

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ ATIK BETONLARIN BAZI FİZİKSEL VE
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KATKI KULLANIMI İLE
İYİLEŞTİRİLMESİ**

İSMAİL KILIÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

ISPARTA 2006

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1.GİRİŞ.....	1
2.KAYNAK BİLGİSİ.....	4
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
3.1.Materyal.....	29
3.1.1.Agrega.....	30
3.1.2.Çimento.....	30
3.1.3.Uçucu Kül.....	31
3.1.4.Silis Dumanı.....	32
3.1.5.Süper Akışkanlaştırıcı ve Yüksek Oranda Su Azaltıcı Kimyasal Katkı.....	33
3.1.6.Su.....	34
3.1.7.Denemede Kullanılan Araç Gereçler.....	34
3.2.Yöntem.....	35
3.2.1.Agrega Örneklerinin Alınması.....	35
3.2.2.Agregada Fiziksel Özelliklerin Tayini.....	38
3.2.2.1.Elek Analizi.....	38
3.2.2.2.Birim Ağırlık.....	38
3.2.2.3.Özgül Ağırlık ve Su Emme.....	39
3.2.2.4.Agreganın Kompozite ve Porozitesi.....	39
3.2.3.Agregada Mekanik Özelliklerin Tayini.....	40
3.2.3.1.Aşınma Dayanımı.....	40
3.2.4.Taze Beton Deneyleri.....	40
3.2.4.1.Taze Beton Kıvam Deneyi.....	41
3.2.4.2.Taze Beton Birim Hacim Ağırlık.....	41

3.2.5.Sertleşmiş Beton Deneyleri.....	42
3.2.5.1.Basınç Dayanımı.....	42
3.2.5.2.Ultrases Hızı.....	43
3.2.6.Karışım Oranları.....	44
3.2.7.İstatistiksel Analizler.....	44
4.ARAŞTIRMA BULGULARI	45
4.1.Elek Analizine İlişkin Sonuçlar.....	45
4.2.Birim Ağırlığa İlişkin Sonuçlar.....	47
4.3.Özgül Ağırlık ve Su Emmeye İlişkin Sonuçlar.....	48
4.4.Agregalarda Kompasiteye ve Poroziteye İlişkin Sonuçlar.....	49
4.5.Agregalarda Aşınma Dayanımına İlişkin Sonuçlar.....	50
4.6.Taze Beton Deneylerine İlişkin Sonuçlar.....	51
4.7.Sertleşmiş Beton Deneylerine İlişkin Sonuçlar.....	54
4.7.1.Tek eksenli basınç dayanımı sonuçları.....	54
4.7.2.Ultrases hızı deney sonuçları.....	59
4.8.Beton Karışım Oranlarına İlişkin Sonuçlar.....	62
5.SONUÇ ve ÖNERİLER.....	64
6.KAYNAKLAR.....	66
7.ÖZGEÇMİŞ	
8.EKLER	

ÖZET

Bu çalışmada, yapıların deprem veya imar nedeniyle yıkılması sonucu ortaya çıkan eski betonların, atık durumundan çıkartılarak agrega olarak tekrar kullanılma olanakları ile silis dumanı, uçucu kül ve süper akışkanlaştırıcı katkıların etkileri araştırılmıştır. Buna göre, beton atıklarından elde edilen agregaların uygun granülometriye sahip olmadıkları, taşıyıcı yapı elemanlarında kullanılabilmesi için mutlaka uygun granülometriyi verecek biçimde normal agrega ile karıştırılması gerektiği tespit edilmiştir. Araştırmada, bu koşulda dahi elde edilen betonun, basınç dayanımı açısından normal agrega ile üretilen betondan daha düşük değer verdiği belirlenmiştir. Silis dumanı ve uçucu kül kullanımı basınç dayanımını arttırmamıştır. Karışım agregasından elde edilen betonun dayanımını arttırmak için süper akışkanlaştırıcı ve yüksek oranda su azaltıcı özellik gösteren katkı maddesi kullanılması gerektiği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Atık betonlar, eski beton kırıkları, geri dönüştürülmüş agregalar, geri dönüştürülmüş betonlar, mineral katkılar, kimyasal katkılar, silis dumanı, uçucu kül, süper akışkanlaştırıcı.

ABSTRACT

In this study, it has been investigated that the former concretes which were appeared as a result of buildings' collapsed because of reconstruction or earthquake, its possibilities of being used as aggregate and the effects of silica fume, fly ash and super plasticizer admixtures. Accordingly, it has been determined that the aggregates, attained from broken concretes, don't have suitable grain size and in order to be used in load-bearing elements, they are to be mixed up with normal aggregate so that they give the suitable grain size without fail. In the study, it is determined that concrete which is produced even under this circumstance has lower value regarding pressure endurance than the concrete produced from normal aggregate. The use of silica fume and fly ash hasn't increased the pressure strength. Also, it was determined that the usage of super-plasticizer and admixture having (an extreme water reducing feature) is a must in order to enhance the concrete's strength attained from the mixture of aggregate.

KEY WORDS: Waste concrete, old concrete pieces, recycled aggregates, recycled concretes, mineral admixture, chemical admixture, silica fume, fly ash, super plasticizer

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamın gerçekleşmesinde katkılarından dolayı, aşağıda adı geçen kişi ve kuruluşlara içtenlikle teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Süleyman Demirel Üniversitesi Araştırma Fonu'na, YL-957 nolu ve 'Geri Dönüştürülmüş Atık Betonların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Katkı Kullanımı ile İyileştirilmesi' adlı proje ile desteklenmiştir.

Sayın Prof. Dr. Mümin FİLİZ, deneysel çalışmaların gerçekleştirilebilmesi için gerekli laboratuvar olanaklarını sağlamıştır.

Tez Danışmanım, Sayın Yrd. Doç. Dr. Abdullah KADAYIFÇI, çalışmanın sonuca ulaştırılmasında ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yön gösterici olmuştur.

Sayın Yrd. Doç. Dr. Kemal YÜCEL ve Sayın Arş.Gör. Cengiz ÖZEL, bazı deneylerin gerçekleştirilmesi için gerekli ortamı hazırlamışlardır.

Isparta Belediyesi Asfalt Müdürlüğü çalışanları, atık betonların agrega haline dönüştürülmesi esnasında yardımcı olmuşlardır.

Ayrıca, hayatımın her anında desteğini benden esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

SİMGELER DİZİNİ

- A_c : Deney yükü, uygulama yönüne dik deney numunesi kesit alanı
- BS : Beton sınıfı
- DIN : Alman standardı
- F : Kırılma yükü
- F_c : Beton deney numunesi basınç dayanımı
- k : Komposite
- L : Ölçü boyu
- LA : Los Angeles katsayısı
- m : 1.6 mm'lik elek üzerinde kalan fraksiyon
- N : Atabey agregası veya Atabey agregasından elde edilen beton örnekleri
- N1 : 0-4 mm arası Atabey agregası
- N2 : 4-16 mm arası Atabey agregası
- N3 : 16-32 mm arası Atabey agregası
- NR : Atabey ve atık beton agregası karışımından elde edilen beton örnekleri
- p : Porozite
- PÇ : Portland çimentosu
- R : Atık beton agregası
- R1 : 4-8 mm arası atık beton agregası
- R2 : 8-16 mm arası atık beton agregası
- SA : Süper akışkanlaştırıcı katkı kullanarak elde edilen beton örnekleri
- SAa : % 0.10 Süper akışkanlaştırıcı kullanılan beton örnekleri
- SAb : % 0.15 Süper akışkanlaştırıcı kullanılan beton örnekleri
- SAc : % 0.20 Süper akışkanlaştırıcı kullanılan beton örnekleri
- SAd : % 0.25 Süper akışkanlaştırıcı kullanılan beton örnekleri
- SAe : % 0.30 Süper akışkanlaştırıcı kullanılan beton örnekleri
- SD : Silis dumanı katkılı beton örnekleri
- SDa : % 6 Silis dumanı katkılı beton örnekleri
- SDb : % 8 Silis dumanı katkılı beton örnekleri
- SDc : % 10 Silis dumanı katkılı beton örnekleri
- SDd : % 12 Silis dumanı katkılı beton örnekleri

SDe : % 14 Silis dumanı katkılı beton örnekleri

SS : Silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcı kullanarak elde edilen beton örnekleri

T : Ses geçiş süresi

TS : Türk standartları

UK : Uçucu kül katkılı beton örnekleri

UKa : % 10 Uçucu kül katkılı beton örnekleri

UKb : % 15 Uçucu kül katkılı beton örnekleri

UKc : % 20 Uçucu kül katkılı beton örnekleri

UKd : % 25 Uçucu kül katkılı beton örnekleri

UKe : % 30 Uçucu kül katkılı beton örnekleri

V : Ses hızı

δ_a : Agreganın özgül ağırlığı

Δa : Agreganın birim ağırlığı

δ_k : Kuru özgül ağırlık

$\delta_{k_{ort}}$: Ortalama kuru özgül ağırlık

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Geri dönüştürülmüş agrega içindeki materyallerin ortalama dağılımı...	16
Şekil 2.2. Yapı materyallerinin geri dönüşüm şeması.....	18
Şekil 2.3. Atık betonları diğer maddelerden ayırmak için kullanılan arıtım tesisi...	22
Şekil 2.4. Atık betonların agrega haline getirilmesi için kullanılan üretim tesisi modelleri	23
Şekil 3.1. Isparta merkezden alınan atık beton görüntüsü.....	35
Şekil 3.2. Atık betonun kırılmasıyla elde edilen agreganın görüntüsü.....	36
Şekil 3.3. Atık betonun kırıldığı tesis.....	37
Şekil 3.4. Tesisin başka bir görüntüsü.....	37
Şekil 3.5. Elek analizinde kullanılan elek takımı.....	38
Şekil 3.6. Birim ağırlığın bulunmasında kullanılan aletler.....	39
Şekil 3.7. Los Angeles aleti.....	40
Şekil 3.8. Çökme deneyi yapılan Slamp hunisi.....	41
Şekil 3.9. Birim hacim ağırlık deneyleri yapılan kalıba dökülmüş beton numuneleri.....	41
Şekil 3.10. Kür havuzuna yerleştirilmiş beton numuneleri.....	42
Şekil 3.11. Tek eksenli basınç aleti.....	43
Şekil 3.12. Ultrases aleti.....	43
Şekil 3.13. Ultrases deneyine tabi tutulan beton örnekleri.....	44
Şekil 4.1. Sınır değerler arasında Atabey agregasına ait granülometri eğrisi.....	45
Şekil 4.2. Atabey ve atık beton agregasının karıştırılmasıyla elde edilen granülometri eğrisi.....	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Ses hızı ile betonun kalitesinin tahmin edilmesi.....	6
Çizelge 2.2. Geri dönüştürülmüş agregalarla oluşturulmuş heterojen karışımdaki materyallerin birim hacim ağırlıkları.....	16
Çizelge 2.3. Kaba agregaların sınıflandırılması.....	25
Çizelge 3.1. Farklı kömür yakılan güç tesislerinden oluşan uçucu küllerin kimyasal özellikleri arasındaki değişiklikler.....	31
Çizelge 3.2. Silis dumanının kimyasal bileşenleri.....	33
Çizelge 4.1. Atabey agregası karışım yüzde ve değerleri.....	45
Çizelge 4.2. Atabey agregası ile atık beton agregasının karışım yüzde ve değerleri.....	46
Çizelge 4.3. Agregada birim ağırlık deneyi sonuç değerleri.....	47
Çizelge 4.4. Agregada özgül ağırlık deneyi sonuç değerleri.....	48
Çizelge 4.5. Agregada su emme deneyi sonuç değerleri.....	49
Çizelge 4.6. Agregaların kompazite ve porozite sonuç değerleri.....	50
Çizelge 4.7. Los Angeles aşınma dayanımı sonuç değerleri.....	50
Çizelge 4.8. Normal beton, karışım betonu, silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan betonların, birim hacim ağırlık ve çökme sonuç değerleri.....	51
Çizelge 4.9. Farklı oranlarda silis dumanı kullanılan beton örneklerine ait birim hacim ağırlık ve çökme sonuç değerleri.....	52
Çizelge 4.10. Farklı oranlarda uçucu kül kullanılan beton örneklerine ait birim hacim ağırlık ve çökme sonuç değerleri.....	53
Çizelge 4.11. Farklı oranlarda süper akışkanlaştırıcı kullanılan beton örneklerine ait birim hacim ağırlık ve çökme sonuç değerleri.....	54
Çizelge 4.12. Normal beton, karışım betonu, silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan betonların, tek eksenli basınç dayanımı sonuç değerleri.....	55
Çizelge 4.13. Farklı oranlarda silis dumanı kullanılan beton örneklerine ait tek eksenli basınç dayanımı sonuç değerleri.....	56
Çizelge 4.14. Farklı oranlarda uçucu kül kullanılan beton örneklerine ait tek eksenli basınç dayanımı sonuç değerleri.....	57

Çizelge 4.15. Farklı oranlarda süper akışkanlaştırıcı kullanılan beton örneklerine ait tek eksenli basınç dayanımı sonuç değerleri.....	58
Çizelge 4.16. Normal beton, karışım betonu, silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan betonların, ultrases hızı sonuç değerleri.....	59
Çizelge 4.17. Farklı oranlarda silis dumanı kullanılan beton örneklerine ait ultrases hızı sonuç değerleri.....	60
Çizelge 4.18. Farklı oranlarda uçucu kül kullanılan beton örneklerine ait ultrases hızı sonuç değerleri.....	61
Çizelge 4.19. Farklı oranlarda süper akışkanlaştırıcı kullanılan beton örneklerine ait ultrases hızı sonuç değerleri.....	62
Çizelge 4.20. Kullanılan beton örneklerine ait karışım miktarları.....	63

1.GİRİŞ

Günümüzde atık kontrolündeki en önemli problemlerden birisi atıkların günden güne artması ve ciddi boyutlarda çevre sağlığını tehdit etmesidir. Birçok ülkenin karşı karşıya olduğu bu sorun çevre kuruluşlarını çözüm bulmaya zorlamaktadır. Bu atıkların değerlendirilmesi en cazip yöntem olarak görülmektedir. Bu nedenden dolayı, atık maddelerin yeniden kullanılması ile ilgili çalışmalar son yıllarda oldukça önem kazanmıştır.

Çevremizdeki yapımı yeni tamamlanmış binalar yakın gelecekte birer atık beton haline gelecektir. Normal şartların dışında, deprem gibi doğal afetlerde bu süreci daha da hızlandıracaktır. Bu açıdan bakıldığında, dünyadaki ve ülkemizdeki atık beton kaynağını ve bu kaynağın büyüklüğünü görmek mümkündür. Bunların dışında eski binaların fazla olduğu, yeni imar uygulamalarının hızla yapıldığı eski kent merkezlerinde, atık beton kırıklarının fazlaca bulunması dikkate alınırsa, atık betonların uygulama alanı bulabilecek bir malzeme olduğu görülebilir.

Atık betonların agrega olarak kullanılmasının birçok önemli nedeni vardır. Bunlardan birincisi, ülkemizde son yıllarda meydana gelen depremler göstermiştir ki depremlerde binaların yıkılmasıyla oluşan beton atıklarının sahillerde dolgu malzemesi olarak kullanılması oldukça sakıncalı durumlar oluşturmaktadır. Diğer bir neden; büyük yerleşim bölgelerinde doğal kaynakların bulunmaması ve bulunan kaynakların ise şehir merkezlerinden uzak olmasından dolayı, ağır malzeme nakliyesinin maliyeti arttırmasıdır.

Günümüzde, yapı atıklarının milyonlarca tonu geri dönüştürülebilmekte ve 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 atık malzemelerle doldurulmasını önlemeye yardımcı olmaktadır.

Eski beton kırığı agregaları, yeni imar uygulamalarının hızla yapıldığı eski kent merkezlerinde atık beton kırıklarının fazlaca bulunması nedeniyle uygulama alanı bulabilecek bir malzeme olarak görülmektedir. Eski beton kırıklarının kullanılması günümüzde gittikçe artarak büyüyen çevre kirliliğinin önlenmesine bir katkı olacak ve bu malzeme değerlendirilerek agregaların zor bulunduğu bölgelerde rahatlıkla kullanılabilir.

2.KAYNAK BİLGİSİ

İnşaat sektörü ve yapı teknolojileri arasında taşıyıcı eleman olarak en çok kullanılan malzeme betondur. Beton; bileşenleri olan çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin belirli oranlarda karışımlarından meydana gelmektedir. Betonun yapısında % 70 oranında mineral yapılı küçük tanelerden teşekkül eden agrega malzemesi bulunmaktadır. Betonun iskeletini oluşturan agreganın özellikleri, betonun işlenebilirliği, dayanım ve geçirgenlik değeri gibi özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Bayazıt,1998).

Uğurlu (1989), betonun % 70-80'ini mineral kökenli malzeme olan agregaların meydana getirdiğini belirtmektedir. Agregalar betonun taşıyıcı iskeletini temsil ettiklerinden dolayı oldukça önemlidirler. Bunun yanında betona girecek olan agreganın tane dağılımının da düzgün olması beton karışım 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 karışımının granülometrisi daima sınırlandırılır. Bu sınırlandırma en sıkı doluluktaki agrega granülometrisi ile elde edilebilecek daha ekonomik ve daha nitelikli beton üretimine yöneliktir.

Kullanış amacına göre çok çeşitli tiplerde beton elde etmek mümkündür. Betonu oluşturan ham maddeler doğada bol miktarda bulunmaktadır. Ucuz sağlanması ve kolay şekil verilmesinin yanı sıra dış etkenlere karşı dayanıklı olması bakımından beton yaygın kullanılan yapı malzemesi olmuştur (Baradan, 1997).

Bayazıt (1988)'e göre, yapıyı oluşturan malzemelerden en önemli özelliğe sahip olanı agregadır. Agregası; doğal, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış tanelerinin bir yığını olarak tanımlanmaktadır. Adams (1993)'e göre ise bağlayıcı denilen malzemelerle karıştırılıp sertleştiğinde masif bir kütle meydana getiren bir malzemedir.

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

Agrega karışımının granülometrisi, ultrases hızı ve basınç dayanımını etkileyen en önemli faktördür (Murlin ve Wilson, 1952).

0-1 mm arasındaki ince tane miktarı fazla olan betonlarda genel bir kural olarak basınç dayanımları azalmaktadır. Buna bağlı olarak ince tane yayılımının olduğu bölgede daha sık bir ortam değişmesiyle ultrases hızında azalmaktadır. Ultrases hızındaki azalmanın, basınç dayanımındaki azalmadan daha fazla olduğu belirtilmektedir (Facaoaru, 1972).

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

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 kesitinin dörtte bir büyüklüğünü ve donatılar arasındaki en küçük mesafenin üçte ikisini geçmemelidir. Agregaya yığınlarında çeşitli boyutlardaki tanelerin birbirinden rüzgar ve su kuvveti ile ayrışmaması gerektiği belirtilmektedir (Bayazıt, 1988).

Sertleşmiş beton üzerinde yapılan deneyler, hem inşaat sırasındaki döküm şartları hakkında, hemde daha sonraki beton dökümü hakkında yol gösterici olmaktadır. Deneyler, inşaat sırasında alınmış veya muafaza edilmiş küp ve silindirik örnekler üzerinde yada sonradan yapıdan çıkarılan karot örnekler üzerinde yapılmaktadır (Petersons, 1971).

