

## Kırmataşla Üretilen Hazır Betonların Donma-Çözölmeye Karşı Dayanıklılığının Araştırılması

Servet YILDIZ, İ. Hakkı DEMİRLİ ve Oğuzhan KELEŞTEMUR  
Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, 23119, Elazığ  
syildiz@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 15.12.2005; Kabul/Accepted: 01.08.2006)

**Özet:** Bu çalışmada; farklı hazır beton santrallerinde kırmataş ile üretilen hazır betonların donma-çözölmeye karşı dayanıklılığı araştırılmıştır. Kırmataş ile hazırlanan beton numuneler üzerinde, donma-çözölmeye, donma-çözölmeye sonrası ağırlık kaybı ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneyler, üç ayrı santralde üretilmiş olan C16, C18, C20, C25 ve C30 sınıflarındaki beton numuneler üzerinde yapılmıştır. Ayrıca, beton numunelerin üretiminde kullanılan agregalar üzerinde elek analizi, aşınma kaybı, ince madde oranı ve su emme deneyleri de gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, farklı santrallerde kırmataş ile üretilen hazır betonların donma-çözölmeye dayanıklılıklarının farklılık gösterdiği ancak, donma-çözölmeye deneyi sonucunda numunelerin fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimlerin standartlarda belirlenen sınırlar içerisinde kaldığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Kırmataş, Hazır Beton, Donma-Çözölmeye Testi.

### An Investigation on The Freze-Thaw Effect of The Ready-Mix Concrete Produced with Crushed Stone

**Abstract:** In this study, the freze-thaw strength of the ready-made concretes produced with crushed stone and taken from various ready-mix concrete plants were investigated. Freezing-thaw, weight loss and compression strength tests were applied to the ready-mix concretes produced with crashed stone. The tests were applied to the various types of concretes produced in the three different plants and called C16, C18, C20, C25 and C30 types. Additionally, the sieve analysis, abrasion loss, fine material ratio and water absorption tests were conducted on the aggregate used for the concrete production. As a result of this study, the freezing-thaw effects of the ready-mix concretes produced by crushed stone showed differences according to their production plants however the differences occurred on the physical properties of the concretes following the freze-thaw tests were determined in the limits of standards.

**Keywords:** Crushed Stone, Ready-Mix Concrete, Freze-Thaw Test.

#### 1. Giriş

Beton; agrega, çimento, su ve gerektiğinde bazı katkı maddelerinin birlikte karılmasıyla elde edilen bir yapı malzemesidir [1]. Betonun oluşturan malzemelerden çimento; ince kum ve iri agrega tanelerini birbirine bağlar. İnce agregalar ise, iri agrega taneleri arasındaki boşlukları doldurup betonun bir bakıma iskeletini oluşturarak üretilen beton elemanına etki eden kuvvetlere karşı koyarlar [2].

Bilgisayar kontrolüyle istenilen oranlarda bir araya getirilen malzemelerin, beton santralinde veya mikserde karıştırılmasıyla üretilen ve tüketiciye “taze beton” olarak teslim edilen betona “Hazır Beton” denir. Bu betonlar, şantiye dışında bulunan bir tesiste uygun karışımda

hazırlanan, yeterli suyu, ya hazırlama tesisinde veya gideceği yere yaklaşınca ilave edilen, beton karıştırmaya ve taşımaya elverişli vasıtalarla şantiyeye götürülen ve orada basınçla kalıplarına kadar pompalanan betonlardır [3].

Beton hacminin yaklaşık % 75’i agrega tarafından oluşmaktadır. Agregalar, beton yapımında çimento ve su ile birlikte kullanılan, kum, çakıl, kırmataş gibi taneli malzemelerdir. Beton yapımında kullanılacak agreganın değişik özellikleri araştırılmaktadır. Araştırılan özellikler şu şekilde sıralanabilmektedir. Elek analizi, en büyük tane büyüklüğü, tane şekli, yüzey dokusu, su emme kapasitesi, birim ağırlık, özgül ağırlık, agregadaki zararlı yabancı maddelerin türü ve

miktarı, aşınmaya dayanıklılık, dona dayanıklılık, dayanım, E-modülü ve ısıl özelliklerdir [1].

Üretilen betonun donma-çözülme olayı sonunda parçalanması birçok etkene bağlıdır. Bu etkenlerden en önemlisi agregalardır. Beton agregasının donmaya karşı dayanıklılığı, yenilenen donma-çözülme olayının zararlı etkilerine karşı bırakılan agrega ile üretilen betonun ne derecede dayanıklı olduğunun bir ölçüsüdür [4].

