

## **FARKLI DAYANIM SINIFLARINA AİT BETONLARIN BASINÇ DAYANIMLARINA DEĞİŞEN KÜR ŞARTLARININ ETKİSİ**

**Fatih ÖZCAN\***

*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde, Türkiye*

*Geliş / Received: 20.10.2016*

*Düzeltilmelerin gelişi / Received in revised form: 02.12.2016*

*Kabul / Accepted: 05.12.2016*

### **ÖZ**

Yerine yerleştirilen betonun dayanımının zaman içinde gelişimi bünyesindeki çimentonun su ile yapacağı hidratasyonun sürekliliği ile mümkündür. İnşaat sektöründe uygulanmakta olan ve genel olarak kabul görülen yöntem, yerine yerleştirilen betonun sabah ve akşam saatlerinde sulanması şeklindedir. Bu laboratuvar çalışmasında, değişen kür şartlarının betonun basınç dayanımı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Farklı beton sınıflarına ait betonların değişen kür şartlarındaki basınç dayanımları gelişimi üç farklı kür şartı altında incelenmiştir. Uygulanan kür şartları standart kür, ıslak-kuru kür ve kuru kür olmak üzere belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 3 günlük kısa dönemde kür şartlarındaki değişim basınç dayanımları üzerinde fazla etkili olmaz iken 7 ve 28 günlük dönemlerde kür şartlarındaki değişimin basınç dayanımları üzerindeki etkisi daha belirgin olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Basınç dayanımı, standart kür, ıslak-kuru kür, kuru kür

## **EFFECT OF CHANGING CURING CONDITIONS ON THE DIFFERENT COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE**

### **ABSTRACT**

The improvement of the strength of placed concrete over time is possible with the continuity of cement's hydration with water. The method, generally accepted and applied in the construction sector, is the wetting of the placed concrete in the mornings and evenings. In this laboratory study, the effect of changing cure conditions on the compressive strength of concrete was investigated. The improvement of the compressive strength of the concretes of different concrete classes in changing cure conditions was evaluated under three different cure conditions. These curing conditions applied were identified as standard curing, wet-dry curing, and dry curing. According to the results obtained, while the change in curing conditions was not very effective on compressive strength in a short 3-day term, the effect of the changes in curing conditions on compressive strength was more effective in 7 and 28-day terms.

**Keywords:** Compressive strength, standard curing, wet-dry curing, dry curing

### **1. GİRİŞ**

Betonun basınç dayanımı gelişimi büyük ölçüde malzeme bileşenlerine, taze halde uygulanan sıkıştırma enerjisine ve bakım yani kür şartlarına bağlıdır. Özellikle şantiyede uygulanan kür şartları yerine yerleştirilmiş betonun mekanik ve durabilite özelliklerinde önemli değişimlere sebep olmaktadır.

\*Corresponding author / Sorumlu yazar. . Tel.: +90 388 225 2302; e-mail/e-posta: fozcan@nigde.edu.tr

## F. ÖZCAN

Yerine yerleştirilen taze betonun mukavemet kazanmaya devam edebilmesi için betonun içindeki mevcut suyun buharlaşarak kaybolmasını önlemek gereklidir. Hidratasyon için son derece önemli olan suyun bir miktarının buharlaşarak kaybolması, çimento reaksiyonlarının tam olarak oluşmamasına ve beklenen dayanımdan daha düşük bir dayanımın ortaya çıkmasına neden olur.

En genel anlamda hidratasyon, çimento ile su arasında meydana gelen kimyasal reaksiyondur. Çimentonun prizi ve sertleşmesi bu reaksiyonlar sonucunda meydana gelir. Çimento ve suyun birleşmesiyle, ana bileşenlerin oluşturduğu kimyasal reaksiyonlar pratik olarak şu şekilde ifade edilebilir. Kalsiyum silikatlar ( $C_3S - C_2S$ ) ve su (H) reaksiyona girerek kalsiyum silikat hidrat (C-S-H) denilen bir ürün ile kalsiyum hidroksiti ( $Ca(OH)_2$ ) meydana getirir. Çimentoya bağlayıcılık özelliği kazandıran da oluşan bu C-S-H jelidir. Meydana gelen C-S-H'nin parçacıkları arasındaki çekim kuvveti, bağlayıcılık özelliği yaratmaktadır. C-S-H'nin büyüklüğü moleküler mertebededir ve çimento tanesinin 1/1000'i büyüklüğündedir [1].

