



**SİİRT YÖRESİNDE FARKLI SANTRALLERDE
ÜRETİLEN BETONLARIN MEKANİK VE FİZİKSEL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

İsmail DEMİR

**Yüksek Lisans Tezi
Anabilim Dalı: Yapı Eğitimi
Danışman: Prof. Dr. Servet YILDIZ
HAZİRAN-2016**

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SIİRT YÖRESİNDE FARKLI SANTRALLERDE ÜRETİLEN BETONLARIN
MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İsmail DEMİR
(102125104)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 18 Mayıs 2016
Tezin Savunulduğu Tarih : 02 Haziran 2016

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Servet YILDIZ

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Salih YAZICIOĞLU

: Doç.Dr. Oğuzhan KELEŞTEMUR

HAZİRAN-2016

ÖNSÖZ

Ülkemizin büyük bir bölümü deprem kuşağında yer almakta, son yıllarda sıkça karşılaşılan doğal afetler neticesinde büyük bir mal ve can 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 yeraltı treni inşaatları, baraj inşaatlarına kadar geniş bir yelpazede kullanılan hazır beton, inşaat teknolojisinde vazgeçilmez bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

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 tam anlamıyla hazır beton üretimine geçilmiştir. Özellikle 1980’li yılların sonlarına doğru ülkemizde hazır beton sektöründe 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.

Beton, dünya yapı sektöründe en çok kullanılan yapı malzemesidir. Hammadde bolluğu, ekonomiklik, kolay işlenebilme, yüksek mukavemet gibi nedenler betonu vazgeçilmez yapmaktadır. Betonun bu üstün taraflarının yanı sıra elbette zayıflıkları da bulunmaktadır. Boşluklu bir yapıda olması, gevrek bir malzeme olması, çekme ve eğilme dayanımının düşük olması bu zayıflıklardan bazılarıdır.

Bu tez çalışmasının önerilmesinde, yönlendirilmesinde, kaynak temininde yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden büyük oranda yararlandığım, tecrübe ve tavsiyeleri ile araştırmalarımı yönlendiren saygıdeğer Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Servet YILDIZ’a teşekkür ederim.

İsmail DEMİR

ELAZIĞ-2016

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
RESİMLER LİSTESİ	IX
TABOLAR LİSTESİ	X
KISALTMALAR LİSTESİ	XI
1. GİRİŞ	1
2. BETON.....	3
2.1. Betonun Tanımı	3
2.2. Betonun Özellikleri	4
2.2.1. Taze Betonda Olması Gereken Özellikler	4
2.2.2. Sertleşmiş Betonda Olması Gereken Özellikler.....	5
2.3. Beton Çeşitleri ve Temel Özellikleri	6
2.3.1. Birim Ağırlıklarına Göre Betonlar	6
2.3.2. Basınç Dayanımlarına Göre Betonlar	8
2.3.3. Üretildikleri Yerlere Göre Betonlar	8
2.3.4. Uygulandıkları Yere Göre Betonlar	11
2.4. Beton Dökülürken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	13
2.4.1. Sıcak Havada Beton Dökümü ve Bakımı	13
2.4.1.1. Beton Üretiminde Alınması Gereken Önlemler.....	14
2.4.1.2. Beton Taşınırken Alınması Gereken Önlemler.....	15
2.4.1.3. Beton Dökülmeden Önce Alınması Gereken Önlemler.....	15
2.4.1.4. Beton Dökümünde Alınması Gereken Önlemler	15
2.4.1.5. Beton Dökümünden Sonra Alınması Gereken Önlemler.....	16
2.4.2. Soğuk Havada Beton Dökümü.....	17
2.4.2.1. Soğuk Havada Beton Uygulaması Yapılırken Yapılması Gerekenler	19
2.5. Betonu Oluşturan Elemanlar	19
2.5.1. Çimento.....	19
2.5.1.1 Çimentonun Bileşen Malzemeleri.....	21

2.5.2.	Karışım Suyu	23
2.5.3.	Agrega (Kum, Çakıl vb.)	24
2.5.3.1.	Agregaların Sınıflandırılması.....	26
2.5.3.2.	Betondaki Agreganın Özellikleri	28
2.5.4.	Katkılar	30
2.6.	Beton Karışımı	32
2.7.	Betonun Mekanik Özellikleri.....	37
2.7.1.	Betonun Basınç Dayanımı	38
2.7.2.	Betonun Gerilme-Deformasyon Özellikleri.....	41
2.7.3.	Betonun Çekme Dayanımı ve Çekme Altında Deformasyon Özellikleri	41
2.7.4.	Kayma Dayanımı	41
3.	HAZIR BETON	42
3.1.	Hazır Beton Santrali.....	43
3.1.1.	Agrega Ünitesi	43
3.1.1.1.	Ventil Ünitesi	44
3.1.1.2.	Vibratör Ünitesi	44
3.1.1.3.	Nem Ölçer.....	44
3.1.2.	Tartı Bandı	44
3.1.2.1.	Bant	44
3.1.3.	Aktarma Bandı	45
3.1.4.	Çimento Silosu.....	45
3.1.4.1.	Helezon	46
3.1.5.	Su Bunkeri	46
3.1.6.	Katkı Bunkeri.....	46
3.1.7.	Mikser	46
3.1.8.	Kompresör.....	47
3.2.	Hazır Betonun Dökümü	47
4.	MATERYAL ve METOD	50
4.1.	Siirt'in Coğrafi Özellikleri	50
4.2.	Bölgede Faaliyet Gösteren Hazır Beton Santralleri	52
4.2.1.	A Beton Santrali.....	52
4.2.1.1.	Santralde Üretilen C25 Beton Sınıfına ilişkin Karışım Tablosu.....	53
4.2.1.2.	A Beton Santrali Laboratuvarı	53

4.2.2.	B Beton Santrali	54
4.2.2.1.	Santralde Üretilen C25 Beton Sınıfına İlişkin Karışım Tablosu	55
4.2.2.2.	B Beton Santrali Laboratuvarı	55
4.2.3.	C Beton Santrali	57
4.2.3.1.	Santralde Üretilen C25 Beton Sınıfına İlişkin Karışım Tablosu	59
4.2.3.2.	B Beton Santrali Laboratuvarı	60
4.3	Yapılan Deneysel Çalışmalar	61
4.3.1.	Kıvam Tespiti ve Çökme(Slump) Deneyi.....	61
4.3.2.	Basınç Deneyi	62
4.3.3	Porozite Deneyi.....	65
4.3.4.	Donma-Çözülme Deneyi	66
4.3.5.	Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi.....	67
4.3.6.	Yüksek Sıcaklık Deneyi.....	69
5.	BULGULAR	70
5.1.	Basınç Deneyi Deney Sonuçları	70
5.2.	Porozite Deney Sonuçları	72
5.3.	Donma-Çözülme Deney Sonuçları	74
5.4.	Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi Sonuçları	77
5.5.	Yüksek Sıcaklık Deney Sonuçları.....	78
6.	SONUÇ ve ÖNERİLER	86
	KAYNAKLAR	90
	ÖZGEÇMİŞ	96

ÖZET

Bu çalışmada Siirt Yöresinde farklı santrallerde üretilen hazır betonların mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Yörede faaliyet gösteren beton santralleri A Beton Santrali, B Beton Santrali ve C Beton Santrali olarak adlandırılmıştır. Bu santrallerde üretilen betonlardan C25 beton sınıfı üzerinde; basınç, porozite, yüksek sıcaklık, donma-çözülme ve eğilmede çekme deneyleri uygulanmıştır. Bu deneyler için 28 günlük numuneler kullanılmış ve numunelerin 28 günlük dayanım değerleri dikkate alınarak gerekli karşılaştırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Her üç santralde üretilen betonların 28 günlük basınç dayanımlarını sağladıkları görülmüştür. C Beton santralinde üretilen betonun porozite değerinin %8,46 olduğu ve diğer santrallerde üretilen betonların porozite değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Donma-çözülme deneyinde A Beton santralinde üretilen betonların ortalama basınç dayanım değerlerinde %11,73, B Beton Santralinde üretilen betonların ortalama basınç dayanım değerlerinde %7,33, C beton Santralinde ise %5,52 oranında bir basınç dayanım kaybı tespiti yapılmıştır. Donma-çözülme olayının beton numuneler üzerinde bozulmalara neden olduğu görülmüş, ancak; üretilen betonların donma-çözülmeden fazla etkilenmediği tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklık deneyinde numuneler 300-400-500-600-800°C sıcaklıklara maruz bırakılmışlardır. Sıcaklık derecesinin artması ile birlikte basınç dayanım kaybının her üç santralin ürettiği betonda da arttığı görülmüş, fakat dayanım kaybının en fazla 600-800°C’de gerçekleştiği ve dayanım kaybının %70,4 seviyesine kadar ilerlediği görülmüştür.

Elde edilen verilere göre üretilen betonların çevresel faktörlerin zararlı etkilerinin azaltılabilmesi için su/çimento oranının iyi ayarlanması, uygun katkı maddelerinin ve agregaların iyi seçilmesi gerektiği tespiti yapılmıştır. Tesiste üretilen beton her ne kadar standartlar ve talep edilen sınıfta üretilse dahi, laboratuvar şartlarında bırakılan numune sonuçları ile yetinilmemeli ve asıl olan beton dökümü ve sonrasında yapılması gereken bakım işlemlerinin son derece önemsenmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hazır Beton, Siirt Bölgesi, Katkı

SUMMARY

MECHANICAL AND PHYSICAL ANALYSIS OF CONCRETE PRODUCED IN DIFFERENT FACILITIES OF SIIRT REGION

This study investigated the physical and mechanical properties of ready mixed concrete produced in different batch plants in Siirt city. The batch plants were named as A, B, and C. C25 concrete that was produced in these batch plants were tested under pressure, porosity, high temperature, freezing/thawing and bending. Samples of 28 days were used for these experiments and the endurance values of 28 days were compared under necessary attention. It was seen that the produced concrete at every three hours covered 28-days pressure resistance. Also, it was detected that the concrete produced in C batch plant had a porosity value of 8.46%, which is lower than the porosity values belonging other batch plants. In the experiment of freezing/thawing, it was recorded that average pressure strength of concrete produced in plant A is 11.73% while it was 7.33% in plant B and 5.52% in plant C. It was discovered that freezing/thawing led to deterioration on concrete samples, but the deterioration was not significant. In high temperature experiments, the samples were exposed to 300-400-500-600-800°C. Together with temperature increase, pressure strength-loss on concrete produced at all plants also increased, but the top loss was seen at the degree of 600-800 with a rate of 70.4% strength-loss.

According to the acquired data, in order to decrease deterioration effect of environment on concrete, it was concluded that water/cement ratio should be adjusted carefully, and suitable supplemental additives and aggregates should be selected meticulously. No matter how quality had the concrete produced in the plants, only laboratory results of the samples would not be sufficient. Therefore, it was concluded that necessary curing process after concrete placing is highly crucial and shall be cared.

Keywords: ready mixed concrete, Siirt, Supplement

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Hazır beton santrali şeması	47
Şekil 4.1. Yörenin haritası.....	50
Şekil 5.1. A, B, C Beton santrallerine ait 7 günlük C25 beton basınç dayanım değerleri (N/mm ²)	70
Şekil 5.2. A, B, C Beton santrallerine ait 28 günlük C25 beton basınç dayanım değerleri (N/mm ²)	71
Şekil 5.3. A, B, C Beton santrallerine ait 28 günlük C25 betonun basınç dayanım(N/mm ²) ve porozite değerleri (%)	72
Şekil 5.4. A, B, C Beton santrallerine ait 28 günlük C25 betonun donma-çözülme öncesi ve sonrası basınç dayanım değerleri (N/mm ²).....	74
Şekil 5.5. A, B, C Beton santrallerine ait 28 günlük numunelerin eğilmede çekme deneyi sonrası basınç dayanım değerleri (mPa)).....	77
Şekil 5.6. A, B, C Beton santrallerine ait 28 günlük numunelerin 300 °C sonrası basınç değişim grafiği(N/mm ²)	78
Şekil 5.7. A, B, C Beton santrallerine ait 28 günlük numunelerin 400 °C sonrası basınç değişim grafiği(N/mm ²)	79
Şekil 5.8. A, B, C Beton santrallerine ait 28 günlük numunelerin 500 °C sonrası basınç değişim grafiği(N/mm ²)	80
Şekil 5.9. A, B, C Beton santrallerine ait 28 günlük numunelerin 600 °C sonrası basınç değişim grafiği(N/mm ²)	81
Şekil 5.10. A, B, C Beton santrallerine ait 28 günlük numunelerin 800 °C sonrası basınç değişim grafiği(N/mm ²)	82

RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1. Çökme deneyinde kullanılan aletler.....	32
Resim 4.1. Kür havuzu.....	53
Resim 4.2. Kür havuzu.....	56
Resim 4.3. Numune kapları.....	56
Resim 4.4. Kür havuzu.....	60
Resim 4.5. Küp numuneler	60
Resim 4.6. Slump (çökme) deneyinde kullanılan aletler	61
Resim 4.7. Numune Kapları.....	63
Resim 4.8. Örnek numuneler	63
Resim 4.9. Kür havuzunda bekletilen numuneler	64
Resim 4.10. Basınç test cihazı.....	65
Resim 4.11. Basınç deneyi aşamaları.....	65
Resim 4.12. Porozite tayini deney düzeneği	66
Resim 4.13. Numunelerin donma-çözülme çevrimi	67
Resim 4.14. Eğilmede çekme dayanımı deneyi için numunelerin hazırlanması	67
Resim 4.15. Numunelerin eğilmede çekme dayanımı deneyine tabi tutulması	68
Resim 4.16. Numunelerin eğilmede çekme dayanımı deneyine tabi tutulması	68
Resim 4.17. Numunelerin yüksek sıcaklık deneyine tabi tutulması	69
Resim 5.1. Numunelerin basınç deneyine tabi tutulması.....	70
Resim 5.2. Donma-çözülme sonrası numuneler	75

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 2.1. Kıvamlarına göre betonların çökme değerlerini esas alarak sınıflandırma	9
Tablo 2.2. En büyük agrega dane büyüklüklerine göre betonların sınıflandırılması.....	9
Tablo 2.3. Karakteristik basınç dayanımlarına göre sınıflandırılması	10
Tablo 2.4. Birim ağırlıklarına göre betonların sınıflandırılması.....	11
Tablo 2.5. TS EN 197-1' e göre çimento tipleri	22
Tablo 2.6. Bir metreküp beton için gerekli su miktarı (kg/m^3).....	35
Tablo 2.7. Bir metreküp betonda bulunması gereken çakıl miktarı.....	35
Tablo 2.8. Çökme değeri.....	36
Tablo 2.9. Su/çimento oranı ile 28 günlük beton basınç dayanımı arasındaki ilişki	36
Tablo 2.10. Beton elemanları için en büyük agrega boyutları.....	37
Tablo 2.11. Numune boyutunun basınç dayanımına etkisi.....	40
Tablo 2.12. Yüksekliğin kesit boyutuna oranının, dayanıma etkisi.....	40
Tablo 4.1 Bölgeden geçen su kaynakları	51
Tablo 4.2. C25Beton karışım tablosu	53
Tablo 4.3. C25Beton karışım tablosu	55
Tablo 4.4 C25Beton karışım tablosu	59

KISALTMALAR LİSTESİ

ASTM	: American Society for Testing Materials
CSH	: Kalsiyum Silikat Hidrat
°C	: Santigrat
C	: Beton sınıfı
C14	: 28 günlük basınç dayanımı en az 14 N/mm ² olan beton
C16	: 28 günlük basınç dayanımı en az 16 N/mm ² olan beton
C20	: 28 günlük basınç dayanımı en az 20 N/mm ² olan beton
C25	: 28 günlük basınç dayanımı en az 25 N/mm ² olan beton
C30	: 28 günlük basınç dayanımı en az 30 N/mm ² olan beton
THBB	: Türkiye Hazır Beton Birliği
TS	: Türk Standardı

1. GİRİŞ

Eski insanlar varoluşlarından itibaren vahşi doğaya karşı bir sığınma ihtiyacı hissetmişlerdir. Bu ihtiyaçlarını karşılamak için kendilerine ilkel barınaklar yapmışlar, zaman içinde teknolojinin ilerlemesine paralel olarak da bu barınakların yerini ihtiyaçlarına cevap verebilen, daha modern ve çok amaçlı kompleks yapılarla değiştirmişlerdir. Konutların dışında hastaneler, okullar, ibadethaneler, araştırma merkezleri ve eğlence merkezleri gibi pek çok yapı inşa etmişlerdir. Betonda bu yapılarda kullanılan ana malzemelerden biri olmuştur. Yapının çeşitliliği ile birlikte kullanım amacına uygun farklı türlerde betonlar üretilmeye başlanmıştır.

Beton; kum, çakıl (veya kırma taş, hafif agrega vb.) çimento, suyun ve gerektiğinde katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılması ile elde edilen başlangıçta plastik kıvamında olup, zamanla çimentonun hidratasyonu sebebiyle katılaşp sertleşen kompozit bir yapı malzemesidir. Betonu diğer yapı malzemelerine üstün kılan en önemli özelliklerinden biri, istenilen biçimin verilebilmesini sağlayan plastik kıvamdır. Beton karıştırılıp kalıba döküldükten sonra kısa sürede katılaşır ve zamanla dayanım kazanır. Beton, eski medeniyetlerin günümüze kadar gelebilen eserlerinde önemli bir yere sahiptir. Günümüzde çok geniş bir kullanım alanına sahip olan beton, sudan sonra en çok tüketilen malzeme haline gelmiştir.

Beton günümüzde en yaygın biçimde kullanılan yapı malzemesidir ve kullanıldığı ilk günden bu yana sürekli bir gelişim içindedir. Öncelikle taşıyıcı olarak kullanılmışsa da, çeşitli mimarlık akımları kapsamında uzun yıllardır estetik ve tematik amaçlı olarak da kullanılmaktadır.

Beton ekonomik güvenli dayanıklı ve çok fazla bakım gerektirmeyen en önemli yapı malzemesidir. Ülkemizde konut tercihinde %99 dan [1] fazla, oldukça yüksek bir yüzde ile tercih edilmektedir. Kaliteli betonun sağlanabilmesi ise beton üreticisinin hammadde girdisinden doğru organizasyon yapısına kadar uygun bir üretim kontrol sistemi oluşturması ve bunun üretim yerinde denetlenmesi ile elde edilebilir.

Ülkemizde beton yıllarca el ile veya yerinde betonyerler yardımıyla hazırlanmıştır. İnşaatlarda kullanılan bu betonlar uygun olmayan malzemeler ile kalite sağlanmadan ve gerekli koşullara uymaksızın genellikle düşük kaliteli olarak üretilmiştir. Betonun bu yöntem ile hazırlanması iş gücü kayıplarına ve inşaat sürelerinin uzamasına neden

olmaktadır. İnşaat sektörünün gelişmesiyle taleplerin artması ve kalite arayışı hazır betona ilgiyi arttırmıştır.

Agrega, çimento ve suyun uygun bir oranda karıştırılmasıyla oluşturulan taze beton; belirli bir süre sonunda sertleşerek yüksek dayanım kazanır. Burada dikkat edilmesi gereken noktalardan bir tanesi; uygun oranlardan elde edilmesi gereken karışımdır. Bu oran her ne kadar önceki zamanlarda el ile veya değişik ölçekler ile sağlanmaya çalışılmış olsa dahi istenilen dayanım elde edilememiştir. Kullanılan malzemenin kalitesinde de herhangi bir seçiciliğe gidilmemiştir. Zamanla meydana gelen deprem vs. gibi doğal afetler neticesinde oluşan can ve mal kayıpları, yapı sektörünün üzerinde durulması gereken önemli bir konu olduğunu ispatlamıştır.

Gelişen teknoloji ile birlikte konunun hassasiyetine binaen, beton üretimi de bilgisayar ortamında üretilmeye başlanmış ve bunu için özel tesisler beton santralleri kurulmuştur. Bu tesislerde talep edilen sınıf ve özelliklerde her türlü beton üretimi gerçekleştirilmiştir. Yapılarda istenilen özellikler (dayanıklılık, ekonomiklik vb.) hazır beton santrallerinde üretilen betonlarda elde edilmiştir. Yapılan bir araştırmada, el ile veya betonyer yardımı ile hazırlanan betonun, beton santrallerinde üretilen betondan, çok daha güvensiz olduğu, santralde üretilen betonun diğer betondan iki kat daha güvenli olduğu tespit edilmiştir.

Hazır betonu, şantiyede el ile ya da betonyer yardımıyla elde edilen betonlardan ayıran temel unsur; hazır betonların bilgisayar kontrolüyle üretilmesidir. Dolayısıyla da bu şekilde üretilen betonlarda, daha net oranlar bir araya getirilerek istenilen dayanıma sahip kaliteli betonlar üretilmektedir.

Hazır betonun kullanım kolaylığının anlaşılması ve betonda sürekli kalitenin temini için başka yöntem olmaması hazır betonun çok kısa bir süre içinde yaygınlaşmasını sağlamış; şu anda Türkiye'nin en ücra köşesinde bile hazır beton bulunabilir hale gelmiştir. İnşaat endüstrisinin de hızlı büyümesinin etkisiyle Türkiye hazır beton kullanımında Avrupa'da önemli bir seviyeye gelmiştir. Ancak hazır beton sektörü kısa sürede o kadar hızlı büyümüştür ki bu inanılmaz ilerlemenin yanı sıra kaçınılmaz bir şekilde bazı kalite sorunları da oluşmaya başlamıştır.

Bu çalışmada Siirt Yöresinde farklı santrallerde üretilen aynı sınıftaki betonlardan numuneler alınarak, bu numuneler üzerinde mekaniksel ve fiziksel özellikleri üzerinde incelemeler yapılmış, ayrıca; beton, hazır beton ve santrallerden alınan numuneler üzerinde yapılan deneysel çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

2. BETON

2.1. Betonun Tanımı

Beton yüzyılımızın en önemli yapı malzemesidir. Beton; önceden şekil verilebilen bir yapay taş olarak tanımlanabilmektedir. Doğal taşlar harç yardımı ile birleştirilerek yapı elemanını ve yapıyı oluştururlar. Beton ise sürekli bir biçimde birleştirilmeye gerek kalmaksızın üretilebilir [2]. Betonu diğer yapı malzemelerine üstün kılan en önemli özelliklerinden biri, istenilen biçimin verilebilmesini sağlayan plastik kıvamıdır. Beton kalıba döküldükten sonra kısa sürede katılaşıp ve zamanla dayanım kazanır. Betonun özellikleri beton karışımında kullanılan çeşitli malzemelerin özellikleri ile yakından ilgilidir.

Betonu oluşturan hammaddeler çimento, su, agrega (kum, çakıl, kırma taş) kimyasal ve mineral katkılardır. Kimyasal katkılarla (akışkanlaştırıcı, priz geciktirici, priz hızlandırıcı, geçirimsizlik sağlayıcı, antifiriz, hava sürükleyici) mineral katkılar (taş unu, tras, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı) betonun performansını istediğimiz yönde iyileştiren etkenlerdir. Çimento ile suyun karışımından oluşan çimento hamuru zamanla katılaşıp sertleşerek agrega tanelerini bağlar, yapıştırır. Böylece betonun mukavemet kazanmasına imkân verir. Dolayısıyla betonun mukavemeti;

- Çimento hamurunun mukavemetine
- Agrega tanelerinin mukavemetine
- Agrega taneleri ile çimento hamuru arasındaki yapışma gücüne (aderansa) bağlıdır.

Agrega çimento ve suyun uygun bir oranda karıştırılmasıyla oluşturulan taze beton; belirli bir süre sonunda sertleşerek yüksek dayanım kazanan bir yapı malzemesidir. Betonu oluşturan malzemelerden çimento, ince kum ve iri agrega tanelerini birbirine bağlar. İnce agrega ise iri agrega taneleri arasındaki boşlukları doldurarak, betonun bir bakıma iskeletini oluşturarak üretilen beton elemanına etki eden kuvvetler karşı koyarlar [3].

Çağımızın en önemli yapı malzemelerinden olan beton; su bağlayıcı madde (çimento), agrega ve gerektiğinde katkı maddesi ilavesi ile elde edilebilmektedir. Kompozit bir malzeme olan betonun kalitesi onu oluşturan malzemelerin özelliklerine ve üretim şekline bağlı olarak büyük değişiklikler göstermektedir. Betonun bakımı ve korunması da dayanımı önemli derecede etkilemektedir. Kaliteli beton elde edilebilmesi

için öncelikle beton üretiminde kullanılan malzemelerin kaliteli olması ve bu malzemelerin oransal olarak bir araya getirilmesi gerekmektedir.

2.2. Betonun zellikleri

Beton, dayanımı sağlayan agrega, agregalar arasında bağlanma sağlayan su ve imento ile gerektiği takdirde betondan istenilen niteliğe bağlı olarak kullanılan özel katkı maddelerinden oluşan, farklı renk, yüzey ve biçimlerdeki taşıyıcı bir yapı malzemesidir.

Betonu oluşturan malzemelerden imento, ince kum ve iri agrega tanelerini birbirine bağlar. İnce agrega ise iri agrega taneleri arasındaki boşlukları doldurarak betonun bir bakıma iskeletini oluşturarak üretilen beton elemanına etki eden kuvvetler karşı koyarlar [4]. Betondan beklenen performans betonun plastik olduğu ve sonrasında sertleőtiėi durumlara göre ayrı ayrı değerlendirilir.

Beton hangi amaç için üretilirse üretilsin, şu üç ana özelliğe sahip olmalıdır [5].

- Üretilen betonlar işlenebilir olmalıdır. İşlenebilirlik betonun bir özelliği olup, betonun kolay karıőtırılabilmesi, yerleştirilebilmesi, taşınırken, karıőtırırken ve yerleştirirken ayırőmaması, homojenliğini yitirmemesi gerekir.
- Üretilen beton kullanıldığı amaca göre öngörülen dayanıma sahip olmalıdır. Özellikle basınç dayanımı bakımından yeterli dayanımı sağlamalıdır.
- Üretilen beton dış etkilere karşı dayanıklı olmalıdır. Hava, su ve kimyasal çevrenin etkisiyle, donma-zlme, ısı gibi fiziksel etkiler, betonun iç yapısında agrega ile imento arasında oluşabilecek tepkimeler sonucunda betonun dayanımını azaltır, geçirimsizliğini arttırır ve parçalanmasına sebep olur. Bu nedenle beton, bütün bozulmalara karşı direnç göstermesi gerekir.

Betonun plastikliğini koruduğu sredeki durumuna taze beton, katılaşma olayından sonraki duruma sertleşmiş beton denilir.

2.2.1. Taze Betonda Olması Gereken zellikler

- Taze beton kolaylıkla karılabilir, taőınabilir, yerleştirilebilir, sıkıőtırılabilir ve yüzeyi düzeltilebilir olmalıdır. Bu işlemler sırasında agregalarla imento harcı arasında ayırőma olmamalıdır. Betonun karıştırılması, taşınması ve

yerleştirilmesi sırasında malzemede ayrışım (segregasyon) olmamasına dikkat edilmelidir.

- Yerine yerleştirilen taze betonun içerisindeki suyun yukarıya çıkma eğilimi mümkün olduğu kadar az olmalıdır. Betonun homojen yapısı korunmalıdır.
- Malzemenin karılmasından hemen sonra plastik durumuna sahip bir betonda plastikliğin kaybolmasına kadar geçen sürenin uzunluğu (priz süresi) gerekenden daha uzun olmamalıdır.

2.2.2. Sertleşmiş Betonda Olması Gereken Özellikler

- 7, 28, 90 günlük gibi herhangi bir yaş için hedeflenmiş olan minimum beton dayanımından daha az bir dayanım göstermemelidir.
- Çevredeki suyun ve diğer sıvıların beton içerisine kolayca girerek olumsuz etki yaratmaması için yeterince geçirimsiz olmalıdır.
- Betonun zaman içerisinde çevreden maruz kalabileceği etkenler karşısındaki dayanıklılığına durabilite denir. Bu servis süresince çevrede oluşan yıpratıcı etkenler karşısında yeterince dayanıklı olmalıdır.

Betonu günümüzün en yaygın taşıyıcı yapı malzemesi yapan özellikleri avantajlarını şöyle sıralayabiliriz.

- Taze betonun plastik özelliği nedeni ile istenilen şekil ve boyutta beton elemanlar kolaylıkla üretilebilir.
- Bir fabrikada önceden üretilmekte ve yapıya sertleşmiş beton elemanları olarak getirilip kullanılabilir.
- Beton yerleştirme yöntemlerinde çeşitlilik kolaylık bulunmaktadır. Plastik kıvamındaki beton pompa yardımı ile erişilmesi güç yerlere yerleştirilir.
- Sertleşmiş beton oldukça yüksek basınç dayanımına sahiptir.
- Sertleşmiş betonun durabilitesinin diğer yapı malzemelerine oranla daha yüksek olması ve buna bağlı olarak bakım işlemleri ve masrafları azdır.
- Beton çelik donatılarla çok iyi bir aderans gösterir.
- Diğer yapı malzemelerine göre daha ekonomiktir.

Betonun dezavantajları;

- Sertleşmiş beton çekme dayanımı düşük bir malzemedir.
- Sertleşmiş beton gevrek özelliğe sahiptir.
- Beton çevreden maruz kalabileceği değişiklikler karşısında bir miktar hacim değişikliği gösterebilir.
- Beton sabit yükler altında zamanla kalıcı deformasyonlar gösterebilir.
- Beton mükemmel bir geçirimsizliğe sahip değildir.
- Betondaki dayanım / ağırlık oranı metallerde olduğu kadar yüksek değildir.

Beton bugün için, medeni dünyanın üzerinde önemle durduğu bir malzeme olarak kabul edilmiştir ve malzeme olmasının yanı sıra imalat olarak da kabul edilmektedir [6].

2.3. Beton Çeşitleri ve Temel Özellikleri

Beton, dayanımı sağlayan agrega, agregalar arasında bağlanma sağlayan su ve çimento ile gerektirdiği takdirde betondan istenilen niteliğe bağlı olarak kullanılan özel katkı maddelerinden oluşan, farklı renk, yüzey ve biçimlerdeki taşıyıcı bir yapı malzemesidir [7].

Betonu temel olarak dört ana grupta inceleyebiliriz.

- 1- Birim ağırlıklarına göre
- 2- Basınç dayanımlarına göre
- 3- Üretildikleri yere göre
- 4- Uygulandıkları yere göre

2.3.1. Birim Ağırlıklarına Göre Betonlar

1- Hafif Beton: Birim hacim ağırlığı $0,70-2,00 \text{ kg/dm}^3$ arasında olan betonlara hafif beton denir. Genellikle bu betonla atık maddeleri değerlendirmek veya yapı elemanından ses, ısı ve hafiflik özelliklerinin arandığı durumlarda yapılan betonlardır. Hafif beton kullanılmasıyla;

-Yapı elemanının öz ağırlığının azalmasıyla, kesitlerde küçülme nedeniyle hacim genişmesi ve donatı ekonomisi sağlanacaktır.

-Yapının zati ağırlık yükünün azalması yanı sıra ses ve ısı özelliğinde önemli ölçüde yararlar sağlamaktadır.

-Yoğunluğun azalmasından dolayı depremlerden daha az etkilenecek can ve mal kaybı daha az olacaktır.

-İzolasyon için ikinci bir malzeme kullanılmayacağından dolayı ekonomi sağlayacaktır.

-Yangına ve donma-çözölmeye karşı dayanımı daha fazladır. Çünkü beton içindeki birbirinden bağımsız boşluklar su ile tamamen dolmadığından, dondan dolayı meydana gelecek içsel gerilmeden çok az etkilenecektir.

