

**SANTRAL ÇIKIŞI İLE ŞANTIYE ŞARTLARINDAKİ C 20/25 VE
C 25/30 HAZIR BETON MUKAVEMETİNİN KARŞILAŞTIRILMASI
(ADİYAMAN ÖRNEĞİ)**

Ahmet YARDIMCI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Eylül 2005

ANKARA

**SANTRAL ÇIKIŞI İLE ŞANTIYE ŞARTLARINDAKİ C 20/25 VE
C 25/30 HAZIR BETON MUKAVEMETİNİN KARŞILAŞTIRILMASI
(ADİYAMAN ÖRNEĞİ)**

Ahmet YARDIMCI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Eylül 2005

ANKARA

Ahmet YARDIMCI tarafından hazırlanan SANTRAL ÇIKIŞI İLE ŞANTIYE ŞARTLARINDAKİ C 20/25 VE C 25/30 HAZIR BETON MUKAVEMETİNİN KARŞILAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK
Tez Yöneticisi

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

Başkan : _____

Üye : _____

Üye : _____

Üye : _____

Üye : _____

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

**SANTRAL ÇIKIŞI İLE ŞANTIYE ŞARTLARINDAKİ C 20/25 VE C 25/30
HAZIR BETON MUKAVEMETİNİN KARŞILAŞTIRILMASI
(ADİYAMAN ÖRNEĞİ)
(Yüksek Lisans Tezi)**

Ahmet YARDIMCI

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Eylül 2005**

ÖZET

Bu çalışmada santral çıkışı ile şantiye şartlarındaki C 20/25 ve C 25/30 hazır beton mukavemetinin karşılaştırılmalı incelenmesi yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda transmikserden önce santralde örnek alınarak taze beton sıcaklığı, çökme ölçülmüş ve basınç dayanımı için numuneler hazırlanmıştır. Aynı işlemler şantiye şartlarında tekrar edilmiş ve santral ve şantiye arasındaki mesafe taşıma mesafesi olarak kaydedilmiş, ayrıca santral ve şantiye ortam sıcaklıkları not edilmiştir.

Alınan beton örnekleri üzerinde santralde üçü 7 günlük, üçü 28 günlük toplam 6 adet, şantiye teslimi için üçü 7 günlük, üçü 28 günlük toplam 6 adet ve şantiye şartlarında bırakılmak üzere üçü 7 günlük, üçü 28 günlük toplam 6 adet basınç deneyi numunesi hazırlanmıştır. Deney numunesi olarak 150 x 150x 150 mm küp numuneler kullanılmıştır.

Deneyler sonucunda, santral ve şantiye şartlarında yapılan çökme deneyleri sırasında santralle şantiye şartlarındaki betonlarda çökme kaybı görülmüştür. Santral çıkışı ile şantiye teslimi arasında bir mukavemet artışı, santral çıkışı ve şantiye şartlarında bırakılan arasında da bir mukavemet azalması görülmüştür.

Bilim Kodu : 2251101
Anahtar Kelimeler : Şantiye, Beton basınç dayanımı, Beton kalite kontrol
Sayfa Adedi :75
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK

**THE COMPARISON OF THE STRENGTH OF THE CENTRAL EXIT AND
SITE INREADY C 20/25 AND C 25/30 READY MIXED CONCRETE
(ADIYAMAN SAMPLE)
(M.Sc.Thesis)**

Ahmet YARDIMCI

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
September 2005**

ABSTRACT

In this study, the comparison of the strength of the central exit and site inready C 20/25 and C 25/30 ready mixed concrete is carried out. With this aim in mind, firstly sample was taken from transit mixer in the plant and the tempreture of the fresh concrete heat, slump were measured and sample were prepared for pressure endurance test. The same procedure was repeated under site circumstances and the distance between the central and site was recorded as endurance distance, besides the central and the site environment temperature were noted.

In the samples taken, in the central three 7 days old and three 28 days old totally 6, for site in ready three 7 days old, three 28 days old totally 6 and three 7 days old three 28 days old totally 6 compression test sample were prepared.As experiment sample 150 mm x 150 mm cubes were used.

At the end of the experiments, during the slump experiments performed under central and site circumstances slump loss was observed in the central and site concretes. In the central exit and site inready concretes there obsereved an increase of strength , between central exit and site inready concretes and concrete left under site circumstances there observed a decrease in strength.

Science Code : 2251101
Key Words : The site, Concrete compressive strength,
Concrete quality control
Page Number : 75
Adviser : Asst. Prof. Dr. Osman ŞİMŞEK

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK' e yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocalarım Prof. Dr. M. Haluk ÇELİK ve Yrd. Doç. Dr. Hanifi TOKGÖZ' e, ayrıca İnşaat Mühendisi Ufuk BULUT'a ve Çimko hazır beton santralında görevli tüm çalışma arkadaşlarıma, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan eşim Ayşe YARDIMCI ve kızım Cemile Beyda YARDIMCI' ya teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	2
2.1. Hazır Betonun Günümüzdeki Yeri ve Önemi	2
2.1.1. Hazır betonun tarihsel gelişimi	4
2.1.2. Hazır betonun dünyadaki yeri.....	5
2.1.3. Hazır betonun Türkiye deki yeri.....	7
2.2. Hazır Betonda Kalite Kontrol.....	9
2.2.1. Hazır beton tesisinde yapılan deneyler.....	10
2.3. Hazır Betondan Beklenen Özellikler.....	17
2.3.1. İşlenebilirlik	17
2.3.2. Pompalanabilirlik	18
2.3.3. Basınç dayanımı	19
2.3.4. Diğer özellikler	21
2.4. Hazır Beton Özelliklerine Etki Eden Faktörler.....	23
2.4.1. Çimento.....	23
2.4.2. Agrega	25

2.4.3. Su	26
2.4.4. Su / çimento oranı	29
2.4.5. Hava miktarı	29
2.4.6. Beton katkı maddeleri	30
3. MATERYAL VE YÖNTEM	38
3.1. Materyal.....	37
3.1.1. Çimento	37
3.1.2. Agregalar	38
3.1.3. Katkı	40
3.1.4. Su	40
3.1.5. İklim Verileri.....	41
3.2. Yöntem.....	42
3.2.1. Taze beton kıvam tayini(Çökme metodu).....	42
3.2.2. Küp numunelerinin alınması ve saklanması.....	43
3.2.3. Basınç dayanımı.....	44
4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA	45
4.1. Taze Beton Deney Sonuçları ve Tartışılması.....	45
4.2. Basınç Dayanım Deney Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	51
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	59
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	64

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. ERMCO üyesi ülkeler-Hazır beton üretimleri.....	5
Çizelge 2.2. ERMCO üyesi ülkeler-Beton dayanım sınıfları kullanım oranları (2001).....	6
Çizelge 2.3. Sektördeki gelişmeler	8
Çizelge 2.4. Beton sınıfları kullanım oranları.....	9
Çizelge 2.5. Coğrafi bölgelere göre tesis ve üretim dağılımı.....	9
Çizelge 2.6. Kıvam sınıfları.....	18
Çizelge 2.7. Normal beton basınç dayanım sınıfları.....	20
Çizelge 2.8. Genel çimentolar grubuna ait 27 ürün.....	24
Çizelge 3.1. Santralde üretilen beton sınıflarının malzeme karışım miktarları.....	37
Çizelge 3.2. Çimentonun teknik özellikleri.....	38
Çizelge 3.3. Agreganın elek analizi sonuçları.....	39
Çizelge 3.4. Kış aylarında kullanılan katkıya ait teknik özellikler.....	40
Çizelge 3.5. Yaz aylarında kullanılan katkıya ait teknik özellikler.....	40
Çizelge 3.6. Suyun kimyasal analiz sonuçları.....	41
Çizelge 3.7. Adıyaman iline ait 5 aylık meteoroloji verileri.....	41
Çizelge 4.1. Taze beton deney sonuçları (C 20/25).....	45
Çizelge 4.2. Taze beton deney sonuçları (C 25/30).....	48
Çizelge 4.3. Sertleşmiş beton deney sonuçları (C 20/25).....	52
Çizelge 4.4. Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları (C 25/30).....	54

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.5. Santral ile şantiye şartları taşıma mesafeleri, çökme ve mukavemet farkları (C25/30).....	58
Çizelge 4.6 Santral ile şantiye şartları taşıma mesafeleri, çökme ve mukavemet farkları (C25/30).....	58

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Referans granülometri eğrileri ($D_{max}=31,5mm$).....	13
Şekil 2.2. Çökme şekilleri.....	16
Şekil 2.3. Çökmenin ölçülmesi.....	16
Şekil 2.4. Hava sıcaklığı- Beton buharlaşma hızı ilişkisi.....	28
Şekil 3.1. TS 706 ve karışım granülometri eğrisi.....	39
Şekil 4.1. Santral çıkışı ile şantiye şartları çökme karşılaştırması(C 20/25).....	46
Şekil 4.2. Santral çıkışı ile şantiye şartları taze beton sıcaklığı karşılaştırması (C 20/25).....	47
Şekil 4.3. Santral çıkışı ile şantiye şartları ortam sıcaklığı karşılaştırması(C 20/25).....	48
Şekil 4.4. Santral çıkışı ile şantiye şartları çökme karşılaştırması(C 25/30).....	49
Şekil 4.5. Santral çıkışı ile şantiye şartları taze beton sıcaklığı karşılaştırması (C 25/30).....	50
Şekil 4.6. Santral çıkışı ile şantiye şartları ortam sıcaklığı karşılaştırması (C 25/30).....	50
Şekil 4.7. 7 Günlük basınç dayanımı (N/mm^2) (C 20/25).....	55
Şekil 4.8. 28 Günlük basınç dayanımı (N/mm^2) (C 20/25).....	56
Şekil 4.9. 7 Günlük basınç dayanımı (N/mm^2) (C 25/30).....	57
Şekil 4.10. 28 Günlük basınç dayanımı (N/mm^2) (C 25/30).....	57

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
$f_{ck\ sil}$	En düşük karakteristik silindir dayanımı
$f_{ck\ küp}$	En düşük karakteristik küp dayanımı
D_{max}	En büyük agrega tane boyutu
f_c	Basınç dayanımı, N/mm^2
F	Kırılma anında ulaşılan en büyük yük, N
A_c	Basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, mm^2
Kısaltmalar	Açıklama
ERMCO	Avrupa Hazır Beton Birliği
THBB	Türkiye Hazır Beton Birliği
TS	Türkiye Standartları
TSE	Türkiye Standartları Enstitüsü
ASTM	American Society For Testing and Materials
SAN	Santral çıkışı
SNT	Şantiye teslimi
SNTB	Şantiye şartlarında bırakılan

1. GİRİŞ

Ülkemizde beton yıllarca elle veya yerinde betoniyele yardımıyla hazırlanmıştır. İnşaatlarda kullanılan bu betonlar uygun olmayan malzemelerle kalite sağlanmadan ve gerekli koşullara uymaksızın genellikle düşük kaliteli olarak üretilmiştir. Betonun bu yöntemle hazırlanması iş gücü kayıplarına ve inşaat sürelerinin uzamasına neden olmaktadır. İnşaat sektörünün gelişmesiyle taleplerin artması ve kalite arayışı hazır betona ilgiyi arttırmıştır. Hazır beton endüstrisinin gelişmesi beton kalitesini arttırmış ve santralde üretim kalitesini kontrol altına almıştır. Hazır betonda yaş karışımında kalite denetimi için numune alımı genellikle santralde yapılmakta, betonun teslim edileceği şantiyede numune alımı hazır beton kullanıcısının isteği üzerine yapılmaktadır. Hazır beton üreticisi santral çıkışı kalitesini denetlemekte, hazır beton kullanıcıların çoğunluğu şantiyede numune almadığı veya talepte bulunmadığı için şantiye şartlarındaki beton kalitesi denetim dışı kalmaktadır. Hazır beton kullanıcısı genelde beton kalitesini bilmemekte veya beton kalitesinin değerlendirmesini santral çıkışı kalitesiyle bilmektedir. Fakat, şantiyede yerleştirilen hazır betonu santral çıkışı kalitesiyle denetim altına almanın sadece üretim kalitesini yansıtacağı açıktır. Hazır beton santral çıkışından sonra bir taşıma ve pompalama süreci geçirmektedir. Bu süre bazı durumlarda istenen süreden daha fazla zaman almaktadır. Taşıma mesafesinin uzun olması, trafik aksaklığı, transmikserin arıza yapması veya şantiyeye vardığında kalıbın patlaması, beton pompasının arıza yapması, hazır betonun yerine yerleşmesi uzun zaman alabilmektedir. Bu süre içinde ortam sıcaklığı, taze beton sıcaklığı ve taşıma mesafesine bağlı olarak kıvam kaybetmekte, priz başlayabilmekte, betona bilerek veya bilmeyerek su verilmesi şantiye şartları kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (1).

Bu çalışmada ilk olarak önce santralde transmikserden örnek alınarak ortam sıcaklığı, taze beton sıcaklığı, çökme (slump) ölçülmüş ve santralde basınç deneyi için numuneler alınarak hazırlanmıştır. Daha sonra ise transmikserle şantiyeye gidilerek aynı işlemler şantiye teslimi ve şantiye şartlarında bırakılmak üzere tekrar edilmiştir. Bu farklı örnekleme arasındaki mesafe taşıma mesafesi olarak kaydedilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Türkiye’de hazır beton üzerine yapılan ilk bilimsel çalışmalardan biri Öztekin ve arkadaşlarına (2) 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 taşınma süresine bağlı olarak kıvamında bir azalma olduğu saptanmıştır. İstenilen kıvamı şantiyede su ilavesiyle dengelenmeye çalışılmakta ise de kıvam ayarlaması kontrolsüz yapıldığında mukavemet kaybına neden olduğu belirlenmiştir (2).

Çil (3) 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 etmeden) 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 (3).

2.1. Hazır Betonun Günümüzdeki Yeri ve Önemi

Ülkemizin büyük bir bölümü deprem kuşağında yer almakta, son yıllarda sıkça karşılaşılan afetlerde büyük can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Bu nedenle yapı güvenliği açısından betonun kalitesi vazgeçilmez bir unsur olarak ön plana çıkmaktadır. Ülkemizde kullanılan betonların durumu ise hazır beton teknolojisinin kullanılmasıyla beraber memnuniyet verici gelişmeler göstermeye başlamıştır. Günümüzde yüksek katlı binaların yapımından barajlara, prefabrikasyondan metro inşaatlarına kadar geniş bir yelpazede kullanılan hazır beton, inşaat teknolojisinde vazgeçilmez bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Hazır beton, bilgisayar kontrolüyle istenilen oranlarda bir araya getirilen malzemelerin, beton santralinde veya transmikserde karıştırılmasıyla üretilen ve tüketiciye taze beton olarak teslim edilen betona hazır beton denir. Hazır betonu elle ya da betoniyerle karıştırılarak hazırlanan betondan ayıran temel unsur, hazır betonun modern tesislerde, bilgisayar kontrolüyle üretilmesidir (1).

Hazır betonun üretiminde kullanılan malzemeler stoklanıp, kontrol altında karıştırılarak, hazır beton üretiminin gerçekleştirildiği ve transmikserlere dolumun yapıldığı tesislere beton santrali denir (1).

Hazır beton üretiminin su ölçme ve karıştırma işlemlerinin santral da veya transmikserde yapılmasına göre iki farklı şekli bulunmaktadır. Bunlar; kuru sistem ve yaş sistemdir. Kuru karışimli hazır beton, agrega ve çimentosu beton santralinde ölçülüp ve transmikserde karıştırılan, suyu ve varsa kimyasal katkısı ise teslim yerinde ölçülüp karıştırılarak ilave edilen hazır betondur. Kuru karışimli hazır betonda şantiyede karışıma verilen su miktarına ve karıştırma süresine özel itina gösterilmesi gerekir (1).

Neville ve Brooks (4) hazır betonun geleneksel betona kıyasla avantajlarını şöyle sıralamıştır.

- Sertleşmiş betonun istenilen özelliklerinin değişkenliğini azaltan sıkı kalite kontrollü üretim.
- Çok sıkışık şantiyelerde ve karıştırma tesisinin, agrega depolama alanları için çok az boş alan bulunan yol inşaatlarında.
- Betonun taşınma sırasında işlenebilirliğin korunmasını ve ayrışmanın önlenmesini sağlayan karıştırıcı kamyonların kullanımı.
- Küçük miktarlarda beton ve aralıklı beton dökümün gerektiği durumlarda uygunluk

Yaş karışımli hazır beton, su dahil tüm bileşenleri beton santralinde ölçülen ve karıştırılan belirli kıvamda hazırlanan beton olarak tanımlanabilir (3). Beton santralleri depolama şekillerine göre de bunkerli ve yıldız tip olmak üzere ikiye ayrılır: Bunkerli santralde, çakıl ve kumlar santralin önündeki bunkerlerde stok edilip, bantlı bir sistem ile karıştırma kazanına taşınır. Yıldız tip santralde ise santralin önünde yıldız şeklinde bir stoklama alanı vardır ve kova vasıtasıyla agregalar aradaki karıştırma kazanına aktarılır (5).

