

Betonda Kırmakum Kullanımının Beton Özelliklerine Etkileri

Effects of Crushed Stone Sand on Properties of Concrete

Mehmet UYAN, Bekir Yılmaz PEKMEZCİ

İTÜ, İnşaat Fakültesi, Yapı Malzemesi Anabilim Dalı, 34390, Maslak, İstanbul
muyan@ins.itu.edu.tr, bpekmezci@ins.itu.edu.tr

ÖZET: Bu deneysel çalışmada ince agrega olarak doğal kum yerine kırmakum kullanımının beton özelliklerini ne yönde değiştirdiği incelenmiştir. İki farklı dozajda çimento ve aynı oranda üç farklı tür ince agrega içeren toplam 6 seri beton üretilmiştir. Üretilen betonlarda agrega olarak kum, kırmakum, kırmataş 1 ve kırmataş 2 kullanılmıştır. Çimento olarak PC 42,5 çimentosu seçilmiş ve 275 kg/m³ ve 325 kg/m³ olmak üzere iki farklı dozaj kullanılmıştır. Herbir dozaj için ince agregasının tamamı kum, %50 si kum %50 si kırmakum ve tamamı kırmakum olan üç farklı karışım yapılmıştır. Üretilen betonlarda sabit işlenebilme hedeflenmiş ve çökme 15-17 cm olarak alınmıştır. 15 cm'lik küp numuneler ve 10x10x50 cm'lik prizma numuneler 7 ve 28 gün 20°C kirece doymun su içerisinde kürlendikten sonra bu numuneler üzerinde basınç ve eğilme dayanımı, ultrases hızı, kılcallık ve su emme deneyleri uygulanmıştır. Araştırmadan elde edilen en önemli sonuçlar, 275 dozlu betonda kırmakum oranı arttıkça betonların basınç ve eğilme dayanımları artarken su emme ve kılcal su emme değerlerinin düşmesi, 325 dozlu betonda ise kırmataş kumu oranı artışıyla dayanımlarda dikkate değer bir değişme olmamasına karşın geçirimsizlik özelliklerinin iyileşmesidir.

Anahtar Kelimeler: Kırmakum, Beton, Dayanım, Geçirimsizlik

ABSTRACT: In this experimental study, effects of crushed stone sand on properties of concrete were investigated. 6 series of concrete were produced with two different dosages and three different types of fine aggregates. Natural sand, crushed stone sand, crushed stone 1 and crushed stone 2 were used as aggregates. Ordinary Portland Cement were selected with the dosages of 275 kg/m³ and 325 kg/m³. Three different mixture were prepared with the fine aggregate 100% of natural sand, 50% of natural sand and 50% of crushed stone sand, 100% of crushed stone sand for each of dosages. The aimed workability was 15-17 cm slump for the concretes produced. Cube specimens with 15 cm dimension and prismatic specimens with the dimensions of 10x10x50 cm were cured in lime saturated water for 7 and 28 days. Compressive and flexural strength, ultrasonic pulse velocity, capillarity and water absorption tests were applied on the specimens at the end of the curing time. The most important results from the study: compressive and flexural strength were increased, water absorption and capillarity decreased with the increase of crushed stone sand percentage for 275 dosage concrete. Although there is not a significant differentiation on strengths of 325 dosage concretes, water absorption and capillary water suction values decrease with increase of crushed stone sand percentage in the mixture.

Keywords: Crushed Stone Sand, Concrete, Strength, Permeability

1. GİRİŞ

Agregalar beton hacminin yaklaşık %70'ini oluşturur. Günümüzde inşaat endüstrisinde yaygınlaşmaya başlayan yüksek dayanımlı betonlarda kırmataş, doğal çakıla göre daha kolay temin edilebilmesi ve yüksek mekanik dayanıma sahip olması nedeniyle agrega olarak tercih sebebi olmaktadır [1,2,3]. Bununla birlikte kırmataş üretilirken ortaya çıkan kırmakum 1980'lerde hazır beton sektörünün gelişimi ile birlikte ekonomik nedenlerle kullanılmaya başlanmıştır. Bu malzemede 75um'nin altına geçen bölüm mikrofiller olarak kabul edilir. Bu kısım agreganın inceliğini artırarak [5] belirli bir orana kadar kullanıldığında taze ve sertleşmiş beton özelliklerinde iyileşmelere sebep olmaktadır [2,4]. Öte yandan bazı bölgelerden elde edilen doğal kum betonda alkali agrega reaksiyonuna neden olmaktadır. İnce malzeme olarak kırmakumun kullanılmasındaki nedenlerden biri de bu reaksiyonun engellenebilmesidir.

2. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Bu deneysel çalışmada ince agrega olarak doğal kum yerine kırmakum kullanımının beton özelliklerini ne yönde değiştirdiği incelenmiştir. Çalışmada 275 kg/m³ ve 325 kg/m³ olmak üzere iki farklı dozaj kullanılmıştır. Herbir dozaj için ince agregasının a) tamamı kum, b) %50 si kum %50'si kırmakum ve c) tamamı kırmakum olan üç farklı karışım yapılmıştır. Böylece toplam 6 seri beton üretilmiştir.

Üretilen betonlarda sabit işlenebilme hedeflenmiş ve çökme 15-17 cm olarak alınmıştır. 15 cm'lik küp numuneler ve 10x10x50 cm'lik prizma numuneler 7 ve 28 gün 20°C kirece doygun su içerisinde kürlendikten sonra bu numuneler üzerinde basınç ve eğilme dayanımı, ultrases hızı, kılcallık ve su emme deneyleri uygulanmıştır.

3. MALZEMELER

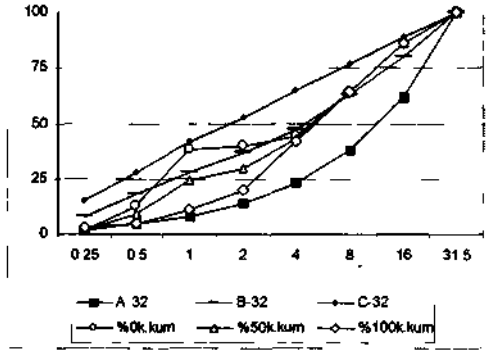
Uygulamaya uygun olarak üretilen betonlarda agrega olarak kum, kırmakum, kırmataş 1 ve kırmataş 2 kullanılmış, agregaların özgül ağırlıkları Çizelge 1'de verilmiştir. Agregalar üzerinde yapılan elek analizi deney sonuçları ve elde edilen agrega karışımlarının granülometreleri Çizelge 2 .de ve Şekil 1'de verilmiştir. Agrega karışımı %30 KT1, %30 KT2 ve %40 ince agrega olacak şekilde seçilmiştir. KO (ince agrega olarak %0 oranında kırmakum içeren) betonunda %40 oranında kum, K50 betonunda %20 kum, %20 kırmakum, K100 betonunda ise %40 kırmakum kullanılmıştır.

Çizelge 1. Agregaların Özgül Ağırlıkları

Agrega	Özgül Ağırlık (kg/m ³)
Kum	2570
Kırmakum	2700
KT1	2710
KT2	2700

Çizelge 2. Agregaların ve Karışımların Granülometreleri

Malzeme	Elek Açıklığı (mm)								İncelik Modülü
	Elekten Geçen Malzeme Yüzdesi (%)								
	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25	
KT2	100	54	2	0	0	0	0	0	6,44
KT1	100	100	79	12	3	0	0	0	5,06
K.Kum	100	100	100	96	49	27	13	7	3,08
D.Kum	100	100	100	100	99	95	33	4	1,69
OK Karışımı	100	86	64	44	40	38	13	2	4,13
50K Karışımı	100	86	64	43	30	24	9	2	4,40
100K Karışımı	100	86	64	42	20	11	5	3	4,68



Şekil 1. Karışım Granülometrisi

Çimento olarak PC 42,5 çimentosu seçilmiş, özgül ağırlığı $3,11 \text{ g/cm}^3$ olarak elde edilen çimentonun mekanik özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Çimentonun Mekanik Özellikleri

