

T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONUN BASINÇ DAYANIMI - NUMUNE BİÇİM, BOYUT
İLİŞKİSİ VE AĞIRLIKLIL OLGUNLUK YÖNTEMİYLE TAHMİNİ

FATİH DEŞİK

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. İLKER USTABAŞ

II. DANIŞMANI

PROF. DR. ŞAKİR ERDOĞDU

TEZ JÜRİLERİ

PROF. DR. ABDULKADİR CÜNEYT AYDIN

DOÇ. DR. MURAT YAYLACI

DOÇ. DR. AYBERK KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

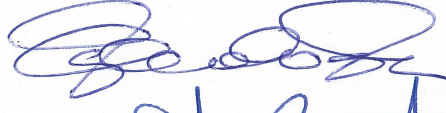
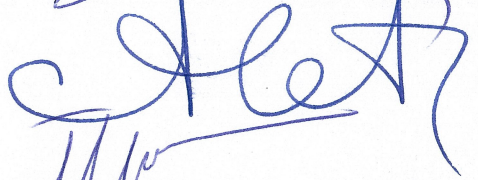
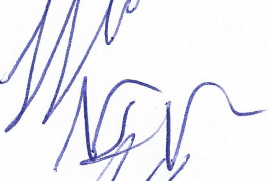
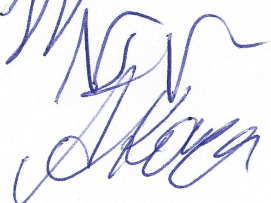
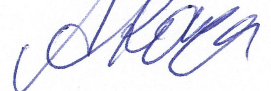
RİZE-2019

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONUN BASINÇ DAYANIMI- NUMUNE BİÇİMİ, BOYUT İLİŞKİSİ VE
AĞIRLIKLIL OLGUNLUK YÖNTEMİYLE TAHMİNİ**

Doç. Dr. İlker USTABAŞ danışmanlığında, Fatih DEŞİK tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 25/01/2019 tarihinde İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı	İmzası
Başkan	: Prof. Dr. Şakir ERDOĞDU	
Üye	: Prof. Dr. Abdulkadir Cüneyt AYDIN	
Üye	: Doç. Dr. İlker USTABAŞ	
Üye	: Doç. Dr. Murat YAYLACI	
Üye	: Doç. Dr. Ayberk KAYA	


Doç. Dr. Ferhat KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ



ÖNSÖZ

Günümüzün teknoloji çağı olması nedeniyle beton sektörü de bu gelişmelerin ışığında yerini alma hususunda önemli mesafeler kaydetmiştir. Bilindiği gibi teknolojik gelişmeler ihtiyaçlar doğrultusunda oluşmaktadır. Beton sektörü, sanayi devrimi sonrası ilk yapay çimentonun üretilmesiyle büyük bir atılım yapmıştır. İkinci Dünya Savaşı sonrası yıkılan yapılar nedeniyle oluşan büyük konut açığının giderilmesinde inşaat sektöründe fabrikasyon üretim devreye girmiş ve pek çok hazır beton firması kurulmuştur. Özellikle 20. Yüzyılın ikinci yarısıyla birlikte hız kazanan kentleşme ve alt yapı çalışmaları, hazır beton ve beton ürünlerinin daha çok üretilip yaygınlaşması sağlanmıştır.

Gelişen beton teknolojisiyle birlikte laboratuvar uygulamalarında da büyük adımlar atılmıştır. Betonun dayanımı belirlemede tahribatsız yöntemlerden biri olan taze betonda ağırlıklı olgunluk yöntemiyle basınç dayanımı tahminini günümüz teknolojisinde yaygın hale getirmek için bu tez çalışması seçilmiştir.

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren çok değerli tez danışmanlarım Doç. Dr. İlker USTABAŞ ve Prof. Dr. Şakir ERDOĞDU'ya, tez çalışması boyunca tecrübelerinden yararlandığım DSİ TAKK Dairesi Başkanlığı'nda çalışan Beton Laboratuvarı Şube Müdürü Aydın SAĞLIK'a, Beton Olgunluk Merkezi'nde çalışan Beton Uzmanı Safar NASER'e, Artvin-Borçka Acarlar MYO Yapı Denetim Bölümü Öğretim görevlilerinden Dr. Öğr. Üyesi İlknur BEKEM KARA ve İnşaat Y. Müh. Cuma KARA'ya, tez çalışmasında deneyler konusunda bana yardım eden DSİ Çoruh Projeleri 26. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü'nde çalışan iş arkadaşlarımdan Kimya Mühendisi Mesut ARDIÇ'a, Laborant Turgay BÜLBÜL'e, Laborant Ümit ŞİMŞEK'e, Laborant Orhan BOZ'a, Laborant Adem ŞAHİN'e ve Laborant Sonnur BALCI'ya, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan eşim Oya DEŞİK'e teşekkürü borç bilirim.

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Betonun Basınç Dayanımı - Numune Biçim, Boyut İlişkisi ve Ağırlıklı Olgunluk Yöntemiyle Tahmini” başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim.
25/01/2019


Fatih DEŞİK

Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

BETONUN BASINÇ DAYANIMI - NUMUNE BİÇİM, BOYUT İLİŞKİSİ VE AĞIRLIKLIL OLGUNLUK YÖNTEMİYLE TAHMİNİ

Fatih DEŞİK

**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı: Doç. Dr. İlker USTABAŞ**

Bu çalışmada, farklı dayanım sınıflarına, maksimum tane çaplarına, numune biçim ve boyutlarına sahip betonların basınç dayanımları arasındaki ilişki belirlendi ve taze betonda olgunluk yöntemi ile elde edilen basınç dayanımları ile taze betondan ve sertleşmiş betondan alınan numuneler üzerinden ölçülen basınç dayanımları kıyaslandı.

Çalışma kapsamında üç farklı maksimum agrega tane çapına (D_{max}) ve üç farklı beton sınıfına sahip beton üretimi yapıldı. D_{max} 25 mm olan karışımdan C25/30 ve C30/37 sınıfları normal beton, D_{max} 63 mm ve D_{max} 125 mm olan karışımlardan ise C20/25 dayanım sınıflarında kütle beton hazırlandı. D_{max} 25 mm olan beton karışımından 10x10x10 cm küp, 15x15x15 cm küp, ϕ 10x20 cm ve ϕ 15x30 cm silindir, D_{max} 63 mm ve 125 mm olan beton karışımlarından ise ϕ 15x30 cm ve ϕ 25x50 cm silindir kalıplarla numuneler alındı. Elde edilen beton numuneleri üzerinde laboratuvar ve arazi ortamında TS 13508 standardına göre olgunluk yöntemi ile tahmini beton dayanımı testi gerçekleştirildi.

Çalışma sonucunda farklı maksimum tane çapları, dayanım sınıfları, biçim ve boyutlara sahip betonların basınç dayanımları için geçiş katsayıları hesaplandı. Kütle betonlarda boyutları farklı olan silindir numunelerin basınç dayanımı geçiş katsayısı (f_{ck} ϕ 25x50 / f_{ck} ϕ 15x30) 0,88 bulundu. Çalışmada kullanılan olgunluk yöntemiyle tahmini olarak belirlenen basınç dayanımları ile taze betondan alınan numunelerden ve sertleşmiş betondan alınan karot numunelerinden ölçülen basınç dayanımlarının birbirine benzer olduğu görüldü. Bu bağlamda, taze betondan ve beton imalatlarından numune almak yerine taze betonda olgunluk yöntemiyle yerinde yapılan basınç dayanım ölçümlerinin güvenilir olduğu kanısına varıldı.

2019, 57 sayfa

Anahtar Kelimeler: Basınç Dayanımı, Olgunluk Yöntemi, Geçiş Katsayısı, Sıcaklık, Biçim ve Boyut

ABSTRACT

RELATIONSHIP BETWEEN COMPRESSIVE STRENGTH AND SAMPLE SHAPE, SIZE OF CONCRETE AND DETERMINED BY WEIGHTED MATURITY METHOD

Fatih DEŞİK

Recep Tayyip Erdoğan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
Master Thesis
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İlker USTABAŞ

In this study, the relationship between the compressive strength of concrete with different strength classes, maximum aggregate sizes, sample shapes and sizes was determined and the compressive strengths obtained from fresh concrete and hardened concrete were compared with the compressive strengths obtained by the maturity method in fresh concrete.

Within the scope of the study, concrete production was made with three different maximum aggregate size (D_{max}) and three different concrete classes. C25/30 and C30/37 classes of normal concrete from a mixture with a D_{max} of 25 mm, mass concrete in C20/25 strength classes from mixtures with D_{max} of 63 and 125 mm were prepared. 10x10x10 cm cube, 15x15x15 cm cube, $\varnothing 10 \times 20$ cm and $\varnothing 15 \times 30$ cm cylinders from concrete mix with D_{max} of 25 mm, $\varnothing 15 \times 30$ cm and $\varnothing 25 \times 50$ cm cylinder molds from concrete mix with D_{max} of 63 and 125 mm. On the obtained concrete samples, estimated concrete strength test according to TS 13508 standard was carried out by the maturity method in the laboratory and field environment.

As a result of the study, the transition coefficients were calculated for the compressive strength of concrete with different maximum grain diameters, strength classes, shapes and sizes. The compressive strength coefficient of the cylindrical specimens with different dimensions ($f_{ck} \varnothing 25 \times 50 / f_{ck} \varnothing 15 \times 30$) was found to be 0,88. The compressive strengths measured from the fresh concrete samples and the cores taken from the hardened concrete were found to be similar with the estimated compressive strengths by the maturity method used in the study. In this context, instead of taking samples from fresh concrete and concrete productions, it was concluded that the compressive strength measurements performed on site by the maturation method in fresh concrete are reliable.

2019, 57 pages

Keywords: Compressive Strength, Maturity Method, Transition of Coefficient, Temperature, Shape and Size

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Ağırlıklı Olgunluk Yöntemi	3
1.2.1. Olgunlaşma Bilgisayarı	4
1.2.2. Ağırlıklı Olgunluk Yönteminde C Değeri.....	5
1.3. Beton Basınç Dayanım Sınıfını Etkileyen Faktörler ve Beton Dayanım Sınıfının Belirlenme Yöntemleri	5
1.4. Literatür Özeti	6
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	14
2.1. Çalışmada Kullanılan Beton Tipleri, Numune Biçim, Boyutları ve Kullanıldıkları Yerler	14
2.2. Kullanılan Malzemeler	14
2.2.1. Çimento	14
2.2.2. Mineral ve Kimyasal Katkılar	15
2.2.3. Beton Karma Suyu	16
2.2.4. Agregalar	17
2.3. Kullanılan Yöntem ve Deneyler.....	19
2.3.1. Agrega Deneyleri	19
2.3.2. Beton Karışımının Hazırlanması	23
2.3.3. Taze Beton Deneyleri.....	25
2.3.4. Betonlarda Basınç Dayanımının Belirlenmesi	29
2.3.5. Betonda Ağırlıklı Olgunluk Yöntemiyle Beton Basınç Dayanımın Tespitinde Uygulanan İşlemler	31

2.3.5.1.	C-Değeri Tespiti	31
2.3.5.2.	Kalibrasyon Eğrisinin Oluşturulması	35
2.3.6.	Karot rneklerinin Alınması ve Betonların Basınç Dayanımlarının llmesi	37
3.	BULGULAR	38
3.1.	Farklı Biçim ve Boyutlardaki Beton Numunelerinin Basınç Dayanımları	38
3.2.	Arazide Yapı Elemanlarında Ağırlıklı Olgunluk Yöntemiyle ve Karot Numuneler ile llen Basınç Dayanımları	40
4.	TARTIşMA ve SONUÇLAR	43
5.	ÖNERİLER	52
	KAYNAKLAR	53
	ZGEMİř	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Olgunlaşma bilgisayarı	4
Şekil 2.	Andezit esaslı kırmataş ve andezitten alınan karot örnekleri.....	18
Şekil 3.	Granit esaslı kırmataş ve granitten alınan karot örnekleri	18
Şekil 4.	C30/37 dayanım sınıfındaki betonlarda kullanılan agreganın tane dağılım eğrisi	23
Şekil 5.	C25/30 dayanım sınıfındaki betonlarda kullanılan agreganın tane dağılım eğrisi	23
Şekil 6.	C20/25 dayanım sınıfındaki betonlarında (D_{max} 125 mm) kullanılan agreganın tane dağılım eğrisi	24
Şekil 7.	C20/25 dayanım sınıfındaki betonlarında (D_{max} 63,5 mm) kullanılan agreganın tane dağılım eğrisi	24
Şekil 8.	Kütle betonunda ıslak elemenden sonra alınan betonda çökme deneyi uygulaması	26
Şekil 9.	a) Taze betonların kalıbına yerleştirilmesi	27
	b) Farklı biçim ve boyutlardan alınan beton numuneleri.....	27
Şekil 10.	a) Kütle betonlarının ıslak eleme ile elenmesi.....	27
	b) $\emptyset 25 \times 50$ cm silindir numune kalıbına vibratörle yerleştirilmesi.....	27
	c) $\emptyset 25 \times 50$ cm silindir kalıplarla alınan numuneler	27
	d) $\emptyset 15 \times 30$ cm silindir kalıplarla alınan numuneler	27
Şekil 11.	Betonların bekletildiği kür havuzu.....	28
Şekil 12.	a) Kütle betonlardan alınan silindir numuneler	28
	b) Basınç deneyi öncesi kükürtle başlık yapılmış silindir numuneler ve küp numuneler	28
Şekil 13.	2000 kN ve 5000 kN kapasiteye sahip beton presleri.....	29
Şekil 14.	Beton tiplerine ait basınç dayanımların belirlenmesindeki yöntemler	30
Şekil 15.	Taze betondan alınan küp numunelerin streç film ile sarılması	31
Şekil 16.	C değeri bulmak için 20°C ve 65°C kür havuzunda bekletilen beton numuneler.....	32
Şekil 17.	Olgunluk cihazı üzerinden 20°C ve 65°C kür havuzu sıcaklık takibi	32
Şekil 18.	20°C ve 65°C kür havuzundan çıkartılan beton numuneler	33
Şekil 19.	Taze betonda C değerinin belirlenmesi.....	34
Şekil 20.	Olgunluk cihazı için oluşturulan kalibrasyon eğrisi	35
Şekil 21.	Taze betondan numune alma	36
Şekil 22.	a) 15 cm'lik küp beton numuneleri.....	36
	b) 15 cm'lik küp beton numunelerinin streç ile sarılması	36
	c) Sıcaklık sensör kablosu yerleştirilmiş silindir numuneler	36

	d) Sıcaklık sensör kablosu konulduktan sonra numunenin streç ile sarılması.	36
Şekil 23.	Taze betondan alınan numunelerin kür havuzuna yerleştirme işlemi.....	37
Şekil 24.	C30/37 beton sınıfına ait ortalama beton basınç dayanımı deney sonuçları....	43
Şekil 25.	C25/30 beton sınıfına ait ortalama beton basınç dayanımı deney sonuçları....	43
Şekil 26.	C20/25 kütle beton sınıfına (D_{max} 125 mm) ait ortalama beton basınç dayanımı deney sonuçları	44
Şekil 27.	C20/25 kütle beton sınıfına (D_{max} 63 mm) ait ortalama beton basınç dayanımı deney sonuçları	45
Şekil 28.	Kütle betona ait basınç dayanımı geçiş katsayıları	46
Şekil 29.	Normal betona ait beton basınç dayanımı geçiş katsayıları.....	47
Şekil 30.	Kütle betona (C20/25) ait olgunluk ve $\phi 15 \times 30$ cm silindir numunelerin basınç dayanımları arasındaki değişimleri.....	49
Şekil 31.	Normal betona (C25/30) ait olgunluk, $\phi 15 \times 15 \times 15$ cm küp ve karot numunelerin basınç dayanımları arasındaki değişimleri	50

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.	CEM I 42,5 R çimentoya ait kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler	15
Tablo 2.	Uçucu küle ait fiziksel özellikler	15
Tablo 3.	Kimyasal katkılara ait teknik özellikler	16
Tablo 4.	Borçka beton karma suyuna ait kimyasal analiz sonuçları	16
Tablo 5.	Yusufeli beton karma suyuna ait kimyasal analiz sonuçları	17
Tablo 6.	C30/37 betonunda kullanılan agregalara ait elekten geçen yüzde miktarları ..	19
Tablo 7.	C25/30 betonunda kullanılan agregalara ait elekten geçen yüzde miktarları ..	20
Tablo 8.	C20/25 betonunda kullanılan agregalara ait elekten geçen yüzde miktarları ..	20
Tablo 9.	C30/37 betonlarında kullanılan agregaların fiziksel özellikleri.....	21
Tablo 10.	C25/30 betonlarında kullanılan agregaların fiziksel özellikleri.....	22
Tablo 11.	C20/25 betonlarında kullanılan agregaların fiziksel özellikleri.....	22
Tablo 12.	Betonlarda kullanılan malzemelerin miktarları	25
Tablo 13.	Beton sınıflarına ait taze beton deney sonuçları	26
Tablo 14.	Beton sınıflarına ait ortalama basınç dayanımı deney sonuçları	38
Tablo 15.	Farklı biçim ve boyutlara ait beton basınç dayanımı geçiş katsayıları ve istatistiksel aralık tahmini limitleri	39
Tablo 16.	Olgunluk ve 15x15x15 cm küp numune basınç dayanımı deney sonuçları.....	41
Tablo 17.	Olgunluk cihazı, 15x15x15 cm küp numune ve karot numunelerden ölçülen basınç dayanımı değerleri	41
Tablo 18.	Olgunluk cihazından gelen ve ø15x30 cm silindir numune basınç dayanımı deney sonuçları	42

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

CaO	Kalsiyum Oksit
SiO ₂	Silisyum Oksit
Al ₂ O ₃	Alüminyum Oksit
K ₂ O	Potasyum Oksit
MgO	Magnezyum Oksit
Fe ₂ O ₃	Demir (III) Oksit
Na ₂ O	Sodyum Oksit
SO ₃	Sülfit
Cl	Klorür
R _g	1 Saatlik Sürede Hesaplanan Ağırlıklı Olgunluk
°C	Santigrat Derece
C	Kullanılan Bağlayıcı Malzemenin Aktiflik Değeri
f _{ck}	Beton Karakteristik Dayanımı
k	Geçiş Katsayısı
n	Numune Takım Sayısı
σ	Standart Sapma
\bar{x}	Ortalama Değer
Z _{α/2}	Güven Aralığı Katsayısı
DSİ	Devlet Su İşleri
TAKK	Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol
S/Ç	Su/Çimento
D _{max}	Maksimum Agrega Tane Çapı
CEM I	Portland Çimento

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Beton, dünyada ve ülkemizde çok yaygın olarak kullanılan kompozit bir malzemedir. Baraj, yol, köprü, bina gibi birçok yapının inşaatlarında kullanılmaktadır. Teknolojinin hızla gelişmesi sayesinde birçok yeni yapı malzemelerinin keşfedilmesine rağmen betondan vazgeçilememekte hatta betonun kullanımı gittikçe artmaktadır. Beton, dayanımı yüksek ve bozucu çevre şartlarına dayanıklı bir yapı malzemesi olması özelliğinden dolayı diğer yapı malzemelerine göre daha çok tercih edilmektedir. Bu gibi özelliklerinin yanında betonun ekonomik olması sayesinde gelecekte de inşaat sektörünün tercih ettiği öncü yapı malzemesi olacaktır.

Dünyada ve Türkiye’de de kişi başına düşen yıllık beton kullanım miktarı 1 m³'e yaklaştığı tahmin edilmektedir ve beton inşaat sektörünün en yaygın kullanılan malzemesi haline gelmiştir (Akdağ ve Mutlu, 2013; Tangüler, 2014).

