

## 1. GİRİŞ

İnsanların yaşamak için çeşitli yapılara gereksinimleri vardır. Yapıda en önemli yeri malzeme alır. Sağlam, ekonomik ve iyi bir yapı malzeme temeli üzerine kurulur. Bir yapının ömrü malzemenin niteliği ve malzemenin uygun kullanılmasıyla artırılabilir. Aksi takdirde en üstün işçiliğin sağlanması ve gerekli özenin gösterilmesi bir şey sağlamaz.

Doğada mevcut ham malzemenin, işlenerek yapıda kullanılabilir hale getirilmesi, yapıların projelenip gerçekleştirilmesi, yapı ile ilgili teknik eleman görev ve sorumluluğu içerisine girer. Bu teknik elemanın yapıları başarı ile projeleyip, inşa edebilmesi için kullanılacak malzemenin özelliklerini tam anlamı ile bilmesi gerekir (1).

Beton halen günümüzde kullanılan önemli yapı malzemelerinden birisidir. Üretiminin kolaylığı, ucuzluğu, servis ömrünün uzun oluşu ve üzerine gelen yüklere karşı mukavemeti betonu en önemli yapı malzemesi durumuna getirmiştir (2).

Beton çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin karıştırılmasıyla elde edilen bir yapı malzemesidir. Betonun kaliteli olabilmesinde beton bileşenlerinin özellikleri, karışım oranları, betonun karıştırılması ve yerleştirilmesinde uygulanan işlemler önemli derecede etkili olmaktadır. Betonun bağlayıcısı olan çimento ülkemizin çeşitli yerlerinde standartlara uygun olarak üretilmektedir. Beton üretiminde kullanılan sular genelde şehir içme suları olup beton kalitesi üzerinde çok fazla bir rol oynamamaktadır. Ancak beton bileşimine giren agrega beton kalitesi üzerinde en fazla değişikliğe sebep olan bileşendir. Beton kalitesinin istenilen düzeyde olabilmesi için öncelikle beton yapımında kullanılan agregaların kendisinden istenen özelliklere sahip olması gerekmektedir. Agrega özelliklerinin belirlenmesinde arazi ve laboratuvar çalışmaları gerekmektedir (3).

Kum, çakıl, kırmataş, çuruf gibi çeşitli büyüklükteki taneli malzemelere agrega denir. Betonun ana iskeletini oluşturan agregalar, beton hacmi içinde yaklaşık olarak % 60 – 80 yer işgal eder (4).

Beton agregaları derelerden, ırmaklardan yada agregâ ocaklarından elde edilir ve bunlar doğal agregâ olarak isimlendirilir (5). Agregânın granülometrik dağılımı, yani agregânın tane çaplarının toplam agregâya oranı iyi ayarlandığında az boşluklu dayanımı yüksek beton elde edilmesi mümkün olarak görülmektedir. Üretilen betonun dayanımı ile karışımındaki iri agregâ oranı arasında önemli bir ilişki mevcuttur.

Agregâ ile çimento hamurunun birbirine yapışmasında tane büyüklüğü önemli bir faktördür. Yüksek dayanımlı beton üretilirken karışımındaki ince agregâ, iri agregâya göre daha etkin bir sıkıştırma yapılmasını sağlar. İnce agregâ aynı ağırlıktaki iri agregâya göre daha geniş bir yüzey alanına sahip olduğundan, ince agregânın kullanılması durumunda agregâ yüzeylerini örtmek için daha fazla çimentoya ihtiyaç duyulur (3).

Agregaların özellikleri kendisinden yapılan betonun özelliklerine de aynen yansır (4). Dolayısıyla betonda kullanılacak agregaların bazı önemli özelliklere sahip olması zorunludur.

Agregâ suyun etkisi altında yumuşamamalı, dağılmamalı, çimento bileşenleri ile zararlı bileşikler meydana getirmemeli ve donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidir. Agregâ kullanma şekli ve amacına göre granülometrik bileşim, tane şekli, tane dayanımı, aşınma direnci, donmaya karşı dayanıklılığı ve zararlı maddeler bakımından standartlarda öngörülen limitler içerisinde olmalıdır (6).

Granülometrik dağılımdan istenen kompasiteyi maksimum yapmaktır. Bunun için betonlarda agregâ oranlarını hesaplayan bilgisayar programları geliştirilmiştir (7). Kompasitesi maksimum olan agregâ ile yapılan betonlarda daha az çimento ihtiyacı olur ve basınç dayanımına etkisi büyüktür (2).

Doğal agregâlardan en iyi malzemeler akarsulardan elde edilir. Bunlar temiz ve düzgün tanelerden oluşur. Kompasitesi yüksek olduğundan beton dayanımına etkileri fazladır.

Bazı akarsu yataklarından çıkarılan malzeme beton agregası olarak o kadar iyi kaliteye sahiptir ki, uygun granülometrik dağılım olarak şartnamelerce istenilen derecelenmeyi tam olarak sağlar. Örneğin; Karadeniz bölgesindeki akarsuların çoğunun yatakları, mansaba doğru yaklaştıkça bu derecelenmeyi verir (6).

Özelliklerine göre beton kalitesini etkileyen faktörler su, çimento ve agregadır. Günümüzde beton imalinde kullanılan çimentonun standartlaştırılmış olması ve suyun kalitesine bağlı olarak beton özelliklerine nasıl etki edeceğinin kısmen de olsa bilinmesi nedeniyle beton kalitesini etkileyen faktörlerden agrega özelliklerinin öncelikle tespit edilmesi gerekir. Betonun iskeletini oluşturan agreganın özellikleri betonun işlenebilirliği, dayanımı ve geçirgenlik değeri gibi özellikleri üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Özellikleri tam olarak bilinmeyen bir agregayla imal edilecek betondan istenilen faydanın sağlanması mümkün olmayabilir (8). Postacıoğlu (1987) tarafından beton özelliklerinin istenilen değerleri alabilmesi için agrega karakteristiklerinin gerekli koşulları sağlaması gerektiğini bildirmiştir (8). Agreganın özelliklerinin iyi bilinmemesi, agreganın potansiyeline uygun olmayan beton üretimi yapılmasına neden olacaktır. Daha az malzemeyle aynı işlev yerine getirilebilecekken, agreganın potansiyelinden düşük düzeyde faydalanılması sonucu daha fazla malzeme kullanılacaktır. Böylece kalite düşecek maliyet yükselecektir. Bu, özellikle ülkemiz gibi gelişmekte olan ve mevcut kaynaklarını en verimli şekilde kullanması gereken ülkeler için dikkat edilmesi gereken önemli bir konudur.

Tüm Türkiye’de olduğu gibi Rize ilinde de genelde yapılar betonarme olarak inşa edilmektedir ve normal beton yapımında doğal agregalar kullanılmaktadır.

Rize ilinde hazır beton üretiminde kullanılan agrega ihtiyacı genelde akarsular üzerinde işletilmekte olan kum ocaklarından temin edilmektedir. Bu bakımdan bu araştırmanın yapılmasının gerekli olduğu düşünülmüştür. Bu çalışmada Rize ili İyidere deresindeki agregaların hazır beton üretiminde kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. I. Bölümde giriş ve agregalar hakkında genel bilgiler verilmiştir. II. Bölümde agregalarla ilgili daha önce yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar verilmiştir. III. Bölümde agregaların temin edildiği bölgenin özellikleri ve agrega deneylerinde kullanılacak yöntemler açıklanmıştır. IV. Bölümde yapılan deneylerin sonuçları verilmiştir. V. Bölümde de araştırma sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Agregalar

Agrega doğal, yapay veya her iki cins mineral malzemenin genellikle 63 mm'ye kadar çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış veya kırılmış tanelerin bir yığıdır. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere agregalar:

- ✓ doğal- yapay,
- ✓ kum- çakıl
- ✓ hafif- yoğun

olmak üzere gruplandırmak mümkündür. Doğal agrega akarsu yataklarından, teraslardan, göllerden, çöllerden ve denizlerden elde edilen agregadır. Doğal kum ise tabiattaki taş ve çakılların yani iri tanelerin atmosfer, su ve diğer çeşitli dış etkiler ile fiziki ve kimyevi olarak ayrışıp ufalanması yolu ile oluşan ince taneli agregadır (6).

Agregalar doğada, doğal olarak buldukları gibi iri taş parçalarının konkasör adı verilen taş kırma makinelerinde kırılması sonucunda da elde edilebilirler. Konkasörden elde edilen agreganın irisine kırmataş incesine de kırma kum denir. Türkiyede kullanılan mıcır numaraları ve bunlarla ilgili elek çapları Çizelge 2.1'de verilmiştir (4).

Çizelge 2.1. Mıcır Numaraları ve Çapları (4)

Mıcır	Üzerinde kaldığı elek çapı (mm)	Geçtiği en küçük elek çapı (mm)
1 No	4	12
2 No	12	24
3 No	24	30
4 No	30	40

Kırmataş veya çakılın beton yapımında kullanılmasının beton için olumlu ve olumsuz etkileri vardır. Çakıl taneleri şekil olarak yuvarlak olduğu için, yüzeyleri kırmataş'a göre az pürüzlüdür. Dolayısıyla beton için kırmataş'a göre daha az çimentoya ihtiyaç duyulur ve daha az boşluklu yani yüksek kompasiteli beton

üretir. Kıırma taşın ise, pürüzlü yüzeyleri çok olduğundan beton için hem çok çimentoya ihtiyaç duyulur hem de kompasite daha düşüktür. Kompasitelerin düşük olması beton dayanımını da olumsuz yönde etkiler. Beton Kompasitesi %80'den aşağı düşmemelidir (4).

Kompasite %5 azalırsa mukavemet %30 azalır

Kompasite %10 azalırsa mukavemet %60 azalır

Kompasite %20 azalırsa mukavemet %80 azalır

### 2.1.1. Agregaların özellikleri

Beton üretiminde kullanılacak agregalar TS 706'ya uygun olmalıdır. Agregalarda aranan en önemli özellikler şunlardır;

- ✓ Sert, sağlam, dayanıklı ve boşluksuz olmalı, suyun etkisiyle yumuşamamalı, dağılmamalı,
- ✓ Basınca, aşınmaya karşı mukavemetli olmalı,
- ✓ Kil ve şist gibi malzemeleri içermemeli,
- ✓ Yassı ve uzun taneleri bünyesinde bulundurmamalı,
- ✓ Zayıf taneler (deniz kabuğu, ağaç parçacığı, kömür parçası), içermemeli (10),
- ✓ Çimento bileşenleriyle zararlı bileşikler meydana getirmemeli ve donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemeli,
- ✓ Tanelerin biçimi, dokusu iyi olmalı,
- ✓ Tanelerin büyüklük bakımından dağılımı amaca ve standartlara uygun olmalı,
- ✓ Agregada içinde zararlı maddeler bulunmamalıdır (11).

### Agreganın fiziksel özellikleri

Agregaların fiziksel özellikleri denildiğinde başlıca şu özellikler ön plana çıkar; birim ağırlığı, özgül ağırlığı, kompasitesi, boşluk oranı, agreganın su emme kapasitesi ve mevcut rutubet durumu, donma-çözülme ve diğer fiziksel etkenlere karşı dayanıklılık (11).

Birim ağırlık:  $1\text{m}^3$  hacmi dolduran agreganın ağırlığına birim ağırlık denir. Agregayı kuru halde iken gevşek olarak bir kaba boşaltarak bulunan birim ağırlığa “gevşek birim ağırlık” ve yine kuru iken hacmi belirli olan kaba üç kademede her kademeye 25 şişleme yapılarak sıkıştırıldıktan sonra bulunan birim ağırlığa ise “sıkışık birim ağırlık” denir (6).

Birim ağırlıktan agregada içindeki boşluk miktarı hesaplanabildiği gibi, özel amaçlar için agreganın uygun olup olmadığı da değerlendirilebilir; ayrıca agreganın granülometrik bileşimi ve kusurlu malzemenin varlığı hakkında fikir vermektedir (6).

Birim ağırlığa etki eden faktörler:

- ✓ Agreganın granülometrisiyle boşluk miktarı değişmektedir. Boşluk miktarının az olması birim ağırlığı artırır.
- ✓ Agreganın tane şekli yuvarlak, köşeli, yassı veya kusurlu olabilir. Kusurlu malzemenin fazla miktarda olması boşluğu arttırdığından birim ağırlık düşecektir.
- ✓ V hacmine sahip bir kalıba yerleştirilirken sarsıntıya maruz bırakılırsa veya çubukla şişlenirse, kabı az boşluk bırakarak doldurur. Bu da birim ağırlığın büyük bir değer almasını sağlar.
- ✓ Agreganın özgül ağırlığının fazla olması, agregada ağırlığının büyük olduğunu gösterir. Dolayısıyla birim ağırlık artar.
- ✓ Agreganın mevcut nem durumu (tamamen kuru, hava kurusu, ıslak gibi) da birim ağırlığa etki eden faktörler arasındadır.

Birim ağırlığı yüksek bir betonun dayanımı, dayanıklılığı ve taşıma gücü fazladır. Beton agregalarının birim ağırlığı  $1,300\sim 1,850\text{ kg/dm}^3$  arasında değişir (11).

Agreganın sıkışma oranı ne kadar yüksek olursa, basınç dayanımı ve dış etkilere dayanımı da o kadar yüksek olur (11).

Özgül ağırlık: Belli hacim ve sıcaklıktaki bir malzemenin, havadaki ağırlığının, aynı hacim ve sıcaklıktaki damıtık suyun havadaki ağırlığına oranıdır.

Bu özellik, agrega kökeni hakkında bilgi verir ve beton bileşenlerinin hesabında kullanılır. Betonda kullanılacak agreganın özgül ağırlığının 2,2-2,9 kg/dm<sup>3</sup> arasında olması istenir (6).

Özgül ağırlık değerlerine agregaların jeolojik kökenlerinin etkidiği, silisli agregaların özgül ağırlığının 2,65 kg/dm<sup>3</sup>, kalkerli agregaların 2,70 kg/dm<sup>3</sup>, farklı kökenli kütlelerden oluşan agregaların ise özgül ağırlığının 2,55 - 2,70 kg/dm<sup>3</sup> arasında değiştiği bilinmektedir (3).

Özgül ağırlık, agreganın uygunluğunu belirtir. Düşük özgül ağırlık sağlam olmayan malzemeyi, yüksek özgül ağırlık ise kaliteli betona uygun agregayı tanımlar. Özgül ağırlık, beton karışım hesabında, bu hesapların düzeltilmesinde ve beton üniformaluluğunun zorunluluğu durumlarında gereklidir. Düşük özgül ağırlık agreganın boşluklu ve zayıf olmasına bir işarettir (6).

Birim ağırlık/özgül ağırlık oranı ile hesaplanan doluluk oranının agreganın dayanımı ile paralellik göstermekte olduğu, boşluk miktarı az olan agreganın özgül ağırlığının, buna bağlı olarak da kompasite ve dayanımının arttığı bilinmektedir (12).

Beton agregalarının özgül ağırlığı için bir limit değer getirilmemiştir (4). Betonda kullanılacak agregaların özgül ağırlığının 2,55 kg/dm<sup>3</sup>'ten büyük olmasının çeşitli yönlerden yarar sağlayacağı bilinmektedir (13).

Agreganın kompasitesi: Agreganın kompasitesi ile birim hacimdeki agregada tanelerin işgal ettiği hacmin toplamı anlaşılmaktadır. Agreganın, özgül ve birim ağırlıkları bilinmek suretiyle kompasitesi hesaplanabilir. Birim ağırlık her zaman için özgül ağırlıktan küçük olduğu için kompasite de 1'den küçük bir değer alır.  $V_t$ , belirli hacim ve  $V_h$ , tanelerin işgal ettiği hacim olmak üzere kompasite şu denklemle ifade edilebilir:

$$k = (V_h / V_t)$$

[2.1]



Özgül ve birim ağırlık cinsinden ise:

$$k = (\Delta a / \delta a) \quad [2.2]$$

olarak ifade edilir. ( $\Delta a$ ) birim ağırlık ve ( $\delta a$ ) özgül ağırlıktır. Agreganın sıkıştırma işlemine tabi tutulmadan yerleştirilmesi sonucunda kompasite 0,40-0,70 arasında değer alır (11).

Agregaların kompasitesinin küçük olması şu zararları meydana getirir:

- Üretilen betonun kompasitesi ve mukavemeti düşük olur,
- Kullanılan çimento miktarı artar,
- Betonun maliyeti yükselir,
- Kusurlu malzeme miktarı artar. Bu da işlenebilme özelliğine etki yaparak mukavemetin düşmesine neden olur,
- Dış etkilere karşı dayanıklılık azalır (11).

Porozite: Kaba agregata tanelerinin boşluklarının (porozitesinin) az olması bu tanelerin mukavemetinin genelde yüksek bir değer almasına sebep olur. Porozitenin yüksek olması ise, agreganın donmaya ve çevre etkilerine dayanıklılığını azaltır. Agregaların % 12'den az su emmesi normal kabul edilir. Boşluklu malzemelerin donmaya karşı dayanıklı olması için doyma derecelerinin % 80'den küçük olması gereklidir (19).

İri agregata tanelerinin porozitesinin küçük olması ile bu tanelerin mukavemetinin yüksek bir değer alması sağlanır. Mukavemeti yüksek olan taneler kullanılmakla da betonların mekanik mukavemetini arttırmış oluruz (6).

Agregadaki mevcut nem durumu: Genel olarak agregata taneleri arasında iki tip boşluk bulunmaktadır. Bu boşluklardan bir tanesi tane yüzeylerinde ince çatlaklar olarak oluşmuş olan veya tane içerisinde olup da yüzeydeki boşluklarla bağlantılı olan su geçirgen boşluklardır. Bu boşlukların içerisine, su kolayca girip çıkabilir ve bu boşluklara su geçiren boşluklar denir. Diğer boşluk tipi ise, agreganın oluşması esnasında meydana gelmiş olan kapalı içerisine kolaylıkla su giremeyen boşluklardır ve bu tip boşluklara su geçirmeyen boşluklarda denir (11).

Agrega tanelerinin karşı karşıya kaldıkları ıslanma/kuruma veya kuruma durumlarına göre su giren boşlukların içerisinde hiç su bulunmayacağı gibi, boşlukların içi tamamen veya kısmen su ile dolu olabilir. Bazen agrega tanelerinin boşlukları su ile dolu ve yüzeyleri bir miktar su filmi ile kaplı olabilir (11).

Agrega tanelerinin oluşturduğu yığınları içerisindeki su miktarlarına göre şöyle sıralayabiliriz (11);

*Etüv kurusu taneler:* Agregataneleri etüv kurusu, değişmez ağırlığa kadar ( $105^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta) etüvde kurutulan malzemenin ağırlığıdır. Genel olarak hava dolaşımına bir etüvde 24 saat kurutulan malzemenin daha sonra desikatörde (rutubetsiz ortamda), ortam sıcaklığına getirilerek tartılan malzemenin havadaki ağırlığıdır. Laboratuvar çalışmalarında bu durumda agrega kullanılmaktadır. Gerçek uygulamada böyle bir agrega elde etmek olası değildir (6).

*Tamamen kuru taneler:* Agregatanelerinde herhangi bir şekilde hiç su bulunmamaktadır. Kurak bölgelerde veya çöllerde bu durumda agrega ile karşılaşılabilir (6).

*Kuru yüzeyli taneler:* Tanelerin içindeki boşluğun bir kısmı su ile doludur, fakat tanelenin yüzeyi tamamen kurudur. Akarsu yatağından veya yıkanarak elde edilen agregalarda rastlanır. Bu agregalar güneş ve rüzgar etkisiyle kuru yüzeyli doygun agregaları meydana getirir (6).

*Kuru yüzeyli doygun taneler:* Tanelerin boşluklarının tamamı su ile dolması ve yüzeyinin tamamen kuru olması halidir (6).

*Islak taneler:* Agregadaki boşluklar su ile dolu olduğu gibi yüzeyde de su vardır. Bu durumdaki agrega ile beton üretmek hesaplamalarda hatalara neden olduğu bilinmektedir (6).

Rutubet iki şekilde önemlidir. Birincisi ince agrega yani kumda kabarmaya sebep olacağından kumdaki kabarma dikkate alınmadan katılırsa gerçek hacminden fazla görüneceğinden  $1\text{m}^3$  betona giren kum az olacak dolayısıyla boşluklu bir beton

üretilmiş olacaktır. İkincisi ise daha da önemli su miktarı göz önüne alınmadan agrega kuruymuş gibi su katılırsa beton dayanımında fazla sudan dolayı önemli düşüşler olacaktır. Bu sebepten rutubet miktarı tayin ederek o miktarda karışıma az su katmamız gerekir (4).

*Agregaların hava tesirlerine karşı dayanıklılığı:* Doğal olarak oluşmuş kum ve çakıl veya bunlardan kırılarak elde edilen agregalar, doğada uğradıkları ayıklanma olayı nedeniyle çok az miktarda dona duyarlı taneleri içerirler. Agreganın dona dayanıklılığı şu sınırlarda olmalıdır:

- ✓ Suya doygun halde sık sık donma ve çözülme olayı etkisinde kalan betonlar için agreganın, suda donma deneyinde belirtilen elek üzerinden geçen miktarın ağırlıkça % 4'ünden büyük olmaması halinde yeterlidir. Örneğin, açıktaki beton döşemeler ve su yapılarındaki çıplak beton yüzeylerde olduğu gibi açıktaki döşemelerin dondan zarar görmesi mümkündür.
- ✓ Boşlukları tam olarak suya doygun bulunmayan agreganın dona dayanıklılığı havada donma deneyinde belirtilen elek üzerinden geçen miktarın % 4'ünden büyük olmaması halinde yeterlidir (6).

Boşluklu agrega, içine su alır ve donma sırasında su genişleyerek agregayı parçalar. Dere ve nehirlerden alınan agregalar dona dayanıklıdır. Beton agregasında su emme oranı, % 1'den az olmalı ve içerisinde çapı 5 mm'den büyük ve sürekli boşluklar bulunmamalıdır. Porozitenin veya su emmenin fazla olması, agregaların donmaya karşı dayanıklılığını azaltmaktadır. Agregaya ile çimento hamuru arasındaki aderans mukavemetinin yüksek olması halinde betonlar donmaya daha dayanıklıdır (11).

Sonuç olarak beton agregası, uzun zaman yeterli sağlamlıkta bozulmaksızın hava tesirlerine karşı koyabilecek kadar dirençliyse, fiziki olarak dayanıklı kabul edilir. Fiziki olarak zayıf, su emmesi yüksek, kolaylıkla çatlayabilen ve doygun hale geldiği zaman suyu yutan agregalar ağır hava koşullarında (don, ıslanma, kuruma vs.) bozulmaya uygundur.

TS 3655'de agreganın sodyum sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) ile yapılan dona dayanıklılık deneyinde don kaybı kum için % 5, çakıl için ise % 18 olarak sınırlanmıştır (6).

### **Agreganın mekanik özellikleri**

Agregalarda aranan en önemli özelliklerinden biri mekanik mukavemetlerinin bunların içinde özellikle basınç mukavemetinin yüksek olmasıdır.

*Agregaların basınç mukavemeti:* Basınç mukavemetinin, malzemenin porozitesi ile yakın ilişkisi vardır. Porozitenin küçük olması agrega mukavemetini artırır. Agreganın jeolojik bakımdan durumu bize mekanik mukavemeti ile ilgili kuvvetli fikirler verir. Betonda kullanılacak agreganın basınç dayanımının en az 60 MPa olması istenir (11).

