

Yüksek Sıcaklık Etkisindeki Harcın Basınç Dayanımı-Renk Değişimi İlişkisi

Ahmet B. KIZILKANAT*
Nabi YÜZER**

ÖZ

Bu çalışmada yüksek sıcaklığın ve söndürme türünün harcın fiziksel ve mekanik özelliklerine etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Bu amaçla CEM I 42.5 çimentosu, silis ve kalker esaslı olmak üzere farklı agregalar ve %10 ikameli olarak katılan silis dumanı, uçucu kül, cüruf gibi farklı puzolanlar kullanılarak üretilen harçlar 100, 200, 300, 600, 900 ve 1200°C sıcaklıklara maruz bırakılmış, soğutma işlemi havada ve suda olmak üzere iki grupta gerçekleştirilmiştir. Oda sıcaklığına kadar soğutulan numunelerde kontrol deneyleri yapılmış, aynı numunelerde Munsell Renk bileşenleri olan tür, değer ve doymuşluk, tayfsal ışıkölçer ile sayısal olarak belirlenmiştir. Deney sonuçlarından, yüksek sıcaklık etkisinde kalan harcın basınç dayanımında meydana gelen değişim ile rengin tür bileşeninde meydana gelen değişimin paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Harcın basınç dayanımı değişimi ile renk değişimi arasında ilişki kurulmuş ve agrega türüne bağlı olarak iki farklı bağıntı elde edilmiştir.

ABSTRACT

Compressive Strength-Color Change Relationship in Mortars Subjected to High Temperatures

In this study, the effects of high temperature and cooling regimes on the physical and mechanical properties of the mortar were observed. Mortar was made with siliceous and calcareous aggregates, CEM I 42.5, silica fume, fly ash and slag. Mineral admixtures replaced 10 % cement by weight. These mortars were exposed to 100, 200, 300, 600, 900 and 1200 °C temperatures. Samples were cooled to room temperature in water and in air. Control tests were applied on these samples and Munsell Color System components hue, value and chroma were measured by spectrophotometer. Test results showed accordance between change of compressive strength and color of mortar which was exposed to high temperature. A relationship is established between compressive strength and the color change of mortar. Two separate formulas are drawn up based on different types of aggregate.

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 09.03.2006 günü ulaşmıştır.
- 30 Haziran 2008 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul - bkkanat@yildiz.edu.tr

** Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul - nyuzer@yildiz.edu.tr

1.GİRİŞ

Konut, okul, fabrika, işyeri gibi binalar, tünel, köprü, petrol platformu gibi yapılar, işlevleri gereği veya yangın nedeni ile yüksek sıcaklık etkisinde kalabilirler. Yüksek sıcaklığın kaynaklarından biri olan yangının betona ve betonarme yapılara etkisi 1922'den günümüze kadar araştırılmaktadır. 10 yıl öncesine kadarki çalışmalarda yüksek sıcaklığın normal dayanımlı betona etkileri üzerinde odaklanılmıştı [1]. Ancak günümüzde modern yapılarda, endüstri yapılarında, tünellerde veya özel hizmet amaçlı inşa edilen yapılarda kimyasal ve mineral katkıların kullanımı ile yüksek performanslı ve yüksek dayanımlı betonlar üretilmeye başlanmıştır. Bu betonların yüksek sıcaklık etkisindeki davranışı iyi bilinmelidir. Çünkü içyapıdaki sıklık yangın direncini azaltır ve yüksek dayanımlı betonu normal betona göre daha riskli duruma getirir [2-4]. Örneğin Danimarka'da bulunan Great Belt Tünelinde ve Channel Tünelde, 1994 ve 1996 yıllarında çıkan yangınlarda, yüksek sıcaklık etkisi ile betonda meydana gelen patlama ve parça atmalar nedeni ile beton kesitindeki azalmalar ağır hasarlara yol açmıştır [1]. Özellikle yangın gibi yüksek sıcaklığın oluşturduğu hasarlara ülkemizde de çok sık rastlanmaktadır.

Betonarme eleman yüksek sıcaklığa maruz kaldığında fiziksel ve mekanik özelliklerinde değişiklikler görülür. Bu değişiklikler, betonun basınç dayanımında ve elastisite modülünde azalma, çatlak oluşumu, parçalanma ve dağılma, çelikte ise akma dayanımı, duktilite ve çekme dayanımında azalmadır. Yangın nedeni ile yüksek sıcaklık etkisine maruz kalan betonarme bir yapının yıkım ya da onarımına karar vermek için yerinde ve laboratuvarında tahribatlı ve tahribatsız deneyler yapılmalıdır. Yerinde yapılan ilk inceleme görsel incelemedir, bu aşamada betonda çatlakların, dağılmaların, renk değişiminin olup olmadığı araştırılır [5].

