

Kırılmış Dere Malzemesinin Beton Dayanımı Üzerine Etkisinin İncelenmesi

İ. Çavuşoğlu, A. O. Yılmaz & İ. Alp

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada Harşit çayından elde edilen ve Kuşkayası kırma-eleme tesisinde (Gircsun-Tirebolu) üretilen kırılmış dere malzemesinin beton dayanımına etkisi araştırılmıştır. Kırma-elimin tesisinde 0-9mm, 9-15mm ve 15-25mm boyutunda 3 farklı malzeme üretimi yapılmaktadır. Malzemelerin elek analizi, özgül ağırlık ve su emme kapasitesi, birim hacim ağırlık (sıkışık ve gevşek). İnce madde oranı, hafif madde oranı, dona dayanıklılık, aşınma dayanımı (Los Angeles) değerleri TSE standartlarına göre belirlenmiştir. Ayrıca bu üç malzemenin karışımından 300-350-400 kg/m³ dozajlarında çimento içeren ve her bir çimento dozajı için 0.45-0.55-0.65 su/çimento oranlarında betonlar üretilerek 7 ve 28 günlük basınç dayanımları belirlenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda malzemelerin beton agregası olarak kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Beton testleri ile beton dayanımının su/çimento oranının artmasıyla azaldığı, su/çimento oram sabit olduğunda çimento dozajının artmasıyla arttığı görülmüştür.

ABSTRACT: In this study, the effect of the crushed material, obtained from Harşit River and produced İ Kuşkayası crushing-screening plant (Giresun-Tirebolu), on the concrete strength was investigated. Materials in three different size range (0-9mm, 9-15mm and 15-25mm) have been produced by crushing and screening in the plant. Sieve analysis, specific gravity and water absorption capacity, bulk density, proportion of fine material, proportion of lightweight particles, frost resistance and abrasion resistance (Los Angeles) of the materials were determined according to TSE standards. Furthermore, concrete mixtures using the different size fractions of the crushed material at different cement dosages (300-350-400) and different water/cement ratios (0.45-0.55-0.65) were prepared. The results have shown that the material could be used as concrete aggregate. It was also shown that the compressive strength of the concrete produced decreased with the increase in the water-cement ratio while it increased with the increase in the cement dosage.

1 ÇIKIŞ

Agregalar, betonun % 6ü-8ü'ünü oluşturan mineral kökenli, taneli ve genellikle 100mm'ye kadar çeşitli büyüklüklerde malzemelerdir. Kentleşmenin bir sonucu olarak ortaya çıkan konut ihtiyacını karşılamaya çalışan ve son yıllarda ülkemizin en önemli sektörlerinden biri haline gelen, inşaat sektöründe ve alt yapıda kullanılması zorunlu olan ve ikame edilemez temel girdi durumundadır (Yılmaz, 2003).

Agregalar, doğadan (akarsu yatakları, deniz kıyıları, çol) doğrudan doğruya taneli olarak temin edilebildikleri gibi taşocağı işletmeciliği ile üretilen taş bloklarının kırılıp eleme işlemleri sonucunda da elde edilebilirler. Bu şekilde elde edilen taneli malzemeye "kırmataş", kırmataş tesislerinin atığı olan ince taneli malzemeye "kıрма kum" Uaşunu.

filler) denilmektedir. Agregalar günümüzde çok geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Beton malzemesi dışında dolgu ve ıslah malzemesi, yol inşaatlarında asfalt ve temel malzemesi, demiryolu ballastı olarak da kullanılmaktadır (Arıoğlu, 1999).

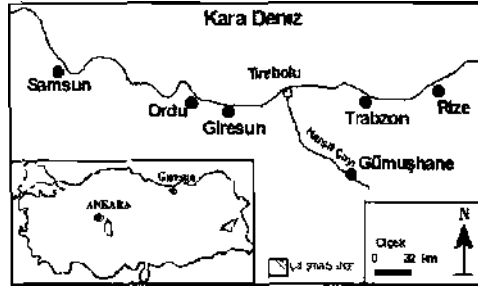
Ülkemizde son yıllarda meydana gelen deprem felaketleri sonucunda yapılarda kullanılan betonun ne derece önemli ve belirli standartlara uygun şekilde yapılması gerektiği anlaşılmıştır. Betonun ana bileşenlerini agrega, çimento ve su oluşturmaktadır. Bu bileşenlerden yaklaşık % 75'lik paya sahip olan agreganın ne derece önemli olduğu görülmektedir. Bundan dolayıdır ki betonda kullanılan agreganın belirli standartlara uygunluk göstermesi gerekmektedir. Agregaların bu standartlara uygun olup olmadığını belirlemek için değişik özelliklerinin araştırılması gerekmektedir; gradasyon, maksimum tane büyüklüğü, tane şekli,

