

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
BOKÜMANTASYON MERKEZİ**

ATIK BETONLARIN GERİ KAZANIMI

Ömer SAVAŞ
Yüksek Lisans Tezi
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
Isparta 2002

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

128265

ATIK BETONLARIN GERİ KAZANIMI

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Abdullah KADAYIFÇI

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ÖMER SAVAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

128265

ISPARTA 2002

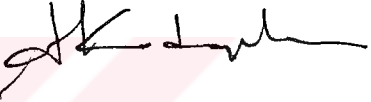
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma jürimiz tarafından YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Nevruz YARDIMCI

: 

Üye: Yrd. Doç Dr. Abdullah KADAYIFÇI (Danışman)

: 

Üye: Yrd. Doç. Dr. Kemal YÜCEL

: 

ONAY

Bu tez 25/10/2002 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

21.11/2002

S.D.Ü. FEN BİLİMLERİ ENTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Adı Soyadı: Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL

İmza:



EC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİSYON MERKEZİ

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Kuramsal Temeller	3
2. KAYNAK BİLGİSİ	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM	31
3.1. Materyal	31
3.1.1. Agregat.....	32
3.1.2. Çimento	35
3.1.3. Su.....	36
3.1.4. Araçlar	36
3.2. Yöntem	36
3.2.1. Agregat Örneklerinin Hazırlanması.....	36
3.2.2. Agregatda Fiziksel Özelliklerin Tayini.....	37
3.2.2.1. Elek Analizi.....	37
3.2.2.2. Birim Hacim Ağırlık.....	38
3.2.2.3. Özgül Ağırlık ve Su Emme	38
3.2.2.4. Agreganın Kompozitesi.....	38
3.2.2.5. Agreganın Porozitesi.....	38
3.2.3. Agregatda Mekanik Özelliklerin Tayini.....	38
3.2.3.1. Aşınma Dayanımı	39
3.2.4. Taze Beton Deneyleri.....	39
3.2.5. Sertleşmiş Beton Deneyleri.	40
3.2.5.1. Basınç Dayanımı.....	40
3.2.5.2. Ultrases Hızı.....	41
3.2.6. Karışım Oranları.....	41
3.3. İstatistiksel Analizler.....	42
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	43
4.1. Elek Analizine İlişkin Sonuçlar.....	43
4.2. Birim Hacim Ağırlığa İlişkin Sonuçlar	44
4.3. Özgül Ağırlık ve Su Emmeye İlişkin Sonuçlar	46
4.4. Agregalarda Kompoziteye İlişkin Sonuçlar.....	48
4.5. Agregalarda Poroziteye İlişkin Sonuçlar	49

4.6. Aşınma Dayanımına İlişkin Sonuçlar	50
4.7. Taze Beton Deneyine İlişkin Sonuçlar	51
4.8. Sertleşmiş Beton Deneylerine İlişkin Sonuçlar.....	53
4.9. Beton Karışım Oranlarına İlişkin Sonuçlar	55
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	60
6. KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	66



ÖZET

Bu çalışmada, deprem ve imar yüzünden yıkılan binaların oluşturduğu atık betonların agrega olarak kullanılması ile, maliyet ve çevresel nedenlerin oluşturduğu sakıncaların azaltılması amaçlanmıştır. Araştırmada agrega olarak, Isparta ili Atabey ilçesindeki mevcut kum-çakıl ocaklarından çıkarılan doğal agrega, İzmit-Gölcük'te meydana gelen deprem sonucu oluşan beton atıkları ve Isparta Merkez'de imar yüzünden yıkılmış olan binalardan alınan beton atıkları kullanılmıştır. Bu agregalarla beton örnekleri dökülmüş ve standartlarla karşılaştırılmıştır. Bu beton örneklerinden elde edilen bulgular standartlara uygun sonuçlar vermediğinden atık betonlardan elde edilen agregalar farklı oranlarda normal beton agregası ile karıştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlardan, gerek İzmit-Gölcük'te yıkılan binalara ait deprem atıkları ve gerekse Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış olan bina atıklarının taşıyıcı beton agregası olarak kullanılamayacağı belirlenmiş, sonuçta, bu agregaların taşıyıcı olmayan betonlarda, grebetonlarda, koşu ve bisiklet yolu betonlarında ve stabilize yol dolgularında kullanılması önerilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Geri dönüştürülmüş agregalar, atık betonlar, yıkıntı materyalleri, atık yapı materyalleri

ABSTRACT

In this study, cost and environment reasons take form the draw backs and aim reduce it with used waste concrete as aggregate consequently earthquake and public works. Used aggregates are taken different places which are natural aggregates are be available sand-gravel pit in Isparta, Atabey and derived waste concrete consequently earthquake in İzmit, Gölcük and derived waste concrete consequently public works in Isparta, Merkez. Samples are concreted with this aggregates and compared but the found data's with these sampling concretes are not compatible standards. In this reason, aggregates derived waste concrete are mixed various ratio with normal concrete aggregate.

As a result, neither, earthquake demolition wastes in İzmit, Gölcük nor public works demolition wastes used bearing concrete aggregate out it can be proposed where to use not bearing concrete, concrete pavement, footpaths, bike paths, stabilised road filling.

KEYWORDS: Recycled aggregates, waste concrete, demolition materials, waste building materials

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, Süleyman Demirel Üniversitesi Araştırma Fonu'na, SDÜ-AF 426 nolu ve “Depremde Yıkılan Binalardan Elde Edilen Beton Atıklarının Kaba Agrega Olarak Kullanımının Araştırılması” adlı proje ile desteklenmiştir.

Bu tez çalışmasının ortaya çıkmasında ve sonuca ulaştırılmasında yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Abdullah KADAYIFÇI'ya, çalışmam sırasında büyük desteğinden dolayı Arş. Gör. Osman ÇANKIRAN'a, ayrıca maddi ve manevi desteğiyle hayatımın her anında yanımda olan anneme şükranlarımı sunarım.

Ömer SAVAŞ



SİMGELER DİZİNİ

a	: Aşınma oranı, (%)
Ao	: Örneğin kesit alanı, (cm ²)
ASTM	: Amerikan standart enstitüsü
BS	: Beton sınıfı
C	: Çimento
E	: Su miktarı, (dm ³ /m ³)
f	: Basınç mukavemeti, (kg/cm ²)
fc	: Amaçlanan basınç dayanımı, (kg/cm ²)
fcc	: Çimentonun standart dayanımı, (kg/cm ²)
Fk	: Kuvvet, (kg)
Imk	: İncelik modülü
K _G	: Katsayı
KPÇ	: Katkılı Portland çimentosu
l	: Örneğin boyu, (cm)
L	: Örneğin aşınmayan kısmının ağırlığı, (gr)
m ₁₋₂	: Su emme oranı, (%)
n	: Deney sayısı
p	: Porozite
P	: Örneğin ilk kuru ağırlığı, (gr)
Pa	: Agreganın ağırlığı, (kg)
Pa ₁	: Ölçü kabının boş ağırlığı, (gr)
Pa ₂	: Ölçü kabı+agrega ağırlığı, (gr)
Sn	: Elek üstünde kalan malzeme oranı, (%)
S _{ort}	: Aritmetik ortalama
S/Ç	: Su/çimento oranı
t	: Ultrasonik cihazdan okunan değer
TS	: Türk standartları
V	: Hacim, (dm ³)
V _A	: Agreganın hacmi, (dm ³)
V _h	: Hava hacmi, (dm ³)

W	: Betonun ağırlığı, (kg)
W_0	: Deney örneğinin ağırlığı, (gr)
W_1	: Örneğin etüv kurusu ağırlığı, (gr)
W_2	: Örneğin doymun kuru yüzey durumundaki ağırlığı, (gr)
W_3	: Ölçü kabı, su ve örneğin toplam ağırlığı, (gr)
W_4	: 500 ml çizgisine kadar su ile dolu ölçek kabı ağırlığı, (gr)
W_5	: Örneğin sudaki ağırlığı, (gr)
W_n	: Elekte kalan malzemenin ağırlığı, (gr)
Δa	: Birim hacim ağırlık, (gr/dm ³)
Δa_1	: Gevşek birim ağırlık, (gr/dm ³)
Δa_2	: Sıkışık birim ağırlık, (gr/dm ³)
Δ_T	: Betonun hacim birim ağırlığı, (kg/dm ³)
δa	: Özgül ağırlık, (gr/cm ³)
$\delta \phi$	: Çimentonun özgül ağırlığı, (gr/cm ³)
δd	: Doymun kuru yüzey özgül ağırlık, (gr/cm ³)
δg	: Görünen özgül ağırlık, (gr/cm ³)
δk	: Kuru özgül ağırlık, (gr/cm ³)
Σ	: Toplam
v	: Ultrasonik dalgaların örnekteki yayılma hızı, (km/sn)
α	: Beton kıvamı
Λ	: Komposite

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. En büyük tane çapına bağlı olarak agrega granülometri sınır eğrileri.....	4
Şekil 2.1. Geri dönüştürülmüş agrega içindeki materyallerin ortalama dağılımı.....	20
Şekil.2.2. Yapı materyallerinin geri dönüşümü.....	22
Şekil 2.3. Geri dönüştürülmüş agregalı beton üretimi için kurulmuş tesis, Darmstadt, Almanya.....	22
Şekil 2.4. Geri dönüştürülmüş agregalara ait materyallerin 10 dk. sonraki su tutma kapasiteleri.....	24
Şekil 2.5. Geri dönüştürülmüş agregalara ait materyallerin 24 saat sonraki su tutma kapasiteleri.....	24
Şekil 2.6. 4/32 dağılımındaki genel materyallerin su tutma kapasitesi.....	24
Şekil 2.7. Geri dönüştürülmüş agreganın sınıflanması	27
Şekil 3.1. Molozlardan beton atıklarının alınması, İzmit-Gölcük.....	32
Şekil 3.2. Depremden yıkılmış bir binadan beton atıklarının alınması, İzmit-Gölcük.....	33
Şekil 3.3. Atık beton temin edilen, imar yüzünden yıkılmış bir bina, Isparta-Merkez.....	33
Şekil 3.4. Atık betonların kırılarak agregaya dönüştürülmesi.....	34
Şekil 3.5. Atık betonların kırılarak agregaya dönüştürülmesi.....	34
Şekil 3.6. Atık betonların kırılıp derecelenmeden önceki hali.....	37
Şekil 3.7. Kalıba dökülmüş beton örnekleri.....	39
Şekil 3.8. Silindir beton örnekleri.....	40
Şekil 3.9. Küp beton örnekleri.....	40
Şekil 3.10. Tek eksenli basınç aleti ve beton örneğin kırılışı.....	41
Şekil 4.1. İdeal granülometri değerleri içinden kabul edilen B32 eğrisi.....	43
Şekil 4.2. Agregalarda birim hacim ağırlık değerleri.....	45
Şekil 4.3. Özgül ağırlık değerleri.....	46
Şekil 4.4. Agregaların su emme değerleri.....	47
Şekil 4.5. Agregaların kompasite değerleri.....	49
Şekil 4.6. Agregaların porozite değerleri.....	50
Şekil 4.7. Los Angeles aşınma dayanımı değerleri.....	51
Şekil 4.8. Taze beton birim hacim ağırlıkları.....	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. İncelik modülü sınır değerleri.....	5
Çizelge 1.2. Ultrases hızı değerlerine göre beton kalitesi.....	10
Çizelge 2.1. İstanbul’da beton üretiminde kullanılan iri agreganın parasal karşılığı.....	16
Çizelge 2.2. Geri dönüştürülmüş agregalarla oluşturulmuş heterojen karışımdaki materyallerin birim hacim ağırlıkları.....	19
Çizelge 2.3. Kaba agregası sınıflandırması.....	29
Çizelge 3.1. Kullanılan çimentoya ait fiziksel – mekanik deneyler ve kimyasal analiz sonuçları.....	35
Çizelge 3.2. Çeşitli yapı elemanları için uygun çökme değerleri.....	39
Çizelge 4.1. B ₃₂ standart eğrisi için elekten geçen ve elekte kalan malzeme yüzdeleri.....	44
Çizelge 4.2. Agregası birim hacim ağırlık tayini.....	44
Çizelge 4.3. Özgül ağırlık sonuçları.....	46
Çizelge 4.4. Su emme deneyi sonuçları.....	47
Çizelge 4.5. Agregaların komposite değerleri.....	48
Çizelge 4.6. Agregaların porozite değerleri.....	49
Çizelge 4.7. Los Angeles aşınma dayanımı değerleri.....	50
Çizelge 4.8. Taze beton birim hacim ağırlıkları ve çökme değerleri.....	52
Çizelge 4.9. Tek eksenli basınç deneyi sonuçları.....	53
Çizelge 4.10. Ultrases hızı deneyi sonuçları.....	54
Çizelge 4.11. Atabey agregası, beton karışım oranları ile ilgili malzeme miktarları.....	56
Çizelge 4.12. Atabey agregası, beton karışım oranları ile ilgili tane dağılımları....	56
Çizelge 4.13. Gölcük deprem atıkları, beton karışım oranları ile ilgili malzeme miktarları.....	57
Çizelge 4.14. Gölcük deprem atıkları, beton karışım oranları ile ilgili tane dağılımları.....	57
Çizelge 4.15. Isparta (temizlenmiş ve derecelenmiş) atıkları, beton karışım oranları ile ilgili malzeme miktarları.....	58

Çizelge 4.16. Isparta (temizlenmiş ve derecelenmiş) atıkları, beton karışım oranları ile ilgili tane dağılımları.....	58
Çizelge 4.17. Isparta (temizlenmemiş ve derecelenmemiş) atıkları, beton karışım oranları ile ilgili malzeme miktarları.....	59
Çizelge 4.18. Isparta (temizlenmemiş ve derecelenmemiş) atıkları, beton karışım oranları ile ilgili tane dağılımları.....	59



1. GİRİŞ

Yapıyı oluşturan malzemelerden en önemli özelliğe sahip olanı agregadır. Doğal, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış tanelerin bir yığını agrega olarak tanımlanır (Bayazıt, 1988). Agregada, bağlayıcı denilen malzemelerle karıştırılıp sertleştiğinde masif bir kütle meydana getiren bir malzemedir (Adams, 1993). Agreganın su, çimento ve katkı maddeleri ile birlikte meydana getirdiği karışım beton olarak adlandırılır (Bayazıt, 1988).

Agregalar ince ve kaba agrega olarak iki grupta değerlendirilir. İnce agregalar, uygun bir bağlayıcı malzeme ile birlikte, iç ve dış döşeme yüzeyi ve yol kaplama malzemelerini üretmek için kullanılırlar. Kaba agregalar, çimento ile borularda, künk tabanlarında, tuğla ve taş örülmesinde kullanılan harçta ve bazı asfalt cinslerinde de kullanılırlar (Adams, 1993).

Betonun birçok önemli özellikleri beton üretiminde kullanılan agreganın karakteristiklerine geniş ölçüde bağlı bulunmaktadır. Diğer bir deyişle beton özelliklerinin istenilen değerleri alabilmesi bu malzemenin üretiminde kullanılan agrega karakteristiklerinin bazı şartları yerine getirmesi ile mümkündür. Agregaların betonun 3/4' ünü oluşturduğu düşünüldüğünde agreganın bütün özelliklerinin bilinmesi gerektiğinin ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır. Agregada genel olarak doğal şekilde kum çakıl ocaklarından veya kırılarak taş ocaklarından elde edilir. Dayanıklı ve ekonomik bir beton elde etmek için karışımda kullanılan agregaların bazı özelliklere sahip olması gerekir. Yerel beton agregalarının sağlanmasının kısıtlı olduğu durumlarda beton üretimi için eski beton kırıkları istenen oran ve boyutlara ayrılarak kullanılabilir (Özsöylev, 1993).

Bütün araştırmacılar çeşitli yöntemlerle kırılarak beton agregası boyutlarına indirilen beton kırıklarının, üretim için oldukça iyi tane şekline sahip olduğunu belirtmektedirler. Yapılan deneysel çalışmalarda kırılan eski beton kırığı agregaların doğal agregalara benzer test sonuçları verdikleri belirlenmiştir (Hansen ve Narud, 1983).

Bir yandan kontrollü yıkım teknolojisi ve diğer yandan hazırlanan yıkıntı materyallerin yüksek kaliteli ikincil hammadde kullanımına imkan vererek betonun üretiminde kullanılabilecekleri DIN 1045'te ifade edilmektedir.

Eski beton kırığı agregaları, deprem vb. doğal afetler nedeniyle yıkılan binaların ve eski beton binaların fazla olduğu, yeni imar uygulamalarının hızla yapıldığı eski kent merkezlerinde atık beton kırıklarının fazlaca bulunması nedeniyle uygulama alanı bulabilecek bir malzeme olarak görülmektedir.

Yerel beton agregalarının sağlanmasının yetersiz olduğu durumlarda beton üretimi için eski beton parçaları kırılıp uygun granülometrilere getirilerek kullanılabilmektedir.

Yapı atıklarının milyonlarca tonu geri dönüştürülebilmekte ve Avustralya'da geri dönüştürülmüş agregalar ile beton kullanımının geliştirilmesi için çeşitli projeler yapılmaktadır. Kullanım alanına göre geleneksel betondan daha pahalı olmayan bu yeni üretim, doğal kaynakların korunmasına ve boş arazilerin doldurulmasını önlemeye yardımcı olur. İnşaat ve yıkıntı atıklarının toplamının % 40'ı tekrar kullanılabilmektedir. Birçok ülkede geri dönüştürülmüş beton agregasının % 100'ü bir süredir ticari amaçlı beton üretiminde de denenmektedir. Geri dönüştürülmüş hazır betonlar, bisiklet yolları gibi inşaat sektörünün yapısal olmayan üretimlerinde gün gün kontrolleri de yapılarak ayrıntılı testlerle denenmektedir. Bunun dışında yaya yolları, kaldırım taşları, konut ve sürücü yollarında yer döşemesi olarak ta kullanılabilmektedir. Bunun anlamı milyonlarca ton atık betonun temizlenerek yeniden kullanımını sağlamak ve el değmemiş hammadde ihtiyacını azaltmaktır (Fraser, 1999).

Günümüzde atık maddelerin yeniden kullanılması ile ilgili çalışmalar oldukça önem kazanmıştır. Atık betonların agrega olarak kullanılmasının birkaç önemli nedeni vardır. Ülkemizde son yıllarda meydana gelen depremler göstermiştir ki depremlerde yıkılan binalardan elde edilen beton atıklarının sahillerde dolgu olarak kullanılması oldukça sakıncalı durumlar meydana getirmektedir. Ayrıca, büyük

yerleşim bölgelerinde doğal kaynakların bulunamaması ve bulunan kaynakların şehir merkezlerinden uzak olması, aynı zamanda ağır malzemelerin taşınmasının maliyetleri arttırması bir başka nedendir. Bir diğer neden ise, yıkılan binaların % 75'ini betonun oluşturması ve bu atık beton malzemenin hiç değerlendirilmeden atılması ile atıkların yığıldıkları yerlerde kapladıkları alan kaybına ve çevre kirliliğine yol açmasıdır.

Çalışmamız sırasında kullanılan agregalar, üç değişik yerden temin edilmiştir. İlk agrega, Isparta ilinin Atabey ilçesinde, mevcut kum-çakıl ocaklarından çıkarılan doğal agregadır ve karşılaştırma amaçlı şahit beton olarak üretilen normal betonda kullanılmıştır. İkinci agrega, çalışma amacına uygun olarak, İzmit-Gölcük'te meydana gelen deprem sonucu oluşan beton atıklarından elde edilmiştir. Üçüncü agrega ise, yine çalışma amacına uygun olarak Isparta Merkez'de imar yüzünden yıkılmış olan bir binanın beton atıklardan temin edilmiştir. Bu agregalarla beton örnekleri dökülmüş ve karşılaştırılmıştır. Fakat bu beton örneklerinden elde edilen bulgular standartlara uygun sonuçlar vermediğinden atık betonlardan elde edilen agregalar farklı oranlarda normal beton agregası ile karıştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlardan, gerek İzmit-Gölcük'te yıkılan binalara ait deprem atıkları ve gerekse Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış olan bina atıklarının taşıyıcı beton agregası olarak kullanılamayacağı tespit edilmiştir. Ancak bu agregaların taşıyıcı olmayan betonlarda, grebetonlarda, koşu ve bisiklet yolu betonlarında ve stabilize yol dolgularında kullanılması önerilebilir.