Yüksek sıcaklığın etkisinde kalan betonun mekanik özelliklerinde olduğu gibi renginde de değişiklikler meydana gelir, bu değişiklikler özellikle silisli agregalar ile üretilen betonlarda belirgindir [6]. Örneğin renk, pembe veya kırmızı ise sıcaklığın 300-600°C'ye, gri ise 600-900°C'ye, sarımsak bej ise 900-1000°C'ye yükseldiği ifade edilmektedir [7, 8]. Diğer bir çalışmada pembe renkli betonun, dayanımının ve elastisite modülünün önemli derecede azaldığı, beyazımsı-gri veya sarımsı-bej renkli betonun ise zayıf ve gevrek olduğu belirtilmiştir. Renkteki bu değişimin nedeni metal içeren bileşenlere bağlanmıştır [6]. Sıcaklık 600°C'ye ulaştığında beton, dayanımının %50'sini, 800°C'ye ulaştığında ise yaklaşık %80'ini kaybettiği göz önüne alınırsa, renk incelemesi ile betonun hangi sıcaklığa maruz kaldığı, dolayısı ile basınç dayanımında meydana gelen değişim hakkında fikir edinilebilir. Buradan yüksek sıcaklık etkisinde kalan betondaki renk değişiminin önemli bir parametre olduğu anlaşılmaktadır [9, 10].

Munsell renk dizgesi [11-13] kullanılarak yapılan deneysel çalışmalarda yüksek sıcaklığın silis dumanı katkılı ve katkısız harçlara olan etkileri araştırılmış, harçların maruz bırakıldığı her sıcaklık için yüzey rengi ve basınç dayanımları belirlenmiş, renk değişimi ile basınç dayanımı arasında bir ilişki kurulabileceği sonucuna varılmıştır [14-15]. Farklı bir renk dizgesinin kullanıldığı diğer bir çalışmada beton numunelerde farklı sıcaklıklar için basınç dayanımları ve yüzey renkleri ölçülmüş, silis esaslı agregalar kullanıldığında renk ile basınç dayanımı arasında bir ilişki kurulabileceği açıkça görülürken, farklı agregalar türleri kullanıldığında herhangi bir ilişki kurulamamıştır. Bundan dolayı yüzey renginin agregadan bağımsız olmasını sağlamak amacıyla renk ölçümünün harç fazında yapılması gerekliliği belirtilmiştir [16].

Beton dayanımı ile renk değişimi ilişkisinin araştırıldığı bu çalışmada yüksek sıcaklığın harcın fiziksel ve mekanik özelliklerine etkileri ele alınmıştır. Yüksek sıcaklık etkisi, farklı harçlar ve sıcaklıklar için deneysel olarak araştırılmış, yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve irdelenmiştir. Deneysel çalışma sonucu elde edilen veriler kullanılarak, harcın basınç dayanımı değişimi ile renk değişimi arasında ilişki kurulmuş ve harç üretiminde kullanılan agrega türüne bağlı olarak iki farklı bağıntı elde edilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışma, numune üretimi, küre, ısıtma-soğutma süreci, fiziksel ve mekanik deneyler olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Numune üretiminde silis ve kalker esaslı agregalar, CEM I 42.5 çimentosu, silis dumanı, uçucu kül ve cüruf kullanılmıştır. Silis esaslı agrega olarak Standart CEN kumu ve aynı granülometride kalker esaslı agrega kullanılmıştır. Kullanılan çimento ve puzolanlara ait fiziksel ve mekanik özellikler Çizelge 1’de verilmiştir. Puzolan malzemeler, harca çimento ağırlığının %10’u oranında ikameli olarak katılmıştır. Her sıcaklık için üç adet olmak üzere toplam 336 adet 40x40x160 mm boyutlu harç numune üretilmiştir. Harçlarda yayılmanın sabit tutulması amacı ile katı madde miktarı %38 olan melamin esaslı süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi farklı oranlarda kullanılmış, su/bağlayıcı oranı 0.5 ile sabit tutulmuştur. TS EN 196-1’e uygun olarak üretilen harçlar 24 saat sonra kalıptan çıkarılmış, 28. güne kadar 20 ± 1 °C sıcaklıktaki saklanmıştır. Numuneler, kullanılan agrega, puzolan türü ve soğutma şekline göre Çizelge 2’de gösterildiği gibi kodlanmıştır.

Çizelge 1. Kullanılan malzemelerin kimyasal analizi ve fiziksel özellikleri

Kimyasal Özellikler (%)	CEM I 42.5	Silis Dumanı	Uçucu Kül	Cüruf
CaO	64,01	0,57	8,72	33,48
SiO ₂	20,01	82,22	57,27	41,43
Al ₂ O ₃	5,28	0,17	14,15	10,28
Fe ₂ O ₃	3,65	0,53	12,52	3,48
MgO	1,21	5,43	1,33	6,05
SO ₃	2,47	1,42	0,56	---
Kızdırma Kaybı	2,27	3,96	---	0,61
Çözünemeyen Kalıntı	0,32	---	---	---
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	3,14	2,02	2,01	2,80
Özgül Yüzey Blaine (cm ² /g)	3570	---	3621	3910