Yaş	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
7 gün	8,0	47,4
28 gün	8,6	55,3

Çizelge 4. Üretilen Betonların Gerçek Bileşimleri

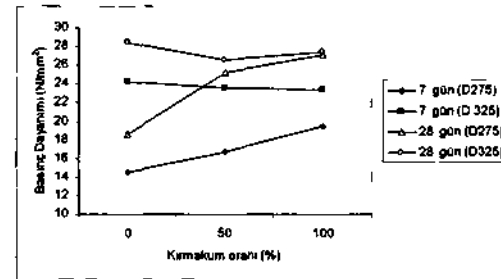
Betti Kaiı	Çimento (kgm ³)	Kum (kgta ⁵)	Kkum (kgto ³)	KT1 (Otin ³)	KT2 (tein ³)	Su (kgin ³)	Hava (dmW)	Çökme (an)	SuÇım Oranı	Kompaste
R0K275	280	690	0	546	546	226	12	17	0,81	76
K50D275	278	349	368	551	551	222	10	15	0,80	77
K100D275	271	0	747	560	560	207	17	16	0,76	78
K0D325	320	650	0	514	514	250	15	15	0,78	74
K50D325	330	330	348	522	522	250	8	16	0,76	74
K100D325	323	0	696	522	522	242	16	15	0,75	74

Şekil 3'te verilen eğilme dayanımı deney sonuçları incelendiğinde basınç dayanımı deneyine paralel sonuçlar dikkati çekmektedir. 275 dozlu betonların 7. ve 28. gündeki eğilme dayanımları, karışımdaki kırmataş kumu oranı arttıkça artmaktadır. Karışımdaki kırmataş kumu oranı %100 değerine ulaştığında 275 dozlu betonların 7 günlük dayanımlarında %23,5; 28 günlük dayanımlarında ise %77,riik bir artışın

Üretilen betonların gerçek bileşimleri Çizelge 4'te verilmiştir.

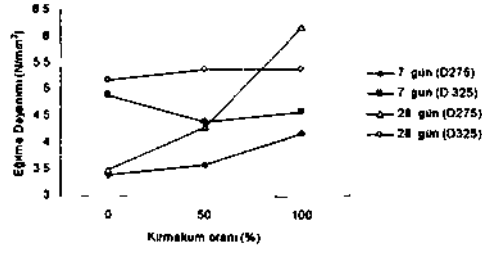
4. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Şekil 2'den görüleceği gibi 7. ve 28. günlerde 275 dozlu betonlarda karışımdaki kırmakum oranı arttıkça basınç dayanımlarının arttığı açıkça görülmektedir. Basınç dayanımları 275 dozlu betonlar için 7. günde kırmataş kumu kullanım oranı %100 olduğunda %34,5, 28. günde ise % 45,7 oranında artarken, 325 dozlu betonlarda ise 7 ve 28. günde sadece doğal kum kullanılarak üretilen kontrol betonuna göre %3-%6 oranında düşüşler gözlenmiştir.



Şekil 2. Kırmakum Oranı-Basınç Dayanımı

olduğu görülmektedir. 325 dozlu betonların eğilme deneyi sonuçları incelendiğinde ise eğilme dayanımlarında dikkate değer bir değişiklik belirlenmemiştir.



Şekil 3. Kırmakum Oranı-Eğilme Dayanımı

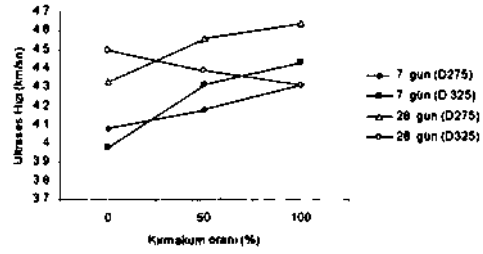
Basınç ve eğilme dayanımı deney sonuçlarına göre 275 dozlu betonlar için karışımdaki kırmataş kumu kullanım oranı arttığında 7. ve 28. gün dayanımlarının arttığı görülmektedir. Kırmakumda bulunan ince toz düşük dozajda üretilen betonlarda dolgu etkisi yaparak agregalar arasındaki boşlukları doldurmaktadır. Bu olay dayanımların artmasında etkili bir faktör olarak düşünülebilir. Kırmakum kullanımıyla dayanımlardaki artışın bir diğer etkeni ise betonların su/çimento oranlarındaki azalma ve kompasitedeki artıştır. Bilindiği gibi su/çimento oranı arttıkça betonların basınç dayanımları düşmektedir. Betonlarda kırmakum oranı arttıkça sabit işlenebilirlik için kullanılması gereken su miktarı dolayısıyla betonların su/çimento oranları düşmektedir. Su/çimento oranındaki azalma kırmakum kullanıldığında granülometrinin irileşmesine bağlanabilir.