Betonu, hazır beton santralinden yükleyerek şantiyeye götüren belirli bir hızla kendi eksenini etrafında döneabilen bir depoya sahip kamyon şeklindeki araçlara transmikser denilmektedir (6). Genellikle ülkemizde 6-10 m³ hacminde transmikserler kullanılmaktadır. Daha yaygın olarak kullanılan hazır beton santralde üretilip transmikserde taşınan taze betondur (3).

2.1.1. Hazır betonun tarihsel gelişimi

Günümüzün bir teknoloji harikası olan ve başka bir alternatifi bulunmayan hazır beton, dünyada ilk kez yüzyıl başında (1903) Almanya’da ortaya çıkmış, sonraki birkaç yıl içerisinde ABD’de kullanılmaya başlamıştır; 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 kurmuştur (7).

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 (7).

Beton endüstrisinde kaydedilen gelişmeler sayesinde, istenen beton özelliklerinden yalnız dayanım değil, işlenebilme, geçirimsizlik ve zararlı çevre koşullarına

dayanıklılık gibi diğer performans özellikler de önem kazanmıştır. Bu nedenle gelişmiş ülkelerde geleneksel betona göre daha üstün performans gösteren hazır beton tercih edilmektedir (7).

2.1.2. Hazır betonun dünyadaki yeri

Dünyada hazır beton endüstrisi geliştikçe, bu alanda örgütlenen ulusal ve uluslar arası kuruluşların sayısı da artmış bu sayede ülkeler arasındaki işbirliği olanakları giderek gelişmiştir.

Çizelge 2.1. ERMCO üyesi ülkeler- Hazır beton üretimleri (7).

ÜLKE	Üretim (Milyon m ³) 2000 yılı	Üretim (Milyon m ³) 2001 yılı
Avusturya	8,80	7,00
Belçika	6,50	6,50
Danimarka	-	1,85
Finlandiya	2,04	2,10
Fransa	26,80	25,90
İrlanda	-	5,50
İtalya	30,00	30,00
Hollanda	7,60	7,60
Norveç	1,97	1,96
Portekiz	7,80	9,30
Slovakya	0,70	0,69
İspanya	46,28	46,28
İsveç	2,30	2,40
İsviçre	9,36	9,89
Türkiye	21,00	17,00
İngiltere	22,52	22,52
Toplam	230,17	230,29

1983 yılında kurulan ERMCO(European Ready Mixed Concrete Organization), Türkçe adıyla Avrupa Hazır Beton Birliği, Türkiye'nin de üyesi bulunduğu, ABD dahil 25 ülkeyi kapsayan, hazır beton alanındaki en büyük uluslararası kuruluştur (7).

Çizelge 2.2. ERMCO üyesi ülkeler- Beton dayanım sınıfları ve kullanım oranları (2001) (7)

ÜLKE	C 15	C 15-25	C 25-35	C 35 +
Avusturya	10	35	40	15
Belçika	5	20	70	5
Danimarka	10	60	28	2
Finlandiya	0	5	85	10
Fransa	20	60	15	5
Almanya	4	14	63	20
İrlanda	5	15	40	40
İtalya	9	61	29	1
Hollanda	2	71	24	3
Norveç	1	20	59	21
Portekiz	0	75	20	5
Slovakya	15	50	30	5
İspanya	5	5	80	10
İsveç	0	5	65	30
Türkiye	7	87	5	1
İngiltere	9	20	46	24
Toplam	5	33	43	13

Merkezi İngiltere’de bulunan Avrupa Hazır Beton Birliği, Avrupa ülkelerindeki ulusal beton birliklerinden temsilcilerin bulunduğu çeşitli komiteler(Teknik komite, Çevre komitesi vb.) aracılığıyla etkinliklerini yürütmekte ve genel kongresi üç yılda bir düzenlenmektedir. ERMCO’nun son kongresi 1995 yılında İstanbul’da, Türkiye Hazır Beton Birliği’nin başarılı organizasyonu ile gerçekleştirilmiştir. 1998 yılının

haziran ayında düzenlenen 12. Avrupa Hazır Beton Kongresi ise Portekiz'in başkenti Lizbon'da gerçekleştirilmiş ve THBB' de bu kongreye geniş bir heyetle katılarak ülkemizi temsil etmiştir (7).

Avrupa Hazır Beton Birliği, üye ülkeler arasındaki üretim, standart, kalite, teknolojik yenilikler vb. konulara ilişkin işbirliğini teşvik edip, pekiştirerek hazır beton sektörünün gelişmesini sağladığı gibi, söz konusu ülkeler arasında diğer alanlarda da yakınlaşma ve işbirliği olanaklarının doğmasına zemin hazırlamaktadır. 13. Avrupa Hazır Beton Birliği Kongresi 2001 yılında Berlin'de düzenlenmiştir (7).

2.1.3. Hazır betonun Türkiye'deki yeri

Ülkemizde hazır beton ilk 1970'li yılların sonlarına doğru bazı inşaat şirketleri tarafından kendi inşaatlarında kullanılmak üzere üretilmeye başlanmıştır. Ancak gerçek anlamda 1980'li yılların ikinci yarısında geçilmiştir. Özellikle seksenli yılların sonuna doğru ülkemizdeki hazır beton sektöründeki yaşanan hızlı gelişmeye paralel olarak, üretici firmaların örgütlenme çabaları da 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 gözeten etkinlikleri nedeni ve bakanlar kurulu kararıyla "Türkiye Hazır Beton Birliği" adını almıştır (7).

Türkiye'de hazır beton sektörünün çok kısa bir tarihçesi olmasına rağmen bu sektör büyük bir hızla gelişen, dinamik bir sektördür. Türkiye Hazır Beton sektörü batının en teknolojik ekipmanlarına sahip olduğu gibi, deneyimli bir işgücüne de sahiptir. Türkiye'deki hazır beton santralleri istenen sınıfta betonu üretebilecek niteliktedir (7).

Türkiye Hazır Beton Birliği, Avrupa Hazır Beton Birliği(ERMCO) üyesi bir kuruluş olarak, ülkemizin katılmayı hedeflediği Avrupa Birliği'nde ve diğer ülkelerde beton konusundaki yeni hukuksal düzenlemeleri yakından izlemekte ve Türkiye'ye uyarlanmasına gayret etmektedir. TS 11222 Hazır beton standardı'nın, THBB ve

TSE'nin işbirliğiyle EN 206 Avrupa beton standardı paralelinde gözden geçirilerek yenilenmiştir (7).

2002 yılında 71 üye firma ve bunlara ait 262 tesis toplam 17 457 930 m³ hazır beton üretilmiştir. 2003 yılında 71 firma ve bunlara ait 247 tesis ve toplam 18 092 500 m³ beton üretilmiştir. Buna göre, %3,6 oranında artmıştır. Tesis bazında bakıldığında, 2002 yılında tesis başına 66,633 m³ beton üretilirken, 2003 yılında tesis başına ortalama üretim yaklaşık 73,248 m³ olmuştur. Buna göre tesis başı ortalama artışı %9,9'dır (7).

Çizelge 2.3. Sektördeki gelişmeler (7).

Yıl	Veri	Birlik Üyeleri	Birlik Dışı	Türkiye Geneli
1998	Şirket Sayısı	53	113	166
	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
	Üretim (m ³)	16 561 841	6 000 000	22 561 841
2002	Şirket Sayısı	71	157	228
	Tesis Sayısı	262	178	440
	Üretim (m ³)	17 457 930	8 010 000	25 467 930

Yurdumuzda kullanılan betonlar, dayanım sınıflarına göre incelenirse her geçen yıl önemli oranda üst sınıflara geçiş olduğu görülmektedir. 1988 yılında C-20 ve üstü sınıflardaki betonların kullanım oranı %30,1 oranından, 2003 yılında %80,7'e

çıkılmıştır. Aynı şekilde, 2002 yılında bu oran toplam %73'den %80,7 olmuştur. C-25 ve üstü beton sınıflarının kullanım oranları ise bir yıl içinde %8,8 artarak %6,9'dan %15,7'ye ulaşmıştır. Bu artışta THBB'nin yazmış olduğu bilgilendirme ve eğitim çalışmaları büyük yarar sağlamıştır (7).

Çizelge 2.4. Beton sınıfları kullanım oranları – Son 6 yıl (%) (7).

Yıl	C 14	C 16 – C18	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 2.5. Coğrafi bölgelere göre tesis ve üretim dağılımı (2003) (7).

Bölge	Tesis Sayısı	Dağılım(%)	Üretim(m ³)	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
İç Anadolu	41	16,6	4 154 675	23,0
Karadeniz	9	3,6	368 849	2,0
Güneydoğu Anadolu	8	3,2	529 363	2,9
Doğu Anadolu	3	1,2	228 809	1,3
Toplam	247	100	18 092 501	100

2.2. Hazır Betonda Kalite Kontrol

Beton üretiminde kalite kontrol sadece basınç dayanımı tayini ile kalite düzeyinin belirlenmesinden ibaret değildir. Üretimin tüm aşamalarını ve beton bileşenlerini kapsayan bir kalite kontrol sistemi oluşturulmalıdır. Seçilen düzeyde ürün kalitesini

sağlayabilmek için gerçekleştirilen prosedürlerin tamamıdır. Kalite kontrol teknik yönetimin, ürün yönetiminin ve genel idarenin alacağı kararları ve buna göre yapacakları müdahaleleri kapsar (6).

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 (8).

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 (8).

2.2.1. 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.

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 olmalı (9). Numunelere TSE EN 197-1'e uygun olarak yapılır. Bu deneyler çimentonun incelik tayini, hacim genleşmesi, priz tayini ve basınç dayanımı tayinidir. Bu deneyler

genellikle çimento laboratuvarlarında yapıp sonuçları 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 ya da üniversite laboratuvarlarında yaptırmaktadır.

Agrega deneyleri

Betonun iskeletini teşkil eden agregalar beton hacminin yaklaşık %70-80'ini oluştururlar. Dolayısıyla agregaların niteliği taze ya da sertleşmiş betonun niteliğini etkiler. Agregada için yapılan deneyler agreganın fiziksel ve mekanik özelliklerini gösteren deney yöntemleridir (10).

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 (10).

Bu deneyler ilk olarak tesise gelen her agreganın teslimatında, teslimatın siparişe uygunluğu ve kaynağın doğruluğunu denetlenmesi ve teslimatın granülometri, şekil ve yabancı madde açısından normal görünümle karşılaştırarak yapılan kontrolüdür.

Kabul edilen teslimat sonrası agreganın 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 çeyreklemeye yöntemi ile veya bölgeç kullanarak 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 (8).

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 olmaktadır. 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 maddeler, hafif maddeler ve alkali agrega reaksiyonudur (8).

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 (8, 11).

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, $1,300 - 1.850 \text{ kg/dm}^3$ olmalıdır (8, 10).

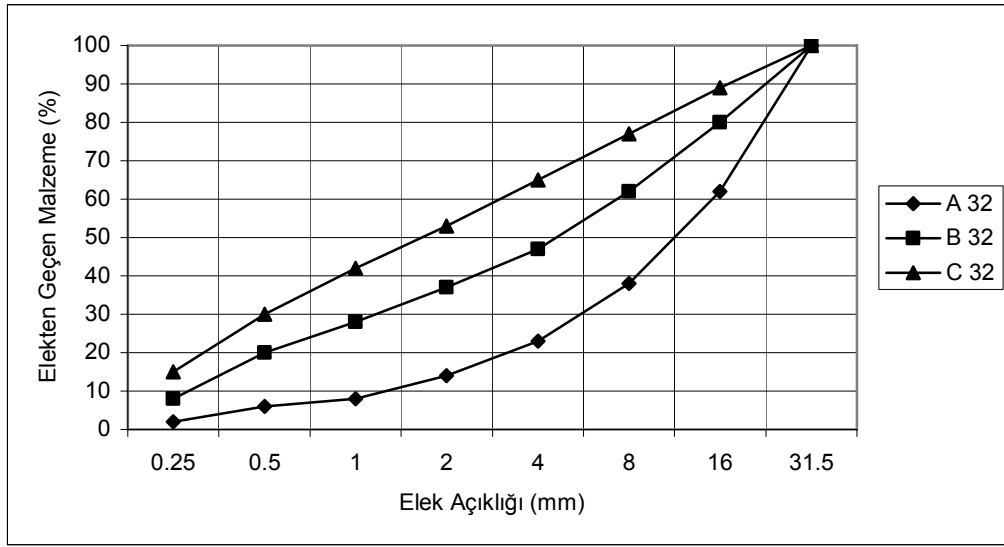
Özgül ağırlık deneyi

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 $2,2-2,9 \text{ kg/dm}^3$ arasında olması istenir. Özgül ağırlık , agreganın uygunluğunu belirtir (10).

Elek analizi

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 agrega üzerinde elek

analizi deneyinin esasları TS 3530 EN 933-1’de belirtilmektedir. Betonda kullanılacak karışımın tane dağılımı Şekil 2.1’de gösterilen ideal granülometri eğrileri arasında kalmalıdır (12). Agreganın ideal granülometrisinde agregataneleri arasında boşluk minimumdur, Agregataneleri arasında boşluğun minimum olması betonun basınç dayanımını, permabilitesini ve yoğunluğunu olumlu yönde etkiler, bundan dolayı çok önemlidir.



Şekil 2.1. Referans granülometri eğrileri (Dmax=31,5mm) (11).

Kirlilik (Yıkabilir maddeler) deneyi

Deney numunesi suyun altında yıkandıktan sonra 200 nolu elekten (0,063mm elek) geçen malzemenin kuru malzeme oranının yüzde olarak ifadesidir (10). Agregada içinde bulunan kil ve silt boyutundaki malzemenin agregat bünyesinden uzaklaştırılması amaçlanmıştır. Agregat bünyesinde bulunan kil ve silt beton bileşimlerini olumsuz yönde etkiler. Kil agregat içinde iki şekilde bulunur, bunlardan bir tanesi agregatanelerinin üzerinde yapışmış konumdur. Diğer ise değişik büyüklüklerde bağımsız kütleler halinde bulunurlar. Kil taneleri bünyelerde 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 (8). Genellikle konut inşaatı dışında kullanılan beton

agregalarında aşınma dayanımı(Los Angeles) deneyi, dona dayanıklılık deneyi, organik madde tayini deneyi, alkali agrega aktivitesi deneyi hazır beton laboratuvarının çok sıklıkla yapılmayan deneyler olup agregadan kaynaklanan problem olduğu düşünülünce veya yeni bir agrega kaynağı tercih edildiğinde yapılır (8, 11).

Organik madde tayini deneyi

Agrega numuneleri % 3'lük Sodyum hidroksit çözeltisi ile renk tayini metoduyla yapılır. Renk açık sarı ise organik madde yoktur. Renk koyu sarı ise organik madde vardır. Bu deney genellikle akarsu yatağından elde edilen agregalarda kullanılır (9).

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 (13).

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 (14).

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 (14).

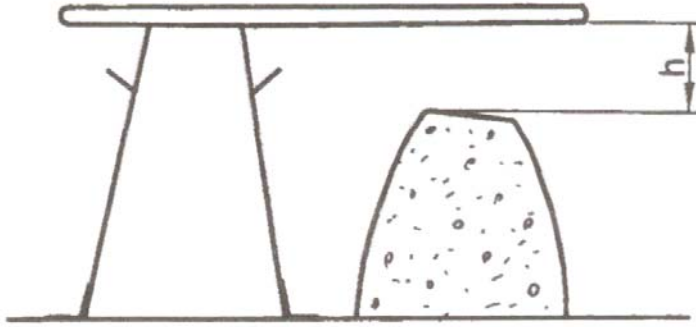
Taze beton, kalıba eşit kalınlıkta üç tabaka halinde ve her tabakanın sıkıştırılmış durumdaki kalınlığı, kalıp yüksekliğinin yaklaşık olarak 1/3'ü olacak şekilde doldurulur. Doldurma esnasında her tabaka, sıkıştırma çubuğu ile 25 defa şişlenerek

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 daha yukarıda olması sağlanır (14).

