

## Farklı Kür Koşullarının Kolemanit İkameli Betonların Dayanımına Etkisi

Tuba KÜTÜK SERT<sup>1a</sup>, Cuma KARA<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 53100, Rize

<sup>2</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Borçka Acarlar Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, 08000, Artvin

(Alınış / Received: 28.12.2018, Kabul / Accepted: 31.12.2018, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2018)

### Anahtar Kelimeler

Beton  
Kür Koşulları  
Kolemanit

**Özet:** Kolemanit % 0, % 1, % 2, % 3, % 4 ve % 5 oranlarında çimentoya ikame edilmiş ve hazırlanan beton türleri farklı kür koşullarında bekletilmiştir. Farklı kür koşullarında bekletilen beton türleri üzerinde 90. günde ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak bütün kür koşullarında en yüksek dayanım % 3 kolemanit ikamesi ile elde edilirken, en düşük dayanım ise % 5 kolemanit ikamesi olan beton türünde meydana gelmiştir.

## The Effect of Different Curing Conditions on Strength of Concrete Substituted Colemanite

### Keywords

Concrete  
Curing Conditions  
Colemanite

**Abstract:** Colemanite 0 %, 1 %, 2 %, 3 %, 4 % and 5 % of the cement were replaced and prepared concrete types were kept under different curing conditions. On the 90 th day, ultrasound pulse velocity and compressive strength tests were performed on the concrete types which were kept under different curing conditions. As a result, the highest strength was obtained with 3% colemanite substitution in all curing conditions while the lowest strength was in the concrete type with 5 % colemanite substitution.

### 1. Giriş

Türkiye maden kaynaklarının çeşitliliği açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Maden kaynaklarının ülke ekonomisine katkı sağlaması için ise rezerv miktarının yeterli miktarda olması önemli bir husustur. Dünyadaki önemli bor yatakları Türkiye, Rusya ve Amerika Birleşik Devletlerinde bulunmaktadır. Bu bağlamda Türkiye ise dünyadaki toplam bor rezervinin % 72.8'ine sahiptir. Rezerv açısından Türkiye'de en çok bulunan bor cevherlerinden birisi de kolemanit (2CaO.3B2O3.5H2O) mineralleridir [1]. Kolemanit minerali günümüzde kullanılmakta ve gelecekte kullanımı muhtemel alanlarda çalışmalar yapılmaktadır. Dünyada en çok kullanılan yapı malzemelerinden birisi olan beton üretiminde kolemanitin kullanılabilirliği üzerine yapılan

çalışmalar bulunmakta ve çalışmalara devam edilmektedir [2, 3, 4].

Kolemanit mineralinin beton üretiminde kullanılması ile yapısında bulunan bor oksitin (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) betonun sertleşme süresini uzattığı ve erken yaşlarda basınç dayanımını düşürdüğü bilinmektedir [5, 6]. Kolemanit minerali ile üretilen betonların basınç dayanımı zamanla artış göstermektedir [7]. Üretimi gerçekleştirilen betonların dayanım kazanımına kadar geçen süre içerisinde bulunduğu kür koşulları betonun dayanımını etkilemektedir. Betonun dayanımının gelişiminde kür koşullarının etkisinin belirlenmesi amacıyla birçok çalışma yapılmış ve betonun yeterli dayanım kazanıncaya kadar kür edilmesinin önemli olduğu belirtilmektedir [8, 9].

Bu çalışmada kolemanit mineralinin kullanımı ile geç dayanım kazanan betonların farklı koşullarda kür

edilmesinin basınç dayanımına etkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Beton üretiminde kolemanit minerali % 0, % 1, % 2, % 3, % 4 ve % 5 oranlarında çimentoya ikame edilerek betonlar farklı kür koşullarında bekletilmiştir. Beton numuneler üzerinde ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Beton karışımlarında kullanılan malzemeler CEM I 42.5 R çimentosu, kolemanit, kırmataş agregası, süper akışkanlaştırıcı (SA) katkı maddesi ve şebeke suyundan oluşmaktadır. Çimentoya ait fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Çimentoya ait fiziksel ve kimyasal özellikler.