Yüksek çimento miktarında (325 doz) kırmakum oranının beton dayanımlarına etkileri incelendiğinde, kırmakum oranı arttıkça betonların basınç ve eğilme dayanımlarında dikkate değer değişmelerin olmadığı görülmektedir. 325 dozlu betonda anhidrit çimento ve hidrasyon ürünleri agregalar arasındaki boşlukları yeteri kadar doldurmakta ve kırmataş kumunun dolgu etkisi açıklıkla görülememektedir.

Çizelge 4'te verilen su/çimento oranları ve kompasiteler incelendiğinde 275 dozlu betonda kırmakum oranı arttıkça kompasitenin arttığı buna karşın 325 dozlu betonda kompasitelerde bir değişimin olmadığı görülmektedir. Bunun yanında 325 dozlu betonlarda kırmakum oranının artmasıyla

su/çimento oranında meydana gelen değişim de 275 dozlu betondaki mertebede değildir. Yüksek dozajlı betonda kırmakum kullanımıyla su/çimento oranı küçük oranlarda azalmış ve kompasite değişmemiştir. Bundan dolayı dayanımlarda önemli bir değişiklik olmamıştır.

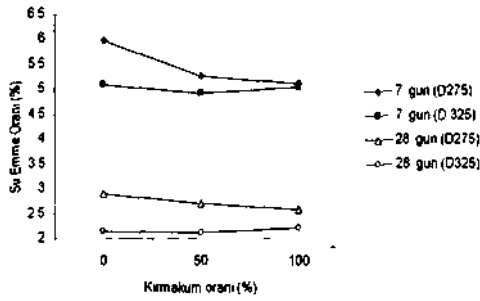
Şekil 4'te ultrases hızı ile betondaki kırmataş kumu oranı arasındaki ilişki verilmiştir. Ultrases deneyi sonuçları 275 dozlu beton için basınç ve eğilme deneyi sonuçlarını desteklemektedir. Düşük dozajlı betonlarda 7. ve 28. günlerde kırmakum oranı arttıkça ultrases hızları artmaktadır. Bu sonuç kırmataş tozunun boşlukları doldurması yönündeki değerlendirmeyi doğrular niteliktedir. 325 dozlu betonun ultrases hızıyla kırmakum oranı arasında belirgin bir ilişki belirlenmemiştir.



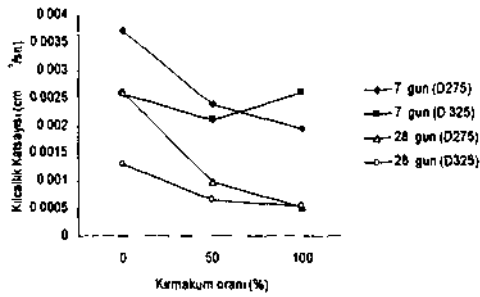
Şekil 4. Kırmakum Oranı-Ultrases Hızı İlişkisi

Kırmakum oranı- su emme ilişkisi Şekil 5'te verilmiştir. Betonların su emme oranlarında da diğer özelliklerinde olduğu gibi kırmataş kumu kullanımı, düşük dozajlı 11 betonda etkin iyileştirmeler yapmaktadır. 275 dozlu betonun 7 ve 28 günlük su emme oranları incelendiğinde, kırmataş kumu oranı arttıkça su - emmelerin belirgin biçimde düştüğü görülmektedir. Ancak bu eğilim 325 dozajlı betonlarda aynı değildir. 325 dozlu betonda 7. ve 28. günde dikkate değer bir değişiklik olmamıştır.

