

# RENKLENDİRİCİ KATKILARIN MİMARİ BETON ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

THE EFFECTS OF COLORING ADDITIVES TO THE  
ARCHITECTURAL CONCRETE

**Mustafa Karagüler**

İstanbul Teknik Üniversitesi  
İstanbul

**Fatih Terzi**

İstanbul Teknik Üniversitesi  
İstanbul

**Şebnem Kuloğlu**

İstanbul Teknik Üniversitesi  
İstanbul

## Özet

Mimari beton üretiminde betonun renklendirilmesi için; üretimde renkli agregalar kullanmak, özel olarak renklendirilmiş renkli çimentolardan yararlanmak, beyaz ve/veya gri renkte normal portland çimentosu kullanmak veya yukarıda belirtilen seçeneklerin bazılarını bir arada kullanma olanakları vardır.

Yukarıda belirtilen renklendirme sistemleri içerisinde pigment veya pigmentli beton katkı kullanımı en yaygın yöntemlerden biridir. Pigmentlerin harç veya beton üretiminde değişik oranlarda kullanıldığı, yüksek oranlarda pigment kullanımının ise beton özelliklerini olumsuz yönde etkileyebileceği bilinmektedir.

Pigmentlerin miktarı yanında, türü de harç ve beton özellikleri üzerinde etkilidir. Bu çalışmada ise çimento ağırlığına kıyasla değişik oranlarda inorganik toz pigmentlerin harç ve beton özelliklerine olan etkisi; renk katkısı, yani pigment kullanılmadan üretilen harç ve betonların özellikleriyle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Deneylerde 4 x 4 x 16 cm boyutunda prizmatik örnekler üzerinde ultrases hızı, eğilme-çekme, basınç dayanımı deneyleri ile birlikte priz süresinin tayini, rötre, kılcallık katsayısı tayini gibi fiziksel deneyler de yapılmıştır.

Deney serilerinden ayrılan belli örnekler üzerinde U.V deneyleri yapılarak kullanılan pigmentlerin renk sabitliği araştırılmıştır ve elde edilen tüm sonuçlar bildiride karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

## Abstract

There is a possibility of pigment, colored aggregate or colored cement usage for the production of architectural concrete.

Most common way for coloring system is the usage of pigments or pigment added cements. There are some possible side effects of high ratio pigment usage in the production of concretes and mortars.

In this research, the effects of inorganic pigments to the concrete were investigated. For this purpose, on the 4 x 4 x 16 cm prismatic specimens comparatively, flexural strength, compressive strength, capillarity coefficient, ultrasound velocity and free shrinkage tests were conducted. Also, the effect of U.V on the color fastness were investigated.

## 1.GİRİŞ

Mimari beton deyimi ile üretilen beton veya betonarme elemanın dış yüzeye yansıması, yapı dış kabuğunda bir kaplama tabakası kullanılmadan görünür hale gelmesi durumu ifade edilmektedir. Bu nedenle mimari betona; “Brüt beton” veya “Görünen beton” gibi tanımlamalar da yapılmaktadır. Bazı durumlarda yapının iç mekanlarında da görünen beton kullanılmaktadır. Mimari betona pigmentler katılarak renk ve doku vermek mümkündür. Renkli beton üretiminde normal bir betondan beklenen işlenebilme, dayanım ve dayanıklılık özellikleri yanında estetik kaygılar da önemlidir. Renkli betonlarda; kullanılan pigmentlerin çimentonun prizine etkisi, renk sabitliği, ortam koşullarına dayanıklılığı, mekanik özelliklere etkisi, ısıya dayanıklılık ve suda çözünebilir tuz miktarı gibi özellikler önem kazanmaktadır. Bu sayılan özelliklerin kontrol edilmesi yanında başarılı bir renkli beton uygulaması için kullanılan kalıp sistemi ve kalıp ayırıcıların önemi de göz ardı edilmemelidir.(1, 2, 3, 4, 5)

Ülkemizde renkli beton uygulamaları yol kaplama elemanı, baskı beton uygulaması gibi sınırlı uygulamalar olarak görülmektedir.

Renkli betonların yapıda taşıyıcı elemanlarda kullanılması halinde işlenebilme, dayanım ve dayanıklılık özellikleri daha fazla önem kazanmaktadır. Pigment katkısının sayılan özelliklere olası yan etkilerinin ve ortam koşullarına bağlı olarak renk sabitliğinin nasıl etkileneceğinin ülkemizde üretilen beyaz ve normal çimentolarla uygunluğunun da göz önüne alınarak araştırılması öncelik kazanmaktadır.

