane beton örneği hazırlanarak kür havuzunda 28 gün prizlenmeye bırakılmıştır. 28 günlük prizlenme süresini takiben doymun haldeki (DYK) birim hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından 24°C sabit sıcaklıktaki oda koşullarında her bir küp beton örneği üzerinde TS EN 12504-4 standardı [14] takip edilerek ultrases hız (UPV) deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler bir alıcı ve vericisi bulunan 54 kHz frekansında PUNDIT aleti ile yürütülmüştür (Şekil 5). Ölçümler küp örneklerin her üç yüzeyinden alınmış ve bunların ortalaması değerlendirmeye alınmıştır. UPV ölçümleri yapılırken PUNDIT aletinin alıcı ve vericisi ile beton örneği arasında tam bir temas sağlanması ve boşluklardan su kaybı yaşanmaması amacıyla tüm yüzeylerde silikon gres kullanılmıştır.



Şekil 5. PUNDIT aleti ile beton örneği üzerinde yapılan UPV ölçüm aşaması

UPV ölçümleri yapılan küp beton örnekleri aynı koşullarda basınç dayanım deneyine tabi tutulmuştur (Şekil 6). Basınç dayanımları DYK şartlarında TSE EN 12390-4 standardına göre yapılmıştır [15]. Hazırlanan küp beton örnekleri üzerinde yapılan tüm dayanım ve UPV deneyleri üçer kez tekrarlanıp analizlerde ortalamaları kullanılmıştır.



Şekil 6. Beton presi aleti ile beton örneği üzerinde yapılan dayanım deneyi aşaması

Beton örneklerinin dışında, kırmataş agregasının elde edildiği kireçtaşından alınan karot ve anhidritten hazırlanan küp örnekler üzerinde de tek eksenli basınç dayanım ve ultrases hız (UPV) deneyleri gerçekleştirilerek, verilerin analizlerinde ve yorumlanmasında kullanılmak üzere ilgili malzemenin basınç dayanım ve UPV değerleri belirlenmiştir (Çizelge 3).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çizelge 3’de ana araştırma konusu hammadde olan anhidrit, kırmataş agregası ve standart Portland çimentosunun çeşitli oranlarda karıştırılması ile elde edilen küp beton örneklerinin karışım oranları ve örnekler üzerinde yapılan deneylerle saptanan 28 günlük basınç dayanımı, UPV ve doymun birim hacim ağırlık (DBHA) sonuçlarının ortalama değerleri görülmektedir.

Çizelge 3’de belirtildiği üzere C-1 ve C-14 arasında numaralandırılmış örneklerde anhidrit miktarı giderek artırılırken agrega miktarı azaltılmıştır. Anhidrit ve agreganın toplam ağırlığı sabit tutulmuş; bu sabit ağırlık içerisinde anhidrit ve agrega oranları değiştirilmiştir. C-1 örneğinde

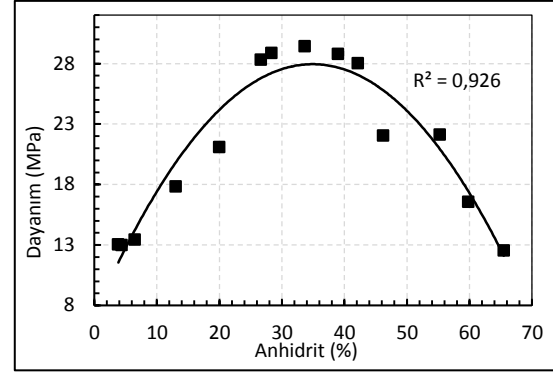
anhidrit %3,82 iken bu oran giderek artırılarak C-14 örneğinde %65,5'e kadar çıkarılmıştır.

Çizelge 3. Beton örneklerinin fizikomekanik özellikleri

Örnek No	Anhidrit (%)	Agrega (%)	DBHA (g/cm ³)	UPV (km/sn)	Dayanım (MPa)
C-1	3,82	81,10	2,160	3,93	13,02
C-2	4,36	80,56	2,337	2,67	12,98
C-3	6,50	78,42	2,333	2,71	13,41
C-4	13,05	71,87	2,327	2,97	17,82
C-5	20,02	64,90	2,329	2,97	21,06
C-6	26,66	58,26	2,403	2,66	28,30
C-7	28,32	56,60	2,382	2,87	28,85
C-8	33,67	51,25	2,369	2,79	29,41
C-9	39,00	45,92	2,429	2,76	28,77
C-10	42,19	42,73	2,378	2,77	28,01
C-11	46,20	38,72	2,375	2,76	22,03
C-12	55,26	29,66	2,349	2,90	22,11
C-13	59,83	25,09	2,332	3,15	16,53
C-14	65,50	19,42	2,402	2,62	12,52