1.1. Kuramsal Temeller

Nitelikli bir beton elde edebilmek için kullanılan agrega üzerinde; elek analizi, birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, kompasite, porozite, aşınma dayanımı, ince malzeme miktarı, taze beton deneyleri ile elde edilen beton üzerinde basınç dayanımı, yüzey sertlik dayanımı ve ultrases deneyleri yapılmalıdır. Ayrıca beton karışım oranlarının da hesaplanması gerekmektedir.

Elek analizi ile, beton yapımında kullanılacak doğal veya yapay agregaların tane büyüklüğü dağılımı, tane sınıfları ve incelik modülü belirlenir. Elek analizi TS 3530 ve TS 130'daki standartlara göre yapılır. Bu standartlara göre en büyük tane çapına bağlı olarak granülometrik eğrinin Şekil 1.1'deki A₃₂ ve B₃₂ eğrileri arasında bulunması gerekmektedir. Bu egrideki verilere göre incelik modülü de Çizelge 1.1'deki değerler arasında bulunması gerekmektedir (TS 130, 1978). Bir elek analizinde elekte kalan (%) malzeme miktarı;

$$S_n = \frac{W_n}{W_0} \times 100 \text{ (\%)} \quad (1.1)$$

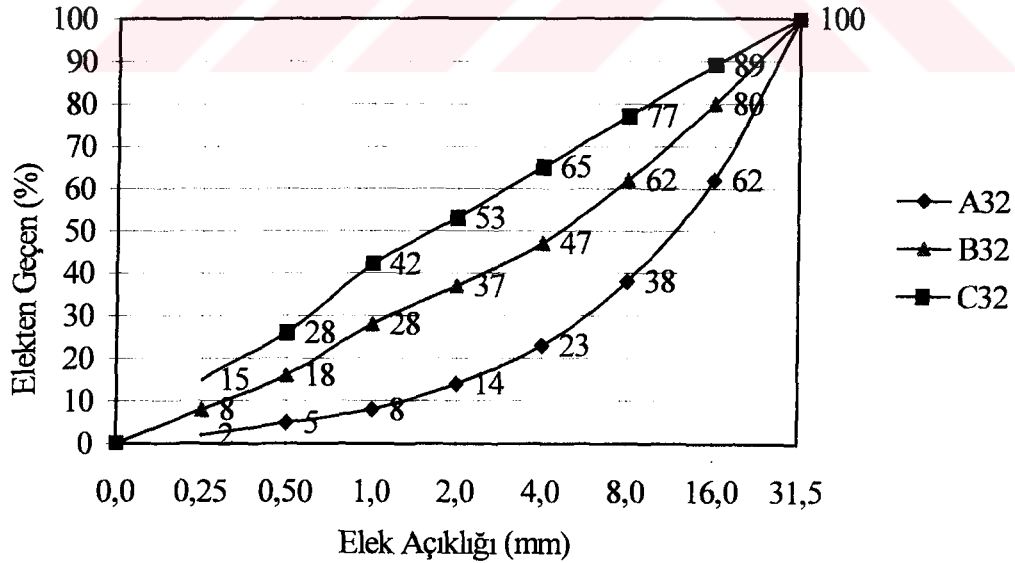
formülü ile hesaplanır.

Burada;

S_n : Herhangi bir (n) göz açıklığındaki elek üstünde kalan malzeme oranı, (%)

W_n : Göz açıklığı (n) olan elekte kalan malzeme ağırlığı, (gr)

W_0 : Deney örneği ağırlığı, (gr)



Şekil 1.1. En büyük tane çapına bağlı olarak agrega granülometri sınır eğrileri (TS 3530, 1981)

İncelik modülü ise,

$$I_{mk} = \frac{\sum EK}{100} \quad (1.2)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada;

$\sum EK$: Toplam elekten kalan yüzde, (%)

I_{mk} : İncelik modülü'dür.

Çizelge 1.1. İncelik modülü sınır değerleri (TS 3530, 1981)

Elek açıklığı (mm)	Kümülatif kalan (%)	
	A ₃₂	B ₃₂
31,5	0	0
16	11	20
8	23	38
4	35	53
2	47	63
1	58	72
0,50	72	82
0,25	85	92
Toplam	331	420

$$\text{İncelik Modülü (A}_{32}) (I_{mk}) = \frac{331}{100} = 3,31$$

$$\text{İncelik Modülü (B}_{32}) (I_{mk}) = \frac{420}{100} = 4,20$$

Birim hacim ağırlık, belirli bir hacmi dolduran agreganın ağırlığıdır (TS 3529,1981). Agreganın birim hacim ağırlığı 1,20 – 1,85 kg/dm³ arasında değişebilir. Birim hacim ağırlık, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$\Delta a = \frac{Pa_2 - Pa_1}{V} = \frac{Pa}{V} \quad (1.3)$$

Burada;

Δa : Birim hacim ağırlık, (kg/dm³)

Pa : Ölçü kabı içine doldurulmuş agrega ağırlığı, (kg)

Pa_1 : Ölçü kabının boş ağırlığı, (kg)

Pa_2 : Ölçü kabı + gevşek veya sıkışık agrega ağırlığı, (kg)

V : Ölçü kabının iç hacmi, (dm³)

Özgül ağırlık, agrega ağırlığının gerçek eşdeğer su hacminin ağırlığına oranıdır (Baradan, 1996). Su emme, doymun yüzey haldeki agreganın kuru agregaya göre bünyesinde bulundurduğu su yüzdesidir. Özgül ağırlık genel olarak 2,4 – 2,8 gr/cm³ arasındadır. Su emmede ise kesin bir limit verilmemiştir. İnce ve iri agregadaki özgül ağırlık ve su emme bağıntısı aşağıda verilen eşitliklerle hesaplanır (TS 3526, 1981).

a) İnce agreganın;

Kuru özgül ağırlığı,

$$\delta_k = \frac{W_1}{W_2 + W_4 - W_3} \quad (1.4)$$

Doymun kuru yüzey özgül ağırlığı,

$$\delta_d = \frac{W_2}{W_2 + W_4 - W_3} \quad (1.5)$$

Görünen özgül ağırlığı,

$$\delta_g = \frac{W_1}{W_1 + W_4 - W_3} \quad (1.6)$$

Su emme oranı,

$$m_1 = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \text{ (\%)} \quad (1.7)$$

b) İri agreganın;

Kuru özgül ağırlığı,

$$\delta_k = \frac{W_1}{W_2 - W_3} \quad (1.8)$$

Doygun yüzey özgül ağırlığı,

$$\delta_d = \frac{W_2}{W_2 - W_5} \quad (1.9)$$

Görünen özgül ağırlığı,

$$\delta_g = \frac{W_1}{W_1 - W_5} \quad (1.10)$$

Su emme oranı,

$$m_2 = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (1.11)$$

bağıntıları kullanılarak bulunur.

Burada;

δ_k : Agreganın kuru özgül ağırlığı, (gr/cm³)

δ_d : Doygun kuru yüzey özgül ağırlığı, (gr/cm³)

δ_g : Görünen özgül ağırlık, (gr/cm³)

$m_{1,2}$: Su emme oranı, (%)

W_1 : Örneğin etüv kurusu ağırlığı, (gr)

W_2 : Örneğin doymuş kuru yüzey durumundaki ağırlığı, (gr)

W_3 : Ölçü kabı, su ve örneğin toplam ağırlığı, (gr)

W_4 : 500 ml çizgisine kadar su ile dolu ölçek kabı ağırlığı, (gr)

W_5 : Örneğin sudaki ağırlığı, (gr)

Agreganın kompasitesi, birim hacim ağırlığın özgül ağırlığa oranı ile bulunur (Postacıoğlu, 1987). Belirli faktörlerin etkisi altında bulunan bu karakteristik agreganın herhangi bir sıkıştırma işlemine maruz bırakılmadan yerleştirilmesi halinde 0,45 – 0,70 arasında değerler alır. Herhangi bir agreganın birim ağırlığı (Δ) ve özgül ağırlığının (δ) bilinmesiyle, aynı zamanda agreganın kompasitesi yani birim hacmindeki tanelerin işgal ettiği gerçek hacim belirlenmiş olur (Özkul vd, 1999). Agreganın kompasitesi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$\Lambda = \frac{\Delta a}{\delta_g} \quad (1.12)$$

Burada;

Λ : Kompasite

Δa : Agreganın birim ağırlığı, (gr/dm³)

δ_g : Agreganın özgül ağırlığı, (gr/cm³)

Agreganın porozitesi ise agrega tanelerindeki boşluk ve su emme deneyi yapılarak bulunur (Postacıoğlu, 1987). Porozite (1.7) ve (1.11)'deki bağıntılar yardımıyla aşağıdaki bağıntı bulunmuştur. Su emme oranı ve porozite % 10'dan fazla olmamalıdır.

$$p = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times \delta_g \quad (1.13)$$

Burada;

p : Porozite

W_1 : Örneğin etüv kurusu ağırlığı, (gr)

W_2 : Örneğin doymun kuru yüzey durumundaki ağırlığı, (gr)

δ_g : Agreganın özgül ağırlığı, (gr/cm³)

Aşınma dayanımı, agreganın dayanıklılığı ve sertliği hakkında bilgi verir. Aşınma dayanımı, Los Angeles deneyinde 100 dönüş sonunda ağırlıkça % 10'dan, 500 dönüş sonunda % 50'den az olmalıdır (TS 3694, 1982). Agreganın aşınma oranı aşağıdaki bağıntılarla hesaplanır.

$$a_1 = \frac{P - L_1}{P} \times 100 (\%) \quad (1.14)$$

$$a_2 = \frac{P - L_2}{P} \times 100 (\%) \quad (1.15)$$

Burada;

a_1 : 100 dönüş sonunda aşınma oranı, (%)

a_2 : 500 dönüş sonunda aşınma oranı, (%)

P : Örneğin deney öncesi etüv kurusu ağırlığı, (gr)

L_1 : Örneğin 100 dönüş sonu aşınmayan kısmının ağırlığı, (gr)

L_2 : Örneğin 500 dönüş sonu aşınmayan kısmının ağırlığı, (gr)

Taze beton deneyinde birim hacim ağırlık (1.3)'teki bağıntıya göre hesaplanır.

Sertleşmiş beton deneylerinden basınç dayanımı ve ultrases hızı deneyleri yapılmıştır.

Basınç mukavemeti aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$f = \frac{F_k}{A_o} \quad (1.16)$$

Burada;

f : Basınç mukavemeti, (kg/cm²)

F_k : Örneğin kaldırdığı maksimum kuvvet, (kg)

A_o : Örneğin kesit alanı, (cm²)

Ultrases hızı, örnek içindeki boşluk miktarının ölçülmesinde kullanılmaktadır. Ultrases hızı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır ve Çizelge 1.2.'deki değerlere göre beton kalitesi kontrol edilir (Ergün, 1988).

$$v = \frac{l}{t} \times 10 \quad (1.17)$$

Burada;

v : Ultrasonik dalgaların örneğe yayılma hızı, (km/s)

l : Örneğin boyu, (cm)

t : Ultrasonik cihazdan okunan değer

Çizelge 1.2. Ultrases hızı değerlerine göre beton kalitesi

Ultrases Hızı (v) (km/s)	Beton Kalitesi
4,5'den büyük	Çok iyi
3,5 - 4,5 arası	İyi
3,0 - 3,5 arası	Şüpheli
2,0'den küçük	Çok zayıf
2,0 - 3,0 arası	Zayıf

Karışım oranları aşağıdaki bağıntılarla hesaplanmaktadır (TS 802, 1985).

$$I_{m k} = \frac{\sum (100 - \%EG)}{100} \quad (1.18)$$

EC YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON BİRİMİ

Beton karışım oranındaki su miktarı,

$$E = \alpha(10 - \text{Imk}) \quad (1.19)$$

Çimento miktarı için $K_G=5$ değeri standarda göre alınmıştır,

$$f_c = \frac{f_{cc}}{K_G} \times \left(\frac{C}{E} \right)^2 \quad (1.20)$$

Agrega hacmi ise,

$$1000 = \frac{C}{\delta_c} + E + V_h + V_A \quad (1.21)$$

Betonun birim ağırlığı ise,

$$\Delta_T = \frac{W}{V} \quad (1.22)$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

Burada;

E : Su miktarı (dm^3/m^3)

C : Çimento miktarı (kg)

f_c : Amaçlanan dayanım (kg/cm^2)

f_{cc} : Çimentonun standart dayanımı (kg/cm^2)

K_G : Katsayı

δ_c : Çimentonun özgül ağırlığı (kg/dm^3)

V_h : Hava hacmi (dm^3)

V_A : Agregas hacmi (dm^3)

Δ_T : Betonun birim hacim ağırlığı (kg/dm^3)

W : Betonun ağırlığı (kg)

2. KAYNAK BİLGİSİ

İnşaat sektörü ve yapı teknolojileri arasında taşıyıcı eleman olarak en çok kullanılan malzeme betondur. Beton bileşenleri olan çimento, agrega ve suyun belirli oranlarda karışımlarından meydana gelmiştir. Betonun yapısında % 70 oranında mineral yapıli küçük tanelerden teşekkül eden agrega malzemesi bulunmaktadır. Betonun iskeletini oluşturan agreganın özellikleri, betonun işlenebilirliği, dayanım ve geçirgenlik değeri gibi özellikleri üzerinde etkilidir (Bayazıt, 1988).

Kullanış amacına göre çok çeşitli tiplerde beton elde etmek mümkündür. Betonlu oluşturan ham maddeler doğada bol miktarda bulunur. Ucuz sağlanması ve kolay şekil verilmesinin yanı sıra dış etkenlere karşı dayanıklı olması bakımından beton yaygın kullanılan yapı malzemesi olmuştur. Beton esas itibariyle sağlam fakat kimyasal tepkimeye girmeyen bir birleşimdir (Baradan, 1997).

Agreganın karışımının granülometrisi, ultrases hızı - basınç dayanımını etkileyen en büyük faktördür (Murlin ve Wilson, 1952).

Agreganın mineralojik yapısının ultrases hızı - basınç dayanımı bağıntısına önemli bir etkisinin olduğu belirtilmektedir (L'Hermit, 1955).

0-1 mm arasındaki ince tane miktarı fazla olan betonlarda genel bir kural olarak basınç dayanımları azalmaktadır. Buna bağıli olarak yayılımın olduğu bölgede daha sık bir ortam değişmesiyle ultrases hızı da azalmaktadır. Böylece ultrases hızındaki azalmanın basınç dayanımındaki azalmadan daha fazla olduğunu belirtilmektedir (Facaoaru, 1972).

Agreganın maksimum tane çapının artırılmasıyla betonun basınç dayanımı ve ultrases hızı artmaktadır. Zira sesin beton içinde ortam değiştirme sayısı azalmakta agregalar içindeki ses hızı daha büyük olmaktadır (Shacklock, 1974).

Çakıl betonların kompasitesi, kırma taş betonun kompasitesinden belirgin derecede büyük bulunmaktadır. Buna karşılık çakıl betonların basınç dayanımının, kırma taşınkinden daha küçük değerler aldığı belirlenmektedir (Postacıoğlu, 1982). Beton agregaları, kumun granülometrisinin işlenebilmeye ve betonun kalitesi üzerine önemli etkisi vardır. Yüksek sülfat dereceli agregalar hiçbir şekilde kullanılmamalıdır. Yüksek klorür dereceli agregalar da betonarme yapı kısımlarında kullanılmamalıdır. En büyük agrega çapı TS 802'ye uygun beton karışım, döküm ve bakımında elverişli olacak şekilde seçilmelidir. Bu sayılan özellikler göz önüne alınarak en büyük agrega çapı, yapı kısmı en dar kesitin dörtte bir büyüklüğünü ve donatılar arasındaki en küçük mesafenin üçte ikisini geçmemelidir. Agrega yığınlarında çeşitli boyutlardaki tanelerin birbirlerinden rüzgar ve su kuvveti ile ayrışmaması gerektiği belirtilmektedir (Bayazıt, 1988).

Agregaların içinde bulunabilen zararlı maddelerin bir kısmı bağlayıcı maddenin ayrışmasına ve genişlemesine neden olarak betonun parçalanmasına veya zararlı derecede çatlamasına yol açmıştır. Diğer bir kısım agrega ile çimento hamuru arasında kuvvetli bir aderansın meydana gelmesine engel olarak mukavemetin değerini düşürmüştür. Bunların dışında bazı agregalar içinde yumuşak ve mukavemeti çok zayıf taneler bulunur ki bunlarda beton mukavemetini azaltır. Bu şekilde zararlı maddeler bulunan agregaların kullanılması ile bir çok hallerde onarımı mümkün olmayan önemli arızalar meydana çıkmıştır. Bu nedenle küçük büyük her çeşit yapıda agregalar içinde zararlı maddelerin bulunmadığı veya bunların betonda zarar meydana getirmeyecek derecede bulunduğu anlaşıldıktan sonra kullanılmalıdır (Postacıoğlu, 1987).

İşlenebilirlik, taze betonda aranılan en önemli özelliktir. Betoniyerden çıkan taze betonun taşınma ve kalıba yerleştirilmesi sırasında homojenliğini kaybetmemesi, kalıplar içinde kolaylıkla yayılarak ve mümkün olduğu kadar az boşluk bırakarak bunları doldurma özelliklerinin hepsine birden betonun işlenebilme özelliği denir. Taze betonun kıvamı yalnız ilave edilen su miktarının fonksiyonu değildir. Aynı zamanda belirli bir kıvamın elde edilmesi için su ihtiyacını tayin eden agreganın tane şekli granülometrisinin de bir fonksiyonudur. Çimentonun karakteri ve miktarının da

bunda bir rolü vardır. Beton kıvamı genellikle çökme deneyi ile ölçülmektedir (Postacıoğlu, 1975).

Sertleşmiş beton üzerinde yapılan deneyler, hem inşaat sırasındaki döküm şartları hakkında, hem de daha sonraki beton dökümü hakkında yol gösterici olurlar. Deneyler ya inşaat sırasında alınmış veya muhafaza edilmiş küp ve silindirik örnekler üzerinde ya da sonradan yapıdan çıkarılan silindirik (karot) örnekler üzerinde yapılır (Petersons, 1971). Çeşitli literatürler beton içinde ultrases hızının ölçülmesiyle beton dayanımının tespiti $\pm \%40$ 'a varan hatalar vermektedir (Facaoaru, 1972). Ultrases hızının büyük olması sonucu beton basınç dayanımı da yüksek olmaktadır. Bu sadece kompozite ile ilişkili olmayıp beton bileşimi, yaşı ve deney şartları faktörlerine de bağlıdır. Betonun yaşı arttıkça aynı ultrases hızına daha büyük dayanımlar karşıt gelmektedir (Akman ve Taşdemir, 1979).

Beton karışım oranlarının bulunmasında ve kontrolünde başvurulan yaygın yöntem yaş betonun çökme değeri ile ölçülen beton kıvamını su ihtiyacına bağlamaktır. Daha gerçekçi bir yöntem ise deney karışımlarında su-çimento oranını sabit tutarak istenilen beton kıvamındaki agrega miktarından beton karışım oranlarının bulunmasıdır. Verilen miktarda ve karışımdaki bir çimento şerbeti ile kullanılabilecek agrega miktarı kullanılan malzeme için gerçekçi bir oranlamanın tespitini sağlar. Beton karışım oranlarının saptanmasında bir çok metot kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları, boşlukların oranı metodu, yüzey alanı metodu, incelik modülü metodu, su-çimento oranı metodu, çimento muhtevası metodu vs.'dir (Güngör, 1975).

Beton bileşim hesapları yapılırken agrega granülometrisinin ayarlanması bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Agrega tanelerinin dağılımı en iyi şekilde granülometri eğrileriyle gösterilebilir. Eğer granülometri eğrisi istenilen şartları sağlamazsa agrega içerisinde su buharlaşarak dona karşı zayıf, geçirgenliği yüksek ve boşluklu bir beton olmasına neden olur. Bu durumdaki agrega beton yapımında kullanılamaz. İncelik modülü bize agreganın granülometri bileşimi hakkında fikir

vermektedir. İncelik modülü standartlarca 4,20 – 5,48 değerleri arasında olması gerekir (Uğurlu, 1989).