Yüksek Sıcaklık Etkisindeki Harcın Basınç Dayanımı-Renk Değişimi İlişkisi

Çizelge 2. Numune grupları

Soğutma Türü	Havada (A)		Suda (W)	
	Silis (R)	Kalker (K)	Silis (R)	Kalker (K)
CEM I 42.5 (Katkısız) (N)	NRA	NKA	NRW	NKW
Silis Dumanı Katkılı (S)	SRA	SKA	SRW	SKW
Cüruf Katkılı (C)	CRA	CKA	CRW	CKW
Uçucu Kül Katkılı (F)	FRA	FKA	FRW	FKW

Isıtma ve soğutma süreci, numunelerin yüksüz olarak istenilen sıcaklık derecesine kadar ısıtılması ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra kontrol deneylerinin yapılması prensibine göre planlanmıştır. Numuneler, 28. günde sudan çıkarılmış, önce etüvde $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saat bekletilmiş, sonra her gruptan üçer adet numune, ısıtma hızı $6-10^{\circ}\text{C}/\text{dak}$. olan fırında 100, 200, 300, 600, 900 ve 1200°C sıcaklıklara kadar ısıtılmıştır. Havada soğutmada, fırından çıkarılan numuneler bagetler üzerine yerleştirilerek bütün yüzeylerinin hava ile teması sağlanmıştır. Suda soğutmada ise numuneler, içinde oda sıcaklığında durgun su bulunan deney kaplarına konulmuş, su değiştirilmek sureti ile oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur.

Dayanımda ve renkte meydana gelen değişimlerin karşılaştırılması amacı ile ısıtma ve soğutma süreçlerinden sonra numunelerin renk bileşenleri tayfsal ışıkölçer ile ölçülmüş, aynı numunelerde TS EN 196-1'e uygun olarak tek eksenli basınç deneyi yapılmış, kontrol numunelerine ait deney sonuçları Çizelge 3-4 ve Şekil 1,2 ve 5-10'da verilmiştir.

Çizelge 3. Silis esaslı kum ile üretilen harçların kontrol numunesine ait deney sonuçları

Kontrol Deneyleri	NR	SR	FR	CR
Basınç Dayanımı (N/mm^2)	44,2	56,6	45,8	48,3
Rengin Tür Bileşeni	25,8	26,4	24,3	22,7
Rengin Değer Bileşeni	7,2	6,2	6,7	6,5
Rengin Doymuşluk Bileşeni	0,5	0,4	0,5	0,8

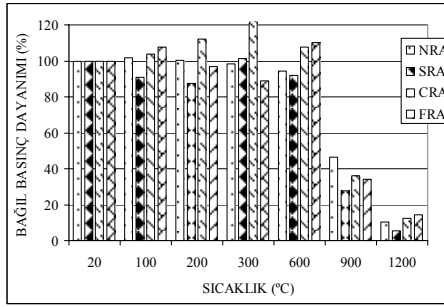
Çizelge 4. Kalker esaslı kum ile üretilen harçların kontrol numunesine ait deney sonuçları

Kontrol Deneyleri	NK	SK	FK	CK
Basınç Dayanımı (N/mm^2)	50,8	54,2	57,7	54,8
Rengin Tür Bileşeni	27,9	27,3	26,2	25,6
Rengin Değer Bileşeni	6,3	6,1	6,4	6,3
Rengin Doymuşluk Bileşeni	0,4	0,6	0,5	0,5

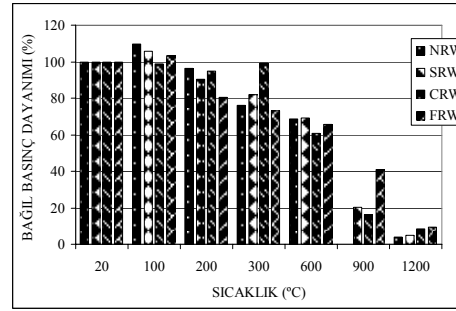
3. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

Deney sonuçlarından yüksek sıcaklığın, harcın basınç dayanımı ve renk özelliklerinde önemli değişikliklere neden olduğu görülmüştür. Değişim oranlarında harca puzolan katılması, farklı agrega kullanılması, soğutmanın havada veya suda yapılması etkili olmuştur.

Basınç deneyi sonuçlarına göre, puzolan katılmamış harçların basınç dayanımında havada soğutulan gruplarında 600°C'den sonra düşme başlamıştır. Suda soğutulan gruplarında ise, kalker esaslı harçlarda 300°C'den, silis esaslı harçlarda 200°C'den sonra basınç dayanımında düşme başlamıştır. Silis esaslı kumun kullanıldığı havada soğutulan harçlarda 900°C'deki dayanım kaybı %54 (Şekil 1.a), kalker esaslı agreganın kullanıldığı gruplarda ise bu kayıp %30'dur (Şekil 2.a). Puzolan katılı havada soğutulan numunelerin dayanımı 600°C'de artış göstermiş, bu sıcaklıktan sonra düşme başlamıştır. Bu harçların suda soğutulan gruplarında 300°C'ye kadar önemli değişme olmamış, 600°C'de yaklaşık %30, 900°C'de kalker esaslı harçlarda %50, silis esaslı harçlarda %80 dayanım kaybı olmuştur (Şekil 1.b, Şekil 2.b). Kalker esaslı agrega ile üretilen ve 1200°C sıcaklığa maruz bırakılan gruplar suda soğutulduğunda tamamen dağıldığı için bu numunelerde değerlendirme yapılamamıştır.