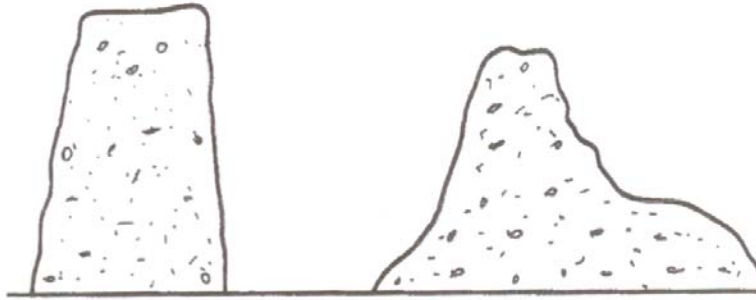
Sıkıştırma işleminin tamamlanmasından sonra, kalıp üst seviyesinden taşan fazla beton, sıkıştırma çubuğuna kesme ve yuvarlama hareketleri (master hareketi benzeri) yaptırılarak sıyrılıp alınır ve yüzey tesviye edilir. Taban plakası/yüzeyine dökülen beton temizlenir. Kalıp, el tutamaklarından tutularak, düşey şekilde yukarıya doğru çekilerek alınır. Kalıbın çekilme işlemi 5-10 saniye arasındaki sürede tamamlanır, kalıp sabit hızda çekilir, ve kalıpta taze beton yığını farkı Şekil 2.2’de görüldüğü gibi ölçülür. Tüm deney işlemi, betonun kalıba doldurulmaya başlamasından, kalıbın çekilerek alınmasına kadar herhangi bir kesinti olmaksızın 150 saniyede tamamlanır (14).

Beton işlenebilirliğini endirek olarak betonun çökmesi ile belirlenir. Genel olarak betonun çökmesi Şekil 2.3.a da görüldüğü gibi olur ise işlenmesi zordur. Betonun çökmesi Şekil 2.3.b deki gibi olur ise işlenebilirliği daha iyidir.

Bu deneyde tabakalar sıkıştırmada şişleme çubuğunun şiddeti etkilidir. Şişlemenin şiddeti farklı olursa sonucu olumlu veya olumsuz şekilde etkiler. Bunun için sıkıştırma işlemi her tabakada aynı şiddette olmasında yarar vardır.



Şekil 2.2. Çökmenin ölçülmesi



a) Düzgün çökme

b) Kayma meydana gelmiş çökme

Şekil 2.3. Çökme şekilleri

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 basınç ölçme metodu olup deneyde kullanılan cihazlar, su sütunu göstergeli ve basınç göstergelidir (15).

Taze betondaki hava miktarı ölçmek için genellikle basınç ölçme metodu kullanılır. Bu deneyde beton içerisinde mümkün olduğu kadar hapsolmuş 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 düzgün

olarak 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 (15).

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 numuneler kullanılarak saptanır. Numuneler uygun bir test presisi altında, TS EN 12390-3 standardı esas alınarak yapılırlar.

2.3. Hazır Betondan Beklenen Özellikler

2.3.1. 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, çimento özellikleri, katkıları, zaman ve sıcaklık sayılabilir (16).

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 kütesinden ayrılması olayına, betonun çözülmesi(segregasyon) adı verilir. Böyle

betonun bünyesi homojen olamaz, iri agregalar bir yanda, harç bir yanda birikir. Bu ise betonun dayanımını olumsuz yönde etkiler (17).

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 oranındaki bir azalma sağlayabilir (19).

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 2.6'da değerler sıralanmıştır (16).

Çizelge 2.6. Kıvam sınıfları

Sınıf	Çökme (mm)
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	160-210
S5	≥ 220

2.3.2. Pompalanabilirlik

Betonun pompalanabilme kabiliyeti; beton pompasının kapasitesine, boru çapına, betonun akıcılığına, betonun ulaştırılacağı yüksekliğe, pompa borusunun dönüş açısına ve hızına bağlı olarak değişirler (6).

Pompalanabilirliğin, beton açısından özelliklerini de şöyle sıralanabilir:

- 1) En büyük agrega tane çapının pompa boru çapına oranı,

- 2) İşlenebilirlik,
- 3) Stabilité (kararlılık).

Genel olarak aşağıdakiler uygulandığı takdirde betonun pompalanabilirliği yeterli olacaktır:

- 1) Çimento miktarı 300 kg/m^3 'ten yüksek veya 300 mikronun altındaki ince agregâ 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 agregâ 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 agregâ miktarı normal bir beton karışımından %5 fazla ise, (6).

2.3.3. Basınç dayanımı

Betonun dayanımı sertleşmiş betonun en çok aranan özelliğidir. Betonun dayanımı taşıyabileceği en yüksek gerilme olarak tanımlanır (8). 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 (19).

Betonun dayanımı çimento hamurunun mukavemetine, agregâ tanelerinin mukavemetine, agregâ taneleri ile çimento hamuru arasındaki yapışmanın(aderans) gücüne bağlıdır. Normal betonda agregâ taneleri en sağlam unsur olduğundan diğer bir unsur (çimento hamuru ve aderans) mukavemeti belirlemektedir. Çimento hamurunun mukavemeti su/çimento oranına bağlıdır. Çimentonun hidrasyon 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 (19).

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 (16).

Çizelge 2.7. Normal beton basınç dayanım sınıfları (20).

Basınç dayanım sınıfı	En düşük karakteristik Silindir dayanımı f_{cksil} N/ mm ²	En düşük karakteristik Küp dayanımı $f_{ck küp}$ N/ mm ²
C 8/10	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

TS EN 206-1 (20), Betonun, basınç dayanımına göre sınıflandırılmasında, normal beton için Çizelge 2.7’de verilen sınıflar uygulanır.

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 (ısıt işlem gibi) tayin edilmesine ihtiyaç duyulabilir (16).

2.3.4. Diğer özellikler

Genellikle su yapılarında permabilite, 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 orijinal hacminden daha azdır. Böylece hidratasyon ilerlerken, sertleşmiş çimento hamuru orijinal hamurun işgal ettiği aynı hacmi dolduramaz ve sertleşmiş beton bünyesinde boşluklar meydana gelir. Bu boşluklar betonun geçirimli olmasına yardım eder (19, 20, 21).

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 kullanmış olursa, çimento hidratasyonu sırasında

meydana gelen boşluk boyutları küçülecek, dolayısıyla beton permabilitesi azalacağı bilinmektedir (20, 21).

Betonlardan 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 karışımına 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 (18).

Yüksek oranda su/çimento oranının neden olduğu bu hacim değişikliği betonda arzu edilmeyen bir çok durumların ortaya çıkmasına neden olur. Betonda rötire 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 zayıftır. Özellikle donma-çözünme olayının tekrarı betonun parçalanmasına neden olabilir (18, 21).

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 ıslanma ve kuruma 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 (21). 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 μm kadar değişebilir.

Çimento hidratasyonu sonucunda açığa çıkan ısı bazı durumlarda betonun hacim değişikliği üzerinde önemli derecede etkili olabilir. Özellikle, kütle betonlarda 10-15°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 büzülme çekme gerilmelerine neden olduğu bilinmektedir (18).

2.4. Hazır Beton Özelliklerine Etki Eden Faktörler

2.4.1. Çimento

Çimento, kil ve kalkerin belirli oranlarda karıştırılarak pişirilip öğütülmesi sonucu elde edilen hidrolik bir bağlayıcı olduğu bilinmektedir. Çimentolar farklı puzolanik katkı maddesi ilave edilerek Çizelge 2.8’de görüldüğü gibi çeşitleri ve oranları vardır. Her çimentonun kullanım yeri farklıdır. Çimentonun tipi, kullanım yeri, karşılaşacağı kimyasal ortama, mevsime göre farklılık arz eder. Ayrıca çimentonun kimyasal yapısı da etkili olduğu belirtilmektedir (17).

Kalker sıcaklık etkisiyle ayrışarak kirece(CaO) kil ayrışarak silis ve alumine (SiO_2 ve Al_2O_3) dönüşür, kilde ve ergitici toprakta bulunan demir’de demir oksit (Fe_2O_3) şeklinde ortaya çıkar. Bu maddelerin oranı betonun özelliğine etkide bulunduğu belirtilmektedir (18). Maddelerin birleşmesiyle de çimentonun dört temel bileşeni oluşur. Bu karma oksitler C_2S olarak bilinen Bikalsiyum silikat ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), C_3S Trikalsiyum silikat ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), C_3A Trikalsiyum Alüminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) ve Tetra kalsiyum alümina ferrit $\text{C}_4\text{AF}(4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)$ ’dür. Bunların dışında alçı taşı ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve minör bileşenler dediğimiz birleşmemiş CaO , MgO bazı durumlarda Na_2O ve erimeyen maddeler çoğunlukla SiO_2 de bulunur. C_3S , C_3S silikatlar daha hızlı sertleşir ve dayanım kazanır. Yüksek dayanımlı çimentolarda özellikle özellikle ilk dayanımı yüksek çimentolarda miktar fazladır. C_3A trikalsiyum alüminat çimentonun kimyasal dayanıklılığı açısından önemli bir

bileşendir. Sertleştikten sonra bu bileşen en düşük dayanıma sahiptir. Hidratasyon sırasında büyük ısı çıkarır ve kalsiyum yani alçı taşı ile birleşerek çok büyük hacimli etrenjit oluşturur. Sülfatlı ortamlarda kalacak çimentolarda C_3A miktarı daha düşük zorunludur. C_4AF 'in etkinlik düzeyi C_3A 'ya benzerdir. Minör bileşenlerden CaO ve MgO su alıp hidroksit haline dönüşüp hacim artmasına sebebiyet verir. Na_2O ve K_2O ise alkali agrega reaktivitesi açısından önem taşır (16).

Çizelge 2.8. Genel çimentolar grubuna ait 27 ürün (22).

Ana tipler	Genel Tipleri	Çimento	Bileşim (kütlece ¹⁾ % olarak)										Minör ilave Bileşenler
			Ana Bileşenler										
			K	S	D ₂	P	Q	V	W	T	L	LL	
CEM I	Portland Çimentosu	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	Portland-curuflu Çimento	CEM II/A-S	80-94	6-20									0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35									0-5
	Portland- silis Dumanlı Çimento	CEM II/A-D	90-94	-	6-10								0-5
		Portland- Puzolanlı Çimento	CEM II/A-P	80-94			6-20						
	CEM II/B-P		65-79			21-35							0-5
	CEM II/A-Q		80-94				6-20						0-5
	CEM II/B-Q		65-79				21-35						0-5
	Portland- Uçucu küllü Çimento	CEM II/A-V	80-94					6-20					0-5
		CEM II/B-V	65-79					21-35					0-5
		CEM II/A-W	80-94						6-20				0-5
		CEM II/B-W	65-79						21-35				0-5
	Portland- Pişmiş Şistli Çimento	CEM II/A-T	80-94							6-20			0-5
		CEM II/B-T	65-79							21-35			0-5
		Portland-Kompoze Çimento ³⁾	CEM II/A-M	80-94	6-20								
CEM II/B-M			65-79	21-35									0-5
CEM III	Yüksek fırın Curuflu Çimento	CEM III/A	35-64	36-65									0-5
		CEM III/B	20-34	66-80									0-5
		CEMIII/C	5-19	81-95									0-5
CEM IV	Puzolanlık Çimento ³⁾	CEM IV/A	65-89	-	11-35								0-5
		CEM IV/B	45-64	-	36-55								0-5
CEM V	Kompoze Çimento ³⁾	CEM V/A	40-64	18-30	-	18-30							0-5
		CEM V/B	20-38	31-50	-	31-50							0-5

1) Çizelgedeki değerler ana ve minör ilave bileşenlerin toplamı ile ilgilidir

2) Silis dumanının oranı % 10'la sınırlanmıştır

3) Portland kompoze çimento CEM II/ A-M ve CEM II/B-M 'de , Puzolanlık Çimento CEM IV/A ve CEM IV/B'de, Kompoze Çimento CEM V/A ve CEM V/B'de klinkerin yanındaki diğer ana bileşenler çimentoya ait işaretler çimentoya ait işaretlerle beyan edilmelidir.

K: Klinker S: Yüksek Fırın curufu, D: Silis dumanı, P: Doğal puzolan, Q: Doğal kalsine edilmiş puzolan, V: Silisli uçucu kül, W: Kalkerli uçucu kül, T:Pişmiş Şist, L: Toplam organik karbon içeriği kütlece %0,50 aşmayan kalker, LL: Toplam organik karbon içeriği kütlece %0,20 aşmayan kalker

Çimento, su ile temas ettiği zaman reaksiyona başlayarak sertleşme sürecine girer. Bu süreç(priz başlama), belirli sınırlar içinde bulunmalıdır. 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, buda inşaatın süresini uzatır (18).

Türkiye’de, TS EN 197-1’e uygun olarak üretilen çimentoların ana tipleri, sınır değerleri Çizelge 2.8’de görülmektedir. Çizelgede görüldüğü gibi CEM I Portland Çimentosu, CEM II Portland Kompoze, CEM III Yüksek Fırın Curufu Çimentosu, CEM IV Puzolanlı Çimento ve CEM V Kompoze Çimento olarak ana sınıfa ayrılmıştır (22).

CEM çimentosunda, reaktif kalsiyum oksit (CaO) ve reaktif silisyum oksit (SiO_2) oranlarının toplamı kütlece en az %50 olmalıdır. Çimento içindeki magnezyum oksit (MgO) oranı %0,1 ile %4 arasında olması gerekir. Eğer magnezyum oksit (MgO) oranı %5’den fazla olursa taze veya nemli betonlarda aşırı genleşme meydana getirebilir. Betonun hacim genleşmesine etki eden diğer bir çimento bileşeni ise serbest kireçtir (CaO) (17, 18).

2.4.2. Agregalar

Genel olarak basınç dayanımına yönelik beton üretiminde yoğun kırma veya akarsu yatağından elde edilen agregalar kullanılır (23).

TS 706’da agregalar şöyle tanımlanmaktadır: Agregalar 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. TS 706’ya göre şu an Türkiye’de kullanılmakta olan elek sistemi aşağıdaki eleklerden oluşur (11).

Beton hacminin %60-80'ini agrega bileşeni meydana getirdiği için seçiminde titizlik gösterilmesi gerekmektedir. Agregası, gereken mukavemete sahip olmalı ve dış etkenlere dayanabilmelidir. Agreganın fiziki ve mekanik özellikleri istenilen şartları karşılayabilecek nitelikte olmalıdır. Aşınmaya maruz kalacak bir betonun agregası yeterli aşınma mukavemetine sahip olmalıdır. Don etkisi görülen ve beton donma-çözülme etkisinde bölgede kullanılacak ise agrega donma-çözülme direnci TS'de önerilen limitlere uygunluğuna bakılmalıdır (24).

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 kompasitenin yüksek olduğu anlamına gelir. Buda beton basınç dayanımını olumlu etkiler (17).

Beton üretiminde farklı tane boyutu sınıflarında agregalar bulunur. Bir agrega yığınının içerisindeki tanelerin büyüklüklerine göre gösterdikleri tane dağılımı oranını gösteren eğriye granülometri 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 agrega yığının boşluğunu minimuma indirmek mümkündür. Boşluğun minimum olması çimento ve su miktarının minimum düzeyinde kalmasını sağlayacak, daha ekonomik ve daha dayanıklı beton üretmek mümkün olacaktır (25).

Betonun sıkıştırılmasındaki kolaylık veya zorluğuna işlenebilirlik denir. "Segregasyon" diye tabir edilen husus betonda agrega ile harcın ayrışmasıdır. Ağır olan agrega aşağı kısımda kalırken ince harç ve su betonun üst kısmında toplanır. Dolayısı ile arzu edilen dayanıklılığa erişilemez (26).