Mekanik özellikleri normal betona göre düşüktür. Kalifiye insan gücü gerektirir. Kalıp sökme süresi normal betona göre daha uzun zaman ister. Beton üretiminde kullanılan agregalar bölgeseldir. Hafif betonlar hafif agregalarla, kimyasal köpüklerle, kum kullanılmadan yalnız iri agrega ve kimyasal metotlarla üretilmektedirler. Üretildikleri hafif agrega cinsine göre bina betonu, uçucu kül betonu, genleştirilmiş kil betonu ve odun talaşı gibi isimler alırlar. Hafif betonu birim ağırlıkları ve mukavemetlerine göre üç grup altında toplamak mümkündür.

-Yalıtım betonları: Basınç dayanımları 10 N/mm²

-Yarı taşıyıcı hafif betonlar: Basınç dayanımları 15 N/mm²

-Taşıyıcı hafif betonlar: Basınç dayanımları 17 N/mm²

2- Normal Beton: Normal doğal taneli agrega ile üretilen ve birim ağırlığı 1,80-2,80 kg/dm³ arasında değişen betonlardır. Bu betonlar önemli bir ayrıcalık özelliği istenmeyen bina inşaatlarında kullanılmaktadır. Normal yoğun agrega ile üretilmektedir. Maliyetinin ucuzluğu, yüksek dayanımı, kolay işlenebilme özelliklerinden dolayı diğer yapı malzemelerine göre daha fazla kullanılmaktadır.

3- Ağır Beton: Ağır betonlar özellikle zararlı ışınlara karşı bir perde oluşturmak amacıyla kullanılan, birim ağırlıkları 2,80-5,00 kg/dm³ arasında olan betonlardır. Kullanım yerleri arasında nükleer reaktörler yani atom santralleri, hastanelerin ışın tedavisi yapılan bölümleri gösterilebilir.

Ağır betonların agregaları ağırdır. Bu agregalar; barit (baryum sülfat BaSO₄), limonit, magnetit vb. demirli minerallerdir. Yoğunlukları 3,20 kg/dm³'ün üstündedir. Bunlarla üretilen betonların yoğunlukları 2,80 kg/dm³'den yüksek olmaktadır. Nükleer çalışma gereği betonların içine bor tuzları katılır. Bunlar geciktirici etki yapar. Ağır agregalar mukavemet yönünden normla agregalara eşdeğerdir. Ancak aşınmaları biraz fazladır.

2.3.2. Basınç Dayanımlarına Göre Betonlar

1- Normal Dayanımlı Beton: C50'ye kadar basınç dayanımı olan betonlar normal dayanımlı olarak adlandırılır. Bu betonların yapımında tabii karışık agregalar kullanılabileceği gibi TS 802'de öngörülen agregalar da kullanılır.

2- Yüksek Dayanımlı Beton: C50 ve üstü olarak gruplandırılmaktadır. C50 ve daha büyük beton sınıflarındaki betonların yapımında kullanılacak agregalar mutlaka TS 802'de öngörülen gruplarla üretilmelidir.

2.3.3. Üretildikleri Yerlere Göre Betonlar

1- Şantiye Betonu: Beton bileşenlerinin şantiyede karıştırılması sonucu elde edilen betondur. 5 km'ye kadar bu betondan dağıtım yapılması mümkündür. Betonyer ile ve el ile karıştırılan türleri vardır.

Önce kum ve çakıl çimento ile karıştırılarak ve uygun bir harman oluncaya kadar en az 3 defa aktarılmalı, ondan sonra süzgeçli bir kova ile su verilmeli ve tamamen homojen bir beton kitlesi elde edilinceye kadar karıştırılmaya devam edilmelidir. Beton üretiminde tecrübeli işçi çalıştırılmasına özellikle dikkat edilmelidir.

2- Beton Santrali Betonu (Transmikser): Betonun şantiyede harmanlanıp karıştırılması yerine beton santralinden yerleştirme mahalline hazır olarak teslim edilirse buna önceden karıştırılmış beton veya hazır beton denir. Hazır beton kuru karışım ve yaş karışım olmak üzere iki farklı şekilde üretilir.

a- Kuru Karışım Sistemi: Bu sistemde hazır beton; agregalar, çimento ve varsa mineral katkıları beton santralinde ölçülüp, transmikserde karıştırılan, suyu ve varsa kimyasal katkıları teslim yerinde ölçülüp karıştırılarak ilave edilen ve teslim yerinde hazırlanan taze betondur. Bu sistemde özellikle; şantiyede karışıma verilen su ve kimyasal katkı miktarının, karışım dizaynında öngörülen miktarlardan fazla olmamasına, karıştırma süresinin homojen bir karışım için yeterli olacak sürede olmasına özen gösterilmelidir.

b- Yaş Karışım Sistemi: Bu sistemde beton su ve kimyasal katkıları da dahil olmak üzere tüm bileşenlerin beton santralinde ölçülmesi ve karıştırılması ile elde edilen taze betondur. Taze beton, beton santralinde transmikserle yüklenerek teslim yerine gönderilir ve burada kullanıcıya teslim edilir. Hazır Betonlar;

1- Kıvamlarına göre beş,

- 2- En büyük agrega dane boyutuna göre dört,
- 3- Karakteristik basınç dayanımlarına göre on altı,
- 4- Birim ağırlıklarına göre üç sınıfa ayrılırlar.

Tablo 2.1. Kıvamlarına göre betonların çökme(slump) değerlerini esas alarak sınıflandırma

Beton Sınıfı	Kıvam	Çökme (Slump) (cm)
K1	KURU	$0 \leq \text{çökme} < 5$
K2	PLASTİK	$5 \leq \text{çökme} < 10$
K3	AKICI	$10 \leq \text{çökme} < 16$
K4	ÇOK AKICI	$16 \leq \text{çökme} < 22$
K5	YAYILAN	$22 \leq \text{çökme}$

Kıvam, betonun kullanım yerine (kalıp geometrisi, donatı sıklığı, eğim), betonun yerleştirme, sıkıştırma, mastarlama imkânlarına ve işçiliğine, şantiyede beton iletim imkânlarına (pompa, kova) bağlı olarak özenle seçilmesi gereken bir özelliktir.

K1, K2, K3, K4 ve K5 sembolleri ile tanımlanan kıvam sınıfları, çökme (slump) konisi deneyi ile ölçülmektedir. Hazır betonda şantiye teslimi kıvam, taşıma süresi ve beton sıcaklığına bağlıdır. Taşıma süresi ve beton yükseldikçe, santralden şantiyeye kıvam kaybı artmaktadır. Bu kıvam kaybının betona su verilerek dengelenmesi mukavemeti düşürür.

Tablo 2.2. En büyük agrega dane büyüklüklerine göre betonların sınıflandırılması

Beton Sınıfı	En Büyük Agrega Dane Büyüklüğü (mm)
D1 (1 nolu)	12
D2 (2 nolu)	22
D3 (3 nolu)	32
D4 (4 nolu)	64

TS EN 206-1'e göre agrega en büyük dane büyüklüğüne göre sınıflandırılır. Örneğin $D_{\text{en çok}}$ 22cm olan beton.

Beton içinde kullanılacak en iri agrega tane büyüklüğünün kalıp en dar boyutu, döşeme derinliği, pas payı, en sık donatı aralığı gibi unsurlarla uyumlu biçimde, TS 500 de belirtilen şekilde seçilmesi gerekir.

Piyasada yaygın biçimde kullanılan hazır beton "2 No Agregalı "olandır. Çok sık donatılı veya ince kesitli elemanlarda bazı bilinçli müşteriler " 1 No Agregalı " hazır beton siparişi vermektedir.

Betonda kullanılan agreganın en büyük tane büyüklüğü, beton karışımında yer alan malzemelerin miktarlarını etkilemektedir.

Her ne kadar agreg a tane çapı arttıkça bazı yaralar sağlansa bile beton üzerinde yapılan araştırmalar en büyük tane çapının 25-40mm arasında kullanılmasının daha uygun olduğunu göstermiştir. En büyük agreg a tane büyüklüğünün 40mm'den büyük olması durumunda, betonun dayanımında bir azalma olmaktadır. Hâlbuki en büyük tane büyüklüğünün artması durumunda su/çimento oranı azalmaktadır. Buna bağlı olarak beton dayanımında artma olması gerekmektedir.

Bu durum şöyle izah edilebilir. En büyük tane boyutu büyük olan agregaların, yüzey alanları karışım içerisinde oldukça azdır. Bu nedenle çimento hamuru ile agreg a arasındaki aderans alanın küçük olmasından dolayı dayanım azdır. Çimento hamurunun hacim değişikliği nedeniyle çimento hamuru ile agreg a tanelerinin arasındaki yüzeydeki gerilmeler büyük olacaktır. Bir diğer neden ise en büyük agreg a dane çapının büyük olması betonun yapısındaki homojenliğini bozmaktadır [8].

Tablo 2.3. Karakteristik basınç dayanımlarına göre betonların sınıflandırılması

Beton Sınıfı	Karakteristik Silindir Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Karakteristik Küp Basınç Dayanımı (N/mm ²)
C14	14	16
C16	16	20
C18	18	22
C20	20	25
C25	25	30
C30	30	37
C35	35	45
C40	40	50
C45	45	55
C50	50	60
C55	55	67
C60	60	75
C70	70	85
C80	80	95
C90	90	105
C100	100	115

Beton basınç dayanımı TS EN 12390-3' uygun küp şekilli numunede tayin edilmişse $f_{c,küp}$, silindir şekilli numunede tayin edilmişse $f_{c,sil}$ şeklinde ifade edilir.

Betonun basınç dayanımına göre sınıflandırılmasında, normal beton ve ağır beton için Tablo 2.3'te verilen sınıflar uygulanır. Sınıflandırmada çapı 150mm ve yüksekliği 300mm olan silindir şekilli numunenin 28 günlük numunenin karakteristik basınç dayanımı (f_{ck} , sil) veya kenar uzunluğu 150mm olan küp şekilli numunenin 28 günlük karakteristik basınç dayanımı (f_{ck} , küp) kullanılabilir. Basınç dayanımı aksi belirtilmedikçe 28 günlük numunelerde tayin edilir.

Betonun karakteristik basınç dayanımı, belirlenmiş basınç dayanımı sınıfı için, Tablo 2.3'te verilen en düşük karakteristik basınç dayanımından daha büyük veya eşit olmalıdır [9].

Tablo 2.4. Birim ağırlıklarına göre betonların sınıflandırılması

Beton Sınıfı	Birim Ağırlık (kg/m^3)
Hafif Beton	Birim Ağırlık ≤ 2000
Normal Ağırlıklı Beton	$2000 < \text{Birim Ağırlık} < 2600$
Ağır Beton	$2600 < \text{Birim Ağırlık}$

Etüv kurusu yoğunluğu $0,8-2,0 \text{ kg/dm}^3$ arasında olan hafif betonlar, hafif agrega kullanımı, kimyasal köpüklerle ince agrega kullanmaksızın ve kimyasal metotlar kullanarak gaz oluşturmak gibi bazı teknikler kullanılarak üretilirler [10]. Normal betonlar önemli bir ayrıcalık özelliği istenmeyen bina inşaatlarında kullanılır. Bu betondan inşa edilen yapı elemanlarının birim ağırlıklarının fazla olması istenmeyen bir durumdur. Ağır betonlar genellikle nükleer reaktörler yani atom santralleri ve hastanelerin ışıın tedavisi yapılan bölümlerinde kullanılır [11].

2.3.4. Uygulandıkları Yere Göre Betonlar

1- Püskürtme Beton: Püskürtme beton püskürtülerek yerleştirilen ve aynı zamanda püskürtülerek sıkılanan betondur. Bu beton dayanıklı lastik veya özel yapımlı boğumlu sac borularla kullanılacağı yere iletilir ve buradan yüzeye püskürtülür. Böylece sıkışması sağlanmış olur. Boru çapları genellikle 30-65mm (genel olarak kullanılan maksimum agrega çapının üç katı boru çapı seçilir) boyu ise 10-100m alınabilir.

Bu betonun amacı beton ve betonarme yapılarda arızaları gidermek, çatlakları kapatmak, yapıyı her türlü zararlı etkilere karşı korumak ve mukavemetini arttırmaktır.

Püskürtme betonu yüzeysel pullanma, kabarak dökülmelerin oluştuğu yapılar da ve beton tabakalarının alt kısımlarında kullanmak avantajlıdır. Püskürtme beton yaş ve kuru olmak üzere iki şekilde kullanılır.

a- Kuru Sistem: Karışım, kuru (susuz) olarak hazırlanır. Karışım da kullanılan malzemeler; çimento, agrega ve gereğinden çok ince malzeme (puzolanik) ile katkı maddesidir. Beton karışım elemanları püskürtme makinesine konularak ve kontrollü olarak makine içindeki değirmenden geçirilir ve basınçla püskürtme borularına gönderilir. Bu karışım da su yerine kullanılan kimyasal madde püskürtme başlıklarında karışım a ilave edilir.

b- Yaş Sistem: Karışım yaş olarak hazırlanır. Çimento, agrega ve su ile karıştırıldıktan sonra basınçlı hava ile istenilen yüzeye püskürtülebilir. Üst veya düşey yüzeylerde çökme ve bağ kaybının önlenmesi için püskürtme betonu tabakalar halinde (5cm) uygulanmalı ve her bir uygulama arası en az 30 dakika veya daha çok olmalıdır. Püskürtülen yüzey pürüzlü olur ver bu yüzeyi mala ile düzeltmek sakıncalıdır. Çünkü yapışmış betonu aşağıya indirme olasılığı vardır. Püskürtmeden önce yüzeye hasır çelik konulur. Son zamanlarda ise betonun içine ince çelik teller konarak “fiber beton” tekniğinden yararlanılmaktadır. Sonuçta betonun çekme dayanımı yükseltilmiş olur.

Püskürtme beton uygulaması şu nedenlerden dolayı iyi sonuçlar verir:

- Basınçla püskürtüldüğünden alttaki beton tabakası ile yüksek bir aderans sağlanır.
- 7 günlük basınç mukavemeti 500kgf/cm^2 (50N/mm^2), 28 günlük eğilme mukavemeti 79kgf/cm^2 üzerinde olur. Bu nedenle beton kısa zamanda yüksek bir mukavemet kazanmış olur.

Püskürtme betonun uygulama alanları olarak yüzme havuzu, tünel kaplamaları, hasarlı yapıların onarımı, yapıların takviyesi gibi işler sayılabilir.

Mukavemeti; aderansına ve az rötre yapmasına bağlıdır. Püskürtme beton uygulanan yüzey, en az üç gün güneşin direkt ışınları altında kalmamalı, 14 gün rutubetli tutulmamalıdır. O halde püskürtme betonun bakımına son derece önem verilmelidir.

2- Lifli Beton: İnşaat Mühendisliği alanında, sağladığı avantajlar bakımından lifli betonların önemi hızla artmaktadır. Lifli beton; çimento, agrega ve çoğunlukla süresiz dağılı liflerin su ile karıştırılmasıyla meydana gelen beton olarak tanımlanmaktadır.

Beton içerisinde yaygın olarak kullanılan lifler; çelik, polipropilen, karbon ve alkali dirençli cam liflerdir. Lifli betonlarda, bütün lif çeşitlerinde sağlanması gereken en önemli

özellik liflerin beton içerisinde homojen olarak dağılması ve bu dağılımın beton karıştırıldıktan sonra da bozulmamasıdır. Üniform bir şekilde dağılan lifler, beton içerisinde oluşan çatlakları önlemekte ve çatlakların beton içerisinde ilerlemesini yavaşlatarak betonu daha dayanıklı hale getirdiği bilinmektedir. Bu özelliğinden dolayı lifli beton özellikle çekme ve eğilme dayanımını arttıran faktörler darbe etkisine karşı dayanımını da arttırmaları.

Bu nedenle betonarme kazık, yol ve hava alanları su boruları, genel olarak büyük fabrika inşaatlarının döşeme betonlarında ve prefabrike yapı elemanları üretiminde lifli betonların tercih edilmeleri halinde daha iyi sonuçlar alınacağı bilinmektedir.

Genel olarak lifler şu sınıflara ayrılırlar:

- Metalik lifler
- Polimerik lifler
- Mineral lifler
- Doğal elde edilen lifler

Metalik lifler ya çelik ya da paslanmaz çelikten yapılırlar. Polimerik lifler akrilik, aromit, naylon, polyester, polietilen ve polipropilen lifleri kapsar. Cam lifler en çok kullanılan mineral liflerdir. Ağaç (selülozik), akwara hint kamışı, hindistan cevizi, keten ve bitkisel lifler, jut, kenevir, şeker kamışı posası gibi organik ve inorganik doğal elde edilen liflerin değişik tipleri, çimento matrisinin güçlendirilmesinde kullanılmaya başlanılmıştır.

3- Ferrocement Beton: Ferrocement genellikle sık aralıklarla serilmiş, sürekli nispeten küçük çaplı tel örgülerle donatılmış çimento harcından oluşan ince cidarlı bir betonarme çeşididir.

4- Vakumlu Beton: Bu beton genellikle geniş alanlarda (hava alanı, endüstriyel döşeme, akaryakıt istasyonlarında ve karayolu) dökülen taze betona uygulanır. Betonda yeterli yüksek işlenebilirlik ve minimum su/çimento oranının birlikte temin edilmesinin bir yolu da yerleştirme işleminden sonra taze betonun vakum işlemine tabi tutulmasıdır.

2.4. Beton Dökülürken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

2.4.1. Sıcak Havada Beton Dökümü ve Bakımı

Beton, bilindiği üzere agrega, çimento, su ve duruma göre kimyasal ve mineral katkıdan oluşan bir yapı malzemesidir. Bu malzemeleri bir arada tutan ve dayanım kazandıran ise çimento ve su arasında gerçekleşen “hidratasyon reaksiyonu” dur. Ekzotermik (ısı veren) olan bu reaksiyonun gerçekleşmesi için yeterli miktarda su ve

sıcaklık gerekmektedir. Su ve sıcaklığı etkileyen tüm faktörler dolayısıyla betonun özelliklerini de etkilemiş olur [12].

Sıcak hava TS 1248 (Anormal Hava Koşullarında beton Dökümü) standardında 3 günlük hava sıcaklığı ortalamasının 30°C 'nin üzerinde olması durumu olarak ifade edilir [13]. Hava sıcaklığının fazla olması beton içindeki suyun kaybolup azalmasına, betonun kıvamının ve işlenebilirliğinin azalmasına, reaksiyon için gerekli şartlarının sağlanamamasından dolayı dayanım kaybına, betonun dökümünde, yerleştirilmesinde, vibrasyonunda ve bitirilmesinde zorluklara, beton yüzeyinde daha fazla çatlaklar oluşup betonun geçirimsiz olmasına neden olur.

Suyun buharlaşmasını yüksek sıcaklık, rüzgar ve bağıl nem etkiler.

Hava sıcaklığı arttıkça;

- Su ihtiyacı artar.
- Kıvam düşer.
- Priz alma hızı artar.
- Erken dayanım artar, 28. gün dayanımı düşer.
- Beton yüzeyinde rötre çatlakları daha çok oluşur. Buda betonu geçirimsiz yapar.
- Beton sıcaklığı artar, ısı çatlamlara neden olur.
- Beton yüzeyindeki su hemen buharlaşacağı için hızlı priz alır ve dayanımı düşük olur.

Şantiyede taze betona kıvamını arttırmak için su eklendiğinde;

- Su/çimento oranı artar ve beton dayanımı düşer.
- Geçirgenlik artar.
- Beton yüzey görüntüsü bozulur.
- Dayanıklılık düşer.

Beton sıcaklığının 10°C - 20°C arasında olması idealdir, ama bunu her zaman sağlayabilmek mümkün değildir. Beton sıcaklığı TS EN 206-1 standardına göre en düşük 5°C olmalıdır. Beton sıcaklığının bu standartta üst limiti olmasa da 32°C 'nin (ASTM C 94) üstünde olmaması idealdir. Genel olarak bir saatte beton yüzeyinin 1 m^2 'lik alanından buharlaşan su miktarı 1 kg 'dan fazla ise gerekli önlemler alınmalıdır.

2.4.1.1. Beton Üretiminde Alınması Gereken Önlemler

- Agregalar gölgede stoklanmalıdır.
- Agregalara düzenli olarak su püskürtülerek sıcaklıkları düşürülebilir.

- Su yalıtımı olan beyaz renkli tanklarda ve mümkün ise yer altında saklanmalıdır.
- Karışım suyuna buz katılabilir ya da su sıvı nitrojen ile soğutulabilir.
- Çimento stoktan kullanılmalıdır.
- Çimento dozajı kontrollü olarak dayanım ve dayanıklılık kriterlerini sağlayacak şekilde bir miktar azaltılabilir.
- Hidratasyon ısısı düşük çimento kullanılmalıdır.
- Taşıma esnasında kaybolacak su hesaplanıp reçete ona göre revize edilmelidir.
- Akışkanlaştırıcı ve priz geciktirici kimyasal katkıları kullanılmalıdır.
- Agreganın su emmesi doğru tespit edilip karışım dizaynına buna göre hazırlanmalıdır.

2.4.1.2. Beton Taşınırken Alınması Gereken Önlemler

- Hazır beton gitmesi gereken yere zamanında gitmelidir.
- Mikser devri yüksek olmamalıdır.
- Teslim yerine en kısa mesafeden gidilmelidir.
- Kuru sistem tercih edilebilir.

2.4.1.3. Beton Dökülmeden Önce Alınması Gereken Önlemler

- Beton dökülecek zemin ıslatılıp suya doygun hale getirilir. Bu sayede taze betondaki suyun zemin tarafından emilmesi engellenir.
- Kalıplar ve donatılar nemlendirilir.
- Aşırı rüzgâr var ise döküm yeri etrafına rüzgâr kırıcı yerleştirilebilir.
- Gölgelekle kullanılarak beton güneş ışığından korunabilir.
- Tüm işçiler ve gerekli ekipmanlar beton dökümü için hazır olmalıdır.
- Gün içinde sıcaklığın azaldığı saatlerde beton dökümü yapılmalıdır.

2.4.1.4. Beton Dökümünde Alınması Gereken Önlemler

- Beton sıcaklığı sürekli olarak kontrol edilmelidir.
- Aşırı vibrasyon yapılmamalıdır.
- Döküm en kısa sürede gerçekleştirilmelidir.
- Bitirme işlemi yüzeyde su kalmayınca hemen yapılmalıdır.
- Betonun döküldüğü nokta yerleştirileceği yer olmalıdır. Betonun bir bölgeye dökerek çekmek veya aktarmak yöntemi ile yerleştirileceği bölgeye taşımadan

mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır. Beton döküldüğü bölgeden en fazla 3 m²'ye kadar yayılabilir.

- Beton mümkün olduğunca yatay tabakalar halinde dökülmelidir. Her bir tabakanın kalınlığı 15-30cm arasında olmalıdır. Tabaka kalınlıkları her bölgede eşit ve homojen olmalıdır.
- Beton serbest olarak en fazla 1,5m yükseklikten dökülmelidir. Daha yüksekten dökmek gerektiğinde önlem alınmalıdır. (Örneğin kolonlara cep konulabilir veya düşürme oluğu kullanılabilir vb.)
- Betonun dökülmesinde temel hedef ayrıştırmama ve homojenliğin korunması olmalıdır.
- Beton daima kalıba düşey yönde, dik olarak dökülmelidir.
- Beton dökümü kesintisiz ve sürekli olmalıdır. Soğuk derzlere olanak verilmemelidir. Bunun için döküm hızı çok iyi planlanmış olmalı ve uygulanmalıdır.
- Döküme ara vermek zorunluluğunda iş derzleri bırakılmışsa dökümün devamında derz yüzeyi temizlenmeli ve suya doygun kuru duruma getirilmelidir.
- Döküm esnasında kalıp ve donatılara fiziksel darbelerden kaçınılmalıdır.
- Yerleştirme sırasında sıkıştırma (vibrasyon) ve yüzey bitirme işlemleri belli bir uyum içinde ardışık olmalıdır [14].

Sıkıştırma, beton dökümünün sonuca etki eden en önemli aşamasıdır. Sıkıştırmanın amacı; betondaki hava boşluklarını dışarı atarak boşluksuz ve geçirimsiz bir yapı oluşturmak, beton-donatı arasındaki aderansı tam anlamıyla sağlamak, betonu kalıbın her noktasına yaymaktır.

İdeal bir sıkıştırmanın teşkili ancak vibratörlerle olur. Yeni deprem yönetmeliğine göre de kullanılması zorunlu hale getirilen vibratörler, beton dökümünde betonun kendisi kadar, olmazsa olmaz olan önemli bir gereçtir.

Özellikle erken yaşlarda betondaki buharlaşmanın sonucunda meydana gelen su kaybı, hidratasyonu olumsuz olarak etkilemekle kalmaz, rötre çatlaklarına da neden olabilir. Buharlaşma ve bunun sonucunda oluşacak su kaybı hava sıcaklığı, bağıl nem, beton sıcaklığı ve rüzgar hızına bağlı olarak değişebilir [15].

2.4.1.5 Beton Dökümünden Sonra Alınması Gereken Önlemler

- Su ile kür yapılması

- Beton yüzeyini örtü ile kaplayarak kür yapılması
- Kimyasal madde ile kür yapılması

2.4.2. Soğuk Havada Beton Dökümü

Soğuk hava, üç günden fazla sürede ortalama hava sıcaklığının $+4^{\circ}\text{C}$ 'nin altında olması ile tanımlanır. Bu nedenle beton yerleştirilirken, bitirilirken ve kürü (bakım) yapılırken önlemler alınması gerekmektedir. Soğuk havanın betona olumsuz etkileri olabileceği bilinmektedir. Ayrıca sadece soğuk hava değil, hava sıcaklığındaki ani değişim de önlem alınmasını gerektiren bir durumdur.

Beton plastik halde iken -4°C 'nin altına düştüğünde beton donma tehlikesi ile karşılaşır. Eğer donma gerçekleşirse beton dayanımı en az %50 oranında azalır ve beton dayanıklılığı (durabilite) olumsuz şekilde etkilenir. Betonun en azından 3,5 MPa basınç dayanımına ulaşıncaya dek donması engellenmelidir. Ki bu dayanım beton sıcaklığı 10°C iken ve yerleştirildikten 2 gün sonra elde edilebilir.

Beton sıcaklığının olması gerekenden az olması hidrasyon reaksiyonlarını (çimento ile su arasında) etkiler ve bunun sonucunda priz alma ve dayanım kazanma hızları sıcaklık oranında düşer. Örneğin beton sıcaklığındaki 10°C 'lik bir düşüş priz alma süresini iki kat arttırır. Bu sürenin artması elbette kalıpların zamanında kaldırılmamasına ve iş süresinin artmasına neden olabilir. Kısaca beton dayanımı ve dayanıklılığı etkilendiği gibi ekonomik olumsuzluklarda meydana gelebilmektedir.

Soğuk havada suya yâda sık donma-çözünme döngülerine maruz kalan betona hava sürüklenmelidir. Yeni yerleştirilmiş ve suya doymuş beton en azından 24 MPa'lık basınç dayanımına ulaşmadan donma-çözünmeye karşı korunmalıdır. Bunun için kimyasal katkı kullanılır.

Hidrasyon reaksiyonu ısıveren (ekzotermik) bir reaksiyondur. Yeni yerleştirilmiş beton bu ısıya karşı yeterince yalıtılmalı ve uygun kür (bakım) sıcaklığında olması sağlanmalıdır. Özellikle soğuk havalarda beton yüzeyinde sıcaklık ile iç sıcaklık arasında büyük fark oluşur. Bu ısı fark betonda gerilmelere ve dolayısıyla çatlaklara neden olur. Bu sıcaklık farkının 20°C 'nin üzerinde olmaması gerekmektedir. Kullanılan koruyucu malzemeler kademeli bir şekilde kaldırılmalıdır. Bu sayede sıcaklık farkı daha az değişmiş olur.

Sıcaklık arttıkça betonun su kaybı da artar. Bunun sonucu beton çatlamaya karşı daha hassas olur. Aslında soğuk havada uygun yapılan beton yerleştirmesi daha kaliteli

beton elde etme imkânı verir. Çünkü betonun başlangıç sıcaklığının düşük olması son dayanımın yüksek olmasına neden olur.

Yavaş priz alma ve dayanım kazanma beton işinin daha uzun sürmesine, kalıpların daha uzun süre kullanılmasına neden olur. Ancak betona katılacak kimyasal katkıları ile betonun priz alma ve dayanım kazanma hızı hızlandırılabilir. Kış mevsiminde bu nedenle hızlandırıcı ve su kesici kimyasal katkıları kullanılır. Kullanılacak katkıda bulunan maddeler önemlidir. Özellikle donatılı ve ön-çekmeli betonlarda bazı katkıları korozyona neden olabilir. Bu nedenle katkı seçimine dikkat edilmelidir. Hızlandırıcı kimyasal katkıları betonu donmadan koruyamaz. Çünkü beton sıcaklığına herhangi bir etkileri yoktur.

Beton pratik olarak işlenebileceği en düşük kıvam sınıfında olmalıdır. Bu terleme miktarını ve priz alma süresini düşürür. Su eklenmesi priz alma süresini uzatır ve beton terlemeye devam eder. Terlemenin devam etmesi bitirme işlemlerine başlanmasını geciktirir. Erkenden yapılan bitirme işlemi sonucunda beton yüzeyi zayıf kalabilir.

Beton yüzeyinde kar, buz ya da kırıntı bulunmamalıdır. Bunlar hemen beton yüzeyinden atılmalıdır. Ayrıca beton sıcaklığı ve kalıpların sıcaklığı (özellikle metal kalıp) donma sıcaklığından yüksek olmalıdır. Bu daha önceden zeminin ve temas yüzeylerinin yalıtılmasını ya da ısıtılmasını gerektirebilir.

Şantiyede, betonu yerleştirirken ya da yerleştirdikten sonra erken yaşta donmaya ve hidrasyon ısisına karşı koruyacak gerekli malzeme ve ekipman bulundurulmalıdır. Genelde yalıtkan battaniyeler ve plastik örtüler kullanılır. Köşe ve uç noktalar ısı kaybına en hassas yerlerdir ve daha fazla önem isterler.

Betonun plastik halde iken kuruması plastik rötre çatlaklarına neden olur. Sıcak havalarda betonun nemlendirilmesi uygun iken soğuk havada uygun değildir. Çünkü beton içindeki su donma sonucu hacimce artar ve betonda gerilmeye neden olur. Soğuk havada en iyi kür uygulaması beton yüzeyini su kaybından ve soğuktan koruyacak malzemeler kullanılarak yapılır.

Özellikle beton kesitinin kalın olduğu ve çok soğuk havalarda yalıtkan battaniye ve plastik örtü kullanılmalıdır. Bu malzemeler çevre koşullarına, beton karakteristiğine ve yapıya etkiyen yük durumuna göre 1 ile 7 gün arasında beton yüzeyinde bulunmak zorundadır. Yerinde beton basınç dayanımı tespiti için koruyucu malzemeler kaldırılmadan ve yük uygulanmadan hasar vermeyen metotlar kullanılır. Yapı kalite güvenliği için karot alınmayabilir.

Beton numuneleri içinde koruyucu önlemler alınmalıdır. Numuneler ilk 24 saat için sıcaklıkları 16°C ile 27°C arasında olacak şekilde yalıtılmış kutularda korunur. Kutularda en düşük ve en yüksek sıcaklığı kaydeden termometre bulunması faydalıdır.

2.4.2.1. Soğuk Havada Beton Uygulaması Yapılırken Yapılması Gerekenler

- Betonun suya ya da donma-çözünme durumuna maruz kalması bekleniyorsa hava sürükleyici kimyasal katkıları kullanın.
- Yağmur ve kar yağışına karşı beton yüzeyi korunmalıdır.
- Beton tavsiye edilen beton sıcaklığında yerleştirip işlem yapılmalıdır.
- Betonun pratik olan en düşük kıvam sınıfında yerleştirmek gerekir.
- Plastik haldeki beton yeterli dayanıma ulaşıncaya dek donma-çözünme'ye karşı korunmalıdır.
- Koruyucu kür malzemeleri kaldırılırken ani sıcaklık değişimi olmamasına dikkat edilmelidir.