Beton üzerinde yapılan ultrases hız deneyi, schmidt sertlik deneyi ve basınç dayanımı deneyleri uygulanmıştır. Farklı amaçlar için 180 adet beton örnekler üretilmiş bu örnekler su/çimento oranları ve dozajları değişken olarak 28 günlük dayanımları saptanmıştır. Ayrıca katkısız ve iki değişik katkı maddesi kullanılarak betonun dayanımı ile yaşı arasındaki bağıntıları belirlemiştir. Üretilen beton serilerinde elde edilen tüm sonuçlar karşılaştırılarak dayanımları ve yapıları hakkında bilgi verilmiştir. Ultrasonik cihazların beton dayanımının saptanmasında schmidt sertlik yöntemiyle birlikte kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Öztaş, 1989).

Uğurlu (1989), betonun % 70 ile % 80'ini mineral kökenli malzeme olan agregalar meydana getirdiğini belirtmektedir. Agregalar betonun taşıyıcı iskeletini teşkil ettiklerinden dolayı oldukça önemlidirler. Bunun yanında betona girecek olan agreganın tane dağılımının yani granülometrisinin de düzgün olması (derecelenmesi) beton karışımı hesapları ve kaliteli beton için bir zorunluluktur. Beton agregası hem şartnamelerde gösterilen sınırlara uygun hem de mevcut agrega ile elde edilebilecek en iyi derecelenmeyi temsil etmelidir. Beton karışım hesaplarında agrega karışımı granülometrisi daima sınırlandırılır. Bu sınırlama en sıkı doluluktaki agrega granülometrisi ile elde edilebilecek daha ekonomik ve daha nitelikli beton üretimine yöneliktir.

Güngör (1975), beton karışım oranlarının bulunmasında ve kontrolünde en çok kullanılan yöntem yaş betonun çökme değeri ile ölçülen beton kıvamını su ihtiyacına bağlamaktır. Daha gerçekçi bir yöntem ise deney karışımlarında su-çimento oranını sabit tutarak, istenilen beton kıvamındaki agrega miktarından beton karışım oranlarının bulunmasıdır. Verilen miktarda ve karışımdaki bir çimento şerbeti ile kullanılabilecek agrega miktarı kullanılan malzeme için gerçekçi bir oranlamanın tespitini sağlar. Beton karışım oranlarının tespitinde birçok metot kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; boşluk oranı metodu, yüzey alanı metodu, incelik modülü metodu, su-çimento oranı metodu, çimento muhtevası metodu, b/bo metodu vs. dir.

Arıoğlu ve Manzak (1991), betonun taşıyıcı iskeletini oluşturan agrega, 1 m³ karışımında çeşitli faktörlere (28 günlük basınç dayanımı, kullanım yeri ve çevre koşulları, işlenebilirlik, kullanılan maksimum agrega boyutu, agrega birleşim granülometrisinde 600 µm'den daha incelerin yüzdesi vb.) bağlı olarak 1600 - 1900 kg miktarında kullanmıştır. Beton karışımında kullanılacak iri agreganın (>5 mm) mühendislik özellikleri (petrografik yapısı, granülometrik bileşimi, özgül ağırlık ve su emme yüzdesi, birim hacim ağırlık, yüzey su içeriği, kil ve ufalanabilen malzeme miktarı, alkali agrega reaktivitesi aşınma değeri vb.), betonun dayanım ve dayanıklılık performanslarını geniş çapta denetlerken, kullanım miktarı ile de betonun birim malzeme maliyetinde %12 - %25 gibi önemli bir pay oluşturur. İstanbul bazında 1986 - 1987 yılında iri agrega kullanımının parasal karşılığı, mertebe yakınsaklığı içinde Çizelge 2.1.'de hesaplanmıştır. Bu değer 1987 yılı itibari ile, örneğin konut sektöründe yapılan toplam sabit sermaye yatırımlarının (kamu) yaklaşık % 55'i kadar olduğu dikkate alınırsa, hesaplanan miktarın önemi kendiliğinden belirlenir (ülke bazında agrega kullanımının parasal boyutu yukarıda verilen değer en az iki katıdır). Ulusal ekonomimizde bu boyutta yaratılan üretimin gerçek karşılığı, beton teknolojisine uygunluğu seçilmiş agrega kullanımıyla yakından ilişkilidir. (Arıoğlu ve Manzak, 1991), kısaca, betonda istenen dayanım ve dayanıklılık performanslarının rasyonel ve ekonomik şekilde sağlanmasının, kullanılacak agrega özelliklerinin önceden bilinmesiyle yakından ilişkili olduğunu belirtmektedirler.

Çizelge 2.1. İstanbul'da beton üretiminde kullanılan iri agreganın parasal karşılığı

Kestirilen beton üretimi	$(3,5 \times 10^6 \text{ t/yıl}) / (0,350 \text{ t/m}^3) = 10 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$
İri agrega (>5mm) miktarı	$(10 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}) \times (1,8 \times 0,6 \text{ t/m}^3) = 10,8 \times 10^6 \text{ t/yıl}$
İri agreganın parasal karşılığı	$(10,8 \times 10^6 \text{ t/yıl}) \times (5 \times 10^3 \text{ TL/t}) = 54 \times 10^9 \text{ TL/yıl}$
1990 (yılı itibariyle)	$(10,8 \times 10^6 \text{ t/yıl}) \times (14 \times 10^3 \text{ TL/t}) = 151 \times 10^9 \text{ TL/yıl}$

Betonun birçok önemli özelliği, betonunun üretiminde kullanılan agreganın karakteristiklerine geniş ölçüde bağlı bulunmaktadır. Diğer bir deyişle beton özelliklerinin istenilen değerleri alabilmesi bu malzemenin üretiminde kullanılan agrega karakteristiklerinin bazı şartları yerine getirmesi ile mümkündür. Agregaların betonun 3/4' ünü oluşturduğu düşünüldüğünde agreganın bütün özelliklerinin bilinmesi gerektiğinin ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır. Agregalar genel olarak doğal şekilde kum çakıl ocaklarından veya kırılarak taş ocaklarından elde edilir. Dayanıklı ve ekonomik bir beton elde etmek için karışımda kullanılan agregaların bazı özelliklere sahip olması gerekir. Yerel beton agregalarının sağlanmasının kısıtlı olduğu durumlarda beton üretimi için eski beton kırıkları istenen oran ve boyutlara ayrılarak kullanılabilir (Özsöylev, 1993).

Bütün araştırmacılar çeşitli yöntemlerle kırılarak beton agregası boyutlarına indirilen beton kırıklarının, üretim için oldukça iyi tane şekline sahip olduğunu belirtmektedirler. Yapılan deneysel çalışmalarda kırılan eski beton kırığı agregaların doğal agregalara benzer test sonuçları verdikleri belirlenmiştir. Kırılma sırasında eski beton kırıkları ince ve iri olmak üzere iki kısma ayrılmakta, iri kısımlar beton için kaba agrega olarak kullanılırken ince kısım genellikle o boyutta kum kullanıldığından betona katılmamaktadır (Hansen ve Narud, 1983).

Eski beton kırıklarının yeniden kullanılarak değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalarda eski beton kırığı agregaların daha yüksek su emme ve daha düşük özgül ağırlığa sahip oldukları gözlemlenmiştir (Buck, 1973). Bazı araştırmacılar ise yapılan çalışmalar sonucunda eski beton kırığı agregalarının özgül ağırlıklarının daha düşük, su emme, Los Angeles aşınma yüzdesi değerlerinin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir (Hansen ve Narud, 1983).

Araştırmacılar eski beton kırığı ile yapılan betonlarda, doğal agrega yüzeyine yapışık eski harç yüzdelерinin % 30 ile % 60 arasında değiştiğini, bu harçların eski beton kırığı agregalı betonların elastisite, sünme ve rötre gibi deformasyon özelliklerini etkileyeceği sonucuna varmışlar ve agrega emme suyundan başka karışımın % 10 daha fazla suya gereksinme olduğunu belirtmişlerdir. Yine işlenebilirliğin çok kısa

sürede azalma gösterdiğini ve çökme kaybının oldukça hızlı olduğunu saptamışlardır (Hansen ve Narud, 1983).

Kalker agregası, betonu kırıkları ile beraber silisli agregalar kullanılarak üretilen betonlarda elde edilen 90 günlük basınç mukavemetlerinin doğal agregalarla yapılan eski betonların mukavemetlerinden daha düşük olduğu saptanmıştır (Buck, 1973). Eski beton kırığı agregalı betonların basınç mukavemetlerinin doğal agregalı betonların su-çimento oranı tarafından kontrol edildiği ileri sürülmektedir (Hansen ve Narud, 1983).

Donma-çözülme tekrarlarına dayanıklılığı şüpheli agregalarla yapılan beton kırıklarının yeni betonlarda daha iyi durabilite gösterdiğini gözlemiştir. Eski beton kırığı agregaların içerdikleri eski harç dolayısıyla daha boşluklu olduğu ve bunun donma-çözülme tekrarlarına dayanıklılığı artırabileceği görülmüştür (Buck, 1977).

Eski betonda hava sürüklenme katkısı kullanmanın geri kazanılmış betonda önemli bir hava sürüklenme etkisi yapmadığı saptanmış ve katkı maddeleri kullanımı ile işlenebilmeyi artırma çalışmaları sonunda bunun sağlanamadığı anlaşılmıştır (Hansen ve Hedegard, 1984).

Kum ve doğal granit agregası kırığı ile üretilen betonların basınç mukavemetlerinin eski beton basınç mukavemetlerinden daha düşük olduğu ve eski beton kırığı betonların elastisite modüllerinin esas betonun elastisite modüllerinden % 60 kadar düşük olduğu görülmektedir (Frondistou-Yannas, 1977).

İçine hava sürüklenmiş betondan elde edilmiş beton kırığı agregası ile yapılacak betonlarda ölçülen hava miktarından geri kazanılmış malzemenin hava miktarının düşülmesi gerektiği, dolayısıyla geri kazanılmış agregalı betonda hava miktarının daha yüksek tutulması gerekmektedir (Forster, 1986).

Eski beton kırığı agregaların düzgün şekilli ve iyi granülometrilili olduğu ancak doğal agregalara oranla özgül ağırlıklarının daha düşük, su emme değerlerinin daha yüksek

TC YÜKSELİŞ ÖCRETİ KURULU
BÜYÜK MANTARCIYON KURULU

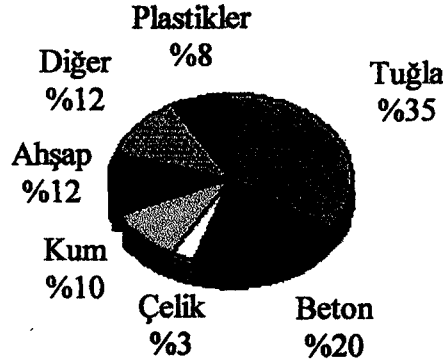
olduğu belirlenmiştir. Eski beton kırığı agregaların basınç mukavemetlerinin ve elastisite modüllerinin eski betonun su-çimento oranına bağlı olduğu, eğer eski betonun su-çimento oranı eşit ve daha düşükse, eski beton kırığı agregasıyla yapılan betonun basınç mukavemeti ve elastisite modülü de eşit veya daha yüksek değerler alabileceği bulunmuştur (Özturan, 1988).

Agrega bileşiminin kalitesi, yüksek bir oranda onun karışımına bağlıdır. Beton kırıklarından hazırlanan geri dönüştürülmüş agregalar, yıkıntı materyallerinden hazırlanan geri dönüştürülmüş agregalardan daha kullanışlıdır. Başka maddeler karışmamış beton yapı yıkıntıları, homojen bir karışım ile karakterize edilir. Bu agrega bileşimi, doğal agrega tanelerinin (%40 - %50) karışımı (beton kırıkları gibi) ile harç atıklarına yapışan doğal agrega tanelerinin (%40 - %50) bileşimidir. Diğer materyallerin miktarı (tuğla kırıkları, seramikler, cam vb.) %10'dan daha azdır. Yıkıntı materyallerinden hazırlanan agregalar çok heterojen bir karışım gösterirler (Çizelge 2.2.). Bunlar harçlar, doğal taneler, tuğla kırıkları, seramikler ve beton kırıkları gibi mineraller içerirler. Yıkıntı materyallerinin karışımı, özel yapı işlerine bağlı olarak büyük dağılım gösterir. Bu dağılım, yıkıntı materyallerinin geri dönüştürülmesinin, katıksız beton kırıklarının geri dönüştürülmesine benzetilmesine engel olmaktadır (Kohler ve Kurkowski, 1998).

Çizelge 2.2. Geri dönüştürülmüş agregalarla oluşturulmuş heterojen karışımındaki materyallerin birim hacim ağırlıkları

Materyaller	Birim Hacim Ağırlığı (g/cm ³)
Doğal taş	2,5-3,0 gr/cm ³
Çakıl	2,6-2,7 gr/cm ³
Beton	2,2-2,5 gr/cm ³
Harç	2,2-2,4 gr/cm ³
Tuğla	1,8-2,4 gr/cm ³
Hafif beton	1,2-1,8 gr/cm ³
Sünger taşı	1,0-1,4 gr/cm ³
Plastikler	1,0-1,4 gr/cm ³
Diğer maddeler	<1,0 gr/cm ³

İçerisinde büyük bir miktarda tuğla ve beton bulunan geri dönüştürülmüş agrega materyallerin ortalama dağılımı aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 2.1.) (Kohler ve Kurkowski, 1998).



Şekil 2.1. Geri dönüştürülmüş agrega içindeki materyallerin ortalama dağılımı

Beton kırıkları homojen harç sistemleri gibidir. Bundan dolayı benzer direnç özellikleri ve birbirine bağlanma yetenekleri gösterirler. Araştırmalar eski beton kırıklarının yeni beton kalitesi üzerindeki etkisini göstermektedir. Agrega taneleri sıva, tuğla kırıkları ve dış yüzeyler gibi düşük dirençlidir. Köşeli agregaların kullanılması negatif etki eder ve betonun direnci içinde zararlıdır (Klemm, 1998).

1996'da Almanya'da "Ekonomi Sirkülasyonu ve Atık Materyaller Kanunu" adlı yeni bir kanun yürürlüğe girmiştir. Bu kanun kesinlikle üretim ve tüketim yapan kişilerin sattıkları ya da tükettikleri ürünlerin daha sonra geri dönüştürülmesi ya da geride kalan atık materyallerin yeniden kullanılmasıyla çevreye saygılı olmalarının gerekliliğini belirtir. Bunu yapmak için en iyi yol yapı materyallerini yeni beton üretiminde kullanmaktır. Bunun ile ilgili yapılan bir araştırma projesi (İnşaat mühendisliğinde yapı materyallerinin dönüşümü) meselenin ana noktası olarak "geri dönüştürülmüş beton agregası ile yapılmış beton" adıyla "Alman Betonarme Komitesi" nde yayımlanmıştır (Roos ve Zilch, 1998).

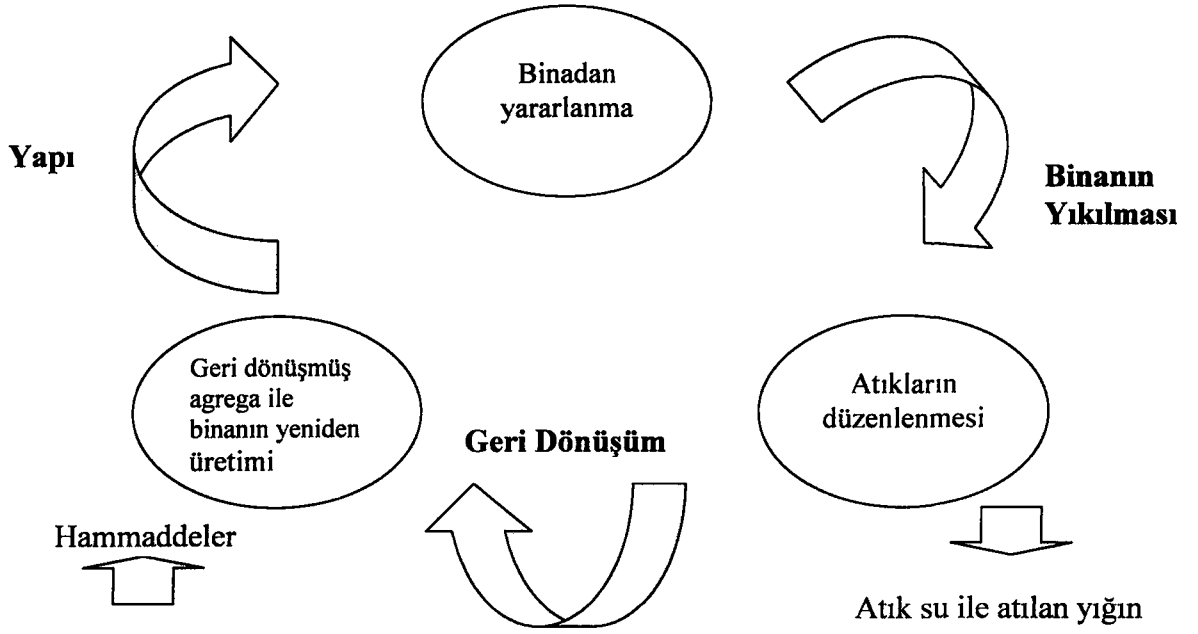
Mineral yapı materyallerinin geri dönüştürülmesi, doğal malzemenin uzun süre korunabilmesi ve ekolojik açıdan çok anlamlı bir dönüşümün olmasının yanında inşaat mühendisliğinde kabul edilen bir yapım metodu olarak ta yerini almaktadır. Başlıca inşaat malzemesi olan betonun yapı materyallerinin uzun süre korunması için

bu iki önemli özelliği olmalıdır. Bu üretim, atıkların geri dönüştürülmesi ile elde edilen çeşitli ikincil hammaddenin kullanılmasıyla mümkündür. Sonuç olarak ikincil hammaddenin kullanımı; doğal kaynaklardan çıkarılan hammadde kullanımının azalmasını ve büyük miktardaki molozların atılması nedeniyle kullanılamayacak alanların ortadan kalkmasını sağlar. Sonradan ortaya çıkabilecek tehlikeli enerjiyi ve onun yayılmasını önler. Bununla birlikte ne kadar materyalin geri dönüştürülebileceği ve yeniden kullanılabileceğinin belli sınırları vardır (1 m³ yeni betonun üretimi için 1 m³ atık beton kullanılır). Yeniden kullanılan ve geri dönüştürülen malzemeler uzun süreli ölçümlerden sonra gerçek mineral yapı malzemelerine dönüştürülür (Müller, 1999).

Toplumsal bilincindeki her bir kişi için teknik performans ve ekolojik sorumluluk önemlidir. Mühendislik performansları, yalnız teknik özelliklerin temeli üzerinde uzun analizler ve değerlendirmeler değildir, arka planında çevre üzerindeki etkileri de dikkate alınır. Amaçları hem atık miktarını minimize etmek ve doğal kaynakların korunmasını ayarlamaktır hem de toprak, su, hava gibi yenilenemeyen enerjinin tüketiminde benzer çevresel etkinin azaltılmasıdır (Müller, 1999).

Yol yıkıntılarında elde edilen geri dönüşümlü materyaller ve atıkları temel olarak inşaat mühendisliği işlerinde ve yol yapılarının düşük kaliteli uygulamalarında yeniden kullanılır. Yıkıntı atıklarındaki taş ve betonlara gelince beton yapımında ya da prefabrik birimlerde ve hazır beton yapımında bu beton ve taşların granüle edilerek kullanılması gerekir. Yapı materyallerinin dönüşüm şeması Şekil 2.2.'de gösterilmiştir (Kohler ve Kurkowski, 1998).

Atık betonlardan elde edilen agregalar kullanılarak yapılacak hazır beton üretiminin kolaylığı açısından Darmstadt Üniversitesi kenarında bir agrega ayrıştırma tesisi kurulmuştur. Bu tesisin “yapı malzemelerinin dönüşümünden oluşan agregalarla beton yapılar” adlı proje ile bir kısmı araştırma enstitüleri ve ekonomik ortaklar, bir kısmı da Alman Hükümeti tarafından finanse edilmektedir (Şekil 2.3.) (Nealen ve Rühl, 1997).



