

## Tokat İli Merkez İlçesindeki Doğal Agreganın Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi

Ş. İ. Tutmaz<sup>1</sup>

S. Karaman<sup>2</sup>

Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Tokat

Bu çalışmada Yeşilirmak nehrinden sağlanan ve Tokat Merkez ilçesindeki Tarımsal yapılarda yaygın olarak kullanılan agregaların büyük bir bölümünü karşılayan 3 adet ocaktan elde edilen agregaların beton yapımına uygunluğu araştırılmıştır. Çalışmada Türk Standartları Enstitüsü tarafından kabul edilen agreganın deney yöntemleri kullanılmıştır. Agreganın ocaklarından standartlara uygun olarak alınan agreganın örnekleri üzerinde granülometri, birim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme oranı, donatı dayanıklılık, aşınmaya dayanıklılık, ince madde oranı ve organik madde miktarı, mineralojik analiz ile bu agregalarla üretilen betonun basınç dayanım deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan incelenen agreganın özelliklerine ilişkin agregaların granülometrik dağılımının uygun olmadığı, diğer özelliklerinin ise beton üretimi için uygun olduğu ve bu agregalarla üretilen betonun basınç dayanımının da yeterli olduğu görülmüştür. Çalışmada ayrıca agregaların uygun olmayan özelliklerinin iyileştirilmesinin nasıl yapılabileceği belirlenerek çözüm önerileri sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Agreganın, beton, Tokat

### Utilization Possibility of Natural Aggregate Resources in Central Town of Tokat as Concrete Aggregate

In this study, aggregates of three quarries sampled from Tokat Province were tested to evaluate their suitability for concrete production. The aggregates were supplied from Yesilirmak River, and largely used in agricultural structures constructed in Tokat. Standard aggregate tests approved by Turkish Standards Institute were carried out to analyze the samples. Granulation, unit weight, specific weight, water absorption rate, resistance to frost, resistance against abrasion, ratio of fine materials, organic material contents and, mineralogical analysis of aggregates sampled from aggregate quarries were determined. Pressure resistance tests were conducted on concrete prepared by the aggregates. The results indicated that the aggregate granulation distribution of aggregate quarries evaluated was not suitable however other parameters determined were appropriate for concrete production. The resultant concrete had sufficient pressure resistance. The possible solutions to improve the improper characteristics of aggregates used in concrete were also determined and introduced with this study.

**Key Words:** Aggregate, concrete, Tokat

#### Giriş:

Tarımsal faaliyetler insanlığın başlangıcına kadar uzanmakta ve tarih boyunca devam eden gelişme göstermektedir. Tarımsal yapılar bu gelişmenin rantabilitesine etki yapan etmenlerin en önemlilerindedir. Bu nedenle tarımsal yapıların ve onları oluşturan malzemenin bilinmesi gerekmektedir (Alkan, 1972). Yapı kendisinden beklenen işlevleri istenilen

duyarlılıkta, en ekonomik şekilde yerine getirebilmelidir. Bu koşulların yerine getirilebilmesi, diğer etmenlerin yanı sıra malzemenin iyi tanınması ile olasıdır (Çakır, 1992).

Ülkemizde tarımsal yapılar, malzeme özelliği ve yapım tekniği yönünden beklenen minimum koşulları yerine getirmekten uzaktır. Bu nedenle doğal afetlere ve özellikle depreme

\*Bu çalışma Yüksek Lisans çalışmasının özetidir.<sup>1</sup>

karşı yeterli dayanımı gösterememektedir (Alkan, 1972). Tarımsal yapıların üretiminde sağlamlık ve kullanılan malzemenin dayanıklılığı istenilen özelliklerin başında gelmektedir (Kocabay, 1991).

Tarımsal yapılarda taşıyıcı eleman olarak en çok kullanılan yapı malzemelerinden olan beton, güncelliğini koruyan ve gittikçe gelişerek kullanım alanı yaygınlaşan yapı malzemesidir. Bunda en büyük etken şekil verebilme kolaylığı, fiziksel ve kimyasal dış etkilere karşı dayanıklılığı, ekonomik oluşu ve üretimindeki kolaylığıdır (Anonim, 2008a).

Beton; kum, çakıl, çimento ve su ile gerektiğinde kimyasal ve mineral katkı maddelerinin uygun oranlarda homojen olarak karıştırılmasıyla elde edilen, düşük teknolojiyle üretilebilen ekonomik yapı malzemesidir. Betonun yapısında ortalama % 70 oranında mineral yapılu küçük tanelerden oluşan agregası adı verilen malzeme bulunmaktadır. Betonun birçok önemli özelliği, beton üretiminde kullanılan agreganın özelliklerine bağlıdır (Çomak, 2007).

Agregalar; aşınma, çarpma, donma ve çözülme etkisi altındaki baraj, sulama yapıları, hayvan barınakları vb. tarımsal yapılarda yaygın olarak kullanılan betonun, mekanik davranışlarında ve olumsuz çevre koşullarına dayanma özelliğinde önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle betonun işlenebilme, dayanım ve geçirgenlik değeri gibi özellikleri üzerine etkili olan agregası özellikleri iyi etüt edilmelidir.

Tokat yöresindeki tarımsal yapıların çoğunda yapı malzemesi olarak beton kullanılmasına karşın, yörede kullanılan agregası özellikleri ve bu özelliklerin beton kalitesine etkileri konusunda herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için maliyet faktörü önem kazandığından, Tokat ilinde uzun ömürlü olması ve düşük maliyeti gibi etmenler nedeniyle yeğlenen ve tarımsal yapılarda yoğun olarak beton üretiminde kullanılan malzemelerin rasyonel şekilde kullanılmasının araştırılması gerekmektedir.

Birinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunan Tokat yöresinde tarımsal yapılarda yüksek dayanımlı beton üretilmesi için yöredeki doğal agregası ocaklarından elde edilen agregası

özelliklerinin belirlenmesi, bu agregaların beton üretiminde uygun şekilde kullanılma olanağını artıracaktır. Yeşilirmak nehrinin biriktirdiği kum-çakıl yataklarından sağlanan ve Tokat yöresindeki tarımsal yapılarda yaygın olarak kullanılan doğal agregaların beton yapımına uygunluk deneylerinin yapılmasıyla, agregası kalitesi ve özellikleri hakkında kesin bilgiler edinilecektir. Böylece istenilen kalitede beton üretilebileceği gibi, yapılarda emniyet ve ekonomi de sağlanacaktır.