Şekil 7 değişik Anhidrit-Agrega oranlarında hazırlanmış olan küp beton örneklerinin 28 günlük dayanım değerleri ile karışımdaki anhidrit oranlarını değerlendiren grafik karşılaştırmayı ifade etmektedir. Veriler bir polinom ilişkisi sunmaktadır. Ortaya çıkan polinomal ilişkinin 0,96 olarak ortaya çıkan korelasyon katsayısı (R) oldukça yüksek bir anlamlılığı işaret etmektedir. Eğrinin temsil ettiği noktalar incelendiğinde anhidrit miktarının %3,8'den %34'e oranına çıkmasıyla basınç dayanımının yaklaşık 13 MPa'dan, elde edilmiş en yüksek değer olan 29,4 MPa değerine ulaştığı görülmektedir. Anhidrit miktarının artmasıyla bu pik noktadan itibaren basınç dayanımı önce çok yavaş sonra aniden azalmakta; son olarak %65,5 anhidrit içeriğindeki beton örneğinde 12,5 MPa'a kadar gerilemektedir. Grafik daha ayrıntılı incelendiğinde, anhidrit içeriğinin yaklaşık %27-42 aralığındaki beton örneklerinde basınç dayanımının 28-29,4 MPa arasında değişen çok yakın değerlerde olduğu görülmektedir. %27'den az oranda anhidrit içeren örneklerde dayanımda ani azalmalar olurken %42'den fazla oranlarda yine ani ya da belirgin azalmalar meydana gelmektedir. Buradan yola çıkarak %27-42 aralığındaki anhidrit içerikli beton örneklerinin en yüksek dayanım

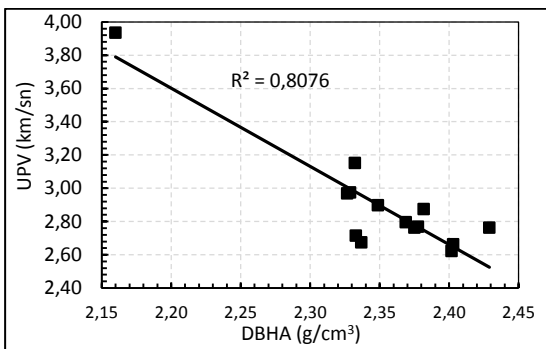
seviyesine ulaştıkları ve optimum doygun yoğunluğun 2,37-2,43 g/cm³ aralığında olduğu söylenebilir.



Şekil 7. Hazırlanan beton örneklerinin 28 günlük dayanım-%Anhidrit ilişkisi

Bu durum anhidritin bağlayıcılık özelliği, agreganın bireysel dayanımı (43,74 MPa) ve anhidritin bireysel (2,47 MPa) dayanımı arasındaki ilişkiler ve etkileşimlerden kaynaklanmaktadır. Bilindiği üzere beton agregası bağlayıcı maddelerle beton içerisinde dayanımı artırma özelliğine sahiptir. Dayanımı fazla olan agregası, betona da bu anlamda dayanım kazandırmaktadır, çünkü agregası başta çimento türü bağlayıcılar etkisiyle beton içerisinde yüksek dayanımlı bir iskelet oluşturur. Bu çalışmada hazırlanan örneklerde, mikronize anhidrit çimento gibi bağlayıcı özellik göstermiş; belirli bir orana kadar çimento gibi davranarak agreganın daha iyi bağlanmasını sağlayıp betona dayanım kazandırmıştır. Ancak anhidrit oranı %42 gibi bir oranı geçmeye başladıktan sonra agreganın yerini alan anhidrit, betonun dayanımının azalmasına neden olmuştur. Çünkü anhidritin bireysel dayanımı kireçtaşından elde edilen kırma taş agregasından çok daha düşüktür. Çalışmada elde edilen beton örnekleri kapsamında %27-42 aralığında mikronize anhidrit içeren ve 2,37-2,43 g/cm³ DBHA bandındaki beton karışımları maksimum dayanım seviyesine ulaşmaktadır. Artan anhidrit miktarı bağlayıcı madde miktarını artırır da, çok daha yüksek dayanıma sahip agreganın azalmasıyla doğru orantılı olarak basınç dayanımını belirgin ölçüde azaltmaktadır.

