

# RÖTRE AZALTICI KATKI MALZEMELERİ

**Turgay KADIOĞLU, Cengiz ŞENGÜL, Özkan ŞENGÜL**  
**Yılmaz AKKAYA, Mehmet Ali TAŞDEMİR**  
İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi  
İstanbul, Türkiye

## ÖZET

Sunulan bu çalışmanın temel amacı rötre azaltıcı katkı malzemelerinin beton özelliklerine etkilerini incelemektir. Çalışmada iki farklı rötre azaltıcı katkı maddesi kullanılarak iki farklı su/çimento oranında beton ve harç numuneler üretildi. Bunlara ilave olarak kontrol karışımları da hazırlanarak tüm numuneler üzerinde rötre ölçümleri yapıldı. Harç fazındaki numunelerin ağırlık kayıpları ölçüldü. Ayrıca betonların basınç dayanımları da belirlendi. Elde edilen deney sonuçları, rötre azaltıcı katkı içeren karışımlarda kontrol numunelerine göre daha az rötre meydana geldiğini göstermektedir. Bu azalma yüksek su/çimento oranında daha belirgindir. Çalışmada kullanılan rötre azaltıcı katkılardan birinin diğerine göre biraz daha etkili olduğu görülmüştür. Rötre azaltıcı katkılı beton numunelerin basınç dayanımları katkısız numunelere göre daha düşük elde edilmiştir. Harç fazında katkılı numuneler daha çok ağırlık kaybetmelerine karşın daha az rötre yapmışlardır.

## GİRİŞ

Betondaki suyun çeşitli etkiler nedeniyle azalması sonucu çimento matrisinde iç gerilmeler oluşur ve betonda büzülme meydana gelir. Betonda su kaybının neden olduğu bu hacimsel değişik rötre olarak isimlendirilir. Rötre çatlakları, beton veya betonarme yapı elemanlarının hem görünüşünü hem dayanım ve dayanıklılığını olumsuz etkiler. Otopark zemin kaplamalarında, havaalanları pistlerinde, betonarme perde duvarlarda, dış cephe prekast elemanlarda, köprü ayaklarında, liman yapılarında rötre büyük önem taşır. Çeşitli kimyasal etkilere maruz kalan betonarme yapı elemanlarında rötrenin neden olduğu çatlaklardan dolayı zararlı maddelerin beton içine girişi ve

taşınımı kolaylaştırır, buna bağlı olarak örneğin donatının korozyona uğraması daha kısa sürede gerçekleşebilir. Kısacası rötre sonucu oluşan çatlaklar yapının servis ömrünü etkileyen önemli faktörlerden biridir. Beton oluşturulan malzemeler ve kür koşulları ile yüzey/hacim oranı gibi yapı özellikleri rötre miktarında etkili olur. Beton karışımının optimize edilmesi ve uygun kür koşulları ile rötre miktarı ve rötre çatlakları azaltılabilir [1].

Betonda rötreyi azaltmak için kullanılacak yöntemlerden bir tanesi de rötre azaltıcı katkı kullanmaktır [2]. Düşük viskoziteye sahip olmaları bu katkı maddelerin en önemli özelliğidir. Non-iyonik yüzey aktif malzemeler olan rötre azaltıcı katkıları genellikle poli-alkalin ether bazlı maddelerdir [3]. Suya %1 oranında rötre azaltıcı eklentisi ile su – rötre azaltıcı katkı karışımının yüzey geriliminde %30'lara ulaşan bir azalma görülebilmektedir [3,4]. Yapılan deneysel bir çalışmada kullanım oranlarına bağlı olarak suyun yüzey gerilimi % 54 azaltılmıştır [5]. Kapiler boşluklardaki su kolaylıkla beton bünyesinden uzaklaşabilir. Kapiler gerilmelerin etkisiyle su yüzeyinde oluşan menisk haline bağlı olarak beton içerisindeki suyun dışarı çıkışı gerçekleşir. Boşluğu dolduran sıvının yüzey gerilimi kapiler gerilmeler ile orantılıdır. Kapiler gerilmeler ise rötre deformasyonları ile ilişkilidir [6]. Boşluklardaki suyun çıkışıyla birlikte C-S-H taneleri birbirlerine yaklaşmaya başlar. İyice yaklaşan C-S-H taneleri belirli bir mesafeden sonra Van der Waals bağları etkisiyle bu çekim kuvvetini iyice artırarak birbirleri arasındaki mesafeyi çok hızlı bir şekilde daraltmaya devam ederler. Rötre azaltıcı katkı maddeleri ise birbirini takip eden bu seri olayların birinci adımında, düşük viskoziteye bağlı olarak sudaki kapiler gerilmelerin oluşumunu azaltarak rötreyi kontrol altında tutabilir. Böylece C-S-H tanelerinin birbirlerine yaklaşma mesafesi korunmuş olur. Yüzey gerilimini düşüren moleküller çimento hidrasyon ürünleri tarafından absorbe edildiği için rötre azaltıcı katkıların etkinlikleri zamanla azalabilir.