Yukarıda açıklanan nedenlerle bu çalışmada, Tokat ili Merkez ilçesindeki doğal agregası ocaklarından sağlanan agregaların beton üretimi ve dayanımı yönünden önemli teknik özellikleri belirlenerek, tarımsal yapılarda beton yapımında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla seçilen agregası ocaklarından alınan örnekler üzerinde, standartlara göre yapılan deneylerle agregaların uygunluğu belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar bu konuda yapılacak benzer araştırmalara ışık tutabileceği gibi, Tokat Merkez ilçesindeki doğal agregası ocaklarının gerçek anlamda değerlendirilmesi konusunda da gerekli verileri sağlayacaktır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Çalışmada Yeşilirmak nehrinin biriktirdiği kum-çakıl yataklarından sağlanan agregası örnekleri, bağlayıcı olarak Sivas Çimento Fabrikasından alınan Portland Kalkerli Çimentosu ve karışım suyu olarak şebeke suyu deneme materyali olarak kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda Türk Standartları Enstitüsü'nün agregası ve beton deneyleri için belirttiği standartlar kullanılmıştır.

Yapılan envanter çalışmaları sonucunda Tokat ili Merkez ilçesindeki doğal agregası ocaklarının sayısının yedi adet olduğu ve tamamının Yeşilirmak üzerinde işletildiği, yıllık üretimlerinin de 21 022 m<sup>3</sup> olduğu belirlenmiştir. Araştırma materyali olarak Gümenek bölgesinde 1 adet, Taşlıçiftlik bölgesinde 2 adet olmak üzere toplam 3 adet agregası ocağı seçilmiştir. Seçilen ocaklar Yeşilirmak üzerinde bulunmakta olup, yöredeki tarımsal yapılarda beton üretiminde kullanılan agregaların önemli kısmını karşılamakta ve siva, grobeton, duvar vb. amaçlarla

kullanılmaktadır. Özel İdare tarafından şahıslara kiralanan ve 2005-2007 yılları arasında kurulan işletmelerde, geniş alanı kaplayan ve üzerlerinde toprak tabakası bulunmayan veya çok az bulunan alanlarda açık işletme yapılmaktadır. Ocaklardan, Ocak ve

Şubat ayları dışında tüm aylarda malzeme alınabilmektedir.

Araştırma yöresinden elde edilen agregaların kimyasal analizleri Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde yaptırılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tokat yöresinden elde edilen agregaların kimyasal analizi

Table 1. Chemical Characteristics of Aggregate Samples from Tokat Region

Kimyasal bileşim (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Gümenek	78.3	14.6	3.6	5.7	2.3	0.04	0.04
Taşlıçiftlik-1	82.4	11.4	2.45	2.28	1.02	0.03	0.03
Taşlıçiftlik-2	75.8	13.5	2.8	4.8	2.8	0.03	0.03

Beton üretiminde, yörede en fazla kullanılan Sivas Çimento Fabrikası üretimi Portland Kalkerli (CEM II /A-LL 42,5 R) çimentosu kullanılmıştır. Agregalarda organik kökenli madde tayini deneylerinde saf su kullanılmıştır. Diğer agrega deneylerinde ve beton yapımında ise içinde silt, organik madde, alkaliler ve tuz bulunmayan şehir içme suyu kullanılmıştır (Kocaçıtak, 1978; Anonim, 2000a)

### Yöntem

Araştırma yöresinde yapılan envanter çalışmaları sonucunda belirlenen agrega ocakları yerinde incelenerek, ocakların seçiminde ırmak üzerinde farklı konumda olmaları, ocak kapasiteleri, beton üretimi yapan kişi veya kuruluşların en çok agrega aldığı ocaklar olması durumu göz önüne alınmıştır. Sonuç olarak Tokat Merkez İlçesinde beton üretiminde kullanılan agreganın önemli kısmını (toplam üretimin % 60'ını) karşılayan Gümenek ve Taşlıçiftlik bölgelerindeki üç agrega ocağı, araştırma materyali olarak seçilmiştir. Diğer agrega ocaklarının üretimlerinin düşük ve sürekli olmaması nedeniyle çalışma kapsamına alınmamıştır.

Örneklerin alınmasında Anonim (1980a), Anonim (1997a), Anonim (1999a)'de belirtildiği gibi ocağı temsil edebilecek şekilde, çeyrekleme yöntemiyle ocağın değişik yerlerinden alınan örnekler daire şeklinde yığılmış ve yığın dört eşit kısma ayrılarak karşılıklı iki kısım örnek olarak alınmıştır.

Ocaklardan alınan malzemelerin deneyleri, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tokat Meslek Yüksek Okulu İnşaat Programı Beton Laboratuvarlarında agregaya uygulanan TSE deney yöntemlerine göre yapılmıştır. Agregaların mineralojik analizleri ise TÜBİTAK MAM Test Analiz Hizmetleri Malzeme Enstitüsü'nde yapılmıştır.

Araştırma materyali olarak kullanılmak üzere doğal agrega ocaklarından alınarak laboratuara getirilen agrega örnekleri, 4 mm'lik standart elekten elenerek ince ve iri agrega olarak iki kısma ayrılmıştır. Agregaların elek analizinde ve diğer eleme gerektiren işlemlerde kare açıklıklı standart elek serisinden yararlanılmıştır (Anonim, 1978a; Anonim, 1996a; Anonim, 1996b). Örneklerin deneylere hazırlanması ve ayrılmasında Anonim (1980a)'de belirtildiği şekilde çeşitli büyüklüklerdeki bölgeçler (örnek ayırıcı) kullanılmıştır. Tartımlarda 0.1-1 g'a duyarlı terazi ve sıvı ölçümlerinde 1000 ml'lik silindirik cam ölçü kabı kullanılmıştır.

