

**HAZIR BETON SANTRALI ATIK SUYUNUN BETON ÜRETİMİNDE
KARMA SUYU OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Engin NALLI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ 2006
ANKARA**

Engin NALLİ tarafından hazırlanan HAZİR BETON SANTRALI ATIK SUYUNUN
BETON ÜRETİMİNDE KARMA SUYU OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu
onaylarım.


Doç. Dr. H. Yılmaz ARUNTAŞ
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi
olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Metin ARSLAN



Üye : Doç. Dr. H. Yılmaz ARUNTAŞ



Üye : Doç. Dr. Seyhan FIRAT



Üye :

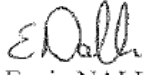
Tarih: 06. 07. 2006



Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.


Engin NALLI

**HAZIR BETON SANTRALI ATIK SUYUNUN BETON ÜRETİMİNDE
KARMA SUYU OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Engin NALLI

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Temmuz 2006**

ÖZET

Bu çalışmada, hazır beton santrali atık suyunun beton üretiminde karma suyu olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Bu amaçla beton üretiminde karma suyu olarak içme suyu (İS) ve atık su (AS) kullanılmıştır. Daha sonra İS içerisinde %25, %50 ve %75 oranlarında AS karıştırılarak 5 farklı beton üretilmiştir. % 100 İS ve % 100 AS kullanılan betonlara % 0,5, % 1, % 1,5 ve % 2 oranlarında (çimento ağırlığının %' si) süper akışkanlaştırıcı (SA) katkı katılarak 8 tane katkılı beton, toplamda ise 13 beton üretilmiştir. Hazırlanan bu karışımlarda taze beton sıcaklığı, çökme, taze beton birim ağırlığı ve hava miktarı belirlenmiştir. Elde edilen betonlardan 150x150x150 mm boyutlarında küp numuneler alınmıştır. Numuneler 2, 7 ve 28 gün süreyle laboratuvar kürüne tabi tutulmuştur. Sertleşmiş beton numuneleri üzerinde basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. SA kullanılan betonlar ile SA kullanılmayan betonlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. %100 İS kullanılan betonlar hem katkısız hemde SA katkılı üretilen betonlarda en yüksek dayanımı göstermiştir.

Elde edilen sonuçlar, üretilen katkısız ve katkılı betonların ilgili Türk Standartlarına uygun olduğunu ve hazır beton santrali AS' nin beton üretiminde karma suyu olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Bilim Kodu : 714.1.143
Anahtar Kelimeler : Beton, Hazır beton, Atık su, Geri dönüşüm
Sayfa Adedi : 77
Tez Yöneticisi : Doç. Dr. H. Yılmaz ARUNTAŞ

**INVESTIGATION OF USABILITY OF READY MIXED CONCRETE
PLANT WASTE WATER AS MIXING WATER IN CONCRETE
PRODUCTION
(M.Sc.Thesis)**

Engin NALLI

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
July 2006**

ABSTRACT

In this study, the usability of ready mixed concrete plant waste water as mixing water in concrete production was investigated.

For this purpose, drinking water (İS) and waste water (AS) were used as mixing water in concrete production. Afterwards mixing AS at the rate of 25 %, 50 % and 75 % in to İS , 5 different kind of concrete has been produced. Superplasticizer (SA) was used 0,5 %, 1,0 %, 1,5 % and 2,0 % (by weight of cement) in concrete mixtures which used as mixing water İS and AS. Totally 13 type of concrete were produced. In those prepared concrete, the temperature, slump, the unit weight of fresh concrete, and the amount of air have been measured. From the obtained concretes, the cube specimens of 150x150x150 mm have been taken. The specimens have been subjected to laboratory cure for 2, 7 and 28 days. Compressive strength test was performed on the hardened concrete specimens. With and without SA concrete specimens have been examined as comparing. The highest compressive strength was obtained with 100 % İS concrete.

The obtained results have indicated that the containing additive and pure concretes are convenient to the concrened Turkish Standards, and ready mixed concrete plant waste water can be used as mixing water in concrete production.

Science Code : 714.1.143
Key words :Concrete, Ready Mixed concrete, Waste Water, Recycling
Page Number : 77
Adviser : Assoc. Prof. Dr. H. Yılmaz ARUNTAŞ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince ilgisini ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren değerli hocam Doç. Dr. H. Yılmaz ARUNTAŞ' a, katkıları ile tezimi yönlendiren ve çalışmalarımı teşvik eden Yapı Eğitimi Bölümü öğretim üyesi değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK'e ve Yapı Eğitimi Bölümünden değerli Arş.gör.Mustafa DAYI' ya, Arş.gör.Murat ÇAVUŞ'a, Arş.gör.Gökhan DURMUŞ' a ve Arş.gör.Mustafa ÇULLU' ya, SET Beton San. ve Tic. A.Ş.'nin Kalite-Kontrol laboratuvarı çalışanlarına ayrıca meslek hayatım ve çalışmalarım boyunca her türlü desteğiyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Beton	3
2.1.1. Betonun tanımı	3
2.1.2. Betonu oluşturan malzemeler.....	3
2.1.3. Betonun genel özellikleri	10
2.2. Hazır Beton	11
2.2.1. Hazır betonun önemi.....	12
2.2.2. Hazır beton endüstrisinin tarihsel gelişim süreci	12
2.2.3. Hazır betonda kalite kontrol.....	19
2.2.4. Hazır beton tesisinde yapılan deneyler.....	19
2.2.5. Hazır betondan beklenen özellikler.....	25
2.2.6. Hazır beton özelliklerine etki eden faktörler.....	32
2.2.7. Hazır beton santrali.....	37

Sayfa

2.2.8. Geri kazanım ve geri dönüşüm.....	37
2.3. Hazır betonla ilgili yapılan önceki çalışmalar	40
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	44
3.1. Malzeme	44
3.1.1. Çimento.....	44
3.1.2. Agrega.....	45
3.1.3. Katkı.....	45
3.1.4. Su.....	46
3.2. Yöntem	47
3.2.1. Beton numunelerinin kodlanması.....	48
3.2.2. Tane büyüklüğü dağılımının tayini deneyi(elek analizi)	48
3.2.3. Beton numunelerin üretilmesi	50
3.2.4. Taze beton kıvam tayini deneyi(çökme metodu)	51
3.2.5. Taze betonda birim ağırlık tayini deneyi	52
3.2.6. Taze betonda hava miktarı tayini deneyi	53
3.2.7. Küp numunelerinin alınması ve saklanması	53
3.2.8. Basınç dayanımı deneyi	55
3.2.9. Atık su numunesinin deneye hazırlanması.....	56
4. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME.....	58
4.1. Taze Beton Deney Sonuçları.....	58
4.1.1.Çökme.....	58
4.1.2. Taze beton sıcaklığı.....	59
4.1.3. Taze beton birim ağırlığı.....	60

	Sayfa
4.1.4. Taze beton hava miktarı.....	60
4.2. Basınç Dayanımı.....	61
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	72
KAYNAKLAR.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	77

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Karma suyunun özellikleri.....	5
Çizelge 2.2. Karışım suyunun kullanılacağı beton özelliğine göre en yüksek klorür içeriği.....	6
Çizelge 2.3. En fazla zararlı madde miktarı değerleri.....	7
Çizelge 2.4. Hazır beton sektöründeki gelişmeler.....	13
Çizelge 2.5. Hazır beton sektöründeki pompa ve mikser sayısı.....	14
Çizelge 2.6. Beton sınıfları kullanım oranları.....	14
Çizelge 2.7. Hazır beton sektöründeki personel sayısı.....	15
Çizelge 2.8. Coğrafi bölgelere göre tesis ve üretim dağılımı.....	15
Çizelge 2.9. ERMCO üyesi ülkelerdeki hazır beton üretimleri.....	16
Çizelge 2.10. ERMCO üyesi ülkelerdeki beton dayanım sınıfları.....	17
Çizelge 2.11. Kıvam sınıfları.....	26
Çizelge 2.12. Normal beton basınç dayanım sınıfları.....	29
Çizelge 3.1. PÇ 42,5 çimentosunun kimyasal analizleri.....	44
Çizelge 3.2. PÇ 42,5 çimentosunun fiziksel özellikler.....	44
Çizelge 3.3. Agregaların kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	45
Çizelge 3.4. Deneylerde kullanılan SA katkıya ait teknik özellikler.....	45
Çizelge 3.5. Deneylerde kullanılan AS' un kimyasal analiz sonuçları.....	46
Çizelge 3.6. 1 m ³ beton üretimi için hesaplanmış malzeme miktarı.....	48
Çizelge 3.7. Agregaların elek analizi sonuçları.....	49
Çizelge 3.8. Kür havuzu ısısı takip formu.....	54

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Katkısız taze beton deney sonuçları	58
Çizelge 4.2. SA katkılı numunelere ait taze beton deney sonuçları.....	58
Çizelge 4.3. Farklı karma suyu kullanılarak üretilen betonların basınç dayanımı deney sonuçları.....	61
Çizelge 4.4. Basınç dayanımı değerlerine ait çoklu karşılaştırma (Duncan) testi sonuçları.....	62
Çizelge 4.5. Basınç dayanımı değerleri bakımından karışım suyu oranlarının karşılaştırılmasına ait varyans analizi.....	64
Çizelge 4.6. Farklı karma suyu ve farklı katkı oranı kullanılarak üretilen betonların basınç dayanımı deney sonuçları.....	64
Çizelge 4.7. Basınç dayanımı değerlerine ait çoklu karşılaştırma (Duncan) testi sonuçları (İS kullanılan beton numuneler için)	65
Çizelge 4.8. Basınç dayanımı değerlerine ait çoklu karşılaştırma (Duncan) testi sonuçları (AS kullanılan beton numuneler için).....	66
Çizelge 4.9. Basınç dayanımı değerleri bakımından karışım suyu oranlarının karşılaştırılmasına ait varyans analizi (% 0,5 SA katkılı beton numuneler için).....	67
Çizelge 4.10. Basınç dayanımı değerleri bakımından karışım suyu oranlarının karşılaştırılmasına ait varyans analizi (% 1 SA katkılı beton numuneler için).....	69
Çizelge 4.11. Basınç dayanımı değerleri bakımından karışım suyu oranlarının karşılaştırılmasına ait varyans analizi (% 1,5 SA katkılı beton numuneler için).....	70
Çizelge 4.12. Basınç dayanımı değerleri bakımından karışım suyu oranlarının karşılaştırılmasına ait varyans analizi (% 2 SA katkılı beton numuneler için).....	71

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Çökmenin ölçülmesi.....	24
Şekil 2.2. Çökme şekilleri.....	24
Şekil 2.3. Hava sıcaklığı- Beton buharlaşma hızı ilişkisi.....	34
Şekil 2.4. Beton santralının yapısı.....	37
Şekil 3.1. Agreganın granülometri eğrisi	50
Şekil 4.1. Üretilen betonlarda İS+AS oranı ile basınç dayanımı ilişkisi.....	63
Şekil 4.2. % 0,5 SA katkılı betonlarda karışım suyu oranı ile basınç dayanımı ilişkisi.....	67
Şekil 4.3. % 1 SA katkılı betonlarda karışım suyu oranı ile basınç dayanımı ilişkisi.....	68
Şekil 4.4. % 1,5 SA katkılı betonlarda karışım suyu oranı ile basınç dayanımı ilişkisi.....	69
Şekil 4.5. % 2 SA katkılı betonlarda karışım suyu oranı ile basınç dayanımı ilişkisi.....	70

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. 75 dm ³ hacimli betoniyer.....	51
Resim 3.2. Slump ölçer çelik metre, civalı beton termometresi ve hava termometresi cihazları.....	52
Resim 3.3. 20 ± 2°C sıcaklıktaki kür havuzu.....	55
Resim 3.4. Atom teknik marka otomatik basınç cihazı.....	56
Resim 3.5. Hazır beton santralı çökeltme havuzu.....	57

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
f_c	Basınç dayanımı (N/mm^2)
F	Kırılma anında ulaşılan ne büyük yük (N)
p	Anlamlılık düzeyi
Kısaltmalar	Açıklama
AS	Atık su
ASKİ	Ankara su ve kanalizasyon işleri genel müdürlüğü
ASR	Alkali silika reaksiyonu
KB	Kontrol betonu
İS	İçme suyu
PÇ	Portland çimentosu
SA	Süper akışkanlaştırıcı katkı
S/Ç	Su / çimento oranı
THBB	Türkiye hazır beton birliği
25 AS+75 İS	% 25 atık su + % 75 içme suyu
50 AS+50 İS	% 50 atık su + % 50 içme suyu
75 AS+25 İS	% 75 atık su + % 25 içme suyu
100 İS	% 100 içme suyu (kontrol betonu)
100 İS 0,5	% 100 içme suyu + % 0,5 SA katkı
100 İS 1,0	% 100 içme suyu + % 1,0 SA katkı
100 İS 1,5	% 100 içme suyu + % 1,5 SA katkı
100 İS 2,0	% 100 içme suyu + % 2,0 SA katkı
100 AS 0,5	% 100 atık su + % 0,5 SA katkı

Kısaltmalar**Açıklama****100 AS 1,0**

% 100 atık su + % 1,0 SA katkı

100 AS 1,5

% 100 atık su + % 1,5 SA katkı

100 AS 2,0

% 100 atık su + % 2,0 SA katkı

100 AS

% 100 atık su

1. GİRİŞ

Betonun yapıda güvenilir biçimde işlev görebilmesi için tasarım, üretim, taşıma, yerleştirme ve kür aşamalarının başarılı biçimde yerine getirilmesi gereklidir. Hazır beton sektörü bu aşamalardan ilk üçünü üstlenerek, bilinçli, bilgili elemanlar yardımıyla modern, güvenilir makine ve teçhizatla istenilen özelliklerde betonu üretmekte, üretilen betonu kullanıma hazır halde hazır beton alıcısının şantiyedeki betonu dökeceği kalıplarına kadar ulaştırmaktadır [1].

Üniversitelerde bilim adamlarının, üretim tesislerinde kimyagerlerin, mühendislerin yaptıkları çalışmalar sayesinde sürekli geliştirilen hazır beton dünyada yaklaşık olarak 100 yıldır üretilmektedir. Ülkemizde ise, 1980' li yılların sonlarına doğru yaygın olarak üretilmeye başlanmıştır [1].

Çeşitli nedenlerle tesise dönen kullanım fazlası su ve beton, hazır beton tesislerinde kurulan geri dönüşüm sistemleri yardımıyla ayrıştırılarak, tekrar üretim sürecine katılır veya uygun bir yere dökülüp, daha sonra kırılarak dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Geri dönüşüm sistemine aktarılan taze betonun önce agrega ve çimento şerbeti birbirinden ayrılarak, agrega üretimde tekrar kullanılmak üzere stok bölümüne konur. Çimento şerbeti ise, sistemde ajitator (ayrıştırıcı) havuz varsa, bu havuzda işlenip ince malzemenin çökmesi engellenerek, tekrar ve doğrudan üretime aktarılır ve hiçbir artık açığa çıkmaz. Atık su ise agreganın değerlendirilmesinde olduğu gibi geri dönüşüm havuzlarında değerlendirilir. Geri dönüşüm ünitesinde ajitator havuz yoksa, agregadan ayrılan çimento şerbeti tesisteki çökeltme havuzlarına aktarılır ve burada su ve harç ayrıştırılır; elde edilen su tekrar üretimde kullanılırken, açığa çıkan harç, atık olarak tasfiye edilir [2].

Geri dönüşüm sistemleri, özellikle yüksek kapasiteli hazır beton tesislerinde sıkça kullanılır. Bu, kullanım fazlası taze veya sertleşmiş betonların çevreye zarar vermesini engellediği gibi, üretim sürecine ve dolayısıyla maliyetlere de katkıda bulunan önemli bir unsurdur [2].

Bu çalışmanın amacı; hazır beton santrali çökeltme havuzunda toplanan atık suyun beton üretiminde karma suyu olarak kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Beton

2.1.1. Betonun tanımı

Beton; çimento, beton agregası, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılması ile elde edilen başlangıçta plastik kıvamda olup zamanla çimentonun hidratasyonu sebebiyle katılaşp sertleşen kompozit bir yapı malzemesidir [3]. Beton çağımızda irili ufaklı birçok yapıda kullanılmakta olan en yaygın ve en popüler yapı malzemesidir. Çağdaş günlük yaşamda, insanların, betondan yapılmış yapıları kullandığı ya da betonla karşılaşmadığı tek gün dahi yoktur. O halde bu kadar önemli bir yapı malzemesinin, gerek betonu üretenler gerekse kullananlar tarafından çok iyi tanınması gerekmektedir [4].

2.1.2. Betonu oluşturan malzemeler

Betonu oluşturmak üzere yanyana gelmesi gereken 3 ana madde vardır. Bunlar; çimento, agrega ve sudur. Ayrıca gerektiğinde katkı maddeleri de kullanılmaktadır.

Çimento

Çimento, su ile karıştırıldığında hidratasyon reaksiyonları ve prosesler nedeniyle priz alan ve sertleşen bir hamur (pasta) oluşturan ve sertleşme sonrası suyun altında bile dayanımını ve kararlılığını koruyan, inorganik ve ince öğütülmüş hidrolik bağlayıcıdır [5]. Kırılmış kalker, kil ve gerekiyorsa demir cevheri ve/veya kum katılarak öğütölüp toz haline getirilir. Bu malzeme 1400-1500 °C' de döner fırınlarda pişirilir. Meydana gelen ürüne "klinker" denir. Daha sonra klinkere bir miktar alçı taşı eklenip (%4-5 oranında) çok ince toz halinde öğütölerek Portland Çimentosu elde edilir. Katkılı çimento üretiminde; klinker ve alçı taşı dışında, çimento tipine göre tek veya birkaçı bir arada olmak üzere tras, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis

dumanı vb. katılır. Çimento birçok beton karışımında hacimce en küçük yeri işgal eden bileşendir; ancak beton bileşenleri içinde en önemlisidir [6].

En çok kullanılan çimento tipleri ve sınıfları: Portland kompoze çimento, katkılı çimento ve sülfata dayanıklı çimento'dur. Bunun dışında özel amaçlar için beyaz Portland çimentosu ve diğer bazı tip çimentolar kullanılmaktadır. Normal betonda agrega taneleri en sağlam unsur olduğundan, diğer iki unsur (çimento hamuru ve aderans) mukavemeti belirlemektedir. Çimento hamurunun mukavemeti önemli ölçüde su/çimento oranına da bağlıdır [5].

Agrega

Beton üretiminde kullanılan kum, çakıl, kırmataş gibi malzemelerin genel adına agrega denilir. Beton içinde hacimsel olarak %70-80 civarında yer işgal eden agrega önemli bir bileşendir. Agregalar, tane boyutlarına göre ince (kum, kırma kum v.s) ve kaba (çakıl, kırmataş v.s) agrega olarak ikiye ayrılır [7].

Agregalarda aranan en önemli özellikler şunlardır:

- Sert ve dayanıklı olmaları,
- Zayıf taneler içermemeleri (deniz kabuğu, odun, kömür v.s)
- Basınca ve aşınmaya karşı mukavemetli olmaları,
- Toz, toprak ve betona zarar verebilecek maddeler içermemeleri,
- Yassı ve uzun taneler içermemeleri,
- Çimentoyla zararlı reaksiyona girmemeleridir [7].

Agreganın kirli (kil, silt, mil, toz v.s) olması aderansı olumsuz etkilemekte, ayrıca bu küçük taneler su ihtiyacını da artırmaktadır. Beton agregalarında elek analizi, yassılık, özgül ağırlık ve su emme gibi deneyler uygun aralıklarla yapılarak kalite sürekliliği takip edilmelidir. Betonda kullanılacak agregalar TS 706 EN 12620'ye uygun olmalıdır [7].

Karma suyu

Betonun bir diğer önemli bileşeni sudur. Su çimento ile hidratasyon reaksiyonunu yaparak karışımın sertleşmesini sağlar. Su beton dayanımında önemli bir rol oynar. TS EN 206' [18] ya göre karma suyu TS EN 1008'e uygun olmalıdır. Beton karma suyunun özellikleri Çizelge 2.1'de gösterilen şartları sağlamalıdır.

Beton üretiminde kullanılan karışım suyunun iki önemli işlevi vardır. Bunlar;

1. Kuru haldeki çimento ve agregayı plastik, işlenebilir bir kütle haline getirmek.
2. Çimento ile kimyasal reaksiyon yaparak plastik kütlenin sertleşmesini sağlamak.

