

KİMYASAL KATKILARDAKİ HİDROLİZ SÜRECİNİN TAZE VE SERTLEŞMİŞ BETON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Gökhan Kaplan¹, İlknur Bekem²

ÖZET

Son yıllarda hazır beton sektöründe sağladığı avantajlar sebebiyle kullanımı artık zorunlu hale gelen kimyasal katkıları, taze ve sertleşmiş betonun özelliklerini geliştirmek için karışım esnasında betona ilave edilen maddelerdir. Günümüzde kullanılan kimyasal katkıları genellikle polimer esaslıdır. Farklı kökene sahip polimerler kullanılarak üretilen kimyasal katkıları betonun, mekanik, geçirimsizlik ve buna paralel olarak dayanıklılık özelliklerini geliştirmektedir. Kimyasal katkıları üzerine literatür taraması yapıldığında, çalışmaların genellikle katkı maddesi-çimento uyumluluğu üzerine yoğunlaştığı görülmektedir.

Bu çalışmada katkı maddesi-su etkileşiminin taze ve sertleşmiş beton üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda kimyasal katkı maddelerinden süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkısı tercih edilerek; 0, 5, 15, 30, 45 ve 60 dakika süre ile su içerisinde bekletilerek hidroliz işlemine tabi tutulmuştur. Belirtilen süreler sonunda süper akışkanlaştırıcı beton karışımına ilave edilerek, 6 tür beton üretilmiştir. Taze ve sertleşmiş betonlar üzerinde çökme miktarı, yüzey sertliği, su emme ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, kimyasal katkının 60 dakika su içerisinde bekletilmesi ile üretilen beton türünün çökme değerinde, %21 oranında artış sağlanmıştır. Kimyasal katkının 15 ve 30 dakika su içerisinde bekletme işlemi sonucunda ise 28 günlük basınç dayanımı sırasıyla %3 ve %5 oranında artmıştır. Kimyasal katkı maddesinin farklı süreler hidrolize (suda bekletilmesi) edildikten sonra beton içerisinde kullanılmasının, taze ve sertleşmiş beton özellikleri üzerinde aynı etkileri göstermediği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kimyasal katkı, naftalin sülfonat, hidroliz, polimerler

EFFECTS OF HYDROLYSIS PROCESS IN CHEMICAL ADDITIVES ON FRESH AND HARDENED CONCRETE PROPERTIES

ABSTRACT

The use of chemical additives due to the advantages for ready-mixed concrete industry has become obligatory in recent years. Chemical additives are substances added to improve the properties of the fresh and hardened concrete during the concrete mix. Chemical additives that are used on today are often based polymer. Chemical additives that produced with using different origin polymers, improve mechanical, impermeability and durability of concrete. Looking at literature on chemical additives, studies generally are focused on additive-cement compatibility.

In this study, the effects of additive-water interaction, is examined on fresh and hardened concrete. In this context, super plasticizer admixture is preferred. It is subjected to hydrolysis to stand in water for 0, 5, 15, 30 and 60 minutes. At the end of the specified period, 6 types of concrete produced by adding a super plasticizer to concrete mix. The amount of slump, surface hardness, water absorption and compressive strength tests were performed on fresh and hardened concrete. In conclusion, slump value of the concrete type produced by chemical additives suspended in water for 60 minutes, has been increased by 21%. As a result of chemical additives incubation for 15 and 30 minutes in water, the 28-day compressive strength increased by 3% and 5%, respectively. After chemical additives having been different durations hydrolyzed (to stand in water), the use of them in concrete, did not show the same effects on the fresh and hardened concrete properties.

Keywords: Chemical additives, naphthalene sulfonate, hydrolysis, polymers.