yüzey dokusu, su emme kapasitesi, btm hacim ağırlık, özgül ağırlık agregadaki zararlı yabancı maddelerin turu ve miktarı, aşınmaya dayanıklılık, dona dayanıklılık, dayanım, elastiklik modulu ve ısısal özellikler (Erdoğan 2003)

İnşaat sektöründe doğal agrega kullanımının, sektördeki hızlı gelişmeye bağlı olarak mevcut kaynakların hızla tükenmesi ve çevresel etkiler göz önüne alındığında zamanla azalacağı beklenmektedir. Diğer taraftan kırma-çeme işlemleriyle kırılmış agrega üretimi ve kullanımı giderek artmaktadır. Ayrıca agrega şeklinin beton dayanımında önemli bir rol oynadığı göz önüne alındığında, uygun kırıcı ekipmanlar kullanılarak kübik şekilli tanelerin üretilmesi kırılmış agrega kullanımını arttıracaktır» (Alp, 2003). Yüksek mukavemetli beton üretiminde kırma-çeme agregasının, doğal çakıla göre mekanik dayanım bakımından daha iyi sonuçlar verdiği de bilinmektedir (Taşdemir 2003).

Köşeli kırık şekline yakın kırma-çeme agregalarının yuvarlak agregalara kıyasla çimento hamuru ile oluşturdukları aderans (yapışma) çok daha güçlüdür (Anoğlu vd., 1999). Kaynağına göre aynı su/çimento oranına sahip kırma-çeme agregasından oluşturulan betonun basınç dayanımı yuvarlak taneli agregadan yapılan betonun basınç dayanımından daha büyüktür. Bu olguyu köşeli agregaların çimento hamuruyla oluşturdukları güçlü aderans bağları ile açıklamışlardır. Kuşkusuz köşeli agrega kullanımında istenen işlenirliği sağlamak bakımından ıslatma gereksinimi daha fazladır. Ayrıca attan su/çimento oranıyla dayanımların önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir. Kırılmış çakıl kullanıldığı beton karışımlarının gerek basınç gerekse çekme dayanımları kırılmamış çakıla ait beton dayanım değerlerinden daha büyüktür.

Çalışmada kullanılan ve Kuşkaşası kırma-çeme tesisinde işlenen malzemenin alındığı çalışma alanı, Harşit çayının denize döküldüğü bölgeden itibaren yaklaşık 3 km güneyde yer alan alanı kapsamaktadır.



Şekil 1 Çalışma sahası

Bu çalışmada, Harşit çayından (Giresun-Trabzon) elde edilen ve Kuşkaşası taşocağı kırma-çeme tesisinde işlenerek 3 farklı boyutla üretilen kırılmış dere malzemesinin karışımlarından oluşturulan betonun artan su/çimento oranına ve çimento dozağına bağlı olarak basınç dayanımındaki değişim irdelenmiştir.

2 MATERYAL VE MKTOD

2.1 Çimento

Bu çalışmada beton yapımında bağlayıcı olarak Ünye Çimento fabrikasının ürettiği Portland Kompozit Çimento (PKÇ 32.5 R) kullanılmıştır. Çimentonun kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1 Çimentonun kimyasal özellikleri

SiO ₂ (%)	27.12
Al ₂ O ₃ (%)	7.05
Fe ₂ O ₃ (%)	1.49
CaO (%)	51.91
MgO (%)	1.14
SO ₃ (%)	2.28
Serbest CaO (%)	0.9
Kızdırma Kaybı (%)	1.6
Cozülme hızı (g/dk)	1.23

2.2 Agregalar

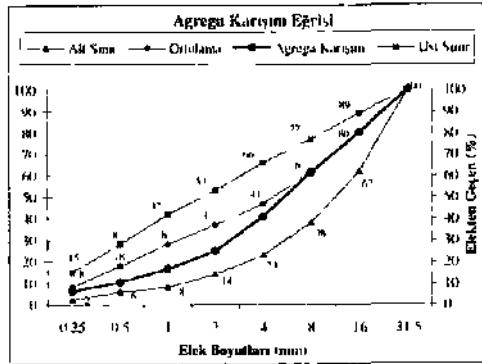
Çalışmada kırma-çeme tesisinde kırılarak 0-9 mm, 9-15 mm ve 15-25 mm boyutlarında üretilen kırılmış dere malzemesi kullanılmıştır.