Şekil.2.2. Yapı materyallerinin geri dönüşümü



Şekil 2.3. Geri dönüştürülmüş agregalı beton üretimi için kurulmuş tesis, Darmstadt, Almanya

Geri dönüştürülmüş agreganın uygulanmasında en iyi örnek, yüksek kalitede B25 ve B35 betonlarının üretimi ile Almanya, Osnabrück'te çevre kuruluşunun idari binası olan yeni yapılmış bir binadır (Kohler ve Kurkowski, 1998).

Atık betonlardan elde edilen agregalarla yapılan betonlarda poroz (boşluklu) agregalardaki su tutma kabiliyeti için gereken sertleşme çok hızlı bir şekilde elde edilir. Bu sertleşmenin etkisini yok etmek için süper akışkanlaştırıcıların katılması olanağı vardır (Nealen ve Rühl, 1997).

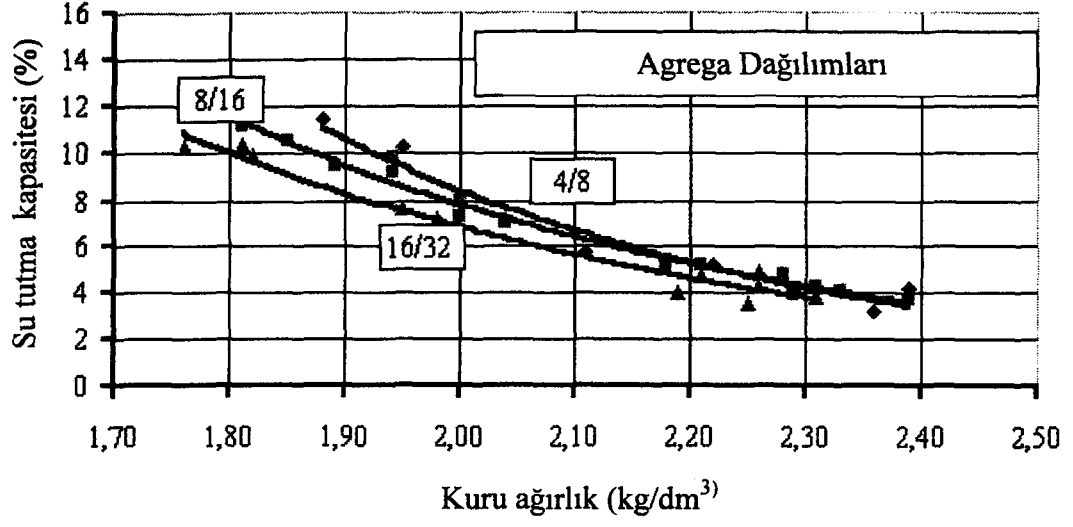
İşlenebilirlik problemlerinin sonuçlarında ve özellikle de hazır betonların üretiminde; geri dönüşümlü malzemeler kullanılarak yapılan taze betonlar rijitliklerinin geliştirilmesi yönünde farklı bir davranış gösterirler. Poroz (boşluklu) agregaların yüksek su tutma kapasitesi bu nedenledir. Uygulamalı örnekler göstermiştir ki; bazı zamanlarda süper akışkanlaştırıcının uygulanması tam işlenebilirlik uyumunu yeniden canlandırabilmektedir (Nealen ve Rühl, 1997).

Agregalar, taze beton ve sertleşmiş beton üzerinde çok büyük bir etkiye sahiptir. Atık betonlardan elde edilen agregaların yetenekleri ile doğal agrega ve düşük dayanımlı betonlardaki agregalarınkinin karşılaştırılması farklıdır. Bundan dolayı onların beton agregası için kullanıldıkları zamanki etkisini karşılaştırmak imkansızdır, ancak düşük dayanımlı betonların yapımında kullanılan agregalar üzerindeki çalışmalardan bilgi aktarılabilir (Rühl, 1997).

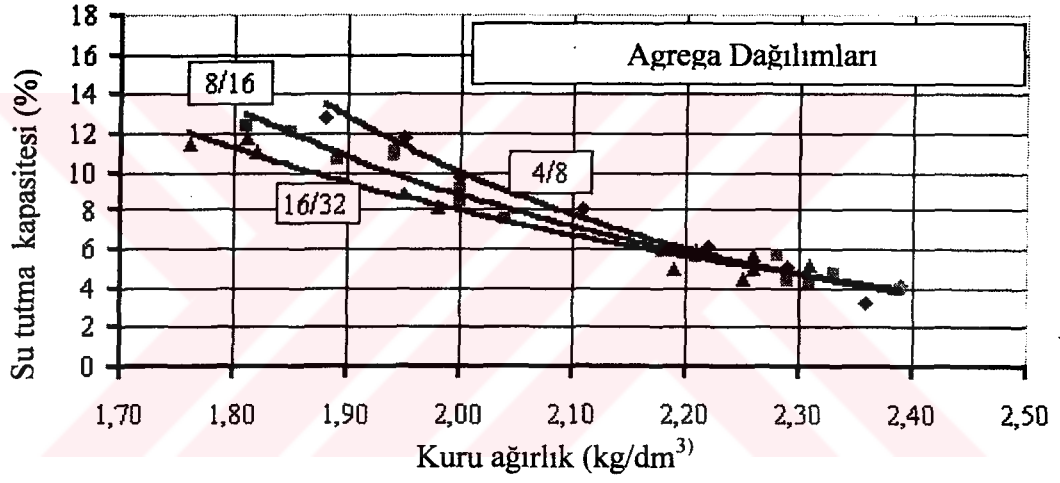
Geri dönüşümlü agregalar, yüksek geçirgenlik ve kuru ağırlığının %5-10'u arasında bir su tutma kapasitesine sahiptir. Beton karışımında kullanılan geri dönüşümlü agregaların su emme miktarının hesabının yapılması gereklidir. Geri dönüşümlü agregalardaki farklı materyallerin su dağılımının kararını tutturabilmek, beton içindeki su tutma miktarının hesabında önemlidir (Baratta ve Becker-Roes, 1998).

Şekil 2.4. ve Şekil 2.5.'te geri dönüştürülmüş agregalara ait materyallerin 10 dakika ve 24 saat sonraki su tutma kapasiteleri verilmiştir (Rühl, 1997).

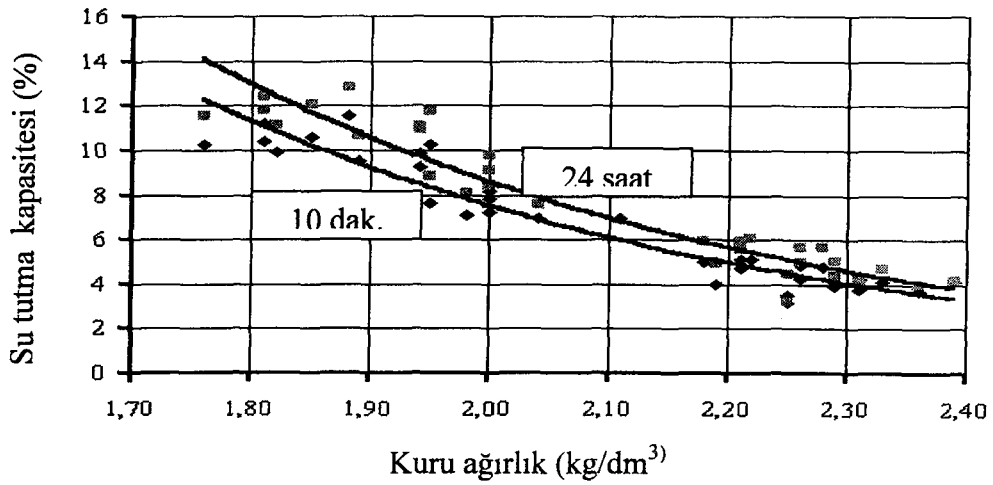
Şekil 2.6.'da ise 4/32 dağılımlı genel materyallerin su tutma oranı gösterilmiştir. İlginçtir ki; daldırılan suda 10 dakika sonra % 90 doygunluk derecesine ulaşılmıştır. Buradan istenen yoğunluğa ulaşmak için katılacak su miktarı geri dönüşümlü agregaların kuru ağırlığından bulunabilir (Rühl, 1997).



Şekil 2.4. Geri dönüştürülmüş agregalara ait materyallerin 10 dk. sonraki su tutma kapasiteleri



Şekil 2.5. Geri dönüştürülmüş agregalara ait materyallerin 24 saat sonraki su tutma kapasiteleri



Şekil 2.6. 4/32 dağılımındaki genel materyallerin su tutma kapasitesi

Birbirine çok yakın değerler içeren bu diyagramlar, atık malzemelerin, su tutma kapasitesi bakımından, geri dönüştürülerek betonda kullanılabileceğini gösterir (Rühl, 1997).

Bir betonun elastisite modülü, agregaya ve elastisite modülünün iki evreli matrisine bağlıdır. Sözü geçen her iki evrede normal beton ve hafif betonlar için göz önünde tutulan sonuçlar geri dnştml agregadan elde edilen betonlar içinde kabul edilir (Klemt, 1998).

Atık malzemelerle yapılmış sertleşmiş beton, normal betondan deformasyon performansı ile ayırt edilebilir (Klemt, 1998).

Statik açıdan kötü taşınan yapıların deformasyonlarını hesaplamak için, Almanya - Darmstadt'ta "Vilbeler Weg" adlı yapı projesi gösterisinde iki binanın içerisine birer ölçüm donanımı yerleştirildi. Binalarda yapılan incelemede benzer yapısal dizaynla hemen hemen aynı ve simetrik oldukları görüldü. Her ikisi de betonarme olan yapılar, birinde doğal karışımlı agregalardan yapılmış beton diğerinde ise atık betonlardan dönüştürülerek elde edilen agregalardan üretilen beton kullanılarak dikilmiştir. Kurulan lm, iki yapının deformasyonlarındaki beklenen uzun süreli farkı ölçmek için dizayn edilmiş yapının mimari dizaynının gerekli bir bölümüdür. Ele geçirilen verilerin analizi sırasında binanın tamamlanmasından sonraki ilk altı ayda, elverişli koşullar altında, geri dönüştürülmüş agrega ve doğal karışımlı agrega ile yapılmış betonun deformasyon davranışı göz önünde tutularak laboratuvar sonuçlarının doğruluğu kanıtlanır (Garg vd.,1998).

Atık betonlardan elde edilmiş agregalar kullanılarak üretilen hazır beton ile deneme için bir ofis binası örnek olarak Almanya-Darmstadt'ta inşa edilmiş ve burada da geri dnştml agregaların kullanımının uygunluğu grlmştir (Gbrl ve Nealen, 1998).

Geri dönüştürülmüş materyaller, beton agregası gibi kullanılmaya başlanınca betonun karakteristikleri daha geniş bir dağılımla göz önünde tutulmaya başlandı. Bu yazıda, çeşitli kirişlerin, betonun sıkıştırılma kuvveti üzerindeki farklı dağılma

derecelerinin uygulanmasındaki olasılık hesapları sunulmuştur. Yapının güvenliği üzerindeki bu parametrelerin geniş dağılımı, geleneksel beton ile karşılaştırılınca geri dönüştürülmüş agregalı betonun karakteristik değerleri üzerinde bir artış önerilmesine neden olur (Wörner ve Moerland, 1997).

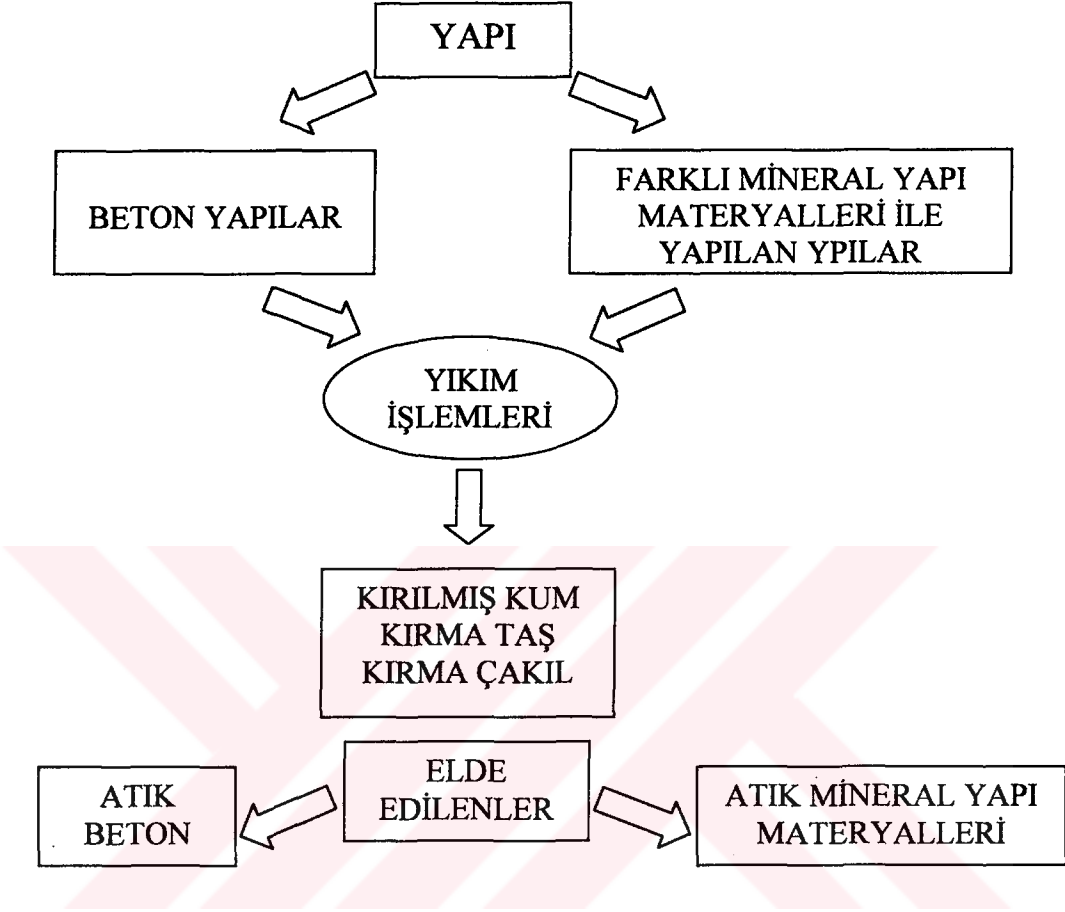
Bir materyalin veya ürünün çok yönlü kullanımı, doğal kaynakların korunması ve atıklardan kaçınma için bir diğer yoldur. Bu işlem genellikle “geri dönüşüm” olarak isimlendirilir. Bugün, kısa vadeli ölçümler arasındaki farklar, yapı materyallerinin yeniden kullanılabilir olduğunun göstergesidir. Uzun süreli ölçümlerle yapı materyallerinin değişik karışımlar ve değişik yapı alanlarında en uygun şekilde geri dönüştürülebileceği kabul edilir. Bugün yapı materyallerinin seçimi, karışımların saptanması ve kullanımı temel stratejiler olarak kabul edilir (Müller, 1999).

Yapı materyallerinin yeniden kullanımı için betonun gerekli temel özellikleri içermesi gerekmektedir. Çünkü betonun üretiminde çeşitli ikincil hammaddelerin (geri dönüştürülmüş atıkların) kullanımı mümkündür. Atık maddelerin kullanımı ile, hammaddenin (çeşitli agregaların) çıkarımının azaltılması, doğal alanların ve yenilenemeyen enerjinin korunması sağlanmaktadır (Müller, 1999).

Günümüze kadar Alman Standardı DIN 1045’e uygun beton için agrega olarak geri dönüştürülmüş atık materyalin kullanımının sağlanması Almanya’da konu edilmezdi. Oysa günümüzde, beton inşaatlarda geri dönüştürülmüş agregadan yapılan betonun kullanılmasına sırasıyla yapı denetim otoriteleri ve Alman Teknoloji Enstitüsü izin vermiştir. Bu durumun değişmesi ve Alman Araştırma Başkanlığı tarafından “Mineral Yapı Materyallerinin Geri Dönüştürülmesi” adlı bir araştırma programına dönüştürülmesi sonrasında geri dönüştürülmüş beton agregası, Alman Standardı - DIN 1045 olarak standartlara eklenmiştir. Bu agrega ile beton yapımı, doğal yoğunluklu agrega ile beton yapımına eşitlenmiştir (Grübl ve Rühl, 1998).

Binaların inşaatı, yıkımı, yeniden yapımı ve restorasyonları sonucunda inşaat ve yıkıntı atıkları yüksek miktarlarda oluşur. Mineral atıkların ilgili miktarları barajlarda, yer inşaatlarında ve yollarda mühendislik materyali olarak kullanılırdı.

Gelecek yıllarda inşaat ve yıkıntı atıklarından oluşan materyallerin hacminin büyük ölçüde artması beklenmektedir. Bundan dolayı, uygulamanın yeni alanlarda başlatılması ve geliştirilmesi gerekir. (Grübl ve Rühl, 1998).



Şekil 2.7. Geri dönüştürülmüş agreganın sınıflandırması (Grübl ve Rühl, 1998)

Geri dönüştürülmüş agreganın kuru yoğunluğu, doğal agrega yoğunluğundan daha azdır, su tutma kapasitesi ise yüksektir. Beton üretiminde bu yoğunluklar özel olarak hesaba katılarak kontroller yapılır. Yağmurlu mevsimlerde, korunmayan geri dönüştürülmüş agregalar çok nemli ve genellikle tamamen suya doygundur. Güneşli dönemler sırasında ise agrega kurudur ve su tutması yaklaşık 10-15 dakikada başlar. Karıştırma sırasında sertleşmesi çok hızlı gelişir. Bu negatif etkiyi önlemek için, kuru havalarda, geri dönüştürülmüş agregalar daima sulanmalıdır. Bu ilavelere ve geri dönüştürülmüş agreganın yüzeyinde kaybedilen yoğunluğa uygun olarak çimento hamurunun miktarı artırılmalıdır. Bu iki değişim, geri dönüştürülmüş agrega ile beton üretiminde gereklidir ve basınç dayanımı ile sertlik gelişimini doğal

yoğunluklu agregalar ile eşitler. Bu değişimlerin diğer bir pozitif yönü kullanılan süper plastikleştiricilerin ilk önceki yoğunluğa göre daha az kullanılmasıdır. Geri dönüştürülmüş agregalı sertleşmiş betonların, basınç dayanımı özelliklerinde tüm beton çeşitlerinde beklenenden daha iyi sonuçlar alınmıştır (Grübl vd., 1998).

İnşaat malzemelerinin geri kazanımı artan atık yok etme problemine katkıda bulunur ve doğal agrega kaynaklarının ömrünün uzamasına yardım eder. Geri kazanılmış malzemeler doğal agregaların tümüyle yerini tutamaz. Bu gelecekteki doğal agrega talebi ve geri kazanılmış inşaat malzemelerinin teorik miktarı arasındaki mukayeseyi gösterir. Homojen malzeme özelliklerine sahip geri kazanılmış agrega üretecek işleme teknolojisi mevcuttur. Geri kazanılmış agregaların yüksek kalitesi için beton teknolojisinde sadece birkaç değişiklik gerekmektedir. Homojen olmayan malzeme özellikleri, özellikle yüksek su ihtiyacı olan geri kazanılmış kullanımı için şimdiye kadar tam bir çözüm bulunamamıştır. İçinde beton üretimi için geri kazanılmış kum bulunan sadece birkaç durum mevcuttur. İşleme teknolojisindeki gelişmeler, bu malzemenin kalitesini yükselterek beton üretimine uygun olmasına yardım edebilir (Assbrock, 1999).