¹Öğretim Görevlisi, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu MYO, İnşaat Bölümü, kaplangokhan@yahoo.com

²Öğretim Görevlisi Doktor, Ahi Evran Üniversitesi, Kaman MYO, İnşaat Bölümü, ilknurbekem@yandex.com

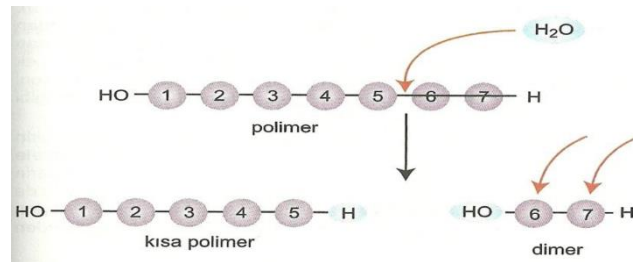
Giriş

Akışkanlaştırıcı kimyasal katkıları genel anlamıyla betonun kıvamını sabit tutarak daha az karışım suyu ile yapılmasını sağlayan veya karışım suyu miktarı değiştirilmediği takdirde betonun kıvamını artıran maddelerdir. Akışkanlaştırıcı katkıları sırasıyla ligno, melamin ve naftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcılar ve son olarak polikarboksilat esaslı hiper akışkanlaştırıcılar olarak gelişme göstermişlerdir (Sağlam, Parlak ve Özkul, 2007; Neville, 2003; Felekoğlu ve Tuncel, 2004).

Çimento ve süper akışkanlaştırıcı arasındaki uyum, özelliklerinden kaynaklanan çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Çimentonun kimyasal kompozisyonu, inceliği ve içerdiği sülfatların çözünürlüğü gibi faktörler, yüksek performanslı betonların reolojik özelliklerini etkileyen en önemli faktördür (Ramyar, 2007; Tangit ve Aitcin, 1993).

Araştırmacılar, boşluk çözeltisindeki alkali içeriğinin artması ile C₃A'nın çözünürlüğünün, dolayısıyla etrenjit oluşumunun arttığını belirtmiştir (Jiang, Kim ve Aitcin, 1993; Dodson ve Hayden, 1989; Gül, 2010). Süper akışkanlaştırıcı katkı içeren çimento hamurlarının akışkanlığını ve akışkanlık kaybını kontrol eden ana parametrenin ilk zamanlarda boşluk çözeltisine geçen çözünebilen alkali miktarı olduğu bildirilmiştir (Dodson ve Hayden, 1989).

Beton teknolojisinde doğal, yarı sentetik ve sentetik polimerlerden elde edilen kimyasal katkıları kullanılmaktadır. Monomer olarak adlandırılan basit moleküllerin kimyasal bağlarla bağlanması sonucu oluşan yüksek molekül ağırlıklı maddelere polimer denmektedir. Polimer bünyesindeki büyük moleküllerin su katılması sonucu parçalanması olayına hidroliz denir. Bazı polimerlerde monomerler arasındaki bağlar bir su molekülü eklenmesi ile kopabilir. Su molekülünden hidrojen monomerlerden birisine, hidroksil grubu ise diğerine bağlanır. Su molekülünün katılması sonucu oluşan hidroliz olayı Şekil 1'de görülmektedir (Gül, 2010; Yalova Üniversitesi, 2015).



Şekil 1: Hidroliz olayı

Bu çalışmada modifiye naftalin sülfonat esaslı kimyasal katkı 5, 15, 30, 45 ve 60 dakika olmak üzere 5 farklı sürede su içerisinde bekletilmiştir. Süre sonunda beton karışımına ilave edilen kimyasal katkının taze ve sertleşmiş beton özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Kimyasal katkı- su etkileşiminin beton özellikleri üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri araştırılmıştır.