Her uç malzemenin tane boyut dağılımından TS 3530'a uygun olarak yapılan elek analizi ile tespit edilmiştir (Çizelge 2). Ayrıca bu elek analizi sonuçlarından yola çıkarak malzemelerin karışım oranları, standartlarda belirtilen alt ve üst limitlere uygun olacak şekilde denklem çözümü metodu yardımıyla belirlenmiştir. Denklem çözümü metoduyla hesaplanan karışım oranları 0.9 mm malzeme için %64, 9-15 mm malzeme için %9, 15-25 mm malzeme için %27 şeklindedir.

Agregaların fiziksel özellikleri TS 706'da belirtilen yöntemlere uygun olarak belirlenmiştir. Bu amaçla malzemeler üzerine TS 3526'ya uygun olarak, özgül ağırlık tayini ve su emme yüzdeleri, TS 3529'a uygun olarak, sıkışık birim ağırlık tayini ve gevşek birim ağırlık tayini deneyleri yapılmıştır.

Çizelge 2 Agregaların gramı >metrik bileşimi

Elektin Açıklığı (mm)	→ Elekten Geçen (%)							
	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,25
0,9 (mm)	100	100	95,8	63,91	38,85	25,97	16,30	9,68
0,15 (mm)	100	100	1	0,1				
15-25 (mm)	100	26,7	0,3	0,2				



Çizelge 2 Agregaların karışım eğrisi

Agreganın içinde, betona yarar veren maddelerin belirlenmesi için TS 3527'c göre, 0,063mm açıklıklı kare gözlü elekten geçen madde olarak tanımlanan ince madde (yıkanabilir maddeler) oranı tayini ve TS 3528'e göre; agreganın içindeki özgül ağırlığı 2 gT/cnr'len küçük olan maddeler olarak tanımlanan hafif madde oranı tayini gerçekleştirilmiştir. Hafif madde oranı tayininde deney sıvısı olarak Çinko Klorürün (ZnCl₂) sudaki çözeltisi (2,0 gr/cm³) kullanılmıştır. Deney, 0-9 mm malzemesinin 4 mm elekten elenmesiyle elek altı olarak elde edilen 0-4 mm'lik malzemeye 2 delâ uygulanmıştır.

Ayrıca agregaların aşınma dayanımı ve donatı dayanıklılığı gibi mekanik özellikler de yapılan

deneysel çalışmalarla belirlenmiştir. Agregaların aşınma dayanımı TS 3694'e göre içerisinde çelik bilyalar bulunan ve çelikten yapılmış tambur iççesine, belirli elektin açıklıklarından belli miktarlarda malzeme konarak dakikada 30-33 devir yaparak toplam 500 devir atılarak yapılmıştır. Agregaların donatı dayanıklılık testi ise TS 3655'e göre susuz sodyum sülfat (Na₂SO₄) kullanılarak kimyasal yolla tayin edilmiştir.

2.3 Beton

Çalışmada, kullanılan malzemelerin karışımlarından 300, 350 ve 400 çimento dozajında ve her bir dozaj için 0,45, 0,55 ve 0,65 su/çimento oranlarında beton küp numuneler oluşturulmuş, 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarını belirlenmiştir.

Beton küp numuneleri oluşturulurken herhangi bir hedef çökme değeri belirlenmemiştir. Ancak numuneler u/erinde çökme deneyi yapılarak çökme değerleri de belirlenmiştir. Bazı örneklerde, özellikle su/çimento oranının düşük olduğu örneklerde çökme olmazken bazılarında ise su/çimento oranının arttığı örneklerde fazla miktarda çökme değeri elde edilmiştir.

Karışım oranlarını daha önceden belirlemiş olduğumuz malzemelerin karışım eğrisi TS 706'da öngörülen alt ve üst sınırlı bölgenin içinde olduğu Şekil 2.'de görülmektedir.

