

İKİ FARKLI PORTLAND ÇİMENTOLU BETONLARIN DAYANIMINA ZAMAN VE KÜR ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

*¹Okan KARAHAN, ²Kamuran ARI, ²Tefaruk HAKTANIR, ¹Cengiz D. ATIŞ

¹Çukurova.Ü. Müh-Mim. Fak. İnş. Müh. Böl. 01330/Adana,

²Erciyes.Ü. Müh. Fak. İnş. Müh. Böl. 38039/Kayseri

ÖZET

Puzolan olarak, tras, öğütülmüş şist gibi doğal puzolanların yanı sıra, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silika füme gibi endüstriyel puzolanların hepsini kabul etmesinden dolayı, Kayseri civarındaki iki çimento fabrikasında ve ülkenin diğer birçok çimento fabrikasında TS-12143'te tanımlanan "Portland Kompoze Çimento" nun PKÇ/B-32.5R türü üretilmektedir. Öğütülmüş klinker puzolan katkısız halde iken dayanım bazına göre bir üst sınıf olan PÇ-42.5 oluşturmaktadır. Dolayısıyla, Kayseri yöresi çimento fabrikalarında PÇ-42.5 ve PKÇ/B-32.5R türü çimentolar piyasaya sunulmakta, PÇ-32.5 bulunmamaktadır. Bu deneysel çalışmada, PÇ-42.5 ve PKÇ/B-32.5R ile aynı çimento dozajı ve reçete ile üretilen betonların, 2-günlük, 7-günlük, 28-günlük, 180-günlük ve 360-günlük dayanımları karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Puzolan, Katkılı Çimento, Basınç dayanımı

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE TIME AND THE CURE ON THE STRENGTH OF TWO DIFFERENT KINDS OF PORTLAND CEMENT CONCRETE

ABSTRACT

The two cement factories nearby Kayseri and most others in Turkey produce the pozzolan-blended portland cement known as "Portland Composed Cement" PKÇ/B-32.5R in compliance with the Turkish Standard: TS-12143 mainly because this standard allows for all the possible natural and industrial pozzolans to be blended with the portland cement clinker such as trass, ground shist, blast furnace slag, fly ash, and silica fume. Clinker ground finely in the cement factories nearby Kayseri yields the strength-based upper class cement known as PÇ-42.5. Hence, these factories commercially deal only two types of cements, namely: PKÇ/B-32.5R and PÇ-42.5, and unblended PÇ-32.5 type is not available. In this study, various concrete batches using PÇ-42.5 and PKÇ/B-32.5R, separately, each with the same cement dosage and the same mix recipe are produced, and their 2-day, 7-day, 28-day, 180-day, and 360-day strengths are compared.

Key words: Pozzolan, Blended Cement, Compressive strength

1.GİRİŞ

Beton ve harç dayanımlarına yaptıkları katkıdan dolayı, portland çimentosunun icadından çok önce puzolanlar sönmüş kireç ile karıştırılarak beton imalinde kullanılmıştır. Sadece dayanıma katkıda bulunmak amacıyla değil, ekonomik oldukları ve betonun özelliklerine faydalı değişiklikler sağladıkları için de, günümüzde puzolanlar mineral katkı olarak portland çimentosu ile birlikte kullanılmaktadır [1].

İlk doğal puzolanın, MÖ 1500'ler civarında Yunanistan'da Santorin adasındaki yanardağ patlamasında ortaya çıkan volkanik kül olduğu, ve eski yunanlıların bu külü MÖ 600'ler civarında sönmüş kireç ile karıştırarak inşaat harcında kullanmaya başladıkları bilinmektedir [2].