Şekil 6.'da verilen kılcallık katsayısı kırmakum oranı ilişkileri incelendiğinde yine 275 dozlu betonda kırmakum oranındaki artışla kılcallık katsayılarının düştüğü görülmektedir.



Şekil 5. Kırmakum Oranı Su Emme İlişkisi



Şekil 6. Kırmakum Oranı Kılcallık Katsayısı ilişkisi

Kılcallık katsayısı betondaki kılcal boşlukların miktarı ve sürekliliği ile artan bir büyüklüktür. 275 dozlu betonda kılcal boşluk miktarının 325 dozlu betona göre daha fazla olduğu düşünüldüğünde kırmataş kumunun boşlukları doldurma etkisinin burada da görüldüğü söylenebilir. 325 dozlu betonun kılcallık katsayıları kırmakum miktarının artışıyla 7. günde değişmemiş ancak 28. günde düşmüştür.

Literatürdeki çalışmaların sonuçları incelendiğinde belirli bir kırmakum yüzdesinde en yüksek dayanımın elde edildiği görülmektedir. Bununla birlikte kırmakum oranının artması betonun geçirimsizlik özelliklerini genelde iyileştirmektedir. Bu çalışmada geçirimsizlik özellikleri bakımından elde edilen sonuçlar da bu görüşü doğrular niteliktedir. Bununla birlikte çalışmada, daha önce yapılan araştırmadan farklı olarak elde edilen sonuç, özellikle düşük dozajlı (275

kg/m³) betonlarda kırmataş kumu oranı arttıkça beton özelliklerinde ortaya çıkan iyileşmedir. Benzer iyileşmenin yüksek dozajlı (325 kg/m³) betonda görülememesinin sebebi yukarıda da bahsedildiği gibi yüksek dozajlı betonda kırmakum oranının artışıyla su/çimento oranlarında belirgin bir düşüş elde edilememesi olduğu söylenebilir.

5. SONUÇLAR

- Kırmakum kullanımı bu çalışmada incelenen beton özelliklerini, daha çok düşük dozajlı betonlarda etkilemekte ve iyileştirmektedir.
- 275 dozlu betonlarda kırmakum yüzdesi arttıkça dayanımlar ve ultrases geçiş hızları artmakta, su emme ve kılcallık katsayıları azalmaktadır.
- Kırmakum kullanımı 325 dozlu betonlarda beton özelliklerinde genelde dikkate değer değişikliklere neden olmamaktadır.
- Çalışmadan, kırmakum kullanımının beton özelliklerini iyileştirdiği sonucu elde edilmiş olsa da bu etkiler kullanılan kırmakumun, fiziksel, mekanik özellikleriyle ve özellikle de ince malzeme miktarıyla doğrudan ilişkilidir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre ince agrega olarak kırmakum kullanımı incelenen özellikler bakımından betonda herhangi bir olumsuzluğa neden olmamakta, aksine dozaja bağlı olarak bu özellikleri iyileştirebilmektedir. Ancak gerekli deneyler yapılarak doğal kum yerine kırmakum kullanılması durumunda betonun durabilite özelliklerinin ne yönde değiştiği de incelenmelidir.

Kaynaklar

[1] Taşdemir, C, Kara, G., Başkoca, A., "Kırmakumun Betonda Kullanılabilirliği", 3. Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu, Eskişehir, Ekim 1997, s. 245-258.

[2] Kronlöf, A., "Effect of Fine Aggregate on Concrete Strength", *Materials and Structures*, 27, 1994 pp. 12-25.

[3] Ghambir, M. L., "Concrete Technology, *Tata Mc Graw-Hill, New Delhi*, 1990.

[4] Çelik, T., Marar, K., "Effects of Crushed Stone Dust on Some Properties of Concrete" *Cement and Concrete Research*, V.26, No.7, pp. 1121-1130.

[5] Neville, A. M. , Brooks, J.J., "*Concrete Technology*", *Longman, UK*, 1987.