Çizelge 3 'de verilen beton bileşim miktarları ile her bu kenarı 15cm olan küp şeklinde numuneler oluşturulmuştur. Bu bileşim miktarları TS 802'deki mutlak hacim hesabı yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Verilen bileşim miktarları nem düzeltmesi yapılmadan önceki miktarlardır. Beton numuneler, nem düzeltmesi yapıldıktan sonra su miktarı yeniden hesaplanarak gerçekleştirilmiştir. Beton numuneler 24 saat sonra kalıplarından çıkartılarak kur tankı içerisine konulmuştur. Deneylerde şehir içme suyu kullanılmıştır.

Çizelge 3 Beton bileşimleri

Beton Kodu	Su/Çi Oranı	D 100			D 150			D 400		
		0,45	0,55	0,65	0,45	0,55	0,65	0,45	0,55	0,65
Çimento Dozajı (kg/m ³)	100	100	100	350	350	350	400	400	400	
Su (kg/m ³)	115	165	195	157,5	192,5	227,5	180	220	260	
0-9 mm (kg/m ³)	1246	1196	1147	1181	1122	1064	1115	1049	982	
9-15 mm (kg/m ³)	ISO	173	166	171	162	154	161	152	142	
15-25 mm (kg/m ³)	541	520	498	512	488	462	484	455	427	
Çökme Değeri (mm)		4	10	-	4	12	2	6	20	

3 İRDELEME VE DEĞERLENDİRME

3.1 Agrega testleri

Beton agregalandında özgül ağırlık, su emme ve birim ağırlık değerleriyle ilgili herhangi bir standart değer bulunmamakla birlikte bazı literatür çalışmalarında (Erdoğan, 2003) özgül ağırlığı 2,4-2,8 arasında bulunan agregalar normal ağırlıklı agregalar olarak adlandırılmaktadır. Su emme kapasitesi ise kayacın petrografik yapısına bağlı olarak %0,5-%2 arasında değişliği öngörülmektedir (Anoğlı, 1999). Bulunan değerler Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Agreguların fiziksel özellikler

Özellik	Birim	0-9 mm	9-15 mm	15-25 mm
Kuru Özgül Ağırlık		2.53	2.64	2.64
Doy. Kuru Y. Özgül Ağırlık		2.54	2.67	2.67
Görünen Özgül Ağırlık		2.71	2.71	2.72
Ağırlıkça Su Emme	%	2.63	1.02	1.06
Sıkışık Birim Ağırlık	g r/c m	1.96	1.64	1.61
Gevsek Birim Ağırlık	gr/cm'	1.58	1.43	1.45

Agregalar Üzerinde TS 706'a göre beton agregalarına yapılması gereken testler yapılmış, elde edilen sonuçlar standart verilerle karşı laştırılmış tır. Genel olarak sonuçların standart verilerle uygunluğu nelirf erimiştir (Çizelge 5). Yalnızca 0-9 mm malzemeye yapılan ince madde oranı somasında elde edilen sonuç standart veriden yüksek çıkmıştır. Ancak her üç malzemeden belirli karışım oranlarında tek bir malzeme elde edileceği de göz ardı edilmemelidir.

Çizelge 5. Malzemelerin özelliklerinin standartlarla karşılaştırılması.

Özellik	Agrega	TS 706	Kullanılan Malzeme	Sımaç
İnce Madde Oranı, %	İn Agrega	0,50%	0-9mm	7,60% Uygun
	İnce Agregası	5%	9-15mm	0,30% Uygun
Hafif Madde Oranı, %	Yüzyerine önemli miktar	0,50%	15-25mm	0,20% Uygun
	Diğer betondar kım	1%	0-9mm	0,11% Uygun
Aparını Dayanımı Maks. %	İn Agregası	Los Angeles 100 Devir 10% 500 Devir 9%	İn malzeme	500 Devir 17,4% Uygun
	İnce Agregası	15%	4%	2,23% Uygun
Dayanıklılık Maks. %	İn Agregası	18%	8/16	0,74% Uygun
	İnce Agregası	18%	16/32	0,46% Uygun