Yunanistan, İtalya, Fransa, Almanya, Türkiye, İspanya, A.B.D., Rusya, Çin, Meksika, Japonya, ve Hindistan, doğal puzolan kaynaklarının bulunduğu ülkelerdir. Rusya ve Japonya'da 1930'lardan beri doğal puzolanlar portland çimentosu ile karıştırılarak kullanılmaktadır, ve Çin, Hindistan, Türkiye, Brezilya, ve Meksika, önemli miktarlarda doğal puzolan katkılı-çimento kullanan ülkelerdir. A.B.D.'de ilk puzolanlı portland çimentosu 1912'de Los Angeles Akedükü inşaatında kullanılmıştır. O yıllardan günümüze kadar, özellikle su ile irtibatlı yapılarda ve kütleli yapılarda puzolan-katkılı portland çimentosu A.B.D.'de yaygınlıkla kullanıla gelmiştir. Doğal kaynaklı puzolanların bu tür kullanımları Avrupa'da Amerika'da olduğundan daha yaygındır [2].

Bir portland çimentosu ve puzolan karışımı reaksiyona girdiği zaman, bu reaksiyon, sönmüş kirecin ve alkalilerin, ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) oksitleri ile asit-baz reaksiyonu biçiminde tepkimeye girmesiyle vuku bulur. İki olay gerçekleşir: birincisinde, serbest sönmüş kireç miktarı zamanla azalır, ikincisinde de, portland çimentosunun hidratasyonu esnasında ortaya çıkanlara benzer biçimde, C-S-H (kalsiyum-silikat-hidrat) ve kalsiyum-alüminosilikat miktarlarında artış olur. Çimento pastasında gözenek yapısındaki iyileşme (azalma) biçiminde fiziksel olarak kendini gösteren puzolanik reaksiyon, kimyasal dayanıklılık ve mekanik dayanımdaki artışın esas nedeni olsa gerektiği belirtilmektedir. [2].Portland çimentosu ve puzolan karışımları, ekonomik sebepler, enerji krizini azaltmaya yardım etmek, ve bazı önemli teknik yararlar elde etmek amaçlarıyla beton inşaatlarda kullanılmaktadır. Ekonomik kazanç sağlamak veya erken hidratasyon ısısını azaltmak, ileri yaşlardaki dayanımı arttırmak, alkali-agrega reaksiyonu tahribatına veya sülfat tahribatına direnci arttırmak, su sızdırmasını azaltmak, ve parçalayıcı sıvı çözeltilerin beton içine sızmasına direnci arttırmak amaçları için portland çimentosuna veya katkılı portland çimentosuna, uçucu kül, doğal puzolanlar, öğütülmüş yüksek fırın cürufu, ve silis dumanı gibi maddeler belirli oranlarda karıştırılabileceği belirtilmektedir. Betonda doğal puzolan kullanmanın yararları, ileri yaşlarda artmış mukavemet, değişen renk, sülfatlı ortamda iyileşmiş dayanıklılık, ve alkali-agrega reaksiyonlarının engellenmesidir [3,4,5].

1997 yılında, ilgili Avrupa normlarına benzer olarak, çeşitli adlarda altı farklı puzolan-katkılı Portland çimentosu da 12139, 12140, 12141, 12142, 12143, 12144 nolu TS'lerde tanımlanmış ve ticari geçerlilik kazanmıştır. Puzolan olarak, tras, öğütülmüş şist gibi doğal puzolanların yanı sıra, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silika fume gibi endüstriyel puzolanların hepsini kabul etmesinden dolayı, Kayseri civarındaki iki çimento fabrikasında ve ülkenin diğer birçok çimento fabrikasında TS-12143'te tanımlanan "Portland Kompoze Çimento" nun PKÇ/B-32.5R türü üretilmektedir.

