

# ORTAM ŞARTLARININ BETON DAYANIMINA ETKİSİ

Emral YILMAZ<sup>1</sup>, Devrim NAZLIKOL<sup>2</sup>,  
İsmail ÖZCAN<sup>3</sup>

## Özet

Bu çalışmada; TS EN 12390-2 Standardı'na uygun ve standarda uygun olmayan toplam 6 farklı ortamın beton dayanımına etkisinin bulunması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, C50/60 beton sınıfında sabit tek bir tasarım ile beton numunelerinin pan tipi betoniyeerde üretimi yapılmıştır.

1,2,7 ve 28 günlük basınç dayanım sonuçlarına bakılmak üzere her bir deney için 8'er adet 100\*100\*100mm'lik küp kalıplarda numuneler hazırlanmıştır. Numuneler priz aldıktan sonra basınç dayanım test günlerine kadar, 6 farklı ortam koşulunda bekletilmiştir.

İlk ortam koşulu; TS EN 12390-2 Standardı'na uygun olarak 20°C'de kür havuzu içerisinde olacak şekilde tasarlanmıştır. 2. ortam koşulunda ise su kürü 40°C'de uygulanacaktır. Kür havuzu içerisinde olmaması koşulu ile; 3. ortam 24°C'de, 4. ortam 30°C de, 5. ortam 35°C ve 6. ortam 40°C 'de olacak şekilde ortam koşulları hazırlanmıştır. Numunelerin basınç dayanım test günü geldiğinde, numune alım saatleri de göz önünde tutularak TS EN 12390-3 ve TS EN 12390-4 standartlarına uygun 3000 KN kapasiteli preste basınç dayanım deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak, kürlenme ve çevresel koşulların beton basınç dayanımı üzerinde büyük bir etkiye neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu basınç dayanım düşüşlerini önlemek için beton numunelerinin korunması ve kürlenmesinin standartlara uygun bir şekilde yapılması gerekmektedir.

## GİRİŞ

Betonun priz süresi ve dayanım kazanması aşamasında su kaybı ve olumsuz hava şartlarından korunmasına "betonun kürü" ya da "betonun bakımı" denir (ACI 308-92).

### Effects of Environmental Conditions on Concrete Compressive Strength

In this study, experimental research was completed to understand the relationship between concrete compressive strength and different environmental temperatures. For this purpose, C<sub>50</sub> concrete class was designed and produced in pan type concrete mixer.

For six different environmental conditions, 8 pieces of cubic concrete samples were prepared for each condition. The compressive strength of all samples was determined at the end of 1, 2, 7 and 28 days according to TS EN 12390-3 and TS EN 12390-4.

These different environmental conditions were created with 6 different scenarios. First condition, concrete samples curing in 20°C in water and 20±2°C environment temperature according to TS EN 12390-2. Second condition, concrete sample curing in 40°C water and 40°C environment temperature. Third condition, without curing 24°C environment temperature. Fourth condition, without curing 30°C environment temperature. Fifth condition, without curing 35°C environment temperature. Sixth condition, without curing 40°C environment temperature.

Beton numuneleri, beton üretim santrallerinde üretilen betonun kalitesi hakkında bizlere bilgi vermektedir. Beton numunesinin alınma şekli, kür koşulları gibi birçok unsur beton basınç dayanımını etkilemektedir. Betonun priz ve sertleşme sürecindeki ortam koşulları oldukça önemlidir. Priz almamış bir beton için en olumsuz ortam koşulu sıcak, rüzgârlı ve kuru ortamlardır. Bu sebeple numune alındığı andan itibaren 16-72 saat aralığında, beton yeterli sertliğe ulaşmaya (priz alana) kadar şoktan, titreşimden ve kurumadan korunarak 15-25 °C (sıcak iklimler için 20-30 °C) sıcaklık aralığındaki ortam koşullarında tutulmalıdır. Deney numuneleri, kalıptan çıkartıldıktan sonra, deney anına kadar, 18-22 °C sıcaklıktaki su içerisinde veya sıcaklığı 18-22 °C ve bağıl nemi ≥ %95 olan kür odasında küre tabi tutulmalıdır (TS EN 12390-2).