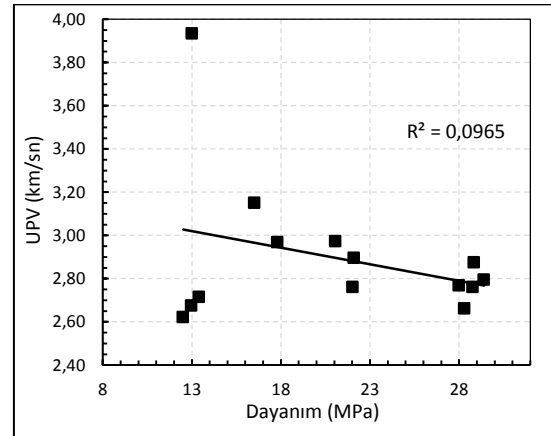
Şekil 8’de beton örneklerinin UPV değerleri ile doymun yoğunluk (DBHA)’ları arasındaki karşılaştırma grafik olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 3’te de görüldüğü üzere beton karışımı içerisinde anhidrit miktarı arttıkça betonun yoğunluğu artmaktadır. Özgül ağırlığı 2,96 olan anhidrit, özgül ağırlığı 2,72 olan kireçtaşı agregasının yerine geçtikçe doğal olarak betonun genel yoğunluğu artmaktadır. Grafik söz konusu beton örneklerinde doymun yoğunluk arttıkça UPV değerlerinin lineer olarak azaldığını işaret etmektedir. Bu iki parametre arasındaki negatif lineer ilişki yaklaşık 0,9 gibi yüksek bir korelasyon katsayısına sahiptir ve bu değişkenler arasında oldukça anlamlı bir bağımlılığı göstermektedir. Bu çalışmada ortaya çıkan durumun aksine, özellikle kaya ve beton malzemelerinde yoğunluk artışı ile UPV’nin doğru orantılı olarak arttığı, başka bir deyimle yüksek yoğunluğun yüksek UPV değerlerine karşılık geldiği bilinen genel bir olgudur [16]. Değişik oranlarda anhidrit-agrega karışımları ile oluşturulan beton örneklerinde ortaya çıkan bu farklı durumun nedeni özgül ağırlığı daha büyük olan (2,96) anhidritin UPV değeri (4,22 km/sn)’nin özgül ağırlığı daha küçük olan (2,72) kireçtaşının UPV değeri (5,47 km/sn)’nden küçük olmasıdır. Dolayısıyla beklenenin aksine bu çalışmada, kullanılan anhidrit miktarı artışına bağlı olarak, artan beton yoğunluğu ile birlikte UPV değerleri lineer olarak azalmaktadır.



Şekil 8. Beton örneklerinin ultrases hız-doymun birim hacim ağırlık (DBHA) grafiği

Hazırlanan beton örneklerinin dayanımları ile UPV değerleri karşılaştırıldığında ilk bakışta çok

anlamlı bir ilişki izlenmemektedir (Şekil 9). Bu durum Şekil 7 ve 8’de de değinilen yoğunluk-dayanım ve anhidrit oranı-yoğunluk etkileşimleri ile ilgilidir. Şekil 9’daki grafiğin sağ tarafında kümelenen en yüksek dayanımlı beton örnekleri %27-42 aralığında anhidrit içeren örneklerdir ve belirli bir aralıktaki yoğunluklara (2,37-2,43 g/cm³) karşılık gelmektedirler. Bu aralıktaki yoğunluklar ise Şekil 8’deki grafikte de ifade edildiği gibi birbirine yakın UPV değerlerine (2,66-2,87 km/sn) sahiptir. Şekil 9’daki grafiğin sol altında yer alan ve hem en düşük UPV hem de dayanım değerlerine sahip küme ise en yüksek anhidrit içeriğine sahip beton örneklerine karşılık gelmektedir. Orta bölümde yer alan noktalar ise uç noktadaki örneklerle görece yoğunluk ve UPV farklılıkları gösteren; Şekil 7’deki parabolün yan bölümlerine (kanatlarına) karşılık gelen beton örneklerini temsil etmektedir. Bu bağlamda Şekil 8’de ortaya çıkan grafik kendi içinde görece bir mantık taşımaktadır.



Şekil 9. Beton örneklerinin ultrases hız-dayanım grafiği

5. SONUÇLAR

Zeyvedeği anhidriti olarak adlandırılan doğal anhidritin çeşitli oranlarda kireçtaşı kırmataş agregası ile sabit su/çimento oranı (0,4) ve çimento miktarı (%15,08) ile oluşturulan küp beton örnekleri üzerinde yapılan deney sonuçları ve değerlendirmeleri aşağıda özetlenmiştir. Doğal anhidrit artışı ile birlikte agrega oranındaki

azalma beton örneklerinin yoğunluğunda artışa neden olmaktadır. Bu artışın nedeni anhidritin özgül ağırlığının kırmataş agregası olarak kullanılan kireçtaşından fazla olmasıdır.