Agregaların, donma-çözülme sonunda parçalanmaları bu malzeme ile üretilen betonlarında zarar görmesine neden olmaktadır. Böyle bir durumun meydana gelmemesi için, beton üretiminde kullanılacak olan agregaların donma-çözülme etkisine karşı dayanıklı olması gerekir [2].

Donma-çözülme olayının betonun özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmış literatürde birçok çalışma mevcuttur. Topçu, yapmış olduğu çalışmada dona karşı dayanımı sağlayan katkı maddesinin beton özelliklerine etkisini araştırmıştır. Çalışma sonucu olarak, Eskişehir bölgesinde üretilen BS 16 ve 20 betonlarında dona dayanım sağlayan katkının % 1 oranında katılmasının yararlı olacağını belirtmiştir [5]. Özdemir ve arkadaşları, yapmış oldukları çalışmada aynı orjinli agrega ile kırmataş agregasını kullanarak ürettikleri taze beton ve sertleşmiş beton serilerini kıyaslamışlardır. İşlenebilirliği artırıcı katkı maddesi ile birlikte kullanılması durumunda kırmataş agregalı betonların dayanımlarının doğal agregalı betonlara oranla önemli miktarda artış gösterdiği çalışmanın sonucu olarak bildirilmiştir [6]. Özyurt ve arkadaşları, kırmakum ile doğal kumun belirli oranlarda yer değiştirmesinin uçucu kül içeren betonların mekanik özelliklerine, kılcal geçirimsizliğine ve donma-çözülme dayanıklılığına etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar yapılan deneysel çalışma sonucunda, "kırmakum / ince agrega" oranındaki artışın betonun basınç dayanımını artırdığı, kılcal su geçirimsizliğini ve donma-çözülme karşı dayanıklılığını azalttığını bildirmişlerdir [7]. Felekoğlu ve arkadaşları, aynı çimento dozajında farklı viskozite artırıcı mineral katkı ve farklı agrega elek analizleri ile kendiliğinden yerleşen betonlar üreterek, bu betonların dayanım sınıfına eşdeğer

geleneksel betonların yüzeysel aşınma ve donma-çözülme performanslarını karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Deneysel çalışma sonucunda, aynı dayanım sınıfındaki taş tozlu kendiliğinden yerleşen beton serisi, geleneksel sıkıştırma işlemi görmüş normal betona oranla daha az donma-çözülme dayanım kaybına uğramıştır [8]. Ünal ve arkadaşları ise, mermer tozu katkılı betonların donma-çözülme özelliklerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, mermer tozunun % 5-15 oranında karışıma katılması ile beton özelliklerine olumlu bir etki yaptığını belirlemişlerdir [9].

Literatür ışığında yapılan bu çalışmada ise, farklı hazır-beton santrallerinde kırmataş ile üretilen hazır betonların donma-çözülme karşı dayanıklılığı araştırılmıştır. Bu amaçla, öncelikle hazır beton santrallerinde beton üretiminde kullanılan kırmataşlar üzerinde elek analizi, aşınmaya karşı dayanıklılık (Los Angeles), ince madde oranı belirleme ve iri agregalarda su emme oranı tayini deneyleri yapılmıştır. Daha sonra, bu taşlar ile üretilmiş olan sertleşmiş beton numuneleri üzerinde su emme, donma-çözülme ve donma-çözülme öncesi ve sonrası basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar standartlar ile karşılaştırılarak kırmataş ile üretilen hazır betonların donma-çözülme karşı dayanımı belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, farklı hazır beton santrallerinde kırmataş ile üretilen hazır betonların donma-çözülme dayanımını belirlemek amacıyla kırmataşlar ve sertleşmiş betonlar üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan malzemeler ve bu malzemelere ait özellikler aşağıda verilmiştir.

### 2.1. Agregalar

Çalışmada kullanılan agregalar, Elazığ ilinde yer alan üç farklı hazır-beton santrallerinden temin edilmiştir. Agregalar, ocakta kırılıp temizlenerek dane sınıflarına ayrılmış bir şekilde kullanılmaktadır. Ticari açıdan sakıncalar doğurmaması için agregaların alındığı hazır-beton santrallerinin ismini vermek

yerine A, B ve C santralleri şeklinde isimler verilerek deneyler yapılmıştır.