*Agregaların aşınmaya mukavemeti:* Yol ve hava meydanlarındaki beton, çarpma ve aşınma etkisi altındadır. Betonun bu etkilere dayanabilmesi için, yapımında kullanılan iri agreganın aşınmaya ve çarpmaya karşı büyük mukavemete sahip olması gerekir (6).

Basınç dayanımının 100 MPa'dan az olması halinde, kuşkulu durumlarda veya yapay agregalarda aşınmaya dayanıklılık deneyleri sonuçlarına bakılır. Bilyeli Tamburla yapılan aşınmaya dayanıklılık tayini deneyinde, 100 dönüş sonunda % 50'den az, darbe ile aşınmaya dayanıklılık tayini deneyinde aşınmaya maruz beton yapımında kullanılacak agregalar için ağırlıkça % 30'dan, diğer agregalar için ağırlıkça % 45'den az kayıp bulunmuş ise agrega yeterli olarak kabul edilebilir (6).

Deneyler sonunda saptanan kayıpların bu değerlerden büyük olması halinde, söz konusu agrega ile beton yeterli deneyi yapılmalıdır.

Camsı agregalar, şistler, marnlı kireçtaşları, iri kristalli taşlar aşınmaya mukavemet gösteremezler, özgül ağırlığı fazla ve sert olan taşların (bazalt) ise aşınmaya mukavemetleri yüksektir. Aşınmaya karşı mukavemetleri yüksek olan agregaların basınç mukavemetleri de yüksek olur (6).

Agregaların çarpmaya dayanıklılığı: Betonun çarpmaya dayanıklı olmasında kullanılan agreganın önemli etkisi vardır. Bu nedenle kullanılmadan önce kontrol edilmelidir. Basınç deneyinden pek farklı olmayan çarpma deneyinde agrega çelik bir silindir içine yerleştirilir ve belirli bir mesafeden belirli bir ağırlık belirli sayıda düşürülmek suretiyle malzeme çarpma etkisi altında tutulur. Elekten elenmek suretiyle çarpma etkisi altında agreganın dayanıklılığı hakkında fikir edinilebilir (11).

### **2.1.2. Agregaların sınıflandırılması**

Betonun ana iskeletini oluşturan agrega beton hacmi içinde yaklaşık olarak % 60-80 yer işgal eder. Dolayısı ile betonda kullanılacak agregaların bazı önemli özelliklere sahip olması zorunludur.

Agrega suyun etkisi altında yumuşamamalı, dağılmamalı, çimentonun bileşikleri ile zararlı bileşikler meydana getirmemeli ve donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidir. Agreganın kullanma şekli ve amacına göre granülometrik bileşim, tane şekli, tane dayanımı, aşınma direnci, donmaya karşı dayanıklılığı ve zararlı maddeler bakımından standartlarda öngörülen limitler içerisinde olmalıdır (6).

O halde bu özellikleri sağlamak açısından agrega çeşitlerini tanımada fayda vardır. Agregalar genel olarak elde edilmiş şekillerine, birim ağırlıklarına, boyutlarına, tane şekline, yüzey dokusuna, kaynaklarına, jeolojik ve mineralojik yapılarına göre sınıflandırılabilirler (6).

### **Elde edilmiş şekillerine göre agrega çeşitleri**

Doğal agregalar: Akarsu yatağı, deniz, buzul, çöl ve teras agregaları olarak gruplandırılırlar. Bu agrega grupları içinde yaygın olarak kullanılan akarsu yatağından elde edilen agregalardır (14).

Akarsu agregaları: Akarsu yataklarındaki agrega ocakları en çok rastlanan ve en fazla arzu edilen kaynaklardır. Çünkü;

- Ekonomiktir (kırma maliyeti yoktur),
- Taneler genellikle yuvarlaktır,
- Aşınma sırasında malzeme içindeki yumuşak ve zayıf taneler elimine edilir,
- Sürüklenme ile meydana gelen aşınma neticesinde ufalanan tanelerden geriye sadece sert, sağlam ve dayanıklı taneler kalır.

Doğal agregalardan en iyi malzemeler akarsulardan elde edilir. Bunlar temiz, düzgün tanelerden oluşur. Kompasitesi yüksek olduğundan beton dayanımına etkileri fazladır (14).

*Deniz agregası:* Bunlar tekdüze taneli genellikle ince malzemelerdir. Deniz kenarlarındaki midye, istiridye kabukları (kavkı) bazı durumlarda sorunlar çıkarırlar. Bunlar agreganın yerleşmesini güçleştirir, dona dayanıklılığını düşürür, bazen de düşük dayanımlı taneler oluştururlar (14).

*Teras agregası:* Yamaç birikintileri, dik ve yüksek yamaçlardan kayan ve kopan kaya parçalarının dipte birikmesiyle meydana gelir. Bu tip agregada derecelenme pek iyi olmaz, agrega şeklen köşeli tane yapısı gösterir. Kırma ve eleme işlemlerinden sonra beton agregası olarak kullanılabilir.

Çöl ve teras agregası betonda tek başına kullanılmaz. Tane çapı dağılımında ince veya iri malzeme eksikliği gösteren agregaya karıştırılarak kullanılır. Betonda yalnız başına ince agrega olarak kullanıldığında karışımdaki yüzdesine çok dikkat edilmelidir. Miktarın gerekenden az veya çok oluşu, çok kötü neticeler verebilir (6).

*Buzul agregası:* Buzul agregaları kuzey paralel dereceleri ile yüksek rakımlarda bulunmaktadır. Bunlara daha çok Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzey batısında, İskandinavya'da ve Kuzey Rusya'da rastlanılmaktadır. Buzul agregaları gerçek buzul agregaları ve nehir buzul agregaları olmak üzere ikiye ayrılırlar ve birbirinden çok farklı karakterdedirler (15).

Gerçek buzul agregaları buzul buzu tarafından taşınmış olup akarsu sürüklenmesinde görülen özel hareketlere ve aşınma etkilerine maruz kalmamışlardır. Bu nedenle bu

tip agregaları genellikle heterojen şekil ve irilikte, kalitesi çok değişen zayıf elemanları, akarsularda olduğu gibi aşınmaya maruz kalarak parçalanmış malzemeleri içerirler. Nehir buzulu agregaları ise daha çok buzul taş (morenler) yığıntılarının mansab tarafından akarsu yatağı içinde veya sellerin meydana getirdiği düzlüklerde görülürler (15).

Gerçek buzul agregaları akarsu hareketlerine maruz kalmadıklarından çok fazla üniformaluluk gösterirler. Dolayısıyla beton agregası olarak kullanılmaya elverişli değildirler. Nehir buzulu agregaları ise genellikle uygun agrega malzemesi elde edilebilir (15).

*Çöl agregası:* Rüzgarların sürüklemesi sonucunda meydana gelmiş birikinti malzemesi çok ince kum tanelerinden oluşmuştur. Normalde rüzgarın şiddetli aşındırma etkisiyle az dayanıklı parçalar ayrılmış olduğundan genellikle kuvarz taneciklerinden oluşmaktadır (6).

*Yapay agregalar:* Yapay agregaların bir diğer adı da sanayi ürünü agregalardır. İkinci bir işlem sonucu beton yapımında kullanılır hale getirilebilir. Bunlar yüksek fırın cüruf taşı, izabe cürufu veya yüksek fırın cüruf kumu sanayi ürünü olan kırılmış veya kırılmamış yoğun yapılı agregalardır. Yapısal, fiziksel ve şekilsel değişiklikler gösterir. Özel amaçlar için ihtiyaç duyulduklarından, kullanılma yerleri sınırlıdır (11).

Genel olarak yapay agregalar gözenekli bir yapıya sahip olduklarından ses, ısı ve hacimleri bölme amacıyla üretilen betonlarda kullanılır. Bu agregalar arasında kırılmış kiremit veya tuğla, rende talaşı, hızar talaşı vb. sayılabilir. İyi kalite tuğlaların kırıklarıyla yapılan beton yangına karşı dayanıklı olur (11).

Genleştirilmiş perlit; çıkarıldıktan sonra kırılıp öğütülerek belirli tane büyüklüğü sınıfına getirilen perlitin türüne göre (700-1200 °C) sıcaklıktaki bir fırında, kontrollü olarak genleştirilmesi ile elde edilen, beyaz veya kirli beyaz renkli, gözenekli, hafif (0,03-0,25 kg/dm<sup>3</sup> gevşek birim ağırlığa sahip) tanelerden oluşan malzemedir.

Agrega olarak, hafif beton yapımında kullanılmak üzere uygun birim ağırlık ve granülometride hazırlanmış genişletilmiş perlittir (6).

Genleştirilmiş yüksek fırın cürufu; ergimiş yüksek fırın cürufunun su+buhar veya su + basınçlı hava ile karşılaştırılması sırasında oluşan gözenekli taneli hafif malzemedir (6).

### **Birim ağırlıklarına göre agregâ çeşitleri**

Hafif agregalar: Birim ağırlığı  $2,4 \text{ kg/dm}^3$ 'ten küçüktür ve hafif beton elde etmek için kullanılırlar. Betonun birim ağırlığını azaltmak ses ve ısı yalıtım özelliklerini artırmak için bazen de cüruf vb. gibi atık maddeleri değerlendirmek için kullanılan agregalardır. Boşlukta yapıya sahiptirler. Su emmeleri ve boşluk oranları yüksektir. Tabiatan doğrudan doğruya elde edilebilecek hafif agregâ yatakları mevcuttur. Dolaylı olarak da elde edilebilirler. Bu agregaları sünger taşı, ponza bims, volkan tüfleri, diyatamit, yüksek fırın cürufu, hızar talaşı, rende talaşı ve genişletilmiş kil, perlit, şist vb. isimler altında sıralayabiliriz (4).

Hafif agregalar birim ağırlıklarının yanında elde edilişlerine göre gruplandırılır.

Hafif tabii agregâ: Genel olarak doğada oluşumu esnasında yüksek sıcaklıklarda gözenekli (süngerimsi) yapı kazanmış, kırma ve eleme işleminden başka bir işleme gerek duyulmayan hafif agregalardır. Bu agregaları sünger taşı (ponza, bims), volkan tüfleri, diyatamit, yüksek fırın cürufu, hızar talaşı, rende talaşı ve genişletilmiş kil, perlit, şist vb. isimler altında sıralayabiliriz. Bu agregaların birim ağırlıkları  $1,0 \text{ kg/dm}^3$  civarındadır (6).

Bims (ponza, sünger taşı gibi); bir birine bağlantısız boşluklu sünger görümlü, silikat esaslı, etüv kurusu yoğunlukları genellikle  $1,0 \text{ kg/dm}^3$ 'den küçük, sertliği Mohs skalasına göre 6 civarında camsı doku gösteren volkanik bir agregadır (6).

Havada soğutulmuş yüksek fırın cüruf beton agregası; yüksek fırın cürufunu belirli yöntemlerle yavaş yavaş soğutulması ile elde edilen, genellikle 40 mm'ye kadar



çeşitli büyüklüklerde kırılmış veya kırılmamış taneler yığındır. Etüv kurusu yoğunlukları ortalama olarak  $1,4 \text{ kg/dm}^3$  civarındadır (6).

Hafif agrega betonu, normal agrega betonundan daha pahalıya mal olmaktadır. Çünkü karışımın hazırlanmasında daha fazla çimentoya ihtiyaç duyulmaktadır. Betonun dökülmesinde de özel itina gerekmektedir (6).

*Hafif suni agrega:* Genel olarak, agrega üretim esnasında işlem görmüş veya bir sanayinin atık maddesi olarak elde edilen agregalardır. Başlıca bileşikleri hafif hücreli ve granüle inorganik elemanlardan meydana gele, yüksek fırın cürufu, genişletilmiş kil ve perlit, uçucu kül, obsiden, vermikulit, tuğla kiremit parçaları şist ve arduzdır. Birim ağırlıkları  $1,2 \text{ kg/dm}^3$  civarındadır (6).

*Ağır agregalar :* İhtiyaca göre ağır beton elde etmek için kullanılırlar. Birim ağırlıkları  $2,8 \text{ kg/dm}^3$ 'ten büyüktür. Örneğin, doğal ağır agregalar arasında barit, manyetit, hematit, limonit sayılabilir. Yapay ağır agregalara ise, demir ve çelik hurdasını örnek verebiliriz. Ağır agregalar nükleer santral gibi, su deposu, hastanelerde röntgen odaları gibi geçirimsizliği az kompasitesi yüksek beton üretimi istenen yerlerde kullanılır (9).

*Normal ağırlıklı agregalar:* Etüv kurusu yoğunlukları  $2,0 \text{ kg/dm}^3$ 'den büyük,  $3,0 \text{ kg/dm}^3$ 'den küçük olan bu agregalar, doğal akarsu yatağından elde edilen kırma (mıcır) agregalardan oluşmaktadır (6).

### **Tane boyutlarına göre agrega çeşitleri**

Agregaları boyutlarına göre ince agrega (kum), iri agrega (çakıl) ve Tuvenan (karışık) agrega olmak üzere üç sınıfa ayırmak olasıdır.

*İnce agrega (kum):* İnce agrega, doğal kum, kırma kum (ince mıcır) veya bunların karışımından elde edilen ve 4 mm göz açıklıklı kare gözlü elekten geçen agregadır. İnce agrega taneleri, sert ve sağlam olmalıdır (11).

Kırma kum; kırılarak elde edilen ince agregası (kum) grubudur. İri tanelerin konkasör veya değirmenlerde kırılmasıyla elde edilir. Ancak bir tanenin kırılmış kabul edilebilmesi için yüzeyinin en az yansının kırılmış olması gerekir. En büyük tane büyüklüğü; bir tane sınıfının (grubunun) üst anma büyüklüğüdür. Yani kumda 4 mm'lik elekten geçen tanedir (6).

İri agregalar (çakıl): Kırmataş, çakıl veya bunların karışımından elde edilen ve 4 mm çaplı eleğin üstünde kalan malzemelerdir.

Karışık (tuvenan) agregalar : Doğal agregası ocağından doğrudan doğruya elde edilen elenmemiş ince ve iri agregası karışımıdır. Standartlar ve şartnameler zorunlu kalmadıkça karışık agregası kullanılması istenmemektedir (9).

### **2.1.3. Agregası granülometrisi**

Agregası yığılmasında bulunan tanelerin oranlarının belirlenmesine granülometri denir. Kaliteli yani, yüksek mukavemetli beton üretebilmek için agregası boyutları çok önemlidir. Bunun için granülometrik bileşim bulunmalıdır. Bulunan değerlere göre en az boşluklu beton için hangi agregadan hangi oranda alınacağı belirlenir. Agregada en büyük tane miktarı "D" ile gösterilir.  $D_{max}$  seçiminde çeşitli kriterler vardır. D'yi mümkün oldukça büyük almamız gerekir. Böylece karışıma giren su ve çimento miktarı azalır ve mukavemet artar. Türkiye'de  $D_{max}$  genellikle 32 mm'dir (4).

Agregayı oluşturan taneler çeşitli boyutlardadır. Boyutlara ayırma işlemine eleme denir. Eleme, bir veya daha çok sayıda deney eleği kullanılarak taneleri gruplara ayırma işlemidir. Aynı agregası da belirli büyüklükteki taneler sürekli belirli miktarda bulunur. Granülometrik bileşim, agregası numunesinde boyutları belirli sınırlar arasında bulunan tanelerin agregası içinde ne miktarda bulunduğunu ortaya koyar. Bu da agregası üzerinde granülometri deneyi yapılarak bulunur. Agregasının granülometrik bileşiminin, o agregayı kullanarak üretilen beton üzerinde büyük etkisi vardır. Granülometri betonun kompasitesini, yoğurma suyu miktarını, dayanım ve

dayanıklılığını büyük ölçüde etkiler. Bu nedenle betonda kullanılacak agregaların granülometrik birleşimleri mutlaka saptanmalıdır (6).

Agrega tane boyutunun ayarlanmasında çimento kumun boşluklarını, kum da çakılın boşluklarını dolduracak şekilde olmalıdır. Granülometri beton mukavemetini dolaylı şekilde etkilerken işlenebilmeyi doğrudan etkilemektedir (11).

Bir agreganın granülometrik bileşiminin betonun özellikleri üzerinde büyük etkisi olduğu özellikle betonun kompasitesini, yoğurma suyu miktarını, dayanım ve dış etkilere karşı dayanıklılığını, işlenebilirliğini büyük ölçüde etkilediği, bu nedenle de betonda kullanılacak bütün agregaların granülometrik bileşimlerinin saptanması gerektiği bilinmektedir (16).

Beton karışımında homojenliğin sağlanmasında, uygun kalite ve mukavemette beton elde edilmesinde agrega granülometrisinin önemli bir etmen olarak görülmektedir. İri ve ince agreganın uygun oranlarda karıştırılması veya agregaların uygun bir derecelemeyle sahip olması ile yüksek mukavemetli, dış etkilere dayanıklı ve ekonomik betonun elde edilmesinin mümkün olacağı bilinmektedir (17).

Beton agrega granülometrisinin düzenlenerek sınırlandırılması şu amaçlara yöneliktir:

- Maksimum kompasite sağlamak; Agreganın düzenlenmesi sonucunda taneler arasındaki boşluklar minimuma indirilerek en yüksek doluluk oranı sağlanmış olur. Böylece çok küçük çaptaki boşlukları daha az çimento hamuru ile doldurmak mümkün olur.
- En az su miktarı ile kalıba iyi yerleştirilebilecek kıvamı sağlamak; agreganın özgül yüzey alanı küçüldükçe bu yüzeyleri ıslatmak için daha az suya ve bağlamak için daha az çimento hamuruna ihtiyaç duyulacaktır.
- Taze betonda ayrışmayı önlemek ve yapışkanlığı sağlamak; Granülometri düzenlenirken, ayrışmayı önlemek için agrega içerisinde yeteri kadar orta ve ince büyüklükte malzeme kalacak şekilde düzenleme yapılır. Agreganın içinde

en küçük tane boyutu çok büyük olursa, taneler arası boşlukların boyutu da oldukça büyük olur. Çimento harcı bu boşluklardan geçerek kütlede ayrılır.

- Taze betonun iyi ve kolay yerleşmesini sağlamak,
- Taze betonda terlemenin azalmasını sağlamaktır.

Taze beton kalıba yerleştirilince ağır olan agrega taneleri yavaş yavaş dibe oturur. Oturma sırasında karma suyunun bir kısmı dengeyi sağlamak üzere yüzeye doğru hareket ederek betonun yüzeyinde ince bir su tabakası meydana getirir (11).

Terlemeyi önlemek için granülometri düzenlemesi yapılırken agrega içerisinde yeteri miktarda ince tane kalacak şekilde düzenleme yapılırsa ince taneler yukarı doğru hareket eden bu suyu yüzeylerinde tutarak terlemeyi önlerler (11).

Bu hususlara uyulmadığı takdirde:

- İşlenebilmeyi sağlamak için gerekli olan su miktarı artar yada azalır, dolayısıyla su/çimento oranı artarak mukavemet ve dayanıklılık yönünden zayıf bir beton ortaya çıkar.
- En büyük kompasiteyi sağlamak güçleşir ve boşluklu bir beton meydana gelir. Bunun sonucunda ekonomik olarak pahalı bir üretim ortaya çıkar.
- Ayrışma kolaylaşır ve kohezyonu zayıf bir beton ortaya çıkar.
- Terleme denilen olay ortaya çıkar ve sonuç olarak zayıf, geçirgenliği ve porozitesi yüksek dayanıksız bir beton elde edilir (6).

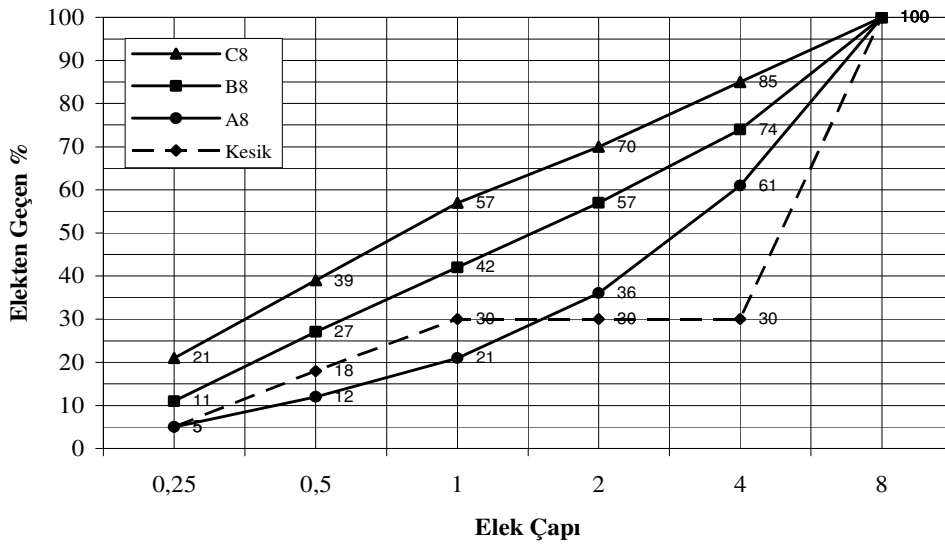
### **Granülometri eğrileri**

Agreganın granülometri bileşimi, en iyi şekilde granülometri eğrileri yardımıyla ifade edilir. Karışık agregaların granülometri eğrileri sürekli ve kesik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (6).

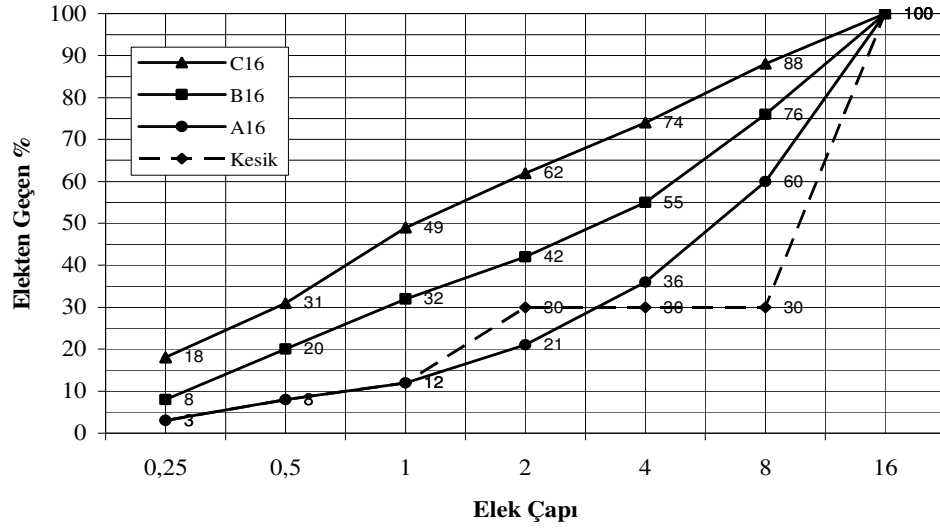
Sürekli granülometri eğrileri: (0)'dan belirli bir büyüklüğe kadar bütün taneleri içeren agreganın, kümülatif (yığışımlı) % geçeniyle elde edilen sürekli eğridir. TS 706'da belirtildiği gibi Şekil 2.1, Şekil 2.2, Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'de gösterilen A-B eğrisi arası bölgeye düşecek tane dağılımları, uygun bölge olduğu için kabul

edilmelidir. Eğer eğri kőşegenden kőşegene doğru bir eğri oluşturuyorsa ince ve iri agrega oranı birbirine yakın ve uygun olduğu söylenebilir. Genel olarak iri agreganın % 50'nin őrstünde, ince agreganın ise % 50'nin altında olması arzu edilir. şekilde görülen A, B, C eğrileri sőrrekli granulometri sınır eğrileridir (6).