Taze betonun döküldüğü ortamın sıcaklığı bir gün içinde +5°C'nin altına düşerse 48 saat süreyle, bir günden fazla +5°C'nin altına düşerse 72 saat süreyle don etkisinden korunmalıdır [15].

2.5. Betonu Oluşturan Elemanlar

- a- Çimento
- b- Karışım suyu
- c- Agregat (kum, çakıl vb.)
- d- Katkıları

2.5.1. Çimento

Çimento, kalker ve kil taşları karışımının yüksek sıcaklıkta pişirildikten sonra öğütülmesinden elde edilen bağlayıcı bir malzemedir. Çimento su ile karıştırılıp bir hamur haline getirildikten bir süre sonra katılaşarak taşlaşmaya başlar [16]. Priz olarak adlandırılan bu katılaşmanın süresi, ortamın koşullarına bağlıdır. Normal koşullar altında katılaşma 1 ile 10 saatte gerçekleşir. Aşırı olmamak koşulu ile artan sıcaklık altında katılaşma hızlanır. Katılaşma ile birlikte "sertleşme" olarak tanımlanan, betonun dayanım kazanma olayı başlar. Dayanım zamanla artar ve çimento hamurunun tam dayanımı ulaşması uzun bir süre alır.

Çimento, ana hammaddeleri kalkerle kil olan ve mineral parçalarını (kum, çakıl, tuğla, briket gibi) yapıştırma için kullanılan bir malzemedir. Çimentonun bu yapıştırma özelliğini yerine getirebilmesi için mutlaka suya ihtiyaç vardır. Çimento, su ile reaksiyona girerek sertleşen bir bağlayıcıdır. Kırılmış kalker, kil ve gerekiyorsa demir cevheri ve/veya kum katılarak öğütülüp toz haline getirilir. Bu malzeme 1400- 1500 C°’ de döner fırınlarda pişirilir. Meydana gelen ürüne “klinker” denir. Daha sonra klinkere bir miktar alçı taşı eklenip (%4-5) oranında, çok ince toz halinde öğütülerek Portland Çimentosu elde edilir. Katkılı çimento üretiminde; klinker ve alçı taşı dışında, çimento tipine göre tek veya bir kaç bir arada olmak üzere tras, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı vb. katılır. Çimento birçok beton karışımında hacimce en küçük yeri işgal eden bileşendir. Ancak beton bileşenleri içinde en önemlisidir .

Normal betonda agrega taneleri en sağlam unsur olduğundan, diğer iki unsur (çimento hamuru ve aderans) mukavemeti belirlemektedir. Çimento hamurunun mukavemeti önemli ölçüde su/çimento oranına da bağlıdır. Çimento seçimi için en uygun ve en uygun yöntem ya her uygulamanın özel ihtiyacına uygun ya da bunun yerine üretici firmanın güncel olarak kullandığı çimento tipinin seçilmesidir. Yine çimento seçiminde dayanım ve dayanıklılık önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır [17]. Betonda kullanılan çimento tipleri ve uygunluk değerlendirmesi TS EN 197 serilerinde standartlaştırılmıştır.

Yeni TS EN 197-1 standardı, ülkemizde şu anda beton üretiminde kullanılan çimento tiplerinden daha fazla çimento tipinin kullanılabileceğini sağlamaktadır. TS EN 197-1’e göre çimento su ile karıştırıldığında hidrasyon reaksiyonları ve prosesler nedeniyle priz alan ve sertleşen bir hamur(pasta) oluşturan ve sertleşme sonrası suyun altında bile dayanımını ve kararlılığını koruyan inorganik ve ince öğütülmüş hidrolik bağlayıcıdır [18]. TS EN 197-1 çimentoları, CEM I’ den (Portland çimentosu) CEM V’ e (kompoze çimento) kadar beş ana tipte işaretlenmektedir. İşaretlenme şunları içermektedir; ana çimento tipi, portland çimento klinkeri oranı.

İkinci ana bileşen standart örneğin 28 günlük dayanım sınıfı ve erken dayanım hızı. Örneğin; bir portland cürufu tipi şu şekilde gösterilir. CEM II/A-S 42,5N
ASTM C-219’da ise çimento için içerisinde özellikle hidrolik kalsiyum silikat ve genellikle de bir veya birden çok miktarda kalsiyum sülfat içeren klinkerin öğütülmesiyle elde edilmektedir tanımı yapılmaktadır [19].

2.5.1.1 Çimentonun Bileşen Malzemeleri

TS EN 197-1' deki değişik çimento tiplerine göre çimentonun bileşen malzemeleri şu şekildedir.

- Ana bileşen, örneğin portland çimentosu klinkeri
- İkinci ana bileşen, örneğin uçucu kül, yüksek fırın cürufu, kalker, silis dumanı
- Minör ilave bileşen, örneğin uçucu kül, yüksek fırın cürufu, kalker, dopal puzzolan
- Priz ayarlayıcı örneğin kalsiyum sülfat
- Kimyasal katkılar örneğin pigmentler hava sürükleyici katkılar.

İkinci ana bileşen belirten harfler şu şekildedir.

S – Yüksek Fırın Cürufu

D – Silis Dumanı

P – Doğal Puzzolan

Q – Doğal Kalsine Puzzolan

V – Silisli Uçucu Kül

W – Kalkersi Uçucu Kül

T – Pişmiş Şist

M – Yukarıda belirtilen ikinci bileşenlerden ikisi veya daha fazlası.

Çimento genellikle gri renktedir. Bu gri renk çimento üretiminde kullanılan hammaddelerde çok küçük miktarda yer alan demir oksitten kaynaklanmaktadır. Pişirilmek üzer seçilen hammaddelerde demir oksit ve mangan oksit bulunmadığı takdirde, üretilen çimentonun rengi beyaz veya beyaza yakın renkte olmaktadır. Portland çimentosu toz gibi nice tanelidir. Tanelerin boyutları 1-200 µm arasında değişmektedir. Portland çimentosunun özgül ağırlığı 3,10-3,15 gr/cm³ kadardır. Torbalanmış durumdaki çimentonun birim ağırlığı 1,5 t/m³ civarındadır. Çimento ve suyun birleştirildiği andan itibaren hidratasyon adı verilen kimyasal reaksiyon başlar [20].

Çimento beş ana tipte gruplandırılmıştır.

- 1- CEM I Portland Çimentosu
- 2- CEM II Portland Kompoze Çimento
- 3- CEM III Yüksek Fırın Cürufllu Çimento
- 4- CEM IV Puzzolanlı Çimento
- 5- CEM V Kompoze Çimento

Tablo 2.5. TS EN 197-1' e göre çimento tipleri

Çimento	TS EN 197-1 İşaretleme	Klinker İçeriği
Portland Çimento	CEM I	%95-100 Klinker
Portland Cürüflu Çimento	CEM II/A-S	%80-94 Klinker + %6-20 Cüruf
	CEM II/B-S	%65-79 Klinker + %21-35 Cüruf
Portland Silis Dumanlı Çimento	CEM II/A-D	%90-94 Klinker + %6-10 Silis Dumanı
Portland Puzolanlı Çimento	CEM II/A-P	%80-94 Klinker + %6-20 D.Puzolan
	CEM II/B-P	%65-79 Klinker + %21-35 D.Puzolan
	CEM II/A-Q	%80-94 Klinker + %6-20 DK.Puzolan
	CEM II/B-Q	%65-79 Klinker + %21-35 DK.Puzolan
Portland Uçucu Küllü Çimento	CEM II/A-V	%80-94 Klinker + %6-20 SU. kül
	CEM II/B-V	%65-79 Klinker + %21-35 SU. kül
	CEM II/A-W	%80-94 Klinker + %6-20 KU. kül
	CEM II/B-W	%65-79 Klinker + %21-35 KU. kül
Portland Pişmiş Şistli Çimento	CEM II/A-T	%80-94 Klinker + %6-20 P.Şist
	CEM II/B-T	%65-79 Klinker + %21-35 P.Şist
Portland Kalkerli Çimento	CEM II/A-L	%80-94 Klinker + %6-20 L.Kalker
	CEM II/B-L	%65-79 Klinker + %21-35 L.Kalker
	CEM II/A-LL	%80-94 Klinker + %6-20 LL.Kalker
	CEM II/B-LL	%65-79 Klinker + %21-35 LL.Kalker
Portland Kompoze Çimento	CEM II/A-M	%80-94 Klinker + %6-20 Katkılar
	CEM II/B-M	%65-79 Klinker + %21-35 Katkılar

2.5.2. Karışım Suyu

İçme suyu olarak kullanılmasına izin verilen su, beton karışımında da kullanılabilir. Suda kesinlikle asit bulunmamalıdır. Karışım suyunda yüksek oranda tuz bulunması da sakıncalıdır. Şüpheli durumlarda su mutlaka tahlile gönderilmelidir.

Karışım suyu olarak doğada bulunan her türlü su kullanılabilir. Ancak karışım suyunda beton prizini, katılaşmayı engelleyecek, donatı korozyonuna sebep olabilecek maddeler, bitkisel ve hayvansal yağlar, alkali tuzlar amino asitler ve diğer zararlı maddeler bulunmamalıdır. Bu nedenle tuzlu, şekerli sular, deniz suları, endüstri atıkları ile pislenmiş sular, bataklık suları vs. beton yapımında kullanılmamalıdır.

Bir dereeden alınan ve içinde çeşitli maddeler bulunan su, ya dinlenme havuzlarında dinlendirilmeli ya da çeşitli metotlarla temizlenmelidir. Bu konuda yapılan bazı deneyler göstermiştir ki %1'e kadar SO_4 ihtiva eden suların betonda tesiri pek fazla değildir. %0,5'lik bir SO_4 konsantrasyonu betonda ortalama %4'lük bir mukavemet düşmesine neden olurken, %1'lik bir konsantrasyonda azalma %10'u geçmektedir. %5'lik bir tuz, mukavemeti %30 azaltmaktadır. Az miktarda sülfat ve klorür ihtiva eden yüksek karbonlaşmış mineralli sular, %80 kadar düşük mukavemete sebep olmaktadır [21].

Betonda kullanılacak en iyi karma suyu içme suyu tavsiye edilir. Önceden denenip uygun sonuç alınan sularda kullanılabilir. İçerisinde betonun dayanımını olumsuz etkileyen amonyum tuzları, serbest klor organik maddeler ve madeni yağlar gibi maddeler bulunmaması gerekir. Kullanılan su çimentonun katılaşması için gerekli olmasının yanında betonun işlenebilirliğini de sağlamaktadır. Kullanılan su-çimento oranı iyi ayarlanmalıdır. Su-çimento oranı, betonun dayanımını ve dış etkilere karşı dayanıklılığını belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Su-çimento oranı ile betonun dayanımı ters orantılıdır. Karışımında kullanılacak su-çimento oranı küçüldükçe beton dayanımı artar.

Beton üretiminde kullanılan karışım suyunun iki önemli işlevi vardır.

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

Kıvam $1m^3$ 'e giren su miktarına bağlıdır. Beton mukavemeti su/çimento oranına bağlıdır. İşte bu sebeple taze betonda daha fazla kıvam kazandırmak amacıyla fazladan su katmak betonun mukavemetini yok eder. Genel olarak içilebilir nitelik taşıyan bütün sular betonda kullanıma uygundur. Ancak betonda kullanılacak suyun içilebilir özellikte olması şart değildir. Bir takım ön deneyler yapılmak kaydıyla içilemeyen sular ile gayet kaliteli betonlar elde edilebilir. Bununla birlikte karışım suyu içerisinde bulunabilecek tuz, asit,

yağ, şeker kanalizasyon ve endüstriyel atıklar gibi bazı maddeler betonda istenmeyen etkilere sebep olabilir. Karışım suyunun analizlerle belirlenmesi ve kalitesinin belirli aralıklarla denetlenmesi şarttır. Betonun bünyesinde çimento ile reaksiyona girmeyen fazla suyun bıraktığı boşluklar yalnız dayanımı düşürmekle kalmamaktadır. Boşluklardan içeri giren zararlı unsurlar (klor, sülfat vb. zararlı etkenler) beton ve donatıya zarar vermekte ve betonun ömrünü kısaltmaktadır.

Betonda kullanılacak su, asit özelliği taşımamalı ($pH > 7$ olmalı); zararlı etkisi olacak oranda karbonik asit, mangan bileşikleri, amonyum tuzları, serbest klor, madensel yağlar, organik maddeler ve endüstri atıkları içermemelidir. Litresinde en çok çözülmüş olarak 15 g ve yüzer olarak 2 g madeni tuz, en çok 2g SO_3 bulunabilir. Yüksek alüminli çimento ile yapılan betonlarda deniz suyu kullanılamaz. Çimento, hidrasyon için ağırlığının % 25'i kadar su miktarına ihtiyaç duyar. Bu miktarın üzerinde kullanılan su miktarı sadece işlenebilirliği artırma amacına yöneliktir. Bu zamanla betonun bünyesini terk ederek yerini boşluklara bırakmaktadır. Karma suyu miktarı ne kadar fazla olursa boşluklar da o kadar fazla olur ve bu durum sadece dayanımı olumsuz yönde etkilemekle kalmaz, betonun durabilitesini de olumsuz yönde etkiler.

2.5.3. Agregalar (Kum, Çakıl vb.)

Agregalar ufalanmış taş taneleridir. Mineral kökene sahip çeşitli boyutlarda ser tanelerden oluşan malzemelerdir. Tabii etkenlerin etkisiyle ufalanma ürünü olup tabiatta hazır rastlanan tanelere iriliklerine göre kum veya çakıl adı verilir. Ufalanma, insan eliyle veya makineler yardımıyla yapılacak olursa kırmızı taş veya sadece kırma denilen agregalar elde edilir. Doğal taş yerine tuğla, kiremit gibi yeteri kadar sert ve sağlam bazı sanayi ürünleri veya atıkları da kırma olarak kullanılır. Demek ki, agregalar kırma taş, dışık, çakıl, kum ve benzerleri gibi taneler olup bir bağlayıcı yardımı ile bağlandıkları vakit beton, harç, asfalt veya benzerleri gibi sağlam kütleler getiren cisimlerdir.

Beton agregası, beton veya harç yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen, organik olmayan, doğal veya yapay malzemenin genellikle 100mm'yi aşmayan (hatta yapı betonlarında çoğu zaman 63mm'yi geçmeyen büyüklüklerdeki kırılmamış veya kırılmış tanelerin oluşturduğu bir yığındır [22]. Beton yapımında kullanılan çeşitli agregalardan bazı örnekler şunlardır: kum, çakıl, kırma taş, yüksek fırın cürufu, pişmiş kil, bims, genleştirilmiş perlit ve uçucu külden elde

edilen uçucu kül agregası. Agregalar betonun hacminin yaklaşık olarak %70-80'ini oluşturmaları nedeniyle agregaların kalitesi beton üretiminde oldukça önemlidir [23].

Betonda agreganın kullanılması sağladığı teknik özelliklerin başında, sertleşen betonun 'hacim değişikliğini' önlemesi veya azaltması sertleşmiş betonun 'aşınmaya karşı dayanımını' arttırması, çevre etkilerine karşı 'dayanıklılığını' arttırması ve kendi dayanım gücünün yüksekliği nedeniyle betonun taşımakta olduğu yüklere karşı 'dayanımı' sağlayabilmesi gelir.

Betonda kullanılan agreganın dayanıklılığı, gözenekliliği, su geçirgenliği, mineral yapısı, tane şekli, gradasyonu, tanelerin yüzey pürüzlülüğü, en büyük tane boyutu, elastiklik modülü, termik genleşme katsayısı, agregada kil olup olmadığı ve agreganın temizliği gibi birçok özellik beton dayanıklılık türlerinin bir veya daha fazlasını etkilemektedir.

Agrega üretim merkezlerinde, beton santrallerinde ve şantiyelerde agreganın yığınlarının depolanmasında ve taşınmasında şu hususlara dikkat etmek gerekmektedir;

- Agreganın tanelerinin kirlenmemesi için önlem alınmalıdır. Agreganın kirlenmemesi veya dikkatsizlik sonucu agreganın içerisine zararlı maddelerin girmemesi için gerekli özen gösterilmelidir.
- Agreganın yığınları oluşturulurken, mümkünse sert ve temiz bir zemin seçilmeli veya beton döşeme hazırlanarak agregalar bu döşeme üzerine yığılmalıdır; Tabana önceden kum, çakıl veya kaya parçaları da serilerek agreganın yığını böyle bir zemin üzerine oturtulabilir. Agregadaki suyun yığından dışarıya kolayca drenajını sağlayabilecek önlemler alınmalıdır. Çevredeki gevşek toprak tanelerinin rüzgâr etkisiyle agreganın danelerinin arasına karışmamasına dikkat edilmelidir.
- Ayrışmaya neden olunmamalıdır. Agregaların bir yere yerleştirilmesi, depolanması veya taşınması esnasında iri agregaların ve ince agregaların bir yığın içerisinde adeta ayrı ayrı kümeler oluşturarak ayrışma (segregasyon) yapmasını önleyecek önlemler alınmalıdır.

Agregaların kullanma yeri ve amacına göre, granülometrik bileşim, tane şekli, tane dayanımı, aşınma direnci, donatı dayanıklılığı ve zararlı maddeler bakımından TS 706 standardının gereklerini yerine getirmelidir. Ayrıca, suyun etkisi altında yumuşamamalı, dağılmamalı, çimentonun bileşenleri ile zararlı bileşikler meydana getirmemeli ve donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidir.

Beton içerisinde kullanılacak agregaların bazı özelliklere sahip olması gerekir. Kullanılan agregalar, betonu etkileyen en önemli yapı malzemesi olduğundan temiz (kil, organik maddeler, kömür, linyit vb. betona zarar veren maddelerden uzak) olmalı, kendilerinden beklenen sertlikte dış etkiler dayanıklı ve geçirimsizliği az olmasına dikkat edilmelidir.

Agrega özellikleri betonun özelliklerini etkilediği gibi, beton karışımında yer alacak malzeme miktarlarını, o nedenle de betonun ekonomikliğini de etkilemektedir. Betonun ekonomikliğini de etkileyen bir başka faktör ise, agreganın ne kadar uzak mesafeden temin edilebileceği, maliyeti bulunabilirliğindeki kolaylıktır. Beton üretiminde, agreganın kolaylıkla elde edilebilmesi hususu da büyük önem taşımaktadır.

2.5.3.1. Agregaların Sınıflandırılması

Agregaları birçok şekilde sınıflandırabilmek mümkündür. Sınıflandırma işlemi agregaları daha iyi tanımlamak ve değişik sınıflara ait agregaları beton yapımında daha doğru tarzda kullanabilmek amacıyla yapılmaktadır. Sınıflandırma işlemi belirli bir sınıf içerisinde yer alan agreganın beton için uygunluğunu göstermemektedir. Herhangi bir agreganın beton yapımı için uygunluğuna karar verebilmek için o agreganın özelliklerinin deneysel olarak araştırılmasına gerek vardır.

Agregalar için genel olarak yapılan sınıflandırmalar şöyledir:

- 1- Kaynağına göre: Doğal, Yapay
- 2- Özgül ağırlık veya birim ağırlıklarına göre: Normal ağırlıklı, Hafif, Ağır
- 3- Tane büyüklüğüne göre: İri, İnce
- 4- Tane şekline göre: Yuvarlak, Köşeli (kırmı taş gibi), Yassı, Uzun
- 5- Yüzey dokusuna göre: Düzgün, Granüle, Pütürlü, Kristalli, Petekli
- 6- Üretime (elde edilişlerine) göre: Doğal, Yan Ürün, Isıl işleme tabi tutulmuş
- 7- Jeolojik orijinlere göre: Volkanik, tortul, Metamorfik
- 8- Mineralojik yapılarına göre: Silis mineralli, Karbonat mineralli, Mikalı, vb.

9- Reaktif özelliklerine göre (agregaların yapısında, çimento içerisindeki alkalilerle reaksiyona girerek betonda genleşme yaratabilecek reaktif silis ve reaktif karbonat içerip içermediklerine göre) : Reaktif, Reaktif olmayan

Bu değişik tarzdaki sınıflandırmalar arasında en çok kullanılanları ilk dört sırada yer alan sınıflandırma tarzlarıdır.

Beton agregalarında elek analizi, yassı özgül ağırlık ve su emme gibi deneyler uygun aralıklarla yapılarak kalite sürekliliği takip edilmelidir.

Doğal agregalar nehir yatakları, eski buzul yatakları, deniz ve göl kenarları, taş ocakları gibi doğal kaynaklardan elde edilmiş fakat konkasörde kırma, eleklerden eleyerek değişik boyutlarda sınıflarına ayırma ve yıkama işlemler dışında, doğadaki yapılarında değişiklik yaratacak hiçbir işlem uygulanmamış agregalardır.

Doğal agregalar agrega ocağından, kırıcıdan veya sanayiden doğrudan doğruya elde edilen karışık agregadır. Maksimum tane büyüklüğünden büyük taneleri ayırmak için elenmiş agregalara da doğal karışık agrega denir.

Hazır Karışık Agregası: İnce ve iri agreganın veya birkaç tane sınıfına ayrılmış bu agregaların belirli tane dağılımı (granülometrik) sağlayacak şekilde beton yapımı sırasında yerinde birbirine karıştırılması ile meydana gelen agregadır.

Kum çakıl ve kırma taş en tipik en çok kullanılan doğal agregalardır. Hafif beton yapımında kullanılan ponza taşı ve bims gibi hafif agregalar ile ağır beton yapımında kullanılan hematit, magnetit, barit gibi demir cevherinin kırılmasıyla elde edilen ağır agregalarda doğal agrega sınıfına girmektedir.

Yapay agregalar beton üretimi ile doğrudan ilgisi bulunmayan bir endüstri kolunda yan ürün veya atık malzeme olarak ortaya çıkan malzemelerden üretilen agregalar veya bir malzemeye ısı işlem uygulayarak beton yapımında kullanılmaya uygun duruma getirilen agregalardır. Yapay agregalar arasında en çok kullanılanları şunlardır:

Yüksek fırın cürufu, genleştirilmiş kil agregası, uçucu kül agregası ve genleştirilmiş perlit. Geri kazanılmış agregalardan da son yıllarda faydalanılmaktadır.

Doğal agrega oldukları bilinen kumlar ve çakıllar, atmosferik etkenlerin ve zamanın etkisiyle kayaların, taşların parçalanıp sürüklenerek ufalanmasından meydana geldiklerine göre en dayanıklı ve sağlam minerallerden meydana gelirler. Harç ve betonlarda kullanılan kum ve çakılların çoğu ırmak, çay, dere gibi su akımlarının bıraktıkları ve dere kumu adı verilen çeşit veya buz kütlelerinin sürükleyip yığdıkları kum yataklarından çıkarılanlardır. Diğer kaynaklar, ufalanmış gevrek kumtaşı (gre) ile plaj ve sahillerde bulunan deniz kumudur. Deniz kumu, agrega olarak değerli bir malzeme olmakla beraber bulaşık bulunduğu çözelti ve tuzlar dolayısıyla mimari yapılarda ve ev inşaatında oldukları gibi kullanımları doğru değildir. Ancak, bol tatlı su ile yıkandıktan sonra sözü geçen yapılara ait harç ve betonlarda kullanılabilirler. Öyle olmazsa nemden kurtulmak çok güçtür. Kum, çakıl veya bollast arasındaki fark dayanıksız olup irilik ve ufaklığa tabidir. Kum

taneleri tek başına mineral olup çok defa quartzdan ibarettir. Bundan başka az miktarda feldspat, kil, mika pulcukları ve siyah demir gibi minerallere hatta bazen maden kömürü taneciklerine bile rastlanır.

Çakıllar ise çeşitli minerallerden ibarettir ve bir çakıl tanesi bu bakımdan çoğunlukla heterojendir. Granit, çakılların nasıl bir bileşiği ise kumtaşı ve kireçtaşı parçacıklarına da rastlanır. Beton agregası olarak çakılları oldukları gibi veya kırılmış olarak kullanmak kabildir. O halde daha köşeli ve keskin bir agregada elde edilmiş olur. Bu şekil, bağıntı bakımından kırılmamış çakıla tercih edilirse de, bu çeşit agregada ile hazırlanan betonlarla çalışmak daha güçtür ve daha fazla su kullanılmasını gerektirir. Aynı şartlar altında, kırma ile yapılan betonun direnci biraz daha üstündür.

2.5.3.2. Betondaki Agreganın Özellikleri

Betonun niteliğini ve özelliklerini, betonu oluşturan su, çimento ve agregada önemli ölçüde etkiler. Agregaların genel olarak beton içerisinde çimento hamuru tarafından doldurulacak boşlukları azaltması betonu rijit bir iskelet yapıda tutması gibi iki temel fonksiyonu bulunmaktadır [24].

Beton üretiminde kullanılacak olan agregada karışımlarının granülometrik eğrilerinin bu bölgeler dışına taşmaması istenir. Bu bölgelerin sınırlarını oluşturan eğrilere granülometri sınır eğrileri denir. İster doğadan sağlanan karışık agregada olsun, isterse iri ve ince agreganın veya birkaç tane sınıfa ayrılmış agregaların belirli oranlarda karıştırılması ile hazırlanan karışık agregada olsun, beton üretiminde kullanılacak agregada karışımları için bu koşul aranmaktadır.

İri agregada tanelerinin şekli bu malzemeden üretilecek betonun özelliklerini önemli derecede etkiler. Beton özellikleri bakımından uygun agregada taneleri, küresel ve kübik şekle benzeyen tanelerdir. Bu şekillerden çok ayrılan uzun yassı ve çubuk şeklinde olan tanelere kusurlu taneler denir. Kusurlu tanelerin karışımda belirli bir miktardan fazla bulunması, agreganın kompaktitesini ve dolayısıyla betonun sıkılığını önemli ölçüde azaltmakta ve sonuçta düşük dayanımlı betonların elde edilmesine neden olmaktadır.

Tanenin en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı 3'ten büyük olan taneler şekilce kusurlu tanelerdir. Bu tanıma yassı disk şeklindeki tanelerle, uzun silindir ve çubuk şeklindeki taneler girer. Bir agregada örneğinde disk çubuk ve silindir şeklindeki tane ağırlığının toplam ağırlığa oranı %15'i aşmamalıdır. TS 706'ya göre ise tane boyutu

8mm'nin üzerindeki agregalarda şekilce kusurlu tane oranı ağırlıkça %50'den çok olmamalıdır.

Genel olarak beton imalinde kaba ve ince agrega olarak tabii çakıl ve tabii kum kullanılır. Ancak tabii malzeme kalite yönünden uygun değilse veya ekonomik olarak elde edilemiyorsa tabii çakıl yerine kırma taş veya bazen de tabii kum yerine kırma kum kullanılır.

Bazı betonların imalinde özellikle hafif betonlarda yapay(suni) agregalarda kullanılır. Bu agregalar, bilhassa yüksek fırın cürufunun soğutulup genişletilerek kırılmasıyla elde edilen cüruf agregaları ile perlit, obsidiyen gibi fırınlarda ısıtılıp genişletilerek kırılmasıyla elde edilen hafif agregalardır [25].

Betonda kullanılacak olan agregalar, rutubet ve sıcaklık değişiminden dolayı hacim değişikliği göstermemelidir. Bentonit gibi muayyen kil mineralleri ıslanma ve kuruma ile önemli ölçüde genişler ve büzülür. Bu esnada beton çatlayacağı gibi teşekkül eden kil agreganın kirlenmesine ve çimentonun bağlanmasına engel olur. Dolayısıyla beton dayanımında düşüş meydana gelir.

Agregaların dona karşı dayanıklı olması da çok önemlidir. Su absorbe etmeyen ve oldukça poroz malzemeler don ve çözülmeye dayanıklıdır. Agregaların su emme özellikleri ne kadar fazla ise dona karşı mukavemetleri de o kadar azdır. Genellikle şartnameler bir taşın absorpsiyonu %0,5'ten fazla ise böyle bir taşın don deneyine tabi tutulmadan kullanılmamasını öngörmektedir.

Agregaların sıcaklık genleşme katsayıları farklı olduğundan, beton bünyesinde bozulma oluşturabilirler. Bundan dolayı sıcaklık genleşme katsayıları çok küçük olan malzemeler beton için uygun değildir. Agreganın kimyasal sağlamlığı da önemlidir. Başlangıçta agreganın atıl bir madde olarak tarif edilmesinden de anlaşılacağı üzere, betonun sertleşmesi sırasında agreganın hacim değişikliği yapabilecek bir kimyasal reaksiyona girmesi istenmez.

Suda kolay çözülen minerallere sahip olan agregalar kolay dağılabilirler. Pirit, markasit, demir oksit ve magnezyum oksit ihtiva eden agregalar oksidasyon, hidratasyon ve karbonasyon suretiyle bozulurlar.

Agregalardaki kalsiyum ve magnezyum sülfatlar, çimentonun hidratize alüminatları ile reaksiyona girerek 30 mol veya daha fazla billur suyu ihtiva eden geniş hacimli tuzların teşekkülüne sebep olurlar. Bu olay ise betonun dağılmasına sebebiyet verir.

Agregaların aşınma mukavemetleri özgül ağırlık ve sertlik gibi özellikleri ile ilgilidir. Cam yapılı agregalar, şilster marnlı kalkerler, kaba mineralleri havi taşlar aşınmaya mukavemet göstermezler. Bazalt gibi özgül ağırlığı fazla sert olan taşlar ise iyi sonuç verir. Agreganın aşınmaya karşı mukavemeti Los Angeles aşınma deneyi ile yapılır.

2.5.4. Katkılar

Çimento harcı ve betona bazı özellikler kazandırmak ve bazı özelliklerin değiştirmek için karışıma eklenen maddelere katkı maddeleri adı verilir. Bugün piyasada çok çeşitli katkı maddeleri vardır. Katkı maddelerinin özellikleri kullanmadan önce dikkatle incelenmeli ve uygulama bilinçli yapılmalıdır. TS EN 934-2'deki tanıma göre beton kimyasal katkısı betonun taze ve/veya sertleşmiş haldeki özelliklerini değiştirmek için karıştırma işlemi sırasında betona, çimento kütlesinin %5'ini geçmemek üzere eklenen maddedir. Bazı katkı maddeleri betonun belirli bir özelliğini istenen biçimde değiştirirken, diğer bir özelliğini olumsuz yönde etkileyebilir. Beton kimyasallarının etki mekanizmaları henüz tam olarak bilinmediklerinden dolayı genel olarak deneme yanılma yoluyla kullanılmaktadırlar [26]. Katkı maddeleri çok çeşitli nedenlerden dolayı kullanılabilir. Bunlar:

- Priz süresini kısaltmak veya uzatmak,
- Karışım suyunu azaltmak ve sertleşmeyi kontrol etmek,
- Beton içinde hava sürüklemek,
- Hava oranını azaltmak ve betonu yoğunlaştırmak,
- Betonu daha akışkan bir hale getirmek,
- Genleşmeyi sağlamak,
- Betonun su buhar geçirimsizliğini sağlamak,
- Aderansı arttırmak,
- Alkali-daneli malzeme genleşmesini azaltmak,
- Donatı korozyonunu önlemek
- Betonun terlemesini kontrol etmek,
- Betona istenen rengi vermek için belirli oranlarda katılırlar.

Katkı maddeleri kökenine göre kimyasal ve mineral katkılar olarak ikiye ayırmak mümkündür.

A- Kimyasal Katkılar:

1- Su Azaltıcılar (Akışkanlaştırıcılar):

Betonda aynı kıvamın veya işlenebilirliğin daha az su ile elde edilmesini sağlar. Taze betonda kullanılan su miktarı azaldıkça betonun dayanımı artar. Azalttığı su miktarı ile orantılı olarak normal ve süper olarak ikiye ayrılırlar.

2- Priz Geciktiriciler:

Taze betonun katılaşmaya başlama süresini uzatırlar. Uzun mesafeye taşınan betonlar veya sıcak hava dökümleri için yararlıdırlar.

3- Priz Hızlandırıcılar:

Priz geciktiricilerin aksine bu katkılar betonun katılaşma süresini kısaltırlar. Bazı uygulamalarda, erken kalıp almada ve soğuk hava dökümlerinde don olayı başlamadan betonun katılaşmış olmasını sağlamak için kullanılırlar.