A hazır-beton santralının beton üretimi için kullandığı agrega'nın (mıcır, kırmataş) özelliği siyah bazalt olmasıdır. A santralinde kullanılan agregalara ait dane sınıfları; Kum : 0-3 mm., ince : 3-7 mm., orta : 7-15 mm., ve iri : 15-30 mm. şeklindedir. Bu santrale ait agreganın özgül ağırlığı 2.78 gr/dm<sup>3</sup>'dür.

B hazır-beton santralının beton üretimi için kullandığı agregalara ait dane sınıfları; Kum : 0-3 mm., ince : 3-7 mm. ve iri : 7-30 mm. şeklindedir. Bu santralde kullanılan agreganın özgül ağırlığı 2.76 gr/dm<sup>3</sup>'dür.

C hazır-beton santralının beton üretimi için kullandığı agregalara ait dane sınıfları ise; Kum :

0-4 mm., ince : 4-8 mm. ve iri : 8-16 mm. şeklindedir. Bu santralde kullanılan agreganın özgül ağırlığı ise 2.76 gr/dm<sup>3</sup>'dür.

## 2.2. Çimentolar

A, B ve C hazır-beton santrallerinde beton üretimi için, Elazığ Altınova Çimento Fabrikasında üretilen PKÇ/B 32.5 R türü çimento kullanılmaktadır. Sertleşmiş beton numuneleri üzerinde yapılacak olan deneylerde kullanılmak üzere, santrallerden alınan taze beton numunelerinin üretiminde kullanılan çimentolara ait kimyasal bileşenler Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Çimentolara (PKÇ/B 32,5 R) ait kimyasal analiz sonuçları

Bileşenler	Çimentoların Bileşen Miktarları, (%)		
	A	B	C
Silisyum dioksit (SiO <sub>2</sub> )	29.12	27.74	28.08
Alüminyum oksit (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	8.02	7.27	6.24
Demir oksit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	5.20	3.96	5.01
Kalsiyum oksit (CaO)	47.85	49.97	50.52
Mağnezyum oksit (MgO)	3.74	2.85	3.88
Kükürt trioksit (SO <sub>3</sub> )	2.14	2.21	2.81
Klorür (Cl)	0.003	0.0012	-
Kızdırma kaybı (K.K.)	2.50	4.99	5.17
Tayin edilemeyen (T.E.)	1.02	-	0.71
Erimez kalıntı (E.K)	-	-	1.03
Serbest Kireç (s.CaO)	1.57	1.06	1.28
Toplam katkı miktarı	30.00	28.99	29.01

## 2.3. Katkı maddeleri

A ve C hazır-beton santrallerinde, beton üretiminde katkı maddesi olarak Sikament 98 W süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmaktadır. Bu katkı maddesi, ASTM-C-494 Tip F-G'ye uygundur. Çimento ağırlığının, % 0.8-3.0'ü oranında kullanılmaktadır.

B hazır-beton santralinde ise, beton üretiminde katkı maddesi olarak Plastiment BV 140 normal akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmaktadır. Bu katkı maddesi, ASTM-C-494 Tip A'ya uygundur. Çimento ağırlığının, % 0.2-0.6'sını oranında kullanılmaktadır.

B hazır-beton santralinde ayrıca, Sika Aer hava sürükleyici katkı maddesi de kullanılmıştır. Bu katkı maddesi ASTM C 260'a uygundur. Çimento ağırlığının, % 0.03-0.015'i oranında kullanılmaktadır.

## 2.4. Karışım suyu

A, B ve C hazır-beton santralleri karışım suyu olarak Elazığ ili içme suyunu kullanılmaktadır.

## 2.5. Agrega deneyleri

### 2.5.1. Elek analizi deneyi

Elek analizi deneyinde, hazır beton santrallerinin kullandığı yıkanmış ve uygun sınıflara ayrılmış olan agregalar kullanılmıştır. Elek analizi deneyi, TS 1227 uygun 0.25 mm, 0.50 mm, 1 mm ve 2 mm göz açıklıklı kare gözlü elekler ile TS 1226'ya uygun 4 mm, 8 mm ve 16 mm göz açıklıklı kare delikli tel elekler kullanılarak TS 130'a göre yapılmıştır.

### 2.5.2. Aşınmaya karşı dayanıklılık (Los Angeles) deneyi

Agregaların dış etkilere karşı dayanımını belirlemek üzere TS 699'a uygun olarak yapılan bu deneyde, ELE 42-5305 markalı Los Angeles deney aleti kullanılmıştır.