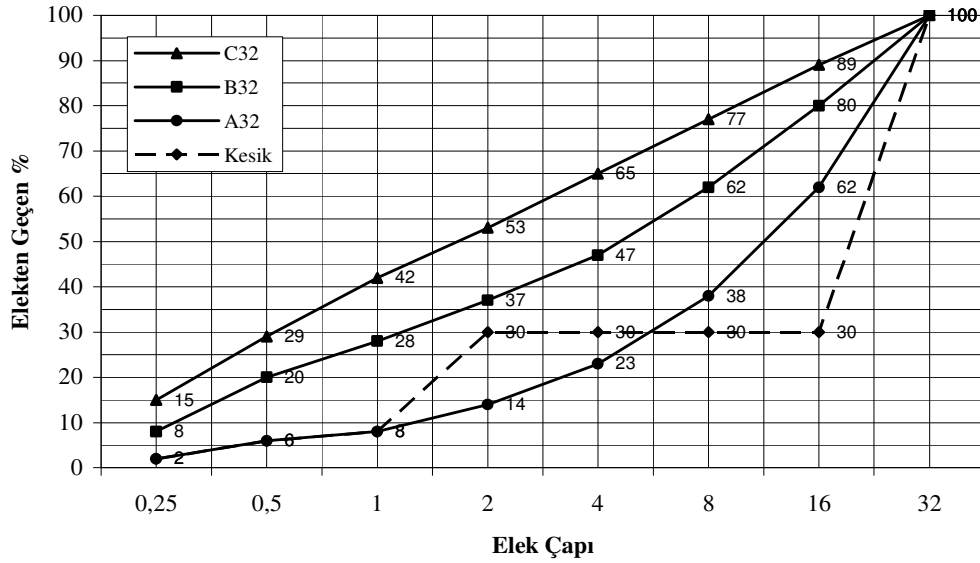
Agrega granulometrisinin, A ile C eğrisi arasında olması istenir. A ile B eğrisi arasındaki bőlge, uygun bőlge, B ile C eğrisi arası bőlge, kullanılabilir bőlge adını alır. A ile C eğrisi dışındaki bőlgelere dűřen granulometri eğrilerine sahip agregalar, kesinlikle beton yapımında kullanılmamalıdır (7).



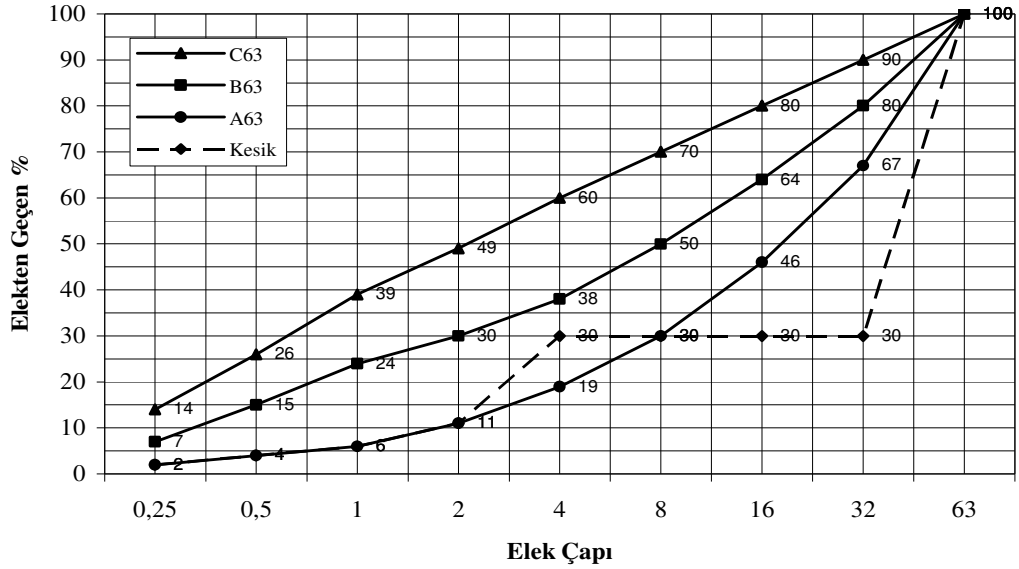
şekil 2.1. Maksimum tane büyüklüğü 8 mm olan karışık agrega granulometri eğrileri (5).



Şekil 2.2. Maksimum tane büyüklüğü 16 mm olan karışık agrega granülometri eğrileri (5).



Şekil 2.3. Maksimum tane büyüklüğü 32 mm olan karışık agrega granülometri eğrileri (5).



Şekil 2.4. Maksimum tane büyüklüğü 63 mm olan karışık agreganın granülometri eğrileri (5).

Kesik granülometri eğrisi: Orta büyüklükteki taneleri içermeyen kesik granülometri (U) eğrisi, alt sınırı oluşturan U eğrisi ile A eğrisi arasında bulunmalıdır. Kesikli granülometri elde etmek için, en az iki tane sınıfı karıştırılmalıdır. Maksimum tane boyutu 32 mm'ye kadar olan kesik granülometreli hazır karışık agreganın, C 25'den küçük olan betonlar için kullanılabilir (11).

Agreganın en büyük tane boyutu; en dar kesitin kalıp genişliğinin 1/5'inden, döşeme derinliğinin 1/3'ünden, donatılı betonda en küçük donatı aralığının 3/4'ünden küçük seçilmelidir (11).

#### 2.1.4. Agreganın yüzey şekli ve biçimi

Agreganın tanelerinin şekli, olabildiğince yuvarlak (küresel, kübik) olmalıdır. Köşeli agreganın, tane yüzeyleri hemen hemen düzgün düzlemlerin kesişmesiyle oluşan belirgin kenarlarının oluşturduğu agregadır.

Doğal agregalar, oluşumları gereği doğanın aşındırma etkisi ile yuvarlaklaşmışlardır. Tanenin en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı 3'ten büyük olan tanelere, şekilce kusurlu taneler denir. Şekilce kusurlu tanelerin (yassı veya uzun) oranı, 8 mm

tane büyüklüğündeki agrega içinde ağırlıkça % 50'den fazla olmamalıdır. Kusurlu tanelerin önemli etkisi, agrega yığınının boşluklu olması ve bu boşluğun çimento hamuru ile doldurulamamasıdır. Sonuçta taşıyıcı iskeleti sağlam olmayan bir yapı meydana gelir (6).

Yuvarlak doğal agreganın yığın olarak yerleşmesi, geometrik yapısı gereği daha kolay olup, özgül yüzeyi de (kıрма agregaya göre) daha küçük olduğundan işlenebilirlik için az su gerektirir. Kıрма agregalar köşeli, kenarlı ve yüzeyleri pürüzlüdür. Kıрма agregalar konkasörlerin ayarsızlığına bağlı olarak yassı ve çivi türü biçimsiz taneler içerirler. Bunun mahzuru ise betonun yerleşmesi sırasında işlenebilirliğin güçleşmesidir. İşlenebilirliği sağlamak için daha çok su gerekecektir. Kaliteli beton yapımında kusurlu tanelerin hiç bulunmaması arzu edilir (11).

Dokunun camsı, parlak oluşu agreganın çimentoyla aderansını büyük ölçüde etkiler. Agregada yüzeyinde kapiler su emmenin meydana gelmesi aderansı kuvvetlendirir (11).

#### **2.1.5. Agregada bulunabilecek zararlı madde ve bileşikler**

Agregada içinde zararlı maddeler çözülebilir tuz, organik ve yumuşayabilir maddeler, genleşebilir maddeler olarak ortaya çıkarlar. Bu zararlı maddeler agreganın özelliklerini olumsuz olarak etkileyebilir. Agregada bulunan zararlı maddelerin bir kısmı bağlayıcı maddenin ayrışmasına veya genişlemesine neden olur. Buda betonun parçalanmasına yol açar. Bir kısmı da agrega ile çimento hamuru arasında kuvvetli bir aderansın oluşmasına engel olur ve beton dayanımı düşer (6).

Şeker vb. gibi maddeler betonun prizini geciktirici etki yapar. Nitrat gibi tuzlar donatının korozyonuna yol açan olumsuz etkiler meydana getirebilir. Bu zararlı maddeler organik, kil ve şilt, yumuşak agrega sülfat tuzları, bazı alkalileri meydana getiren kimyasal tuzlardır (6).



### **Agregalarda organik maddelerin bulunması**

Bitki artıkları ve humus gibi bazı organik maddeler çimentonun hidrasyonuna engel olan organik asitler içerirler. Beton kalitesini düşüren sülfat, klorit, karbonat ve fosfat gibi kimyasal tuzlar agregada bulunabilir ve bu maddeler çimentonun prizine engel olabilirler (13).

Agregada az da olsa organik madde bulunması, betonun sertleşmesini geciktirebileceği veya tamamen durdurabileceği için sakıncalı görülmektedir (17).

Agregalarda organik madde içeriği basit bir asit-baz reaksiyonu ile denetlenir. Düşük konsantrasyonlu sodyum hidroksit (NaOH) (% 3) eriyiği ile karıştırılan agrega, eriyik rengini 24 saat içinde değiştirir. Bir süre sonra eriyiğin aldığı renge göre şu sonuçlar çıkartılır. Organik maddelerin zararlı etkisi; organik maddelerin hidrofob (suyu iten) olması ve çimentoda hidrate kristallerin oluşmasına engel olması ile meydana gelir (11). Organik madde referans renkleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Bu etkiler:

- Beton dayanımının çok fazla düşmesine neden olur.
- Sertleşmesine zarar verir ve mukavemetinde azalmalar olur.
- Agregalarda organik maddelerin fazla miktarda olması betonun prizini geciktirir.
- Çiçeklenmeye ve korozyona neden olabilir.

Çizelge 2.2. Agrega organik madde referans renkleri (6).

<b>Eriyik Rengi</b>	<b>Organik Madde</b>	<b>Agreganın Kullanımı</b>
Renksiz veya çok açık sarı	Hiç yok veya çok az var	Kaliteli beton üretiminde kullanılabilir
Safran sarısı	Az miktarda var	Normal işler için uygun
Belirgin kırmızı	Var	Önemsiz işlerde kullanılır
Belirgin kahverengi	Çok var	Kullanılmaz

### **Agregalarda kil ve siltin bulunması**

Kil ile Silt 200 nolu elekten geçebilen ince malzeme olup, agregada içinde fazla miktarda bulunduğu takdirde, üretilen betonun mukavemetinin azalmasına ve miktarının belli sınırları geçmesi durumunda ise çimentonun priz yapamamasına sebep olabilmektedir. Agregada yüzeyine yapışan bu ince maddeler çimento ile agregada arasındaki aderansı zayıflatarak üretilen betonun mukavemetini azaltmaktadır (17).

Agregalarda bulunan ince malzemeler:

- İri agregada taneleri ile çimento hamuru arasındaki aderansı zayıflatır,
- Yoğurma suyunun miktarını artırır,
- Su emmeleri hacimlerinin artmasına ve su kaybetmeleri hacimlerinin azalmasına buna bağlı olarak betonda rötreye sebep olur,
- Çimentonun hidratasyonunu geciktirir,

Bütün bu etkilerin bir sonucu olarak çok ince tanelerin fazla miktarda bulunması beton mukavemetini önemli ölçüde azalttığı, bununla beraber silt ve kilin çok miktarda bulunmasının betonun işlenebilme özelliği ve geçirimsizliği üzerinde faydalı etkileri olduğu bilinmektedir (18).

TS 3527'ye göre 0,063 (200 nolu) mm elek üstünde yıkama metoduyla yapılan test sonucuna göre en fazla Çizelge 2.3'deki limitler içinde bulunmalıdır.

Çizelge 2.3. Agregada içinde bulabilecek yıkanabilir madde miktarı (11).

<b>Agregada tane sınıfı (mm)</b>	<b>Ağırlıkça % max</b>
0/1, 0/2, 0/4	4,00
1/2, 1/4, 2/4	3,00
2/8, 4/8	2,00
4/16, 4/32, 8/16	0,50

Bu limitlerin üzerinde kil ve şilt bulunan agregalar kesinlikle beton üretiminde kullanılmamalıdır. TS 3527'ye göre 0,05 - 0,005 mm irilikteki malzeme şist, 0,005 mm'den küçük malzeme de kil olarak adlandırılır. Kil yüzdesi karışık bir malzemede

çeşitli metotla kilin ayrılıp kurutularak tespit edilen kütlelerinin toplam kütleyle yüzdesi (%) olarak ifadesidir (6).

### **Agregalarda sağlam olmayan maddelerin bulunması**

Agrega içinde bulunması istenmeyen fakat çeşitli yollarla agregada içinde bulunan kömür, fosil, linyit taneleri ve hayvan kabukları, normal agregaya oranla hafif olurlar. Mekanik dayanım yönünden yetersiz oldukları için beton içinde bulunmaları istenmez. Kömür varlığı kükürdün varlığına gösterge sayılabilir. Kükürt ise beton için zararlı sülfat etkisine yol açar (6).

Hafif maddelerin miktarı agregada numunesi yoğunluğu  $2,0 \text{ kg/dm}^3$  olan bir sıvıda yüzdürülerek saptanır (6).

Agregada aşırı miktarda sağlam olmayan madde bulunması betonun sağlamlığını önemli derecede etkiler. Betonun yüzeyinde veya yüzeye yakın kısımlarda bulunursa betonun yüzeyinde küçük patlamalara ve lekelerin oluşmasına neden olurlar. Bu maddelerin mukavemetleri çok düşüktür, su miktarının azalması ile hacimlerinde büyük değişiklikler olur. Donma çözülme olaylarında kolay parçalanırlar ve çimento için zararlı maddeleri içerirler (4). TS 3528'e göre yapılan deney sonuçlarının Çizelge 2.4'deki limitler içerisinde bulunması gerekir.

Çizelge 2.4. Sağlam olmayan agregada elemanları ve oranları (4).

Yumuşak eleman cinsi	İzin verilebilen yumuşak eleman yüzdeleri	
	Kumlarda	Çakıllarda
Kil toprakları	1,0	0,25
Kömür ve linyit	1,0	1,00
Yumuşak taneler	-	5,00
Çakmak taşı	-	2,00

### **Sülfatların varlığı**

Sülfatların agregalar içinde bulunması bu maddenin çimento ile sülfato-alüminat denilen genişleyen bir tuzun oluşmasına neden olması bakımından zararlıdır. Zamanla büyüyen kristaller şeklinde gelişen bu olay sonucu beton parçalanabilir. Bu bakımdan sülfat ( $\text{SO}_3$ ) miktarının, ağırlıkça % 1'den fazla olmamasına dikkat edilmelidir (11).

### **Agrega-alkali reaksiyonu oluşturan maddeler**

Alkaliler; alkali metallerin tuzlarıdır. Beton ve harç bileşimlerinde sodyum ve potasyum gibi kimyevi analizlerinde genellikle  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{K}_2\text{O}$  olarak bulunan bileşiklerdir (6).

Alkali agrega reaksiyonu ise; portland çimentosundaki veya bazı agrega bileşimlerinden meydana gelen alkalilerle (sodyum ve potasyum) beton ve harç arasındaki kimyevi reaksiyondur.

Alkali agrega reaktivitesi; agrega içerisinde bulunan bazı minerallerin portland çimentosunda bulunan alkali oksitleri (çimento alkalitesi) ile reaksiyona girerek alkali silikatları oluşturmasıdır (6).

Alkali silika reaksiyonu; portland çimentosundaki alkalilerle (sodyum, potasyum) belirli taş ve mineraller arasında sertleşmiş betonun anormal genişlemesine ve çatlamasına sebep olabilen reaksiyondur. Betonlarda iç korozyon denilen bir hasar türüdür. Bu olay yavaş bir şekilde gelişerek zararlı etkileri beton yapımından bir iki sene sonra ortaya çıkmaktadır (6).

Alkali-agrega reaksiyonunun zararlı bir etki yapması bazı koşullara bağlı bulunmaktadır:

- Çimento içindeki alkali oksit miktarı: Çimentodaki alkali oksit ( $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$ ) % 0,6'dan büyük ve agregadaki alkalilik reaktivitesine duyarlı opal, riyolit, tridimit ve riyolit tüfleri, dasit ve dasit tüfleri, andezit ve andezit

tüneri ve fillatlar gibi mineraller bulunuyorsa alkali agrega reaksiyonu ortaya çıkar.

- Çevre şartları: Alkali agrega reaksiyonu, sıcaklığın yaklaşık olarak +10 ile +60 °C arasında bulunduğu durumlarda ve rutubetli ortamda meydana gelmektedir. Çevre şartlarının en önemlisi rutubettir.
- Alkaliye duyarlı agrega tanelerinin bulunması: Agregalar reaksiyon yapabilen silisli bileşikler içerebilirler. Bu bileşikler beton boşluk suyunda çözünen alkali hidroksitler ile şiddetli kimyasal reaksiyona girerler. Berrak, yüksek konsantrasyonlu ve yüksek vizkositeli alkali silikat çözeltisi meydana getirirler. Duyarlı agrega bileşenleri bu sırada yumuşar ve çözünür.

Agregada böyle bir özellikten kuşku duyulursa, ilgili TS' de ön görülen "Harç çubuğu" adı verilen deneyler yapılır. Standartlara uygun olarak hazırlanan harç çubuklar 6 ay ve 1 yıl süreyle sabit bağıl nemde ve sıcaklıkta tutulur. Çubukların boy uzaması 6 ayda % 0,5 ve 1 yılda % 1'den fazla olmamalıdır (11).

Zorunlu olarak kullanılmak zorunda kalınırsa, bağlayıcıya bir miktar puzolanik madde ilave edilmelidir. Puzolan, alkali-agrega reaksiyonunu azaltır. Reaksiyon sonunda oluşan jel, şişme ve genişleme eğilimindedir. Betonun hacim sabitliğini bozar ve ağ şeklinde sık çatlaklar meydana getirerek hasara neden olur (11).

- Çeliğe zarar veren maddeler: Donatılı betonda kullanılacak agregalarda, donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye sokan, tuzlar; Nitratlar, Molojenürler (Plorürler hariç) vb. zararlı miktarda bulunmamalıdır. Ön gerilmeli beton için kullanılacak agregalarda suda çözünen klorürler, klor olarak hesaplandığında ağırlıkça % 0,2'den fazla bulunmamalıdır (11).

## **2.2. Betonlar**

Beton çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin belirli oranlarda ve homojen olarak karıştırılması ile elde edilen, başlangıçta işlenebilir kıvamda olup, zamanla katılaşp sertleşen önemli bir yapı malzemesidir (18).

Kaliteli beton basınç dayanımının yüksek, dış etkilere dayanıklı, kolay işlenebilir, hacim değişikliği az olan betondur. Diğer taraftan betonun ekonomik olarak üretilmesi de önemli görülmektedir.

Burada çimento kum ve iri agrega tanelerini birbirine bağlar. Kum ise iri agrega taneleri arasındaki boşlukları doldurarak betonun kompansitesini artırır. Çakıl veya kırmataş taneleri betonun bir nevi iskeletini oluşturur. Böylelikle asıl bunlar malzemenin maruz kaldığı kuvvetlere karşı koyarlar (17).

### **2.2.1. Taze betonda aranan özellikler**

#### **İşlenebilirlik özelliği**

İşlenebilirlik bir betonun homojenliğinden en az kayıpla kolayca taşıma, yerleştirme ve sıkıştırma özelliği olarak tanımlanmaktadır (19).

Betonda işlenebilirlik özelliğine en fazla etki eden faktörün su olduğu ancak bunun dışında başka faktörlerin bulunduğu bilinmektedir. Bunlardan biri iri agrega tanelerinin biçimidir. İri agreganın kırmataş tanelerinden veya köşeli tanelerden oluşması halinde taze betonda meydana gelen kenetlenme betonun işlenebilirlik özelliğini azaltmaktadır. Buna karşılık iri agrega çakıl veya yuvarlak taneler şeklinde ise betonda kenetlenme olmayacağından İşlenebilirlik özelliği artmaktadır (17).

Genel hatlarıyla baktığımızda taze betondan beklenen nitelikler şu şekilde sıralanabilir:

- Kolayca karıştırılıp taşınabilir olması,
- Kalıplara kolayca yerleşebilir akışkanlıkta olması,
- Fazla enerji gerektirmeden sıkıştırılabilir olması,

- Taşıma, yerleştirme ve sıkıştırma sırasında ayrışmaması,
- Uygun bir şekilde sonlanabilir olması (20).

İşlenebilme minimum enerji, homojenliğin korunması, boşluksuz yerleşme ve kıvam kavramlarını içermektedir. İşlenebilirlik ise, betonun ayrışmadan yerleştirilip sıkıştırılarak istenen görünüme sahip olabilmesidir. Betonun işlenebilme özelliği ile kıvamın karıştırılmaması gerekir. Kıvam betonun akıcılığı (plastikliği) ile veya kendi ağırlığı altında hareket etme kabiliyeti ile ilgili bir özelliktir. Bu özelliğe en önemli etkiyi su yapmaktadır (6).

İşlenebilme taze betonun en önemli özeliğidir. Yeterli işlenebilmeye sahip olmayan taze beton sertleştiğinde yeterli dayanımı ve dayanıklılığını gösteremez.

İşlenebilme özeliği betonun yapısından kaynaklanan şu özellikleri ile ilgilidir:

- Taze beton kütlelerinde akma başlatacak kuvvete karşı betonun göstereceği direnç (kayma dayanımı),
- Akma başladıktan sonraki hareketlilik (akıcılık),
- Betonu oluşturan malzemelerin biri birine ne ölçüde bağlanmış olmaları böylece segregasyona karşı göstereceği direnç (kohezyon),
- Yerleştirilmeyi ve yüzeyinin düzeltilmesini etkileyen yapışkanlık.

Beton karışımının sahip olduğu ıslaklık, taze betonun taşınabilirliği, pompalanabilirliği, yerleştirilebilirliği, segregasyonu, sıkıştırılabilirliği, ve yüzeyinin düzeltilebilirliği gibi kavramların tümü betonun işlenebilme özeliği içerisinde yer alan kavramlardır. Bütün bu özelliklerin tek bir isim altında ve tek bir özellik olarak yeterince hassas bir şekilde ifade edilebilmesi mümkün değildir. Bir başka deyişle işlenebilme özeliği relatif bir özelliktir (21).

İşlenebilir betonun niteliklerinin başında kohezyon (yapışma) gelir. Kohezyonu iyi olan taze betonun içindeki iri agrega taneleri; karıştırma, taşıma ve yerleştirme işlemleri sırasında kütlede ayrılmazlar. Bu işlemler sırasında iri agreganın beton külesinden ayrılması olayına, betonun çözülmesi (segregasyon) adı verilir. Böyle

betonun bünyesi homojen olamaz, iri agregalar bir yanda harç bir yanda birikir. Bu ise betonun dayanımını olumsuz yönde etkiler (11).

Kimyasal katkı maddesi kullanarak betonun işlenebilme özelliğini arttırmak olasıdır. Katkı maddeleri kullanılarak süper akışkan betonlar üretilebilmektedir. Bu akışkan beton, yüksek noktalara pompa ile betonun ulaştırılmasında çok kolaylık sağlamaktadır. Betonlardan istenilen işlenebilme özelliği betonun kullanılacağı yere sıkıştırma ve yerleştirme tekniğine dayanır. İşlenebilirlik derecesi inşaat aksamının boyutları, şekli ile demir aralıklarına bağlıdır (Çizelge 2.5.). Mesela döşemeler için iyi işlenebilirliği olan beton ince ve sık demirli bir inşaat kesiminde kullanılma bakımından güçlük arz edebilir (6).