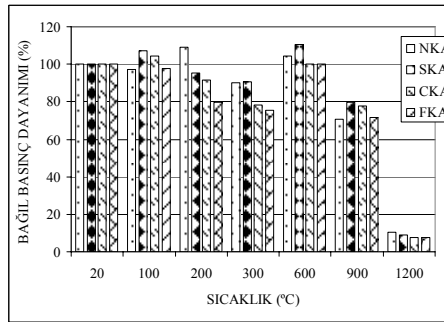


(a)

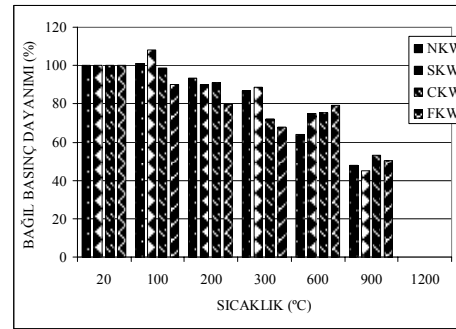


(b)

Şekil 1. Silis esaslı kum ile üretilen harçların basınç dayanımı-sıcaklık ilişkisi



(a)

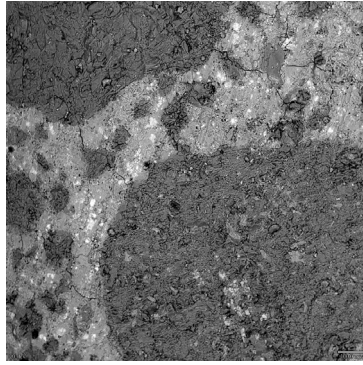


(b)

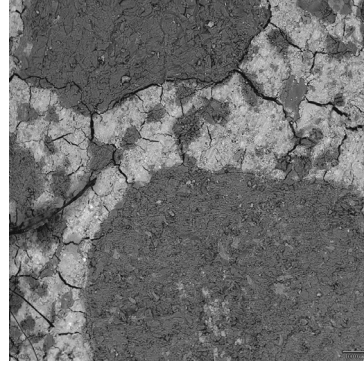
Şekil 2. Kalker esaslı kum ile üretilen harçların basınç dayanımı-sıcaklık ilişkisi

Yüksek Sıcaklık Etkisindeki Harcın Basınç Dayanımı-Renk Değişimi İlişkisi

Çimento hamurundaki jel yapıyı oluşturan kalsiyum silikat hidratenin (CSH) katı ögeleri, adsorpsiyon suyu yardımıyla birbirine bağlanır ve 110°C'den itibaren dehidrate olur. Kılcal boşluklardaki serbest su 100°C civarında, dehidratasyonla serbest kalan kimyasal bağlı su ve adsorpsiyon suyu ise 300°C'den itibaren buharlaşabilir. Buharlaşan su, betonda büzülme (rötre)ye neden olur. Su kaybının neden olduğu büzülme ve beton içinde oluşan buhar basıncı donatı üzerindeki beton örtünün çatlamasına ve parça atmasına neden olur [6,7]. Silis esaslı kum kullanılarak üretilmiş silis dumanı katkılı harçta yüksek sıcaklık (600°C) etkisi öncesi ve sonrası elektron mikroskoptan aldığımız görüntülerde (Şekil 3-4) çimento hamurunda, arayüzde ve kısmen agreganın kendisinde de çatlakların oluştuğu görülmektedir.

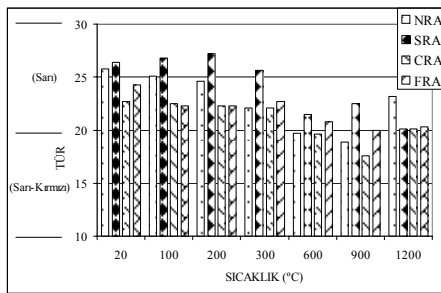


Şekil 3. Kontrol numunesi (SR-20°C)

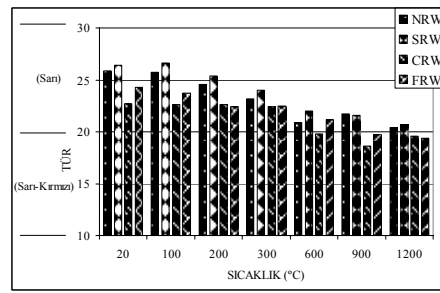


Şekil 4. Sıcaklık etkisinde (SRW-600°C)

Renk türü her grup için oda sıcaklığında sarıdır (~25). Söz konusu koşullar için sıcaklık 20°C'den 300°C'ye doğru yükseldikçe, rengin türünün yeşil doğrultusunda çok az değişerek yeşilimsi sarı, 600°C'ye doğru yükseldikçe kırmızı doğrultusunda değişerek kırmızımsı sarı (~20) olduğu görülmüştür (Şekil 5-6).