Malzemeler ve Yöntem

Malzemeler

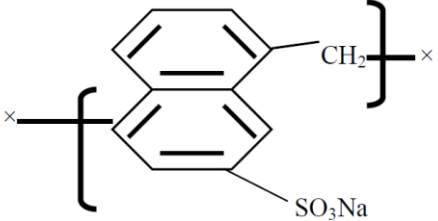
Tüm deneylerde bağlayıcı dozajı 320 kg CEM I 42.5 R portland çimentosu ve kimyasal katkı olarak modifiye naftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan çimento özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: CEM I 42,5 R tipi çimentoya ait özellikler

Özellikler	%	Özellikler	%
CaO	66,67	SO ₃	2,33
SiO ₂	20,26	Kızdırma kaybı	1,62
Al ₂ O ₃	6,03	Çözünmeyen Kalıntı	0,39
Fe ₂ O ₃	3,69	Cl	0,0088

Beton karışımlarında kullanılan modifiye naftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı TS EN 934-2 ve ASTM C 494 standartlarına uygundur. Kimyasal katkıya ait özellikler ve polimer yapısı (Dicle Eser Yapı, 2014) Tablo 2'de sunulmuştur.

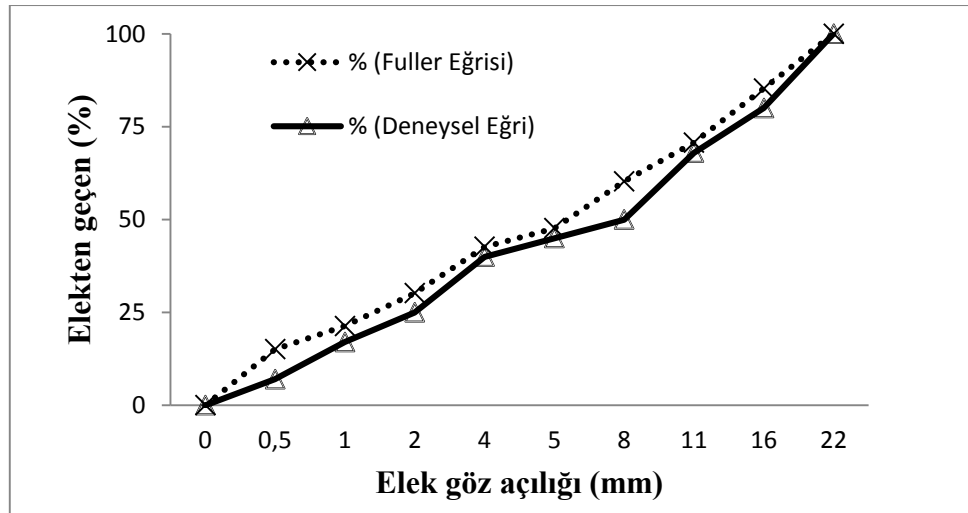
Tablo 2: Beton bileşiminde kullanılan kimyasal katkıya ait özellikler

Kimyasal Yapı	Modifiye naftalin sülfonat	Polimer Yapısı
Renk	Koyu kahverengi	
Yoğunluk	1,17	
pH	8,0	
Donma noktası	-4 °C	

DeneySEL çalışmada kalker esaslı 3 farklı agrega (0-5 mm, 5-12 mm/NO 1, 12-22 mm/NO 2) kullanılmıştır. Agregalara ait özellikler Şekil 2 ve Tablo 3'de verilmiştir. Agregalara ait karışım granülometrisi TS 706 elek sistemi ve TS 707'de belirtilen referans eğrilerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Beton karışımında kullanılan bileşenlere ait ağırlıklar ise Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 3: Agregalara ait özellikler

Özellik	0-5 mm	5-11 mm	11-22 mm
Özgül ağırlık	2,63	2,65	2,69
Su emme oranı, %	1,43	0,70	0,41



Şekil 2. Agrega granülometrisi

Tablo 4: 1m³ beton karışımında kullanılan malzeme miktarları

	Çimento	Su	0-5 mm	5-12	12-22	Kimyasal Katkı (%)
Ağırlık (kg)	320	185*	957	306	585	4,8

Açıklama*

Kimyasal katkı karışım suyunun 1/3'ü (~62 litre) içerisinde bekletilmiştir.