Rötre azaltıcı katkıları kuruma rötrelere yanında düşük su/çimentolu karışımlarda otojen rötreyi de azaltmak için kullanılabilir [7]. Beton kür suyunun belirli oranda rötre azaltıcı katkı malzemesi içermesi durumunda betonun kuruma profilinin değiştiği, buna bağlı olarak buharlaşmanın azaldığı ve hidrasyon derecesinin arttığı görülmüştür [8]. Böyle bir sonuç ise bu katkıların beton kümrünü iyileştirmek amacıyla da kullanılabilirliği ortaya koymaktadır.

Rötre azaltıcı katkıların beton boşluk yapısının etkilemesi sonucu çimento hidrasyonları yavaşlayabilir, buna bağlı olarak ise beton dayanımları olumsuz etkilenebilmektedir [6]. Rötre azaltıcı katkı maddelerinin beton boşluk suyu yüzey gerilmesini azaltmanın yanında boşluk suyu viskozitesini de arttırdığı, bunun sonucunda ise difüzyon katsayılarının ve beton geçirimsizliklerinin

azalabileceği de ifade edilmektedir [9]. Buna karşın, yapılan deneysel bir çalışmada rötre azaltıcı katkı kullanılarak üretilen betonların hızlı klor geçirimsizlik değerlerinde kontrol betonlarına göre kayda değer bir değişim olmadığı görülmüştür [10].

### AMAC

Bu çalışmanın temel amacı rötre azaltıcı katkıların bazı beton özelliklerine etkilerini incelemektir. Çalışmada iki farklı rötre azaltıcı katkı maddesi kullanılmasıyla iki farklı su/çimento oranında beton ve harç numuneleri üretilerek rötre ölçümleri gerçekleştirildi. Harç numunelerinde zamanla meydana gelen ağırlık kayıpları da ölçüldü.

### DENEYSEL ÇALIŞMA

#### Kullanılan Malzemeler ve Üretilen Karışımlar

Çalışmada aynı agregaya ve portland çimentosu kullanılarak 0,33 ve 0,53 su/çimento oranlarında iki seri beton üretildi. Bu serilerde iki farklı rötre azaltıcı katkı malzemesi kullanılarak karışımlar hazırlandı. Bu karışımların yanında katkı içermeyen kontrol bileşimleri de üretildi. Hazırlanan tüm betonlarda agregaya türü ve agregaya maksimum tane boyutu sabit tutuldu. Düşük su/çimentolu betonlarda betonlarda yeterli işlenebilmeyi sağlayabilmek için akışkanlaştırıcı katkı maddesi de kullanıldı. Üretilen karışımların bileşimleri ve bazı taze beton özellikleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Beton bileşimleri ve bazı taze beton özellikleri