2.4.3. Su

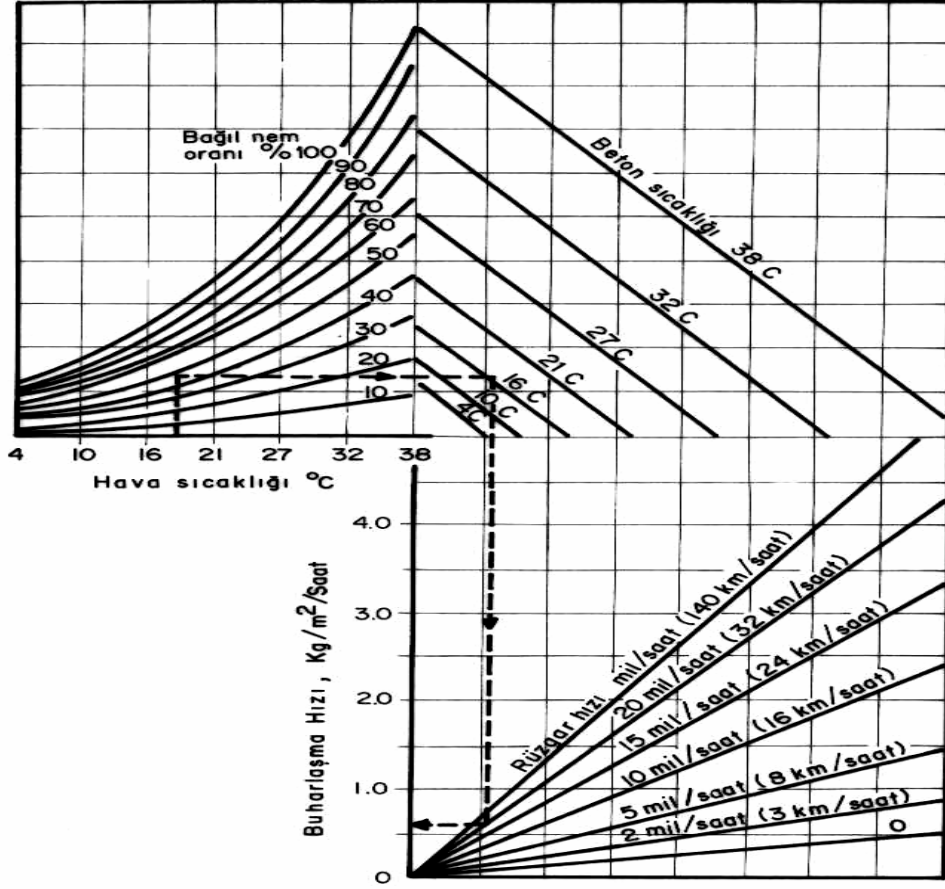
Beton karma suyu, betonu oluşturan temel malzemelerden biridir. Karışım suyu olarak kullanılarak iki önemli görevi yerine getirmektedir: Birincisi çimento ve

agrega tanelerinin yüzeyini ıslatarak yani yağlayıcı etki oluşturarak beton malzemelerinin kolayca karışabilmesini sağlamaktır. İkincisi ise çimento taneleri ile birleşerek oluşan çimento hamurunda hidrasyon denilen kimyasal reaksiyonu sağlamaktır (27).

Betonda kullanılacak karışım suyu, optimum miktarda olmalıdır. Karışım da kullanılacak su, çimento ağırlığının % 36-42'si çimentonun hidrasyonu için yeterlidir. Betonda kullanılacak su miktarı arzu edilen işlenebilmeyi sağlamak için gerekli olan en az miktar olmalıdır. Aksi halde, betonun dayanım ve dayanıklılık özellikleri olumsuz etkilenir. Karışım suyu miktarı, çimentonun inceliği ve agregadaki çok ince malzeme ile doğru orantılıdır. Kimyasal olarak bağlanamayan su, betonda büzölmelere ve istenmeyen boşluklara neden olur. Gereğinden fazla veya eksik olan karışım suyu, betonun basınç dayanımını ve geçirgenliğini olumsuz yönde etkiler. % 10 eksik su, basınç dayanımını % 10 ve % 20 fazla olması ise % 30 azaltmaya neden olur. O halde karışım da muayyen bir kıvamı elde etmek için gereken yoğurma suyu miktarı, çimento miktarına ve agreganın yüzeyleri toplamına bağlı olacaktır (17).

Suyu optimum miktarda kullanmak için akışkanlaştırıcı kimyasal katkıları kullanarak su miktarı indirgenerek taze ve sertleşmiş beton özelliklerinde iyileşme sağlanabilir (18).

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, silt, organik madde, asit, klorür, sülfat, yağ ve endüstriyel atıklar bulundurulmamalıdır (27).



Şekil 2.4. Hava sıcaklığı- Beton buharlaşma hızı ilişkisi (10)

Betonun karışım suyu, rüzgar, bağıl nem, beton sıcaklığı ile Şekil 2.4. de görüldüğü gibi etkilidir. Bir çok araştırmacı bu buharlaşmadan betonun zarar görmemesi ve hidratasyonunu tam olarak sağlaması için beton ıslak bez veya çuvallarla korunmasını ya da su ile beton bünyesindeki suyun kaybolmasının engellenmesini önermektedirler. Betonun buharlaşma hızı, havanın bağıl nemine bağlı olduğu bilinmektedir. Şekil 2.4’de buharlaşmadan dolayı meydana gelebilecek su kaybı görülmektedir (10, 27).

Beton karışım suyunda çözünmüş halde en fazla 15 gr/lt tuz ve 3 gr/lt SO_3 bulunabilir. Karışım ve temas (bakım) suyunun pH değeri çok önemlidir. Genellikle betonların karışım sularının pH değerinin 7 ± 1 olmasında büyük yarar vardır (28, 29).

2.4.4. Su / çimento oranı

Su/çimento 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, su-çimento oranına, çeşitli iklimlere, beton dökülecek alana ve basınç dayanımına göre seçilir. Seçilen su-çimento oranı, beton özelliğine göre değişiklik gösterir (10).

Betonun donma-çözölmeye karşı dayanımını artırmada, düşük su-çimento oranı yanında hava sürükleyici kimyasal katkı maddesi kullanılmalıdır. Ayrıca hava sürükleyici kimyasal katkı maddesi, betonun işlenebilirliğini artırdığından su-çimento oranını azaltmak mümkündür (10).

Su-çimento oranı taze betonun işlenebilirliği üzerinde oldukça etkilidir. Fakat işlenebilme özelliği, bu orandan çok suyun mutlak değerine bağlanmaktadır. Belli bir cins ve granölometriye 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 (10).

2.4.5. Hava miktarı

Betonun hava miktarı, normal ve ağır betonda ölkemiz şartlarında TS EN 12350-7'ye uygun olarak tayin edilmelidir. Hava miktarı, en küçük değere tarif edilir. Hava miktarının üst sınırı, en küçük değere % 4 sabit sayı ilave edilmesiyle bulunur (15).

Taze betonda bulunan hava iki şekilde olur:

- 1) Betonda karıştırma sırasında hapsolan hava,

2) 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 miktarında hapsolmüş hava bulunur. Betonda hapsolmüş hava miktarının artması sertleşmiş betonun geçirgenliğini artırır ve betonun dışarıdan gelen kimyasal ve fiziksel etkilere karşı dayanıklılığını azaltır.

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 sonraları 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 (30).

2.4.6. Beton katkı maddeleri

Genel olarak katkı maddeleri beton içinde % 8'lik bir hacmi işgal eder. Katkı maddelerinin, temel üretim kurallarına aykırı hazırlanan bir betonun kötü niteliklerini iyileştirmeleri beklenemez. Katkı maddelerinin seçimi ve kullanılmasında bilinçli davranılması gerekir. Çünkü, betonun bazı özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılan bir katkı maddesi, betonun bazı özellikleri üzerinde olumsuz etki gösterebilir veya beklenen olumlu etkiyi göstermeyebilir. Bu maddelerin yerinde ve

özelliğine göre uygun miktarda kullanılmasıyla çimentoların mukavemet artışını hızlandırmak, daha az su kullanarak mukavemeti arttırmak, soğuk havalarda beton dökmek, dış etkilere karşı daha dayanıklı beton üretmek gibi olumlu sonuçlar elde edilebilir (10).

Kimyasal katkıları

Betonda kullanılan kimyasal katkı maddeleri çimento, agrega, su ile karılma sırasında katılan organik veya inorganik maddelerdir. Çeşitli yoğunluklarda hazırlanmış sıvılar şeklinde olmakla beraber toz halinde pazarlananları da vardır. Katkı maddeleri çimento miktarının %'si olarak kullanılır. Kimyasal katkı maddeleri ile gerek taze betonun gerekse sertleşmiş betonun bir çok özelliği belirli sınırlar içinde değiştirilebilir (31).

Katkı maddesi betonun hangi tür özellik veya özellikleri değiştirilmesi isteniyorsa o doğrultuda seçilir. Bu katkı maddesinin kullanılmasıyla özel bir çimento kullanılması yerine mukavemet artışını hızlandırmak, beton üretiminde daha az su kullanarak mukavemeti artırmak, daha akıcı yerleşebilir betonlar üretmek, soğuk havalarda beton dökmek ve dış etkilere karşı daha dayanıklı betonlar üretmek gibi olumlu sonuçlar elde edilir. Kimyasal beton katkı maddesinin kullanılması ile beton maliyetinde bir artış meydana geliyorsa da bu artışı elde edilen olumlu sonuçların sağladığı yararlar veya mukavemet artışını çimento tasarrufu ile dengelemek fazlasıyla karşılamaktadır. Bu bakımdan beton üretiminde problemlerin çözülmesinde kimyasal katkı maddelerine başvurulması ekonomik bir yol olarak kabul edilmektedir (32).

Kimyasal katkı maddesinin ilgili standarda uygunluğu saptanmalıdır. Katkı maddesi betonda kullanılmadan önce, ön deneme karışımları yapılmalı ve katkı oranı belirlenmelidir. Aksi takdirde katkı maddesi betonun performansını olumsuz yönde etkileyebilir. Karşılaştırmada katkılı betonun bazı taze ve sertleşmiş beton özelliklerinin, kıyaslama betonu ile elde edilen değerlerden hangi miktarlarda sapabileceği ilgili sınırlar verilerek belirtilmektedir. Benzer karşılaştırmaların

şantiyede kullanılacak malzeme ve şantiye koşullarında tekrarlanması özellikle dozajın ve karışıma giriş yönteminin kesinleştirilmesine yardımcı olur (31).

Beton endüstrisinde bir çok kimyasal beton katkısı bulunmaktadır. Bu kimyasal katkıları TS 3452'e (33) ve ASTM C 494 (34) göre şöyle sınıflandırabiliriz.

Priz hızlandırıcı katkılar

Priz süresini hızlandıran katkı maddeleri genellikle başlangıçtaki hidrasyon ısını arttırırken, sertleşmeyi çabuklaştırıp erken dayanım sağlayabilirler. Hidrasyon ısısının artması aynı zamanda antifriz işlevi görmelerini mümkün kılar. Dolayısı ile bu tür katkılar soğuk havalarda dökülen betonlarda, kalıp sökme sürelerinin kısaltılmasında, prefabrikasyon beton eleman üretiminde, hidrolik basınca karşı tıkama işlerinde yararlı olur. Olumsuz yan etkileri arasında plastik rötre ve klorür içermeleri halinde, betonarmede çelik donatı korozyon riskini arttırmaları sayılabilir (31).

Kalsiyum klorür katalizör görevi yaparak özellikle C_3S hidrasyonunu çabuklaştırır. Çimento ile betondaki diğer malzemenin bileşimlerine de bağlı olarak betona çimento ağırlığının % 1-2'si kadar katılır. Çelik donatı korozyonu tehlikesi dolayısı ile bu maddenin ön gerilmeli betonlarda, bazı su yapılarında kullanımı sakıncalıdır. Diğer betonarme yapılar için standart ve şartnamelerde beton içinde bulunmasına müsaade edilen toplam klor iyonu yüzdesinin aşılmamasına dikkat edilmelidir. Bu gibi mahzurlardan dolayı son yıllarda klor içermeyen diğer kalsiyum tuzları (format, nitrat) daha yaygın olarak kullanıma girmiştir (10, 31).

Priz geciktirici katkılar

Prizi çabuklaştıran katkıların tersine bu katkılar priz başlangıcından önceki aşamayı uzatırlar, özellikle C_3S 'in ve C_3A 'nın hidrasyonunu yavaşlatırlar. Bunu genellikle kalsiyum iyonlarının çözünmesini başlangıçta kısmen önleyerek sağlarlar. Çimentonun bileşimine bağlı olarak katkı dozajına çok dikkat edilmesi gerekir.

Düşük dozajlarda, hidrasyon sonraları hızlanabilir ve çimento hamurunun dayanım kazanması fazla etkilenmez. Yüksek dozajlarda ise C_3S hidrasyonu devam etmeyebilir. Bu gibi durumlarda prizın hiç gerçekleşmemesi dahi mümkündür. Örneğin, çimentonun % 0,05'i kadar katılan şeker prizi birkaç saat geciktirirken % 0,2-1 oranında katıldığında prizi tamamen önleyebilmektedir (31, 32).

Süper akışkanlaştırıcı katkılar

Beton karışım suyunu yüksek miktarda azaltan katkı maddeleri(süper akışkanlaştırıcılar) işlenebilmeyi bozmadan karışım suyunda % 12'yi aşan oranlarda azalma sağlarlar. Süper akışkanlaştırıcı katkılar normal su azaltıcı katkıları gibi çimento taneleri yüzeyinde emildiklerinde tanelerde itici yükler oluşturup sistemin viskozitesini büyük ölçüde azaltırlar. Hava sürüklemeye ve priz geciktirme gibi yan etkileri göreceli olarak az olduğundan betona daha fazla miktarlarda katılabilmekte ve işlenebilmeyi değiştirmeden karışım suyunda % 30'a varan oranlarda azalma sağlayabilmektedirler. Çimento tanelerinin su içinde çok iyi yayılıp hidrate olmaları çoğu kez priz gecikmesini dengeler, hatta hızlandırabilir. Süper akışkanlaştırıcıların istenmeyen bir yan etkisi çok hızlı çökme kaybı olabilir. Bunu önlemek için ticari ürünlerde geciktirici katkıları veya lignosulfonatlar kullanılması gerekir. Ayrıca katkının gecikmeli olarak katılması da yararlı olmaktadır.

Yüksek miktarda su azaltıcı katkıların başlıca kullanım amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1) Pratik işlenebilirlik düzeylerinde kalmakla beraber su/çimento oranı 0,40 değerinin altına çekerek "yüksek dayanımlı" betonlar elde etmek,
- 2) Taze betonda ayrışmaya neden olmadan ve su/çimento oranını yükseltmeden daha akışkan ve kendiliğinden yerleşen, çökme değeri 20 cm civarında olan betonlar elde etmek (31).

Hava sürükleyici katkılar

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 ve kusmasını) önler (10).

Hava sürükleyici katkılar betona çok küçük oranlarda (örneğin çimentonun % 0,05'i gibi) katıldıkları için yan etkileri de düşünülerek kullanılan miktara özellikle dikkat edilmelidir. Ancak, sonuçta beton içinde oluşacak hava miktarı betonda kullanılan malzemenin nitelikleri, karışım oranları ve üretim sürecindeki bazı faktörlerden etkilenecektir. Örneğin çimento, ince agrega ve kullanılıyorsa mineral katkılarda inceliğin fazla oluşu betonda hava miktarını azaltacaktır. Çimento dozajındaki, hava sıcaklığındaki ve sıkıştırma (vibrasyon) süresindeki artışlar hava miktarında azalmaya neden olmaktadır. Çökme değerindeki artış ve uygun karıştırma süreleri ise daha fazla hava sürüklenmesine yardımcı olmaktadır (31).

Hava sürükleyici katkılar karışım işlemi sırasında betonda yaklaşık 0,2 mm boyutlarında birbirinden bağımsız hava kabarcıkları oluştururlar. Bu hava kabarcıkları priz tamamlandıktan sonra da beton içinde kararlı bir yapıda kalır. Betonun donma-çözülme direncini arttırmak için hacimce % 4-8 hava içermesi önerilir (6).

Mineral katkılar

Günümüzde beton üretiminde, maliyetin azaltılması ve daha iyi performans elde edilmesi açısından pek çok araştırmalar yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Diğer taraftan çağımızın hızlı endüstrileşmesinin sonucu olarak gerek malzeme ve enerji tasarrufuna verilen değer artmaktadır. Bu endüstrileşmenin sonucu olarak da

doğaya terk edilen bir çok yan ürünler oluşmaktadır. Bu yan ürünler inşaat sanayisinde değerlendirilerek bir çok kullanım alanı bulmaktadır.

Betona katılacak mineral katkıları puzolanik aktiviteleri bakımından iki gruba ayrılır:

- a) İnert yapıda mineral fillerler (taşunu) ve inorganik pigmentler
- b) Puzolanik ve/veya çimentovari aktivite gösterenler (35).

Betonda kullanılan en yaygın mineral katkıları puzolanik malzemelerdir. Puzolanik malzemeler kendi başlarına bağlayıcı özelliği bulunmayan ancak ince öğütülmüş halde ve rutubetli ortamda kalsiyum hidroksitle reaksiyona girip bağlayıcı özelliğine sahip bileşenler meydana getiren silisli veya silisli-alüminli malzemelerdir. Bims, çeşitli volkanik küller ve tüfler doğal puzolanlardır. Termik santralleri atıklarından olan ve elektro filtrelerde toplanarak daha sonra santral dışına atılan uçucu küller; silikon metal ve alaşım endüstrisi atığı olan silis dumanı ise yapay puzolanlara örnek olarak gösterilebilir. Puzolanik malzemelerin betonda kullanımı, esas itibarıyla çimentonun hidratasyonu sonucunda önemli miktarlarda ortaya çıkan ve gerek dayanım gerekse dayanıklılık açısından betona herhangi bir olumlu etkisi söz konusu olmayan, kalsiyum hidroksitin bu malzemelerle reaksiyona girerek daha fazla miktarda bağlayıcı özellik gösteren bileşenler oluşturması temeline dayanır (6).