Öztaş, (1989), yaptığı çalışmada, beton numuneleri üzerinde ultrases hızı geçiş deneyi, Schmidt deneyi ve basınç dayanımı deneyleri uygulamıştır. Farklı amaçlar için beton örnekler üretmiş, bu örnekler su/çimento oranları ve dozajları değişken olarak 28 günlük dayanımları saptamıştır. Ayrıca katkısız ve iki değişik katkı maddesi kullanılarak betonun dayanımı ile yaşı arasındaki bağıntıları belirlemiştir. Üretilen beton serilerinde elde edilen tüm sonuçları karşılaştırarak dayanımları ve yapıları hakkında bilgi vermiştir. Ultrasonik cihazların beton dayanımının saptanmasında Schmidt sertlik yöntemiyle birlikte kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Ultrasonik yöntem, sertlik ve basınç dayanımı yöntemleriyle birlikte kullanılmasıyla, sayısal sonuçların değerlendirilmesi yapılarak betonun dayanımı yaklaşık olarak bulunmaktadır (Akman, 1965).

Yirmisekiz günlük beton numuneler üzerinde yapılan ultrases hızı deneylerinde normal beton için bulunan 4.28 km/sn'lik hız değeri eski beton kırığı katkılı betonlarda 3.22 km/sn'ye kadar düşebilmektedir. Burada maksimum düşme oranı %17.5 kadardır. Ultrases hızının düşmesi betondaki boşluk miktarının arttığını göstermektedir (Günçan, 1995).

Ultrases hızının büyük olması sonucu, beton basınç dayanımı yüksek olmaktadır. Bu sadece kompasite 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).

ASTM C 597'ye göre ultrasonik hız ve mukavemet arasındaki ilişkiler birçok değişkenden etkilenmektedir. Betonun yaşı, su muhtevası, agrega çimento oranı, agrega tipi ve donatı yeri bu değişkenlerden sayılabilir. Bu sebepten dolayı ultrases hız metodu sadece betonun kalite kontrolünde kullanılmalıdır. Genel olarak hız verisinin mukavemet parametreleriyle korelasyonu başarılı olmamaktadır.

ASTM C 957'ye göre ultrases hızı değerleri ile betonun kalitesinin tahmin edilmesi Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Ses hızı ile betonun kalitesinin tahmin edilmesi

Ses Hızı (V) (km/s)	Beton Kalitesi
>4.5	Çok iyi
3.5-4.5	İyi
3.0-3.5	Şüpheli
2.0-3.0	Zayıf
<2.0	Çok zayıf

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

Beton karışım oranlarının bulunmasında ve kontrolünde başvurulan yaygın yöntem taze 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 agregaya miktarından beton karışım oranlarının bulunmasıdır. Verilen miktarda ve karışımdaki bir çimento şerbeti ile kullanılabilir agregaya miktarı kullanılan malzeme için gerçekçi bir oranlamanın tespitini sağlar. Beton karışım oranlarının saptanmasında birçok metot kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları, boşlukların oranı metodu, yüzey alanı metodu,

incelik modülü metodu, su/çimento oranı metodu, çimento muhtevası metodu v.s.'dir (Güngör,1975).

Postacıoğlu (1982)'ye göre doğal çakıllı betonların kompasitesi, kırma taş betonun kompasitesinden belirgin derecede büyük bulunmaktadır. Buna karşılık doğal çakıllı betonların basınç dayanımının, kırma taşinkinden daha düşük değerler aldığı belirlenmiştir.

İncelik modülü bize agreganın granülometrisi hakkında fikir vermektedir. İncelik modülü standartlarca 4,20-5,48 değerleri arasında olması gerekir. Bu nedenle beton karışım hesapları yapılırken agreganın granülometrisinin ayarlanması bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Agreganın tanelerinin dağılımı en iyi şekilde granülometri eğrileri ile gösterilebilir. Eğer granülometri eğrisi istenilen koşulları sağlamazsa, agreganın içerisinde su buharlaşarak donan karşı zayıf, geçirgenliği yüksek ve boşluklu bir beton oluşmasına neden olur (Uğurlu, 1989).

İşlenebilirlik taze betonda aranan 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 işlenebilirlik 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 (Postacıoğlu, 1975).

Arioğlu ve Manzak (1991), betonun taşıyıcı iskeletini oluşturan agreganın, $1m^3$ karışımda çeşitli faktörlere (28 günlük basınç dayanımı, kullanım yeri ve çevre koşulları, işlenebilirlik, kullanılan maksimum agreganın boyutu, agreganın bileşim granülometrisinde $600\mu m$ 'den daha incelerin yüzdesi vs.) bağlı olarak 1600-1900kg miktarında kullanmıştır. Beton karışımında kullanılacak iri agreganın 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 vs.), betonun dayanım ve dayanıklılık performanslarını geniş çapta denetlerken, kullanım miktarı ile de betonun birim malzeme maliyetinde %12-25 gibi önemli bir pay oluşturmaktadır. Kısaca, betonda istenen dayanım ve dayanıklılık performanslarının rasyonel ve ekonomik şekilde sağlanmasının, kullanılacak agrega özelliklerinin önceden bilinmesiyle yakından ilişkili olduğu belirtilmektedir.

Betonun birçok önemli özelliği, betonun 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 edilmektedir. Dayanıklı ve ekonomik bir beton elde etmek için karışımda kullanılan agregaların bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. 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 dane 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).

Taze betonlar üzerinde yapılan çökme deneyleri beton karışımında eski beton kırığı agrega oranının artmasıyla çökmenin azaldığını göstermiştir. Aynı su/çimento oranlarına sahip karışımlar için normal betonda 100 mm olarak ölçülen çökme değeri

% 100 eski beton kırığı agregalı beton için 75 mm düzeyinde ölçülmüştür. Bu da eski beton kırığı agregalı betonlarda maksimum düzeyde % 25'lik bir çökme azalması olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni doğrudan doğruya eski beton agregası içerisinde bulunan eski harçların yüksek su emme kapasitelerine bağlanabilir. Söz konusu harçların eski beton kırıklarından ayrılması hemen hemen imkansız olduğundan tek önlem olarak ince boyutlardaki eski beton kırığı agregaların (daha fazla harç kalıntısı içerdiklerinden) kullanılmaması tavsiye edilebilir (Günçan, 1995).

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

Hansen ve Narud (1983), kuru yüzeyli eski beton agregasının özgül ağırlığını 2340 kg/m³ (4-8 mm) ile 2490 kg/m³ (16-32 mm) arasında bulmuşlardır. Normal betonda bu değerler 2500 kg/m³ (4-8 mm) ile 2610 kg/m³ (16-32 mm) arasındadır. Narud (1982), başka bir çalışmasında 0.70 su/çimento oranına sahip orijinal betondan elde ettiği ince agreganın özgül ağırlığını 2279 kg/m³ olarak belirtmiştir. Turanlı (1998), yaptığı çalışmasında (15-30 mm) boyutlarındaki atık betonun kuru özgül ağırlığının 2410 kg/m³ ve sadece dış yüzey kuru özgül ağırlığını ise 2510 kg/m³ olarak bulmuştur. Topçu (1993), yaptığı çalışmasında kullandığı eski beton kırıklarının özgül ağırlıklarının 2470 kg/m³ olduğunu belirtmiştir. Bunlardan başka Japonya'da BCSJ (1978) tarafından yayınlanan bir raporda ise özgül ağırlığın kuru haldeki atık beton kaba agregası için 2120-2430 kg/m³, atık beton ince agregası için 1970-2140 kg/m³ arasında değiştiği belirlenmiştir.

Hansen ve Narud (1983), yüksek dayanımlı orijinal betondan elde ettikleri (16-32 mm) agregalar için buldukları % 22.4 olan Los Angeles aşınma kaybı değerini düşük dayanımlı orijinal betondan elde ettikleri (4-8 mm)'lik agregalar için % 41.4 olarak bulmuşlardır. Bunlar LA değerleri L100/L500'e göre 0.24 ve 0.38'e karşılık

gelmektedir. Ayrıca BS agrega ezilme sınırları ise sırasıyla % 20.4 ve % 28.2'dir. Hasaba vd. (1981), yüksek dayanımlı betondan elde ettiği (5-25 mm)'lik atık agregalar için aşınma kaybını % 24.6 olarak bulmuştur.

ASTM C-33 'Standard Specification for Concrete Aggregates' standardında Los Angeles aşınma değerinin beton üretiminde kullanılacak agrega için % 50'den, yol yapımında kullanılacak agrega için ise % 40'dan fazla olmaması gerektiği vurgulanmaktadır.

Hansen ve Narud, (1983), eski beton kırığı ile ürettikleri betonlarda, doğal agrega yüzeyine yapışık eski harç yüzdelерinin % 30 ile % 60 arasında değiştiğini, bu harçların eski beton kırığı agregalı betonların elastisite, sünme ve rötре 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.

Nixon (1978), atık beton agregalarının su emme kapasitesinin doğal agregaya oranla daha yüksek değerler verdiğini belirtmiştir. Turanlı (1998), (15-30mm) elek arasında kullandığı atık beton agregasının su emmesinin % 5.02 olduğunu açıklamıştır. Hasaba vd. (1981), orijinal beton kalitesinden bağımsız olarak yaptığı ölçüm sonucu, kaba agreganın (5-25 mm) su emme kapasitesini % 7 civarında olduğunu bulmuştur. BCSJ (1978), tarafından yayınlanan bir araştırmada su emme oranının eski beton kaba agregalarında % 3.6-8 arasında, ince agregalarda ise % 8.3-12.1 arasında olduğu belirtilmiştir. Hansen ve Narud (1983), ise (4-8 mm) elek aralığında kalan malzeme için % 8.7 olarak su emme kapasitesini (16-32 mm) elek aralığında kalan malzeme için % 3.7 olarak bulmuşlardır. Topçu ve Şengel (1995), yaptıkları araştırmalarda incelik modülü 5.50, özgül ağırlığı 2470 kg/m³ olan eski beton kırığı agregalarda 30 dakikalık su emme oranını % 7 seviyesinde bulmuşlardır. Kreijger (1983), ise yaptığı çalışma sonucunda eski beton agregasının su emme oranı ile özgül ağırlığı arasında parabolik bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Mesela, 2400 kg/m³ özgül

ağırlığında % 3.8 olan su emme oranı, 1900 kg/m³'de % 9.7, 1700 kg/m³'de % 12.8 ve 1300 kg/m³'de ise % 22.2 değerlerini almaktadır.

Wesche ve Schulz (1982), eski beton kaba agregası ve doğal kum kullanarak elde ettikleri betonlar üzerinde yaptıkları deney sonuçlarına göre, eski beton agregalı betonlardaki sünmenin, normal betona kıyasla % 50 oranında daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ravindrarahaj ve Tam (1985), ise aynı şekilde ürettikleri betonlardaki sünme artış oranını % 30-60 arasında bulmuşlardır. Kasai (1985),'nin çalışmasında bu artış oranı % 20-30 arasındadır.

Hasaba (1981), eski beton kaba agregası ve doğal kum kullanarak ürettiği 300 dozlu betonlarında büzülme değerlerini normal betona oranla % 50 daha fazla bulmuştur. Beton karışımında hem kaba hem de ince eski beton agregası kullanıldığı zaman ise bu oran % 70-80 düzeylerine ulaştığı belirlenmiştir. Ravindrarahaj ve Tam (1985), büzülmedeki bu artış oranını % 14-95 arasında bulmuşlardır. Zagurskij ve Zhadanovskij (1985), eski beton kaba agregası ve doğal kumla ürettikleri betonlarda büzülme artışını % 20-30 arasında bulmuşlardır. Coquillat (1982), hem kaba hem de ince atık beton agregası kullanarak ürettiği betonlarda normal betonlara kıyasla büzülme artışını % 73 olarak belirtmiştir. Wesche ve Schulz (1982), ise aynı şekilde yaptıkları büzülme deneyleri sonucunda büzülme artışını % 40 olarak bulmuşlar ve bunun nedenini ise eski beton agregasının içerdiği harç kalıntılarına bağlamışlardır

Agregalar, taze beton ve sertleşmiş beton üzerinde çok büyük bir etkiye sahiptir. Atık betonlardan elde edilen agregaların yetenekleri ile doğal agrega ve kötü betonlardaki agregalarınkinin karşılaştırılması farklıdır. Bundan dolayı onların beton agregası için kullanıldıkları zamanki etkisini karşılaştırmak oldukça güçtür (Rühl, 1997).

Özturan (1988), yaptığı çalışma sonucunda, eski beton kırığı agregaların düzgün şekilli ve iyi granülometrilili olduğunu ancak doğal agregalara oranla özgül ağırlıklarının daha düşük, su emme değerlerinin daha yüksek olduğu belirlemiştir. 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 modülünün de eşit veya daha yüksek değerler alabileceğini tespit etmiştir.

Savaş (2002), Süleyman Demirel Üniversitesi'nde yaptığı bir araştırmada, atık betonların geri dönüşüm olanaklarını incelemiş, elde ettiği betonun çökme, basınç ve ultrases deneylerinde istenilen sonuçları vermediğini tespit etmiştir. Bu nedenle, taşıyıcı olmayan betonlarda, grebetonlarda, koşu ve bisiklet yolu betonlarında ve stabilize yol dolgularında kullanılmasını önermiştir.

Günçan (1995), eski beton kırığı agregalı betonlar üzerinde yaptığı basınç dayanımı deneyleri sonucunda karışımdaki eski beton kırığı oranının artmasıyla beton basınç dayanımının düştüğü belirlemiştir. Yaptığı araştırmadan çıkan sonuçlar ışığında özellikle taşıyıcı nitelikteki betonlarda eski beton kırığı agregasının karışım içerisinde yüksek oranlarda kullanılmaması gerektiğini belirtmektedir. Maksimum düzeydeki basınç dayanımı azalmaları ilk bakışta gözü korkutsa da eski beton kırığı oranının belli düzeyde tutulup karışımın iyi ayarlanması ile istenilen dayanımlara yaklaşılabileceğini belirtmiştir.

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 agregalar 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 agrega ile eşitler. Bu değişimlerin diğer bir pozitif yönü süper plastikleştiricilerin ilk önceki yoğunluğa göre daha az kullanılmasıdır (Grübl vd., 1998).

Buck (1977), ürettiği test betonlarında eski beton atık agregasını sadece kaba agrega yerine kullanmıştır. İnce agrega olarak ise doğal dere kumunu tercih etmiştir. Karşılaştırmaya tabi tutacağı numunelerde sabit su/çimento oranı kullanmıştır. Hazırladığı bazı numunelerde uçucu kül ve akışkanlaştırıcı, mukavement arttırıcı gibi katkıları kullanmıştır. Deneylerinde fiziksel araştırmaların dışında ayrıca atık beton agregasının, atık agregalı betonların dayanım, donma-çözünme, işlenebilirlik gibi özelliklerine etkilerini de araştırmıştır. Sonuç olarak atık agreganın düşük birim ağırlığa ve yüksek su emme kapasitesine sahip olduğunu belirtmiştir. Ayrıca atık agregalı betonun basınç dayanımında normal betona oranla çok büyük bir düşme olmadığını belirtmiştir.

Nixon (1978), atık beton agregası ile ürettiği betonların basınç dayanımlarının normal betona kıyasla % 20 veya bazen daha fazla oranda düşme gösterdiğini açıklamıştır. Japonya'dan açıklama yapan BCSJ ise bu düşme oranının % 14-32 arasında olabileceğini belirtmiştir. Gerardu ve Hendriks (1985), atık beton agregası doğal kum ile üretilecek betonun basınç dayanımının normal betonunkinin en az %95'i olacağını belirtmiştir. Hansen ve Narud (1983), çeşitli kalitelerde eski beton agregası ve değişik su/çimento oranları kullanarak elde ettikleri numuneler üzerinde yaptıkları basınç deneylerinden şu sonucu çıkartmışlardır. Eğer kullanılan atık agreganın elde edildiği orijinal beton kaliteli ise ve su/çimento oranı da iyi ayarlanmış ise doğal agregalarla üretilen betonların basınç dayanımı kalitesine ulaşmak hatta o kaliteyi de aşmak mümkün olabilmektedir.

Gerardu ve Hendriks (1985), eski beton kaba agregası ve doğal kum ile ürettikleri betonların çekme dayanımlarında % 10 kadar bir azalma olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu beton karışımındaki doğal kum çıkartılıp yerine eski beton ince agregası kullanıldığında ise bu düşme oranının % 20 civarında olacağını belirtmişlerdir. Bu konuda bir araştırma yapan Coquillat (1982), hem kaba hemde ince eski beton agregası kullandığı betonların çekme dayanımının düşmediğini belirtmiştir.

Yannas (1977), kum ve doğal granit agregası kırığı ile ürettiği betonların basınç mukavemetlerinin eski beton basınç mukavemetlerinden daha düşük olduğunu ve

eski beton kırığı betonların elastisite modüllerinin esas betonun elastisite modüllerinden % 60 kadar daha düşük olduğunu belirtmiştir.

Buck (1973), kalker agregası betonu kırıkları ile beraber silisli agregalar kullanarak üretilen betonlardan elde edilen 90 günlük basınç mukavemetlerinin doğal agregalarla yapılan eski betonların mukavemetlerinden daha düşük olduğunu saptamıştır. Hansen ve Narud (1983), eski beton kırığı agregalı betonların basınç mukavemetlerinin doğal agregalı betonların su/çimento oranları tarafından kontrol edildiğini ileri sürmüşlerdir.

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

Muaki (1979), eski beton agregaları ile ürettiği betonların taze birim ağırlıklarını 2020-2210 kg/m³ arasında bulmuştur. Bu da normal betonun % 85-95'i kadardır. Bu betonların hava içeriklerinin ise normal betonunkinden daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Hansen ve Narud (1983), ürettikleri betonların hava içeriğini normal betonunkinden % 0.6 daha fazla bulmuşlardır. Bu betonların taze birim ağırlıklarının ise 2200-2250 kg/m³ arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

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).

İçine hava sürüklenmiş betondan elde edilmiş beton kırığı agregası ile yapılacak betonlarda ölçülen hava miktarından geri kazanılmış malzemenin hava miktarının düşülmesi gerekir. Bu nedenle geri kazanılmış agregalı betonlarda hava miktarı daha yüksek tutulmalıdır (Forster, 1986).

Beton kırıkları homojen harç sistemleri gibidir. Bundan dolayı benzer direnç özellikleri ve birbirine bağlanma yetenekleri gösterirler. Araştırmalar eski beton kalitesinin yeni beton derecesi üzerindeki etkisini göstermektedir. Agregada daneleri sıva, tuğla kırıkları ve dış yüzeyler gibi düşük dirençlidir. Köşeli agregaların kullanılması negatif etki eder ve betonun direnci açısından 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 veya tükettikleri ürünlerin daha sonra geri dönüştürülmesi yada geride kalan atık materyallerin yeniden kullanılmasıyla çevreye saygılı olmalarının gerekliliğini belirtmektedir. 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 yayınlanmıştır (Roos ve Zilch, 1998).

Toplumun 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. Endüstriyel çağın başlangıcından beri tüketim enerjisi ve materyaller hakkında ilgilenilen büyümenin geçmişi ile de ilgilidir (Müller, 1999).