Çizelge 2.1. Karma suyunun özellikleri [8]

Özellik	Kabul Şartı
Deterjanlar	Herhangi bir köpük iki dakika içerisinde kaybolmalı.
Renk	Geri kazanılan suların dışında rengi açık sarıdan daha açık olmalı.
Askıda katı madde miktarı	Geri kazanılan suların dışında 4ml' den az olmalı.
Koku	Geri kazanılan sularda içinde çimento veya yüksek fırın cürufu çimento olması halinde az bir miktar sülfür kokusu dışında koku bulunmamalıdır. Diğer sularda içilebilir sularda bulunan dışında herhangi bir koku bulunmamalı, hidroklorik asit eklendiğinde hidrojen sülfür kokusu alınmamalıdır.
Asitler	pH $\geq$ 4 olmalıdır.
Organik madde	NaOH eklendiğinde belirlenen renk sarıya dönük kahverengi veya daha açık olmalıdır.

Beton karma suyunun kimyasal özellikleri

Klorür içeriği

Klorür içeriği TS EN 206-1 Madde 5.2.7. seçilen değerleri geçmediğinin gösterilmesi halinde Çizelge 2.2' deki değerleri geçebilir [8].

Çizelge 2.2. Karışım suyunun kullanılacağı beton özelliğine göre en yüksek klorür içeriği [8]

Karışım Suyunun Kullanılacağı Betonun Cinsi	En Yüksek Klorür İçeriği(mg/lt)
Öngermeli beton veya şerbet	500
İçerisinde donatı veya diğer metal bulunan beton	1000
İçerisinde donatı veya diğer metal bulunmayan beton	4500

Sülfatlar

Karışım suyundaki sülfat miktarı 2000 mg/lt' yi geçmemelidir [8]. Sülfat çözeltileri betonarme çeliğini doğrudan paslandırmadığı halde, betonda sertleşmiş olan çimentoya tesir ederek mevcut sülfatın yapısı ve çimento tipine göre iki tip reaksiyon meydana getirirler [9]. Bunlar;

1. Sülfatlar çimento içerisinde alçı taşı oluşturmak için serbest kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girer [9].
2. Alçıtaşı (gypsum) ve trikalsiyum alüminat ile birlikte trikalsiyum sülfalüminat oluşturur [9].

Alkali

Karışım suyunda alkalilik oranı alkali silika reaksiyonu (ASR)na karşı önlem alınmadıkça 1500 mg/lt'yi geçmemelidir [8].

Zararlı Kirlenme

Öncelikle şekerler, fosfatlar, nitratlar, kurşun ve çinko için deneyler yapılabilir. Fakat bunların varlığında priz süresine etkisi ve miktarı belirlenmelidir. En uygun zararlı madde miktarı değerleri Çizelge 2.3' deki değerlerden fazla olmamalıdır [8].

Çizelge 2.3. En fazla zararlı madde miktarı değerleri [8]

Madde	En Fazla Miktar(mg/lt)
Şekerler	100
Fosfat (Pb_2O_5)	100
Nitrat (NO_3)	500
Kurşun (Pb_2)	100
Çinko (Zn_2)	100

Katkı Maddeleri

Betonun özelliklerini geliştirmek üzere üretim sırasında veya dökümden önce transmiklere az miktarda ilave edilen maddelere katkı adı verilir. Katkı maddelerini kökenine göre kimyasal ve mineral katkıları olarak ikiye ayırmak mümkündür [7].

Kimyasal Katkıları

Kimyasal katkı maddeleri, betonun fiziki ve kimyevi özelliklerinin bazılarında değişiklik yapmak amacıyla beton karışım suyuna belli oranlarda katılan maddelerdir. Kimyasal katkı maddeleri genel olarak sıvıdır, azda olsa toz halde bulunanlar da vardır. Sıvı katkı maddeleri, beton karışım suyuna çimentonun ağırlıkça yüzdesi olarak katılır. Halen kullanılmakta olan katkı maddelerini şu şekilde sınıflandırmak mümkündür;

Priz süresini hızlandırıcı veya geciktirici, hava sürükleyici, karışım suyunu azaltıcı ve süper akışkanlık kazandırıcı katkılarıdır [10].

Priz Hızlandıran veya Geciktiren Katkıları

Beton prizini geciktirici kimyevi katkı maddeleri, beton prizinin başlama ve bitiş sürelerini uzatan kimyevi maddelerdir.

Priz süresini kısaltıcı veya geciktirici katkıları, uygun olmayan hava koşullarında dökülecek betonlarda uygulanır. Sıcak havalarda betonun uzun mesafelere

taşınmasında çökme miktarının azalmasını önlemek ve kolay işlenebilmeyi sağlamak amacıyla priz süresini arttıran katkılar kullanılır. Kış aylarında dökülen betonlarda priz süresini azaltan katkılar kullanılır. Priz hızlandıran maddeler arasında en çok kullanılan CaCl_2 'dür. Çimento ağırlığının en fazla %2'si oranında suya karıştırılarak kullanılması önerilir [10].

Hava Sürükleyici Katkılar

Beton içindeki hava muhtevasını ölçen alete hava ölçer denir. Hava ölçer, taze beton veya harçta hava muhtevasını ölçmeye yarayan cihazdır. Hava muhtevası ise, çimento şerbeti harç veya betonda agrega tanelerinin kapalı gözenekleri haricinde hava boşluklarıdır. Çoğunlukla şerbet, harç veya betonun toplam hacminin yüzdesi olarak ifade edilir [10].

Hava sürükleyici katkılar betonda tansio-aktif (kaydırıcı ve iç sürtünmeyi azaltıcı) özellik gösterirler. Genel olarak tansio-aktif maddeler, kağıt üretimi esnasında elde edilen odun reçineleri, organik yağlar ve linyosülfanatlardan meydana gelmektedir. Hava miktarı, betondaki kapalı agrega boşlukları haricinde mevcut hava hacminin beton hacmine oranının yüzde olarak ifadesidir. Bu hava miktarı, taze betondaki serbest suyun beton yüzeyine çıkmasını (terlemesini veya kurummasını) önler [9].

Hava sürükleyici katkı maddeleri, taze betonun plastisitesini arttırmaları ve homojen, kohezif bir beton sağlarlar. Erken plastiklik ve rötreyi azaltırlar. Mukavemeti düşürürler ve kılcal su emmeleri azalır. Donma çözölmeye karşı dayanıklılıklarının artış göstermesi asıl işlevleridir [10].

Su Azaltıcı ve Akışkanlık Kazandırıcı Katkılar

70' li yıllardan itibaren süper akışkanlaştırıcı veya yüksek akışkanlaştırıcı katkılar da kullanılmaya başlanmış, akıcı ve yüksek dayanıma sahip beton üretimi gerçekleştirilmiştir [11]. Beton karışım suyunu azaltıcı kimyevi katkı maddeleri, beton kıvamı aynı kalmak üzere daha az beton karışım suyu kullanılmasını sağlayan

maddelerdir. Bu maddeler, kıvamı aynı kalmak üzere beton karışım suyunun azalmasını sağladıkları gibi, beton prizinin başlama ve bitiş sürelerini de uzatan katkı maddeleridir [10].

Su azaltıcı katkılar, ASTM C 494'e uygun katkılardır, fakat bu katkıların birden çok tipleri bulunmaktadır [10]. Genellikle sülfonat esaslı olan bu katkılar, s/ç oranını azaltıp yüksek dayanımlı beton üretmek, s/ç oranını sabit tutarak çimento miktarını azaltmak ve enerji tasarrufu sağlamak gibi çeşitli amaçlarla kullanılırlar [11]. Karışımdaki suyun azalma oranı, kullanılacak katkının cinsine, özelliğine, betonu kullanım amacına, agreganın tane dağılımına ve şekline, betonun yerine ulaştırılmasına (pompayla veya doğrudan transmikserle dökmeye) bağlıdır [10].

Bu katkılarda çimentonun yüzdesi cinsinden karışıma girecek miktar hesaplanır ve sıvı olduklarından karışım suyu ile beraber betona katılır. Depolanma süreleri uygun ortam ve şartlarda yaklaşık bir yıldır [10].

Geçirimsiz Katkılar

Bunlar genellikle tecrit maddeleri olarak anılır. Su geçirimsizliğini azaltan katkılar olarak iki grupta toplanır. Çimento hamuru, harç ve betonların kapiler su emmelerini ve rutubet geçirimsizliklerini önlemek için ise su itici katkılar kullanılır [10].

Genleşen Katkılar

Gaz kabarcıklarının doğmasına ve taze betonun hacminin genleşmesine yol açarlar. En çok derzlerin doldurulmasında kullanılır. Çok ince öğütülmüş alüminyum tozu bu tür bir katkıdır [10].

Mineral Katkılar

Çimento gibi öğütülmüş toz halde silolarda depolanan cüruf, uçucu kül, silis dumanı, taş unu vb. çeşitli maddelere “Mineral Katkı” adı verilir. Mineral katkılar, tek başına

iken çimento gibi bağlayıcılık özelliği taşımazlar, fakat birlikte kullanıldıklarında çimentoya benzer görev yaparlar, dolayısıyla çimento ekonomisi sağlarlar. Mineral katkılardan yüksek dayanımlı beton üretiminde de yararlanılır [7].

Katkı maddelerinin kullanım amaçları

Katkı maddelerinin kullanımındaki amaçlardan önemli olanları aşağıdaki gibi sıralanabilir [12];

1. Taze beton, harç ve çimento şerbetlerinde :
 - a. Sabit su miktarında işlenebilmenin arttırılması veya sabit işlenebilmede su miktarının azaltılması
 - b. Prizin hızlandırılması veya geciktirilmesi
 - c. Bir miktar hacim genişlemesinin sağlanması
 - d. Terleme miktarının ve hızının değiştirilmesi
 - e. Ayırışmanın azaltılması
 - f. Pompalanabilirliğin arttırılması
2. Sertleşmiş beton, harç ve çimento şerbetinde:
 - a. Priz sırasında açığa çıkan ısıнын azaltılması
 - b. Erken yaşlardaki dayanımının arttırılması
 - c. Dayanımın(basınç, çekme, eğilme) arttırılması
 - d. Dayanıklılığın arttırılması [12].

2.1.3. Betonun genel özellikleri

Her betonda olması gereken bazı özellikler bulunmaktadır. Bunları sıralayacak olursak,

- İşlenebilme özelliği
- Basınç dayanımı
- Betonun dış ortam etkilerine dayanıklılığıdır.

Betonun genel özelliklerinden en çok inceleneni ve en önemlisi basınç dayanımıdır.

Bunun nedenlerini şöyle sıralayabiliriz [13]:

- Beton gevrek bir malzemedir, basit mukavemet değerleri arasında en yüksek olanı basınç, en düşük olanı çekmedir. Pratik olarak betonun hiç çekme gerilmesi olmadığı, hemen çatladığı varsayılır ve beton sadece basınca çalıştırılır [13].
- Basınç dayanımı betonun tüm pozitif nitelikleriyle paralellik gösterir. Yüksek basınç dayanımlı beton doludur, serttir, su geçirmez, dış etkilere dayanır, aşınmaz [13].

Basınç dayanımını etkileyen çeşitli faktörler vardır. Bunlar:

1. Çimento ile ilgili faktörler: Çimento, cinsi ve miktarı ile basınç dayanımını etkiler.
2. Su miktarı ile ilgili faktörler: Karma suyunun çok fazla veya çok eksik olması mukavemeti büyük ölçüde düşürür.
3. Dış etkilere (kür koşulları): Katılaşma, sertleşme aşamasındaki betona çevrenin etkisi çok büyüktür.
4. Beton kompasesi: Beton kompasesi denilince akla gelen taze beton kompasesidir. Taze beton kompasesi 1 m^3 betondaki katı öğelerin (agrega ve çimento) kapladığı mutlak hacimlerin toplamıdır.
5. Deney koşulları: Basınç dayanımının silindir veya küp geometrik şekildeki numunelerde saptandığını biliyoruz. Bazı durumlarda numuneler standart boyutlarından veya biçimlerinden farklı olabilir. Özellikle yapıdan çıkarılan veya kesilen ve karot adını verdiğimiz örneklerde bu durumla karşılaşılır [13].

2.2. Hazır Beton

Hazır beton, çimento, doğal veya yapay agrega, su ve istenilen betonun niteliğine göre kullanılan kimyasal katkı maddelerinden oluşan ve transmikserlerle nakledilerek beton pompası ile kalıba yerleştirilen bir karışımdır [4]. Betonun mutlak hacmini yaklaşık olarak %75 oranında agrega (kum, çakıl, mıcır), %10 oranında çimento, %15 oranında

su oluşturur. Gerektiğinde, çimento ağırlığının %2' sinden fazla olmamak kaydıyla, katkı malzemesi ilave edilebilir [4]. Hazır beton üretiminin, su ölçme ve karıştırma işlemlerinin santralde veya mikser kamyonunda yapılmasına göre iki farklı türü bulunmaktadır :

a) Kuru Sistem

b) Yaş Sistem

Kuru karışimli hazır beton, agrega ve çimentosu beton santralinde ölçülüp santralde veya transmikserde karıştırılan, suyu ve varsa kimyasal katkısı teslim yerinde ölçülüp karıştırılarak ilave edilen hazır betondur. Yaş karışimli hazır beton ise, su dahil tüm bileşenleri beton santralinde ölçülen ve karıştırılan hazır betondur [13].

2.2.1. Hazır betonun önemi

Hazır beton üretim tesisleri gelişmiş ülkelerde yaygın olarak uygulanmakta, inşaat kalitelerinin istenilen düzeylerde gerçekleştirilmesi, beton hazırlanmasında fazla iş gücü ve zaman harcanmasının önüne geçilmesi açısından bu yöntem tercih edilmektedir [13].

Hazır betonu, geleneksel yöntemlerle elde edilen betondan ayıran temel unsur, hazır betonun modern tesislerde, bilimsel yöntem ve ölçüler kullanılarak hazırlanmasıdır. Elle dökülen beton ise gelişigüzel yerlerde, kişisel karar ve ölçülerle üretilir [13].

2.2.2. Hazır beton endüstrisinin tarihsel gelişim süreci

Günümüzün bir teknoloji harikası olan hazır beton, Dünyada ilk kez yüzyıl başında (1903) Almanya'da ortaya çıkmış, sonraki birkaç yıl içerisinde ABD' de kullanılmaya başlanmıştır. 1914 yılında, beton taşıma amaçlı “ transmikser ” aracının geliştirilmesi, hazır beton endüstrisinin Amerika'da yaygınlığını artırmış, özellikle savaş yıllarından sonra, bazıları bugün hala faaliyette olan pek çok hazır beton firması kurulmuştur [6].

Bu gelişmenin ardından hazır betonun yapıların temel inşaat malzemesi olarak benimsenip, yaygınlaşmaya başlaması uzun sürmemiş, kısa zamanda pek çok ülkede hazır beton üretilip, kullanılır olmuştur. Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısıyla birlikte hız kazanan kentleşme ve altyapı çalışmaları, hazır beton ve beton ürünlerinin daha çok üretilip, yaygınlaşmasını sağlamış, dolayısıyla bu alanda pek çok teknolojik gelişme kaydedilmiştir [6].

Türkiye de Hazır Beton

Ülkemizde hazır beton ilk olarak 1970' li yılların sonlarına doğru bazı inşaat şirketleri tarafından kendi inşaatlarında kullanılmak üzere üretilmeye başlanmıştır. Ancak gerçek anlamda 1980'li yılların ikinci yarısında kullanılmaya. Özellikle seksenli yılların sonuna doğru ülkemizde hazır beton sektöründeki yaşanan hızlı gelişmeye paralel olarak, üretici firmaların örgütlenme çabalarıda yoğunlaşmış ve 1988 yılında, “Marmara Hazır Beton İmalatçıları Derneği” kurulmuştur. Hazır beton üretim ve tüketiminin ülke çapında hızla yaygınlaşması üzerine “Hazır Beton Üreticileri Birliği”ne dönüşen kuruluş, 1995 yılında, sektör ve ülke yararını gözetken etkinlikleri nedeni ve bakanlar kurulu kararıyla “Türkiye Hazır Beton Birliği” adını almıştır. Türkiye’de hazır beton sektörünün çok kısa bir tarihçesi olmasına rağmen bu sektör büyük hızla gelişen, dinamik bir sektördür. Türkiye’de hazır beton sektörü batının en teknolojik ekipmanlarına sahip olduğu gibi, deneyimli bir işgücüne de sahiptir [6].

Hazır Beton Sektöründe Meydana Gelen Gelişmeler / Son 8 Yıl (1998-2005)

Hazır beton sektörü yıllara göre değişiklikler, gelişmeler göstermektedir. Çizelge 2.4, 2.5, 2.6 ve 2.7 'de bu durum açıklanmıştır [14]. Ayrıca coğrafi bölgelere göre tesis ve üretim dağılımı gelişmeleri Çizelge 2.8' de gösterilmiştir [6].

Çizelge 2.4. Hazır beton sektöründeki gelişmeler [14]

Yıl	Veri	Birlik Üyeleri	Birlik Dışı Üyeler	Türkiye Geneli
1998	Şirket Sayısı	53	113	166

Çizelge 2.4. (Devam) Hazır beton sektöründeki gelişmeler [14]

Yıl	Veri	Birlik Üyeleri	Birlik Dışı Üyeler	Türkiye Geneli
1998	Tesis Sayısı	206	135	341
	Üretim (m ³)	19 792 905	6 750 000	26 542 905
1999	Şirket Sayısı	59	103	162
	Tesis Sayısı	234	125	359
	Üretim (m ³)	17 853 629	4 687 500	22 541 129
2000	Şirket Sayısı	67	118	185
	Tesis Sayısı	247	121	368
	Üretim (m ³)	20 986 463	6 050 000	27 036 463
2001	Şirket Sayısı	69	136	205
	Tesis Sayısı	253	148	401
2002	Şirket Sayısı	71	157	228
	Tesis Sayısı	262	178	440
	Üretim (m ³)	17 457 930	8 010 000	25 467 930
2003	Şirket Sayısı	71	167	238
	Tesis Sayısı	247	182	429
	Üretim (m ³)	18 092 500	8 736 000	26 828 500
2004	Şirket Sayısı	72	181	247
	Tesis Sayısı	247	235	482
	Üretim (m ³)	21 015 886	10 575 000	31 590 886
2005	Şirket Sayısı	71	206	277
	Tesis Sayısı	267	301	568
	Üretim (m ³)	26 800 000	19 500 000	46 300 000

Çizelge 2.5. Hazır beton sektöründeki pompa ve mikser sayısı [14]

Yıl	Pompa Sayısı	Transmikser Sayısı
1998	541	2.606
1999	620	6.604
2000	675	2.778
2001	690	2.856
2002	678	2.736
2003	637	2.587
2004	629	2.626
2005	695	2.924

Çizelge 2.6. Beton sınıfları kullanım oranları (%) [14]

Yıl	C 14	C 16-18	C 20	C 25	C 25+
1998	24,4	45,4	18,0	8,1	4,1
1999	22,7	35,9	27,6	10,3	3,3
2000	11,5	25,1	41,3	13,2	4,9
2001	7,0	21,3	47,9	18,0	5,8
2002	5,9	21,1	46,9	19,2	6,9
2003	4,6	14,7	39,6	25,4	15,7

Çizelge 2.6. (Devam) Beton sınıfları kullanım oranları (%) [14]

Yıl	C 14	C 16-18	C 20	C 25	C 25+
2004	3,3	10,3	40,6	30,7	15,1
2005	3,2	8,4	31,2	42,1	15,1

Çizelge 2.7. Hazır beton sektöründeki personel sayısı [14]

Yıl	Personel Sayısı
1998	7632
1999	7613
2000	7805
2001	7191
2002	7289
2003	6814
2004	7049
2005	7650

Çizelge 2.8. Coğrafi bölgelere göre tesis ve üretim dağılımı (2003 yılı) [6]

Bölge	Tesis Sayısı	Yüzde Dağılımı	Üretim (m3)	Üretim Dağılımı
Marmara	101	40,8	7 293 202	40,5
Ege	49	19,8	2 991 207	16,5
Akdeniz	36	14,6	2 511 399	13,8
Güneydoğu Anadolu	8	3,2	529 363	2,9
İç Anadolu	41	16,6	4 154 675	23,0
Karadeniz	9	3,6	368 849	2,0
Doğu Anadolu	3	1,4	228 809	1,3
Toplam	247	100,0	18 092 501	100,0

Dünyada Hazır Beton

Günümüzde gelişmiş ülkelerde tüm betonarme inşaatlar hazır beton ile yapılmaktadır. Almanya ve İngiltere gibi oturmuş ekonomik düzene sahip ülkelerde, çimentonun hazır betonda kullanım oranı %50' yi geçmektedir. İspanya ve Avusturya gibi ülkeler, son 20

yılda hazır beton üretiminde önemli artışlar sağlamış, çimento üretimlerinin %30 ila 50'sini hazır betonda kullanmaya başlamışlardır. Ancak “ISO” ya ulaşıldığında pazarın doyum noktasına gelmesi beklenmektedir [15]. ERMCO üyesi ülkelerin hazır beton üretim miktarları Çizelge 2.9’da beton dayanım sınıfları Çizelge 2.10’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.9. ERMCO üyesi ülkelerdeki hazır beton üretimleri [15]