Bu alandaki mevcut bilgiler, katkı malzemelerini ihtiva eden çimentoların zamana karşı dayanım performansının, katkısız çimento ile ileri yaşlarda hemen hemen aynı olduğu hatta bazı tip çimentoların katkısız çimentoları geçtiği yönündedir [6]. Katkısız PÇ-42.5'un 28-günlük dayanımı katkılı PKÇ/B-32.5R'nin 28-günlük dayanımından daha fazladır. Bu deneysel çalışmada, 2-günlük, 7-günlük, 28-günlük, 6-aylık ve 1-yıllık dayanımlar karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yapılırken önce PÇ-42.5'un PKÇ/B-32.5R'e göre ilk günlerdeki dayanım fazlalığı belirlenmiştir. Daha sonra puzolan katkılı portland çimentosu dayanımının, uzun zamanda katkısız ve baştan daha yüksek dayanımlı portland çimentosu dayanımına göre ne oranlarda kalacağı belirlenmiştir.

İyi bir beton elde etmek için iyi bir karışım ve yerleştirmenin yanı sıra dayanım kazanma evrelerinde betonun uygun bir ortamda kuru gerekmektedir. Kür, çimentonun hidratasyonu sağlayacak prosedürlerin tümüne verilen addır, sıcaklık ve nemin kontrolünü kapsar. Daha spesifik olarak kürün amacı çimentonun hedeflenen miktarı hidratasyonu sağlayıncaya kadar betonu suya doymuş veya neredeyse suya doymuş ortamda bulundurmadır [7].

Bundan dolayı ayrıca, su/çimento oranı 0.62 olan PKÇ/B-32.5R ve PÇ-42.5 çimentolu betonların 2 gün, 7 gün, 28 gün, 180 gün ve 360 gün sonundaki suda kür edilmiş numuneler ile laboratuvar ortamında havada bekletilen numuneler üzerinde, beton kürünün basınç dayanımına etkisi belirlenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzemeler

2.1.1. Çimento

Çalışmada Yibitaş-Lafarge Nevşehir Çimento Fabrikası tarafından üretilen standart TS 19 portland çimentosu PÇ-42.5 ve TS 12143 portland kompoze çimento PKÇ/B-32.5R çimentoları kullanılmıştır. Portland kompoze çimentosu kütlece yaklaşık %20 katkı maddesi ihtiva etmektedir. Çimentoların özellikleri Tablo 1.'de verilmektedir.

Tablo 1. PKÇ/B-32.5R ve PÇ-42.5 Çimentolarının Özellikleri.

Özellik	PKÇ/B-32.5R	PÇ-42.5
Çözünmeyen Kalıntı (%)	19.16	0.96
SO ₃ (%)	2.54	2.52
Kızdırma Kaybı (%)	4.43	2.49
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	2.85	3.03
Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3971	3179

2.1.2. Akışkanlaştırıcı

ASTM C 494 81 tip F&G'ye uygun yüksek oranda su azaltıcı ve süper akışkanlaştırıcı özellik sağlayan beton katkısı Sikament-98 çimento ağırlığının %0.5 oranında karışım suyuna ilave edilerek beton karışıma katılmıştır.

2.1.3. Agregası

Çalışmada agregası olarak Yibitaş-Lafarge firmasının, Kayseri'ye 30 km uzaklıktaki kırmataş agregası ocaklarından elde ettiği ve kendi tesislerinde hazır betonda kullandıkları, maksimum dane çapı 32 mm olan üç grup kırmataş agregası kullanılmıştır. Agregalara ait özgül ağırlık ve su emme değerleri Tablo 2.'de verilmektedir.

Tablo 2. Agregaların özgül ağırlık ve su emme değerleri.

Agregası Türü	Hacim özgül ağırlığı (kg/dm ³)	Su emme kapasitesi (%)
Kırma Kum	2.65	2.21
İnce Agregası	2.68	1.38
İri Agregası	2.70	1.21

2.1.4. Agregası Granülometrisi

Agregalar üzerinde yapılan elek analizleri sonucunda agregası gruplarının ortalama tane dağılımları belirlendikten sonra, karışık agregası tane gradasyonu için TS-706 ve TS-802'deki granülometrik sınır eğrilerinden maksimum tane boyutu 32 mm olan alınmıştır. Uygun bölge olarak adlandırılan bölgenin üst sınırı olan eğri hedeflenerek en uygun karışım olarak kırma kum % 40, ince agregası % 30 ve iri agregada % 30 karışım oranları seçilmiştir. Beton karışımının granülometrisi ve tane çapı maksimum 32 mm olan TS 706'da belirtilen sınır değerler Tablo.3'de verilmektedir.