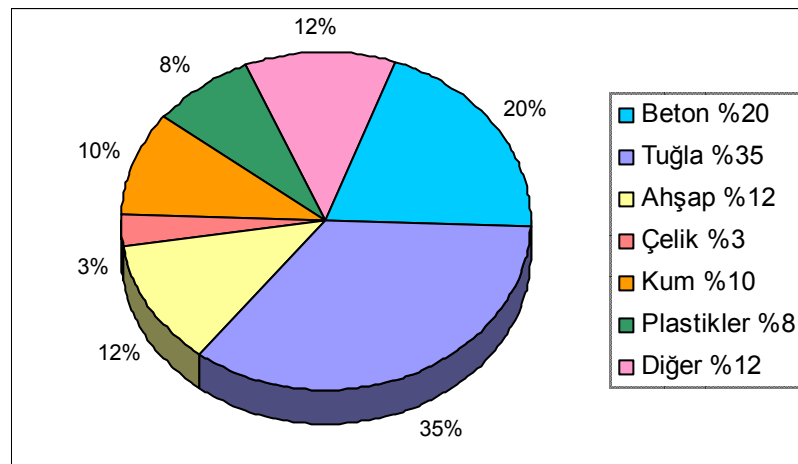
Agrega bileşiminin kalitesi, yüksek oranda onun karışımına bağlıdır. Beton kırıklarından hazırlanan geri dönüştürülmüş agregalar, yıkıntı materyallerinden hazırlanan geri dönüştürülmüş agregalardan daha kullanışlıdır. Başka maddeler karışmamış beton yapı yıkıntıları, homojen bir karışım ile karakterize edilir. Bu agregada bileşimi, doğal agrega danelerinin (%40-50) karışımı (beton kırıkları gibi) ile harç atıklarına yapışan doğal agrega danelerinin (%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 daneler, tuğla kırıkları, seramikler ve beton kırıkları gibi mineraller içerirler. Yıkıntı materyallerinin karışımı, özel yapı işlerine

bağlı olarak büyük dağılım gösterir. Yıkıntı materyallerinin geri dönüştürülmesi, katıksız beton kırıklarının geri dönüştürülmesine benzetilmesine engel olmaktadır (Kohler ve Kurkowski, 1998).

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

Materyaller	Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)
Doğal taş	2.5-3.0
Çakıl	2.6-2.7
Beton	2.2-2.5
Harç	2.2-2.4
Tuğla	1.8-2.4
Hafif beton	1.2-1.8
Sünger taşı	1.0-1.4
Plastikler	1.0-1.4
Diğer maddeler	<1.0

İçerisinde büyük bir miktarda tuğla ve beton bulunan geri dönüştürülmüş agrega materyallerin ortalama dağılım Şekil 2.1’de grafik olarak verilmiştir



Şekil 2.1. Geri dönüştürülmüş agrega içindeki materyallerin ortalama dağılımı (Kohler ve Kurkowski, 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 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 ikincil hammaddenin kullanılmasıyla mümkündür. Sonuç olarak ikincil hammaddenin kullanımı; doğal kaynaklardan çıkarılan hammadde kullanımının azalması ve büyük miktardaki molozların atılması nedeniyle kullanılmayacak alanların ortadan kalkmasını sağlamaktadır. Sonradan ortaya çıkabilecek tehlikeli enerjiyi ve onun yayılmasını önlemektedir. Bununla birlikte ne kadar materyalin geri dönüştürülebileceği ve yeniden kullanılabilirliğinin belli sınırları vardır (1m^3 yeni betonun üretimi için 1m^3 atık beton kullanılmaktadır). Yeniden kullanılan ve geri dönüştürülen malzemeler uzun süreli ölçümlerden sonra gerçek mineral yapı malzemelerine dönüştürülmektedir (Müller, 1999).

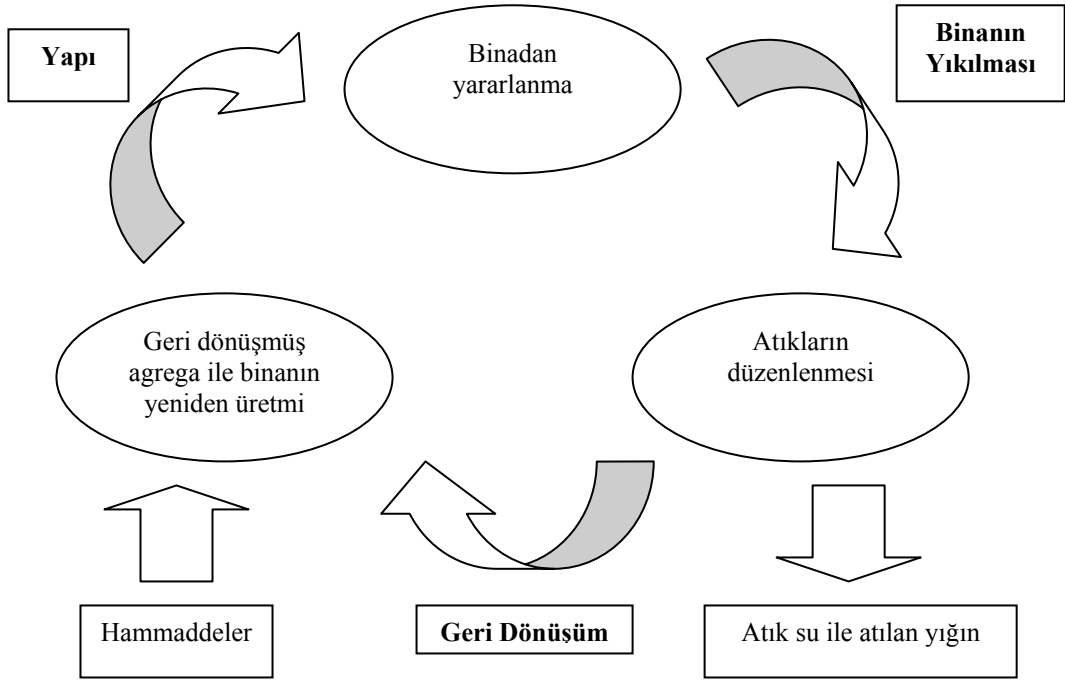
Atık betonlardan elde edilen agregalar kullanılarak yapılacak hazır beton üretiminin kolaylığı açısından Darmstadt Üniversitesi yakınında bir agrega ayrıştırma tesisi kurulmuştur. Bu tesisin “Yapı malzemelerinin dönüşümünden oluşan agregalarla beton yapılar” adlı proje ile bir kısmı araştırma enstitüleri,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

Atık betonlardan elde edilmiş agregalar kullanılarak üretilen hazır beton ile deneme için bir ofis binası örnek olarak Almanya, Darmstadt’da inşa edilmiş ve burada geri dönüşümlü agregaların kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir (Grübl vd, 1998).

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

Yol yıkıntularından elde edilen geri dönüşümlü materyaller ve atıkları, temel olarak inşaat mühendisliği işlerinde ve yol yapımlarının düşük kaliteli uygulamalarında

yeniden kullanılabilir. Yıkıntı atıklarındaki taş ve betonlara gelince; beton yapımında yada prefabrik birimlerde ve hazır beton yapımında bu beton ve taşların granüle edilerek kullanılması gerekmektedir. Yapı materyallerinin dönüşüm şeması Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Yapı materyallerinin geri dönüşüm şeması (Kohler ve Kurkowski, 1998).

Atık betonlardan elde edilen agregalarla yapılan betonlarda ki poroz (boşluklu) yapı nedeniyle, agregalardaki su tutma kabiliyeti için gereken sertleşme çok hızlı bir şekilde elde edilmektedir. 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 göstermektedir. Poroz (boşluklu) agregaların yüksek su tutma kapasitesi bu sebeptendir. Uygulamalı örnekler göstermiştir ki; bazı zamanlarda süper akışkanlaştırıcının uygulanması tam işlenebilirlik uyumunu yeniden canlandırabilmektedir (Nealen ve Rühl, 1997).

Rasheeduzzafar ve Khan (1984), atık beton kaba agregasını çeşitli karışımlarda kullanarak elde ettikleri sonuçlarda atık beton agregalı betonların, betonun işlenebilirliğini azalttığını görmüşlerdir. Topçu (1993), incelediği beton karışımlarında eski beton kırığı agregasının karışımdaki miktarının artmasıyla taze betondaki çökmenin azaldığını, hatta bu azalmanın %100 eski beton kırığı ilaveli beton karışımlarında % 15-20 düzeylerine kadar ulaştığını belirtmiştir. Mukai (1978), atık beton kaba agregası ve doğal kum kullanarak yaptığı beton deneylerinin sonucunda böyle karışımlarda aynı çökme değerini yakalayabilmek için yaklaşık 10 l/m^3 veya % 5 daha fazla su kullanılması gerektiğini belirlemiştir. Bundan başka eğer karışım hem kaba hem de ince atık beton agregası içermekteyse bu değerler 25 l/m^3 veya % 15 olması gerektiğini tespit etmiştir. Bu konuda çalışmalar yapan Buck (1977), Yannas (1977), Malhotra (1978), Hansen ve Narud (1983), Ravindrarajah ve Tam (1985), tarafından da benzer değerler bulunmuştur.

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

Betonların elastisite modülleri, agregaya ve elastisite modülünün iki evreli matrisine bağlıdır. Sözü geçen her iki evrede normal beton ve hafif betonlar için göz önünde tutulan sonuçlar, geri dönüşümlü agregadan elde edilen betonlar için de kabul edilmektedir (Klemt, 1998).

Wesche ve Schulz (1982), eski beton kaba agregası ve iki çeşit doğal agrega kullanarak ürettikleri aynı su/çimento oranına sahip beton numuneler üzerinde yaptıkları deneyler sonucunda, eski beton kırığı agregalı betonların elastisite modüllerinde normal betonlarınkine oranla % 19 düzeyinde azalma olduğunu belirtmişlerdir. Zagurskij ve Zhadanovskij (1985) ile BSCJ (1978), eski beton kırığı kaba agregası ve doğal kum kullanarak elde ettikleri betonların elastisite

modüllerinde normal betona kıyasla % 10-30 oranında düşmelerle karşılaşmışlardır. Eski beton kırığı agregasının hem ince hem de kaba agrega yerine kullanıldığı durumlarda ise bu düşme oranının % 25-40 düzeyinde olduğunu tespit etmişlerdir. Hansen ve Boegh (1985), eski beton kırığı agregalı betonların hem dinamik hem de statik elastisite modüllerinde % 14-28 oranında düşmelere rastlamışlardır. Ayrıca düşük kaliteli eski beton atığı kullanarak ürettikleri betonlarda ise bu oranın % 45'e kadar çıktığını belirtmişlerdir.

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

Statik açıdan kötü taşınan yapının deformasyonlarını hesaplamak için, Almanya-Darmstadt'ta "Vilbeler Weg" adlı yapı projesi çalışmasında iki binanın içerisine birer ölçüm donanımı yerleştirilmiştir. Binalarda yapılan incelemelerde benzer yapısal dizaynla hemen hemen aynı ve simetrik oldukları görülmüştür. Her ikisi de betonarme olan yapıların, birinde doğal karışimli agregalardan yapılmış beton, diğerinde ise atık betonlardan dönüştürülerek elde edilen agregalardan üretilen beton kullanmıştır. İki yapının deformasyonlarındaki beklenen uzun süreli farkı ölçmek için dizayn edilmiş yapının mimari dizaynının gerekli bir bölümü kullanılmıştır. Elde edilen verilerin analizi sırasında binanın tamamlanmasından sonraki ilk altı ayda, elverişli koşullar altında, geri dönüştürülmüş agrega ve doğal karışimli agrega ile yapılmış betonun deformasyon davranışı göz önünde tutularak laboratuvar sonuçlarının doğruluğu kanıtlanmıştır (Garg vd., 1998).

Bir materyalin veya ürünün çok yönlü kullanımı, doğal kaynakların korunması ve atıklardan kaçınmak 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 edilmektedir. Bugün yapı materyallerinin seçimi, karışımların saptanması ve kullanımı temel stratejiler olarak kabul görmektedir (Müller, 1999).

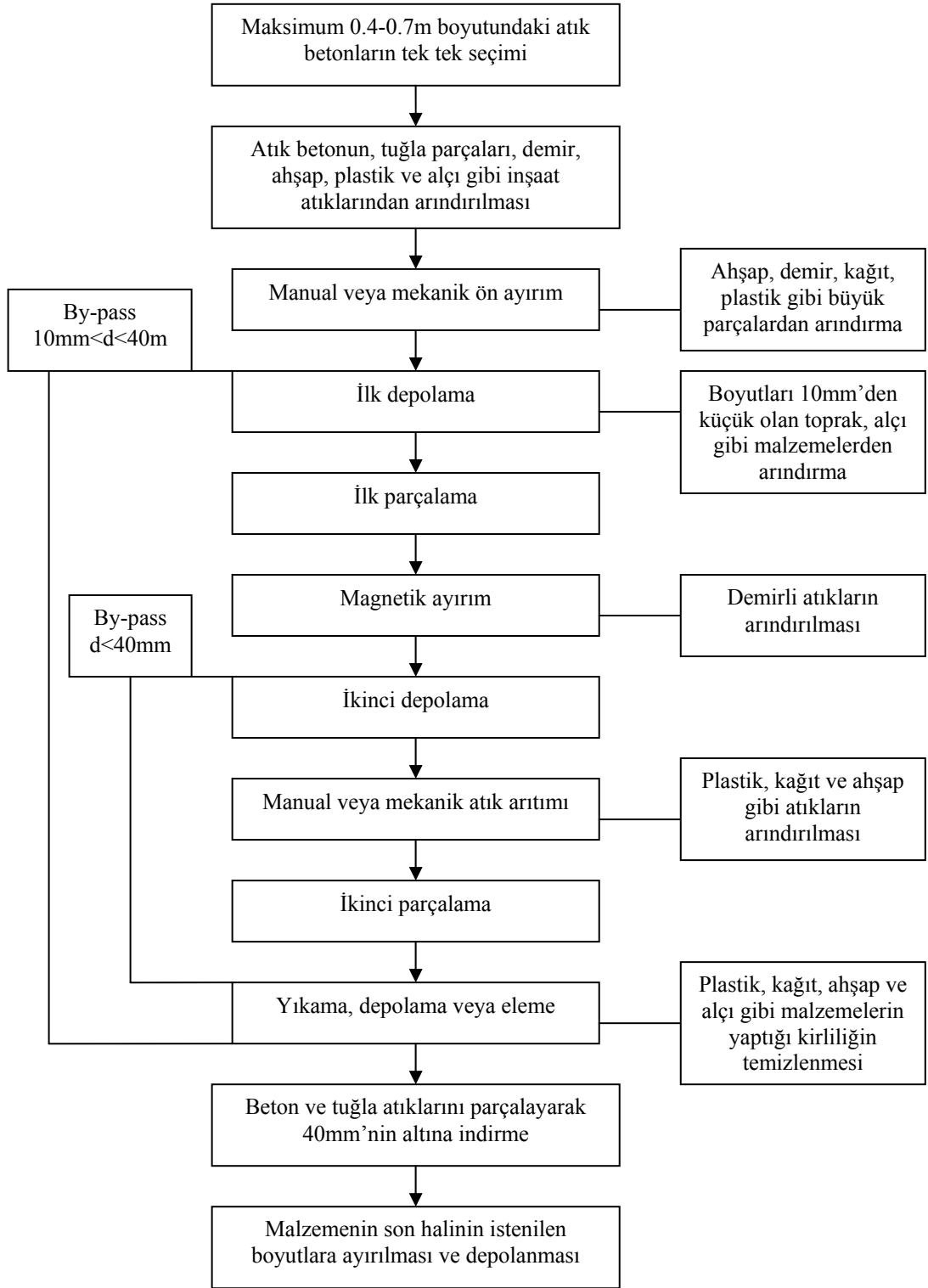
Yapı materyallerinin yeniden kullanımı için betonun gerekli temel özellikleri içermesi gerekmektedir. Çünkü betonun üretiminde çeşitli ikincil hammaddelerin (geri dönüştürülmüş atıkların) kullanımı mümkündür. Atık maddelerin kullanımı ile hammaddenin (çeşitli agregaların) çıkarımının azaltılması, doğal 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 edilmemiştir. 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).

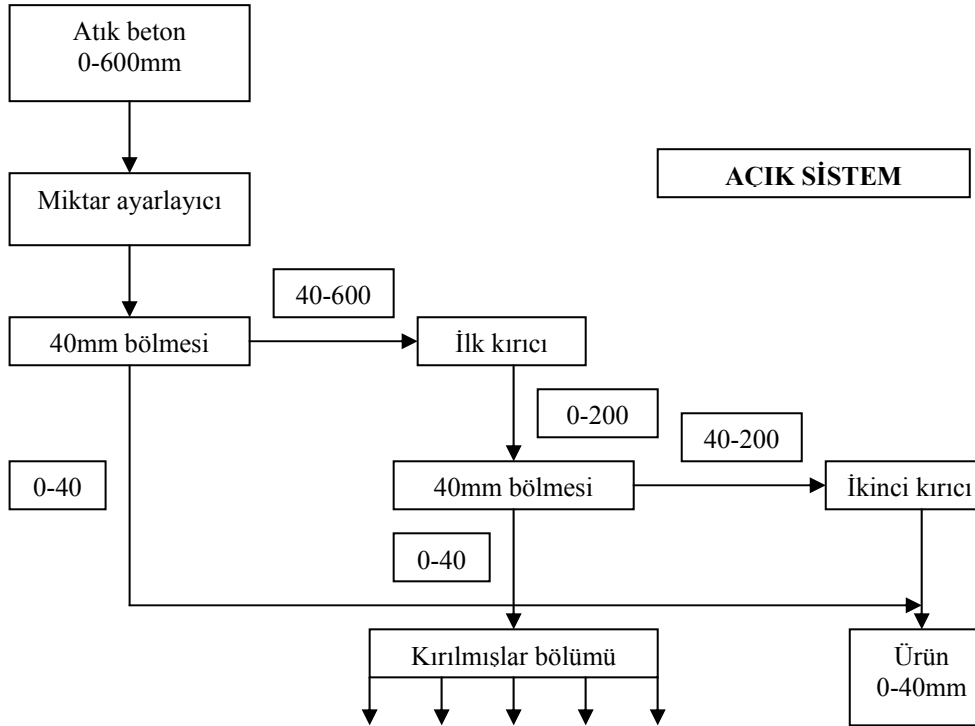
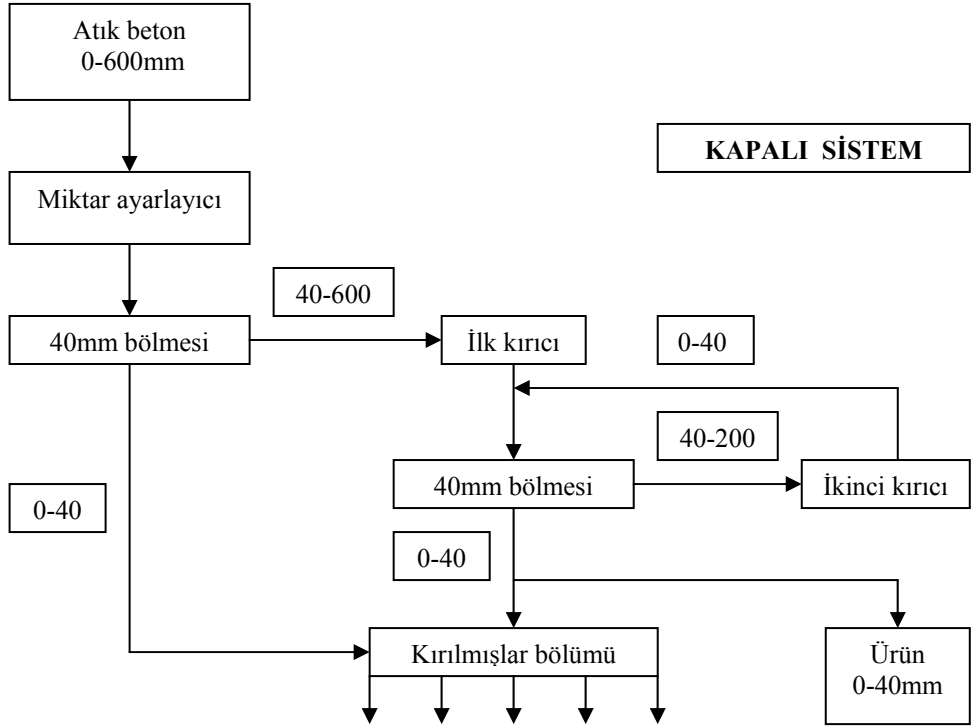
Binaların inşaatı, yıkımı, yeniden yapımı ve restorasyonları sonucunda, inşaat ve yıkıntı atıkları yüksek miktarlarda oluşmaktadır. Mineral atıkların ilgili miktarları barajlarda, yer inşaatlarında ve yollarda mühendislik materyali olarak kullanılmaktadır. Gelecek yıllarda inşaat ve yıkıntı atıklarından oluşan materyallerin hacminin büyük ölçüde artması beklenmektedir. Bundan dolayı, uygulamanın yeni alanlarda başlatılması ve geliştirilmesi gerekmektedir (Grübl ve Rühl, 1998).