ÜLKE	Üretim(milyon m ³) 2002 yılı	Üretim(milyon m ³) 2003 yılı	Üretim(milyon m ³) 2004 yılı
Avusturya	9,6	10	9,9
Belçika	9,9	10,8	11,2
Çek Cumhuriyeti	5,5	6	6,4
Danimarka	2,3	2,2	2,3
Finlandiya	2,6	2,3	2,4
Fransa	34,5	34,8	37,5
Almanya	46,9	47,2	44,2
İrlanda	7,5	7,5	8,5
İtalya	71,5	72,8	72,8
Hollanda	8,1	8,3	7,8
Polonya	8,7	8,9	10,5
Portekiz	10,5	9,5	11,5
Slovakya	1,9	2,1	2,4
İspanya	73,5	81	82
İsveç	2,4	2,4	2,5
İsrail	8	9,6	9,3
Norveç	2,2	2,3	2,7
İsviçre	10	9,3	9,8
<i>TÜRKİYE</i>	26,8	28,2	37,1
Rusya	35	41	43
A.B.D	300	310	330
Toplam	677,4	706,2	743,8

Çizelge 2.10. ERMCO üyesi ülkelerdeki beton dayanım sınıfları (2004 yılı) [15]

ÜLKE	C 15	C 15-25	C 25-35	C 35+
Avusturya	2	46	46	6
Belçika	0	10	60	30
Çek Cumhuriyeti	25	36	29	10
Danimarka	10	45	40	5
Finlandiya	0	5	85	10
Fransa	0	70	27	3
Almanya	2	40	55	5
İrlanda	5	20	45	30
İtalya	5	16	69	10
Hollanda	2	68	27	3
Polonya	25	35	25	15
Portekiz	0	40	50	10
Slovakya	12	47	34	7
İspanya	4	43	90	-
İsveç	0	20	50	30
İsrail	16	25	55	33
Norveç	2	10	60	25
İsviçre	0	15	-	-
<i>TÜRKİYE</i>	3	82	13	2
Rusya	5	10	65	20
A.B.D	40	25	25	10

Hazır Betonun Sağladığı Avantajlar

- 1- Kaliteli beton üretimi,
- 2- Kontrol imkanları,
- 3- Standartlara uygunluk,
- 4- Daha az beton artığı,
- 5- Sıvadan tasarruf,
- 6- Çimentodan tasarruf,

- 7- Kalıp malzemesinde tasarruf,
- 8- Zamandan tasarruf,
- 9- Büyük projelerde hızlı çalışma imkanı,
- 10- Çevre temizliği,
- 11- Hazır betonun üretiminde kullanılan kum, çakıl, su ve çimento gibi betonu oluşturan malzemelerin devamlı olarak kontrol edilmesine olanak sağlar,
- 12- Katkı malzemeleriyle su ve rutubete karşı izole sağlar,
- 13- Devlete önemli miktarda sigorta ve vergi katkısı sağlar,
- 14- Yüksek dayanımı ile büyük kolon açıklığını mümkün kılar,
- 15- Estetik çözümler üretir [13].

Hazır betonun kullanım alanları

Hazır beton; temel tabanındaki temizlik betonundan başlayarak, temeller, bodrum perdeleri, düşey ve yatay taşıyıcı elemanların tümü, kütle betonları ve diğer bütün yapı kısımları hazır beton kullanım alanına girmektedir. Köprü, baraj, yol, kanalet, kanal, fabrikalar, toplu konutlar, konutlar, hazır betonun kullanım alanlarıdır. Büyük kapsamlı yapı projelerinde hazır beton kullanılmaktadır. Konvansiyonel inşaat sistemi dışındaki projelerde hazır beton kullanımı kaçınılmaz olmaktadır [13].

Hazır betonda pompalama

En iyi pompalamalar 1960'lı yıllarda 75 m düşey ve 305 m yatay uzaklıklara 5 MPa basınçla saatte 35 m³/saat beton basabilirken günümüzde 22 MPa' dan fazla pompa basıncı altında 425 m' den daha fazla düşey yüksekliğe ve 130 m³/saat dan daha fazla debi ile pompalanabilmektedir [16].

Hazır Betonun Türk Standartlarındaki yeri (TS EN 206-1/A1)

Hazır beton TSE belgeli ise, bu hazır beton üretim yerinin, yer, bina, makine ve tesis, teçhizat, teknoloji, personel, sermaye ve daha mühimi kalite kontrol sistemi ve kullanılması bakımından hazır betonun vizesi geçerli belgesinde belirtilen tiplerini,

standardına uygun üretebileceği ve üretimin önceden de halen de standardına uygun yapılmakta olduğu ve en az bir yıl süreyle yine standardına uygun yapılabileceği ve yapılacağı, TSE tarafından tespit edilmiş demektir. TS EN 206-1/A1 yerinde döküm ve ön yapımlı (prefabrik) yapılar ile binaların ve inşaat mühendisliği alanına giren yapıların ön yapımlı yapısal elemanlarında kullanılan betonları kapsar. TS 11222 ise, yerinde yapım betonarme veya prefabrik binalarda veya diğer yapılarda şantiyede üretilen betonları ve hazır betonları kapsar [17].

2.2.3. Hazır betonda kalite kontrol

Hazır beton tesislerinde en önemli unsur kalite kontroldür. Modern bir tesis kurulması beton üretiminde bilgi ve tecrübe sahibi olunması nitelikli beton üretimi için gerekli olmakla beraber yeterli olmamakta, betonu oluşturan malzemelerin de kaliteli olması gerekmektedir. Kaliteli beton üretilebilmesi için üretimin her aşamasında ve bütün etkenlerin sıkı şekilde kontrol edilmesi gerekir. Üretim dışında hazır betonun taşıma ve teslim aşamalarıyla incelenmeli hazır betonculuğun her aşaması ayrı bir titizlikle kalite kontrolü ve gözetimi gerekmektedir [18].

Hazır beton tesislerinde yapılan kalite kontroller, beton bileşenlerinin kalite kontrolü taze beton kontrolleri, sertleşmiş beton kontrolleri ve ayrıca ekipman kontrollerini de içermektedir. Yani, sipariş üzerine üretim yapan ve gönderen bir tesiste betonun kalite kontrolü malzemelerin, plant ve ekipmanın kontrolü ve çalışma prosedürlerinin uygulanmasıdır [18].

2.2.4. Hazır beton tesisinde yapılan deneyler

Genel olarak bir hazır beton tesisinde beton bileşenleri, taze ve sertleşmiş beton deneyleri kalite kontrol için zorunluluktur. Kaliteli bir beton üretimi yapabilmek için mutlaka beton bileşenlerinin kalitesinden emin olunması gerekir. Bunun için, çimento, agrega, karışım suyu ve katkı maddesi, ilgili standartlara uygun olmalıdır [19].

Çimento deneyleri

Çimentonun özelliklerini belirlemeyi esas alarak yapılacak deneylerde, deney numunesinin çimento üretiminden sonraki depolandığı (silolar, torbalı çimentoların stoku, kamyonlar vs.) yerden çimentoyu tam temsil etmesini sağlamış olmalıdır [19].

Deneyler TS EN 197-1'e uygun olarak yapılır. Bu deneyler çimentoda incelik tayini, hacim genişmesi, priz ve basınç dayanımı tayinidir. Bu deneyler genellikle çimento laboratuvarlarında yapıp sonuçlar hazır beton firmasına gönderilir. Ancak, betonda beklenmedik bir durumla karşılaşıldığında hazır beton firması bu deneyleri problem olduğu düşünülen çimento partisine ait numune üzerinde kendi laboratuvarında yada üniversite laboratuvarlarında yaptırmaktadır [19].

Agrega deneyleri

Betonun iskeletini teşkil eden agregalar beton hacminin yaklaşık %70-80'ini oluştururlar. Dolayısıyla agregaların niteliği taze ya da sertleşmiş betonun niteliğini etkiler. Agregaya için yapılan deneylerle agreganın fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenir [20].

Agrega elde ediliş şekline göre, genel olarak kırma agregası ve doğal akarsu yatağından, temin edilmektedir. Agreganın bazı kalite kontrol deneyleri kırma agregasının elde edildiği ana kütle üzerinde basınç dayanımı 600 kg/cm^2 civarında olması gerekir [20].

Bu deneyler ilk olarak santrale gelen her agregası teslimatında, teslimatın granülometri, şekil ve yabancı madde açısından normal görünümle karşılaştırarak yapılan kontrolüdür. Kabul edilen teslimat sonrası agregası yığını temsil edecek numune üzerinde yapılan deneyleri kapsar. Elde edilen toplam örneğin tek bir deney için istenen miktar kadar küçültülmesi gerekir. Deney numuneleri, toplam numuneyi dörde bölerek veya bölgeç kullanılarak elde edilir. Bu yöntemlerden biri tek deney için

gerekli en az miktar elde edilinceye kadar sürekli uygulanır. Sonuçta elde edilen numune üzerinde istenen deney gerçekleştirir [18].

Bu deneylerden fiziksel deneyler; agreganın rutubeti, birim ağırlığı, su emmesi, özgül ağırlığı, elek analizi (granülometri tane dağılımı) Mekanik deneyler ise tane dayanımı, aşınma dayanımı (Los-Angeles deneyi), agregalarda donatı dayanıklılık deneylerini kapsamaktadır. Betonun prizine ve sertleşmesine zarar veren, betonun dayanımını azaltan, parçalanmasına neden olan veya beton içindeki donatının korozyonuna karşı korunmasını tehlikeye düşüren maddeler olarak tanımlanan zararlı maddelerin tayin yöntemleri ise agreganın ince madde (yıkanebilir maddeler) tayini, organik madde, hafif maddeler ve alkali agrega reaksiyonu tayini deneylerini kapsar [18].

Rutubet deneyi

Agrega taneleri boşluk içermesinden dolayı agregalarda rutubet bulunmaktadır. Bu rutubeti bulmak için numune alınan malzemenin önce yaş ağırlığı ölçülür sonra ise etüvde kurutularak kuru ağırlığı bulunur. Aradaki farkın kuru ağırlığa oranının yüzde (%) biçiminde ifadesidir [18, 21].

Birim ağırlık deneyi

Birim ağırlık, agreganın kap içindeki net ağırlığının kap hacmine oranıdır. Birim ağırlığı yüksek bir betonun dayanımı, dayanıklılığı ve taşıma gücü fazladır. Beton agregalarının birim ağırlığı, $1,300 - 1,850 \text{ kg/dm}^3$ arasında olmalıdır [18, 20].

Özgül ağırlık deneyi

Özgül ağırlık, belli hacim ve sıcaklıktaki bir malzemenin, havadaki ağırlığının, aynı hacim ve sıcaklıktaki damıtık suyun havadaki ağırlığına oranıdır. Agregalarda özgül ağırlık, agreganın yoğunluğu ile eşit kabul edilir. Betonda kullanılacak agreganın

özgül ağırlığının 2,2-2,9 kg/dm³ arasında olması istenir. Özgöl ağırlık agreganın uygunluğunu belirtir [20].

Elek analizi deneyi

Bir agregada belirli boyutlardaki tanelerin dağılımını gösteren eğriye granülometri eğrisi denilir. Agreganın granülometrisi elek analizi ile belirlenir. TS 706 EN 12620'ye göre elek analizinde kare kesitli 63 mm, 31,5 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm lik elekler kullanılır. Bir agregada üzerinde elek analizi deneyinin esasları TS 3530 EN 933-1'de belirtilmektedir [22].

Kirlilik (Yıkanabilir maddeler) deneyi

Deney numunesi suyun altında yıkandıktan sonra 200 nolu elekten (0,063 mm elek) geçen malzemenin kuru malzeme oranının yüzde olarak ifadesidir [22]. Agregada içinde bulunan kil ve silt boyutundaki malzemenin agregada bünyesinden uzaklaştırılması amaçlanmıştır. Agregada bünyesinde bulunan kil ve silt beton bileşimlerini olumsuz yönde etkiler. Kil agregada içinde iki şekilde bulunur, bunlardan bir tanesi agregada tanelerinin üzerinde yapışmış konumdur. Diğer ise değişik büyüklüklerde bağımsız kütleler halinde bulunurlar. Kil taneleri bünyelerinde suyu veya rutubeti tutar ve şişer, suyu ve rutubeti kaybedince büzülür. Böylece hacim değişimi açık olarak gözlenir. Genellikle kil ve silt akarsu yatağından elde edilen agregalarda rastlanır [18].

Genellikle konut inşaatı dışında kullanılan beton agregalarında aşınma dayanımı (Los Angeles) deneyi, dona dayanıklılık deneyi, organik madde tayini deneyi, alkali agregada reaktivitesi deneyi hazır beton laboratuvarının çok sıklıkla yapılmayan deneyler olup agregadan kaynaklanan problem olduğu düşünülünce veya yeni bir agregada kaynağı tercih edildiğinde yapılır [18, 21].

Organik madde tayini deneyi

Agrega numuneleri % 3'lük Sodyum hidroksit çözeltisi ile renk tayini metoduyla yapılır. Renk açık san ise organik madde yoktur. Renk koyu san ise organik madde vardır. Bu deney genellikle akarsu yatağından elde edilen agregalarda kullanılır [19].

Taze beton deneyleri

Betonun taze beton durumundayken işlenebilirliğini, kıvamını, içindeki havayı ve yoğunluğunu ölçmek için yapılan deneylerdir. TS EN 12350-1 standardı esas alınarak yapılırlar [23].

Çökme (Slump) deneyi

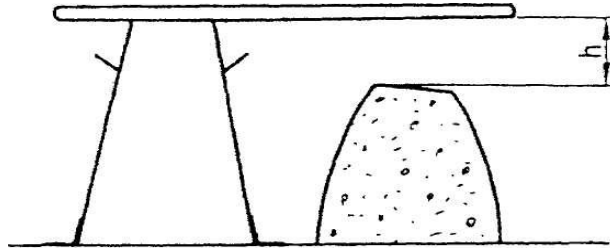
Çökme (slump) deneyi TS EN 12350-2'e göre kesik huni şekilli kalıp içerisine taze beton sıkıştırılarak doldurulur. Kalıbın yukarı doğru çekilerek alınmasından sonra, taze beton kütesindeki çökme mesafesi, betonun kıvam ölçüsü olarak kullanılır. Kalıbın iç yüzeyi ile taban plakası, yüzeyde serbest su kalmayacak şekilde nemlendirilir ve kalıp yatay konumdaki taban plakası/yüzeyi üzerine yerleştirilir. Kalıp, betonun doldurulması esnasında, tabana kelepçelenerek veya iki ayak basma parçasına basılarak taban plakası yüzeyine sıkıca tespit edilir [24].

Taze beton, kalıba eşit kalınlıkta üç tabaka halinde ve her tabakanın sıkıştırılmış durumdaki kalınlığı, kalıp yüksekliğinin yaklaşık olarak 1/3'ü olacak şekilde doldurulur. Doldurma esnasında her tabaka, sıkıştırma çubuğu ile 25 defa şişlenerek sıkıştırılır. En alt tabakanın sıkıştırılması esnasında, darbelerin yüzeye düzgün dağıtılması için, sıkıştırma çubuğunun düşey doğrultuya göre hafifçe yatırılması ve darbelerden en az yarısının kenardan merkeze doğru spiral oluşturacak noktalara vurulur. İkinci ve son tabaka, bütün derinliğince, sıkıştırma çubuğu bir alt tabakaya da hafifçe işleyecek şekilde sıkıştırılır. En üst tabakanın doldurulması ve

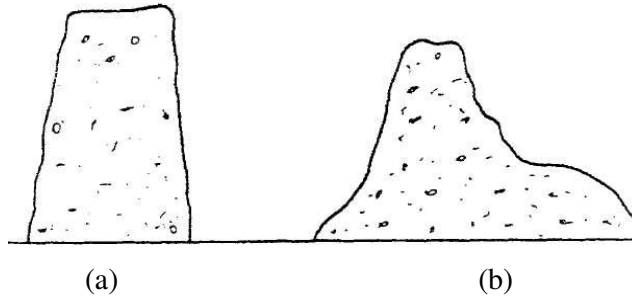
sıkıştırılmasında, sıkıştırma işlemine başlanılmadan önce beton seviyesinin kalıbın üst seviyesinden yukarıda olması sağlanır [24].

Sıkıştırma işleminin tamamlanmasından sonra, kalıp üst seviyesinden taşan fazla beton, sıkıştırma çubuğuna kesme ve yuvarlama hareketleri (master hareketi benzeri) yaptırılarak sıyrılıp alınır ve yüzey tesviye edilir. Taban plakası yüzeyine dökülen beton temizlenir. Kalıp, el tutamaklarından tutularak, düşey şekilde yukarıya doğru çekilerek alınır. Kalıbın çekilme işlemi 5-10 saniye arasındaki sürede tamamlanır, kalıp sabit hızda çekilir ve kalıp yığının yanına konarak kalıbın üst seviyesi ile beton yığının arasındaki fark Şekil 2.1' de görüldüğü gibi ölçülür. Tüm deney işlemi, betonun kalıba doldurulmaya başlamasından, kalıbın çekilerek alınmasına kadar herhangi bir kesinti olmaksızın 150 saniyede tamamlanır [24].

Beton işlenebilirliğini endirek olarak betonun çökmesi belirler. Genel olarak betonun çökmesi Şekil 2.2.a' da görüldüğü gibi olur ise işlenmesi zordur. Betonun çökmesi Şekil 2.2.b' deki gibi olur ise işlenebilirliği daha kolaydır [24].



Şekil 2.1. Çökmenin ölçülmesi



Şekil 2.2. Çökme şekilleri a) Düzgün çökme b) Kayma meydana gelmiş çökme

Hava miktarı deneyi

Taze betondaki hava miktarı deneyi, iki farklı cihazın kullanıldığı iki farklı deney metodu ile yapılır. Deneyde uygulanan işleme göre bu metotlar, su sütunu metodu ve basınçlı ölçme metodu olup deneyde kullanılan cihazlar, su sütunu göstergeli ve basınç göstergelidir [25].

Taze betondaki hava miktarını ölçmek için genellikle basınçlı ölçme metodu kullanılır. Bu deneyde beton içerisinde mümkün olduğu kadar hapsedilmiş hava kalmayacak şekilde hava ölçer kabına kepçe ile doldurulur. Beton kap içerisine yaklaşık eşit kalınlıkta üç tabaka halinde yerleştirilir. Her tabaka 25 kez şişlenerek, yerleştirilir ve hava ölçerin kapağı kapatılır. Uygulanacak olan basıncın beton yüzeyine yayılmasını sağlamak için kaba belirli bir miktar su konduktan sonra kabın kapağı kelepçelenerek içerideki betonun dışarıyla ilişkisi kesilir. Sonra numune üzerine bir pompa vasıtasıyla standart bir basınç uygulanır. Uygulanan basınç altında havanın sıkışması nedeniyle oluşan hacim kaybına göre göstergeden taze betondaki hava miktarı doğrudan okunur [25].

Sertleşmiş beton deneyi

Basınç dayanımı deneyi genellikle 150 mm veya 200 mm küp boyutlarındaki standart küp numuneler veya çapı 150 mm, boyu 300 mm olan standart silindir numuneler kullanılarak saptanır. Numuneler uygun bir test presisi altında, TS EN 12390-3 standardı esas alınarak kırılırlar.

2.2.5. Hazır betondan beklenen özellikler

İşlenebilirlik

İşlenebilirlik taze betonun sahip olduğu bir özelliktir. İşlenebilirlik anlam olarak taze üretilmiş betonun homojenliğini kaybetmeden karıştırılabilme, taşınma, yerleştirilme ve sıkıştırılma derecesini gösteren bir kavramdır. İşlenebilirlikte bir enerji kavramı

mevcuttur. İşlenebilirlik, betonla her aşamada zorlukla karşılaşmadan kolayca çalışmak demektir. İşlenebilir bir betonun minimum enerji ile karıştırılır ve yerleştirilir, kalıbı minimum boşlukla doldurur, taşınma ve yerleştirme sırasında segregasyona uğramaması gerekir. Taze betonun işlenebilirliğini etkileyen etkenler olarak karışımdaki su miktarı, karışım oranları, hava miktarı, karışım miktarı, agrega özellikleri, agrega tane dağılımı, çimentonun özellikleri, katkıları, zaman ve sıcaklık sayılabilir [6].