Agregaların tane büyüklüğü dağılımı Anonim (1999b), sıkışık ve gevşek birim ağırlıkları Anonim (1980d), özgül ağırlık ve su emme oranı Anonim (1980b; 2002a), ince madde oranı Anonim (1980c), zararlı oranda organik madde miktarı Anonim (2000a) ve aşınmaya dayanıklılık Anonim (2000b), kimyasal ve mineralojik analizleri Jackson (1975), Anonim (2000a), Anonymous (2000) ve Anonim (1997b)'e göre belirlenmiştir.

Serleşmiş beton örnekleri üzerinde 7 ve 28 günlük basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır (Anonim, 1978b; Anonim,1979; Anonim, 2002b; Anonim, 2002c). Karışımların üretilmesi, deney örneklerinin hazırlanması ve bakımında Anonim (1978b) ve Anonim (2003a)'de belirtilen esaslara uyulmuş olup, her bir deney için üçer adet deney örneği hazırlanmıştır. Üretilen betonun yapımında agrega en büyük tane boyutu 31.5 mm olarak kabul edilmiştir. Çalışmada çimento dozajı 300 kg/m<sup>3</sup> alınmıştır. Dayanım düzeylerinin belirlenmesinde tarımsal yapıların durumları da göz önünde bulundurulmuştur. Yöre iklim koşullarına dayanıklı ve yeterli dayanımda beton üretimi için gerekli su-çimento oranı, zemin üstü betonarme yapılar için önerilen şekilde 0.53, çökme değeri ise 5-7 cm olarak alınmıştır (Anonim, 1985).

### Bulgular ve Tartışma

Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agrega ocaklarından sağlanan agregalara ilişkin özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.

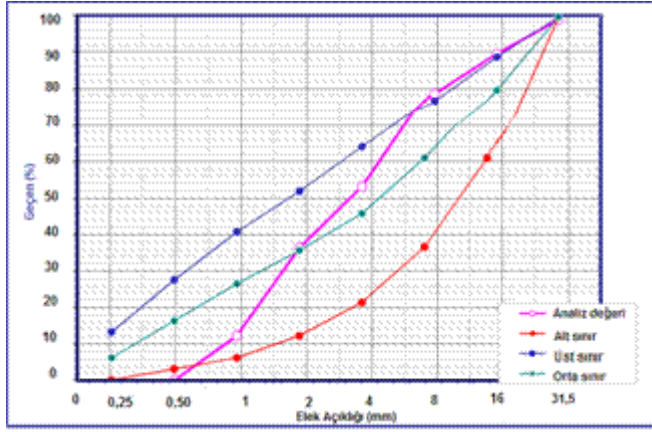
**Elek Analizi ve Granülometri:** Granülometri betonun kompasitesini, yoğurma suyu miktarını, dayanım ve dayanıklılığını, işlenebilirliğini büyük ölçüde etkiler. Bu amaçla elek analizi önemli bir deneydir ve betonda kullanılacak agregaların özelliği olmayan işlerde kullanılmalarında dahi granülometrik bileşimleri mutlaka belirlenmelidir (Yıldırım ve Yılmaz, 2002; Anonim, 2008a). Bu nedenle seçilen agrega ocaklarından alınan örnekler üzerinde deney yapılarak granülometri eğrileri (Şekil 1) çizilmiştir (Anonim, 1996a; Anonim, 1996b; Anonim, 2007).

Yapılan deneylerle örneklerin tane büyüklüğü dağılımı standartlarda önerilen değerlerle karşılaştırıldığında, beton yapımına uygun olmadığı görülmektedir. Doğal karışık agregaların granülometri eğrilerinin önerilen standart granülometri eğrilerinin sınırladığı alan içerisinde olması gerekmektedir. Bu nedenle söz konusu agrega ocaklarından elde edilen doğal karışık agregalar, elenmeden beton yapımında kullanılmamalıdır.

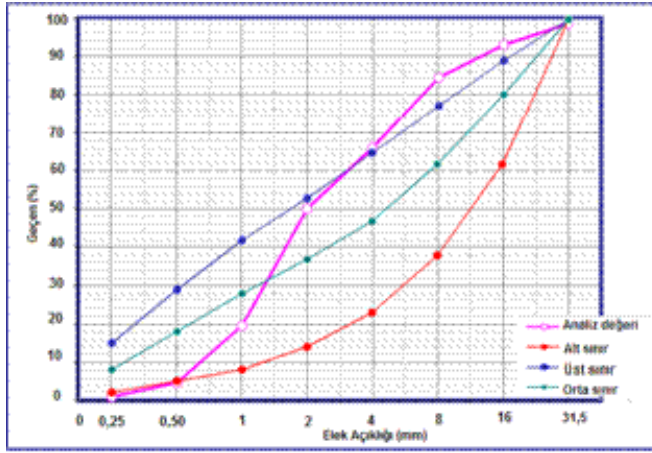
Çizelge 2. Agrega örneklerinin bazı özellikleri

Table 2. Some characteristics of aggregate samples

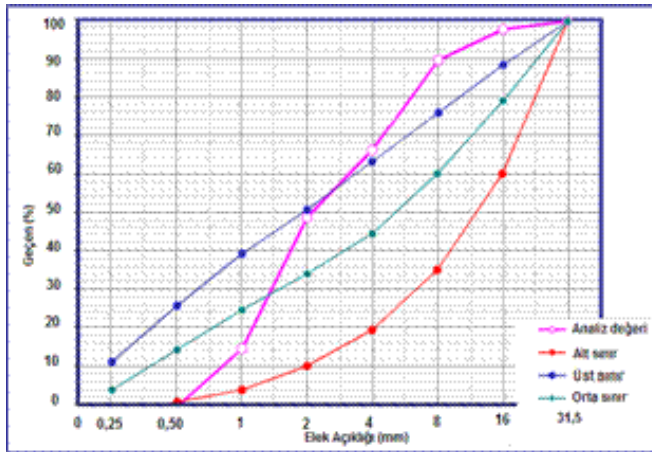
Deney adı	Gümenek	Taşlıçiftlik-1	Taşlıçiftlik-2	
İncelik modülü	4.23	3.69	3.82	
Sıkışık birim ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	1.81	1.86	1.84	
Gevşek birim ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	1.71	1.75	1.77	
Kuru özgül ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	İnce agrega	2.58	2.63	2.60
	İri agrega	2.58	2.60	2.59
Doygun kuru yüzey özgül ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	İnce agrega	2.61	2.66	2.64
	İri agrega	2.66	2.68	2.67
Görünen özgül ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	İnce agrega	2.65	2.70	2.70
	İri agrega	2.69	2.69	2.72
Su emme (%)	İnce agrega	0.90	1.22	0.98
	İri agrega	1.23	1.66	1.43
Dona dayanıklılık (%)	İnce agrega	4.31	4.12	4.29
	İri agrega	4.11	4.33	4.85
Aşınmaya dayanıklılık (%)	5.21	5.91	5.62	
İnce madde oranı (%)	0.9	1.6	1.4	
Organik madde	Yok	Yok	Yok	



a)



b)



c)