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

Atık betonların geri dönüşüme katılması için kurulan arıtım tesisi ve bu tesisler için uygulanabilecek açık ve kapalı sistem modelleri Şekil 2.3. ve Şekil 2.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Atık betonları diğer maddelerden ayırmak için kullanılan arıtım tesisi (Günçan, 1995)



Şekil 2.4. Atık betonların agrega haline getirilmesi için kullanılan üretim tesisi modelleri (Günçan, 1995)

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 tutmaz. Homojen malzeme özelliklerine sahip geri kazanılmış agrega üretecek işleme teknolojisi günümüzde mevcuttur. Geri kazanılmış agregaların yüksek kalitesi için beton teknolojisinde sadece birkaç değişiklik gerekir. Homojen olmayan malzeme özellikleri, özellikle yüksek su ihtiyacı olan geri kazanılmış agregaların kullanımı için şimdiye kadar tam bir çözüm bulunamamıştır. İşleme teknolojisindeki gelişmeler, bu malzemenin kalitesini yükselterek beton üretimine uygun olmasına yardım edebilir (Assbrock, 1999).

Geri kazanılmış agregaların kullanımı değişik uygulama alanlarında büyük önem kazanmıştır. 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, giriş malzemelerinin 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).

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 çıkarmıştır (Topçu, 1983).

Geri kazanılmış kaba agregaların bugünkü uygulama alanları ve teknolojik işlemlerin geliştirilmesi ile gelecekte yapılabilecek uygulamalar Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Kaba agregaların sınıflandırılması (Assbrock, 1999)

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

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

Uçucu küller puzolanik özellik gösterirler. Kendilerinde az ya da hiç çimento değerine sahip değildir fakat nem karşısında kalsiyum-silikat-hidrat bileşiklerini oluşturmak için düzenli sıcaklıklarda kalsiyum hidroksitle kimyasal olarak reaksiyona girerler ve çimento özelliği kazanırlar. Çoğu ülkelerin şartnamelerinde uçucu küllerin sınıflandırması yokken, uçucu küller kimyasal bileşiklerine bağlı olarak ASTM C 618 'e göre (C) sınıfı ve (F) sınıfı olarak iki geniş kategoride sınıflandırılır. Uçucu kül içinde oluşan kalsiyum oksit miktarı güç tesislerinde kullanılan kömür tipine bağlıdır %10'dan daha fazla CaO içeren uçucu küller yüksek kireçli (C sınıfı) uçucu küller olarak bilinirler. Beton içinde yüksek kireçli uçucu

küllerin kullanımındaki araştırmalar betonun özelliklerinde herhangi bir aykırı etkisi olmamasıyla sonuçlanan yüksek kireçli uçucu küllerin kullanımını uygun göstermiştir. Yüksek dereceye kadar CaO miktarından dolayı bu uçucu küller puzolanik özelliklerine ilaveten bazı çimentomsu özelliklere sahiptirler. Düşük kireçli uçucu küllerle karşılaştırıldığı zaman, yüksek kireçli uçucu küller erken günlerde daha yüksek dayanıklılık sağlarlar (Erdoğan, 1997).

Beton karışımlarındaki uçucu küllerin kullanımı taze ve sertleşmiş betonun özelliklerini etkiler. Beton karışımlarındaki uçucu küllerin kullanımı; işlenebilirlik, su ihtiyacı, hava katkısı, yerleştirme süresi, perdelanabilirlik ve hidrasyon ısısını etkiler. Genelde, çimentonun bir bölümü olarak uçucu külün kullanımı, uçucu küllü betonlar için su ihtiyacı, eşit çökmede uçucu küle sahip olmayan betonlardakinden daha düşüktür. Uçucu kül taneciklerinin küresel biçimi ve son derece fazla incelikleri, işlenebilirlik üzerinde yararlı etkilere sahiptirler. Şekiller, temas noktasında sürtünmeyi azaltır ve topaksı davranış etkisini meydana getiren ara yüzey hamur kümesindeki betonun daha serbestçe hareket etmesine müsaade eder. İnce tane boyutu boşlukların daha iyi dolmasına müsaade eder (Erdoğan, 1997).

Uçucu küllü betonun dayanımı ve dayanım artış oranı uçucu kül betonuyla kullanılan çimento ve uçucu külün belirli miktarı ve karakteristiklerinden etkilenir. Yüksek kireçli uçucu küller, düşük kireçli uçucu küllerden erken yaşlarda daha yüksek dayanımlar daha yüksek reaksiyon oranı sergilerler. Yüksek kireçli uçucu küllerin 28 günlük dayanımları çimentonun ağırlığıyla % 20-25 aşmayan miktarlarda kullanıldığı zaman uçucu kül olmadan yapılan bu betonlarla karşılaştırılabilirler. 90 günlük dayanımları, uçucu kül içermeyen betonların mukavemetlerinden daha büyük veya eşittirler (Erdoğan, 1997).

Uçucu küllerin beton karışımında kullanımı; çimentonun belirli oranlarda azaltılarak yerine uçucu kül kullanılması, ince agreganın belirli oranlarda azaltılarak yerine uçucu kül kullanılması veya hem ince agreganın hemde çimentonun belirli oranlarda azaltılarak yerine uçucu kül kullanılması gibi üç ayrı yöntemle yapılmaktadır (Şimşek, 2004).

Uçucu kül PÇ çimentosundan çok daha ucuz bir malzemedir. Bu nedenle PÇ çimentosunun bir kısmı için bir değişim olarak bu ince olarak ayrılan puzolanik malzemelerinin kullanımı önemli derecede ekonomiklik sağlar. Bundan başka, uçucu külün kullanımıyla işlenebilirlikteki gelişme, ekonomik bir betondaki sonuçların, betonun konsolidasyonu, yerleştirilmesi ve karışımında kolaylık sağlamasına sebep olur (Erdoğan, 1997).

Kristal olmayan SiO_2 'nin yüksek içeriği ve çok ince bir şekilde bölünmüş partiküllere rağmen silis dumanı puzolanik özelliklere sahiptir. Bu malzeme beton içerisinde puzolanik malzeme olarak kullanıldığında, doğal puzolanlar ve uçucu küllerin davranışlarına benzer şekilde davranırlar. Silis dumanının aşırı derecede ince zerrecikler halinde olması ve yüksek reaksiyon vermesinden dolayı silis dumanı, dayanımı çok yüksek beton yada erken yaşta yüksek dayanıma sahip beton üretmek için süper akışkanlaştırıcılarla birlikte kullanılır. Betona katıldığı zaman kendiliğinden çökme miktarını sabit tutmak için betonun su isteğini artırır. Plastikleştiricilerin yokluğunda, akışkanlık seviyesini sabit tutmak amacıyla katılan silis dumanının her 1 kg/m^3 'ü için 1 lt/m^3 su ilave edilmesi gerektiği önerilir. Bu yüzden yüksek dozajlarda silis dumanı daima normal yada yüksek oranda su azaltıcı katkı ile birlikte kullanılır. Silis dumanı küçük miktarlarda kullanıldığı zaman betonun priz süresi üzerinde önemsiz etkiye sahiptir. Çimento ağırlığının %10'una kadar silis dumanının küçük miktarlarda katılmasıyla, geleneksel betonlara benzeyen ve priz süresinde önemli farklılıklar olmayan, düzenli beton karışımları oluşturulur (Erdoğan, 1997).

Silis dumanının betona katılması özellikle basınç dayanımını artırır. Bu gözenek büyüklüğünün küçülmesi ve silis dumanının üstün özelliklerinden dolayıdır. Ancak, su azaltıcı katkı kullanılmadan silis dumanının kullanılması, karışımın su isteğini artırır. Böyle durumlarda istenen bir akıcılık düzeyini elde etmek için daha fazla su gerektirebilir ve suyun bu daha fazla miktarı, silis dumanının sebep olduğu dayanım artışını kısmen dengeleyebilir. Bu yüzden, çok yüksek basınç dayanımı elde etmek ve daha düşük su-çimento oranı için hemen hemen her zaman bir silis dumanı ile

yüksek su azaltıcı katkıları kullanılmalıdır. Silis dumanının yüzdeliği ve süper akışkanlaştırıcının dozajı, silis dumanlı betonun optimum dayanım gelişimini sağlamada çok önemli rol oynar. Eğer çökmeyi sabit tutmak gerekirse, süper plastikleştiricisiz silis dumanının su isteği, direkt olarak silis dumanının miktarıyla orantılıdır. Genel olarak inşaat için silis dumanlı betonun optimum dozajı genellikle %7-10 arasında değişmektedir. Ancak, özel durumlarda %15'e kadar silis dumanı başarılı bir şekilde betona katılmıştır (Erdoğan, 1997).

Betonda kullanılan kimyasal katkı maddeleri çimento, agrega, su ile varsa mineral katkı maddeleri ve/veya lifler dışında beton harmanına karılmadan hemen önce veya karılma sırasında katılan organik veya inorganik maddelerdir. Ticari ürünler genellikle çeşitli yoğunluklarda hazırlanmış sıvılar şeklinde olmakla beraber toz halinde pazarlananları da vardır. Betona katılma oranları çimentonun ağırlıkça % 5'ini (çoğu kez % 1'ini) aşmaz. Kimyasal katkı maddeleri ile gerek taze betonun gerekse sertleşmiş betonun bir çok özelliği belirli sınırlar içerisinde değiştirilebilir. Bu nedenle özellikle son yıllarda çeşitleri ve kullanım alanları çoğalmıştır. Ülkemizde de bazı türlerinin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Akman, 1996). Akışkanlaştırıcı katkıları belirli bir işlene bilme değeri için betona gerekli olan karışım suyu miktarını azaltırlar. Bu özellikleriyle çeşitli avantajlar sağlarlar. İstenilen beton çökme değerini daha az miktarda suyla elde ederek, sabit bir çimento miktarı için, su/çimento oranını (S/Ç) düşürürler. Böylece, dayanımın artmasını, geçirimsizliğin azalmasını ve dayanıklılığın artmasını sağlarlar (Baradan, 1997).

Süper akışkanlaştırıcılar beton içine hava sürükleyerek ve çimento tanelerinin birbirlerine yapışmasını önleyerek etki gösterirler. Akışkanlaştırıcı madde çimento taneleri tarafından absorbe edilmeleri sonucu tane yüzeyine çökler. Tane yüzeyi çökelen bu maddelerin oluşturduğu film negatif elektrik yüklüdür. Bu şekilde negatif elektrik yüklenen taneler birbirlerini ittiklerinden bu maddelerin dağıtıcı etkisi ortaya çıkar. Bu maddelerin topaklaşmayı önlemeleri ve aynı zamanda tanelerin birbirleri üzerinde kaymalarını kolaylaştırdıklarından yağlayıcı etki göstermeleri, betonun iç sürtünmesini azaltır, bu da betonun işlenebilme yeteneğinin artmasına neden olur (Yıldırım ve Uyan, 1992).

3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.Materyal

Bu araştırmada, materyal olarak Isparta-Merkez valilik karşısında, imar nedeniyle yıkılan binadan alınan atıklar, temizlendikten sonra kırılarak atık beton agregası olarak kullanılmıştır. Normal agrega olarak, Isparta'nın Atabey ilçesindeki kum-çakıl ocağından temin edilen, Atabey agregası kullanılmıştır. şahit beton üretiminde ise atık beton agregası ile Atabey agregasının belli bir oranda karıştırılmasıyla elde edilen karışım agregası kullanılmıştır. Beton yapımında bağlayıcı malzeme olarak Isparta-Göлтаř Çimento Fabrikası'ndan alınan portland çimentosu (PÇ 42.5) ve doğal kaynak suyu kullanılmıştır. Mineral katkı maddesi olarak Muğla-Yatağan Termik Santrali'nden temin edilen C sınıfı uçucu kül ve Antalya- Eti Elektrometalurji Aş'den temin edilen silis dumanı, kimyasal katkı maddesi olarak ise İzmir-SİKA Aş'den temin edilen Sikament FF adlı süper akışkanlaştırıcı ve yüksek oranda su azaltıcı özellik gösteren katkı maddesi kullanılmıştır.

Söz konusu materyaller ile aşağıdaki beton örnekleri hazırlanmıştır ve aşağıdaki gibi simgelenmiştir.

- a) Normal beton agregası (Atabey agregası) ile elde edilen beton örnekleri (N)
- b) Atabey ve atık beton agregasının karışımından elde edilen beton örnekleri (NR)
- c) Katkı olarak, uçucu külün farklı oranlarda (% 10-15-20-25-30) Atabey ve atık beton agregası karışımına katılmasıyla elde edilen beton örnekleri (UK)
- d) Katkı olarak, silis dumanının farklı oranlarda (% 6-8-10-12-14) Atabey ve atık beton agregası karışımına katılmasıyla elde edilen beton örnekleri (SD)
- e) Katkı olarak, süper akışkanlaştırıcının farklı oranlarda (% 0.10-0.15-0.20-0.25-0.30) Atabey ve atık beton agregası karışımına katılmasıyla elde edilen beton örnekleri (SA)
- f) Silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcının farklı oranlarda kullanılması ile elde edilen optimum sonuçlara göre, optimum değerleri veren oranlarda silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcının birlikte kullanıldığı beton örnekleri (SS)

3.1.1.Agrega

Çalışmamız süresince, iki farklı agrega kullanılmıştır. Birincisi, Isparta ilinin Atabey ilçesindeki kum ve çakıl ocaklarından çıkarılan doğal agregadır ve çalışmamızda (N) ile gösterilmiştir. Kullanılan ikinci agrega, Isparta-Merkez’de imar nedeniyle yıkılan bir binadan alınan atık betonların temizlendikten sonra kırılması sonucu elde edilen atık beton agregasıdır ve çalışmamızda (R) ile gösterilmiştir.

Atık betonların agrega haline dönüştürülmesi aşamasında ilk olarak, atık betonlar yıkım alanından yükleyici ile kamyonu yüklenerek Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü Beton Laboratuvarı’na getirilmiştir. Laboratuvara getirilen atık betonlar, ahşap ve tuğla parçası gibi maddelerden ve demirinden elle ayıklanarak temizlenmiştir. Temizlenen atık beton parçaları kamyonu yüklenerek, Isparta Belediyesi Asfalt Müdürlüğü’ne ait Isparta-Antalya yolu üzerindeki taş kırma tesisine getirilmiştir. Atık beton parçaları bu tesise ait konkasörde belirli büyüklüklerde kırılmış, elde edilen atık beton agregaları silolarda toplanmış ve kırma işlemi sona erdiğinde agregalar silolardan çıkartılarak tekrar laboratuvara getirilmiştir.

Elde edilen atık beton agregası, kırma taş tesisinde belirli elek aralıklarda kırıldığından, beton üretimi için uygun granülometriye sahip değildir. Bu nedenle yapılan çalışmada atık beton agregası, Atabey gregasına gerekli oranlarda karıştırılarak kullanılmıştır.

3.1.2.Çimento

Bu çalışmada, Göлтаş Göller Bölgesi Çimento Fabrikası’nın üretmiş olduğu portland çimentosu (PÇ 42,5) kullanılmıştır. Bu çimento ile ilgili her türlü fiziksel-mekanik deneyler ve kimyasal analiz sonuçları, fabrikanın kalite kontrol laboratuvarında yapılmış olup Ek-1’de verilmiştir.

3.1.3.Uçucu Kül

Çalışmada kullanılan uçucu kül, Muğla-Yatağan Termik Santrali'nden temin edilmiştir.

Çoğu termik güç tesislerinde toz haline getirilmiş kömür, elektrik enerjisi üretmek için yakılır. 200 No'lu (75'lik) elekten % 80'i geçene kadar ezilmiş ince kömür tozları (önceden ısınmış) havayla karıştırılır ve yanması için kazanlara atılır. Kömürün yanması sonucu, çeşitli gazlar ve yanmaz kalıntı olarak kömür külleri üretilir. Uçucu küllerin yoğunluğu 2.1 ile 2.7 gr/cm³ arasında değişir. Uçucu kül örneklerinin yoğunluğu, kömür kaynağı veya tesis etkisindeki değişikliklerden dolayı farklılıklar gösterebilir. Ayrıca, farklı güç tesislerinde veya farklı kömür kaynaklarına sahip bir tesiste üretilen uçucu küller farklı renklere sahip olabilirler. Genel olarak uçucu küller yığın halinde oldukları zaman grimsi bir renge sahiptirler. Buna rağmen, renkleri kömürün tipine, kalitesine ve kazandaki işlemlerine bağlı olarak açık kahverengi ile koyu gri arasında değişebilir. Çizelge 3.1'de 9 farklı C sınıfı uçucu kül ve 13 farklı F sınıfı uçucu külün analizi sonucu elde edilen kimyasal özellikleri verilmiştir (Erdoğan, 1997).

Çizelge 3.1. Farklı kömür yakılan güç tesislerinden oluşan uçucu küllerin kimyasal özellikleri arasındaki değişiklikler.

KİMYASAL ÖZELLİKLER	F SINIFI (% 10'dan az CaO)	C SINIFI (% 10'dan fazla CaO)
SiO ₂	43.6-64.4	23.1-50.5
Al ₂ O ₃	19.6-30.1	13.3-21.3
Fe ₂ O ₃	3.8-23.9	3.7-22.5
CaO	0.7-6.7	11.5-29.0
MgO	0.9-1.7	1.5-7.5
Na ₂ O	0-2.8	0.4-1.9
C, (LOI)*	0.4-7.2	0.3-1.9

*LOI: Akkor Kaybı

3.1.4.Silis Dumanı

Çalışmada kullanılan silis dumanı, Antalya Eti Elektrometalurji AŞ'den temin edilmiştir.