İşlenebilir betonun niteliklerinin başında kohezyon (yapışma) gelir. Kohezyonu iyi olan taze betonun içindeki iri agrega taneleri; karıştırma, taşıma ve yerleştirme işlemleri sırasında kütleden ayrılmazlar. Bu işlemler sırasında iri agreganın beton kütlelerinden ayrılması olayına, betonun ayrışması (segregasyon) adı verilir. Böyle betonun bünyesi homojen olamaz, iri agregalar bir yanda, harç bir yanda birikir. Bu ise betonun dayanımını olumsuz yönde etkiler [26].

Beton içine hava katılması betonun işlenebilme özelliğini büyük ölçüde artırır. Hava katılmak suretiyle, katılan hava hacmi kadar kumun azaltılması mümkün olur. Ayrıca hava katılmakla taze betonun kuma ve segregasyonu azalır. Beton içine katılan her % 1 oranındaki hava, beton kıvamında azalma yapmaksızın, karışım suyunda % 2-4 oranında bir azalma sağlayabilir [27].

Taze betonun işlenebilirliğini ölçmek için kullanılan bir çok değişik deney yöntemi vardır. Bunların en basiti ve en yaygın kullanılanı çökme (slump) deneyidir. Çökme deneyi kesik koni şeklinde bir kalıba doldurulan taze betonun kalıp çekildikten sonra çökme miktarının cm ya da mm olarak ölçülmesi esasına dayanır. Farklı kıvam sınıfları için TS EN 206-1'e göre Çizelge 2.11'de değerler sıralanmıştır [6].

Çizelge 2.11. Kıvam sınıfları

Sınıf	Çökme (mm)
S1	10-40
S2	50-90

Çizelge 2.11. (Devam) Kıvam sınıfları

Sınıf	Çökme (mm)
S3	100-150
S4	160-210
S5	>220

Pompalanabilirlik

Betonun pompalanabilme kabiliyeti; beton pompasının kapasitesine, boru çapına, betonun akıcılığına, betonun ulaştırılacağı yüksekliğe, pompa borusunun dönüş açısına ve hızına bağlı olarak değişirler [28].

Pompalanabilirliğin, beton açısından özellikleri de şöyle sıralanabilir:

- 1) En büyük agrega tane çapının pompa boru çapına oranı,
- 2) İşlenebilirlik,
- 3) Stabilite (kararlılık),

Genel olarak aşağıdakiler uygulandığı takdirde betonun pompalanabilirliği için yeterli olacaktır:

1. Çimento miktarı 300 kg/m^3 'ten yüksek veya 300 mikronun altındaki ince agrega ile çimentonun ağırlığı toplamı, $1.75 \times$ serbest su miktarından fazla ise,
2. Çökme 50 mm' den (tercihen hedef 75 mm) yüksek ise,
3. En büyük agrega tane çapı büyüklüğü pompa borusu çapını 5' te 1 'inden fazla ise (Örneğin 100 mm.'lik boru için 20 mm. maksimum tane çapı),
4. İnce taneli agrega miktarı normal bir beton karışımından %5 fazla ise [28].

Basınç dayanımı

Betonun dayanımı sertleşmiş betonun en çok aranan özelliğidir. Betonun dayanımı taşıyabileceği en yüksek gerilme olarak tanımlanır [18]. Bazı özel durumlarda dayanıklılık, su geçirimsizlik gibi diğer özelliklerde önem kazanır. Betonun mekanik dayanımları arasında en önemlisi basınç dayanımıdır. Gevrek bir malzeme olan betonun çekme dayanımı çok düşük, basınç dayanımı yüksektir. Bu nedenle beton için dayanımdan söz edildiğinde basınç dayanımı anlaşılır ve beton sektöründe kalite açısından basınç dayanımı kontrol edilir. Bazı özel uygulamalar için çekme ve kayma mukavemetlerini bilmek gerekebilir. Basınç dayanımı genellikle beton kalitesi hakkında bize bilgi verir [27].

Betonun dayanımı çimento hamurunun mukavemetine, agrega tanelerinin mukavemetine, agrega taneleri ile çimento hamuru arasındaki yapışmanın (aderans) gücüne bağlıdır. Normal betonda agrega taneleri en sağlam unsurdur. Bunun yanında çimento hamuru ve aderansda mukavemeti belirlemekte etkilidir. Çimento hamurunun mukavemeti su/çimento oranına bağlıdır. Çimentonun hidratasyon reaksiyonları için ağırlığının %25-30' u kadar su yeterlidir, betona kıvam vermek için gerekli fazla su beton sertleştiğinde buharlaşarak yeri boş kalmaktadır. Suyun ve boşluğun yük taşıma kapasitesi söz konusu olmadığı için dayanım düşmektedir. Ayrıca agreganın kirli olması da aderansı azaltacağı ve su ihtiyacını artıracığı için yine dayanımı olumsuz etkilemektedir [27].

Basınç dayanımını etkileyen diğer faktörler arasında çimentonun cinsi, miktarı ve inceliği de önemli rol oynar ve agrega granülometrisi, en büyük tane çapı, agrega yüzey pürüzlülüğü ve akışkanlaştırıcılar ıslanma su ihtiyacını değiştireceği için dayanımı etkiler. Betonun yerleştirilme sırasında sıkıştırma metodu ve betonun bakımı da kaliteli üretilmiş betonun yapı üzerinde bu dayanımın sağlanması açısından önem taşır [6].

Betonun, basınç dayanımına göre sınıflandırılmasında, normal beton için Çizelge 2.12' de verilen sınıflar uygulanır.

Çizelge 2.12. Normal beton basınç dayanım sınıfları [29]

Basınç dayanım sınıfı	En düşük karakteristik Silindir dayanımı $f_{cksil.}$ (N/mm ²)	En düşük karakteristik Küp dayanımı $f_{ck küp}$ (N/mm ²)
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

Basınç dayanımı, aksi belirtilmedikçe 28 günlük numunelerde tayin edilir. Özel amaçlarla kullanım için basınç dayanımının(büyük hacimli yapısal elemanlar gibi) 28 günden daha erken veya daha geç yaşlarda veya özel şartlarda kür işlemine tabi tutulmasından sonra (ısıtıl işlem gibi) tayin edilmesine ihtiyaç duyulabilir [6].

Diğer özellikler

Genellikle su yapılarında permeabilite, donma-çözülme, dayanıklılık özelliği beklenir. Eğer agrega taneleri arasındaki bütün hacim çimento hamuru ile

doldurulabilmiş ve beton karışımı içine gereğinden fazla su konulmamış olsaydı sertleşmiş beton tamamıyla su geçirmez olabilirdi. Dolayısıyla, su işlemeyen (geçirimsiz) beton yapmanın ilk koşulu beton boşluklarının minimuma indirilmesidir. Oysa iyi bir işlenilebilir beton karışımı ancak çimento hidratasyonu için gerekli olandan daha fazla su kullanmak suretiyle mümkün olabilmektedir. Bu fazla su beton içinde agregalar arasında toplanarak boşluk ve olukların oluşmasına neden olmaktadır. Hidratasyon sonucunda meydana gelen bileşiklerin hacmi karışıma katılan çimento ve suyun gerçek hacminden daha azdır. Böylece hidratasyon ilerlerken, sertleşmiş çimento hamuru gerçek hamurun işgal ettiği aynı hacmi dolduramaz ve sertleşmiş beton bünyesinde boşluklar meydana gelir. Bu boşluklar betonun geçirimli olmasına neden olur [27, 29, 6].

Sertleşme başladığında beton içinde bulunan fazla su artık katı fazdan ayrılmış ve boşluklar içinde toplanmaya başlamıştır. Bu boşluklar iri agregaların altında, birbirleriyle temasta olan su kanalları oluştururlar. Betona özel olarak verilen havanın yaratmış olduğu boşluklar bunlardan yapı olarak biraz farklılık gösterir. Bu yolla oluşan boşluklar mikro kabarcıklar halinde ve birbirleri ile ilişkisizdir. Bu nedenle bu hava boşlukları beton geçirimliliğini artırıcı rol oynamaz. Eğer beton üretiminde yeteri miktarda su kullanılmış olursa, çimento hidratasyonu sırasında meydana gelen boşluk boyutları küçülecek, dolayısıyla betonun permeabilitesi azalacaktır [29, 6].

Betondan beklenen diğer bir özellikte hacim sabitliğidir. Hacim değişikliği, sertleşmiş betonun ıslanma, kuruma ve sıcaklık değişimleri sonunda meydana gelen genişleme ve büzülme olduğu bilinmektedir. Çimento ve suyun karışıma giren hacimleri kimyasal reaksiyonlar sonunda küçülür. Bu beton hacminde küçük bir değişikliğe neden olur. Beton taze halde iken, priz yapmadan önce, katı parçacıklar yukarıda açıklanmış olduğu gibi aşağı doğru hareket eder ve serbest suyun üst kısmında toplanmasıyla yerleşme rötresine neden olur [6].

Yüksek oranda su/çimento oranının neden olduğu bu hacim değişikliği betonda arzu edilmeyen bir çok durumun ortaya çıkmasına neden olur. Betonda rötre sonucu

çatlaklar meydana gelmektedir. Çatlaklardan giren sular beton içine çevreden iyonların taşınmasına yol açmaktadır. Beton karışımına giren malzemelerin farklı hacim değişikliği sonucu içsel gerilmeler oluşmaktadır. Bu gerilmeler betonun iç yapısını ve çimento hamuru ile agrega parçacıkları arasındaki bağları zayıflatır. Özellikle donma-çözünme olayı tekrar betonun parçalanmasına neden olabilir [6, 30].

Betonda hacim değişikliğinin diğer önemli bir nedeni de, hidrasyonla sertleşen beton içinde bulunan klinker bileşiklerinin oluşturduğu jellerdir. Bunlar su absorbe ettikleri zaman genişlerler, kurudukları zaman ise büzülürler. Betonun ıslanması ve kuruması sırasında jellerde meydana gelen bu hacim değişikliği betonda çatlamalara neden olabilir. Kurumanın neden olduğu büzülme, ıslanmanın neden olduğu genişlemeden biraz daha fazladır. Birçok beton ıslanmanın neden olduğu basınç gerilmesine kolayca dayandığı halde, kuruma sonucunda meydana gelen gerilme nedeniyle çatlama meydana gelmektedir [6]. Sıcaklık etkisi genişleme katsayıları beton karışımında bulunan agreganın cins ve miktarına su/çimento oranına bağlıdır. Ancak ortalama olarak bu katsayı $10-12 \cdot 10^{-6}$ alınabilir. Böylece 1m uzunluğundaki bir betonun boyu 1°C sıcaklık değişiminde yaklaşık olarak 10-12 milimikron kadar değişebilir.

Çimento hidrasyonu sonucunda açığa çıkan ısı bazı durumlarda betonun hacim değişikliği üzerinde önemli derecede etkili olabilir. Özellikle, kütle betonlarda $10-15^{\circ}\text{C}$ gibi yüksek sıcaklık farkları oluşabilir. Isı çıkışının büyük bir kısmı dökümü izleyen ilk üç gün içinde meydana gelir. Bu ısının neden olduğu basınç gerilmeleri pek fazla değildir. İlk günlerde betonun elastisite modülü de düşüktür. Asıl zararlı etki betonun soğuması sırasında betonda büzülme meydana geldiği zaman ortaya çıkmaktadır. Elastik modülün daha büyük olduğu daha sonraki günlerde meydana gelen büzülmenin çekme gerilmelerine neden olduğu bilinmektedir [31].

2.2.6. Hazır beton özelliklerine etki eden faktörler

Çimentonun etkisi

Çimentonun, kil ve kalkerin belirli oranlarda karıştırılarak pişirilip öğütülmesi sonucu elde edilen hidrolik bir bağlayıcı olduğu bilinmektedir [5].

Kalker sıcaklık etkisiyle ayrılarak kirece (CaO) kil ayrılarak silis (SiO_2) ve alümine (Al_2O_3) dönüşür, kilde ve ergitici toprakta bulunan demirde demir oksit (Fe_2O_3) şeklinde ortaya çıkar. Bu maddelerin oranının betonun özelliğine etkide bulunduğu bilinmektedir [29]. Bu maddelerin birleşmesiyle de çimentonun dört temel bileşeni oluşur. Bu karma oksitler C_2S olarak bilinen Dikalsiyum silikat ($2\text{CaO}.\text{SiO}_2$), Trikalsiyum silikat ($3\text{CaO}.\text{SiO}_2$), C_3A Trikalsiyum Alüminat ($3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$) ve Tetra kalsiyum alümina ferrit $\text{C}_4\text{AF}(4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3)$ 'dür. Bunların dışında alçı taşı ($\text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O}$) ve minör bileşenler dediğimiz birleşmemiş CaO , MgO bazı durumlarda Na_2O ve erimeyen maddeler çoğunlukla SiO_2 de bulunur. C_2S , C_3S silikatlar daha hızlı sertleşir ve dayanım kazanır [6].

Çimento, su ile temas ettiği zaman reaksiyona başlayarak sertleşme sürecine girer. Bu süreç (priz başlama), belirli sınırlar içinde olmalıdır. Eğer sertleşme çok süratli olursa (yani 1 saatten önce başlarsa) taze betonun taşınmasında ve döküleceği yere yerleştirilmesinde oldukça güçlük çekilir. Eğer sertleşme çok geç olursa; istenilen zamanda beton dayanımını kazanamaz. Betonun kalıp sökme süresi uzar, bu da inşaatın süresini uzatır [31].

Türkiye'de, çimentolar TS EN 197-1 standardına uygun olarak üretilmektedir. Çimento isimleri; CEM I Portland Çimentosu, CEM II Portland Kompoze çimentosu, CEM III Yüksek Fırın Cürufu Çimentosu, CEM IV Puzolanlı Çimento ve CEM V Kompoze Çimento olarak 5 ana sınıfa ayrılmıştır [5].

Agreganın etkisi

Genel olarak basınç dayanımına yönelik beton üretiminde yoğun kırma veya akarsu yatağından elde edilen agregalar kullanılır [6].

TS 706' da agrega şöyle tanımlanmaktadır: Agregada doğal veya yapay yoğun mineral malzemenin genellikle 100 mm'ye kadar çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış veya kırılmış tanelerin bir yığıdır. Agregalar tane boyutlarına göre sınıflandırılırlar. Boyutlar kare kesitli standart elekler vasıtası ile tayin edilir. Bir tanenin boyutu geçebildiği en küçük eleğin bir gözünün kenar uzunluğudur. Beton teknolojisinde kullanılan elek sistemleri ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir [21]

Agreganın uygunluğunu özgül ağırlık belirler. Düşük özgül ağırlık sağlam olmayan malzemeyi, yüksek özgül ağırlık, ise kaliteli betona uygun agregayı tanımlar. Özgül ağırlık beton karışım hesabında ve bu hesapların düzeltilmesinde gereklidir. Özgül ağırlığı yüksek ise boşluk az demektir. Boşluğu az olması kompaktifitenin yüksek olduğu anlamına gelir. Buda beton basınç dayanımını olumlu yönde etkiler [26].

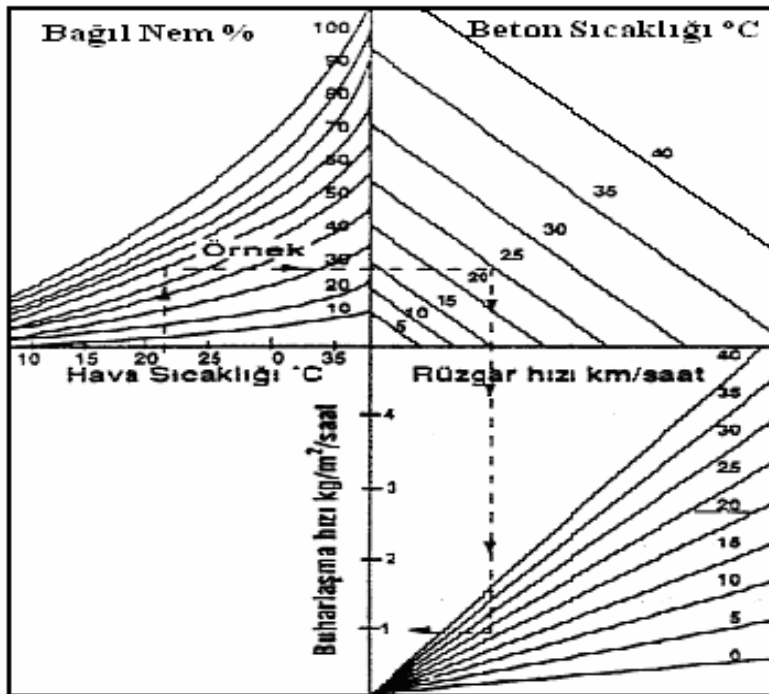
Beton üretiminde farklı tane boyutu sınıflarında agregalar bulunur. Bir agreganın yığınının içerisindeki tanelerin büyüklüklerine göre gösterdikleri tane dağılımı oranını gösteren eğriye granülometri eğrisi denir. Bu oranlar elek analizi denilen deney yöntemi ile saptanarak hangi boy büyüklüğünde ne miktarda agreganın yer aldığı belirlenir. Sonuç olarak agregalar arasında minimum boşluklu tane dağılımı oluşturarak agreganın yığınının boşluğunu minimuma indirmek mümkündür. Boşluğun minimum olması çimento ve su miktarının minimum düzeyinde kalmasını sağlayacak, daha ekonomik ve daha dayanıklı beton üretmek mümkün olacaktır [6].

Betonun sıkıştırılmasındaki kolaylık veya zorluğuna işlenebilirlik denir. "Segregasyon" diye tabir edilen husus betonda agreganın ile harçın ayrışmasıdır. Ağır olan agreganın aşağı kısımda kalırken ince harç ve su betonun üst kısmında toplanır. Dolayısıyla bu şekilde arzu edilen dayanıklılığa erişilemez [6].

Suyun etkisi

Beton karma suyu, betonu oluşturan temel malzemelerden biridir. Karışım suyu olarak kullanılarak iki önemli görevi yerine getirmektedir: Birincisi çimento ve agrega tanelerinin yüzeyini ıslatarak yani yağlayıcı etki oluşturarak beton malzemelerinin kolayca karışabilmesini sağlamaktır, ikincisi ise çimento taneleri ile birleşerek oluşan çimento hamurunda hidrasyon denilen kimyasal reaksiyonu sağlamaktır [6].

Beton yapımında karışım suyu olarak kullanılacak su mümkün olduğu kadar temiz ve içilebilir nitelikte olmalıdır. İçerisinde taze ve sertleşmiş betonun özelliklerine zararlı etki yapabilecek kadar kil, şilt, organik madde, asit, klorür, sülfat, yağ ve endüstriyel atıklar bulundurmamalıdır [6].



Şekil 2.3. Hava sıcaklığı- Beton buharlaşma hızı ilişkisi [20]

Betonun karışım suyu, rüzgar, bağıl nem, beton sıcaklığı ile Şekil 2.3.' de görüldüğü gibi etkilidir. Bir çok araştırmacı bu buharlaşmadan betonun zarar görmemesi ve

hidratasyonunu tam olarak sağlaması için beton ıslak bez veya çuvallarla korunmasını yada su ile beton bünyesindeki suyun kaybolmasının engellenmesini önermektedirler. Betonun buharlaşma hızı, havanın bağıl nemine bağlı olduğu bilinmektedir. Şekil 2.3' de buharlaşmadan dolayı meydana gelebilecek su kaybı görülmektedir [20, 6].

Beton karışım suyunda çözülmüş halde en fazla 15 gr/lt tuz ve 3 gr/lt C_3S bulunabilir. Karışım ve temas (bakım) suyunun pH değeri çok önemlidir. Genellikle betonların karışım sularının pH değerinin ≥ 4 olmasında büyük yarar vardır [32, 33].

Su / çimento oranının etkisi

S/ç oranı betonun basınç dayanımı ve dış iklim faktörlerine karşı dayanıklılığında önemli rol oynar. Su ve çimentodan meydana gelen çimento hamurunda, suyun çimentoya oranı ne kadar küçük olursa çimento hamuru o kadar plastik kıvamlı olur. Plastik kıvamlı hamurla elde edilen betonun, basınç dayanıklılığı, dış faktörlere dayanımı ve hacim sabitliği oldukça iyi netice verir. Beton karışım hesabında, s/ç oranına, çeşitli iklimlere, beton dökülecek alana ve basınç dayanımına göre seçilir. Seçilen s/ç oranı, beton özelliğine göre değişiklik gösterir [20].

Betonun donma-çözölmeye karşı dayanımını artırmada, düşük s/ç oranı yanında hava sürükleyici kimyasal katkı maddesi kullanılmalıdır. Ayrıca hava sürükleyici kimyasal katkı maddesi, betonun işlenebilirliğini artırdığından s/ç oranını azaltmak mümkündür [20].