Tablo 3. Karışımın granülometrisi ve TS 706 sınırları.

Elek Açıklığı (mm)	Alt Limit (A)	Agrega Granülometri	Orta Limit (B)	Üst Limit (C)
0.25	2	13.2	8	15
1	8	20.8	28	42
2	14	30.9	37	53
4	23	40.4	47	65
8	38	44.4	62	77
16	62	83.4	80	89
32	100	100	100	100

2.2. Beton Karışım Oranları

TS-802’de belirtilen “mutlak hacim” yöntemiyle, iki farklı çimento PKÇ/B-32.5R ve PÇ-42.5 ve üç farklı çimento dozajlı 250, 300 ve 350 betonların karışım hesapları yapılmıştır. Karışım miktarları Tablo 4.’de gösterilmektedir.

Tablo 4. Beton karışım oranları.

Çimento Türü	S/Ç Oranı	Çimento kg/m ³	Su kg/m ³	Kum kg/m ³	İnce Ag. kg/m ³	İri Ag. kg/m ³	Sika kg/m ³
PÇ-42.5	0.75	250	187	788	586	585	1.25
PÇ-42.5	0.62	300	187	770	573	572	1.50
PÇ-42.5	0.53	350	187	751	559	558	1.75
PKÇ/B-32.5R	0.75	250	187	782	582	581	1.25
PKÇ/B-32.5R	0.62	300	187	763	568	567	1.50
PKÇ/B-32.5R	0.53	350	187	744	553	552	1.75

2.3. Beton Numuneler ve Test

Belirtilen malzemeler ve iki farklı çimento ile 250, 300, 350 kg/m³ dozajlı betonlar üretilmiştir. Karışım suyu ≈190 lt/m³, çökme değeri 10-15 cm ve su/çimento oranları ise 0.75, 0.62, ve 0.53 olan φ150×300 mm’lik silindirik beton numuneler dökülmüştür. Her bir farklı çimento ve ayrı dozaj için üretilen silindirik beton numuneler, 24 saat sonra kalıptan çıkarıldıktan sonra, 3’er adetlik gruplar halinde 2-günlük, 7-günlük, 28-günlük için toplam 9 adet numune çeşme suyunda, sıcaklığı 23±2°C ‘de sabit kür tankına, 180 gün ve 360 gün boyunca kür edilmek üzere, 3’er adet toplam 6 adet beton numune ilk günden itibaren çeşme suyunda, sıcaklığı ortamla değişen laboratuardaki plastik tanklara konulmuştur. Daha sonra aynı karışım oranları ile kontrol amacıyla ikinci karımlar yapılmış ve her bir gün için 2’şer adet numunede ilave edilmiştir.

Ayrıca sadece 300 kg/m³ dozajlı, su/çimento oranı 0.62 olan için fazladan betonlar üretilmiş ve üretilen betonlar 15*30 cm’lik silindir numune 24 saat sonra kalıptan çıkarılarak 3’er adetlik gruplar halinde 2 gün, 7 gün, 28 gün, 180 gün ve 360 gün boyunca laboratuvar ortamında hava kurusu halinde bekletilmiştir. Böylece suda kür ile havada kalma arasındaki, kürün betonun basınç dayanımına olan etkisi de tespit edilmiştir.