Yöntem

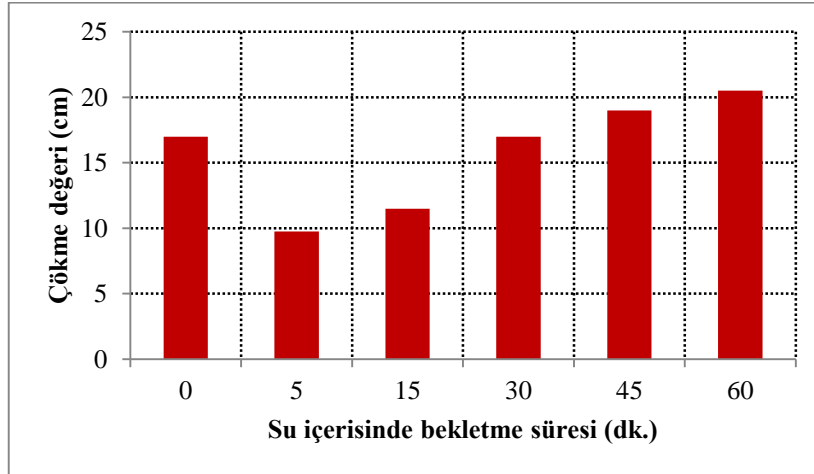
Deneysel çalışmadaki tüm karışımların S/Ç oranı 0,58 olarak belirlenmiştir. Çimento ağırlığının %1,5 oranında kimyasal katkı kullanılmıştır. Beton karışımlarında düşey eksenli karıştırıcı kullanılmıştır. Karışım suyunun 1/3'ü kimyasal katkıların hidroliz süreci için ayrılmış, kalan 2/3'ü ise beton karışımında kullanılmıştır. Kimyasal katkıları 5, 15, 30, 45 ve 60 dakika su içerisinde (su miktarının 1/3'ü) bekletilmiş daha sonra beton karışımına ilave edilmiştir. Bu amaçla 5 farklı beton karışımı hazırlanmış ve her karışım için 15x15x15 cm³ boyutlarında 6 adet küp numune alınmıştır. Bu numunelerin 3 adeti 7. gün diğer 3 adeti ise 28. günde basınç deneyine tabi tutulmuştur. Taze beton karışımları üzerinde çökme deneyi ve sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sertleşmiş betonlar üzerinde ise 7 ve 28. günlerde tek eksenli basınç deneyi gerçekleştirilmiştir.

Bulgular

Taze Beton Özellikleri (Çökme değeri ve Beton Sıcaklığı)

Farklı sürelerde su içerisinde bekletilen kimyasal katkıların hidroliz etkisi ile çözünmesi sağlanmıştır. Hidroliz işleminin taze beton özellikleri üzerindeki etkisi Şekil 3'de verilmiştir.