Ülkemizin deprem kuşağında yer alması sebebiyle beton yapılarının kaliteli olması önem taşımaktadır. Sertleşmiş betonun kaliteli olması için öncelikle betonu oluşturan bileşenlerin uygun olması gerekmektedir. Aynı zamanda, beton yapılarının maruz bırakıldığı koşullara ve beton yapılarının kullanım alanlarına göre uygun betonlar tasarlanmalıdır. Beton tasarımlarının uygun olması tek başına betonun kaliteli olduğu anlamına gelmemektedir. Doğru tasarlanıp üretilmiş betonun taşınması, yerleştirilmesi, sonlanması ve bakımının da standartlara uygun olarak yapılması gerekmektedir. Betonun istenilen kalitede olması için tasarımından üretimine ve kontrolüne kadar tüm aşamalarında işinin ehli kişiler tarafından gerekli hassasiyet gösterilerek yapılması gerekmektedir.

Bugünün teknolojisiyle daha önce tasarlanmış betonun bilgisayar kontrolünde betonu oluşturan bileşenlerin bir araya getirerek beton santrallerinde karıştırılmasıyla elde edilen ve tüketiciye taze beton olarak teslim edilen sistem hazır beton olarak tarif edilmektedir. Betondan istenilen nihai özelliklere ulaşabilmesi için ilk üretim aşamasında sadece işlenebilirliğine bakmak yeterli olmayacaktır. Betonun üretim

aşamasından sonra, yapıya betonun yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve beton döküm sonrasında da bakımı çok iyi kontrol edilirse beton olması gereken nihai özelliklere erişebilecektir (Tangüler, 2014).

Bir beton yapının güvenliliğinin tespit edilmesinde beton yapıyı oluşturan taşıyıcılardan yeterli sayıda ve yerinde yapılan ölçümler yapılarak değerlendirilmektedir. Söz konusu beton taşıyıcılığının kıstas alınan en belirgin deneysel ölçümü basınç dayanımıdır. Beton konusunda pek çok yapılan araştırmalarda beton basınç dayanımıyla betonun çekme dayanımı, eğilme dayanımı, kesme dayanımı gibi diğer özellikleriyle paralel yönde değişiklik gösterdiği görülmüştür. Bundan dolayı, betonun kalitesi genellikle basınç dayanımıyla değerlendirilmektedir (Felekoğlu ve Türkel, 2005; Şanal, 2018).

Betonun kalitesi sadece beton basınç dayanımı ile genel itibariyle değerlendirilmektedir, fakat tam anlamıyla doğru değildir. Yapının maruz kalacağı ortam şartları çok önemli olup, söz konusu bu şartlara göre beton tasarımları yapılmalıdır. Betonda bu gelişmiş özellikler yapının genel performansına katkıda bulunur, inşaat güvenliğini artırır, daha uzun servis ömrü sağlar ve bakım maliyetini düşürür (Kusumawardaningsih vd., 2015).

Üretilen betonun kaliteli olabilmesi için yapıdaki dayanım sınıfını sağlaması öncelikle istenen bir durumdur. Beton basınç dayanım sınıfının tespiti taze betonlarda alınan silindir veya küp numuneler üzerinden, sertleşmiş betonlarda ise alınan karot numunelerinden ya da tahribatsız yöntem olarak önerilen yöntemlerden yapılabilmektedir. Taze betonların beton dayanım sınıfının kontrolü taze betondan alınan 15x15x15 cm küp veya ø15x30 cm silindir numuneler üzerinden yapılmaktadır. Son zamanlarda numunelerin ağır olması ve numuneleri taşıma esnasında işçilerde meslek hastalığı olma riskinin arttığı görülmektedir (Şanal, 2018).

Sertleşmiş betondan karot numuneler alınarak basınç dayanım sınıfının tespit edilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Ancak bu yöntemde yapının betonarme taşıyıcı elemanlardan karot numune alınması sırasında betona zarar verebilmekte ve yanlışlıkla donatının da kesilmesi karşılaşılabilecek bir durumdur. Schmidt test çekici veya ultrases

gibi bazı tahribatsız ölçüm yöntemleri sertleşmiş betonlara zarar vermemek için kullanılmakta ancak bu yöntemler yeterince hassas olmamaktadır. Beton basınç dayanımının yerinde tayin edilmesi yöntemlerden biride taze betonda olgunluk ağırlık yöntemidir. Bu yöntemde beton yapılarına zarar vermeden dayanım değerleri ölçülebilmekte, erken kalıp alma öngörüsü yapılabilmekte ve internet ortamında betonun dayanım gelişimi an ve an takip edilebilmektedir. Taze betondan ve sertleşmiş betondan numuneler almak yerine taze betonda olgunluk ağırlık yöntemiyle, olgunluk cihazında bulunan kablolardaki sıcaklık ölçer sensörleri sayesinde betonun basınç dayanımı schmidt test çekicindeki ve ultrases yöntemlerindeki aşırı hata payları olmadan doğru dayanım değeri tahmin edilebilmektedir (Topçu ve Akman, 2005).

Bu çalışmada, taze betondan alınan 15x15x15 cm küp numune yerine 10x10x10 cm küp numune, ϕ 15x30 cm silindir numune yerine ϕ 10x20 cm silindir numune, kütle betonlarda ise ϕ 25x50 cm silindir numune yerine ϕ 15x30 cm silindir numune alınması durumunda basınç dayanım sınıfı değerlendirmesi için dönüşüm katsayıları hesaplanmıştır. Laboratuvar ortamındaki beton numunelerdeki dönüşüm katsayılarının arazi ortamındaki betonlarla da karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca, bu çalışmada laboratuvar ortamında tasarımı yapıp arazide dökülen betonlarda olgunluk cihazı ile betonun dayanım gelişimi takip edilip beton dayanım sınıfının belirlenmesinde olgunluk ağırlık yönteminin gerçek arazi hassasiyeti çalışılmıştır. Bu çalışma ile ağır şantiye şartları altında iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine göre çalışanların ağır yükleri kaldırmasının önlenmesi ve olgunluk ağırlık gibi yöntemlerle betonlardan fazla malzeme alınmasının önlenmesi hedeflenmektedir.

1.2. Ağırlıklı Olgunluk Yöntemi

Olgunluk, betonda sertleşme zamanı ve sertleşme sıcaklığına bağlı bir ifadedir. Taze betonda olgunluk, süre ile taze beton sıcaklığının çarpımıyla bulunmaktadır. Olgunluk yönteminin dayandığı temel husus “aynı olgunluğa sahip betonlar aynı basınç dayanımına sahiptir” anlayışıdır.

TS 13508 standardına göre olgunluk yöntemiyle taze betonlarda basınç dayanımı tahmini yapılmaktadır. Betonda ağırlıklı olgunluk (R_g) aşağıdaki Bağıntı (1)'e göre hesaplanmaktadır.

$$R_g = 10^{\frac{C^{0,1T-1,245} - C^{-2,245}}{\ln C}} \quad (1)$$

Bağıntı (1)'de; R_g , 1 saatlik sürede hesaplanan ağırlıklı olgunluk ($^{\circ}\text{C}$ - saat olarak), T, ilgili saatteki ortalama beton sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$ olarak), C, kullanılan bağlayıcı malzemenin C aktiflik değeri göstermektedir.

1.2.1. Olgunlaşma Bilgisayarı

Taze betonda Ağırlıklı Olgunluk Şekil 1'de gösterilen Olgunlaşma Bilgisayarı ile hesaplanmaktadır.



Şekil 1. Olgunlaşma bilgisayarı

Şekil 1'de Olgunluk Bilgisayarı adı verilen cihazla Bağıntı (1)'e göre belirlenen zaman aralıklarında Ağırlıklı Olgunluk otomatik olarak hesaplanmaktadır. Cihaza 4 adet ısı okuma sensörü bağlanarak taze betonun farklı yerlerinden farklı derinliklerde sıcaklık ölçülmektedir. Bu sıcaklıklar ile ağırlıklı olgunluk hesaplanıp ve bu değerden betonun basınç dayanımı bilgisayar ortamında otomatik olarak tahmin edilmektedir.

Olgunluk cihazına ait olan web sayfası, betonun basınç dayanımı, sıcaklık ve ağırlıklı olgunluk gelişiminin belirlenmesine imkân sağlamakta olup, verileri kayıt ve rapor etmektedir. Olgunluk bilgisayarı, taze betonun sıcaklığını zamanın bir fonksiyonu olarak $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den $+105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar izleyip, kayıt edebilmektedir. Olgunluk bilgisayarı $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den $99\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar ağırlıklı olgunlaşmayı kümülatif olarak 10 dakika zaman aralığında otomatik hesaplamaktadır. Olgunluk bilgisayarındaki çimentonun C değeri 1,01 - 2,50 aralığında ve 0,01 hassasiyetinde ayarlanabilmektedir (Beton Olgunluk Merkezi Kataloğu, 2015).

1.2.2. Ağırlıklı Olgunluk Yönteminde C Değeri

C değeri, bağlayıcı maddenin sıcaklık hassasiyeti etkisini, bir cürufu ve katkı beton karışımında C değeri toplam bağlayıcı maddenin sıcaklık hassasiyeti gösteren faktördür. Aynı zamanda, C değeri yükseldikçe basınç dayanımı, beton sıcaklığından daha çok etkilenmektedir. C değeri çimentonun kimyasal bileşimine, çimento klinker yüzdesine ve çimento tanelerinin inceliğine (çimento yüzey alanına) bağlıdır (Sağlık vd., 2015).

1.3. Beton Basınç Dayanım Sınıfını Etkileyen Faktörler ve Beton Dayanım Sınıfının Belirlenme Yöntemleri

Beton basınç dayanımını etkileyen ana unsur çimento ve sudan oluşan matrisin bileşenlerine bağlıdır. Ancak, numune biçim ve boyutu, numune hazırlama, nem içeriği, sıcaklık, beton test pres hızı ve tipi gibi pek çok parametre beton basınç dayanımını etkilemektedir (Abaza, 2003).

Beton santralinde numune alımı sırasında numunenin betonun tamamını temsil edecek şekilde homojen şekilde almaya özen gösterilmeli, numune alındıktan hemen sonra taşınmamalı, priz süresini tamamlayınca kadar bekletilmelidir. Çünkü bu etmenler doğrudan beton basınç dayanımını etkilemektedir (Şanal, 2018).

Taze betondan basınç dayanımı tespiti kullanılan numune biçim ve boyutları farklılıklar gösterebilmektedir. Fransa'da $\phi 16 \times 32$ cm silindir, ABD ve Avustralya'da $\phi 15 \times 30$ cm silindir, Japonya'da $\phi 10 \times 20$ cm silindir, İtalya'da $20 \times 20 \times 20$ cm küp,

İngiltere, İsveç ve Almanya'da 15x15x15 cm küp, Norveç'te 10x10x10 cm küp numuneler üzerinden beton basınç dayanım testleri yapılmaktadır. Türkiye'de beton basınç dayanımı için numune alma boyutları ise TS EN 206 standardında belirtildiği üzere dünyada da yaygın olarak ϕ 15x30 cm silindir numuneler ve 15x15x15 cm küp numunelerdir. Ancak ülkemizde betondan taze numune alımında daha çok küp numuneler tercih edilmektedir (Tokyay ve Özdemir, 1997; Arıoğlu vd., 1999; Demirel ve Gökdemir, 2014; Şanal, 2018).

1.4. Literatür Özeti

Taze betondan daha küçük ebatlarda beton numuneleri alınması durumunda zamandan ve işçilikten tasarruf sağlanacaktır. Numune alımı sırasında israf edilen beton miktarları ve atığı azalacaktır. Beton numunelerin kürü için laboratuvarlarda daha az hacimli kür havuzuna ihtiyaç duyulacaktır. Betonlar daha düşük kapasiteli beton test presleri kullanılarak basınç dayanımları tespit edilmiş olacaktır. Böylelikle beton basınç dayanımında daha küçük numune boyutları kullanımı zamandan ve maliyetten kazanç sağlayacaktır (Arıöz vd, 2009; Demirel ve Gökdemir, 2014; Şanal, 2018). Daha küçük boyutlarda alınan numunelerin avantajlarının yanında dezavantajları da olabilmektedir. ϕ 10x20 cm silindir yerine 10x10x10 cm küp numune, ϕ 15x30 cm silindir yerine 15x15x15 cm küp numune alınması durumunda küp numunelerin basınç dayanımlarında artışlar olmakta ve küçük boyutlu numunelerin kendi aralarındaki basınç dayanımları arasında büyük ebatlı numunelere göre daha fazla basınç dayanım farkları oluşabilmektedir. Küçük boyutlu numune kullanmanın diğer bir dezavantajı ise, çeper etkisi olaraktan ifade edilen betondaki maksimum agrega tane çapından betonun basınç dayanımının etkilenmesidir (Felekoğlu ve Türkel, 2005; Demirel ve Gökdemir, 2014).

Dünyanın pek çok yerinde betondan alınan numunelerin biçim ve boyutları farklılıklar göstermektedir. Bundan dolayı beton basınç dayanımı deney sonuçları rapor edilirken, daha etkin bir şekilde verimli olması için geçiş katsayıları olması gerekmektedir. Böylece farklı biçim ve boyutlar üzerinde alınan beton numuneler üzerinde her ne kadar pahalı, yorucu ve sınırlı sayıda olsa da yapılan bu deneysel çalışmalarda önerilen geçiş katsayıları sayesinde güvenilir sonuçlar elde edilmesini

sağlayacaktır (Arioğlu vd., 1999). Türkiye’de ve dünyada yaygın olarak alınan 15x15x15 cm küp ve ø15x30 cm silindir numuneleri birbiriyle kıyasladığımızda kendilerine göre bazı özellikleri ön plana çıkmaktadır. Numune ağırlığının daha az olması ve başlık yapılmaması gibi avantajları olması sebebiyle küp numuneler tercih edilirken, gerilme yoğunluğunun uniform dağılması ve daha düşük kapasiteli beton test presinin kullanılabilir olması gibi avantajlarından dolayı da silindir numuneler tercih edilmektedir. Fakat, basınç dayanımı etkileyen ve en önemli faktör olan yükleme başlığı ve numune arasında meydana gelen sürtünme kuvvetlerinin, $\lambda = \text{yükseklik}/\text{çap} \geq 2$ silindir numunelerinde ihmal edilebilir seviyede olması silindir numune sonuçlarının daha güvenilebilir olması açısından ön plana çıkmaktadır (Arioğlu vd., 1999). Silindir numuneler küp numunelere göre kaba agreganın özelliklerinden daha az etkilendiğini ve silindir numunelerdeki yataydaki gerilme dağılımının küp numunelerine oranla daha düzenli olduğu düşünülmektedir. Bu durum betonun silindir numunelere aynı pozisyonda dökülüp test edildiği, küplerde ise yükün hareket çizgisinin döküm olarak küpün eksenine dik açıda olduğundan kaynaklanmaktadır. Yapısal sıkıştırma elemanlarında durum, bir test silindirinde yapılan test ile benzemesi ve bu nedenle silindir numunelere uygulanan testler daha gerçekçi olduğunu düşündürmektedir (Abaza, 2003).

Arioğlu vd. (2009), normal ve yüksek dayanımlı betonlarda numune biçim-boyut etkisini incelemiştir. Normal, yüksek ve çok yüksek dayanımlı betonlar arasında numune biçim boyut etkileri değişkenlikler göstermiştir. Normal dayanımlı betonlar için alınan ø15x30 cm silindir numunelerin basınç dayanımlarının 15x15x15 cm küp numunelerin basınç dayanımlarına oranı 0,80, yüksek ve çok yüksek dayanımlı betonlar için alınan ø15x30 cm silindir numunelerin basınç dayanımlarının 15x15x15 cm küp numunelerin basınç dayanımlarına oranı ise 0,90 bulmuşlardır.

Öztekin vd. (2012), beton basınç dayanımının ölçülmesinde ø15x30 cm veya ø10x20 cm silindir kullanımı üzerinde araştırmalar yapmıştır. Toplam bağlayıcı 300 - 450 kg/m³ aralığında değişkenlik gösteren ve C30, C40, C45 ve betonlarından toplam 152 takım ø15x30 ve ø10x20 cm silindir numuneler olarak korelasyon katsayısı bulmuşlardır. 28 günlük beton basınç dayanımları 32 - 75 MPa aralığında sonuçlanan 152 takım ø15x30 cm ve ø10x20 cm silindir numuneler arasında dayanım farkı % 2’den

düşük gelmiştir ve istatistiksel veri olarak bu oran düşük olduğundan dolayı ihmal edilebilir olduğunu söylemektedirler. Böylece bu çalışmada $\phi 15 \times 30$ cm silindir numuneler yerine $\phi 10 \times 20$ cm silindir numuneler kullanılabileceği ve bire bir eşdeğer sonuçlar elde edilebileceğini belirtmişlerdir (Öztekın, 2012).

Şanal (2018), beton basınç dayanım testlerinde küçük ebatlı küp beton numunelerin yaygın kullanımı için biçim-boyut etkisinin detaylı incelenmesi konulu çalışma kapsamında beton üretim tesisi ve laboratuvarından olmak üzere farklı kaynaklardan farklı biçim ve boyutlarda beton numuneler üzerinde incelemeler yapmıştır. Kaynağın farklı olması farklı biçim ve boyutlardaki numunelerin basınç dayanım dönüşüm katsayılarını etkilememiştir. Farklı biçim ve boyutlarda kendi içerisinde alınan beton numunelerinden $\phi 15 \times 30$ cm silindir numune basınç dayanımı ve $15 \times 15 \times 15$ cm küp numune basınç dayanımı ile $\phi 10 \times 20$ cm silindir numune basınç dayanımı ve $10 \times 10 \times 10$ cm küp numune basınç dayanımı farkı karşılaştırıldığında küçük boyutlu betonlarda daha fazla fark olduğu gözlemlenmiştir. Söz konusu farkların çok fazla olmadığı kalite denetiminde $10 \times 10 \times 10$ cm küp numuneler kullanımını herhangi bir engel teşkil etmeyeceği, numune alımlarında gerekli özen sağlandığında, pratikte kullanılmasının yaygınlaştırması gerektiğini söylemektedir.

Felekoğlu ve Türkel (2005) yaptıkları çalışmada, biçim ve boyutların beton basınç dayanımına etkisi üzerinde incelemelerde bulunmuşlardır. Normal Dayanım ve yüksek dayanım olmak üzere iki farklı dayanım üzerinde çalışmalarını gerçekleştirmişler ve boyutlar üzerinde geçiş katsayıları önermişlerdir. Aynı biçime sahip farklı boyutlardaki örneklerin boyutları küçüldükçe basınç dayanımı artması beklenirken tam ters sonuçlar elde etmişlerdir. Küçük boyutlardaki numunelerin basınç dayanımlarının düşük olması çeper etkisinden kaynaklandığını tahmin etmişlerdir. Diğer bir bulgu ise numuneler arasındaki geçiş katsayıları normal dayanım ve yüksek dayanımlı betonlarda farklı geçiş katsayıları elde etmişlerdir.

Kütle beton uygulaması olan baraj, havaalanı, metro gibi yapıların inşaatları sırasında kalite kontrolü standart, etkin ve verimli hale getirmek için daha sık aralıklarda daha küçük boyutta ve hacimde numuneler almak daha yararlı olacaktır. Bundan dolayı çeper etkisinin oluşmadığı ve standart numune boyutlarına göre dayanım

oranları veya çeşitli regresyon modelleri kesinleştirildiği takdirde küçük boyutlarda numuneleri kullanılmasında bir mahsur görülmemektedir (Demirel ve Gökdemir, 2014).