Doğal anhidritin beton karışımında %27-42 aralığında olduğu seviye dayanımın değerlerinin en yüksek ve birbirine en yakın olduğu (28-29,4 MPa) bölgedir. Doğal anhidritin mikronize hali beton karışımında %27'den az ve %42'den fazla olmaya başladığında dayanım ani olarak düşmektedir. Bu durum %27-42 bandına kadar anhidritin bağlayıcılık özelliğinin betona dayanım kazandırması, ancak %42 oranında sonra artan anhidritin bireysel dayanımının agreganınkinden çok küçük olması ile açıklanabilir.

Doğal anhidrit ile hazırlanan beton örneklerinde doymuş yoğunluk-ultrases hızı arasında negatif bir lineer ilişki ortaya çıkmıştır. Genel anlamda pozitif bir oransallığın olması beklenirken negatif lineer bir korelasyon ortaya çıkmasının nedeni, betonun yoğunluğunun artmasına neden olan yüksek özgül ağırlığa (2,96) sahip anhidritin bireysel UPV değerinin (4,22 km/sn), yerini aldığı görece düşük özgül ağırlıklı (2,72) kireçtaşının UPV değerinden (5,47 km/sn) daha küçük olmasıdır.

Beton örneklerinin 28 günlük dayanım ve UPV değerleri karşılaştırıldığında ilk bakışta çok anlamlı bir ilişki ortaya çıkmadığı sonucuna varılmaktadır. Ancak veriler grafik olarak derinlemesine incelendiğinde, en yüksek dayanımlı; 28-29,4 MPa bandındaki beton örneklerinin bu çalışma için optimum sayılabilecek 2,37-2,43 g/cm³ doymuş yoğunluk ve ara değer sayılabilecek 2,62-2,71 km/sn UPV aralığındaki beton örneklerine karşılık geldiği ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan en düşük dayanım gösteren örneklerin en küçük UPV bandında (2,62-2,67 km/sn) olduğu söylenebilir.

Ara dayanım değerlerine sahip beton örnekleri ise en yüksek UPV aralığında (2,76-3,93 km/sn) yer almaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. Bates, R.L., 1969. *Geology of the Industrial Rocks and Minerals*, Dover Publications, 459 s, New York.
2. Çayırılı, H., 1991. Alçıtaşı ve Türkiye Alçıtaşı Yatakları, Ulusal Alçı Kongresi Bildiriler Kitabı, 7-17, İstanbul.
3. İstanbulluoğlu, Y.S., 1997. Alçıtaşı ve Anhidrit Üzerine Bir Çalışma, *Madencilik*, 36, 2-3, 13-23.
4. Žvironaitė, J., Gerulis, P., Regina, K.J., 2007. Investigation of Composite Anhydrite Cement Pozzolana Binding Material with Different Aggregates. The 9th International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques: Selected Papers, 1, 218-222, May 16-18, 2007 Vilnius, Lithuania.
5. Blumenthal, M., 1956. Yüksek Bolkardağı Kuzey Kenarı Bölgelerinin ve Batı Uzantılarının Jeolojisi. *Maden Tetkik Arama Enst. Seri D*, 7, 153, Ankara.
6. Oktay, F.Y., 1982. Ulukışla ve Çevresinin Stratigrafisi ve Jeolojik Evrimi. *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 25:1, 15-24.
7. Güneşli, H., Yapıcı, N., Karahan, S., 2016. Yapı Malzemesi Olarak Doğal Anhidritin Değerlendirilmesi, *Ç.Ü. Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(1), 419-426, Adana.
8. TS EN 1097-6, 2002. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri için Deneyler, Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
9. BS 812, Part 1, 1975. Testing Aggregates, Methods for Determination of Particle Size and Shape, British Standards Institution.
10. TS EN 1097-2, 2000. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri için Deneyler, Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini için Metodlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
11. TS 706, 2003. Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
12. TS EN 933-9, 2001. İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisini Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
13. TS 802, 2003. Beton Karışım Hesapları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- 14.** TS EN 1504-4, 2004. Beton Deneyleri, Bölüm 4: Ultrasonik Atımlı Dalga Hızının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- 15.** TS EN 12390-4, 2000. Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm 4: Basınç Dayanımı-Deney Makinelerinin Özellikleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- 16.** del Rio, L. M., Jimenez, A., Lopez, F., Rosa, F. J., Rufo, M. M., Paniagua, J. M., 2004. Characterization and Hardening of Concrete with Ultrasonic Testing. *Ultrasonics*, 42(1-9): 527-530.