Çizelge 2.5. Beton kıvam ve özellikleri (6).

Kıvam	Çökme		Ve-Be		Sıkışabilme		Yayılabilme		Özellikleri
	Sınıf	mm	Sınıf	Saniye	Sınıf	Derecesi	Sınıf	Çapı mm	
Nemli Toprak	S1	10-40	V0	≥31	C0	≥ 1,46	F1	≤340	Su miktarı çok az, vibrasyonla özenli ve kuvvetli bir şekilde yerleştirilmediği takdirde betonda boşluklar kalır.
Sıkı	S2	50-90	V1	30-21	C1	1,45-1,26	F2	350-410	Vibrasyonla sıkıştırmaya elverişli, betonarme yapılar için uygun.
Plastik	S3	100-150	V2	20-11	C2	1,25-1,11	F3	420-480	Donatının fazla olması halinde seçilir.
Akıcı	S4	160-210	V3	10-6	C3	1,10-1,04	F4	490-550	Su miktarı fazla, vibrasyonla sıkıştırmaya elverişli değil. Çok sık donatı bulunması halinde kullanılmasına izin verilir.
Şerbet	S5	≥ 220	V4	5-3			F5	560-620	Su; agrega ve çimentodan kolaylıkla ayrılır. Betonarmede bu kıvama sahip beton kullanılmamalıdır

### 2.2.2. Sertleşmiş beton özellikleri

#### Basınç dayanımı

Betonun basınç dayanımı “eksenel basınç yükü etkisi altındaki betonun kırılmamak için gösterebileceği direnme kabiliyeti (eksenel basınç yükü etkisiyle, betonda oluşan maksimum gerilme)” olarak tanımlanmaktadır (21).



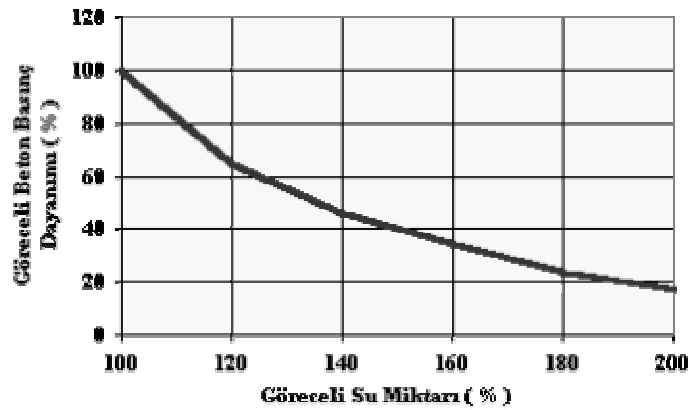
Betonun en önemli mekanik özelliğinden birisi basınç dayanımıdır. Beton mukavemet değerleri arasında en yüksek olanı basınç, en düşük olanı çekmedir. Pratikte betonun çekme gerilmesinin hiç olmadığı, hemen çatladığı varsayılır. Bundan dolayı beton sadece basınca çalıştırılır (6).

Betonun basınç dayanımı betonun diğer nitelikleriyle paralellik gösterir. Yüksek basınç dayanımlı bir betonun, kompasitesi yüksek, su geçirgenliği çok az, dış etkilere dayanıklı ve aşınması az olur (6).

Dayanım değerini artırmak için karışımda kullanılan su/çimento oranının düşürülmesi gerektiği, çünkü betondaki fazla karışım suyunun betonun dayanımını düşüreceği, su/çimento oranı küçüldükçe beton mukavemetinin artacağı bilinmektedir (21). Şekil 2.5’de görüldüğü gibi su miktarıyla basınç dayanımı arasındaki ilişki ters orantılıdır. Yani beton karışımındaki su miktarının artması basınç dayanımının düşmesine neden olmaktadır.

Basınç dayanımını etkileyen bir başka etmenin ise betonun kompasitesi olduğu, betonun kompasitesi arttıkça dayanımının da arttığı, beton bünyesindeki boşluğun % 10 artması durumunda, dayanımda % 50-60 düşüş olabileceği ileri sürülmektedir (21).

Kompasiteyi artırmak için ideal bir agrega granülometrisi belirlemek, karışım suyunu azaltmak ve betonda etkili bir sıkıştırma metodu uygulamak gerekir (16).



Şekil 2.5. Su miktarı ile beton basınç dayanımı arasındaki ilişki

Beton basınç dayanımını ölçebilmek için değişik deney yöntemleri kullanılmaktadır. Basınç dayanımının bulunabilmesi için uygulanan deney yöntemleri arasında en çok kullanılanlar şunlardır:

- Taze betondan hazırlanan standart boyutlu numunelerin beton standartlarında belirtilen süre ve koşullarda kür edildikten sonra kırılmaya tabi tutuldukları “standart deney yöntemi”.
- Taze betondan hazırlanan numunelerin bir-iki gün gibi kısa süreyle yüksek sıcaklık ve nem içeren ortamda kür edildikten sonra kırıldıkları “hızlandırılmış kür’e tabi tutulan numunelere uygulanan basınç dayanımı yöntemi”.
- Sertleşmiş betondan kesilerek çıkartılan karot numunelerin kırılmaya tabi tutuldukları “karot numunelere uygulanan basınç dayanımı yöntemi”.
- Beton test çekici denilen bir alet yardımıyla sertleşmiş betonun yüzey sertliğini hasarsız olarak ölçerek betonun basınç dayanımı hakkında yaklaşık bir bilgi elde edildiği “beton test çekici uygulayarak basınç dayanımının bulunduğu deney yöntemi”.
- Ultrasonik test cihazı olarak adlandırılan bir cihaz vasıtasıyla sertleşmiş betonun içerisinden hasarsız olarak geçirilen ses dalgalarının hızının ölçüldüğü ve betonun basınç dayanımı hakkında yaklaşık bir bilgi elde edildiği “ultrasonik test cihazı uygulayarak basınç dayanımının bulunduğu deney yöntemi” (21).

Yukarıda sıralanmış olan yöntemler incelendiğinde şu gerçekler göze çarpmaktadır:

“Standart deney yöntemi” ve “hızlandırılmış kür’e tabi tutulan numunelere uygulanan basınç dayanımı yöntemi” olarak belirtilen iki ayrı yöntemde de kullanılan numunelerin hazırlanması için, beton taze iken istenilen boyutlardaki kalıplara doldurulmakta, standartlarda belirtilen tarzda kür edilmektedir. Yani numuneler özel olarak üretilmektedir (21).

“Karot numunelere uygulanan basınç dayanımı yöntemi”, “beton test çekici uygulayarak basınç dayanımının bulunduğu yöntem” ve “ultrasonik test cihazı uygulayarak basınç dayanımının bulunduğu yöntem” için taze betondan standart boyutlu numune üretmeye gerek yoktur. Bu yöntemler yapıda yerinde uygulanabilen yöntemlerdir (21).

“Standard deney yöntemi”, "hızlandırılmış kür'e tabi tutulan numunelere uygulanan basınç dayanımı yöntemi", ve “karot numunelere uygulanan basınç dayanımı yöntemi” olarak adlandırılan üç ayrı yöntemde de beton numuneler kırılmaya tabi tutulmaktadır (21).

“Beton test çekici uygulayarak basınç dayanımının bulunduğu deney yöntemi”nde ve “ultrasonik test cihazı uygulayarak basınç dayanımının bulunduğu deney yöntemi”nde beton kırılmaya tabi tutulmamaktadır. O nedenle bu tür deney yöntemlerine “hasarsız deney yöntemleri” denilmektedir (21).

### **Dayanıklılık (Durabilite)**

Dayanıklılık betonun özelliklerini dış ve iç etkiler sonucunda zamanla kaybetmemesidir. Dış etkiler, donma etkisi, atmosfer etkisi, zararlı suların etkisi, kullanımdan doğan aşınma ve darbe etkileri olabilir, iç etkiler ise daha çok beton bileşenlerinden kaynaklanan hacim artışı, ısıl genleşme, rötre, çiçeklenme, nemlenme gibi etkilerdir. Dayanıklılık beton bileşimine ve özellikle çimento miktarına bağlı bir özelliktir (4).

Dayanıklı bir beton maruz kalacağı iklim şartlarına, kimyevi tesirlere, ıslanma-kurumaya, ateşe (yangına) ve aşınmaya karşı yeterli bir derecede dayanıklılık gösterebilen betondur. Betonun havada donma-çözülmesi, donma süresinin havada, çözülme süresinin su içerisinde tamamlandığı bir donma-çözülme işlemiyle laboratuarlarda belirlenebilir. Beton, suya doymun halde donarsa iç gerilmeler meydana getirir. Bu gerilmeler, beton dayanımından yüksek ise biçim veya boyut değişiklikleri meydana getirebilir (6).

Betonun bu özellikleri dayanıklılık göstermesi için agreganın sağlamlılığı, gözenekliliği, su geçirgenliği, mineral yapısı, tane şekli, granülometrisi, yüzey pürüzlülüğü, en büyük tane boyutu, elastiklik modülü, termik genleşme katsayısı, agregada kil olup olmadığı ve agreganın temizliği gibi birçok faktörü sağlaması gerekir (6).

Dayanıklılık, “durabilite” veya “kalıcılık” olarak da adlandırılmaktadır. Betonun dayanıklılığını olumsuz olarak etkileyen bazı önemli kimyasal ve fiziksel olaylar şunlardır:

- Betondaki kalsiyum hidroksitin çözünmesi ve beton yüzeyinde “çiçeklenme” oluşması,
- Sülfat etkisi (sülfat hücumu),
- Deniz suyunun etkisi,
- Asit etkisi (asit hücumu),
- Karbonatlaşma,
- Alkali-agrega reaksiyonu,
- Betonun içerisine yerleştirilen çelik donatının korozyonu,
- Donma-çözülme etkisi,
- Beton yüzeyinin pullanması,
- Aşınma’ dır (21).

Hava şartlarına dayanıklılık: Betonun hava şartlarından dolayı parçalanıp dağılmasına sebep ısı ve rutubet değişiklikleriyle meydana gelen donma-çözülme, genişleme, büzülme olaylarıdır. Son zamanlarda dayanımı arttırmak amacıyla, beton içerisinde mikroskobik hava habbecikleri oluşturan maddeler kullanılmaktadır. Mikroskobik hava habbecikleri betonun kılcallığını keser ve su geçirgenliğini önleyerek betonun donmasını engeller (11).

Dona dayanıklı beton elde etmek su geçirgenliğini azaltıcı tedbirler almak ve sıkı bünyeli beton imal etmekle de mümkündür. Katkı olarak agreganın % 5’i oranında atıl taşlar veya çimento ağırlığının % 15-30’u kadar puzolan kullanılabilir (6).

Betona ilave edilen uçucu kül donma-çözülme direncini azaltırken sülfat direncini arttırdığı yapılan araştırmalar sonunda görülmektedir.

Donma-çözülme etkisinde bulunan betonlarda minimum çimento dozajı,  $335 \text{ kg/m}^3$  olmalıdır. Su emmesi az olan iri agregalı betonun donmaya karşı dayanımı yüksektir. Betonda kullanılacak agrega gözenekli olmamalı, bünyesinde donabilir su bulundurmamalıdır (6).

Sıcak havalarda beton yapım ve dökümünde gerekli önlemler alınmadığı durumlarda, beton sertleştikten sonra soğuk hava koşullarından daha fazla etkilenerek yüzey çatlakları ve deformasyonlar meydana gelmektedir (6).

*Kimyasal etkilere dayanıklılık:* Betonlar çeşitli kimyasal maddelerin hatta saf suyun etkisiyle bozulabilir. Ancak uygulamada daha çok asitlerin ve sülfatların etkisinden söz edilir. Baca gazlarında havaya karışan kükürt ve topraktaki demir sülfür suyla birleşerek sülfürik asite dönüşebilir. Bitki artıklarının çürümesiyle hümik asit oluşur. Çeşitli fabrikaların artıklarında da bir miktar asit bulunabilir. Bununla birlikte asıl asit etkisi sulardaki serbest ( $\text{CO}_2$ ) karbon dioksittendir. Bu Karbondioksit suya havadan karışır ve çimentodaki kalsiyum hidroksit ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) ile reaksiyona girerek onu çözer. Beton zamanla boşluklu hale gelir (4).

Beton yapıların çeşitli korozif etkenlerle parçalandığı bilinmektedir. Buna neden inşaat yapılmadan önce temel suyunun ve inşaatın oturacağı zemin kontrol edilerek gerekli önlemlerin alınmamasıdır. Betonun yapısına kötü etki yapan ve parçalanmasına neden olan çeşitli kimyasal etkenler vardır. Genellikle bu etkenler betonu çok kısa sürede parçalamamakla beraber belirli zaman içerisinde yavaş yavaş oldukça tehlikeli sonuç verebilecek şekilde etkilemektedir. Genellikle sulu ortamda oluşan bu kimyasal olaylar betonun temas suyundan veya betonun temas ettiği ortamlarda meydana gelir. Bu temas ettiği ortamlarda tuz veya kimyasal bileşikler rutubetle çözünerek betonu olumsuz olarak etkiler. Beton yoğurma suyunda bulunan sülfatlar beton için çok zararlıdır. Böyle suların kullanılması halinde çürüf çimentoları tercih edilir (11).

Erozyona karşı dayanıklılık: Buldukları ortama göre beton yüzleri akarsularda hareket eden aşındırıcı maddeler ve rüzgar tesiri ile aşınırlar. Beton bu faktörlerden hangisinin tesiri altında kalacaksa ona göre önlem alınmalıdır.

Aşınmaya dayanıklı beton yapmak için beton bünyesinde ve yüzeyinde boşluğu en az olmalı, kumdaki 200 nolu elekten geçen kısım % 3'den fazla olmamalıdır. Çakıl sert ve sağlam bünyeli olmalı, gerekli işlenebilirliği temin edebilecek en küçük su/çimento oranını kullanmak ve yeterli bir basınç mukavemetini verebilecek tedbirleri almak gereklidir. Ayrıca agregaların granülometrileri uygun olmalıdır (8).

Aşınmaya dayanıklılık: Aşınma akarsuların rüzgarın veya trafiğin etkisiyle meydana gelebilir. Beton bu etkilerle dağılmaya başlarsa tahribatın önlenmesi iyice güçleşir. O nedenle beton bu etkilere karşı dayanacak derecede sağlam yani yüksek mukavemetli yapılmalıdır. Sert agrega kullanılması da bir çare olabilir (4).

Asitlere karşı dayanıklılık: Bilindiği gibi betonu oluşturan ana malzemelerden birisi çimentodur. Hiçbir çimento ise asitlere karşı dirençli değildir. Betonun direnci asitin şiddetine bağlıdır. Eğer asitin şiddeti az ise betonun bozulması daha geç, şiddet fazla ise betonda bozulma daha çabuk oluşur. En şiddetlileri asit asitik asit ve laktik asittir. Bu asitlere besin endüstrisi tesislerinde rastlanır (6).

Alkali agregası reaksiyonu: Bu reaksiyon betonun dağılmasına neden olacağından dayanıklılığı azaltır. Bunu önlemenin yolu uygun agrega kullanarak reaksiyonu engellemek, puzolan katkılı çimentolar kullanmaktır (4).

Ateşe karşı dayanıklılık: Betonlar yangın ve fırın gibi yüksek ateşle karşı karşıya kaldıkları yerlerde ısıya karşı dayanım ön plana çıkar. Yangına maruz kalmış beton veya betonarme yapılar bünyelerindeki suyu kaybederek bağlayıcıların agrega tanelerinden ayrılmasına büyük ölçüde neden olmaktadır (6).

Deniz sularına karşı dayanıklılık: Beton, uygun karışım oranlarına sahip olur, gereken şekilde karıştırılır ve yerleştirilirse, deniz suyunun çeşitli etkilerine karşı istenen sürede dayanıklılığını kazanabilir. Bu etkiler arasında ıslanma-kuruma, sülfat etkisi, çökelti, ısı değişimleri, donma-çözülme, betonarme demirlerinin paslanması,

dalgaların dinamik etkileri sayılabilir. Bu zararlı etkilerin çoğundan, normal çimento, sağlam, reaktif olmayan, uygun granülometrilili agregalar kullanılarak geçirimsiz bir beton elde edilmesi ile korunmak mümkündür (6).

Sülfat etkilerine karşı dayanıklılık: Sülfat etkisi betonda genleşme ve reaksiyonları sonucu çatlakların ilerlemesi ve soyulmaların artması ile belli olmaktadır. Sülfat, toprak, yeraltı suyu, tuzlu su, sanayi ve şehir atıkları gibi ortamlardaki bileşenlerdir. Ayrıca harçtaki hidrate kalsiyum alüminat arasındaki çok kere bozulmalara neden olan kimyevi, fiziki veya ikisi birlikte meydana gelen reaksiyondur (6).

Betonu sülfat ve diğer zararlı etkisinden koruyabilmek için pasif ve aktif olmak üzere iki önlemler alınır:

*Pasif önlemler:* Genel olarak beton üretim esnasında alınacak önlemler olarak nitelendirilebilir. Bu önlemler aktif önlemlere göre daha ekonomik olduğu söylenebilir. Pasif önlemler her an risk taşırlar. İşçilik hatası ve kullanılan malzemenin (çimento) kalitesi geri dönülmez sonuçlar çıkarabilir (6).

- Ağırlık olarak çimentonun % 5-30'u yerine puzolan tipi bir malzeme kullanılması ile çimentonun sülfat direnci artar. Eğer puzolan malzemenin su ihtiyacı yüksekse daha az oranda puzolan kullanılmalıdır. Yapı sülfat etki sine maruz kalacağı sürede birkaç ay önceden başlayarak devamlı küre tabi tutulmalıdır.
- Sülfata karşı en dayanıklı portland çimentosu % 50'den az trikalsiyum silikat ( $C_3S$ ), % 12'den az trikalsiyum alüminat ( $C_3A$ ) ve tetrakalsiyum alümino ferrit ( $C_4AF$ ) (bu bileşiğin içinde ki  $C_3A$  oranı % 4'den az olmalı) ihtiva etmelidir.
- Beton boru ve blok gibi elemanlar iyi bir küreden sonra birkaç hafta kuru maya bırakılırsa sülfat etkisine karşı dirençleri arttırılmış olur.
- Yüksek basınçlı buhar kürü, betonun sülfatlara karşı direncini arttırmada çok etkilidir. Buhar kürü yapılacaksa, betonda sülfat dirençli çimento ve normal portland çimentosu da kullanılabilir. Bazı kaynaklar en yüksek

dirence ulaşılması için 175 °C ve yukarı sıcaklıklarda buhar kürü tavsiye etmektedir.

- Betona katılan kalsiyum klorür, çimento tipi ne olursa olsun sülfat direncini düşürür.

*Aktif önlemler:* Genellikle pahalı ve kesine yakın çözüm sağlayan önlemlerdir. Bu önlemleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (6).

- Drenaj ve ıslah yöntemi ile zararlı etkilerden yapılacak inşaatı veya elemanı korumak. Bu yöntem zaman zaman ekonomik olmayabilir.
- Geçirimsiz perde yöntemi; Betonun zararlı zeminle temasını geçirimsiz perde ile sağlar. Böylece zararlı etkilerden yapılacak inşaatı veya elemanı korunmuş olunacak.
- Bentonit süspansiyonlu geçirimsizlik perdesi; Bu zemin içerisine yerleştirilen düşük geçirimli bariyerlerdir. Yapıyı veya elemanını koruduğu gibi yeraltı suyunun akış yönünü değiştirmek amaçlıda kullanıla bilinir.
- Jeomembranlar; Zararlı suyun yayılmasını engellemek için açılmış hendek veya kanal yüzeyine örtülmüş tuz ve sülfat gibi etkenlerden olumsuz etkilenmeyen örtülerdir.
- Palplanjlı kesici duvar oluşturulması; içten kilitli çelik kazıkların yan yana zemine çakılması ile zararlı etkiler uzaklaşanla bilinir.
- Püskürtme beton uygulaması; Zararlı etkilerin taşınmasını yok etmek veya engellemek için uygulanan yöntemlerden biridir.
- Yüzey kaplamaları; Değişik bir çok atık problemlerinde kullanılan ortak malzemeler yardımıyla zararlı etkilerden korumaktır. Bunlar sıkıştırılmış kil, PVC, bitümlü kanaviçeler, çimento, bitüm, yüksek yoğunluklu polietilen ve bentonit vb.
- Yer altı suyunun kimyasal ve biyolojik yollardan nötralize edilmesi (6).



### **Aşınma ve çarpmaya karşı mukavemet**

Yol, hava alanı, su boruları ve genel olarak döşeme kaplamalarında kullanılan beton, önemli derecede aşınma etkisinde kalır. Genellikle basınç dayanımı yüksek olan betonlar, aşınmaya karşı da dayanıklıdır. Betonda çimento miktarı, agregaya kıyasla az olduğundan asıl aşınma etkisi agregaya gelir. Bu bakımdan beton üretiminde, aşınmaya dayanıklı sert agregaların kullanılması betonun aşınmaya karşı dayanımını artırır. Aşınmaya çok dayanıklı betonlar, özel agregaların kullanılmasıyla elde edilir. Bu amaçla granit, kuvarz kökenli agrega, demir parçacıkları, çelik tozu ve karborandum gibi yapay agregalar kullanılır (11).

Aşınmaya karşı dayanıklı betonlarda, beton döküldükten sonra yüzeyinde bir terleme suyu meydana gelmiş ise, bu su kayboluncaya kadar beklenmelidir. Terleme suyunun giderilmesi için, beton yüzüne toz çimento serilmesi yoluna gidilmesi çok hatalı bir davranıştır. Yüzeyde biriken suyun ortadan kaldırılması, betonun basınç ve aşınma mukavemetinin artırılması için vakum uygulanması yerinde bir harekettir (11).

Yapılan deneyler sonunda aşınma miktarı 1,2 mm'den küçük olan betonları aşınma mukavemeti çok yüksek olan beton ve 3 mm'den fazla aşınan betonları aşınmaya karşı mukavemeti zayıf olan beton olarak niteleyebiliriz (6).

Betonarme kazık, yol ve havaalanları gibi yerlerde beton elemanlar önemli darbe etkilerinde kalırlar. Bu gibi yerlerde kullanılan betonların çarpmaya dayanıklı olması gerekir (6).

### 2.3. Kaynak Araştırması

Kırca (2001), Isparta ve yöresinde bulunan agrega potansiyellerinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada amaç; özellikle mevcut agrega ocaklarına uzak bölgelerde bulunan agregaların beton imalinde kullanılıp kullanılmayacağını incelemektir (22)

Keskin (1993), Isparta-Atabey'den alınan örnekler üzerinde yaptığı çalışmada beton agregası olarak kullanılmaları amacıyla fiziksel ve mekanik özellikler yönünden uygunluklarını araştırmıştır. Bazı bölgeler kum özelliği gösterdiği diğer bölgeler ise çakıl ve iyi derecelenmiş kum karışımları karakterindedir. Bazı bölgelerin beton agregası olarak kullanılmasında herhangi bir sakınca olmadığını saptamıştır (23).

Çakır (1991), İzmir ilinde merkez dahil olmak üzere 22 ilçeden alınmış 66 adet agrega örneğinin fiziksel ve granülometrik özelliklerinin incelenmesini araştırmıştır. Örnek malzeme üzerinde birim ağırlık, özgül ağırlık, kil ve organik miktarlarının tespiti amacıyla gerekli deneyler yapılmıştır. Elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanmış ve bu ortalamalar değerlendirilmiştir. Birim ağırlık ve özgül ağırlık değerlerinden yararlanarak porozite ve kompasite değerleri tespit edilmiştir. Bu agrega ocakları birbirine göre farklı fiziksel özelliklere sahip olmaları yanında agrega ocaklarının homojen durumda olmadığı gözlenmiştir (24).