Standart basınç deneyine tabi tutulacak beton numuneler 24 saat laboratuarda hava kurusu haline gelmesi beklenildikten sonra özel bir kap içerisinde yaklaşık 125°C’e kadar ısıtılmış %70 kükürt, %30 grafit tozundan meydana gelen karışım ile silindir numunelere başlık yapılmış ve deney numuneleri standart basınç deneyine tabi tutulmuştur.

3. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

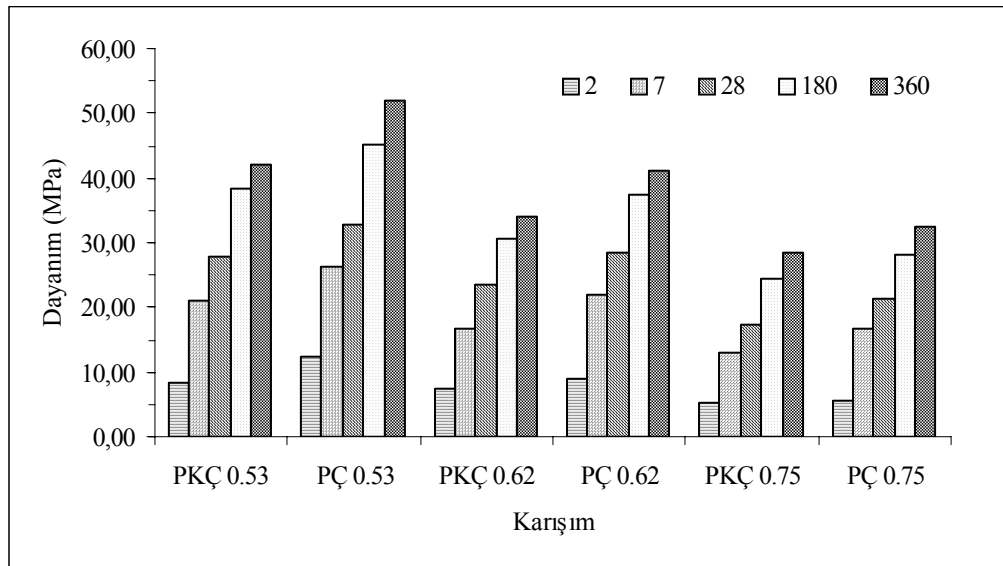
3.1. PKÇ/B-32.5R ile PÇ-42.5 Betonlarının Dayanımlarının Karşılaştırılması

Laboratuvar çalışması sonucunda PKÇ/B-32.5R ve PÇ-42.5 çimentoları ile 2, 7, 28, 180 ve 360 gün gibi değişik zamanlarda elde edilen 0.53, 0.62 ve 0.75 su/çimento oranları ile üretilen bütün betonlara ait basınç dayanımları Tablo 5.'te verilmektedir.

Tablo 5. Silindir numune basınç dayanımları (MPa).

Çimento Türü	2.Gün			7.Gün			28.Gün			180.Gün			360.Gün		
	0.53	0.62	0.75	0.53	0.62	0.75	0.53	0.62	0.75	0.53	0.62	0.75	0.53	0.62	0.75
PKÇ/B	8.2	7.4	5.2	21.1	16.8	13.0	27.9	23.5	17.4	38.4	30.7	24.5	42.1	34.1	28.6
PÇ	12.3	8.9	5.7	26.3	21.9	16.6	32.8	28.4	21.4	45.2	37.5	28.2	52.0	41.2	32.4

Tablo 5.'ten görüleceği üzere üretilen bütün betonların basınç dayanımları zaman içinde artmaktadır. Yine aynı tablodan görüleceği üzere her iki çimentoda su/çimento oranı arttıkça dayanımlarda azalmaktadır. PKÇ/B-32.5R çimentolu betonların, 2-günlük ve 7-günlük basınç dayanımlarının, 28-günlük dayanıma oranları yaklaşık %30 ve %74, ve PÇ-42.5 çimentolu betonlar için ise yaklaşık %32 ve %78 olarak bulunmuştur. Su/çimento oranı arttıkça, her iki çimento ile üretilen betonların 2 günlük erken dayanımları birbirine yaklaşmaktadır. Portland çimentosu betonlarının portland kompoze çimentosu ile üretilen betonlara göre erken dayanımında çok bir üstünlüğü görülmemiştir. PÇ-42.5'lu betonların 28-günlük basınç dayanımları ise, PKÇ/B-32.5R'lu betonların 28-günlük basınç dayanımına göre ondan \approx %20 kadar daha fazla olmaktadır.