	53SRA0	53SRA1	53SRA2	33SRA0	33SRA1	33SRA2
Çimento (kg/m <sup>3</sup> )	400	400	400	400	400	400
Su (kg/m <sup>3</sup> )	212	212	212	132	132	132
Doğal Kum (kg/m <sup>3</sup> )	391	387	387	437	432	432
Kırma Kum (kg/m <sup>3</sup> )	453	447	447	506	500	500
Kırmaş I (kg/m <sup>3</sup> )	367	362	362	410	405	405
Kırmaş II (kg/m <sup>3</sup> )	524	518	518	586	579	579
Akışkanlaştırıcı (kg/m <sup>3</sup> )	0	0	0	5,2	5,2	5,2
Rötre azaltıcı (SRA) (kg/m <sup>3</sup> )	0	8	8	0,0	8,0	8,0
Su/Çimento	0,53	0,53	0,53	0,33	0,33	0,33
(Su+SRA)/Çimento	0,53	0,55	0,55	0,33	0,35	0,35
SRA/Çimento	0	2%	2%	0	2%	2%
Çökme (cm)	9	13	13	17	22	21
Birim Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	2380	2390	2370	2540	2500	2500

Üretilen betonlar 53SRAx veya 33SRAx olarak isimlendirildi. Burada 53 ve 33 betonun su/çimento oranını ifade etmektedir. 53SRA su/çimento oranı 0,53 olan betonu, 33SRA ise 0,33 olan betonu göstermektedir. SRA'dan sonra gelen 0 rakamı betonda rötre azaltıcı katkı olmadığını, 1 ve 2 rakamları ise katkı içeren karışımları ifade etmektedir. SRA1 ve SRA2 olarak isimlendirilen rötre azaltıcı katkıların oranları tüm betonlarda çimento ağırlığının %2'si olarak sabit oranda kullanılmıştır.

Betonlara ilave olarak, bu betonların harç fazları da çalışmada üretildi. Bu harç fazlarında çimento, su ile doğal ve kırma kum kullanıldı. Kullanılan agreganın maksimum tane boyutu 4 mm olduğu için daha küçük numunelerin üretilmesi mümkün oldu. Bu harç bileşimleri Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Harç bileşimleri ve bazı taze beton özellikleri

	53SRA0	53SRA1	53SRA2	33SRA0	33SRA1	33SRA2
Çimento (kg/m <sup>3</sup> )	600	597	597	640	635	635
Su (kg/m <sup>3</sup> )	318	316	316	210	210	210
Doğal Kum (kg/m <sup>3</sup> )	588	577	577	700	685	685
Kırma Kum (kg/m <sup>3</sup> )	680	667	667	807	793	793
Akışkanlaştırıcı (kg/m <sup>3</sup> )	0	0	0	8,3	8,3	8,3
SRA (kg/m <sup>3</sup> )	0	12	12	0,0	12,7	12,7
Su/Çimento	0,53	0,53	0,53	0,33	0,33	0,33
(Su+SRA)/Çimento	0,53	0,55	0,55	0,33	0,35	0,35
SRA/Çimento	0	2%	2%	0	2%	2%
Yayılma (cm)	40cm/3sn	45cm/3sn	45cm/3sn	80cm/ 20sn	80cm/ 15sn	80cm/ 15sn
Birim Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	2230	2220	2230	2350	2340	2350

Tablo 1 ve Tablo 2 incelendiğinde rötre azaltıcı katkıların işlebilmeyi arttırdığı görülür. 0,53 su/çimento oranı için normal betonun çökmesi 9 cm iken katkılı betonlarda çökme 13 cm'e çıkmaktadır. Benzer durum düşük su/çimento oranlı beton için de geçerlidir. Harçlarda ise yayılma çapları artmış, aybı yayılma çapına ulaşma süreleri ise azalmıştır.