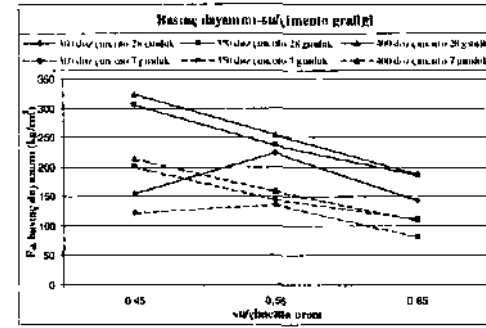
Agregalarda bulunan ince maddelerin, betonda aderansı azaltması, prize veya sertleşmeye etki etmesi, mukavemeti düşürmesi, çimento hamurunda zararlı kimyasal reaksiyonlara yol açabilmesi ve donatının koro^yona karşı korunmasını azaltıcı etkilerinin bulunduğu bilinmektedir, ince maddeler, ayrıca yağurma suyunun miktarını arttırmaktadırlar. Bu olumsuz etkilerinin yanında, agreganın içinde belli bir miktara kadar bulunabilen İnce maddeler, betonun işlenmesinde ve yerleştirilmesinde olumlu rol oynadığı da bilinmektedir (Korkanç, 2003).

3.2 Beton testleri

Çizelge 6. ve Şekil 3. incelendiğinde, yapılan deneylerde çimento dozajının artmasıyla aynı su/çimento oranındaki betonların basınç dayanımlarının arttığı görülmektedir. Diğer bir yönden sabit çimento dozajında ve artan su/çimento oranıyla ise beton basınç dayanımının düştüğü görülmektedir. Bu durum literatürde verilen değerlerle paralellik göstermektedir. Ancak 300 kg/m³ çimento ve 0,45 su/çimento oranındaki beton küp numunesinin dayanımının diğer örnek beton numuneleriyle paralellik arz etmediği görülmüştür.

Çizelge 6. Küp numunelerin basınç dayanımları.

Numune Kodu	Su/Çimento Oranı	Küp Basınç Dav um ml an (kg/cm ⁻²)	
		7 Etin	28 nün
D 300	0,45	122	154
	0,55	136	224
	0,65	82	144
1)350	0,45	199	305
	0,55	145	236
	0,65	113	186
D 400	0,45	213	323
	0,55	159	255
	0,65	109	187



Şekil 3. 7 ve 28 günlük beton basınç dayanımı-su/çimento oran ilişkisi.

Bu örnekteki dayanım değeri beklenenin altında gerçekleşmiştir. Bunun sebebi olarak, bu dozajda ve su/çimento oranında çalışıldığında diğer durumlardakinin aksine su/agrega oranının çok düşük olarak gerçekleşmesi ve böylece yetersiz su ile hazırlanmış numune olmasından kaynaklanmaktadır. Su miktarının yetersiz oluşundan dolayı oluşturulan beton küp numunelerinin çok boşluklu bir yapıya sahip olduğu ve bundan dolayı basınç dayanım değerinin düşük olduğu düşünülmektedir. Yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında aynı sonucun hakim sürdüğü görülmektedir.

(Taşdemir vd., 2003) Kaynağına göre yapılan çalışmada iri agregası kırmataş, ince agregası kırmakum olan betonlar üretilmiş ve 7, 28 ve 90 günlük küp basınç dayanımları elde edilmiştir. Hazırlanmış oldukları betonlarda 220-300 kg/m³ aralığında 5 farklı çimento dozajı kullanılmışlardır. Yaptıkları deneylerde artan çimento dozajıyla 7, 28 ve 90 günlük küp basınç dayanımlarının arttığını görmüşlerdir. Ayrıca çalışmada kullanılan kırmakum, %12,6'sı 0,075mm elek altına geçen mikrofiller malzemedir. Bu mikrofiller malzemenin daha yoğun ve boşluksuz bir iç yapı oluşturmasına bağlı olarak basınç dayanımlarını arttırdığı, ancak aşırı artışıyla yüzey alanının arlısına bağlı olarak su ihtiyacını arttırdığı gözlenmiştir.

