

SİMAV ÇAYI AGREGALARI VE BUNLARLA ÜRETİLEN BETONLARIN ÖZELLİKLERİ

The Properties of Simav River Aggregates And The Concrete Produced With These Materials

Mahmut TURAN*

ÖZET

Bu çalışmada Simav Çayı agregaları ve bu malzeme ile üretilen betonların özellikleri incelenmiştir. Her iki malzemeye ait çeşitli fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemek için agrega numuneleri ve standart beton silindirler üzerinde belli sayıda deneyler yapılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlar uygulamada kullanım için sunulmuştur.

ABSTRACT

In this study, the properties of Simav River aggregates and the concrete produced with these materials have been investigated. A number of tests were carried out on the aggregate samples and standard concrete cylinders respectively, to determine some physical and mechanical properties of the both materials. The results obtained on the conclusion of the tests are presented for use in practice.

Anahtar Kelimeler: Agrega, beton, basınç dayanımı

Keywords: Aggregate, concrete, compressive strength

*

Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü KÜTAHYA

1. GİRİŞ

Betonarme bir yapının kullanım süresince kendinden beklenen işlevi güvenle ve uygun bir maliyetle yerine getirmede malzeme büyük önem taşır. Bu nedenle, gerek tasarım ve gerekse inşa safhasında çeliğin yanı sıra kullanılacak beton kalitesi ve beton imalinde kullanılan agreganın özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekir. İstenilen niteliklere sahip bir beton üretimi ancak belirli özelliklere sahip agreganın kullanılması ile mümkündür. Örneğin agrega granülometrisinin beton kalitesi üzerindeki önemli etkisinden ötürü kullanılacak malzeme ile amaca uygun granülometrinin bulunması zorunludur. Beton hacminin yaklaşık dörtte üçünü oluşturan agreganın özellikleri, betonun yapı malzemesi olarak davranışı ve dayanıklılığı üzerinde ayrıca büyük etkiye sahiptir. Ayrıca agreganın tane şekli, yüzey durumu ve elastisite modülü betonun mukavemetini önemli ölçüde etkiler (Kaplan, 1959). En fazla etkilenen betonun eğilme mukavemetidir ve bu durum yüksek mukavemetli betonlarda daha belirgindir. Beton üretiminde kullanılacak agregalara ilişkin detaylı bilgi ilgili literatürde mevcuttur (Collins ve Fox, 1985).

Simav Çayı agregaları Balıkesir il merkezi ile ilçelerinde özel sektör ve kamu sektöründe yaptırılan çeşitli betonarme inşaatlarda kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu agregalar ve bunlarla üretilen betonlar üzerinde yapılacak araştırma sonuçlarının yörenin inşaat kalitesini yükseltme ve ülke ekonomisine katkıda bulunma açısından taşıdığı önem açıktır. Bu yüzden Simav Çayı agregaları ve bu agregalarla üretilen betonların fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için çeşitli deneyler yapılmıştır. Bu amaçla mambadan mansaba doğru akarsu yatağını temsilen işletilen ve işletilmeyen çeşitli agrega depozit bölgelerinden alınan numuneler deneye tabi tutularak agregaların granülometrisi, incelik modülü, birim ağırlık, özgül ağırlık, su emme oranı, yüzey nem oranı, ince madde oranı ve aşınma oranı gibi çeşitli özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca bu agregalarla üretilen betonlar üzerinde çeşitli deneyler yapılarak bu betonların basınç ve çekme mukavemetleri tayin edilmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar analiz edilerek uygulamaya yönelik olarak sunulmuştur.

2. DENEYSEL YAKLAŞIM

Bigadiç – Susurluk ilçeleri sınırları içindeki akarsu yatağı mambadan mansaba doğru etüt edilerek agrega numunelerinin alınacağı yerler belirlenmiştir. Numuneler, belirlenen çeşitli agrega depozit bölgelerinden alınırken doğal muhtevalarının bozulmamasına özen gösterilmiştir. Agregada deney numuneleri TS 707 (TSE,1980) ye uygun olarak hazırlanmıştır. Bu numuneler üzerinde; iki farklı tipte elek serisine göre TS 3530 (TSE,1980) a uygun olarak tane büyüklüğü dağılımı (granülometrik birleşim) tayini, TS 3529 (TSE,1981) a göre birim ağırlık tayini, TS 3526 (TSE,1980) ya göre özgül ağırlık ve su emme oranı tayini, TS 3523 (TSE,1980) e göre yüzey nemi oranı tayini, TS 3527 (TSE,1980) ye göre ince madde oranı tayini ve TS 3694 (TSE,1981) e göre aşınma oranı (aşınmaya dayanıklılık) tayini deneyleri yapılmıştır.