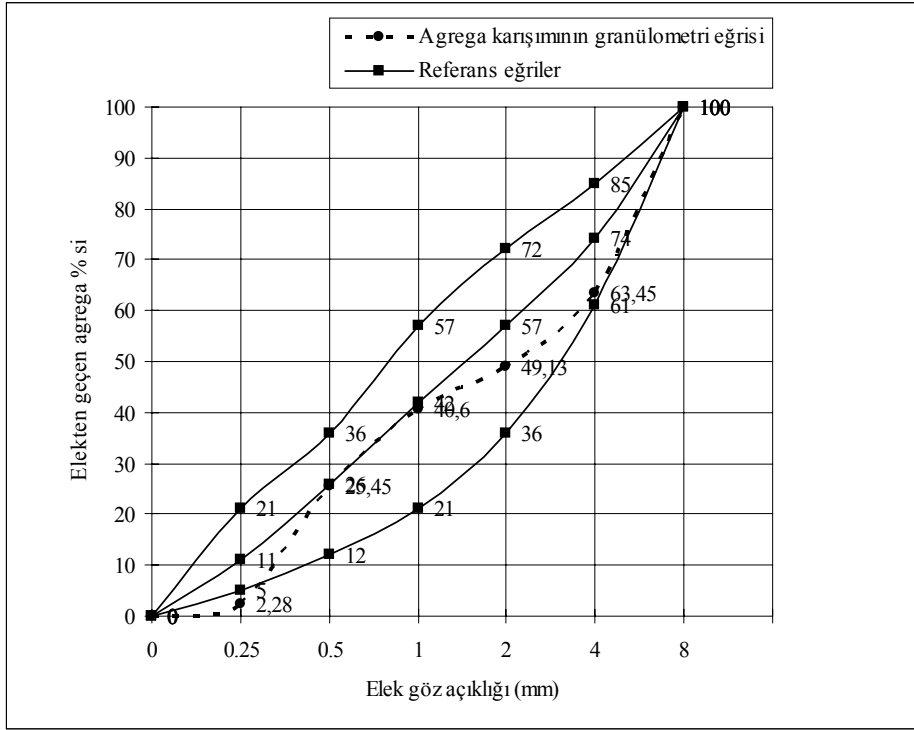
Bu amaçla toz pigment katkıların kullanımının üretilen betonların fiziksel, mekanik özelliklerini ve ortam koşullarına dayanıklılığını ne yönde etkileyebileceği deneysel olarak araştırılmıştır.

## 2.DENEYSEL ÇALIŞMA

### 2.1. Kullanılan Malzemeler

Deneysel çalışma kapsamında üretilen örneklerde ÇİMSA çimento fabrikası ürünü olan BPC 32,5 beyaz çimento kullanılmıştır. Karışımlarda agrega olarak Sakarya dere kumu,

kırmataş-2 agregası uygun granülometri elde edilecek şekilde karıştırılarak kullanılmıştır. Agregası karışımında maksimum dane çapı 8 mm'dir. Agregası karışımının granülometrisi TS 706'da verilen referans eğrilerin arasında kalacak şekilde ayarlanmıştır. Agregası karışımının granülometri eğrisi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1-Agregası karışımının granülometri eğrisi

Renk katkısı olarak Bayferrox marka inorganik toz pigmentler kullanılmıştır. Kırmızı, siyah ve sarı renkler  $Fe_2O_3$ , yeşil renk  $Cr_2O_3$  ve ultramarin mavisi ise  $Co(CrAl)_2O_4$  esaslıdır. Tablo 1'de pigmentlerin teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 1-Pigmentlerin teknik özellikleri. (\*)

Pigment Türü	Su emme (g/100g)	Gör. Yoğ. (g/cm <sup>3</sup> )	45- $\mu$ m elek üstünde kalan %	Bileşim	Suda çöz. tuz %'si	Yoğunluk %	Baskın partikül boyutu ( $\mu$ m)
Bayferrox Kırmızı 110 C	35	0,7-1,1	0,06	94-96 % $Fe_2O_3$	0,5	5,0	0,09
Bayferrox Siyah 330 C	34	0,8-1,2	0,1	92-95 % $Fe_2O_3$	1,5	4,6	0,15
Bayferrox Sarı 920 C	80	0,3-0,5	0,04	85-87 % $Fe_2O_3$	0,5	4,1	0,1 x 0,6
Bayferrox Yeşil GX	19	1,0-1,3	0,1	98,5-99,5 % $Cr_2O_3$	0,3	5,2	0,35

(\*): Bayer İnorganik Pigmentleri – Toz pigmentler teknik bilgi föyü.