Kür işleminin amacı betonda başlangıçta su ile dolu olan taze çimento hamuru boşluklarının mümkün olduğunca hidratasyon ürünleri ile dolmasını sağlamaktır. Bu durum, betonun suya doymun veya doymuna mümkün olduğunca yakın tutulması ile gerçekleştirilmektedir [2].

Şantiye şartlarında hidratasyonun devam etmesi için taze beton içindeki suyun buharlaşarak kaybolmasını mümkün olabildiği kadar azaltacak önlemler almak gereklidir. Bu amaçla, henüz yeterli dayanım kazanmamış betonun sulanarak veya ıslak bezlerle ve benzeri yöntemlerle örtülerek korunması gereklidir.

Betonun basınç dayanımı üzerine kür şartlarının etkisinin araştırıldığı birçok çalışma mevcuttur [3-14]. Bu tür çalışmaların genelde ortak yanları değişik oranlarda mineral veya kimyasal katkılı betonların farklı kür şartlarında veya farklı sıcaklık değerlerinde dayanımlarının ölçülmesi şeklindedir.

Davood ve ark tarafından yapılan çalışmada karışım dizaynının ve kür şartları optimizasyonu ile basınç dayanımlarında %174'lük bir artışın olabileceği ifade edilmiştir [4]. Uçucu kül katkılı geopolimer betonlar üzerinde yapılan çalışmada ise artan kür süresi ve düşük kür sıcaklıklarında basınç ve yarma mukavemeti ile birlikte elastisite modülünün arttığı, su emme ve porozitenin azaldığı bildirilmiştir [5].

Fonseca ve ark. tarafından kür şartlarının atık agrega ile üretilen betonların mekanik performansı üzerine etkisinin sunulduğu çalışmada, geleneksel betonlar ile betonun kırılması ile elde edilen geri dönüşümlü agregalar kullanılarak üretilen betonların farklı kür şartlarındaki mekanik özellikleri ve aşınma dayanımları araştırılmış ve geri dönüşümlü agrega ile üretilmiş betonların kür şartlarından etkilenmesinin geleneksel betonlar ile benzerlik gösterdiği bildirilmiştir [14].

Yapılan bu laboratuvar çalışmasında ise hem TS 500 [15] hem de TS EN 206-1 [16]'de belirtilen ve piyasa koşullarında en çok tüketilen beş farklı beton basınç dayanım sınıfına ait betonların üç farklı kür şartları altındaki dayanım gelişimleri araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Farklı basınç dayanımı sınıflarına ait betonların basınç dayanımlarının gelişimi üzerine farklı kür şartlarının etkisinin incelendiği bu bölümde, yapılan deneylerde kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimleri ile beton karışımlarında kullanılan malzeme miktarları, numune özellikleri, deney yöntemleri ve sonuçları hakkında bilgi verilmektedir.

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Çimento

Bu çalışmada kullanılan çimento, TS EN 197-1 [17] ile uyumlu normal Portland çimentosu (CEM I 42,5) olup, Niğde Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından üretilmiştir. Kullanılan Portland çimentosuna ait kimyasal ve fiziksel özellikler Tablo 1 ve Tablo 2' de verilmektedir. Kullanılan çimentonun laser ışını saçınımı yöntemi ile belirlenen dane boyut dağılımı eğrisi ise Şekil 1'de verilmiştir.

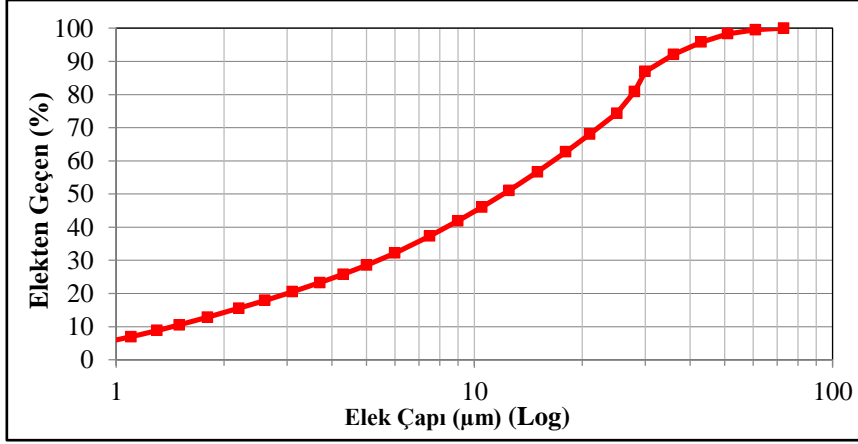
**Tablo 1.** Kullanılan çimentonun kimyasal bileşimi (%)