Geri kazanılmış agregaların kullanımı değişik uygulama alanlarında büyük önem kazandı. Şu bir gerçek ki doğal kaynaklar atık yok etme kapasiteleri kadar sınırlıdır. İnşaat malzemelerinin yeniden kullanımına uygun kavram ve teknolojiler bulunmalıdır. Geri kazanılmış agregaların üretimi için, giriş malzemeleri kalite düzeylerinin geniş bir dizisini kapsar. Bir yandan agregalar orijinal betonun ezilmesi ve elenmesi ile elde edilebilir, diğer bir yandan inşaat malzemelerinin karışımı işleme tabi tutulmalıdır. İyi bir beton üretimi bu iki çeşit malzemenin kullanımından çıkan şartları karşılayacak esneklikte olmalıdır (Assbrock, 1999).

Geri kazanılmış agregaların özellikleri hammaddesinin kalitesine göre ve önceki kullanımına bağlıdır. Özelliklerin tarifinde özellikle çevre yönü dikkate alınmalıdır, bu yüzden bazı durumlarda ek şartnameler ve testler gereklidir (Assbrock, 1999).

Geri kazanılmış agrega potansiyeli ile doğal malzeme potansiyeli mukayese edilirken hafriyat malzemesi bunun dışında bırakılmalıdır. Bu demektir ki Almanya’da % 100 geri kazanım oranı ile yol yıkımlarından çıkan artıklar, inşaat alanlarından çıkan atıklar ve inşaat atıklarının yaklaşık yıllık 70 milyon tonunun kaliteli bir şekilde işlenmesi sonucunda yıllık 600 milyon tondan fazla olan bir doğal agrega pazarının içine girerler. Teorik yer değiştirme potansiyeli yaklaşık % 10 kadardır. Bu yüzden geri kazanılmış agregaların, doğal agregaların önemli miktarda yerini alması söz konusu değildir (Abit, 1999).

Geri kazanılmış kaba agregaların bugünkü uygulama alanları ve teknolojik işlemlerin geliştirilmesi ile gelecekte yapılabilecek uygulamalar Çizelge 2.3.’de verilmiştir (Assbrock, 1999).

Çizelge 2.3. Kaba agrega sınıflandırması

Malzeme Cinsi	Bugünkü Uygulama	Gelecekteki Uygulama
Asfalt atıkları	Alt tabaka	Yüzeysel tabaka
Yol yıkımı (örneğin asfalt)	Dolgu malzemesi Antifriz ve alt tabaka	Şunlar için agrega; ➤ Beton ➤ Çimento bağlayıcı tabakalar ➤ Asfalt tabakalar
Beton	Dolgu malzemesi Antifriz ve alt tabaka	Şunlar için agrega; ➤ Beton ➤ Prefabrik elemanlar
İnşaat molozu	Dolgu malzemesi Döşeme altındaki daha küçük tabakalar	Spor sahaları için tabakalar Tuğla Düşük mukavemetli beton için agrega

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de nüfus artışı ve büyük şehirlere göç, büyük şehirlerimizde inşaat sektörünü hızlandırmıştır, aynı zamanda eski yapıların yıkılması ve yerlerine yenilerinin yapılması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Yıkılan bu eski yapıların atıklarının atılacak yerlere uzak olması ve çevre kirliliğine sebep olması aynı zamanda agrega kaynaklarının azalması beton için gerekli olan

agregayı sağlamak için yeni kaynaklar bulunması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır (Topçu, 1983).

Turanlı (1998)'nın yaptığı çalışmada laboratuarda daha önce yapılmış olan kırmataş agregası ile yapılmış olan beton silindirler kırılarak agrega haline getirilmiş ve bu agregalar standart eleklerden elenmiş, kaba agregalar doğal kum ile karıştırılarak betonlar yapılmıştır. Yapılan bu betonları karşılaştırma yapabilmek için kırmataş ve doğal kum kullanarak aynı su/çimento oranlı betonlar ile yapılmış olan bu betonların özellikleri birbiriyle karşılaştırılmıştır.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu araştırmada, materyal olarak İzmit-Gölcük'te meydana gelen deprem nedeniyle yıkılan binalara ait deprem atıkları ile Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış olan bir binadan alınan atıklar, atık beton agregası olarak kullanılmıştır. Şahit beton ise Atabey agregası kullanılarak yapılmıştır.

Söz konusu materyaller ile ilk aşamada aşağıdaki beton örnekleri hazırlanmıştır:

- a) Normal beton agregası (Atabey kum-çakılı) ile elde edilen beton örnekleri (N)
- b) Temizlenmiş ve derecelenmiş Gölcük bölgesi deprem atıkları ile elde edilen beton örnekleri (GT)
- c) Temizlenmemiş ve derecelenmemiş Gölcük bölgesi deprem atıkları ile elde edilen beton örnekleri (GK)
- d) Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış bina atıklarının temizlenmiş ve derecelenmiş kısmı ile elde edilen beton örnekleri (IT)
- e) Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış bina atıklarının temizlenmemiş ve derecelenmemiş kısmı ile elde edilen beton örnekleri (IK)

Yukarıda GT, GK, IT ve IK ile belirtilen beton örneklerinden elde edilen bulgular standartlara uygun sonuçlar vermediğinden atık betonlardan elde edilen agregalar, normal beton agregası ile karıştırılmıştır. Ancak karışımlarda belli oranlara uyulması gerektiğinden, temizlenmemiş ve derecelenmemiş atık beton agregaları karışımlarda kullanılmamıştır. Beton karışımları aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

- a) Atabey ince agregası + Gölcük deprem atıklarından elde edilen kaba agrega (K1)
- b) Atabey kaba agregası + Gölcük deprem atıklarından elde edilen ince agrega (K2)
- c) Atabey ince agregası + Isparta atıklarından elde edilen kaba agrega (K3)
- d) Atabey kaba agregası + Isparta atıklarından elde edilen ince agrega (K4)

Beton yapımında bağlayıcı malzeme olarak portland çimentosu (PKÇ-A 32,5) ve şebeke suyu kullanılmıştır.

3.1.1. Agregalar

Agregalar, “doğal kum ve çakıl ocaklarından çıkan agregalar”, “taş ocaklarından, kırılarak elde edilen agregalar” ve “yapma ve özel agregalar” olmak üzere üç değişik yoldan elde edilebilir. Çalışmamızda “yapma ve özel agregalar” olan atık betonlardan elde edilen agregaların kullanılabilme şartları incelenmiştir.

Çalışmamız sırasında kullanılan agregalar, üç değişik yerden temin edilmiştir. Bunlardan ilki, Isparta ilinin Atabey ilçesindeki mevcut kum-çakıl ocaklarından çıkarılan doğal agregadır, çalışmamızda (N) ile gösterilmiştir ve karşılaştırma amaçlı şahit beton olarak üretilen normal betonda kullanılmıştır. Kullanılan ikinci agrega, çalışma amacına uygun olarak, İzmit – Gölcük’te meydana gelen deprem sonucu oluşan beton atıklarından elde edilmiştir (Şekil 3.1. ve Şekil 3.2.).

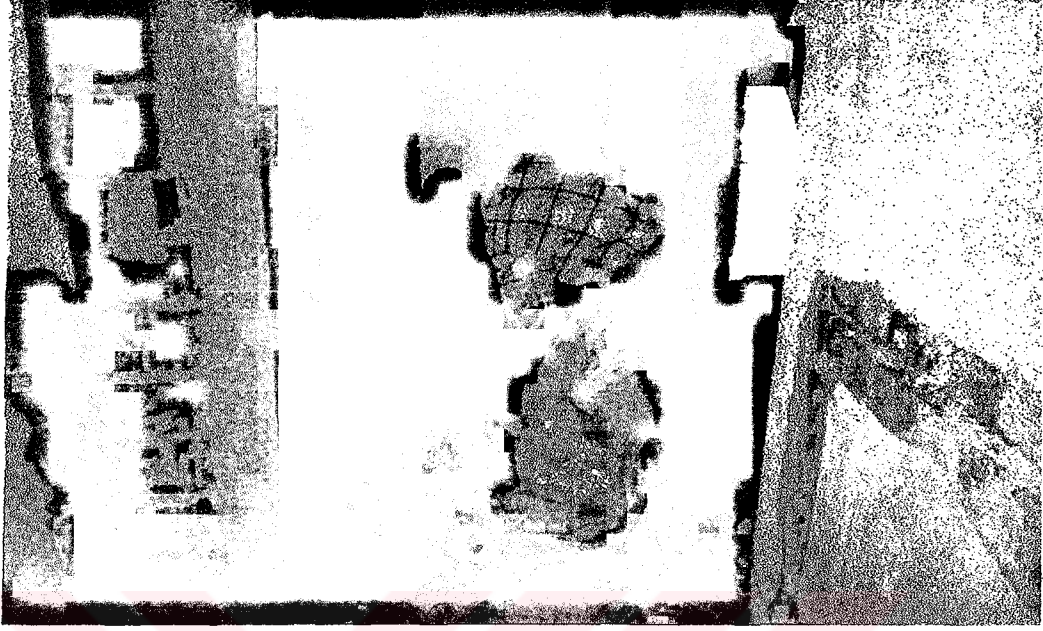


Şekil 3.1. Molozlardan beton atıklarının alınması, Gölcük E-5 karayolu kenarı

Gölcük bölgesinden alınan bu atıklar da, Gölcük E-5 karayolu kenarındaki molozlar ile, Değirmendere ve Çarşı’da yıkılan binalardan alınan beton atıkları harmanlanmıştır. Böylece bölgeyi temsil edecek ortak agrega karışımı

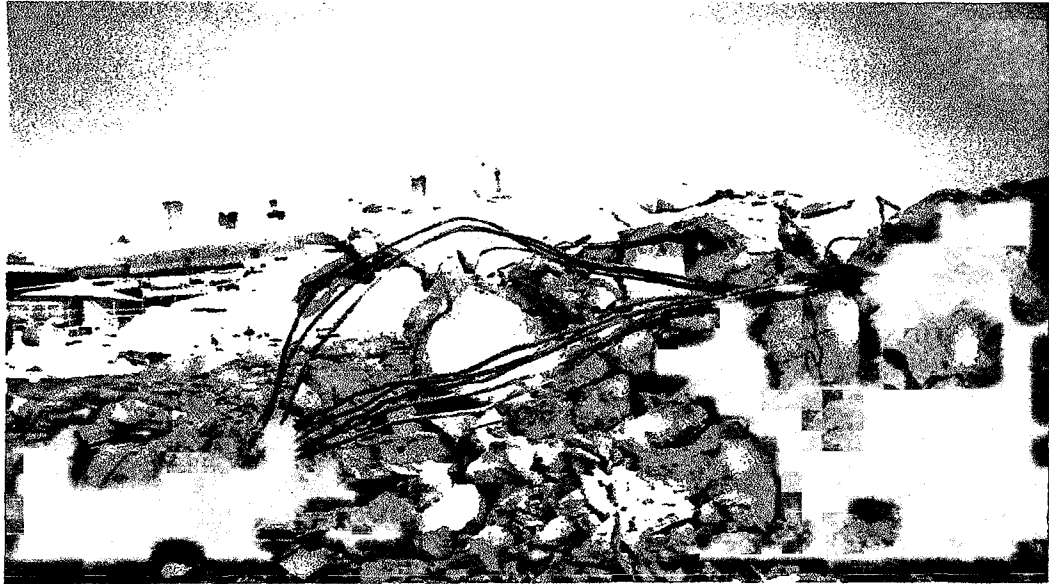
EC YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
BÖLGE PLANLAMA VE KALKINMA

hedeflenmiştir. Laboratuvar ortamında bu agregalar derecelenmiş-temizlenmiş (GT) ve derecelenmemiş-temizlenmemiş (GK) olarak ikiye ayrılmıştır.



Şekil 3.2. Depremden yıkılmış bir binadan beton atıklarının alınması, İzmit-Gölcük

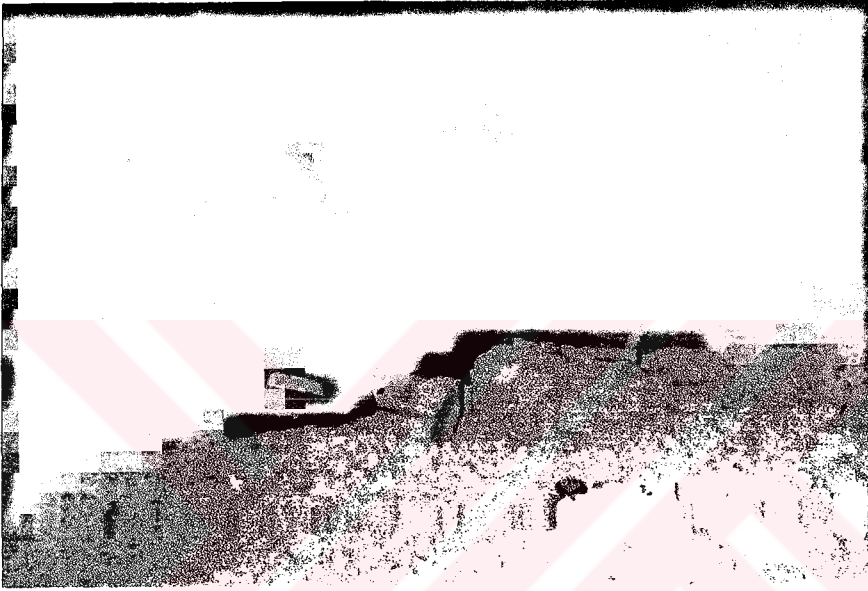
Diğer bir agrega ise, yine çalışma amacına uygun olarak Isparta Merkez’de Pazaryeri civarında, imar yüzünden yıkılmış olan binaların beton atıklarından temin edilmiştir. Bu atıklar da derecelenmiş-temizlenmiş (IT) ve derecelenmemiş-temizlenmemiş (IK) olmak üzere ikiye ayrılmıştır (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Atık beton temin edilen, imar yüzünden yıkılmış bir bina, Isparta-Merkez

GT ve IT, içerisinde tuğla kırıkları, cam kırıkları, harç vb. maddeler çıkarılarak temizlenmiş agregalardır. GK ve IK ise herhangi bir temizleme vb. işlem yapılmadan kullanılan agregalardır.

Atık beton parçaları eldeki imkanlar dahilinde kırılmış (Şekil 3.4. ve Şekil 3.5.) ve GK ile IK herhangi bir işleme tabi tutulmadan olarak betonda kullanılmış, GT ve IT ise standart eleklerden elenerek granülometrik açıdan derecelendirilmiştir.



Şekil 3.4. Atık betonların kırılarak agregaya dönüştürülmesi



Şekil 3.5. Atık betonların kırılarak agregaya dönüştürülmesi

Bu agregalardan elde edilen bulgular standartlara uygun sonuçlar vermediğinden atık betonlardan elde edilen agregalar farklı oranlarda normal beton agregası ile karıştırılmıştır.

3.1.2. Çimento

Bu çalışma kullanılan beton örneklerinin yapımında, Göltaş Göller Bölgesi Çimento Fabrikası'nın üretmiş olduğu (TS 12143, PKÇ - A 32,5) çimentolar kullanılmıştır. Bu çimento ile ilgili, her türlü fiziksel – mekanik deneyler ve kimyasal analiz sonuçları, fabrikanın Kalite Kontrol Laboratuvarı'nda yapılmış olup Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan çimentoya ait fiziksel – mekanik deneyler ve kimyasal analiz sonuçları

ÜRÜN	TS 12143 PKÇ- A 32,5											
TARİH	May.01											
GÜN					Priz(Dak.)			Basınç Mukavemetleri (N/mm ²)				
	200 µ	90 µ	Blaine	Genleş.	Baş.	Son.	Özgül Ağ.	B2	B7	B28	Top.Kat	
01.05.2001	0,1	4,8	3678	1	140	220	3,02	18,1	33,8	44,5	14,18	
08.05.2001	0,1	5,0	3314	1	130	220	3,03	14,1	30,9	42,3	13,08	
17.05.2001	0,1	3,9	3060	1	150	240	3,00	15,4	30,7	42,7	16,52	
24.05.2001	0,1	3,0	3297	0	145	230	3,01	14,9	35,2	41,2	13,2	
31.05.2001	0,1	4,2	3376	0	150	225	3,02	19,1	33,4	42,9	17,31	
Ort	0,1	4,2	3345	0,6	143	227	3,02	18,3	32,8	42,7	14,88	
SDS.	1E-09	2,00	220,80	0,55	8,37	8,37	0,01	2,16	1,95	1,19	1,95	
Min.	0,1	3	3060	0	130	220	3	14,1	30,7	41,2	13,08	
Max.	0,1	5	3676	1	150	240	3,03	19,1	35,2	44,5	17,31	
GÜN												
	Cl	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K.K	S.CaO			
01.05.2001	0,003	21,72	4,66	3,20	59,92	2,64	2,71	3,62	1,26			
08.05.2001	0,003	21,51	4,63	3,28	60,04	2,74	2,73	3,43	0,90			
17.05.2001	0,003	21,32	4,64	3,14	59,78	1,95	2,78	4,58	1,35			
24.05.2001	0,003	20,67	4,25	3,30	61,14	2,31	2,95	3,21	0,79			
31.05.2001	0,003	21,83	4,79	3,38	59,37	2,29	2,68	4,40	0,59			
Ort	0,003	21,41	4,59	3,26	59,95	2,39	2,77	3,88	0,98			
SDS.	0,00	0,46	0,20	0,09	0,66	0,31	0,11	0,61	0,32			
Min.	0,00	20,67	4,25	3,14	59,37	1,95	2,68	3,21	0,59			
Max.	0,00	21,83	4,79	3,38	61,14	2,74	2,95	4,58	1,36			

3.1.3. Su

Çalışmada kullanılan su, Isparta bölgesi şebeke suyudur.

3.1.4. Araçlar

Laboratuvar aşamasında kullanılan araçlar; etüv, TS 706'da belirtilen kare gözlü elekler, duyarlı terazi, cam balon, silindir ve küp beton kalıpları, Los Angeles aleti, silindir ve küp örneklere uygulanacak olan tek eksenli basınç aleti, ultrases aletidir.

3.2. Yöntem

Bu kısımda agregaların derecelenmesi, taze beton deneyleri ve sertleşmiş beton deneyleri ile ilgili yöntemler verilmiştir.

3.2.1. Agregaların Örneklerinin Alınması

Şahit betonda kullanılmak üzere, Isparta ilinin Atabey ilçesindeki mevcut kum-çakıl ocaklarından çıkarılan doğal agregadan yaklaşık 1 ton, traktör ile deney alanına getirilmiş ve kare gözlü standart eleklerden elenerek tane büyüklüklerine göre ayrılmıştır.

Deprem atığı agregalar, İzmit-Gölcük'te meydana gelen deprem sonucu oluşan beton atıklarından elde edilmiştir. Gölcük E-5 karayolu kenarındaki molozlar içerisinde 300 kg. civarında beton atığı kürek yardımıyla alınmıştır. Atıklar alınırken içerisindeki tuğla kırıkları, cam kırıkları, harçlar vb. malzemeler temizlenmemiştir. Yaklaşık 400 kg.lık kısmı ise Değirmendere ve Çarşı'da bulunan yıkıntı halindeki binaların içerisinde alınmıştır. Parça beton durumundaki atıklar elle çuvalara doldurulmuştur. Bu atıklar alınırken sadece beton kütle kırıkları alınmıştır ve içerisine başka hiçbir atık malzeme karıştırılmamıştır.