Demirel ve Gökdemir (2014) çeper etkisi oluşmayan farklı biçim ve boyuttaki beton numunelerin basınç dayanımlarının deneysel olarak karşılaştırmıştır. Küçük boyutlarda meydana gelebilecek çeper etkisini ihmal etmek için maksimum agrega çapını 16 mm olarak betonlarda kullanmışlardır. C25/30 beton sınıflarına ait 28 günlük basınç dayanım sonuçlarında 10x10x10 cm küp numunenin basınç dayanımı 34,2 MPa, 15x15x15 cm standart küp numunenin basınç dayanımı 33,6 MPa değerini vermiştir. Aynı beton sınıfına sahip 28 günlük basınç dayanımı ϕ 10x20 cm silindir numunelerin basınç dayanımı 29,5 MPa gelirken, ϕ 15x30 cm standart silindir numunenin basınç dayanımı 27,6 MPa değeri elde edilmiştir. Küçük hacimli numunelerde hidrasyon olayı daha hızlı geliştiği tahmin edilmiştir ve bundan dolayı basınç dayanımları yüksek çıkmıştır.

Tokyay ve Özdemir (1997)'e göre; yüksek dayanımlı betonda maksimum agrega çapı 16 mm kullanılmasına rağmen 10x10x10 cm küp numunelerde çeper etkisine maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden yüksek dayanımlı betonlarda 15x15x15 cm küp numuneler, ϕ 10x20 cm veya ϕ 15x30 cm silindir numuneler kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.

Arıöz vd. (2009), maksimum tane çapı 10 mm, 15 mm, 22 mm ve 30 mm olan doğal agrega ve kırma kireç taş agregasıyla ürettiği betonların farklı biçim boyutlardaki numunelerin basınç dayanımları arasında karşılaştırmalar yapmışlardır. Arıöz vd. (2009) 15x15x15 cm ve 10x10x10 cm küp numunelerin basınç dayanımları arasındaki farkı ihmal edilebilir bulunmuşlardır. Maksimum agrega boyutuna ve tipine bakılmaksızın standartta olan 15x15x15 cm küp numuneler yerine 10x10x10 cm küp numuneler kullanılarak tahmin edilebileceği belirtmişlerdir. Maksimum agrega boyutunun ve tipinin etkisinden dolayı, standartta olan ϕ 15x30 cm silindir numuneler yerine ϕ 10x20 cm silindir numuneler kullanılarak tahmin edilemeyeceği sonucuna varmışlardır.

Ultra yüksek performanslı betonların basınç dayanımlarını belirlemek için Fransa'da $\phi 11$ cm veya $\phi 7$ cm çaplı silindir numuneler, Japonya'da $\phi 10$ cm çaplı silindir numuneler, Amerika'da en az $\phi 10,2$ cm çaplı silindir numuneler veya en az $10 \times 10 \times 10$ cm boyutlarında küp numuneler kullanılması önerilmektedir (Kusumawardaningsih vd, 2015). Kusumawardaningsih vd, (2015) ultra yüksek performanslı beton elde etmek için % 1 - % 2 aralığında çelik fiber ve CEM I 52.5 R çimento kullanmışlardır. Kusumawardaningsih vd, (2015) 200 MPa civarında basınç dayanıma sahip betonlardan silindir ve küp numune örnekleri olarak ideal olan biçimi ve boyutu bulmaya çalışmışlardır. Yapılan bu çalışmada kullanılan $10 \times 10 \times 10$ cm küp numunelerin $\phi 10 \times 20$ cm silindir numunelerin oranı çelik fiber kullanılmayan betonlarda 0,89, % 1 çelik fiber kullanılan betonlarda 0,94 ve % 2 çelik fiber betonlarda bu oran ise 0,94 olarak bulunmuştur. Bu bulgu normal ve yüksek dayanımlı betonlarda kullanılan dönüşüm katsayılarından farklıdır. Küp numunelerin pratikte her zaman kesin olmamasına rağmen daha yüksek beton dayanımları olduğu bilinmektedir. Kusumawardaningsih vd, (2015) ultra yüksek performanslı betonun sıkıştırma dayanımını belirlemek için, her iki örnek kullanılarak meydana gelen kısıtlama faktörleri göz önüne alınarak, küp ve silindir numunelerin kullanılabilceğini savunmuşlardır.

Abaza (2003) yaptığı çalışmada, 20 MPa - 50 MPa aralığında normal dayanıma sahip betonlardan $\phi 15 \times 30$ cm ve $\phi 7,5 \times 15$ cm boyutunda aldığı silindir numuneler için basınç dayanım değerlerini karşılaştırmıştır. Abaza (2003) maksimum agrega çapı 25 mm ile sınırlandırıldığı takdirde basınç dayanımı testi için $\phi 7,5 \times 15$ cm boyutlu silindir numuneleri uygun bulmuştur. Abaza (2003) bu iki boyut numuneden elde ettiği basınç dayanımlarının birbirine yakın değerler olduğunu belirtmiştir.

Betonda olgunluk betonun dayanım kazanmasında etkin olan birleşik faktörlerden ısı-zaman ilişkileri belirlenerek geliştirilen bir yöntemdir. Tahribatsız deney yöntemi olarak kullanılan bu yöntem sayesinde beton yapılarının gelecekteki güvenirliliği açısından isabetli fikirlerin verilmesi açısından çok önemlidir (Topçu ve Karakurt, 2002; Yılmaz, 2005). Betonun dayanım kazanmasına etkileyen en önemli etmenler içerisinde sıcaklık ve süre parametreleri gelmektedir. Bu etmenler dışında su/çimento oranı, çimento tipi ve miktarı, dış ortam nemi gibi etmenler de önemlidir. İkinci

etmenlerin sabit tutulduğu ve belli olduğu bir durumda sıcaklık ve zaman değişkenlerinin matematiksel fonksiyonları kullanılarak elde edilen olgunluk derecesi sayesinde beton yapıların basınç dayanım tahminleri yapılabilmektedir (Kasap ve Tokyay, 2004; Topçu ve Akman, 2005). İnşaat yapıların seri bir şekilde bitmesi, kalıp sökme, öngerme gibi işlemlerin daha güvenli ve ekonomik olması için betonun dayanım gelişiminin en doğru şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir (Kasap ve Tokyay, 2004). Beton yapının basınç dayanımını en doğru sonuç veren yöntem yapıdan alınan karotlar neticesinde bulunmaktadır. Fakat erken yaşlarda yapıdan karot almak mümkün olmamaktadır. Erken kalıp sökme süresini bulmak için betonu tahrip etmeyen yöntemler kullanılmaktadır. Betonun yeterli dayanıma ulaşmasına bağlı olarak en uygun kalıp sökme zamanı betonun tahribatsız yöntemlerden biri olan olgunluk derecesine göre belirlenebilmektedir (Topçu ve Akman, 2005; Sağlık vd., 2015).

Betonun sertleşme durumunu bulmamızı sağlayan olgunluk derecesi, beton basınç dayanımı tahmininde tahribatsız yöntem olarak kullanılmaktadır. Kalıp sökme sürelerinin uygun olup olmadığını öğrenmek için bilimsel ve pratik olmak üzere iki kısma ayırmak mümkün olmaktadır. Bilimsel olarak etkileyen en önemli faktör betonun hidrasyon derecesi, pratik olarak etkileyen en önemli faktör ise betonun basınç dayanımının değişik yöntemlerle bulunmasıdır (Sağlık vd., 2015).

Beton hidrasyon reaksiyonları sonucu bir ısı meydana getirerek dayanım kazanmaktadır. Çimentonun tipi, miktarı ve inceliği hidrasyon ısısını etkilemektedir. Betonun laboratuvar ortamında yapılan çalışmalar neticesinde dayanım-olgunluk ilişkileri belirlendikten sonra yerleşmiş betonun sıcaklık geçmiş değerleri sürekli olarak gözlemlenmesi sonucu hesaplanan yerinde olgunluğun bulunmasıyla da betonun basınç dayanımı tahmin edilmektedir (Topçu ve Karakurt, 2002).

Beton teknolojisinde, bir beton bileşenin ağırlıklı olgunluk faktörünü düzenli olarak hesaplamak için kullanılacak özel bilgisayarlar bulunmaktadır. Bu bilgisayara bağlı sıcaklık algılayıcıları yapı betonlarının içine yerleştirilmekte, önceden belirlenen sürelerde sıcaklık ölçümü yapıldıktan sonra kablolar kesilerek betona zarar vermeden işlem tamamlanabilmektedir (Egmond ve Jakobs, 2015). Bir takım araştırmacı olgunluk cihazından elde edilen tahmini basınç dayanım sonuçlarını uygun bulmasına rağmen

kullanılan malzeme ile bu fonksiyonlar arasında değişkenlik gösterdiği için diğer bir grup araştırmacı cihazın sonuçlarına güvenilmeyeceğini belirtmektedirler (Topçu ve Akman, 2005;Yılmaz, 2005; Egmond ve Jakobs, 2015).

Kasap ve Tokyay (2004) betonun eşdeğer yaşının çimento hidratasyon ısıısıyla tahmini için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemde 4 farklı tipte çimento ve her bir çimento tipinde tasarlanan C20/25, C30/37 ve C40/50 betonlarına 5, 20 ve 40 °C sıcaklıklarda kür uygulayıp 1, 3, 7, 14 ve 28 gün yaşlarındaki basınç dayanımları arasında hidratasyon ısıları arasında ilişki kurmuşlardır. Bu ilişkiler neticesinde çimentoların aktivasyon enerjisi değerlerinin eş değer yaş belirlenmesinde iyi ve güvenilir sonuçlar veren uygulanabilir bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır.

Topçu ve Karakurt (2002) yaptığı bir çalışmada farklı çimentolar ile üretilen betonlarda olgunluk kavramı konusunda araştırmalar yapmıştır. Yapılan bu deneysel çalışmada betonun dayanım kazanma gelişiminin ortam sıcaklığı doğrudan etkilediğini ve düşük sıcaklığın olduğu durumlarda CEM 32,5R tipi çimentonun CEM 42,5R tipi çimentoya oranla dayanımın çok daha yavaş ilerlediğini belirlemişlerdir. Bunun yanı sıra ilk zamanlarda yüksek sıcaklıkta saklanan betonlar normal kür şartlarında saklanan betonlara göre erken yaştaki dayanımları yüksek olmasına rağmen ileri yaştaki dayanımları bu betonların düşük çıkmıştır.

Topçu ve Akman (2005)'e göre kalıp sökme sürelerinin gün olarak verilmesinin yanlış olduğunu belirlemiştir ve kalıp sökme sürelerinin betonun olgunluk değerine göre yapılması gerektiğini söylemişlerdir. Çünkü betonda aynı olgunluk değerine farklı iklim koşullarında farklı sürelerde erişmektedir. Subaşı (2009), geçirgen kalıp kullanımının beton olgunlaşma sürelerine olan etkisini araştırmıştır. Geçirgen kalıplara dökülen betonlarla karaçam ve plywood kalıba dökülen betonlara göre olgunluk değerinin ortalama % 11 oranında büyük olduğunu belirlemiştir. Böylece geçirgen kalıp kullanılan betonda olgunlaşma hızları yüksek olmasından dolayı betonun erken dayanım kazanmasını sağlamış olup, erken kalıp alma durumlarında geçirgen kalıplar kullanılmasının yaygınlaşması gerektiğini savunmuştur.

Soutsos vd. (2018), sadece çimento, %30 uçucu kül ve %50 öğütülmüş fırın cürufu kullanarak ürettikleri üç farklı betonun 28 günlük basınç dayanımlarını Nurse - Saul, Rastrup, Weaver ve Sadgrove, Freiesleben Hansen ve Pedersen ve Hollanda Ağırlıklı Olgunluk ile ilgili çalışmalarıyla karşılaştırmıştır. Soutsos vd. (2018) olgunluk fonksiyonlarının hiçbiri, yüksek kür sıcaklıklarının daha sonraki yaş dayanımı üzerindeki zararlı etkilerini hesaba katmadığını ve dolayısıyla hepsinin daha sonraki yaş dayanımlarının arttığını belirtmiştir. Soutsos vd. (2018) çeşitli olgunluk fonksiyonlarının kuvvet tahminlerindeki farklılıkların temel nedeni, her birinde benimsenen yaş dönüşüm faktöründen kaynaklandığını söylemiştir. Nurse-Saul fonksiyonu tarafından varsayılan sıcaklıkla yaş dönüşüm faktörü diğer olgunluk yöntemlerinden farklı çıkmıştır. Nurse-Saul fonksiyonunun doğrusal ilişkisi sadece yetersiz olmakla kalmamıştır, aynı zamanda farklı çimentolu sistemlerin sıcaklık duyarlılıklarını, özellikle daha sıcaklığa duyarlı olduğu gösterilmiş olan öğütülmüş yüksek fırın cürufu karışımları için farklılaşmadığı ortaya çıkmıştır (Soutsos vd., 2018).

Sağlık vd. (2015) betonda olgunluk yönteminin kullanılması ile ileri yaşlardaki yerindeki beton dayanımının tahmini ile araştırma yapmışlardır. Sağlık vd. (2015) 28 günlük ve 45 günlük betonlarda olgunluk cihazı ile beton basınç dayanımını tahmin etmiş ve aynı betonlardan yerinden alınan karotların basınç dayanımlarının birbirine çok yakın olduğunu gözlemlemişlerdir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışmada Kullanılan Beton Tipleri, Numune Biçim, Boyutları ve Kullanıldıkları Yerler

Bu çalışmada normal beton ve kütle betonları olmak üzere iki farklı tipte betonlar tasarlandı. Tasarlanan betonların dayanım sınıfları C20/25, C25/30 ve C30/37'dir. Betonlarda maksimum tane çapı 25 mm, 63 mm ve 125 mm olan agregalar kullanıldı. Bu çalışma kapsamında tasarlanan C30/37 sınıfı beton Artvin - Borçka Taşkın Koruma İnşaatı, C25/30 sınıfı beton Artvin - Yusufeli Barajı ve HES İnşaatı, C20/25 kütle betonu ise Artvin - Yusufeli Barajı ve HES Gövde İnşaatı projelerinde kullanıldı. C30/37, C25/30 sınıfı betonlar 50 farklı tarihte, C20/25 sınıfı kütle betonları da (D_{max} 125 mm ve D_{max} 63 mm) 30 farklı tarihte belirtilen projelerdeki yapı elemanlarına döküldü. C25/30 ve C30/37 betonları için taze betondan 50 takım farklı biçim ve boyutlarda (15x15x15 cm, 10x10x10 cm, \emptyset 15x30 cm, \emptyset 10x20 cm), C20/25 kütle betonları için taze betondan 30 takım farklı boyutlarda (\emptyset 15x30 cm, \emptyset 25x50 cm) numuneler alındı.

2.2. Kullanılan Malzemeler

2.2.1. Çimento

Bu çalışmada betonlarda CEM I 42,5 R tipi çimento kullanıldı. Çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. CEM I 42,5 R çimentoya ait kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler

Kimyasal Özellikler	Değer	Fiziksel/Mekanik Özellikler	Değer
CaO (%)	64,29	Özgül yüzey (cm ² /gr)	3913
SiO ₂ (%)	17,3	Hacim genleşme (mm)	1
Al ₂ O ₃ (%)	4,23	Su ihtiyacı (%)	30,4
K ₂ O (%)	0,67	Priz başlama (dk)	142
MgO (%)	3,36	Priz bitiş (dk)	190
Fe ₂ O ₃ (%)	2,50	Yoğunluk (gr/cm ³)	3,12
Na ₂ O (%)	0,30	2. gün (MPa)	25,9
SO ₃ (%)	3,06	28. gün (MPa)	50,5
Cl (%)	0,01		

2.2.2. Mineral ve Kimyasal Katkılar

Bu çalışmadaki C20/25 dayanım sınıfındaki kütle betonlarında Zonguldak Çatalağzı Termik Santrali'nden temin edilen uçucu kül kullanıldı. Uçucu külün fiziksel özellikleri Tablo 2'de verilmiştir (DSİ, 2014).

Tablo 2. Uçucu küle ait fiziksel özellikler

Analizler	Değer
Yoğunluk (g/cm ³)	2,33
Özgül yüzey (cm ² /gr)	2646
İncelik, 45 µm elekte kalan (%)	1,5
Rutubet (%)	0,4

Bu çalışmada C20/25 sınıfı betonlarda lignin sülfonat esaslı su azaltıcı akışkanlaştırıcı Master Pozzolith 105 ve amonyum tuzu esaslı hava sürükleyici Master Air 200, C25/30 sınıfı betonlarda süper akışkanlaştırıcı MasterRheobuild 1000T ve C30/37 sınıfı betonlarda yüksek oranda su azaltıcı Grace Zyla 645 kimyasal katkı maddeleri kullanıldı. Kullanılan kimyasal katkıların teknik özellikleri Tablo 3'te verilmiştir (BASF yapı kimyasalları, 2018; Grace yapı kimyasalları, 2018).

Tablo 3. Kimyasal katkılara ait teknik özellikler

Analizler	M.Pozzolith 105	Master Air 200	M.Rheobuild 1000T	Grace Zyla 645
Görünüm	Kahverengi	Açık kahverengi	Kahverengi	Şeffaf
Özgül ağırlık (kg/l)	1,136-1,196	0,98-1,03	1,061-1,101	1,090-1,115
PH	5-7	9-11	6-8	6-9
Alkali içeriği (%)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Klor iyon içeriği (%)	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1
Dozaj kullanım limitleri (%)	0,6-1,2	0,09-0,2	1-2	0,8-1,5

2.2.3. Beton Karma Suyu

Bu çalışmada içebilecek özellikte su beton tasarımında kullanıldı. C30/37 sınıfı betonlarda kullanılan suyunun kimyasal analiz sonuçları Tablo 4 ve C25/30, C20/25 beton sınıfı betonlarda kullanılan suyunun kimyasal analiz sonuçları Tablo 5’de verilmiştir (Artvin Halk Sağlığı Müdürlüğü, 2017; DSİ, 2018).

Tablo 4. Borçka beton karma suyuna ait kimyasal analiz sonuçları

Analizler	Deney Sonuçları	Limit Değerler
Koku	Yok	Yok
Amonyum (mg/L)	0,02	
İletkenlik (mS/cm)	< 2500	0-2500 (TS 9748 EN27888)
pH	7,93	

Tablo 5. Yusufeli beton karma suyuna ait kimyasal analiz sonuçları

Analizler	Deney Sonuçları	Limit Değerler (TS EN 1008)
Koku	Yok	Yok
		Öngermeli Beton: < 500
Klorür (mg/L)	5,94	Diğer Donatılı Beton: < 1000 Donatı Olmayan Beton: < 4500
Sülfat (mg/L)	90,2	< 2000
Alkaliler (mg/L)	22,8	< 1500
Fosfatlar (mg/L)	0,02	< 100
Nitratlar (mg/L)	5,17	< 500
Toplam Kurşun (mg/L)	0,11	< 100
Toplam Çinko (mg/L)	< 0,2	< 100
Toplam Sertlik (mg/L)	203,9	
pH	8,09	

2.2.4. Agregalar

Bu çalışmada, C30/37 sınıfı betonlarda Artvin - Borçka taş ocağından üretilen Andezit esaslı kırmataş agrega ve C25/30, C20/25 betonlarda Artvin - Yusufeli Barajı ve HES İnşaatı işinde kullanılan, baraj gövdesine yaklaşık 2 km uzaklıkta mansap kısmında bulunan taş ocağından üretilen Granit esaslı kırmataş agrega kullanılmıştır.

Şekil 2’de görülen Artvin - Borçka’daki andezit esaslı taş ocağından alınan karot numunelerin ortalama basınç dayanımı 72 MPa’dır. Bu değer 10 adet karot numunesinin ortalamasından hesaplanmıştır.