### 2.5.3. İnce madde oranı belirleme deneyi

İnce madde oranı belirleme deneyi, 4 mm göz açıklıklı kare delikli veya kare gözlü elekten geçen ince agregalar ile yapılmıştır. TS 707'ye uygun olarak hazırlanan numuneler üzerinde yapılan deney sonucunda numunelere ait ince madde oranları aşağıdaki formülle onda bir hanesine yuvarlatılarak hesaplanmıştır.

$$m_1 = [(A \cdot h_1 \cdot \gamma_{k1}) / W] \cdot 100 \dots\dots\dots(1)$$

Formül 1'de yer alan;  $m_1$  :1 saat dinlendirme sonunda çökelen ince madde oranını (%),  $h_1$  : 1 saat dinlendirme sonunda ölçü silindirine

çökelen ince madde yüksekliğini (cm),  $\gamma_{k1}$  : 1 saat dinlendirme sonunda çökelen ince maddenin eşdeğer kuru birim ağırlığını ( $0.6 \text{ g/cm}^3$ ), A : Ölçü silindir kesit alanını, W : Deney numunesinin etüv kurusu ağırlığını (g) ifade etmektedir.

### 2.5.4. Su emme oranı belirleme deneyi

TS 3526'ya uygun olarak yapılan agrega su emme deneyi sonucunda elde edilen A, B ve C santrallerine ait agregaların ağırlıkça su emme değerleri, TS 706'da belirtilen agregaların su emme sınırları ile karşılaştırılmıştır.

### 2.6. Sertleşmiş beton numuneleri üzerinde yapılan deneyler

Üç ayrı hazır beton santralinde kırmataş ile hazırlanan beton numunelerin, beton sınıflarına göre karışım oranları Tablo 2'de bir arada verilmiştir. Karışım oranları  $1 \text{ m}^3$  beton için verilmiştir.

**Tablo 2.** Santrallere ait beton sınıfları ve karışım oranları

Malzeme Cinsi	Santrallere Ait Beton Sınıfları														
	A Santrali					B Santrali					C Santrali				
	C16	C18	C20	C25	C30	C16	C18	C20	C25	C30	C16	C18	C20	C25	C30
İri, (kg)	280	303	285	400	330	488	477	466	450	461	495	320	340	390	350
Orta, (kg)	300	335	300	420	361	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İnce, (kg)	480	412	460	420	324	481	470	459	444	455	460	460	475	480	480
Kum, (kg)	785	779	755	560	739	941	919	898	867	889	495	600	525	460	480
Çimento, (kg)	300	320	350	400	390	310	330	350	390	390	280	310	350	390	400
Su, (kg)	185	180	185	190	185	165	175	185	195	195	118	118	118	140	160
Katkı, (kg)	2.5	2.5	2.5	3.5	-	2.5	3.0	3.0	3.5	-	3.5	4.0	4.0	4.0	-
S/Ç	0.61	0.56	0.53	0.47	0.47	0.53	0.53	0.53	0.50	0.50	0.42	0.39	0.34	0.36	0.40
Çökme, (cm)	11	11	11	10	10	10	12	12	12	12	11	11	12	12	10

### 2.6.1. Sertleşmiş betonlarda donma-çözülme deneyi

Üç farklı santrale ait her beton sınıfından,  $15 \text{ cm}$ 'lik üçer adet küp numune üzerinde ASTM C 672-84'e uygun olarak donma-çözülme deneyi gerçekleştirilmiştir. Donma-çözülme deneyi için  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar soğuma yapabilen dondurucular kullanılmıştır. Dondurucu dolapta 12 saat

bekletilen numuneler daha sonra dolaptan çıkarılarak  $23 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıktaki suda 12 saat süreyle çözülmeye bırakılmıştır. 25 donma-çözülme çevrimi sonunda numunelerde meydana gelen fiziksel değişimler görsel olarak incelendikten sonra, numunelerdeki ağırlık kayıpları ve basınç dayanımı değişimleri deneysel olarak belirlenmiştir.

### 2.6.2 Sertleşmiş beton numunelerinde donma-çözülme sonrası ağırlık kaybı deneyi

Sertleşmiş beton numunelerindeki donma-çözülme sonrası ağırlık kayıplarını belirleyebilmek için, donma-çözülme deneyi öncesi ve sonrasında numunelerin kuru ağırlıkları belirlenerek karşılaştırılmıştır.