Oksit	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	K.K.
Çimento	21,9	6,1	3,1	61,4	1,3	2,4	0,7	0,4	2,6

## FARKLI DAYANIM SINIFLARINA AİT BETONLARIN BASINÇ DAYANIMLARINA DEĞİŞEN KÜR ŞARTLARININ ETKİSİ

**Tablo 2.** Kullanılan çimentonun fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler		Sonuçlar
Özgül Ağırlık	(g/cm <sup>3</sup> )	3,07
Priz Süresi	İlk (dakika)	121
	Son (dakika)	205
İncelik	Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /g)	3460



**Şekil 1.** Kullanılan çimentonun dane boyut dağılımı

### 2.1.2. Akışkanlaştırıcı katkı

Taze beton karışımlarında işlenebilirliği sağlamak amacıyla TS EN 934-2'ye uygun yüksek performanslı yeni nesil süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Kullanılan süperakışkanlaştırıcının tipi polikarboksilik eter esaslı sıvı olup yoğunluğu 1,142 kg/dm<sup>3</sup>, tür [18].

### 2.1.3. Agregası

Beton karışımlarında kullanılan maksimum dane çapı 16 mm'dir. Tüm gruplarda kırma taş ve doğal ince dere agregası olmak üzere iki farklı agregası seçilmiştir. İri agregası olarak %60 oranında kırma taş, ince agregası olarak %40 doğal dere kumu kullanılmıştır. Agregasının su emme kapasitesi ve özgül ağırlığı TS EN 1097-6'ya göre tayin edilmiştir. Doğal ince agregasının özgül ağırlığı 2,52 g/cm<sup>3</sup>, iri agregasının özgül ağırlığı ise 2,61 g/cm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Doğal ince dere agregasının su emme kapasitesi %3,6, kırma taşın su emme kapasitesi ise %1,4 olarak bulunmuştur [19].

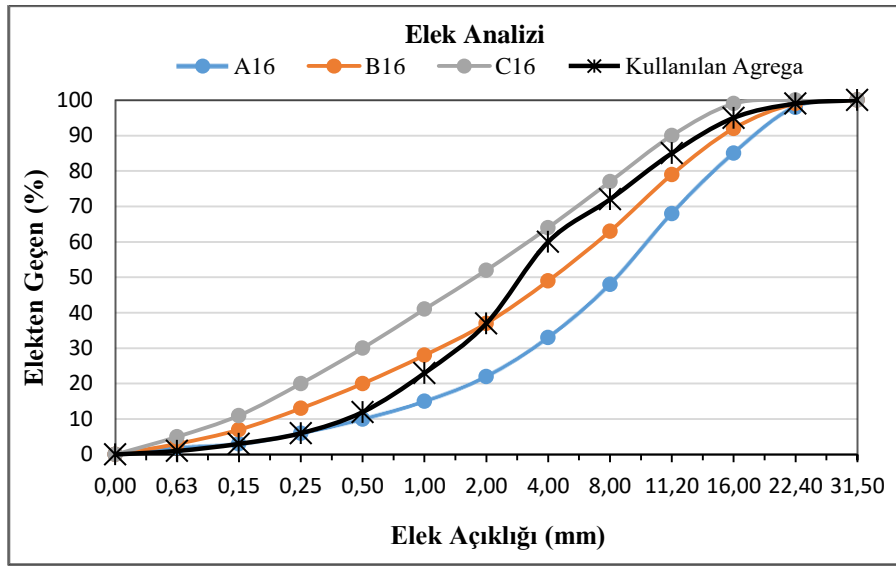
Karışımlarda kullanılan karışık agregasının granülometri eğrisi Şekil 2'de verilmiştir. Agregası granülometrisinin TS 802'de verilen sınır değerler arasında kalmasına özen gösterilmiştir [20].