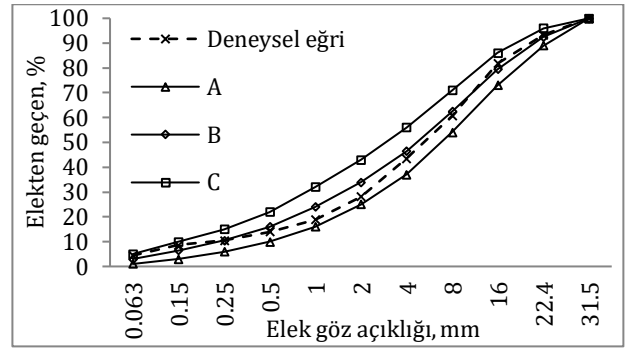
Analiz	Deneysel	Değerler
Fiziksel	Yoğunluk, gr/cm <sup>2</sup>	3.12
	Özgül yüzey, cm <sup>2</sup> /g	3362
	45 µm elek kalıntısı, %	3.0
	Priz baş. sür., dk	155
	Priz bit. sür., dk	215
	Hacim sabitliği, mm	1.50
Kimyasal	Oksitler	%
	SiO <sub>2</sub>	19.00
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.52
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.36
	CaO	62.64
	MgO	2.98
	SO <sub>3</sub>	3.03
	Kızdırma kaybı	3.03
	Çözünmez kalıntı	0.29
	Tayin edilemeyen	1.14

Çalışmada kullanılan öğütülmüş kolemanit minerali, Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü maden ocağından temin edilmiştir. Öğütülmüş kolemanit mineralinin minimum % 82'si 75 µm elek altı olup kimyasal özellikleri Tablo 2'de görülmektedir [10].

**Tablo 2.** Kolemanite ait kimyasal özellikler [10].

Analiz	Oksit	%
Kimyasal	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40.00±0.50
	CaO	27.00±1.00
	SiO <sub>2</sub>	4.00-6.50
	SO <sub>4</sub>	Maks. 0.60
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Maks. 0.08
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Maks. 0.40
	MgO	Maks. 3.00
	SrO	Maks. 1.50
	Na <sub>2</sub> O	Maks. 0.50
	Nem	Maks. 1.00

Kırmataş agregaların tane dağılımı standartlarda belirtilen esaslara göre belirlenmiş olup agregalara ait deneysel granülometri eğrisi Şekil 1'de verilmiştir [11, 12].



**Şekil 1.** Granülometri eğrisi

Kırmataş agregaların yoğunluk ve su emme değerleri belirlenmiş ve Tablo 3'te gösterilmiştir [13].

**Tablo 3.** Kırmataş agregalara ait fiziksel özellikler.

Deneysel	Agrega boyutu	Değerler
Yoğunluk	0-5, mm	2.63, g/cm <sup>3</sup>
	5-12, mm	2.70, g/cm <sup>3</sup>
	12-25, mm	2.72, g/cm <sup>3</sup>
Su emme	0-5, mm	2.30, %
	5-12, mm	1.65, %
	12-25, mm	1.20, %

Kolemanit minerali % 0, % 1, % 2, % 3, % 4 ve % 5 oranlarında çimentoya ikame olarak kullanılmış olup, betonların karışım hesapları standartlara uygun olarak belirlenmiştir [14, 15]. % 0 (K0), % 1 (K1), % 2 (K2), % 3 (K3), % 4 (K4) ve % 5 (K5) olmak üzere altı tür beton karışımı hazırlanmış ve taze betonlar 100x100x400 mm prizmatik boyuttaki kalıplara her seriden 9'ar adet toplamda ise 54 adet olmak üzere numune üretimi gerçekleştirilmiştir. Kolemanit ikamesiz (K0) beton karışımına giren 1 m<sup>3</sup>'lük malzeme miktarları Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** K0 beton türünün 1 m<sup>3</sup>'lük malzeme miktarı.

Malzemeler	Miktarlar
Çimento, kg	350
Su, lt	157.5
SA, kg	2.8
0-5 kırma kum, mm	925
5-12 kırmataş, mm	409
12-25 kırmataş, mm	589

K0, K1, K2, K3, K4 ve K5 olarak kodlama yapılan her bir beton türünden 3'er adet olmak üzere numuneler üç farklı şekilde kür koşullarına maruz bırakılmıştır:

- Birinci grup (G1) beton numuneleri 7 gün suda kür edilerek 90. güne kadar laboratuvar ortamında bekletilmiştir.
- İkinci grup (G2) beton numuneleri 28 gün suda kür edildikten sonra 90. güne kadar laboratuvar ortamında bekletilmiştir.
- Üçüncü grup (G3) betonlar numuneleri ise 90 gün boyunca su kürüne maruz bırakılmıştır. Beton numunelere uygulanan kür koşulları ve süresi Tablo 5'te görülmektedir.