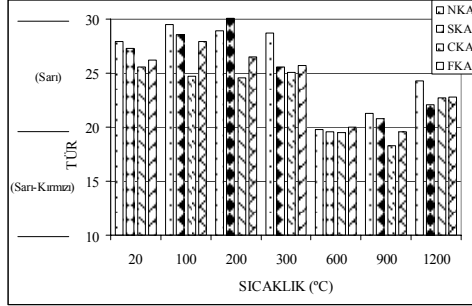


(a)

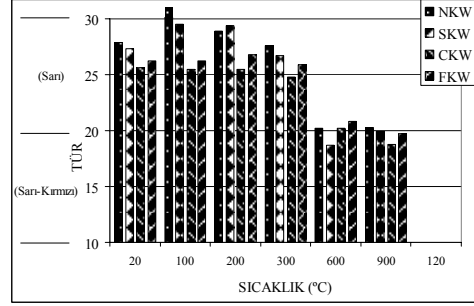


(b)

Şekil 5. Silis esaslı kum ile üretilen harçların renk değişimi (Tür)-sıcaklık ilişkisi



(a)

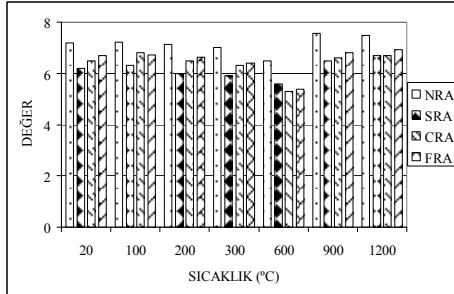


(b)

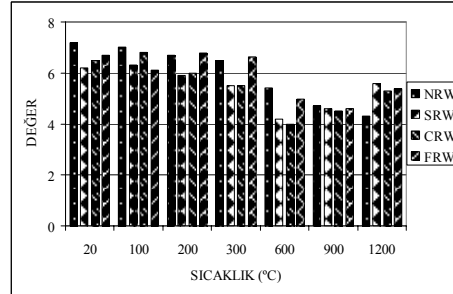
Şekil 6. Kalker esaslı kum ile üretilen harçların renk değişimi (Tür)-sıcaklık ilişkisi

Rengin değeri, oda sıcaklığında orta koyulukta olup, silis esaslı kum ile üretilen harçlarda ~6.7, kalker esaslı kum ile üretilen harçlarda ~6.3 büyüklüğündedir. Sıcaklık yükseldikçe, numune renklerinin açıklık koyuluğu genel olarak sıcaklık 20–300°C arasında iken belirgin bir değişim göstermemekte, 300–600°C arasında biraz koyulaşmakta, 600°C'den sonra yeniden açıklaşmaktadır.

Rengin değer boyutundaki değişim, tür boyutundaki değişimden farklı olarak, ele alınan tüm numunelerde her bir değişik sıcaklık için aynı doğrultuda olmamaktadır (Şekil 7-8).



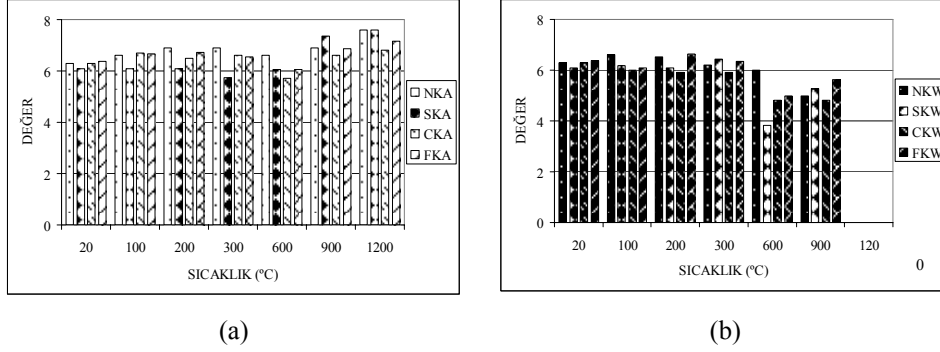
(a)



(b)