Türk (1994), Elazığ yöresindeki agrega kaynaklarının tespit edilmesi ve bu ocaklara ait agregaların laboratuarda fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Farklı olarak bu agregalar ile sabit plastisite esas alınarak silindir beton örnekleri hazırlanmıştır. Silindir beton örneklerin basınç dayanımları tespit edilerek karşılaştırmalar yapılmış ve betonun kalitesini önemli ölçüde etkileyen agrega özelliklerinin iyileştirme çareleri belirlenmiştir. Elazığ yöresinde sadece birkaç ocak ile agrega ihtiyacının karşılanması getireceği maliyet ve rezervin tükenmesi gibi problemler karşısında tespit edilen agrega kaynaklarıyla da diğer bir amacına ulaşmıştır (25).

Özyürek (1995), Kırıkkale'de Kızılırmak nehrinden alınan agreganın fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemiş ve bu agregaya kullanılarak üretilen, farklı granülometri bileşimi ve çimento dozajına sahip betonların su yapılarında kullanılabilirliklerini araştırmıştır. Bu amaçla agregaya örnekleri üzerinde TS'ye göre yapılan deneylerle agreganın uygunluğunu saptamış ve bu agregaya ile üretilen ve farklı ortamlarda olgunlaştırılan betonlar üzerinde yine TS'ye uygun olarak birim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme oranı ile basınç dayanımı deneylerini yaparak birbirleri ile karşılaştırmıştır. Beton örnekler ayrıca beton test tabancası ve ultrason cihazı yardımıyla test edilerek basınç dayanımları birleşik yıkıntısız yöntemle-kestirilmiştir. Agregaya granülometri bileşimi ve su/çimento oranı ile olgunlaştırma ortamının beton özelliklerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir (26).

Kocabay (1991), Sivas ve çevresinde yapılan inşaatlarda kullanılan agreganın % 80'ni karşılayan agregaya ocağının beton yapımına uygunluğunu araştırmıştır. Çalışmada kullandığı deney metotları Türk Standartları Enstitüsü tarafından kabul edilen agregaya deneyleri olmuştur. Sivas ili Hafik ilçesinin kuzey doğusundaki agregaya ocağından TS 707'ye uygun olarak alınan tuvenan agregaya örnekleri üzerinde agreganın granülometrisi, özgül ağırlığı, su emme oranı, ince madde oranı, hafif madde oranı, birim ağırlık tayini, kil topaklan tayini, organik madde tayini, hava tesirlerine ve aşınmaya karşı duyarlılık deneylerini yapmıştır. Deney sonuçlarının standart değerlere uygun olduğunu belirlemiştir. Bu değerlere göre agreganın beton üretiminde kullanılabilir özellikte olduğunu saptamıştır (27).

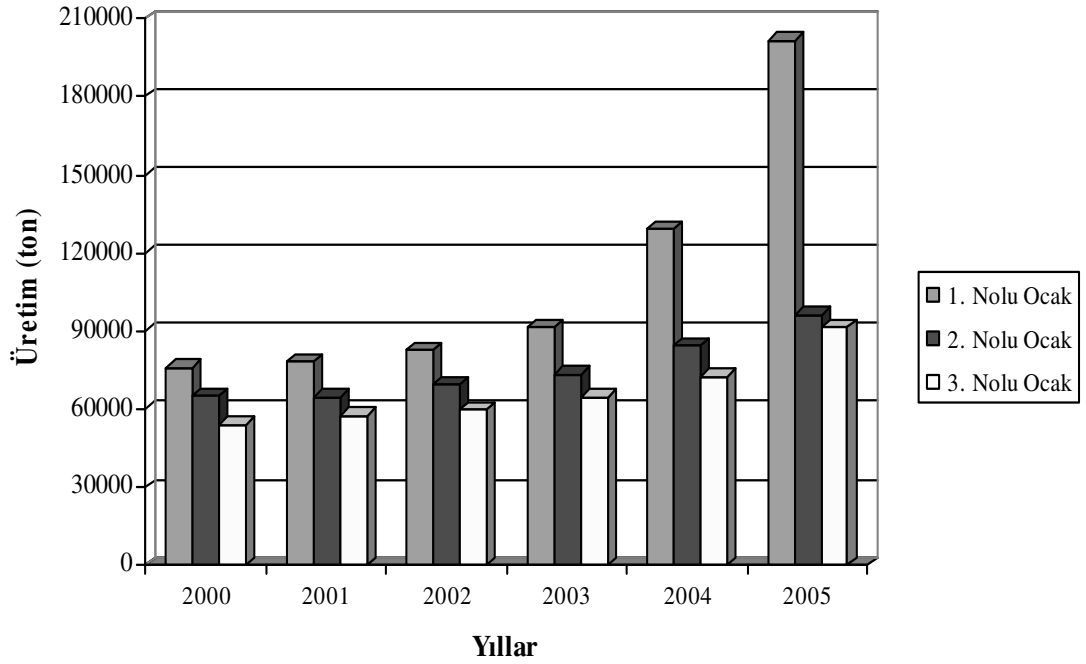
İyidere deresindeki agregaya rezervleri için şu ana kadar bilinen ilk çalışma K.T.Ü. İnşaat Mühendisliği bölümünde yüksek lisans çalışması olarak 1995 yılında İbrahim YÜKSEL tarafından yapılmıştır. Katı madde taşımını (sediment) ile ilgili bu çalışma sonucunda elde edilen yöntem ve formüllerle kum-çakıl potansiyeli hesaplanmıştır (28). İkinci çalışma Gazi Üniversitesi Yapı Eğitimi Bölümünde yüksek lisans çalışması olarak 1997 yılında Mehmet Selçuk GÜNER tarafından yapılmış ve çalışmada İyidere deresindeki agregaların beton üretiminde kullanılabilirliği özgül ağırlık, su emme, organik madde, gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlık deneyleri sonuçlarına göre incelenmiştir (14).

Bu çalışma ise standartların gerektirdiği ve eksik görülen deneylerin yapılması, standartların Avrupa Birliği standartlarına uyarlanması, malzeme özelliklerinin değişmiş olabileceği düşüncesiyle yapılmıştır.

Deney numunelerinin temin edildiği agrega ocaklarının 2000 – 2005 yılları arasındaki üretimleri Çizelge 2.6 ve Şekil 2.6’da görülmektedir. Buradan her üç ocağında her yıl üretimlerini arttırdıkları anlaşılmaktadır. Çizelge 2.7’de ise iyidere deresinin yıllık birim taşınım debisi görülmektedir.

Çizelge 2.6. Üç ocağa ait yıllık agrega üretimi (ton)

Yıllar	1. Nolu Ocak	2. Nolu Ocak	3. Nolu Ocak
2000	76 000	65 000	54 000
2001	78 300	64 650	57 500
2002	82 700	69 350	59 800
2003	91 300	73 200	64 500
2004	129 500	84 300	72 350
2005	201 900	96 350	91 600
Toplam	659 900	452 850	399 750



Şekil 2.6. Üç ocağa ait yıllara göre agrega üretimi (ton)

Çizelge 2.7. İyidere deresi sediment taşınım debileri (28)

Akarsu Adı	Q Ort. (m <sup>3</sup> /s)	A (km <sup>2</sup> )	Q (ton/yıl)	q (ton/yıl/km <sup>2</sup> )
İYİDERE	28,05	855	71 894	84

Q<sub>ort</sub> : Ortalama akım debisi

A : Havzanın alanı

Q : Sediment taşınım debisi

q : Birim sediment taşınım debisi (28).

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Rize-İyidere deresinden elde edilen agregaların fiziksel özelliklerini araştırmak amacıyla yapılan bu çalışmada İyidere deresi üzerindeki üç kum ocağından temin edilen agrega numuneleri, çeşitli araç gereç ve çeşitli kimyasallar kullanılmıştır. Tüm materyaller ilgili TS'de verilen özelliklere uygun seçilmiştir. Araştırmada kullanılan materyallerin özellikleri hakkında gerekli açıklamalar veya açıklamaların bulunduğu kaynaklar aşağıda verilmiştir.

##### **3.1.1. Agrega**

Araştırmanın materyalini İyidere deresi kum ocaklarından temin edilen agregalar oluşturmaktadır. Agrega numuneleri ocaktan bir program ve yöntem dahilinde deneylere yetecek kadar alınmıştır.

##### **Malzemenin sahadaki konumu**

Çalışma alanı Rize ili batısında yer almaktadır. Kolay ulaşım imkanlarına sahiptir. Agrega ocakları İyidere-İkizdere yolu üzerinde bulunmaktadır (Şekil 3.1).

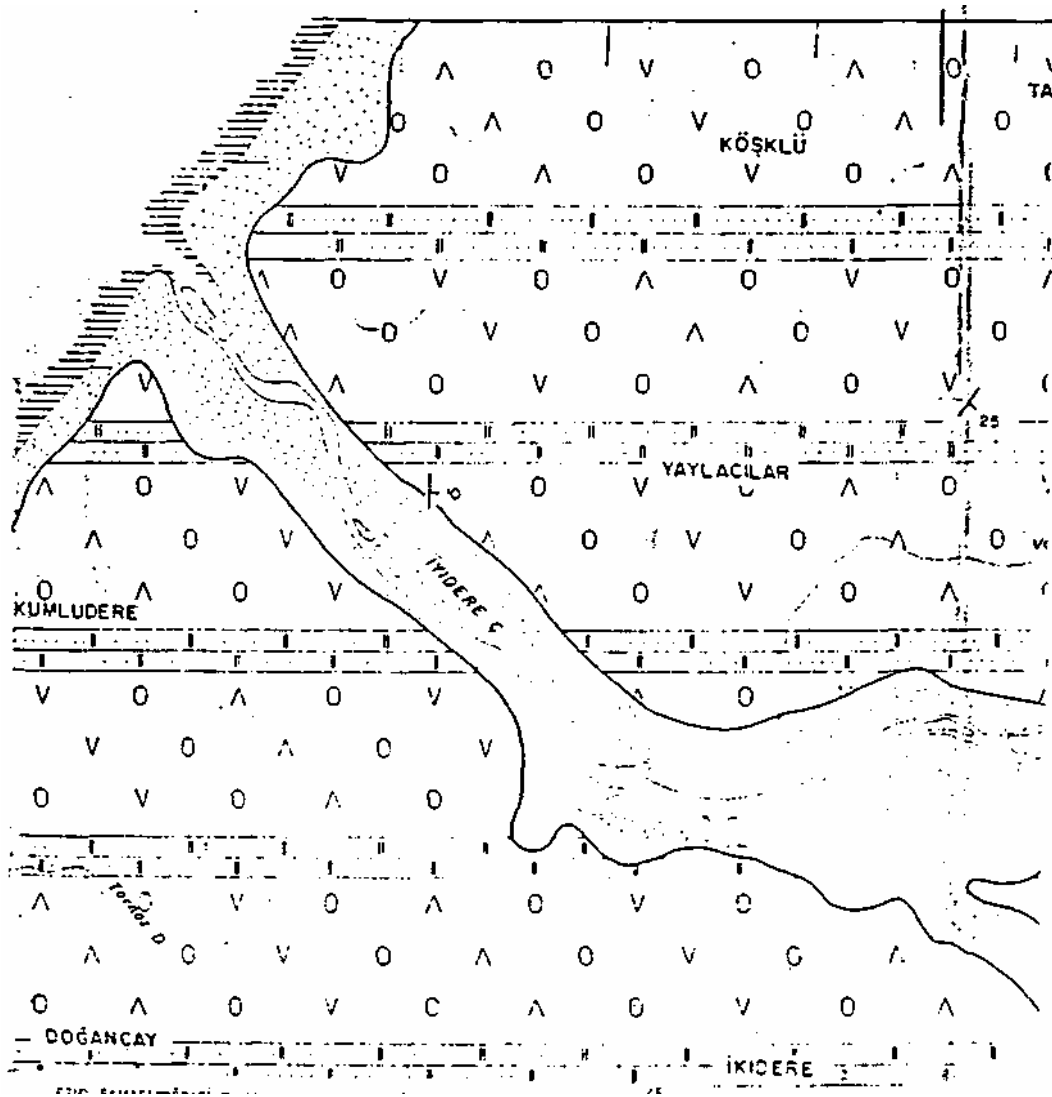
Alüvyon; İyidere boyunca blok, çakıl, kum, kilden oluşan alüvyonlar yer alır. Kalınlıkları 250 m civarında olup, yaşları kuvaterner olarak düşünülmektedir.

Konglomera, Çamurtaşı, Kireçtaşı, Kumlası, Tüf, Kiltası, Tortul seri kalkandere civarında vardır. Çeşitli litolojik birimlerden oluştuğu için değişik renkler ve düzgün tabakalarına gösterirler. Tabaka kalınlıkları 5 cm ile 1 m. arasında değişkendir. Sedimanter kayalardan oluşan bu birim tabanda konglomera ile temsil edilir. Üzerine sırasıyla; çamurtaşı, kireçtaşı, kumtaşı, tüf, kiltası ve marnlar gelir. Taban kesimlerinde makrofosiller gözlenmiştir.

Kumtaşlarının mikroskopik incelemelerinde; kuvars, plajiolaz kristalleri, mikrolitopak mineraller, submikroskopik malzemedan ibaret değişik boyutta kayaç parçaları ile biyotit kristalleri içerdiği, çimento ise yaygın kalsit, yer yer kloritten

ibaret olduğu tespit edilmiştir. Kireçtaşlarının ise çok ince taneli kalsitten ibaret olduğu, bol fosil ile birlikte demiroksit ve opak mineralleri içerdiği tespit edilmiştir.

Kumlu tüf arabanlı, Bazalt, Andezit Lav ve Piroklostları etüt alanının doğu ve batısında hematitli dasitleri, orta kesiminde ise çamurtaşı, kireçtaşı, tüf aralanmalı tortul seriyi uyumlu olarak örter.



Şekil 3.1. Malzeme alanı jeofizik haritası (MTA Trabzon Bölge Müdürlüğü)

### 3.1.2. Numune alma

Numune alma TS EN 932-1'de verilen araç gereçlerle yönteme uygun olarak yapılmıştır. Deneyde kullanılan agregaların tane sınıfı 0 – 7 mm, 0 – 12 mm, 7 – 16 mm ve 16 – 22 mm'dir.

### 3.1.3. Beton zellikleri

Beton numunelerin hazırlanmasında; agrega numunesi, nye imento fabrikasından temin edilen CEM I 42,5 R imento ve içme suyu kullanılmıştır. Kullanılan tüm araç ve gereçler TS'lerde önerilen özelliklere uygun seçilmiştir.

### 3.2. Yöntem

Bu araştırmada uygulanan yöntemler TS'lerde önerilen yöntemler olup aşağda verilmiştir. Yöntemde değişiklik yapılması durumunda ise uygulanan yöntem detaylı olarak ayrıca açıklanmıştır.

Agregalardan Numune Alma : TS EN 932 – 1

Agregada Tane Byklğ Dağılımı : TS 3530 EN 933 – 1

İnce Agreganın zgl Ağırlık ve Su Emme Oranı : TS 3526

İri Agreganın zgl Ağırlık ve Su Emme Oranı : TS 3526

Agregada Gevşek Birim Ağırlık Tayini : TS 3529

Agregada Sıkışık Birim Ağırlık Tayini : TS 3529

Agregada Organik Madde Tayini : TS EN 1744 – 1

Agregada İnce Madde Oranı Tayini : TS 3527

Agregaların Yüzey Nemi Oranının Tayini : TS 3523

Agregalarda Hafif Madde Oranı Tayini : TS 3528

Agregaların Donma zlmeye Karşı Direncinin Tayini : TS EN 1367 – 1

Agregada Aşınma Direncinin Tayini (Los Angeles Metodu) : TS EN 1097 – 2

Yassılık İndeksi : TS EN 933 – 3



## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Agregada Tane Büyüklüğü Dağılımı (TS 3530 EN 933 – 1)

#### 4.1.1. Deneyin yapılışı

1. Deney için ayrılan numuneler cinslerine göre ayrı ayrı tavalara konularak etüv de etüv kurusu duruma getirilir,
2. İnce ve iri agrega için gerekli elek serileri elek göz açıklığı büyükten küçüğe dizilir. Numune elek göz açıklığı en büyük elek üzerine boşaltılır ve eleme yapılır (Resim 4.1),



Resim 4.1. Deney numunesinin elenmesi

3. Her elek üzerinde kalan agrega tartılır ( $W_n$ ) (Resim 4.2). Toplam ( $W_o$ ) içindeki yüzdesi ( $S_n$ ) hesaplanır.

$$S_n = \text{Her elek üstünde kalan } \% = (W_n / W_o) \times 100 \quad [4.1]$$



Resim 4.2. Deney numunesinin tartılması

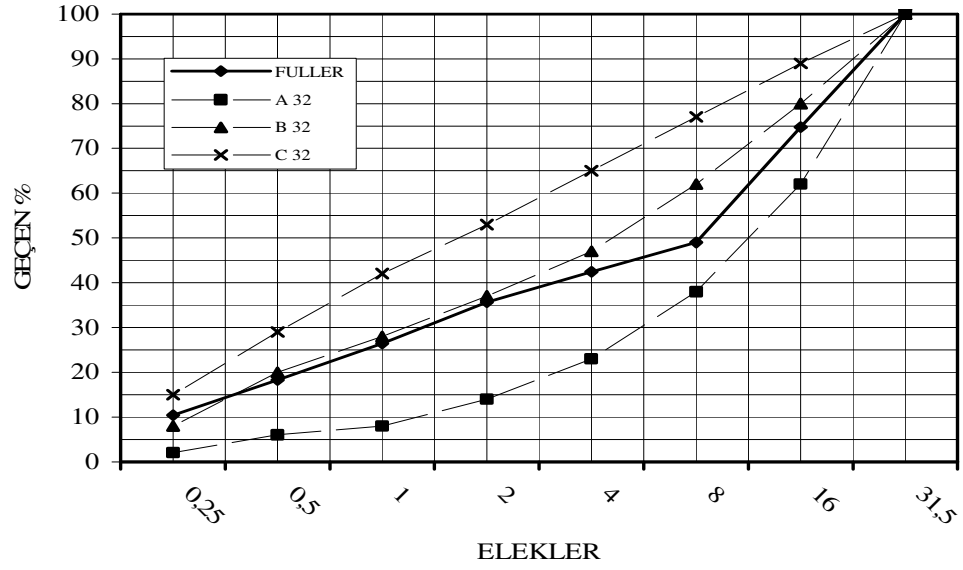
4. Her elek üstünde % kalan miktarlar kümülatif % kalan şekline çevrilir. Kümülatif % kalan miktarlarını % 100 tamamlayan miktarlar % kümülatif geçen olarak kayda alınır (30).

Çizelge 4.1. 1 Nolu ocaktan alınan agregada tane büyüklüğü dağılımı deneyi sonuçları

Elek	Malzeme (0-7 Kum)			Malzeme (0-12 K.Kum)			Malzeme (7-16)			Malzeme (16-22)		
	Küml. Kalan	Kalan %	Geçen %	Küml. Kalan	Kalan %	Geçen %	Küml. Kalan	Kalan %	Geçen %	Küml. Kalan	Kalan %	Geçen %
31,5							0	0,0	100,0	0	0,0	100,0
16				0	0,0	100,0	70	2,1	97,9	4548	87,5	12,5
8	0	0,0	100,0	343,2	21,2	78,8	2190	66,6	33,4	4972	95,7	4,3
4	178,7	13,4	86,6	761,2	47,0	53,0	3228	98,2	1,8	5090	97,9	2,1
2	417	31,3	68,7	1034,5	63,9	36,1	3254	99,0	1,0			
1	689,9	51,7	48,3	1232,5	76,1	23,9						
0,5	946,1	70,9	29,1	1342,9	82,9	17,1						
0,25	1145,5	85,9	14,1	1423,7	87,9	12,1						
0,125	1292,4	96,9	3,1	1497,6	92,4	7,6						
0,075	1311,4	98,3	1,7	1524	94,1	5,9						
	Numune Ağırlığı		1334	Numune Ağırlığı		1620	Numune Ağırlığı		3286	Numune Ağırlığı		5198

Çizelge 4.2. 1 Nolu ocaktan alınan agregada karışım oranları sonuçları

DANE BOYU	% 25 A	% 12 B	% 25 C	% 38 D	KARIŞIM ORANI % GEÇEN				HESAPLANAN ORTALAMA
	16-22	7-16	0-7	0-12	A 16-22	B 7-16	C 0-7	D 0-12	
31,5	100,0								100,0
16	12,5	97,9			3,1	16,6			72,8
8	4,3	33,4	100,0	78,8	1,1	5,7	28,0	23,6	58,4
4		1,8	86,6	53,0		0,3	24,2	15,9	40,5
2		1,0	68,7	36,1		0,2	19,2	10,8	30,3
1			48,3	23,9			13,5	7,2	20,7
0,5			29,1	17,1			8,1	5,1	13,3
0,25			14,1	12,1			4,0	3,6	7,6
0,125			3,1	7,6			0,9	2,3	3,1
0,075			1,7	5,9			0,5	1,8	2,3



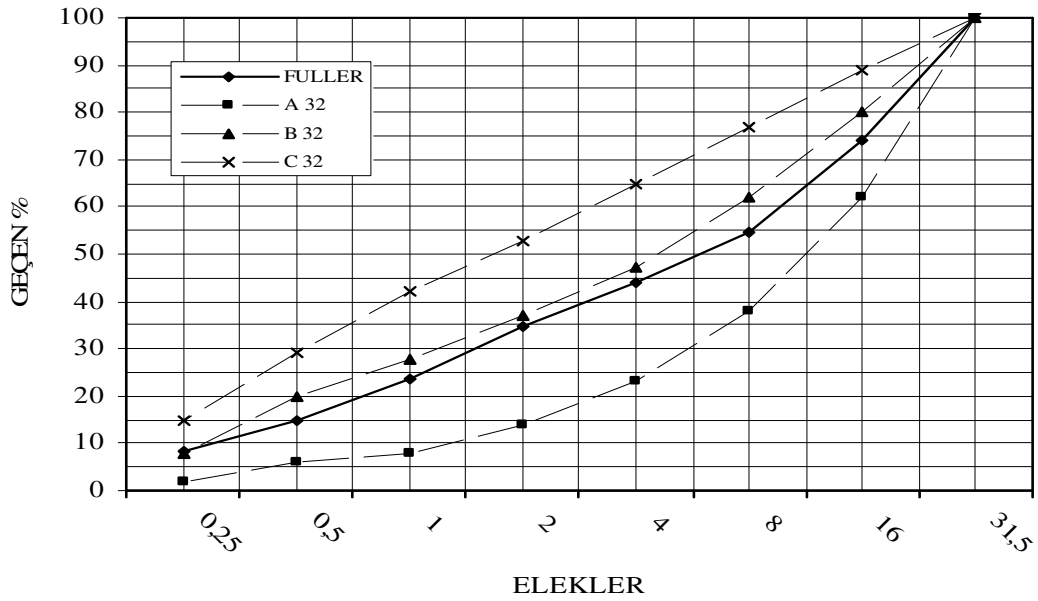
Şeki 4.1. 1 Nolu ocaktan alınan karışık agrega granülometri eğrileri

Çizelge 4.3. 2 Nolu ocaktan alınan agregada tane büyüklüğü dağılımı deneyi sonuçları