Uçucu kül

Mineral katkı malzemesi olan uçucu kül, harç ve beton üretiminde genellikle ikincil bağlayıcı madde olarak portland çimentosunun ağırlık yüzdesi oranında çimentonun bir kısmı yerine ikame olarak veya çimentoya önceden karıştırılarak katkılı çimento şeklinde kullanılan bir yapı malzemesidir (35).

Genel olarak, uçucu kül, zemin ıslahı, atık suların arıtılmasında absorban olarak, cam endüstrisi, yapı malzemesi üretiminde, çimento üretiminde (ham madde, klinkere ilave veya çimentoya ilave), beton (normal, hafif, enjeksiyon ve gaz beton) üretiminde, çeşitli tuğla üretiminde ve yol stabilize malzemesi gibi amaçlarda kullanılmaktadır (10).

Silis dumanı

Silis dumanı yüksek saflıkta kuvarsitin silisyum veya ferrosilisyum alaşımı üretiminde kullanılan elektrik ark fırınlarında kok kömürü ile indirgenmesi sonucu elde edilen genellikle gri renkli bir tozdur.

Silis dumanı taneleri daha büyük çimento taneleri arasında yer alarak granülometriyi iyileştirirler (37). Ancak bu olumlu etkiye rağmen, meydana getirdikleri çok büyük toplam yüzey alanı net su ihtiyacını artırır. Çimentonun %5'i civarında silis dumanı katılması halinde su ilavesine gerek olmayabilirken daha fazla miktarlar akışkanlaştırıcı kimyasal katkıların da birlikte kullanımını gerektirir. Silis dumanı katılmış çimento hamurlarının akma sınır ve vizkozitelerinde artış görülür. Taze beton ise daha yapışkan olur, ayrışma ve oturma çatlak miktarları azalır. Buna mukabil terlemede önemli ölçüde azaldığından plastik rötreye dikkat edilmesi gerekir. Çimentonun %10'una kadar katılan silis dumanı priz sürelerini fazla etkilememekte, daha fazla miktarlar biraz gecikme yapmaktadır. Silis dumanı, hidratasyon ısını azaltmakta diğer puzolanlar kadar etkili olmayabilmektedir (38, 39).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, deney örnekleri Adıyaman il merkezinde üretim yapan Çimko Beton Santralının betonundan alınmıştır. Betonun 01.03.2005 tarihinden 31.07.2005 tarihleri arası santral çıkışı ile şantiye şartlarında beton kalite kontrolünün karşılaştırılması yapılmıştır. Kalite kontrol çalışmasında C 20/25 ve C 25/30 sınıfları üzerinde çalışılmıştır. Santral da üretilen beton sınıflarının malzeme karışım miktarları Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Santralde üretilen beton sınıflarının malzeme karışım miktarları

Malzeme (kg/m ³)	Beton Sınıfları	
	C 20 / 25	C 25 / 30
CEM I 42,5 N	291	368
Su	165	155
Kum I (0-7)	960	1200
Çakıl II (7-15)	492	560
Çakıl III (15-25)	549	598
Katkı	2,030	2,440

3.1.1. Çimento

Beton santralında , Çimko Çimento ve Beton A.Ş. fabrikasında üretilen CEM I 42,5 N Portland Çimentosu kullanılmaktadır. Çimentonun, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Çimko Çimento ve Beton A.Ş. fabrikasında mevcut olup sonuçlar Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Çimentonun teknik özellikleri

Kimyasal Özelliği		
SiO ₂ (%)		20,35
Al ₂ O ₃ (%)		3,97
Fe ₂ O ₃ (%)		3,80
CaO (%)		59,51
MgO (%)		3,51
SO (%)		2,39
Kızdırma kaybı (%)		1,17
K ₂ O(%)		0,35
Çözünmeyen Kalıntı(%)		4,84
Serbest CaO(%)		0,95
Tayin edilemeyen(%)		0,11
Toplam		100
Fiziksel Özelliği		
Yoğunluk (kg/ dm ³)		3,12
Priz Süresi (saat)	Başlangıç	01:50
	Bitiş	03:00
Hacim Sabitliği (Le Cheta Lier) (mm)		1
Özgül Yüzey(Blaine) (cm ² /gr)		3699
Mekanik Özelliği (N/ mm²)		
2 gün		21,5 (N/ mm ²)
7 gün		36,8 (N/ mm ²)
28 gün		51,5 (N/ mm ²)

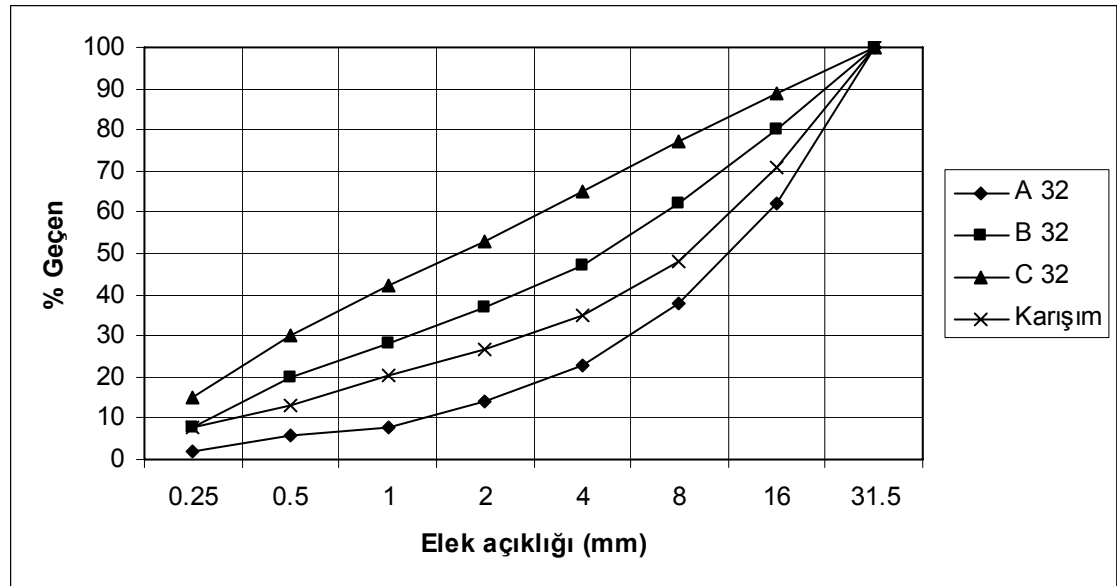
3.1.2. Agregalar

Beton üretiminde Göksu çayından elde edilen agregalar kullanılmaktadır. Agregalar olarak kum I (0-7) %40, çakıl II (7-15) %23 ve çakıl III (15-25) %37 oranlarda kullanılmış olup maksimum tane çapı 31,5 mm dir. TS 3530 EN 933-1'e göre

yapılan elek analizi sonuçları Çizelge 3.3'te verilmiştir. Karışımda fuller eşitliğine göre agrega karışım oranları hazırlanmıştır.

Çizelge 3.3. Agreganın elek analizi sonuçları

Elek Boyutu (mm)	Elekten Geçen (%)			
	I (0 - 7)	II (7 - 15)	III (15 - 25)	Hazırlanan Karışım
31,5	100	100	100	100
16	100	100	22,3	71,0
8	100	35,08	0,10	48,1
4	87,32	0,152	0	35,0
2	67,03	0,076	0	32,0
1	49,28	0	0	27,0
0,5	31,88	0	0	13,0
0,25	16,3	0	0	6,50



Şekil 3.1. TS 706 ve karışım granülometri eğrisi (11).

3.1.3. Katkı

Beton üretiminde iki tip katkı kullanılmaktadır. Katkılar klor içermeyen, kış aylarında priz hızlandırıcı, yaz aylarında ise priz geciktirici, erken yüksek mukavemet sağlama ve slump koruma özelliği olan orta akışkanlaştırıcılardır. Üretici firmanın belirttiğine göre (40, 41) kimyasal katkı maddesi şu özellikleri sağladığı belirtilmektedir. Kullanılan katkının teknik özellikleri Çizelge 3.4’de ve Çizelge 3.5’te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Kış aylarında kullanılan katkıya ait teknik özellikler (40).

Yoğunluk (gr/ cm ³) (20°C)	1,10 – 1,12
Klor % (EN 480 – 10)	< 0,1
Renk	Kahverengi
Homojenite	Homojen
Donma noktası	- 5 °C
Kimyasal içeriği	Lignin Sülfonat esastır.

Çizelge 3.5. Yaz aylarında kullanılan katkıya ait teknik özellikler (41).

Yoğunluk (gr/ cm ³) (20°C)	1,13 – 1,16
Klor % (EN 480 – 10)	< 0,1
Renk	Kahverengi
Homojenite	Homojen
Donma noktası	- 5 °C
Kimyasal içeriği	Lignin Sülfonat esastır.

3.1.4. Su

Beton üretiminde tesise ait özel kuyu suyu kullanılmıştır. Beton içerisine giren suyun kimyasal analizi Adıyaman Halk Sağlığı laboratuvarında yaptırılmış olup sonuçlar Çizelge 3.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Suyun kimyasal analiz sonuçları

Toplam sertlik (Fransız Derecesi)	Klorür (mg/l)	Ph	Organik madde için sarf edilen oksijen(mg/l)
14	10,5	6,9	2,8

3.1.5. İklim verileri

İklim verileri betonun kalitesi üzerinde önemli derecede etkili olduğu bilinmektedir. Meteorolojik veriler Adıyaman Meteoroloji Müdürlüğünden alınmış olup sonuçlar Çizelge 3.7’de gösterilmiştir. Beton üretimi ve beton kalite kontrol üzerinde etkili olan iklim verileri Adıyaman merkezinin iklim verileri olmasına rağmen, araştırma alanı olan yerlerde yaklaşık olarak aynı etkiler altındadır.

Çizelge 3.7. Adıyaman iline ait 5 aylık meteoroloji verileri

		Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz
Sıcaklık	Ortalama Sıcaklık (°C)	10,2	16,1	21,3	26,4	32,3
	Max.Sıc.(En Yük.) (°C)	21,4	27,9	33,0	37,2	42,5
	Max. Sıc. Günü (°C)	30	12	22	25	28,0
	Max.Sıc.(En Düş.) (°C)	0,4	2,7	5,7	13,3	18,0
Yağış	Toplam Yağış	80,6	25,4	36,5	13,5	
	Max. Yağış	15,6	10,4	20,3	8,3	
	Yağmur Gün Sayısı	12	9	8	3	
Rüzgar	Ortalama Rüz.(m/sn)	1,9	1,5	1,7	2,0	1,8
	Max. Rüzgar	19,7	14,3	16,8	16,4	15,2
	Max. Rüzgar Günü	24	18	8	26	11
Nem Ortalaması		52,8	49,2	42,3	31,1	23,6
Güneşlenme Yüzdesi		52,1	61,1	75,4	82,3	88,3
Buharlaştırma Ortalaması				5	7	8,5

3.2. Yöntem

Santralde üretilen taze betonun santralde ve şantiyedeki çökmesini (slump) ,beton ısisını ve şantiye ile tesis mesafesi kayıt altına alınmıştır. Taze betonların çökme deneyi TS EN 12350-1'e göre yapılmıştır (13).

Santralde üretilen betonlardan her şantiyeye sevk edilen taze betondan, santralde 6 adet, şantiyede 12 adet olmak üzere toplam 18 adet 150x150x150 mm küp numune alınmıştır. Şantiyede alınan 6 adet numune beton santralına getirilerek kürde bekletilirken 6 adedi test gününe kadar şantiyede döküldüğü yerde dökülen betonla beraber sulanmış ve aynı ortamda bırakılmıştır. Bu numuneler 7 ve 28 günlük basınç dayanımı TS EN 12390-3'e (42) göre basınç dayanımı testine tutulmuştur.

Numunelerin kodlanmasında santralde alınan numuneye (SAN), şantiyede alınan numune (SNT) ve şantiyede döküm yerinde bırakılan betona (SNTB) kodları verilmiştir. Ayrıca numuneler üzerlerine döküm tarihi yazılmıştır.

3.2.1. Taze beton kıvam tayini (Çökme metodu)

Taze beton kıvam tayininde çökme metodu esas alınmıştır. Çökme deneyi için TS EN 12350-2'e göre 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 (14).

Taze beton sıcaklığının ölçülmesinde civalı beton termometresi kullanılmıştır. Ortam sıcaklığı da hava termometresinden okunmuştur.

3.2.2. Küp numunelerin alınması ve saklanması

   me deneyi için alınmış olan taze betonlar ya lanmı  kalıpların içerisine, 15 dakika içerisinde TS EN 12390-2'e göre küp numuneler hazırlanmıştır. Beton ebatları 150x150x150 mm olan 6 k p kalıba 2 eşit tabaka halinde doldurulmuştur. Her tabakaya    me deneyinde kullanılan çubukla 25 defa kenarlardan ortaya doğru dairesel olarak düşey  i leme yapılmıştır.  i leme sırasında çubuk birinci tabakada tabana de memesine, ikinci tabakada ise bir önceki tabakaya yaklaşık 2,5 cm girmesine dikkat edilmiştir. Kalıba dökülen her kürek numunesinin betonun tamamını temsil edecek şekilde alınmasına dikkat edilmiştir. Doldurma ve  i leme işlemlerinden sonra betonun kıvamına göre tokmakla saçlı, sollu ve değişik  iddetlerde tokmaklama yapılmıştır. Üst yüzeyleri tesviye edilip, set numarası, tarih,    me, beton sınıfı özelliklerini yazan etiket yapı tırılmı tır.     7 günde ve üçü de 28 günde kırılmak üzere 6 adet küp numune betonun sertleşme sürecinde zarar görmeyecek şekilde saklanmıştır (43).

Ayrıca transmikserle  antiyeye gidilerek taşıma mesafesi kaydedilmiştir. Şantiyede transmikser pompaya beton verirken el arabasıyla örnek alınarak santralde yapılan işlemler(   me, taze beton sıcaklığı ve ortam sıcaklığı) tekrar edilmiştir. Şantiyede teslimi için     7 günlük,     28 günlük olmak üzere 6 adet ve şantiyede bırakılmak üzere ise     7 günlük,     28 günlük olmak üzere 6 adet plastik k p içinde basınç deneyi numuneleri hazırlanmıştır. Şantiye teslimi numuneleri bir gün kalıplarda muhafaza edilmiş, şantiyede bırakılan numuneler ise dökülen betonla aynı ortam ve sulamaya tabi tutulmuştur.

K p numuneleri kalıplardan çıkarılıp üzerlerine ya lı tebe irle set numarası ve kırılma ya ı (7 ve 28 gün) yazılmıştır.   aretlenmesi yapılan küpler aynı setin küpleri üst üste dizilmek kaydıyla kırılma anına kadar kirece doygun suda $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta k r havuzu içinde saklanmıştır.

3.2.3. Basınç dayanımı

Sertleşmiş beton deneyleri olarak basınç dayanımı deneyi numuneler üzerinde yapılmış olup deneylerde maksimum 200 KN' luk manometreli pres kullanılmış ve numuneler, kalıpta temas edilmiş yan yüzeyleri kuvvet yönüne dik olacak şekilde prese yerleştirilmiştir.

Beton basınç dayanımında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$f_c = F / A_c \quad (4.1)$$

f_c = Basınç dayanımı, (N/mm²),

F = Kırılma anında ulaşılan en büyük yük , N,

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

4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Beton santral çıkışı ile şantiye teslimi arasındaki, taze ve sertleşmiş betonun bazı özelliklerinin farkı karşılaştırma yapılarak saptanan sonuçlar tartışılmaya çalışılmıştır.