Bundan sonra, hava kuru su agregalar ile değişik karışım ve değişik su / çimento (W/C) oranları kullanılarak betonlar yapılmış ve bunlarla standart boyutlu (150x300 mm) silindirik numuneler hazırlanmıştır. Betonun karılması betoniyele yapılmış ve silindirik kalıplara üç tabaka halinde ve her tabaka iğne vibratörle sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. Ayrıca taze betonlar üzerinde TS 2871 (TSE,1977) e uygun olarak beton kıvam deneyi

(çökme hunisi metodu ile) ve TS 2941 (TSE,1978) e göre taze betonda birim ağırlık tayini deneyi yapılmıştır. Numuneler 24 saat sonra kalıplardan çıkarılmıştır. Susurluk ilçesi havzasındaki depozit bölgelerinden alınan agregalarla üretilen silindirler deney yapılıncaya kadar laboratuvarında normal sıcaklıkta ve su dolu havuzda muhafaza edilmiştir. Diğer bölgelerden alınan agregalarla üretilen beton silindirler ise sulanarak ıslak çuvallarla örtülmüş ve çabuk buharlaşmayı önlemek için ayrıca politen yaygılarla sarılmıştır. Numuneler 7 günlük oluncaya kadar günde bir kez sulanmıştır. 7 günlük ve 28 günlük silindir numuneler üzerinde TS 3114 (TSE,1978) e göre beton basınç dayanımı deneyi ve TS 3129 (TSE,1978) a uygun olarak betonda yarmada çekme dayanımı deneyi yapılmıştır.

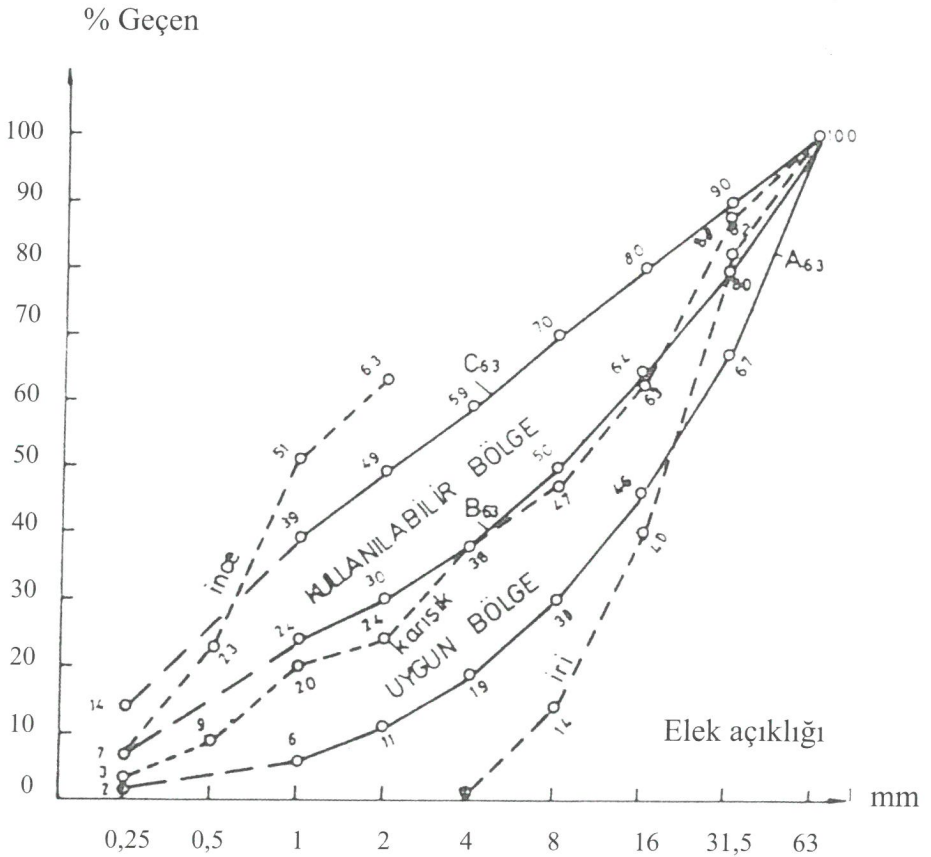
3. AGREGA DENEYLERİ

Bigadiç ilçesi yöresindeki agrega depozit bölgelerinden alınan numuneler ile, en büyük açıklığı 63 mm olan kare gözlü elek serisi kullanılarak her biri 3 deney numunesinden oluşan 15 adet tane büyüklüğü dağılımı deneyi yapılmış ve karışık agrega, ince ve iri agregalar için bulunan grönülometri eğrileri şekil 1 de gösterilmiştir. Bu eğrilere ait % geçen değerler için standart sapma ve varyasyon katsayıları Tablo 1 de verilmiştir. Şekil 1'de ayrıca TS 706 (TSE,1980) da karışık agrega için verilen A63, B63 ve C63 grönülometri eğrileri gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi karışık agreganın elde edilen grönülometri eğrisi bu eğriler arasında kalmaktadır. Şekil 1 de gösterilen karışık, ince ve iri agregalara ait incelik modülleri ve bunlara ait standart sapma ve varyasyon katsayıları sırasıyla $\dot{I}_k=5.08$, $S= 0.156$, $V= \% 3.07$; $\dot{I}_i= 2.56$, $S= 0.123$, $V= \% 4.80$; $\dot{I}_c= 6.65$, $S= 0.089$, $V= \% 1.34$ olarak bulunmuştur.