S/ç oranı taze betonun işlenebilirliği üzerinde oldukça etkilidir. Fakat işlenebilme özelliği, bu orandan çok suyun mutlak değerine bağlanmaktadır. Belli bir cins ve granülometriye sahip agrega karışımı kullanılması halinde ve uygulamadaki kullanılabilirlik sınırları dahilinde, işlenebilme özelliğinin sadece su miktarı tarafından belirlendiğinden ve çimento dozajından bağımsız olduğundan yaklaşık olarak kabul etmek mümkündür [20].

Hava miktarının etkisi

Betonun hava miktarı, normal ve ağır betonda ülkemiz şartlarında TS EN 12350-7'ye uygun olarak tayin edilmelidir. Hava miktarı, en küçük değerle tarif edilir. Hava miktarının üst sınırı, en küçük değere % 4 sabit sayı ilave edilmesiyle bulunur [25].

Taze betonda bulunan hava iki şekilde olur:

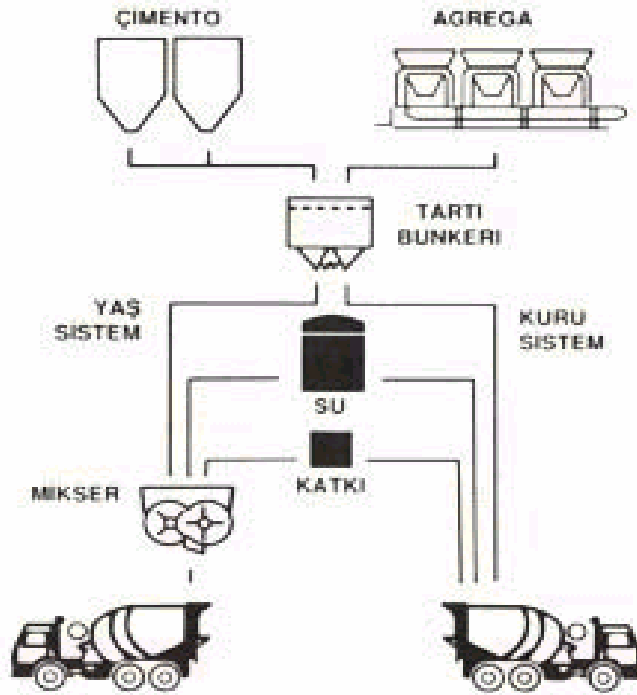
- Betonda karıştırma sırasında hapsolan hava.
- Donma çözünme dayanıklılığını artırmak için betona bilinçli olarak hava sürükleyici katkıları yardımıyla sağlanır.

Bunlardan birincisi betonun karıştırılması sırasında beton içerisine hapsolür ve ancak uygun karıştırma, yerleştirme ve sıkıştırma şartlarının sağlanmasıyla en az seviyeye çekilebilir. Her şart altında betonda hacimce en az %1-3 miktarda hapsolmüş hava bulunur. Betonda hapsolmüş hava miktarının artması sertleşmiş betonun geçirgenliğini artırır ve betonun dışardan gelen kimyasal ve fiziksel etkilere karşı dayanıklılığını azaltır [6].

Taze betondaki ikinci tipteki hava ise sertleşmiş betonun donma çözünme dayanıklılığının artırılması için betona sürüklenen havadır. Betonda donma çözünme etkisinin mekanizmasıyla ilgili çeşitli teoriler vardır. Önceden, donma etkisinin doğrudan büyük kapiler boşluklarda bulunan suyun donmasıyla ortaya çıkan hacim genişmesi neticesinde donan suyun bulunduğu boşluğa sığmamasından kaynaklandığı yönünde teoriler üretilmiştir. Fakat sonradan yapılan incelemeler donma etkisinin daha kompleks mekanizmalarla betonu etkilediğini ortaya koymuştur. Bu teorilerde betonun geçirimsizliği, su emme karakteristikleri ve suya doygunluğu donma çözünme dayanıklılığını etkileyen önemli ve birbiriyle ilişkili faktörler olarak belirtilmektedir. Pratikte yoğun ve geçirimsiz betonların dayanıklılığı, geçirgen ve boşluklu betonlara göre daha fazladır. Bu durum taze betonda sıkıştırmanın donma çözünme dayanıklılığı yönünden önemine işaret eder [6].

2.2.7. Hazır beton santrali

Hazır beton bileşenlerinin stoklanıp, kontrol altında karıştırılarak, hazır beton üretiminin gerçekleştirildiği ve transmikserlere dolumun yapıldığı tesislere "beton santrali" denir [12]. Beton santralinde çimento siloları, agrega bunkerleri, tartı bunkerleri, su tankı, katkı tankı ve mikser bulunmaktadır. Şekil 2.4.' de bir beton santralının şematik yapısı görülmektedir.



Şekil 2.4. Beton santralının yapısı [34]

2.2.8. Geri kazanım ve geri dönüşüm

Değerlendirilebilir atıkların çeşitli fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerle ikincil hammaddeye dönüştürülerek tekrar üretim sürecine dahil edilmesi tek başına geri dönüşüm olarak adlandırılır ve geri kazanım kapsamında olan bir faaliyettir. Geri dönüşüm, geri kazanım kategorileri içinde atığın değerini en çok artıran olduğundan AB Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Direktifi malzeme geri dönüşümüne yeniden

kullanımın ardından en yüksek önceliği vermektedir. Geri dönüşüme en uygun olan toplama şekli kaynağında ayrı toplamadır. Bu yapılmadığında, geri kazanılan ambalaj atıkları diğer atıklarla karışık olarak aynı poşete veya kutuya konulduğunda, taşıma, aktarma ve depolama sırasında kirlenmekte ve içerdiği yabancı maddelerle katışıklıkların miktarı artmaktadır. Dolayısı ile geri dönüşüm için gereken ayırma ve işleme maliyetleri yükselmekte ve sonuçta ikincil hammaddenin maliyeti birincil hammaddeyi aşınca süreç ekonomik olarak olanaksız hale gelmekte, sosyal olarak desteklenmesi gerekmektedir. Bu nedenlerle, geri kazanılabilir ve ikincil hammadde olarak değerlendirilebilen ambalaj atıklarının, diğer atıklardan ayrı ve temiz olarak, mevcut çöp toplama şeklinin ve alışkanlıklarının dışında, kaynağından; sözgelimi sokaklara yerleştirilen kumbaralar veya ayrı olarak torbalanması yoluyla toplanması en iyi yöntemlerdir [30].

Geri kazanım ve geri dönüşümün nedenleri

II. Dünya Savaşı sonrasında toplumlar doğa ile çatışmak ve doğayı alabildiğine sömürmek yerine doğa ile uzlaşma ve doğa ile denge içinde olma yollarını aramaya başladılar ve bu durum zamanla genel kabul gören temel bir ilke ve yaklaşıma dönüştü. Bu kapsamda Dünya, özellikle son 35 yıldır; “Çevre nasıl korunur?”, son 20 yıldır da “Ambalajların geri dönüşümü nasıl sağlanır?” sorularının cevaplarını aramaktadır [30].

20. yüzyılın sonuna doğru çevrecilik kavramının, sürdürülebilir kalkınma ilkesi çerçevesinde ele alınması doğal çevrenin, ekonomik ve sosyal boyutuyla birlikte toplumların üçüncü sacayağını oluşturduğu gerçeğinin anlaşılacak, bunun temel sosyal yaklaşım olarak benimsenmesine yol açmıştır. Buna bağlı olarak da, günümüzde geri kazanım ve geri dönüşüm faaliyetleri ülkelerin sosyal ve ekonomik gelişmişlik düzeyini gösterir makro düzey parametreleri haline gelmiştir [30].

Öte yandan, Türkiye’de de belediyelerce toplanmakta olan atıkların yaklaşık yedide birini oluşturan ambalaj atıkları, düzenli atık depolama alanları için önemli bir maliyet kalemidir. Çöp dağlarının tehdidi altındaki hava, su ve taş küreler, orman ve

tarım arazileri ile deniz, göl ve akarsu ekosistemleri; her ne kadar teorik olarak yenilenebilir doğal kaynak olarak sayılsalar da, kaynağın kendini yenileme kapasitesinin üstündeki aşırı kullanımlarla oluşan yoğun kirlilik sonucu kendini yenileyemediğinden yok olmaktadır [30].

T.C. Çevre Bakanlığı verilerine göre ;

- Belediye sınırları içindeki ev ve işyerlerinden toplanan yıllık katı atık miktarı 23 500 000 ton,
- Endüstriyel faaliyet sonucu ortaya çıkan yıllık katı atık miktarı 28 000 000 ton'dur ki bu miktarın yaklaşık 5 000 000 ton'u tehlikeli atık kategorisinde yer alır.
- Klinik atıkların miktarı 115 000 ton civarındadır.
- Bir yılda üretilen 930 000 000 metreküp atık suyun 775 000 000 metreküpü hiç arıtılmadan alıcı ortama verilmektedir [35].

Atık suyun geri kazanımı

Çeşitli nedenlerle tesise dönen kullanım fazlası su ve beton, hazır beton tesislerinde kurulan geri dönüşüm sistemleri yardımıyla ayrıştırılarak, tekrar üretim sürecine katılır veya uygun bir yere dökülür ve dökülen beton daha sonra kırılarak dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Geri dönüşüm sistemine aktarılan taze betonun önce agrega ve çimento şerbeti birbirinden ayrılarak, agrega üretimde tekrar kullanılmak üzere stok bölümüne konur. Çimento şerbeti ise, sistemde ajitatör (ayrıştırıcı) havuz varsa, bu havuzda işlenip ince malzemenin çökmesi engellenerek, tekrar ve doğrudan üretime aktarılır ve hiçbir artık açığa çıkmaz. Geri dönüşüm ünitesinde ajitatör havuz yoksa, agregadan ayrılan çimento şerbeti tesisteki çökelti havuzlarına aktarılır ve burada su ve çamur ayrıştırılır; elde edilen su tekrar üretimde kullanılırken, açığa çıkan çamur, atık olarak tasfiye edilir [2].

Geri dönüşüm sistemleri, özellikle yüksek kapasiteli hazır beton tesislerinde sıkça kullanılır. Bu, kullanım fazlası taze veya sertleşmiş betonların çevreye zarar

vermesini engellediği gibi, üretim sürecine ve dolayısıyla maliyetlere de katkıda bulunan, önemli bir unsurdur [2].

2.3. Hazır Betonla İlgili Yapılan Önceki Çalışmalar

Ekermen vd. (1994), Ankara'daki hazır beton sektörünün durumunu belirlemek ve şehrin değişik bölgelerindeki binaların değişik katlarında bulunan çeşitli yapı elemanlarına dökülen hazır beton ile şantiyede üretilmiş betonun birim maliyetlerini hesaplayarak karşılaştırmışlardır. Çalışmada, sektörün 1991 yılındaki durumu göz önüne alınmış, gözlem ve ölçümlerle Bayındırlık ve İskan Bakanlığı rayiç ve analizlerine bağlı olarak hesaplanan birim maliyetler 1994 rayiçlerine çevrilmiştir [36].

Türkiye’de Hazır Beton üzerine yapılan ilk bilimsel çalışmalardan biri Öztekin ve arkadaşlarına aittir. Bu çalışmada Ekim-Kasım 1993 döneminde İstanbul’da bir hazır beton tesisinde yürütülen çalışmada hazır betonun santral çıkışı ve şantiye teslimi kaliteleri olarak taze beton sıcaklığı, çökme(slump) ve basınç dayanımı incelenmiştir. Taze beton taşıma süresince hava ve taşıma süresine bağlı olarak kıvamında bir azalma olduğu saptanmıştır. İstenilen kıvamı şantiyede su ilavesiyle dengelemeye çalışılmakta ise de kıvam ayarlaması kontrolsüz yapıldığında mukavemet kaybına neden olduğu belirlenmiştir [37].

Çil tarafından yapılan çalışmada ise Temmuz-Aralık 1999 döneminde İstanbul’da üç farklı hazır beton tesisinde yürütülen çalışmada hazır betonda santral çıkışı ile şantiye teslimi kaliteleri olarak taze beton sıcaklığı, çökme(slump) ve basınç dayanımı incelenmiştir. Santralden çıkan betonun kıvamı şantiyede su koymaya gerek kalmayacak şekilde üretilmesi önerilmiştir. Böylece şantiyede mikserden (hiç su ilave edilmeden) beton kalıplara veya döküleceği yere ulaştırılmalıdır. Bu durumun sonucu olarak beton sınıfı ve kalitesi de tamamen santralde belirlenmiş sınıfı sağlayacaktır. Ayrıca şantiyede kıvam arttırılması gereken durumda, su ilavesi yerine mutlaka uygun bir kimyasal katkı kullanılmalıdır [38].

Güner (1994), çalışmasında, pompalanabilir, yerine yerleştirilmiş ve sıkıştırılmış hazır betonun toplam maliyeti esas alarak beton sınıfı ve çökme ile ölçülen işlenebilmeye bağlı olarak her süper akışkanlaştırıcı içeriğinde en düşük maliyetler ve nitelik denetleme düzeylerinin belirlenmesini amaçlamıştır [39].

Oymael vd.(1994), çalışmalarında Elazığ yöresindeki mevcut hazır beton tesislerinin durumunun tespiti, sektör ile tüketici arasındaki ilişkilerin araştırılması ve problemlerin belirlenmesini amaçlamıştır [40].

Gürbüz (1998), çalışmasında, doğal agrega rezervlerine sahip Amasya ili Yeşilirmak havzasındaki agrega ocaklarından elde edilen agregaların hazır beton tesislerinde kullanım imkanlarını belirlemeyi amaçlamıştır. İnşaat sektörünün hızla geliştiği son yıllarda hazır beton üretimi ve kullanımı büyük oranlarda artmış, küçük ve büyük kapasiteli birçok firma hazır beton üretimine geçmiştir. Ancak yapılan araştırmalar sonucunda genelde bu sektörde üretilen betonların amaçlanan dayanım değerine ulaşılmasında problemler olduğu görülmüştür. Hazır beton kalitesinin yükseltilmesinde problem olan faktörler malzeme, işçilik ve teknik bilgi yetersizliği olarak görülmektedir. Bu çalışmada, Amasya bölgesinde bulunan agregaların hazır beton üretiminde kullanılması durumunda beton kalitesini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Sonuç olarak; rezervlerden elde edilen agregaların yıkanarak kullanılması ve standart tane dağılımının sağlanması durumunda BS16 betonu üretiminde kullanılabileceği görülmüştür [41].

Copolla vd. (1995), çalışmalarında hazır beton karışımı için yeni bir karışım dizayn metodunu bilgisayar programına dayalı olarak hesaplamışlardır. Bu metotla beton karışımı için gerekli olan hammaddelerin ve beton dayanımının değerlendirilmesi temel alınarak dizayn edilmiştir. Bu metotla ekonomik karışımların hesaplanmasının mümkün olduğu ve dayanım, geçirimsizlik gibi ilave gereklilikleri kapsayan hesaplar ve performansın arttırmasıyla alternatif beton karışımları önerilebileceği sonucuna varmışlardır [42].

Abit (1999), çalışmasında, Türkiye'deki altı coğrafi bölgede bulunan hazır beton üreticileriyle, teknik personel ve laboratuvar çalışanları ile yaptığı görüşmelerden elde ettiği izlenimleri aktarmıştır. Sonuç olarak; sektörün hızla büyümesine karşılık müşterilerin aynı hıza ayak uyduramadığını saptamıştır [43].

Kantar (1998), çalışmasında, İzmir ve yöresinde üretilen hazır betonların sınıf dayanımlarına göre istatistiksel incelenmesi ile kür şartlarının beton dayanımlarına olan etkilerini incelemiştir. Bu amaçla yapılan çalışma ile üretilen hazır betonun kalitesinin incelenmesi, üretilen betonlarda kullanılan malzemelerin betona etkisi, kurulduğu günden itibaren günümüze kadar hazır beton firmalarının üretimindeki değişim gözlenmesi, müşterinin tercih ettiği beton sınıfı ve müşteriye verilen hazır betonun miktarlarının sınıflarına göre dağılımını incelemiştir. Sonuç olarak; kullandığımız betonların dayanımlarının en iyi sonucu vermesi için sağlanması gereken en ideal koşulların hangisi olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır [4].

Önder (2000), çalışmasında, uzun süreli karışım işleminin ve ilave su katarak kıvam düzeltmesinin hazır betonun özelliklerine etkisini incelemiştir. Bu çalışma boyunca, uzun süreli karışımın ve dört farklı kıvam düzeltme işlemi uygulamasının taze ve sertleşmiş betonun özelliklerine, örneğin beton sıcaklığına, çökme kaybına, birim ağırlığına, hava miktarına ve dayanıma etkisi araştırılmıştır [44].

Gedik (1998), çalışmasında, karışım ve teslim süresinin hazır beton özellikleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu çalışmada, karışım ve teslim süresinin beton sıcaklığı, çökme kaybı, miktarı ve dayanım gibi özellikler üzerindeki etkisi araştırılmıştır [45].

S. Abdol Chini ve William J. Mbwambo (1996), çalışmalarında, beton yıkama suyunun düzeni için çevresel yönden çözümlerini araştırmışlardır. Sonuç olarak; hazır beton sanayisinin tecrübesi betonun performansının, geri dönüşüm suyunun kullanımıyla etkilenmediğini ve yıkama sonucunda çıkan atık suyun azaltılmasını önermişlerdir [52].

Aruntaş. H. Y., süper akışkanlaştırıcı bir katkının betonun fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisini incelemiştir. Katkının basınç dayanımına etkisi, s/ç oranı sabit betonlarda her iki ortam için olumsuz olmuş ve dayanımlarda %2-39 azalma görülmüştür. S/ç oranı azaltılan betonlarda ise her iki ortam için %20-49 arasında dayanım artışı sağlamıştır. Yarmada çekme dayanımları, s/ç oranı azaltılan betonlarda yükselmiş ve dayanımlar her iki ortamda %13-26 arasında artış gösterdiğini saptamıştır [11].

Topçu vd. (2006), çalışmalarında beton üretiminde kimyasal katkı kullanımını incelemiştir. Beton firmalarının hangi kimyasal katkıları kullandığı, bilinçli bir katkı kullanımının olup olmadığı, deneyimleri ve önerilerini belirlemek amacı ile Eskişehir'deki beton firmalarında bir anket çalışması yapılmıştır. Anket çalışması sonuçlarına göre beton üretiminde daha çok akışkanlaştırıcı katkı maddeleri kullanılmaktadır. Taze betonda kimyasal katkı kullanılmadan önce ön deneysel çalışmalar beton firmalarınca yapılmaktadır. Beton üretiminde bu çalışmalara göre belirlenen katkı çeşidi ve oranı kullanılmaktadır. Sonuç olarak hazır beton firmalarının tamamının beton üretiminde kimyasal katkı kullandıkları görülmüştür [46].

Dorum ve Tekin, uçucu kül ikameli çimento harcının basınç dayanımı ve priz zamanına distile su etkisini incelemiştir. Uçucu kül (UK) ikameli çimento harcında, karışım ve kür suyu olarak distile (saf) su kullanılmıştır. Hazırlanan numunelere 28 gün süreyle kür uygulanmış ve sertleşmiş numunenin basınç dayanımları ölçülmüştür. Ayrıca distile su kullanılarak hazırlanan UK ikameli çimento pastasının priz süreleri belirlenmiştir. Sonuçlar su içeriğinin, uçucu kül içeren çimento harcında basınç dayanımını ve priz süresini etkilediğini göstermiştir. 28 gün sonunda, distile suyla hazırlanan çimento kütesince %15 UK ikameli harç, şehir şebeke suyu ile aynı formda hazırlanan harca göre basınç dayanımında %12'lik bir artış göstermiştir. Priz deneyleri neticesinde ise, uçucu kül ikame oranı arttıkça priz sürelerinin de arttığı gözlenmiştir [47].

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Malzeme

Bu çalışmada; kullanılan agregalar, atık su ve süper akışkanlaştırıcı katkı Set Beton Santralından temin edilmiştir. Beton üretiminde kullanılan CEM I (PÇ 42,5) çimentosu Set Ankara Çimento Fabrikasından sağlanmıştır.