## 2.2. Metot

Çalışma kapsamında 5 farklı beton sınıfında karışım hazırlanmıştır. Numuneler TS EN 12390-2 [21]'de belirtildiği şekliyle standart küre, şantiye şartlarını temsil etmesi amacıyla sabah 1 saat ve akşam 1 saat olmak üzere su içinde kür edildikten sonra laboratuvar şartlarında ıslak-kuru küre ve kalıplarından çıkarıldıktan sonra %65 bağıl nem ve 20±2°C sıcaklıkta laboratuvar şartlarında kuru kür olmak üzere 3 farklı kür şartında küre tabi tutulmuşlardır.

Beton karışımlarında kullanılan agregası miktarı her bir beton sınıfı için sabit tutulmuş, hedeflenen beton dayanım sınıfları için çimento, su ve akışkanlaştırıcı miktarları değiştirilmiştir. Tablo 3'te çalışma kapsamında hazırlanan karışımlar için malzeme miktarları ve taze beton çökme sınıfları verilmiştir.

Ayrıca beton karışımları hazırlanırken taze beton kıvam sınıflarının TS EN 206-1'de belirtilen S3-S4 sınıfları arasında kalmasına özen gösterilmiş ve bunu sağlamak için farklı miktarlarda akışkanlaştırıcı kullanılmıştır [16].



Şekil 2. Beton karışımlarında kullanılan agreganın granülometri eğrisi (en büyük dane büyüklüğü 16,0 mm beton için)

Tablo 3. Beton karışımlarında kullanılan malzeme miktarları ve çökme sınıfları

Beton Sınıfı	Agrega (kg/m <sup>3</sup> )	Çimento (kg/m <sup>3</sup> )	Su (kg/m <sup>3</sup> )	Akışkanlaştırıcı (%)	S/Ç	Çökme Sınıfı
C20/25	1900	300	180	-	0,60	S3
C25/30	1900	325	179	-	0,55	S3
C30/37	1900	350	175	0,5	0,50	S3
C40/50	1900	375	150	1,0	0,40	S4
C50/60	1900	400	160	1,2	0,40	S4

Her bir beton sınıfında basınç dayanımlarını sağlamak için hem S/Ç oranı değiştirilmiş hem de akışkanlaştırıcı miktarları değiştirilmiştir. C25/30 basınç dayanımından sonra çimento miktarındaki artış akışkanlaştırıcı talebini de artırmıştır. C40/50 ve C50/60 gibi nispeten piyasa şartları için yüksek dayanımlı betonlarda S/Ç oranını azaltmakla birlikte yeterli kıvam için aynı zamanda akışkanlaştırıcı kullanmak zorunluluk halini almıştır. Dolayısıyla piyasa şartlarında yüksek dayanımlı betonlar tasarlanırken hem S/Ç oranı hem de akışkanlaştırıcı kombinasyonu birlikte düşünülmelidir.

Her bir kür şartında basınç dayanımlarının belirlenmesi için 3 adet numune TS EN 12390-3'e göre basınç deneyine tabi tutulmuş ve ortalamaları alınmıştır [22].

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında hazırlanan farklı beton sınıflarına ait betonların değişen kür şartlarındaki basınç dayanımları Tablo 4'te sunulmuştur. 3 ve 7 günlük basınç dayanım değerleri incelendiğinde özellikle de 3 günlük değerler her bir beton sınıfının kendi sınıfı içinde kür şartlarından bağımsız olarak birbirine oldukça yakın çıkmıştır.

Kür şartlarının zamana bağlı olarak basınç dayanımları üzerindeki etkisini görmek amacıyla Tablo 4'deki basınç dayanımı değerleri kullanılarak Tablo 5 ve Şekil 3 hazırlanmıştır. Her bir beton sınıfındaki standart kür referans alınarak ıslak-kuru ve kuru kür şartlarında basınç dayanımlarındaki değişim % olarak Tablo 5'de sayısallaştırılmış ve Şekil 3'de görselleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar 3 günlük kısa dönemde kür şartlarının C20/25 ve C25/30 beton sınıflarında ıslak-kuru kür ve kuru kür basınç dayanımlarının standart kür şartlarında kür edilen betonların basınç dayanımlarından yaklaşık olarak %2-%7 oranlarında daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu betonlar için ıslak-kuru kür ile kuru kür arasında bir değerlendirme yapılacak olunursa da kuru kür şartlarında basınç dayanımlarının ıslak-kuru kür şartlarından daha yüksek değerler sergilediği görülür.