Susurluk ilçesi yöresindeki akarsu yatağını temsilen alınan numuneler için en büyük delik çapı 30 mm olan standart elek serisi kullanılarak 8 adet deney yapılmış ve karışık, ince ve iri agregalara ait grönülometri eğrileri şekil 2 de gösterilmiştir. Bu eğrilere ait % geçen değerler için standart sapma ve varyasyon katsayıları Tablo 2 de verilmiştir. Şekil 2 de ayrıca Türkiye Köprü ve İnşaat Cemiyeti Şartnamesinde (TS 500,1985) karışık agrega için verilen D, E, F grönülometri eğrileri gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi karışık agreganın grönülometri eğrisi E-F eğrileri arasında kalaraktan bu eğrilerin dışına çıkmaktadır. Şekil 2 deki karışık agrega, ince ve iri agregalara ait incelik modülleri ile bunlara ait standart sapma ve varyasyon katsayıları sırasıyla şu değerlere sahiptir. $\dot{I}_k=2.61$, $S= 0.039$, $V= \% 1.49$; $\dot{I}_i= 1.73$, $S= 0.048$, $V= \% 2.77$; $\dot{I}_c= 4.62$, $S= 0.047$, $V= \% 1.02$

Bigadiç yöresinden alınan ve en büyük tane büyüklüğü 31.5 mm olan numuneler üzerinde yapılan 10 adet deney sonucu agreganın sıkışık birim ağırlığı $B= 19.53 \text{ kN/m}^3$, standart sapması $S= 31.69$ ve varyasyon katsayısı $V= \% 1.61$; gevşek birim ağırlığı $B= 18.60 \text{ kN/m}^3$, $S= 7.46$ ve $V= \% 0.41$ olarak bulunmuştur. Keza Susurluk yöresinden alınan ve en büyük tane büyüklüğü 30 mm olan numuneler üzerinde yapılan 8 adet deney sonucu bulunan sıkışık ve gevşek birim ağırlıklar sırasıyla şöyledir $B= 19.24 \text{ kN/m}^3$, $S= 6.05$ ve $V= \% 0.31$; $B= 17.77 \text{ kN/m}^3$, $S= 16.15$ ve $V= \% 0.91$. Agregalarda gevşek birim ağırlığın sıkışık birim ağırlığa oranı genellikle 0.87-0.96 arasında değişir (Harrison,1974). Bigadiç ve Susurluk yöresi agregalarında bu oranlar sırasıyla 0.95 ve 0.92 olarak bulunmuştur.

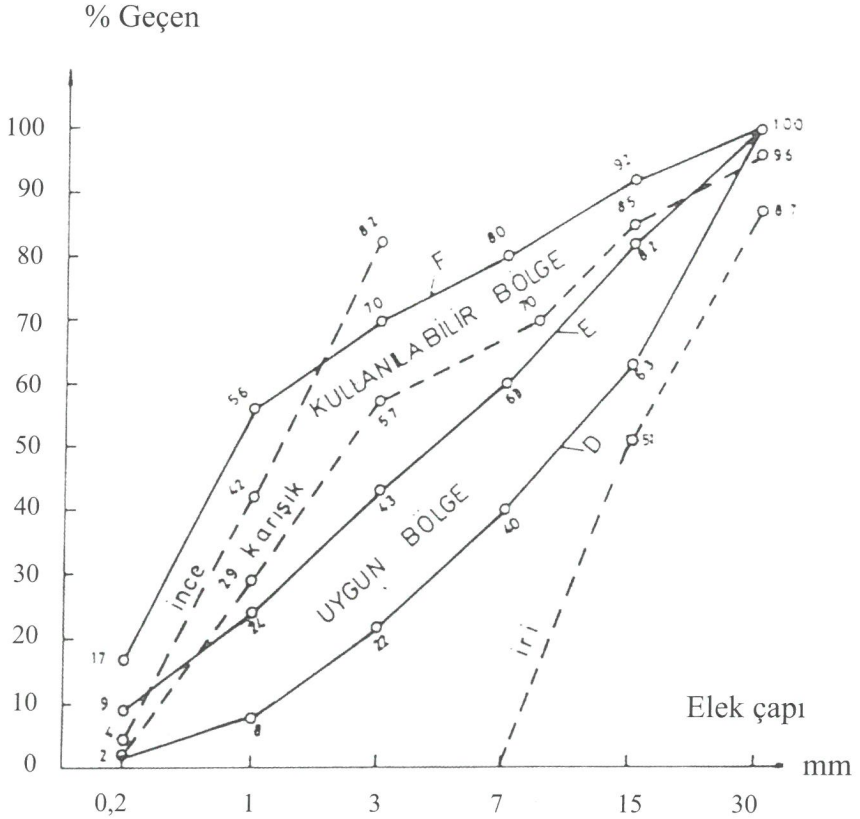
Beton üretiminde kullanılan doğal agregaların pek çoğunun özgül ağırlıkları 2.5 ve 3.0 arasında değişmektedir (DSIR R. N. No:24, HMSO, 1959). Fakat özgül ağırlığın gerçek değeri agreganın kalitesinin bir ölçüsü değildir. İnce agreganın özgül ağırlık ve su emme oranları, 4 mm kare gözlü elekten geçen numuneler için 10 deney ve 7 mm delik çaplı elekten geçen numuneler için 8 deney sonucu hesaplanarak sırasıyla şu değerler bulunmuştur. İnce agreganın kuru özgül ağırlığı= 2.31, S= 0.045, V=% 1.97; doygun kuru yüzey özgül ağırlığı=2.36, S= 0.050, V=% 2.12; görünen özgül ağırlığı= 2.42, S= 0.067, V=% 2.77; su emme oranı %m=2.1, S= 0.454, V=% 21.62 ve İnce agreganın kuru özgül ağırlığı= 2.28, S= 0.037, V=% 1.64; doygun kuru yüzey özgül ağırlığı = 2.38, S= 0.035, V=% 1.49; görünen özgül ağırlığı= 2.54, S= 0.017, V=% 0.68; su emme oranı % m= 4.6, S= 0.597, V=% 12.98