Ortam koşullarının beton basınç dayanımına etkisi ile ilgili yapılan literatür çalışmaları şu şekildedir;

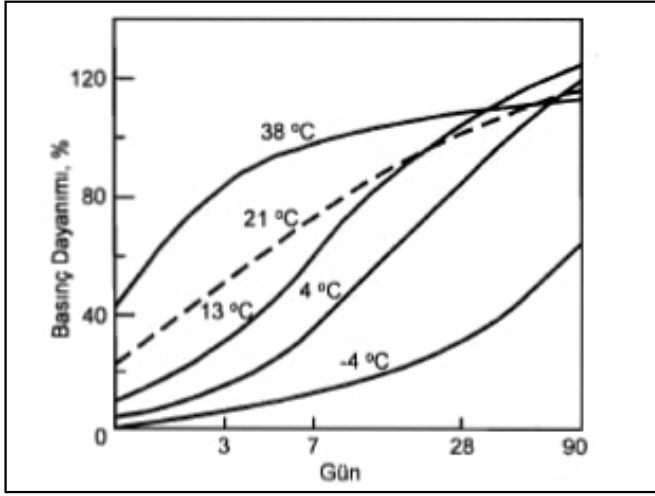
Ortam koşullarının beton basınç dayanımına etkisi konusu farklı araştırmacılar tarafından çeşitli yöntemlerle incelenmiştir. 1981 yılında yapılmış olan bir

çalışmada; -4°C sıcaklıkta bırakılmış olan numunenin beton basınç dayanım değeriyle tüm yaşlarda diğer sıcaklıklarda tutulanlara kıyasla daha düşük değerler elde edildiği belirtilmiştir (Şekil 1.) (Mindess S. Ve Young J.F).

**Anahtar Kelimeler:** Beton, basınç dayanımı, kür yöntemi

1) Nuh Beton AŞ AR-GE ve Bölge Kalite Mühendisi, emral.yilmaz@nuhbeton.com.tr 2) Nuh Beton AŞ Bölge Kalite Mühendisi, devrim.nazlikol@nuhbeton.com.tr

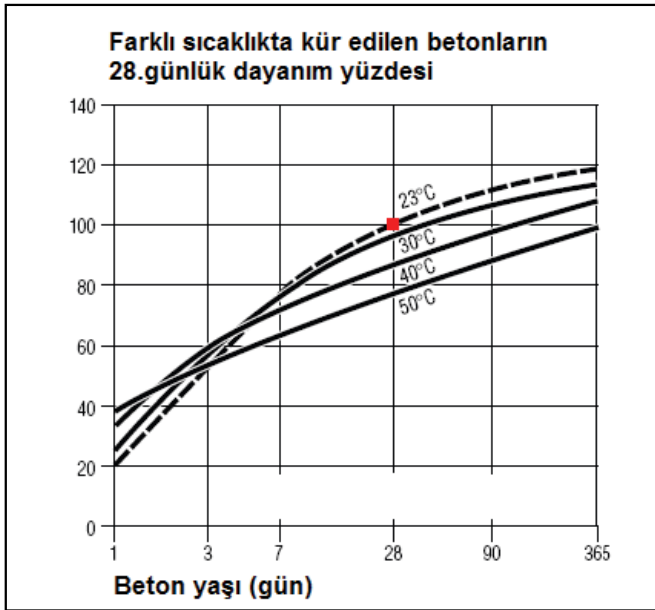
3) Nuh Beton AŞ Kalite ve AR-GE Yöneticisi, ismail.ozcan@nuhcimento.com.tr