*FARKLI DAYANIM SINIFLARINA AİT BETONLARIN BASINÇ DAYANIMLARINA DEĞİŞEN KÜR ŞARTLARININ ETKİSİ*

Kısa dönemde ve özellikle yüksek S/Ç oranlarında karşılaşılan bu durum betonlardaki kuruma olayının basınç dayanımlarını arttırması ile açıklanabilir. Suya doygun olarak kırılan numunelerin dayanımı daha düşük oranda nem içerenlere göre daha düşüktür. Bu nedenle 7 ve 14. günlerde sudan çıkarılan numuneler sürekli olarak suda bekletilenlere kıyasla bazı yaşlarda daha yüksek çıkabilmektedir [2].

**Tablo 4.** Beton sınıflarının basınç dayanımları (MPa)

Beton Sınıfı	3 Günlük			7 Günlük			28 Günlük		
	Standart Kür	Islak-Kuru Kür	Kuru Kür	Standart Kür	Islak-Kuru Kür	Kuru Kür	Standart Kür	Islak-Kuru Kür	Kuru Kür
C20/25	12,50	13,00	13,36	19,41	19,10	18,78	27,40	24,19	22,95
C25/30	14,07	14,45	14,86	22,40	21,65	21,20	32,08	28,04	26,20
C30/37	19,40	18,92	18,20	28,17	26,40	25,30	38,20	32,20	32,50
C40/50	23,40	21,60	22,30	36,40	32,75	33,20	55,61	41,85	43,50
C50/60	26,20	24,20	24,70	45,31	39,10	38,20	63,12	45,60	46,82

**Tablo 5.** Zamana ve kür şartlarına bağlı basınç dayanımı değişimleri (%)

Beton Sınıfı	3 Günlük			7 Günlük			28 Günlük		
	Standart Kür	Islak-Kuru Kür	Kuru Kür	Standart Kür	Islak-Kuru Kür	Kuru Kür	Standart Kür	Islak-Kuru Kür	Kuru Kür
C20/25	100,00	104,00	106,88	100,00	98,40	96,75	100,00	88,28	83,76
C25/30	100,00	102,70	105,61	100,00	96,65	94,64	100,00	87,41	81,67
C30/37	100,00	97,53	93,81	100,00	93,72	89,81	100,00	84,29	85,08
C40/50	100,00	92,31	95,30	100,00	89,97	91,21	100,00	75,26	78,22
C50/60	100,00	92,37	94,27	100,00	86,29	84,31	100,00	72,24	74,18

Bu betonlar (C20/25 ve C25/30) için kür süresinin artışı ile birlikte ıslak-kuru ve kuru kür şartlarının olumsuz etkisi de belirgin olmaya başlamış ve dayanımlarda düşüşler görülmüştür. Özellikle 28. günde kuru kür basınç dayanımları standart kür basınç dayanımlarına oranla yaklaşık %18 oranında düşüşler sergilemiştir.