Elek mm	Malzeme (0-7 Kum)			Malzeme (0-12 K.Kum)			Malzeme (7-16)			Malzeme (16-22)		
	Küml. Kalan	Kalan %	Geçen %	Küml. Kalan	Kalan %	Geçen %	Küml. Kalan	Kalan %	Geçen %	Küml. Kalan	Kalan %	Geçen %
31,5							0	0,0	100,0	0	0,0	100,0
16				0	0,0	100,0	498	13,2	86,8	4350	92,8	7,2
8	34	1,9	98,1	98	4,1	95,9	3540	94,1	5,9	4622	98,6	1,4
4	236	13,4	86,6	492	20,7	79,3	3712	98,7	1,3	4628	98,8	1,2
2	502	28,4	71,6	924	38,9	61,1	3714	98,7	1,3			
1	908	51,4	48,6	1376	57,9	42,1						
0,5	1340	75,9	24,1	1664	70,0	30,0						
0,25	1614	91,4	8,6	1890	79,5	20,5						
0,125	1714	97,1	2,9	2088	87,8	12,2						
0,075	1730	98,0	2,0	2170	91,3	8,7						
	Numune Ağırlığı		1766	Numune Ağırlığı		2378	Numune Ağırlığı		3762	Numune Ağırlığı		4686

Çizelge 4.4. 2 Nolu ocaktan alınan agregada karışım oranları sonuçları

DANE BOYU	% 25	% 22	% 20	% 33	KARIŞIM ORANI % GEÇEN				HESAPLANAN ORTALAMA
	A 16-22	B 7-16	C 0-7	D 0-12	A 16-22	B 7-16	C 0-7	D 0-12	
31,5	100,0								100,0
16	7,2	86,8			1,8	19,1			73,9
8	1,4	5,9	98,1	95,9	0,3	1,3			54,6
4		1,3	86,6	79,3		0,3	17,3	26,2	43,8
2		1,3	71,6	61,1		0,3	14,3	20,2	34,8
1			48,6	42,1			9,7	13,9	23,6
0,5			24,1	30,0			4,8	9,9	14,7
0,25			8,6	20,5			1,7	6,8	8,5
0,125			2,9	12,2			0,6	4,0	4,6
0,075			2,0	8,7			0,4	2,9	3,3



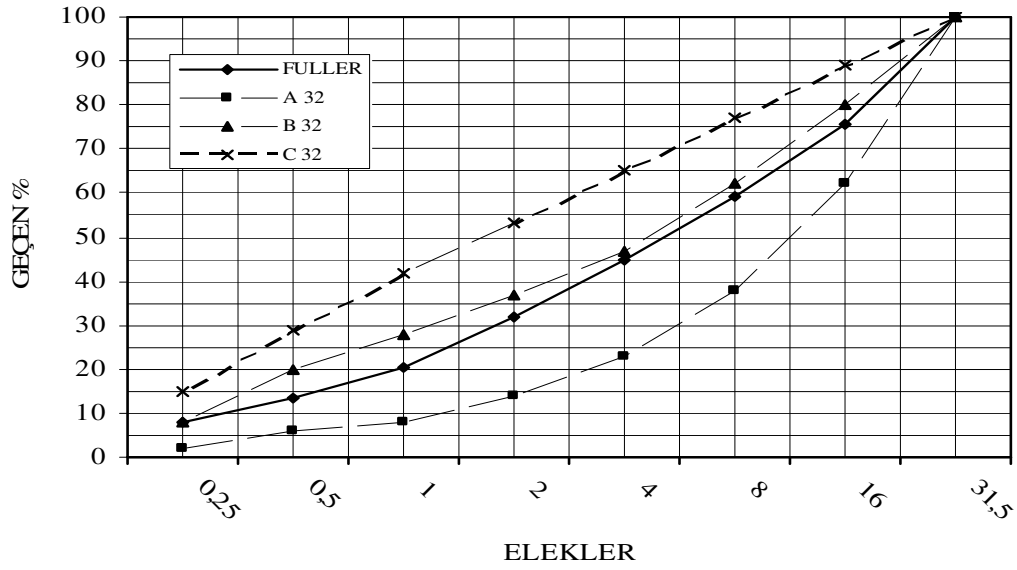
Şekil 4.2. 2 Nolu ocaktan alınan karışık agrega granülometri eğrileri

Çizelge 4.5. 3 Nolu ocaktan alınan agregada tane büyüklüğü dağılımı deneyi sonuçları

Elek mm	Malzeme (0-7 Kum)			Malzeme (0-12 K.Kum)			Malzeme (7-16)			Malzeme (16-22)		
	Küml. Kalan	Kalan %	Geçen %	Küml. Kalan	Kalan %	Geçen %	Küml. Kalan	Kalan %	Geçen %	Küml. Kalan	Kalan %	Geçen %
31,5							0	0,0	100,0	0	0,0	100,0
16				0	0,0	100,0	147,6	6,5	93,5	2888	96,8	3,2
8	0	0,0	100,0	139,8	9,5	90,5	2010,2	88,2	11,8	2982	99,9	0,1
4	215,5	14,2	85,8	574,7	39,0	61,0	2244,5	98,4	1,6			
2	604,4	39,7	60,3	837,6	56,8	43,2	2253,4	98,8	1,2			
1	916,8	60,2	39,8	1062,3	72,1	27,9						
0,5	1152,8	75,7	24,3	1181,2	80,1	19,9						
0,25	1346	88,4	11,6	1267,1	86,0	14,0						
0,125	1491,4	98,0	2,0	1346,1	91,3	8,7						
0,075	1493	98,1	1,9	1377,4	93,4	6,6						
	Numune Ağırlığı		1522	Numune Ağırlığı		1474	Numune Ağırlığı		2280	Numune Ağırlığı		2984

Çizelge 4.6. 3 Nolu ocaktan alınan agregada karışım oranları sonuçları

DANE BOYU	% 23	% 12	% 25	% 38	KARIŞIM ORANI % GEÇEN				HESAPLANAN ORTALAMA
	A 16-22	B 7-16	C 0-7	D 0-12	A 16-22 12	B 7-16	C 0-7	D 0-	
31,5	100,0								100,0
16	3,2	93,5			0,8				75,8
8	0,1	11,8	100,0	90,5	0,0	1,4			59,4
4		1,6	85,8	61,0		0,2	21,5	23,2	44,8
2		1,2	60,3	43,2		0,1	15,1	16,4	31,6
1			39,8	27,9			9,9	10,6	20,6
0,5			24,3	19,9			6,1	7,5	13,6
0,25			11,6	14,0			2,9	5,3	8,2
0,125			2,0	8,7			0,5	3,3	3,8
0,075			1,9	6,6			0,5	2,5	3,0



Şekil 4.3. 3 Nolu ocaktan alınan karışık agrega granülometri eğrileri

Üç agrega ocağından alınan numunelere ait elek analizi deneylerinin sonuçları Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6'da görülmektedir. Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3' de görüldüğü gibi granülometrik analizlerden agrega numuneleri tane dağılımının sürekli ve uygun bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

## 4.2. İnce Agreganın Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı (TS 3526):

### 4.2.1. Deneyin yapılışı

1. Agregaya doymun yüzey kum hale getirilir ve tartılarak kaydedilir ( $W_2$ ) (Resim 4.3.).

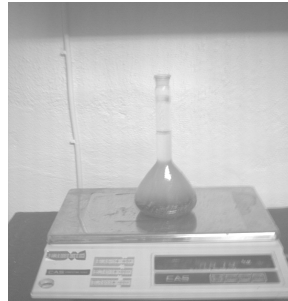


Resim 4.3. Deney numunesinin tartılması

2. Doygun kuru yüzeye ulaşmış ve ağırlığı tespit edilmiş numune  $105 \pm 5$  °C etüvde etüv kurusuna ulaşmaya kadar işleme devam edilir ve etüv kurusuna ulaşınca ağırlığı tespit edilir ( $W_1$ ).
3. Ölçü kabının 500 ml su ile dolu hali tartılır( $W_4$ ). Etüv kurusu durumdaki agrega ölçü kabına konur ve 20 °C suyla yarıya kadar doldurulur. Düz bir zemin üzerinde hafifçe vurularak kabarcıkların çıkması sağlanır (Resim 4.4). Bir saat bekleddikten sonra ölçü kabı 500 ml çizgisine kadar doldurulur ve tartılır ( $W_3$ ) (Resim 4.5) (31).



Resim 4.4. Deney numunesinin ölçü kabına konulması



Resim 4.5. Su+numune+ölçü kabının tartılması

$$\text{Agreganın Su Emme Oranı } \% = ((W_2 - W_1) / W_1) \times 100 \quad [4.2]$$

$$\text{Özgül ağırlık} = W_1 / (W_1 + W_4 - W_3) \quad [4.3]$$

Çizelge 4.7. 1 Nolu ocaktan alınan ince agregada özgül ağırlık ve su emme oranı sonuçları

İNCE MALZEME		0 – 7 mm	0–12 mm
Kuru Numune Ağırlığı	$W_1$	409	408,4
D.K.Y. Ağırlığı	$W_2$	431,8	416,2
Cam Balon+Su+Numune Ağırlığı	$W_3$	909,6	937,7
Cam Balon+Su Ağırlığı	$W_4$	654,8	680,6
Kuru Özgül Ağırlık	$W_1 / (W_2 + W_4 - W_3)$	2,311	2,567
D.K.Y. Özgül Ağırlık	$W_2 / (W_2 + W_4 - W_3)$	2,440	2,616
Görünen Özgül Ağırlık	$W_1 / (W_1 + W_4 - W_3)$	2,652	2,699
Su Emme Yüzdesi	$((W_2 - W_1) / W_1) * 100$	5,6	1,9

Çizelge 4.8. 2 Nolu ocaktan alınan ince agregada özgül ağırlık ve su emme oranı sonuçları

İNCE MALZEME		0 – 7 mm	0–12 mm
Kuru Numune Ağırlığı	$W_1$	416,1	418,6
D.K.Y. Ağırlığı	$W_2$	439,4	446,6
Cam Balon+Su+Numune Ağırlığı	$W_3$	912,9	916,7
Cam Balon+Su Ağırlığı	$W_4$	653	654,8
Kuru Özgül Ağırlık	$W_1 / (W_2 + W_4 - W_3)$	2,318	2,266
D.K.Y. Özgül Ağırlık	$W_2 / (W_2 + W_4 - W_3)$	2,448	2,418
Görünen Özgül Ağırlık	$W_1 / (W_1 + W_4 - W_3)$	2,664	2,671
Su Emme Yüzdesi	$((W_2 - W_1) / W_1) * 100$	5,6	6,7

Çizelge 4.9. 3 Nolu ocaktan alınan ince agregada özgül ağırlık ve su emme oranı sonuçları

İNCE MALZEME		0 – 7 mm	0–12 mm
Kuru Numune Ağırlığı	$W_1$	355	400
D.K.Y. Ağırlığı	$W_2$	363	410
Cam Balon+Su+Numune Ağırlığı	$W_3$	812	840
Cam Balon+Su Ağırlığı	$W_4$	588	588
Kuru Özgül Ağırlık	$W_1 / (W_2 + W_4 - W_3)$	2,554	2,532
D.K.Y. Özgül Ağırlık	$W_2 / (W_2 + W_4 - W_3)$	2,612	2,595
Görünen Özgül Ağırlık	$W_1 / (W_1 + W_4 - W_3)$	2,710	2,703
Su Emme Yüzdesi	$((W_2 - W_1) / W_1) * 100$	2,254	2,500



İncelenen agregaların sırasıyla görünen özgül ağırlık değeri ortalamaları 1 nolu ocak için 0 – 7 mm ince agregada 2,652 kg/dm<sup>3</sup>, 0 – 12 mm ince agregada 2,699 kg/dm<sup>3</sup>, 2 nolu ocak için 0 – 7 mm ince 2,664 kg/dm<sup>3</sup>, 0 – 12 mm ince agregada 2,671 kg/dm<sup>3</sup>, 3 nolu ocak için 0 – 7 mm ince agregada 2,710 kg/dm<sup>3</sup>, 0 – 12 mm ince agregada 2,703 kg/dm<sup>3</sup> olduğu görülmüştür. Su emme oranı ortalamaları 0 – 7 mm, 0 – 12 mm tane sınıfı agregalarda sırasıyla 1 nolu ocak için % 5,6, % 1,9, 2 nolu ocak için % 5,6, % 6,7, 3 nolu ocak için % 2,254, % 2,5 çıkmıştır (Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9).

### 4.3. İri Agreganın Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı (TS 3526):

#### 4.3.1. Deneyin yapılışı

1. Agregada numunesi alınır ve bir kaba konur.
2. Kap su ile doldurularak 24 saat beklenir. Böylece agregada suya doyurulur.
3. Agregada doymun kuru yüzeye ulaşınca kadar ısıtıcı da işleme tabi tutulur.
4. Doymun kuru yüzeye ulaşılmış agreganın  $D_{max}$ 'ına göre belirtilen miktarda numune alınarak tartılır ( $W_2$ ).
5. Doymun kum yüzeye ulaşmış ve ağırlığı tespit edilmiş numune 105 ± 5 °C'lik etüvde etüv kurusuna ulaşınca kadar işleme devam edilir ve etüv kurusuna ulaşınca ağırlığı tespit edilir ( $W_1$ ).
6. D.Y.K haldeki numune kafes sepet içine konularak su dolu kova içinde su yüzeyinden en az 5 cm daha aşağıda kalacak şekilde daldırılır ve ağırlık tespit edilir ( $W_3$ ) (31).

$$\text{Agreganın Su Emme Oranı \%} = ((W_2 - W_1)/W_1) \times 100 \quad [4.4]$$

$$\text{Özgül ağırlık} = W_2 / (W_2 - W_3) \quad [4.5]$$

Çizelge 4.10. 1 Nolu ocaktan alınan iri agregada özgül ağırlık ve su emme oranı sonuçları

KABA MALZEME		7 – 16 mm	16 – 22 mm
Kuru Numune Ağırlığı	$W_1$	1678	1950
Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı	$W_2$	1690	1964
D.K.Y. Numunenin Sudaki Ağırlığı	$W_3$	1040,7	1213,7
Kuru Özgül Ağırlık	$W_1 / (W_2 - W_3)$	2,584	2,599
D.K.Y. Özgül Ağırlık	$W_2 / (W_2 - W_3)$	2,603	2,618
Görünen Özgül Ağırlık	$W_1 / (W_1 - W_3)$	2,633	2,648
Su Emme Yüzdesi	$((W_2 - W_1) / W_1) * 100$	0,7	0,7

Çizelge 4.11. 2 Nolu ocaktan alınan iri agregada özgül ağırlık ve su emme oranı sonuçları

KABA MALZEME		7 – 16 mm	16 – 22 mm
Kuru Numune Ağırlığı	$W_1$	1135	1484
Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı	$W_2$	1149	1498
D.K.Y. Numunenin Sudaki Ağırlığı	$W_3$	715	934
Kuru Özgül Ağırlık	$W_1 / (W_2 - W_3)$	2,615	2,631
D.K.Y. Özgül Ağırlık	$W_2 / (W_2 - W_3)$	2,647	2,656
Görünen Özgül Ağırlık	$W_1 / (W_1 - W_3)$	2,702	2,698
Su Emme Yüzdesi	$((W_2 - W_1) / W_1) * 100$	1,233	0,943

Çizelge 4.12. 3 Nolu ocaktan alınan iri agregada özgül ağırlık ve su emme oranı sonuçları

KABA MALZEME		7 – 16 mm	16 – 22 mm
Kuru Numune Ağırlığı	$W_1$	1874	2474
Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı	$W_2$	1894	2492
D.K.Y. Numunenin Sudaki Ağırlığı	$W_3$	1168,2	1552,2
Kuru Özgül Ağırlık	$W_1 / (W_2 - W_3)$	2,582	2,632
D.K.Y. Özgül Ağırlık	$W_2 / (W_2 - W_3)$	2,610	2,652
Görünen Özgül Ağırlık	$W_1 / (W_1 - W_3)$	2,655	2,684
Su Emme Yüzdesi	$((W_2 - W_1) / W_1) * 100$	1,1	0,7

İncelenen agregaların sırasıyla görünen özgül ağırlık değeri ortalamaları 1 nolu ocak için 7 – 16 mm iri agregada 2,633 kg/dm<sup>3</sup>, 16 - 22 mm iri agregada 2,648 kg/dm<sup>3</sup>, 2 nolu ocak için 7 – 16 mm iri agregada 2.702 kg/dm<sup>3</sup>, 16 - 22 mm iri agregada 2,698 kg/dm<sup>3</sup>, 3 nolu ocak için 7 – 16 mm iri agregada 2,655 kg/dm<sup>3</sup>, 16 - 22 mm iri agregada 2,684 kg/dm<sup>3</sup> olduğu görülmüştür. Su emme oranı ortalamaları 7 – 16 mm, 16 – 22 mm tane sınıfı agregalarda sırasıyla 1 nolu ocak için 0,7, % 0,7, 2 nolu ocak için % 1,233, % 0,943, 3 nolu ocak için % 1,1, % 0,7 çıkmıştır (Çizelge 4.10, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12).

#### 4.4. Agregada Gevşek Birim Ağırlık Tayini (TS 3529)

##### 4.4.1. Deneyin yapılışı

1. Numune etüv kurusu hale getirilir. Ölçü kabının boş ağırlığı tartılır ve  $M_1$  olarak kaydedilir.
2. Agregada el küreği ile kap kenarlarından çevresinde dönmeli olarak bir miktar taşıyacak şekilde doldurulur ve yüzey cetvelle dikkatlice sıyrılır (Resim 4.6).



Resim 4.6. Deney numunesinin ölçü kabına yerleştirilmesi

3. Gevşek agregada ile dolu ölçü kabı beraberce tartılır ve  $M_2$  olarak kaydedilir.
4. Gevşek birim ağırlık aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır (32).

$$B_g = (M_2 - M_1) / V \quad [4.6]$$

$B_g$  : Gevşek birim hacim ağırlık (Kg / m<sup>3</sup>, g / dm<sup>3</sup>)

$M_1$  : Ölçü kabının boş ağırlığı (g)

$M_2$  : Ölçü kabı + gevşek agreganın ağırlığı (g)

$V$  : Ölçü kabının iç hacmi ( $dm^3$ )

Çizelge 4.13. 1 Nolu ocaktan alınan agregada gevşek birim ağırlık deneyi sonuçları

		0 – 7 mm	0 – 12 mm	7 – 16 mm	16 – 22 mm
Ölçü Kabının Boş Ağırlığı (g)	$M_1$	1922	1922	1922	1922
Ölçü Kabı + Gevşek Agreganın Ağırlığı (g)	$M_2$	6310	6322	5806	5846
Ölçü Kabının Hacmi ( $dm^3$ )	$V$	3	3	3	3
Gevşek Birim Hacim Ağırlık ( $g/dm^3$ )	$(M_2 - M_1) / V$	1462,7	1466,7	1294,7	1308,0

Çizelge 4.14. 2 Nolu ocaktan alınan agregada gevşek birim ağırlık deneyi sonuçları

		0 – 7 mm	0 – 12 mm	7 – 16 mm	16 – 22 mm
Ölçü Kabının Boş Ağırlığı (g)	$M_1$	1922	1922	1922	1922
Ölçü Kabı + Gevşek Agreganın Ağırlığı (g)	$M_2$	6296	6355	5786	5812
Ölçü Kabının Hacmi ( $dm^3$ )	$V$	3	3	3	3
Gevşek Birim Hacim Ağırlık ( $g/dm^3$ )	$(M_2 - M_1) / V$	1458	1477,7	1288	1296,7

Çizelge 4.15. 3 Nolu ocaktan alınan agregada gevşek birim ağırlık deneyi sonuçları

		0 – 7 mm	0 – 12 mm	7 – 16 mm	16 – 22 mm
Ölçü Kabının Boş Ağırlığı (g)	$M_1$	1922	1922	1922	1922
Ölçü Kabı + Gevşek Agreganın Ağırlığı (g)	$M_2$	6282	6331	5802	5861
Ölçü Kabının Hacmi ( $dm^3$ )	$V$	3	3	3	3
Gevşek Birim Hacim Ağırlık ( $g/dm^3$ )	$(M_2 - M_1) / V$	1453,3	1469,7	1293,3	1313

Gevşek birim ağırlık değerlerine bakıldığında 1 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada  $1,4627 \text{ kg/dm}^3$ , 0 – 12 mm agregada  $1,4667 \text{ kg/dm}^3$ , 7 – 16 mm agregada  $1,2947 \text{ kg/dm}^3$  ve 16 – 22 mm agregada  $1,308 \text{ kg/dm}^3$ , 2 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada  $1,458 \text{ kg/dm}^3$ , 0 – 12 mm agregada  $1,4777 \text{ kg/dm}^3$ , 7 – 16 mm agregada  $1,288 \text{ kg/dm}^3$  ve 16 – 22 mm agregada  $1,2967 \text{ kg/dm}^3$ , 3 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada  $1,4533 \text{ kg/dm}^3$ , 0 – 12 mm agregada  $1,4697 \text{ kg/dm}^3$ , 7 – 16 mm agregada  $1,2933 \text{ kg/dm}^3$  ve 16 – 22 mm agregada  $1,313 \text{ kg/dm}^3$  olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15).

#### 4.5. Agregada Sıkışık Birim Ağırlık Tayini (TS 3529):

##### 4.5.1 Deneyin Yapılışı

1. Numune etüv kurusu hale getirilir. Ölçü kabının boş ağırlığı tartılır ve  $M_1$  olarak kaydedilir.
2. Deney numunesi kaba üç kademe halinde doldurulur ve her kademe 25 defa şişlenerek sıkıştırılır. Ölçü kabı üst yüzü sıyrılarak düzeltilir.
3. Sıkışık agrega ile dolu ölçü kabı beraberce tartılır ve  $M_2$  olarak kaydedilir.
4. Sıkışık birim ağırlık aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır (32).

$$B_s = (M_2 - M_1) / V \quad [4.7]$$

$B_s$  : Sıkışık birim hacim ağırlık ( $Kg / m^3$ ,  $g / dm^3$ )

$M_1$  : Ölçü kabının boş ağırlığı (g)

$M_2$  : Ölçü kabı + sıkışık agrega ağırlığı (g)

$V$  : Ölçü kabının iç hacmi ( $dm^3$ )

Çizelge 4.16. 1 Nolu ocaktan alınan agregada sıkışık birim ağırlık deneyi sonuçları

		0 – 7 mm	0 – 12 mm	7 – 16 mm	16 – 22 mm
Ölçü Kabının Boş Ağırlığı	$M_1$	1922	1922	1922	1922
Ölçü Kabı + Sıkışık Agregada Ağırlığı	$M_2$	6866	6871	6468	6422
Ölçü Kabının Hacmi	$V$	3	3	3	3
Sıkışık Birim Hacim Ağırlık	$(M_1 - M_2) / V$	1648	1649,7	1515	1500

Çizelge 4.17. 2 Nolu ocaktan alınan agregada sıkışık birim ağırlık deneyi sonuçları

		0 – 7 mm	0 – 12 mm	7 – 16 mm	16 – 22 mm
Ölçü Kabının Boş Ağırlığı	$M_1$	1922	1922	1922	1922
Ölçü Kabı + Sıkışık Agregada Ağırlığı	$M_2$	6824	6853	6488	6470
Ölçü Kabının Hacmi	$V$	3	3	3	3
Sıkışık Birim Hacim Ağırlık	$(M_1 - M_2) / V$	1634	1643,7	1522	1516

Çizelge 4.18. 3 Nolu ocaktan alınan agregada sıkışık birim ağırlık deneyi sonuçları

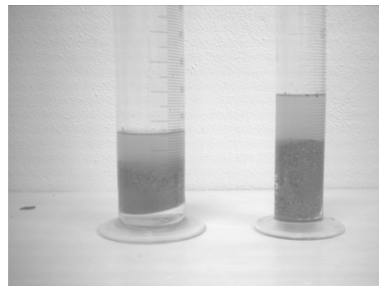
		0 – 7 mm	0 – 12 mm	7 – 16 mm	16 – 22 mm
Ölçü Kabının Boş Ağırlığı	$M_1$	1922	1922	1922	1922
Ölçü Kabı + Sıkışık Agregada Ağırlığı	$M_2$	6856	6871	6466	6457
Ölçü Kabının Hacmi	V	3	3	3	3
Sıkışık Birim Hacim Ağırlık	$(M_1 - M_2) / V$	1644,7	1649,7	1514,7	1511,7

Sıkışık birim ağırlık değerlerine bakıldığında 1 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada 1,648 kg/dm<sup>3</sup>, 0 – 12 mm agregada 1,650 kg/dm<sup>3</sup>, 7 – 16 mm agregada 1,515 kg/dm<sup>3</sup> ve 16 – 22 mm agregada 1,500 kg/dm<sup>3</sup>, 2 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada 1,634 kg/dm<sup>3</sup>, 0 – 12 mm agregada 1,6437 kg/dm<sup>3</sup>, 7 – 16 mm agregada 1,522 kg/dm<sup>3</sup> ve 16 – 22 mm agregada 1,516 kg/dm<sup>3</sup>, 3 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada 1,64447 kg/dm<sup>3</sup>, 0 – 12 mm agregada 1,6497 kg/dm<sup>3</sup>, 7 – 16 mm agregada 1,5147 kg/dm<sup>3</sup> ve 16 – 22 mm agregada 1,5117 kg/dm<sup>3</sup> olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.16, Çizelge 4.17, Çizelge 4.18).