4- Antifrizler:

Suyun donmasını zorlaştırır ve don neticesi çimentonun mukavemet kazanmasındaki aksamaya engel olurlar. Bu katkıların betondaki miktarı hava sıcaklığına göre ayarlanabilir.

5- Hava Sürükleyici Katkılar:

Beton içinde çok küçük boyutlu ve eşit dağılan hava kabarcıkları oluşturarak betonun geçirimsizliğini ve dona karşı direncini ve işlenebilirliğini artırır. Donma ve çözülmeye dayanımı artırır.

6- Su Geçirimsizlik Katkısı:

Sınırlı miktarda hava sürükleyen katkılardır. Ancak yerine yerleşmiş betonun su sızdırmazlığının sağlanması uygun yerleştirme tekniğinin iyi bir şekilde yapılmasına bağlıdır. Bu katkı maddeleri betonun su geçirimsizliğini artırır.

7- Genleşme Sağlayan Katkı Maddeleri:

Bunlar betonun priz sırasında büzülme yerine genleşmesine yol açarlar. Bu tür katkı maddeleri derzlerin doldurulmasında ve onarım işlerinde son derece yararlıdır.

Bazı betonlarda birden fazla katkı türü birlikte kullanılabilir. Ancak bu katkıların birbirlerinin etkilerini bozmadıkları denenmelidir. Bu sebeplerden dolayı kimyasal katkılar, betonun ayrılmaz bir parçası olmuştur.

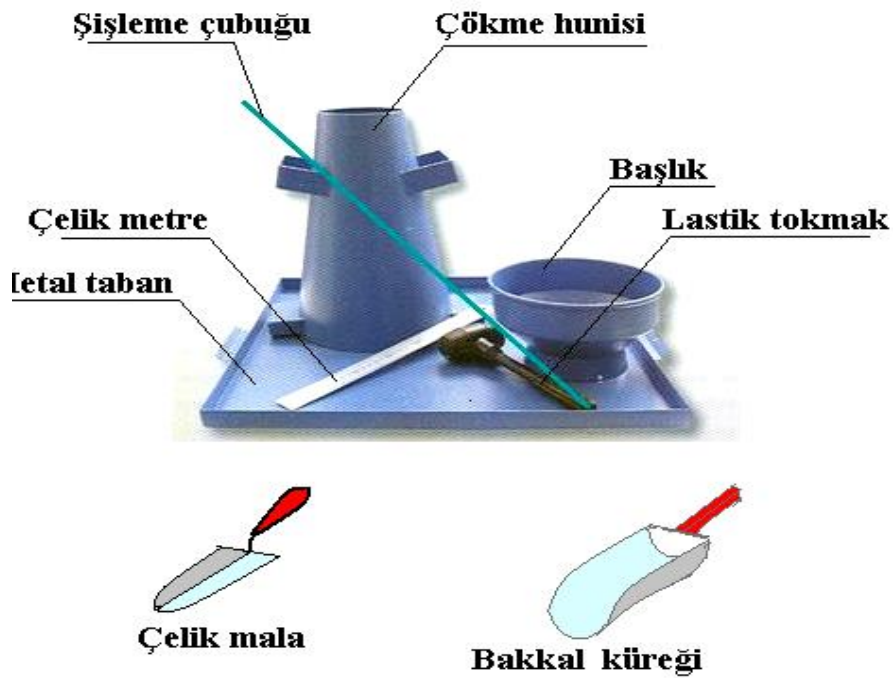
B- Mineral Katkılar:

Çimento gibi öğütülmüş toz halde silolarda depolanan cüruf, uçucu kül, silis dumanı, taş unu vb. çeşitli maddelere mineral katkı adı verilir. Mineral katkılar tek başına iken çimento gibi bağlayıcılık özelliği taşımazlar. Fakat birlikte kullanıldıklarında çimentoya benzer görev yaparlar. Dolayısıyla çimento ekonomisi sağlarlar. Mineral

katkılardan yüksek dayanımlı beton üretiminde de yararlanılır. Mineral katkıları doğal puzolanlar, uçucu küller, silis dumanı, öğütölmüş granüle yüksek fırın cürufu olarak sınıflandırmak mümkündür.

2.6. Beton Karışımı

Betonda aranan özelliklerin elde edilebilmesi için bileşime giren kum, çakıl, çimento ve suyun amaca uygun olarak ayarlanmış olması gerekir. Betonda aranan en önemli özellik, genellikle basınç dayanımıdır. Basınç dayanımı diğer birçok özelliği de etkilediğinden, karışım seçiminde en önemli faktör olarak görülür. Belirli bir basınç dayanımını sağlayacak karışım seçilirken karışımın ekonomik ve kullanıldığı yere göre işlenmesi kolay bir kıvamda olması gerekir. Beton kıvamı çeşitli yöntemlerle saptanabilir. Bu yöntemlerin hiçbirini %100 güvenilemez. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan yöntem, “Çökme Deneyi”dir (slump test). Bu deneyde, karıştırılan beton, dibi olmayan kesik koni içine üç keredede ve her defasında sivri uçlu 12mm çaplı ve 60cm boyunda bir çubukla dibine kadar gidilerek vurulan 25 darbe ile iyice sıkıştırılarak doldurulur. Doldurmadan 3 dakika sonra koni özenle çıkartılır ve betonun koni üstüne göre çökmesi ölçölür. (Resim 1)



Resim 2.1. Çökme deneyinde kullanılan aletler

Çökme deneyi, betonun kıvamının belirlenmesi ve agrega rutubetlerinde (şantiye koşullarında) meydana gelebilecek olası artışların gözlemlenmesi amacı ile yapılır.

Bu deney yöntemi; Şantiyede ve laboratuarda kolayca uygulanabilmesi açısından yaygın olarak kullanılmaktadır.

Genelde kolon kiriş gibi yapı elemanlarında kullanılacak beton için bu deneyden elde edilen çökme 2-10cm olmalıdır. Temel betonları için öngörülen çökme miktarı daha azdır. Geçirimsiz kalıp ve vibratör kullanılan durumlarda daha katı kıvamda beton kullanılabilir.

Yerine yerleştirilip sıkıştırılmış 1m^3 beton bileşiminde bulunan çimento miktarı (ağırlık olarak) “dozaj” olarak adlandırılır. Betonarmede kullanılan betonların dozajı genelde $250\text{--}400\text{kg}/\text{m}^3$ arasında değişir.

Ülkemizde yaygın olarak yanlış bir kanı, beton dayanımının dozaja göre değiştiğidir. Agreganın granülometrisi iyi ayarlanmış bir karışımda beton dayanımı su/çimento oranı ile değişir. Ancak bu oran istenen dayanıma göre ayarlanırken, elde edilecek karışımın ekonomik ve işlenebilir bir kıvamda olmasına da özen gösterilmelidir.

Geçirimsizlik ve donatıyı paslanmadan korumak için, çimento dozajının belirli bir düzeyden az olmaması gerekir. Ancak hiçbir zaman unutulmamalıdır ki dayanım dozaja değil, su/çimento oranına bağlıdır. Örneğin 300 dozluk (1m^3 'teki çimento miktarı 300kg) bir betona karıştırılan su miktarı değiştirilerek, $150\text{ kgf}/\text{cm}^2$ den $300\text{ kgf}/\text{cm}^2$ ye kadar değişen basınç dayanımları elde edilir.

Beton karışım oranları hesabı birbirine bağlı iki ana aşamadan oluşur.

Birinci aşama; uygun bileşenlerin seçilmesidir. Bu aşamada karışıma giren agreganın, çimento, su ve katkı malzemelerinin özellikleri, elde edilmek istenen betona uygunlukları, kullanım sürelerinin dolup dolmadığı gibi hususlar araştırılır.

İkinci aşama; var olan üretim koşullarında, mümkün olan en ekonomik betonun elde edilebilmesi için gerekli bilgiler ve dikkate alınması gereken veriler belirlenir. Ayrıca: karışım oranları hesaplamalarında kullanılmak üzere; elde edilmek istenen betonun cinsi ve nitelikleri göz önünde bulundurularak bazı ön bilgi ve değerlerin de bilinmesi ya da elde edilmesi gerekir.

Bir beton karışım hesabı yapabilmek için;

- a- Agreganın elek analizi (granülometri),
- b- Agregaların, çimentoların ve kullanılacak ise mineral katkıların özgül ağırlıkları,
- c- Agregaların birim ağırlığı gereklidir.

Genellikle beton şartnamelerinde;

- Kabul edilebilir en yüksek su/çimento oranı,
- Kabul edilebilir en düşük çimento miktarı,
- Betondaki hava miktarı,
- Betonun çökme değeri,
- En büyük agrega boyutu,
- İstenilen beton dayanımı,
- Agrega miktarı ve rutubet durumu belirlenir,
- Kullanılması istenilen katkılar veya özel çimento tipleri belirtilir.

Bunların hiç birisinin belirtilmediği veya tanımlanmadığı durumlarda çeşitli standartlar veya tanınmış beton kuruluşlarınca önerilen yöntemler kullanılarak beton karışım hesabı yapılabilir. Ancak hangi yöntem ve nasıl kullanılırsa kullanılsın, yapılan bu hesaplardan sonra istenilen özelliklerin sağlanıp sağlanmadığı mutlaka dökümleri ile kontrol edilmelidir.

Bir beton karışım hesabı aşağıdaki evrelerden oluşur;

- Taze betonun çökme değeri seçilir.
- Taze betonun çökme değeri seçilir
- En büyük agrega tane büyüklüğü seçilir.
- Agrega tane boyutu dağılımı (granülometrisi) belirlenir.
- Su/Çimento oranı belirlenir.
- Karışım suyu ve hava miktarı belirlenir.
- Çimento miktarı belirlenir.
- Agrega miktarı ve rutubet durumu belirlenir.
- Agrega rutubetine bağlı düzeltmeler yapılır.
- Deneme betonu üretilir ve deney numuneleri alınır.
- Numuneler denenerek deney sonuçlarına göre gerekiyorsa düzeltmeler yapılır.
- Yapılan çalışmalarını içeren rapor hazırlanır.

Betonun dayanımı ve kıvamı, kullanılan çimento ve agreganın cinsine göre değişebilir. Bu nedenle daha önce sunulan bazı değerler kesin olmadığı açıkça bilinmeli ve bunlar ancak yol gösterici olarak kullanılmalıdır. Şantiyede işe başlamadan önce çeşitli değerleri gösteren çizelgelerden yararlanılarak çeşitli karışımlar hazırlanmalı, yapılacak çökme ve basınç deneyleri ile istenilen karışıma karar verilmelidir. Beton karışım oranlarının belirlenmesi; aşağıdaki gerekçeler arasında bir denge oluşturulması hesabıdır.

1. Düşük maliyet,
2. Yerleştirilebilme oranları,
3. Dayanım koşulları,
4. Dayanıklılık koşulları,
5. Estetik koşullar.

Tablo 2.6. Bir metreküp beton için gerekli su miktarı (kg/m³)

Çökme (mm)	1 m ³ Beton İçin gerekli Suyun Ağırlığı (kg)						
	Maksimum Agrega Çapı						
	10mm	12,5mm	20mm	25mm	40mm	50mm	70mm
20-50	205	200	185	180	160	155	145
75-100	225	215	200	195	175	170	160
150-175	240	230	210	205	185	180	170

Betonu oluşturan malzemelerin oranlanması, daha yaygın adı ile beton karışım hesabı, birbirine bağlı iki ana aşamadan oluşur. 1- Uygun bileşenlerin (çimento, agrega, su ve katkılar) seçilmesi, 2- Uygun işlenebilirlik, dayanım ve dayanıklılıkta ve mümkün olan en ekonomik betonun elde edilebilmesi için bu bileşenlerin göreceli oranlarının hesaplanması. Söz konusu oranların belirlenmesi kullanılan malzemelerin niteliklerine ve betonun kullanım yeri ve koşullarına bağlıdır. Bu koşullar çoğunlukla şartnamelerde belirtilir.

Tablo 2.7. Bir metreküp betonda bulunması gereken çakıl miktarı

Agreganın maksimum dane çapı(mm)	1m ³ beton için öngörülen çakıl veya kırma taş miktarı, m ³ veya kg		1 m ³ yaş betonun ağırlığı kg/ m ³
	İnce kum kullanılırsa	Kalın kum kullanılırsa	
10	0,48 m ³ 770 kg	0,45 m ³ 720kg	2285
12,5	0,58 m ³ 930 kg	0,54 m ³ 860kg	2315
20	0,65 m ³ 1040kg	0,61 m ³ 980kg	2355
25	0,70 m ³ 1120kg	0,66 m ³ 1060kg	2375
40	0,75 m ³ 1200kg	0,71 m ³ 1140kg	2420
50	0,77 m ³ 1230kg	0,73 m ³ 1170kg	2445
70	0,80 m ³ 1280kg	0,76 m ³ 1120kg	2465

Beton için ilk deneme karışımları hazırlanmasında izlenebilecek yol aşağıda özetlenmiştir.

1- Kullanım yerine göre çökme miktarını ve kullanılacak agreganın maksimum çapını seç.

2- Seçilen çökme miktarına ve maksimum agrega çapına göre Tablo 2.6'den 1m³ beton için kullanılacak su miktarını bul (ağırlık olarak)

3- İstenilen beton dayanımı için su/çimento oranı seç. Su ağırlığı daha önce saptanmış olduğundan gerekli çimento ağırlığını hesapla. Tablo 2.9

4- 1 m³ beton için kullanılacak olan iri agreganın (çakıl veya kırma taş) ağırlığını bul. Tablo 2.7.

5- 1 m³ yaş betonun ağırlığını bul. Bu ağırlıktan daha önce bulunan su, çimento ve iri agrega ağırlıklarını çıkararak kum ağırlığını hesapla. Tablo 2.7.

6- Karışıma girecek su miktarı, gereken miktardan agregadaki suyun (nem) çıkarılması ile bulunur [27].

Tablo 2.8. Çökme değeri

YAPI TİPİ VEYA ELEMANI	ÇÖKMEDEĞERİ mm)	
	En çok	En az
Betonarme temeller	80	30
Donatısız beton temeller, Kesonlar (kuyu temel), kanal kap. alt yapı duvarları	70	20
Kirişler, döşemeler, betonarme perdeler, kolonlar, tünel yan ve kemer betonları	100	50
Yol Kaplamaları, köprü ayakları	50	30
Tünel taban kaplamaları	50	20

Tablo 2.9. Su/çimento oranı ile 28 günlük beton basınç dayanımı arasındaki ilişki

28 Günlük Silindir S/Ç Oranı (ağırlıkça) Basınç Dayanımı (N/mm ²)	S/Ç Oranı (ağırlıkça)	
	Normal Beton	Hava Sürüklenmiş Beton
45	0,38	-
40	0,43	-
35	0,48	-
30	0,55	0,46
25	0,62	0,53
20	0,70	0,61
15	0,80	0,71

Üzerinde önemle durulacak husus, bu işlemlerle elde edilecek karışımların, kesin olmayıp deneme karışımları olduğudur. Birkaç ayrı karışımla ve deneme-yanılma yöntemi ile istenilen karışıma karar verilebilir.

Beton Karışım Hesabı Yöntemi:

1- En büyük agrega boyutunun belirlenmesi

Betonda kullanılacak en büyük agrega boyutu;

a- Kiriş ve kolonların en küçük boyutunun 1/5'inden

b- Döşeme kalınlığının 1/3'ünden

c- Donatı çubukları arasındaki temiz açıklığın 3/4'ünden büyük olmamalıdır.

Çeşitli beton elemanlar için öngörülen en büyük agrega boyutları Tablo 2.10'da verilmiştir.

Tablo 2.10. Beton elemanları için en büyük agrega boyutları

Eleman	Donatılı duvar, kiriş, kolonlar	Yoğun donatılı döşemeler	Donatılı veya az donatılı elemanlar	Donatısız duvarlar
Elemanın en küçük boyutu (mm)	Önerilen en büyük agrega boyutu (mm)			
6-14	16	16	32	16
15-29	32	32	63	32
30-74	63	63	100	100
≥75	63	63	100	100

2- Agrega granülometrisinin (dane boyut dağılımı) belirlenmesi:

En büyük agrega boyutuna göre agrega gradasyon sınırları TS 706'da belirlenmiştir. Beton karışımı hazırlanırken agregalar betonyere genellikle iki ya da üç değişik tane boyutu grubunda verilerek en uygun agrega karışımı elde edilmelidir. Beton üretiminde kullanılacak agregaların tane boyutu dağılımı, ideal tane boyutu dağılımı eğrileri ile uyuşmalı ve ideal bölge diye adlandırılan bölgeler içinde kalmalıdır.

2.7. Betonun Mekanik Özellikleri

Beton homojen ve elastik olmayan bir malzemedir. Kendine özgü davranışı zamana ve yük geçmişine bağlıdır. Bu bölümde, betonun dayanım, deformasyon ve bazı diğer önemli özellikleri tanıtılacaktır.

2.7.1. Betonun Basınç Dayanımı

Beton, diğer birçok yapı malzemesi gibi basınç dayanımı yüksek, çekme dayanım düşük bir malzemedir. Betonun çok düşük olan çekme dayanımı hesaplarda genellikle dikkate alınmadığından, üzerinde durulan en önemli özelliği, basınç dayanımıdır. Betonun standart basınç dayanımı, suda saklanmış 28 günlük, çapı 150mm boyu 300mm olan silindir numunelerin eksenel basınç altındaki dayanımı olarak tanımlanır. Gerilme cinsinden ifade edilen dayanım silindirin kırılma yükü, alana bölünerek bulunur.

Ülkemizde diğer bazı ülkelerde silindir yerine zaman zaman 200x200x200mm'lik küp numuneleri de kullanılmaktadır. Küp ve silindir dayanımları arasındaki ilişki saptayabilmek için çok sayıda deney yapılmıştır. Bu araştırmalar sonunda, silindir dayanımının küp dayanımına oranının, ortalama 0,80-0,85 olduğu bulunmuşsa da birçok numunede bu oranın 0,7'ye kadar düştüğü veya 1,1'e kadar yükseldiği gözlemlenmiştir. Bu durumda, küp dayanımı 0,80 ve 0,85 gibi bir katsayı ile çarpılarak silindir dayanımına çevrilebilirse de, bunun hiçbir zaman kesin olmadığı unutulmamalıdır. Burada, küpten silindir dayanımına çevrimin, normal dayanımda betonlar için 0,80, yüksek dayanımlı betonlar için 0,85 ve çok yüksek dayanımlı betonlar için de 0,90 katsayıları kullanılarak yapılması öğütlenecektir. Yapılan çevrimin $\pm\%30$ hatalı olabileceği hiçbir zaman unutulmamalıdır.

Daha önceki yıllarda silindir Amerika Birleşik Devletlerinde, küp ise Avrupa'da standart numune olarak kabul ediliyordu. Ancak, yapılan çalışmalar silindirin küpten daha iyi olduğunu kanıtladığından, Avrupa Beton Komitesi (CEB)'de silindiri standart numune olarak kabul etmiştir. Tercih nedenleri aşağıda kısaca özetlenmiştir.

- Küp numunesinin alanı ve dayanımı silindire kıyasla daha büyük olduğundan, kırılma yükü yaklaşık %40 daha fazladır. Bu durumda şantiyede kullanılacak olan presin kapasitesi küp deneyi için yeterli olmayabilir.
- Küpün keskin köşelerinde büzülme (rötre) nendi ile gerilme yığılmaları olabilir.
- Küp deneyinde kırılma, eğik çatlakların oluşması ile başlar ve giderek bu çatlaklar numunenin bir piramit biçiminde kırılmasına neden olur. Eksenel basınç altındaki bir numunenin bu tür kırılışının nedeni, pres tablası ile numune arasındaki sürtünmeden oluşan, yük eksenine dik kuvvetlerdir. Yapılan deneyler numunenin alt ve üst yüzeyleri ile pres tablası arasında oluşturulan bir yağ tabakasının, sürtünmeyi azaltarak, kırılma biçimini değiştirdiğini göstermiştir. Bu durumda, kırılma eksenel basınç deneyinden beklendiği biçimde, yük

eksenine dik çatlaklarla oluşmakta ve dayanımda %50'ye varan azalmalar gözlenmektedir.

Pres tablası ile numune yüzeyleri arasında sürtünme nedeni ile oluşan kuvvetlerin etkisi, yükün uyguladığı yüzeyden uzaklaştıkça azalmaktadır. Bunun doğal bir sonucu olarak, numune yüksekliğinin kesit boyutuna oranı büyüdükçe, sürtünme etkisi kırılmayı daha az etkilemektedir. Bu nedenle yüksekliğin kesit boyutuna oranı 2,0 olan silindir, oranın 1,0 olduğu küpe kıyasla daha güvenilir bir numune olmaktadır.

Beton zamanla dayanım kazanan bir malzemedir. İlk 7 günde çok hızlı olan dayanım kazanımı, yavaşlayarak devam eder. Bu nedenle standart dayanımın belirli bir beton yaşı ile ifade edilmesi zorunlu olmuştur. Bugün tüm uluslar arası ve ulusal yönetmeliklerde 28 günlük dayanım, standart dayanım kabul edilmiştir.

Betonarmede kullanılan betonun 28 günlük silindir basınç dayanımı genelde 140 ile 500kgf/cm² arasında değişir.

Beton basınç dayanımını birçok değişken etkilemektedir. Aşağıda bunların en önemlileri kısaca irdelenecektir.

1- Numune Geometrisi ve Boyutları:

Standart deney numuneleri olan silindir ve küp arasındaki dayanım farkı daha önce belirtilmiştir. Yapılan çok sayıda deney, numune geometrisinin basınç dayanımını etkilediğini kanıtlamıştır.

Belirli bir numune geometrisi alındığında, örneğin küp, boyutlar dayanımı önemli ölçüde etkilemektedir. Genellikle numune boyutları küçüldükçe dayanım artmaktadır. Buna “boyut etkisi” denir. Yapılan çok sayıda deney sonucu, çeşitli boydaki küp ve silindir numunelerinden elde edilen basınç dayanımları farklılığını göstermiştir. Numune boyutları küçüldükçe dayanım önemli ölçüde artmaktadır.

Numune boyutunun, kesit boyutuna olan oranının da dayanımı etkilediği bilinmektedir. Daha öncede belirtildiği gibi, bunun en önemli nedeni, pres ile numune arasında var olan sürtünme etkisinin, yükün uygulandığı yüzeyden uzaklaştıkça azalmasıdır. Numune boyutunun kesit boyutuna oranının (h/a) basınç dayanımına etkisi birçok kişi tarafından araştırılmıştır.

Tablo 2.11. Numune boyutunun basınç dayanımına etkisi

Numune geometrisi	Numunenin boyutları (cm)	Basınç dayanımının standart numune basınç dayanımına oranı
Küp	30x30x30	0,90
Küp	20x20x20 (standart)	1,00
Küp	15x15x15	1,10
Küp	10x10x10	1,25
Silindir	25x50	0,95
Silindir	15x30 (standart)	1,00
Silindir	10x20	1,05

Tablo 2.12. Yüksekliğin kesit boyutuna oranının, dayanıma etkisi

h/a oranı	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Basınç dayanımının, boyu enine eşit bir numune dayanımına oranı	1,0	0,87	0,80	0,75	0,74

2- Yükleme Hızı:

Beton zamana bağlı deformasyon gösteren bir malzeme olduğundan, yükleme hızı çok önemlidir. Yapılan deneyler, yavaş yüklenen bir numune dayanımının, hızlı yüklenen bir numuneye oranla daha düşük olduğunu göstermiştir. Bundan dolayı şartname ve yönetmeliklerde standart basınç deneyi tanımlanırken, yükleme hızı da $\text{kgf/cm}^2/\text{sn}$ olarak belirtilir. Türk yönetmeliklerinde bu hız, genellikle $1,0 \text{ kgf/cm}^2/\text{sn}$ olarak verilmektedir.

3- Diğer Etkenler:

Basınç dayanımını etkileyen diğer önemli faktörler, su/çimento oranı, numunenin bakımı (kür), deney sırasında numunenin nemli olup olmaması ve deney presinin özellikleridir. Nemli denenen bir numune, kuru numuneye oranla %25'e varan bir dayanım azalması gösterebilir. Burada numunenin alınması sırasındaki hassasiyet ve alım sonrası bakım çok önemli bir etkindir.

2.7.2. Betonun Gerilme-Deformasyon Özellikleri

Bir mekanik probleminin çözümünde izlenecek yol, üç aşamada özetlenebilir; a-denge koşulunun sağlanması, b-uygunlu koşullarının sağlanması, c-malzeme veya malzemeler için gerilme-birim deformasyon ilişkilerinin belirlenmesi. İlk iki aşama malzeme davranışından bağımsız olduğundan, malzeme özellikleri ancak (c) olarak gösterilen üçüncü aşamada dikkate alınır. Çözüm, malzeme davranışı ne kadar gerçekçi modellenirse o kadar doğru olacağından, malzemenin gerilme-birim deformasyon özellikleri büyük önem taşır.

2.7.3. Betonun Çekme Dayanımı ve Çekme Altında Deformasyon Özellikleri

Betonun çekme dayanımı, basınç dayanımına oranla çok düşüktür (yaklaşık olarak çekme dayanımı basınç dayanımının %10'udur). Betonun çekme dayanımının ideal olarak, eksenel çekme altında denenen bir elemandan elde edilmesi gerekir. Geçmiş yıllarda bu konuda yapılan deneyler başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Önce, uzunluğu boyunca kesiti sabit olan prizma veya silindirler, denenmek istenmiş, ancak pres çenelerinin sebep olduğu yöresel gerilmeler nedeni ile, elemanlar çenenin numuneyi kavradığı yerden kırılmıştır. Bu tür numunelerin gerçekçi sonuçlar veremeyeceği anlaşıncaya, briket şeklindeki numunelere gidilmiştir. Ancak, bu tür numunelerde de, gerilme yığılmaları nedeni ile iyi sonuçlar alınmamıştır.

2.7.4. Kayma Dayanımı

Betondaki klasik kesme kırılmasına pek ender rastlandığından kayma dayanımı çok önemli değildir. Betonun kayma dayanımının çekme dayanımından yüksek olması nedeni ile (kayma dayanımı basınç dayanımının %35'i ile %80'i arasında değişir.), basit kayma durumunda bile kırılma, çekme dayanımının tükenmesi ile meydana gelecektir. Bilindiği gibi, basit kayma durumunda, asal çekme gerilmeleri kayma gerilmesine eşittir. Gerilmeler eşit olunca elemanın kırılması, çekme dayanımı kayma dayanımından küçük olduğundan, asal çekmeye dik yönde beliren çatlaklardan oluşacaktır. Betondaki çatlaklar asal çekme gerilmelerine dik yönde oluşur.

Bu nedenlerden dolayı deneyde gerçek kesme kırılması elde etmek çok zordur ve bundan dolayı betonun kayma dayanımı için, elde edilen deneysel sonuçlarda, büyük farklar gözlenmektedir. Betonarmede sık sık sözü edilen kesme kırılması, gerçekte kesme kırılması olmayıp, asal çekme gerilmelerinin neden olduğu bir kırılma türüdür.

3. HAZIR BETON

Bilgisayar kontrolüyle istenilen oranlarda bir araya getirilen malzemelerin, beton santralinde veya mikserde karıştırılmasıyla üretilen ve tüketiciye taze beton olarak teslim edilen betona hazır beton denir.

Hazır beton, çimento, doğal veya yapay agrega, su ve istenilen betonun niteliğine göre kullanılan kimyasal katkı maddelerinden oluşan, santral adı verilen üretim tesislerinde üretilen ve transmikserler ile nakledilerek pompalı veya pompasız bir şekilde kalıba yerleştirilen bir karışımdır.

Bu betonlar şantiye dışında bir tesiste uygun karışımda hazırlanan, yeterli suyu ya hazırlama tesisinde veya gideceği yer yaklaşıncaya ilave edilen, beton karıştırmaya ve taşınmaya elverişli vasıtalarla şantiyeye götürülen ve orada pompa basıncı yardımı ile kalıplara kadar ulaştırılan betonlardır [28].

Dünyada ilk defa hazır beton üretimi 1900’lü yılların başında Almanya ‘da gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde ise ilk olarak 1970’li yıllarda kullanılmaya başlanmasına rağmen, üretimin gerçek anlamda başlaması 1990’lı yılların başlarında, üretimin yaygınlaşması ise 2000’li yılların başında olmuştur. Günümüzde el ile beton dökümü yok denecek kadar azdır. Hazır beton teknolojisi o kadar yaygınlaşmıştır ki neredeyse her ilçemizde en az bir beton santrali bulunmaktadır [29].

Konvansiyonel beton üretiminden hazır betona geçiş, Türkiye’de kullanılan beton kalitesini önemli bir şekilde artırmıştır. Hazır beton kendi içerisinde de büyük yol kat etmiş, ilk yıllarında o dönemdeki beton sınıflarından olan “Beton 160”ları zor üretebilen tesisler, şimdi ise son derece yüksek basınç dayanımlarındaki betonu piyasaya sürekli arz edebilmektedirler.

Gelişen teknoloji ile birlikte konunun hassasiyetine binaen, beton üretimi de bilgisayar ortamında üretilmeye başlanmış ve bunu için özel tesisler beton santralleri kurulmuştur. Bu tesislerde talep edilen sınıf ve özelliklerde her türlü beton üretimi gerçekleştirilmiştir. Yapılarda istenilen özellikler (dayanıklılık, ekonomiklik vb.) hazır beton santrallerinde üretilen betonlarda elde edilmiştir. Yapılan bir araştırmada, el ile veya betonyer yardımı ile hazırlanan betonun, beton santrallerinde üretilen betondan, çok daha güvensiz olduğu, santralde üretilen betonun diğer betondan iki kat daha güvenli olduğu tespit edilmiştir.

Betonun mutlak hacmini yaklaşık olarak %75 oranında agrega (kum, çakıl), %10 oranında çimento, %15 oranında su oluşturur. Gerekğinde çimento ağırlığının %2'sinden fazla olmamak kaydıyla katkı malzemesi ilave edilebilir.

Hazır betonu elle ya da betonyerlerle karıştırılarak hazırlanan betondan ayıran temel unsur; hazır betonun modern tesislerde, laboratuvar şartlarının bulunduğu ortamlarda bilgisayar kontrolüyle üretilmesidir.

Hazır beton üretiminin su ölçme ve karıştırma işlemlerinin santralde veya transmikserde yapılmasına göre iki farklı şekli bulunmaktadır.

- Kuru Sistem
- Yaş Sistem

Kuru karışimli hazır beton; agrega ve çimentosu beton santralinde tartılıp ölçülerek, santralde veya transmikserde karıştırılan, suyu ve varsa kimyasal katkısı ile teslim yerinde ölçülüp karıştırılarak ilave edilen hazır betondur. Kuru karışimli hazır betonda şantiyede karışıma verilen su miktarına ve karıştırma süresine (homojen bir karışım için yeterli süre) özel itina gösterilmesi gerekmektedir.

Yaş karışimli hazır beton; su ve katkı maddeleri dâhil tüm bileşenleri beton santralinde ölçülen ve karıştırılan hazır betondur [30].

3.1. Hazır Beton Santrali

3.1.1. Agrega Ünitesi

Betonu oluşturan malzemeler içerisinde en büyük orana (%75) sahip olan agrega doğal kaynakları giderek tükenen ve standartlara uygun, temiz, kaliteli örneklerinin bulunması güç bir malzeme olarak, hazır beton sektöründeki stratejik önemi her geçen gün artmaktadır. Agrega bunkerinde; ventil, nemölçer ve vibratör sistemleri yer almaktadır [31]. Beton agregası, günümüz şartlarında ekonomik olması açısından tasarlanan hazır betonun en önemli bileşeni konumundadır. Tüm hammaddeler baz alındığında hacimsel olarak betonun yaklaşık %75 'ini oluşturan beton agregasının kalite kontrolü büyük önem taşımaktadır. Ancak dünya genelinde çeşitli araştırmalara konu olmasına rağmen agrega ile ilgili hala bir takım sıkıntılar devam etmekte ve çözüme kavuşmamış pek çok nokta bulunmaktadır.