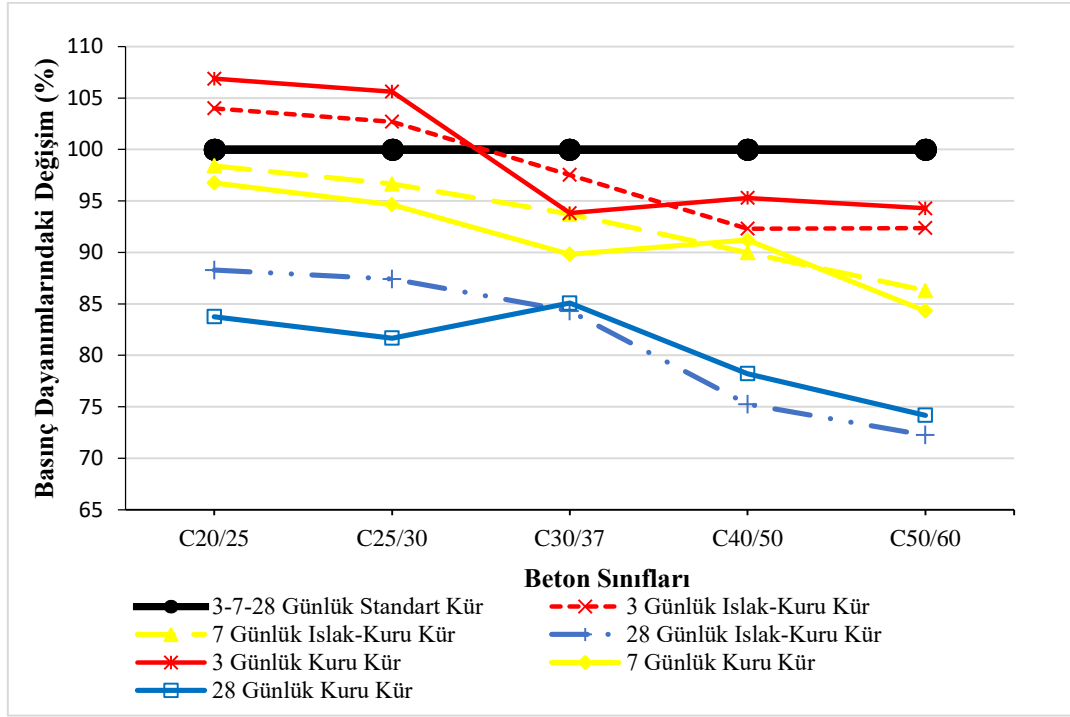
Ün tarafından yapılan çalışmada, sıcaklık ve nem koşullarının dayanım üzerindeki etkisi birlikte değerlendirilmiştir. Uygun kür koşulları olarak kabul edilen 15-25°C sıcaklık ve yüksek nem oranlarına göre, daha kötü koşullarda bekletilen örneklerin basınç dayanımlarında yaklaşık %40, eğilme dayanımlarında ise yaklaşık %30 azalma meydana gelmiştir [2, 23].

Beton basınç dayanım sınıflarının ve kür süresinin artması ile birlikte kür şartlarının etkisi daha da belirgin olmaya başlamıştır. C50/60 beton sınıfında 7 günlük kuru kür şartlarındaki basınç dayanımı standart kür şartlarına göre yaklaşık %15 daha düşük olmuştur.

Çalışma kapsamında incelenen betonların 28 günlük basınç dayanımları standart kür şartları ile kıyaslandığında ise farklı sonuçlarla karşılaşılmaktadır. Hazır beton sektöründe yaklaşık %55 gibi en çok tüketim oranına sahip C20/25-C25/30 dayanım sınıflarındaki betonların [24], kuru kür şartlarından olumsuz yönde etkilenmesi yaklaşık %20’ler seviyesinde olmuştur. Ancak beton sınıfındaki artış ile birlikte bu olumsuz etkinin kür şartı değişmiş ve kuru küre göre ıslak-kuru kür rejimi daha fazla olumsuz etki meydana getirmiştir.

Baradan ve ark., Cebeci’nin, 10 cm boyutlu küp beton örnekleri farklı sıcaklık ve nem koşullarında kür ettiğini, elde edilen sonuçlara göre sıcaklığın artışı ile birlikte ilk günlerdeki dayanımların artmakta ancak ileriki yaşlardaki dayanımların düşmekte olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca bağıl nemdeki düşüş ile 7 günden sonra dayanım gelişiminin durduğu hatta ileriki yaşlarda dayanımda düşüşlerin olduğu bildirilmiştir [2, 25].

Tablo 4 referans alınarak hazırlanan Şekil 3 incelendiği takdirde beton basınç dayanımlarındaki artışla birlikte kür şartlarından etkilenme şekillerinde değişiklik olduğu görülmektedir. 3 günlük kür süresince düşük dayanımlı (C20/25 ve C25/30) betonlarda ıslak-kuru kür ve kuru kür basınç dayanım değerleri standart kür referans doğrusunun üzerinde kalmıştır. Buna karşın hem kür süresinin hem de beton sınıfının artışı ile birlikte kür şartlarının olumsuz etkisi daha da belirgin olmaya başlamıştır.