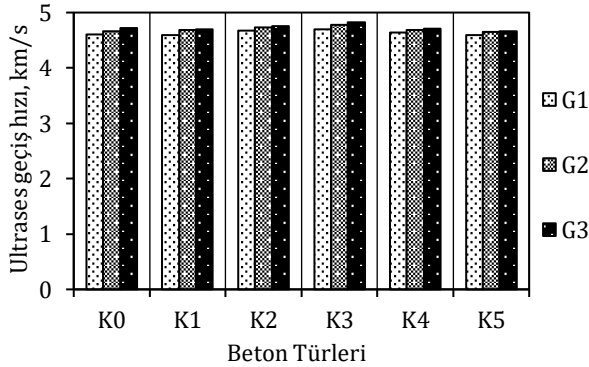
**Tablo 5.** Kür koşulu ve süresi.

Gruplar	Su kürü süresi	Laboratuvar ortamı süresi
G1	7 gün	83 gün
G2	28 gün	62 gün
G3	90 gün	0 gün

Kür uygulamalarının ardından 100x100x400 mm boyutundaki numuneler basınç dayanımı deneyi için taş kesme makinası ile 100x100x100 mm boyutlara getirilmiştir. Elde edilen küp beton numunelerinin ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı belirlenmiştir [16, 17].

### 3. Bulgular

K0, K1, K2, K3, K4 ve K5 beton türlerine ait numuneler farklı kür koşullarına maruz bırakılmış ve 90. gün sonunda ultrases geçiş hızı değerleri belirlenmiştir. Elde edilen ultrases geçiş hızı değerleri Şekil 2’de görülmektedir. G1 kür koşulundaki beton numunelerinin ultrases geçiş hızları 4.60 km/s - 4.70 km/s, G2 kür koşulunda 4.65 km/s - 4.77 km/s, G3 kür koşulunda ise 4.66 km/s - 4.82 km/s aralığında ölçülmüştür. Bütün kür koşullarında en düşük ultrases geçiş hızı K5, en yüksek ultrases geçiş hızı ise K3 beton numunesine aittir.

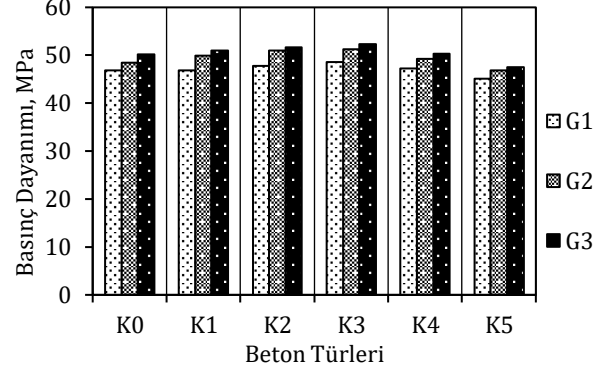
**Şekil 2.** Ultrases geçiş hızı değerleri

Farklı kür koşullarının beton türüne bağlı olarak ultrases geçiş hızı üzerindeki etkisini görmek amacıyla kolemanit ikamesi (K1, K2, K3, K4 ve K5) ile elde edilen betonların ultrases geçiş hızlarının kolemanit ikamesiz (K0) betonun ultrases geçiş hızına göre yüzdeleri hesaplanmıştır. K1, K2, K3, K4 ve K5 beton türlerinin K0 beton numunesine göre hesaplanan ultrases geçiş hızı yüzdeleri Tablo 6’da verilmiştir.

**Tablo 6.** Ultrases geçiş hızı yüzdeleri.

Beton türleri	Kür koşulları		
	G1	G2	G3
K0	100.00	100.00	100.00
K1	99.92	100.44	99.40
K2	101.49	101.33	100.59
K3	102.15	102.31	102.05
K4	100.86	100.34	99.63
K5	99.92	99.57	98.59

Kolemanit mineralinin çimentoya ikame edilmesi ile farklı kür koşullarında dayanım gelişimi için yapılan çalışmada 100x100x100 mm küp beton örneklerinin 90. gün sonunda basınç dayanım tek eksenli basınç dayanımı deneyi ile belirlenmiştir. Bulunan basınç dayanımı değerleri Şekil 3’te görülmektedir. G1 kür koşulundaki beton numunelerinin basınç dayanımı 45.11 MPa – 48.64 MPa, G2 küründe 46.88 MPa – 51.26 MPa, G3 kür koşulunda ise 47.55 MPa – 52.30 MPa aralığında bulunmuştur.