Şekil 1: En büyük tane büyüklüğü 63 mm olan agreganın granülometri eğrileri

En büyük tane büyüklüğü 31.5 mm olan karışık agreganın ve 7 mm delik çaplı elekten geçen ince agreganın numuneleri üzerinde yapılan deneyler sonucu bu agregaların yüzey nemi

oranları sırasıyla % $n=6.14$, $S=1.69$, $V=\%27.56$ ve % $n=3.7$, $S=0.272$, $V=\%7.35$ olarak bulunmuştur. Beton agregalarında ince madde oranının çöktürerek tayini 4 mm göz açıklıklı kare delikli elekten geçen agregalara uygulanmıştır. Yapılan 18 deneyden 1 ve 24 saat sonunda elde edilen sonuçlar şöyledir. $m_1=\%0.99$, $S_1=0.165$, $V_1=\%16.68$ ve $m_{24}=\%2.15$, $S_{24}=0.224$, $V_{24}=\%10.42$. Keza en büyük tane büyüklüğü 31.5 mm olan agregalar üzerinde yapılan 10 deney sonucu ince madde oranı yıkama yöntemi ile tayin edilmiştir. Bulunan sonuçlar şöyledir. $m_y=\%0.52$, $S=0.063$, $V=\%12.14$

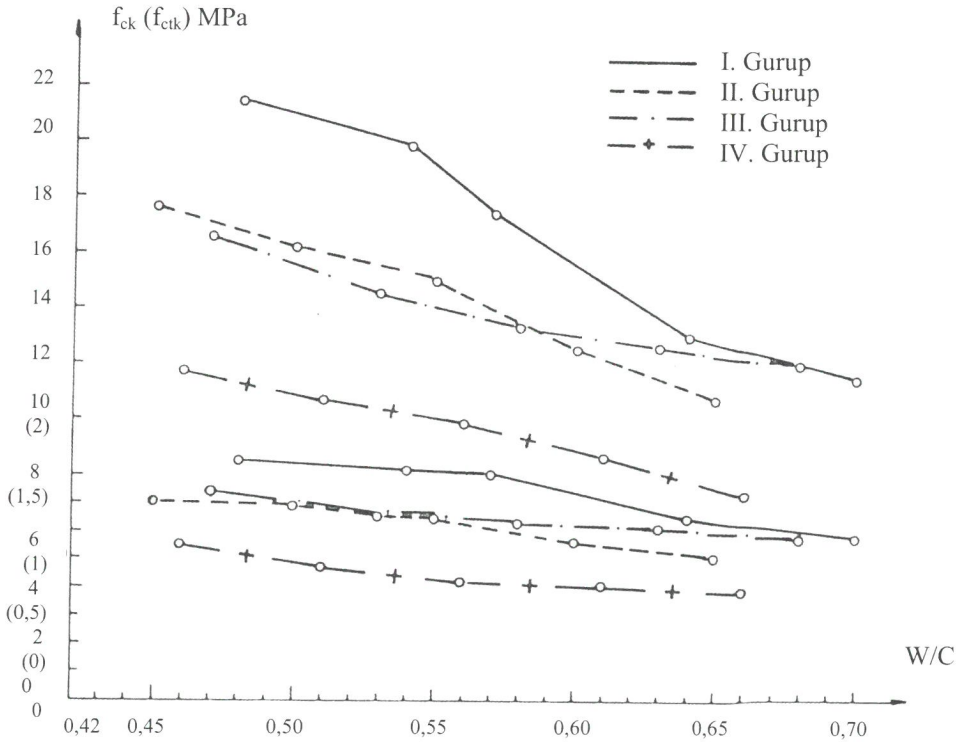


Şekil 2: En büyük tane büyüklüğü 30 mm olan agrega granülometri eğrileri

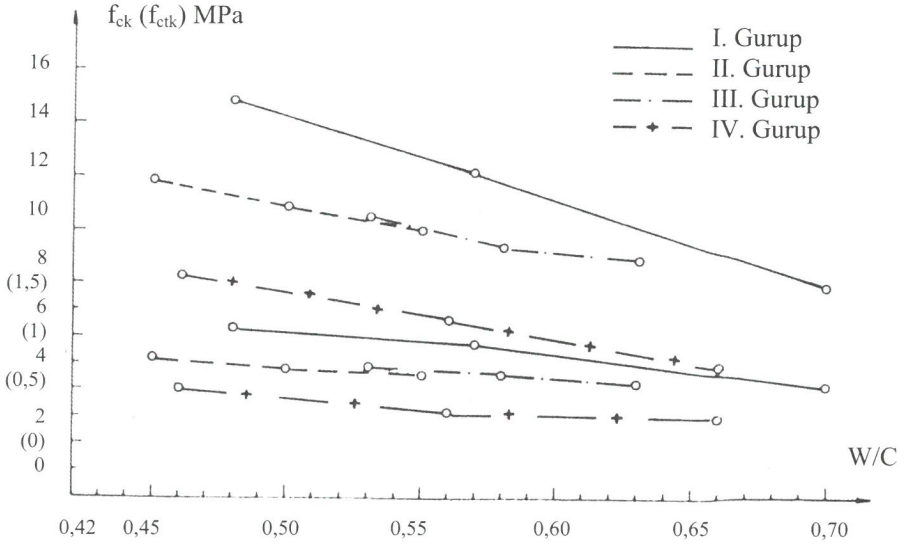
Simav Çayı agregaları üzerinde ayrıca, E tipi ve A tipi numuneler kullanılarak aşınma oranı (aşınmaya dayanıklılık) deneyleri yapılmıştır. E tipi numuneler ile yapılmış 8 deneyden, 100 dönüş ve 1000 dönüş sonunda bulunan aşınma oranları sırasıyla şöyledir: $a_1=\%1.65$, $S_1=0.159$, $V_1=\%9.64$ ve $a_2=\%16.14$, $S_2=1.263$, $V_2=\%7.83$. A tipi numunelerde ise 100 dönüş ve 500 dönüş sonucu elde edilen aşınma oranları $a_1=2.68$, $S_1=0.388$, $V_1=\%14.47$ ve $a_2=\%14.71$, $S_2=1.721$, $V_2=\%11.70$ olarak bulunmuştur.