	Renk Tonu	Gör. Yoğ. (g/ml)	120 mesh üzerinde kalan %	Isı Dayanımı	Işık Dayanımı	Asit Dayanımı	Alkali Dayanımı
Holliday Pig. U.Marin Mavi	Standart	1,15-1,35	< 0,5	Var	Var	Yok	Var

## 2.2. DeneY Örneklerinin Karışım Esasları ve Üretim Koşulları

DeneYlerde üretilen tüm örnekler 4 x 4 x 16 cm boyutundadır. DeneY örneklerinin karışımında; 1 m<sup>3</sup> karışım için 251 kg su, 520 kg beyaz çimento, 765 kg kum ve 809 kg kırmataş bulunacak şekilde karışım hazırlanmıştır.

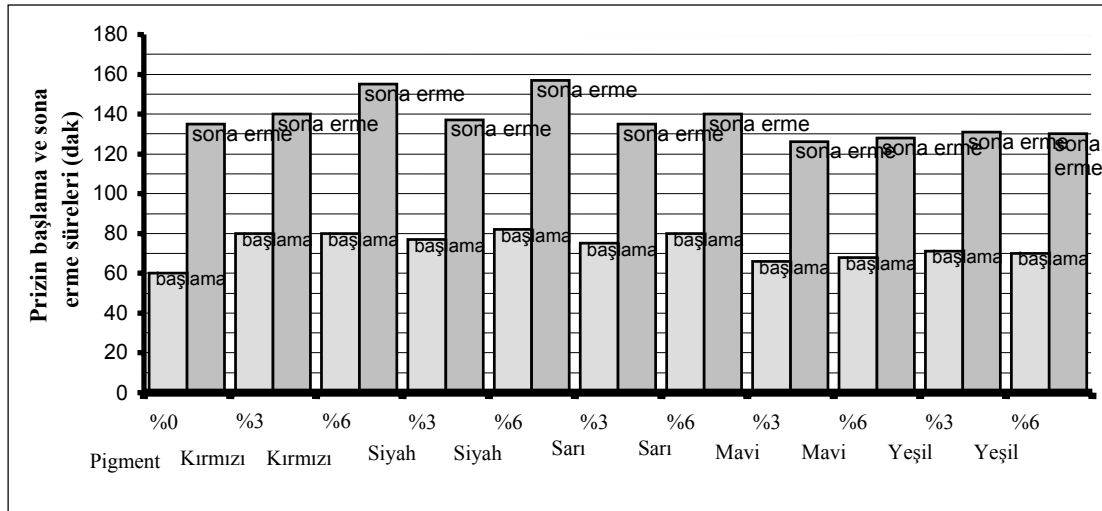
Karışımarda kontrol serisi olarak yukarıda belirtilen karışım üretilmiştir. Bu karışıma kırmızı, siyah, sarı, yeşil ve mavi pigmentler çimento ağırlığına oranla %3 ve %6 olarak katılmıştır. Toplam 11 seri üretilmiştir. Her seride üç adet örnek üzerinde ultrases hızı tayini (1, 3, 7, 14 ve 28 günlük) ve aynı örnekler üzerinde 28. günde eğilme-çekme ve basınç deneYleri gerçekleştirilmiştir. Her seride üç adet örnek üzerinde 28. günde kılcalık ve su emme deneYleri yapılmıştır. DeneY serileri için üretilen üç adet örnek üzerinde 42. güne kadar rötre ölçümleri yapılmıştır. Ultraviyole etkisini görebilmek için üretilen üç adet örneğin yarısı alüminyum folyo ile kaplanmış ve 28. gün sonunda renk değişimleri gözlenmiştir.

Taze betonların üretimi sırasında kum + kırmataş ve pigment kuru olarak karıştırılmış ardından çimento eklenerek tekrar kuru olarak karıştırma işlemi yapılmıştır. Kuru karıştırma işlemleri yaklaşık 20 sn sürmüştür. Karışıma su ilave edildikten sonra 1,5 dakika bir el mikseri kullanılarak karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Taze karışımlar üzerinde sarsma tablası kullanılarak kıvam deneYi uygulanmıştır. Taze betonlar kalıplandıktan sonra titreşim masasında 15 sn titreşim uygulanmıştır. Kalıptan çıkarılan örnekler 1 hafta süre ile nemle ortamda kürlenmiştir. Rötre örnekleri ise sürekli olarak %50 relatif nemlilikte ve + 20 °C ± 3 °C sıcaklıkta ortam koşullarında bekletilmiştir.

## 3.DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

### 3.1.Çimento Hamuru Üzerinde Yapılan DeneYler

Beton karışımlarında kullanılan beyaz çimento hiç pigment katılmaksızın, %3 ve %6 pigment katılarak pigment katkısının priz olayına etkisi incelenmiş ve elde edilen verilere bağlı olarak çizilen grafik gösterim Şekil 2’de verilmiştir.