Şekil 2. Andezit esaslı kırmataş ve andezitten alınan karot örnekleri

Şekil 3'te görülen Artvin - Yusufeli'ndeki granit esaslı taş ocağından alınan 10 adet karot numunelerin ortalama basınç dayanımı 185 MPa'dır.



Şekil 3. Granit esaslı kırmataş ve granitten alınan karot örnekleri

2.3. Kullanılan Yöntem ve Deneyler

Çalışmada TS 802'e göre tasarlanan betonlarda TS EN ve ASTM standartlarına göre deneyler yapıldı. Agregâ, çimento ve beton deneyleri için DSİ Çoruh Projeleri 26. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü beton laboratuvarı kullanıldı.

2.3.1. Agregâ Deneyleri

Beton karışımının hazırlanması için gerekli olan agregâ tane dağılımı ASTM C 136 standardına göre gerçekleştirildi. C30/37 betonunda kullanılan kaba ve ince agregâlara ait elekten geçen yüzde miktarları Tablo 6'da, C25/30 betonunda kullanılan agregâlara ait elekten geçen yüzde miktarları Tablo 7'de, C20/25 kütle betonunda kullanılan agregâlara ait elekten geçen yüzde miktarları Tablo 8'de görülmektedir.

Tablo 6. C30/37 betonunda kullanılan agregâlara ait elekten geçen yüzde miktarları

Elek Açıklığı (mm)	12-25 mm (%)	5-12 mm (%)	Yıkanmamış Kum (%)	Yıkanmış Kum (%)
31,5	100			
25,4	98			
19,01	62			
12,54	4	100		
9,52	0	78	100	
4,76		12	98	100
2,36		0	76	78
1,18			50	47
0,59			34	29
0,295			22	17
0,149			14	10
0,075			2	9
Tepsi			0	0

Tablo 7. C25/30 betonunda kullanılan agregalara ait elekten geçen yüzde miktarları

Elek Açıklığı (mm)	12-25 mm (%)	5-12 mm (%)	0-5 mm (%)
31,5	100		
25,4	94		
19,01	80		
12,54	36	100	
9,52	12	90	
4,76	0	11	100
2,36		0	80
1,18			52
0,59			32
0,295			20
0,149			13
0,075			8
Tepsi			0

Tablo 8. C20/25 betonunda kullanılan agregalara ait elekten geçen yüzde miktarları

Elek Açıklığı (mm)	63-125 mm (%)	32-63 mm (%)	12-32 mm (%)	4-12 mm (%)	0-4 mm (%)
125	100				
101,6	90				
76,2	53	100			
63,5	32	99			
50,8	14	77			
38,1	7	38			
31,5	5	24	100		
25,4	3	8	92		
19,01	2	3	64	100	
12,54	0	1	13	99	
9,52		0	1	75	100
4,76			0	11	99
2,36				0	86
1,18					62
0,59					42
0,295					26
0,149					15
0,075					6
Tepsi					0

C30/37 betonunda kullanılan agregalara ait fiziksel özellikler Tablo 9, C25/30 betonunda kullanılan agregalara ait fiziksel özellikler Tablo 10, C20/25 kütle betonlarında kullanılan agregalara ait fiziksel özellikler Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 9. C30/37 betonlarında kullanılan agregaların fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler ve Deney Standardı	Agrega Grubu	Deney Sonucu
	12-25 mm	2,73
Bağıl Yoğunluk (kg/dm ³) - ASTM C127, ASTM C 128	5-12 mm	2,71
	Yıkanmış Kum	2,70
	Yıkanmamış Kum	2,68
	12-25 mm	1,5
Su Emme (%) - ASTM C127, ASTM C 128	5-12 mm	1,9
	Yıkanmış Kum	2,1
	Yıkanmamış Kum	2,6
	12-25 mm	0,8
200 No’ lu Elekten Geçen Miktar (%) - ASTM C 117	5-12 mm	0,9
	Yıkanmış Kum	3,3
	Yıkanmamış Kum	12,8
	12-25 mm	0,1
Kil Topakları ve Eriyebilir Parçacıklar Oranı (%) - ASTM C142	5-12 mm	0,3
	Yıkanmış Kum	0,2
	Yıkanmamış Kum	0,1
Metilen Mavisi - TS EN 933-9	Yıkanmamış Kum	1,5
Los Angeles Aşınma Kaybı, 500 Devir (%) - ASTM C 131	İri Agregası	25,5
Dona Dayanıklılığın Kimyasal Yöntemle Tayini, Sodyum Sülfat ile (%) - ASTM C 88	İri Agregası	11,4

Tablo 10. C25/30 betonlarında kullanılan agregaların fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler ve Deney Standardı	Agrega Grubu	Deney Sonucu
	12-25 mm	2,84
Bağıl Yoğunluk (kg/dm ³) -	5-12 mm	2,82
ASTM C127, ASTM C 128	0-5 mm	2,77
	12-25 mm	0,5
Su Emme (%) -	5-12 mm	0,5
ASTM C127, ASTM C 128	0-5 mm	1,5
	12-25 mm	0,4
200 No' lu Elekten Geçen Miktar (%) -	5-12 mm	0,7
ASTM C 117	0-5 mm	10,1
	12-25 mm	0,1
Kil Topakları ve Eriyebilir Parçacıklar Oranı	5-12 mm	0,2
(%) - ASTM C142	0-5 mm	0,1
Metilen Mavisi - TS EN 933-9	0-5 mm	0,5
Los Angeles Aşınma Kaybı,	İri Agregası	12,0
500 Devir (%) - ASTM C 131		
Dona Dayanıklılığın Kimyasal Yöntemle		
Tayini, Sodyum Sülfat ile (%) - ASTM C 88	İri Agregası	1,1

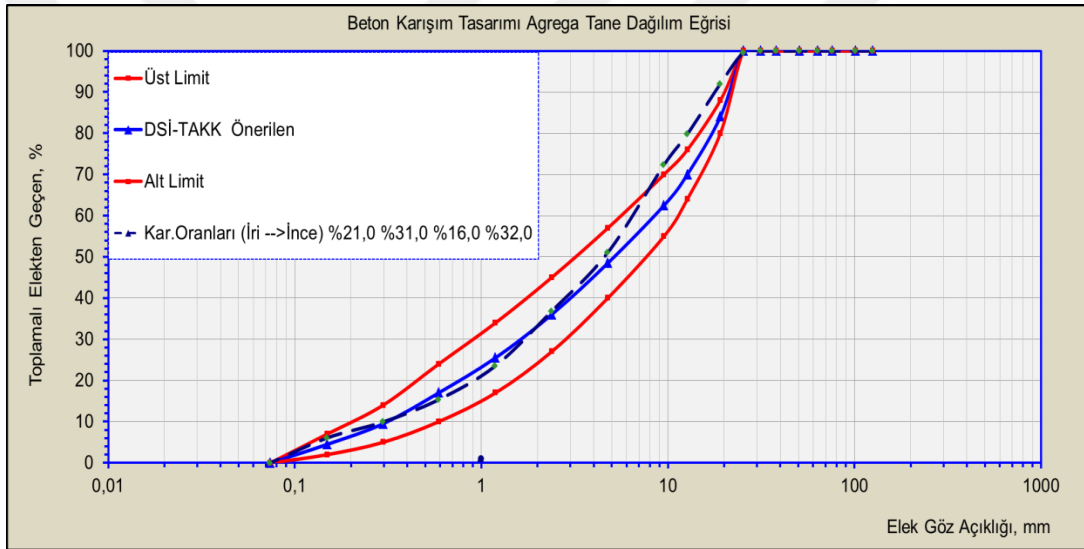
Tablo 11. C20/25 betonlarında kullanılan agregaların fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler ve Deney Standardı	Agrega Grubu	Deney Sonucu
	63-125 mm	2,88
Bağıl Yoğunluk (kg/dm ³) -	32-63 mm	2,86
ASTM C127, ASTM C 128	12-32 mm	2,85
	4-12 mm	2,82
	0-4 mm	2,74
	63-125 mm	0,5
Su Emme (%) -	32-63 mm	0,4
ASTM C127, ASTM C 128	12-32 mm	0,4
	4-12 mm	0,4
	0-4 mm	1,4

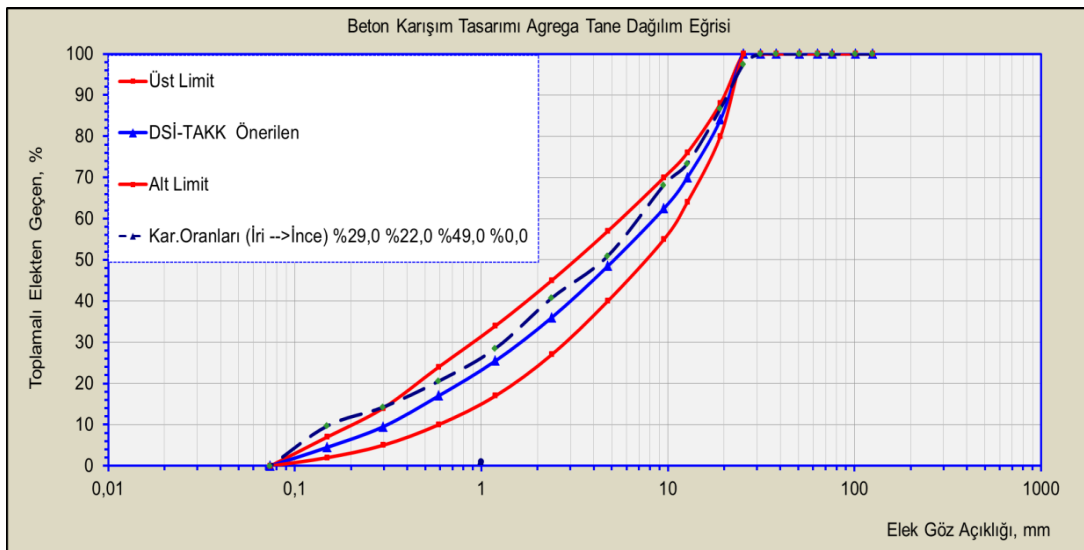
2.3.2. Beton Karışımının Hazırlanması

Betonların karışım hesabı TS 802 “Beton Karışımı Hesap Esasları” ve TS EN 206 “Beton-Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk” standartlarına uygun olarak belirlendi.

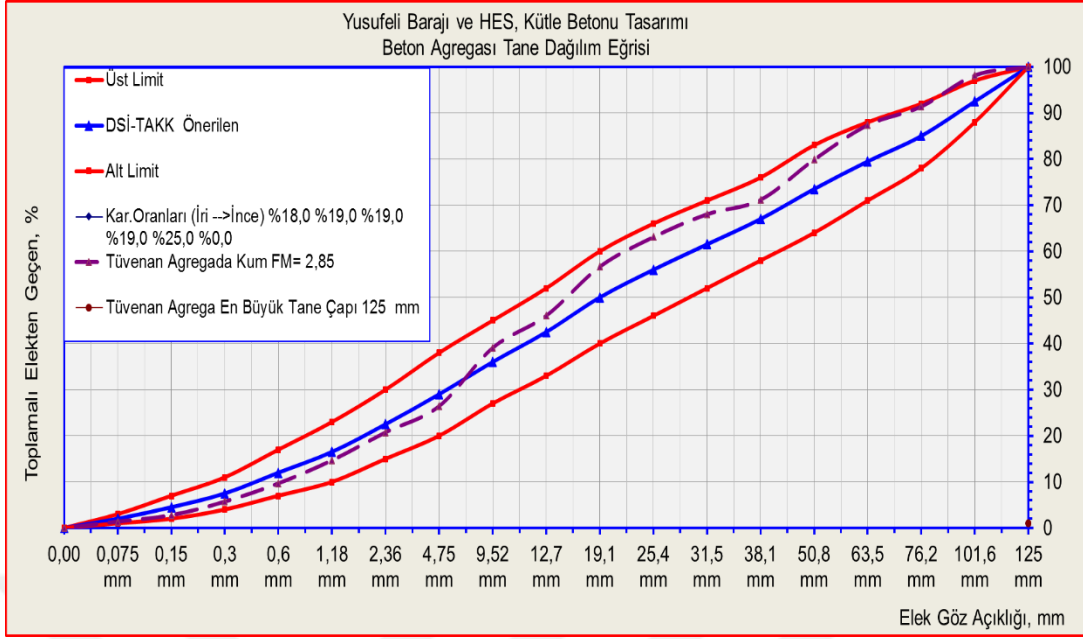
Normal betonlarda kullanılan maksimum agrega çapı 25,4 mm olan granülometri eğrileri Şekil 4 ve Şekil 5’de verilmiştir. Kütle betonlarda kullanılan maksimum agrega çapı 125 mm ve 63,5 mm olan granülometri eğrileri Şekil 6 ve Şekil 7’de görülmektedir.



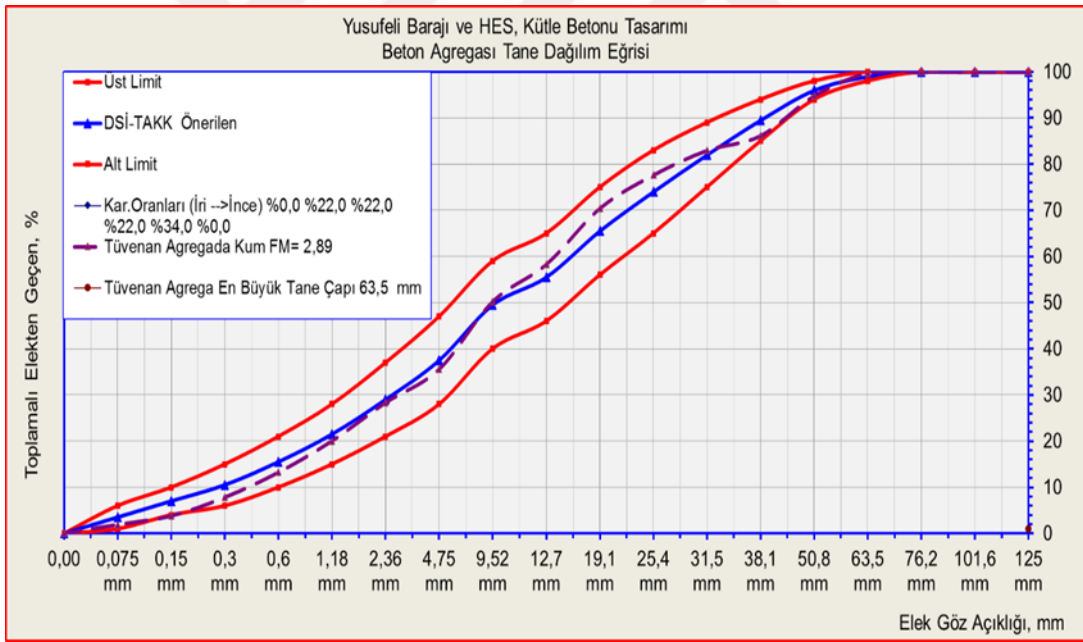
Şekil 4. C30/37 dayanım sınıfındaki betonlarda kullanılan agreganın tane dağılım eğrisi



Şekil 5. C25/30 dayanım sınıfındaki betonlarda kullanılan agreganın tane dağılım eğrisi



Şekil 6. C20/25 dayanım sınıfındaki betonlarında (D_{max} 125 mm) kullanılan agreganın tane dağılım eğrisi



Şekil 7. C20/25 dayanım sınıfındaki betonlarında (D_{max} 63,5 mm) kullanılan agreganın tane dağılım eğrisi

Beton karışımlarında 1 m³ hacimdeki malzeme miktarları % ve kg cinsinden Tablo 12'de görülmektedir.

Tablo 12. Betonlarda kullanılan malzeme miktarları

Malzemeler	C30/37		C25/30		C20/25		C20/25	
	(D _{max} 25 mm)	(D _{max} 25 mm)	(D _{max} 25 mm)	(D _{max} 25 mm)	(D _{max} 125 mm)	(D _{max} 125 mm)	(D _{max} 63 mm)	(D _{max} 63 mm)
Birimi	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
Çimento	320	100	300	100	130	65	143	65
Uçucu Kül	-	-	-	-	70	35	77	35
Su	192	-	160	-	110	-	125	-
S/Ç	0,60	-	0,53	-	0,55	-	0,57	-
Akışkanlaştırıcı	3,84	1,2	5,1	1,7	2,0	1,0	2,2	1,0
Hava Sürükleyici	-	-	-	-	0,3	0,15	0,33	0,15
63-125 mm Agrega	-	-	-	-	399,65	18	-	-
32-63 mm Agrega	-	-	-	-	421,86	19	464,88	22
12-25 mm Agrega	387,07	21	582,66	29	421,86	19	466,61	22
5-12 mm Agrega	571,40	31	442,02	22	421,86	19	466,75	22
Yıkanmış Kum	294,91	16	-	-	-	-	-	-
Yıkanmamış Kum	589,83	32	984,5	49	555,07	25	723,43	34

Beton karıştırma işlemi TS 1247 “Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları” standardında belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirildi. Agrega, çimento ve katkı maddesi \pm % 3, su ise \pm % 1 tolerans ile tartıldı.

2.3.3. Taze Beton Deneyleri

Taze betonun çökme miktarı TS EN 12350-2 “Beton - Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Çökme (Slump) Deneyi” standardına göre belirlendi. Taze betonun TS EN 12350-6 “Beton- Taze Beton Deneyleri - Bölüm 6: Yoğunluk Deneyi” yapıldı. Hava miktarı deneyi TS EN 12350-7 “Beton- Taze Beton Deneyleri - Bölüm 7: Hava İçeriğinin Tayini- Basınç Metotları” standardında belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirildi. C20/25 beton sınıfına sahip kütle betonlar maksimum agreg a çapları 125 mm ve 63 mm olmasından dolayı taze betonda çökme, yoğunluk ve hava deneyleri yapılmadan önce agreg a maksimum tane çapı 37,5 mm elekten ıslak eleme yapıldıktan sonra elek altındaki taze betonda çökme, yoğunluk ve hava deneyleri yapıldı. Şekil 8’de kütle betonlarında ıslak elemeyden sonra yapılan çökme deneyi görülmektedir.



Şekil 8. Kütle betonunda ıslak elemenden sonra alınan betonda çökme deneyi uygulaması

Tablo 13'te görülen çökme, çökme sınıfı, yoğunluk ve hava içeriğindeki betonlar üzerinde basınç dayanım değerlendirmeleri yapıldı. Betonun kalıplara dökümü, yerleştirilmesi ve sıkıştırılması TS 1247 “Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları” standardında belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirildi.