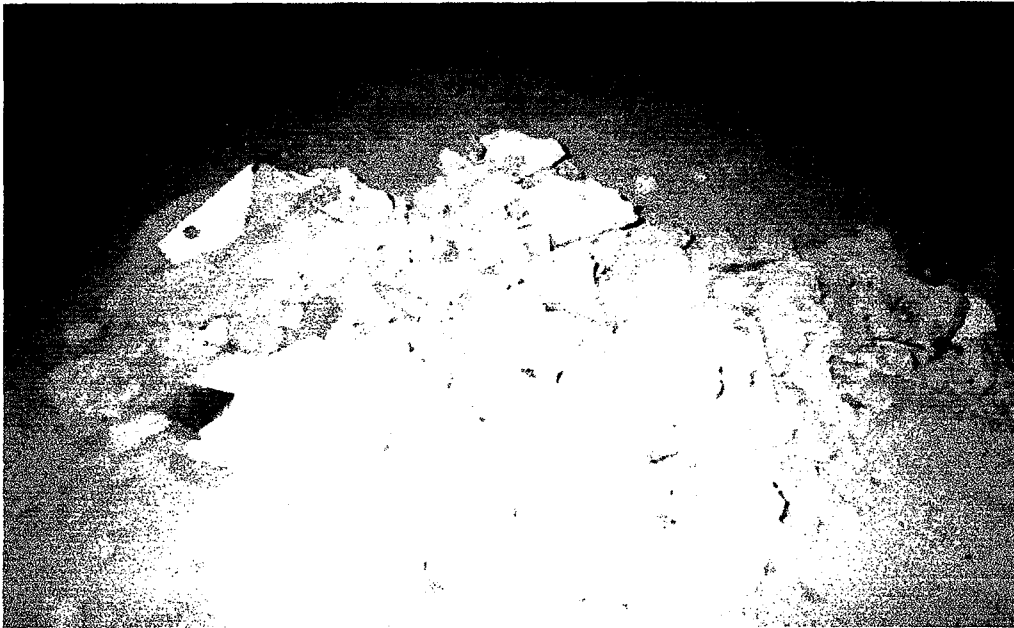
İmar durumu nedeniyle yıkılan binalardan alınan beton atıklarına örnekler, Isparta-Merkez’de, Pazaryeri civarındaki binalardan alınmıştır. Derecelenmemiş-temizlenmemiş agregaya için alınan atık betonlar yıkıntı içerisinde kürekle yaklaşık 300 kg. kadar alınarak çuvalara doldurulmuştur. Yıkılan binalardan kütle halindeki beton parçaları da elle toplanarak çuvalara konulmuştur. Bu beton atıklarından da yaklaşık 300 kg.lık örnek alınarak derecelenmiş-temizlenmiş agregaya olarak kullanılmıştır. Binalardan alınan atık betonlar harmanlanarak ortak bir agregaya özelliği sağlanmaya çalışılmıştır.

3.2.2. Agregada Fiziksel Özelliklerin Tayini

Agregada fiziksel özelliklerin belirlenmesi için elek analizi, birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, su emme, kompakte ve porozite deneyleri yapılmıştır.

3.2.2.1. Elek Analizi

Elek analizi deneyi TS 706 (1980)’de belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Agregaya taneleri doğal yollardan elde edilmediği için normal şartlarda elek analizi işlemlerine gerek duyulmamıştır. Ancak atık betonların kırılıp derecelenmeden önceki hali direkt olarak kullanılamayacağından kırma ve eleme işlemi uygulanmıştır (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Atık betonların kırılıp derecelenmeden önceki hali

Beton parçalarına uygulanan kırma işlemi, kendi isteğimiz doğrultusunda gerçekleştirildiğinden agregalar istenilen boyutlara getirilebilmektedir. Bu nedenle, taneler “ideal granülometri eğrileri” arasında olan B_{32} standart eğrisinde kabul edilmiştir. Ancak beton karışım hesapları için agrega, eleme işlemine tabi tutularak tane boyutlarına göre ayrı ayrı istiflenmiştir. Beton karışım hesapları, B_{32} eğrisine göre, belirlenen ağırlıklar doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.2. Birim Hacim Ağırlık

Birim hacim ağırlık deneyi, beton yapımında kullanılacak doğal veya yapay agregaların sıkışık ve gevşek birim hacim ağırlıklarını belirleyebilmek için TS 3529 (1981)’a göre yapılmıştır.

3.2.2.3. Özgül Ağırlık ve Su Emme

Özgül ağırlık ve su emme deneyleri TS 3526 (1981)’e göre yapılmış ve (1.4), (1.5), (1.6), (1.7), (1.8), (1.9), (1.10) ve (1.11)’deki bağıntılarla hesaplanmıştır.

3.2.2.4. Agreganın Kompasitesi

Agreganın kompasitesi birim ağırlığın özgül ağırlığa oranıyla saptanmıştır. Bu değer (1.12) bağıntısı ile hesaplanmıştır.

3.2.2.5. Agreganın Porozitesi

Agrega tanelerindeki porozite (boşluk), TS 3526 (1981)’e göre su emme deneyi yapılmış ve (1.13)’deki bağıntı ile agreganın porozitesi hesaplanmıştır.

3.2.3. Agregada Mekanik Özelliklerin Tayini

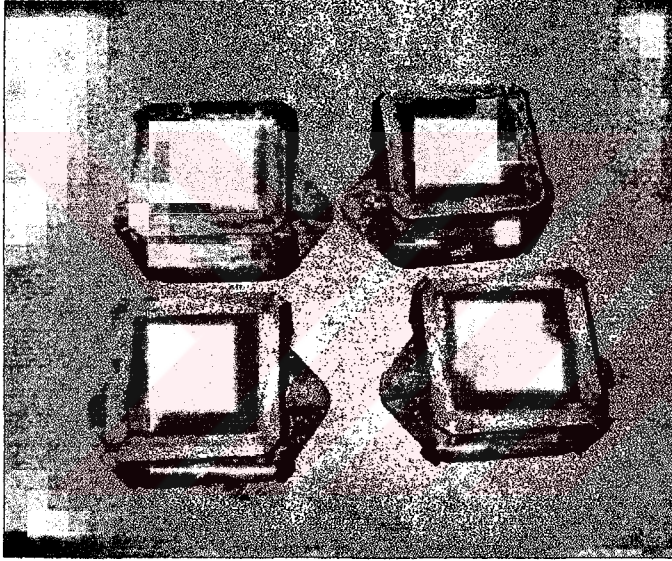
Agreganın mekanik özelliklerinin belirlenmesi için Los Angeles aşınma dayanımı deneyi yapılmıştır.

3.2.3.1. Aşınma Dayanımı

Los Angeles aşınma dayanımı deneyi, TS 3694 (1982)'e göre yapılmıştır. Agregalardaki aşınma miktarı (1.14) ve (1.15)'teki bağıntılarla hesaplanmıştır.

3.2.4. Taze Beton Deneyleri

Taze beton birim hacim ağırlığı TS 2941'e göre yapılmıştır. Taze beton birim hacim ağırlığı hesabı, beton örnekleri kalıba dökülürken hesaplanmıştır (Şekil 3.7.). Çökme değeri slump deneyi ile bulunmuş ve Çizelge 3.2. ile kontrol edilmiştir.



Şekil 3.7. Kalıba dökülmüş beton örnekleri

Çizelge 3.2. Çeşitli yapı elemanları için uygun çökme değerleri (TS 2871, 1978)

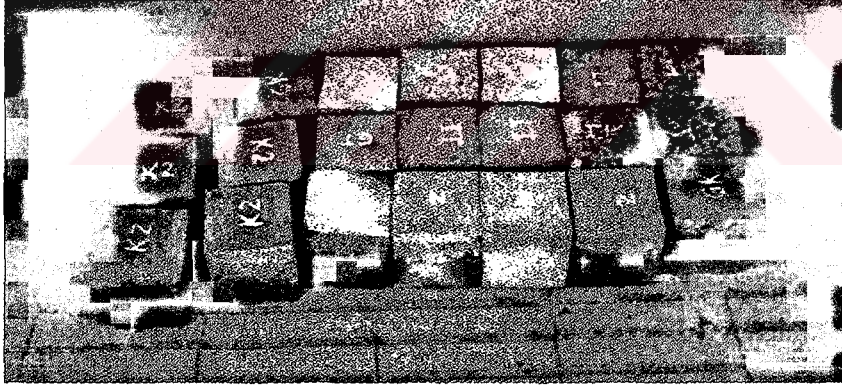
Yapı elemanları	Çökme değerleri (cm)	
	Max.	Min.
Betonarme temeller	8	3
Donatısız beton temeller, kesonlar alt yapı duvarları ve kanal kaplama betonları	7	2
Döşeme, kiriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yan ve kemer betonları	10	5
Yol kaplama betonları, köprü ayakları	5	3
Tünel taban kaplama betonları	5	2

3.2.5. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Sertleşmiş beton deneylerinden basınç dayanımı ve ultrases hızlarının deneyleri yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda 7 günlük ve 28 günlük örnekler üzerinde analizler yapılmıştır (Şekil 3.8. ve Şekil 3.9.).



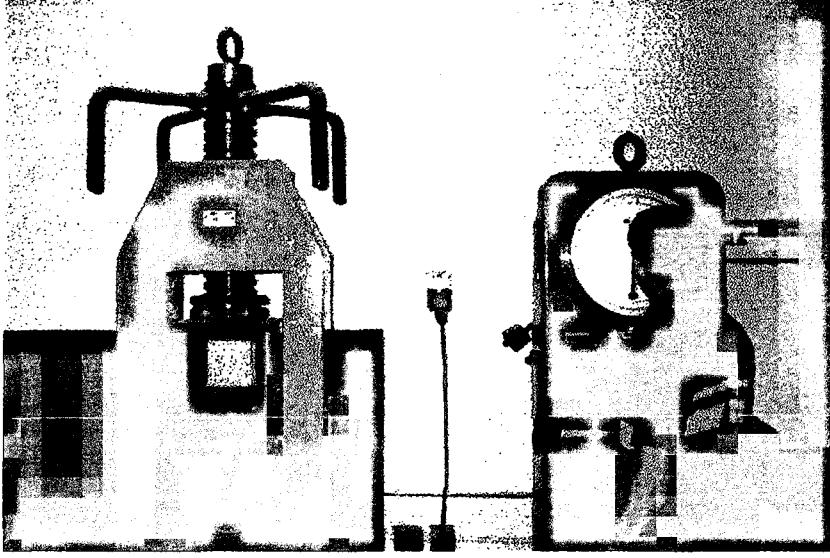
Şekil 3.8. Silindir beton örnekleri



Şekil 3.9. Küp beton örnekleri

3.2.5.1. Basınç Dayanımı

Basınç dayanımı TS 3114 (1978)'e göre yapılmıştır. Betonun basınç mukavemeti (1.16)'daki bağıntı ile hesaplanmıştır. Sertleşmiş beton örnekleri Şekil 3.10.'da gösterilen tek eksenli basınç aleti ile kırılmıştır.



Şekil 3.10. Tek eksenli basınç aleti ve beton örneğin kırılışı

3.2.5.2. Ultrases Hızı

Ultrases hızı Ergün (1988)'e göre yapılmıştır. Malzeme testinde kullanılan ultrases, pizoelektrik metodu ile elde edilmektedir. Silindir örneğin bir ucuna ultrasesi oluşturan verici, diğer ucunda malzeme içinden geçen ses dalgalarını alan bir alıcı yerleştirilir. Alıcı tarafından tutulan ses dalgaları bir osilografa nakledilerek sesin örnek içinden geçiş zamanı tespit edilerek burada sesin örnekteki yayılma hızı bulunmuştur.

Ultrasonik yöntem, sertlik ve basınç dayanımı yöntemleriyle birlikte kullanılmasıyla sayısal sonuçların değerlendirilmesi yapılarak betonun dayanımı yaklaşık olarak bulunmaktadır (Akman, 1965). Ultrasonik dalgaların örneklerden geçiş zamanları cihazda okunarak (1.17)'deki bağıntıya göre hesaplanmıştır.

3.2.6. Karışım Oranları

Beton karışım hesapları TS 802 (1985)'e göre yapılmıştır. Beton karışım oranları (1.18 - 1.19 - 1.20 - 1.21 - 1.22)'deki bağıntılar yardımıyla bulunmuştur.

3.2.8. İstatistiksel Analizler

Deneme konuları arasındaki farklılıklar, “Varyans analizi” ile konuların sınıflandırılması ise “Duncan testi” ile yapılmıştır.



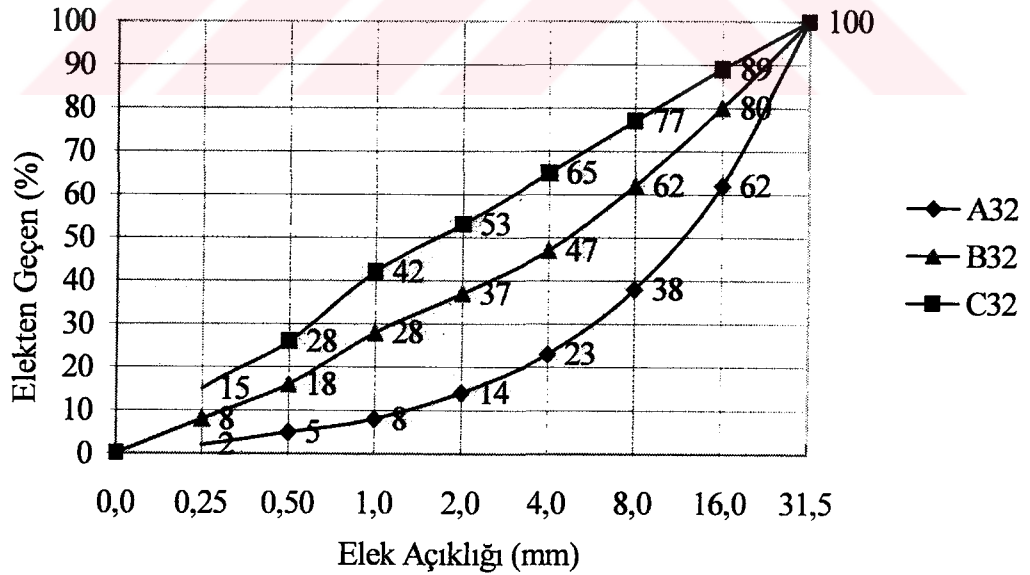
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Araştırmadan elde edilen sonuçlar ve bunların değerlendirilmesi aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.1. Elek Analizine İlişkin Sonuçlar

Agrega taneleri doğal yollardan elde edilmediği için normal şartlarda elek analizi işlemlerine gerek duyulmamıştır. Beton parçalarına uygulanan kırma işlemi, kendi isteğimiz doğrultusunda gerçekleştirildiğinden agregalar istenilen boyutlara getirilebilmektedir. Bu nedenle, taneler “ideal granülometri eğrileri” arasında olan B₃₂ standart eğrisinde kabul edilmiştir. Ancak beton karışım hesapları için agrega, eleme işlemine tabi tutularak tane boyutlarına göre ayrı ayrı istiflenmiştir.

Elek analizi sonuçları tüm agregalar için B₃₂ eğrisine göre, beton karışım hesapları sonucunda belirlenen ağırlıklar doğrultusunda gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1.) (Çizelge 4.1.).



Şekil 4.1. İdeal granülometri değerleri içinden kabul edilen B₃₂ eğrisi

Çizelge 4.1. B₃₂ standart eğrisi için elekten geçen ve elekte kalan malzeme yüzdeleri

Elek açıklığı (mm)	B ₃₂	
	Elekten geçen (%)	Elekte kalan (%)
31,5	100	0
16	80	20
8	62	38
4	47	53
2	37	63
1	28	72
0,50	18	82
0,25	8	92

4.2. Birim Hacim Ağırlığa İlişkin Sonuçlar

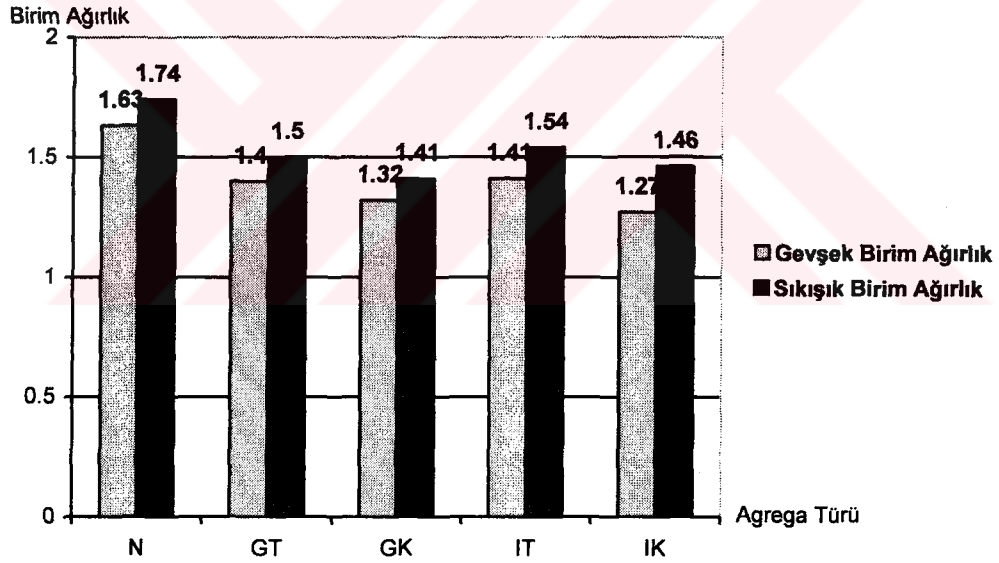
Birim hacim ağırlık deneyinde her bir agregası örneğinin gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlık değerleri yapılan hesaplamalar sonucunda bulunmuş ve Çizelge 4.2 ile Şekil 4.2'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.2. Agregası birim hacim ağırlık tayini

Agregası Türü	Deney Yöntemi	En büyük agregası tane çapı (mm)	Ölçek kabının boş ağırlığı (Pa ₁) (gr)	Ölçek kabının iç hacmi (V) (cm ³)	Ölçek kabı + agregası ağırlığı (Pa ₂) (gr)	Agregası birim ağırlığı $\Delta a = \frac{Pa_2 - Pa_1}{V}$ (gr/cm ³)
Atabey Agregası (N)	Gevşek birim hacim ağırlık (Δa_1)	31,5	2670	7040	14210	1,63
	Sıkışık birim hacim ağırlık (Δa_2)	31,5	2670	7040	14900	1,74
Gölcük Temizlenmiş Derecelenmiş (GT)	Gevşek birim hacim ağırlık (Δa_1)	31,5	2670	7040	12530	1,40
	Sıkışık birim hacim ağırlık (Δa_2)	31,5	2670	7040	13200	1,50

Çizelge 4.2. (devam)

Gölcük Temizlenmemiş Derecelenmemiş (GK)	Gevşek birim hacim ağırlık (Δa_1)	31,5	2670	7040	11970	1,32
	Sıkışık birim hacim ağırlık (Δa_2)	31,5	2670	7040	12630	1,41
Isparta Temizlenmiş Derecelenmiş (IT)	Gevşek birim hacim ağırlık (Δa_1)	31,5	2670	7040	12600	1,41
	Sıkışık birim hacim ağırlık (Δa_2)	31,5	2670	7040	13550	1,54
Isparta Temizlenmemiş Derecelenmemiş (IK)	Gevşek birim hacim ağırlık (Δa_1)	31,5	2670	7040	11610	1,27
	Sıkışık birim hacim ağırlık (Δa_2)	31,5	2670	7040	12960	1,46



Şekil 4.2. Agregalarda birim hacim ağırlık değerleri

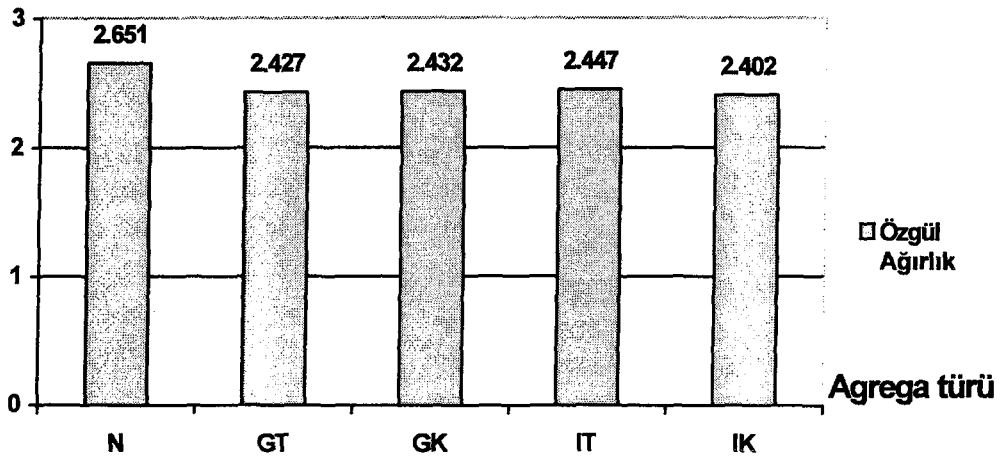
Hesaplamalar neticesinde geri dönüştürülmüş agregalardan elde edilen betonlarda sıkışık ve gevşek birim hacim ağırlıklarının, normal betona göre oldukça düşük olmasına karşılık TS 3529'a göre belirlenen sınırlar ($1,20-1,85 \text{ kg/dm}^3$) içerisinde ancak alt sınıra yakın değerler ($1,27-1,54 \text{ kg/dm}^3$) verdiği görülmüştür.