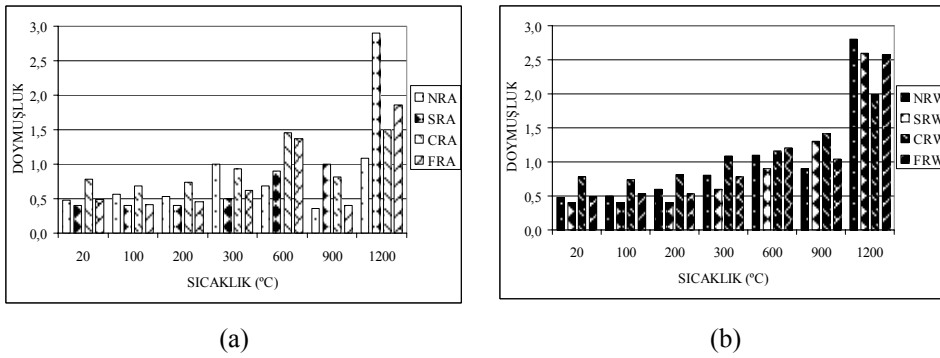
Şekil 7. Silis esaslı agrega ile üretilen harçların renk değişimi (Değer)-sıcaklık ilişkisi

Yüksek Sıcaklık Etkisindeki Harcın Basınç Dayanımı- renk Değişimi İlişkisi

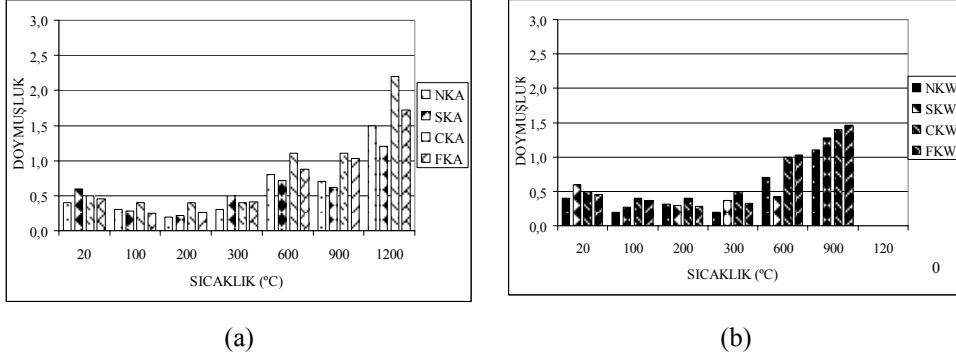


Şekil 8. Kalker esaslı agrega ile üretilen harçların renk değişimi (Değer)-sıcaklık ilişkisi

Rengin doymuşluk bileşeni açısından yapılan incelemede, numunelerin oda sıcaklığında çok az doymuş olduğu saptanmıştır. 20°C sıcaklıkta doymuşluğun büyüklüğü, silis esaslı kum ile üretilen harçlarda ~0.6, kalker esaslı kum ile üretilen harçlarda ~0,5 olarak belirlenmiştir. Silis esaslı kum ile üretilen harçlarda numune renklerinin doymuşluğu 200°C'ye kadar olan sıcaklıkta hemen hemen hiç değişmemektedir. Sıcaklığın yükselmesi ile doymuşluk da genel olarak artmakta, 900°C'de çok az bir azalma gözlemlendikten sonra daha yüksek sıcaklıkta doymuşluk yeniden artmaktadır. Kalker esaslı kum ile üretilen harçlarda ise, renklerin doymuşlukları 20-200°C arasında azalmakta, 200°C'den itibaren sıcaklığın yükselmesi ile doymuşluk düzenli olarak artmaktadır (Şekil 9-10). Şekil 9 ve 10'dan görüldüğü gibi, sıcaklığın yükselmesine dayalı olarak rengin doymuşluk bileşeni ve betonun basınç dayanımında ortaya çıkan değişimler arasında ters doğrultuda bir benzerlik söz konusudur. Yani, düşük sıcaklıklarda az da olsa harçların basınç dayanımı artarken numune renklerinin doymuşluğu azalmakta; orta ve yüksek sıcaklıklarda harçların basınç dayanımı düşerken doymuşluklar yükselmektedir.



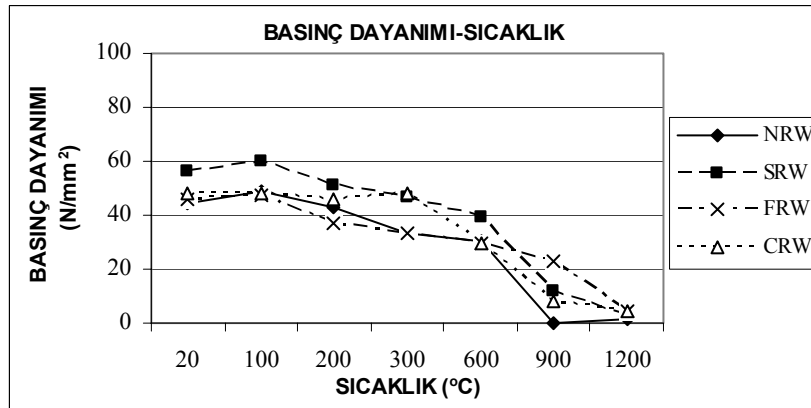
Şekil 9. Silis esaslı agrega ile üretilen harçların renk değişimi (Doymuşluk)-sıcaklık ilişkisi



Şekil 10. Kalker esaslı agrega ile üretilen harçların renk değişimi (Doymuşluk)-sıcaklık ilişkisi