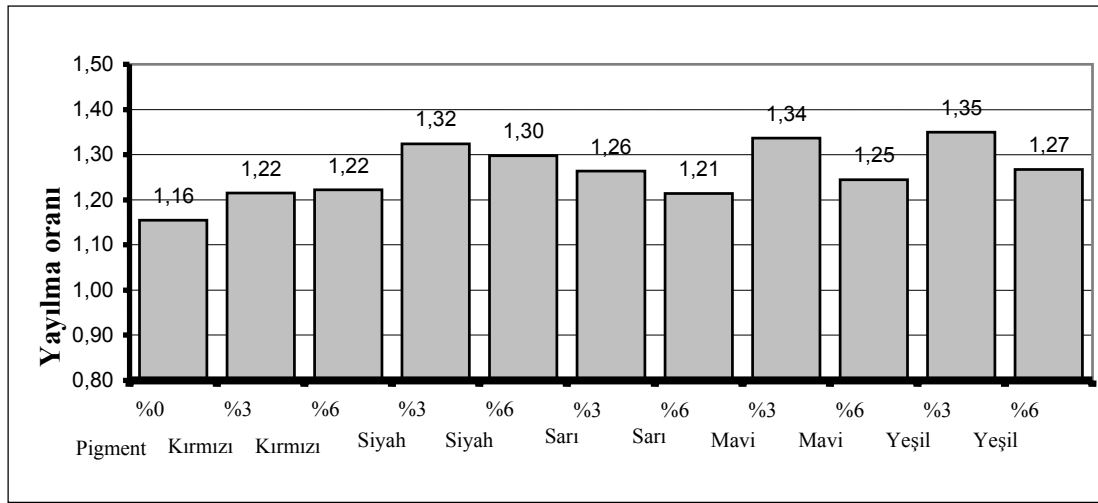


Şekil 2-Prizin başlama ve sona erme sürelerinin tayini.

Çimento hamurları üzerinde yapılan deney sonuçları incelendiği takdirde, pigment katkısının, pigment tipi ve miktarına bağlı kalmaksızın priz başlangıçlarını geciktirdiği, buna karşılık kırmızı ve siyahta priz sona erme süresinin uzamasına neden olduğu, diğer pigmentlerde ise priz sona erme süresini çok fazla etkilemediği görülmüştür. Priz sona erme sürelerindeki en belirgin etki kırmızı ve siyah pigmentin %6 olarak katıldığı serilerde görülmüştür.

### 3.2.Taze Harç Deneyleri

Taze harç deneyleri kapsamında yapılan kıvam (yayılma oranı) deneyi sonuçları Şekil 3'de verilmektedir.



Şekil 3-Taze betonda yayılma oranı tayini deneyi sonuçları.

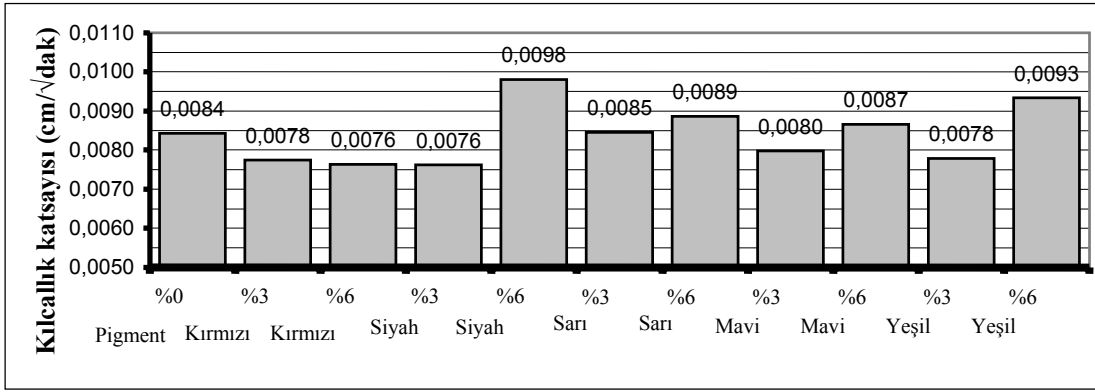
Taze betonlar üzerinde işlenebilirliğin belirlenmesi için yayılma oranı tayini deneyi uygulanmıştır. Şekil 3'de verilen deney sonuçları incelendiği takdirde tüm pigment tipleri ve her iki katkı oranı için de yayılma oranı değerleri azda artmaktadır. Ancak, artan pigment miktarlarına bağlı olarak yayılma oranı değerler daha fazla artmamakta, aksine %3 pigment katkısı halinden daha az yayılma oranı değerleri elde edilmektedir.