#### 4.6. Agregada Organik Madde Tayini (TS EN 1744 – 1):

##### 4.6.1. Deneyin yapılışı

1. Numune 8 mm'lik elek altına geçen malzemeden alınır. Etüv kurusu hale getirilir.
2. Numune şişenin 130 cm<sup>3</sup> çizgisine kadar doldurulur. % 3'lük NaOH çözeltisi şişenin 200 cm<sup>3</sup> çizgisine kadar doldurulur.
3. Şişenin ağzı lastik tıkaç ile iyice kapatılır ve şişeler iyice çalkalanır. En az 24 saat sonra deney numunesi üzerindeki sıvının rengi tespit edilir (Resim 4.7) (33).



Resim 4.7. Deney numunesindeki sıvı renkleri

Çizelge 4.19. 1 Nolu ocaktan alınan agregada organik madde deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ	0 – 7 mm	0 – 12 mm
Renksizden açık sarıya doğru (Yok)	✓	✓
Koyu sarıdan açık kahverengiye doğru (Çok az)		
Koyu kahverengi, kırmızı (Var)		

Çizelge 4.20. 2 Nolu ocaktan alınan agregada organik madde deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ	0 – 7 mm	0 – 12 mm
Renksizden açık sarıya doğru (Yok)	✓	✓
Koyu sarıdan açık kahverengiye doğru (Çok az)		
Koyu kahverengi, kırmızı (Var)		

Çizelge 4.21. 3 Nolu ocaktan alınan agregada organik madde deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ	0 – 7 mm	0 – 12 mm
Renksizden açık sarıya doğru (Yok)	✓	✓
Koyu sarıdan açık kahverengiye doğru (Çok az)		
Koyu kahverengi, kırmızı (Var)		

Üç ocaktan alınan deney numunelerinin hiç birinde istenmeyen düzeyde organik maddeye rastlanmamıştır. Sodyum hidroksit çözeltisiyle yapılan organik madde tayini deneyinde, deney sıvısı rengi açık sarı olarak değerlendirilmiş ve agregada zararlı oranda organik madde olmadığına karar verilmiştir (Çizelge 4.19, Çizelge 4.20, Çizelge 4.21).

#### 4.7. Agregada İnce Madde Oranı Tayini (TS 3527):

##### 4.7.1. Deneyin yapılışı

1. Deney numunesi etüv kurusu hale getirilir, tartılır ve  $M_1$  olarak kaydedilir. Diğer numune 12 saat suda bekletilir.
2. Deney elekleri 0,063 mm, 1 mm ve 8 mm üst üste konular ve deney numunesi 8 mm'lik elek üzerine dökülür (Resim 4.8).

3. Elek takımının en üstündekinden başlanarak, deney numunesi yıkanabilir maddelerden arınacak şekilde aşağıya doğru yıkanır (Resim 4.9).



Resim 4.8. Deney numunelerinin hazırlanması



Resim 4.9. Deney numunelerinin yıkanması

4. Elek üstü malzemeler kaplara konur, etüv kurusu hale getirilir ve kuru ağırlıkları tespit edilir (Resim 4.10).



Resim 4.10. Yıkanmış deney numunelerinin tartılması

5. Yıkanabilir madde miktarı aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır (34).

$$M_y = [(M_1 - M_2) / M_1] \times 100 \quad [4.8]$$



$M_y$  : Yıkanabilir madde miktarı (%)

$M_1$  : Deney numunesinin ilk kuru ağırlığı (g)

$M_2$  : Yıkanan deney numunesinin kuru ağırlığı (g)

Çizelge 4.22. 1 Nolu ocaktan alınan agregada ince madde oranı deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ		0-7 mm	0-12mm	7-16 mm	16-22 mm
Deney numunesinin ilk kuru ağırlığı (g)	$M_1$	1466	1324	3376	4188
Yıkanan deney numunesinin kuru ağırlığı (g)	$M_2$	1394	1174	3364	4164
Yıkanabilir madde miktarı (%)	$[(M_1-M_2)/M_1] \times 100$	4,91	11,33	0,36	0,57

Çizelge 4.23. 2 Nolu ocaktan alınan agregada ince madde oranı deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ		0-7 mm	0-12mm	7-16 mm	16-22 mm
Deney numunesinin ilk kuru ağırlığı (g)	$M_1$	1520	1465	2278	2990
Yıkanan deney numunesinin kuru ağırlığı (g)	$M_2$	1493,7	1379,6	2265,1	2986
Yıkanabilir madde miktarı (%)	$[(M_1-M_2)/M_1] \times 100$	1,73	5,83	0,57	0,13

Çizelge 4.24. 3 Nolu ocaktan alınan agregada ince madde oranı deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ		0-7 mm	0-12mm	7-16 mm	16-22 mm
Deney numunesinin ilk kuru ağırlığı (g)	$M_1$	1354	1720	2390	3428
Yıkanan deney numunesinin kuru ağırlığı (g)	$M_2$	1338	1530	2374	3418
Yıkanabilir madde miktarı (%)	$[(M_1-M_2)/M_1] \times 100$	1,18	11,05	0,67	0,29

Yıkanabilir madde miktarının 1 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada % 4,91, 0 – 12 mm agregada % 11,33, 7 – 16 mm agregada % 0,36 ve 16 – 22 mm agregada % 0,57, 2 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada % 1,73, 0 – 12 mm agregada % 5,83, 7 – 16 mm agregada % 0,57 ve 16 – 22 mm agregada % 0,13, 3 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada % 1,18, 0 – 12 mm agregada % 11,05, 7 – 16 mm agregada % 0,67 ve 16 – 22 mm agregada % 0,29 olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.22, Çizelge 4.23, Çizelge 4.24).

#### 4.8. Agregaların Yüzey Nemi Oranının Tayini (TS 3523):

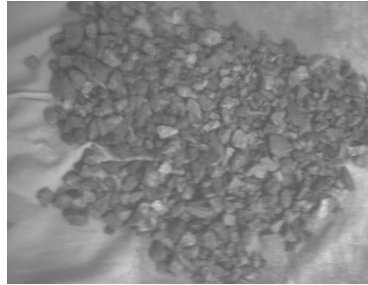
##### 4.8.1. Deneyin yapılışı

1. TS 707'ye uygun olarak alınan deney numunesi tartılır ve  $M_1$  olarak kaydedilir (Resim 4.11).



Resim 4.11. Deney numunesinin tartılması

2. Tartılan numune madeni kap içerisine yayılarak serilir ve doyunu kuru yüzey haline getirilir (Resim 4.12).
3. Doyunu kuru yüzey haline getirilmiş numune tartılır ve  $M_2$  olarak kaydedilir (Resim 4.13).



Resim 4.12. Deney numunesinin doyunu kuru yüzey hale getirilmesi



Resim 4.13. Doyunu kuru yüzey hale getirilmiş numunenin tartılması

4. Yüzey nemi oranı aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır (35).

$$N = [(M_1 - M_2) / M_1] \times 100 \quad [4.9]$$

$N$  : Agreganın yüzey nemi oranı (%)

$M_1$  : Deneysel numunesinin başlangıçtaki ağırlığı (g)

$M_2$  : Deneysel numunesinin doymuş kuru yüzey ağırlığı (g)

Çizelge 4.25. 1 Nolu ocaktan alınan agregaların yüzey nemi oranı deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ		0-7 mm	0-12mm	7-16 mm	16-22 mm
Deneysel numunesinin başlangıçtaki ağırlığı (g)	$M_1$	1620	1368	3468	4268
Deneysel numunesinin doymuş kuru yüzey ağırlığı (g)	$M_2$	1466	1324	3376	4188
Agreganın yüzey nemi oranı (%)	$[(M_1 - M_2) / M_1] \times 100$	10,5	3,3	2,7	1,9

Çizelge 4.26. 2 Nolu ocaktan alınan agregaların yüzey nemi oranı deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ		0-7 mm	0-12mm	7-16 mm	16-22 mm
Deneysel numunesinin başlangıçtaki ağırlığı (g)	$M_1$	2190	2460	2804	3054
Deneysel numunesinin doymuş kuru yüzey ağırlığı (g)	$M_2$	1908	2406	2730	2998
Agreganın yüzey nemi oranı (%)	$[(M_1 - M_2) / M_1] \times 100$	14,8	2,2	2,7	1,9

Çizelge 4.27. 3 Nolu ocaktan alınan agregaların yüzey nemi oranı deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ		0-7 mm	0-12mm	7-16 mm	16-22 mm
Deneysel numunesinin başlangıçtaki ağırlığı (g)	$M_1$	594	602	2164	2544
Deneysel numunesinin doymuş kuru yüzey ağırlığı (g)	$M_2$	532,3	568,7	2098	2494
Agreganın yüzey nemi oranı (%)	$[(M_1 - M_2) / M_1] \times 100$	11,6	5,9	3,1	2,0

Yüzey nemi oranının 1 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada % 10,5, 0 – 12 mm agregada % 3,3, 7 – 16 mm agregada % 2,7 ve 16 – 22 mm agregada % 1,9, 2 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada % 14,8, 0 – 12 mm agregada % 2,2, 7 – 16 mm agregada % 2,7 ve 16 – 22 mm agregada % 1,9, 3 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada

% 11,6, 0 – 12 mm agregada % 5,9, 7 – 16 mm agregada % 3,1 ve 16 – 22 mm agregada % 2,0 olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.25, Çizelge 4.26, Çizelge 4.27).

#### 4.9. Agregalarda Hafif Madde Oranı Tayini (TS 3528):

##### 4.9.1. Deneyin yapılışı

1. Deney numunesi etüv kurusu duruma getirildikten sonra tartılır ( $M_1$ ) ve içinde deney sıvısı bulunan kabın içine konur.
2. Sıvı içindeki deney numunesi, hafif maddelerin sıvı yüzeyine çıkması için karıştırılıp çalkalanır.
3. Sıvının içinde veya üzerinde yüzen maddeler tel dokulu kepçe ile alınarak toplanır.
4. Toplanan malzeme etüv kurusu duruma getirilir ve tartılır  $M_2$  olarak kaydedilir.
5. Hafif madde oranı aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır (36).

$$M_h = (M_2 - M_1) \times 100 \quad [4.10]$$

$M_h$  : Hafif madde oranı (%)

$M_1$  : Deney numunesinin etüv kurusu ağırlığı (g)

$M_2$  : Hafif maddelerin etüv kurusu ağırlığı (g)

Çizelge 4.28. 1 Nolu ocaktan alınan agregalarda hafif madde oranı deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ		0-7 mm	0-8 mm	7-16 mm	16-22 mm
Deney numunesinin etüv kurusu ağırlığı (g)	$M_1$	1500	1500	2000	2000
Hafif maddelerin etüv kurusu ağırlığı (g)	$M_2$	13,2	11,9	15,4	17,3
Hafif madde oranı (%)	$(M_2 / M_1) \times 100$	0,88	0,79	0,77	0,87

Çizelge 4.29. 2 Nolu ocaktan alınan agregalarda hafif madde oranı deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ		0-7 mm	0-8 mm	7-16 mm	16-22 mm
Deneysel numunesinin etüv kurusu ağırlığı (g)	M <sub>1</sub>	1500	1500	2000	2000
Hafif maddelerin etüv kurusu ağırlığı (g)	M <sub>2</sub>	12,7	12,1	16,4	18,1
Hafif madde oranı (%)	(M <sub>2</sub> / M <sub>1</sub> ) x 100	0,85	0,81	0,82	0,91

Çizelge 4.30. 3 Nolu ocaktan alınan agregalarda hafif madde oranı deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ		0-7 mm	0-8 mm	7-16 mm	16-22 mm
Deneysel numunesinin etüv kurusu ağırlığı (g)	M <sub>1</sub>	1500	1500	2000	2000
Hafif maddelerin etüv kurusu ağırlığı (g)	M <sub>2</sub>	13,9	11,4	15,9	16,1
Hafif madde oranı (%)	(M <sub>2</sub> / M <sub>1</sub> ) x 100	0,93	0,76	0,80	0,81

Hafif madde oranlarının 1 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada % 0,88, 0 – 12 mm agregada % 0,79, 7 – 16 mm agregada % 0,77 ve 16 – 22 mm agregada 0,87, 2 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada % 0,85, 0 – 12 mm agregada % 0,81, 7 – 16 mm agregada % 0,82 ve 16 – 22 mm agregada % 0,91, 3 nolu ocak için 0 – 7 mm agregada % 0,93, 0 – 12 mm agregada % 0,76, 7 – 16 mm agregada % 0,80 ve 16 – 22 mm agregada % 0,81 olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.28, Çizelge 4.29, Çizelge 4.30).

#### 4.10. Agregaların Donma Çözölmeye Karşı Direncinin Tayini (TS EN 1367–1)

##### 4.10.1. Deneyin yapılışı

1. Deneysel numunesi yıkanır ve birbirine yapışık taneler ayıklanır. Yıkanan numune etüv kurusu hale getirilir ve tartılır (M<sub>1</sub>).
2. Hazırlanan numune su içerisinde 24 saat süreyle atmosfer basıncında tutulur.
3. Her bir kutudaki su seviyesinin, deneysel numunesinin en az 10 mm üzerinde olup olmadığı kontrol edilir ve kutu kapakları kapatılır. Deneysel numunelerini ihtiva eden metal kutular dolaba konur.

4. Dolaptaki numuneler aşağıda belirtilen şekilde 10 defa donma-çözülme döngüsüne tabi tutulur.
- ✓ Sıcaklık (150 ± 30) dk. (20 ± 3) C°'den 0 C°'ye düşürülür ve (210 ± 30) dk süreyle 0 C°'de tutulur. Sıcaklık (180 ± 30) dk. 0 C°'den (- 17,5 ± 2,5) C°'ye düşürülür ve en az 240 dk. süreyle (- 17,5 ± 2,5) C°'de tutulur.
5. Her bir donma döngüsü tamamlandıktan sonra, kutu muhtevası yaklaşık 20 C°'deki suya batırılmak suretiyle çözülür.
6. Onuncu döngünün tamamlanmasından sonra kutu içindeki malzemeler, deney numunesini hazırlamak için kullanılan alt elek büyüklüğünün yarısı kadar göz açıklığına sahip deney eleğine boşaltılır. Numune elek üzerinde elle yıkanır ve elenir.
7. Elek üzerinde kalan agrega etüv kurusu hale getirilir ve tartılır (M<sub>2</sub>). Donma-çözülme deneyi sonucundaki kütlece yüzde kaybı aşağıdaki eşitlikten hesaplanır (37).

$$F = [(M_1 - M_2) / M_1] \times 100 \quad [4.11]$$

F : Donma-çözülme deneyi sonucundaki kütlece yüzde kaybı,

M<sub>1</sub> : Numunenin ilk kuru kütlesi,

M<sub>2</sub> : Belirtilen elekte kalan numunenin kuru kütlesi.

Çizelge 4.31. 1 Nolu ocaktan alınan agregada donma-çözülme deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ		7-16 mm	16-22 mm
Deney numunesinin etüv kurusu ağırlığı (g)	M <sub>1</sub>	2000	4000
Belirtilen elekte kalan numunenin kuru kütlesi. (g)	M <sub>2</sub>	1799,4	3598,4
Donma-çözülme deneyi sonucundaki kütlece yüzde kaybı (%)	$[(M_1 - M_2) / M_1] \times 100$	10,03	10,04

Çizelge 4.32. 2 Nolu ocaktan alınan agregada donma-çözülme deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ		7-16 mm	16-22 mm
Deney numunesinin etiv kuru ağırlığı (g)	M <sub>1</sub>	2000	4000
Belirtilen elekte kalan numunenin kuru kütlesi. (g)	M <sub>2</sub>	1801,1	3603,6
Donma-çözülme deneyi sonucundaki kütlece yüzde kaybı (%)	$[(M_1 - M_2) / M_1] \times 100$	9,03	9,91

Çizelge 4.33. 3 Nolu ocaktan alınan agregada donma-çözülme deneyi sonuçları

DENEY NUMUNESİ		7-16 mm	16-22 mm
Deney numunesinin etiv kuru ağırlığı (g)	M <sub>1</sub>	2000	4000
Belirtilen elekte kalan numunenin kuru kütlesi. (g)	M <sub>2</sub>	1797,6	3595,9
Donma-çözülme deneyi sonucundaki kütlece yüzde kaybı (%)	$[(M_1 - M_2) / M_1] \times 100$	10,12	10,09

Sodyum sülfat çözeltisiyle yapılan dona dayanıklılık deneyinde 7 – 16 ve 16 – 22 mm tane sınıfındaki agregalar ortalama olarak sırasıyla 1 nolu ocak için % 10,03, % 10,04 , 2 nolu ocak için % 9,03, % 9,91, 3 nolu ocak için % 10,12, % 10,09 oranında don kaybı vermiştir (Çizelge 4.31, Çizelge 4.32, Çizelge 4.33).

#### 4.11. Agregada Aşınma Direncinin Tayini (Los Angeles) (TS EN 1097-2):

##### 4.11.1. Deneyin Yapılışı

1. Deney için 10 mm ile 14 mm arasında 5000 gr numune alınır ve etiv kuru hale getirilir.
2. Makineye önce 12 adet bilyeler yerleştirilir sonra deney numunesi konur. Kapak kapatılır ve makine 500 devir döndürülür.
3. Döndürme işlemi tamamlandıktan sonra agregaya tepsiye dökülür. Malzeme 1,6 mm'lik elek kullanılarak yıkanır ve elenir. Elekte kalan numune etiv kuru hale getirilir.
4. Los Angeles kat sayısı aşağıdaki eşitlikten hesaplanır (38).

$$LA = (5000 - m) / 50$$

[4.12]

1. Nolu Ocaktan Alınan Agregada Aşınma Direncinin Tayini Sonuçları

m : 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan numune ağırlığı (g).

$$LA = ( 5000 - 3849,7 ) / 50 \approx 23,00$$

2. Nolu Ocaktan Alınan Agregada Aşınma Direncinin Tayini Sonuçları

m : 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan numune ağırlığı (g).

$$LA = ( 5000 - 3852,5 ) / 50 \approx 22,95$$

3. Nolu Ocaktan Alınan Agregada Aşınma Direncinin Tayini Sonuçları

m : 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan numune ağırlığı (g).

$$LA = ( 5000 - 3866,1 ) / 50 \approx 22,68$$

#### 4.12. Agregaların Mühendislik Özellikleri:

Çizelge 4.34. 1 Nolu ocaktan alınan agregaların mühendislik özellikleri

Deney Adı		0-7 mm	0-12 mm	7-16 mm	16-22 mm	Standart
Birim Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	Gevşek	1,4627	1,4667	1,2947	1,308	TS 3529
	Sıkışık	1,648	1,650	1,515	1,5	
Özgül Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )		2,440	2,616	2,603	2,618	TS 3526
Su Emme Oranı (%)		5,6	1,9	0,7	0,7	TS 3526
Yüzey Nemi Oranı (%)		10,5	3,3	2,7	1,9	TS 3523
İnce Madde Oranı (%)		4,91	11,33	0,36	0,57	TS 3527
Organik Madde Oranı		Yok	Yok	-	-	TS EN 1744 - 1
Hafif Madde Oranı (%)		0,88	0,79	0,77	0,87	TS 3528
Los Angeles Katsayısı ( 500 Devir ) (%)		-	-	23,00	23,00	TS EN 1097-2
Agregaların Donma Çözölmeye Karşı Direnci (%)		-	-	10,03	10,04	TS EN 1367-1
Yassılık İndeksi (%)		-	-	17,37	14,85	TS EN 933-3 (39)



Çizelge 4.35. 2 Nolu ocaktan alınan agregaların mühendislik özellikleri

Deney Adı		0-7 mm	0-12 mm	7-16 mm	16-22 mm	Standart
Birim Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	Gevşek	1,458	1,4777	1,288	1,2967	TS 3529
	Sıkışık	1,634	1,6437	1,522	1,516	
Özgül Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )		2,448	2,418	2,647	2,656	TS 3526
Su Emme Oranı (%)		5,6	6,7	1,233	0,943	TS 3526
Yüzey Nemi Oranı (%)		14,8	2,2	2,7	1,9	TS 3523
İnce Madde Oranı (%)		1,73	5,83	0,57	0,13	TS 3527
Organik Madde Oranı		Yok	Yok	-	-	TS EN 1744-1
Hafif Madde Oranı (%)		0,85	0,81	0,82	0,91	TS 3528
Los Angeles Katsayısı ( 500 Devir ) (%)		-	-	22,95	22,95	TS EN 1097-2
Agregaların Donma Çözölmeye Karşı Direnci (%)		-	-	9,03	9,91	TS EN 1367-1
Yassılık İndeksi (%)		-	-	16,85	14,57	TS EN 933-3

Çizelge 4.36. 3 Nolu ocaktan alınan agregaların mühendislik özellikleri

Deney Adı		0-7 mm	0-12 mm	7-16 mm	16-22 mm	Standart
Birim Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	Gevşek	1,4533	1,4697	1,2933	1,313	TS 3529
	Sıkışık	1,6447	1,6497	1,5147	1,5117	
Özgül Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )		2,612	2,595	2,610	2,652	TS 3526
Su Emme Oranı (%)		2,254	2,500	1,1	0,7	TS 3526
Yüzey Nemi Oranı (%)		11,6	5,9	3,1	2,0	TS 3523
İnce Madde Oranı (%)		1,18	11,05	0,67	0,29	TS 3527
Organik Madde Oranı		Yok	Yok	-	-	TS EN 1744-1
Hafif Madde Oranı (%)		0,93	0,76	0,80	0,81	TS 3528
Los Angeles Katsayısı ( 500 Devir ) (%)		-	-	22,68	22,68	TS EN 1097-2
Agregaların Donma Çözölmeye Karşı Direnci (%)		-	-	10,12	10,09	TS EN 1367-1
Yassılık İndeksi (%)		-	-	17,26	14,62	TS EN 933-3

### 4.13. Beton Özellikleri

Ocaktan alınan agregalardan çeyrekleme yöntemiyle TS 707 (40) ve TS EN 932-1 (41)'e göre oluşturulan her numuneden farklı özelliklerde iki beton numunesi hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerde agrega karışımının tane dağılımı eğrisi TS 802'de verilen B 32 granülometri eğrisine uyacak şekilde hazırlanmıştır (42).