Şekil 1. Gümenek (a), Taşlıçiftlik-1 (b) ve Taşlıçiftlik-2 (c) agregasına ilişkin granülometri eğrileri  
Figure 1. Size distribution curves for Gumenek (a), Tasliciftlik-1 (b) and Tasliciftlik-2 (c) aggregates

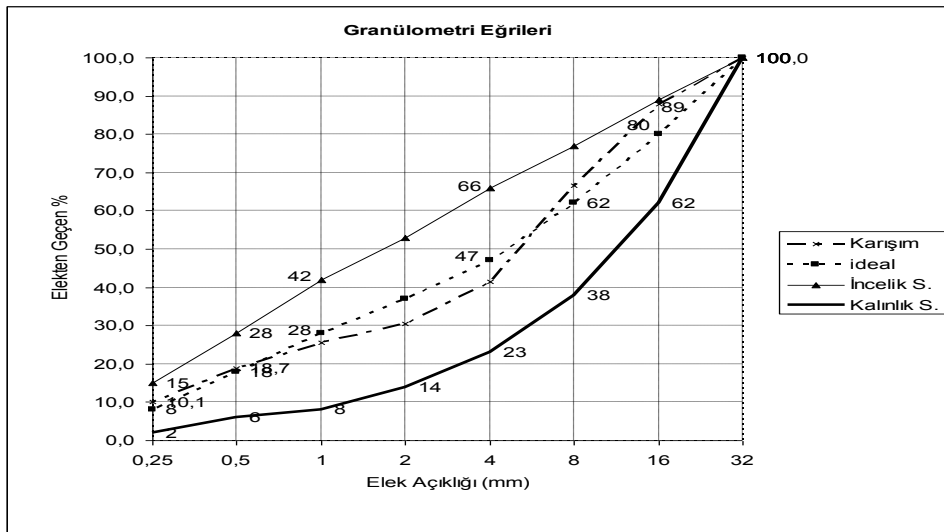
Karışmada ince agrega miktarı arttıkça özgül yüzey de artacağından, betonun işlenebilirliği azalır. İri agreganın artması ise işlenebilirliği artırıp su-çimento oranını azalttığından, daha yüksek beton basınç dayanımı sağlar. Diğer yandan ince agrega miktarı azaldıkça betonun kompasitesi azalacağından, beton dayanımının azalmasına ve iri agreganın yerini dolduracak olan ince agrega nedeniyle yüzey alanının artmasına neden olacaktır. Bu da çimento miktarını artıracığından, beton üretiminde maliyeti artıracaktır.

Söz konusu ocaklardan alınan agregalar kullanılmadan önce tane dağılımları kontrol edilmeli, standartlarda önerilen sınırlar içerisinde bulunması ya da istenilen tane dağılımı özelliğine sahip duruma getirilmesi sağlanmalıdır. Yapılacak değişimlerle beton yapıma uygun olarak standartlarda verilen sınırlar arasındaki değerler elde edilebilir. Bu amaçla agregalar 0/4, 4/16 ve 16/31.5 olarak üç gruba bölünerek elenmeli, elde edilen değerlerden uygun karışım oranları belirlendikten sonra kullanılmalıdır.

İncelenen doğal agrega ocaklarından doğrudan alınıp kullanılan malzemenin tane dağılımı beton üretimi için uygun görülmediğinden, bu malzemelerin değişik tane sınıflarına ayrılması ve beton karışımı için uygun karışım yüzdelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla Gümenek agrega

ocağına ilişkin malzemelerin elek analizleri kullanılarak beton yapımına uygun bir karışım, örnek olarak elde edilmiştir. Karışmada ağırlıkça % 45 oranında 15-30 mm doğal agrega, % 20 oranında 7-15 mm doğal agrega ve % 35 oranında 0-7 mm doğal kum kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir (Şekil 2).

Agrega örneklerinin incelik modülü Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agrega ocaklarında sırasıyla 4.23, 3.69 ve 3.82 olarak bulunmuştur. Türk standartlarında agreganın incelik modülünün hangi sınırlar arasında olması gerektiğine ilişkin bilgi yoktur. Akman (1990)'a göre incelik modülü granülometri eğrisini tek bir rakamla ifade eder. Agreganın granülometrik bileşimi hakkında bilgi veren incelik modülü ne kadar küçükse agrega o kadar ince taneli olacaktır. Yani taneler inceleneceği ve ince malzeme miktarı arttıkça incelik modülü daha küçük değerler almaktadır. Agreganın ne kadar ince olursa beton üretimi için o kadar fazla suya gereksinim duyulur. Buna karşın agreganın tane büyüklüğünün artmasıyla yüzey alanı küçüleceğinden, karışmada daha az su kullanılır. Elde edilen sonuçlar üç agrega ocağında da ince agreganın fazla, iri agreganın az olduğunu göstermektedir. Bu durum beton dayanımında azalma oluşturacağından sakıncalıdır.



Şekil 2. Öngörülen karışımın granülometri eğrisi

Figure 2. Size distribution curve for recommended mixture

**Sıkışık ve Gevşek Birim Ağırlıkları:** Agregaların örneklerinin sıkışık ve gevşek birim ağırlıkları Türk Standartlarında verilen ilkelere uygun olarak yapılmış olup Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 ocakları için sırasıyla sıkışık birim ağırlıkları 1.81, 1.86, 1.84 kg/dm<sup>3</sup> ve gevşek birim ağırlıkları 1.71, 1.75, 1.77 kg/dm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

Akman (1990) birim ağırlık değerlerini agreganın şeklinin etkilendiğini, yuvarlak ve küresel agregalarda gevşek birim ağırlığın 1.60-1.80 kg/dm<sup>3</sup> arasında olmasının uygun olacağını belirtmekte, Yıldırım ve Yılmaz (2002) ise genel olarak beton yapımında kullanılacak agregaların gevşek birim ağırlıklarının 1.35 kg/dm<sup>3</sup>'ten yüksek olması gerektiğini bildirmektedir. Bu nedenle incelenen agregaların birim ağırlıkları önerilen sınır değerleri içerisinde kaldığından, birim ağırlık yönünden beton yapımında sakıncalı olmadığı söylenebilir.