4.3. Özgöl Ağırlık ve Su Emmeye İlişkin Sonuçlar

Tüm agregalara ait özgöl ağırlık sonuçları Çizelge 4.3.'te ve Şekil 4.3.'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Özgöl ağırlık sonuçları

Agrega Türü	Su + Piknometre (gr)	Numune (gr)	Su + Piknometre + Numune (gr)	Hacim (V) (cm ³)	Özgöl Ağırlık (δ) (gr/cm ³)	Ortalama Özgöl Ağırlık (δ _{ort}) (gr/cm ³)
Atabey (N)	380,43	40,15	405,450	15,13	2,653	2,651
	380,43	35,20	402,350	13,278	2,651	
	380,43	36,40	403,080	13,746	2,648	
Gölcük (GT)	380,43	33,99	400,370	14,05	2,419	2,427
	380,43	27,05	396,370	11,11	2,435	
Gölcük (GK)	380,43	29,15	397,584	11,996	2,430	2,432
	380,43	36,23	401,769	14,891	2,433	
Isparta (IT)	380,43	41,37	405,206	16,594	2,493	2,447
	380,43	33,25	399,827	13,853	2,400	
Isparta (IK)	380,43	36,27	401,702	14,998	2,418	2,402
	380,43	35,06	400,796	14,694	2,386	

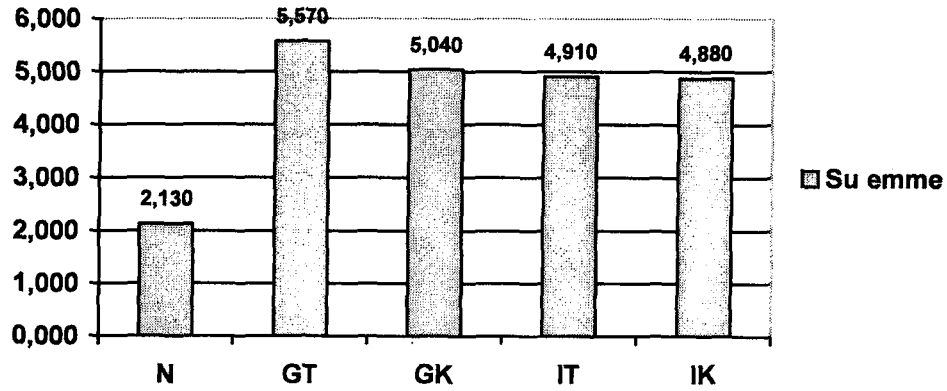


Şekil 4.3. Özgöl ağırlık değerleri

Özgül ağırlık deneyi sonucunda, geri dönüştürülmüş agregalara ait özgül ağırlıklar, şahit beton agregasına göre daha düşük değerler vermiştir. TS 3526'da verilen özgül ağırlık sınırları $2,40 - 2,80 \text{ gr/cm}^3$ iken geri dönüştürülmüş agregaların özgül ağırlıkları $2,402 - 2,447 \text{ gr/cm}^3$ arasında çıkmıştır. Bu değerler, atık beton agregalarının, hafif agregalara oldukça yakın değerler içerdiğini göstermektedir.

Çizelge 4.4. Su emme deneyi sonuçları

Agrega Türü	Etüv Kuru Ağırlığı (W_1) (gr)	Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı (W_2) (gr)	Su Emme (m) (%)
Atabey (N)	1748	2120	2,13
Gölcük (GT)	1493	2325	5,57
Gölcük (GK)	1321	1987	5,04
Isparta (IT)	1392	2076	4,91
Isparta (IK)	1621	2412	4,88



Şekil 4.4. Agregaların su emme değerleri

Su emme deneyi sonuçlarına göre, geri dönüştürülmüş agregaların su emme oranının şahit beton agregasına göre yaklaşık 2,5 kat fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum beton karışım hesaplarında su/çimento oranının artırılmasına neden olmuştur.

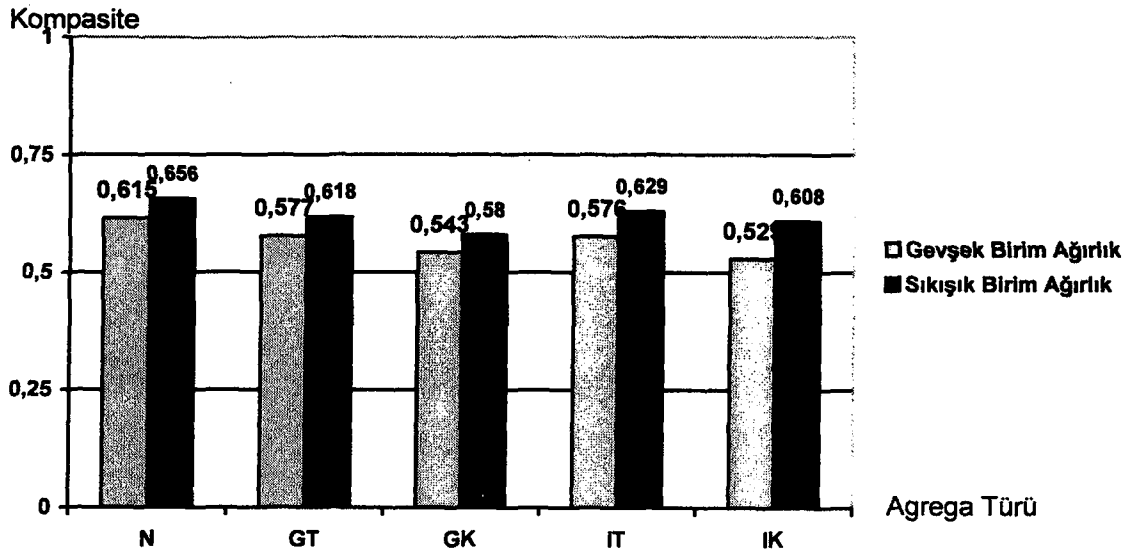
4.4. Agregalarda Kompasiteye İlişkin Sonuçlar

Birim hacimdeki tanelerin işgal ettiği gerçek hacmi belirleyen kompasite, tüm örnek agregalar için hesaplanmış ve Çizelge 4.5. ile Şekil 4.5.'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Agregaların kompasite değerleri

Agrega Türü	Deney Yöntemi	Birim Hacim Ağırlık (Δ) (gr/cm ³)	Özgül Ağırlık (δ) (gr/cm ³)	Kompasite (Λ)
Atabey (N)	Gevşek birim hacim ağırlık (Δ_1)	1,63	2,651	0,615
	Sıkışık birim hacim ağırlık (Δ_2)	1,74		0,656
Gölcük (GT)	Gevşek birim hacim ağırlık (Δ_1)	1,40	2,427	0,577
	Sıkışık birim hacim ağırlık (Δ_2)	1,50		0,618
Gölcük (GK)	Gevşek birim hacim ağırlık (Δ_1)	1,32	2,432	0,543
	Sıkışık birim hacim ağırlık (Δ_2)	1,41		0,580
Isparta (IT)	Gevşek birim hacim ağırlık (Δ_1)	1,41	2,447	0,576
	Sıkışık birim hacim ağırlık (Δ_2)	1,54		0,629
Isparta (IK)	Gevşek birim hacim ağırlık (Δ_1)	1,27	2,402	0,529
	Sıkışık birim hacim ağırlık (Δ_2)	1,46		0,608

Agregalarda kompasite (doluluk) oranı 0,45-0,70 değerleri arasında olmalıdır. Hesaplamalar sonucunda tüm agregalar 0,53-0,62 arasında değerler aldığından; kompasite açısından uygun sonuçlar bulunmuştur.



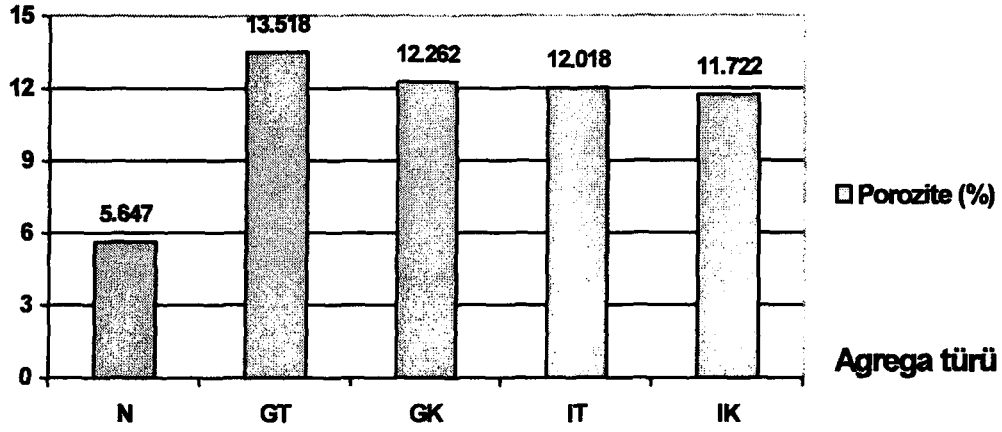
Şekil 4.5. Agregaların kompasite değerleri

4.5. Agregalarda Poroziteye İlişkin Sonuçlar

Porozite ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.6. ve Şekil 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Agregaların porozite değerleri

Agrega Türü	Su Emme (m) (%)	Özgül Ağırlık (δ) (gr/cm ³)	Porozite (p) (%)
Atabey (N)	2,13	2,651	5,647
Gölcük (GT)	5,57	2,427	13,518
Gölcük (GK)	5,04	2,433	12,262
Isparta (IT)	4,91	2,447	12,018
Isparta (IK)	4,88	2,402	11,722



Şekil 4.6. Agregaların porozite değerleri

Fransız standardında verilen değerlere göre porozite genel olarak % 10'dan küçük olmalı ve yüksek mukavemetli beton üretiminde ise % 5 değerini aşmamalıdır. Ancak yapılan hesaplamalar sonucunda geri dönüştürülmüş agregaların tamamı, yüksek su emme oranı nedeniyle artırılan su/çimento oranından dolayı %10'dan büyük (%11,72 - %13,52 arasında) değerler aldığından porozite (boşluk) oranı yüksek çıkmıştır.

4.6. Aşınma Dayanımına İlişkin Sonuçlar

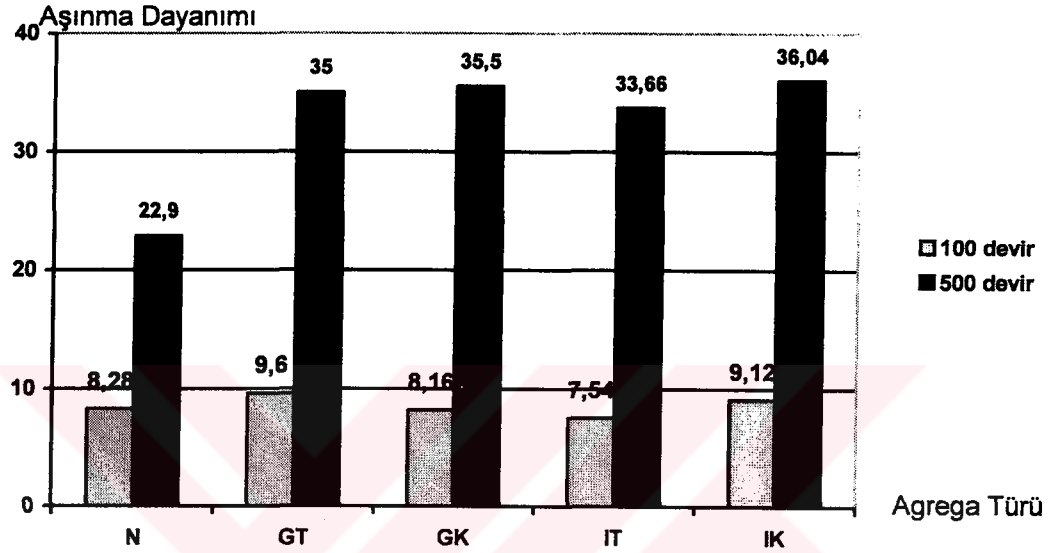
Los Angeles aşınma deneyi sonuçları Çizelge 4.7. ve Şekil 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Los Angeles aşınma dayanımı değerleri

Agrega Türü	Deney örneğinin ağırlığı (P) (gr)	100 devir sonunda elek üstünde kalan agrega ağırlığı (L ₁) (gr)	500 devir sonunda elek üstünde kalan agrega ağırlığı (L ₂) (gr)	Aşınmaya dayanıklılık oranları (%)	
				100 devir a ₁ (%)	500 devir a ₂ (%)
Atabey (N)	5000	4586	3855	8,28	22,90
Gölcük (GT)	5000	4520	3250	9,60	35,00
Gölcük (GK)	5000	4592	3225	8,16	35,50

Çizelge 4.7. (devam)

Isparta (IT)	5000	4623	3317	7,54	33,66
Isparta (IK)	5000	4544	3198	9,12	36,04



Şekil 4.7. Los Angeles aşınma dayanımı değerleri

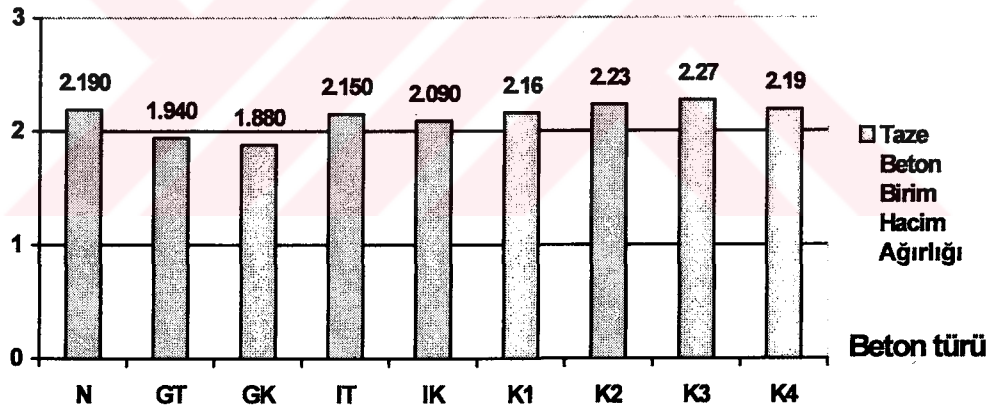
Bilyalı tamburla yapılan aşınmaya dayanıklılık tayini deneyinde, 100 dönüş sonunda ağırlıkça % 10'dan, 500 dönüş sonunda % 50'den az kayıp olmalı ve yol agregası için ise % 30'u geçmemelidir (TS 706, 1980). Genellikle yassı ve uzun taneli agregaların kayıp yüzdesi, yuvarlak taneli agregalarınkinden daha büyük olur (Özkul vd, 1999). Yapılan deney sonucunda geri dönüştürülmüş agregaların aşınmaya karşı dayanıklılığı, normal agregaya oranla daha yüksek çıkmıştır. Ancak geri dönüştürülmüş agregalar, 100 dönüş sonrasında (% 7,54 – 9,60 arasında) ve 500 dönüş sonunda (% 33,66 – 36,04 arasında) değerler olarak standartlarda belirtilen aşınma değerleri sınırları içerisinde sonuçlar vermiştir.

4.7. Taze Beton Deneyine İlişkin Sonuçlar

Taze beton birim hacim ağırlık TS 2871'e göre yapılmıştır. Betonun kıvamı ise çökme (slump hunisi) deneyi ile belirlenmiştir (Çizelge 4.8.) (Şekil 4.8.).

Çizelge 4.8. Taze beton birim hacim ağırlıkları ve çökme değerleri

Beton Türü	Küp Örnekler				Silindir Örnekler				Çökme değeri (cm)	Ort. Çökme değeri (cm)	Ort. Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)
	Dara (kg)	Tüm ağırlık (kg)	Taze beton ağırlığı (kg)	Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)	Dara (kg)	Tüm ağırlık (kg)	Taze beton ağırlığı (kg)	Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)			
Atabey (N)	15,64	22,84	7,20	2,13	15,03	26,91	11,88	2,24	4,50	4,50	2,19
Gölcük (GT)	15,61	22,46	6,85	2,03	14,82	24,59	9,77	1,84	9,00	9,00	1,94
Gölcük (GK)	15,64	22,02	6,38	1,89	15,42	25,35	9,93	1,87	10,50	10,5	1,88
Isparta (IT)	14,65	23,08	7,43	2,20	14,71	25,81	11,10	2,09	9,00	8,50	2,15
	15,60	22,84	7,24	2,15	-	-	-	-	8,00		
Isparta (IK)	14,87	21,60	6,73	1,99	15,41	26,97	11,56	2,18	9,00	10,25	2,09
	14,42	21,47	7,05	2,09	-	-	-	-	11,50		
Karışım (K1)	-	-	-	-	15,04	26,92	11,88	2,24	9,00	8,75	2,16
	-	-	-	-	15,41	26,43	11,02	2,08	8,50		
Karışım (K2)	14,84	22,38	7,54	2,23	-	-	-	-	13,50	12,63	2,23
	15,63	23,12	7,49	2,22	-	-	-	-	12,00		
Karışım (K3)	-	-	-	-	14,85	26,93	12,08	2,28	8,00	8,50	2,27
	-	-	-	-	15,74	27,66	11,92	2,25	9,00		
Karışım (K4)	15,60	22,91	7,31	2,17	-	-	-	-	11,00	10,75	2,19
	15,65	23,09	7,44	2,20	-	-	-	-	10,50		



Şekil 4.8. Taze beton birim hacim ağırlıkları

Taze beton birim hacim ağırlıkları, Gölcük deprem atıklarından elde edilen betonlarda (GT ve GK), şahit beton (N)'den oldukça düşük değerler verirken diğer betonlarda (IT, IK, K1, K2, K3, K4), şahit betona yakın değerler elde edilmiştir.

Çökme (slump hunisi) deneyi sonuçlarına göre, GT, IT, K1 ve K3 betonları, TS 2871 (1978)'de verilen "uygun çökme değerleri" tablosuna uygun değerler verirken, GK, IK, K2 ve K4 betonları, betonda uygun olmayan çökme değerleri vermiştir.