Silis dumanı, silisyum madeni yada ferrosilikon gibi silisyum alaşımının imali sonucunda elde edilmiş aşırı derecede ince (Portland çimentosundan yaklaşık yüz kez daha ince çaplara sahip küresel şekilli berrak olmayan partiküllerdir) toz halinde bir üründür. Bu maddenin içindeki silisyum içeriği % 85'ten % 98'e varan oranlarda değişmektedir. Silis dumanının rengi genellikle açık gri ile koyu gri arasında değişir. İçindeki karbon içeriğinin artmasıyla koyuluk artar. Su ile karıştırıldığında, siyah renkli bir bulamaç verir. Silis dumanı çok ince bölünmüş partiküllerden meydana gelir. Partiküllerin çoğu 0.1-0.2 mikrometre arasındadır. Çimento partiküllerinin ortalama büyüklük çapının yaklaşık 1/100'ü kadardır. Beton içerisinde kullanılan silis dumanının belirli yüzey alanı genellikle 130000 cm²/g ile 280000 cm²/g arasında değişmektedir. Yaklaşık olarak 200000 cm²/g'dır. Silis dumanının inceliği aşağıdaki diğer malzemeler ile karşılaştırılarak daha iyi örneklendirilir (Erdoğan, 1997).

Silis dumanı	: 200000 cm ² /gr
Tütün dumanı	: 100000 cm ² /gr
Uçucu kül	: 4000-7000 cm ² /gr
Normal portland çimentosu	: 3000 cm ² /gr

Silis dumanının özgül ağırlığı genellikle 2.2 ile 2.3 gr/cm³ arasında bulunanlar betonda kullanım için uygundur. (Normal portland çimentosunun özgül ağırlığı yaklaşık 3.1 gr/cm³'tür. Deneyimler beton içerisindeki silis dumanının optimum miktarının çimento ağırlığının % 10'una yakın olduğunu gösterir (Erdoğan, 1997).

Genellikle silis dumanının sıkıştırılmamış birim ağırlığı 240-300 kg/m³ civarındadır. Normal portland çimentosunun sıkıştırılmamış birim ağırlığı 1200 kg/m³'tür. Başka bir deyişle 50 kg çimento içeren bir çimento torbası, sıkıştırılmamış silis dumanının

sadece 10.5-12.5 kg'ını içine alabilir. Bu beton içerisinde kullanım için uygundur. Silis dumanının kimyasal bileşimi metal yada alaşım üretiminin türüne göre değişir. Bir ferrosilikon fırınından elde edilen silis dumanı, bir silikon metal üreten fırından elde edilen silis dumanına göre daha çok demir ve magnezyum içermektedir. Çizelge 3.2'de çeşitli ülkelerden bazı tipik silis dumanlarının kimyasal bileşimleri verilmiştir (Erdoğan, 1997).

Çizelge 3.2. Silis dumanının kimyasal bileşenleri (%)

İÇERİK	ABD	NORVEÇ	TÜRKİYE*
SiO ₂	90.0-93.0	90.0-96.0	93.0-95.0
C	1.3-2.6	0.5-1.4	0.8-1.0
Fe ₂ O ₃	0.4-0.7	0.2-0.8	0.4-1.0
Al ₂ O ₃	0.5-1.6	0.5-3.0	0.4-1.4
MgO	0.3-0.5	0.5-1.5	1.0-1.5
CaO	0.5-0.8	0.1-0.5	0.6-1.0
Na ₂ O	0.1-0.3	0.2-0.7	0.1-0.4
K ₂ O	1.0-1.2	0.4-1.0	0.5-1.0
S	0.1-0.2	0.1-0.4	0.1-0.3
LOI	1.4-2.8	0.7-2.5	0.5-1.0

*Antalya'da ferrosilikon fırınında üretilen silis dumanından elde edilen sonuçlardır.

3.1.5.Süper Akışkanlaştırıcı ve Yüksek Oranda Su Azaltıcı Kimyasal Katkı

Çalışmada kullanılan süper akışkanlaştırıcı ve yüksek oranda su azaltıcı özellik sağlayan beton katkısı İzmir SİKA AŞ'den temin edilen ASTM C 494-81 Tip F, TS EN 934-2 Standartlarına uygun olan kimyasal bir katkıdır. Polimer tip dispersiyon, kahverengi ve 1.20 kg/l yoğunluktadır.

Kullanılan Sikament FF isimli katkı, süper akışkanlaştırıcı özelliği ile döşeme betonlarında, temellerde, ince sık donatılı elemanlarda, duvarlarda ve kolonlarda, kiriş ve tabliyelerde kullanılabilir. Ayrıca su azaltıcı olarak köprü ve konsollarda,

öngerilimli betonlarda, erken kalıp alınması istenen yerlerde veya erken yükleme uygulanacak yerlerde kullanılabilir.

Sikament FF, aşağıdaki özelliklere sahiptir;

- Ayırışma riskini artırmadan ve karışım suyu miktarını artırmaksızın çalışabilirliği kolaylaştırır.
- Yüksek dozajlarda bile geciktirici etkisi olmaksızın normal priz alır.
- Yoğun ve düzgün yüzeyli beton üretiminde kullanılabilir.
- Karışım suyu miktarını dozaja bağlı olarak % 25-30 oranında azaltır.
- 28 günlük dayanımlarda % 20-40'lık artış görülür.
- Yüksek oranda su geçirimsizliği sağlar.

Dozaj olarak, çimento ağırlığının % 0.6-3.0 (100 kg çimento için, 600-3000 gr) arasında kullanılır. Kesin dozaj oranları çimento, agrega kalitesi, su/çimento oranı ve ortam sıcaklığına bağlı olarak belirlenir.

Kullanımı, suyla birlikte taze haldeki betona doğrudan ilave edilir. Sikament FF doğrudan taze betona ilave edilirse karışım süresi en az 1 dakika daha arttırılır.

3.1.6.Su

Çalışmada kullanılan su doğal kaynak suyudur.

3.1.7.Denemede Kullanılan Araç ve Gereçler

Laboratuar çalışmasında kullanılan araçlar ve gereçler, TS 706 (1980)'de belirtilen kare gözlü elekler, duyarlı terazi, etüv, plastik küp beton numune kalıpları, slamp hunisi, sarsma tablası, kür havuzu, tek eksenli basınç aleti, Los Angeles aleti, ultrases aleti, fırça, gres yağı, spatula, mala, cam ve plastik ölçü kabı, piknometre, plastik tokmak ve şişleme çubuğudur.

3.2.Yöntem

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

3.2.1. Agregada Örneklerinin Alınması

Normal agregada olarak, Isparta ilinin Atabey ilçesindeki kum ve çakıl ocaklarından çıkarılan doğal agregadan 3 m³ kamyona yüklenererek Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü Beton Laboratuvarı'na getirilmiştir. Agregada yığınının belirli bölgelerinden elek analizi yapmak amacıyla TS EN 932-1'e uygun şekilde agregadan numuneler alınmış ve TS EN 932-2'ye uygun biçimde çeyrekleme yöntemi kullanılarak numuneler azaltılmış ve deney numuneleri hazırlanmıştır. Agregada yığnında geriye kalan agregalar kare gözlü eleklerde elenerek 0-4 mm, 4-16 mm ve 16-32 mm olmak üzere üç gruba ayrılmıştır.

Kullanılan ikinci agregada, Isparta-Merkez'de imar nedeniyle yıkılan bir binadan alınan atık betonların (Şekil 3.1) temizlendikten sonra kırılması sonucu elde edilen atık beton agregasıdır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.1. Isparta merkezden alınan atık beton görüntüsü



Şekil 3.2. Atık betonun kırılmasıyla elde edilen agreganın görüntüsü

Atık betonların agrega haline dönüştürülmesi aşamasında ilk olarak, atık betonlar yıkım alanından yükleyici ile kamyonu yüklenerek Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü Beton Laboratuvarı'na getirilmiştir. Laboratuvara getirilen atık betonlar, ahşap ve tuğla parçası gibi maddelerden ve demirinden ayıklanarak temizlenmiştir. Temizlenen atık beton parçaları kamyonu yüklenerek, Isparta Belediyesi Asfalt Müdürlüğü'ne ait Isparta-Antalya yolu üzerindeki taş kırma tesisine (Şekil 3.3., Şekil 3.4.) getirilmiştir. Atık beton parçaları bu tesise ait konkasörde 4-8 mm ve 8-16 mm aralığındaki büyüklüklerde kırılmıştır. Atık beton parçalarının konkasörde kırılmaya başlanmasıyla birlikte elde edilen atık beton agregaları silolarda toplanmaya başlamıştır. Kırma işlemi sona erdiğinde agregalar silolardan çıkartılmış, çuvallara doldurularak tekrar laboratuvara getirilmiştir. 4-8 mm ve 8-16 mm iki ayrı grupta kırılan atık beton agregaları laboratuvara getirildikten sonra su ile yıkanarak, ince toz zerreciklerinden ve küçük ahşap parçacıklarından ayrıştırılmıştır.



Şekil 3.3. Atık betonun kırıldığı tesis

Elde ettiğimiz atık beton agregası, kırma taş tesisinde belirli elek aralıklarında kırıldığından, beton üretiminde tek başına kullanılabilmesi için gerekli granülometri yapısına sahip değildir. Bu nedenle, atık beton agregası Atabey agregası ile karıştırılarak uygun bir granülometri yapısı elde edilmiş ve bu şekilde beton üretiminde kullanılmıştır. Karışım; 0-4 mm, 4-16 mm ve 16-32 mm gibi üç gruba ayrılan Atabey agregasında, 4-16 mm Atabey agregası yerine aynı aralıktaki atık beton agregasının kullanılmasıyla sağlanmıştır.



Şekil 3.4. Tesisin başka bir görüntüsü

3.2.2. Agregada Fiziksel Özelliklerin Tayini

Agreganın fiziksel özelliklerin belirlenmesinde elek analizi, sıkışık ve gevşek birim hacim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme, komposite ve porozite deneyleri yapılmıştır.

3.2.2.1. Elek Analizi

Elek analizi deneyi TS 3530 EN 933-1'e göre yapılmıştır. Atabey agregası için elek analizi agrega yığınının farklı noktalarından alınan örneklerle birkaç kez tekrarlanmıştır. Atık beton agregası belirli bir aralıkta kırıldığı için elek analizi yapılmamıştır. Çalışmada kullanılan elek takımı Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Elek analizinde kullanılan elek takımı

3.2.2.2. Birim Ağırlık

Birim ağırlık deneyi, beton yapımında kullanılacak doğal ve atık beton agregalarının sıkışık ve gevşek birim ağırlıklarını belirleyebilmek için TS 3529 (1981)'e göre yapılmıştır. Birim ağırlık deneyinde kullanılan aletler Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Birim ağırlığın bulunmasında kullanılan aletler

3.2.2.3. Özgül Ağırlık ve Su Emme

Özgül ağırlık ve su emme deneyleri TS 3526 (1981)'e göre yapılmıştır.

3.2.2.4. Agreganın Komposite ve Porozitesi

Agreganın komposite, birim ağırlığın özgül ağırlığa oranı 1 nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$k = \Delta a / \delta a \quad (1)$$

Eşitlikte, k: komposite, Δa : agreganın birim ağırlığı (gr/cm^3), δa : agreganın özgül ağırlığı (gr/cm^3)'dir.

Agreganın porozitesi ise (2) nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

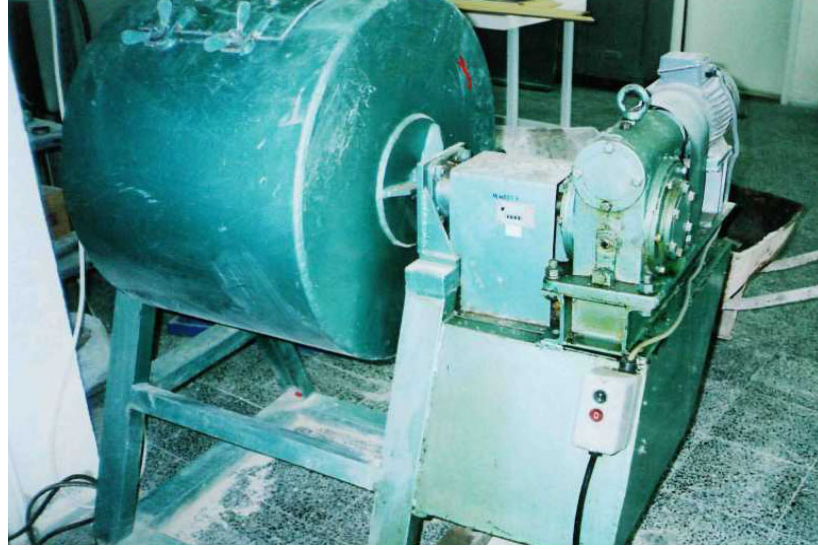
$$p = 1 - k \quad (2)$$

Eşitlikte, p : agreganın porozitesi, k : agreganın kompositesidir.

3.2.3. Agregada Mekanik Özelliklerin Tayini

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

3.2.3.1. Aşınma Dayanımı



Şekil 3.7. Los Angeles aleti

Los Angeles aşınma dayanımı deneyi, TS EN 1097-2'ye göre yapılmıştır. Çalışmada Los Angeles tamburu (Şekil 3.7.) kullanılmıştır. Agregaların Los Angeles katsayısı (3) nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$LA = (500 - m) / 50 \quad (3)$$

Eşitlikte, LA: Los Angeles katsayısı, m: 1.6 mm'lik elek üzerinde kalan fraksiyon (gr)'dir.

3.2.4. Taze Beton Deneyleri

Taze beton deneylerinden, taze beton kıvam deneyi ve taze beton birim hacim ağırlık tayini yapılmıştır.

3.2.4.1. Taze Beton Kıvam Deneyi

Taze beton kıvam deneyi TS EN 12350-2' e göre çökme hunisi metoduyla yapılmıştır. Çökme deneyinde kullanılan Slamp hunisi Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Çökme deneyi yapılan Slamp hunisi

3.2.4.2. Taze Beton Birim Hacim Ağırlık

Taze beton birim hacim ağırlığı TS 2941'e göre yapılmıştır. Taze beton birim hacim ağırlığı, beton örnekleri kalıba dökülürken hesaplanmıştır (Şekil 3.9.)



Şekil 3.9. Birim hacim ağırlık deneyleri yapılan kalıba dökülmüş beton numuneleri

3.2.5. Sertleşmiş Beton DeneYleri

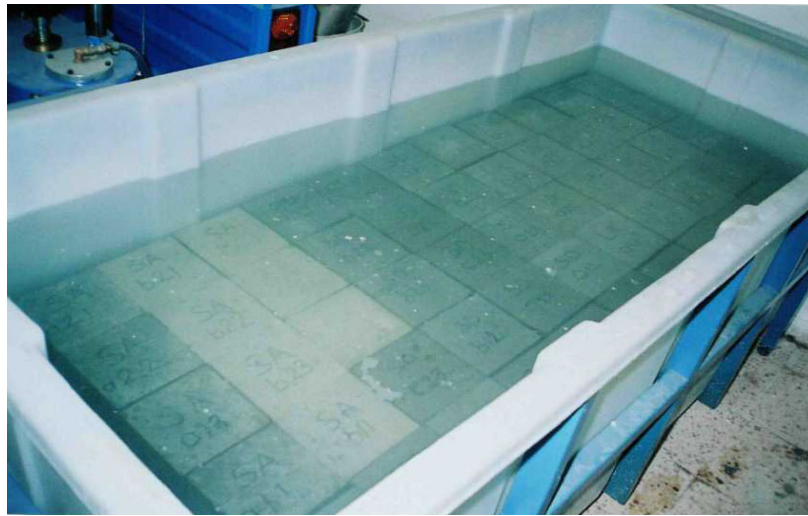
Sertleşmiş beton deneYlerinden ultrases hızı ve tek eksenli basınç dayanımı deneYleri yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda tek eksenli basınç dayanımı için 7 günlük ve 28 günlük örnekler, ultrases hızı için sadece 28 günlük örnekler üzerinde analizler yapılmıştır.

3.2.5.1. Basınç Dayanımı

Basınç dayanımı TS EN 12390-3'e göre yapılmıştır. Beton numunelerinin kalıba yerleştirilmesi sarsma tablası kullanılarak yapılmıştır. Kalıptan çıkartılan beton örnekleri kür havuzunda bekletilmiştir (Şekil 3.10). Sertleşmiş beton örnekleri tek eksenli basınç aleti ile kırılmıştır. Betonun basınç mukavemeti (4) nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$F_c = (F / A_c) \quad (4)$$

Eşitlikte, F_c : beton deney numunesi basınç dayanımı (kgf/cm^2), F : kırılma yükü (kgf), A_c : deney yükü uygulama yönüne dik deney numunesi kesit alanı (cm^2)'dir.



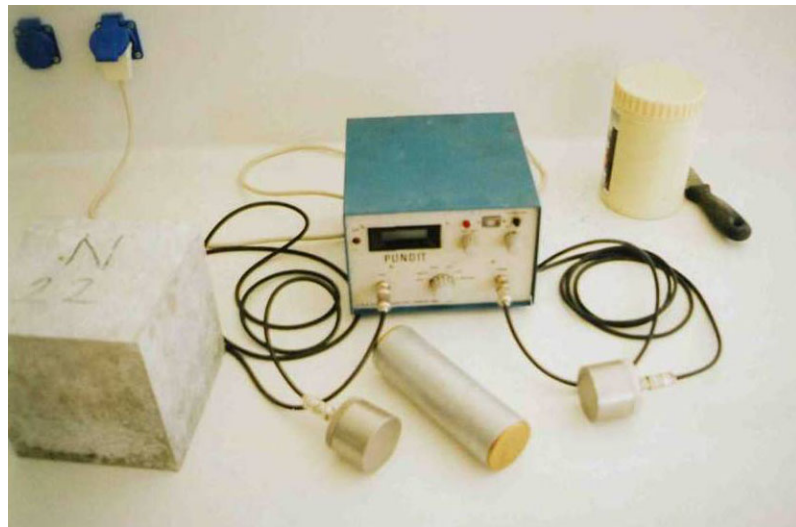
Şekil 3.10. Kür havuzuna yerleştirilmiş beton numuneleri



Şekil 3.11. Tek eksenli basınç aleti

3.2.5.2. Ultrases Hızı

Ultrases hızı ile ölçüm ASTM C 597'ye göre yapılmıştır. Malzeme testinde kullanılan ultrases (Şekil 3.12), pizzelektrik metodu ile elde edilmiştir. Beton numunenin bir ucuna ultrasesi oluşturan verici, diğer ucuna da malzeme içinden geçen ses dalgalarını alan bir alıcı yerleştirilmiştir. Alıcı tarafından tutulan ses dalgaları bir osilografa nakledilerek sesin örnek içinden geçiş zamanı tespit edilerek burada sesin örnekteki yayılma hızı bulunmuştur.



Şekil 3.12. Ultrases aleti

Ultrasonik dalgaların beton numunelerden (Şekil 3.13) geçiş zamanları cihazda okunarak, ses hızları (5) nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$V = L / T \quad (5)$$

Eşitlikte, V : ses hızı (km/s), L : ölçü boyu (km), T : ses geçiş süresi (saniye)'dir.



Şekil 3.13. Ultrases deneyine tabi tutulan beton örnekleri

3.2.6. Karışım Oranları

Beton karışım hesapları TS 802 (1985)'e göre yapılmıştır.