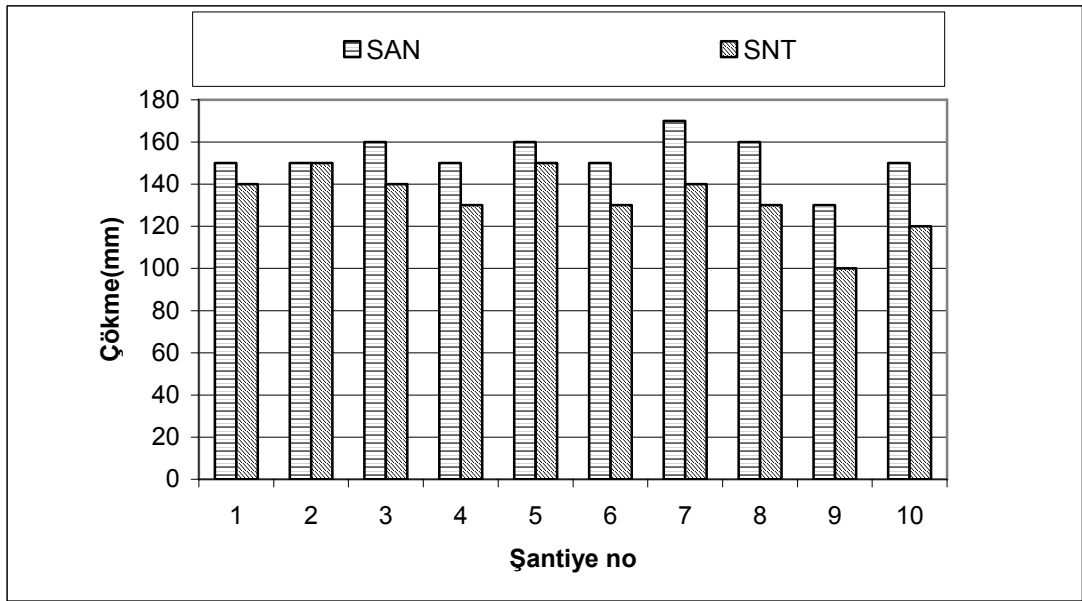
4.1. Taze Beton Deney Sonuçları ve Tartışılması

Araştırmada C 20/25 ve C 25/30 beton sınıfları incelenmeye alınmıştır. C 20/25 beton sınıfı çok katlı konut ve işyerleri inşaatlarında kullanılırken C 25/30 beton sınıfı eğitim binası inşaatlarında kullanılmıştır. C 25/30 beton sınıfını kullanan şantiye azdır. Bunların bir kısmı da şehir merkezi dışında ve ilçelerde bulunmaktadır. Taze beton deneylerinde, santralde ve şantiyede çökme deneyi yapılmış, taze beton sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve taşıma mesafesi ölçülmüştür. Üretilen taze beton numunelerine ait deney sonuçları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Taze beton deney sonuçları (C 20/25)

Şantiye	Taşıma Mesafesi (km)	Nem (%)	Rüzgar Hızı (km/s)	Taze Beton Sıcaklığı(°C)		Ortam Sıcaklığı (°C)		Çökme (mm)	
				SAN	SNT	SAN	SNT	SAN	SNT
1	13	36	12,97	19,4	20,9	16	16	150	140
2	2	61	5,56	19,8	20,3	16	15	150	150
3	20	60	11,12	19,8	20,8	19	18	160	140
4	11	36	12,32	19,2	20,5	18	19	150	130
5	6	42	10,52	19,6	21,0	20	22	160	150
6	22	42	16,97	19,4	21,2	22	23	150	130
7	53	40	11,97	27,1	28,8	32	31	170	140
8	60	48	16,68	33,8	35,5	40	42	160	130
9	45	46	16,08	32,3	34,5	38	39	130	100
10	58	40	25,95	34,0	35,2	41	43	150	120

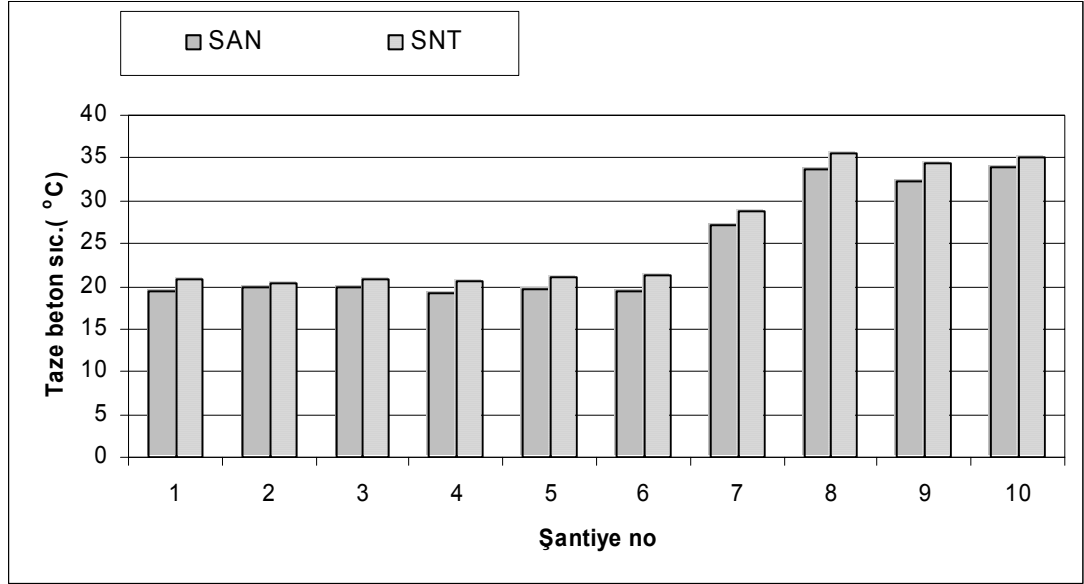
Çizelge 4.1 incelendiğinde hava sıcaklığına ve mesafeye bağlı olarak çökme miktarında azalmalar görülmektedir. Ayrıca Rüzgar hızı ve nem yüzdesi de beton kıvamı üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Şimşek (10) belirttiğine göre beton ısısı rüzgar hızı taze betonda belirli oranda buharlaşma olduğunu belirtmektedir. Santral çıkışı çökme değerleri ile şantiyedeki çökme değerlerinin farkı Şekil 4.1.'de görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi 2 nolu şantiyede herhangi bir kayıp görülmez iken 7-10 nolu şantiyelerde çökme kaybı en yüksek 30 mm gözükmemektedir. Bu 7-10 nolu şantiyelerin taşıma mesafesi 45 km' den büyük olduğu görülmektedir. Kısaca şunu söylemek mümkündür; taşıma mesafesi ile çökme kaybı değeri arasında doğrusal bir ilişki olduğu söylenebilir. Ayrıca şantiyedeki ortam sıcaklığı 31°C den de büyüktür. Çökme kaybına ortam sıcaklığının da etkili olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 4.1. Santral çıkışı ile şantiye şartları çökme karşılaştırması(C 20/25)

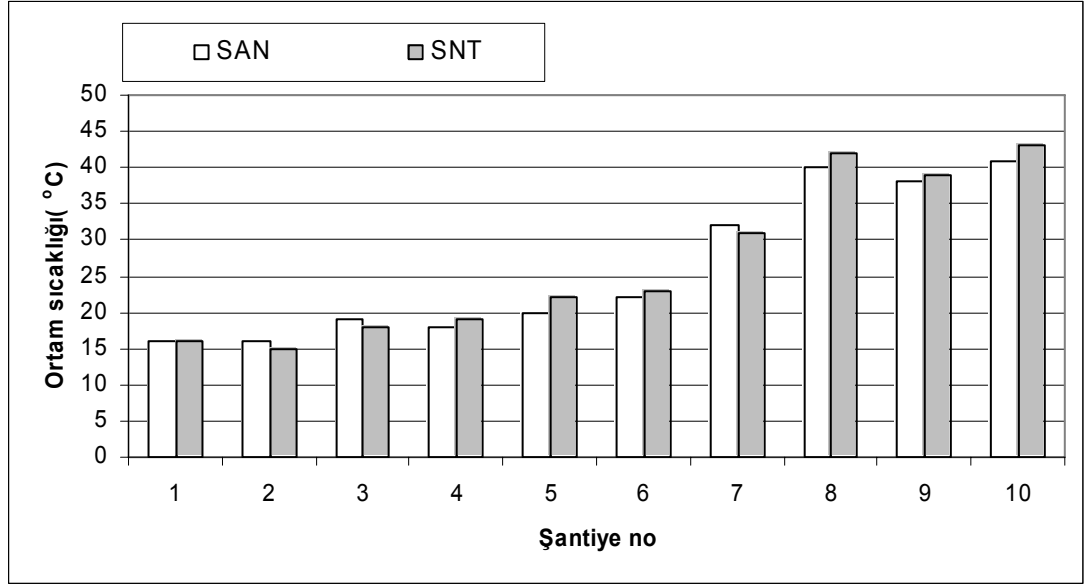
C 20/25 beton sınıfında taze beton sıcaklığı ortalama santralde 24,4 °C olurken, şantiye teslimi ve şantiye şartlarında 25,9 °C olmuştur. Taze beton sıcaklığı değişimleri Şekil 4.2'de gösterilmiştir. İlkbahar ayları olan mart ve nisan aylarında santral ve şantiyede ortalama sıcaklık 20 ± 2 °C arasında değişirken mayıs, haziran ve

temmuz aylarında ısı artmıştır. Bu aylarda ortalama sıcaklık 34 ± 2 °C arasında değiştiği görülmüştür. Bu sıcaklık TS 1248'e göre anormal hava şartlarına girmektedir. Bu sıcaklıklarda TS 1248'e göre bazı önlemler alınması gerektiği belirtilirken bu önlemlerin alınmadığı gözlenmiştir.



Şekil 4.2. Santral çıkışı ile şantiye şartları taze beton sıcaklığı karşılaştırması (C 20/25)

C 20/25 beton sınıfında ortam sıcaklığı santralde 26,2 °C olurken, şantiye teslimi ve şantiye şartlarında 26,8 °C olmuştur. Beton santral ve şantiyedeki ortam sıcaklığında önemli bir fark görülmemiştir. Ortam sıcaklığı değişimleri Şekil 4.3.'de gösterilmiştir. Taze beton sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasında doğrusal bir ilişki görülmektedir. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 incelendiğinde 7-10 n'olu şantiyelerinde beton döküm zamanı ilkbaharın son ayları yazın ilk aylarına rastlamaktadır. Güneşin etkisi ile beton karışım malzemesi ısınmakta bu da taze beton ısısına doğrudan etkili olmaktadır.



Şekil 4.3. Santral çıkışı ile şantiye şartları ortam sıcaklığı karşılaştırması(C 20/25)

Çizelge 4.2. Taze beton deney sonuçları (C 25/30)

Şantiye No		1	2	3	4	5
Taşıma Mesafesi(km)		2	62	22	18	70
Nem(%)		61	60	40	60	42
Rüzgar Hızı(km/s)		5,56	11,16	14,52	11,12	13,58
Taze Beton Sıcaklığı(°C)	SAN	19,8	19,8	19,4	19,6	19,8
	SNT	20,3	20,6	20,6	20,8	21,1
Ortam Sıcaklığı(°C)	SAN	7	12	16	19	15
	SNT	7	14	16	18	15
Çökme(mm)	SAN	130	150	150	160	180
	SNT	130	110	140	140	150

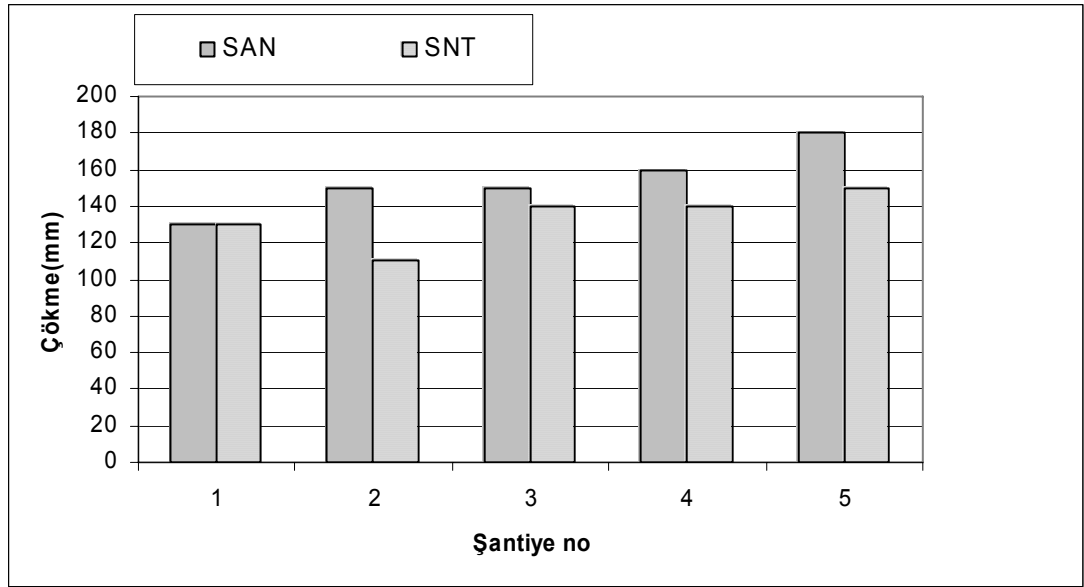
C 25/30 beton sınıfında ise çökme santralde 180 ile 130 mm arasında, şantiye teslimi ve şantiye şartlarında 150 ile 110 mm arasında değişmiştir, santralde ortalama çökme 154 mm olurken, şantiye teslimi ve şantiye şartlarında 134 mm olmuştur, ortalama çökme kaybı 20 mm olmuştur.

Bu beton sınıfı ile yapılan inşaatlar genellikle eğitim binaları olduğunu daha önce belirtmiştik. Bu inşaatlar mart, nisan ve mayıs ayının başında beton döküldüğünden

ortam ısısı 15 °C civarında olmuştur. Şantiye ile beton santralının ortam ısısı birbirine oldukça yakın olduğu Çizelge 4.2’de görülmektedir.

Ortam sıcaklığı 7 °C olmasına rağmen taze beton sıcaklığı 20 °C olması betonda kullanılan priz hızlandırıcı katkıdan kaynaklandığı söylenebilir.

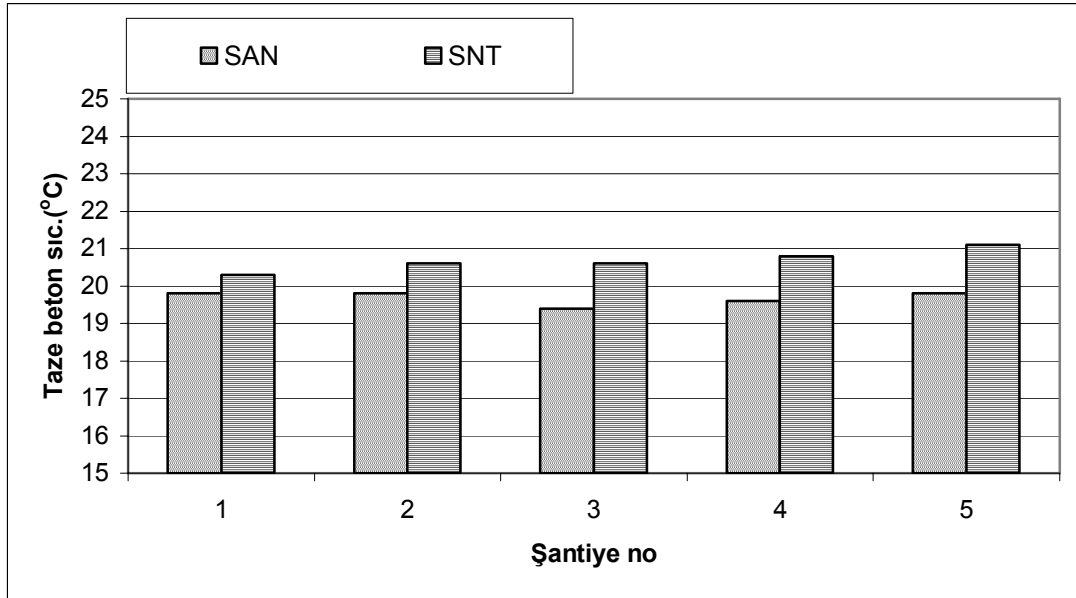
Çökme kaybı irdelendiğinde Çizelge 4.2 ve Şekil 4.4 analiz edilirse çökme kaybı en fazla 2 ve 5 n’olu şantiyelerde görülmüştür. Bu kaybın ısı farkından olduğunu söylemek güçtür. Ancak taşıma mesafesine bakıldığında 62 km ve zamana bakıldığında da yaklaşık 90 dakika gibi zaman aldığı not edilmiştir. 5 no lu şantiyenin beton santralına olan mesafesi 70 km olmasına rağmen süre olarak yaklaşık 80 dakika sürmüştür. Beton pompa ile kalıplara ulaştırılmış zaman, işlenebilirlik göz önüne alınarak çökme santralde 180 mm olmasına rağmen şantiyede 150 mm olmuştur.