Karşılaştırma için hazırlanan beton numunelerde TS 3821 (43)'e göre karışıma giren çimento ağırlığının toplam agrega ağırlığına oranı 0,18421, suyun agregaya oranı 0,09215 ve ağırlıkça su-çimento oranı 0,50 olmaktadır. TS EN 12350-1 (44)'e göre hazırlanan taze betonu çökme değerleri TS EN 12350-1 (45)'e göre 1 nolu ocak için 7,3 cm, 2 nolu ocak için 7,1 cm, 3 nolu ocak için 6,8 cm olmuştur (Şekil 4.4).

Yeterliliği denenecek beton numuneleri ise yıkanmış (0,063 mm'den küçük tanecikleri uzaklaştırılmış) agrega ile hazırlanmıştır. Çimento ağırlığının toplam agrega ağırlığına oranı 0,18421, suyun agregaya oranı 0,09215 ve ağırlıkça su-çimento oranı 0,50 olacak miktarlarda malzeme katılmasıyla hazırlanmıştır. Bu numunelerde 1 nolu ocak için 8,1 cm, 2 nolu ocak için 7,8 cm, 3 nolu ocak için 8,3 cm çökme değeri bulunmuştur (Şekil 4.4).

Agrega numuneleriyle oluşturulan toplam 108 adet 7 ve 28 günlük sertleşmiş beton numunesinin TS EN 12390-7 (46)'ye göre ıslak ve kuru birim hacim ağırlıkları ve basınç dayanımı değerleri Çizelge 4.37, Çizelge 4.38, Çizelge 4.39'da verilmiştir.

TS 5929 (47)'a göre boyutlarının uygunluğu kontrol edilen beton numuneler TS 3114 (48)'e uygun olarak 2 kg/cm<sup>2</sup>/s yükleme hızına ayarlanmış kuvvet kontrollü preste kırılarak okunan değerler kaydedilmiştir. Son olarak beton numuneler kırılma yüzeylerinden ayrılarak kırılma yüzeylerinin yapısı ve kırılma şekli incelenmiştir.

Çizelge 4.37. 1 Nolu ocaktan alınan agregalarla hazırlanan taze betonda çökme, sertleşmiş beton ıslak ve kuru birim hacim ağırlık ve basınç dayanımı değerleri

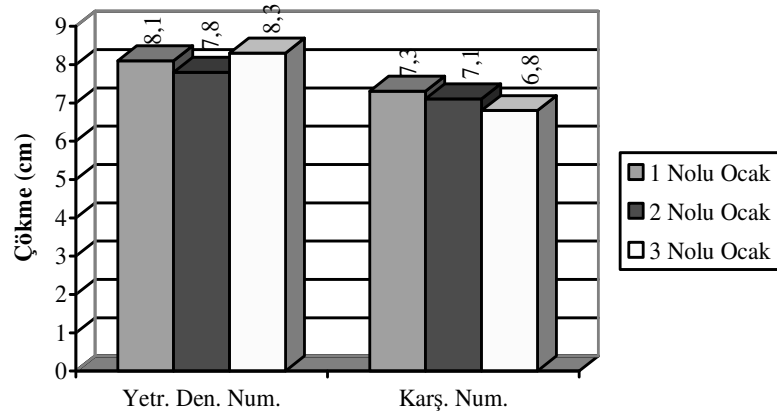
Numune No		Taze Beton Çökme (Slump) Değerleri (cm)	Sertleşmiş Beton Islak Birim Ağırlıkları (kg/dm <sup>3</sup> )	Sertleşmiş Beton Kuru Birim Ağırlıkları (kg/dm <sup>3</sup> )	Sertleşmiş Beton Basınç Dayanımı Değerleri (f <sub>7</sub> ) (MPa)	Sertleşmiş Beton Basınç Dayanımı Değerleri (f <sub>28</sub> ) (MPa)
Yeterliliği Denenecek Agregadan Hazırlanan Deney Numuneleri	1	8,1	2,51	2,40	19,69	26,25
	2	8,1	2,50	2,42	19,92	26,56
	3	8,1	2,51	2,43	19,98	26,64
	4	8,1	2,53	2,42	20,75	27,67
	5	8,1	2,50	2,40	20,44	27,25
	6	8,1	2,52	2,43	20,31	27,08
	7	8,1	2,52	2,41	19,98	26,64
	8	8,1	2,51	2,40	19,64	26,19
	9	8,1	2,53	2,42	20,12	26,83
Karşılaştırma İçin Hazırlanan Deney Numuneleri	1	7,3	2,50	2,43	20,01	26,68
	2	7,3	2,49	2,38	18,86	25,15
	3	7,3	2,51	2,44	19,34	25,79
	4	7,3	2,48	2,39	19,01	25,37
	5	7,3	2,50	2,39	18,79	25,05
	6	7,3	2,49	2,40	19,18	25,57
	7	7,3	2,48	2,39	18,85	25,13
	8	7,3	2,51	2,42	19,89	26,52
	9	7,3	2,50	2,41	19,63	26,17

Çizelge 4.38. 2 Nolu ocaktan alınan agregalarla hazırlanan taze betonda çökme, sertleşmiş beton ıslak ve kuru birim hacim ağırlık ve basınç dayanımı değerleri

Numune No		Taze Beton Çökme (Slump) Değerleri (cm)	Sertleşmiş Beton Islak Birim Ağırlıkları (kg/dm <sup>3</sup> )	Sertleşmiş Beton Kuru Birim Ağırlıkları (kg/dm <sup>3</sup> )	Sertleşmiş Beton Basınç Dayanımı Değerleri (f <sub>7</sub> ) MPa	Sertleşmiş Beton Basınç Dayanımı Değerleri (f <sub>28</sub> ) (MPa)
Yeterliliği Denenecek Agregadan Hazırlanan Deney Numuneleri	1	7,8	2,55	2,39	20,19	26,64
	2	7,8	2,52	2,38	19,96	26,53
	3	7,8	2,51	2,41	18,98	25,87
	4	7,8	2,49	2,44	20,51	25,51
	5	7,8	2,50	2,37	19,68	25,06
	6	7,8	2,47	2,42	18,97	27,35
	7	7,8	2,52	2,45	21,13	27,14
	8	7,8	2,53	2,43	20,61	25,07
	9	7,8	2,53	2,39	20,04	25,98
Karşılaştırma İçin Hazırlanan Deney Numuneleri	1	7,1	2,50	2,44	19,98	26,14
	2	7,1	2,48	2,40	19,32	27,01
	3	7,1	2,56	2,42	19,58	25,58
	4	7,1	2,49	2,41	20,69	25,64
	5	7,1	2,52	2,38	21,01	25,01
	6	7,1	2,53	2,39	20,13	25,34
	7	7,1	2,49	2,42	19,87	25,19
	8	7,1	2,52	2,41	20,11	26,54
	9	7,1	2,50	2,43	19,72	25,71

Çizelge 4.39. 3 Nolu ocaktan alınan agregalarla hazırlanan taze betonda çökme, sertleşmiş beton ıslak ve kuru birim hacim ağırlık ve basınç dayanımı değerleri

Numune No	Taze Beton Çökme (Slump) Değerleri (cm)	Sertleşmiş Beton Islak Birim Ağırlıkları (kg/dm <sup>3</sup> )	Sertleşmiş Beton Kuru Birim Ağırlıkları (kg/dm <sup>3</sup> )	Sertleşmiş Beton Basınç Dayanımı Değerleri (f <sub>c</sub> ) (MPa)	Sertleşmiş Beton Basınç Dayanımı Değerleri (f <sub>28</sub> ) (MPa)	
Yeterliliği Denenecek Agregadan Hazırlanan Dene Numuneleri	1	8,3	2,47	2,41	19,96	25,87
	2	8,3	2,51	2,44	19,75	26,42
	3	8,3	2,53	2,40	21,01	27,09
	4	8,3	2,50	2,39	19,64	27,31
	5	8,3	2,48	2,40	20,31	26,69
	6	8,3	2,52	2,38	20,34	26,13
	7	8,3	2,50	2,36	19,97	26,01
	8	8,3	2,49	2,42	20,96	25,59
	9	8,3	2,51	2,41	20,59	27,07
Karşılaştırma İçin Hazırlanan Dene Numuneleri	1	6,8	2,53	2,43	19,36	26,11
	2	6,8	2,54	2,39	20,11	26,38
	3	6,8	2,50	2,41	18,99	25,09
	4	6,8	2,48	2,40	19,68	25,16
	5	6,8	2,49	2,43	19,72	25,54
	6	6,8	2,50	2,40	20,45	26,31
	7	6,8	2,52	2,44	20,03	27,06
	8	6,8	2,50	2,37	19,19	25,01
	9	6,8	2,53	2,39	19,85	25,37

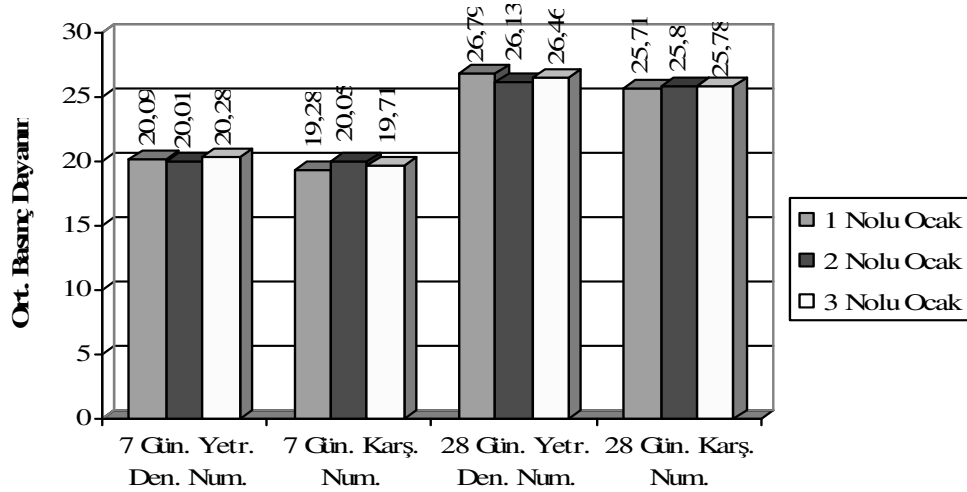


Şekil 4.4. Üç agrega ocağına ait taze beton numunelerinin çökme değerleri

Yeterliliği denenecek yıkanmış (0,063 mm'den küçük tanecikleri uzaklaştırılmış) agrega ile hazırlanan beton numunelerin basınç dayanımlarının istenilen özelliklerde olduğu belirlenmiştir. Bu agregalardan hazırlanan beton numunelerinin 28 günlük ortalama basınç dayanımının 1 nolu ocakta 26,79 MPa, 2 nolu ocakta 26,13 MPa, 3 nolu ocakta 26,46 MPa, ortalama ıslak birim hacim ağırlığının 1 nolu ocakta 2,514

kg/dm<sup>3</sup>, 2 nolu ocakta 2,513 kg/dm<sup>3</sup>, 3 nolu ocakta 2,501 kg/dm<sup>3</sup>, ortalama kuru birim hacim ağırlığının 1 nolu ocakta 2,414 kg/dm<sup>3</sup>, 2 nolu ocakta 2,409 kg/dm<sup>3</sup>, 3 nolu ocakta 2,401 kg/dm<sup>3</sup> olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5).

Karşılaştırma için hazırlanan beton numunelerinin 28 günlük ortalama basınç dayanımının 1 nolu ocakta 25,71 MPa, 2 nolu ocakta 25,80 MPa, 3 nolu ocakta 25,78 MPa, ortalama ıslak birim hacim ağırlığının 1 nolu ocakta 2,50 kg/dm<sup>3</sup>, 2 nolu ocakta 2,51 kg/dm<sup>3</sup>, 3 nolu ocakta 2,51 kg/dm<sup>3</sup>, ortalama kuru birim hacim ağırlığının 1 nolu ocakta 2,41 kg/dm<sup>3</sup>, 2 nolu ocakta 2,41 kg/dm<sup>3</sup>, 3 nolu ocakta 2,41 kg/dm<sup>3</sup> olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Üç agrega ocağına ait sertleşmiş beton numunelerinin ortalama basınç dayanım değerleri

Prete kırılan numunelerin kırılma yüzeylerinin incelenmesinden yıkanmış agrega malzemeleriyle oluşturulan beton numunelerinde aderans sökülmesi ve çok az sayıda tanecik parçalanmaları gözlenmiştir. Parçalanmış taneciklerin tabakalı yada boşluklu yapıda olduğu gözlenmiştir.

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Rize-İyidere deresindeki üç agrega ocağı işletme sahasından standarda uygun olarak alınan malzemeye K.T.Ü., R.M.Y.O. İnşaat Laboratuvarı, Şar Beton Laboratuvarı ve T.S.E Laboratuvarında standartlara uygun olarak uygulanan deneylerle elde edilen bulgularla varılan sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda gereken bilimsel öneriler yapılmıştır.

1. Granülometrik analizlerden, agrega numuneleri tane dağılımlarının sürekli ve uygun bir dağılım gösterdiği anlaşılmıştır.
2. Deney sonucunda bulunan değerlerin standartlara uygun çıktığı görülmüştür. Standartlarda normal beton agregalarının birim ağırlık değerlerinin 1,300 – 1,850 kg/dm<sup>3</sup> arasında olması istenir. Birim ağırlıkların yüksek oluşu gözeneksiz ve yüksek mukavemetli beton üretimine imkan tanımaktadır.
3. Hafif madde oranının normal beton agregalarında maksimum % 1 olması istenir. Hafif madde oranlarının standart değerlere uygun olduğu belirlenmiştir.
4. İncelenen agregaların özgül ağırlık değeri ortalamalarının standart değerlere uygun olduğu belirlenmiştir. Standartlarda normal beton agregalarının özgül ağırlık değerlerinin 2,2–2,7 kg/dm<sup>3</sup> arasında olması istenmektedir. İncelenen agregalarda hem ince hem de iri agregada önerilen değerlerden daha yüksek özgül ağırlık değerleri vermiştir. Boşluksuz ve sağlam agregaların yüksek özgül ağırlık değerleri verdiği düşünülerek incelenen agregaların kaliteli oldukları söylenebilir.
5. Deney sonuçlarına göre agregaların su emme oranı önerilen değerlerden düşüktür. Agrega su emme oranının düşük olması istenilen bir özelliktir.
6. Deneyler sonucunda bulunan değerler Türk Standartlarında verilen % 18 oranının altında kalmıştır. Agregaların her hangi birinin don endişesi olmadan kullanılabilceği anlaşılmaktadır.
7. Agregaların aşınma mukavemeti standart bilyeli tamburla yapılan Los Angeles Deneyiyle test edilmiştir. Bulunan değerler Türk Standartlarında

verilen % 50 değerlerinin çok altında kalmaktadır. Bu agregalar aşınmaya maruz her çeşit imalatta rahatlıkla kullanılabilir.

8. Üç ocaktan alınan deney numunelerinin hiç birinde istenmeyen düzeyde organik maddeye rastlanmamıştır. Sodyum hidroksit çözeltisiyle yapılan organik madde tayini deneyinde, deney sıvısı rengi açık sarı olarak değerlendirilmiş ve agregada zararlı oranda organik madde olmadığına karar verilmiştir.
9. Yapılan deneyler sonucunda bulunan deęerler Türk Standartlarında verilen % 50 deęerinin çok altında kalmaktadır. řekilce kusurlu tane oranı dūřuk olan agregalarda betonun su gereksinimi ve terleme dūřuk olur, betonun perdahlanarak dūzgün yüzeye getirilmesi kolay olur.
10. Bu araştırmada agregaların fiziksel özellikleri incelenmiştir. İncelenen agregaların fiziksel özelliklerinin istenilen standart değerlerde olduğu ve hazır beton üretiminde kullanılabileceği dūřölmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Temizel, K., E., “Samsun İli Bafra İlçesi Kızılırmak Havzasındaki Doğal Agregalar Ocaklarından Alınan Agregaların ve Bu Agregalardan Üretilen Betonun Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Samsun, 1-2, (1998).
2. Kocataşkın, F., “Yapı Malzemeleri Bilimi (Özellikler ve Deneyler)”, **Birsen Kitapevi Yayınları**, İstanbul, 73-87, (1975).
3. Akman, M. S., “Yapı Malzemeleri Ders Notları”, **İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi No:1408**, İstanbul, 27-52, (1990).
4. Güner, M. S., “Malzeme Bilimi – Yapı Malzemesi ve Beton Teknolojisi”, **Bakanlar Medya**, İstanbul, 18-65, (1999).
5. TS 706 “Beton Agregaları”, **Türk standartları Enstitüsü**, Ankara, (1981).
6. Şimşek, O., “Beton ve Beton Teknolojisi”, **Seçkin Yayıncılık**, Ankara, 118-148, 151-166, (2004).
7. Haktanır, T., Yurtal, R., “Computer Aided Aggregates Proportioning for Concrete Mixes”, **Doğa Türk Mühendislik ve Çevre Dergisi Cilt:15, Sayı:2**, 159-178, (1991).
8. Postacıoğlu, B., “Beton : Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton Cilt II”, **Teknik Kitaplar Yayınevi**, İstanbul , 34-86, (1987).
9. Güner, M. S., Süme, V., “Yapı Malzemesi ve Beton”, **Aktif Yayınevi**, İstanbul, 25-82, (2000).
10. Kamanlı, M., Balık, F. S., “Beton Teknolojisi”, **Atlas Yayıncılık**, İstanbul, 13-35, (2003).
11. Şimşek, O., “Yapı Malzemesi Cilt II”, **Ankara Üniversitesi Basımevi**, Ankara, 26-58, (2000).
12. Kocataşkın, F., “Yapı Mühendislerine Malzeme Bilimi”, **İ.T.Ü. Matbaası**, İstanbul, 9-16, 32-53, (1976).
13. Bayazıt, Ö., L., “Beton ve Deneyleri”, **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı D.S.İ. Genel Müdürlüğü**, Ankara, 5-43, (1988).
14. Güner, M. S., “Rize – İyidere Deresindeki Agreganın Beton Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi**



- Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-36, (1997).
15. Mertürek, E., “Düzce Melen Çayındaki Agreganın Beton Yapımında Kullanılabilirliğin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-27, (1994).
  16. Özdoğanlar, O., “Şantiyeler İçin Beton Teknolojisi”, *Bayındırlık Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü*, Ankara, 19-46, (1979).
  17. Gürbüz, G., “Amasya Bölgesi Agregat Rezervlerinin Hazır Beton Agregası Olarak Kullanım İmkanlarının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-38, (1998).
  18. Kocataşkın, F., “Betonun Dünü, Bugünü, Yarını”, *II. Ulusal Beton Kongresi*, Mayıs, İstanbul, 23-31, (1991).
  19. Gürsu, Y., Öztürk, F., H., “Beton ve Beton Malzemeleri Ders Notları”, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı*, Ankara, 13-36, (1990).
  20. Türkiye Hazır Beton Birliği, “Laboratuar Teknisyenleri Kursu Ders Notları”, *Türkiye Hazır Beton Birliği* 23-25, (2004).
  21. Erdoğan, Turhan, Y., “Beton”, *METU Pres*, Ankara, 208-240, 450-510, 652-691, (2004).
  22. Kırca, S., “Sütçüler-Mentesel Çakıl Agregasının Beton İmalinde Kullanılmasının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 1, (2001).
  23. Keskin, H., “Atabey Kum-Çakıl Ocağı Özelliklerinin İncelenmesi ve Bu Özelliklerin Beton Dayanımına Etkisinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 1-2, (1993).
  24. Çakır, G., “İzmir Yöresindeki Agreganın Beton İmalinde Kullanılmasının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1-2, (1991).
  25. Türk, K., “Elazığ Yöresindeki Agreganın Beton İmalinde Kullanılmasının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 1-3, (1994).
  26. Özyürek, N., “Kızılırmak Agregasının Teknik Özellikleri ve Beton Yapımında Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri*

- Enstitüsü*, Ankara, 1-2, (1995).
27. Kocabay, N., “Sivas Hafik Ocağındaki Agreganın Beton Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri, Enstitüsü*, Ankara, 1-2, (1991).
28. Yüksel İ., “Doğu Karadeniz Bölgesi Kum-Çakıl İhtiyaç ve Potansiyel Dengesinin Etüdü”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 18, Trabzon, (1995).
29. TS 1227, “Deney Eleklere İçin Kare Gözlü Tel Elek Kafesler”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (1977).
30. TS 3530 EN 933-1, “Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler “Bölüm: 1 – Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini – Granülometrik Analiz (Eleme Metodu)”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (1999).
31. TS 3526, “Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (1980).
32. TS 3529, “Beton Agregalarında Birim Ağırlık Tayini”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (1980).
33. TS EN 1744 – 1, “Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler – Bölüm 1: Kimyasal Analiz ”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (2000).
34. TS 3527, “Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (1980).
35. TS 3523, “Beton Agregalarının Yüzey Nemi Oranının Tayini”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (1980).
36. TS 3528, “Beton Agregalarında Hafif Madde Oranı Tayini”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (1980).
37. TS EN 1367–1, “Beton Agregalarında Dona Dayanıklılık Tayini”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (2001).
38. TS EN 1097–2, “Beton Agregalarında Aşınmaya Dayanıklılık Aşınma Oranı Tayin Metodu”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (2000).
39. TS 9582 EN 933-3, “Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 3: Tane Şekli Tayini Yassılık İndeksi”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (1999).
40. TS 707, “Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi

- Hazırlama”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (1980).
41. TS EN 932-1, “Agregaların Genel Özellikleri için Deneyler-Kısım 1-Numune Alma Metotları”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (1997).
  42. TS 802, “Beton Karışım Hesapları”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (1985)
  43. TS 3821, “Beton Agregaları – Yeterlik Deneyi”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (1983).
  44. TS EN 12350-1, “Beton-Taze Beton Deneyleri- Bölüm 1: Numune Alma”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (2002).
  45. TS EN 12350-1, “Beton-Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Çökme (Slamp) Deneyi”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (2002).
  46. TS EN 12390-7, “Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri Bölüm 7: Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (2002).
  47. TS 5929, “Beton Deneyleri – Boyutlar Toleranslar ve Deney Numunelerinin Uygunluğu”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (1988).
  48. TS 3114, “Beton Basınç Mukavemeti Tayini”, *Türk standartları Enstitüsü*, Ankara, (1998).

## ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Rize iline bağlı Merkez ilçesinin Kömürcüler Köyü'nde dünyaya geldi. İlk  ğrenimini İstanbul Habibler İlkokulunda tamamladı. Orta öğrenimine aynı yerdeki Göztepe Ortaokulunda tamamladı. 1998 yılında Rize Mimar Sinan İnşaat Teknik Lisesinden mezun oldu.

1999 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinde yüksek öğrenimine başladı. 2003 yılı yaz döneminde mezun oldu. 2004 yılı ocak ayında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde master öğrenimine başladı. Aynı zamanda bir hazır beton firmasında Kalite Kontrol Müdürü olarak çalışmaktadır.