4. BETON DENEYLERİ

Gilkey (1961) verilen bir çimento ve agrega ile üretilen betonun mukavemetinin çimento/su oranı, çimento/agrega oranı, agreganın granülometrisi, yüzey durumu, tanelerin dayanımı ve rijitliği ve en büyük tane büyüklüğüne bağlı olduğunu göstermiştir. Susurluk yöresi agrega depozit bölgelerinden alınan malzeme ile üretilen 300 dozlu betonlar üzerindeki deneyler 4 grupta toplanmıştır. Her grupta farklı olan karışım oranı sabit tutulup, su/çimento oranı (W/C) değiştirilerek her biri 10 numunedan oluşturulan 8 seri deneyden 5 serisi 28 günlük ve 3 serisi 7 günlük silindirler üzerinde yapılmıştır. 28 günlük deney serilerinde her 10 numunedan 7 adedi, 7 günlük deney serilerinde ise 6 adedi betonun basınç dayanımı için, geri kalanlar betonun yarmada çekme dayanımı için kullanılmıştır.



Şekil 3a: 28 Günlük Betonlarda W/C - f_{ck} ve f_{ctk} ilişkisi



Şekil 3b: 7 Günlük Betonlarda W/C - f_{ck} ve f_{ctk} ilişkisi

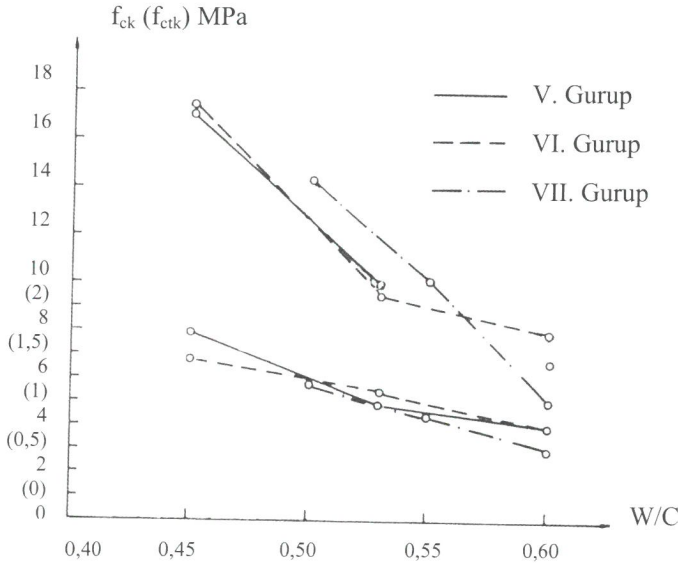
I. grup deneylerde kullanılan agreganın granülometrisi şekil 2 de verilen D-E eğrileri arasında D eğrisine üstten çok yakın olarak seçilmiştir. Ağırlık cinsinden sırasıyla çimento:kum (ince agrega): çakıl (iri agrega) olmak üzere karışım oranları 1:2.8:3.6 olan bu grupta W/C oranı 0.48 - 0.70 arasında değiştirilmiştir. Buna bağlı olarak taze betonda kıvam deneyi sonucu çökme miktarları 30-135 mm arasında değişmiştir. Çökme deneyi betonun işlenebilme özelliğini ölçmemesine karşın ACI 116R-90 (1994) bu deneyi kıvamın bir ölçüsü olarak tanımlar. Taze betonda ve sertleşmiş betonda ortalama birim ağırlıklar sırasıyla 23.33 ve 23.18 kN/m³ olarak bulunmuştur.

II. grup deneylerde ise karışımın granülometrisi D-E eğrileri arasında E eğrisine alttan çok yakın seçilmiştir. Buna göre karışım oranları 1:3.3:3.1 olan bu grupta W/C oranı, 28 günlük deney serilerinde 0.45 - 0.65 ve 7 günlük deney serilerinde 0.45 - 0.55 arasında değiştirilmiştir. Taze betonda kıvam deneyinden çökme miktarları 28 - 87 mm arasında olup taze ve sertleşmiş betonlarda birim ağırlıklar sırasıyla 23.02 ve 22.95 kN/m³ olarak hesaplanmıştır.

III. grup deneylerde kullanılan agreganın granülometri eğrisi E-F eğrileri arasında E eğrisine üstten çok yakın olarak seçilmiş olup, karışım oranları 1:3.8:2.7 olan bu grupta W/C oranı 28 günlük serilerde 0.47 - 0.68 ve 7 günlük serilerde 0.53 - 0.63 arasında değiştirilmiştir. Taze betonda kıvam deneyinden ölçülen miktarlar 22 - 94 mm arasında olup taze ve sertleşmiş betonun birim ağırlıkları ise 23.19 ve 23.11 kN/m³ olarak bulunmuştur.