3.2.7. İstatistiksel Analizler

Deneme konuları arasındaki farklılıklar 'Varyans analizi' ile konuların sınıflandırılması ise 'LSD testi' ile yapılmıştır (Düzgüneş, 1963).

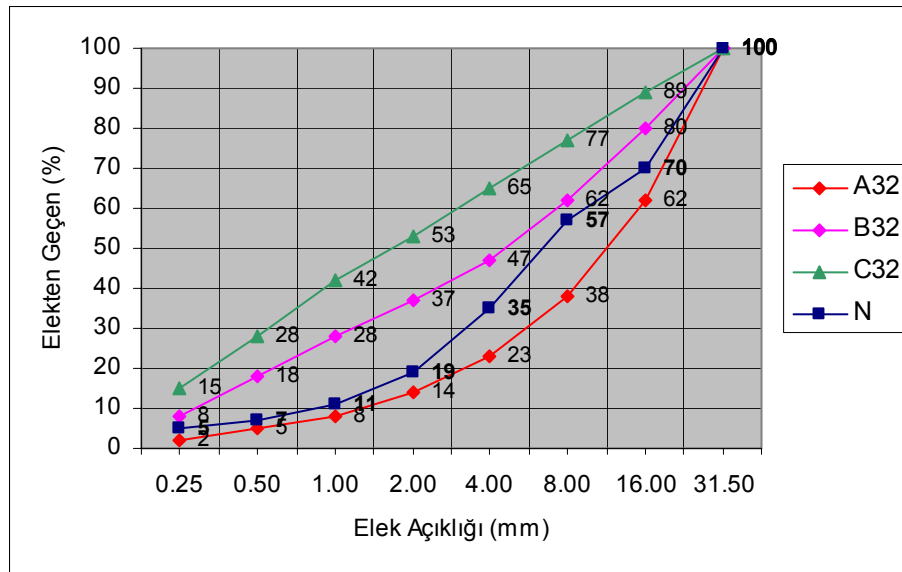
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Elek Analizine İlişkin Sonuçlar

Atabey agregası, 0-4 mm (N1), 4-16 mm (N2) ve 16-32 mm (N3) olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. A32-B32 sınır değerleri arasında bir granülometri değeri sağlamak için kendi aralarında gerekli yüzdelerde karıştırılmışlardır. Elde edilen karışıma ait yüzde ve değerler Çizelge 4.1’de, granülometri eğrisi ise Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Atabey agregası karışım yüzde ve değerleri

ELEK NO	ELEKTEN GEÇEN MALZEME (%)				SINIR DEĞERLER		
	Atabey (N1)	Atabey (N2)	Atabey (N3)	Karışım (N) %30N1, %35N2, %35N3	A32	B32	C32
31.5	100	100	100	100	100	100	100
16	100	100	0	70	62	80	89
8	100	63	0	57	38	62	77
4	100	0	0	35	23	47	65
2	54	0	0	19	14	37	53
1	32	0	0	11	8	28	42
0.5	19	0	0	7	5	18	28
0.25	13	0	0	5	2	8	15

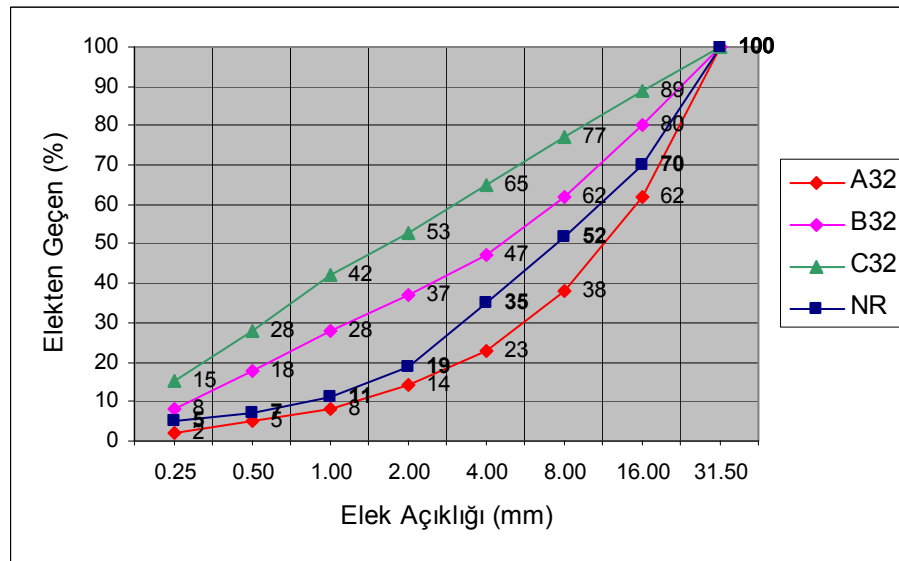


Şekil 4.1. Sınır değerler arasında Atabey agregasına ait granülometri eğrisi

Atık betondan elde edilen agrega 4-8 mm (R1) ve 8-16 mm (R2) olmak üzere konkasörle kırılarak elde edildiğinden dolayı iki gruba ayrılmıştır. Atık beton agregasında uygun granülometriyi sağlayabilmek amacıyla Atabey agregasıyla karıştırılmıştır. Karışım işlemi Atabey agregasıyla yapılan karışımındaki 4-16 mm (N2) yerine, 4-16mm atık beton agregası kullanılarak yapılmıştır. 4-16 mm atık beton agregası aralığında ise %50 R1 ve %50 R2 kullanılmıştır. Karışıma ait yüzde ve değerler Çizelge 4.2’de, granülometri eğrisi ise Şekil 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Atabey agregası ile atık beton agregasının karışım yüzde ve değerleri

ELEK NO	ELEKTEN GEÇEN MALZEME (%)					SINIR DEĞERLER		
	Atabey (N1)	Atabey (N3)	Atık (R1)	Atık (R2)	Karışım (NR) %30N1, %35N3, %17,5R1, %17,5R2	A32	B32	C32
31.5	100	100	100	100	100	100	100	100
16	100	0	100	100	70	62	80	89
8	100	0	100	0	52	38	62	77
4	100	0	0	0	35	23	47	65
2	54	0	0	0	19	14	37	53
1	32	0	0	0	11	8	28	42
0.5	19	0	0	0	7	5	18	28
0.25	13	0	0	0	5	2	8	15



Şekil 4.2. Atabey ve atık beton agregasının karıştırılmasıyla elde edilen granülometri eğrisi

4.2. Birim Ağırlığa İlişkin Sonuçlar

Birim ağırlık deneyinde sıkışık ve gevşek olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır. Birim ağırlık deneyinde, Atabey agregası üç farklı aralıkta ve atık beton agregası ise iki farklı aralıkta incelenmiştir (Çizelge 4.3.). Elde edilen sonuçlara göre atık beton agregasına ait birim ağırlık değerlerinin Atabey agregasına ait değerlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Agrega birim ağırlık deneyi sonuç değerleri

Agrega Türü	Deney Yöntemi	En Büyük Agregada Dane Çapı (mm)	Ölçek Kabı Boş Ağırlık (gr)	Ölçek Kabı İç Hacim (cm ³)	Ölçek Kabı + Agregada Ağırlığı (gr)	Agrega Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	Ortalama Birim Ağırlık (gr/cm ³)
Atabey (0-4mm) (N1)	Gevşek	4	7940	5301	16850	1.680	1.68
		4	7940	5301	16840	1.678	
		4	7940	5301	16892	1.688	
	Sıkışık	4	7940	5301	17592	1.820	1.83
		4	7940	5301	17668	1.835	
Atabey (4-16mm) (N2)	Gevşek	16	7940	5301	15903	1.502	1.51
		16	7940	5301	15976	1.515	
		16	7940	5301	15924	1.506	
	Sıkışık	16	7940	5301	16716	1.655	1.66
		16	7940	5301	16806	1.672	
Atabey (16-32mm) (N3)	Gevşek	32	7940	5301	15575	1.440	1.43
		32	7940	5301	15550	1.435	
		32	7940	5301	15516	1.429	
	Sıkışık	32	7940	5301	16330	1.582	1.58
		32	7940	5301	16331	1.583	
Atık Beton (4-8mm) (R1)	Gevşek	8	7940	5301	13954	1.134	1.13
		8	7940	5301	13928	1.129	
		8	7940	5301	13941	1.132	
	Sıkışık	8	7940	5301	14649	1.266	1.27
		8	7940	5301	14690	1.273	
Atık Beton (8-16mm) (R2)	Gevşek	16	7940	5301	13930	1.129	1.13
		16	7940	5301	13923	1.128	
		16	7940	5301	13926	1.129	
	Sıkışık	16	7940	5301	14629	1.261	1.26
		16	7940	5301	14647	1.265	
		16	7940	5301	14632	1.262	

4.3. Özgül Ağırlık ve Su Emmeye İlişkin Sonuçlar

Özgül ağırlık ve su emme deneyinde Atabey agregası üç farklı aralıkta ve atık beton agregası ise iki farklı aralıkta incelenmiştir (Çizelge 4.4.). Özgül ağırlık hesaplamaları, kuru haldeki agregalar için yapılmıştır.

Çizelge 4.4. Agreganın özgül ağırlık deneyi sonuç değerleri

Agrega Türü	Kuru Numune (gr)	Doygun Kuru Yüzey Numune (gr)	Su + Piknometre (gr)	Su + Piknometre + Numune (gr)	Kuru Özgül Ağırlık (δ_k) (gr/cm ³)	Ortalama Özgül Ağırlık ($\delta_{k_{ort}}$) (gr/cm ³)
Atabey (0-4mm) (N1)	48.35	49.43	782.04	812.76	2.584	2.58
	59.25	60.57	782.04	819.65	2.580	
Atabey (4-16mm) N2	79.30	80.14	1078.21	1128.43	2.650	2.64
	81.13	82.32	1078.21	1129.77	2.637	
Atabey (16-32mm) N3	154.13	155.02	1078.21	1176.68	2.725	2.72
	161.01	162.15	1078.21	1181.26	2.724	
Atık Beton (4-8mm) R1	43.49	47.16	782.04	810.09	2.275	2.28
	41.78	45.23	782.04	809.01	2.288	
Atık Beton (8-16mm) R2	55.92	58.35	1078.21	1113.12	2.385	2.39
	59.58	63.74	1078.21	1117.06	2.393	

Deney sonucunda atık beton agregasının, normal Atabey agregasına oranla daha düşük değerler verdiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, yakın sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Hansen ve Narud (1983), kuru yüzeyli eski beton agregasının özgül ağırlığını 2340 kg/m³ (4-8 mm) bulmuşlardır. Turanlı (1998) ise yaptığı çalışmasında (15-30 mm) boyutlarındaki atık betonun kuru özgül ağırlığının 2410 kg/m³ olarak bulmuştur. Topçu (1993), yaptığı çalışmasında kullandığı eski beton kırıklarının özgül ağırlıklarının 2470 kg/m³ olduğunu belirtmiştir. Bunlardan başka Japonya'da BCSJ (1978) tarafından yayınlanan bir raporda ise özgül ağırlığın kuru haldeki atık beton kaba agregası için 2120-2430 kg/m³, atık beton ince agregası için 1970-2140 kg/m³ arasında değiştiği belirlenmiştir.

Yapılan su emme deneyi sonucunda, atık beton agregalarının su emme oranı normal agregaya oranla oldukça fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Benzer sonuçlar Buck (1973), Hansen ve Narud (1983) tarafından da elde edilmiştir. Buck (1973), eski beton kırıklarının yeniden kullanılarak değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalarında eski beton kırığı agregaların daha yüksek su emme oranına sahip olduklarını gözlemlemiştir. Hansen ve Narud (1983), yaptıkları çalışmalar sonucunda eski beton kırığı agregaların su emme yüzdesi değerlerinin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 4.5. Agregası su emme deneyi sonuç değerleri

Agregası Türü	Etiv Kuru Ağırlığı (gr)	Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı (gr)	Su Emme (%)
Atabey (0-4mm) (N1)	2099.92	2132.17	1.54
Atabey (4-16mm) (N2)	2426.49	2458.64	1.33
Atabey (16-32mm) (N3)	3906.12	3933.52	0.70
Atık Beton (4-8mm) (R1)	1530.15	1642.48	7.34
Atık Beton (8-16mm) (R2)	1863.75	1960.31	5.18

4.4. Agregalarda Kompasite ve Poroziteye İlişkin Sonuçlar

Kompasite ve porozite deneyleri Atabey ve atık beton agregasında farklı aralıklarda sıkışık ve gevşek iki yöntemde hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi yapılan çalışmada atık beton agregalarının kompasite (doluluk) oranı, normal agregaya oranla daha düşük çıkmıştır. Agregalarda kompasite 0.45-0.70 değerleri arasında olması gerektiğinden, Atabey ve atık beton agregasından elde ettiğimiz sonuçların kompasite değerleri açısından uygun olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Agregaların kompasite ve porozite sonuç değerleri

Agrega Türü	DeneY Yöntemi	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Özgöl Ağırlık (gr/cm ³)	Kompasite (k)	Porozite (p)
Atabey (0-4mm)	Gevşek	1.682	2.58	0.65	0.35
	Sıkışık	1.833		0.71	0.29
Atabey (4-16mm)	Gevşek	1.508	2.64	0.57	0.43
	Sıkışık	1.657		0.63	0.37
Atabey (16-32mm)	Gevşek	1.434	2.72	0.53	0.47
	Sıkışık	1.582		0.58	0.42
Atık Beton (4-8mm)	Gevşek	1.132	2.28	0.49	0.51
	Sıkışık	1.269		0.56	0.44
Atık Beton (8-16mm)	Gevşek	1.128	2.39	0.47	0.53
	Sıkışık	1.263		0.53	0.47

4.5. Agregalarda Aşınma Dayanımına İlişkin Sonuçlar

Los Angeles aşınma deneyi 100 devir ve 500 devir olmak üzere 4-8 mm ve 8-16 mm aralıklarındaki Atabey ve atık beton agregalarına uygulanmıştır. DeneY ile ilgili sonuç değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Los Angeles aşınma dayanımı sonuç değerleri

Agrega Türü	DeneY Örneğinin Ağırlığı (gr)	100 devir sonunda elek üstünde kalan (gr)	500 devir sonunda elek üstünde kalan (gr)	Los Angeles Katsayısı (%)	
				100 devir	500 devir
Atabey (4-8mm)	5000	4825	4250	3.50	15.00
Atabey (8-16mm)	5000	4905	4350	1.90	13.00
Atık Beton (4-8mm)	5000	4675	3675	6.50	26.50
Atık Beton (8-16mm)	5000	4780	3850	4.40	23.00

Yapılan çalışma sonucunda atık beton agregasındaki 100 devir ve 500 devir sonucundaki aşınma oranının normal agregaya oranla daha fazla olduğu belirlenmiştir. Elde edilen değerler 4-8 mm atık beton agregası için % 26.5 ve

8-16 mm atık beton agregası için % 23'tür. Bu değerler, BCSJ (1978) tarafından belirlenen değerler arasındadır. BCSJ (1978), farklı şekillerde parçalara ayrılmış farklı dayanım değerlerine sahip on beş değişik betondan elde ettiği kaba agregalar üzerinde yaptığı aşınma deneyleri sonucunda, Los Angeles aşınma kaybı oranını % 25.1 ile % 35.1 arasında bulmuştur.

Ayrıca, atık beton ve Atabey agregasından elde edilen sonuçlar ASTM C 33'te verilen değerlerden daha küçük olması bu agregaların beton üretiminde kullanılabileceğini göstermektedir. ASTM C-33 'Standard Specification for Concrete Aggregates' standardında Los Angeles aşınma değerinin beton üretiminde kullanılacak agrega için % 50'den, yol yapımında kullanılacak agrega için ise % 40'dan fazla olmaması gerektiği vurgulanmaktadır.

4.6. Taze Beton Deneylerine İlişkin Sonuçlar

Atabey agregasından elde edilen N, Atık beton agregası ve Atabey agregasının karışımından elde edilen NR ve silis dumanı ile birlikte süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan SS beton örneklerine ait deney sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Normal beton, karışım betonu, silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan betonların, birim hacim ağırlık ve çökme sonuç değerleri

Beton Türü	Dara (gr)	Toplam Ağırlık (gr)	Taze Beton Ağırlığı (gr)	Hacim (cm ³)	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Ort. Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Çökme Değeri (mm)
N	2055	10581	8526	3375	2.53	2.53	55
	2053	10573	8520		2.52		
	2051	10584	8533		2.53		
NR	2057	10218	8161	3375	2.42	2.41	45
	2054	10194	8140		2.41		
	2053	10182	8129		2.41		
SS	2054	10360	8306	3375	2.46	2.45	50
	2051	10238	8187		2.43		
	2055	10353	8298		2.46		

Yapılan deneyler sonucunda Atabey agregasından elde edilen betonun (N) birim hacim ağırlık değerlerinin atık beton agregası ile Atabey agregası karışımından elde

edilen betonun (NR) birim hacim ağırlık değerlerinden büyük olduğu belirlenmiştir. Karışım betonunun (NR) çökme değerlerinde ise normal betona (N) oranla % 18.2 azalma olduğu gözlemlenmiştir. Çökme miktarındaki bu azalma, atık beton agregasındaki su gereksinimin normal agregaya oranla daha fazla olmasından kaynaklanmıştır.

Silis dumanı kullanılan beton örneklerinde (SD), karışım betonuna (NR) oranla birim hacim ağırlık değerlerinde azalma ve çökme değerlerinde ise % 44'lere varan bir artış gözlemlenmiştir. Çökme değerlerindeki bu artış silis dumanının fazla su gereksiniminden dolayı karışımdaki su miktarının artırılmasından kaynaklanmıştır. Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi beton örneklerindeki silis yüzdesinin artmasıyla çökme değerlerindeki artış azalmıştır.