Diğer bir kaynaktaki (Yaşar vd., 2004) yapılan çalışmada 5 farklı boyutta kireçtaşı ile (0-5 mm, 0-10 mm, 0-20 mm, 10-20 mm, 5-10 mm) farklı su/çimento oranlarında (0,33, 0,30, 0,40 ve 0,50) betonlar üretirek basınç dayanımlarının su/çimento oranına ve agregası boyutuna bağlı olarak değişimleri incelemiştir. Ölçülen 28 günlük basınç dayanımlarına bakıldığında en yüksek dayanım değerinin 0-5 mm agregası boyutunda ve 0,3 ve 0,33 su/çimento oranlarındaki beton örneklerinde olduğunu görmüşlerdir. Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak dayanımın su/çimento oranındaki azalmayla önemü ölçüde arttığını belirtmişlerdir.

4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kullanılan malzemelerden 0-9 mm malzemenin ince madde oranının beton dayanımına önemli ölçüde etki ettiği belirlenmiştir. İnce madde oranının yüksek oluşu yüzey alanında bir artış meydana getirerek beton karışımının su ihtiyacını önemli ölçüde arttırmıştır. Bu durum beton basınç dayanımına olumsuz olarak etki etmiştir. Özellikle düşük su/çimento oranında ve çimento dozajında ki beton karışımlarında bu durum daha da belirgindir.

Kırmataş malzemesinin beton yapımında kullanıldığında doğal malzemeye oranla daha iyi sonuçlar verdiği daha önce yapılan çalışmalardan da bilinmektedir. Bu çalışmada kullanılan kırılmış dere malzemenin de yapılan çalışma sonrasında beton malzemesi olarak kullanılabilmesi görülmüştür. Ancak kırılmış malzemelerde ince madde oranının yüksek olmasından dolayı malzemelerin tesiste bir yıkama işleminden geçirilerek kullanılmasının daha uygun olabileceği düşünülmüştür. Kullanılan kırmataş malzemesinin beton yapımında kullanıldığında betonun işlenebilirliğine olumsuz yönde etki ettiği görülmüştür. Ancak bu durumda betonun işlenebilirliğini arttırmak için işlenebilirliği artırıcı katkı maddelerinin ilavesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Alp, İ., Yılmaz, A.O., Kaya, R., Devci, H., Çavuşoğlu, İ., 2003; Kuşkaşası (Tirebolu-Giresun) taşocağı kırılmış kum hazırlama tesisi-problemler ve çözüm önerileri, 3.Ulusal Kırmataş Sempozyumu, Sayfa : 249-256, İstanbul.
- Anoğlu, E., Arnoğlu, N., Yılmaz, A., O., 1999; *Çözümlü Beton Agregaları Problemleri*, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- Erdoğan, T.Y., 2003; *Beton*, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, 1.Baskı, Ankara.
- Korkanç, M., Tuğrul, A., 2003; Niğde yöresi bazaltlarının beton agregası olarak kullanılabilirliği, 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, Sayfa : 99-106, İstanbul.
- Taşdemir, C. Özyürl, N., Emürl, C, Kara, G., 2003; Kırmakumun beton özelliklerine etkisi üzerine bir değerlendirme, 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, Sayfa : 7-13, İstanbul.
- Yaşar, E., Erdoğan, Y., Kılıç, A., 2004; Effect of limestone aggregate type and waler-cemeni ratio on concrete strength, *Materials Letters*, 58, pp.772-777.
- Yılmaz, A.O., Alp, İ., Kaya, R., Çavuşoğlu, İ., 2003; Trabzon ilindeki taşocaklarının incelenmesi ve agregası potansiyelinin belirlenmesi, 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, sayfa: 133-141, İstanbul.
- TS 706, 1980; Beton agregaları, TSE, Ankara.
- TS 802, 1985; Beton karışım hesap esasları, TSE, Ankara.
- TS 3526, 1980; Beton agregalarında özgül ağırlık ve su emme oranı tayini, TSE, Ankara.
- TS 3527, 1980; Beton agregalarında ince madde oram tayini, TSE, Ankara.
- TS 3528, 1980; Beton agregalarında hafif madde oranı tayini, TSE, Ankara.
- TS 3529, 1980; Beton agregalarının birim ağırlıklarının tayini, TSE, Ankara.
- TS 3530, 1999; Agregaların geometrik özellikleri için deneyler Bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini-eleme metodu, TSE, Ankara.
- TS 3655, 1980; Beton agregalarında dona dayanıklılık tayini, TSE, Ankara.
- TS 3694, 1981; Beton agregalarında aşınmaya dayanıklılık aşınma oranı tayini, TSE, Ankara.