Tablo 13. Beton sınıflarına ait taze beton deney sonuçları

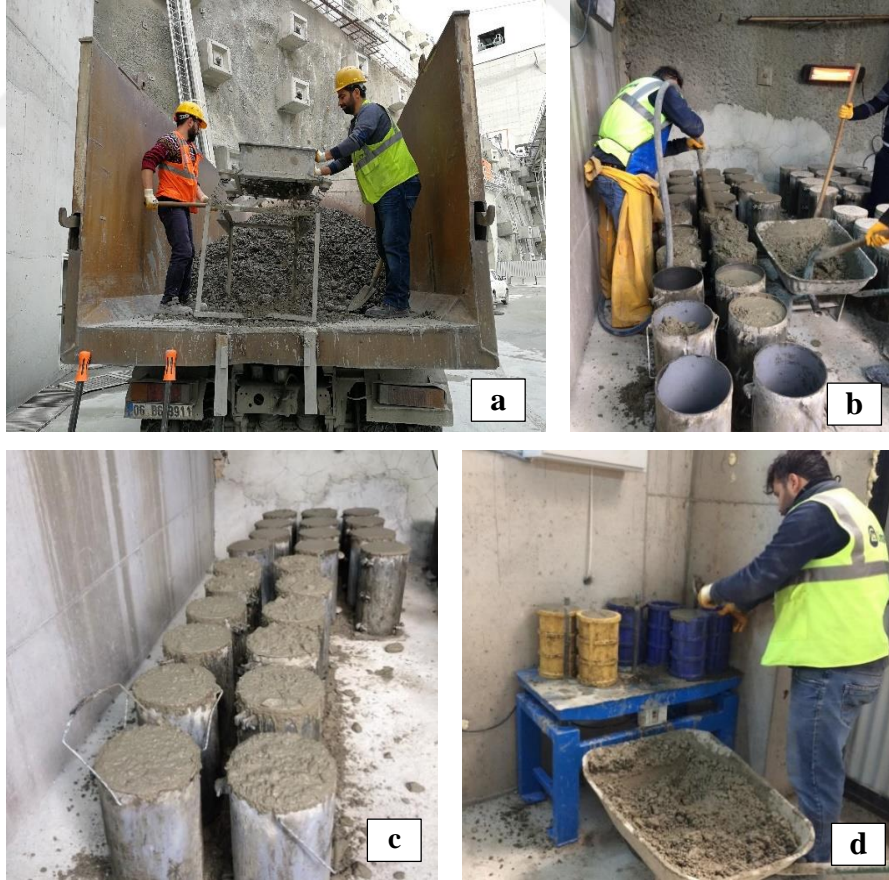
Taze Beton Deneyleri ve Standardı	C30/37,	C25/30,	C20/25,	C20/25,
	D _{max} 25 mm	D _{max} 25 mm	D _{max} 125 mm	D _{max} 63 mm
Çökme (cm) / TS EN 12350-2	15	15	2	3
Çökme Sınıfı / TS EN 206	S3	S3	S1	S1
Yoğunluk (kg/dm ³) / TS EN 12350-6	2360	2420	2492	2427
Hava (%) / TS EN 12350-7	2,4	2,2	3,5	4,0

Şekil 9 (a)'da taze betonlardan numune alınması ve Şekil 9 (b)'de alınan numuneler görülmektedir. Taze betondan numune alınırken kalıplar mineral bazlı yağ ile yağlandı. Kalıp yüzeyleri yağlandıktan sonra, taze beton yerleştirme işlemi tek aşamada yapıldı. C30/37 ve C25/30 normal betonlar kalıplara yerleştirirken titreşimli masa, kütle betonlar $\varnothing 25 \times 50$ cm silindir kalıba yerleştirilirken titreşimli vibratör kullanıldı. Çalışma kapsamında laboratuvarında tasarımı yapılan betonlardan arazide beton dökümü esnasında taze beton numuneleri alındı. Taze beton numuneleri C30/37 ve C25/30 sınıfı betonlardan 50'şer takım, C20/25 sınıfı kütle betonlarından D_{max} 125 mm ve D_{max} 63 mm'den 30'ar takım numune olmak üzere toplam 160 takım numune (3120 adet) alındı.



Şekil 9. (a) Taze betonların kalıbına yerleştirilmesi, **(b)** Farklı biçim ve boyutlardan alınan beton numuneleri

Şekil 10 (a)'da baraj inşaatında agrega çapı 125 mm ve 63 mm olan kütle betonlarının 37,5 mm elekten ıslak eleme ile elenmesi, Şekil 10 (b)'de elenen taze beton numunesinin $\varnothing 25 \times 50$ cm silindir numune kabına vibratörle yerleştirilmesi görülmektedir. Şekil 10 (c)'de $\varnothing 25 \times 50$ cm silindir kalıbına yerleştirilmiş betonlar ve Şekil 10 (d)'de $\varnothing 15 \times 30$ cm silindir kalıplarla alınan numuneler görülmektedir.



Şekil 10. (a) Kütle betonlarının ıslak eleme ile elenmesi, **(b)** $\varnothing 25 \times 50$ cm silindir numune kalıbına vibratörle yerleştirilmesi, **(c)** $\varnothing 25 \times 50$ cm silindir kalıplarla alınan numuneler, **(d)** $\varnothing 15 \times 30$ cm silindir kalıplarla alınan numuneler

Şekil 11’de bir kısmı görülen numunelere TS 1247 “Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları (Normal Hava Koşullarında)” standardına göre 20 ± 2 °C de kirece doygun suda normal betonlara 28. güne kadar, kütle betonlarına 90. güne kadar kür uygulandı.



Şekil 11. Betonların bekletildiği kür havuzu

Şekil 12 (a) kür havuzundan çıkarılıp basınç deneyi uygulanmadan önce kuruması beklenen silindir numuneler görülmektedir. Silindir numuneler basınç deneyi öncesi şekil 12 (b)’deki gibi kükürtle başlık yapılp basınç dayanımı testi uygulandı.



a



b

Şekil 12. (a) Kütle betonlardan alınan silindir numuneler (b) Basınç deneyi öncesi kükürtle başlık yapılmış silindir numuneler ve küp numuneler

2.3.4. Betonlarda Basınç Dayanımının Belirlenmesi

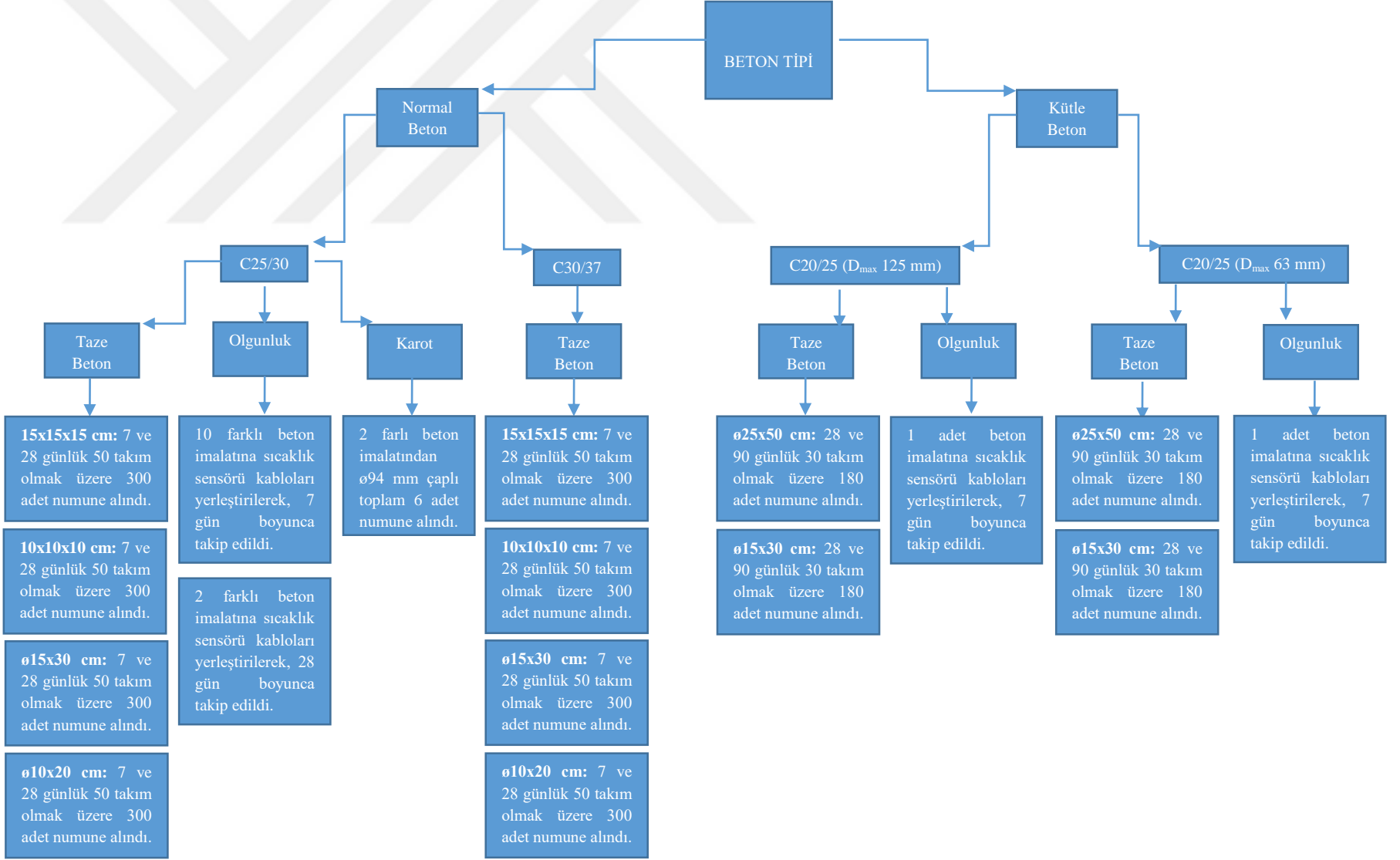
Taze betondan alınan beton numunelerin basınç dayanımları TS EN 12390-3 “Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini” standardına göre yapıldı. Betonların basınç dayanımlarının ölçümünde Şekil 13’te görülen yükleme hızları 0,60 MPa/sn olan 2000 kN ve 5000 kN’luk cihazlar kullanıldı.



Şekil 13. 2000 kN ve 5000 kN kapasiteye sahip beton presleri

Şekil 14’te çalışmada hangi beton sınıfından kaç tane numune alındığı ve basınç dayanım tespitinin hangi yöntemle yapıldığı görülmektedir.

Şekil 14. Beton tiplerine ait basınç dayanımların belirlenmesindeki yöntemler



2.3.5. Betonda Ağırlıklı Olgunluk Yöntemiyle Beton Basınç Dayanımının Tespitinde Uygulanan İşlemler

Taze betonda ağırlıklı olgunluk yöntemiyle beton basınç dayanımının tahmini C25/30 ve C20/25 sınıfı betonlarda yapıldı. Bu yöntemde aşağıdaki işlemler uygulandı.

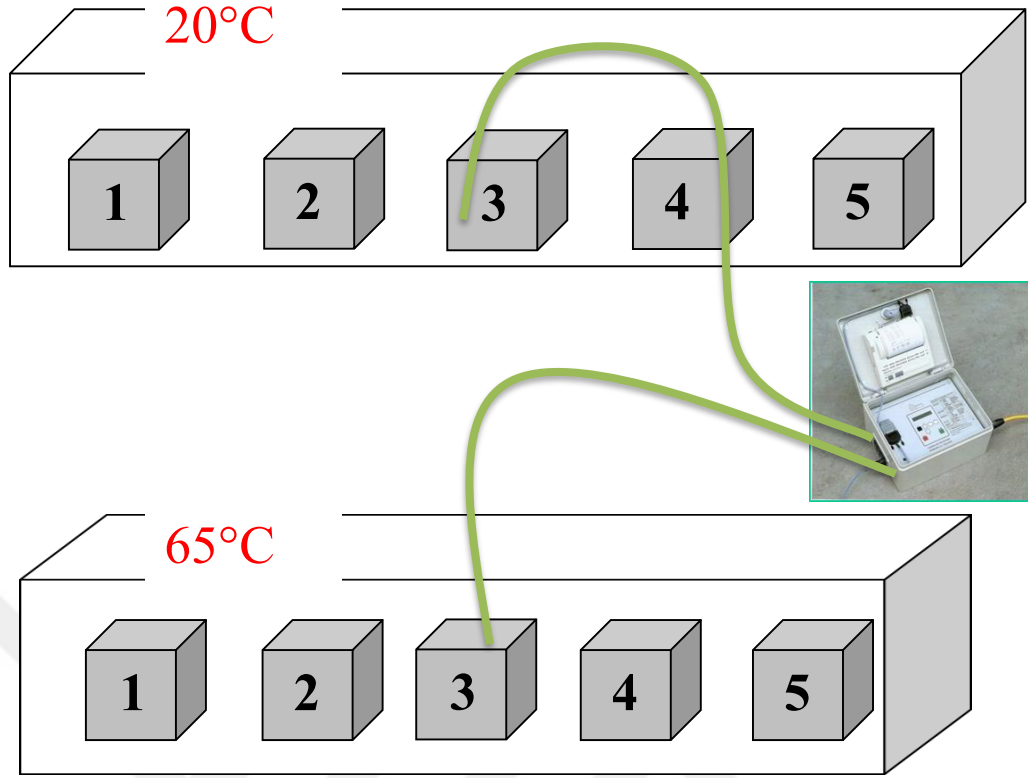
2.3.5.1. C Değeri Tespiti

C25/30 normal beton sınıfına ait taze betondan alınan 15x15x15 cm küp kalıplarına yerleştirilen beton numuneler priz almasını beklenmeden Şekil 15'te görüldüğü üzere streç filmlere sarıldı.



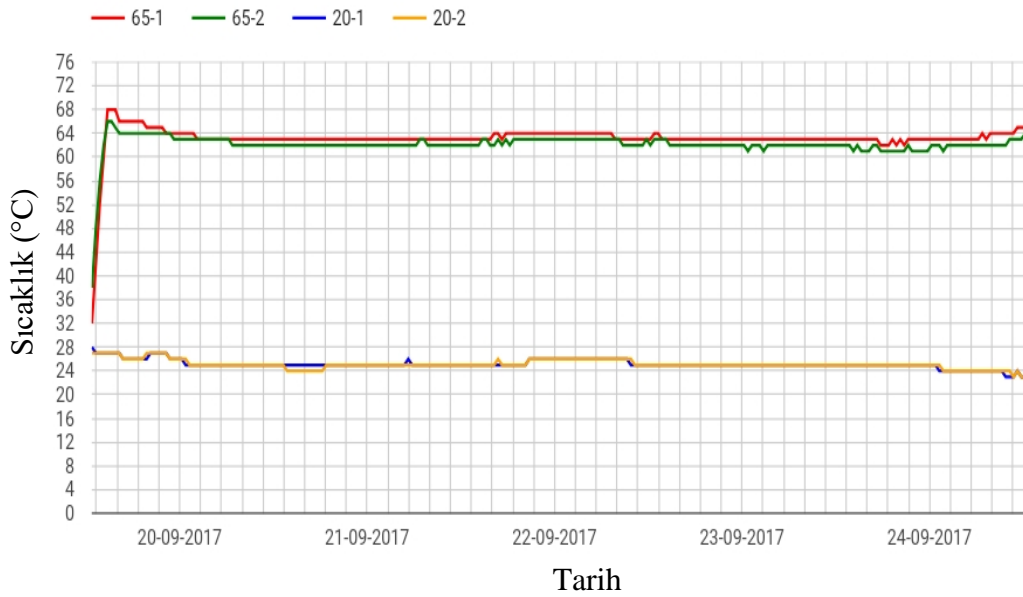
Şekil 15. Taze betondan alınan küp numunelerin streç film ile sarılması

Şekil 15'teki 28 adet küp beton numunesinin 14 tanesi 20°C'de diğer 14 tanesi 65°C'deki iki farklı kür havuzunda bekletildiler.



Şekil 16. C değeri bulmak için 20°C ve 65°C kür havuzunda bekletilen beton numuneler

Her kür havuzu için Şekil 16'da görüldüğü gibi 2'şer numuneye sıcaklık sensörü kablosu takılarak olgunluk bilgisayarına bağlandı ve bu numuneler üzerinden her iki kür havuzuna ait sıcaklık değerleri Şekil 17'de görüldüğü gibi takip edildi.



Şekil 17. Olgunluk cihazı üzerinden 20°C ve 65°C kür havuzu sıcaklık takibi

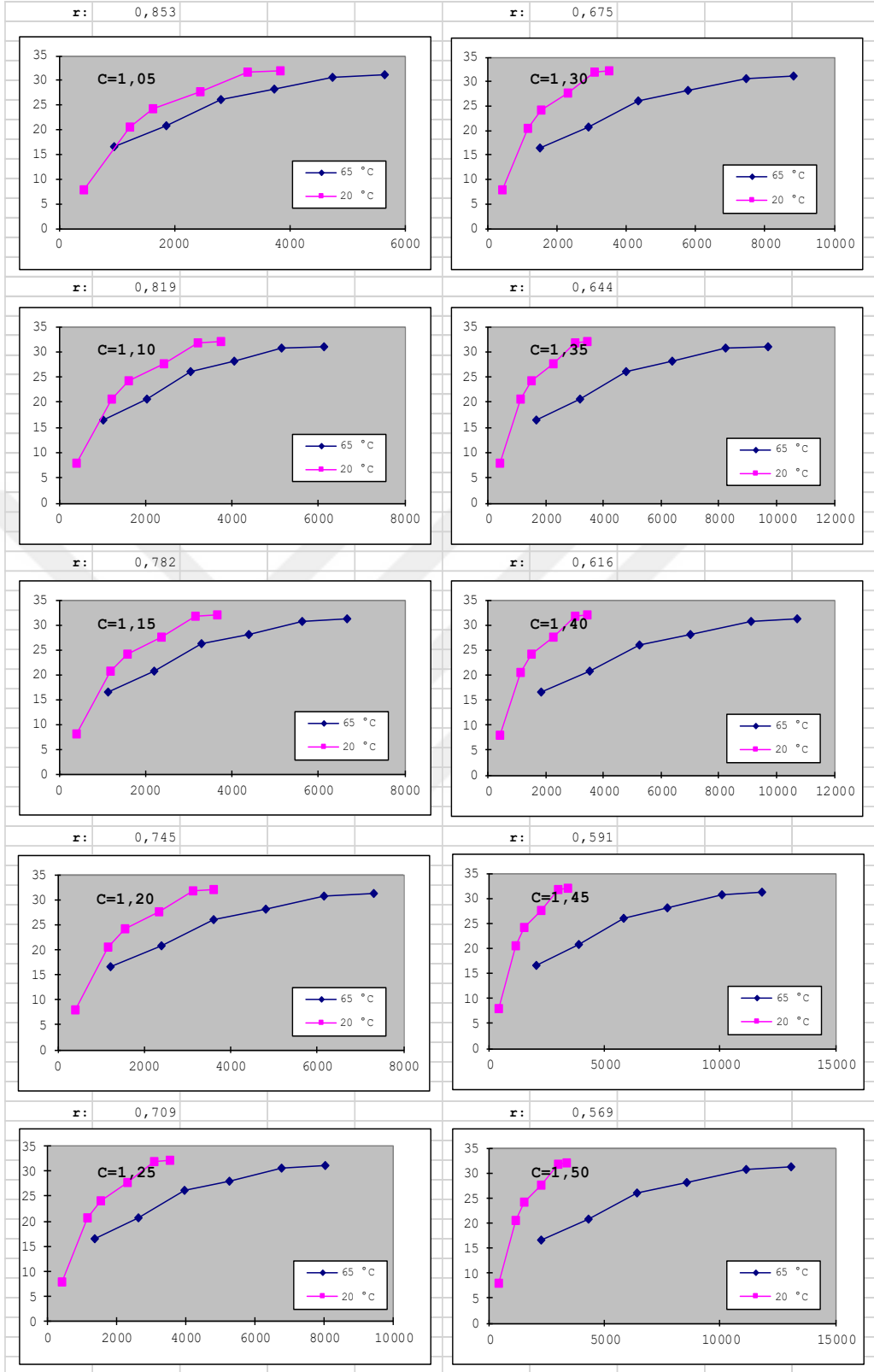
Şekil 17’de olgunluk cihazından internet üzerinden takip edilen 20°C ve 65°C kür havuzu sıcaklıkları görülmektedir. Şekil 17’de sol üst köşede 65-1, 65-2, 20-1 ve 20-2 ile gösterilen ifadeler 20 ve 65 °C’deki kür havuzlarındaki sıcaklık sensörülü numuneleri ifade etmektedir.