Çizelge 4.9. Farklı oranlarda silis dumanı kullanılan beton örneklerine ait birim hacim ağırlık ve çökme sonuç değerleri

Beton Türü	Dara (gr)	Toplam Ağırlık (gr)	Taze Beton Ağırlığı (gr)	Hacim (cm ³)	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Ort. Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Çökme Değeri (mm)
SDa % 6	2056	9875	7819	3375	2.32	2.28	65
	2057	9727	7670		2.27		
	2062	9641	7579		2.25		
SDb % 8	2053	9779	7726	3375	2.29	2.31	65
	2062	9900	7838		2.32		
	2057	9868	7811		2.31		
SDc % 10	2059	10081	8022	3375	2.38	2.38	60
	2055	10058	8003		2.37		
	2061	10106	8045		2.38		
SDd % 12	2055	10164	8109	3375	2.40	2.40	60
	2056	10145	8089		2.39		
	2060	10171	8111		2.40		
SDe % 14	2053	9998	7945	3375	2.35	2.35	55
	2051	9965	7914		2.34		
	2062	10038	7976		2.36		

Uçucu kül kullanılan beton örneklerinde (UK), karışım betonuna oranla birim hacim ağırlık değerlerinde küçük bir artış fakat çökme değerlerinde ise % 11 ile % 44 arasında bir artış gözlemlenmiştir. Çökme değerlerindeki bu artışın, beton

örneklerindeki uçucu kül yüzdesinin artmasıyla doğru orantılı olarak arttığı Çizelge 4.10'da görülmektedir. Değerlerdeki bu artışa, uçucu külün betonun işlenebilirliğini artırma özelliği etki etmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı oranlarda uçucu kül kullanılan beton örneklerine ait birim hacim ağırlık ve çökme sonuç değerleri

Beton Türü	Dara (gr)	Toplam Ağırlık (gr)	Taze Beton Ağırlığı (gr)	Hacim (cm ³)	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Ort. Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Çökme Değeri (mm)
UKa % 10	2062	10260	8198	3375	2.43	2.43	50
	2058	10250	8192		2.43		
	2053	10234	8181		2.42		
UKb % 15	2052	10238	8186	3375	2.42	2.43	55
	2060	10279	8219		2.43		
	2051	10253	8202		2.43		
UKc % 20	2054	10280	8226	3375	2.44	2.44	60
	2063	10308	8245		2.44		
	2057	10291	8234		2.44		
UKd % 25	2065	10319	8254	3375	2.45	2.45	65
	2052	10294	8242		2.44		
	2053	10308	8255		2.45		
UKe % 30	2068	10363	8295	3375	2.46	2.45	65
	2054	10323	8269		2.45		
	2053	10310	8257		2.45		

Süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan beton örneklerinde (SA), karışım betonuna oranla birim hacim ağırlık değerlerinde küçük fakat çökme değerlerinde % 22'ye varan bir artış gözlemlenmiştir. Birim hacim ağırlık değerlerinde, süper akışkanlaştırıcı ve yüksek oranda su azaltıcı katkı miktarı arttıkça buna doğru orantılı olarak azda olsa bir artış gözlemlenmiştir. Yine aynı şekilde çökme değerlerinde katkı miktarının artmasına doğru orantılı olarak artış gözlemlenmiştir. Süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan beton örneklerinde su miktarı azaltıldığından dolayı çökme değerleri yüksek artış göstermemiştir. Süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan beton örneklerine ait birim hacim ağırlık ve çökme değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı oranlarda süper akışkanlaştırıcı kullanılan beton örneklerine ait birim hacim ağırlık ve çökme sonuç değerleri

Beton Türü	Dara (gr)	Toplam Ağırlık (gr)	Taze Beton Ağırlığı (gr)	Hacim (cm ³)	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Ort. Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Çökme Değeri (mm)
SAa %0.10	2059	10211	8152	3375	2.41	2.41	45
	2053	10204	8151		2.41		
	2051	10189	8138		2.41		
SAb %0.15	2063	10298	8235	3375	2.44	2.43	50
	2057	10232	8175		2.42		
	2053	10283	8230		2.44		
Sac %0.20	2067	10315	8248	3375	2.44	2.44	50
	2056	10287	8231		2.44		
	2053	10299	8246		2.44		
SAd %0.25	2059	10342	8283	3375	2.45	2.45	55
	2058	10329	8271		2.45		
	2060	10353	8293		2.46		
SAe %0.30	2063	10366	8303	3375	2.46	2.46	55
	2062	10396	8334		2.47		
	2057	10379	8322		2.46		

4.7. Sertleşmiş Beton Deneylerine İlişkin Sonuçlar

4.7.1. Tek eksenli basınç dayanımı sonuçları

Normal Atabey agregasından, atık beton agregası ile Atabey agregasının karışımından ve karışım agregasına silis dumanı ile birlikte süper akışkanlaştırıcı katılarak elde edilen beton örneklerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları ve ortalamaları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Atık beton agregası ve Atabey agregası karışımından elde edilen beton örneklerinin (NR) basınç dayanımında, normal Atabey agregasından elde edilen beton örneklerinin (N) basınç dayanımına oranla % 4.8 bir azalma olmuştur. Atık beton agregasının kullanıldığı beton örneklerinin 7 günlük basınç dayanımının ise normal betona oranla % 7.3 daha yüksek değer verdiği gözlemlenmiştir. Atık beton agregasının normal agregaya oranla su emme yüzdesinin fazla olması, atık beton agregası kullanılan beton örneklerinin daha erken yaşlarda sertleşmesine neden

olmuş ve 7 günlük basınç dayanımının yüksek çıkmasında etkili olmuştur. Silis dumanı ile süper akışkanlaştırıcının birlikte kullanıldığı beton örneklerinde (SS) ise karışım agregasından elde edilen beton örneklerine oranla 7 günlük dayanımlarda % 28.6 ve 28 günlük dayanımlarda % 32 artış gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.12. Normal beton, karışım betonu, silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan betonların, tek eksenli basınç dayanımı sonuç değerleri

Beton Türü	Yüze Gelen Yük (kgf)		Yüze Alanı (cm ²)	Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)			
	7 günlük	28 günlük		7 günlük	Ort. 7 günlük	28 günlük	Ort. 28 günlük
N	68474	89269	225	304.33	293.15	396.75	392.66
	65505	87446		295.58		388.65	
	65286	88611		290.16		393.83	
	63569	88065		282.53		391.40	
NR	70938	84476	225	315.28	313.85	375.45	373.64
	72143	84298		320.64		374.66	
	70182	83853		311.92		372.68	
	69201	83646		307.56		371.76	
SS	89329	111399	225	397.02	404.342	495.11	493.01
	91179	112898		405.24		501.77	
	92686	108589		411.94		482.62	
	90713	110821		403.17		492.54	

Silis dumanının atık beton ve Atabey agregası karışımı ile elde edilecek agrega ile üretilecek betonun dayanımı üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla, farklı oranlardaki (% 6, 8, 10, 12, 14) silis dumanı kullanılarak elde edilen beton örneklerine ilişkin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları ile konular arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda elde edilen LSD testi grupları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Çizelgeden de izleneceği gibi konular arasında istatistiksel açıdan $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli farklılıklar bulunmamaktadır. 7 ve 28 günlük basınç dayanımları değerlendirildiğinde silis dumanını basınç dayanımını arttırmadığı aksine 7. gün için % 21-32 ve 28. gün için ise % 10-19 oranında azalttığı görülmektedir. Bunun nedeni beton karışımında kullanılan silis dumanının karışımın su gereksinimini arttırması sonucu karışımındaki su miktarının arttırılmasıdır. Artan su miktarı da dayanımı olumsuz yönde etkilemiştir.

Çizelge 4.13. Farklı oranlarda silis dumanı kullanılan beton örneklerine ait tek eksenli basınç dayanımı sonuç değerleri

Beton Türü	Yüze Gelen Yük (kgf)		Yüzey Alanı (cm ²)	Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)			
	7 günlük	28 günlük		7 günlük	Ort. 7 günlük	28 günlük	Ort. 28 günlük
SDa % 6	46802	67032	225	208.01	212.41E	297.92	301.58B
	48809	68450		216.93		304.22	
	47940	66657		213.07		296.25	
	47614	69288		211.62		307.95	
SDb % 8	52287	69401	225	232.39	227.82D	308.45	307.81B
	50517	68370		224.52		303.87	
	50838	68825		225.95		305.89	
	51396	70430		228.43		313.02	
SDc % 10	53716	72651	225	238.74	237.40C	322.89	323.45B
	54398	73827		241.77		328.12	
	53016	72918		235.63		324.08	
	52533	71715		233.48		318.73	
SDd % 12	54780	74605	225	243.47	248.54B	331.58	335.43AB
	55509	75194		246.71		334.20	
	57118	76434		253.86		339.71	
	56277	75651		250.12		336.23	
SDe % 14	51783	70805	225	230.15	229.42CD	314.69	316.42B
	52207	72143		232.03		320.64	
	51624	70404		229.44		312.91	
	50861	71428		226.05		317.46	
NR	70938	84476	225	315.28	313.85A	375.45	373.64A
	72143	84298		320.64		374.66	
	70182	83853		311.92		372.68	
	69201	83646		307.56		371.76	

P≤0.01 düzeyinde

LSD=8.116

LSD=39.26

Uçucu külün atık beton ve Atabey agregası karışımı ile elde edilen agrega ile üretilecek betonun dayanım üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla farklı oranlardaki (% 10, 15, 20, 25, 30) uçucu kül kullanılarak elde edilen beton örneklerine ilişkin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları ile konular arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda elde edilen LSD testi grupları Çizelge 4.14'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, konular arasında P≤ 0.01 düzeyinde istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmamaktadır. Uçucu kül kullanılan betonların 7 ve 28 günlük basınç dayanımları değerlendirildiğinde, 7. gün için % 11-25 ve 28. gün için ise % 2-13 azalttığı görülmektedir. Bununla birlikte beton içerisindeki uçucu kül miktarının artmasıyla doğru orantılı olarak dayanımın azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.14. Farklı oranlarda uçucu kül kullanılan beton örneklerine ait tek eksenli basınç dayanımı sonuç değerleri

Beton Türü	Yüze Gelen Yük (kgf)		Yüzey Alanı (cm ²)	Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)			
	7 günlük	28 günlük		7 günlük	Ort. 7 günlük	28 günlük	Ort. 28 günlük
UKa % 10	62966	84249	225	279.85	279.44B	374.44	365.96A
	64811	80572		288.05		358.10	
	61611	81509		273.83		362.26	
	62104	83034		276.02		369.04	
UKb % 15	57696	80635	225	256.43	260.32C	358.38	356.67B
	59672	81535		265.21		362.38	
	58700	79142		260.89		351.74	
	58216	77441		258.74		354.18	
UKc % 20	57773	80802	225	256.77	259.36C	359.12	354.73B
	58255	78833		258.91		350.37	
	58574	79850		260.33		354.89	
	58826	79769		261.45		354.53	
UKd % 25	57190	78057	225	254.18	252.58C	346.92	348.92B
	57064	79850		253.62		354.89	
	56193	77638		249.75		345.06	
	56875	78480		252.78		348.80	
UKe % 30	52796	72143	225	234.65	234.70D	320.64	324.00C
	52983	73187		235.48		325.28	
	52152	72787		231.79		323.50	
	53295	73481		236.87		326.58	
NR	70938	84476	225	315.28	313.85A	375.45	373.64A
	72143	84298		320.64		374.66	
	70182	83853		311.92		372.68	
	69201	83646		307.56		371.76	

P≤0.01 düzeyinde

LSD=8.167

LSD=8.895

Süper akışkanlaştırıcı ve yüksek oranda su azaltıcı özellik gösteren katkının atık beton ve Atabey agregası karışımı ile elde edilen agrega ile üretilen betonun dayanımı üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla farklı oranlardaki (% 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30) süper akışkanlaştırıcı kullanılarak elde edilen beton örneklerine ilişkin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları ile konular arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda elde edilen LSD testi grupları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Çizelgeden de izleneceği gibi P≤ 0.01 düzeyinde basınç dayanımları değerlendirildiğinde süper akışkanlaştırıcının 7 günlük için % 23-36 ve 28 günlük için ise % 22-49 oranında basınç dayanımını arttırdığı görülmektedir. Çizelge incelendiğinde 7 ve 28 günlük dayanımların her ikisinde de en yüksek dayanım artışının % 0.15 oranında süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan

SAb beton türünde görüldüğü belirlenmiştir. Dayanımlardaki bu yüksek orandaki artışın sebebi süper akışkanlaştırıcının karışımın su gereksinimini azaltması ve betonun daha iyi sıkışmasını sağlayarak daha az boşluklu bir yapı oluşmasına katkı sağlamasıdır.

Çizelge 4.15. Farklı oranlarda süper akışkanlaştırıcı kullanılan beton örneklerine ait tek eksenli basınç dayanımı sonuç değerleri

Beton Türü	Yüze Gelen Yük (kgf)		Yüzey Alanı (cm ²)	Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)			
	7 günlük	28 günlük		7 günlük	Ort. 7 günlük	28 günlük	Ort. 28 günlük
SAa % 0.10	93711	117137	225	416.49	416.24A	520.61	519.47B
	94374	119731		419.44		532.14	
	92988	114423		413.28		508.55	
	93541	116228		415.74		516.57	
SAb % 0.15	96828	127722	225	430.35	425.99A	567.65	557.45A
	96093	125956		427.08		559.80	
	95314	124508		423.62		553.37	
	95161	123522		422.94		548.99	
SAc % 0.20	90873	107334	225	403.88	400.92B	477.04	480.21C
	88920	110195		395.20		489.76	
	91428	108054		406.35		480.24	
	89608	106484		398.26		473.26	
SAd % 0.25	91167	108828	225	405.19	397.87B	483.68	472.24CD
	88791	103746		394.63		461.09	
	89937	105707		399.72		469.81	
	88188	111238		391.95		474.39	
SAe % 0.30	84901	102408	225	377.34	386.27C	455.15	457.38D
	87655	103104		389.58		458.24	
	88211	104586		392.05		464.83	
	86877	101547		386.12		451.32	
NR	70938	84476	225	315.28	313.85D	375.45	373.64E
	72143	84298		320.64		374.66	
	70182	83853		311.92		372.68	
	69201	83646		307.56		371.76	

P≤0.01 düzeyinde

LSD=10.22

LSD=15.24

4.7.2. Ultrases hızı deney sonuçları

Çizelge 4.16’da normal Atabey agregasından, atık beton agregası ile Atabey agregasının karışımından ve karışım agregasına silis dumanı ile birlikte süper akışkanlaştırıcı kullanılarak elde edilen betonların ultrases hızı değerleri ve ortalamaları verilmiştir.

Çizelge incelendiğinde atık beton agregası ve Atabey agregası karışımından elde edilen beton örneklerinin (NR) ultrases hızında, Atabey agregasından elde edilen beton örneklerinin (N) ultrases hızına oranla % 6.9 azalma olduğu belirlenmiştir. Silis dumanı ile birlikte süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan beton örneklerinin (SS) ultrases hızında, karışım agregasından elde edilen beton örneklerinin (NR) ultrases hızına oranla % 3.4 artış olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.16. Normal beton, karışım betonu, silis dumanı ile süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılan betonların, ultrases hızı sonuç değerleri

Beton Türü	Okunan Değer (T)	Küp Örnek Boyu (km)	Ultrases Hızı (km/s)	Ort. Ultrases Hızı (km/s)
N	29.1	0.00015	5.15	5.19
	29.2	0.00015	5.14	
	28.5	0.00015	5.26	
	28.6	0.00015	5.24	
NR	30.6	0.00015	4.90	4.83
	31.0	0.00015	4.84	
	31.1	0.00015	4.82	
	31.4	0.00015	4.78	
SS	30.2	0.00015	4.97	5.01
	29.8	0.00015	5.03	
	29.6	0.00015	5.07	
	30.1	0.00015	4.98	

Silis dumanının atık beton ve Atabey agregası karışımı ile elde edilen agrega ile üretilen betonun dayanımı üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla, farklı oranlardaki (% 6, 8, 10, 12, 14) silis dumanı kullanılarak elde edilen beton örneklerine ilişkin ultrases hızı değerlerinin ve konular arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda elde edilen LSD testi grupları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgeden de izleneceği gibi konular arasında

$P \leq 0.01$ düzeyinde önemli farklılıklar bulunmamaktadır. Ultrases hızı sonuçları değerlendirildiğinde silis dumanını betonun ultrases hızı değerini % 2-7 oranında azalttığı görülmektedir. Bunun nedeni karışımda silis dumanının su gereksinimini karşılamak amacıyla su miktarında artırıma gidilmesi sonucunda elde edilen betonun daha boşluklu bir yapıya sahip olmasıdır.

Çizelge 4.17. Farklı oranlarda silis dumanı kullanılan beton örneklerine ait ultrases hızı sonuç değerleri

Beton Türü	Okunan Değer (T)	Küp Örnek Boyu (km)	Ultrases Hızı (km/s)	Ort. Ultrases Hızı (km/s)
SDa % 6	32.9	0.00015	4.56	4.49 C
	33.8	0.00015	4.44	
	33.6	0.00015	4.46	
	33.1	0.00015	4.53	
SDb % 8	32.6	0.00015	4.60	4.68 B
	31.4	0.00015	4.78	
	32.2	0.00015	4.66	
	32.1	0.00015	4.67	
SDc % 10	31.8	0.00015	4.72	4.70 B
	31.6	0.00015	4.75	
	32.1	0.00015	4.67	
	32.1	0.00015	4.67	
SDd % 12	31.9	0.00015	4.70	4.73 AB
	31.5	0.00015	4.76	
	32.1	0.00015	4.67	
	31.2	0.00015	4.81	
SDe % 14	32.2	0.00015	4.66	4.71 B
	31.8	0.00015	4.72	
	31.6	0.00015	4.75	
	31.9	0.00015	4.70	
NR	30.6	0.00015	4.90	4.83 A
	31.0	0.00015	4.84	
	31.1	0.00015	4.82	
	31.4	0.00015	4.78	

$P \leq 0.01$ düzeyinde

LSD=0.1122

Uçucu külün atık beton ve Atabey agregası karışımı ile elde edilen agregaya ile üretilecek betonun dayanım üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla farklı oranlardaki (% 10, 15, 20, 25, 30) uçucu kül kullanılarak elde edilen beton örneklerine ilişkin ultrases hızı değerlerinin belirlenmesi ve konular arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda elde edilen LSD testi grupları Çizelge 4.18'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, konular arasında $P \leq 0.01$ düzeyinde uçucu kül katkısının istatistiksel açıdan ultrases düzeyini

etkilemediği, $P \leq 0.05$ düzeyinde incelendiğinde ise uçucu külün betonun ultrases hızını % 0.4-3 oranında azalttığı belirlenmiştir. Bu azalma miktarı, beton karışımındaki uçucu kül oranının artmasına ters orantılı olarak azalmıştır. Bunun nedeni uçucu külün akışkanlığı artırması ve bununla beraber betondaki boşluk miktarının azalmasıdır.

Çizelge 4.18. Farklı oranlarda uçucu kül kullanılan beton örneklerine ait ultrases hızı sonuç değerleri

Beton Türü	Okunan Değer (T)	Küp Örnek Boyu (km)	Ultrases Hızı (km/s)	Ort. Ultrases Hızı (km/s)
UKa % 10	32.0	0.00015	4.69	4.68 C
	32.4	0.00015	4.63	
	32.2	0.00015	4.66	
	31.7	0.00015	4.73	
UKb % 15	31.9	0.00015	4.70	4.70 BC
	31.8	0.00015	4.72	
	31.9	0.00015	4.70	
	32.0	0.00015	4.69	
UKc % 20	31.6	0.00015	4.75	4.73 B
	31.7	0.00015	4.73	
	31.9	0.00015	4.70	
	31.6	0.00015	4.75	
UKd % 25	31.8	0.00015	4.72	4.74 B
	31.5	0.00015	4.76	
	31.6	0.00015	4.75	
	31.8	0.00015	4.72	
UKe % 30	30.7	0.00015	4.88	4.81 A
	31.2	0.00015	4.81	
	31.5	0.00015	4.76	
	31.4	0.00015	4.78	
NR	30.6	0.00015	4.90	4.83 A
	31.0	0.00015	4.84	
	31.1	0.00015	4.82	
	31.4	0.00015	4.78	

$P \leq 0.05$ düzeyinde

LSD=0.05499

Süper akışkanlaştırıcı ve yüksek oranda su azaltıcı özellik gösteren katkının atık beton ve Atabey agregası karışımı ile elde edilen agregaya ile üretilen betonun dayanımı üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla farklı oranlardaki (% 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30) süper akışkanlaştırıcı kullanılarak elde edilen beton örneklerin ultrases hızı değerleri ve konular arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda elde edilen LSD testi grupları Çizelge 4.19'da verilmiştir. Çizelgeden de izleneceği gibi $P \leq 0.01$ düzeyinde ultrases hızı

değerlendirildiğinde, süper akışkanlaştırıcının ultrases hızını % 2.7-6 oranında arttırdığı belirlenmiştir. Ultrases değerlerindeki en yüksek artış SAb beton türünde görülmüştür. Süper akışkanlaştırıcı kullanılan betonlardaki ultrases hızı değerlerinin yükselmesindeki bu neden, süper akışkanlaştırıcının betonun daha iyi sıkışmasını ve daha az boşluklu bir yapıya sahip olmasını sağlamasıdır.