**Şekil 1.** Farklı kür sıcaklıklarının beton basınç dayanımına etkisi (Mindess S. Ve Young J.F.)

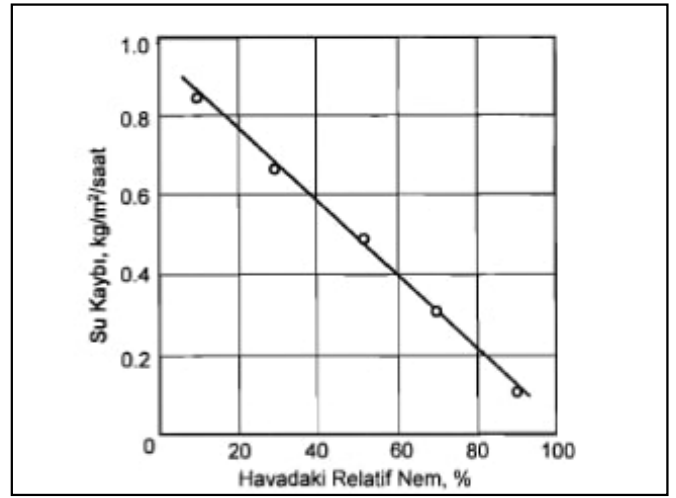
As a result, curing and environmental conditions had a tremendous effect on concrete compressive strength. To avoid compressive strength lost, concrete samples protection and curing must be according to standards.

Bir başka çalışmada; 23 °C'de tutulmuş olan numunenin basınç dayanım değerleri, 1. ve 3. günde 30°C, 40°C ve 50°C'de tutulmuş olan numunelere göre daha düşük sonuç elde edilmiştir. Fakat 28 günlük basınç dayanımları karşılaştırıldığında en yüksek basınç dayanım değerlerini 23 °C'de tutulmuş olan numune ile ulaşıldığı kanısına varılmıştır (Şekil 2.) (Engin Y, 2013).

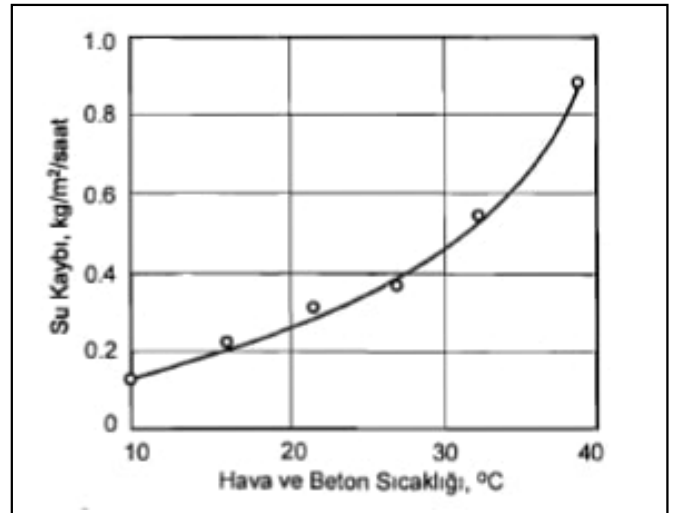


**Şekil 2.** Farklı kür sıcaklıklarının beton basınç dayanımına etkisi (Engin Y.)

Neville A.M., 1981 yılındaki kitabında yer verdiği çalışmasında; hava sıcaklığının 21 °C ve rüzgâr hızının 4,5 m/s olduğu ortam koşullarında, havadaki bağıl nemin azalması sonucunda betonun içerisindeki suyun daha çok buharlaşmasına sebep olacağından, dolayısıyla beton basınç dayanımının da düşeceğini belirtmiştir (Şekil 3.). İlaveten havadaki bağıl nemin %70 civarında olduğu ve rüzgâr hızının 4,5 m/s olduğu ortam koşullarında, beton sıcaklığının su kaybına olan etkisi araştırılmıştır. 20-30 °C aralığında su kaybının saatte yaklaşık 0,3 kg/m<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.).