### 2.6.3 Sertleşmiş beton numunelerinde donma-çözülme sonrası basınç dayanımı deneyi

Farklı hazır beton santrallerinde kırmataşla hazırlanan 15 cm'lik küp numunelerin donma-çözülme sonrası basınç dayanımlarında meydana gelen değişimi incelemek üzere hazırlanan farklı sınıflardaki beton numuneler, 24 saat kalıpta kaldıktan sonra kalıptan çıkarılarak  $23 \pm 2$  °C'deki

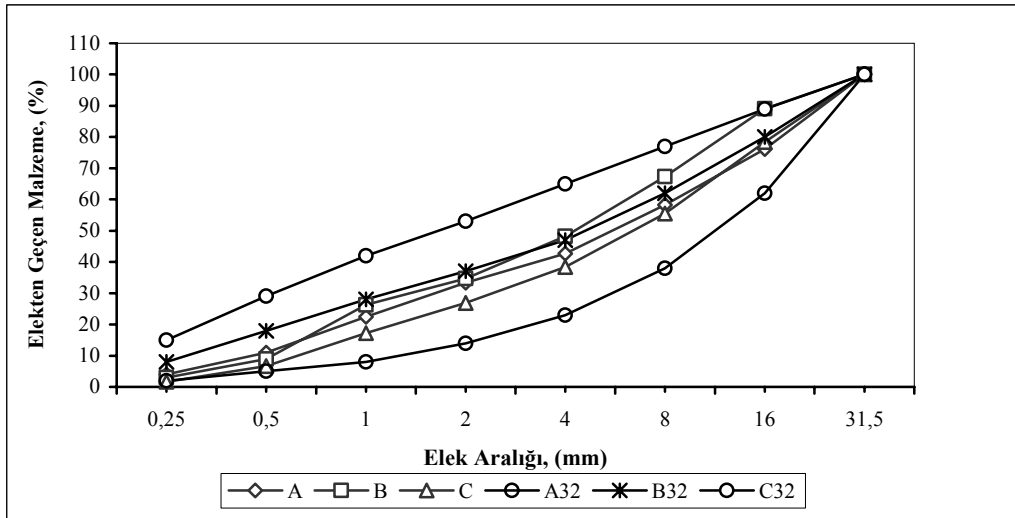
kirece doymun suda 28 gün kür edilerek deneye hazır hale getirilmiştir. Kür sonrası numuneler donma-çözülme deneyi öncesi ve sonrası basınç deneyine tabi tutulmuştur. 28 günlük sertleşmiş beton numunelerin basınç deneyi sırasında yükleme hızı 1.5 kN/sn olarak alınmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Agregâ deney sonuçları

#### 3.1.1. Elek analizi deney sonuçları

TS 130'a uygun olarak yapılan elek analizi sonucunda oluşturulan granülometri eğrileri Şekil 1'de verilerek agregaların uygun sınırlar içerisinde olup olmadıkları belirlenmiştir.



Şekil 1. A, B ve C santrallerine ait granülometri eğrileri

Yapılan elek analizi sonucunda, A ve C santrallerine ait agregaların iyi bölgede, B santraline ait agregaların ise kullanılabilir bölgede olduğu Şekil 1'den görülmektedir.

#### 3.1.2. Los Angeles deney sonuçları

TS 699'a uygun olarak yapılan deney sonucunda elde edilen A, B ve C numunelerine ait değerler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Numunelere ait aşınma kaybı değerleri

Agreganın Alındığı Santral	Agreganın İlk Ağırlığı, (gr)	Agreganın 100 Devir Sonrası Ağırlığı, (gr)	Agreganın 500 Devir Sonrası Ağırlığı, (gr)	Agreganın 100 Devir Sonrası Aşınma Kaybı	Agreganın 500 Devir Sonrası Aşınma Kaybı
				(%)	(%)
A	5000	4682	4222	6.36	15.56
B	5000	4703	4335	5.94	13.30
C	5000	4796	4088	4.08	18.25

Los Angeles deneyi sonucunda B hazır-beton santraline ait agregalarda aşınma kaybının diğer santrallere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.

### 3.1.3. İnce madde oranı deney sonuçları

TS 707'ye uygun olarak yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4'den görüleceği üzere B hazır-beton santraline ait agregalar en düşük ince madde oranına sahiptir.