Çizelge 4.19. Farklı oranlarda süper akışkanlaştırıcı kullanılan beton örneklerine ait ultrases hızı sonuç değerleri

Beton Türü	Okunan Değer (T)	Küp Örnek Boyu (km)	Ultrases Hızı (km/s)	Ort. Ultrases Hızı (km/s)
SAa % 0.10	30.4	0.00015	4.93	4.96 B
	30.0	0.00015	5.00	
	30.3	0.00015	4.95	
	30.2	0.00015	4.97	
SAb % 0.15	29.2	0.00015	5.14	5.12 A
	29.2	0.00015	5.14	
	29.4	0.00015	5.10	
	29.3	0.00015	5.12	
SAc % 0.20	29.4	0.00015	5.10	5.00 B
	30.8	0.00015	4.87	
	29.5	0.00015	5.08	
	30.1	0.00015	4.98	
SAd % 0.25	30.1	0.00015	4.98	4.99 B
	30.0	0.00015	5.00	
	29.9	0.00015	5.02	
	30.2	0.00015	4.97	
SAe % 0.30	30.7	0.00015	4.89	4.97 B
	30.2	0.00015	4.97	
	29.8	0.00015	5.03	
	30.0	0.00015	5.00	
NR	30.6	0.00015	4.90	4.83 C
	31.0	0.00015	4.84	
	31.1	0.00015	4.82	
	31.4	0.00015	4.78	

$P \leq 0.01$ düzeyinde

LSD=0.1146

4.8. Beton Karışım Oranlarına İlişkin Sonuçlar

Yapılan çalışmada 300 dozlu betonlar üretilmiş ve betonlara ait karışım oranları ile ilgili malzeme miktarları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Beton karışım hesabı TS 802’ye göre normal Atabey agregasından elde edilen beton türü (N) için hesaplanmıştır. S/Ç oranı % 58 olarak belirlenmiştir. NR beton türünün karışım

miktarlarını hesaplariken atık beton agregasının su emme ihtiyacı kadar, su miktarına ekleme yapılarak karışım hesabı yapılmıştır (S/Ç % 62). Yine aynı şekilde silis dumanı katkılı betonların (SD) karışım hesabında da su gereksinimini karşılamak için gerekli miktarda su artırımı yapılmıştır ve S/Ç oranı % 70 olarak belirlenmiştir. Uçucu kül katkılı betonlarda karışım hesabı yapılırken su artırımına gidilmemiştir (S/Ç % 58). Süper akışkanlaştırıcı kullanılan betonların karışım hesabı yapılırken, akışkanlaştırıcının su gereksinimini azalttığı dikkate alınarak su miktarında azaltma yapılmış ve S/Ç oranı % 48 olarak belirlenmiştir. Tüm beton türlerinde agrega miktarları hesaplanırken, 0-4 mm, 4-16 mm ve 16-32 mm aralıklarında ayrı ayrı hesaplamalar yapılmıştır.

Çizelge 4.20. Kullanılan beton örneklerine ait karışım miktarları (1m³)

Beton Türü	Katkı Oranı (%)	Katkı Miktarı (kg)	S/Ç Oranı (%)	Çimento Miktarı (kg)	Su Miktarı (kg)	Atabey (0-4) (kg)	Atabey (4-16) (kg)	Atık (4-16) (kg)	Atabey (16-32) (kg)
N	-	-	58	300	173	650.088	665206	-	587.455
NR	-	-	62	300	185	639.252	-	578.547	577.663
SS	12 0.15	36 0.45	58	264	145	650.088	-	597.354	587.455
SD	6	18	70	282	210	616.677	-	558.116	557.263
	8	24		276	210	616.677	-	558.116	557.263
	10	30		270	210	616.677	-	558.116	557.263
	12	36		264	210	616.677	-	558.116	557.263
	14	42		258	210	616.677	-	558.116	557.263
UK	10	30	62	270	185	639.252	-	578.547	577.663
	15	45		255	185	639.252	-	578.547	577.663
	20	60		240	185	639.252	-	578.547	577.663
	25	75		225	185	639.252	-	578.547	577.663
	30	90		210	185	639.252	-	578.547	577.663
SA	0.10	0.30	48	300	145	675.372	-	611.237	610.303
	0.15	0.45		300	145	675.372	-	611.237	610.303
	0.20	0.60		300	145	675.372	-	611.237	610.303
	0.25	0.75		300	145	675.372	-	611.237	610.303
	0.30	0.90		300	145	675.372	-	611.237	610.303

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, atık betonlardan elde edilen agregaların taşıyıcı yapı elemanlarında kullanılabilirliği ile silis dumanı, uçucu kül ve süper akışkanlaştırıcı katkıların, geri dönüştürülmüş agregaların kullanıldığı betonların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar aşağıda değerlendirilmiştir.

Atık beton agregası ve Atabey agregasının karışımından elde edilen şahit betonların, normal Atabey agregasından elde edilen betonlara oranla, 28 günlük basınç dayanımında % 4.8, ultrases hızında % 6.9 ve çökme değerinde % 18 oranlarında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşın 7 günlük basınç dayanımında ise % 7.2 oranında bir artış olduğu tespit edilmiştir.

Silis dumanı kullanılan betonların basınç dayanımlarında % 10-19 oranlarında bir düşüş olduğu, bunun nedeninin ise silis dumanının su gereksinimini karşılamak amacıyla karışımdaki su miktarının artırılması olduğu belirlenmiştir. Bu nedenden dolayı eğer betonda katkı olarak silis dumanı kullanılacaksa, yüksek dayanım elde edebilmek için mutlaka süper akışkanlaştırıcılar ile birlikte kullanılmalıdır. Silis dumanı ile birlikte süper akışkanlaştırıcı kullanılan betonların basınç dayanımlarında % 32, çökme değerinde % 11, ultrases hızında % 3.5 oranlarında artış ve birim hacim ağırlık değerlerinde ise küçük bir artış olduğu tespit edilmiştir.

Uçucu kül kullanılan betonların çökme değerlerinde % 11-44 oranlarında bir artış, basınç dayanımında % 2-13 ve ultrases hızında % 0.4-3 oranlarında bir azalma olduğu saptanmıştır. Beton içerisinde uçucu kül miktarının artmasına ters orantılı olarak dayanımda bir azalma olduğu fakat birim hacim ağırlık, çökme ve ultrases değerlerinde ise doğru orantılı olarak bir artış olduğu belirlenmiştir. Buradan elde edilen sonuçlara göre, uçucu külün betonda işlenebilirliği arttırmak amaçlı olarak kullanılması önerilebilmektedir.

Süper akışkanlaştırıcı ve yüksek oranda su azaltıcı özellik gösteren katkı kullanılan betonların, çökme değerinde % 22, basınç dayanımında % 22-49 ve ultrases hızında % 2.7-6 oranlarında artış olduğu belirlenmiştir. Özellikle basınç dayanımını çok belirgin bir şekilde arttırdığı tespit edilmiştir. Eğer yüksek dayanımlı beton elde edilmek isteniyorsa katkı olarak süper akışkanlaştırıcı ve yüksek oranda su azaltıcı özellik gösteren katkı kullanılmalıdır.

Elde edilen sonuçlara dayanarak, atık beton agregası ve Atabey agregasının karışımından elde edilen şahit betonların, silis dumanı katkılı betonların, uçucu kül katkılı betonların ve süper akışkanlaştırıcı kullanılarak elde edilen betonların, BS20 değerleri üzerinde dayanım gösterdiği ve taşıyıcı yapı elemanlarında kullanılabileceği tespit edilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Adams, E.C., (Çeviren: Dönmez, S.), 1993. Yapı Bilgisi III, Yüksek Öğretim Kurulu, II. Baskı, Ankara.
- Akman, S., 1965. Ultrasonik Titreşimlerin Betona Uygulanması, İTÜ. Dergisi, no:23, s.9-18, İstanbul.
- Akman, S., 1996. Kimyasal Katkıların Betona Uygulanması, IV.Beton Kongresi Bildiriler Kitabı, s.1-11, İstanbul.
- Akman, S., Taşdemir, M.A., 1979. Ultrasonik Ölçümlerde Betonun Dayanımının Belirlenmesi, İTÜ Bülteni, s.46-55, İstanbul.
- Arıoğlu, E., Manzak, O., 1991. İstanbul Çevresindeki Bazı Taş Ocaklarında Üretilen Beton İri Agregalarının Mühendislik Özelliklerinin İrdelenmesi, Prefabrik Birliği, Sayı:20, s. 17, İstanbul.
- Assbrock, O., 1999. (Çeviren: Abit, Ö.), Bundesverband der Deutschen Transport Industrie, Deutschland.
- ASTM C 33. Betonda Ultrases Hızı ile Ölçüm, Amerika Deney Materyalleri Kurumu, Amerika Birleşik Devletleri.
- ASTM C 597. Betonda Ultrases Hızı ile Ölçüm, Amerika Deney Materyalleri Kurumu, Amerika Birleşik Devletleri.
- ASTM C 618. Betonda Ultrases Hızı ile Ölçüm, Amerika Deney Materyalleri Kurumu, Amerika Birleşik Devletleri.
- Baradan, B.,1997. Yapı Malzemesi-II. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, s.174-176, İzmir.
- Baratta, M., Becker-Roes, D.,1998. Moisture Measuring on Recycled Aggregates, Darmstadt Concrete, Darmstadt, Germany.
- Bayazıt, Ö.L., 1988. Beton ve Deneyleri, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, DSİ Matbaası, s. 46-60, Ankara.
- BCSJ, 1978. Study on Recycled Aggregate and Recycled Concrete Aggregate, Building Contractors Society of Japan, Committee on Disposal and Reuse of Concrete Construction Waste, Summary in Concrete Journal, vol.16, no.7, p.18-31, Japan.
- Buck, A.D., 1973. Recycled Concrete. Highway Research Record, No:930, Highway Research Board, p.8, England.

- Buck, A.D., 1977. Recycled Concrete as a Source of Aggregate. ACI Journal, v.74, no.5, p.212-219, England.
- Coquillat, G., 1982. Recyclage des Materiaux de Demolition dans la Confection du Beton, CEEBTP-service D'etude des Materiaux Unite: Technologie des Beton, Marche no.80-61-248, Saint Remy les Chevreuse, France.
- DIN 1045, 1998. Mineral Yapı Materyallerinin Geri Dönüştürülmesi, Almanya.
- Düzgüneş, O., 1963. İstatistik Prensipleri ve Metodları, Ege Üniversitesi Matbaası, s.1-364, İzmir.
- Erdoğan, T.Y., 1997. Admixtures for Concrete, Middle East Technical University Press, p.93-126, Ankara.
- Ergün, A., 1988. Zemin Taşıma Gücünün Sismik Yöntemlerle Saptanması, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- 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, p.34-40, Germany
- Fraser, A., 1999. A Sing of The Times: Recycled Concrete, Australia.
- Garg, A., Koster, G., Rühl, M., 1998. Implementation of Long Term Measurements at a Building Made of Concrete with Aggregate Derived from Concrete Rubble, Germany.
- Gerardu, J.J.A., Hendriks, C.F., 1985. Recycling of Road Pavement Materials in Netherlands, Rijkswaterstaat Commnications, no.38, the Hague.
- Grübl, P., Nealen, A., Schmidt, N., 1998. Concrete Made from Recycled Aggregate: Experiences from The Building Project 'Waldspirale', Darmstadt, Germany.
- Grübl, P., Rühl, M., 1998. German Committee for Reinforced Concrete (Dafstb)-Code: Concrete with Recycled Aggregates, University of Dundee, Concrete Tecnology Unit, London, England.
- Günçan, N.F., 1995. Eski Beton Kırığı Agregalı Betonların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 44s, Eskişehir.
- Güngör, Ş.G., 1975. Beton Karışım Hesabında Yeni Bir Yöntem, DSİ Teknik Bülteni, s.34, Ankara.

- Hansen, T.C., Boegh, E., 1985. Elasticity and Drying Shrinkage of Recycled Aggregate Concretes, ACI Journal, England.
- Hansen, T.C., Hedegard, E., 1984. Properties of Recycled Aggregate Concretes as Affected by Admixtures in Original Concretes, ACI Journal, p.21-26, England.
- Hansen, T.C., Narud, H., 1983. Strength of Recycled Concrete Made from Crushed Concrete Coarse Aggregate, ACI, Concrete International, Design and Construction, vol.5, no.1, p.79-83, Germany.
- Hasaba, S., Kawamura, M., Torijik, K., Takemoto, K., 1981. Drying Shrinkage and Durability of The Concrete Made of Recycled Concrete Aggregate, Translation of The Japan Concrete Institute, vol.3, p.55-60, Japan
- Klemt, K., 1998. Bearing and Deformation Performance of Concrete with Recycled Aggregates, Darmstadt Concrete, Darmstadt, Germany.
- Kohler, G., Kurkowski, H., 1998. Optimising The Use of RCA, University of Dundee, Concrete Technology Unit, London, England.
- Kreijger, P.C., 1983. Hergebruik van Bouw-en Sloopafval als Toeslagmateriaal in Beton, TH Eindhoven, Afdeling Bouwkunde, Rapport M83-1, France.
- L'Hermit, R., 1955. Documentation Technique du Batiment et des Travaux Publies, Ideas Actuelles sur la Technologie du Beton, p.232-242, Paris.
- Malhotra, V.M., 1978. Use of Recycled Concrete as a New Aggregate, Proc. of Symposium on Energy and Resource Conservation in The Cement and Concrete Industry, Canmet, Report no. 76-8, Ottawa.
- Mukai, T., 1979. Study on Reuse of Waste Concrete for Aggregate of Concrete, Paper Presented at a Seminar on 'Energy and Resources Conservation in Concrete Technology', Japan-U.S Cooperative Science Programme, San Francisco.
- Mukai, T., Kikuchi, M., Koizumi, H., 1978. Fundamental Study on Bond Properties Between Recycled Aggregates Concrete and Steel Bars, Cement Association of Japan, Japan.
- Murlin, J.A., Wilson, C., 1952. Field Practise in Lightweight Concrete, ACI Journal, Proceeding, 49, p.21-36, London.
- Müller, C., 1999. Requirements on Concrete for Future Recycling, Technical University of Aachen, Germany.

- Narud, H., 1982. Recycled Concrete in Low Strength Concrete with Fly Ash , Technical Report 110/82, Building Materials Laboratory, Technical University of Denmark, in Denmark.
- Nealen, A., Rühl, M.,1997. Consistency Aspects in The Production of Concrete Using Aggregates from Recycled Demolition Material, Darmstadt Concrete, Darmstadt, Germany.
- Nixon, P.J., 1978. Recycled Concrete as an Aggregate for Concrete, First State of Art Report RILEM TC-37-DRC, Materials and Structures (RILEM), no.65, p.371-378.
- 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. İTÜ İnşaat Fakültesi , Yapı Malzemesi Seminerleri, İstanbul.
- Petersons, N., 1971. Recommendations for Estimation of Quality of Concrete in Finished Structures, Materials and Structures, n.24, p.379-397, Rilem.
- Postacıoğlu, B., 1975. Betonun İşlenebilme Özelliği. Yapı Malzemesi Problemleri, Çağlayan Kitabevi, 126 s., İstanbul.
- Postacıoğlu, B., 1981. Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri. İ.T.Ü. Matbaası, 194-269 s, 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.
- Rasheeduzzafar, Khan, A., 1984. Mentrecycled Concrete a Source of New Aggregate, Concrete and Aggregates (ASTM), vol.6, no.1, p.17-27
- Ravindrarajah, R.S., Tam, C., 1985. Properties of Concrete Made with Crushed Concrete as Coarse Aggregate, Magazine of Concrete Research, vol.37, no.130.
- Roos, F., Zilch, K.,1998. Verification of The Dimensioning Values for Concrete with Recycled Concrete Aggregates, International Symposium, Concrete Technology Unit, London, England.

- Rühl, M., 1997. Water Absorption Capacity of Recycled Demolition Rubble, Darmstadt Concrete, Darmstadt, Germany.
- Savaş, Ö., 2002, Atık Betonların Geri Kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 66s, Isparta.
- Shacklock, B.W., 1974. Concrete Constituents and Mix Proportions, Cement and Concrete Association, 8p, London.
- Şimşek, O., 2004. Beton ve Beton Teknolojisi, Seçkin Yayıncılık, I. Baskı, s.104-116, Ankara.
- Topçu, İ.B., 1993. Beton Kırıklarının Agrega Olarak Kullanıldığı Betonlar, Türkiye İnşaat Mühendisliği XII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı, TMMOB İnşaat Mühendisliği Odası, s.511-522, Ankara.
- Topçu, İ.B., Şengel, S., 1995. Beton Kırıklarının Agrega Olarak Kullanıldığı Betonların Mukavemetleri ve Don Dayanımları, Anadolu Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisine sunuldu.
- TS 2941, 1978. Taze Betonda Birim Hacim Ağırlık Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 3526, 1981. Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Ağırlıklarının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, I. Baskı, Ankara.
- TS 3529, 1981. Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, I. Baskı, Ankara.
- TS 3530 EN 933-1. Agrega Tane Büyüklüğü Dayanımı (Elek Analizi), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 706, 1980. Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, I. Baskı, Ankara.
- TS 802, 1985. Beton Karışım Hesap Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, I. Baskı, Ankara.
- TS EN 1097-2. Agrega Parçalanma Direncinin Tayini İçin Los Angeles Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12350-2. Taze Beton Kıvam Deneyi (Çökme Hunisi Metodu), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-3. Numuneler Üzerinde Beton Basınç Deneyinin Yapılışı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TS EN 9362-1. Agregadan Numune Alma Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 9362-2. Laboratuvar Numunelerinin Azaltılması ile Deney Numunesi Hazırlama Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, 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.
- Wesche, K., Schulz, R.R., 1982. Beton aus Aufbereitetem Altbeton, Technologie und Eigenschaften, Beton 32, no.2, p.64-68, no.3, p.108-112, France.
- Yannas, S.,1977 Waste Concrete as Aggregate for New Concrete, ACI Journal, Proc., v.74, no.B, p.373-376, England.
- Yıldırım, H., Uyan, M., 1992. Normal ve Süper Akışkanlaştırıcı Beton Katkı Maddeleri ve Türkiye’de Durum, Hazır Beton Sempozyumu, Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul.
- Zagurskij,V.A., Zhadanovskij,B.V., 1985. Breaking Reinforced Concrete and Recycling Crushed Materials, Spesial Technical Report, Research Institute for Concrete and Reinforced Concrete (GOSSTROY), Moskow.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER:

Adı Soyadı : İsmail KILIÇ
Doğum Yeri : Vakfıkebir- TRABZON
Doğum Yılı : 1977
Medeni Durumu : Bekar

EĞİTİM VE AKADEMİK DURUMU:

Lisans : 1999-2003 Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi
Yapı Eğitimi Bölümü
Ön lisans : 1996-1998 Balıkesir Üniversitesi Balıkesir MYO İnşaat Bölümü
Yabancı Dil : İngilizce