3.1.1. Çimento

Bu çalışmada, Set Çimento ve Beton A.Ş. fabrikasında üretilen CEM I (PÇ 42,5) N Portland Çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun, kimyasal analizi ve fiziksel özellikleri, TS EN 197-1 “Genel Çimentolar – Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri” [5] standardı sınır değerleri ile birlikte sonuçlar Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’ de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. CEM I (PÇ 42,5) çimentosunun kimyasal analizleri

Kimyasal Analiz (%)	PÇ 42,5	TS EN 197-1 [5]
CaO	62,7	-
SiO ₂	19,8	-
Al ₂ O ₃	4,96	-
Fe ₂ O ₃	3,75	-
MgO	1,62	En çok 5,0
SO ₃	2,65	En çok 3,0
K ₂ O	3,01	-
Na ₂ O	0,47	-
Cl	0,092	En çok 0,10
Kızdırma Kaybı	2,60	En çok 5,0
Çözünmeyen Kalıntı	0,23	En çok 5,0

Çizelge 3.2. CEM I (PÇ 42,5) çimentosunun fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	PÇ 42,5	TS EN 197-1 [5]
2 Günlük basınç dayanımı (MPa)	29,0	En az 20,0

Çizelge 3.2. (Devam) CEM I (PÇ 42,5) çimentosunun fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	PÇ 42,5	TS EN 197-1 [5]
28 Günlük	48,6	En az 42,5
Basınç Dayanımı (Mpa)		En çok 62,5
Priz baş. (Dak.)	135	60
Priz sonu (Dak.)	215	600

3.1.2. Agregalar

Beton üretiminde, Ankara Kıbrıs köyü uğural taş ocaklarından elde edilen agregalar kullanılmıştır. Agreganın özgül ağırlığı 0-4 grubu için $2,73 \text{ kg/dm}^3$, 4-12 ve 12-22 grubu için $2,70 \text{ kg/dm}^3$ tür. Agreganın maksimum tane çapı 31,5 mm dir. Agregaların kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.3’ de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Agregaların kimyasal ve fiziksel özellikleri

Metilen mavisi deney sonucu (%)	0,5
Alkali silika reaktifliği (%)	0,002
Asitte çözünen sülfat değeri (%)	0,2
Magnezyum sülfat değeri (%)	1,8
Agrega toplam kükürt içeriği (%)	0,09
Agrega klorür miktarı (%)	0/4 = 0,0014
	4/12 = 0,0015
	12/22 = 0,0014
Los angeles katsayısı (%)	23,66

3.1.3 Katkı

Bu çalışmada naftalin sülfonat esaslı, yüksek oranda su azaltıcı SA katkı kullanılmıştır. Kullanılan katkının teknik özellikleri TS EN 934-2 standardı [48] sınır değerleri ile birlikte Çizelge 3.4’ de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Deneylerde kullanılan SA katkıya ait teknik özellikler

No	Özellik	Test Metodu	Limit Değerler	Test Sonucu	TS EN 934-2 (48)
1	Homojenlik	CE-KK-A1	Ayrıışmamalı	Ayrıışmadı	Gözle

Çizelge 3.4. (Devam) Deneylerde kullanılan SA katkıya ait teknik özellikler

No	Özellik	Test Metodu	Limit Değerler	Test Sonucu	TS EN 934-2 [48]
2	Renk	CE-KK-A2	Kahverengi Sıvı	Kahverengi Sıvı	Gözle
3	Etkin Bileşen	CE-KK-A3	Referans değer		TS EN-480-6
4	Bağıl Yoğunluk(g/ml)	CE-KK-A4	1,184-1,244	1,202	ISO 758
5	Katı Madde %	A3	38,0-42,0	38,65	TS EN-480-8
6	pH	CE-KK-A5	6,0-8,0	6,07	ISO 4316
7	Suda Çözünen Klorür(%)	CE-KK-A8	< 0.1 % kütlece	0,0065	TS EN 480-10
8	Alkali Miktarı(Na2O)	CE-KK-A11	maks.%5	0,793	TS EN 480-12

3.1.4. Su

Beton üretiminde, atık su (AS) ve Güvercinlik mevkiinden gelen Ankara Şehir İçme suyu (İS) kullanılmıştır. AS, Set beton santralının çökeltme havuzunda biriken sudur. Betonda kullanılan AS' un kimyasal analizleri ASKİ Laboratuvarında yaptırılmış olup sonuçlar Çizelge 3.5' te gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Deneylerde kullanılan AS' un kimyasal analiz sonuçları

Özellik	Çökeltme Havuzu Suyu	TS EN 1008 [8]
Cr VI (mg/L)	0,69	-
pH	11,75	≥4
Askıda katı madde (mg/L)	0,10	Maks. 4ml
İletkenlik (mikrooms/cm)	5610	-
Cl ⁻ (mg/L)	109,93	Maks. 500
SO ₄ ⁻² (mg/L)	385	Maks. 2000
Renk	Açık sarı	Açık sarı renkte olmalı
Koku	Hafif çimento kokusu	Çimento veya hidrojen sülfür kokusu olmalı
Sıvı ve katı yağlar	Yok	Görünür iz kadar olmalı

3.2. Yöntem

Bu çalışmada, çimento ve beton deneyleri Set beton santralı laboratuvarlarında yapılmıştır. Araştırmada C 30 beton sınıfı üzerinde çalışılmıştır. Taze beton deneylerinde, santral laboratuvarında çökme ve birim ağırlık deneyi yapılmış, hava miktarı ve taze beton sıcaklığı ölçülmüştür. Şehir İS ve beton santralı AS kullanılarak hazırlanan beton numuneler basınç deneyine tabi tutulmuş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Beton karışım hesabı, TS 802 “Beton Karışım Hesap Esasları” Türk standardına [3] göre yapılmıştır. S/ç oranı katkısız betonlarda sabit, SA katkılı betonlarda ise azaltılmıştır. Agreganın tane dağılımı, en büyük tane büyüklüğüne bağlı olarak TS 706’ da verilen granülometri eğrisinde belirtilen 3 nolu bölgede yer almaktadır.

SA katkı malzemesinin üretilen betonlar üzerindeki etkisi, s/ç oranının azaltılmasıyla araştırılmıştır. S/ç oranı % 7,7, % 10, % 14,55, % 17,27 azaltılmış, yerine % 0,5, % 1,0, % 1,5 ve % 2,0 SA katkı malzemesi katılarak 4 karışım üretilmiştir. Katkı malzemesi, çimento ağırlığının %’si olarak karışıma karma suyu ile birlikte katılmıştır.

SA katkısız olarak üretilen betonlarda karma suyu oranları % 100 İS, % 100 AS, 25 AS+75 İS, 50 AS+50 İS ve 75 AS+25 İS olarak karışımlara katılmıştır. Burada % 100 İS kontrol betonu olarak kabul edilmiştir.

Beton yapımı için gerekli karma suyu miktarı, doymuş agreganın yüzeysel nem suyu ve ilave olarak verilecek suyun toplamıdır. Bu toplam su miktarı çimento miktarı ile büyük ölçüde bağıntılı olmayıp betonun kıvamı, agreganın tane dağılımı, tane şekli, yüzey alanı, çok ince agreganın ve karışıma girecek havanın miktarı ile ilişkili olup taze ve sertleşmiş betonda aranan işlenebilirlik dayanımı ve dayanıklılık özelliklerini sağlayacak en az miktar olarak seçilmiştir. [3]

TS 802 standardına göre yapılan beton karışım hesabı sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 3.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. 1 m³ beton üretimi için hesaplanmış malzeme miktarları

Beton Kodu	PÇ 42,5 (kg)	SA (kg)	Su (lt)	Kırma kum (0-4)(kg)	Kırma taş (4-12)(kg)	Kırma Taş (12-22)(kg)	S/Ç
100İS (KB)	355	-	220	920	440	404	0,61
100İS0,5	355	1,8	203	944	451	415	0,57
100İS1,0	355	3,55	198	951	455	418	0,55
100İS1,5	355	5,33	192	960	459	421	0,54
100İS2,0	355	7,1	186	968	463	424	0,52
25AS+75İS	355	-	220	920	440	404	0,61
50AS+50İS	355	-	220	920	440	404	0,61
75AS+25İS	355	-	220	920	440	404	0,61
100AS	355		220	920	440	404	0,61
100AS0,5	355	1,8	203	944	451	415	0,57
100AS1,0	355	3,55	198	951	455	418	0,55
100AS1,5	355	5,33	192	960	459	421	0,54
100AS2,0	355	7,1	186	968	463	424	0,52

3.2.1. Beton numunelerinin kodlanması

Numunelerin kodlanması işlemi, numune üzerine özel kodlama etiketi konularak yapılmıştır. Hazırlanan bu kodlama etiketi üzerine; numune adı, numune tarihi, numunenin döküldüğü saat, numunenin sıcaklığı ve çökme gibi bilgiler yazılmıştır. Çizelge 3.6’ da kodlama işleminde ilk önce % cinsinden oran sonra betonun cinsi belirtilmiştir. SA katkılı betonlarda ise ilk önce karma suyu oranı, sonra karma suyu en sona ise akışkanlaştırıcı oranı belirtilmiştir.

3.2.2. Tane büyüklüğü dağılımının tayini deneyi (elek analizi)

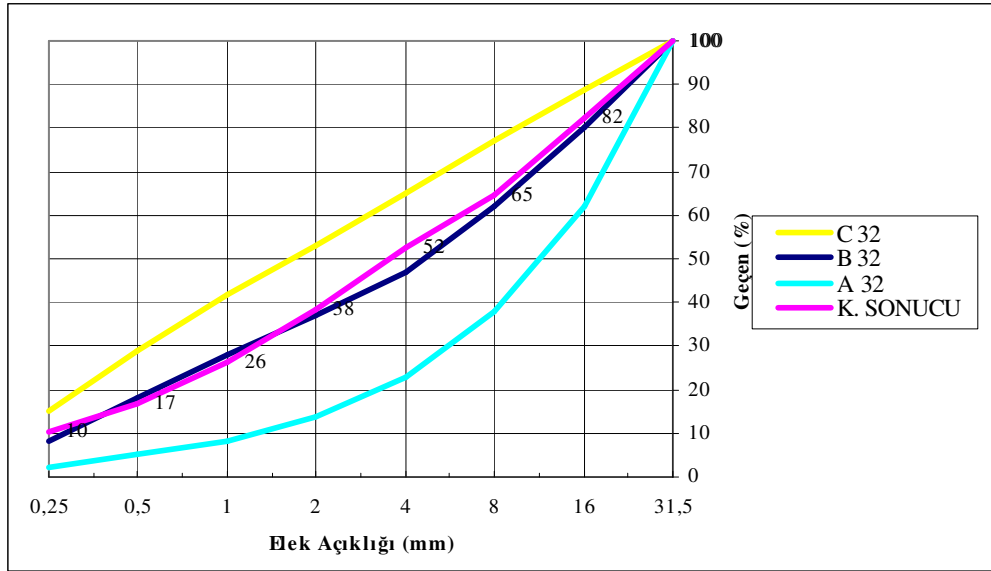
Agrega tane sınıflarının karışımı sonucu elde edilecek eğrinin TS 706 EN 12620 [21] standardında belirtilen B eğrisine uygun olması gerekmektedir. Agreg a tane dağılımını elde etmek için kuru eleme yapılmıştır. Eleme sonucunda agreganın tane dağılımı hakkında bilgi edinilmiştir. Buna göre agreg a olarak kum I (0-4) %52, çakıl

II (4-12) %25 ve çakıl III (12-22) %23 oranlarında alınarak elek analizi yapılmış, öngörülen tane dağılımı belirlenmiştir. TS 3530 EN 933-1 [22]' e göre yapılan elek analizi sonuçları Çizelge 3.7' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. Agregaların elek analizi sonuçları

Elek Boyutu (mm)	Elekten Geçen (%)			
	I Kırma kum (0-4)	II Kırma çakıl (4-12)	III Kırma çakıl (12- 22)	Karışım sonucu
31,5	100	100	100	100
16	100	100	23	82
8	100	51	0	65
4	100	2	0	52
2	74	0	0	38
1	51	0	0	26
0,5	33	0	0	17
0,25	20	0	0	10
Numune Ağ. (gr.)	2000	2000	3000	-
Karışım Yüzdesi	52	25	23	100

Agrega tane dağılımı eğrisi, Çizelge 3.8' deki % geçen değerleri kullanılarak Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Tane dağılımı sonucunun 3 nolu bölgede (B eğrisi) kaldığı görülmüştür.



Şekil 3.1. Agrega karışımının granülometri eğrisi

3.2.3. Beton numunelerin üretilmesi

Taze betonların üretilmesinde 75 dm^3 hacimli betoniyer kullanılmıştır. Üretilen taze betonlar üzerinde çökme (slump), sıcaklık, birim ağırlık ve hava miktarı deneyleri yapılmıştır. Deneyleri takiben 150 mm boyutlu küp numuneler üretilmiş 2, 7 ve 28 olmak üzere toplam 117 adet küp beton numunesi deney gününe kadar kür havuzunda bekletilmiştir. Betoniyer bir bez ile nemlendirilerek çakıl, kum ve çimento 1 dk süre ile kuru halde karıştırılmıştır. Bu karışıma katkı malzemesi karma suyu ile birlikte ilave edilmiş, 3 dk daha karıştırma yapılarak işlem tamamlanmıştır. Karışımın hazırlandığı betoniyer Resim 3.1.' de gösterilmiştir. Bu numuneler 2, 7 ve 28 günlük olmak üzere TS EN 12390-3 standardına göre basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur [49].



Resim 3.1. 75 dm³ hacimli betoniyer

3.2.4. Taze beton kıvam tayini deneyi (Çökme metodu)

Taze betonların çökme deneyi, TS EN 12350-2' e göre yapılmıştır. Taze beton kıvam tayininde çökme metodu esas alınmıştır. Çökme deneyi için taban çapı 200 mm, üst yüz çapı 100 mm ve yüksekliği 300 mm olan kesik çökme hunisi kullanılmıştır. Huninin içi ıslak bezle silinip su emmez bir yüzey haline geldikten sonra huni 3 aşamada doldurularak, boyu yaklaşık 70 cm olan çubukla 25 defa kenarlardan ortaya doğru dairesel olarak düşey bir şekilde şişlenmiştir. Huni şişlenip doldurulduktan sonra kalıbın üstü mala ile tesviye edilmiş ve huninin etrafına dökülen beton temizlenmiştir. Daha sonra huni sarsılmadan kaldırılarak betonun çökme miktarı ölçülmüştür [24].

Taze beton sıcaklığının ölçülmesinde civalı beton termometresi kullanılmıştır. Ortam sıcaklığı da hava termometresinden ölçülmüştür. Bu cihazlar Resim 3.2' de gösterilmiştir.



Resim 3.2. Slump ölçer çelik metre, civalı beton termometresi ve hava termometresi cihazları

3.2.5. Taze betonda birim ağırlık tayini deneyi

Taze beton birim ağırlık deneyi, TS 2941 standardına göre çelikten veya çimento hamurundan etkilenmeyecek sert bir metalden silindir şeklinde kulplu olarak imal edilen ölçme kabı ile yapılmıştır. Ölçme kabı içine yaklaşık olarak eşit hacimlerde alınan beton üç tabaka halinde yerleştirilmiştir. 14 dm^3 hacimli kaplarda 50 şişleme çubuğu darbesi ile sıkıştırılmıştır. Darbeler tabaka yüzeyine homojen şekilde dağıtılmıştır. Her tabakanın sıkıştırılmasından sonra kabın kenarlarına tokmak ile 10-15 kere vurularak beton içinde kalması mümkün olan hava kabarcıkları giderilmiştir. Orta ve üst tabakaları sıkıştırılırken darbelerin şiddeti çubuğun bir alttaki tabakaya yaklaşık 2,5 cm derinliğine kadar girmesini sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Daha sonra çelik ölçme kabı tartılarak birim ağırlık değeri bulunmuştur [50].

Taze betonun birim ağırlığının hesabında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:

$$\rho_b = W_n / V_k \quad (3.1.)$$

Burada:

ρ_b = Taze beton birim hacim ağırlığı (Kg/m³)

W_n = Ölçme kabındaki betonun net ağırlığı (Kg)

V_k = Ölçme kabının kalibre edilmiş hacmi (m³)

3.2.6. Taze betonda hava miktarı tayini deneyi

Hava miktarı tayini deneyi, TS 12350-7 standardına göre çelikten veya çimento hamurundan hemen etkilenmeyecek sert bir metalden silindir şeklinde imal edilmiş ölçme cihazı kullanılmıştır. Deney numunesi 3 eşit tabaka halinde ölçme kabının içerisine yerleştirilmiştir. Her tabaka şişleme yöntemi ile sıkıştırılmıştır. Sıkıştırılmış olan numunenin üst yüzeyi taşmayacak şekilde düzeltilmiştir. Kapak üzerindeki kapak oturma yeri iyice temizlendikten sonra kapak yerleştirilmiş ve kilitlenmiştir. Lastik bir şırınga ile muslukların birinden cihaza su ilave edilmiştir. Hava pompalama musluğu kapatıldıktan sonra hava hücre sine manometre göstergesi ilk basınç çizgisine gelinceye kadar hava pompalanmıştır. Birkaç saniye beklendikten sonra son göstergenin durumuna bakılarak hava tekrar pompalanmıştır. Sonra ana hava musluğu açılmıştır. Kabin kenarlarına sıkıca ve manometreye hafifçe vurularak göstergenin sabitleşmesi sağlandıktan sonra kadrandan ibrenin gösterdiği hava miktarı okunmuştur [25].

3.2.7. Küp numunelerin alınması ve saklanması

Taze beton ebatları 150x150x150 mm olan 9 küp kalıba TS EN 12390-2'e göre 2 eşit tabaka halinde doldurulmuştur. Her tabakaya çökme deneyinde kullanılan çubukla 25 defa kenarlardan ortaya doğru dairesel olarak düşey şişleme yapılmıştır. Şişleme sırasında çubuk birinci tabakada tabana temas etmemesine, ikinci tabakada ise bir önceki tabakaya yaklaşık 2,5 cm girmesine çalışılmıştır. Kalıba dökülen her kürek numunesinin betonun tamamını temsil edecek şekilde alınmasına dikkat edilmiştir. Doldurma ve şişleme işlemlerinden sonra betonun kıvamına göre tokmakla sağlı sollu ve değişik şiddetlerde tokmaklama yapılmıştır [51].

Küp numunesi kalıplardan çıkarılıp üzerlerine yağlı tebeşirle deney numarası ve kırılma yaşı (2 ,7 ve 28 gün) yazılmıştır. İşaretlenmesi yapılan küpler aynı setin küpleri üst üste dizilmek kaydıyla kırılma anına kadar kirece doymun suda $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta Resim 3.3’ de gösterilen kür havuzunda saklanmıştır. Ayrıca kür havuzu ısısı takip formu hazırlanmış ve bu form Çizelge 3.8’ da gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Kür havuzu ısısı takip sonuçları

GÜNLER	SABAH (08.00)	AKŞAM (17.00)	GÜNLÜK ORT.
1	21,10	21,30	21,20
2	21,50	21,60	21,55
3	21,10	21,50	21,30
4	21,40	21,60	21,50
5	21,00	21,80	21,40
6	21,40	21,70	21,55
7	21,50	21,30	21,40
8	21,60	21,10	21,35
9	21,40	21,20	21,30
10	21,20	21,40	21,30
11	21,30	21,50	21,40
12	21,30	21,20	21,25
13	21,30	21,60	21,45
14	21,40	21,40	21,40
15	21,00	21,50	21,25
16	21,40	21,60	21,50
17	21,50	21,80	21,65
18	21,60	21,70	21,65
19	21,40	21,30	21,35
20	21,20	21,10	21,15
21	21,30	21,20	21,25
22	21,50	21,40	21,45
23	21,60	21,50	21,55
24	21,40	21,20	21,30
25	21,20	21,60	21,40
26	21,30	21,40	21,35
27	21,20	21,00	21,10
28	21,00	21,40	21,20



Resim 3.3. $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki kür havuzu

3.2.8. Basınç dayanımı deneyi

Numunenin hazırlanması ve yerleştirilmesi

Basınç dayanımı deneyi için, maksimum 200 KN' luk Atom teknik markalı Resim 3.4' de gösterilen otomatik pres kullanılmıştır.

Numune, deney makinesine yerleştirilmeden önce, yüzeyindeki fazla su kurulanmıştır. Deney makinesi yükleme başlıklarının yüzeyleri silinerek temizlenmiş ve numunenin başlıklarla temas edecek yüzeylerinde bulunan herhangi gevşek çıkıntı veya tane alınmıştır. Gerektiğinde deney numunesi ve deney makinesinin yükleme başlığı arasında, aralık ayarlama blokları ve ilâve plâkalardan başka yerleştirme parçası kullanılmıştır. Küp numuneler, yük uygulama yönü beton döküm yönüne dik olacak konumda yerleştirilmiştir [49].

Yükleme hızı

$0,2 \text{ MPa/s (N/mm}^2\text{)}$ - $1,0 \text{ MPa /s (N/mm}^2\text{)}$ arasında sabit bir yükleme hızı seçilmiştir. Yük, numuneye darbe tesiri olmaksızın seçilen hızdan sapma $\pm \%10$ 'u geçmeyecek

şekilde en büyük yüke ulaşıncaya kadar sabit hızda uygulanmıştır. Göstergeden okunan en büyük yük deney takip formuna kaydedilmiştir [49].