Agrega kalitesi; başlangıç üretimi (patlatma, küçültme), ekipmanı, kalifiye eleman bulundurma ve nakliye gibi süreçlerden herhangi birinde yaşanabilecek problemlerden doğrudan etkilenebilmektedir. Bu ise hazır beton kuruluşunun önemli bir tedarikçisi

konumundaki agrega üreticisinin titizlikle çalışması gerektiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır [32].

3.1.1.1. Ventil Ünitesi

Elektrik enerjisi yardımı ile havaya yön vererek pistonları kontrol eder. Piston kapaklara bağlıdır ve hava ile ya da hidrolik olarak kapakların açılıp kapanmasını kontrol altında tutar.

3.1.1.2. Vibratör Ünitesi

Titreşim sağlayarak malzemenin kapaklardan daha düzenli akmasını ve nemden dolayı yüzeye yapışan kumların dökülmesini sağlar. Titreşim sayesinde agrega bunkeri daha temiz kaldığı gibi zaman yönünden de tasarruf sağlayarak, malzemenin daha kısa bir süre içerisinde tartı bandı ve oradan da transfer bandına geçişi sağlar.

3.1.1.3. Nem Ölçer

Kum içerisinde yer alan suyun oranını ölçerek PLC' ye ölçme bilgisini gönderir. PLC bu bilgiye bağlı olarak su bunkerinden mikser (karıştırma tankına) ne kadar su katılması gerektiğine karar verir.

3.1.2. Tartı Bandı

Kum, çakıl gibi malzemeler tartı bandında tek tek tartılarak aktarma transfer bandına taşınır. Tartı bandında yer alan motor bandı çevirmek için kullanılır. Burada tartma işlemi loadcell kullanılarak gerçekleştirilir.

3.1.2.1. Bant

Malzemeyi nakleden bant, tamburlardan intikal eden çekme kuvvetlerine ve malzemedan ileri gelen ağırlık, sıcaklık ve aşınma etkilerine dayanıklı olmalıdır. Arızasız bir çalışma için bir konveyör bandının aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir.

- Az nem çekme özelliği
- Yüksek mukavemet
- Düşük özgül ağırlık
- Az uzama

- Tamburlara sarılma ve oluklaşmadan dolayı meydana gelen eğilme tesirlerine mukavemet
- Eğrilik değişmelerinden meydana gelen alternatif gerilmelere mukavemet
- Malzemenin aşındırıcı tesirlerine karşı mukavemet ve uzun ömür
- Özel şartlar: Sıcaklığa, soğuğa iklim etkilerine, yağa, oksitlenmeye, ozona karşı mukavemet. Statik elektrik toplamamak gibi özellikler.

Bandın orta kısmında mukavemeti temin eden pamuk veya naylon gibi sentetik malzemeden yapılmış bir kaç tabakalı bir dokuma bulunan lastik bantlar, yukarıdaki şartlara en iyi uyduklarından dolayı geniş bir tatbikat alanı bulmuşlardır. Bantlarda dokuma tabakalarının arası, üst, alt ve yanlar lastikle kaplanır.

Bandın ortasında dokuma tabakalarının hepsine birden karkas adı verilir. Karkas banttaki çekme kuvvetini nakleder ve bandın yük taşımalarını sağlar. Karkas tabakaları arasındaki lastik, bu tabakaları birbirine bağlar ve aynı zamanda tabakaları su geçirmez hale getirir. Bandın alt yüzeyindeki lastik ise bandın makaralar üzerinde yükün uyguladığı darbe sonucu, ezilmesine engel olur, banda pisliklerin nüfuz etmesini önler ve tamburdan aldığı tahrik kuvvetini karkasa nakleder. Üst veya taşıyıcı yüz ise daha kalın ve daha yüksek evsafflı bir lastik tabakası olup özellikle yüklenme bölgesinde malzemenin darbe etkilerine karşı bandı korur. Lastik kaplama kalınlığı 0,8-12 mm arasında değişir. Bazen 12mm'den kalın kaplamalarda kullanılır.

Çalışma şartlarının ağır olması halinde veya üst lastik kaplamanın aderansını artırmak için birinci dokuma tabakasının üzerine ve üst kaplamanın arasına gevşek dokulu bir darbe tabakası yerleştirilir. Bu türlü yapılan birleşim çok kuvvetli olur ve üst kaplamayı karkastan ayırmak, pratik olarak imkansız hale gelir. Dolayısıyla da bantta bir yırtılma meydana geldiği zaman fazla büyümmez [33].

3.1.3 Aktarma Bandı

Tartı bandından gelen malzemeyi mikser veya mikser üzerindeki ara bunkere bırakır. Aktarma bandı tartı bandı gibi motor, redaktör ve banttandır. Buradaki motor bandın uzunluğuna ve açısına bağlıdır.

3.1.4. Çimento Silosu

Çimento, çimento silosunda depolanır ve helezon vasıtasıyla çimento tartım bunkerine gönderilir. Çimentoyu helezonla çekebilmek için siloda şoklama ve FRY

bulunmaktadır. Şoklama siloya hava vererek silonun içinde kalan çimentoyu boşaltmaya yarar. FRY ise filtre regülatör yağlayıcıdır. Filtre hava verirken çimentoya karışan suyu tartar. Regülatör ise havanın kaç barda verileceğini ayarlar ki ve bu değer genelde 2 bardır. Çevreyi kirlletmemek için silonun üzerinde filtre emniyet klapesi vardır.

3.1.4.1. Helezon

Helezon çimento silosundaki çimentoyu çimento tartım bunkerine taşır. Helezonun motoru helezonun çapı ve boyuna göre değişir.

3.1.5. Su Bunkeri

Beton karışımının gerçekleşmesi için suyun depolandığı yer. Su deposunda saklanan su, hidrofor vasıtasıyla basınçlı şekilde gelerek loadcelllerle tartılır. İstenen değere ulaşınca klapeye (aktüatör vana) komuta ederek su bunkerinin dolmasını sağlar ve burada bekler.

3.1.6. Katkı Bunkeri

Betonun özelliklerini geliştirmek üzere üretim sırasında veya dökümden önce transmiklere belirli oranlarda ilave edilen maddelere katkı adı verilir. Katkı maddelerini kökenine göre kimyasal ve mineral katkılar olarak ikiye ayırmak mümkündür. Yapılacak betonun cinsine göre kullanılacak olan kimyasal katkı malzemesi, katkı deposundan pompalar vasıtasıyla bırakılır ve loadcell ile tartılır. Tartılan katkı, katkı bunkerine doldurulur ve burada bekletilir ya da katkı su bunkerine aktarılır ki bu daha sağlıklıdır. Çünkü daha homojen bir karışım elde edilmiş olur.

Beton üretiminde kullanılan katkıların, PH, birim ağırlık, priz süresi ve su kesme performansları şantiye laboratuvarlarında, alkali ve klor tayini gibi kimyasal analiz deneyleri ise akreditasyonu olan dış laboratuvarlarda yapılarak, ürünün homojenliği ve kalitesi sürekli kontrol edilmektedir [34].

3.1.7. Mikser

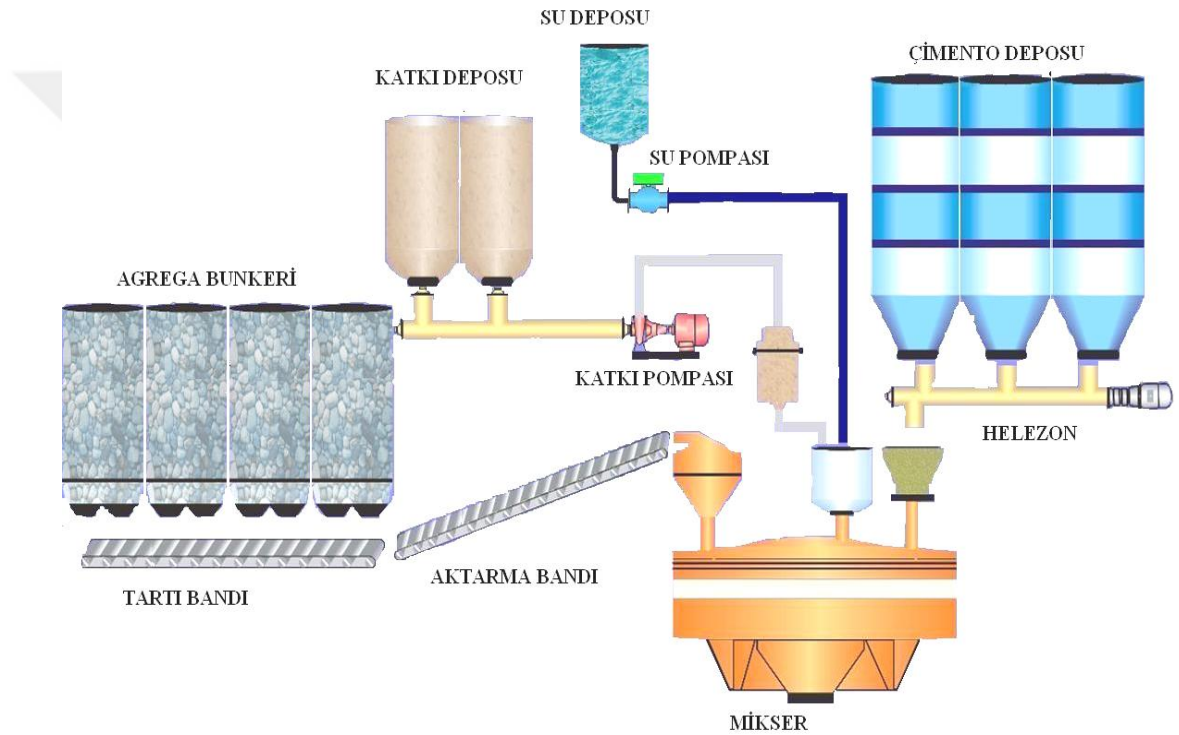
Tartım bunkerinde, ara bunkerlerde bulunan çimento, su, katkı ve agregayı boşaltmak için klapeleler bulunur. Bu klapelelerde mekanik olarak ve hava ile çalışan sürücüler bulunur. Sürücülerde selenoid ventillerdir. Beton için gerekli tüm malzemeler kendi birimlerine dolduktan sonra otomasyonun vereceği komutla agrega takribi 2sn.

Arayla da sırasıyla katkı, su ve çimento bunkerleri kapaklarını açarak malzemelerini miksere dökerekler. Mikserin tipine göre karıştırma süreleri değişken olup ortalama 25sn. – 75sn arasındadır. Karışan beton hidrolik ve pnömatik kapaklar açılarak transmiksere dökülür.

3.1.8. Kompresör

Sisteme gerekli olan hava basıncını sağlar. Agregası, mikser, su bunkerleri gibi yerlerdeki kapakların açılmasında kullanılan pnömatik sistemlerde kullanılır.

Şekil 3.1 de hazır beton santralinin şeması görülmektedir.



Şekil 3.1. Hazır beton santrali şeması

3.2. Hazır Betonun Dökümü

Betonun ürün nitelikleri korunarak, şantiyeye transmikselerle teslim edildikten sonra, pompa veya diğer araç ve gereçle istenen noktadaki kalıba yerleştirilmesi işlemine beton dökümü denir. Beton dökümünden yüksek verim elde edilebilmesi için bazı hususlara dikkat edilmesi gerekir.

Dökümden Önce Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar:

- Kalıpların sağlam ve sızdırmaz olduğuna temizliğine bakılmalı,

- Kalıpların yağlanıp yağlanmadığına yüzeylerinin uygun olup olmadığına dikkat edilmeli,
- Donatıların yeterince döşenip, kontrolünün yapıp yapılmadığına bakılmalı,
- Yeterli miktarda ve uygun boşaltma aracını olup olmadığına, betonu işlemek için uygun nitelikte ve sayıda eleman, araç gereç bulunup bulunmadığına (vibratör vs)
- Taze betonun bakımı için gerekli önlemler (su hortumu, örtüler vb.)
- Pompa ve transmikserlerin çalışma alanlarının hazırlanıp hazırlanmadığına bakılmalı,
- Yer betonu dökülecekse zemin döküme uygun hale getirilmiş mi kontrol edilmeli.

Beton Dökümü ve Yerleştirilmesi Sırasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar:

Betonu yerleştirilmesi pompalı ve pompasız olarak ikiye ayrılmaktadır. Yerleştirme yöntemi betonun kıvamını etkiler. Pompalanacak betonun mikserden direk kalıba dökülen betona kıyasla daha akıcı ve kolay işlenebilir olması aranır. İçine beton yerleştirilecek kalıbın ve yerleştirme işçiliğinin sertleşmiş beton kalitesi üzerine hem mukavemet hemde görünüş açısından önemli etkileri vardır.

- Kalıbın cinsi (ahşap, çelik, tünel gibi)
- Kalıp yüzeyinin kalitesi,
- Kalıp yağı kullanılması

Yerleştirme esnasında vibratör kullanımı gibi faktörler beton kalitesi ile doğrudan bağlantılıdır.

Şantiyelerde en çok karşılaşılan sorun, betonun rahat yerleştirilip, mastarlama yapılamamasından dolayı döküm yerine gelen betona fazladan su katılmasıdır. Eklenen su betonun mukavemetini düşürür. Bu sorun akışkanlaştırıcı kimyasal katkıların kullanılması ve özellikle de şantiyede vibratör kullanımı ile giderilebilir.

Beton yerleştirilirken;

- Beton mümkün olduğunca yerleştirileceği yere veya yakın bir bölgesine dökülmelidir.
- Beton belli bir bölgeye yığıp, kürekle yerine yerleştirmeden kaçınılmalıdır.
- Beton homojen tabakalar halinde yerleştirilmelidir.

- Betonu yerleştirme esnasında büyük yığınların ve eğimli tabakaların oluşturulmasına engel olunmalıdır.
- Beton kalıba 1,5 m daha yüksekten kalıba dökülmemelidir.
- Betonun yerleştirme ve sıkıştırma hızları uyum içinde olmalıdır.
- Gecikme ve duraklamalara meydan verilmemeli, bunun sonucu oluşabilecek soğuk derzler imkân verilmemelidir. Bu tür uygulamalarda muhtemel hava kabarcıklarına karşı kalıp yağlanmalıdır.
- Donatı sıklığı ve kalıp şekli göz önüne alınarak kullanılacak vibratör şişe çapı belirlenmeli ve kalıptaki beton ceplerinde, donatı sıklaştırılmalarında daha rahat çalışabilecek küçük çaplı vibratör şişeleri seçilmelidir.
- Vibratörün taze betona dik olarak daldırılması gereklidir. Eğik daldırılan vibratör taze betonda ayrılmaya neden olacaktır.
- Vibratörün beton içinde ilerlemesi kendi ağırlığı ile olmalıdır.
- Vibratör taze beton içinde 10-15 saniye tutulmalı ve beton yüzeyinde düzelme görüldüğünde ya da şerbet halinde ince kıvamlı yüzey görüldüğünde betondan çıkarılmalıdır.
- Beton yüzeyinde şerbet görüntüsü belirdikten sonra vibrasyona devam etmek taze betonu ayrıştıracağı için vibratörü kullanan personelin konuda deneyimli ve dikkatli olması önemlidir.
- Taze betonda kalıp üzerinde betonun tamamen taranabilmesi ve boşluk kalmadan yerleştirilebilmesi için, vibratörün taze betona daldırma noktaları arasındaki mesafe seçilen vibratör şişe çapının 7 katı olmalıdır [35].
- Tüm vibrasyon uygulamalarında, taze beton yüzeyinde ince malzeme yoğunlaşmasıyla (şerbet görünümü) beraber, vibratör başlangıçtaki ilerleme hızıyla geri çekilmelidir.
 - Vibratörün geri çekilmesiyle taze betonda oluşan boşluk kendi kendine kapanmalıdır; bu bize vibrasyon uygulamasının doğru yapıldığını gösteren bir belirtidir.

4. MATERYAL ve METOD

Bu bölümde yörenin genel coğrafi özellikleri ile yörede faaliyet gösteren hazır beton santralleri ve bu santrallerden alınan beton numuneleri üzerinde yapılan deneysel çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

4.1. Siirt'in Coğrafi Özellikleri

İlin yüzölçümü 6.186 km²'dir. İl merkezinin rakımı 895 metre olmakla birlikte, arazi yapısının inişli – çıkışlı olması nedeniyle il genelinde rakım 600 ile 1600metre arasında değişmektedir.

Oldukça kırık bir arazi yapısına sahip olan Siirt daha çok yüksek dağ ve platolardan oluşmaktadır.

Jeolojik açıdan Siirt; 1'nci derece deprem kuşağında bulunmakla birlikte önemli fay hatlarının dışında kalmaktadır.

Siirt doğudan Şırnak ve Van, kuzeyden Batman ve Bitlis, batıdan Batman, güneyden Mardin ve Şırnak İlleri ile çevrilidir. İl topraklarının büyük bölümü dağlarla kaplıdır. Kuzeyde Muş Güneyi Dağları, doğuda Siirt Doğusu Dağları İl'in doğal sınırlarını oluşturan sıra dağlardır (Şekil 4.1)



Şekil 4.1. Yörenin haritası

İl alanında sert kalkerlerin üzerine kil, marn, silt ve kum taşlarından oluşan neojen yaşlı göl serileri yığılmıştır. Bu hafif eğimli yumuşak göl serileri geniş düzlükleri ve ovaları oluşturmaktadır. Genç oluşumlar arasında yer yer jipsli tabakalar yüzeye çıkmaktadır. Bu jipsler ilimizde “cas taşı” denir. Bu taşlar eskiden yakılıp ufalandıktan sonra yapılar da harç olarak kullanılmakta idi. Siirt il alanı, ülkenin başlıca kırık çizgilerinin dışında kalmakta, sarsıntıların zararsız geçtiği tehlikesiz bölgeler kapsamına girmektedir. Şehrin çevresi ve özellikle Botan Vadisi sert ve sarp kayalıklardan meydana gelmektedir.

Siirt ili Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin kuzeydoğu ucunda yer alır. Bölge, Güneydoğu Anadolu Düzlüklerinden sonra birden yükselmekte, doğu ve kuzey kesimleri bol yağış almaktadır. Bu nedenle, kuzeyden Muş Güneyi Dağları, doğudan Siirt Doğusu Dağları’yla çevrili olan il alanı, Dicle Irmağı’nın önemli su toplama alanlarından birini oluşturmaktadır.

İl topraklarının tümü Dicle Havzası’na girmektedir. Havza, Fırat, Kızılırmak ve Sakarya Havzalarından sonra ülkenin dördüncü büyük su toplama alanıdır. İl içerisinde geçen başlıca akarsular Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Bölgeden geçen su kaynakları

Akarsu Adı	İl Sınırları İçinde Uzunluğu (Km)	Debisi (m ³ /s)	Kolu Olduğu Nehir
Bitlis (Başur) Çayı	50	19,715	Dicle Nehri
Kezer Çayı	80	18,851	Dicle Nehri
Botan Nehri	150	144,549	Dicle Nehri
Zorava Çayı	70	18,700	Botan Nehri

Siirt il alanı Doğu Anadolu yapraklı orman kuşağı ile Güneydoğu Anadolu bozkır kuşağı arasındadır. Toros Dağları’nın Güneydoğu Toroslar adıyla anılan bölümleriyle, buradan kuzeye doğru uzanan plato ve dağlarda önemli ölçüde azalmış meşe ağaçları vardır. Siirt’te karasal iklim hüküm sürmekte ve dört mevsim en belirgin özellikleriyle yaşanmakta, Yazları sıcak ve kuraktır. En az yağış Kurtalan’da En fazla yağış Baykan’da görülür. GAP’ın devreye girmesiyle iklimde belirgin bir değişme gözlenmiş, İlkbaharda daha fazla yağış olmuş ve %40’ın altında olan nem oranı yükselmiştir. Gece ve gündüz arası sıcaklık farkı fazladır [36].

4.2. Yörede Faaliyet Gösteren Hazır Beton Santralleri

4.2.1. A Beton Santrali

Yöreede ilk olarak kurularak 2002 yılından bu yana faaliyet gösteren hazır beton santralidir. Tesis 2003 yılında tam kapasite ile faaliyetine başlamıştır. Yaklaşık olarak 30 dönümlük arazi üzerine kurulan tesis T.S.E standartları doğrultusunda hizmet vermektedir.

Santralde Kullanılan Katkı:

Beton santralinde yaz ve kış mevsiminde de sürekli olarak katkı kullanılmaktadır. Ürün adı her ne kadar bu olmakla birlikte, sıcak ve soğuk havalar için S-W tipinde iki ayrı ürün kullanılır.

Katkının alüminililer hariç her tip çimentoda, hazır beton, kütle betonu, pompa betonu, önerilmeli beton ve donatılı betonda kullanılabilir. Yüksek oranda su azaltıcı süper akışkanlaştırıcıdır. Betonun basınç mukavemetinin artmasını, çok düşük su/çimento oranlarında çalışmak mümkün olduğundan betonun su geçirimsizliğini artırır.

100kg çimento için 0,6 kg ile 2 kg arasında kullanılabilir. Genelde kullanma dozajı karışım içerisinde bulunan çimento ağırlığının %1,2'sidir.

Santralde Kullanılan Agregalar:

Santralde kullanılan agregalar bölgeden geçen Kezer Çayı ve Botan Nehrinin kenarlarında kurulan şantiyelerden getirilmektedir. Su kaynaklarından çıkarılan ham malzemeler şantiyelere nakledilir.

Kullanılan Agregalar:

0-3, 0-7 mm kum,

7-15 mm çakıl,

15-22 mm iri çakıl veya 15-30 mm

Bazen de kırma taş kumu kullanılmaktadır.

Kullanılan Çimento:

CEM I, CEM II/A-M, CEM II/B-M çimento çeşitleri kullanılır. Çimento Kurtalan Çimento Fabrikasından dökme çimento olarak getirilir ve silolara doldurulur.

Kullanılan Su:

Santralde beton üretiminde kullanılan su, önceleri Kezer Çayı kenarında açılan keson kuyulardan çekilerek pompa yardımı ile santrale ulaştırılırdı. Daha sonra bu işlem işletme maliyetinin yüksek olması nedeniyle terk edilerek yerine santral sahasında sondaj ile su temin edilmiş ve beton üretimi bu su ile gerçekleştirilmiştir.

4.2.1.1. Santralde Üretilen C25 Beton Sınıfına İlişkin Karışım Tablosu

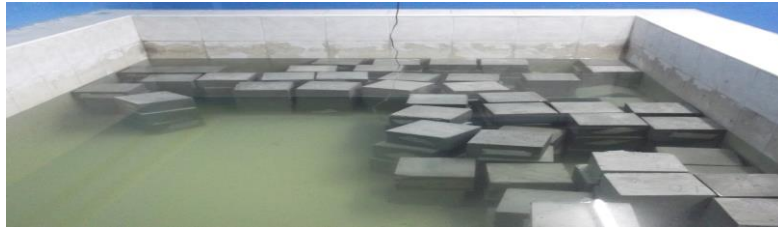
C25 Beton Sınıfı

Tablo 4.2. C25Beton karışım tablosu

Santralde Üretilmekte Olan C25 Beton Sınıfına İlişkin Karışım Miktarları		
MALZEME	ADI	MİKTAR(kg)
0-3mm	Kum(agrega)	630
3-7mm	İnce(agrega)	510
7-15mm	Orta(agrega)	340
15-22mm	İri(agrega)	400
CEM II/A-M	çimento	290
Su	Su	200
Katkı	katkı	2,9

4.2.1.2. A Beton Santrali Laboratuvarı

Beton santrali laboratuvarında öncelikli olarak beton basınç deneyleri ve slump deneyi muhakkak yapılmaktadır. Üretilen her beton sınıfından ve farklı yerlere giden her betondan numune alınır. Numune kapları 15*15*15cm ebatlarındaki küplerden oluşmaktadır. Her 100 m³ dökümden 6 adet numune alınır. Numune üzerinde alındığı tarih, beton sınıfı, betonun kime döküldüğü, inşaatın hangi (temel, döşeme vs.) kısmına ait olduğu ve numuneyi alan kişinin adı ve soyadı muhakkak yazılmalıdır.



Resim 4.1. Kür havuzu

4.2.2. B Beton Santrali

B Beton Firması yörede 2006 yılında faaliyete başlamıştır. 12m³ kapasiteli toplam 13 adet hazır beton mikseri, 42 ve 36m. bom uzunluğu olan 2 adet beton pompası ile hizmet vermektedir. Yaklaşık olarak 35 dönümlük arazi üzerinde kurulan tesiste; biri müdür olmak üzere toplam 26 personel ile hizmet vermektedir.

Santralde Kullanılan Katkı:

Santralde sürekli olarak katkı kullanılmaktadır. Koyu kahverengi ve sıvı şeklindedir. Kullanım aralığı; çimento ağırlığının %0,6-1,5 oranındadır. Ürünün; düşük su/çimento oranlı beton elde etmek, ayrıışmayan plastik akışkan beton, kolay pompalanabilen düzgün yüzeyli iyi işlenebilen beton, dayanımlı ve geçirimsiz beton, başlangıç ve nihai mukavemeti yüksek beton, geniş kullanım aralığı sayesinde düşük ve yüksek çimento miktarı ile (alt ve üst sınıf beton) kullanılabilirliği söz konusudur.

Ürün akışkanlaştırıcı ve mukavemet gücü arttırılmış beton süper akışkanlaştırıcısıdır. Bileşenlerinin verimliliği sayesinde reoplastik beton elde ederek yazın çimento hidratasyonunu yavaşlatarak, kışın ise hidratasyonu hızlandırarak su/çimento oranını düşürür ve beton mukavemetini priz başlangıcında ve sonunda önemli ölçüde arttırır.

Değişik mevsimlerdeki slump koruma, işlenebilirlik ve mukavemet gereksinimine göre kullanılacak katkı tipleri değişmektedir. Katkı beton karışımına son karışım suyu ile katılmalıdır.(karışım suyunun %70'i kullanımından sonra)

Su azalma ve akışkanlaştırıcı etkisinde azalmaya sebebiyet verdiği için kuru agrega ve çimento üzerine katkı kesinlikle eklenmemelidir. Katkı kullanımından sonraki işlenebilirlik zamanı, uygulanan dozaja, çimento çeşidi ve dozajına, kullanılan agrega ve çevre sıcaklığına bağlıdır.

Santralde Kullanılan Agrega Ocakları:

Tesiste kullanılan agregalar, Kezer Çayı ve Botan Nehri etrafında kurulan ocaklardan temin edilmektedir. Kullanılan agregalar diğer santralde kullanılan agregalar ile aynı vasıfta olup, burada sadece daha çok 15-30mm çapında kaba agrega kullanılmaktadır. Agregalar tesisin depolama sahasında agrega bunkerinin olduğu bölümde depolanmaktadır. Saha içerisinde; 0-7mm çapında kum malzemesi, 7-15mm çapında çakıl, 15-22mm bazen de 15-25mm çapında çakıl yer almaktadır.

Kullanılan Agrega Çapları:

0-3, 3-7mm kum,

7-15mm çakıl,

15-22mm iri çakıl veya 15-25mm

Bazen de kırma taş kumu kullanılmaktadır.

Kullanılan Çimento:

CEM I, CEM II/A-M, CEM II/B-M çimento çeşitleri kullanılır. Çimento Kurtalan Çimento Fabrikasından dökme çimento olarak getirilir ve silolara doldurulur.

Kullanılan Su:

Santralde beton üretiminde kullanılan su, önceleri Kezer Çayı kenarında açılan keson kuyulardan çekilerek pompa yardımı ile santrale ulaştırılırdı. Daha sonra bu işlem işletme maliyetinin yüksek olması nedeniyle terk edilerek yerine santral sahasında sondaj ile su temin edilmiş ve beton üretimi bu su ile gerçekleştirilmiştir.

4.2.2.1. Santralde Üretilen C25 Beton Sınıfına İlişkin Karışım Tablosu

C25 Beton Sınıfı

Tablo 4.3. C25Beton karışım tablosu

Santralde Üretilmekte Olan C25 Beton Sınıfına İlişkin Karışım Miktarları		
MALZEME	ADI	MİKTAR(kg)
0-3mm	Kum(agrega)	540
3-7mm	İnce(agrega)	450
7-15mm	Orta(agrega)	440
15-22mm	İri(agrega)	480
CEM II/A-M	çimento	310
Su	Su	160
Katkı	katkı	3

4.2.2.2. B Beton Santrali Laboratuvarı

Laboratuvarda beton basınç deneyi, slump deneyi kesinlikle yapılmaktadır. Basınç deneyi için 15*15*15cm ebatlarında küp numune kullanılmaktadır. Beton mikseri dolumu esnasında, mikserden numune alındığı gibi, gideceği yerin şantiyesinde de aynı şekilde numune alınır. Her 100m³'lük dökümden 6 adet numune alınır. Numune üzerinde; alındığı

tarih, numuneyi alan kişinin adı soyadı ve imzası, beton sınıfı, kime hangi şantiyeye ait olduğu, inşaatın hangi kısmına döküldüğü numune etiketi üzerine muhakkak yazılır. Laboratuvar ve şantiyede alınan numuneler bir gün bekledikten sonra, laboratuvara getirilerek kaplardan çıkarılır. Çıkarılması esnasında numunenin zarar görmemesine özellikle dikkat edilir. Çıkarılan numuneler kür havuzunda bekletilir.



Resim 4.2. Kür havuzu



Resim 4.3. Numune kapları

4.2.3. C Beton Santrali

Tesis 50 dönümlük bir arazi üzerinde kurulu olup, 2009 yılı içerisinde faaliyete girmiştir. Tesiste biri müdür olmak üzere toplam 20 personel ile hizmet vermektedir. Tamamı 12m³ kapasitede olmak üzere 9 adet beton mikseri ile bom uzunluğu 36metre ve bom uzunluğu 42 metre olmak üzere toplam iki adet beton pompası ile hizmet vermektedir. Tesis Kurtalan İlçesinde Kurulu olup, Siirt'e 30 km uzaklıktadır.

Santralde Kullanılan Katkı:

Beton santralinde sürekli olarak beton katkıları kullanılmaktadır. Kullanılan katkı; geniş kullanım dozu aralığında çalışarak (hem normal hem de süper akışkanlaştırıcıya benzer özellik gösteren) betona akışkanlık kazandıran veya aynı akışkanlığın daha az karışım suyu ile elde edilmesini sağlayan, çok amaçlı beton katkısıdır. Şantiyelerde yoğun ve düzgün yüzey istenilen betonlarda, betonun yerleştirme zorluğu olabileceği üretimlerde, ayırıştırma riski olmaksızın gerekli performans ve ekonomik çözümlerin istendiği aşağıdaki yerlerde kullanılır.

- Döşeme betonları temeller
- Hazır beton üretiminde
- İnce ve sık donatılı betonarme elemanların üretiminde
- Perde giriş ve kolonlarda

Özellikleri;

- Ayırıştırma riski olmaksızın karışım suyu miktarını azaltır.
- Karışım suyu miktarını arttırmaksızın işlenebilirliği oldukça kolaylaştırır.
- Sağladığı akışkanlaştırıcılık özelliği ile betonun daha kolay yerleştirilmesini sağlar.
- Vibrasyon ihtiyacını azaltır.
- Dayanımlarda önemli artış sağlar.
- Karışım suyu miktarını azalttığı için sertleşmiş betondaki boşluk miktarını azaltarak betonun geçirimsizliğini artırır.
- Betonun dayanıklılığını artırır.
- Büzülme ve sünmeyi azaltır.

Donatıda korozyona sebep olacak klorür veya başka bir bileşen içermez. Bu sebeple betonarme yapılarda kullanıma uygundur.

Betondan istenilen performansa bağlı olarak, bağlayıcı dozunun %0,4-0,9 arasında kullanılır. Optimum katkı dozu, kullanılan imento ve agrega kalitesi, su/imento oranına göre belirlenir. n deneme karışımıları yapılması tavsiye edilir [37].