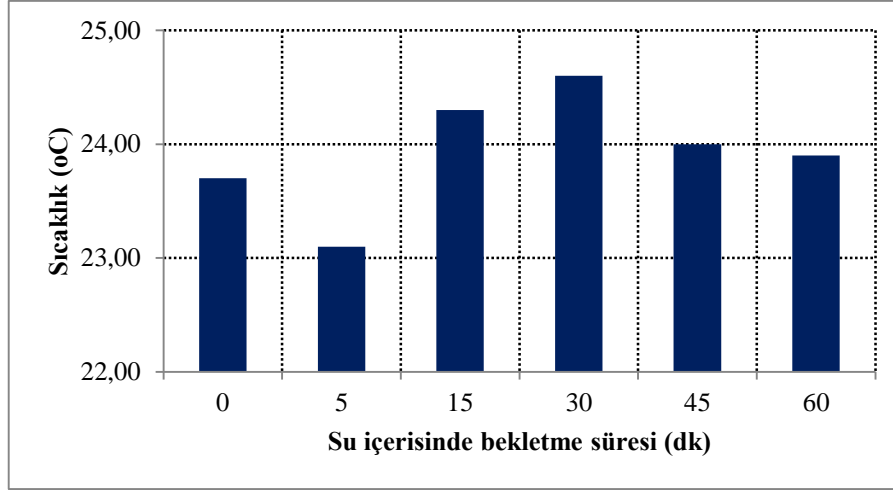
Kimyasal katkıların su içerisinde bekletilmesi taze betonların çökme değeri üzerinde etkili olmuştur. Kimyasal katkının 5 ve 15 dakika su içerisinde bekletilmesi sonucunda sırasıyla %43 ve %32 çökme kaybı gerçekleşmiştir. 30 dakika su içerisinde bekletme sonucunda ise olumlu ve olumsuz bir etki gözlenmemiştir. Ancak 45 ve 60 dakika su içerisinde bekletme işlemi taze beton özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir. 45 ve 60 dakika su içerisinde bekletildikten sonra karışıma ilave edilen betonların çökme değeri sırasıyla %12 ve %21 artmıştır.



Şekil 3: Su içerisinde bekletme süresinin çökme değeri üzerindeki etkisi

Kimyasal katkıların su içerisinde bekletilmesi işleminin beton sıcaklığı üzerindeki etkisi Şekil 4'de görülmektedir. Naftalin sülfonat esaslı kimyasal katkının 5 dakika su içerisinde bekletilmesi işlemi beton sıcaklığını %3 oranında azaltmıştır. 30 dakika su içerisinde bekletme işlemi ise %4 oranında arttırmıştır. Ancak bu oranlar ihmal edilebilir değerler olarak kabul edilmiştir.

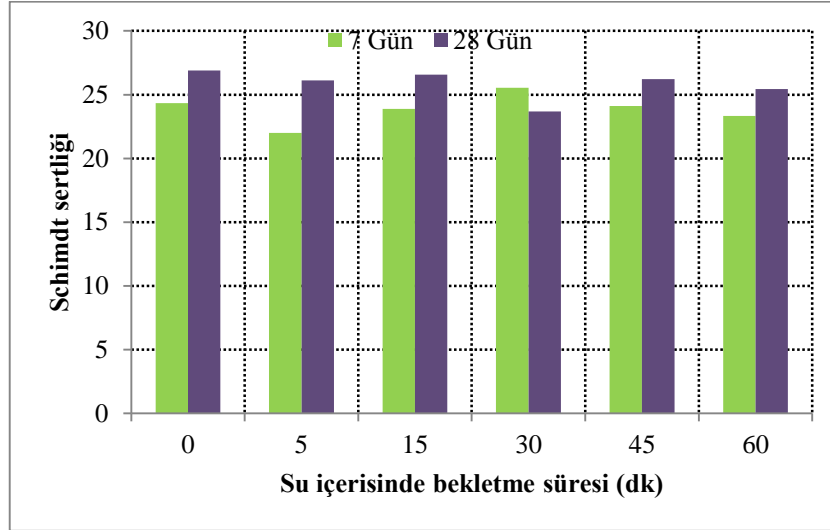
Çökme değeri ve beton sıcaklığı arasındaki korelasyon ilişkisi incelendiğinde R² değerinin çok düşük (0,13) olduğu tespit edilmiştir. Beton sıcaklığı ve çökme değeri arasında oldukça zayıf bir ilişki olduğu görülmektedir. Bu durum su içerisinde bekletme işleminin taze beton özelliklerinde farklı sonuçlar ortaya çıkardığını göstermektedir.



Şekil 4: Su içerisinde bekletme süresinin beton sıcaklığı üzerindeki etkisi

Sertlik Deneyi (Schmidt Deneyi)

Sertleşmiş beton örneklerine 7 ve 28. günlerde beton test çekici kullanılarak sertlik deneyi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 5'te sunulmuştur.