**Şekil 3.** Basınç dayanımı değerleri

Farklı kür koşullarında aynı tür betonların elde edilen basınç dayanımı sonuçlarına göre en yüksek değerler en uzun su kürü olan G3 kür koşullarında, en düşük basınç dayanımı sonuçları ise G1 kür koşullarında elde edilmiştir. K1, K2, K3, K4 ve K5 beton türlerinin K0 beton numunesine göre hesaplanan basınç dayanımı yüzdeleri Tablo 7’de verilmiştir.

**Tablo 7.** Basınç dayanımı yüzdeleri.

Beton türleri	Kür koşulları		
	G1	G2	G3
K0	100.00	100.00	100.00
K1	100.16	103.06	101.37
K2	102.03	105.09	102.70
K3	103.96	105.74	104.07
K4	100.97	101.63	100.01
K5	99.42	96.70	94.62

Tablo 7 incelendiğinde görülmektedir ki kolemanit ikamesinin % 4’ e kadar kullanılması ile bütün kür koşullarında dayanım değerleri kolemanit ikamesiz betondan yüksek sonuçlanmıştır. Kolemanit ikamesinin % 5 olduğu K5 beton türünde ise dayanım K0 beton türüne göre dayanımı düşürmüştür. K3 beton türü ise G1, G2 ve G3 kür koşullarında K0 beton türüne göre en yüksek basınç dayanımını sağlamıştır.

### 4. Tartışma ve Sonuç

Ultrases geçiş hızı bilinen beton numunelerinin beton kalitesi hakkında yaklaşık bir tahmin yapılabilmektedir [18]. Ultrases geçiş hızı değerleri ile beton kalitesi arasındaki ilişki ise ultrases geçiş hızı değerinin 4.5 km/s’den büyük olması durumunda betonun kalitesi “çok iyi” olarak nitelendirilmektedir [19]. Çalışmada G1, G2 ve G3 kür koşullarında beklenen bütün beton türlerinde elde edilen ultrases

geçiş hızı değerleri 4.60 km/s ile 4.82 km/s aralığında ölçülmüştür. Ultrases geçiş hızı sonuçlarına göre farklı kür koşullarında bekletilen beton türlerinin kalitesi “çok iyi” olarak nitelendirilebilir.

Şekil 3 ile Tablo 7 incelendiğinde kolemanitin % 1, % 2, % 3, % 4 ve % 5 oranlarında çimento ikame edilmesiyle elde edilen beton türlerinde kolemanitin % 5 ikame edilmesi tüm kür koşullarında basınç dayanımını düşürmüştür. Kolemanit ikamesi ile G1 kür koşulunda K1, K2, K3 ve K4 beton türleri K0 beton türüne göre sırasıyla % 0.16, % 2.03, % 3.96 ve % 0.97 basınç dayanımını artırırken K5 beton türü ise % 3.58 basınç dayanımını düşürmüştür. G2 kür koşulunda K5 beton türünde % 3.30 dayanım kaybı, K1, K2, K3 ve K4 beton türlerinde ise % 3.06, % 5.09, % 5.74 ve % 1.63 dayanım artışı meydana gelmiştir. G3 küründe ise dayanım artışı sırasıyla % 1.37, % 2.70, % 4.07 ve % 0.01 olarak K1, K2, K3 ve K4 beton türlerinde dayanım kaybı ise % 5.38 ile K5 beton türünde olduğu belirlenmiştir. Literatürde bor minerallerinin B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriğinden dolayı yüksek oranlarda kullanılmasının dayanım değerlerini düşürdüğü % 5'e kadar kullanılması önerilmektedir [5]. Yapılan bir çalışmada ise en iyi dayanım sonuçlarının % 3 ve % 5 kolemanit ikame edilmesi ile elde edildiği belirtilmektedir [20]. Elde edilen basınç dayanımı değerleri sonucunda kolemanit ikamesi ile en yüksek dayanım % 3 kolemanit ikamesi ile elde edilmesine rağmen % 4 kolemanit ikamesi kolemanit ikamesiz betonun dayanım değerinden yüksek değerler vermiştir. % 5 kolemanit ikamesi ise G1, G2 ve G3 kür koşullarında % 3.30 ile % 5.38 arasında dayanım kaybı oluşturmaktadır.