Beton basınç dayanımının belirlenmesinde aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:

$$f_c = F/A_c \quad (3.2.)$$

Burada

f_c = Basınç dayanımı, (N/mm²),

F = Kırılma anında ulaşılan ne büyük yük, (N),

A_c = Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, (mm²).



Resim 3.4. Atom teknik marka otomatik basınç cihazı

3.2.9. Atık su numunesinin deneye hazırlanması

Atık su (AS) numuneleri, 5 lt' lik sızdırmaz ağzı kapalı plastik kaptaki saklanmıştır. Plastik kap üzerine etiket yapıştırılmış ve kodlanmıştır. Numune kabı, numune alınacak kaynak suyu ile önceden çalkalanmıştır. Alınan su numunesi, alındıktan sonraki iki hafta içerisinde deneye tabi tutulmuştur [8]. Hazır beton santralında bulunan çökeltme havuzunda 3 bölüm bulunmaktadır. Denemelerde kullanılan AS

havuzun 3. bölümünden alınmıştır. AS' yun alındığı çökeltme havuzu Resim 3.5' de gösterilmiştir.



Resim 3.5. Hazır beton santrali çökeltme havuzu

4. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

4.1. Taze Beton Deney Sonuçları

Üretilen taze beton numunelerine ait deney sonuçları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Katkısız taze beton deney sonuçları

Karışım Oranları (%)	Sıcaklık (°C)	Çökme (mm)	Birim ağırlık (kg/m ³)	Hava miktarı (%)
25 İS + 75 AS	22,6	160	2356	2,4
50 İS + 50 AS	22,0	155	2357	2,2
75 İS + 25 AS	20,8	155	2357	2,2
100 İS	21,2	158	2360	2,1
100 AS	22,7	160	2356	2,5

Çizelge 4.2. SA katkılı numunelere ait taze beton deney sonuçları

Karışım Oranları (%)	SA katkı (%)	Sıcaklık (oC)	Çökme (mm)	Birim ağırlık (kg/m ³)	Hava miktarı (%)
100 İS	0,5	22,0	153	2371	2,1
	1,0	22,8	145	2374	2,0
	1,5	22,8	140	2381	1,8
	2,0	23,0	165	2388	1,9
100 AS	0,5	22,0	151	2365	2,3
	1,0	22,9	143	2369	2,1
	1,5	23,1	136	2378	2,0
	2,0	23,2	160	2385	2,0

4.1.1. Çökme

Çizelge 4.1 incelendiğinde İS kullanılan beton numunelerde İS’ nun karışıma katılma oranı arttıkça çökme miktarlarının azaldığı görülmektedir. İS kullanılan betonlarda en yüksek çökme 25 İS+75 İS’ lu numunede ölçülmüştür. Beton karışımındaki AS oranının artmasının da çökmenin düşmesine sebep olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2. incelendiğinde % 0,5 SA katkılı betonlar arasında en yüksek çökme değeri 153 mm ile % 100 İS kullanılan betonda elde edilmiştir.

% 1,0 SA katkılı betonlar arasında en yüksek çökme değerinin 145 mm ile % 100 İS kullanılan betonda elde edildiği görülmektedir. % 0,5 SA katkılı betonlara göre ise katkı oranının artmasına rağmen çökmenin azaldığı görülmektedir.

% 1,5 SA katkılı betonlar arasında en yüksek çökme değeri 140 mm ile % 100 İS kullanılan betonda elde edilmiştir. %0,5 ve %1,0 SA katkılı beton deney sonuçlarına göre ise çökmenin azaldığı görülmektedir.

% 2,0 SA katkılı betonlarda ise en yüksek çökme değerinin 165 mm ile % 100 İS kullanılan betonda elde edildiği görülmektedir. % 0,5, % 1,0 ve % 1,5 SA katkılı beton deney sonuçlarına göre ise çökmenin arttığı görülmektedir.

4.1.2. Taze beton sıcaklığı

Çizelge 4.1 incelendiğinde en yüksek beton sıcaklığı 22,7 °C ile % 100 AS kullanılan betonda elde edilmiştir. AS' yun karışıma katılma oranının artmasıyla birlikte beton sıcaklığının azaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.2. incelendiğinde % 0,5 SA katkılı betonlar arasında beton sıcaklığının 22,0 °C ile birbirine eşit olduğu görülmektedir.

% 1,0 SA katkılı betonlar arasında en yüksek beton sıcaklığına 22,9 °C ile % 100 AS kullanılan betonda elde edilmiştir. % 0,5 SA katkılı deney sonuçlarına göre beton sıcaklığının arttığı görülmektedir.

% 1,5 SA katkılı betonlar arasında en yüksek beton sıcaklığına 23,1 °C ile % 100 AS kullanılan betonda elde edilmiştir. % 0,5 ve % 1,0 SA katkılı deney sonuçlarına göre beton sıcaklığının arttığı görülmektedir.

% 2,0 SA katkılı betonlar arasında en yüksek beton sıcaklığına 23,2 °C ile % 100 AS kullanılan betonda elde edilmiştir. % 0,5, % 1,0 ve % 1,5 SA katkılı deney sonuçlarına göre beton sıcaklığının arttığı görülmektedir.

4.1.3. Taze beton birim ağırlığı

Çizelge 4.1 incelendiğinde AS kullanılan beton numunelerde AS' yun karışıma katılma oranı arttıkça birim ağırlığın düştüğü görülmektedir. En yüksek birim ağırlık değeri ise 100 İS kullanılan betonda elde edilmiştir.

Çizelge 4.2. incelendiğinde % 0,5 SA katkılı betonlar arasında en yüksek birim ağırlık değerine 2371 kg/dm³ ile % 100 İS kullanılan betonda elde edilmiştir.

% 1 SA katkılı betonlar arasında en yüksek birim ağırlık değerine 2374 kg/dm³ ile % 100 İS kullanılan betonda elde edildiği görülmektedir. % 0,5 SA katkılı beton deney sonuçlarına göre ise katkı oranının artmasıyla birlikte birim ağırlığında arttığı görülmektedir.

% 1,5 SA katkılı betonlar arasında en yüksek birim ağırlık değerine 2381 kg/dm³ ile % 100 İS kullanılan betonda elde edilmiştir. % 0,5 ve % 1,0 SA katkılı beton deney sonuçlarına göre ise birim ağırlığın arttığı görülmektedir.

% 2,0 SA katkılı betonlar arasında en yüksek birim ağırlık değerine 2388 kg/dm³ ile % 100 İS kullanılan betonda elde edilmiştir. % 0,5, % 1,0 ve % 1,5 SA katkılı beton deney sonuçlarına göre ise birim ağırlığın arttığı görülmektedir.

4.1.4. Taze beton hava miktarı

Çizelge 4.1 incelendiğinde AS kullanılan beton numunelerde AS' yun karışıma katılma oranı arttıkça genelde hava miktarının arttığı görülmektedir. En yüksek hava miktarı değeri ise % 2,5 ile 100 AS kullanılan betonda elde edilmiştir. İS kullanılan betonlarda ise en yüksek hava miktarı % 2,4 ile % 25 İS+% 75 AS' lu numunede ölçülmüştür. Ayrıca hava miktarı ile birim ağırlığın ters orantılı olduğu dikkati çekmektedir.

Çizelge 4.2. incelendiğinde % 0,5 SA katkılı betonlar arasında en yüksek hava

miktarına % 2,3 ile % 100 AS kullanılan betonda elde edilmiştir.

% 1,0 SA katkılı betonlar arasında en yüksek hava miktarına % 2,1 ile % 100 AS kullanılan betonda elde edildiği görülmektedir. %0,5 SA katkılı beton deney sonuçlarına göre ise katkı oranının artmasıyla birlikte hava miktarının genelde azaldığı görülmektedir.

% 1,5 SA katkılı betonlar arasında en yüksek hava miktarına % 2,0 ile % 100 AS kullanılan betonda elde edildiği görülmektedir. %0,5 ve % 1,0 SA katkılı beton deney sonuçlarına göre ise katkı oranının artmasıyla birlikte hava miktarının genelde azaldığı görülmektedir.

% 2 SA katkılı betonlar arasında en yüksek hava miktarına % 2,0 ile % 100 AS kullanılan betonda elde edildiği görülmektedir. % 0,5, % 1 ve % 1,5 SA katkılı beton deney sonuçlarına göre ise katkı oranının artmasıyla birlikte hava miktarının hemen hemen aynı kaldığı görülmektedir.

4.2. Basınç Dayanımı

Farklı karma suyu kullanılarak üretilen betonların basınç dayanımı deneyi sonuçları Çizelge 4.3.'de, basınç dayanımı – karışım oranları ilişkisi, Şekil 4.1, de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı karma suyu kullanılarak üretilen betonların basınç dayanımı deney sonuçları

Numune yaşı (Gün)	Karma suyu (%)	Basınç dayanımı (Mpa)
2	100 İS	23,1
	100 AS	22,3
	25 İS+75 AS	22,0
	50 İS+50 AS	23,2
	75 İS+25 AS	24,7
7	100 İS	33,6
	100 AS	32,7
	25 İS+75 AS	33,4
	50 İS+50 AS	33,7

Çizelge 4.3. (Devam) Farklı karma suyu kullanılarak üretilen betonların basınç dayanımı deney sonuçları

Numune yaşı (Gün)	Karma suyu (%)	Basınç Dayanımı (Mpa)
7	75 İS+25 AS	34,6
28	25 İS+75 AS	37,4
	50 İS+50 AS	39,4
	75 İS+25 AS	40,2
	100 İS	41,3
	100 AS	36,9

Farklılığın hangi karma suyundan kaynaklandığını tespit etmek amacıyla gerçekleştirilen “Duncan” çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.4’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Basınç dayanımı değerlerine ait çoklu karşılaştırma (Duncan) testi sonuçları

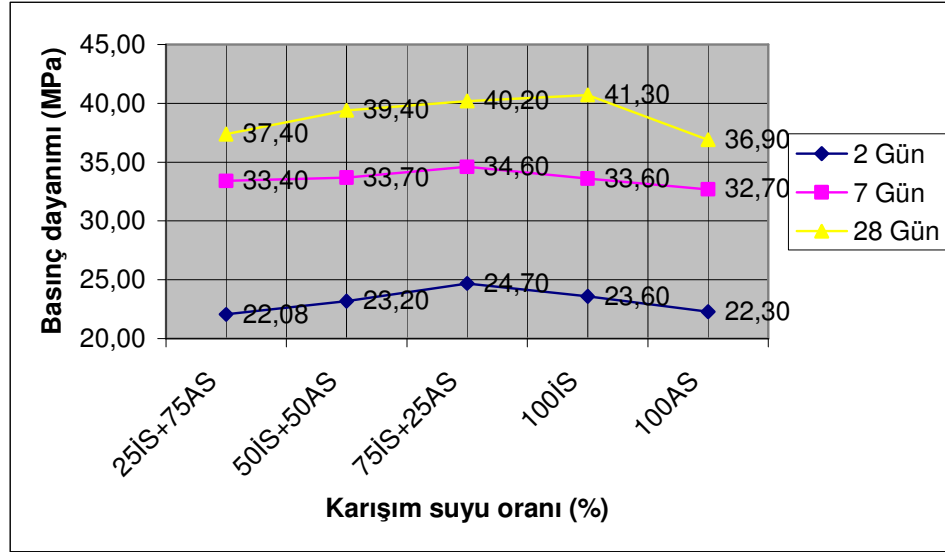
Numune yaşı (Gün)	Karışım suyu tipi	Farklı olan gruplar ($\rho=0,05$)		
		1	2	3
2	25İS+75AS	22,00		
	50İS+50AS	23,20		
	75İS+25AS		24,70	
	100İS	23,10		
	100AS	22,30		
7	25İS+75AS		33,40	
	50İS+50AS			33,70
	75İS+25AS			34,60
	100İS		33,60	
	100AS		32,70	
28	25İS+75AS			37,40
	50İS+50AS			39,40
	75İS+25AS			40,20
	100İS		41,30	
	100AS		36,90	

Basınç dayanım deneyi sonucunda elde edilen veriler üzerinde karışım suyu oranları arasında yapılan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre;

➤ 2 ve 7. günlerde % 75 İS + % 25 AS kullanılan betonların en yüksek basınç dayanımı değerine sahip olduğu 28. günde ise % 100 İS kullanılan betonun oranının

en yüksek basınç dayanımı değerine sahip olduğu,

- AS oranının artmasıyla birlikte basınç dayanımı değerinin azaldığı,
- Referans (% 100 İS) betonunun basınç dayanımının AS kullanılan betonlardan hemen hemen her yaşta yüksek çıktığı görülmüştür.



Şekil 4.1. Üretilen betonlarda İS+AS oranı ile basınç dayanımı ilişkisi

Şekil 4.1 incelendiğinde karma suyu içindeki AS oranının artmasıyla birlikte basınç dayanımının düştüğü görülmektedir. En yüksek basınç dayanımı ise 41,30 Mpa sonuçla % 100 İS kullanılan betonda elde edilmiştir. Öte yandan karma suyu olarak % 100 AS kullanılan betonun hedef dayanım olan 35 MPa değerinden daha yüksek dayanım sağladığı belirlenmiştir.

Ayrıca deney sonucundan elde edilen veriler üzerinde her bir zaman aralığında karışım oranları arasında varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizi sonuçlarına göre karışım oranlarına bağlı olarak basınç dayanım değerlerinin $p = 0,05$ anlamlılık düzeyinde istatistiki anlamda birbirinden farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Basınç dayanımı değerleri bakımından karışım suyu oranlarının karşılaştırılmasına ait varyans analizi

Numunenin Yaşı (Gün)	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Testi	Anlamlılık düzeyi (ρ)
2	Gruplar arası	14,836	4	3,709	22,99	0,00
	Gruplar içi	1,613	10	0,161		
	Toplam	16,449	14			
7	Gruplar arası	5,649	4	1,412	2,32	0,00
	Gruplar içi	6,1	10	0,61		
	Toplam	11,749	14			
28	Gruplar arası	33,686	4	8,421	12,67	0,00
	Gruplar içi	6,646	10	0,664		
	Toplam	40,332	14			

Kısaca şunu söylemek mümkün olabilir:

- AS oranının artması basınç dayanımına olumsuz etki yapmaktadır.
- En ideal AS karışım oranının % 25 olduğu söylenebilir.

SA katkılı numunelere ait deney sonuçları

Farklı karma suyu oranı ve farklı katkı oranı ile üretilen beton numunelerin basınç dayanımı deney sonuçları Çizelge 4.6’ da, basınç dayanımı – karışım suyu oranı ilişkisi ise Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı karma suyu ve farklı katkı oranı kullanılarak üretilen betonların basınç dayanımı deney sonuçları

Numune yaşı (Gün)	SA katkı (%)	Karma suyu	Basınç dayanımı (Mpa)
2	0,5	100 İS	24,20
		100 AS	23,50
	1,0	100 İS	25,90
		100 AS	24,80
	1,5	100 İS	31,80
		100 AS	30,60
	2,0	100 İS	34,50
		100 AS	34,20
7	0,5	100 İS	34,80

Çizelge 4.6. (Devam) Farklı karma suyu ve farklı katkı oranı kullanılarak üretilen betonların basınç dayanımı deney sonuçları

Numune yaşı (Gün)	SA katkı (%)	Karma suyu (%)	Basınç dayanımı (Mpa)
7	1,0	100 AS	33,80
		100 İS	36,20
		100 AS	36,00
	1,5	100 İS	40,10
		100 AS	39,20
	2,0	100 İS	38,80
		100 AS	38,00
28	0,5	100 İS	42,00
		100 AS	37,60
	1,0	100 İS	44,20
		100 AS	39,40
	1,5	100 İS	47,40
		100 AS	43,10
	2,0	100 İS	49,00
		100 AS	44,20

Farklılığın hangi SA katkı oranından kaynaklandığını tespit etmek amacıyla gerçekleştirilen “Duncan” çoklu karşılaştırma testi sonuçları İS kullanılanlar için Çizelge 4.7’ de, AS kullanılanlar için ise Çizelge 4.8’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. Basınç dayanımı değerlerine ait çoklu karşılaştırma (Duncan) testi sonuçları (İS kullanılan beton numuneler için)

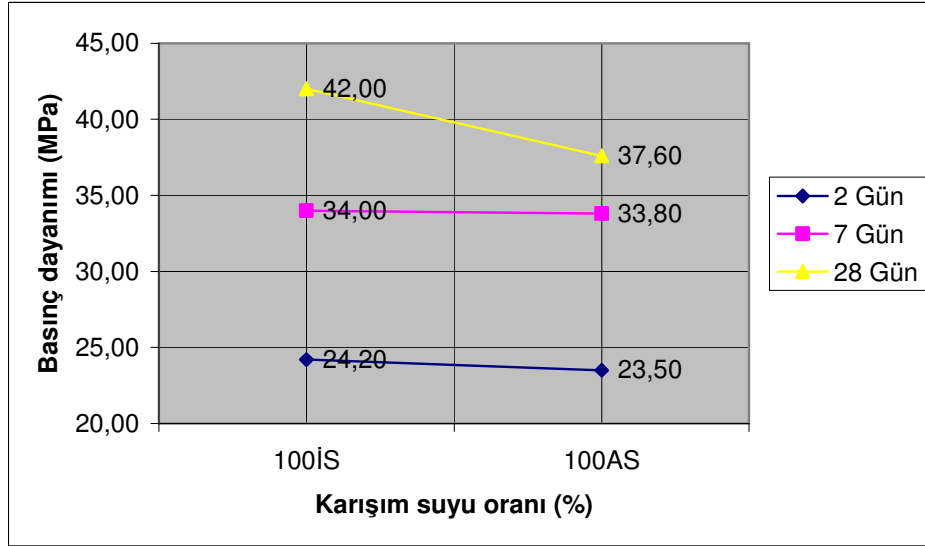
Numune Yaşı (Gün)	Katkı oranı (%)	Farklı olan gruplar ($p=0,05$)		
		1	2	3
2	SA 0,5	24,20		
	SA 1,0	25,90		
	SA 1,5		31,80	
	SA 2,0			34,50
7	SA 0,5	34,80		
	SA 1,0	36,20		
	SA 1,5		40,10	
	SA 2,0		38,80	
28	SA 0,5			42,00
	SA 1,0			44,20
	SA 1,5		47,40	
	SA 2,0			49,00

Çizelge 4.8. Basınç dayanımı değerlerine ait çoklu karşılaştırma (Duncan) testi sonuçları (AS kullanılan beton numuneler için)

Numune Yaşı (Gün)	Katkı oranı (%)	Farklı olan gruplar ($p=0,05$)		
		1	2	3
2	SA 0,5	23,50		
	SA 1,0	24,80		
	SA 1,5		30,60	
	SA 2,0	34,20		
7	SA 0,5		33,80	
	SA 1,0		36,00	
	SA 1,5	39,20		
	SA 2,0		38,00	
28	SA 0,5			37,60
	SA 1,0			39,43
	SA 1,5		43,10	
	SA 2,0			44,20

Basınç dayanım deneyi sonucunda elde edilen veriler üzerinde SA katkı oranları arasında yapılan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre;

- 2, 7 ve 28. günlerde SA 0,5 katkılı betonun oranının en düşük basınç dayanımı değerine sahip olduğu,
- 2, 7 ve 28. günlerde SA 2 katkılı betonun en yüksek basınç dayanımı değerine sahip olduğu,
- 2, 7 ve 28. günlerde basınç dayanımı değerlerinin SA katkı oranları arasında farklı olduğu,
- SA katkı oranının artmasından dolayı basınç dayanımı değerlerinde anlamlı bir artış olduğu,
- Karma suyu olarak AS kullanılan betonların basınç dayanım değerlerinin kontrol betonunun (% 100 İS) altında olduğu görülmüştür.



Şekil 4.2. % 0,5 SA katkılı betonlarda karışım suyu oranı ile basınç dayanımı ilişkisi

Şekil 4.2. incelendiğinde en düşük dayanımın % 100 AS kullanılan betonda elde edildiği görülmektedir. En yüksek dayanım ise 42,00 MPa ile % 100 İS kullanılan betonda elde edilmiştir. Diğer taraftan en düşük dayanım % 100 AS kullanılan betonda elde edilmesine karşılık bu betonun C 30 beton dayanımından daha yüksek çıktığı görülmektedir.