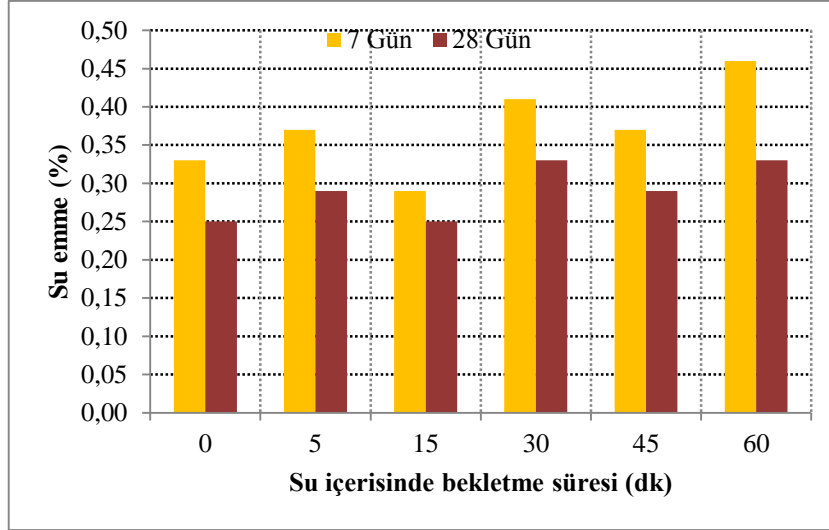


Şekil 4: Su içerisinde bekletme süresinin schmidt sertliği üzerindeki etkisi

7. günde gerçekleştirilen sertlik deneyi sonucu 30 dakika su içerisinde bekletme süresi schmidt sertliğini %5 oranında arttırmıştır. Ancak bu etki 28. günde tam tersi bir durumun oluşmasını sağlamış ve sertliğin %12 oranında azalmasına yol açmıştır. Ayrıca 7. gün deney sonuçlarına göre 5 dakika su içerisinde bekletme işlemi sertlik değerinde %10 oranında azalmaya neden olmuştur. Kimyasal katkıların su içerisinde bekletme süresi 7 günlük dayanımlarda kısmen olumlu etki gösterse de 28. günde bu etkiye rastlanılmamıştır.

Su Emme Deneyi

Sertleşmiş beton örneklerine 7 ve 28. günlerde su emme deneyi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 6'da verilmiştir.

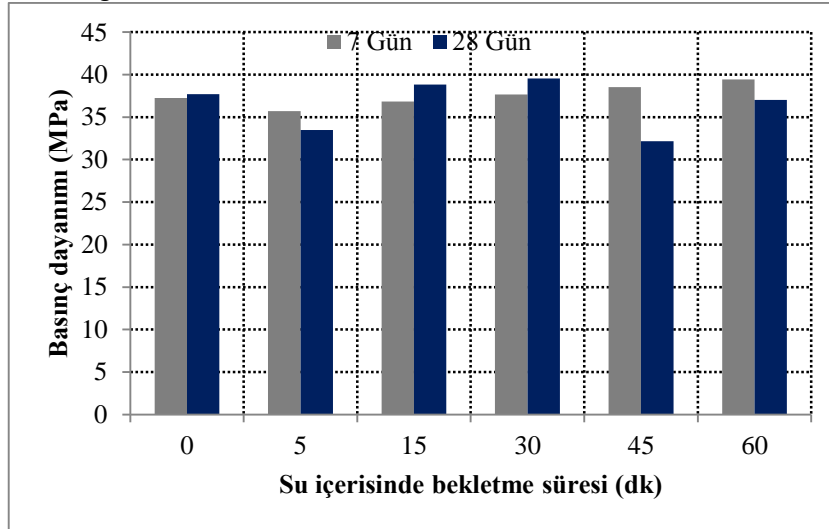


Şekil 6: Su içerisinde bekleme süresinin su emme üzerindeki etkisi

28. güne ait su emme değerleri incelendiğinde 5,30 ve 60 dakika su içerisinde bekleme işleminin su emme değerlerinde büyük oranda (%32) artışa neden olduğu görülmektedir. 15 dakika su içerisinde bekleme süreci ise 7. günde su emme değerini %12 oranında azaltmıştır. Ayrıca 7. gün deney sonuçları incelendiğinde 60 dakika su içerisinde bekleme işlemi su emme değerini %39 oranında arttırmıştır.