Şekil 4.4. Santral çıkışı ile şantiye şartları çökme karşılaştırması (C 25/30)

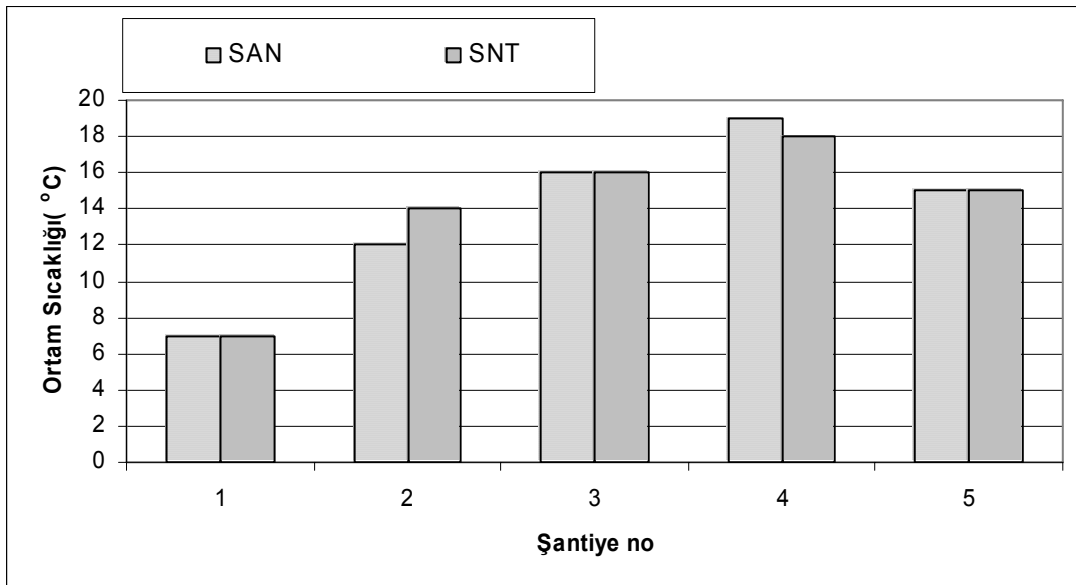
C 25/30 beton sınıfı çalışması mart, nisan, mayıs aylarını kapsamaktadır. Taze beton ortalama sıcaklığı santralde 19,7 °C olurken şantiyede 20,7 °C olmuştur. Taze beton sıcaklığı değişimleri Şekil 4.5’te gösterilmiştir. Beton santralında beton ısısı şantiyeye göre düşük olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni olarak kimyasal katkı

maddeleri ve transmikserin karıştırma esnasında meydana çıkardığı enerjiden kaynaklandığı söylenebilir.,



Şekil 4.5.Santral çıkışı ile şantiye şartları taze beton sıcaklığı karşılaştırması(C25/30)

C 25/30 beton sınıfında ortam sıcaklığı santralde ortalama 13,8 °C olurken, şantiye teslimi ve şantiye şartlarında ortalama 14 °C olmuştur. Ortam sıcaklığı değişimleri Şekil 4.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Santral çıkışı ile şantiye şartları ortam sıcaklığı karşılaştırması(C 25/30)

Santral ve şantiye arasında geçen mesafe taşıma mesafesini göstermektedir. Taşıma mesafesi C 20/25 beton sınıfında 2 ile 60 km arasında, C 25/30 beton sınıfında ise 2 70 km arasında değişmiştir.

4.2. Basınç Dayanım Deney Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Kür ortamında ve şantiye şartlarında bırakılan numuneler üzerinde 7. ve 28. günlerde basınç deneyleri yapılmıştır. Basınç dayanım değerleri, kırılma anında ulaşılan en büyük yük F , üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı A_c (mm^2), elde edilen basınç dayanımı da f_c (N/mm^2) olmak üzere 4.1 bağıntısından hesaplanmış ve Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’de alınan beton numunelerine ait basınç dayanım sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Sertleşmiş beton deney sonuçları (C 20/25)

Şantiye No			1	2	3	4	5
7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	SAN	1	23,7	22,8	23,5	25,6	23,4
		2	21,8	25,0	24,7	21,4	21,1
		3	25,6	23,1	21,9	23,0	26,1
		ORT	23,7	23,6	23,4	23,3	23,5
	SNT	1	25,4	24,4	25,1	23,6	24,1
		2	24,0	25,3	23,9	24,0	24,3
		3	27,2	24,8	22,6	23,1	26,0
		ORT	25,5	24,8	23,9	23,5	24,8
	SNTB	1	20,8	16,7	17,1	18,3	17,4
		2	19,1	18,8	19,4	19,0	18,6
		3	19,4	19,1	18,6	18,9	19,8
		ORT	19,8	19,2	19,4	18,4	19,6
28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	SAN	1	37,1	38,8	36,0	35,5	36,4
		2	39,9	36,5	37,1	38,5	39,3
		3	39,4	39,1	34,5	39,8	34,9
		ORT	38,8	38,0	35,8	37,9	36,9
	SNT	1	34,6	36,3	37,6	39,7	36,4
		2	38,7	37,5	36,3	39,0	40,1
		3	39,9	39,0	35,9	38,6	38,4
		ORT	37,7	37,6	36,6	38,6	38,4
	SNTB	1	31,4	31,0	28,8	31,0	32,1
		2	28,9	31,8	31,4	32,1	30,8
		3	33,2	32,2	29,5	32,8	31,4
		ORT	31,2	31,6	29,9	32,0	31,4

Çizelge 4.3. Devamı (C 20/25)

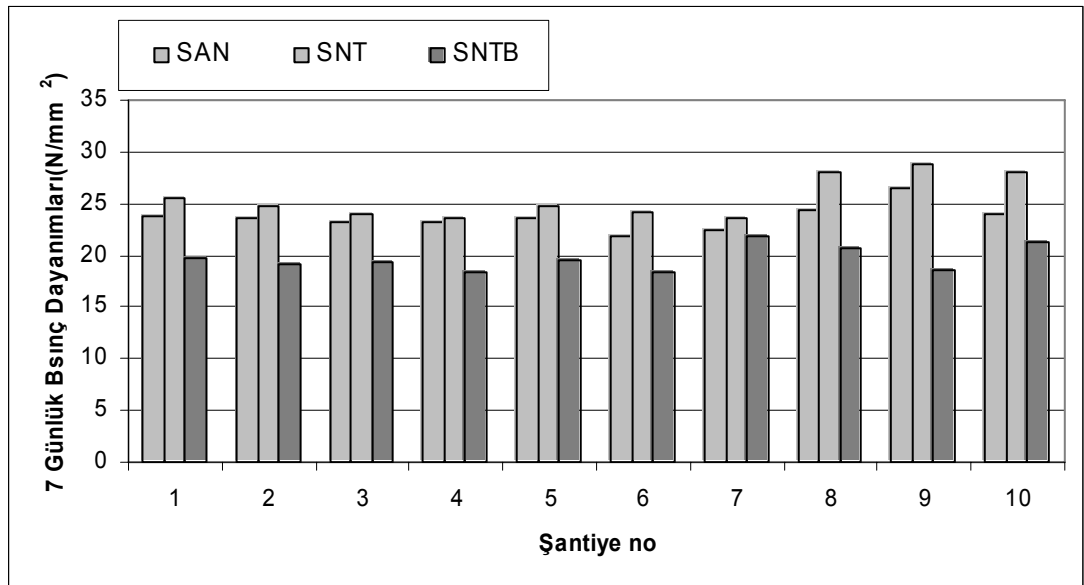
Şantiye No			6	7	8	9	10
7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	SAN	1	22,5	23,1	24,9	26,6	23,8
		2	21,8	22,3	25,1	26,7	24,5
		3	21,3	21,8	23,3	26,0	23,3
		ORT	21,9	22,4	24,4	26,4	23,9
	SNT	1	24,1	23,0	29,1	28,7	28,2
		2	24,3	23,5	27,3	29,0	27,5
		3	23,8	24,3	28,0	28,6	28,3
		ORT	24,1	23,6	28,1	28,8	28,0
	SNTB	1	18,4	19,1	20,8	22,6	21,3
		2	17,6	18,4	19,4	21,8	21,5
		3	18,3	18,0	21,5	21,2	20,9
		ORT	18,3	18,5	20,6	21,9	21,2
28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	SAN	1	36,1	36,1	35,6	38,0	38,1
		2	35,4	37,3	36,4	36,5	35,3
		3	33,0	38,4	38,3	36,0	39,9
		ORT	35,2	37,3	36,8	36,8	37,8
	SNT	1	36,0	38,0	39,1	39,9	36,0
		2	34,9	38,5	40,3	40,8	35,7
		3	36,8	39,0	39,3	40,2	34,5
		ORT	35,9	38,5	39,6	40,3	35,4
	SNTB	1	29,7	30,8	31,0	32,7	28,6
		2	30,1	31,4	31,2	30,1	31,1
		3	28,0	32,8	29,9	31,6	27,9
		ORT	29,3	31,7	30,7	31,5	29,2

Çizelge 4.4. Sertleşmiş beton deney sonuçları (25/30)

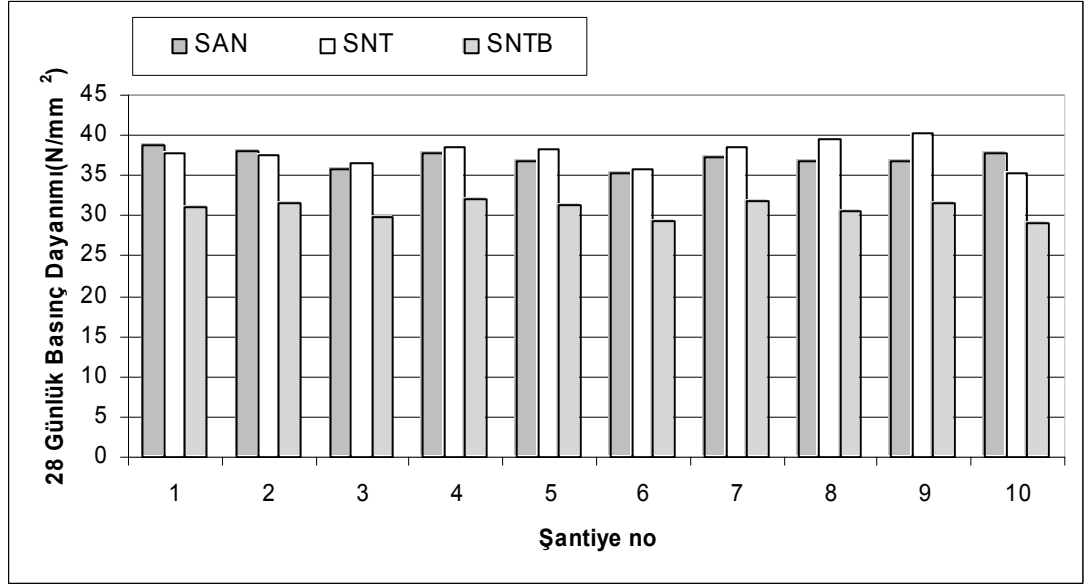
Şantiye No			1	2	3	4	5
7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	SAN	1	31,3	30,2	31,5	30,9	27,2
		2	31,8	31,0	34,2	30,6	28,4
		3	34,0	32,1	31,2	29,8	28,8
		ORT	32,4	31,1	32,3	30,4	28,1
	SNT	1	35,9	34,1	33,5	34,4	32,3
		2	32,3	33,3	35,8	36,3	31,9
		3	35,2	35,0	35,4	35,0	33,0
		ORT	34,5	34,1	34,9	35,2	32,4
	SNTB	1	27,7	26,8	27,0	29,8	25,8
		2	28,4	30,4	25,9	27,3	26,6
		3	28,0	29,9	28,8	27,1	27,2
		ORT	28,0	29,0	27,2	28,1	26,6
28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	SAN	1	45,4	41,2	43,3	42,1	40,3
		2	42,6	42,2	41,4	44,3	38,8
		3	45,7	43,6	45,1	44,8	41,7
		ORT	43,6	42,3	43,3	43,7	40,3
	SNT	1	45,5	42,7	45,2	45,0	40,9
		2	45,1	44,8	46,3	44,1	41,4
		3	45,8	44,1	44,9	44,5	42,1
		ORT	45,5	43,9	43,9	44,5	41,5
	SNTB	1	41,5	38,0	38,3	40,3	37,3
		2	42,1	39,8	41,8	40,8	37,9
		3	41,4	40,1	39,6	41,2	38,7
		ORT	41,7	39,3	39,9	40,8	38,0

C 20/25 beton sınıfında genel olarak beton basınç dayanımı 7 günlük ile 28 günlük birbirine paralellik göstermektedir. Beton santral çıkışında alınan beton numunelerinin 7 günlük basınç dayanımları ortalama 23,7 N/mm² olurken şantiyede alınan ve beton santral laboratuvarına getirilen numunelerin basınç dayanımları

25,5 N/mm² olduğu Çizelge 4.3’de görülmüştür. Bu aradaki farkın çökme kaybından kaynaklandığı ve böylece su/çimento oranına bağlı olarak çökme kaybının arttığı söylenebilir. Aynı numunelerin şantiye ortamında bırakılan ve şantiyenin özelliklerini taşıyan beton numunelerinde ise ortalama olarak basınç dayanımları 19 N/mm² civarında olduğu görülmüştür. Bu değer hem beton santral çıkışından hem de şantiyeden alınan numunelerden daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun nedeni ise; betonun korunması ve olgunlaştırılmasından kaynaklandığı söylenebilir. Aynı durum 28 günlük dayanımlar içinde geçerlidir. Ayrıca 28 günlük basınç dayanımı santralde 38,8 N/mm² ile 35,2 N/mm² arasında, şantiye tesliminde 40,3 N/mm² ile 35,4 N/mm² arasında ve şantiye şartlarında bırakılarda 32,0 N/mm² ile 29,2 N/mm² olurken, ortalama basınç dayanımı santralde 37,1 N/mm², şantiye tesliminde 37,9 N/mm² ve şantiye şartlarında bırakılarda ise 30,9 N/mm² olmuştur. Basınç dayanım değişimleri Şekil 4.7 ve Şekil 4.8.’de gösterilmiştir.

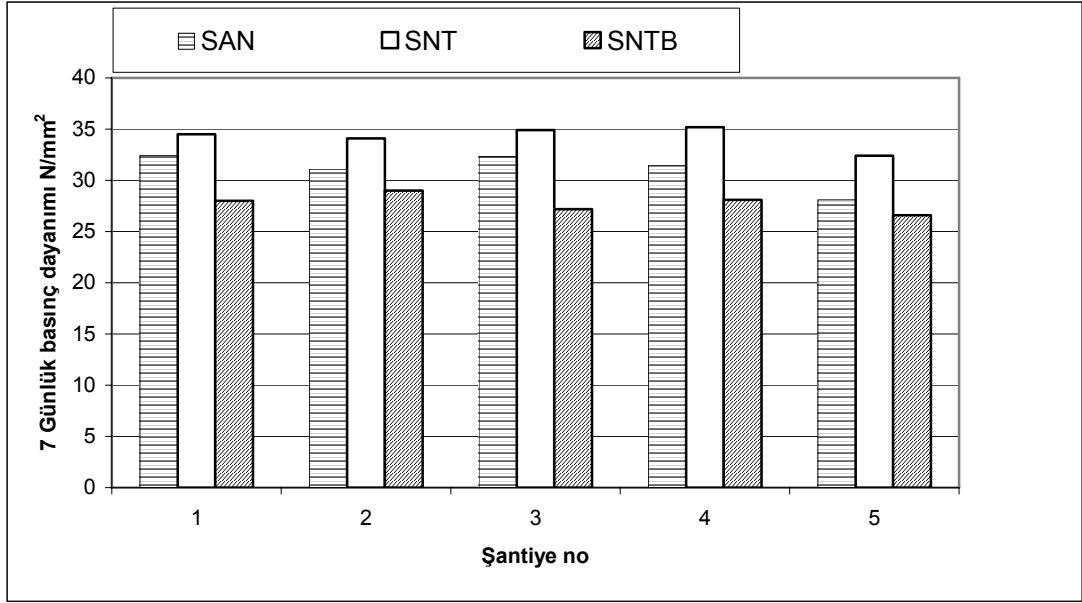


Şekil 4.7. 7 Günlük basınç dayanımı (N/mm²) (C 20/25)