### 3.3.Fiziksel Deneylerin Değerlendirilmesi

Sertleşmiş betonlar üzerinde 28. günde kılcallık (kapilarite) ve atmosferik basınç altında su emme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 2'de, pigment katkısına bağlı olarak her iki özelliğin değişimi ise Şekil 4 ve 5'de görülmektedir.

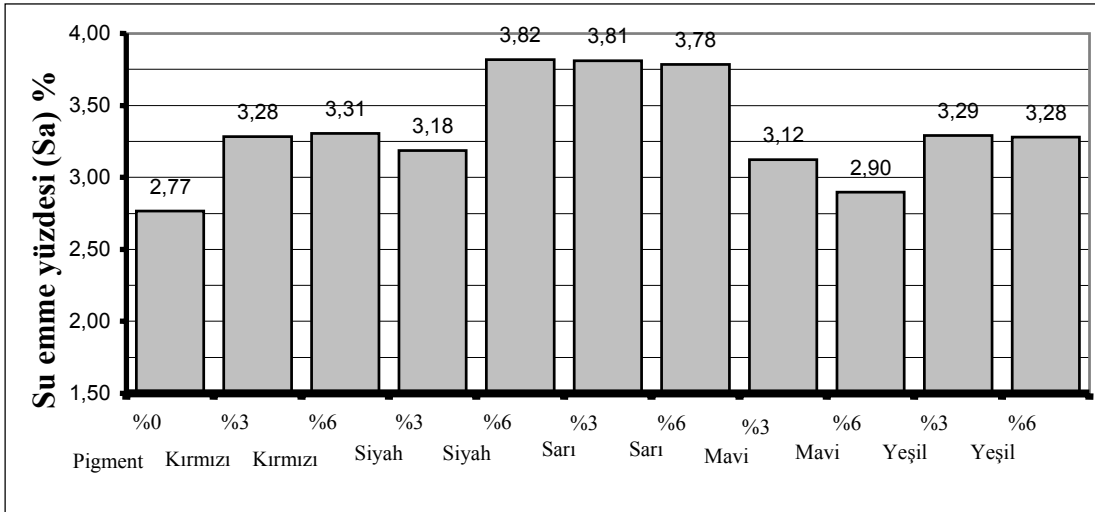
Tablo 2-Atmosferik basınç altında su emme yüzdesi ve kılcallık deneyi sonuçları.

DENEY SERİSİ	Beyaz 0%	Kırmızı 3%	Kırmızı 6%	Siyah 3%	Siyah 6%	Sarı 3%	Sarı 6%	Mavi 3%	Mavi 6%	Yeşil 3%	Yeşil 6%
Su emme %'si Atm. bas.	2,77	3,28	3,31	3,18	3,82	3,81	3,78	3,12	2,90	3,29	3,28
Ort Kıl. kat. (N)(cm/ $\sqrt{\text{dak.}}$ )	0,0084	0,0078	0,0076	0,0076	0,0098	0,0085	0,0089	0,0080	0,0087	0,0078	0,0093



Şekil 4-Kapiler su emme deneyi sonuçları.

Kapiler su emme deneyi sonuçları incelendiğinde, siyah ve yeşil pigmentlerin ağırlıkça %6 oranında katılması halinde kılcallık katsayısı sırasıyla %16 ve %11 oranında artmaktadır. Buna karşılık diğer pigment tipi ve katkı oranları için değişimler fazla anlamlı değildir.



Şekil 5-Atmosferik basınç altında su emme deneyi sonuçları

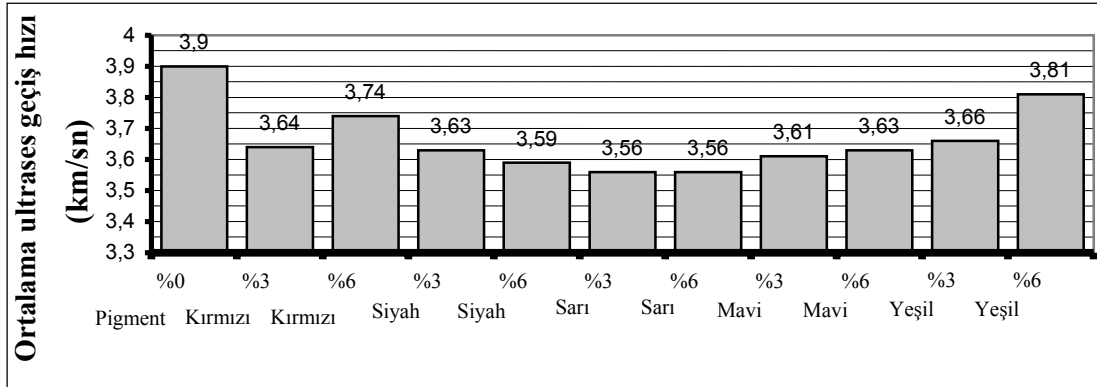
Yukarıda verilen Şekil 5 incelendiğinde, pigment katkısının, %6 mavi pigment katkısı hariç, su emme yüzdesini anlamlı miktarlarda artırdığı görülmektedir.