**Özgül Ağırlık ve Su Emme Miktarı:** Örnekler ince ve iri agregalar olarak iki kısma ayrılarak su emme ve özgül ağırlık değerleri bulunmuştur. Özgül ağırlık değerleri Gümenek, Taşlıçiftlik-1, Taşlıçiftlik-2 ocakları için sırasıyla ince agregalarda 2.61, 2.66, 2.64 kg/dm<sup>3</sup> ve iri agregalarda 2.66, 2.68, 2.67 kg/dm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.

Agreganın kökeni hakkında fikir veren bu özellik genel olarak 2.4-2.8 kg/dm<sup>3</sup> arasında değer almaktadır. Özgül ağırlığı 2.4 kg/dm<sup>3</sup>'ten düşük agregalar hafif agregalar olarak adlandırılır (Erdoğan, 1995; Baradan, 1996). Akman (1990) agregalarda doygun kuru yüzey özgül ağırlık değerlerini 2.55-2.80 kg/dm<sup>3</sup> olarak önermekte, Kocataşkın (1975) bu değerini 2.2-2.7 kg/dm<sup>3</sup> arasında olması gerektiğini belirtmektedir. Elde edilen sonuçlar önerilen değerlerle karşılaştırıldığında, özgül ağırlıkların önerilen sınırlar içerisinde olduğu görülmektedir. Bu da söz konusu agregalar ocaklarından elde edilen agregaların özgül ağırlık yönünden beton yapımına uygun olduğunu göstermektedir.

Beton karışım hesaplarında su-çimento oranına esas olarak doygun kuru yüzeyli agregalar alındığına göre, agreganın su emme değerini belirlemek gereklidir. Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agregalar ocakları için örneklerin

su emme yüzdeleri ince agregalar için sırasıyla 0.90, 1.22, 0.98 iri agregalar için 1.23, 1.66, 1.43 bulunmuştur.

Anonim (2003b)'e göre su emme oranı % 1'den büyük değilse agreganın donma çözülme etkisine dayanıklı olduğu kabul edilir. Ancak Çomak (2007), donma çözülme dayanıklılık için birçok agreganın daha yüksek su emme değerine sahip olduğunu, su emme değeri % 1'den büyük değerler aldığı zaman agreganın kalitesiz olduğunu düşünülmemesi gerektiğini ifade etmektedir. Diğer yandan Postacıoğlu (1987), kaba agregalarda su emme miktarının % 10 dolayında bulunmasının doğal olduğunu belirtmektedir. Bu nedenlerle incelenen agregalar su emme oranı bakımından beton yapımına uygundur denilebilir.

**İnce Madde Oranı:** Agregalar örneklerindeki kil ve silt miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre agregaların kil-silt miktarı Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agregalar ocakları için sırasıyla % 0.9, % 1.6 ve % 1.4 olarak bulunmuştur (Çizelge 2).

Anonim (1980a) ve Anonymous (1994a)'a göre agregadaki kil-silt miktarı en fazla % 5 olmalıdır. Buna göre incelenen agregalarda 0.063 mm'den geçen kil ve silt gibi malzemeler bulunmamaktadır. Bunun nedeni nehirdeki akıntının kil, silt gibi malzemeleri temizlemesidir. Elde edilen değerler önerilen sınır değerini geçmediğinden, söz konusu agregaların beton üretiminde kullanılmasının ince madde oranı yönünden uygun olduğunu göstermektedir. Yıkabilir madde miktarı fazla olan agregalar beton yapımında kullanılmaz. Agregadaki kirli maddeler betonda aderansı bozarak, beton prizinin zamanında başlamasını ve bitmesini engeller. Sonuçta betonun dayanımını azaltarak, karma suyu gereksinimini artırır, taze betonun işlenebilmesini azaltır ve betonda büzülme arttırır (Batmaz, 2006).

**Organik Madde Miktarı:** Beton üretiminde kullanılacak agregalarda organik madde miktarının belirlenmesi önemlidir. Bu amaçla yapılan deneyde, incelenen agregalar ocaklarından alınan örneklerin hiçbirisinde istenmeyen düzeyde organik maddeye rastlanmamıştır. Sodyum hidroksit çözeltisiyle yapılan organik madde miktarının belirlenmesi deneyinde deney sıvısı rengi açık sarı olmuştur. Bu da

agregalarda zararlı oranda organik madde bulunmadığını gösterdiğinden, incelenen agregaların organik madde bakımından beton üretimine uygun olduğu söylenebilir.

**Dona Dayanıklılık:** Agregada ocaklarından alınan örnekler Anonim (2008b)'e göre donda dayanıklılık deneyine tabi tutularak agregaların hava etkilerine karşı dayanıklılığı hakkında bilgi edinilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agregada ocakları için sırasıyla ince agregalarda kayıp miktarı ağırlıkça % 4.31, % 4.12 ve % 4.29, iri agregalar için ise % 4.11, % 4.33 ve % 4.85 bulunmuştur (Çizelge 2).

Sodyum sülfat deneyinde % 18 kayıp gösteren iri agreganın şiddetli don bölgesindeki betonlarda kullanılabilecek en yüksek sınırlarda olduğu kabul edilmelidir. İnce agregada için ise bu sınır % 15'dir (Anonymous, 1994b; Anonim, 2003b) (Batmaz, 2006).

Yapılan deney sonuçları önerilen değerlerle karşılaştırıldığında sınır değerlerini aşmadığı görülmektedir. Bu da söz konusu agregada ocaklarından elde edilen agregaların donma çözülme dayanımı yönünden beton yapımına uygun olduğunu göstermektedir.