**Şekil 3.** Bağıl nemin betonda su kaybına etkisi (Neville A.M.)



**Şekil 4.** Hava ve beton sıcaklığının betonda su kaybına etkisi (Neville A.M.)

1987 yılındaki bir çalışmada ise 45 - 50 °C üzerindeki sıcaklıkların beton dayanım kazanma hızının artmasında etkili olmadığı belirtilmiştir (Neville A.M. ve Brooks).

## 2. MALZEME VE DENEYSEL TASARIM

### 2.1 Malzeme

Beton denemelerinde her bir deney kullanım oranları sabit tutulmak üzere çimento, agrega (doğal kum, taş tozu, 1 ve 2 numaralı micir), kimyasal katkı (kaliboksilat esaslı akışkanlaştırıcı) ve su kullanılmıştır.

#### 2.1.1 Çimento

Deneylerde kullanılan çimento, beton piyasasında en çok tercih edilen, TS EN 197-1 Standardı'na uygun NUH CEM I 42,5 R'dir.

#### 2.1.2 Agregalar

Yapılan çalışmalarda doğal kum (0-3 mm), taş tozu (0-5mm), 1 numaralı micir (5-12mm) ve 2 numaralı micir (12-22 mm) kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan agrega ve doğal kum TS 706 EN 12620 Standardı'na uygundur. Doğal kum ve taş

tozu metilen mavisi ile ince madde deneyine tabi tutulmuştur. Doğal kumun metilen mavisi deney sonucu 0,8 iken taş tozunun 0,3'tür. Taş tozu İstanbul Ömerli bölgesindeki kalker kökenlidir. Deneylerde kullanılan agrega ve doğal kum, uygun kuru yüzey hale getirmek amaçlı, deney gününe kadar oda sıcaklığında bekletilmiştir.

#### 2.1.3 Kimyasal Katkılar

Deneylerin tamamında TS EN 934-2 Standardı'na uygun, 1,06 yoğunluğa sahip, katı maddesi %23,75, pH değeri ise 6,4 olan polikarboksilat esaslı akışkanlaştırıcı katkı, %1,1 dozajında kullanılmıştır.

### 2.2 Beton Tasarımı

Oluşturulan beton tasarımları, TS EN 206 ve TS 13515-2019 Standartlarına uygun bir şekilde tasarlanmıştır (Tablo 1).

**Tablo 1.** Beton tasarımı.

BETON TASARIMI											
Beton Sınıfı	Agrega Miktarları (% - kg/m <sup>3</sup> )				Çimento Miktarı (kg/m <sup>3</sup> )	Su Miktarı (kg/m <sup>3</sup> )	Kimyasal Katkı		Su/Çimento Oranı	Taze Beton	
	Doğal Kum	Taş Tozu	1 No Micir	2 No Micir			Adı	Dozajı (kg - %)		Kıvam (cm)	Birim Ağ. (kg/m <sup>3</sup> )
	0-2 mm	0-5 mm	5-12 mm	12-22 mm							
C50/60	20	32	29	19	320	148	Polikarboksilat esaslı kimyasal katkı	3,52-1,10%	0,47	22	2.424
	388	620	562	368						Çökme	