### 3.4.Ultrases Geçiş Hızı Tayini Deneyinin Değerlendirilmesi

Pigment katkısının üretilen betonların boşluk yapısına etkisini daha iyi anlayabilmek için bir yıkıntısız deney yöntemi olan ultrases geçiş hızı tayini deneyi yapılmıştır. Deneyler 1, 3, 7, 14 ve 28. günlerde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar topluca Tablo 3'de verilmiştir. Ayrıca 28. gün için elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak Şekil 6'da verilmiştir.

Tablo 3-Ultrases geçiş hızı değerleri

Deney Serisi	Beyaz 0%	Kırmızı 3%	Kırmızı 6%	Siyah 3%	Siyah 6%	Sarı 3%	Sarı 6%	Mavi 3%	Mavi 6%	Yeşil 3%	Yeşil 6%
1. GÜN		3,64	3,63	3,65	3,56	3,56	3,66	3,87	3,80	3,75	3,72
3. GÜN	4,02	3,69	3,63	3,80	3,84	3,97	3,97	3,81	3,75	3,87	3,93
7. GÜN	3,94	3,75	3,80	3,95	3,87	4,00	3,88	3,87	3,80	3,81	3,78
14. GÜN	4,10	3,75	3,83	3,74	3,78	3,78	3,64	3,91	3,93	3,72	3,72
28. GÜN	3,9	3,64	3,74	3,63	3,59	3,56	3,56	3,61	3,63	3,66	3,81

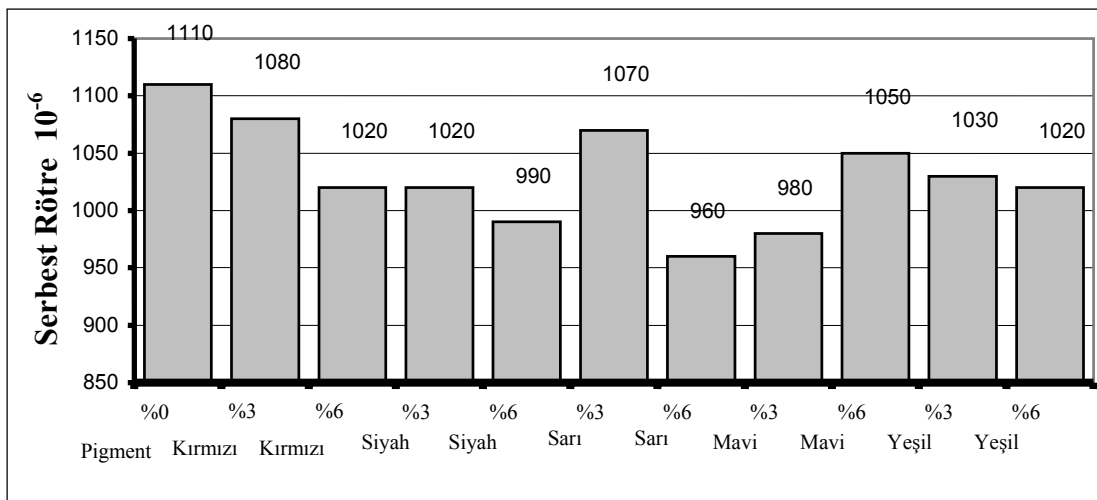


şekil 6- 28. Gündeki ultrases geçiş hızı değerlerinin karşılaştırılması

Pigment katkısı halinde ultrases geçiş hızları kontrol serisine oranla azalmakla birlikte, en fazla azalma miktarı %9 değerini aşmadığı için ultrases geçiş hızlarındaki azalmalar fazla anlamlı bulunmamıştır.

### 3.5.Rötre Deneyi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Deney örnekleri üzerinde 42. güne kadar serbest rötre ölçümleri yapılmıştır. Pigment cinsine ve yüzdesine bağlı olarak rötrede değişimi şekil 7'de görölmektedir.