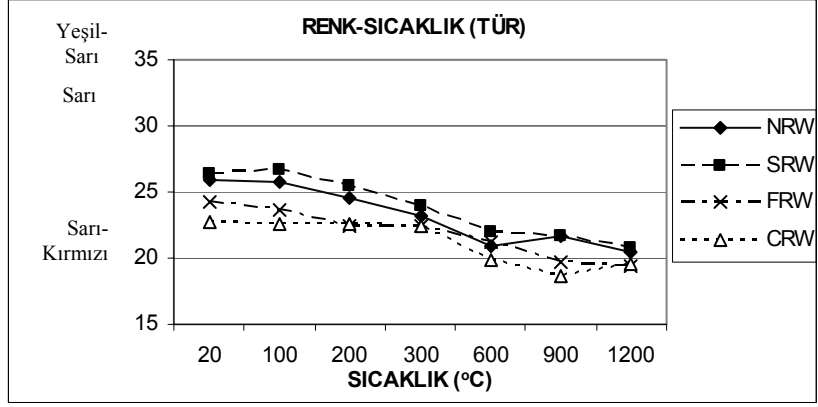
4. BASINÇ DAYANIMI-RENK DEĞİŞİMİ İLİŞKİSİ

Betonun basınç dayanımında sıcaklığa bağlı olarak meydana gelen değişim ile rengin tür bileşeninde meydana gelen değişim karşılaştırıldığında, Şekil 11 ve Şekil 12’de verilen örnekte görüldüğü gibi önemli benzerlikler vardır. Bu benzerlik rengin tür bileşeni ile doğru (Şekil 5-6), doymuşluk bileşeni ile ters orantılıdır (Şekil 9-10).



Şekil 11. Silis esaslı agrega ile üretilen harçların basınç dayanımı-sıcaklık ilişkisi

Yüksek Sıcaklık Etkisindeki Harcın Basınç Dayanımı-Renk Değişimi İlişkisi



Şekil 12. Silis esaslı agrega ile üretilen harçların renk değişimi (Tür)-sıcaklık ilişkisi

Buradan, yangın görmüş yapılarda beton yüzeyindeki rengin incelenmesi ve renk bileşenlerinin değerlendirilmesi sonucundan elde edilen verilerin, basınç dayanımındaki değişim hakkında fikir vereceği söylenebilir.

Yüksek sıcaklık etkisine maruz kalmış yapılarda beton kalitesinin belirlenmesinde, renk ölçümünün tahribatsız deney yöntemi olarak kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla, her sıcaklık etkisinden sonra numunelerin renk özelliği, tür, değer ve doymuşluk bileşenleri ile sayısal olarak belirlenmiş, basınç dayanımı ile renk değişimi kullanılan agrega türüne göre ayrı ayrı ilişkilendirilmiştir.

Yüksek sıcaklığa maruz betonun basınç dayanımını belirlemek için, istatistiksel yöntemden yararlanarak yüzey rengi ile betonun basınç dayanımı arasında her iki agrega türüne bağlı olarak korelasyon katsayısı yüksek ($r=0,85$) 1 ve 2 nolu bağıntılar elde edilmiştir. Bu bağıntıların elde edilmesinde silis esaslı agrega ile üretilen 156 adet numuneden, kalker esaslı agrega ile üretilen ve ölçüm yapılabilen 144 adet numuneden yararlanılmıştır.

Silis esaslı agrega ile üretilen harçlar için;

$$f_{teo} = e^{4,30+0,06H-0,20V-1,21C} \quad (1)$$

Kalker esaslı agreganın kullanıldığı harçlar için;

$$f_{teo} = e^{7,33-0,06H-0,22V-1,44C} \quad (2)$$

Her iki bağıntıda da, H rengin tür bileşeni, V değer bileşeni, C doymuşluk bileşeni, f_{teo} basınç dayanımıdır.

5. SONUÇLAR

Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

Yüksek sıcaklık etkisinden sonra suda soğutmanın zararlı etkisi tüm gruplarda havada soğutmaya nazaran daha fazla olmuştur. Diğer soğutma türlerinin etkisi ayrıca incelenmelidir.

Kalker esaslı agregaya ile üretilen numuneler 900°C'ye kadarki sıcaklıklarda silis esaslı agregaya ile üretilen numunelere göre daha iyi performans göstermiştir.

Silis esaslı agreganın kullanıldığı numunelerin basınç dayanımında 600°C'den sonra önemli ölçüde azalma görülmüştür. Kalker esaslı agreganın kullanıldığı gruplarda ise dayanımdaki bu belirgin azalma 900°C'den sonra gözlenmiştir.

Munsell renk dizgesinin kullanıldığı bu çalışmada, rengin tür bileşeni sıcaklık etkisi ile her iki tip agreganın kullanıldığı numunelerde de sarıdan kırmızıya doğru değişmiştir.

Silis dumanı ile kalker esaslı agregaya, uçucu kül ve yüksek fırın cürufu ile silis esaslı agregaya kullanılarak üretilen harçlar, yüksek sıcaklık etkisine maruz kaldıklarında basınç dayanımı açısından iyi sonuçlar vermiştir.