Karışımın priz süresini geciktirirken, su azaltmayı sağlamak ve işlenebilirliği arttırmak için betonda kullanılan su azaltıcı ve priz geciktirici beton katkısıdır.

Yüksek kalitedeki betonun yerleşme koşullarına ihtiyaç duyulduğu durumlarda ve aşağıda verilen yerlerde genel amaçlı beton katkısı olarak kullanılır.

- Döşeme temel ve saha betonları
- Hazır beton üretiminde
- Yaz aylarında taşıma mesafesi uzak veya döküm süresi uzun olduğunda
- Perde kiriş ve kolonlar

Korozyona sebep olacak klorür veya başka bir bileşen içermez. Bu sebeple betonarme yapılarda kullanıma uygundur. Kahverengi homojen sıvı şeklindedir. TS EN 934-2 izelge 10 zelliklerine uygundur. Tavsiye edilen katkı dozu, bağlayıcı ağırlığının %4 ile %1,0 arasındadır. Optimum katkı dozu, kullanılan agrega ve bağlayıcı kalitesine, su/bağlayıcı oranına ve ortam sıcaklığına bağlıdır. Bu yüzden doğru katkı dozunun n deneme karışımıları yapılarak tespit edilmesi gerekir.

zellikleri;

Betonun priz süresini uzatır.

- İşlenebilirlik kaybı olmadan karışım suyu miktarını azaltır.
- Karışım suyu miktarını arttırmaksızın işlenebilirliği kolaylaştırır.
- Akışkanlaştırıcılık özelliği ile betonun daha kolay yerleşmesini sağlar.
- Aynı akışkanlığa sahip referans beton ile karşılaştırıldığında sertleşmiş betonun basınç dayanımlarında artış sağlar.
- Su/imento oranını düşürerek su geçirimliliğinin azalmasını sağlar.
- Beton yoğunluğunu arttırarak dayanıklılığı arttırır.
- Büzülme ve snmeyi azaltır.

Santralde Kullanılan Agrega Ocakları:

Tesiste kullanılan agregalar, Siirt'in Başur ayından getirilmektedir. Kullanılan agregalar, 0-7mm kum, 7-15 mm aralığında çakıl, 15-22, 15-30mm aralığında iri malzemeden oluşmaktadır. Agrega ocağından elde edilen malzeme, diğer ocaklardan elde

edilen malzemeden farklı değildir. Sistem ve tesis olarak diğer tesisler ile genelde aynı olup, farklı bir özelliğe sahip değildir.

Kullanılan Agregat Çapları:

0-4, 0-7mm kum,

7-15mm çakıl,

15-22mm iri çakıl veya 15-30mm

Kullanılan Çimento:

CEM I, CEM II/A-M, CEM II/B-M çimento çeşitleri kullanılır. Çimento Kurtalan Çimento Fabrikasından dökme çimento olarak getirilir ve silolara doldurulur.

Kullanılan Su:

Beton üretiminde kullanılan su; Kurtalan Merkezinde yer alan ve içme suyu olarak da kullanılabilen bir kuyudan temin edilmektedir. Su bu kuyudan tankerler vasıtası ile taşınarak santralde yer alan depolara doldurulur. Önemli bir bileşen olan suyun bu şekilde temini santralin maliyet noktasındaki sıkıntılarından biridir.

4.2.3.1. Santralde Üretilen C25 Beton Sınıfına İlişkin Karışım Tablosu

C25 Beton Sınıfı

Tablo 4.4. C25Beton karışım tablosu

Santralde Üretilmekte Olan C25 Beton Sınıfına İlişkin Karışım Miktarları		
MALZEME	ADI	MİKTAR(kg)
0-4mm	Kum(agrega)	520
4-7mm	İnce(agrega)	520
7-15mm	Orta(agrega)	360
15-30mm	İri(agrega)	450
CEM I	çimento	295
Su	Su	133
Katkı	katkı	2,66

4.2.3.2. C Beton Santrali Laboratuvarı

Laboratuvarda beton basınç deneyi, slump deneyi, elek analizi, yapılabilmektedir. Üretim aşamasında betonlardan küp numune muhakkak alınır. Kür havuzunda bekletilir. Kür havuzu sıcaklığı 20-24°C aralığında korunur. Burada 7 ve 28 günlük numuneler tutulur. Laboratuvarda hassas teraziler, etüv, dereceli tüpler ve betondaki hava miktarını ölçen alet yer almaktadır. Her 100 m³ betondan 6 adet küp numune alınır.



Resim 4.4. Kür havuzu



Resim 4.5. Küp numuneler

4.3. Yapılan Deneysel Çalışmalar

Bu bölümde, Siirt Yöresinde yer alan beton santrallerinde, üretilen betonlar üzerinde yapılan deneyler hakkında bir takım bilgiler aktarılmaya çalışılmıştır. Yörede üretim yapan üç adet beton santrallerinden gerekli numuneler alınmış, deneyler ve sonuçları için bir santralin laboratuvarı kullanılmıştır.

Mevcut beton santralleri A,B,C olarak adlandırılmıştır. Üç tesiste, kullanılan beton bileşenleri detaylı olarak daha evvel belirtilmiştir. Deneylerde 150x150x150mm ebatlarındaki küp numuneler ile eğilmede çekme deneyi için 10x10x50cm ebatlarında kiriş numuneler kullanılmıştır. Beton küp numuneler alınmadan evvel, muhakkak surette, slump deneyi yapılarak beton sıcaklığı ölçülmüştür. Alınan numunelerin saklandığı ortamın sıcaklık ölçümleri de yapılmıştır. Bu numuneler üzerinde; basınç, donma-çözülme, yüksek sıcaklık, porozite deneyleri yapılmıştır. Basınç deneylerinde numunelerin 7 ve 28 günlük dayanımları gözlemlenmiştir.

Deneyler, yörede daha çok tüketilen ve genel olarak ilde yaygın olarak kullanılan C25 betonu üzerinde gerçekleştirilmiştir.

4.3.1. Kıvam Tespiti ve Çökme(Slump) Deneyi

Belirlenmiş beton karışımlarından oluşan taze beton üzerinde slump deneyi yapılarak uygun kıvamda uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir.



Resim 4.6. Slump (çökme) deneyinde kullanılan aletler

Deneyde kullanılan huni taban çapı 20 cm, üst çapı 10 cm, yüksekliği 30 cm olan kesik koni (huni) biçimindedir.

Kalıbın içi iyice silinerek temizlenir. Kalıp düz, nemli ve su emmez bir satıh (çelik tabla) üzerine yerleştirilerek, beton kalıba üç tabaka halinde ve her tabaka yaklaşık kalıbın üçte birini dolduracak şekilde yerleştirilir. Her bir tabaka 60 cm boyunda 16 mm çapında olan şişleme çubuğu ile 25 defa şişlenir. Vuruşlar kalıbın kesitine üniform olarak dağıtmak amacıyla bir önceki tabakaya geçecek kadar vurulmasına dikkat edilir. En üst tabaka da şişlendikten sonra kalıbın üzeri mala ile düzeltilir. Daha sonra kalıp saplarından tutularak yavaşça ve çok dikkat edilerek düşey olarak kaldırılır. Kalıbın çekilme işlemi (2-5) saniye içerisinde tamamlanmalı, kalıp sabit hızda çekilmeli, bu esnada beton kütesine parçalanmaya sebep olabilecek yanal hareket veya burulma hareketi yaptırılmamalıdır. Kalıbın alınmasında hemen sonra kalıp üst yüzey seviyesi ile çöken beton kütesinin en yüksek noktası arasındaki çökme mesafesi ölçülerek kaydedilmelidir [38].

Beton yığınının yanına ters çevrilerek konan huninin üzerine yatay olarak yerleştirilen şişleme çubuğunun alt seviyesi ile çöken betonun üst yüzünün yüksekliği arasındaki mesafe betonun çökme değerini verir. Bu deney yöntemi özellikle çökme deneyinde tamamen çökmenin elde edildiği yüksek ve çok yüksek işlenebilirliğe sahip karışımların değerlendirilmesinde kullanılır.

Çökme ölçümü tamamlandıktan sonra çökmüş beton huninin yan tarafına şişleme çubuğu ile hafifçe vurulmalıdır. Bu işlem sırasında betonun hareketi betonun kıvamı işlenebilme ve yerleştirilebilme özellikleri hakkında bilgi edinilmesini sağlar. İyi yapılmış işlenebilir karışımlar ilk şekline benzer olarak aşağı seviyelere kadar çöker, kötü karışımlar ise parçalanır ayrışır ve dökülür.

4.3.2. Basınç Deneyi

Deney numuneleri boyut ve şekilleri TS EN 12390-1' verilen anma boyutlarına uygun olarak seçilmişlerdir [39]. Santralden çıkan taze beton 150x150x150 mm ebatlarındaki küp kalıplara doldurulmadan önce, kalıplar temizlenerek yağlanır. Beton mikserinden beton bir el arabası içerisine doldurulur. Beton küp numunelere doldurulmadan önce karıştırma kabı içinde kare ağızlı kürek kullanılarak yeniden karıştırılmalıdır. Betonun kalıba yapışmasını önlemek üzere gerekli hallerde doldurma öncesinde, kalıp iç yüzeyi çimento ile etkileşmeyen kalıp ayırıcı bir malzeme ile ince bir tabaka halinde kaplanmalıdır. Beton numune kalıba yerleştirildikten hemen sonra tam

sıkışma elde edilecek ancak ayrışma olmayacak ve yüzeye aşırı şerbet çıkmayacak şekilde sıkıştırılmalıdır. Deney numuneleri kalıp içerisinde yeterli sertliğe ulaşmaya kadar şoktan titreşimden ve kurumadan korunarak (20 ± 5) °C veya sıcak iklimlerde (25 ± 5) °C sıcaklıktaki ortamda tutulmalıdır. Deney numuneleri kalıptan çıkarıldıktan sonra deney anına kadar (20 ± 2) °C sıcaklıktaki su içerisinde veya sıcaklığı (20 ± 2) °C ve bağıl nemi $\geq 95\%$ olan kür odasında küre tabii tutulmalıdır [40].



Resim 4.7. Numune Kapları

Bu deney için numuneler hazırlanırken beton numune kalıplarına üç tabaka halinde doldurulur. Her tabaka şişleme çubuğu ile 25 defa şişlenmelidir. Numuneler doldurulduktan sonra üzerlerine bilgi etiketi yapıştırılır. Bu etikette;

- Numunenin alındığı tarih
- Beton sınıfı
- Müşterinin adı ve soyadı
- Hangi yapı elemanına döküldüğü (kolon, döşeme, temel vs.)
- Numune numarası bilgileri yer alır.



Resim 4.8. Örnek numuneler

Basınç deneyi için her bir santralden 6 adet deney numunesi alınmıştır. Bu numunelerden 3 adeti 7 günlük basınç dayanım testine, geriye kalan diğer 3 adet numune 28 günlük basınç dayanım testine tabi tutulmuştur. Alınan numuneler kalıp içerisinde bir gün bekletilir. Bekleme süresi geçtikten numuneler kalıptan çıkarılır. Numune kendi kendine kalıptan çıkmıyorsa kompresör yardımıyla çıkartılır. Numune kalıptan çıkarılırken çok dikkat edilmeli, köşelerinin kırılmamasına ve düşürülmemeye özen gösterilmelidir. Kalıptan çıkan numuneler 23 ± 2 °C’ deki kirece doymun suda 7 ve 28 günlük basınç dayanım testlerine tabi tutulmak için bekletilir. (Resim 5.4.)



Resim 4.9. Kür havuzunda bekletilen numuneler

Kür havuzunda bekletilen numunelerin bilgilerini içeren bir defter laboratuvar teknisyeni tarafından da tutulur. Yaşı dolan (7 veya 28gün) havuzdan çıkartılarak tartılır ve kurumaya bırakılır. Ertesi gün, kuruyan numune tekrar tartılarak kuru ağırlığı bulunur. Numune daha sonra basınç testine tabi tutularak kırılır. Numunenin kırılması ile birlikte, dayanımı, yükleme hızı, ne kadarlık bir yükleme altında kırıldığı gibi değerler de tespit edilmiş olur. Deneyde yükleme hızı 20 KN/sn olarak belirlenmiştir.

Deney makinası yükleme başlıklarının yüzeyleri silinerek temizlenir ve numunenin başlıklarla temas edecek yüzeylerinde bulunan herhangi bir gevşek çıkıntı veya tane alınır. Küp numuneler yük uygulama yönü beton döküm yönüne dik olacak konumda yerleştirilmelidir. Numuneler alt yükleme başlığının üzerine merkezlenerek yerleştirilmelidir. Küp numuneler belirtilmiş boyutunun veya silindir numuneler belirtilmiş çapının $\pm\%1$ doğrulukla merkeze yerleştirilmelidir. İlave yükleme plakaları kullanılıyorsa bunlar numunenin alt ve üst yüzeylerine göre hizalanmalıdır. Kullanılan deney makinası iki kolonlu ise küp numuneler mastarlanmış yüzeyi kolona bakacak şekilde yerleştirilmelidir. Yükleme $(0,6\pm 0,2)$ MPa/s ($N/mm^2.s$) sınırları içerisinde kalmak üzere sabit bir yükleme hızı seçilmelidir [41].



Resim 4.10. Basınç test cihazı



Resim 4.11. Basınç deneyi aşamaları

4.3.3. Porozite Deneyi

Porozite betonun ihtiva ettiği su miktarı, beton içindeki çimento dozu, cinsi ve tipi, beton içindeki hava miktarı, betonun sıkıştırılması gibi birçok etkene bağlıdır. Tüm bu özellikler betonun dayanımını da etkilemektedir [42].

Porozite tayini için kür havuzunda bekletilen 15x15x15cm ebatlarındaki her üç santrale ait 28 günlük numuneler kür havuzundan çıkarılarak TS EN 772-4'e uygun bir şekilde porozite tayini deneyi yapılmıştır [43].

Kür havuzundan çıkarılan numuneler 105 ± 5 °C sıcaklığındaki etüvde 24 saat süreyle kurutulduktan sonra, suya bırakılarak 24 saat suda bekletilmiştir. Sudan çıkarılan numunelerin hassas terazide doymun yüzey kuru ağırlığı (W_{dyk}), su altındaki ağırlığı (W_{su}) tespit edilmiştir. Daha sonra numuneler etüve konarak 24 saat bekletilmiş ve kurutulan numunenin kuru ağırlığı (W_{kuru}) belirlenmiştir. Bulunan bu ağırlıklar (5.1)'de verilen formül kullanılarak porozite değerleri elde edilmiştir [44]. Porozite tayini için yapılan deney düzeneği ve tartım işlemleri Resim 5.7'de gösterilmiştir.



Resim 4.12. Porozite tayini deney düzeneği

(5.1)

$$P = \frac{W_{dyk} - W_{kuru}}{W_{dyk} - W_{su}} 100$$

P= Porozite (%)

W_{dyk} = Numunenin doymuş yüzey kuru ağırlığı (kg)

W_{kuru} = Numunenin kurutulduktan sonraki ağırlığı (kg)

W_{su} = Numunenin su altındaki ağırlığı (kg)

4.3.4. Donma-Çözülme Deneyi

Betonlar çeşitli doğa tesirlerine karşı maruz kalmaktadırlar. Bunların içinde en etkili olan donma çözülme olayıdır. Beton içerisindeki boşlukların su ile dolması ve sıcaklığın eksi dereceye düşmesi sonucu beton içerisindeki su donarak hacmi genişler ve iç gerilme meydana getirir. Meydana gelen bu gerilmeler betonda fiziksel bozukluklar ve basınç dayanımında azalmaların oluşmasına neden olur. Yılmaz'a (1988) göre donma çözülme deneyleri sonucundaki basınç dayanım kayıpları %20'den fazla olması halinde betonun donma-çözölmeye karşı dayanıksız bir beton olduğu kabul edilir [45].

Donma-çözölme deneyi ASTM C 666'ya uygun olarak -20 ± 2 °C donma 20 ± 2 °C suda çözölme şeklinde yapılmıştır [46]. Her bir santralden alınan 28 günlük 6 adet deney numunesinin 3 adeti kontrol numunesi olarak basınç deneyine tabi tutulmuştur. Geriye kalan 3adet 28 günlük numuneler suya doymuş hale getirilerek dondurucu içerisine yerleştirilmiştir. -20 °C sıcaklıkta dondurucuda bekletildikten sonra, numuneler $+20$ °C oda sıcaklığındaki suda çözölmeye bırakılmıştır. Donma-çözölme bir çevrim olarak kabul edilmiş ve numunelere 30 çevrim uygulanmıştır. Bu donma-çözölme işlemi tekrarlandıktan sonra numuneler 110 ± 5 °C'de sabit kütleye ulaşana kadar etüvde kurutulmuş daha sonrada

oda sıcaklığına kadar soğumaya bırakılmıştır. Resim5.8’de numunelerin donma-çözülme işlemlerinin gerçekleştirildiği soğutucu görülmektedir.



Resim 4.13. Numunelerin donma-çözülme çevrimi

4.3.5. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi

Sertleşmiş betonun eğilmede çekme dayanımını belirlemek için 10x10x50cm ebatlarında prizma numuneler Resim 4.14’te görüleceği üzere hazırlanmıştır.



Resim 4.14. Eğilmede çekme dayanımı deneyi için numunelerin hazırlanması

Deney için her bir santralden 5 adet deney numunesi alınarak 28 günlük kür periyodunun ardından Resim5.10’da görüleceği üzere dört nokta eğilme deneyine tabi tutularak deney gerçekleştirilmiştir [47].



Resim 4.15. Numunelerin eğilmede çekme dayanımı deneyine tabi tutulması



Resim 4.16. Numunelerin eğilmede çekme dayanımı deneyine tabi tutulması

4.3.6. Yüksek Sıcaklık Deneyi

Beton, yanmayan madde oluşu, belirli bir süre için önemli derecede zarar görmemesi ve zehirli duman çıkarmaması ile yangın direnci yüksek bir malzemedir [48]. Ancak bu dayanıklılık, sınırlı süre ve belirli sıcaklıklar için geçerlidir [49]. Yapıya ve malzemeye zarar veren, hasara yol açan yüksek sıcaklık kaynakları, yangın, özel üretimlerden dolayı endüstri fırın bacalarında, nükleer reaktörlerde görülen sıcaklık ve hava alanı pistlerinde sürtünmenin sebep olduğu ısınma olarak gösterilebilir [50]. Baradan [51] 250 °C'nin altındaki sıcaklıklarda betonun dayanımının etkilenmediğini belirtmiştir. Yapılan birçok çalışmaya göre 250 °C sıcaklıkların üzerinde beton numuneler etkilenmeye başlamaktadırlar. TS EN 1363-2'ye uygun olarak numuneler üzerinde yüksek sıcaklık deneyi yapılmıştır [52].

Bu çalışma her bir santralden alınan ve 28 günlük kürünü tamamlamış numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Santrallerden alınan 6 adet numunenin 3 adeti kontrol numunesi olarak basınç deneyine tabi tutulmuş ve diğer 3 tane numune yüksek sıcaklık deneyine tabi tutulmuştur. Deneyde numuneler kuru halde (24 saat etüv sonrası) 1200°C kapasiteli ve ısınma hızı 6°C/dakika olan fırında 1 saat süre ile WiseTherm fırınlarda 300,400,500,600,800 °C sıcaklıklara maruz bırakılmıştır. Fırın istenen sıcaklığa ulaştıktan sonra otomatik olarak kapanmış ve iç ortam sıcaklığı oda sıcaklığına gelinceye kadar numuneler çıkarılmamıştır. Resim5.11'de yüksek sıcaklık deneyine tabi tutulan numuneler görülmektedir.

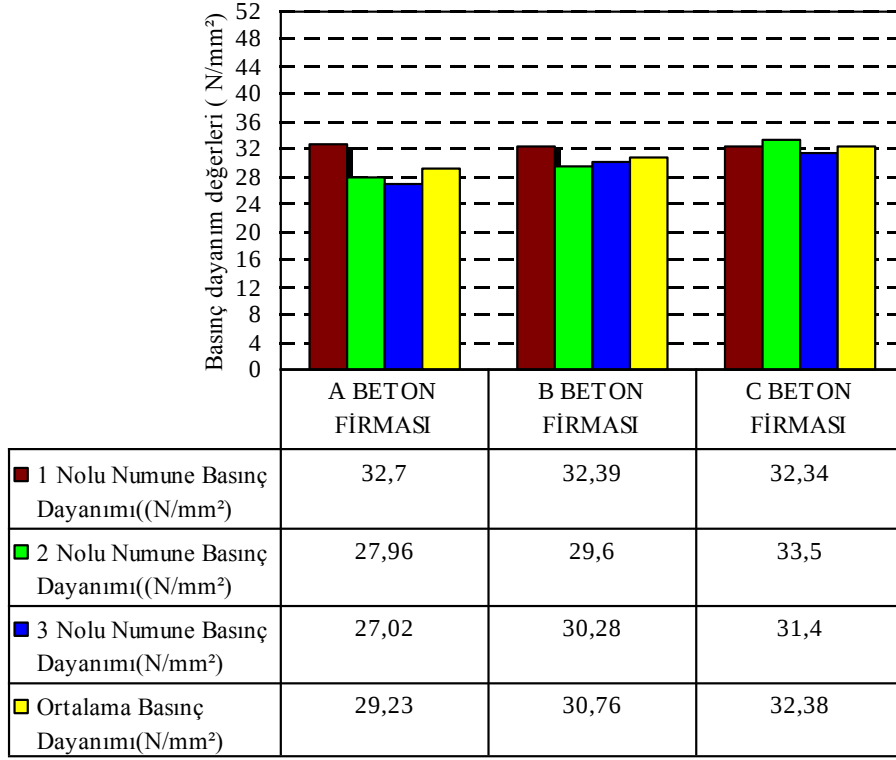


Resim 4.17. Numunelerin yüksek sıcaklık deneyine tabi tutulması

5. BULGULAR

5.1. Basınç Deneyi Deney Sonuçları

7 Günlük Basınç Dayanım Değerleri



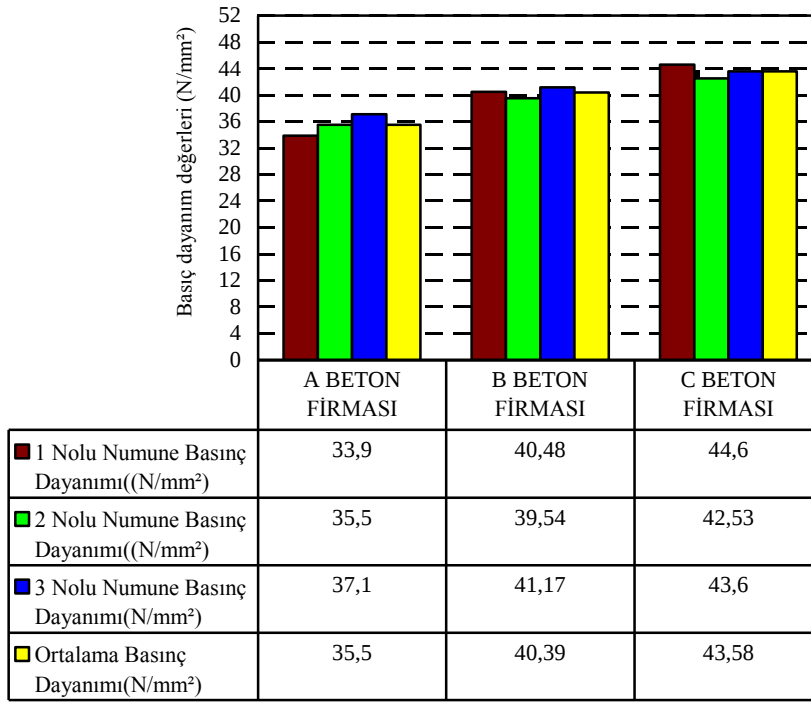
Şekil 5.1. A,B,C Beton santrallerine ait 7 günlük C25 beton basınç dayanım değerleri (N/mm²)

A,B,C Beton santrallerinden alınan ve kenar uzunluğu 15 cm olan küp şekilli numunelerin 7 günlük basınç dayanım değerleri ile ortalama basınç değerleri Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Resim 5.1. Küp numunenin basınç deneyine tabi tutulması

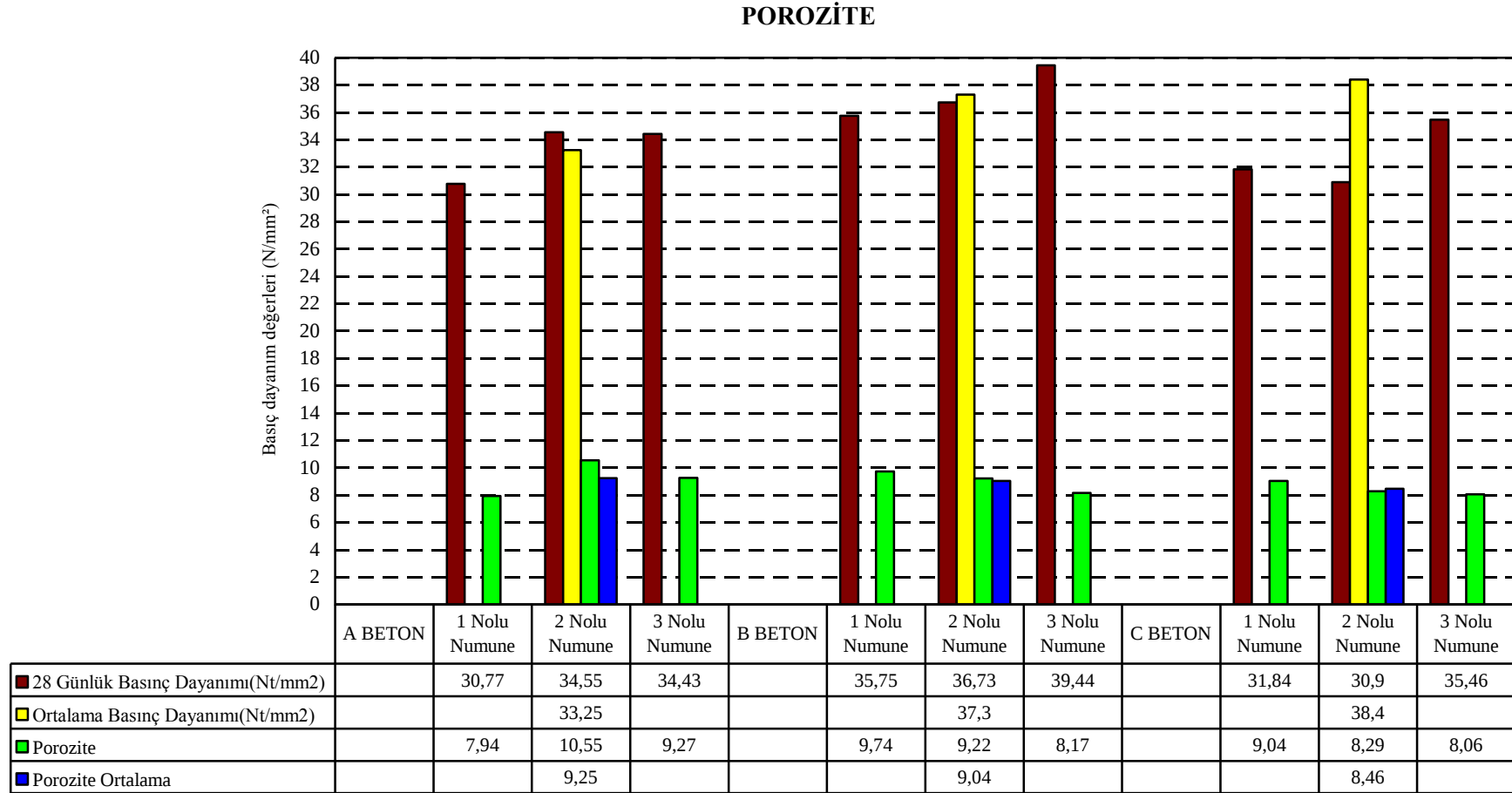
28 Günlük Basınç Dayanım Değerleri



Şekil 5.2. A,B,C Beton santrallerine ait 28günlük C25 beton basınç dayanım değerleri (N/mm²)

A,B,C Beton santrallerinden alınan ve kenar uzunluğu 15 cm olan küp şekilli numunelerin 28 günlük basınç dayanım değerleri ile ortalama basınç değerleri Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Betonun basınç dayanımı aksi belirtilmedikçe 28 günlük numunelerde tayin edilir. Özel amaçlarla kullanım için basınç dayanımının (büyük hacimli yapısal elemanlar gibi) 28 günden daha erken veya daha geç yaşlarda veya özel şartlarda kür işlemine tabi tutulmasından sonra (ısıtıl işlem gibi) tayin edilmesine ihtiyaç duyulabilir. Betonun karakteristik basınç dayanımı belirlenmiş basınç dayanım sınıfı için Tablo 2.3’te verilen en düşük karakteristik basınç dayanımından daha büyük veya eşit olmalıdır [53]. Şekil 5.2’de görüleceği üzere her üç santralin C25 betonu istenilen 28 günlük basınç dayanım değerlerini sağlamıştır. C Beton santralinde üretilen C25 beton sınıfı dayanımının diğer betonlardan daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

5.2. Porozite Deneyi Sonuçları



Şekil 5.3. A,B,C Beton Santrallerine Ait 28 Günlük Numunelerin Porozite Değerleri(%)

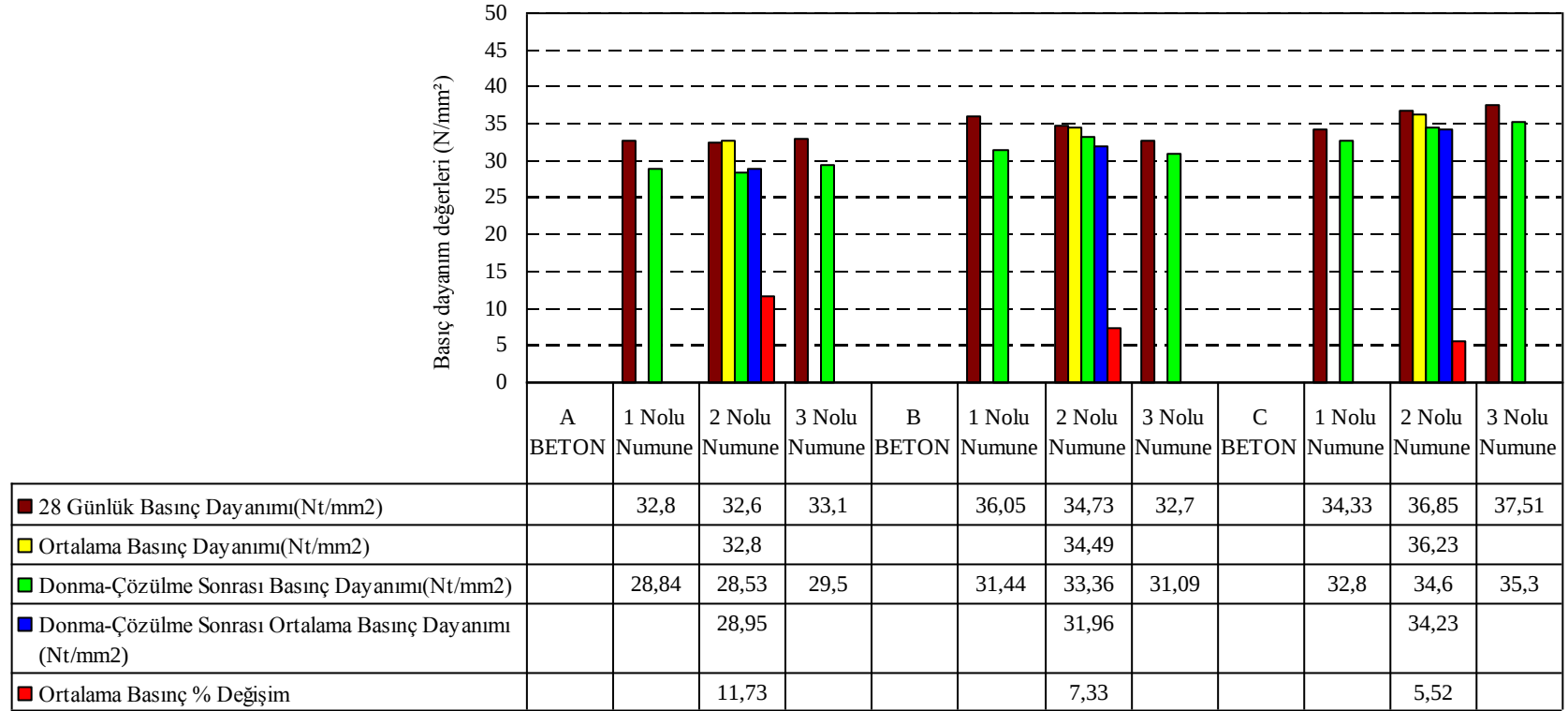
Porozite gözeneklilik demektir. Porozite betonun ihtiva ettiği su miktarı, beton içindeki çimento dozu cinsi ve tipi, beton içindeki hava miktarı, betonun sıkıştırılması gibi bir çok etkene bağlıdır. Porozite deney sonuçlarına bakıldığında; C Beton santralinde üretilen betonun porozite değerinin diğer beton santrallerinde üretilen betonun porozite değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Betonda geçirgenlik S/Ç oranının artmasıyla birlikte artış gösterir. Zamanla tel boşluklarının artması ve normalde su içeren deliklerin dereceli doldurulması nedeniyle hidrasyon olayı ile geçirgenlik azalır. Kurumadan sonra meydana gelen daralmalardan dolayı jel duvarlarında oluşan çatlaklar, bundan dolayı meydana gelen kapiler oluşumları ve bu yarıklara sıvıların kolayca nüfuz edebilmesi nedeniyle kuruma ile birlikte geçirgenlik artar [54].