IV. grup deneylerde karışımın granülometri eğrisi E-F eğrileri arasında F eğrisine alttan çok yakın olarak seçilmiş olup karışım oranları 1:4.6:1.9 olan bu grupta W/C oranı 0.46 – 0.66 arasında değiştirilmiştir. Taze betonda kıvam deneyinden tekabül eden çökme miktarları 24 – 78 mm arasında olup taze ve sertleşmiş betonun birim ağırlıkları sırasıyla 22.47 ve 22.20 kN/m³ olarak elde edilmiştir.

W/C oranına bağlı olarak 28 günlük ve 7 günlük betonlarda basınç dayanımı (f_{ck}) ve çekme dayanımı (f_{ctk}) nin değişimleri yukarıdaki dört grup deney için sırasıyla şekil 3a ve şekil 3b de gösterilmiştir. Betonun çekme dayanımı f_{ctk} silindir yarma deneyinden bulunan sonuçların TS 500 (TSE,1985) e göre değerlendirilmesiyle elde edilmiştir. Her iki şekilden görüldüğü gibi W/C oranı arttıkça betonun basınç ve çekme mukavemetleri azalmaktadır. Fakat bu azalma şekillerden görüldüğü üzere, karışımdaki iri agregra oranı daha fazla olan betonlarda daha yüksek oranda olmaktadır. Çünkü agregra tane büyüklüğü arttıkça birim kütle içinde ıslatılacak birim yüzey alanı azalır. Bu nedenle agregra granülometrisini daha büyük çapa arttırmak karışımın su ihtiyacını azaltır. Öte yandan belirli bir işlenebilme özelliği ve çimento miktarı için su/çimento oranı azaltılabilir ve bunun sonucu olarak betonun mukavemeti artırılabilir. Bu davranış en büyük tane büyüklüğü 38.1 mm olan agregralar için deneylerle doğrulanmıştır (Bloem,1959) ve genellikle daha büyük çaplar için de geçerli kabul edilir. Nichols (1982) verilen bir su/çimento oranı için bir optimum en büyük agregra tane büyüklüğü olduğunu göstermiştir. Öte yandan karışımdaki ince agregra oranı atıkça beton dayanımları hızla azalmaktadır. Nitekim şekil 3a dan da açıkça görüldüğü üzere I. Grup deneylerde en yüksek W/C oranına sahip deney serisine ait beton basınç dayanımı yaklaşık olarak IV. Grup deneylerde en düşük W/C oranına sahip deney serisi basınç dayanımına eşittir. Beton çekme dayanımları da aynı özellikleri sergilemektedir. Şekil 3b den ayrıca görüldüğü üzere 7 günlük betonlarda W/C ile f_{ck} ve f_{ctk} ilişkisi yaklaşık olarak doğrusal özellik göstermektedir.



Şekil 4: 7 Günlük betonlarda W/C - f_{ck} ve f_{ctk} ilişkisi

Bigadiç yöresi agregaları kullanılarak üretilen betonlar üzerinde 7 günlük silindir numuneler ile yapılan deneyler V, VI ve VII. guruplar olmak üzere 3 guruptan oluşmuştur. V. gurup deneylerde karışımın granülometri eğrisi şekil 1 de verilen A63 – B63 eğrilerinin tam ortasında seçilmiştir. Karışım oranları 1:1.6:4.8 olan bu gurupta W / C oranı 0.45 – 0.60 arasında değiştirilmiştir. Taze beton kıvam deneyinden ölçülen çökme miktarları 0 – 170 mm arasında değişmiştir. VI. gurup deneylerde karışımın granülometri eğrisi A32 – B32 ideal eğrilerinin (TS 3114, 1978) tam ortasında seçilmiş olup karışım oranları 1:2.0:4.4 olan bu gurupta W/C oranları V. Gurupla aynı olarak 0.45 – 0.60 arasında değiştirilmiştir. Taze betonda kıvam deneyinden ölçülen çökme miktarları 0 – 140 mm arasında olmuştur. VII. gurup deneylerde kullanılan 350 dozlu betonlarda agreganın granülometri eğrisi B32 eğrisine yakın seçilmiş olup, karışım oranları 1:1.8:3.1 olan bu gurupta W/C oranı 0.50–0.60 arasında değiştirilmiştir. Taze betonda kıvam deneyinden ölçülen çökme miktarları 0 – 65 mm arasında değişmiştir. W/C oranına göre betonun basınç ve çekme dayanımı değişimi şekil 4 de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi W/C oranı arttıkça betonun her iki dayanımı azalmaktadır. Bu azalma, iri agrega oranı fazla olan V. gurup betonlarda ve çimento dozajı daha yüksek olan VII. gurup betonlarda daha belirgin olmaktadır.