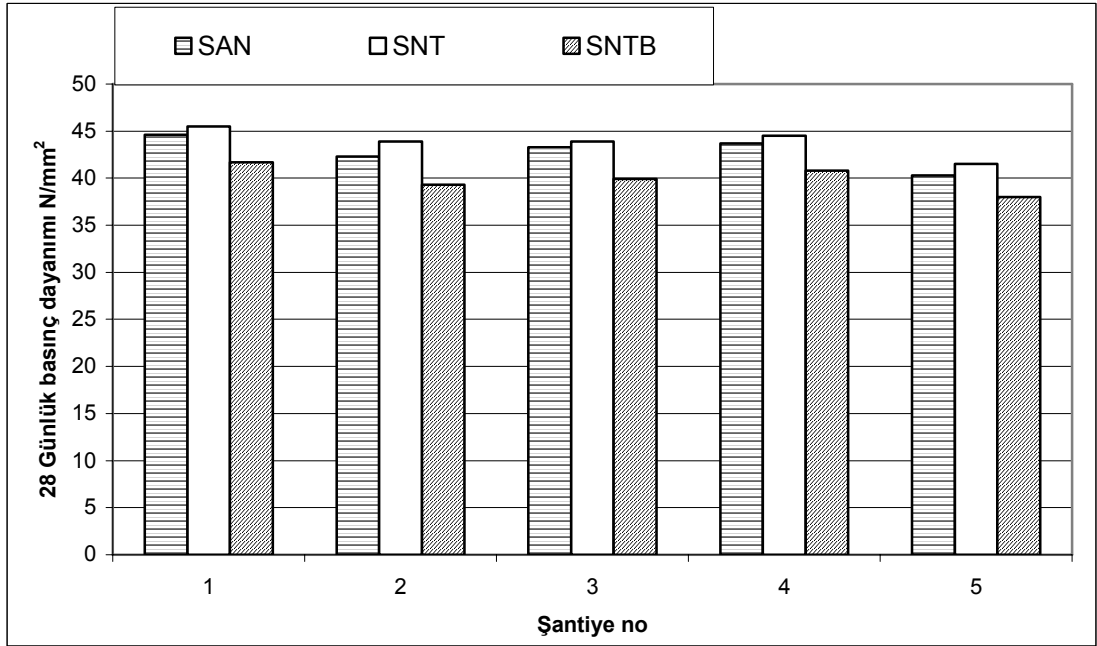


Şekil 4.8. 28 Günlük basınç dayanımı (N/mm^2) (C 20/25)

C 25/30 beton sınıfında genel olarak beton basınç dayanımı 7 ile 28 günlük birbirine paralellik göstermektedir. Beton santral çıkışında alınan beton numunelerinin 7 günlük basınç dayanımları ortalama $30,9 \text{ N/mm}^2$ olurken şantiyede alınan ve beton santral laboratuvarına getirilen numunelerin basınç dayanımları ortalama $34,2 \text{ N/mm}^2$ olduğu Çizelge 4.4’de görülmüştür. Bu aradaki farkın çökme kaybından kaynaklandığı ve böylece su/çimento oranına bağlı olarak çökme kaybının arttığı söylenebilir. Aynı numunelerin şantiye ortamında bırakılan ve şantiyenin özelliklerini taşıyan beton numunelerinde ise ortalama olarak basınç dayanımları 28 N/mm^2 civarında olduğu görülmüştür. Bu değer hem beton santral çıkışından hem de şantiyeden alınan numunelerden daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun nedeni ise; betonun korunması ve olgunlaştırılmasından kaynaklandığı söylenebilir. Aynı durum 28 günlük dayanımlar içinde geçerlidir. Ayrıca 28 günlük basınç dayanımı santralde $43,7 \text{ N/mm}^2$ ile $40,3 \text{ N/mm}^2$ arasında, şantiye tesliminde $45,5 \text{ N/mm}^2$ ile $41,5 \text{ N/mm}^2$ arasında ve şantiye şartlarında bırakılarda $41,7 \text{ N/mm}^2$ ile $38,0 \text{ N/mm}^2$ olurken, ortalama basınç dayanımı santralde $42,6 \text{ N/mm}^2$, şantiye tesliminde $43,9 \text{ N/mm}^2$ ve şantiye şartlarında bırakılarda ise $39,9 \text{ N/mm}^2$ olmuştur. Basınç dayanım değişimleri Şekil 4.9 ve Şekil 4.10’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. 7 Günlük basınç dayanımı (N/mm^2) (C 25/30)



Şekil 4.10. 28 Günlük basınç dayanımı (N/mm^2) (C 25/30)

Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi C 20/25 beton sınıfında santralle şantiye arasında çökme kaybına bağlı olarak mukavemet farkı ortaya çıkmıştır. Şantiyede elde edilen basınç dayanım değerleri santral basınç dayanımlarından yüksek çıkmıştır. Santral basınç dayanımları da şantiye şartlarında bırakılındaki yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.5. Santral ile şantiye şartları taşıma mesafeleri, çökme ve mukavemet farkları (C 20/25)

Şantiye No	Taşıma Mesafesi (km)	Taşıma Süresi (dakika)	Çökme (mm)	Mukavemet farkı (N/mm ²)			
				7 Gün		28 Gün	
				SNT	SNTB	SNT	SNTB
1	13	14	-10	1,8	-3,9	-1,1	-7,6
2	2	5	-	0,4	-4,4	-0,4	-6,4
3	20	25	-20	0,6	-3,9	0,8	-5,9
4	11	22	-20	-0,2	-4,9	0,7	-5,9
5	6	15	-10	0,7	-3,8	1,5	-5,5
6	22	26	-20	2,2	-3,6	1,6	-5,8
7	53	67	-30	1,9	-3,9	1,2	-5,6
8	60	65	-30	3,7	-3,8	2,8	-6,1
9	45	55	-30	2,4	-4,5	3,5	-5,3
10	58	60	-30	4,1	-2,7	-2,4	-8,6

Çizelge 4.6. Santral ile şantiye şartları taşıma mesafeleri, çökme ve mukavemet farkları (C 25/30)

Şantiye No	Taşıma Mesafesi (km)	Taşıma Süresi (dakika)	Çökme (mm)	Mukavemet farkı (N/mm ²)			
				7 Gün		28 Gün	
				SNT	SNTB	SNT	SNTB
1	2	5	-	2,1	-4,4	0,9	-2,9
2	62	90	-40	3,0	-2,1	1,6	-3,0
3	22	27	-10	2,6	-5,1	0,6	-3,4
4	18	22	-20	4,8	-2,3	0,8	-2,9
5	70	80	-30	4,3	-1,5	1,2	-2,3

Çizelge 4.6’da görüldüğü gibi C 25/30 beton sınıfında santralle şantiye arasında çökme kaybına bağlı olarak mukavemet farkı ortaya çıkmıştır. Şantiyede elde edilen basınç dayanım değerleri santral basınç dayanımlarından yüksek çıkmıştır. Santral basınç dayanımları da şantiye şartlarında bırakılardan yüksek çıkmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Santral ve şantiyede alınan numunelerde iki örnekleme arasındaki mesafe taşıma mesafesi olarak değerlendirilip çökme, taze beton sıcaklığı, ortam sıcaklığı, basınç dayanımı gibi parametreler karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde ulaşılan sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

Çökme

C 20/25 beton sınıfında çökmeler santralde 130-170 mm aralığında, şantiye teslimi ve şantiye şartlarında 100-150 mm aralığında kalmıştır. Santral çıkışındaki ortalama çökme değeri şantiyede yaklaşık olarak düşmüştür.

C 25/30 beton sınıfında çökmeler santralde 130-180 mm aralığında, şantiye teslimi ve şantiye şartlarında 110-150 mm aralığında kalmıştır. Santral çıkışında taze betonun çökme kaybı yaklaşık olarak 10-40 mm arasında olmuştur.

Taze Beton Sıcaklığı

C 20/25 beton sınıfında taze beton sıcaklığı santralde ortalama 24,4 °C olurken, şantiye teslimi ve şantiye şartlarında 25,9 °C olmuştur. Santralle şantiye arasındaki sıcaklık farkı 1,5 °C olduğu saptanmıştır.

C 25/30 beton sınıfının taze beton sıcaklığı santralde ortalama 19,7 °C olurken şantiye teslimi ve şantiye şartlarında 20,7 °C olmuştur. Yine santralle şantiye arasındaki sıcaklık farkı 3 °C olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak taşıma mesafesinde oluşan ısınmanın kimyasal katkı maddesinden ve transmikserin hareketine bağlı sürtünmeden olduğu söylenebilir. Bu çalışma koşullarının dışında taze beton sıcaklığının santralle şantiye şartlarında farklılık göstermesi beton katkısı, ortamın nemi ve buharlaşma gibi etkenler sayılabilir.

Basınç Dayanımı

C 20/25 beton numuneleri için 28 günlük ortalama basınç dayanımı santralde 37,1 N/mm², şantiye tesliminde 37,9 N/mm² ve şantiye şartlarında bırakılarda ise 30,9 N/mm²'dir. Santral çıkışı ile şantiye teslimi arasında bir mukavemet artışı, santral çıkışı ve şantiye teslimi ile şantiye şartlarında bırakılan arasında da bir mukavemet azalması söz konusudur.

C 25/30 beton numuneleri için 28 günlük ortalama basınç dayanımı santralde 42,6 N/mm², şantiye tesliminde 43,9 N/mm² ve şantiye şartlarında bırakılarda ise 39,9 N/mm²'dir. Santral çıkışı ile şantiye teslimi arasında bir mukavemet artışı, santral çıkışı ve şantiye teslimi ile şantiye şartlarında bırakılan arasında da bir mukavemet azalması söz konusudur.

Öneriler

Şantiyedeki işlenebilirliği sağlamak için mutlaka katkı maddesi kullanılmalı. Kimyasal katkı maddesi mutlaka kontrollü olarak kullanılmalı, katkı maddesinin tayininde mutlaka ortamın sıcaklığı dikkate alınmalı. Şantiyede betonun korunmasında sulama metodu yeterli gelmemektedir. Ayrıca rüzgarda buharlaşmayı engelleyici önlemler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

1. THBB, Beton kullanıcıları için Teknik bilgiler kılavuzu, **THBB yayını** İstanbul, 12(2004).
2. Öztekin, E., Sümer, M., “Hazır betonda santral çıkışı ile şantiye teslim kalitelerinin karşılaştırılmalı incelenmesi”, **3. Ulusal Beton Kongresi**, İstanbul, 5 (1994).
3. Çil, İ., “Hazır betonda santral çıkışı ile şantiye teslimi kalitelerinin karşılaştırılmalı incelenmesi ve İstatiksel kalite kontrol”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 10-20 (2000).
4. Neville, A.M., Brooks, J.J., “Concrete Technology”, John Wiley, Newyork, (1987).
5. THBB, Her yönüyle hazır beton, **THBB yayını**, İstanbul, 12 (2001).
6. Canova, F.S., “Hazır beton üretiminde kalite kontrol yöntemleri”, Yüksek Lisans Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 3- 4 (2000).
7. THBB, Dünyada ve Türkiye’de Hazır Beton, Sektöre ilişkin veriler, **THBB yayını**, İstanbul, (2003).
8. Özkul, H., Taşdemir, M.A., Toksay, M., Uyan, M., Meslek Liseleri için her yönüyle beton, **THBB yayını**, İstanbul, 24-25 (1999).
9. Şimşek, O., Beton Bileşenleri ve Beton Deneyleri, **TÇMB yayını**, Ankara, 1 (2004).
10. Şimşek, O., Beton ve Beton Teknolojisi, **Seçkin Yayıncılık**, Ankara, 118, 125-127,(2004).
11. TS 706 EN 12620, Beton Agregaları, **TS yayını**, Ankara, (1980).
12. TS 3530 EN 933-1 Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler Bölüm1: Tane Büyüklüğü dağılımı tayini-Elleme metodu, **TS yayını** , Ankara, (1999).
13. TS EN 12350-1, Taze Beton Deneyleri, Bölüm1: Numune alma, **TS yayını**, Ankara, (2002).
14. TS EN 12350-2, Taze Beton Deneyleri, Bölüm2: Çökme(slump) Deneyi, **TS yayını**, Ankara, (2002).
15. TS EN 12350-7, Taze Beton Deneyleri, Bölüm7: Hava Muhtevasının tayini Deneyi, **TS yayını**, Ankara, (2002).

16. Akman, S., Beton Teknolojisine Giriş, **İTÜ**, İnşaat Fakültesi, İstanbul, 78(1987).
17. Şimşek, O., Yapı Malzemesi II, Gazi Üniversitesi **Teknik Eğitim Fakültesi yayını**, Ankara, 56-57 (2000).
18. Erdoğan, T., Beton, ODTÜ Vakfı, Ankara, 40 (2004).
19. THBB, Beton hakkında genel bilgiler, **THBB yayını**, İstanbul, 6 (1997).
20. TS EN 206-1, “Beton- Bölüm1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk”, **TS yayını**, Ankara, (2004).
21. Şensöz, Ö., Yalçın, S., Çimento ve Beton, “Özellikler, Standartlar ve Terimler”, **TÇMB yayını**, İzmir, 58-61 (2000).
22. TS EN 197-1, “Çimento-Bölüm1: Genel çimentolar-Bileşim, Özellikler ve uygunluk kriterleri” **TS yayını**, Ankara, (2002).
23. Özışık, G., “Beton” , İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat mühendisliği bölümü, İstanbul, (1998).
24. Erdoğan, M., “İstanbul ve dolayının yapay agrega potansiyeli”, **3. Mühendislik Jeoloji sempozyumu**, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Adana,
25. Postacıoğlu, B., Bağlayıcı maddeler, Agregalar, Beton Cilt1-2, **Teknik Kitaplar yayınevi**, İstanbul, 26 (1986).
26. Erdoğan, M., “Betonu Oluşturan Malzemeler-Agregalar”, **THBB yayını**, İstanbul,(1995).
27. THBB, Beton Oluşturan Malzemeler, Karışım ve Bakım suları, İstanbul, (1995).
28. TS 1247, Beton, Yapım, Döküm ve bakım kuralları (Normal hava koşullarında) **TS yayını**, Ankara, (1984).
29. Ağacık, G., Su ve betondaki rolü, **DSİ Teknik Bülteni**, Ankara, 73 (1991).
30. Erdoğan, K., Taze Betonun Özellikleri ve Kalite kontrolü, **TÇMB yayını**, Seminer notları, Ankara, 18 (1999).
31. Yeğinboğalı, A., Betonda Kimyasal Katkı Maddeleri, **TÇMB yayını**, Seminer notları, Ankara, 11-13, 2-15 (1999).
32. KÜB, Katkı Bülteni, İstanbul, 1(2)6 (1999).
33. TS 3452, Kimyasal Beton Katkıları, **TS yayını**, Ankara, (1985).

34. ASTM C- 494 , Chemical Admixtures For Concrete, (1994).
35. Özcan, M., Tunçbilek ve Seyitömer Uçucu küllerinin Beton özelliklerine etkisi ve Etkinlik katsayısının belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, *İTÜ*, İstanbul, 35 (1997).
36. Çelik, M. H., Aruntaş, H.Y.,Baran, Y., “Seyitömer ve Çayırhan uçucu küllerinin portland çimentosu- Uçucu kül(PC-UK) hamurunun priz başlama ve sonu sürelerine etkisi” Politeknik dergisi, *G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi yayını*, Ankara, 6(1):3 (2003).
37. Şimşek, O., Dur, A., Yaprak, H., “ Silis dumanı ve süper akışkanlaştırıcı katkılı harçların özellikleri” Politeknik dergisi, *G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi yayını*, Ankara, 7(2):3 (2004).
38. Yeğinboğalı, A., Erdoğan, K., Çimento ve Betonda Mineral katkılar, *TÇMB yayını*, Seminer notları, Ankara, 11-12 (1999).
39. Çelik, M.H., Şimşek, O., Sancak, E., “Silis dumanı kullanımının çimentonun priz başlama ve bitiş sürelerine etkisi” Politeknik dergisi, *G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi yayını*, Ankara, 4(4):4 (2001).
40. YKS MR 25 K, Kış katkısı, Degussa Yapı Kimyasalları San. A.Ş., İstanbul, (2005).
41. YKS MR 25 S, Yaz katkısı, Degussa Yapı Kimyasalları San. A.Ş., İstanbul, (2005).
42. TS EN 12390-3 Sertleşmiş beton deneyleri – Bölüm:3 Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini, *TS yayını*, Ankara, (2003).
43. TS EN 12390-2 Beton-Sertleşmiş beton deneyleri – Bölüm:2 Dayanım deneylerinde kullanılacak deney numunelerinin yapımı ve küre tabi tutulması, *TS yayını*, Ankara, (2002).

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Adıyaman ilinde doğdu. İlköğretim ve lise öğrenimini Adıyaman'da tamamladı. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Anabilim dalını 1999-2000 yılında bitirdi. 2002 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim dalında Yüksek Lisansa başladı.

2002-2003 yılında Adıyaman Belediyesi Kent Bilgi Sistemi Projesinde Kalite Kontrol sorumlusu, 2003-2004 yılında Çimko Hazır Beton şirketinde Kalite Kontrol sorumlusu olarak görev yaptı.

30.06.2004 tarihinde Adıyaman Belediyesi İmar Müdürlüğü Kent Bilgi Sistemi Projesinde göreve başladı. Halen proje sorumlusu olarak burada çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.