Şekil 3. Basınç dayanımı değişimleri (%)

C50/60 sınıfındaki betonlar ıslak-kuru kür şartlarında kuru kür şartlarına göre olumsuz yönde daha fazla etkilenmiş ve bu oran yaklaşık olarak %28 seviyelerinde olmuştur. Özellikle yüksek dayanımlı betonlarda ıslanma-kuruma döngüleri daha düşük dayanım sınıflarındaki betonlara göre daha fazla zarar verebilmektedir. Betonun ıslanma-kuruma döngülerine maruz kalması durumunda özellikle düşük S/Ç oranlarında rötre nedeniyle betonun içinde çekme gerilmeleri meydana getirmektedir. Bu gerilmeler beton yeterli çekme dayanımı kazanmadan gerçekleşirse yüzeyde plastik büzülme çatlakları adı verilen çatlaklar meydana gelebilir ve yüzeye yakın bölgelerde dayanım kayıpları ortaya çıkar. Özellikle düşük S/Ç oranına sahip betonlarda sürekli kür çok önemlidir. Beton yerine yerleştirildikten sonra mümkün olduğu sürece yeterli dayanım, geçirimsizlik, aşınma, donma-çözülme ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılık kazanana kadar kür edilmelidir.

#### 4. SONUÇLAR

Yapılan laboratuvar çalışması kapsamında farklı dayanım sınıflarına ait betonların farklı kür şartları altında dayanım gelişimlerine yönelik olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Farklı beton sınıflarına ait betonların 3 günlük basınç dayanım değerleri incelendiğinde her bir beton sınıfının kendi içerisinde kür şartlarının etkisi çok belirgin olmamıştır.
- C20/25 ve C25/30 beton sınıflarında ıslak-kuru kür ve kuru kür basınç dayanımlarının standart kür şartlarında kür edilen betonların basınç dayanımlarından yaklaşık olarak %2-7 oranlarında daha yüksek olduğunu tespit edilmiştir.
- 3 günlük kısa dönemde kür şartlarının etkisi beton sınıfına göre değişiklik göstermiştir. Bu çalışma kapsamında değerlendirilen betonlar arasında nispeten düşük dayanım sınıfında olan C20/25 ve C25/30 sınıfındaki betonlarda ıslak-kuru kür ile kuru kür şartlarında basınç dayanımlarında bir miktar artış görülürken C40/50 ve C50/60 sınıfındaki betonların basınç dayanımlarında düşüş görülmüştür.
- 7 ve 28 günlük ıslak-kuru ve kuru kür şartlarında kür şartlarının olumsuz etkisi daha belirgin olmuştur. En yüksek dayanım kayıpları 7. günde kuru kür şartlarında yaklaşık %16 ile C50/60 betonunda olurken 28. gündeki dayanım kaybı yine aynı betonda yaklaşık %18 ile ıslak-kuru kür şartlarında gerçekleşmiştir.
- Yüksek dayanımlı betonlarda ıslak-kuru kür şartları kuru kür şartlarına göre daha olumsuz etki göstermiştir.
- 28 günlük standart kür süresi içinde çalışma kapsamındaki bütün betonlar ıslak-kuru ve kuru kür şartlarında değişik oranlarda dayanım kaybı sergilemişlerdir. Dolayısıyla beton yerine yerleştirildikten sonra dayanım sınıfına bakılmaksızın yeterli dayanım kazanana kadar mutlaka kür edilmelidir.