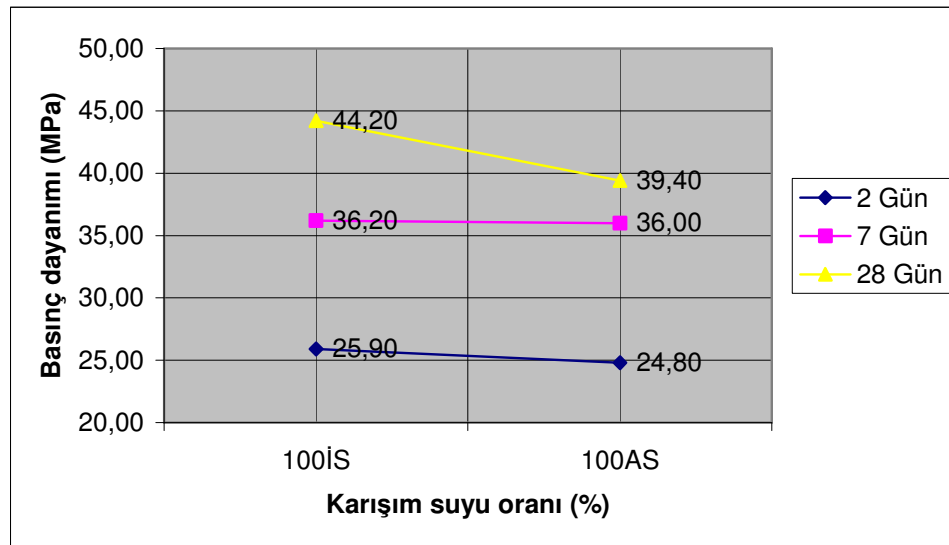
Ayrıca deney sonucunda elde edilen veriler üzerinde her bir zaman aralığında SA katkı oranları ve karışım oranları arasında varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizi sonuçlarına göre karışım oranları ve katkı oranlarına bağlı olarak basınç dayanım değerlerinin $p = 0,05$ anlamlılık düzeyinde istatistiki anlamda birbirinden farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.9)

Çizelge 4.9. Basınç dayanımı değerleri bakımından karışım suyu oranlarının karşılaştırılmasına ait varyans analizi (% 0,5 SA katkılı beton numuneler için)

Karışım Oranı (%)	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Testi	Anlamlılık düzeyi (ρ)
100 İS	Gruplar arası	482,936	2	241,468	469,376	0,00
	Gruplar içi	3,087	6	0,514		
	Toplam		8			

Çizelge 4.9. (Devam) Basınç dayanımı değerleri bakımından karışım suyu oranlarının karşılaştırılmasına ait varyans analizi (% 0,5 SA katkıli beton numuneler için)

Karışım Oranı (%)	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Testi	Anlamlılık düzeyi (p)
100 AS	Gruplar arası	318,149	2	159,074	175,881	0,00
	Gruplar içi	5,427	6	0,904		
	Toplam	323,576	8			



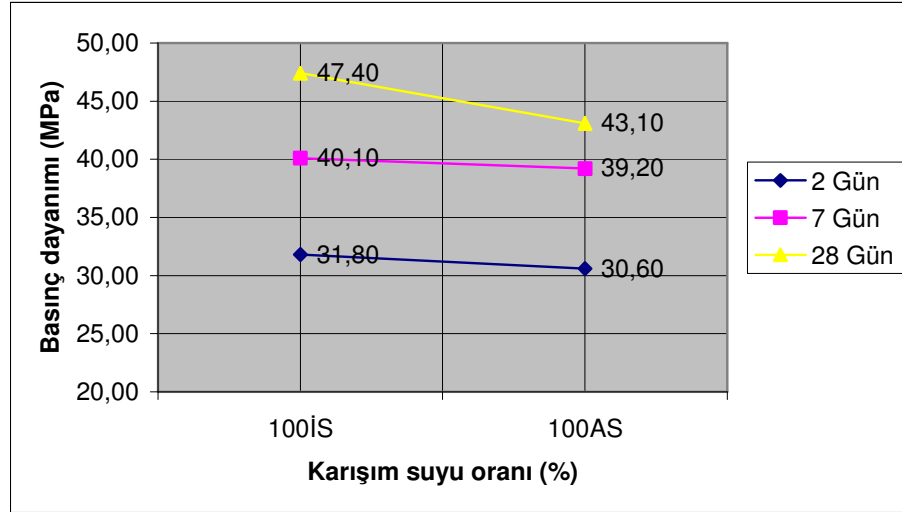
Şekil 4.3. % 1 SA katkıli betonlarda karışım suyu oranı ile basınç dayanımı ilişkisi

Şekil 4.3. incelendiğinde en düşük dayanımın % 100 AS kullanılan betonda elde edildiği görülmektedir. En yüksek dayanım ise 44,20 MPA ile % 100 İS kullanılan betonda elde edilmiştir. Diğer taraftan en düşük dayanım % 100 AS kullanılan betonda elde edilmesine karşılık bu betonun C 30 beton dayanımından daha yüksek çıktığı görülmektedir.

Ayrıca deney sonucunda elde edilen veriler üzerinde her bir zaman aralığında SA katkı oranları ve karışım oranları arasında varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizi sonuçlarına göre karışım oranları ve katkı oranlarına bağlı olarak basınç dayanım değerlerinin $p = 0,05$ anlamlılık düzeyinde istatistiki anlamda birbirinden farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.10)

Çizelge 4.10. Basınç dayanımı değerleri bakımından karışım suyu oranlarının karşılaştırılmasına ait varyans analizi (% 1 SA katkıli beton numuneler için)

Karışım Oranı (%)	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Testi	Anlamlılık düzeyi (p)
100 İS	Gruplar arası	504,98	2	252,49	1761,558	0,00
	Gruplar içi	0,86	6	0,143		
	Toplam	505,84	8			
100 AS	Gruplar arası	351,362	2	175,681	392,34	0,00
	Gruplar içi	2,687	6	0,448		
	Toplam	354,049	8			



Şekil 4.4. % 1,5 SA katkıli betonlarda karışım suyu oranı ile basınç dayanımı ilişkisi

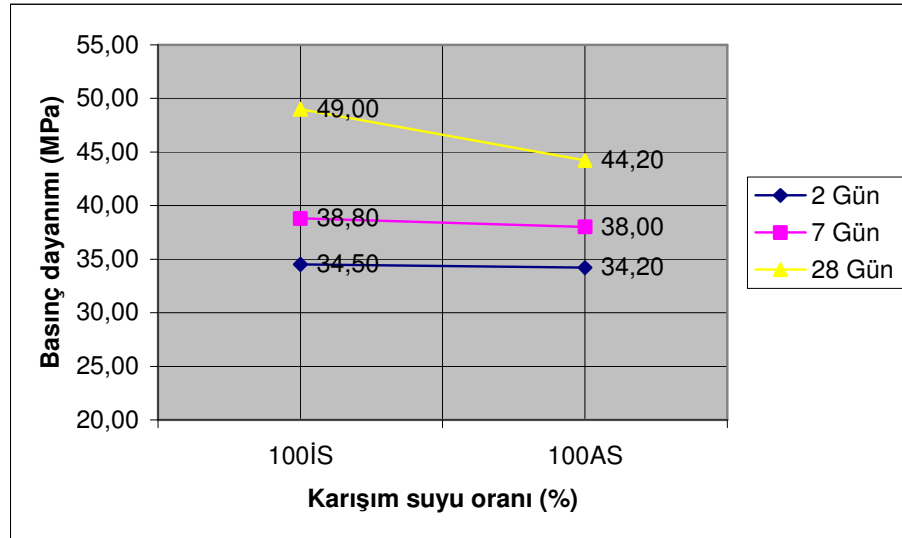
Şekil 4.4. incelendiğinde en düşük dayanımın % 100 AS kullanılan betonda elde edildiği görülmektedir. En yüksek dayanım ise 47,40 MPA ile % 100 İS kullanılan betonda elde edilmiştir. Diğer taraftan en düşük dayanım % 100 AS kullanılan betonda elde edilmesine karşılık bu betonun C 30 beton dayanımından daha yüksek çıktığı görülmektedir.

Ayrıca deney sonucunda elde edilen veriler üzerinde her bir zaman aralığında SA katkı oranları ve karışım oranları arasında varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizi sonuçlarına göre karışım oranları ve katkı oranlarına

bağlı olarak basınç dayanım değerlerinin $p=0,05$ anlamlılık düzeyinde istatistiki anlamda birbirinden farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.11)

Çizelge 4.11. Basınç dayanımı değerleri bakımından karışım suyu oranlarının karşılaştırılmasına ait varyans analizi (% 1,5 SA katkılı beton numuneler için)

Karışım Oranı (%)	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Testi	Anlamlılık düzeyi (ρ)
100 İS	Gruplar arası	367,136	2	183,568	3177,135	0,00
	Gruplar içi	0,347	6	0,05778		
	Toplam	367,482	8			
100 AS	Gruplar arası	245,42	2	122,71	1269,414	0,00
	Gruplar içi	0,58	6	0,09667		
	Toplam	246	8			



Şekil 4.5. % 2 SA katkılı betonlarda karışım suyu oranı ile basınç dayanımı ilişkisi

Şekil 4.5. incelendiğinde en düşük dayanımın % 100 AS kullanılan betonda elde edildiği görülmektedir. En yüksek dayanım ise 49,00 MPA ile % 100 İS kullanılan betonda elde edilmiştir. Diğer taraftan en düşük dayanım % 100 AS kullanılan betonda elde edilmesine karşılık bu betonun C 30 beton dayanımından daha yüksek çıktığı görülmektedir.

Ayrıca deney sonucunda elde edilen veriler üzerinde her bir zaman aralığında SA katkı oranları ve karışım oranları arasında varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizi sonuçlarına göre karışım oranları ve katkı oranlarına bağlı olarak basınç dayanım değerlerinin $p = 0,05$ anlamlılık düzeyinde istatistiki anlamda birbirinden farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.12)

Çizelge 4.12. Basınç dayanımı değerleri bakımından karışım suyu oranlarının karşılaştırılmasına ait varyans analizi (% 2 SA katkılı beton numuneler için)

Karışım Oranı (%)	Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Testi	Anlamlılık düzeyi (ρ)
100 İS	Gruplar arası	316,167	2	158,083	102,062	0,00
	Gruplar içi	9,293	6	1,549		
	Toplam	325,46	8			
100 AS	Gruplar arası	153,042	2	76,521	114,973	0,00
	Gruplar içi	3,993	6	0,666		
	Toplam	157,036	8			

Sonuç olarak şunu söylemek mümkün olabilir:

- AS oranının artması katkısız numunelerde olduğu gibi SA katkılı numunelerde de basınç dayanımına olumsuz etki yapmıştır.
- En yüksek basınç dayanımı sonucuna % 2 SA katkılı numunede ulaşılmıştır.
- SA katkının artmasıyla birlikte basınç dayanımının da arttığı gözlemlenmiştir.
- En ideal katkı oranının % 1,5 SA katkı olduğu görülmektedir. Sebebi ise % 1,5 SA katkılı numune ile % 2 SA katkılı numune arasında basınç dayanımı yönünden farkın çok az olmasıdır. Bu durumda % 1,5 SA oranlı katkıyı kullanmak maliyet yönünden daha avantajlı olacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hazır beton santrallerinde geri dönüşüm (çökeltme) havuzlarında bulunan atık suyun beton üretiminde karma suyu olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler, aşağıda sıralanmıştır:

1. Betonda karma suyu olarak % 100 AS kullanılması durumunda hedef dayanımın üzerinde bir sonuç elde edilmiştir.
2. AS kullanılan betonlar arasında en yüksek basınç dayanımını % 25 AS kullanılan beton sağlamıştır.
3. Basınç dayanımı sonuçları değerlendirildiğinde TS EN 1008' e göre “ 7 günlük referans dayanımın % 90 olmalıdır ” şartı gerçekleşmektedir.
4. SA katkılı betonların dayanımları katkısız betonların dayanımlarından yüksektir.
5. Betonda en uygun SA katkı oranı, basınç dayanımı sonuçlarının yakın olmasından ve maliyet yönünden dolayı % 1,5 olarak tespit edilmiştir.
6. 2, 7 ve 28. günlerde % 100 İS katkılı numunelerin genelde en yüksek basınç dayanımına sahip olduğu görülmüştür.
7. % 100 AS kullanılan betonun basınç dayanımı kontrol betonunun % 89' una karşı gelmektedir.
8. AS içerisine mümkün olduğu kadar, yağ, tuz ruhu gibi maddelerin karıştırılması engellenmelidir.
9. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen dayanım değerleri her zaman kesin sonuca ulaşılacağını göstermeyebilir. Bu su kullanıldığı sürece, periyodik olarak deneme çalışmaları yapıp sonuçların değerlendirilmesi ve suyun analizinin de periyodik olarak yapılması gerekmektedir.
10. Hazır beton kullanıcısının atık suyu betonda kullanma konusunda ikna edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. THBB., Türkiye’de Hazır Beton ve Türkiye Hazır Beton Birliği., *THBB yayını* İstanbul, 12 (1996).
2. İnternet : Geri dönüşüm. <http://www.thbb.org/engine.php?ID=22>., (2006).
3. TS 802, Beton Karışımı Hesap Esasları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1985).
4. Kantar, E., İzmir ve yöresinde üretilen hazır betonların sınıf dayanımlarına göre istatistiksel incelenmesi ile kür şartlarının beton dayanımlarına olan etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 26-30 (1998).
5. TS EN 197-1, “Çimento-Bölüm 1: Genel çimentolar-Bileşim, Özellikler ve uygunluk kriterleri” *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2002).
6. Yardımcı, A., Santral çıkışı ile şantiye şartlarındaki C 20/25 ve C 25/30 hazır beton mukavemetinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 3-36 (2005).
7. İnternet: Agregat. <http://www.thbb.org/engine.php?ID=4>., (2006).
8. TS EN 1008, Beton-Karma Suyu-Numune Alma, Deneyler ve Beton Endüstrisindeki İşlemlerden Geri Kazanılan Su dahil, Suyun Beton Karma Suyu olarak uygunluğunun tayini kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2003).
9. Arslan, M., “ Beton (Dökümü, Kalıpları, Kusurları ve Dayanıklılığı)”, *Atlas Yayın Dağıtım*, yayın no 3, 1.Baskı, İstanbul, Ağustos, 157 (2001).
10. Şimşek, O., Beton ve beton teknolojisi, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 100-103, (2004).
11. Aruntaş H.Y, Süper akışkanlaştırıcı bir katkının betonun fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi, *Çimento ve Beton Dünyası*, Yıl :2, 7(9): 34 (1997).
12. Aruntaş, H.Y., Bir katkı malzemesinin betonun fiziksel özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 5 (1988).
13. Alkan, M., “Hazır Beton ve Ege bölgesindeki hazır beton tesislerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 60-78 (2000).

14. İnternet: Hazır beton sektörel veriler. <http://www.thbb.org/statics/2005.pdf>, (2006).
15. İnternet: European ready mixed concrete industry statistics www.ermco.org/artman/uploads/, (2006).
16. Hubbard , J. R., “Concrete Pumping Comes of Age,” *ACI Concrete International*, October, 24 (1990).
17. TS EN 206, Beton-Hazır Beton, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2002).
18. Özkul, H., Taşdemir, M.A., Uyan, M., Tokyay M., “Meslek Liseleri için her yönüyle beton”, *THBB yayını*, İstanbul, 24-25 (1999).
19. Şimşek, O., “Beton Bileşenleri ve Beton Deneyleri” , *TÇMB yayını*, Ankara, 1 (2004).
20. Şimşek, O., “Beton ve Beton Teknolojisi” , *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 118, 125-127 (2004).
21. TS 706 EN 12620, Beton Agregaları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2003).
22. TS EN 3530 933-1, “Agregaların Geometrik özellikleri için Deneyler” Bölüm1:Tane Büyüklüğü dağılımı tayini-Elleme metodu, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1999).
23. TS EN 12350-1, “Taze Beton Deneyleri”, Bölüm 1: Numune alma, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2002)
24. TS EN 12350-2, “Taze Beton Deneyleri”, Bölüm 2: Çökme(slump) Deneyi, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2002).
25. TS EN 12350-7, “Taze Beton Deneyleri”, Bölüm 7: Hava muhtevasının tayini Deneyi, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2002).
26. Şimşek, O., Yapı Malzemesi II, Gazi Üniversitesi, *Teknik Eğitim Fakültesi yayını*, Ankara, 56-57 (2000).
27. THBB, “Beton hakkında genel bilgiler”, *THBB yayını*, İstanbul, 6 (1997).
28. Canova, F.S., “Hazır beton üretiminde kalite kontrol yöntemleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 3-4 (2000).
29. TS EN 206-1, “Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2004).

30. İnternet:Niçin geri kazanım ve geri dönüşüm? www.camsiad.org.tr/neden_geridonusum.asp, (2006).
31. Erdoğan, T., “Beton”, *ODTÜ Vakfı*, Ankara, 40 (2004).
32. TS 1247, Beton, Yapım, Döküm ve bakım kuralları (Normal hava koşullarında) *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1984).
33. Ağacık, G., “Su ve Betondaki Rolü”, *DSİ Teknik Bülteni*, Ankara, 73(1991).
34. İnternet: Beton. http://www.geocities.com/yasar_yigit/betonrehber.htm, (2006).
35. İnternet: T.C Çevre bakanlığı verilerine göre. http://www.hurdasanayi.com/atik_istatistikleri.asp, (2006).
36. Ekermen, K., Yeğınobalı, A., Yeşilada, E., “Ankara'da Hazır Beton İle Şantiyede Üretilen Betonun Maliyet Yönünden Karşılaştırılması.” **3. Ulusal Beton Kongresi Hazır Beton, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası**, İstanbul, 337 (1994).
37. Öztekin. E., Sümer, M., “Hazır Betonda santral çıkışı ile şantiye telsim kalitelerinin karşılaştırılmalı incelenmesi”, **3.Ulusal Beton Kongresi**, İstanbul, 5 (1994).
38. Çil. İ.“Hazır Betonda santral çıkışı ile şantiye teslimi kalitelerinin karşılaştırılmalı incelenmesi ve İstatiksel kalite kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul,10-20(2000).
39. Güner, A.,“Akışkanlaştırıcı katkılı puzolan çimentolu hazır beton bileşimi optimizasyonu, **3.Ulusal Beton Kongresi Hazır Beton, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası**, İstanbul, 337 (1994).
40. Oymael, S., Yeğınobalı,A., “Elazığ Yöresinde Hazır Beton Uygulamaları” **3.Ulusal Beton Kongresi Hazır Beton, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası**, İstanbul, 337 (1994).
41. Gürbüz, G., “Amasya Bölgesi Agregası Rezervlerinin Hazır Beton Agregası olarak Kullanım İmkanlarının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (1998).
42. Copolla, L., Collepardi, M., “Computerized Mix Design For Ready Mixed Concrete. Enco, Engineering Concrete, Spresiano (TV)”, *Italy, Department of Science of Materials and Earth, University of Ancona*, Italy (1995).
43. Abit, Ö., “Anadolu'dan Hazır Beton İzlenimleri”. *Hazır Beton Dergisi*, Türkiye Hazır Beton Birliği, İstanbul, 21:73 (1999).

44. Kırca, Ö., “Uzun süreli karışım işleminin ve ilave su katarak kıvam düzeltmesinin hazır betonun özelliklerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-2 (2000).
45. Gedik, S., Karışım ve teslim süresinin hazır beton özellikleri üzerindeki etkisi, Yüksek Lisans Tezi, **Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-2 (1998).
46. Topçu, İ., B. Canbaz, M., Karakurt, C., “Beton üretiminde kimyasal katkı kullanımı”, **Politeknik Dergisi**, 9 (1): 59-63 (2006).
47. Dorum, A., Tekin, İ., Uçucu kül ikameli çimento harcının basınç dayanımı ve priz zamanına distile su etkisi, **Politeknik Dergisi**, 7 (3): 243-250 (2004).
48. TS EN 934-2, Kimyasal Katkılar - Beton, Harç ve Şerbet için - Bölüm 2: Beton Katkıları - Tarifler ve Özellikler, Uygunluk, İşaretleme ve Etiketleme, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (2002).
49. TS EN 12390-3, Sertleşmiş beton deneyleri – Bölüm:3 Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (2003).
50. TS 2941, Taze betonda birim ağırlık, verim ve hava miktarının ağırlık yöntemi ile tayini, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1978).
51. TS EN 12390-2, Beton- sertleşmiş beton deneyleri – Bölüm 2: Dayanım deneylerinde kullanılacak deney numunelerinin yapımı ve küre tabi tutulması, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (2002).
52. Abdol Chini, S., and Mbwapbo William J., “ Environmentally friendly solutions for the disposal of concrete wash ” The University of Florida, Gainesville, Florida, U.S.A., CIB W89 **Beijing international conference**, ABD. October, 21-24 (1996).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : NALLI, Engin
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 05.02.1980 Ankara
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (312) 260 78 54
Faks : -
e-mail : ankara_engin@mynet.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Yapı Eğitimi	-
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Yapı Eğitimi	2004
Lise	Mimar Sinan İnş.ve End. Meslek Lisesi	1998

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Futbol, Tenis, Bilgisayar teknolojileri, Basketbol, Yüzme