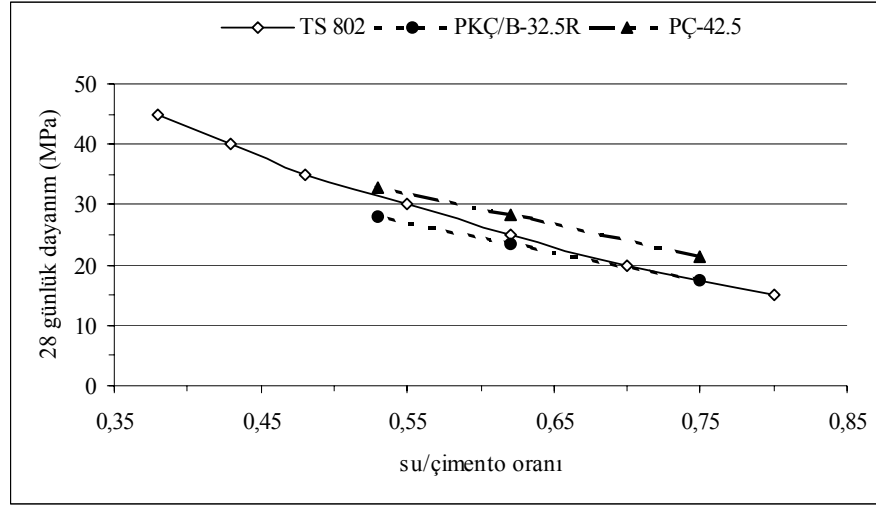


Şekil 1. Beton dayanımlarının zamanla değişimi.

2-günlük, 7-günlük, 28-günlüklerin yanı sıra, PKÇ/B-32.5R çimentolu betonlarınkiler ile, kendisinden üstün bir sınıf olan PÇ-42.5 çimentolu betonların 180-günlük ve 360-günlük basınç mukavemetleri de karşılaştırılmıştır. PKÇ/B-32.5R ile PÇ-42.5 çimentolu betonların 180-günlük dayanımları arasındaki farkın PKÇ/B-32.5R'inkilere oranları, 2 su/çimento oranı 0.75, 0.62 ve 0.53 için sırasıyla %15, %22, %18 iken, 360-günlük dayanımları arasındaki farkın oranları sırasıyla %13, %21, %24 olarak bulunmuştur.

Hem PKÇ/B-32.5R hem de PÇ-42.5 çimentoları betonlarının dayanım artışları, 28-günlük dayanımlarına oranla 6 aydaki \approx %35, 1 yıldaki ise \approx %52 olarak bulunmuştur. TS 802'de ($D_{max}=32$ mm) 28 günlük dayanım ile

su/çimento arasındaki ilişki ile bu çalışmada iki farklı çimento için elde edilen ilişkilerin karşılaştırılması Şekil 2.'de gösterilmektedir.