4.8. Sertleşmiş Beton Deneylerine İlişkin Sonuçlar

Sertleşmiş beton deneylerinden tek eksenli basınç dayanımı ve ultrases hızı deneyleri yapılmıştır. Tipik bir betonda 28 günlük basınç dayanımı 300 kg/cm^2 'dir (Özkul vd, 1999). 7 ve 28 günlük beton örnekleri üzerinde yapılan tek eksenli basınç deneyi sonuçları ve ortalamalar arasındaki farklılıkların belirlendiği Duncan sınıfları varyans analizi sonuçlarına göre konular arasında $p < 0,01$ düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur ve Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Tek eksenli basınç deneyi sonuçları

Beton Türü	Yüze gelen yük (kg)		Basınç dayanımı (kg/cm^2)			
	7 günlük (küp)	28 günlük (silindir)	7 günlük	7 günlük (ortalama)	28 günlük	28 günlük (ortalama)
Atabey (N)	35500	51660	157,78	160.00 a **	292,34	295,11 a **
	35000	51800	155,56		293,14	
	37500	53200	166,67		301,06	
Gölcük (GT)	23600	33040	104,89	105.33 d	186,97	194,63 cd
	23500	35980	104,44		203,61	
	24000	34160	106,67		193,31	
Gölcük (GK)	17100	28910	76,00	79.85 e	163,60	153,81 f
	17800	27650	79,11		156,47	
	19000	26040	84,44		147,36	
Isparta (IT)	27100	35000	120,44	111.7 cd	198,06	194,37 cd
	24800	33320	110,22		188,56	
	23500	34720	104,44		196,48	
Isparta (IK)	21700	32480	96,44	88.44 e	183,80	187,24 de
	20200	33600	89,78		190,14	
	17800	33180	79,11		187,77	
Karışım (K1)	29100	36540	129,33	123.70 bc	206,78	206,52 bc
	26200	35140	116,44		198,86	
	28200	37800	125,33		213,91	
Karışım (K2)	24200	31920	107,56	107.11 d	180,63	172,71 e
	25300	29260	112,44		165,58	
	22800	30380	101,33		171,92	

Çizelge 4.9. (devam)

Karışım (K3)	30100	40180	133,78	129.48 b	227,38	217,08 b
	29800	37100	132,44		209,95	
	27500	37800	122,22		213,91	
Karışım (K4)	25100	36820	111,56	110.82 cd	208,36	206,51 bc
	25400	36120	112,89		204,40	
	24300	36540	108,00		206,78	

** P < 0,01 düzeyinde önemli

Beton örnekler üzerinde ultrases hızı deneyine ilişkin sonuçlar ve Duncan sınıfları Çizelge 4.10.'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Ultrases hızı deneyi sonuçları

Beton Türü	Okunan Değer (T)	Küp Örnek Boyu (l) (cm)	Ultrases Hızı (v) (km/sn)	Ortalama Ultrases Hızı (V _{ort}) (km/sn)
Atabey (N)	34,30	15,00	4,37	4,37 a **
	33,10	15,00	4,53	
	35,70	15,00	4,20	
Gölcük (GT)	44,00	15,00	3,41	3,22 e
	46,50	15,00	3,23	
	49,60	15,00	3,02	
Gölcük (GK)	43,40	15,00	3,46	3,41 cde
	45,30	15,00	3,31	
	43,50	15,00	3,45	
Isparta (IT)	42,60	15,00	3,52	3,47 cde
	43,70	15,00	3,43	
	43,20	15,00	3,47	
Isparta (IK)	45,70	15,00	3,28	3,33 de
	44,20	15,00	3,39	
	45,10	15,00	3,33	
Karışım (K1)	41,20	15,00	3,64	3,66 c
	42,00	15,00	3,57	
	39,90	15,00	3,76	

Çizelge 4.10. (devam)

Karışım (K2)	41,70	15,00	3,60	3,56 cd
	42,80	15,00	3,50	
	41,90	15,00	3,58	
Karışım (K3)	38,30	15,00	3,92	3,95 b
	37,80	15,00	3,97	
	37,90	15,00	3,96	
Karışım (K4)	44,20	15,00	3,39	3,42 cde
	43,60	15,00	3,44	
	43,70	15,00	3,43	

** P < 0,01 düzeyinde önemli

Sertleşmiş beton üzerinde yapılan tek eksenli basınç deneyi sonuçlarına göre şahit betona yakın değer, örnek betonların hiçbirinde bulunamamıştır. Yaklaşık 300 kg/cm² olması gereken basınç dayanımı, en yüksek K3 betonunda ve 217,8 kg/cm² olarak bulunmuştur.

Ultrases hızı sonuçları, Ergün (1988)'e göre verilen Çizelge 1.2.'deki değerlerin ışığında incelenmiştir. Buna göre en iyi beton kalitesi, K3 betonunda 3,95 km/s ile elde edilirken, K1 ve K2 karışımları da beton kalitesi (3,50-4,50 arasında çıktığından) "iyi" sonuç vermiştir. Diğer betonlarda ise beton kalitesi (3,00-3,50 arasında çıktığından) "şüpheli" sınıfındadır.

4.9. Beton Karışım Oranlarına İlişkin Sonuçlar

Beton karışım hesapları, B₃₂ agrega dağılımında ve 350 dozlu beton örnekleri dökmek üzere hazırlanmıştır.

• Normal beton agregası (Atabey kum-çakılı) ile elde edilen beton örnekleri (N);

350 dozlu, B₃₂ agrega dağılımlı, $\delta_c = 3,02 \text{ gr/cm}^3$, $\delta_a = 2,65 \text{ gr/cm}^3$ ve S / Ç = 0,60 olan betona ait karışım oranları ile ilgili malzeme miktarları Çizelge 4.11.'de ve tane dağılımları Çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Atabey agregası, beton karışım oranları ile ilgili malzeme miktarları

Malzeme	Küp örnekler (6 adet)	Silindir örnekler (6 adet)
	Ağırlık (kg)	Ağırlık (kg)
Agrega	36,17	56,82
Çimento	7,09	11,13
Su	4,25	6,68

Çizelge 4.12. Atabey agregası, beton karışım oranları ile ilgili tane dağılımları

Elek Göz Açıklığı (mm)	B ₃₂ Dağılımı (%)	Elekte Kalan (%)	Küp (kg)	Silindir (kg)
Pan	0	8	2,89	4,55
0,25	8	10	3,62	5,68
0,50	18	10	3,62	5,68
1	28	9	3,26	5,11
2	37	10	3,62	5,68
4	47	15	5,43	8,52
8	62	18	6,51	10,23
16	80	20	7,23	11,63
32	100	0	0	0

- *Gölcük bölgesi deprem atıkları ile elde edilen beton örnekleri (GT ve GK);*

350 dozlu, B₃₂ agregası dağılımlı, $\delta_f=3,02 \text{ gr/cm}^3$, $\delta_a=2,43 \text{ gr/cm}^3$ ve $S / \text{Ç} = 0,80$ olan betona ait karışım oranları ile ilgili malzeme miktarları Çizelge 4.13.'te ve tane dağılımları Çizelge 4.14.'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Gölcük deprem atıkları, beton karışım oranları ile ilgili malzeme miktarları

Malzeme	Küp örnekler (6 adet)	Silindir örnekler (6 adet)
	Ağırlık (kg)	Ağırlık (kg)
Agrega	29,73	46,70
Çimento	7,09	11,13
Su	5,67	8,91

Çizelge 4.14. Gölcük deprem atıkları, beton karışım oranları ile ilgili tane dağılımları

Elek Göz Açıklığı (mm)	B32 Dağılımı (%)	Elekte Kalan (%)	Küp (kg)	Silindir (kg)
Pan	0	8	2,38	3,74
0,25	8	10	2,97	4,67
0,50	18	10	2,97	4,67
1	28	9	2,68	4,20
2	37	10	2,97	4,67
4	47	15	4,46	7,01
8	62	18	5,35	8,41
16	80	20	5,95	9,34
32	100	0	0	0

- *Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış bina atıklarının temizlenmiş ve derecelenmiş kısmı ile elde edilen beton örnekleri (IT);*

350 dozlu, B₃₂ agrega dağılımlı, $\delta_c = 3,02 \text{ gr/cm}^3$, $\delta_a = 2,45 \text{ gr/cm}^3$ ve $S / \text{Ç} = 0,80$ olan betona ait karışım oranları ile ilgili malzeme miktarları Çizelge 4.15.'te ve tane dağılımları Çizelge 4.16.'da verilmiştir.

Çizelge 4.15. Isparta (temizlenmiş ve derecelenmiş) atıkları, beton karışım oranları ile ilgili malzeme miktarları

Malzeme	Küp örnekler (6 adet)	Silindir örnekler (6 adet)
	Ağırlık (kg)	Ağırlık (kg)
Agrega	29,97	47,08
Çimento	7,09	11,13
Su	5,67	8,91

Çizelge 4.16. Isparta (temizlenmiş ve derecelenmiş) atıkları, beton karışım oranları ile ilgili tane dağılımları

Elek Göz Açıklığı (mm)	B32 Dağılımı (%)	Elekte Kalan (%)	Küp (kg)	Silindir (kg)
Pan	0	8	2,40	3,77
0,25	8	10	3,00	4,71
0,50	18	10	3,00	4,71
1	28	9	2,70	4,24
2	37	10	3,00	4,71
4	47	15	4,50	7,06
8	62	18	5,39	8,47
16	80	20	5,99	9,42
32	100	0	0	0

- *Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış bina atıklarının temizlenmemiş ve derecelenmemiş kısmı ile elde edilen beton örnekleri (IK);*

350 dozlu, B₃₂ agrega dağılımlı, $\delta_c = 3,02 \text{ gr/cm}^3$, $\delta_a = 2,40 \text{ gr/cm}^3$ ve $S / \text{Ç} = 0,80$ olan betona ait karışım oranları ile ilgili malzeme miktarları Çizelge 4.17.'de ve tane dağılımları Çizelge 4.18.'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Isparta (temizlenmemiş ve derecelenmemiş) atıkları, beton karışım oranları ile ilgili malzeme miktarları

Malzeme	Küp örnekler (6 adet)	Silindir örnekler (6 adet)
	Ağırlık (kg)	Ağırlık (kg)
Agrega	29,36	46,12
Çimento	7,09	11,13
Su	5,67	8,91

Çizelge 4.18. Isparta (temizlenmemiş ve derecelenmemiş) atıkları, beton karışım oranları ile ilgili tane dağılımları

Elek Göz Açıklığı (mm)	B32 Dağılımı (%)	Elekte Kalan (%)	Küp (kg)	Silindir (kg)
Pan	0	8	2,34	3,69
0,25	8	10	2,94	4,61
0,50	18	10	2,94	4,61
1	28	9	2,64	4,15
2	37	10	2,94	4,61
4	47	15	4,40	6,92
8	62	18	5,28	8,30
16	80	20	5,87	9,22
32	100	0	0	0

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmada geri dönüştürülmüş agregalar (deprem atıkları ve imar yüzünden yıkılmış yapı atıkları) ile şahit beton agregaları üzerinde deneysel çalışmalar yapılmış ve sonuçları aşağıda değerlendirilmiştir.

İzmit-Gölcük'te meydana gelen deprem nedeniyle yıkılan binalara ait deprem atıkları ile Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış olan bir binadan alınan atıkların beton agregası olarak kullanıldığı beton örneklerinden, Atabey ince agregası ile Isparta atıklarından elde edilen kaba agreganın (K3) en ideal karışım oluğu tespit edilmiştir.

Beton karışımında agrega bileşiminin kalitesi, genel olarak betonun dayanımıyla doğrudan orantılıdır. Yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlardan, deprem nedeniyle yıkılan binalara ait deprem atıklarının kullanımının istenen sonuçları taze beton birim hacim ağırlık, çökme, basınç ve ultrases deneylerinde vermediği görülmüştür. İmar yüzünden Isparta yöresinde yıkılmış binalardan alınan atık agregaların kullanıldığı beton örneklerinde ise, deprem nedeniyle yıkılan binalara ait atıklardan elde edilen sonuçlardan daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Atabey agregaları ile yapılan karışımlarda ise, her iki atık agregalar ile yapılan beton örneklerinden taze beton birim hacim ağırlık, çökme, basınç ve ultrases deneyleri sonuçlarından daha iyi sonuçlar vermiştir. Betonun işlenebilirliğinin ifadesinde yaşanan problemler için mineral ve kimyasal katkıların kullanılması gereği zorunlu olarak ortaya çıkmaktadır.

Elde edilen sonuçlardan, gerek İzmit-Gölcük'te yıkılan binalara ait deprem atıkları ve gerekse Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış olan bir binadan alınan atıkların taşıyıcı beton agregası olarak kullanılamayacağı tespit edilmiştir. Ancak bu agregaların taşıyıcı olmayan betonlarda, grebetonlarda, koşu ve bisiklet yolu betonlarında ve stabilize yol dolgularında kullanılması önerilebilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Adams, E.C., (Çeviren: Dönmez, S.), 1993, Yapı Bilgisi III, Yüksek Öğretim Kurulu, İkinci baskı, Ankara.
- Akman, S., 1965, Ultrasonik Titreşimlerin Betona Uygulanması, İ.T.Ü. Dergisi, No:23, s. 9-18, İstanbul.
- Akman, S., Taşdemir, M.A., 1979, Ultrasonik Ölçümlerde Betonun Dayanımının Belirlenmesi, İ.T.Ü. Bülteni, 1, s. 46-55, İstanbul.
- Arioğlu, E., Manzak, O., 1991, İstanbul Çevresindeki Bazı Taş Ocaklarında Üretilen Beton İri Agregaların Mühendislik Özelliklerinin İrdelenmesi, Prefabrik Birliği, Sayı: 20, s. 17, İstanbul.
- Assbrock, O., 1999, (Çeviren: Abit, Ö.), Bundesverband der Deutschen Transportbeton industrie, Almanya.
- Baradan, B., 1996, Yapı Malzemesi II, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No: 207, 4. Baskı, s. 42-195, İzmir.
- Baradan, B., 1997, Yapı Malzemesi II, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları Yayın no: 207, s. 174-176, İzmir.
- Baratta, M., Becker-Roes, D., 1998, Moisture Measuring on Recycled Aggregates, Darmstadt Concrete, Darmstadt, Almanya.
- Bayazıt, Ö. L., 1988, Beton ve Deneyleri, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, DSİ Matbaası, s. 46-60, Ankara.
- Buck, A.D., 1973, Recycled Concrete, Highway Research Record, No.930, Highway Research Board, s. 8, İngiltere.
- Buck, A.D., 1977, Recycled Concrete as a Source of Aggregate, ACI Journal, V.74, No.5, s. 212-219, İngiltere.
- DIN 1045, 1998, Mineral Yapı Materyallerinin Geri Dönüştürülmesi, Almanya.
- Ergün, A., 1988, Zemin Taşıma Gücünün Sismik Yöntemlerle Saptanması, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

- Ermütlu, E., 1961, Standart Beton Agrega Deneyleri, D.S.İ. Laboratuvarı, Ankara.
- Facaoaru, I., 1972, Methods Et Appareils Pour Les Essais Non Destructifs, Essais Des Constructions, Eyrolles, p. 215-282, Paris.
- Forster, S.W., 1986, Recycled Concrete as Aggregate, ACI Concrete International, Design and Construction, s. 34-40,Almanya.
- Fraser, A., 1999, A Sign Of The Times: Recycled Concrete, Avustralya
- Frondistou-Yannas, S., 1977, Waste Concrete as Aggregate For New Concrete, ACI Journal, Proc., V. 74, No.B, s. 373-376,İngiltere.
- Garg, A., Koster, G., Rühl, M., 1998, Implementation of long term measurements at a building made of concrete with aggregate derived from concrete rubble, Almanya.
- Grübl, P., Nealen, A., Schmidt, N., 1998, Concrete Made from Recycled Aggregate: Experiences from the building Project "Waldspirale", Darmstadt, Almanya.
- Grübl, P., Rühl, M., 1998, German Committee for Reinforced Concrete (DafStb) – Code: Concrete with Recycled Aggregates, University of Dundee, Concrete Tecnology Unit, Londra, İngiltere.
- Güngör, Ş.G., 1975, Beton Karışım Hesabında Yeni Bir Yöntem, D.S.İ. Teknik Bülteni, s. 34, Ankara.
- Hansen, T.C., Narud, H.,1983, Strength of Recycled Concrete Made From Crushed Concrete Coarse Aggregate, ACI, Concrete International, Design and Construction, s. 79-83, Almanya.
- Hansen, T.C., Hedegard, E., 1984, "Properties of Recycled Aggregate Concretes as Affected by Admixtures in Original Concretes", ACI Journal, s. 21-26, İngiltere.
- Klemt, K., 1998, Bearing and Deformation Performance of Concrete With Recycled Aggregates, Darmstadt Concrete, Darmstadt, Almanya.
- Kohler, G., Kurkowski, H., 1998, Optimising The Use Of RCA, University of Dundee, Concrete Tecnology Unit, London, İngiltere.

- L'Hermit, R., 1955, " Documentation Technique du Batiment et Des Travaux Publies", Ideas Actuelles Sur La Technologie Du Beton, p. 232-242, Paris.
- Murlin, J.A., Wilson, C., 1952, "Field Practice in Lightweight Concrete", ACI Journal, Proceeding, 49, p. 21-36, London.
- Müller, C., 1999, Requirements on Concrete for Future Recycling, Aachen Teknik Üniversitesi, Aachen, Almanya.
- Nealen, A., Rühl, M., 1997, Consistency aspects in the production of concrete using aggregates from recycled demolition material, Darmstadt Concrete, Darmstadt, Almanya.
- Özkul, H., Taşdemir, M.A., Tokyay, M., Uyan, M., 1999, Her Yönüyle Beton, s. 8, İstanbul.
- Özsöylev, T., 1993, Hazır Beton ve Ekipmanları, Birsen Yayınevi, s. 225, İstanbul.
- Öztaş, M.E., 1989, Betonun Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Saptanmasında Ultrasonik Cihazların Kullanılma Olanakları Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özturan, T., 1988, Eski Beton Kırığı Agregalı Betonlar, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Yapı Malzemesi Seminerleri, İstanbul.
- Petersons, N., 1971, Recommendations For Estimation of Quality of Concrete in Finished Structures, Materials and Structures, 24, p. 379-397, Rilem.
- Postacıoğlu, B., 1975, Betonun İşlenebilme Özelliği, Yapı Malzemesi Problemleri, Çağlayan Kitapevi, s.126, İstanbul.
- Postacıoğlu, B., 1982, Betonun Yerinde Yapılan Muayene Sonuçlarının Değerlendirilmesi, Malzeme Semineri, s. 150-163, İstanbul.
- Postacıoğlu, B., 1987, Beton (Bağlayıcı Maddeler-Agregalar-Beton), Teknik Kitaplar Yayınevi, Matbaa Teknisyenler Basımevi, Cilt 2, İstanbul.
- Roos, F., Zilch, K., 1998, Verification of The Dimensioning Values For Concrete with Recycled Concrete Aggregates, International Symposium, Beton Teknolojisi Birimi, Londra, İngiltere.

Rühl, M., 1997, Water absorption capacity of recycled demolition rubble, Darmstadt Concrete, Darmstadt, Almanya.

Shacklock, B.W., 1974, "Concrete Constituents and Mix Proportions", Cement and Concrete Association, p.8, London.

TS 130, 1978, Agrega Karışımlarının Elek Analizi İçin Metot, I Baskı, Ankara.

TS 2871, 1978, Taze Betonda Birim Ağırlık Verim ve Hava Miktarının Ağırlık Yöntemi İle Tayini, I Baskı, Ankara.

TS 3114, 1978, Beton Basınç Mukavemeti Tayini, Ankara.

TS 706, 1980, Beton Agregaları, I Baskı, Ankara.

TS 3526, 1981, Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su emme Ağırlıklarının Tayini, I Baskı, Ankara.

TS 3529, 1981, Beton Birim Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini, I Baskı, Ankara.

TS 3530, 1981, Beton Agregalarının Tane Büyüklük Dayanımının Tayini (Granülometrik Bileşim Tayini), I Baskı, Ankara.

TS 3694, 1982, Beton Agregalarında Aşınmaya Dayanıklılık Aşınma Oranı Tayini Metodu, I Baskı, Ankara.

TS 802, 1985, Beton Karışım Hesap Esasları, I Baskı, Ankara.

Topçu, İ.B., 1983, Beton Kırıklarının Agrega Olarak Kullanıldığı Betonlar, Türkiye İnşaat Mühendisliği XII. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, TMMOB İnşaat Mühendisliği Odası, s. 511-512, Ankara.

Turanlı, L., 1998, Atık Betonların Yeni Betonda Kaba Agrega Olarak Kullanılması, Hazır Beton Dergisi, İstanbul.

Uğurlu, A., 1989, Betonda Agrega Granülometrisinin Düzenlenmesi ve Önerilen Bir Yöntem: Fuller Parabolü, D.S.İ. Teknik Bülteni, sayı:69, s. 45-49, Ankara.

Wörner, J-D, Moerland, P., 1997, Safety of RAC-Beams designed according to Eurocod 2 provisions, Darmstadt Teknik Üniversitesi, Darmstadt, Almanya.



TC YÜKSELİŞ GÖRÜŞÜ KURULU
DOKÜMAN TAYIN BİRİMİ

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ömer SAVAŞ

Doğum Yeri : İZMİR

Doğum Yılı : 21.04.1975

Medeni Hali : Bekar

Eğitimi ve Akademik Durumu

Lise : 1989 - 1992 İzmir Çınarlı Endüstri Meslek Lisesi (Yapı Ressamlığı)

Ön lisans : 1993 - 1995 Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler MYO İnşaat Bölümü

Lisans : 1995 - 1999 Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi
Yapı Eğitimi Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce

İş deneyimi

1999 - 2001: İzmir Seferihisar 11 Eylül Çıraklık Eğitimi Merkezi Yapı Öğretmenliği

2001 - : İzmir Seferihisar 11 Eylül Mesleki Eğitim Merkezi Müdür Yardımcılığı