**Aşınmaya Dayanıklılık:** Bu deney iri agregaların parçalanma direncinin belirlenerek darbe ve aşınmaya karşı dayanımı bakımından malzemenin kalitesini ortaya koymaktadır. Aşınmaya dayanıklılık deneyi, aşınmanın söz konusu olduğu betonlarda agregaların kullanılıp kullanılmayacağına karar verebilmek amacıyla yapılmaktadır.

Deney örneklerine Los Angeles aşınma yöntemi uygulanmış ve 100 devir sonunda ağırlıkça kayıp Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agregada ocakları için sırasıyla % 5.21, % 5.91 ve % 5.62 bulunmuştur (Çizelge 2).

Anonim (2000b) ve Anonim (2006)'e göre aşınmaya dayanıklılık deneyinde 100 devir sonunda ağırlıkça % 10'dan az kayıp bulunmuş ise agregada yeterli kabul edilir. Elde edilen sonuçlara göre deneysel çalışma yapılan agregada ocaklarına ilişkin örneklerde aşınma dayanımları önerilen sınır değerlerini aşmadığından, beton agregası olarak kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir.

**Mineralojik Analiz:** Agregada ocaklarından elde edilen malzemelerin mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan analizlerin, kaliteli malzeme elde edilmesinde yeri ve önemi büyüktür. Bu amaçla incelenen agregada ocaklarının mineralojik analizleri yapılmıştır (Şekil 3).

Elde edilen sonuçlara göre, üç ocaktan alınan örneklerin mineralojik yapıları birbirlerine benzerlik göstermektedir. Örneklerin birbirlerine benzer olması rezervlerin aynı kaynaktan besleniyor olmasından kaynaklanmaktadır. Her üç örnek te Yeşilirmak nehrinin zamanla depoladığı malzemelerden oluştuğundan, konumlarındaki farklılık mineralojik yapılarında herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır. En yaygın mineral kuvars olup, bunu sırasıyla plajioloklas (albit ve anortite), ortoklas ve potasyumlu feldspatlar izlemektedir. Örneklerin tamamında az miktarda kalsit kristalleri belirlenmiştir.

Kuvars Mohs sertlik tablosunda 7 ile ifade edildiğinden oldukça serttir. Bunun dışında bulunan feldspat ve kalsit ise ayrışmaya karşı daha dayanıksızdır. Bu yönüyle agregalar beton yapımında kullanılmaya orta düzeyde uygundur denilebilir. Nitekim örneklerde belirlenen simektit kil minerali ve kalsit minerali agreganın beton yapımında kullanımı için olumsuzluk oluşturabilir. Kalsit minerali Mohs sertlik tablosunda 3. sırada olup ayrışmaya karşı direnci az olduğundan, agregada içerisinde çok fazla istenmeyen mineraldir.

**Beton Basınç Dayanımı:** Basınç dayanımları Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agregada ocaklarında sırasıyla 7 günlük için 116, 105, 98, kg/cm<sup>2</sup>; 28 günlük için ise 178, 165, 161, kg/cm<sup>2</sup> arasında bulunmuştur.

İncelenen örneklerin 28 günlük basınç dayanımları standartlardaki beton sınıflarıyla karşılaştırıldığında, üç agregada ocağından elde edilen malzeme ile üretilen betonun C 16 (BS 16) beton sınıfına karşılık geldiği görülmektedir.

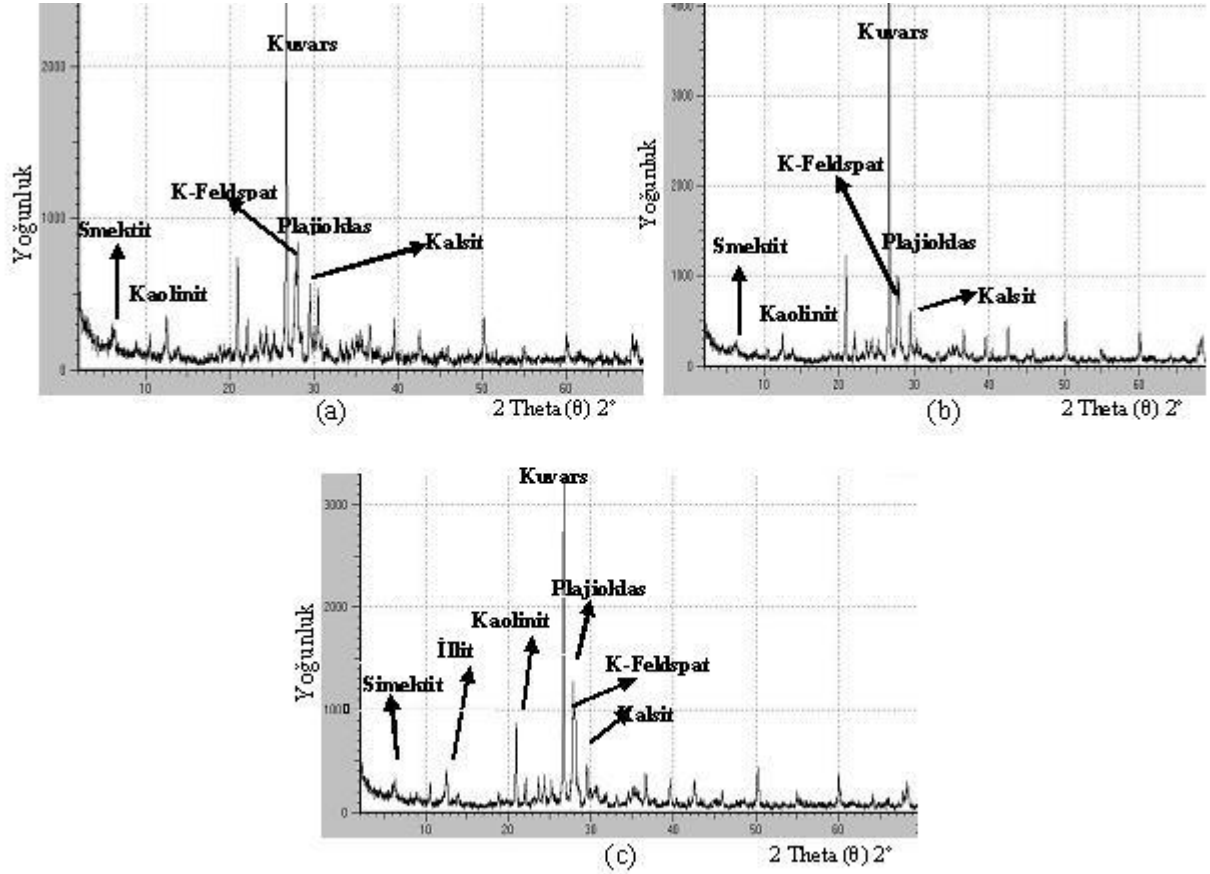
Agregada granülometrisi beton basınç dayanımını etkileyen önemli bir etmen olduğundan, granülometrik dağılım iyi ayarlandığında dayanımın artacağı açıktır. Yöredeki agregada ocaklarından elde edilen