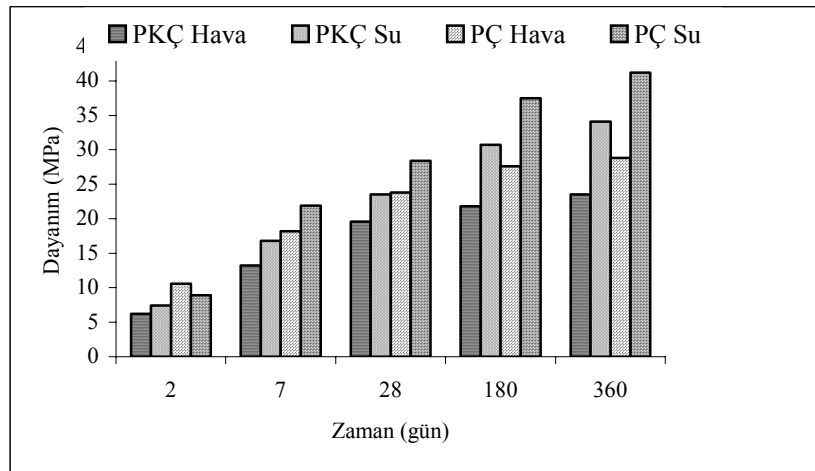


Şekil 2. Su/Çimento oranı ile 28 günlük dayanım arasındaki ilişki.

3.2. Kür Ortamının PKÇ/B-32.5R ve PÇ-42.5 Betonlarının Dayanımına Etkisi

PKÇ/B-32.5R ve PÇ-42.5 çimentoları ile sadece 300 kg/m³ dozajlı, su/çimento oranı 0.62 olan beton numunelerinin, 2, 7, 28, 180 ve 360 gün boyunca tamamen suda kür edilenler ile, tamamen laboratuvar ortamında, havada bekletilenlerin basınç dayanımları arasındaki farkları tespit edilmiştir. Buna göre PKÇ/B-32.5R çimentosunun şahit numunelere göre mukavemet kayıpları 7, 28, 180 ve 360 günlerde sırasıyla yaklaşık olarak %21, %17, %29, %31 iken, PÇ-42.5 çimentosunun şahit numunelere göre ise %17, %16, %26, %30 olduğu bulunmuştur.

Ayrıca, 300 kg/m³ dozajlı, laboratuvar ortamında bekletilen beton numuneler, kendi 28-günlük beton basınç dayanımlarına kıyasla bir yıl sonunda her iki çimento için de yaklaşık %20 oranında bir artış sağlamıştır. Buradan, 28 gün suda kür edilmiş bu dozajdaki bir betonun, 28 günden sonra hava ortamında kalsa, bir yıl sonunda 28-günlük mukavemetine ilaveten %20'lik bir artış sağlayacağı beklenilebilir. Bu artış bir yıl sonuna kadar suda kür edilen 300 kg/m³ dozajlı betonlar için %45 civarındadır. Kaybedeceği dayanım yaklaşık %25'dir.



Şekil 3. Kürün günlere göre beton dayanımına etkileri.

4. SONUÇLAR

- Puzolan-katkılı PKÇ/B-32.5R çimentosunun “R” harfi erken dayanımı yüksek olduğunu ifade eder, 2 günlük dayanımının PÇ-42.5 çimentolu betonlarına göre erken dayanımının çok kötü olmadığı görülmüştür.
- Her iki çimento dayanımları arasındaki fark 28-günde yaklaşık %20 civarındadır, ve bu fark hem 180 gün hem de 360 gün sonunda yaklaşık olarak korunmaktadır.
- Genel olarak her iki çimentonun da, 28-günlüğe oranla, 1 yıl sonundaki mukavemet artışının yaklaşık % 50 olduğu görülmektedir.
- PKÇ/B-32.5R çimentolu betonların, çok az da olsa suya, PÇ-42.5 çimentolu betonlardan daha fazla ihtiyaç duyduğu görülmektedir. Genel olarak kürün betonlara etkisi her iki çimento için yaklaşık olarak, 28 günde \approx %17, 180 günde \approx %28 ve 360 gün sonunda ise \approx %30 dayanım kaybı olduğu bulunmuştur.
- İlk günden itibaren laboratuvar da havada bekletilen betonların 360-günlük dayanımları 28-günlük dayanıma göre yaklaşık %20 kadar artmıştır. Bu durum rüzgardan, sıcaktan ve buna benzer dış ortam etkilerinden korunan laboratuvar da geçerlidir.

5. TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmaya finansal destek sağlayan Erciyes Üniversitesi Araştırma Fonuna teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR

1. Karahan, O., Kayseri Yöresinde Üretilen PKÇ/B-32.5R ve PÇ-42.5 Çimentoları Betonlarının Mukavemetinin ve Sülfata Dayanıklılığın Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2002.
2. ACI 232.1R-94, Use of Natural Pozzolans in Concrete, American Concrete Institute, 1994.
3. ASTM C 595, Standard Specification for Blended Hydraulic Cements, American Society for Testing and Materials, 1985.
4. ACI 211.1-91, Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, American Concrete Institute, 1991.
5. ACI 225R-85, Guide to the Selection and Use of Hydraulic Cements, American Concrete Institute, 1985.
6. Yanç, M., Değişik Tipteki Çimentoların Zamana Karşı Dayanım Performansı, Çimento ve Beton Dünyası, **27**, 31-34, 2000.
7. Akakin, T., Betonun Kürü, Hazır Beton, Çeviri, **43**, 79-83, 2001.
8. ASTM C 150, Standard Specification for Portland Cement, American Society for Testing and Materials, 2000.
9. Erdoğan, K., Tokyay, M., Türker, P., Traslara ve Traslı Çimentolar, Tçmb, Ankara, 1999.
10. Erdoğan T.Y., Beton Oluşturan Malzemeler – Çimentolar, Türkiye Hazır Beton Birliği, 1995.
11. Postacıoğlu, B., Beton, Cilt 1, Bağlayıcı Maddeler, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 1987.
12. Postacıoğlu, B., Beton, Cilt 2, Agregalar, Beton, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, s.404, İstanbul, 1987.
13. Neville, A.M., Properties of Concrete, 4th ed., Longman Group UK Limited, 1995.
14. Binici, H., Çağatay, İ.H., Kaplan, H., Beton Kürünün Basınç Dayanımına Etkisi Üzerine Deneysel Bir Çalışma, Hazır Beton, **43**, 66-71, 2001.
15. Yeğınobalı, A., Katkılı Beton mu, Katkılı Çimento mu?, Çimento ve Beton Dünyası, **30**, 33-35, 2001.
16. Türk Standartları Enstitüsü, TS-19, Çimento-Portland Çimentoları., Ankara, 1992.
17. Türk Standartları Enstitüsü, TS-25, Traslara, Ankara, 1992.
18. Türk Standartları Enstitüsü, TS-26, Çimento-Traslı Çimento, Ankara, 1992.
19. Türk Standartları Enstitüsü, TS-706, Beton Agregaları, Ankara, 1980.
20. Türk Standartları Enstitüsü, TS-802, Beton Karışım Hesapları, Ankara, 1985.
21. Türk Standartları Enstitüsü, TS-3114., Beton Basınç Mukavemeti Deneyi, Ankara, 1990.
22. Türk Standartları Enstitüsü, TS-3530, Beton Agregalarının Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini, Ankara, 1980.
23. Türk Standartları Enstitüsü, TS-10156, Çimento-Katkılı Çimento, Ankara, 1992.
24. Türk Standartları Enstitüsü, TS-12139, Çimento-Portland Curufllu, Ankara, 1997.
25. Türk Standartları Enstitüsü, TS-12140, Çimento-Portland Kalkerli, Ankara, 1997.
26. Türk Standartları Enstitüsü, TS-12141, Çimento-Portland Silika Füme, Ankara, 1997.
27. Türk Standartları Enstitüsü, TS-12142, Çimento-Kompoze, Ankara, 1997.
28. Türk Standartları Enstitüsü, TS-12143, Çimento-Portland Kompoze, Ankara, 1997.
29. Türk Standartları Enstitüsü, TS-12144, Çimento-Puzolanik, 1997.