G1, G2 ve G3 kür koşullarında bekleyen K0, K1, K2, K3, K4 ve K5 türlerinin en yüksek basınç dayanımı sonuçları G3 kür koşulunda, en düşük dayanım değerleri ise G1 kür koşulunda meydana gelmiştir. Beton numunelerin su kürü süresi arttıkça dayanım artışı da artmıştır.

Sonuç olarak bütün kür koşullarında ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı en düşük K5 beton numunesinde en yüksek basınç dayanımı ise K3 beton numunesinde görülmüştür. Beton numunelerin su kürüne maruz kalma süresi arttıkça ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı artmıştır. Elde edilen sonuçlara göre betonlara uygulanan su kürü süresinin artması, betonun dayanımını olumlu yönde etkilemektedir.

### Teşekkür

Yazarlar çalışmada kullanılan kolemanit mineralini tedarik eden Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğüne teşekkür eder.

### Kaynakça

[1] Etimaden, 2015-2019 dönemi stratejik planı: <http://www.etimaden.gov.tr/storage/uploads/>

[2018/05/Stratejik plan 2015 2019.pdf](#). (Erişim Tarihi: 20.12.2018)

- [2] Kula, İ., Olgun, A., Erdogan, Y. & Sevinc, V. (2001). Effects of colemanite waste, cool bottom ash, and fly ash on the properties of cement. *Cement and Concrete Research*, 31, 491-494.
- [3] Glinicki, M. A., Antolik, A. & Gawlicki, M. (2018). Evaluation of compatibility of neutron-shielding boron aggregates with Portland cement in mortar. *Construction and Building Materials*, 164, 731-738.
- [4] Kutuk-Sert, T. (2016). Stability analyses of submicron-boron mineral prepared by mechanical milling process in concrete roads. *Construction and Building Materials*, 121, 255-264.
- [5] Erdoğan, Y., Zeybek, M. S. & Demirbaş, A. (1998). Cement mixes containing colemanite from concentrator wastes. *Cement and Concrete Research*, 28(4), 605-609.
- [6] Gezmen, T. & Türkel, S. (2017). Bor minerali ve uçucu kül içeren harçların mekanik özelliklerinin ve sülfata dayanıklılığının incelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 19(57), 757-778.
- [7] Binici, H., Sevinç, A. H. & Durgun, M. Y. (2010). Properties of barite, basaltic pumice, colemanite and blast furnace slag concretes. *KSU Journal of Engineering Sciences*, 13(1), 1-13.
- [8] Alyamaç, K. E. & İnce, R. (2007). Kür süresinin betonun kırılma parametreleri üzerine etkisinin incelenmesi. 2007 tarihli 8. Uluslararası Kırılma Konferansı.
- [9] Özcan, F. (2017). Farklı dayanım sınıflarına ait betonların basınç dayanımlarına değişen kür şartlarının etkisi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(1), 115-121.
- [10] Etimaden, Ögütülmüş kolemanit: <http://www.etimaden.gov.tr/storage/uploads/2018/01/16-2017-Ground-Colemanite-75-Micron.pdf>. (Erişim Tarihi: 20.12.2018).
- [11] Türk Standardları Enstitüsü. (2009). TS 706 EN 12620+A1: Beton agregaları. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü.
- [12] Türk Standardları Enstitüsü. (2012). TS EN 933-1:2012(EN): Agregaların geometrik özellikleri için deneyler bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini - Eleme metodu. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü.
- [13] Türk Standardları Enstitüsü. (2013). TS EN 1097-6: Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler bölüm 6: Tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü.

- [14] Türk Standardları Enstitüsü. (2016). TS 802: Beton karışım tasarımı hesap esasları. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü.
- [15] Türk Standardları Enstitüsü. (2017). TS EN 206:2013+A1: Beton - Özellik, performans, imalât ve uygunluk. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü.
- [16] ASTM International. (2002). ASTM C 597-83: Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. American Society For Testing And Materials, USA.
- [17] Türk Standardları Enstitüsü. (2010). TS EN 12390-3: Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü.
- [18] Durmuş, G. & Bekem, İ. (2010). Yüksek sıcaklığın ve farklı soğutma koşulunun kalker agregalı betonlar Üzerindeki etkilerinin araştırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(4), 741-748.
- [19] Kara, C. (2018). Çay atığının doğal lif olarak betonda kullanılabilirliği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4 (2), 156-161.
- [20] Korkut Sevim, U. (2011). Colemanite ore waste concrete with low shrinkage and high split tensile strength. *Materials and Structures*, 44, 187-193.