## 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE DEĞERLENDİRME

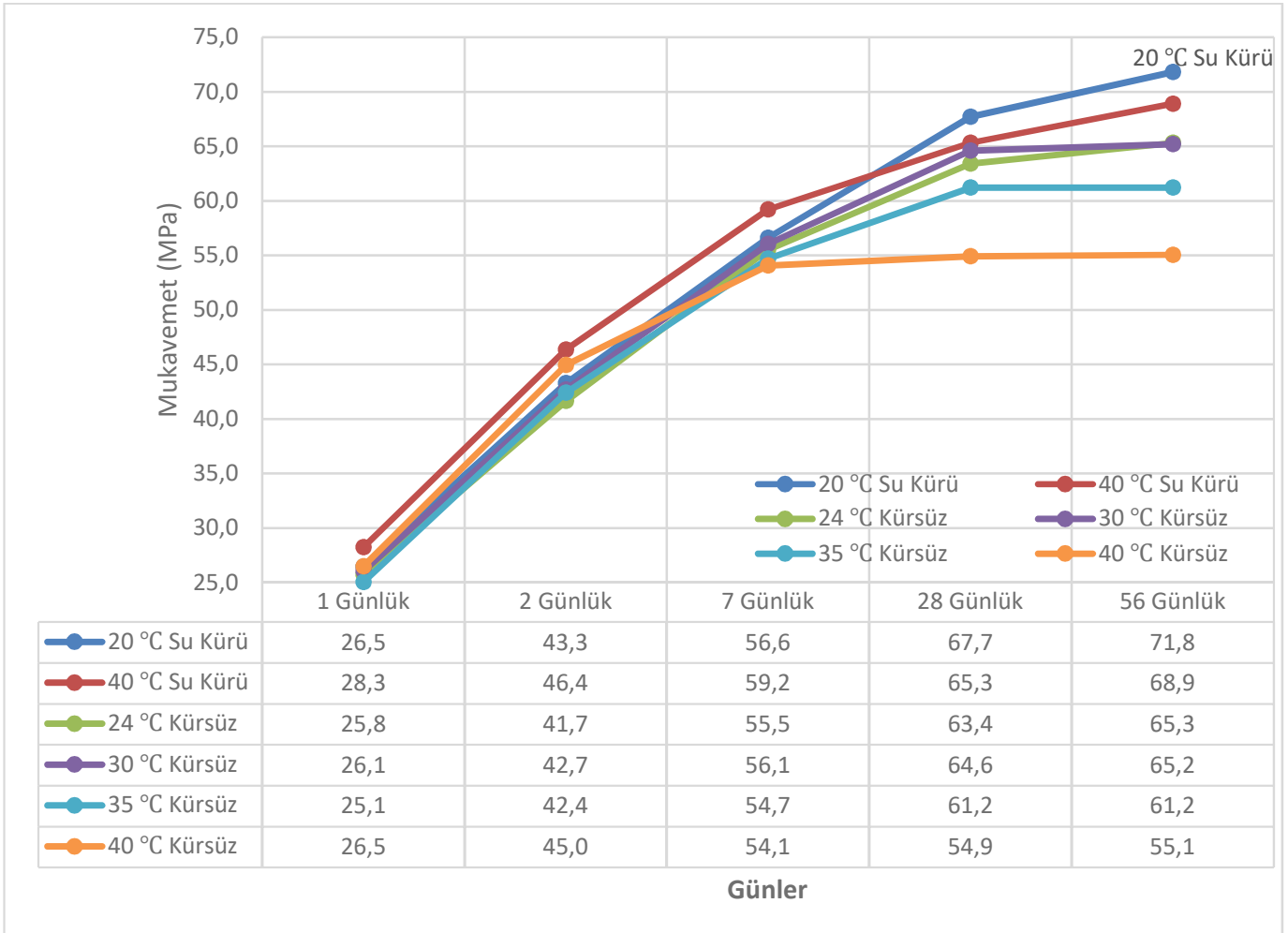
Bu çalışmada C50/60 beton sınıfından laboratuvar koşulları içerisinde, sabit bir beton tasarımı ile betoniyerde 11 dm<sup>3</sup>lük toplam 6 beton üretimi gerçekleştirildi. Her bir beton üretiminden sonra kıvam ve birim ağırlık deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlarda herhangi bir sapma gözlemlenmemiştir.