5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER

En büyük tane büyüklüğü 63 mm olan karışık agreganın granülometri eğrisinin şartnamede verilen A63, B63, C63 eğrilerine nazaran konumu kısmen uygun bölgeye ve kısmen kullanılabilir bölgeye düşmektedir. Keza en büyük tane büyüklüğü 30 mm olan karışık agrega granülometri eğrisinin konumu şartnamede verilen D, E, F eğrilerine göre kullanılabilir bölgede kalaraktan sonunda bunların dışına çıkmaktadır. Bununla beraber, uygulamada olduğu gibi agrega depozit bölgelerinden tuvenan halde gelen malzeme doğrudan beton üretiminde kullanılmamalı; betonda istenen işlenebilme özelliği ve mukavemeti hedefleyen uygun bir granülometri seçilmelidir. Bu agregalar için belirlenen diğer fiziksel ve mekanik özellikler makul sınırlar içinde kalmaktadır. Ancak beton imalinde, agreganın yüzey nemi oranı (rutubet muhtevası) mutlaka dikkate alınmalıdır. Alternatif olarak hava kurusu agregalarla beton üretilmelidir.

Sertleşmiş beton deneylerinden elde edilen sonuçlar analiz edilerek 7 günlük beton basınç dayanımının 28 günlük beton basınç dayanımına oranı $f_{ck7} / f_{ck28} = 0.687$, $S = 0.0173$, $V = \% 2.52$ olarak bulunmuştur. Uygun granülometri ve W/C seçilerek Simav Çayı agregaları ile BS14, BS16 ve BS20 betonlarının kolaylıkla üretilbileceği, V. ve VI. Gurup deneyler ile yukarıdaki oran dikkate alındığında BS25 betonunun da kolayca imal edilebileceği görülmüştür. Betonun yaşı çekme dayanımı f_{ctk} ve basınç dayanımı f_{ck} arasındaki ilişkide bir faktör olup bir ay sonrasında çekme dayanımı basınç dayanımından daha yavaş hızla artar (Saul, 1960 ve Komlos, 1970). Betonun çekme dayanımı kifayetsiz küre karşı basınç dayanımından daha hassastır (Shacklock ve Keene, 1959) ve bu nedenle havada kür edilmiş betonda f_{ctk} / f_{ck} oranı suda kür edilmiş ve ıslak test edilmiş betondan daha düşüktür.

Ayrıca deney sonuçlarının analizi sonucu beton basınç dayanımının çekme dayanımına oranı $f_{ck} / f_{ctk} = 10.62$, $S = 0.836$, $V = \% 7.87$ bulunmuş ve buradan hareketle beton yaşından bağımsız olarak

$$f_{ctk} = 0.0942 f_{ck} \dots\dots\dots(1)$$

ilişkisi elde edilmiştir. Bu ilişki TS 500 de

$$f_{ctk} = 0.35\sqrt{f_{ck}} \dots\dots\dots(2)$$

olarak verilmektedir. Yukarıda verilen (1) ve (2) bağıntılarına göre hesaplanan beton çekme dayanımları ve deneysel olarak bulunan sonuçlar Tablo 3 de verilmiştir. (1) bağıntısından hesaplanan f_{ctk} (1)/ f_{ck} oranına ait aritmetik ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı sırasıyla şöyledir: $X_1= 0.9997$, $S_1= 0.0786$ ve $V_1= \% 7.86$. öte yandan (2) bağıntısından elde edilen f_{ctk} (2)/ f_{ck} oranı için aynı değerler sırasıyla şunlardır: $X_2= 1.1207$, $S_2= 0.2027$, ve $V_2= \% 18.09$. O halde deney sonuçlarıyla karşılaştırıldığında (1) bağıntısı (2) bağıntısından daha iyi sonuç vermektedir. Bu nedenle alternatif olarak BS25 ve daha düşük dayanımlı betonlar için betonun çekme dayanımı basınç dayanımına bağlı olarak (1) bağıntısından bulunabilir.

TABLO 1: Elekten % geçen oranlar için
S ve V değerleri

E.G.A. mm	% geçen	S	% V
63	100	-	-
31.5	88	4.18	4.75
16	63	3.06	4.86
8	47	2.43	5.17
4	38	2.35	6.18
2	24	2.41	10.04
1	20	1.98	9.90
0.5	9	1.84	20.44
0.25	3	0.51	17.00
2	63	2.70	4.28
1	51	5.02	9.84
0.5	23	3.89	16.91
0.25	7	1.79	25.57
63	100	-	-
31.5	82	5.92	7.22
16	40	3.08	7.72
8	14	1.32	9.43
4	-	-	-

TABLO 2: Elekten % geçen oranlar için
S ve V değerleri

E.G.A. mm	% geçen	S	% V
30	96	0.71	0.74
15	85	0.76	0.89
7	70	1.28	1.83
3	57	1.88	3.30
1	29	1.73	5.96
0.2	2	0.64	32.00
3	82	2.73	3.33
1	42	2.39	5.59
0.2	4	1.11	27.75
30	87	2.36	2.71
15	51	4.10	8.04
7	-	-	-