### Yapılan Deneyler

Üretilen beton karışımlarının basınç dayanımlarını belirlemek için Ø100x200mm silindir numuneler, rötre ölçümleri için ise 100x100x500 mm boyutlu prizma numuneler hazırlandı. Harç numunelerdeki rötre ölçümleri için ise 40x40x160 mm ebatlı prizmalar üretildi. Üretilen numuneler 24 saat sonra kalıplardan çıkartıldı. Basınç deneyi uygulanan numuneler deneyin

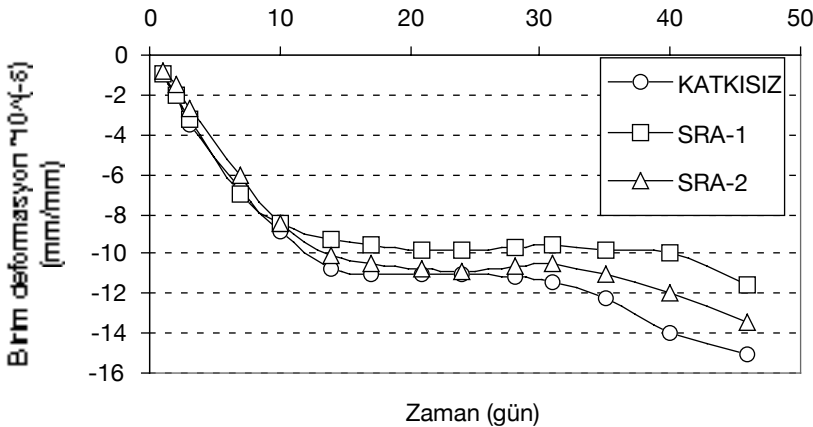
yapılacağı 28. güne kadar su içinde bekletilirken rötre deneyi için kullanılan numuneler ise 20°C sabit sıcaklık ve %50 rutubete sahip laboratuvarında tutularak belirli aralıklarla numunelerde oluşan boy değişimleri ölçüldü. Belirlenen bu boy değişimleri kullanılarak numunelerde oluşan birim deformasyonun zamanla değişimi elde edildi. Rötre ölçümlerine ilave olarak harç numunelerdeki ağırlık kayıpları da belirlendi. Tüm deneyler 4'er adet numune üzerinde gerçekleştirildi.

## DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

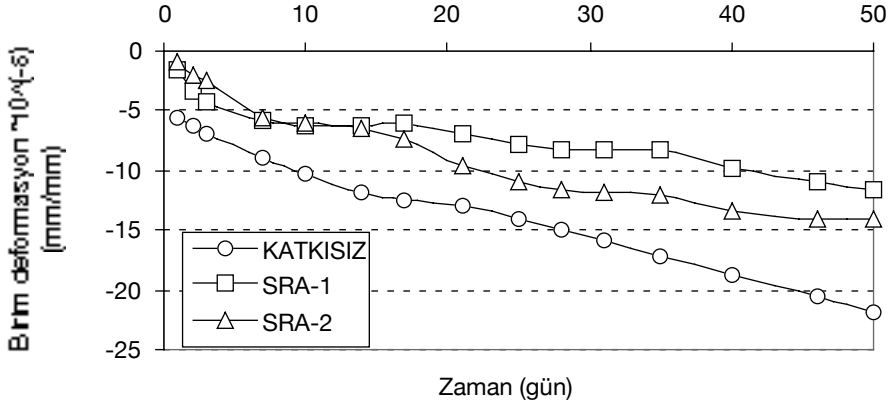
### Rötre Ölçümleri

#### *Beton Karışımları*

Rötre azaltıcı katkı kullanımının beton numunelerindeki rötre etkileri Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmektedir. Şekil 1'de görüldüğü gibi düşük su/çimento oranlı karışımlar için rötre azaltıcı katkıların etkileri ilk günlerde belirgin değildir. Daha sonraki günlerde ise rötre azaltıcı katkı içermeyen numunelerde ölçülen rötrenin daha fazla olduğu görülmektedir. Bu su/çimento oranıyla üretilen betonlarda için SRA-1 katkısı içeren karışımlarda rötrenin diğerlerine göre en az olduğu şekilden görülmektedir.