şekil 7-Örneklerin 42 günlük rötre ölçüm değerleri

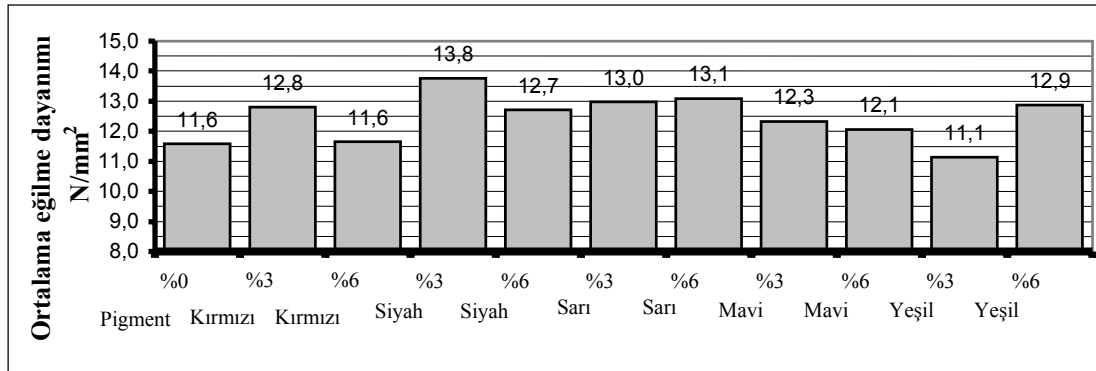
Rötre ölçümleri karşılaştırıldığı takdirde tüm deney serilerinde 42 günlük rötre değerlerinin azaldığı görülmektedir. Genel olarak, pigment katkısının artması rötre azalmasına neden olmaktadır. En belirgin rötre azalması %6 sarı pigment katılması halinde görülmektedir.

### 3.6.Mekanik Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

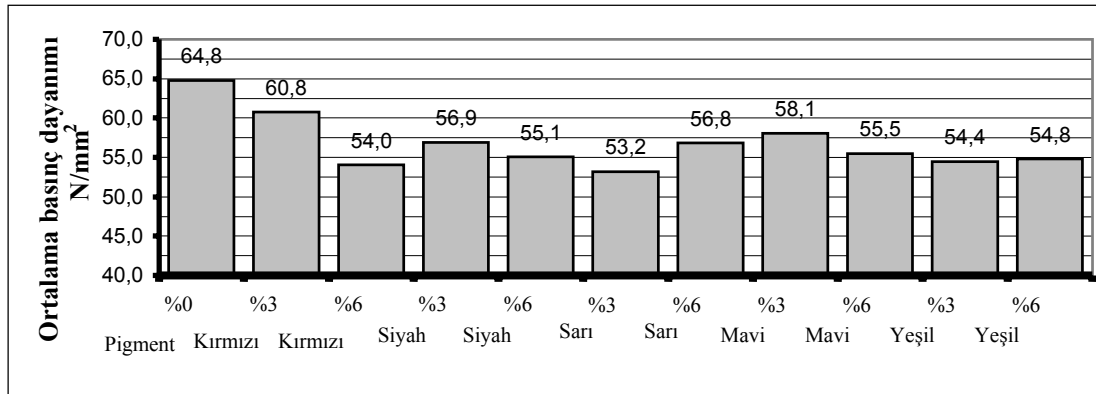
Deney serileri üzerinde 28. günde eğilme-çekme deneyi ve basınç deneyleri gerçekleştirilmiştir. Eğilme-çekme deneyi tek noktada yükleme ile gerçekleştirilmiş ve deney sonucu elde edilen parçalar üzerinde basınç deneyi yapılmıştır. Eğilme-çekme ve basınç dayanımı sonuçları Tablo 4’de, elde edilen verilere bağlı olarak çizilen grafikler Şekil 8 ve 9’da görülmektedir.

Tablo 4-Eğilme-çekme ve basınç deneyi sonuçları

Deney Serisi	Beyaz 0%	Kırmızı 3%	Kırmızı 6%	Siyah 3%	Siyah 6%	Sarı 3%	Sarı 6%	Mavi 3%	Mavi 6%	Yeşil 3%	Yeşil 6%
Eğilme Day. (N/mm <sup>2</sup> )	11,6	12,8	11,7	13,8	12,7	13,0	13,1	12,3	12,1	11,1	12,9
Basınç Day. (N/mm <sup>2</sup> )	64,8	60,8	54,2	59,6	55,1	52,0	56,8	58,1	55,5	54,4	54,8



Şekil 8-Eğilmede çekme deneyi sonuçları.



Şekil 9-Basınç deneyi sonuçları.



Mekanik deney sonuçları incelendiğinde pigment katkısının 28. günde eğilme çekme dayanımını arttırıcı yönde etkilediği, buna karşılık basınç dayanımında bir yan etki olarak düşüşlere neden olduğu, bu düşüşün artan pigment katkısı ile artma yönünde olduğu görülmektedir. Bu düşüşler %6 - %17 arasında değişmektedir. Özellikle sarı pigment katkısı halinde, optimal bir değer kabul edilebilecek %3 pigment katkısı halinde bu azalma %17 değerini bulabilmektedir.