*FARKLI DAYANIM SINIFLARINA AİT BETONLARIN BASINÇ DAYANIMLARINA DEĞİŞEN KÜR ŞARTLARININ ETKİSİ*

**KAYNAKLAR**

- [1] ERDOĞAN, T.Y., Beton (genişletilmiş ikinci baskı), ODTÜ Yayıncılık, Ankara, Türkiye, 2007.
- [2] BARADAN, B., YAZICI, H., AYDIN, S., Beton (ikinci baskı), Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir, Türkiye, 2015.
- [3] SHUAL, N., SHUGUANG, H., FAZHOU, W., PAN, Y., YAOHONG, Z., JUNNENG, Y., YUNPENG, L., “Internal Curing – A Suitable Method for Improving the Performance of Heat-Cured Concrete”, Construction and Building Materials, 122, 294–301, 2016.
- [4] DAVOOD, M., MOJTABA, R.N., SEYED A.H., “Determination of Optimized Mix Design and Curing Conditions of Reactive Powder Concrete”, Construction and Building Materials 123, 754–767, 2016.
- [5] ALI, A.A., ABD, E.M., HAZEM, A.S., “Effect of Cement Addition, Solution Resting Time and Curing Characteristics on Fly Ash Based Geopolymer Concrete Performance”, Construction and Building Materials, 123, 581–593, 2016.
- [6] GALAL, F.M., IQBAL K., “The Effect of Curing Time on the ASR Expansion of Different HPC Composites”, Construction and Building Materials, 72, 124–132, 2014.
- [7] VIET, T. V., CHRISTIANE, R., DANH-DAI, B., HORST, M.L., “Rice Husk Ash as Both Pozzolanic Admixture and Internal Curing Agent in Ultra-High Performance Concrete”, Cement & Concrete Composites, 53, 270–278, 2014.
- [8] JITING, X., OBADA, K., “Effect of Initial Water Content and Curing Moisture Conditions on the Development of Fly Ash-Based Geopolymers in Heat and Ambient Temperature”, Construction and Building Materials, 67, 20–28, 2014.
- [9] BIN, X., JIANZHONG, P., YANPING, S., RUI, L., “Effect of Curing Compounds on the Properties and Microstructure of Cement Concretes”, Construction and Building Materials, 101, 410–416, 2015.
- [10] DONG-WOO, R., JEONG-WON, K., TAKAFUMI, N., “Effects of Simulated Environmental Conditions on the Internal Relative Humidity and Relative Moisture Content Distribution of Exposed Concrete”, Cement & Concrete Composites 33, 142–153, 2011.
- [11] QIAN, S.Z., ZHOU, J., SCHLANGEN, E., “Influence of Curing Condition and Precracking Time on the Self-Healing Behavior of Engineered Cementitious Composites”, Cement & Concrete Composites, 32, 686–693, 2010.
- [12] RAMEZANIANPOUR, A.M., ESMAEILI, K., GHAHARI, S.A., RAMEZANIANPOUR, A.A., “Influence of Initial Steam Curing and Different Types of Mineral Additives on Mechanical and Durability Properties of Self-Compacting Concrete”, Construction and Building Materials, 73, 187–194, 2014.
- [13] MAGDA, I.M., MOHAMED, G.M., AHMED, H.A., AKRAM, Z.Y., “Mechanical Properties of Self-Curing Concrete (SCUC)”, Housing and Building National Research Center, HBRC Journal, 11, 311–320, 2015.
- [14] FONSECA, N., BRITO, J., EVANGELISTA, L., “The Influence of Curing Conditions on the Mechanical Performance of Concrete Made with Recycled Concrete Waste”, Cement & Concrete Composites, 33, 637–643, 2011.
- [15] TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2000.
- [16] TS EN 206-1, Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2000.
- [17] TS EN 197-1, Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2002.
- [18] TS EN 934-2, Kimyasal Katkılar- Beton, Harç ve Şerbet İçin Bölüm 2: Beton Katkıları- Tarifler ve Özellikler, Uygunluk, İşaretleme ve Etiketleme Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2002.
- [19] TS EN 1097-6, Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri için Deneyler, Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2002.
- [20] TS 802, Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2009.
- [21] TS EN 12390-2, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Kürlenmesi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2002.
- [22] TS EN 12390-3, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 3 :Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2003.
- [23] ÜN, H., Değişik Tip Çimentolar Kullanılan Harçların Değişik İklim ve Kür Koşullarında Mekanik Özelliklerinin Gelişimi, DEÜ Doktora Tezi, İzmir, 2004.
- [24] [http://www.thbb.org/media/74449/2013-2014-beton-sektoru\\_verileri22062015.pdf](http://www.thbb.org/media/74449/2013-2014-beton-sektoru_verileri22062015.pdf), 2016 (erişim tarihi 06.09.2016)
- [25] CEBECİ, O.Z., “Strength of Concrete in Warm and Dry Environment”, Materials and Structures, 20, 270-272, 1987.