Şekil 1. Rötre azaltıcı katkıların 0,33 su/çimento oranına sahip betonlarda rötreye etkisi



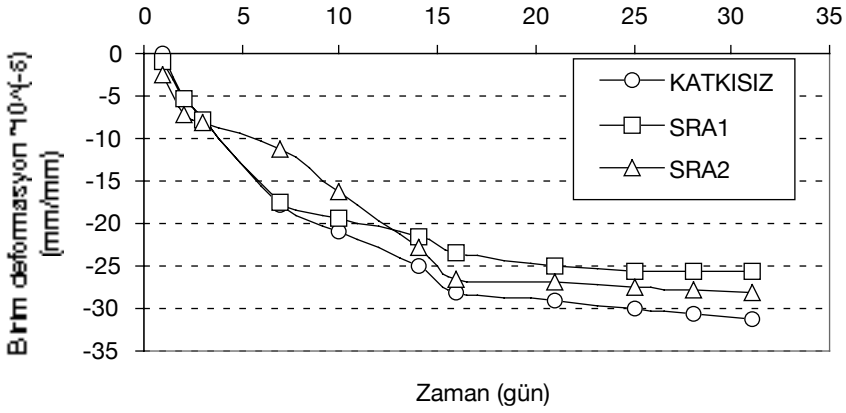
Şekil 2. Rötreye azaltıcı katkıların 0,53 su/çimento oranına sahip betonlarda rötreye etkisi

Yüksek su/çimento oranlarına sahip betonlarda da SRA-1 katkısı içeren karışımlarda ölçülen rötreye değerleri en düşüktür, katkısız betonların rötresi ise diğerlerine göre çok daha fazladır (Şekil 2). SRA-1 kullanılmış beton numuneler katkısız numuneye göre son günlerde ortalama % 46 oranında rötreyi azaltırken SRA-2 katkısı aynı sürede rötreyi yaklaşık % 35 oranında azaltmıştır.

Şekil 1 ve 2 karşılaştırıldığında su/çimento oranının artmasıyla birlikte rötrenin de arttığı görülmektedir. Fazla miktarda su içeren karışımlarda suyun kaybolmasıyla oluşacak rötreye de fazla olacaktır. Şekillerden görüldüğü gibi SRA-1 ve SRA-2 katkılı beton numunelerinde ise su/çimento oranı artışıyla rötreye miktarlarında kayda değer bir değişim elde edilmemiştir.

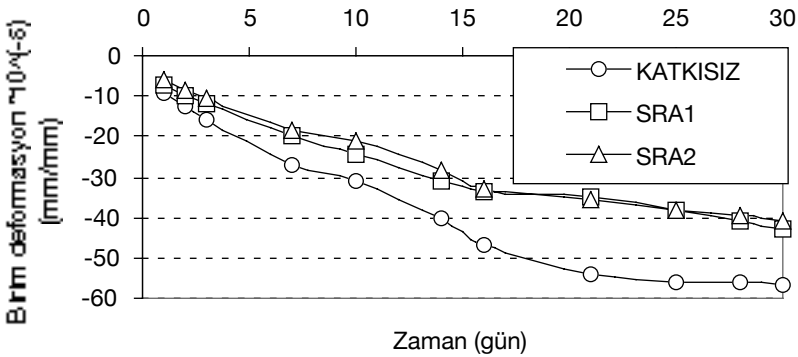
### Harç Karışımları

Rötreye azaltıcı katkıların 0,33 su/çimento oranına sahip harçlarda rötreye etkisi Şekil 3'de görülmektedir. Beton karışımlarında elde edilen sonuçlara benzer şekilde, katkı içeren harç numunelerde ölçülen rötreye değerleri kontrol betonuna göre daha düşüktür. 0,33 su/çimento oranlı harçlarda beton karışımlarına benzer şekilde ilk günlerdeki sonuçlar birbirlerine çok yakındır. Sonraki günlerde ise numuneler arasındaki farklar belirgenleşmiş, SRA-1 katkısı yaklaşık % 18 oranında, SRA-2 katkısı ise yaklaşık % 10 oranında rötreyi azaltmıştır.