Karışım agregasının granülometrisi betonun işlenebilirliğini, geçirimliliğini ve basınç mukavemetini etkileyen en önemli faktördür [55]. Sertleşmiş beton hacminin % 60-70'ini agrega hacmi, geriye kalan % 30'unu ise çimento hamuru ve hava boşluğu hacmi oluşturmaktadır. Agregaların tek başına bir bağlayıcılık özelliği yoktur. Beton bünyesinde dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadırlar. Agrega tanelerini bir arada tutabilmek için bağlayıcı malzeme olarak çimento kullanılmaktadır. Çimento hamurunun mukavemeti betonun mukavemetinden daha yüksektir. Fakat betonun sadece çimento hamuru ile üretilmesi ekonomik olmamaktadır. Dolayısıyla çimento hamuruna dolgu malzemesi olarak agrega ilave edilmektedir. Agreganın çimentodan daha kolay temin edilebilmesi ve daha ucuz olması, atmosfer etkilerine, çeşitli kimyasal etkilere ve aşınmaya karşı çimentodan çok daha fazla dayanıklı olması, ayrıca çimentonun prizi sırasında meydana gelen şişme ve rötre gibi hacimsel hareketlerin agregada görülmemesi kullanımını zorunlu kılmaktadır [56]. Agregaların çeşitli özellikleri betonun işlenebilirliğini, mukavemetini ve geçirimliliğini önemli ölçüde etkilemektedir. İstenilen kalite de bir beton elde edebilmek için, beton üretiminde kullanılacak agregaların tane birim hacim ağırlığı (Özgül ağırlık), doluluk oranı (Kompasite), boşluk oranı (Porozite), tane dağılımı (Granülometri), aşınma dayanımı vb. özelliklerinin çok iyi incelenerek tespit edilmesi gereklidir [57].

Betonun kompasitesini ve porozitesini belirleyen temel unsur, iskeletini oluşturan karışım agregasının granülometrik özellikleridir. Granülometrik özellikleri birbirinden farklı agregalar kullanılarak, en ideal karışım agregasını elde etmeye yönelik yapılan karışım hesapları ile agrega taneleri arasındaki boşluk miktarı (Porozite) minimum düzeye indirilerek, maksimum doluluk (Kompasite) sağlanabilmektedir [58].

5.3. Donma-Çözülme Deneyi Sonuçları

DONMA-ÇÖZÜLME



Şekil 5.4. A,B,C Beton santrallerine ait 28 günlük numunelerin donma-çözülme sonrası basınç değişim grafiği

Şekil 5.4'teki sonuçlar incelendiğinde; donma-çözülme öncesi 28 günlük kürünü tamamlayan ve her üç santralden alınan kontrol numunelerinin ortalama basınç değerlerinin, donma-çözülme deneyi sonrasında elde edilen ortalama basınç değerlerinden daha yüksek olduğu yani donma-çözülme deneyi sonrasında bir basınç dayanımı azalması görüldüğü tespit edilmiştir.

C Beton santralinde üretilen C25 betonunda bu değişim oranı %5,52 iken, B Beton santralinde %7,33, A Beton santralinde ise bu değer %11,73 olduğu görülmüştür.

Betonlar çeşitli doğa tesirlerine karşı maruz kalmaktadır. Bunların içinde en etkili olanı donma-çözülmedir. Betonların açıkta kalan yüzeyleri, barajlar, köprü kirişleri, yol döşemeleri, hava alanı pistleri gibi yüzeyleri atmosfer etkilerine açık kalacak elemanlarda, soğuk iklim bölgelerinde donmaya dayanıklılık şartı aranır. Betonlu oluşturan çimento hamuru ve agrega bileşenlerinin donmaya dayanıklılığı arasındaki ilişki kesin olarak saptanmış değildir. Bu nedenle en iyi yöntem çeşitli karışımlardan yapılmış beton örnekleri -20°C havada donma ve ardından $+20^{\circ}\text{C}$ suda çözülme olaylarına tekrarlı olarak tabi tutulmasıdır [59]. Suyu doygun betonun sıcaklığı düşerse çimento hamuru içindeki kılcal boşluklarda bulunan su, kayaların içindeki kılcal boşluklardaki suya benzer olarak donar ve betonda genişleme olur. Bu olay çeşitli defalar tekrarlanırsa art arda oluşan donma ve çözümler betonda kalıcı hasar meydana getirir. Betonun donması kademeli olarak gelişir. Bunun nedeni ise betondaki ısı transferinin hızı ve donma noktasının boşluğun boyutuna göre değişmesiyle açıklamak mümkündür. Donma büyük boşluklarda bulunan sudan başlayarak küçük boşluklara doğru yayılır. Betondaki buzun genişlemesinden doğan basınç, betonun çekme dayanımını geçtiğinde hasar oluşur. Hasarın derecesi yüzeydeki dökülmelerden başlayarak tabakalar halinde parçalanmaya kadar gelişir ve beton içine doğru ilerler [60].



Resim 5.2. Donma-çözülme sonrası numuneler

Binici ve arkadaşları Resim 5.2’de de görüleceği üzere tekrar tekrar yer alan donma çözülme olayları karşısında betondaki iç gerilmeler nedeni ile beton yüzeyindeki agregaların gevşeyip koptuğunu belirtmişlerdir [61].

Betonun içindeki donan suyun meydana getirdiği iç basınç betonda çatlaklar oluşmasına veya betonun tamamen dağılmasına sebep olabilir. Betonun donma-çözülmeye karşı dayanıklılığını arttırmanın en etkili yolu suyun beton içerisine girmesini önlemektir. Ancak bu her zaman mümkün olmaz ve beton içindeki suyun yerleşebileceği boşluklar(gözenek) oluşturmada etkili bir önlem olabilir. Hafif agregalı betonlar donma-çözülmeye karşı normal betonlardan daha dayanıklıdır [62].

Üretilen betonun donma-çözülme olayı sonunda parçalanmaması için birçok faktör vardır. Bunlardan en önemli rol agrega taneleri tarafından oynanmaktadır. Agregaların donması sonucunda parçalanmaları bu malzeme ile üretilen betonların dondan zarar görmesine sebep olmaktadır. Böyle bir durumun olmaması için beton üretiminde kullanılacak olan agregaların donma etkisine dayanıklı olması gerekir ki buda ancak yapılacak deneyler sonucunda anlaşılır [63].

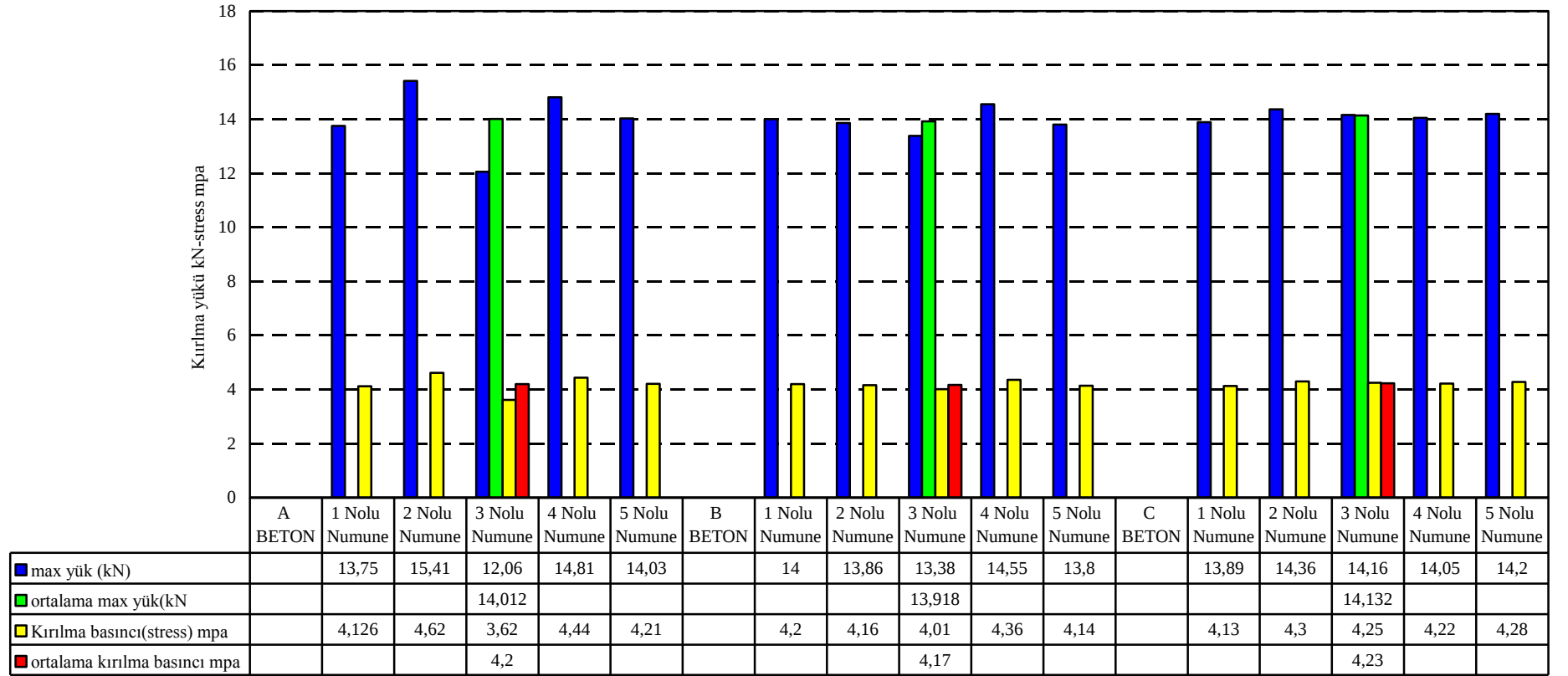
Çeşitli etkiler sonucu çimento hamurunun iç bünyesine giren sular ısı düştükçe, dış düzeyde içeriye doğru donmaya başlar. Bu arada jel boşluklarındaki suyu da alarak hacmi genişletir. Bulunduğu çevreye buz basıncı uygulanır. Bundan dolayı da daha içte kalan henüz donmamış suya hidrostatik basınç etkisi yapar. Bu basınç sonucu su, kılcal damarlardan hızla uzaklaşmaya çalışır. Bu esnada mevcut kanalcıklar büyüyerek genişler. Donma-çözülme olayı birkaç defa tekrarlandıktan sonra betonda iç tahribata ve yüzeyde dökülmelere yol açar. Çimento hamurunun donmaya karşı dayanıklılığını arttırmak için beton içerisine hava sürükleyici katkı maddeleri katılır. Beton için en uygun boşluk oranı %4-6 arasında olmaktadır.

Islak ortamların etkisi altında kalan betonda ıslaklık durumuna bağlı olarak kapiler boşlukların kısmen veya su ile dolu duruma gelmesi doğal bir olaydır. Beton içerisine suyun girmesi betonun boşluklu yapısından kaynaklanan geçirgenliği ile ilgilidir. Betonun donma-çözülme tekrarları ile karşı karşıya bırakan, beton içerisindeki boşluklu yapı ve beton geçirgenliğidir. Bu durum beton ile ilgili yapısal bir sorundur.

Çok soğuk hava koşullarında dışarı ile temasta olan ve kapiler boşluklarında su bulunan betonun boşluklarında suyun donarak genişmesi nedeni ile betonda büyük iç gerilmeler oluşmaktadır.

5.4. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi Sonuçları

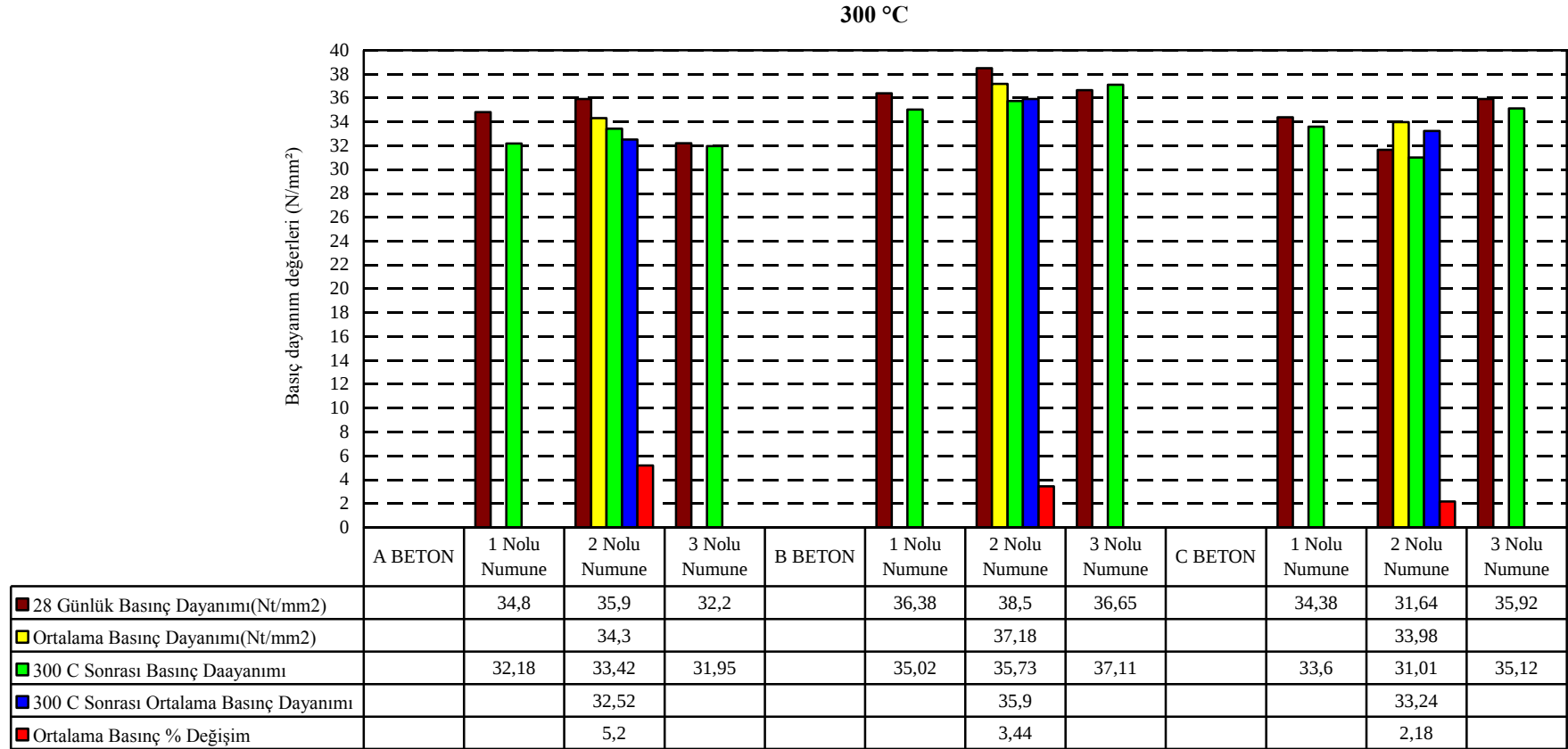
EĞİLMEDE ÇEKME



Şekil 5.5. A,B,C Beton santrallerine ait 28 günlük numunelerin eğilmede çekme deneyi sonrası basınç değerleri

5.5. Yüksek Sıcaklık Deney Sonuçları

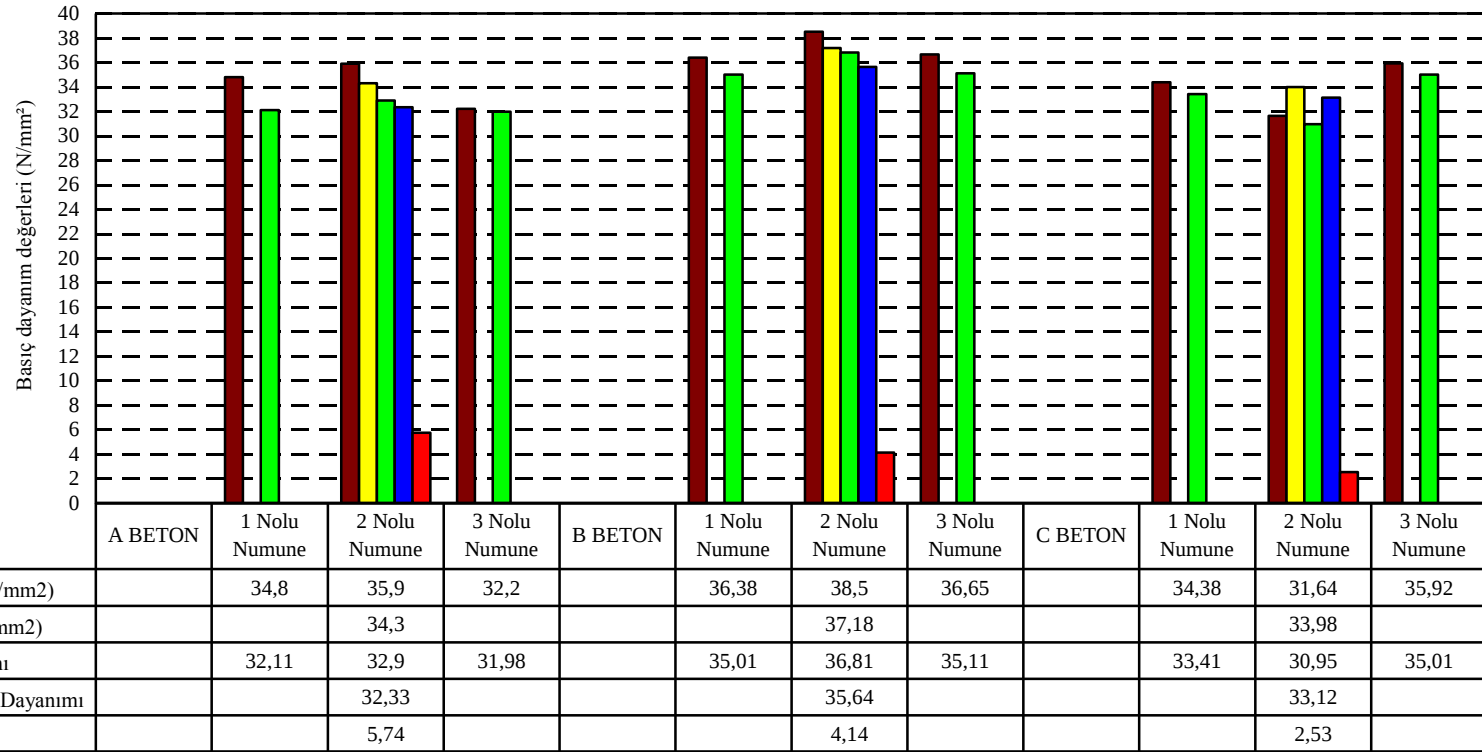
300 °C



Şekil 5.6. A,B,C Beton santrallerine ait 28 günlük numunelerin 300 °C sonrası basınç değişim grafiği

400 °C

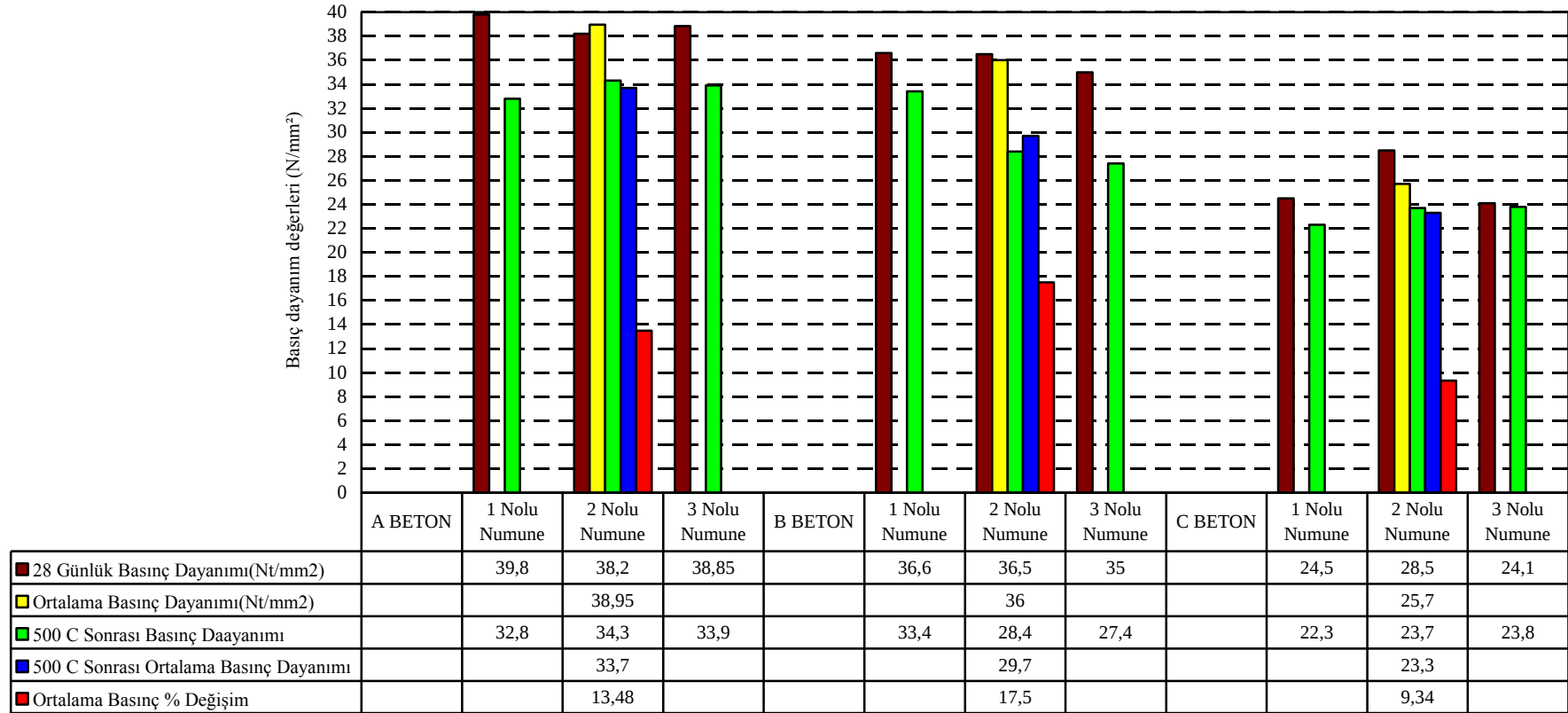
400 °C



Şekil 5.7. A,B,C Beton santrallerine ait 28 günlük numunelerin 400 C sonrası basınç değişim grafiği

500 °C

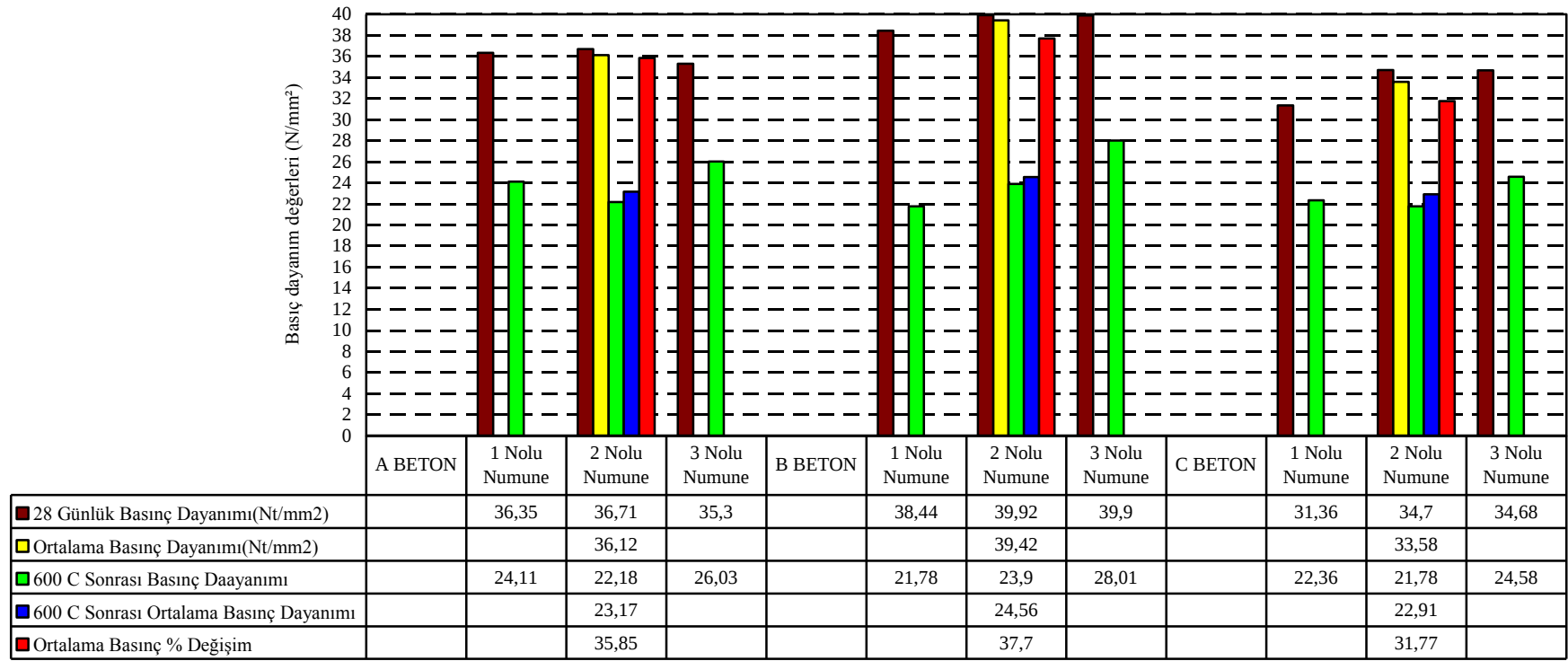
500 °C



Şekil 5.8. A,B,C Beton santrallerine ait 28 günlük numunelerin 500 C sonrası basınç değişim grafiği

600 °C

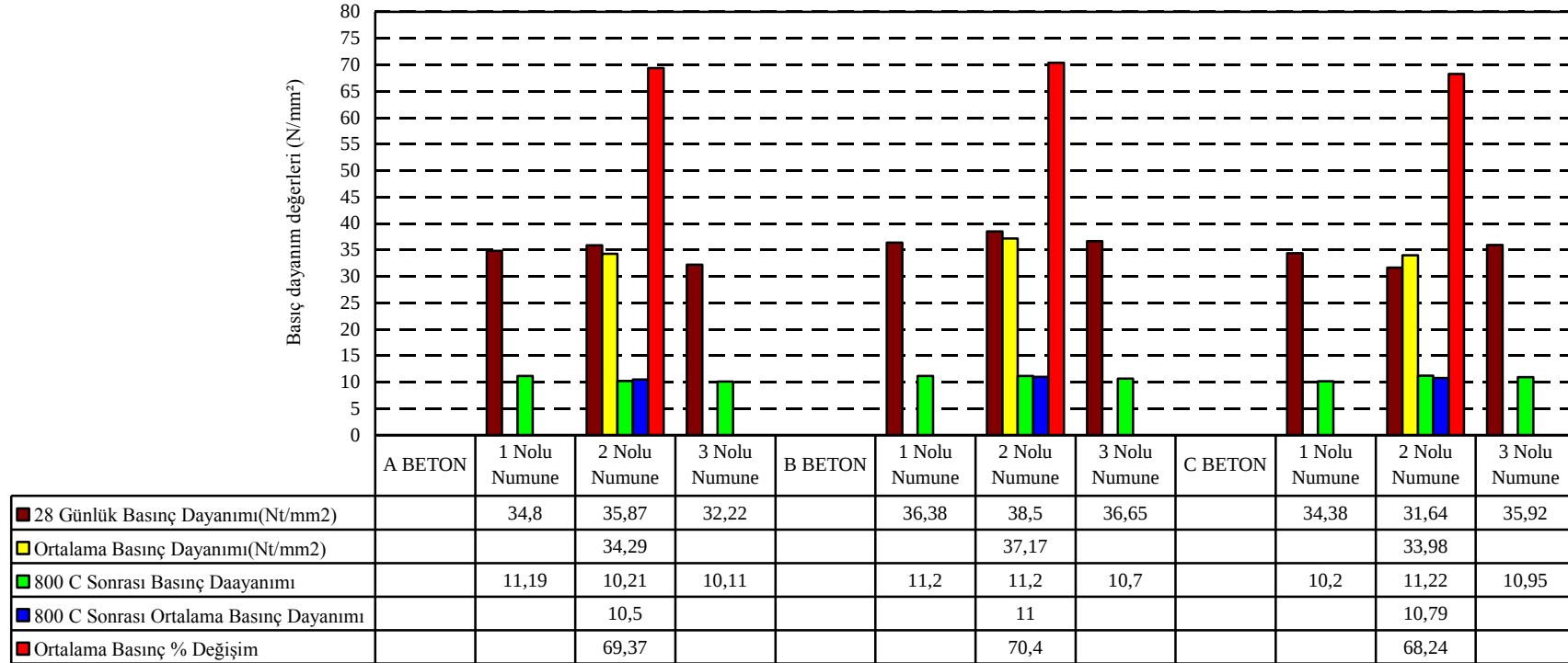
600 °C



Şekil 5.9. A,B,C Beton santrallerine ait 28 günlük numunelerin 600 C sonrası basınç değişim grafiği

800 °C

800 °C



Şekil 5.10. A,B,C Beton santrallerine ait 28 günlük numunelerin 800 C sonrası basınç değişim grafiği

Betonarme yapıların önemli bir bileşeni olan beton; agrega çimento, su ve gerektiğinde katkı maddesinin belirli oranlarda homojen olarak karıştırılması ile elde edilen başlangıçta plastik kıvamlı zamanla çimentonun hidratasyonu sebebiyle bulunduğu kalıbın şeklini alarak sertleşen kompozit bir yapı malzemesidir [64]. Oluşan bu kompozit malzeme ile üretilen yapı ve yapı ürünlerinin işlevlerini uzun yıllar boyunca bozulmadan yerine getirmeleri “dayanıklılık” (durability) olarak tanımlanmaktadır.