Şekil 18’de görüldüğü gibi 20°C ve 65°C de bekletilen sıcaklık sensörü kablosu takılmayan numuneler belirli sürelerde kür havuzundan çıkartılarak preste kırılarak basınç dayanımları ölçülmektedir.



Şekil 18. 20°C ve 65°C kür havuzundan çıkartılan beton numuneler

Nihai C değeri, ölçülen sertleşme süresi ve sertleşme sıcaklığı temelinde, belirlenen ağırlıklı olgunluk ve onun karşısındaki dayanım üzerinden ayarlanarak belirlenmektedir. C değeri 1,05 ile 1,50 arasındaki değerleri Bağıntı (1)’deki olgunluk formülüne göre hesaplanarak olgunluk değerleri elde edildi. Taze betona ait belirlenecek olan C değeri için elde edilen basınç dayanımları ile C değerine göre (1,05-1,50) elde edilen olgunluk değerleri arasında lineer regresyon uygulandı. Nihai C değeri, 1,05 ile 1,50 regresyon değerlerinde en yüksek regresyon değerini veren sayı alındı.

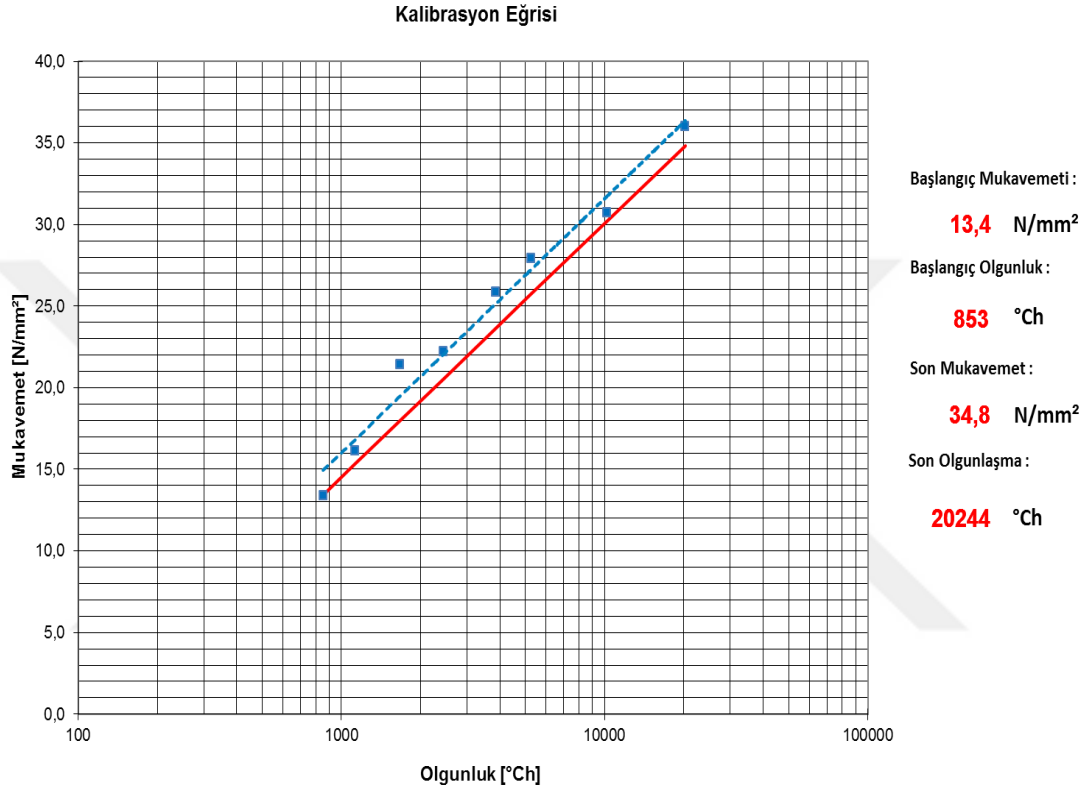


Şekil 19. Taze betonda C değerinin belirlenmesi

Şekil 19'daki 20 ve 65°C'deki numunelerin basınç dayanımı regresyon analizinden bu çalışmadaki numuneler için C değeri 1,05 olarak bulundu.

2.3.5.2. Kalibrasyon Eğrisinin Oluşturulması

Ağırlıklı olgunluk yöntemiyle basınç dayanımı tahmini için hesaplanan C değerinden sonra hangi süre için basınç dayanımı tahmini yapılacaksa ona göre Şekil 20’de görülen kalibrasyon eğrisi oluşturulmaktadır.



Şekil 20. Olgunluk cihazı için oluşturulan kalibrasyon eğrisi

Şekil 20’deki kalibrasyon eğrisi basınç dayanımı tahmini için kullanıldı. Şekil 20’de hangi olgunluk değeri için betonun basınç dayanımının ne olacağı görülmektedir.

Ağırlıklı Olgunluk Yönteminde kalibrasyon eğrisi oluşturmak için aşağıdaki maddeler sırasıyla izlendi:

- 1- Hesaplanan C değeri 1,05 olan betonun değeri olgunluk cihazına kaydedildi.
- 2- Şekil 21’de görüldüğü gibi C25/30 sınıfı betondan 26 adet 15x15x15 cm küp numune, C20/25 kütle betonundan (D_{max} 125 mm ve D_{max} 63 mm) 26’şar adet ϕ 15x30 cm silindir numune alındı.



Şekil 21. Taze betondan numune alma

- 3- Taze beton küp ve silindir numunelerin iki tanesi prizini almadan kür havuzuna konulacağından Şekil 22 (a) ve (c)'deki gibi önce sıcaklık sensör kablosu numune içine yerleştirilir. Sonradan numunelerin etkilenmemesi için Şekil 22 (b) ve (d)'deki gibi streç ile sarıldı.



Şekil 22. (a) 15 cm'lik küp beton numuneleri, (b) 15 cm'lik küp beton numunelerinin streç ile sarılması, (c) Sıcaklık sensör kablosu yerleştirilmiş silindir numuneler, (d) Sıcaklık sensör kablosu konulduktan sonra numunenin streç ile sarılması

- 4- Sıcaklık sensör kabloları olgunluk cihazına bağlandı.
- 5- Küp ve silindir numuneler hazırlanır hazırlanmaz zaman kaybetmeden kalıplarıyla birlikte Şekil 23'teki gibi kür havuzuna konuldu.



Şekil 23. Taze betondan alınan numunelerin kür havuzuna yerleştirme işlemi

- 6- Olgunluk cihazıyla otomatik olarak kalibrasyon eğrisi çıkarıldı ve bu eğri yardımıyla olgunluk cihazı üzerinden otomatik olarak betonların basınç dayanımını tahmin edildi.

2.3.6. Karot Örneklerinin Alınması ve Betonların Basınç Dayanımlarının Ölçülmesi

Arazide dökümü yapılan betonlardan 28 gün sonra arazideki anma çapı $\varnothing 10$ cm karot bıçağıyla 15 cm boyunda karotlar TS 10465 “Beton Deney Metotları- Yapı ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Örnek Alınması ve Basınç Mukavemetinin Tayini (Tahribatlı Metot)” standardında belirtilen esaslara uygun olarak alındı. Alınan karot numunelerin boy/çap oranı 1,5/1 olacak şekilde kesilip karotlara başlık yapıldı. Bu numuneler üzerinden hakiki beton dayanımları ölçüldü.

3. BULGULAR

3.1. Farklı Biçim ve Boyutlardaki Beton Numunelerinin Basınç Dayanımları

Normal betonlara ait araziden alınan farklı biçim ve boyutlardaki 50 takım beton numuneleri ve kütle betonlara ait araziden alınan aynı biçim ve farklı boyutlardaki 30 takım beton numuneleri ortalama basınç dayanımları Tablo 14'te görülmektedir.

Tablo 14. Beton sınıflarına ait ortalama basınç dayanımı deney sonuçları

Numune Boyutu ve Biçimi	C30/37 (D _{max} 25 mm) (MPa)		C25/30 (D _{max} 25 mm) (MPa)		C20/25 (D _{max} 125 mm) (MPa)		C20/25 (D _{max} 63 mm) (MPa)	
	7	28	7	28	28	90	28	90
Beton Yaşı	7	28	7	28	28	90	28	90
15x15x15 cm Küp Numune	31,4	40,0	27,9	34,7	-	-	-	-
10x10x10 cm Küp Numune	33,1	42,0	30,3	37,7	-	-	-	-
ø25x50 cm Silindir Numune	-	-	-	-	18,8	26,2	21,8	29,4
ø15x30 cm Silindir Numune	26,9	33,7	23,9	29,7	21,5	29,7	24,7	33,4
ø10x20 cm Silindir Numune	28,0	35,0	25,5	31,9	-	-	-	-

Taze betondan alınan farklı biçim ve boyutlardaki numunelerin basınç dayanımı geçiş katsayıları Bağntı (2)'ye göre hesaplandı.

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{f_{ckx}}{f_{cky}}}{n} \quad (2)$$

Bağntı (2)'de; k, ortalama geçiş katsayısı, f_{ckx}, geçiş yapılmak istenen biçim ve boyuttaki basınç dayanımı (MPa olarak), f_{cky}, geçiş yapılmak istenilen biçim ve boyuttaki numuneye eş değer biçim ve boyuttaki basınç dayanımı (MPa olarak), n, numune takım sayısı değerini göstermektedir. Farklı biçim ve boyutlardaki numunelerin basınç dayanımı geçiş katsayılarını bulmak için Bağntı (2) uygulanarak Tablo 15'teki değerler hesaplandı.

Tablo 15. Farklı biçim ve boyutlara ait beton basınç dayanımı geçiş katsayıları ve istatistiksel aralık tahmini limitleri

Numune Boyutu ve Biçimi	C30/37		C25/30		C20/25 (D _{max} 125 mm)		C20/25 (D _{max} 63 mm)	
	Beton Yaşı	7	28	7	28	28	90	28
k=fck(15x15x15) / fck(10x10x10)	0,949	0,954	0,922	0,922	-	-	-	-
k=fck(15x15x15) / fck(ø15x30)	0,941≤μ≤0,958	0,946≤μ≤0,962	0,913≤μ≤0,932	0,913≤μ≤0,930	-	-	-	-
	1,172	1,189	1,176	1,171	-	-	-	-
k=fck(15x15x15) / fck(ø10x20)	1,155≤μ≤1,189	1,175≤μ≤1,203	1,146≤μ≤1,205	1,150≤μ≤1,191	-	-	-	-
	1,127	1,146	1,101	1,092	-	-	-	-
k=fck(10x10x10) / fck(15x15x15)	1,108≤μ≤1,146	1,130≤μ≤1,162	1,072≤μ≤1,130	1,070≤μ≤1,113	-	-	-	-
	1,054	1,049	1,085	1,086	-	-	-	-
k=fck(10x10x10) / fck(ø15x30)	1,045≤μ≤1,064	1,040≤μ≤1,059	1,075≤μ≤1,096	1,076≤μ≤1,097	-	-	-	-
	1,235	1,248	1,274	1,271	-	-	-	-
k=fck(10x10x10) / fck(ø10x20)	1,216≤μ≤1,254	1,229≤μ≤1,267	1,245≤μ≤1,304	1,250≤μ≤1,292	-	-	-	-
	1,188	1,202	1,194	1,184	-	-	-	-
k=fck(ø15x30) / fck(15x15x15)	1,168≤μ≤1,208	1,183≤μ≤1,222	1,165≤μ≤1,223	1,164≤μ≤1,205	-	-	-	-
	0,856	0,842	0,858	0,858	-	-	-	-
k=fck(ø15x30) / fck(10x10x10)	0,843≤μ≤0,868	0,832≤μ≤0,852	0,836≤μ≤0,879	0,843≤μ≤0,872	-	-	-	-
	0,812	0,804	0,790	0,790	-	-	-	-
k=fck(ø15x30) / fck(ø10x20)	0,800≤μ≤0,825	0,792≤μ≤0,816	0,772≤μ≤0,808	0,777≤μ≤0,803	-	-	-	-
	0,962	0,963	0,937	0,933	-	-	-	-
k=fck(ø10x20) / fck(15x15x15)	0,955≤μ≤0,968	0,956≤μ≤0,970	0,929≤μ≤0,945	0,924≤μ≤0,941	-	-	-	-
	0,890	0,875	0,916	0,921	-	-	-	-
k=fck(ø10x20) / fck(10x10x10)	0,876≤μ≤0,905	0,863≤μ≤0,887	0,893≤μ≤0,939	0,903≤μ≤0,939	-	-	-	-
	0,845	0,835	0,844	0,848	-	-	-	-
k=fck(ø10x20) / fck(ø15x30)	0,831≤μ≤0,859	0,821≤μ≤0,848	0,824≤μ≤0,864	0,833≤μ≤0,862	-	-	-	-
	1,040	1,039	1,068	1,073	-	-	-	-
k=fck(ø25x50) / fck(ø15x30)	1,033≤μ≤1,048	1,031≤μ≤1,046	1,059≤μ≤1,078	1,064≤μ≤1,083	0,871	0,882	0,879	0,882
	-	-	-	-	0,861≤μ≤0,881	0,872≤μ≤0,891	0,870≤μ≤0,888	0,872≤μ≤0,891
k=fck(ø15x30) / fck(ø25x50)	-	-	-	-	1,149	1,135	1,139	1,135
	-	-	-	-	1,136≤μ≤1,162	1,123≤μ≤1,148	1,127≤μ≤1,150	1,123≤μ≤1,147

Tablo 15'te bulunan geçiş katsayılarına istatistiksel aralık tahmin metodu uygulanarak, bulunan geçiş katsayıların güven aralıkları belirlendi. Değerlendirmede 30 ve daha fazla numune için bulunduğu için normal dağılıma göre %95 güven aralığında geçiş katsayıların limit değerleri Bağntı (3)'e göre hesaplandı.

$$1 - \alpha = \bar{x} - \left(Z_{\frac{\alpha}{2}} \right) \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \leq \mu \leq \bar{x} + \left(Z_{\frac{\alpha}{2}} \right) \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \quad (3)$$

Bağntı (3)'te; $1 - \alpha$ (0,95), % 95'e göre güven aralığı limitleri, \bar{x} , geçiş katsayıların ortalaması, $Z_{\alpha/2}$ (1,96), % 95 güven aralığı için katsayı, σ , geçiş katsayıların standart sapması, n , numune takım sayısı, μ , geçiş katsayısı güven aralığını göstermektedir.

C30/37 betonuna ait 10x10x10 cm küp numune dayanımının 15x15x15 cm küp numune dayanımına dönüştürmek için 0,95 geçiş katsayısıyla ve ø10x20 cm silindir numune dayanımının ø15x30 cm silindir numune dayanımına dönüştürmek için 0,96 geçiş katsayısıyla çarpılmalıdır. C25/30 betonun ait 10x10x10 cm küp numune dayanımın 15x15x15 cm küp numune dayanımına dönüştürmek için 0,92 geçiş katsayısıyla ve ø10x20 cm silindir numune dayanımının ø15x30 cm silindir numune dayanımına dönüştürmek için 0,93 geçiş katsayısıyla çarpılmalıdır. C20/25 kütle betonlara (D_{\max} 125 mm ve D_{\max} 63 mm) ait ø25x50 cm silindir numune dayanımının ø15x30 cm silindir numune dayanımına dönüştürmek için 0,88 geçiş katsayısıyla çarpılmalıdır.

3.2. Arazide Yapı Elemanlarında Ağırlıklı Olgunluk Yöntemiyle ve Karot Numuneler İle Ölçülen Basınç Dayanımları

Arazide dökümü yapılan betonlardan olgunluk cihazıyla hesaplanan basınç değerleri ve ayrıca olgunluk cihazının doğruluğunu araştırmak için taze betondan alınan 15x15x15 cm küp numune basınç dayanım değerleri Tablo 16'da görülmektedir. Tablo 16'daki olgunluk yöntemiyle tahmin edilen değerler 15 cm'lik küp beton numunesi basınç dayanımına karşılık gelmektedir.

Tablo 16. Olgunluk ve 15x15x15 cm küp numune basınç dayanımı deney sonuçları

Beton Döküm Tarihi ve Saati	Yöntem	3. Gün Basınç Dayanımı, MPa	5. Gün Basınç Dayanımı, MPa	7. Gün Basınç Dayanımı, MPa
08.03.2018	Olgunluk	24,0	27,0	28,7
Saat: 10:17	15x15x15 cm	25,8	28,4	30,0
20.03.2018	Olgunluk	24,0	27,7	29,7
Saat: 13:47	15x15x15 cm	22,9	26,5	28,9
31.03.2018	Olgunluk	23,3	26,3	28,3
Saat: 11:03	15x15x15 cm	22,6	26,0	30,6
03.04.2018	Olgunluk	24,0	27,3	29,3
Saat: 15:05	15x15x15 cm	26,1	28,6	31,6
26.05.2018	Olgunluk	22,0	24,3	26,0
Saat: 13:47	15x15x15 cm	20,5	24,9	27,5
04.06.2018	Olgunluk	22,0	25,0	27,0
Saat: 17:37	15x15x15 cm	23,6	26,2	28,0
22.06.2018	Olgunluk	25,0	28,0	29,0
Saat: 15:34	15x15x15 cm	23,3	28,5	29,5
30.06.2018	Olgunluk	25,0	28,0	29,3
Saat: 14:39	15x15x15 cm	23,7	26,2	27,7
08.07.2018	Olgunluk	25,0	28,7	30,7
Saat: 12:48	15x15x15 cm	22,1	25,9	29,0
25.07.2018	Olgunluk	25,0	28,0	30,3
Saat: 10:34	15x15x15 cm	22,0	26,3	29,5

Olgunluk cihazıyla hesaplanan basınç dayanımı, taze betondan alınıp ölçülen 15'cm'lik küp beton dayanımı ve anma çapı ϕ 100 mm karot numunesinden ölçülen 28 günlük basınç dayanımları Tablo 17'de görülmektedir.

Tablo 17. Olgunluk cihazı, 15x15x15 cm küp numune ve karot numunelerden ölçülen basınç dayanımı değerleri

Beton Döküm Tarihi ve Saati	Yöntem	28. Gün Basınç Dayanımı, MPa
31.03.2018	Olgunluk	36,0
Saat: 11:03	15x15x15 cm	37,0
	ϕ 100 mm çaplı, karot	37,6
03.04.2018	Olgunluk	37,0
Saat: 15:05	15x15x15 cm	37,9
	ϕ 100 mm çaplı, karot	38,8

Olgunluk cihazındaki ölçümlerle taze betondan alınan numunelerin basınç dayanımları karşılaştırıldığında maksimum hata oranı 28. günde % 2, olgunluk cihazındaki ölçümlerle beton imalatlarından alınan karot numunelerin basınç dayanımları karşılaştırıldığında ise maksimum hata oranı 28. günde % 4 seviyesinde olduğu görüldü.

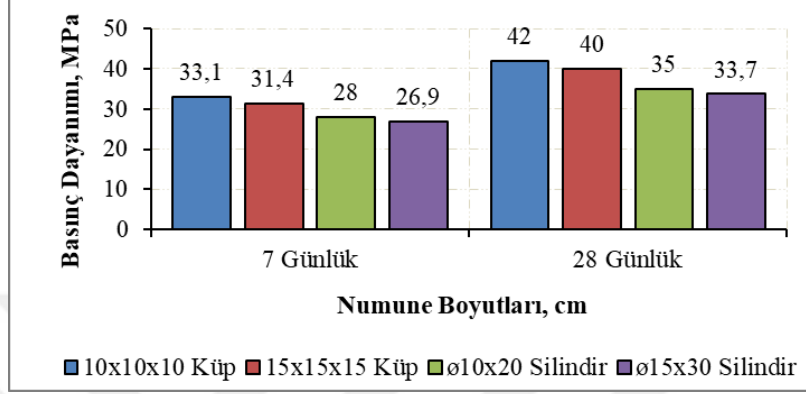
Olgunluk cihazından elde edilen C20/25 beton sınıflarına ait basınç dayanımları ile taze betondan alınan 3, 5 ve 7 günlük $\phi 15 \times 30$ cm silindir numunelerin basınç dayanımlarının karşılaştırmalı sonuçları Tablo 18’de verilmiştir. Tablo 18’deki olgunluk yöntemiyle tahmin edilen değerler 15 cm’lik silindir beton numunesi basınç dayanımına karşılık gelmektedir.