**Tablo 4.** Numunelere ait ince madde oranları

Agregaların Alındığı Santraller	İnce Madde Oranı, (%)
A	1.97
B	1.12
C	1.35

### 3.1.4. Su emme oranı deney sonuçları

TS 3526'ya göre belirlenen A, B ve C santrallerinin kullandığı agregaların su emme oranları, yüzde olarak Tablo 5'de verilmiştir. Ayrıca TS 706'da yer alan agregaların su emme sınırları Tablo 6'da verilerek bulmuş olduğumuz değerler ile karşılaştırılmıştır.

**Tablo 5.** Santrallere ait iri agregaların su emme oranları

Numunelerin Alındığı Santraller	Malzeme Cinsi	Su Emme Oranı, (%)
A	Ayrılmış Bazalt	1.45
B	Çakıl	1.15
C	Çakıl	1.90

**Tablo 6.** TS 706'ya göre agrega su emme oranları

Malzeme	Su Emme Oranı, (%)
Kum	0-2
Çakıl	0.5-2
Ayrılmamış Bazalt-Granit	0.5-1
Ayrılmış Bazalt-Granit	1-5
Kum Taşı	1-7
Pomza	20-30

Yapılan su emme deneyi sonucunda, A, B ve C santrallerine ait numunelerin TS 706'da belirtilen standartlara uygun olduğu ancak, C santraline ait agregaların su emme miktarının standart da verilen üst sınıra oldukça yakın olduğu belirlenmiştir.

## 3.2. Sertleşmiş beton numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları

### 3.2.1. Sertleşmiş betonlarda donma-çözülme deney sonuçları

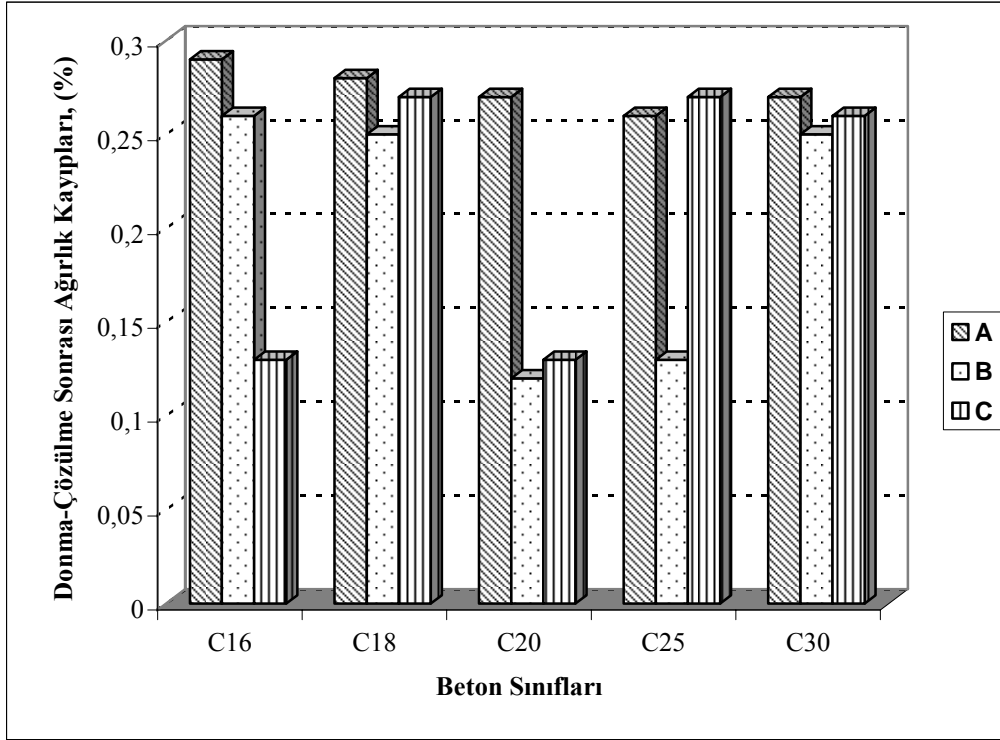
Beton numuneler üzerinde yapılan donma-çözülme deneyi sonrasında, numunelerin yüzey düzgünlüğünü kaybettiği, yuvarlak çukurların oluştuğu ve betona yakından bakıldığında yer yer

süngerini andıran yüzey yapısının meydana geldiği belirlenmiştir.

Donma-çözülme deneyi sonrasında B santraline ait C25 beton sınıfına ait numunelerde hafif çatlakların oluştuğu, bu çatlakların C santraline ait C16 beton sınıfına ait numunelerde de meydana geldiği gözlenmiştir. Ayrıca C santraline ait C20 beton sınıfına ait numunelerin köşe noktalarında kopmalar olduğu belirlenmiştir.