Basınç Dayanımı Deneyi

Sertleşmiş beton örnekleri üzerinde 7 ve 28. günlerde tek eksenli basınç deneyi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 7: Su içerisinde bekleme süresinin basınç dayanımı üzerindeki etkisi

Kimyasal katkının 5 dakika su içerisinde bekleme işlemi 7 günlük basınç dayanımında %4 oranında azalmaya yol açmıştır. Ancak 30-45 ve 60 dakika su içerisinde bekleme işlemi 7 günlük basınç dayanımında artışlara neden olmuştur. Özellikle de 60 dakika su içerisinde bekleme işlemi basınç dayanımında %6 oranında artış sağlamıştır. 7 günlük basınç dayanımları ve çökme değerleri arasındaki korelasyon incelendiğinde kuvvetli bir ilişkinin olduğu ($R^2=0,88$) tespit edilmiştir.

28 günlük basınç dayanımları incelendiğinde ise sadece 15 ve 30 dakika su içerisinde bekletilen beton karışımlarında dayanım artışı elde edilmiştir. 15 ve 30 dakika su içerisinde bekleme işlemi sonucunda basınç dayanımı sırasıyla %3 ve %5 oranında artmıştır. 45 dakika su içerisinde bekleme işlemi sonucunda basınç dayanımı %15 oranında azalmıştır. Ayrıca çökme değeri ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri arasındaki korelasyon incelendiğinde oldukça zayıf bir ilişki elde edilmiştir.

Sonuçlar

Modifiye naftalin sülfonat esaslı katkının farklı sürelerde su içerisinde bekletildikten sonra beton karışımına ilave edilmiştir. Bu işlem sonunda betonun taze ve sertleşmiş özellikleri üzerinde gerçekleştirilen deneysel çalışmalar neticesinde aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

- 5 ve 15 dakika su içerisinde bekletme işlemi taze betonda çökme kaybına neden olmuştur. Ancak 45 ve 60 dakika su içerisinde bekletme işlemi çökme değerine olumlu etki yapmıştır.
- Taze beton sıcaklığı incelendiğinde 5 dakika su içerisinde bekletme işlemi sıcaklığın azalmasına yol açmıştır. Ancak 15, 30, 45 ve 60 dakika su içerisinde bekletme işlemi beton sıcaklığının artmasına yol açmıştır.
- Schimdt deneyi sonuçlarına göre 7 ve 28 gün arasında herhangi bir doğrusal ilişki elde edilememiştir. 7 günlük numuneler üzerinde yapılan sertlik deneyinde 5 dakika su içerisinde bekletme işlemi schimdt sertliğini oldukça olumsuz etkilemiştir. Ancak 30 dakika su içerisinde bekletme işlemi schimdt sertliğini olumlu etkilemiştir. 28 günlük deney sonuçlarına göre ise en düşük schimdt sertliği 30 dakika su içerisinde bekletilen katkı ile üretilen beton örneklerinde elde edilmiştir.
- Su emme deneyi sonuçlarına göre 7 ve 28 günlük numunelerde benzer sonuçlar elde edilmiştir. 15 dakika su içerisinde bekletme işlemi su emme değerinde azalmalara yol açarken, 60 dakika su içerisinde bekletme işlemi su emme değerinde artışlara neden olmuştur.
- 7 günlük basınç dayanımlarını 30, 45 ve 60 dakika su içerisinde bekletme işlemi olumlu yönde etkilemiştir. Bu özellik çökme değeri ile benzer özellik göstermektedir. Ancak aynı etki 28 günlük basınç dayanımı değerlerine yansımamıştır. 28 günlük basınç dayanımlarında ise en iyi performansı 30 ve 45 dakika su içerisinde bekletilen katkı ile üretilen beton numuneleri göstermiştir.
- Katkıların su içerisinde bekletilmesi taze beton üzerinde daha etkili sonuçlar göstermiştir.
- Kimyasal katkının hidrolize (su içerisinde bekletilmesi) edildikten sonra beton içerisinde kullanılması taze ve sertleşmiş özellikler üzerinde farklı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır.
- Taze ve sertleşmiş beton özellikleri arasında oluşan bu farklılığın mikro yapı analizleri ile desteklenmesi daha açıklayıcı sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.
- Beton teknolojisinde standartlarda belirtilen "içilebilir nitelikte su" kullanımı tanımının katkı üzerinde farklı sonuçlar ortaya çıkarabileceği görülmüştür.
- Günümüze kadar yapılan çalışmalar katkı-çimento uyumu üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak suyun kimyasal özellikleri de katkı performansını etkilemektedir.