agregalarla üretilen betonun basınç dayanımlarını artırmak için karışım oranları istenilen şekilde ayarlanarak, beton basınç dayanımı daha üst düzeylere çıkarılabilir. Ayrıca hazırlanan taze betonun taşınması, dökülmesi ve kür koşulları da beton basınç dayanımını önemli ölçüde etkilemektedir. Beton üretiminde tüm işlemlerin standartlara

uygun olarak yapılması, betonun istenilen özellikte olmasını büyük ölçüde sağlayacaktır.

Betonun birim ağırlığı ise Gümenek, Taşlıçiftlik-1 ve Taşlıçiftlik-2 agrega ocaklarında sırasıyla 2,40; 2,37 ve 2,38 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Gümenek (a), Taşlıçiftlik-1 (b) ve Taşlıçiftlik-2 (c) agrega ocaklarına ilişkin malzemenin tüm kayaç çözümlmelerine ilişkin mineralojik analizi için elde edilen X-Ray paterni

Figure 3: X-ray diffraction patterns for aggregates of Gümenek (a), Taşlıçiftlik-1 (b) and Taşlıçiftlik-2 (c) quarries

## Sonuç

Tokat Merkez ilçesinde seçilen agrega ocaklarından alınan örnekler üzerinde uygulanan deneylerden elde edilen sonuçlar, ocaklardaki agregalarda önemli farklılıkların

görülmediğini ve agregaların beton üretiminde kullanılabilirliğinin uygun olduğunu ortaya koymuştur. Bazı özellikler istenilen sınır değerlerini zorlarsa da, yapılan gözlemlerde bu agregalarla üretilen betonlar üzerinde olumsuz etki belirlenmemiştir. Yapılan deneyler

sonucunda, agregaların granülomeri bileşimleri dışında standartlarda verilen sınır değerler içerisinde kaldığı gözlenmiştir. Yeşilirmak üzerinde bulunan agrega ocaklarına ilişkin agregaların doğrudan kullanılmamak koşuluyla, fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından beton agregası olarak kullanılabilir niteliğe sahip olduğu söylenebilir. İncelenen agregalar kullanılabilir özellikte olduğundan normal beton üretimi için uygun olup, bazı işlemlerden geçirilmesi koşuluyla yörede yapılacak tarımsal inşaatlarda rahatlıkla kullanılabilir.

Elde edilen sonuçlardan incelenen agrega ocaklarına ilişkin malzemelerin granülometrilerinin standartlarda önerilen sınırlar içinde olmadığı belirlendiğinden, elenmeden beton yapımında kullanılmamalıdır. Beton üretiminde rastgele karışım değil de düzenlenmiş granülometri ile karışım hesabı yapılarak üretilen beton kullanılmalıdır. Yüksek kaliteli beton üretilmek istenildiğinde mutlaka karışım oranı hesabı yapılmalı, değişik koşullarda beton dayanımları göz önüne alınarak en uygun karışım ve su/çimento oranı bulunmalıdır. Üç ocaktan elde edilen agregalarda ince agrega oranı iri agregaya göre daha fazladır. Beton üretiminde kullanılırken iri agrega miktarının artırılması önerilebilir. Agregaların betonun kalitesini bozacak zararlı ve yabancı maddelerden tamamen arındırılması ve gerekli dayanıklılık deneyleri yapılarak beton üretiminde kullanılması sağlanmalıdır.

Beton üretiminde kaliteyi artırmak için yöredeki üniversitelerin vereceği eğitimlerle kalifiye eleman yetiştirilmesi sağlanmalı, yöredeki agrega ve beton sorunlarını göz önüne alınarak çözümler üretilmeli ve bu sorunlarla ilgili olarak deneysel çalışmalar yapılmalıdır. İlgili kuruluşlar malzemelerin kalitesini ve uygunluğunu denetlemeli, yapılara ruhsat verilirken yapı işlerinin bitiminde veya işi

teslim alırken deney sonuçları göz önüne alınmalıdır. Agregalar laboratuvarlarda etütleri yapılmadan kullanılmamalı ve üretilen betondan örnekler alınarak dayanımları belirlenmelidir. Beton üretimi eğitilmiş ve sertifikalı teknik elemanlarca yapılmalı, inşaatlarda çalışacak elemanlar eğitilmelidir. Ayrıca yöredeki tarımsal yapılarda dayanım açısından C 20 ve üzeri sınıflarda beton kullanımı zorunlu kılınmalıdır. Yörede hazır beton üretimi ve kullanımı teşvik edilmeli, bu konuda üreticiler bilgilendirilmelidir. Gerekli kriterlerin yerine getirilmesi için öncelikle agrega ocaklarına üretime yeterlilik belgesi verildikten sonra üretilmesi koşulu aranmalıdır. Agreganın üretilmesi ve kullanımında standardizasyonun sağlanması, agrega üreticileri birliğinin kurulması inşaat sektöründeki sorunların çözümünde yarar sağlayacaktır.