Tablo 18. Olgunluk cihazından gelen ve $\phi 15 \times 30$ cm silindir numune basınç dayanımı deney sonuçları

Beton Döküm Tarihi ve Saati	Beton Sınıfı	Yöntem	3. Gün Basınç Dayanımı, MPa	5. Gün Basınç Dayanımı, MPa	7. Gün Basınç Dayanımı, MPa
09.12.2018	C20/25	Olgunluk	7,0	11,7	14,7
Saat: 22:11	(D _{max} 125 mm)	$\phi 15 \times 30$ cm	6,4	11,2	14,4
09.12.2018	C20/25	Olgunluk	9,0	14,0	17,0
Saat: 22:05	(D _{max} 63 mm)	$\phi 15 \times 30$ cm	9,5	13,3	17,2

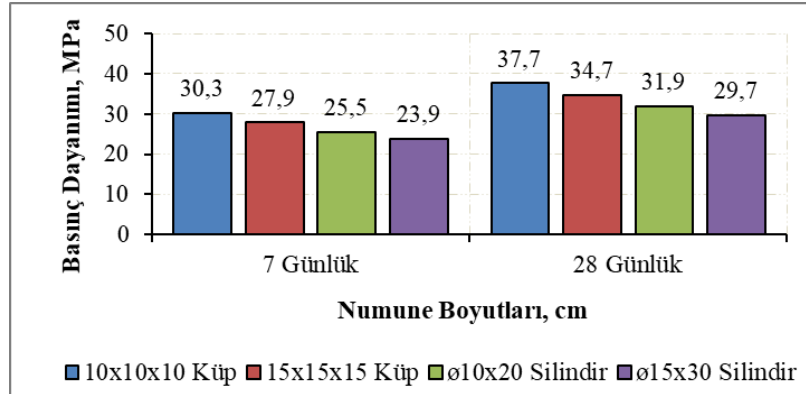
4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Şekil 24'te C30/37 betonlar için farklı biçim ve farklı boyutlarda alınan numunelere ait ortalama basınç dayanımları görülmektedir.



Şekil 24. C30/37 beton sınıfına ait ortalama beton basınç dayanımı deney sonuçları

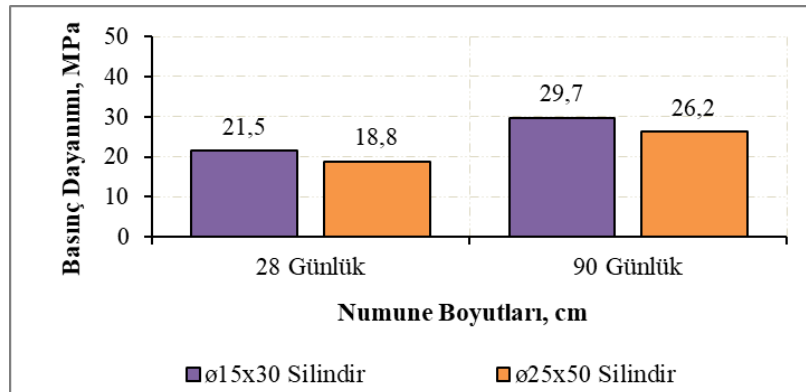
Şekil 24'te 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarında en yüksek değer 10x10x10 cm'lik küp numunelerde görülmüştür. Bu numuneleri sırasıyla 15x15x15 cm'lik küp, ø10x20 cm silindir ve ø15x30 cm silindir numunelerin basınç dayanımı takip etmiştir.



Şekil 25. C25/30 beton sınıfına ait ortalama beton basınç dayanımı deney sonuçları

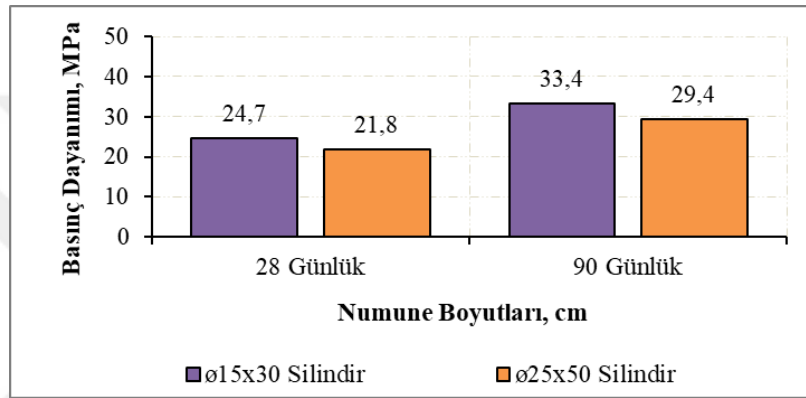
Şekil 25'te C25/30 sınıfı betonların basınç dayanımları görülmektedir. Şekil 25'teki normal betonlara ait taze betondan alınan farklı biçim ve boyutlardaki numunelerin basınç dayanımları Şekil 24'de benzer şekilde büyükten küçüğe doğru sırasıyla 10x10x10 cm küp, 15x15x15 cm küp, ø10x20 cm silindir ve ø15x30 cm silindir numune olarak sıralanmıştır. Dehastani vd. (2014) maksimum agrega çapı 12,5 mm'de kendiliğinden yerleşen betonlar üzerinde boyut etkisini araştırmak için taze

betondan 5x5x5 cm, 7,5x7,5x7,5 cm, 10x10x10 cm, 12,5x12,5x12,5 cm ve 15x15x15 cm küp numunelerinde basınç dayanımlarının geleneksel betondaki gibi boyut küçüldükçe basınç dayanımlarının arttırdığını belirtmişlerdir. Demirel ve Gökdemir (2014) ürettikleri C25/30 beton sınıfından farklı biçim ve boyutlarda alınan beton numunelerden 15x15x15 cm küp numunelerin basınç dayanımlarını 7 günlük numunelerde 25,7 MPa, 28 günlük numunelerde 33,6 MPa bulmuştur. Aynı çalışmada 10x10x10 cm küp numune 7 günlük numunelerde 26,1 MPa, 28 günlük numunelerde 34,2 MPa, ø15x30 cm silindir numune 7 günlük numunelerde 20,5 MPa, 28 günlük numunelerde 27,6 MPa bulmuşlardır. Aynı biçim fakat farklı boyuta sahip numunelerde kuvvet uygulanan yüzey alanı küçük numunelerde basınç dayanımı yüksek olmaktadır. Kare kesitli numunelerde numune kenar uzunluğu numune yüksekliği oranı 1, silindir numunelerde numune boyu numune çapı oranı 2 olması beton numunelerin basınç dayanımını etkileyen diğer bir unsur olduğu görülmektedir. 10'cm'lik küp numunelerde kuvvet uygulanan kesit alanı 100 cm², ø10x20 cm silindir numunelerde ise kesit alanı 78,5 cm²'dir. Yani ø10x20 cm silindir numunenin kesit alanı 10 cm'lik küp numune kesit alanından daha büyük kesite sahip olmasına rağmen silindir numunenin basınç dayanımı daha düşük çıkmıştır. Bu durumun nedenlerinden birinin silindir numunedeki boy/çap oranının küp numuneden fazla olmasıdır. Bazı araştırmacılar çalışmalarında numune boyutu büyüdükçe dayanım artması durumuyla karşılaşmışlar ancak bu durumun çeper etkisinden kaynaklandığını belirtmişlerdir (Tokyay ve Özdemir (1997); Arıöz vd. 2009).



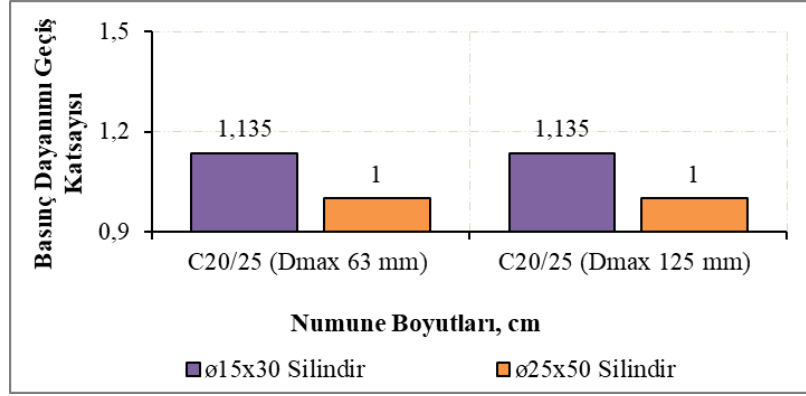
Şekil 26. C20/25 kütle beton sınıfına (D_{max} 125 mm) ait ortalama beton basınç dayanımı deney sonuçları

Şekil 26’da D_{max} 125 mm olan C20/25 sınıfı kütle betonlarından ölçülen ortalama basınç dayanımları görülmektedir. Şekil 26’da kütle betonlarından alınan boy/çap oranı 2 olan beton numunelerde yüzey alanı küçük olan numunelerden daha yüksek basınç dayanımları ölçülmüştür. Boy/çap oranı eşit olan beton numunelerde kuvvet uygulanan yüzey alanları arasındaki fark arttıkça basınç dayanımları arasındaki fark ta atmaktadır. Bu durumun olması, beton test presi başlığı ile numune başlığı arasındaki oturma hatalarından ve sürtünme kuvvetlerinin etkisinden kaynaklandığı tarafımızdan düşünülmektedir.



Şekil 27. C20/25 kütle beton sınıfına (D_{max} 63 mm) ait ortalama beton basınç dayanımı deney sonuçları

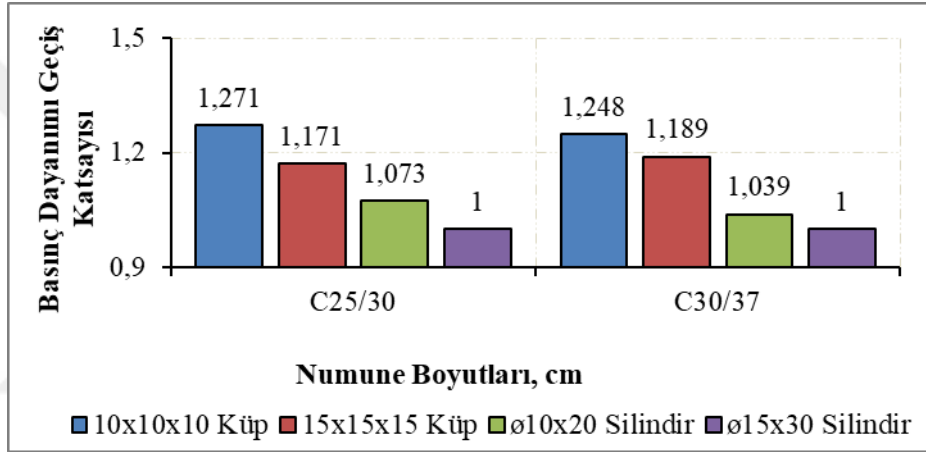
Şekil 27’da D_{max} 63 mm olan C20/25 sınıfı kütle betonlarından ölçülen ortalama basınç dayanımları görülmektedir. Kütle betonlara ait taze betondan alınan aynı biçim ve farklı boyutlardaki numunelerin basınç dayanımları ise Şekil 27’de görüldüğü gibi Şekil 26’ya benzer şekilde büyükten küçüğe doğru ø15x30 cm silindir ve ø25x50 cm silindir numune olarak sıralanmıştır. Aynı biçimde farklı boyutlarda olan numunelerde, kuvvet uygulanan yüzey alanı küçüldükçe basınç dayanımları artmıştır.



Şekil 28. Kütle betona ait basınç dayanımı geçiş katsayıları

Şekil 28’de C20/25 sınıfına sahip maksimum tane çapı 63 ve 125 mm olan ø15x30 cm ve ø25x50 cm silindir numunelerinde tespit edilen geçiş katsayıları görülmektedir. Kütle betonlarında beton sınıfı kontrolünde maksimum agrega çapı 125 mm olan betonlar 63,5 mm elekten yaş eleme yapılan betondan ve maksimum agrega çapı 63 mm olan betonlar yaş eleme yapılmadan ø25x50 cm silindir beton numunesi alınarak bu betonlar üzerinden beton basınç dayanım değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bu şekildeki beton basınç dayanım değerlendirmesinde oldukça büyük boyutlu fazla hacimde beton kullanılmaktadır. Kütle betonlarında 37,5 mm elekten yaş eleme yapılarak ø15x30 cm silindir boyutlu numune kullanılması durumunda, numune alımında beton hacminden tasarruf ve işçilikten kolaylık sağlanacağı muhakkaktır. Beton basınç dayanım sınıfı değerlendirmesinde boy/çap oranı eşit, boyutu farklı silindir numunelerden elde edilen dayanımlarda genellikle bir geçiş katsayısı kullanılmamaktadır. Bu çalışmada yüzey kesit alanları arasındaki fark artıkça dayanım sınıfı değerlendirmesinde farklı biçim ve boyutlu numuneler arasında geçiş katsayısının kullanılması gerektiği görülmüştür. Bu çalışmada aynı betonlardan alınan ø15x30 cm silindir numuneden ölçülen basınç dayanımı ø25x50 cm silindir numuneden ölçülen basınç dayanımından %13,5 daha fazla olduğu görülmüştür. Bu değer beton sınıfı değerlendirmesi için önemsenmesi gereken bir farktır. 63 mm ve 125 mm maksimum tane çapına sahip C20/25 sınıfı betonlarında ø15x30 cm ve ø25x50 silindir beton numunelerinde aynı geçiş katsayısına rastlanmıştır. Kütle betonunda maksimum tane çapı değişimi farklı boyuttaki numunelerin basınç dayanımını etkilememiştir. Guan vd. (2015) yaptığı çalışmada Çin’de 300 m yükseklikte kemer barajlara ait D_{max} 150 mm kütle betonların basınç dayanımı ve elastisite modülünü ölçmek için taze betondan 45x45x45 cm küp numuneler almıştır. Guan vd. (2015) aldığı numuneler üzerinden

kütle betonlarında basınç dayanımları ölçmüştür. Bu boyuttaki numuneler üzerinden beton basınç dayanımının ölçülmesi pratikte uygulanabilirliği olmayan zor bir yöntemdir. Bu çalışmada $\phi 25 \times 50$ cm silindir numuneler yerine $\phi 15 \times 30$ cm silindir numuneler alınabileceği, bu numuneler üzerinden hesaplanan basınç dayanımını 1,135 katsayısına bölünerek $\phi 25 \times 50$ cm silindir numune için basınç dayanım değeri elde edileceği tespit edilmiştir. Literatürde kütle betonlarına ait farklı numune biçim ve boyutunda geçiş katsayılarına rastlanmamaktadır. Literatürde daha sıklıkla normal betonlar üzerinden farklı biçim ve boyuta göre basınç dayanımı için geçiş katsayıları verilmektedir.



Şekil 29. Normal betona ait beton basınç dayanımı geçiş katsayıları

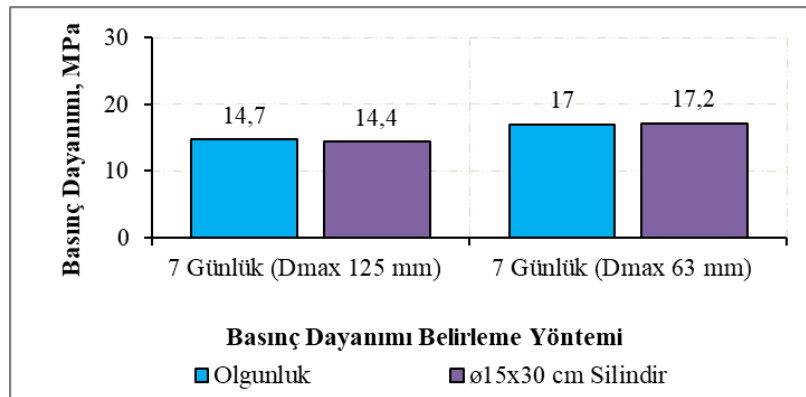
Şekil 29’da C25/30 ve C30/37 dayanım sınıfına farklı biçim ve boyuttaki numuneler arasında tespit edilen geçiş katsayıları görülmektedir. Şekil 29’da $\phi 15 \times 30$ cm silindir numunelerden ölçülen basınç dayanımı $\phi 10 \times 20$ cm silindir, $15 \times 15 \times 15$ cm küp ve $10 \times 10 \times 10$ cm küp numunelerden elde edilen basınç dayanımlarına bölünerek farklı biçim ve boyuttaki numuneler için geçiş katsayıları hesaplanmıştır. Şekil 29’da $\phi 15 \times 30$ cm ile $\phi 10 \times 20$ cm silindir numunelerin basınç dayanımları birbirine oldukça yakındır. C25/30 ve C30/37 sınıfı betonlarda $\phi 15 \times 30$ cm ile $\phi 10 \times 20$ cm silindir numuneler üzerinden elde edilen basınç değerini herhangi bir geçiş katsayısı kullanılmadan basınç dayanım sınıfında kullanılabileceği anlaşılmaktadır. Şanal (2018) yaptığı bir çalışmada hem laboratuvarında hem de arazi şartlarında farklı biçim ve boyutlarda taze betondan numuneler almış olup, her iki ortam şartında alınan beton numunelerinin basınç dayanımı geçiş katsayıları arasında değişkenlik göstermediğini tespit etmiştir. C30/37 ve C35/45 beton sınıfına sahip boyutları farklı olan küp numunelerin ($f_{ck} 15 \times 15 \times 15$ /

fck 10x10x10) basınç dayanımı geçiş katsayısını 0,97-0,96 aralığında bulmuştur. Boyutları farklı olan silindir numunelerde (fck ϕ 15x30 / fck ϕ 10x20) ise C30/37 beton sınıfında basınç dayanımı geçiş katsayısını 0,98, C35/45 beton sınıfına sahip basınç dayanımı geçiş katsayısını 1,03 bulmuştur. Vakhshouri ve Nejadi (2018) hafif betonlar üzerinde araştırma yapmışlar ve boyutları farklı olan küp numunelerin (fck 15x15x15 / fck 10x10x10) basınç dayanımı geçiş katsayısını 0,95 bulunmuşlardır. Bu çalışmada normal betonlarda bulunan geçiş katsayılarının bazı araştırmacılarla bire bir aynı, bazı araştırmacılardan düşük olarak bulunmuştur. Öztekin vd. (2012) nin yapmış olduğu diğer bir çalışmada da aynı biçimde alınan farklı boyutlarda olan ϕ 15x30 cm ve ϕ 10x20 cm silindir numunelerin basınç dayanımları arasındaki fark çok düşük olduğundan dolayı ihmal edilebilir kanısına varmış olup, basınç dayanım geçiş katsayısı 1,00 olduğunu savunmuşlardır. Aynı şekilde, Arioğlu vd. (2009) normal dayanımlı betonlarda aynı biçimde alınan farklı boyutlarda olan silindir numunelerin (fck ϕ 15x30 / fck ϕ 10x20) oranını 1,00 olarak bulmuştur. Bu çalışmada normal betonlar için ϕ 15x30 ve ϕ 10x20 cm silindir numunelerin basınç dayanımları oranı bire bir kabul edilmiştir, fakat kütle betonlarda ϕ 25x50 ve ϕ 15x30 cm silindir numunelerin basınç dayanımları oranı Şekil 28’de görüldüğü gibi 1,135 çıkmıştır ve bu fark ihmal edilebilir bir fark olarak görülmemelidir. Bu durum yükleme başlığı ile ϕ 25x50 ve ϕ 15x30 cm silindir numuneler arasında meydana gelen sürtünme kuvvetleri farkının ϕ 15x30 ve ϕ 10x20 cm silindir numuneler arasında meydana gelen sürtünme kuvvetleri farkından daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Aynı zamanda normal betonlarda kullanılan ϕ 15x30 ve ϕ 10x20 cm silindir numunelerin kesit alanları oranı 2,25 iken, kütle betonlarda kullanılan ϕ 25x50 ve ϕ 15x30 cm silindir numunelerin kesit alanları oranı 2,77’dir. Böylelikle, kütle betonlarda kullanılan numunelerin kesit alanı oranının normal betonlarda kullanılan numunelerin kesit alanı oranından yüksek olmasından dolayı temas edeceği yükleme başlığı arasında daha fazla kusurlar ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada aynı biçimde olup, basınç dayanım yüzeyi değişen numunelerde yüzey alanı büyüdükçe geçiş katsayısının muhakkak kullanılması gerektiği kanaatine ulaşılmıştır.