Renk bileşenlerinde meydana gelen değişim ile basınç dayanımındaki değişim arasında paralellik görülmüştür. Bu özellik, farklı agregaya türü, farklı mineral katkıları ve soğutma rejimleri için benzerlik göstermiştir. Renkteki bu değişimler, betonun maruz kaldığı sıcaklık derecesi hakkında fikir verebilir. Böylelikle yüksek sıcaklığa maruz kalan betonun basınç dayanımı tahmin edilebilir.

Yüksek sıcaklık etkisinde, harcın basınç dayanımındaki değişim ile renk bileşenleri arasında ilişki kurulmuş, agregaya türüne bağlı olarak korelasyonu yüksek iki farklı bağıntı elde edilmiştir.

Sonuç olarak bu bağıntılardan yararlanılarak yüksek sıcaklık etkisinde kalan harcın yüzey rengi ölçülecek, rengin, Tür (H), Değer (V) ve Doymuşluk (C) bileşenleri belirlenecek, harcın ve/veya betonun basınç dayanımı tahmin edilebilecektir.

Teşekkür

Yazarlar, “22-05-01-03: Yangına Maruz Yapılarda Beton Basınç Dayanımı - Renk Değişimi İlişkisi” adlı Araştırma Projesini destekleyen Y.T.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkürlerini sunarlar.

Kaynaklar

- [1] Khoury G.A., (2003), “Fire & Assessment”, International Centre for Mechanical Sciences, Course on Effect of Heat on Concrete, Udine/Italy.
- [2] Schrefler B.A., Gawin D., Khoury G.A. ve Majorana C.E., (2003), “Physical, Mathematical & Numerical Modelling”, International Centre for Mechanical Sciences, Course on Effect of Heat on Concrete, Udine/Italy.

Yüksek Sıcaklık Etkisindeki Harcın Basınç Dayanımı-Renk Değişimi İlişkisi

- [3] Kalifa P., Menneteau F.D. ve Quenard D., (2000), “Spalling and Pore Pressure in HPC at High Temperatures”, *Cement and Concrete Research*, sayı 30, sayfa 1915-1927.
- [4] Chan Y.N., Lou X. ve Sun W., (2000), “Compressive Strength and Pore Structure of High-Performance Concrete after Exposure to High Temperature up to 800°C”, *Cement and Concrete Research*, sayı 30, sayfa 247-251.
- [5] Guise S.E., Short N.R. ve Purkiss J.A., (1996), “Colour Analysis for Assessment of Fire Damaged Concrete”, *Concrete Repair, Rehabilitation and Protection, Proceeding of The International Conference Held at The University of Dundee, Scotland/UK*.
- [6] Andrade, C., Alonso, C., Khoury, G.A., (2003), “Relating Microstructure to Properties”, *Course on Effect of Heat on Concrete, International Centre for Mechanical Sciences (CISM), Italy*.
- [7] Neville, A.M., (2000), “Properties of Concrete”, Fourth Edition, Longman Scientific and Technical, USA, New York, 581-585.
- [8] Georgali, B., Tsakiridis, P.E., (2005), “Microstructure of Fire-Damaged Concrete. A Case Study.”, *Cement and Concrete Composites*, 27, 255-259.
- [9] Yüzer N., Aköz F. ve Kızılkant A.B., (2004), “Yüksek Dayanımlı Betonun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Yüksek Sıcaklık Etkisi”, *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye İnşaat Mühendisliği XVII. Teknik Kongre ve Sergisi*.
- [10] Kızılkant A.B., (2004), “Yüksek Sıcaklık Etkisinde Kalan Harcın Basınç Dayanımı-Renk Değişimi İlişkisinin Araştırılması”, *YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul*.
- [11] Sirel, Ş., (1974), “Kuramsal Renk Bilgisi”, *Kutulmuş Matbaası, İstanbul*.
- [12] Luke J.T, (1996), “The Munsell Color System : A Language for COLOR” *Fairchild Publications, ISBN: 1-56367-031-3, Printed in the USA*.
- [13] ASTM D 1535-68 (1974), “Standard Method of Specifying Color by the Munsell System”.
- [14] Yüzer,N.; Aköz, F.; Öztürk, L.D., (2004), “Compressive Strength–Color Change Relation in Mortars at High Temperature”, *Cement and Concrete Research*, 34, 1803-1807.
- [15] Yüzer,N.; Aköz, F.; Öztürk, L.D.; Kızılkant A.B., “Yangına Maruz Yapılarda Beton Basınç Dayanımı–Renk Değişimi İlişkisi”, *YTÜ BAPK, 22-05-01-03 No’lu Araştırma Projesi, 2003*.
- [16] Short, N.R., Purkiss, J.A. ve Guise, S.E., (2001), “Assesment of Fire Damaged Concrete Using Colour Image Analysis”, *Cement and Concrete Research*, 15, 9-15.