### 3.7.Ultraviyole Etkisi Deneyi – Renk Sabitliği

Deney örneklerinden her bir seri için üçer adet örnek 400 Watt gücünde bir ultraviyole lambadan 75 cm uzaklıkta yer alacak şekilde eğrisel bir yüzey üzerine yerleştirilmiştir. Deney örnekleri 28. güne kadar ultraviyole etkisinde kaldıktan sonra alüminyum folyo kaldırılarak karşılaştırmalı olarak renk değişimleri gözlenmiştir. Kontrol işlemi; beş farklı gözlemcinin gözle kontrol etmesi şeklinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 28. gün sonunda renk tonlarında çıplak gözle fark edilebilen bir değişim gözlenmemiştir.

## 4.SONUÇLAR

Deneysel çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda toplu halde verilmektedir.

- Çimento hamurları üzerinde yapılan deney sonuçları incelendiği takdirde, pigment katkısının, pigment tipi ve miktarına bağlı kalmaksızın priz başlangıçlarını geciktirdiği, buna karşılık kırmızı ve siyahta priz sona erme süresinin uzamasına neden olduğu, diğer pigmentlerde ise priz sona erme süresini çok fazla etkilemediği görülmüştür.
- Yayılma deneyi sonuçları göz önüne alındığı takdirde tüm pigmentlerde ve her iki katkı yüzdesi için de yayılma oranı, yani işlenebilirliğin az da olsa arttığı belirlenmiştir. Artan pigment miktarının yayılma oranını daha fazla artırmadığı, aksine artışların azaldığı görülmektedir.
- Kapiler su emme deneyi sonuçları incelendiğinde, siyah ve yeşil pigmentlerin ağırlıkça %6 oranında katılması halinde kılcalık katsayısı sırasıyla %16 ve %11 oranında artmaktadır. Buna karşılık diğer pigment tipi ve katkı oranları için değişimler fazla anlamlı değildir.
- Pigment katkısı tüm serilerde su emme yüzdesini arttırmaktadır. %6 mavi pigment katkısı hariç tüm deney serilerinde artışlar anlamlıdır.
- Betona pigment katkısı ile ultrases hızlarında tüm serilerde 28. günde azalma görülmekle birlikte azalmalar %9'dan fazla değildir.
- Rötire ölçümleri karşılaştırıldığı takdirde tüm deney serilerinde 42 günlük rötire değerlerinin azaldığı görülmektedir. Genel olarak, pigment katkısının artması rötrenin azalmasına neden olmaktadır. En belirgin rötire azalması %6 sarı pigment katılması halinde görülmektedir.
- Mekanik deney sonuçları incelendiğinde pigment katkısının 28. günde eğilme çekme dayanımını arttırıcı yönde etkilediği, buna karşılık basınç dayanımında bir yan etki olarak düşüşlere neden olduğu, bu düşüşün artan pigment katkısı ile artma yönünde olduğu görülmektedir. Bu düşüşler %6 - %17 arasında değişmektedir. Özellikle sarı pigment katkısı halinde, optimal bir değer kabul edilebilecek %3 pigment katkısı halinde bu azalma %17 değerini bulabilmektedir.
- Ultraviyole ışınları etkisi altında pigment katkılı örnekler ve kontrol serisi üzerinde 28. günde renk değişimleri gözlenmemiştir.

- Renkli beton üretiminde pigment kullanımının beton özellikleri üzerinde olası yan etkileri özellikle taşıyıcı yapı elemanlarının tasarımı halinde daha özenle araştırılmalıdır. Bu çalışmada tek tür beyaz çimento kullanılmıştır. Ancak ülkemizdeki diğer çimento fabrikalarında üretilen ürünler (beyaz çimento veya normal portland çimentosu) kullanılırken ön deneyler yapılarak pigmentlerle uyumu ve olası yan etkiler gözden geçirilmelidir.

## Kaynaklar

1. Karagüler, M., “*Mimarlıkta Beton, Mimari Beton*”, THBB Hazır Beton Dergisi, Sayı 53, sayfa: 56, 2002.
2. Karagüler, M., “*Mimari Beton ve Kalıp*”, THBB Hazır Beton Dergisi, Sayı 57, sayfa: 68, 2003.
3. Püttbach, E., “*New Pigments for the Coloring of Construction Materials Processing Advantages at Zero Tariff*”, Magazine of Concrete Precasting Plant and Technology, Issue 8, pp.104-107, 1997.
4. Hahn, U., “*Colored Concrete – Nature Has The Aggregates*”, Magazine of Concrete Precasting Plant and Technology, BFT 1, Page78-88, 1998.
5. Busken, E.V.D., “*Innovations in Concrete Block Paving in Belgium*”, Proceedings of I. International Symposium for Street Furniture, 2001.