Üretilen betonlar, numune kalıbının yıpranma payından kaynaklanabilecek hataları en düşük seviyede tutmak adına daha önce hiç kullanılmamış 100\*100\*100mm'lik küp numunelere doldurulmuştur. İlk deney partisini 12390-2 Standardı'na uygun olarak; 15-25 °C aralığındaki ortamda 20 saatlik priz alma

sürecinden sonra 20°C'deki kür havuzuna konulmuştur. İkinci partide numune kalıplara alınır alınmaz AR-GE Laboratuvarımızın 40°C'deki kurutma odasındaki suyun içerisine yerleştirilmiştir. 3. Deney numuneleri; hâlihazırda deneylerin yapılmış olduğu laboratuvar koşulları ortamında 24°C'de kürsüz bir şekilde numune kırım günleri beklemeye bırakılmıştır. 4. Deney partisinde ise numuneler alındıktan sonra dış ortamda, gölgelik bir düz bir yüzeyde tutulmuştur. Hava sıcaklıkları bu ortamda ortalama (30°C'dir). 5. Deneyde de numune kalıplara alındıktan hemen sonra AR-GE Laboratuvarının çatısında numune kırım günlerine kadar bekletilmiştir, ortalama sıcaklık değerleri ise 35 °C mertebesindedir. Son deneyde ise 2. deneydeki kurutma odasında bekletilmiştir. Fakat herhangi bir küre tabi tutulmamıştır.

Üretimi gerçekleştirilen betonların 1, 2, 7, 28 ve 56 günlük basınç dayanım sonuçları Şekil 5'teki gibidir.

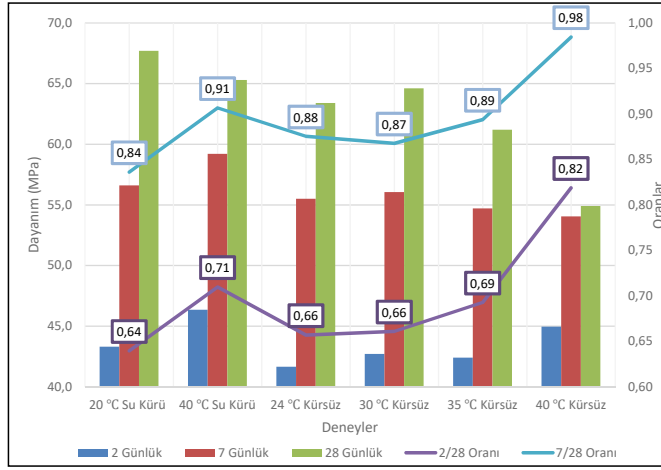
Şekil 5. Basınç dayanım sonuçları



28 günlük basınç dayanım sonuçları incelendiğinde; 12390-2 Standardı'na uygun bir saklama koşulları sağlandığında en yüksek sonuç elde edildiği, 2. yüksek sonuç ise 40°C'deki su kürü uygulanan ortam koşullarının olduğu görülmektedir. Standarda uygun olmayan ortamdaki koşullar kıyaslandığında ise 40°C'de sıcaklığın betondaki hidratasyonu hızlandırmasından dolayı 1 günlük basınç dayanım sonucu 26,5 ile en yüksek dayanım değerini vermiştir. Fakat 28 günlük basınç dayanım sonuçları içerisinde en düşük sonuç elde edilmiştir. Ortam koşullarının standarda uygun olan yöntemle olan yüz-

desel farkları incelendiğinde; en düşük sonuç 28. günde 54,9 MPa basınç dayanımı ile standartın sonucuna göre %18,9 daha düşük sonuç vererek 40°C'deki kürsüz ortam koşulları olmuştur. Ardından %9,6 oranında düşük olan 35°C'deki kürsüz ortam koşulları, %4,6 oranında düşük olan 30°C'deki kürsüz ortam koşulları ve %9 oranında düşük olan 24°C'deki kürsüz ortam koşullarıdır.

Beton basınç dayanım sonuçları kadar 2/28 ve 7/28 günlük basınç dayanım oranları da oldukça önemlidir (Şekil 6.).