Şekil 3. Rötreye azaltıcı katkıların 0,33 su/çimento oranına sahip harçlarda rötreye etkisi

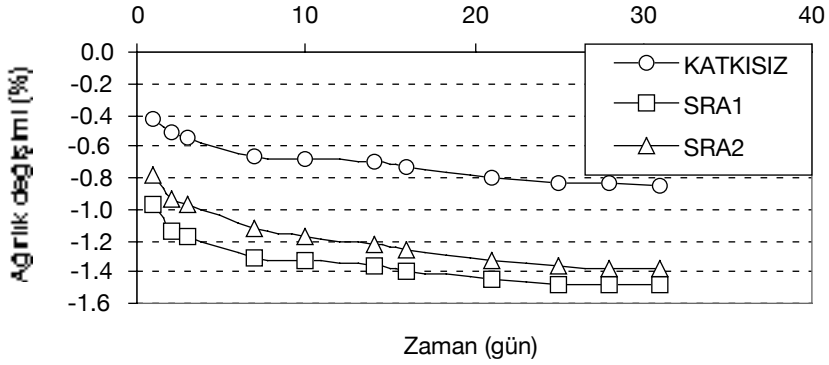
Yüksek su/çimento oranına sahip harçlarda rötreye azaltıcı katkıların etkisi daha belirgindir. Şekil 4'ten görüldüğü gibi ilk günlerden itibaren bu katkıları içeren harçlarda ölçülen rötreye kontrol karışımına göre daha azdır. Rötreye azaltıcı katkı içeren karışımlardan elde edilen sonuçlar arasında ise fazla bir fark elde edilmemiştir. Şekil 3 ve Şekil 4 karşılaştırılırsa su/çimento oranının etkisi de ortaya konulabilir. Betonda elde edilen sonuçlara benzer şekilde yüksek su/çimento oranına sahip numunelerdeki rötreye daha fazla gerçekleşmiştir.



Şekil 4. Rötreye azaltıcı katkıların 0,53 su/çimento oranına sahip harçlarda rötreye etkisi

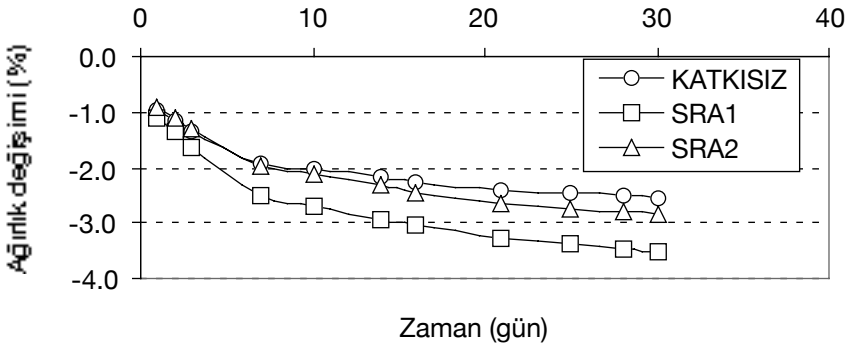
### Ağırlık Kaybı

Harç numunelerin ağırlıklarının zamanla değişimleri kaydedildi. Şekil 5'de görüldüğü gibi su/çimento oranı 0,33 olan harç karışımlarında ağırlık kaybı en çok SRA-1 katkılı harçta, ardından SRA-2 katkılı harçta meydana gelmiştir. Katkısız kontrol karışımında ise ağırlık kaybı en azdır. Benzer durum yüksek su/çimento oranında da geçerlidir (Şekil 6).



Şekil 5. 0,33 su/çimento oranına sahip harçlarda ağırlık değişimi

Şekil 5'te görüldüğü gibi düşük su/çimento oranı için rötre azaltıcı katkı içeren ve içermeyen numuneler karşılaştırıldığında aralarındaki ağırlık kayıpları belirgindir. Yüksek su/çimento oranı için ise katkılı ve katkısız numuneler arasındaki farklar nispeten daha azdır.



Şekil 6. 0,53 su/çimento oranına sahip harçlarda ağırlık değişimi



### Basınç Dayanımı

Üretilen betonların 28 günlük basınç dayanımları Tablo 3’de verilmektedir. Görüldüğü gibi ağırlıkça % 2 oranında rötre azaltıcı katkı içeren betonların dayanımları kontrol betonlarından düşüktür. 0,33 su/çimento oranı için SRA-2 katkılı numunelerin basınç dayanımları normal betona göre % 18 düşük dayanımlıdır. SRA-1 katkılı numunelerde ise bu dayanım azalması % 25’e ulaşmıştır.