TS 13501-3 standardına göre yapı malzemelerinin yangına dayanıklılık sınıfları açısından; beton, A1 sınıfına girmektedir [65].

Beton termal iletkenliği düşük olduğundan dolayı özellikle yüksek sıcaklıktan çok etkilenecek yapı malzemeleri (örneğin: çelik) üzerine kaplama malzemesi olarak kullanıldığı bilinmektedir. Termal iletkenliğin yavaş olması yapı malzemesinin bünyesinde ısının birikmesine ve dış ortamdaki sıcaklık farklılığı nedeniyle yüzeyde su buharına dönüşerek yüzey çatlamalarına sebep olmaktadır [66,67].

Yüzey çatlamaları betonda 200-300°C’de başlamakta ve sıcaklık yükseldikçe artmaktadır. Bununla beraber dayanıklılığın sağlanabilmesi için beton ve donatı sıcaklığının bu malzemeler için kritik olan sıcaklığa ulaşmaması gerekmektedir [68,69]. Sıcaklık 600 °C’ ulaştığında beton, dayanımının %50’sini 800 °C’de ise yaklaşık %80’ini kaybettiği bilinmektedir [70,71]. Beton, yanmayan madde oluşu, belirli bir süre için önemli derecede zarar görmemesi ve zehirli duman çıkarmaması ile yangın direnci yüksek bir malzemedir. Ancak bu dayanıklılık, sınırlı süre ve belirli sıcaklıklar için geçerlidir.

Yapılan deneysel çalışmalarda santrallerden alınan numuneler 300, 400, 500, 600, 800 °C sıcaklığa tabi tutularak basınç dayanımlarına bakılmış ve kontrol numuneleri ile gerekli kıyaslamalar yapılmıştır. 300 °C sıcaklıkta; C Beton santralinde üretilen betonlarda %2,18 oranında basınç dayanım düşüşü, B ve C Beton santrallerinde ise sırasıyla %3,44 ve %5,2 oranında basınç dayanım düşüşü olduğu görülmüştür.

Yüksek sıcaklık etkisi altında betonun kimyasal kompozisyonu, fiziksel yapısı ve su muhtevası değişir. Bu değişiklikler öncelikle çimento hamurunda olmak üzere agregada da gözlenir [72].

Beton yüksek sıcaklık etkisinde kaldığında, düşük ısı iletkenliğine sahip yüzey tabakasının oluşması ile ısı yayılımı azalır. Bunun sonucu olarak yüksek sıcaklığa maruz yüzey ile betonun iç kısımları arasında sıcaklık farkları oluşur.

Riley tarafından yapılan deneysel çalışmada, harç numuneler yüzeyden itibaren ısıtılmış ve sıcaklıklar ölçülerek izotermeler çizilmiş ve bu noktalardan alınan ince kesitlerin analizi ile betonun fiziksel özelliklerinin bu izotermelere benzer değişimler gösterdiği belirtilmiştir. 300°C'den daha düşük sıcaklığa maruz kalan bölgelerde yerel ara yüz çatlakları, 300-500°C arasında ara yüz ve çimento pastasında, 500°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise çimento pastasında ve agrega tanelerinde ciddi çatlakların meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu da betonun anizotropik özelliğinin başlangıcıdır. Yüksek sıcaklığa maruz kalmış bir betonda anizotropik özellikler gözleniyorsa, sıcaklık 500°C'yi aşmış demektir [73].

300 °C sıcaklıkta basınç değişimi A,B,C Beton santrallerinde sırasıyla %5,2, %3,44, %2,18

400 °C sıcaklıkta basınç değişimi A,B,C Beton santrallerinde sırasıyla %5,74, %4,14, %2,53

500 °C sıcaklıkta basınç değişimi A,B,C Beton santrallerinde sırasıyla %13,48, %17,5, %9,34

600 °C sıcaklıkta basınç değişimi A,B,C Beton santrallerinde sırasıyla %35,85, %37,7, %31,77

800 °C sıcaklıkta basınç değişimi A,B,C Beton santrallerinde sırasıyla %69,37, %70,4, %68,24 olduğu görülmüştür.

Çimento hamurundaki jel yapıyı oluşturan kalsiyum silikat hidrate'nin (CSH) ve katı ögeleri, adsorbsiyon suyu yardımıyla birbirine bağlanmakta ve 300 °C'den itibaren buharlaşmaya başlamaktadır. Buharlaşan su, harcın büzülerek çatlamasına neden olmaktadır [74].

Çimento hamuru ilk ısıtma boyunca oldukça kararsız bir bileşendir, çünkü sıcaklık etkisi ile önemli fiziksel ve kimyasal dönüşümler geçirir. Bu dönüşümlerde, 100°C ve altındaki sıcaklıklarda serbest suyun buharlaşması, 100°C'den sonra kimyasal bozulma ve bağlı suyun kaybı önemli bir rol oynamaktadır [75].

Bilindiği gibi betonun basınç dayanımı, porozitesi ile ilişkilidir. Betonun porozitesi arttıkça basınç dayanımı azalır [76]. Betonun katı fazlarını oluşturan çimento hamuru ve agrega, yüksek sıcaklığa maruz kaldığında betonun gözenek yapısını etkiler. Katı fazlarda meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişiklikler toplam porozitede ve gözenek boyutunun dağılımında değişikliklere neden olur.

Genellikle, sertleşmiş çimento hamuru 20-200°C civarında genişir. 200°C'nin üstünde farklı yoğunlukların etkisiyle büzülür, bu sırada da agrega genişir. Bütün bu değişiklikler gözenek boyutunu büyütür [77]. 500°C'ye kadar kapiler ve jel suyunun ayrılması toplam boşluk hacminde önemli bir artışa neden olur [78]. Çimento hamuru %70-80 CSH jeli, %20 Ca(OH)₂ ve diğer kimyasal bileşenlerden oluşur [79]. Ca(OH)₂, 530°C civarında sönmemiş kirece dönüşür. Bu dönüşümde %33'e varan bir büzülme oluşur. Yangın sırasında sıkılan su ile CaO tekrar Ca(OH)₂'ye dönüşür, bu olay %44 mertebesinde bir hacim artışına neden olur. Bu hacim değişimleri sonucu bünyede çatlaklar oluşur, beton ufalanır, boşluklu bir yapıya dönüşür.

Lea ve Straaling ise betonda 300°C'ye kadar olan dayanım artışına dikkat çekmişler, dayanımdaki artışın silis esaslı agrega ile üretilen betonlarda daha fazla olduğunu ve bunun nedeni olarak çimento ile agrega arasındaki aderansın silisli agregalarda daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir [80].

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yörede faaliyet gösteren hazır beton santrallerinde üretilen betonlardan C25 beton sınıfı üzerinde özellikle durulmuş ve gerekli çalışmalar yapılmıştır. Bunun da asıl sebebi, yeni deprem yönetmeliğine göre yapılarda C20 beton sınıfının altında betonun kullanılamaması ve bölgede yapılan incelemede; yeni yapıların projelendirilmesinde genel olarak C25 beton sınıfının tercih edilmesidir. Bu beton sınıfından alınan numuneler üzerinde slump, basınç dayanımı, eğilmede çekme dayanımı, porozite, donma-çözülme ve yüksek sıcaklık deneyleri uygulanmıştır. Bu çalışmalar neticesinde elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda sıralanmıştır.

Yörede faaliyet gösteren ve A,B,C olarak adlandırılan hazır beton santrallerinde üretilen C25 beton sınıfına ilişkin beton karışım tablolarında; Firmaların birbirlerinde farklı kimyasal katkı malzemesi kullandıkları, yaz ve kış mevsimine göre kimyasal katkının değiştirildiği,

A ve B Beton Firmalarının CEM II/A-M çimento çeşidini kullandıkları, C Beton Firmasının CEM I çimento çeşidini tercih ettiği,

Karışım suyunu Kezer Çayı yakınında açılan kuyulardan temin ettikleri ve malzeme ocaklarının aynı olduğu görülmüştür.

A ve B Beton firmaları ürettikleri betonda kırma taş kumuna daha çok yöneldikleri, C Beton Firmasının ise yıkanmış ve elekten geçirilmiş dere kumunu tercih ettiği görülmüştür.

A ve B Beton Firmasının beton karışımında iri agregaya olarak 15-22mm aralığındaki agregayı, C Beton Firması ise 15-30mm aralığındaki agregaya daha çok yöneldiği tespiti yapılmıştır.

A hazır beton firmasının slump değerlerini genelde 14cm olarak, B hazır beton firmasının 14-15cm olarak, C hazır beton firmasının ise bu değeri genelde 12-13cm arasında belirlediği yapılan slump deneyleri saptanmıştır.

A,B,C beton santrallerden alınan numunelerin 28 günlük basınç dayanımları TS 500'de belirlenen 28 günlük küp numunelerin karakteristik basınç dayanım değerlerini yakaladığı görülmüştür. A Beton Firmasının 28 günlük ortalama basınç dayanım değeri 35,5N/mm² ,B Beton Firmasının 28 günlük ortalama basınç dayanım değeri 40,39N/mm², C Beton Firmasının 28 günlük ortalama basınç dayanım değeri 43,58N/mm² olarak tespit edilmiştir. C beton firmasının 7 ve 28 günlük basınç dayanım değerlerinin, diğer firmalara ait betonların basınç dayanım değerlerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Elde edilen bu

sonuca etken olarak C Beton firmasının S/Ç oranını iyi ayarlayarak elde ettiği betonun slump değerlerini düşük tutması ve CEM I tipi çimento kullanması gösterilebilir. A ve B hazır beton santrallerinde üretilen betonlar C santralinde üretilen betona göre daha düşük basınç dayanım sonuçları vermiştir. Bu firmaların ürettikleri betonların işlenebilir ve pompalanabilir beton olması için kırma taş kumunu tercih etmeleri, S/Ç oranını yüksek tutmaları ve daha çok CEM II/A-M çimento çeşidini kullanmaları gibi sebeplerden kaynaklandığı söylenebilir. A ve B beton firmalarının ürettikleri betonun daha iyi sonuç vermesi için bu hususları göz önünde bulundurmaları gerekmektedir. A ve B beton firmaları yıkanmış dere kumu yerine kırma taş kumunu tercih etmektedirler. Konkasör tesislerinde tekniğine uygun üretim yapılmaması halinde kırma kum içerisindeki ince madde miktarı kil, silt gibi zararlı malzemelerle birlikte artmakta ve kırma kum kalitesini bozmaktadır. Kil ve siltin beton agregasında bulunması iri agrega ve çimento hamuru arasındaki aderansı zayıflatır. Kil ve siltin su tutma kabiliyetinin yüksek olması sebebiyle, kil ve silt su emme sonucunda hacim genişlemesine neden olur. Ayrıca kil ve siltin fazla olması halinde beton için gerekli karma suyu miktarı yani su/çimento oranı büyür. Boşluk oranı fazla olur, beton dayanımı düşer.

A,B,C beton santrallerinden alınan numuneler üzerinde yapılan porozite deneyinde sırasıyla %9,25-%9,04-%8,46 sonuçları elde edilmiştir. Betonun mekanik özelliklerinin performansını arttırmak, porozite ve permeabilitesinin düşük olması ile mümkündür. Bilindiği gibi betonun basınç dayanımı, porozitesi ile ilişkilidir. Betonun porozitesi arttıkça basınç dayanımı azalır. Eldeki veriler dikkate alındığında C beton firmasının ürettiği betonun porozite değeri diğer iki beton firmasının ürettiği betondan daha düşüktür. Buna etken olarak diğer firmaların üretmiş oldukları betonların iyi bir şekilde sıkıştırılmamış olması, S/Ç oranını iyi belirlemedikleri kullanılan agrega veya kullandıkları kimyasal katkılardan kaynaklanabileceği hususları dikkate alınmalıdır. Beton içindeki yer alan boşlukları asgariye düşürülmesi için hava sürükleyici kimyasal katkı maddeleri kullanılabilir.

A,B,C beton santrallerinden alınan numuneler üzerinde yapılan donma-çözülme deneyinde; donma-çözülme deneyi sonrası elde edilen basınç dayanım değerleri, kontrol numuneleri basınç dayanım değerleri karşılaştırıldığında;

A Beton santralinde üretilen C25 betonun ortalama basınç dayanım değerinde %11,73 oranında azalma, B Beton santralinde üretilen C25 betonun ortalama basınç

dayanım değerinde %7,33 oranında azalma, C Beton santralinde üretilen C25 betonun ortalama basın dayanım değerinde %5,52 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

A,B,C Hazır beton santrallerinde üretilen C25 beton sınıfı üzerinde yapılan donma çözümlme deneyinde beton basınç dayanım kayıplarının %20'nin altında olması nedeniyle donma çözülmeye karşı dayanıklı beton oldukları söylenebilir.

A Beton firmasının ürettiği betonun donma-çözülmeye karşı, diğer firmaların ürettiği betonlardan daha fazla bir dayanım kaybı gösterdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle ürettiği betonun dayanıklılığını arttırmak için öncelikle suyun beton içerisine girmesini engelleyici tedbirler almalıdır. Beton içindeki boşluk oranını düşürmek ve çimento hamurunun donmaya karşı dayanıklılığını arttırmak için beton içerisine hava sürükleyici katkı maddeleri katması gerekmektedir. A Beton Firmasının B Beton Firması ile aynı tip çimento kullanması oluşan bu durumun çimento çeşidi ile ilişkilendirilemeyeceği kanaati getirmiştir. A Beton Firmasının iyi belirlenmiş S/Ç oranı ve uygun slump değerlerine dikkat etmesi gerekmektedir. Betonun geçirimliliği S/Ç oranı arttıkça çimento hamurunun gözenekliliği ve dolayısıyla betonun geçirgenliği artar. Geçirgenliği yüksek olan betonlara zararlı sıvılar daha kolay etki eder. Aynı şekilde her ne kadar B Beton Firmasının ürettiği betondaki dayanım kaybı A Beton Firması ile aynı olmasa dahi, C Firması ile kıyaslandığında düşük kabul edilebilir. Dolayısıyla B Beton firmasının da A Beton Firmasının dikkate alması gereken hususları önemsemelidir. C Beton Firmasının ürettiği C25 beton sınıfının donma-çözümlme deneyinde diğer santrallerin betonlarına nazaran daha az bir dayanım kaybı göstermesi, kullandığı katkı türü, uygun S/Ç oranı, yıkanmış ve elenmiş dere kumu ile CEM I çimentosu olduğu kanaatini oluşturmuştur.

A,B,C beton santrallerinden alınan numuneler üzerinde yapılan eğilmede çekme deneyinde; elde edilen verilerin her ne kadar birbirine çok yakın olduğu görölse de, C Beton Firmasına ait değerlerin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bununda kullandığı CEM I çimento tipi ve iyi belirlenmiş slump değeri ile alakalı olduğu kanaatine varılmıştır.

A,B,C beton santrallerinden alınan numuneler üzerinde yapılan yüksek sıcaklık deneyinde; numuneler 300-400-500-600-800°C yüksek sıcaklık deneyine tabi tutulmuştur. 300 °C'de A,B,C Beton Firmalarından alınan numunelerde görölun basınç dayanımı değişimi sırasıyla; %5,2-%3,44-%2,18
400 °C'de A,B,C Beton Firmalarından alınan numunelerde görölun basınç dayanımı değişimi sırasıyla; %5,74-%4,14-%2,53

500 °C’de A,B,C Beton Firmalarından alınan numunelerde görülen basın dayanımı değişimi sırasıyla; %13,48- %17,5-%9,34

600 °C’de A,B,C Beton Firmalarından alınan numunelerde görülen basın dayanımı değişimi sırasıyla; %35,85-%37,7-%31,77

800 °C’de A,B,C Beton Firmalarından alınan numunelerde görülen basın dayanımı değişimi sırasıyla; %69,37- %70,4-%68,24 oranlarında basınç dayanım düşüşleri tespit edilmiştir.

Sıcaklık arttıkça basınç dayanım kaybı da buna bağlı olarak artmıştır. 600-800 °C basınç dayanım kaybının en çok olduğu sıcaklık olarak görüldü. Bu sıcaklık değerlerinde basınç deneyine tabi tutulan numunelerin test cihazında tamamen dağıldığı görülmüştür. Bütün sıcaklık değerlerinde basınç dayanım azalması ile birlikte betonda renk değişikliği ve yüzeysel çatlaklar tespit edilmiştir.

Yüksek sıcaklık etkisinde kalan beton numunelerin basınç dayanımlarında azalma olmuştur. Sıcaklık arttıkça betonun yapısının giderek bozulduğu, renk değiştirdiği, yüzeyde görünen çatlakların genişlediği ve ilerlediği tespit edilmiştir. Betonu oluşturan çimento hamuru ve agrega, yüksek sıcaklığa maruz kaldığında gözle görünür şekilde fiziksel değişiklik göstermiştir. Meydana gelen bu değişiklikler betonun gözenek yapısını etkileyerek betonun boşluklu bir yapıya dönüşmesine sebep verebilir. Betonundaki boşluk miktarının artması basınç dayanımını azaltır. Dolayısıyla yüksek sıcaklığa maruz kalan betonun yapısında oluşan bu değişikliklerden dolayı dayanım kaybına uğrar ve özelliğini kaybeder. Bu etkiler özellikle 600°C ve üstü sıcaklıklarda daha belirgin bir şekilde kendini gösterir

A,B,C Beton Firmalarının ürettikleri C25 beton sınıfı üzerinde yapılan deneysel çalışmaların sonuçları doğrultusunda, üretim yapan beton firmalarının gerek, üretimde kullanılan girdi malzemeleri, gerekse üretim teknolojisi ve uygun tasarım, bakım gibi kısıtlara bağlı olarak, meydana gelen olumsuzluklar için aşağıda bazı öneriler sıralanmıştır. Üretilen betonlar, yapı çeşidi, bölgenin iklim özellikleri gibi koşullar dikkate alınarak, belirlenen beton standartları doğrultusunda üretilmelidir. Tesiste üretilen beton her ne kadar standartlar ve talep edilen sınıfta üretilse dahi, laboratuvar şartlarında bırakılan numune sonuçları ile yetinilmemeli ve asıl olan beton dökümü ve sonrasında yapılması gereken bakım işlemleri son derece önemsenmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Türkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr
- [2] **Akman, M.S.**, 1990, Yapı Malzemeleri İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [3] **Ersoy, U.**, 1985. Betonarme, temel ilkeler ve taşıma gücü hesabı, ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü.
- [4] **Postacıoğlu, B.**, 1975. Yapı Malzemesi Problemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul, No: 1011, s.134-291
- [5] **Ekmekyapar, T., Örüng, İ.**, 1993. İnşaat Malzemesi Bilgisi, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Erzurum, No:145, s.67-106
- [6] www.yapi-inaaat.com/beton.html Betonun Özellikleri. 23 Aralık 2012.
- [7] www.muhenidisevi.com/forum Beton Çeşitleri ve Temel Özellikleri 25 Aralık 2012
- [8] <http://eng.harran.edu.tr/moodle/moodledata/55/Agregalar.pdf> 29 Aralık 2012
- [9] www.kgm.gov.tr Beton ve Beton Malzemeleri 29 Aralık 2012
- [10] **Şimşek, O.**, 2007. Beton ve Beton Teknolojisi, Seçkin Yayıncılık, Ankara, Türkiye.
- [11] <http://www.dunyabeton.com.tr/hazirbeton.html> 30 Aralık 2012
- [12] <http://www.thbb.org/Document.aspx?ID=9> 30 Aralık 2012
- [13] **TS- 1248**, 1989 Betonun Hazırlanması Dökümü ve Bakım Kuralları Anormal Hava Şartlarında, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [14] **TS-1247**, 1984. Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları, Normal Hava Koşullarında Türk Standartları Enstitüsü Ankara.
- [15] **THBB**, Hazır Beton www.thbb.org. 2003.
- [16] **TS EN934-2**, 2002. Kimyasal Katkılar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [17] **ENFARC 2005**, The European Guidelines for Self-compacting Concrete: Specification, Production and Use, The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems.
- [18] **TS EN 197-1**, 2002. Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Birleşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [19] **ASTM C 219**, 1998. Standart Terminology Relatin to Hydraulic Cement, Annual Book of ASTM Standarts, Easton, MD, USA.

- [20] **Sönmezoğlu, C.**, 2005. Hafif betonun mekanik özellikleri üzerine kür şartlarının etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [21] **Demirli, İ.H.**, 2004. Kırma taşla üretilen hazır betonların donma çözülmeye karşı dayanıklılığının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [22] http://www.agub.org.tr/agrega/beto_agregasi.htm 10 Ocak 2013
- [23] **Mindness, S. and Young, J.**, 1981, Concrete, Prentice-Hall Inc, 671p., New Jersey, USA.
- [24] **Dewar, J.D., Anderson, R.**, 2004. Manuel of Ready-Mixed Concrete, Taylo & Francis Group, 246., London, England.
- [25] **Batmaz, A.**, 2006. Rize ili ve çevresindeki derelerden elde edilen agreganın beton yapımına uygunluğunun araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [26] **Ramachandran, V.S.**, 1995. Concrete Admixtures Handbook, Properties, Science and Technology, Second Edition, Noyes Publications, p.1153 New jersey, USA.
- [27] http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/ 12 Ocak 2013
- [28] **Özışık, G.**, 2000, Beton Birsen Yayınevi Kod No: Y.0029, İstanbul, s.3-109
- [29] **Akakın, T., Zengin, H. ve Öztürk, A.**, 2011. Hazır beton sektörü ve beton kullanımındaki gelişmeler, Hazır Beton Kongresi Bildirileri, İstanbul, 20-22 Ekim s.1
- [30] **Kantar, E.**, İzmir ve yöresinde üretilen hazır betonların sınıf dayanımlarına göre istatistiksel incelenmesi ile kür şartlarının beton dayanımlarına olan etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [31] **THBB**, www.thbb.org/agrega.2006.
- [32] **Sevin, H.L., ve Yurdagül, M.**, 2011 Beton agregası üretiminde yaşanan temel sorunlar ve hazır beton kalitesine etkileri, Hazır Beton Kongresi Bildirileri, İstanbul, 20-22 Ekim s.240
- [33] **Ergün, A.**, 1998. “Bantlı Konveyörler Hesap ve Konstrüksiyon Esasları”, T.M.M.O.B Makine Mühendisleri Odası Yayın No 98, Ankara, 17-18 Eylül s.8

- [34] **Doğan, A., Batur, S., Özer, A.E., Dingil, S. ve Geçmez, Z.,** 2011. Boyabat barajı ve hes projesi kütle betonu karışım bileşenleri ve tasarımı, Hazır Beton Kongresi Bildirileri, İstanbul,20-22 Ekim s.417
- [35] <http://www.insaatbolumu.com/2007/09/insaat-bolumu> 13 Ocak 2013
- [36] www.sidav.8m.com/08.htm 07 Kasım 2012
- [37] http://tur.sika.com/tr/solutions_products/02/02a001/Haz%C4%B1
- [38] **Akman, M.S.,** 1990, Yapı Malzemeleri İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [39] **TS EN 12390-1 2002.** Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 1:Deney Numunesi ve Kalıplarının Şekil, Boyut ve Diğer Özellikleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [40] **TS EN 12390-2 2002.** Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Kürlenmesi, , Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [41] **TS EN 12390-3 2010.** Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [42] **Yazıcıoğlu.S., Demirel,B.,** 2006. Puzolanik Katkı Maddesi Olarak Kullanılan Elazığ Yöresi Pomzasının İlerleyen Kür Yaşlarında Betonun Basınç Dayanımına Etkisi.367-374.
- [43] **TS EN 772-4 2000.** Tabii Taş Kagir Birimlerin toplam ve Görünen Porozitesi ile Boşluksuz ve Boşluklu Birim Hacim Kütlesinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [44] **The Concrete Society,** 1987. “Permeability Testing of Site Concrete – A Review of Methods and Experience”, Technical Report No.31.
- [45] **Ekinci, C.E., 1995,** Antalya Etibank Eelektrometalurji İşletmesi Silis Dumanlarının Çimento ve Betonda Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi,Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [46] **ASTM C 666-92,** 1999.Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing, Volume 04.02. Concrete and Aggregates. American Society.

- [47] **TS EN 12390-5, 2003.** Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [48] **Neville, A.,M.,** Properties of Concrete, Found Edition, Longman Scientific and Technical, New York/USA,2000.
- [49] **Baradan, B.,Yazıcı, H., ve Ün, H.,** Betonarme Yapılarda Kalıcılık(Durabilite), Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir, 2010.
- [50] **Aköz,F., ve Yüzer.,** “Yüksek Sıcaklığın Nedenleri ve Betonarme Elemanlara Etkileri”, Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi, No:3, 1994.
- [51] **Mehta, P.K.,** 1986 Concrete,Structure Properties and Materials, Printice Hall, USA 152-158.
- [52] **TS EN 1363-2** Yangına Dayanıklılık Deneyleri-Bölüm 2: Alternatif ve İlave İşlemler Ankara.
- [53] **TS EN 206-1, 2002.** Beton- Bölüm 1:Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [54] **Uğurlu, A., 1989,** “Betonda Agrega Granülometrisinin Düzenlenmesi ve Önerilen Bir Yöntem: Fuller Parabolü”, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Bülteni, Sayı: 69
- [55] **Massazza , F., 1989,** Puzzolanlı Çimentolar ve Kullanım Alanları, Dayanıklılık, Türkiye Çimento Müstahsilileri Birliği, Seminer, Ankara.
- [56] **Güner, M.S., Süme, V., 2001,** “Yapı Malzemesi ve Beton”, Aktif Yayınevi, İstanbul, 336 s.
- [57] **Beyazıt, Ö.L., 1988,** “Beton ve Deneyleri”, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- [58] **Usta, S., 2012.** Agrega Granülometrisinin Beton Bileşimindeki teorik Malzeme Miktarları ile Betonun Komposite ve Porozite Değerleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 8, No: 1, 1-15.
- [59] **Baradan, B., 1994.** Yapı Malzemesi II, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir.
- [60] **Öztütüncü, G. H., 1992.** Ortalama Hafif Agrega Boyutunun Yarı Hafif Betonların Dona Dayanıklılığı Üzerindeki Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [61] **Binici, H., Sevinç, H. A., Durgun, Y. M., 2010.** Barit, Bazaltik Pomza, Kolemanit ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Betonların Özellikleri, KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(1).
- [62] **Uysal, H., 1996,** Hafif Agregalardan Üretilen Betonun Isı Geçirgenliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- [63] **Örüng, İ., 1995,** Tarımsal Yapılarda Öğütülmüş Hafif Agreganın Kullanılabilme Olanakları Üzerine Bir Araştırma, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 26(1), s:90-111
- [64] **Durmuş, G., ve Subaşı, S.,** “Betonarme Kalıp Maliyetinin Bilgisayar Ortamında Tasarımı” UMES’07- Ulusal Teknik Eğitim, Mühendislik ve Eğitim Bilimleri Genç Araştırmacılar Sempozyumu, 619-624, Kocaeli, 2007.
- [65] **TS EN 13501-3 2009.** “Yapı Mamulleri ve Yapı Elemanları – Yangın Sınıflandırması – Bölüm 3: Bina Hizmet Tesisatlarında Kullanılan Mamuller ve Elemanlar Üzerinde Yapılan Yangına Dayanıklılık Deneylerinden Elde Edilen Veriler Kullanılarak Sınıflandırma: Yangına Dayanıklı Hava Kanalları ve Yangı Damperleri”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [66] **Hossain, K.M.A.,** “Macro and Microstructural Investigations on Strength And Durability of Purmice Concrete at High Tempereature”, Jounal of Materials in Civil Engineering ASCE, 18(4),527-536,2006.
- [67] **Topçu, İ.B., Demir, A.,** Yüksek Sıcaklık Uygulama Süresinin Harç Özelliklerine Etkisi, 7. Ulusal beton Kongresi, s.455-463, İstanbul,2007.
- [68] **Guisse, S.E., Short N.R. ve Purkiss J.A.,** Colour Analysis for Assessment of Fire Damaged Concrete, Concrete Repair, Rehabilitation and Protection, Proceeding of The İnternational Conference Held at The University of Dundee, Scotland/UK, 1996.
- [69] **Burnaz, O., Durmuş, A.,** Betonarme Yapı Elemanlarının Yangın Başarımları, Türkiye İnşaat Mühendisliği XVII. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı ve CD’si s.100-102, Nisan, 2004.
- [70] **Kızılkant, A.B ve Yüzer, N.,** Yüksek Sıcaklık Etkisindeki Harcın Basınç Dayanımı-Renk Değişimi İlişkisi, İMO Teknik Dergi, 4381-4392, 2008.

- [71] **Topçu, İ.B. ve A. Demir.,** Kiremit Kırıklık Betonlarda Yüksek Sıcaklık Etkisi. ACE 2006, 7th International Congress in Civil Engineering, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey, Book of Abstracts, p.456.,2006.
- [72] **Bazant, Z.P. ve Kaplan, M.F.,** Concrete at High Temperatures, Longman Group Limited , London, 1996.
- [73] **Riley, M.A.,** “Possible New Method for the Assessment of Fire Damaged Concrete”, Magazine of Concrete Research, No:43, pp.87-92,1991.
- [74] **Khoury, G.A.,** “Compressive Strength of Concrete at High Temperatures: A Reassessment”, Magazine of Concrete Research, No:44, pp.291-309,1992.
- [75] **Durmuş, G., ve Arslan, M., 2009.** Yüksek Sıcaklığın Beton Boşluk Yapısına Etkileri, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09) 13-15 Mayıs2009, Karabük, Türkiye.
- [76] **Vodak, F., Trtik, K., Kapickova, O., Hoskova, S. ve Demo, P.,** “The Effect of Temperature on Strength-Porosity Relationship for Concrete”, Construction and Building Materials, No:18, pp.529-534, 2004.
- [77] **Alonso, C., Andrade, C. ve Khoury, G.A.,** “Porosity & Microcracking”, International Centre for Mechanical Sciences, Course on Effect of Heat on Concrete, Udine/Italy.
- [78] **Haddad, R.H. ve Shannis, L.,** “Post-Fire Behavior of Bond Between High Strength Pozzolanic Concrete and Reinforcing Steel”, Construction and Building Materials, No:18, pp.425-435, 2004.
- [79] **Zhang, B., Bicanic, N., Pearce, C.J., Philips, D.V.,** “Relations Between Brittleness and Moisture Loss of Concrete Exposed to High Temperatures”, Cement and Concrete Research, No:32, pp.363-371,2002.
- [80] **Savva, A., Manita, P. ve Sideris, K. K.,** “Influence of Elevated Temperatures on the Mechanical Properties of Blended Cement Concretes Prepared with Limestone and Siliceous Aggregates”, Cement & Concrete Composites, No:27, pp.239-248, 2005.

ÖZGEÇMİŞ

31.12.1971 tarihinde Siirt'te doğdum. İlkokul, ortaokul ve liseyi Siirt'te okudum. 1988 yılında Siirt Lisesinden mezun oldum. 1989–1991 yılları arasında Dicle Üniversitesi Diyarbakır Meslek Yüksekokulu Muhasebe Bölümünü bitirdim. Okul bittikten sonra tekrar üniversite sınavlarına hazırlanarak 1992 yılında Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne yerleştim. 1996 yılında bu bölümden inşaat mühendisi olarak mezun oldum. Mezuniyetten sonra bir müddet özel sektörde saha mühendisi olarak görev yaptım. 1997 yılının sonlarına doğru İstanbul Gazi Osman Paşa Belediyesi Yapı Denetimi servisinde görev aldım. 1998 yılında PTT Genel Müdürlüğü'nün açtığı sınava girdim ve aynı yıl içerisinde Diyarbakır PTT Başmüdürlüğünde mühendis olarak görevlendirildim. Aynı yıl içerisinde Siirt PTT Başmüdürlüğünde Teknik İşler Amiri olarak atandım. 2009 yılında da yeni kurulan Siirt Üniversitesine geçiş yaptım ve halen burada Yapı İşleri Şube Müdürü olarak görevime devam etmekteyim. Evli ve üç çocuk babasıyım.