**Şekil 6.** Dayanım gelişimleri (2/28 ve 7/28)

Şekil 6'da kür uygulanmış 20°C ve 40°C'deki numunelerin dayanım gelişimlerine bakıldığında; her ne kadar 40°C'deki numunelerin erken dayanım gelişimi hızlı olsa da 28 günlük basınç dayanımında 20°C'deki numunelere nazaran %4 daha düşük sonuç vermiştir. Kürsüz ortam koşullarında ise 40°C'deki numunelerin 7. günde dayanımlarının %98'i kadarını aldığı, 28 güne çok az bir ilerleme gösterdiği görülmektedir. 30°C'deki numunelerin 28 günlükleri diğer kürsüz ortamlardakine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

## SONUÇ

Gerçekleştirilen deneysel çalışmaların sonuçları aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir;

- Numuneler, TS EN 12390-2 Standardı'na uygun bir şekilde saklandığı takdirde 28. günde 67,7 MPa basınç dayanımı elde edilirken, standart dışı uygulamalarda 54,9 MPa basınç dayanımı elde edilmektedir. Aradaki basınç dayanım farkı ise 12,8 MPa olduğu belirlenmiştir. Bu da yaklaşık olarak 2-3 beton sınıfı farkın açığa çıktığı anlamına gelmektedir. Bu durumda, betonun basınç dayanımını belirlemede numunenin saklama koşullarının ne kadar önem arz ettiği ortaya çıkmaktadır.
- Su kürü uygulanmış numuneler içerisinde sıcaklığın 20°C'den 40°C'e çıkarılması hâlinde erken dayanımın yükselmesine rağmen 28 günlük basınç dayanımında düşüş meydana gelmiştir.
- 24°C, 30°C ve 40°C ortamdaki kürsüz numunelere bakıldığında; 30°C'deki ortam ile 28 günlük basınç dayanım sonuçları içerisinde en yüksek değer elde edilmiştir. Fakat TS EN 12390-2 Standardı'ndaki sonuçlardan bir beton sınıfı altta sonuç elde edilmiştir.

- Yaz koşullarında sahada alınmış olan taze numunenin erken dayanımı yüksek olmasına karşın, nihai dayanımı 20 °C'deki, 12390-2 Standardı'na uygun koşullarda muhafaza edilen numunelere göre 12,8 MPa ile %19 daha düşük sonuca ulaşılmaktadır.
- Günümüz şantiyelerinde, yapı denetim laboratuvarları tarafından alınan numuneler genellikle, şantiye etrafındaki herhangi bir boşlukta, yeterli kür uygulanmadan, olması gereken sıcaklık aralığında (15-25 °C) saklanmamaktadır. Yaz aylarında dış ortam sıcaklığı 25- 40 °C aralığında değişmektedir. Numuneyi alan kişi hatasız bir işlem uygulamış olsa dahi, TS EN 12390-2 Standardı'na uygun yöntemlerle korunmadığı takdirde olması gereken beton sınıfından 1 hatta 2 sınıf altta değerler elde edilmektedir.
- TS EN 12390-2 Standardı'na uygun işlem yapılması hazır betona olan güveni arttıracak, gereksiz karot alımlarının önüne geçerek sektöre en büyük hizmeti yapacaktır.

## KAYNAKLAR

- ACI 308-92, "Standard Practice for Curing Concrete", ACI Manual of Concrete Practice, Part 2, 308.1-11, 1994.
- Mindess S. Ve Young J.F., "Concrete", Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1981.
- Engin Y., "Sıcak Havada Beton Dökümü", Hazır Beton dergisi, Mayıs-Haziran Sayısı, S.61-68, 2013.
- Neville A.M., "Properties of Concrete", Longman Scientific & Technical, England, 1981.
- Neville A.M. Brooks J.J., "Concrete Technology", Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons. Inc, New York, 1987.
- TS EN 206-14 Beton- Beton Özellik Performans İmalat ve Uygunluğu.
- TS EN 12390-2 Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm3: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Küre Tabi Tutulması.
- TS EN 12390-3 Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanım Tayini.
- TS EN 12390-4 Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 3: Basınç Dayanımı, Deney Makinalarının Özellikleri.
- TS 13515- TS EN 206'nın uygulamasına yönelik tamamlayıcı standart