Tablo 3: Rötre azaltıcı katkıların beton basınç dayanımına etkisi

Su/çimento oranı:	Basınç dayanımı (MPa)	
	0,33	0,53
Katkısız	90	51
SRA-1 Katkılı	68	44
SRA-2 Katkılı	77	47

Yüksek su/çimento oranlı betonların dayanımlarda da azalmalar söz konusudur. Katkısız kontrol betonu ile karşılaştırıldığında SRA-2 katkılı numunelerde % 8, SRA-1 katkılı numunelerde ise % 14 oranında dayanım kaybı meydana gelmiştir. Rötre azaltıcı katkı içeren betonlarda dayanımların azalması başka çalışmalarda da elde edilmiştir [10]. Bu durum rötre azaltıcı katkının çimento hidrasyonu üzerindeki etkilerine ve kür koşullarına bağlı olarak gelişebilir.

### SONUÇ

Bu çalışmada aynı oranda rötre azaltıcı katkı içeren beton ve harç numunelerde rötre ölçümleri yapılmıştır. Laboratuvarda sınırlı sayıda numune üzerinde yürütülen bu deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmektedir:

1. Rötre azaltıcı katkı içeren beton ve harç numunelerde elde edilen rötre değerleri kontrol karışımlarına göre daha daha yüksektir. Kullanılan katkılardan biri diğerine göre daha etkilidir.
2. Rötre azaltıcı katkı içeren harçlarda ağırlık kaybı daha fazla gerçekleşmiştir. Düşük su/çimento oranlı harçlarda rötre azaltıcı katkı içeren ve içermeyen numuneler arasındaki ağırlık kayıpları belirgindir
3. Rötre azaltıcı katkı içeren betonların basınç dayanımları daha düşüktür. Dayanımdaki bu azalma % 25’e kadar ulaşmıştır.

**KAYNAKLAR**

1. Neville, A.M., 2004. Properties of Concrete, Pearson Prentice Hall, Essex, 804 pp.
2. Nmai, C.K., Tomita, R., Hondo, F. ve Buffenbarger, J., "Shrinkage reducing admixtures", *Concrete International*, April 1998, pp. 31-37.
3. Rongbing, B. ve Jian, S., "Synthesis and evaluation of shrinkage-reducing admixture for cementitious materials", *Cement and Concrete Research*, 35, 2005, pp. 445 – 448.
4. Ai, H., and Young, J.F., 1997. "Mechanisms of Shrinkage Reduction Using a Chemical Admixture," 10th International Congress on the Chemistry of Cement, ed. Justnes, H., Gothenburg, Sweden, Vol. 3, pp. 18 - 27 .
5. Pease, B.J., "The role of shrinkage reducing admixtures on shrinkage, stress development, and cracking", MSc. Thesis, Purdue University, 2005, 236 p.
6. Bentz, D.P. ve Olsen, O.M., "Mitigation strategies for autogenous shrinkage cracking", *Cement and Concrete Composites*, Vol. 26, 2004, pp. 677 – 685.
7. Bentz, D.P., Geiker, M.R. ve Hansen, K.K., "Shrinkage-reducing admixtures and early-age desiccation in cement pastes and mortars", *Cement and Concrete Research*, 31, 2001, pp. 1075–1085.
8. Bentz, D.P., "Curing with Shrinkage reducing admixtures", *Concrete International*, October 2005, pp. 55 – 60.
9. Bentz, D.P., "Influence of Shrinkage-Reducing Admixtures on Early-Age Properties of Cement Pastes", *Journal of Advanced Concrete Technology*, 4 (3), 2006, pp. 423-429.
10. Folliard, K.J. ve Berke, N.S., "Properties of high-performance concrete containing shrinkage-reducing admixture", *Cement and Concrete Research*, 27, 1997, pp. 1357 – 1367.