### 3.2.2 Sertleşmiş beton numunelerinde donma-çözülme sonrası ağırlık kaybı sonuçları

Beton numunelerin donma-çözülme sonrası ağırlık kayıplarını belirlemek üzere yapılan deney sonucunda elde edilen sonuçlar Şekil 2.'de verilmiştir.



Şekil 2. Numunelerin donma-çözölme sonrası ağırlık kaybı yüzdelerinin karşılaştırılması

Santrallere ait donma-çözölme sonrası beton numunelerde ki ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde, hemen hemen tüm beton sınıflarında A santraline ait beton numunelerin ağırlık kaybının diğer santrallere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.

### 3.2.3 Sertleşmiş beton numunelerinde donma-çözölme sonrası basınç dayanımı sonuçları

Donma-çözölme öncesi ve sonrası yapılan basınç deneyleri sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 7.'de verilmiştir.

Tablo 7. Numunelerin donma-çözölme sonrası basınç dayanımı değişimleri

Beton Sınıfı	28 Günlük Basınç Dayanımı, (MPa)			Donma-Çözölme Sonrası Basınç Dayanımı, (MPa)			Donma-Çözölme Sonrası Basınç Dayanım Kaybı, (%)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
C16	22.56	21.89	21.80	16.04	17.02	17.49	28.87	22.25	19.75
C18	26.46	22.50	24.51	20.56	20.94	19.96	22.30	6.92	18.56
C20	29.93	27.80	27.49	26.77	26.06	20.82	10.53	6.23	24.30
C25	33.72	33.80	33.05	27.71	26.79	25.87	17.82	20.74	21.72
C30	34.22	35.52	33.85	31.05	31.89	30.12	9.24	10.22	11.02

## 4. Sonuçlar ve Öneriler

Farklı hazır beton santrallerinde kırmataş ile üretilen hazır betonların donma-çözölmeye karşı dayanıklılığını belirlemek üzere yapılan deneysel

çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Elek analizi deney sonuçları ile agregaların TS 706'da belirtilen değerlere uygun olduğu belirlenmiştir.

Agregalar üzerinde yapılan aşınma deneyi sonucunda, santrallerin kullandığı agregaların aşınmaya karşı dayanımları TS 706'ya göre normal beton üretiminde kullanılabilir durumda olduklarını göstermiştir.

Beton dayanımını etkileyen en önemli faktörlerden birisi, agregaların sahip olduğu ince madde miktarıdır. Santrallere ait agregaların ince madde miktarlarını belirlemek amacıyla yapılan deney sonucunda, kullanılan agregaların ince madde oranları bakımından TS 706'ya uygun oldukları belirlenmiştir.

Agregaların su emme oranlarını belirlemek amacıyla yapılan deney sonucunda, santrallere ait agregaların, su emme miktarları bakımından TS 706'da belirtilen standartlara uygun oldukları ancak, C santraline ait agregaların su emme oranlarının standart da yer alan üst sınıra oldukça yakın olduğu belirlenmiştir.

Üç ayrı hazır beton santraline ait 28 günlük sertleşmiş beton numunelerinin donma-çözülme deneyi sonrası, ağırlık kayıpları ve basınç dayanımlarında meydana gelen azalmalar belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda yorumlanmıştır.

Sertleşmiş beton numunelerinin donma-çözülme deneyi öncesi ve sonrasında yapılan ağırlık ölçümleri sonucunda belirlenen ağırlık kaybı değerleri, % 0.3'ün altındaki çok küçük değerler olduğundan, numunelerin ağırlık kayıplarına göre, donma-çözülmeden fazla etkilenmedikleri sonucuna varılmıştır.

Sertleşmiş beton numunelerinin, donma-çözülme sonrası basınç dayanımları değerleri, kontrol numunelerine ait basınç dayanımı değerleri ile karşılaştırılarak, basınç dayanımlarındaki azalmalar belirlenmiştir. Elde edilen değerlere göre, A santraline ait beton sınıfları içerisinde en büyük basınç kaybı, % 29 oranı ile C16 betonunda meydana gelmiştir. A santraline ait C16 betonunda meydana gelen bu basınç azalmasındaki fazlalığın nedeni, bu beton sınıfındaki S/Ç oranının yüksek olmasına bağlanmıştır. B santraline ait C18 ve C20 betonları % 6'lık bir miktar ile en düşük basınç kaybı değerine sahip olmuşlardır. Bunun nedeni, bu sınıflara ait beton numunelerinde kullanılan, % 3 oranındaki hava sürükleyici katkı