TABLO 3: Deneysel ve teorik f_{ctk} değerlerinin karşılaştırılması

f_{ck} MPa	F_{ctk} MPa	$F_{ctk}(1)$ MPa	$F_{ctk}(2)$ MPa	$\frac{F_{ctk}(1)}{F_{ctk}}$	$\frac{F_{ctk}(2)}{F_{ctk}}$
21.471	1.896	2.023	1.622	1.067	0.855
19.920	1.823	1.876	1.562	1.029	0.857
17.503	1.779	1.649	1.464	0.927	0.823
13.129	1.383	1.237	1.268	0.894	0.917
11.512	1.197	1.084	1.188	0.906	0.992
14.846	1.320	1.398	1.349	1.059	1.022
12.110	1.207	1.141	1.218	0.945	1.009
7.885	0.804	0.743	0.983	0.924	1.223
17.640	1.522	1.662	1.470	1.092	0.966
16.233	1.477	1.529	1.410	1.035	0.955
14.988	1.371	1.412	1.355	1.030	0.988
12.481	1.175	1.176	1.236	1.001	1.052
10.816	1.037	1.019	1.151	0.983	1.110
11.867	1.051	1.118	1.206	1.064	1.147
10.903	0.953	1.027	1.156	1.077	1.213
9.997	0.910	0.942	1.107	1.035	1.216
16.637	1.610	1.567	1.428	0.973	0.887
14.572	1.402	1.373	1.336	0.979	0.953
13.383	1.352	1.261	1.280	0.932	0.946
12.733	1.308	1.199	1.249	0.917	0.954
12.025	1.211	1.133	1.214	0.935	1.002
10.412	0.948	0.981	1.129	1.035	1.191
9.394	0.910	0.885	1.073	0.972	1.179
8.979	0.830	0.846	1.049	1.019	1.264
11.815	1.138	1.113	1.203	0.978	1.057
10.827	0.952	1.020	1.152	1.071	1.210
9.927	0.830	0.935	1.103	1.127	1.329
8.715	0.789	0.821	1.033	1.040	1.309
7.397	0.729	0.697	0.952	0.956	1.306
8.328	0.769	0.784	1.010	1.020	1.313
6.659	0.552	0.627	0.903	1.136	1.636
4.914	0.497	0.463	0.776	0.931	1.561
17.138	1.718	1.614	1.449	0.940	0.843
10.003	0.989	0.942	1.107	0.953	1.119
6.740	0.745	0.635	0.909	0.852	1.220
17.395	1.439	1.639	1.460	1.139	1.015
9.479	1.097	0.893	1.078	0.814	0.983
7.929	0.752	0.747	0.986	0.993	1.311
14.317	1.210	1.348	1.324	1.115	1.094
10.186	0.847	0.960	1.117	1.133	1.319
4.980	0.487	0.469	0.781	0.963	1.604

$$X_1 = 0.9997, S_1 = 0.0786, V_1 = \% 7.86$$

$$X_2 = 1.1207, S_2 = 0.2027, V_2 = \% 18.09$$

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ACI 116R-90, Cement and Concrete Terminology, ACI Manual of Concrete Practice, Part I: Materials and General Properties of Concrete, Detroit, Michigan, 1994
- BLOEM D.L., Effect of Maximum Size of Aggregate on Strength of Concrete, National Sand and Gravel Assoc. Circular No:74, Washington DC, 1959
- COLINS L. and FOX R.A., Aggregates: Sand, Gravel and Crushed Rock Aggregates for Construction Purposes, Engineering Geology Special Publication No:1, The Geological Society, London, 1985
- COLINS L. and FOX R.A., Aggregates: Sand, Gravel and Crushed Rock Aggregates for Construction Purposes, Engineering Geology Special Publication No:1, The Geological Society, London, 1985
- GILKEY H.J., Water/Cement Ratio Versus Strength-Another Look, J. Amer. Concrete Inst., Part 2, 1961
- HARRISON W.H., Synthetic Aggregate Sources and Resources, Concrete, 8, No:11, London, 1974
- KAPLAN M.F., Flexural and Compressive Strength of Concrete as Affected by the Properties of Coarse Aggregates, J. Amer. Concrete Inst., 1959
- KOMLOS K., Comments on the Long-Term Tensile Strength of Plain Concrete, Magazine of Concrete Research, No:73, 1970
- NICHOLS F.P., Manufactured Sand and Crushed Stone in Portland Cement Concrete, Concrete International, 4, No:8, 1982
- Road Research Laboratory, Roadstone Test Data Presented in Tabular form, DSIR Road Note No:24, London, HMSO, 1959
- SAUL A.G.A., A Comparison of the Compressive, Flexural and Tensile Strength of Concrete, Cement and Concrete Assoc. Tech. Rep. TRA/333, London, 1960
- SHACKLOCK B.W. and KEENE P.W., Comparison of the Compressive and Flexural Strengths of Concrete with and without Entrained Air, Civil Engineering, London, 1959
- TS 2871 Taze Beton Kıvam Deneyi (Çökme Hunisi Metodu ile), TSE, 1977
- TS 2941 Taze Betonda Birim Ağırlık Verim ve Hava Miktarının Ağırlık Yöntemi ile Tayini, TSE, 1978
- TS 3114 Beton Basınç Dayanımı Deney Metodu, TSE, 1978
- TS 3129 Betonda Yarmada Çekme Dayanımı Tayini Deneyi, TSE, 1978
- TS 3129 Betonda Yarmada Çekme Dayanımı Tayini Deneyi, TSE, 1978
- TS 3523 Beton Agregalarının Yüzey Nemi Oranının Tayini, TSE, 1980
- TS 3526 , Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini, TSE, 1980
- TS 3527 Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini, TSE, 1980
- TS 3529 ,Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının, TSE, 1981
- TS 3530, Beton Agregalarının Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini (Granülometrik Birleşim Tayini), TSE, 1980
- TS 3694 Beton Agregalarında Aşınmaya Dayanıklılık, Aşınma Oranı Tayini Metodu, TSE, 1981
- TS 500 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, TSE, 1985
- TS 706 Beton Agregaları, TSE, 1980
- TS 707, Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi, TSE, 1980