Betonun yaklaşık % 70'ini oluşturan agreganın fiziksel ve mekanik özellikleri, betonun tüm özelliklerine ya doğrudan doğruya ya da dolaylı olarak etki etmektedir. Malzeme bilimindeki ve deney tekniklerindeki yeni gelişmelerle önemli yapı malzemesi durumuna gelen betonun gelecekte de bu özelliğini sürdüreceği açıktır. Araştırma yöresinde kaliteli agrega elde edilmesi sorunu giderek artmakta, agrega ocakları hızla gelişen beton endüstrisinin kalite isteklerini karşılamakta zorlanmaktadır. İstenilen kalitede agregayı sağlayamayan üreticiler yeni kaynaklar arama yoluna gitmektedirler. Bu nedenle hızla büyüyen ve betonun kullanımının tarımsal yapılarda giderek yaygınlaştığı araştırma yöresinde, gelecek yıllarda artacak olan tüketimi karşılayabilecek yeni agrega kaynaklarının bulunması veya mevcut agrega kaynaklarının iyileştirilmesi zorunludur.

## Kaynaklar

- Akman, S., 1990. Yapı Malzemeleri. İTÜ. İnşaat Fak. Ders Notları, No: 1408, İstanbul.
- Alkan, Z., 1972. Zirai İnşaat. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, No.252/A, Erzurum.
- Anonim, 1978a. Agregalar Karışımlarının Elek Analizi Deneyi İçin Metot. TS 130, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 7 s.
- Anonim, 1978b. Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metotları. TS 3234, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 30 s.
- Anonim, 1979. Beton Basınç Deney Numunelerinin Hazırlanması, Hızlandırılmış Kürü ve Basınç Dayanım Deneyi. TS 3323, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 11 s.
- Anonim, 1980a. Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi. TS, 707, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 9 s.
- Anonim, 1980b. Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini. TS 3526, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 13 s.
- Anonim, 1980c. Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini. TS 3527, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 7 s.
- Anonim, 1980d. Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini. TS 3529, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 5s.
- Anonim, 1985. Beton Karışımı Hesap Esasları. TS 802, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 18 s.
- Anonim, 1996a. Deney Elekleri-Teknik Özellikler ve Deneyler-Kısım 2:Delikli Metal Levhalı Deney Elekleri. TS 1226, ISO 3310-2, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 14 s.
- Anonim, 1996b. Deney Elekleri-Teknik Özellikler ve Deneyler-Kısım 1: Tel Örgülü Deney Elekleri. TS 1227 ISO 3310-1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 14 s.
- Anonim, 1997a. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler-Kısım 1, Numune Alma Metotları. TS EN 932-1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 23 s.
- Anonim, 1997b. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Kısım-3: Basitleştirilmiş Petrografik Tanımlama için İşlem ve Terminoloji. TS 10088 EN923-3, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 12 s.
- Anonim, 1999a. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 2: Laboratuvar Numunelerin Azaltılması Metodu. TS EN 932-2, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 20 s.
- Anonim, 1999b. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini-Eleme Metodu. TS 3530 EN 933-1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 11 s.
- Anonim, 2000a. Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 1: Kimyasal Analiz. Türk Standartları Enstitüsü, TSEN1744-1, Ankara.
- Anonim, 2000b. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar. TS EN 1097-2, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2002a. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler, Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini. TS EN 1097-6, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2002b. Beton-Taze Beton Deneyleri-Bölüm 2: Çökme (Slamp) Deneyi. TS EN 12350-2, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 5 s.
- Anonim, 2002c. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Kürlenmesi. Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 12390, Ankara, 4 s.
- Anonim, 2003a. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini. TS EN 12390-3, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 12 s.
- Anonim, 2003b. Beton Agregaları. TS EN 12620, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 46 s.
- Anonim, 2006. Beton Agregaları. TS 706 EN 12620/AC, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 1 s.
- Anonim, 2007. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 1: Tane büyüklüğü Dağılımı Tayini-Eleme Metodu. TS 3530 EN 933-1/A1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2 s.
- Anonim, 2008a.  
[http://www.teknolojikarastirmalar.com/egitim/yapı\\_malzemesi/beton/3.1.](http://www.teknolojikarastirmalar.com/egitim/yapı_malzemesi/beton/3.1.), (Ulaşım, 2008).

- Anonim, 2008b. Agregaların Isıl ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 1: Donmaya ve Çözülmeye Karşı Direncin Tayini. TS EN 1367-1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 14 s.
- Anonymous, 1994a. Standard Test Method for Finer Than 75 µm(No.200), ASTM C117, Sieve in Mineral Aggregates by Washing. Annual Book of ASTM Standards.
- Anonymous, 1994b. ASTM C88, Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or magnesium Sulfate. Annual Book of ASTM Standards.
- Anonymous, 2000. Standard Test Methods for Chemical Analysis of Glass Sand. ASTM C146-94a (1999), Volume 15.02.
- Baradan, B., 1996. Yapı Malzemesi II. Dokuz Eylül Üniv., Mühendislik Mimarlık Fak. Yay., No:207. 4. Baskı, İzmir
- Batmaz, A., 2006. Rize İli Çevresindeki Derelerden Elde Edilen Agreganın Beton Yapımına Uygunluğunun Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 76 s.
- Çakır, G., 1992. İzmir İli Dahilinde Yapılan İnşaatlarda Kullanılan Agregaların Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. E.Ü. Fen Bilimleri Enst., İzmir, 53 s.
- Çomak, B, 2007. Isparta Yöresinde Çıkarılan ve Beton Üretiminde Agregası Olarak Kullanılan Malzemenin Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. SDÜ., Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Isparta, 57 s.
- Erdoğan, Y.T., 1995. Betonun Oluşturan Malzemeler; AGREGA. Türkiye Hazır Beton Birliği Yayını, İstanbul, 110 s.
- Jackson, M.L.,1975. Soil Chemical Analysis Advanced Course. 2nd. Ed. Published by the author. Madison, Wisconsin, pp.179-138.
- Kocabay, N., 1991. Sivas-Hafik Ocağındaki Agreganın Beton Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi ABD, Ankara, 40 s.
- Kocaçıtak, S., 1978. Betonun kimyasal olarak parçalayan etkenler. DSİ Genel Müdürlüğü DSİ Teknik Bülteni, (44), Ankara, s: 3-7.
- Kocataşkın, F., 1975. Yapı Malzemesi Bilimi. Birsen Kitapevi, İstanbul, 132 s.
- Postacıoğlu, B., 1987. Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton, Cilt 2. Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul, 404 s
- Yıldırım, M. ve Yılmaz, I., 2002. Yıldız Irmağı çökellerinin Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliklerinin İncelenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Dergisi, Seri-Yerbilimleri 9 (2):181-192.