Şekil 29’daki numunenin biçiminin basınç dayanımı üzerinde etkisi incelendiğinde 15 cm kenar uzunluğuna sahip küp ve 15 cm çapa sahip silindir numunelerde C25/30 beton sınıfında 1,171 ve C30/37 beton sınıfında ise 1,189 olarak bulunmuştur. Bu değerler birbirine oldukça yakın olmasına rağmen beton basınç

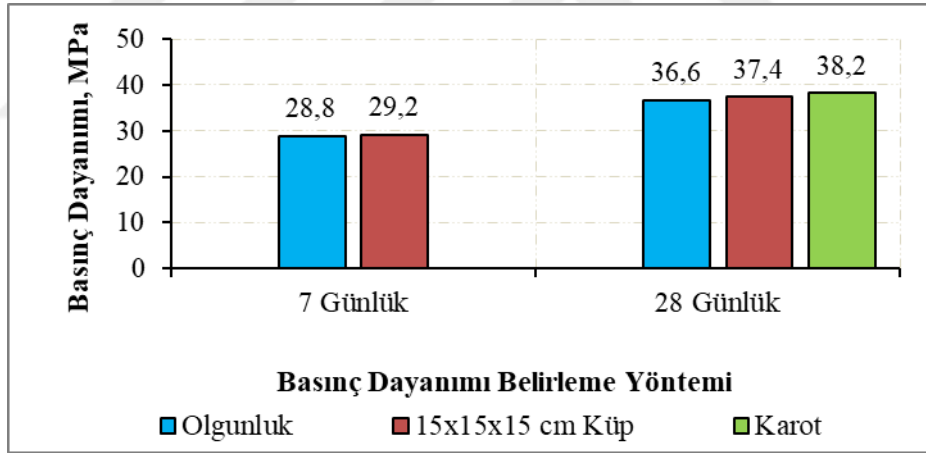
dayanımının artması geçiş katsayısı artırmıştır. Şanal (2018) numune şeklinin basınç dayanımına etkisi konulu çalışmasında 15 cm numuneler için bu oranı 1,094, 10 cm numuneler için bu oranı 1,022 değerlerini bulmuştur. Arioğlu vd. (2009) normal dayanımlı betonlarda söz konusu küp/silindir (fck 15x15x15 / fck ø15x30) basınç dayanımı oranını 1,25 ölçmüştür. Diğer taraftan Felekoğlu ve Türkel (2005) ise (fck 15x15x15 / fck ø15x30) 1,33 bulmuşlardır. Böylece yapılan bu deneysel çalışmayla TS EN 206’da belirtilen C25/30 beton sınıfındaki karakteristik dayanımlar oranlandığında 1,2 ve C30/37 beton sınıfındaki dayanımlar oranlandığında 1,233 olan değerlerle bu çalışmada tespit edilen biçimsel oranlarla yakın değerler olduğu görülmektedir. Abaza (2003), yaptığı çalışmada silindir biçiminde alınan numunelerin basınç dayanımı küp biçimindeki alınan numunelerin basınç dayanımına göre daha güvenilir olduğunu belirtmiştir. Nikbin vd. (2014) kendiliğinden yerleşen beton için küp dayanımının silindir dayanıma oranı, geleneksel betondan biraz daha yüksek olduğunu savunmuşlardır. Vakhshouri ve Nejadi (2018) hafif betonlardan alınan taze betonların 10 cm numuneleri için (küp/silindir) 1,11 geçiş katsayısını bulmuşlardır. Bu çalışmada ise 10 cm numuneleri için (küp/silindir) C25/30 beton sınıfında 1,184 ve C30/37 beton sınıfında 1,202 geçiş katsayısını bulmuşlardır.

Bu çalışmada betonun yaşı ilerledikçe farklı biçim ve boyutlarda beton basınç dayanımı geçiş katsayılarını etkilememiştir. Şanal (2018)’e göre ise beton basınç dayanımının erken yaşlarda yüzey alanı etkisinin olduğu, ileriki yaşlarda yüzey alanı etkisinin erken yaşa göre azaldığını bu deneysel çalışmanın aksini savunmuştur.



Şekil 30. Kütle betona (C20/25) ait olgunluk ve ø15x30 cm silindir numunelerin basınç dayanımları arasındaki değişimleri

Şekil 30’da olgunluk cihazıyla ve $\phi 15 \times 30$ cm silindir numuneler üzerinden ölçülen basınç dayanımları görülmektedir. Şekil 30’da olgunluk cihazından ve taze betondan alınan numunelerden ölçülen dayanımlar arasında %2’lik fark vardır. Bu durum olgunluk cihazıyla dayanım tahmininin hata payının oldukça düşük olduğunu göstermektedir. Bu çalışmadaki kütle betonlarında olgunluk cihazıyla yapılan basınç dayanımları taze beton numuneleri ve karot numuneleri üzerinden yapılan değerlerle karşılaştırıldığında düşük hidratasyon ısısına sahip kütle betonlarında da olgunluk cihazının kullanımı uygun bir yöntem olduğu görülmüştür. Lyul Cha vd. (2018) yapmış oldukları çalışmada kütle betonlarda erken yaşlarda elastik modülünün ve basınç dayanımını olgunluk cihazı ile tahmin etmişler ve çoğunlukla % 10’luk bir hata payı olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu çalışmadaki olgunluk basınç dayanımı tahmini $\phi 15 \times 30$ cm silindir numuneye göre tahmin edilmiştir, $\phi 25 \times 50$ cm silindir numuneye göre basınç dayanımı elde etmek için Tablo 15’e göre 1,135 geçiş katsayısına bölerek bulunmaktadır.



Şekil 31. Normal betona (C25/30) ait olgunluk, $\phi 15 \times 15 \times 15$ cm küp ve karot numunelerin basınç dayanımları arasındaki değişimleri

Şekil 31’de olgunluk cihazından, karot numunelerden ve $\phi 25 \times 50$ cm silindir numuneden bulunan basınç dayanımının bu çalışmada hesaplanan geçiş katsayısıyla çarpımıyla hesaplanan 15 cm’lik küp beton numune basınç dayanımları görülmektedir. Şekil 31’deki basınç dayanımları birbirine yakın değerlerdir. Karot numunelerinden ölçülen basınç dayanımları taze beton numunelerinden ölçülen basınç dayanımlarından 0,85 miktarında eksik çıkmaktadır (TS EN 13791, 2012). Bu çalışmada olgunluk cihazından ölçülen basınç değerlerinin karot numuneler üzerinden ölçülen basınç

dayanımına karşılık geldiği görülmektedir. Olgunluk cihazıyla basınç dayanımı tahminleri için 15 cm'lik küp numuneleri kullanılmaktadır. Bu çalışma gibi kütle betonlarında olgunluk cihazıyla ölçüm yapıldığında farklı biçim ve boyutlar için geçiş katsayılarına ihtiyaç duyulmaktadır. Olgunluk cihazı ile 15x15x15 küp numune basınç dayanımı tahmin edildikten sonra Tablo 15'te görülen 1,086 değeri 10x10x10 cm küp numuneler, 0,931 değeri ø10x20 cm silindir numuneler ve 0,858 değeri ise ø15x30 cm silindir numuneler için dönüşüm katsayısı olarak kullanılması tarafımızdan önerilmektedir.

Bu çalışmada aşağıda belirtilen sonuçlar tespit edilmiştir.

1. Beton basınç dayanımı numune biçimi ve boyutuna göre etkilenmektedir. Aynı biçim sahip beton numunelerde kesit alanı arttıkça basınç dayanımı azalmaktadır.
2. Boy/çap oranı aynı olan silindir beton numunelerinde yüzey alanı artan numunenin basınç dayanımı azalmaktadır.
3. C20/25 sınıfı kütle betonlarında ø25x50 cm silindir numune basınç dayanımının ø15x30 cm silindir basınç dayanımına çevirmek için 0,88 geçiş katsayısı ($f_{ck} \text{ ø}25x50 / f_{ck} \text{ ø}15x30 = 0,88$) bulunmuştur.
4. C25/30 ve C30/37 normal betonlarda boyutları farklı olan silindir numunelerin geçiş katsayısı ($f_{ck} \text{ ø}15x30 / f_{ck} \text{ ø}10x20$) sırasıyla 0,93 ve 0,96, boyutları farklı olan küp numunelerdeki basınç dayanımı geçiş katsayısında ($f_{ck} 15x15x15 / f_{ck} 10x10x10$) ise sırasıyla 0,92 ve 0,95 olarak elde edilmiştir.
5. Olgunluk cihazı normal betonlarda olduğu gibi kütle betonlarında da kullanılabilir bir yöntem olduğu görülmüştür. Kütle betonlarında ölçülen tahmini basınç dayanımının arazide karot numunelerden ölçülen basınç dayanımına karşılık gelmektedir.

5. ÖNERİLER

Bu çalışma farklı hidrasyon ısısına sahip çimentolarla yüksek dayanımlı betonlar içinde tekrarlanabilir. Farklı tasarıma sahip kütle betonlarında silindir numuneler yanında küp beton numuneler kullanılarak benzer çalışma yapılabilir ve olgunluk cihazıyla elde edilen basınç dayanım tahminleri yapılarak bu çalışma ile kıyaslanabilir.



KAYNAKLAR

- Abaza, O., 2003.** Comparative analysis of using small cylindrical specimens for compressive strength of portland cement concrete. An-Najah University Journal for Research, 255-267.
- Akdağ, B. ve Mutlu, M., 2013.** Yerinde beton basınç dayanımlarının ölçülmesinde karot numunesi kullanımı. Hazır Beton Dergisi, Mart-Nisan, 80-84.
- Arioğlu, E., Arıoğlu, N. ve Girgin, C., 1999.** Normal ve yüksek dayanımlı betonlarda numune şekil-boyut etkisi. Hazır Beton Dergisi, Ocak-Şubat, 40-50.
- Arıöz, Ö., Tuncan, M., Ramyar K., Tuncan, A., Karasu, B., Kılınc, K. and Mortaja, W., 2009.** Specimen size and shape effects on measured compressive strength of concrete. I. International Ceramic, Glass, Porcelain Enamel, Glaze and Pigment Congres, 12-14 October, 1044-1052.
- Artvin Halk Sağlığı Müdürlüğü, 2017.** Beton Karma Suyu Raporu, Artvin, 1s.
- ASTM C131, 2006.** Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- ASTM C136, 2014.** Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.
- ASTM C127, 2015.** Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate.
- ASTM C128, 2015.** Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate.
- ASTM C117, 2017.** Standard Test Method for Materials Finer than 75-µm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing.
- ASTM C142, 2017.** Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates.
- ASTM C88, 2018.** Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate.
- Dehestani, M., Nikbin, I.M. and Asadollahi, S., 2014.** Effects of specimen shape and size on the compressive strength of self-consolidating concrete (SCC). Construction and Building Materials, 66, 685-691.
- Demirel, C. ve Gökdemir, A., 2014.** Çeper etkisi oluşmayan farklı biçim ve boyuttaki beton numunelerin basınç dayanımlarının deneysel karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknoloji Bilimi Dergisi, 6, 29-48.

- DSİ, 2014.** DSİ Genel Müdürlüğü TAKK Dairesi Başkanlığı, 14-0806/1 Laboratuvar No'lu Deney Raporu, Ankara, 9s.
- DSİ, 2016.** Devlet Su İşleri 8. Bölge Müdürlüğü, 18-0031 Laboratuvar No'lu Deney Raporu, Erzurum, 4s.
- Egmond, B. and Jakobs, F., 2015.** Le facteur de maturité pondéré du béton. Bulletin du ciment, 2-7. DOI:10.5169/seals-146496.
- Felekoğlu, B. ve Türkel, S., 2005.** Biçim ve boyutların beton basınç dayanımına Etkisi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 18(4), 639-645.
- Guan, J., Li, Q., Wu, Z., Zhao, S., Dong, W. and Zhou, S., 2014.** Minimum specimen size for fracture parameters of site-casting dam concrete. Construction and Building Materials, 93, 973-982.
- Kasap, Ö. ve Tokyay, M., 2004.** Betonun eşdeğer yaşının çimento hidratasyon ısıyla tahmini için bir yöntem. İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergisi, 3215-3227.
- Kusumawardaningsih, Y., Fehling, E. and Ismail, M., 2015.** UHPC compressive strength test specimens: cylinder or cube? Science Direct, 125, 1076-1080, DOI: 10.1016/j.proeng.2015.11.165.
- Lyul Cha, S., Seop Jin, S., Hee An, G., and Keon Kim, J., 2018.** A prediction approach of concrete properties at early ages by using a thermal stress device. Construction and Building Materials, 178, 120-134.
- Nikbin, I.M., Dehestani, M., Beygi, M.H.A., and Rezvani, M., 2014.** Demoulding vertical elements: recommendations for apply maturity functions. Construction and Building Materials, 59, 144-150.
- Öztekin, E., Eker, Ç. ve Derin, E., 2012.** Betonun basınç dayanımının ölçülmesinde 150/300 veya 100/200 mm silindir numune kullanımı. Hazır Beton Dergisi, Mart-Nisan, 75-78.
- Sağlık, A., Özbay, H., Soysal, H.İ. ve Ergin, Ç., 2015.** Betonda olgunluk yönteminin kullanılması ile ileri yaşlardaki yerindeki beton dayanımının tahmini. DSİ TAKK Dairesi Başkanlığı Kalite Kontrol Sempozyumu, İstanbul, 30 Kasım-4 Aralık, 2-17.
- Soutsos, M., Kanavaris F. and Hotzitheodorou, A., 2018.** Critical analysis of strength estimates from maturity functions. Case Studies in Construction Materials, 1-19.
- Subaşı, S., 2009.** Geçirgen kalıp kullanımının beton olgunlaşma süresine olan etkisi. Gazi Üniversitesi-Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 24, 725-734.

- Şanal, İ., 2018.** Beton basınç dayanım testlerinde küçük ebatlı küp beton numunelerin yaygın kullanımı için şekil-boyut etkisinin detaylı incelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 20, 103-120, DOI: 10.21205/deufmd. 2018205809.
- Tangüler, M., 2014.** Yapı denetim sistemi kapsamında elde edilen beton basınç dayanımı sonuçlarına dair bir irdeleme. İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergisi, 480, 71-77.
- Teixeira, S., Santilli, A., and Puente, I., 2017.** Demoulding vertical elements: recommendations for apply maturity functions. Construction and Building Materials, 145, 392-401.
- Toktay, M. and Özdemir, M., 1997.** Specimen shape and size effect on the compressive strength of higher strength concrete. Cement and Concrete Research, 27, 1282-1289
- Topçu, İ.B. and Karakurt, C., 2002.** Farklı çimentolar ile üretilen betonlarda olgunluk kavramı. Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu, 14 Ekim, 477-484.
- Topçu, İ.B. ve Akman, A., 2005.** Kalıp sökme sürelerinin olgunlukla belirlenmesi. Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 23-25 Mart, 864-869.
- TS 802, 2009.** Beton Karışımı Hesap Esasları. TSE, Ankara, 18s.
- TS EN 933-9, 2010.** Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler- Bölüm 9: İnce Tanelerin Tayini- Metilen Mavisi Deneyi. TSE, Ankara, 18s.
- TS EN 12350-1, 2010.** Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 1: Numune Alma. TSE, Ankara, 15s.
- TS EN 12350-2, 2010.** Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Çökme Deneyi. TSE, Ankara, 6s.
- TS EN 12350-6, 2010.** Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 6: Yoğunluk. TSE, Ankara, 8s.
- TS EN 12350-7, 2010.** Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 7: Hava İçeriğinin Tayini- Basınç Metotları. TSE, Ankara, 6s.
- TS EN 12390-3, 2010.** Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini. TSE, Ankara, 18s.
- TS 10465, 2010.** Beton Deney Metotları-Yapı ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numune Alınması ve Basınç Mukavemetinin Tayini. TSE, Ankara, 12s.
- TS 13508, 2012.** Olgunluk Yöntemi ile Beton Dayanımının Tahmini. TSE, Ankara, 30s.

TS EN 206-1, 2014. Beton; Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk. TSE, Ankara, 24s.

TS 1247, 2018. Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları. TSE, Ankara, 68s.

URL-1, 2018. <http://www.betonolgunlukmerkezi.com/> (15 Mart 2018)

URL-2, 2018. <https://www.master-builders-solutions.basf.com.tr/tr-tr> (18 Nisan 2018).

URL-3, 2018. <https://grace.com/en-us> (25 Nisan 2018).

Vakhshouri, B. and Nejadi, S., 2018. Size effect and age factor in mechanical properties of BST light weight concrete. *Construction and Building Materials*, 177, 63-71.

Yıkıcı, T.A. and Chen, R., 2015. Use of maturity method to estimate compressive strength of mass concrete. *Construction and Building Materials*, 95, 802-812.

Yılmaz, A., 2005. Çeşitli çimentolarla üretilen harçlar için olgunluk fonksiyonlarının geçerliliğinin araştırılması. *Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7, 31-41.

ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Burdur İli Tefenni İlçesinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Gölhisar/Burdur'da tamamladı. 2004 yılında Gölhisar Lisesi'nden mezun oldu. 2004 yılında eğitim dili İngilizce olan Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne kayıt yaptırdı. İnşaat mühendisliğini 2009 yılında 1 dönem erken ve 3.04 ortalama ile bitirdi. 2007-2008 öğretim yılının 1. dönemini Erasmus öğrenci değişimi programı aracılığıyla Opole Teknik Üniversitesi/Polonya İnşaat Mühendisliği bölümünde öğrenim gördü. 2009 - 2010 yılları arasında 1 yıl askerlik görevini, yedek subay olarak yaptı. 2011 yılında DSİ Çoruh Projeleri 26. Bölge Müdürlüğü (Artvin) Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü'nde 5 yıl Laboratuvar Mühendisliği yaptı. 2016 yılından itibaren Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürü olarak halen görevine devam etmektedir. 2017 yılından itibaren Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda halen yüksek lisans yapmaktadır. Orta seviyede İngilizce bilen Fatih DEŞİK, evli ve 2 çocuk babasıdır.

Bilimsel Çalışmaları ve Yayınları;

- 1- Deşik, F. ve Ustabaş, İ., 2019.** Kireçtaşı kökenli kırma kumdaki ince madde oranının beton kıvamına ve dayanımına etkisi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (Baskıda).