Kaynakça

- Dicle Eser Yayı (2014). *Beton Katkıların Değerlendirilmesinde ve Kalite Kontrolünde Önemli Parametreler*. http://dicleeseryapi.com/documents/Beton_Katkileri.pdf adresinden 25 Aralık 2014 tarihinde alınmıştır.
- Dodson, V.H. ve Hayden, T.D. (1989). Another Look at the Portland Cement/ Chemical Admixture Incompatibility Problem, *Cement, Concrete and Aggregates*, Vol.11, 52-56.
- Felekoğlu, B. ve Türkel, S. (2004). Aşırı Dozda Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkı Kullanımının Taze Ve Sertleşmiş Betonun Bazı Özellikleri Üzerine Etkileri", *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(1), 77-89.
- Gül, A. (2010). *Polimerleşme ve Hidroliz*. https://ayhangul.files.wordpress.com/2010/03/9_polimerlesme-ve-hidroliz.pdf adresinden 31 Ocak 2015 tarihinde alınmıştır.
- Jiang, S., Kim, B.G. ve Aitcin, P.C. (1999). Importance of Adequate Soluble Alkali Content to Ensure Cement/Superplasticizer Compatibility, *Cement and Concrete Research*, Vol. 29, 71-78.
- Neville, A. (2003). *Neville on Concrete*, ACI International.
- Ramyar K. (2007). Portland Çimentosu – Süperakışkanlaştırıcı Katkı Uyumunu Etkileyen Faktörler. *Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumuna Sunulmuş Bildiri (pp: 197-208)*.
- Sağlam, A.R., Parlak N. ve Özkul M.H. (2007). Polikarboksilat Esaslı Kimyasal Katkıların Beton Üretiminde Kullanımı. *Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumuna Sunulmuş Bildiri (pp.107-120)*.
- Tangit-Hamou, A. ve Aitcin, P.C. (1993). Cement and Superplasticizer Compatibility, *World Cement*, 38-42.
- Yalova Üniversitesi (2015). *Polimer Nedir?* [http://www.yalova.edu.tr/Files/Import/ucgen3/userfiles/file/POL%C4%B0MER%20M%C3%9CHEND%C4%B0SL%C4%B0%C4%9E%C4%B0%20Tan%C4%B1t%C4%B1m%C4%B1\(1\).pdf](http://www.yalova.edu.tr/Files/Import/ucgen3/userfiles/file/POL%C4%B0MER%20M%C3%9CHEND%C4%B0SL%C4%B0%C4%9E%C4%B0%20Tan%C4%B1t%C4%B1m%C4%B1(1).pdf) adresinden 31 Ocak 2015 tarihinde alınmıştır.