maddelerine bağlanmıştır. C santraline ait beton numuneleri içerisinde en yüksek basınç kaybı, % 24 oranı ile C20 beton sınıfında gözlenmiştir. Bunun nedeni ise, donma-çözülme sonrasında meydana gelen köşe kopmalarına bağlanmıştır. Tüm bu sonuçlar göz önünde bulundurularak, sertleşmiş beton numunelerinin donma-çözülme deneyi sonrası basınç kaybı değerlerinin % 20'nin çok üstünde olmaması, bu santraller tarafından üretilen betonların, donma-çözülme karşı dayanıklı olduğunu göstermektedir.

Sertleşmiş beton numuneleri üzerinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen değerlerin farklılık göstermesi, hazır beton santrallerinin beton üretiminde kullanmış olduğu katkı maddesinin türü ve miktarı ile su/çimento oranındaki değişikliğe bağlanmıştır.

Yapılan bu deneysel çalışma sonucunda elde edilen verilere dayanarak; sıcaklıkların çok düşük ve hava değişimlerinin sık görüldüğü bölgelerde, kırmataş ile beton üreten hazır beton santrallerinin, donma-çözülme karşı dayanıklı beton üretebilmeleri için, hava sürükleyici katkı maddesi kullanmalarının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

#### Kaynaklar

1. Erdoğan, T. Y., "Beton", ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, Ankara, 2003.
2. Postacioğlu, B., "Yapı Malzemesi Problemleri", İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, No:1011, s:134-291, İstanbul, 1975.
3. Özışık, G., "Beton", Birsen Yayınevi, No: 0029, s:3-109, İstanbul, 2000.
4. Uyan, M., Taşdemir, M. A., Özkul, H., "Esenboğa Havalimanı II. Pist İnşaatı Kargo Apronu Betonlardaki Soyulmaların İncelenmesi Hakkında Rapor", İTÜ İnşaat Fakültesi, Yapı Malzemesi Anabilim Dalı, İstanbul, 1991.
5. Topçu, İ. B., "Akışkanlaştırıcı Ve Dona Dayanım Katkılarının Beton Özelliklerine Etkisi", 4. Ulusal Beton Kongresi (30-31 Ekim- 1 Kasım 1996), İstanbul, 45-55, 1996.
6. Özdemir, Ö., Kocabeyler, F., Sağlık, A., "Yüksek Oranda Su Azaltıcı (YA) Katkı Kullanılmış Kırmataş Agregalı Beton Dayanımının Doğal Şekillenmiş Agregalı Beton Dayanımı İle Kıyası", 4. Ulusal Beton Kongresi (30-31 Ekim- 1 Kasım 1996), İstanbul, 105-121, 1996.
7. Özyurt, N., Taşdemir, C., Kara, G., Ertuğrul, C., "Uçucu Küllü Betonlarda Kırmakum İçeriğinin Beton Özelliklerine Etkisi", 5. Ulusal Beton



- Kongresi (1-2-3 Ekim 2003), İstanbul, 293-303, 2003.
8. Felekoğlu, B., Yardımcı, M. Y., Baradan, B., “Kendiliğinden Yerleşen Betonların Aşınma Ve Donma-Çözölme Direnci”, 5. Ulusal Beton Kongresi (1-2-3 Ekim 2003), İstanbul, 365-375, 2003.
9. Ünal, O., Demir, İ., Ergün, A., “Mermet Tozu Katkılı Betonların Donma-Çözölme Özelliklerinin Araştırılması”, 5. Ulusal Beton Kongresi (1-2-3 Ekim 2003), İstanbul, 383-393, 2003.
10. Şahin, S., “Erzurum Yöresinde Kullanılan Beton Agregalarının Donma-Çözölme Dayanıklılığının Farklı Yöntemlere Göre Saptanması Üzerine Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 1993.
11. TS 130, Agrega Karışımlarının Elek Analizi Deneyi İçin Metot, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1978.
12. TS 699, Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1987.
13. TS 706, Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.
14. TS 707, Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.
15. TS 3449, Çabuk Donma ve Çözölme Koşulları Altındaki Betonda dayanıklılık Faktörü Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1981.
16. TS 3526, Beton Agregalarında Özgöl Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.
17. TS 3527, Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.
18. TS 3655, Beton Agregalarında Dona Dayanıklılık Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1981.
19. TS 11222, Beton-Hazır Beton, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1994.