

Lignin sülfonat esaslı yapı kimyasalların taze ve sertleşmiş betona olan etkilerinin incelenmesi

Examination of the impact of lignin sulfonate based structure chemicals on fresh and hardened concrete

Cevdet Emin EKİNCİ¹, Sevil AY², Nurdan BAYKUŞ^{3*}, Adem AY⁴

¹İnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye.
cee@firat.edu.tr

²İnşaat Bölümü, Borçka Acarlar Meslek Yüksekokulu, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin, Türkiye.
sevilay@artvin.edu.tr

³İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis, Türkiye.
nurdanbaykus@kilis.edu.tr

⁴İdea Yapı Kimyasalları, Mersin, Türkiye.
muhendispa@gmail.com.tr

Geliş Tarihi/Received: 11.12.2015, Kabul Tarihi/Accepted: 19.04.2016

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2016.70487

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu çalışmada, lignin sülfonat esaslı yapı kimyasalların betonun taze ve sertleşmiş özelliklerine olan etkileri kimyasal katkı maddelerin bir kıyaslaması yapılarak incelenmiştir. C25/30 ve C20/25 hedef beton sınıfı için çimento ve kimyasal katkı miktarı sabit; su ve agrega miktarında değişiklik yapılmıştır. Betonların basınç dayanım değerleri 1., 7. ve 28. günlerde alınmıştır. Bütün beton numunelerinin 1., 7. ve 28 günlük basınç dayanımlarında önemli artış gözlemlenmiştir. 1. Grup çalışma ÇF1 firmasından temin edilen Cem I 42.5 R tipi çimento ile C25/30 ve 2. Grup çalışma ise ÇF2 firmasından temin edilen Cem II 32.5 N tipi çimento ile C20/25 dayanım sınıfı hedeflenmiştir. 1. Grup çalışmada karma su miktarı en az %10.8 düzeyinde bir azaltmanın 2. Grup çalışmada ise en az %8.1 azaltmanın olabileceği ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, lignin sülfonat esaslı yapı kimyasalı kullanımının taze betonun kıvam, sıcaklık ve birim ağırlık gibi özelliklerde meydana gelen değişikliklerin betonun basınç dayanımı gelişimini olumsuz yönde etkilemediği anlaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Beton, Lignin sülfonat, Çimento, Kıvam, Beton sıcaklığı

Abstract

In this study, the impact of the addition of lignin sulfonate based chemicals on the properties of fresh and hardened concrete were examined. For C25/30 and C20/25 target class concretes, cement and chemical additive amounts were constant; changes were made only to water and aggregate amounts. Compressive strength values of the concretes were taken on the 1st, 7th and 28th days. Increases of compressive strength values were observed on days 1, 7, and 28. In the 1st study, in which C25/30 strength class was targeted for Cem I 42.5 R type cement provided by firm CF1, it was revealed that a 10.8% decrease in mixed water amount may occur. In the 2nd study, in which C20/25 strength class was targeted for Cem II 32.5 N type cement provided by firm CF2, it was revealed that a minimum 8.1% decrease may occur. In conclusion, although changes to viscosity, heat and unit weight of fresh concrete are caused by usage of lignin sulfonate based chemicals, they had no adverse effect on compressive strength of the concrete in this study.

Keywords: Concrete, Lignin sulfonate, Cement, Viscosity, Concrete heat

1 Giriş

Beton; çimento, su, agrega (kum, çakıl, kırma taş) ve kimyasal (akışkanlaştırıcı, priz geciktirici, priz hızlandırıcı, geçirimsizlik sağlayıcı, hava sürükleyici, antifriz, vs.) ve/veya mineral katkı maddelerinin (taşunu, tras, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı, vs.) homojen olarak karıştırılmasından oluşan, başlangıçta plastik kıvamda olup, şekil verilebilen, zamanla katlaşıp sertleşerek mukavemet kazanan bir yapı malzemesidir. Çimentoyla suyun karışımından oluşan çimento hamuru zamanla katlaşıp sertleşerek agrega tanelerini yapıştırmak suretiyle bağlar ve bir bütün olmasını sağlar. Böylece betonun mukavemet kazanmasına neden olur [1]-[6].

Betonda aranan özellikler, genel bir ifadeyle, iki grupta sınıflandırılması (yaş ve sertleşmiş beton) uygun olacaktır. Bunlarda, taze betonlarda işlenebilme özelliği, uygun kıvam, sıcaklık, maksimum dane boyutu, homojenlik, kıvam kaybı, hava miktarı, birim ağırlık ve terlemedir. Sertleşmiş betonlarda ise dayanım (basınç, çekme, eğilme, yarıлма mukavemeti), dış etkenlere dayanıklılık (geçirimsizlik, aşınma dayanıklılığı),

donma ve çözülme dayanımı, hafiflik ve ağırlık, darbe dayanımı, yalıtım özelliği, ekonomi vs. şeklinde özetlenebilir [1]-[6].

Bilindiği üzere, kağıt üretiminin yan ürünü olan lignosülfonatların ana maddesi odundur. Katkı haline dönüşümü için birçok kimyasal süreci içerir. Odunun türüne ve kimyasal süreçlerin cinsine göre farklı nitelikli lignosülfonatlar (LS) elde edilir [7]. Bu konuda kalsiyum, sodyum, potasyum, magnezyum tuzları gibi türleri örnek olarak gösterilebilir.

Lignosülfatların ana işlevi akışkanlık kaybına yol açmadan betonun karışım suyunu azaltmaktır. Yüzey gerilimi düşürücü özellikleri nedeniyle çimento taneleri üzerine kolayca adsorbe olabilirler. Böylece çimento taneleri aynı statik elektrik yüklerine sahip olduklarından birbirlerini iterler. Bu ise çimento tanelerinin beton içinde daha iyi dağılmalarına (dispersiyon etkisi) ve topaklaşmayı veya aglomerasyonu engeller. Aynı yüzey geriliminin düşmesinin bir başka etkisi hava sürüklenmesine yol açmasıdır. Oluşan kararlı sayılabilecek hava kabarcıkları işlenebilme açısından yararlıdır. Ancak, bir miktar dayanım düşüklüğüne yol açabilirler [7].

Kimyasal katkıların normal çimentolu pasta, harç ve betonların fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri olan etkileri konusunda çok sayıda çalışma yayınlanmıştır [8]-[36].

Bu çalışmada, farklı çimento fabrikalarına ait farklı çimento tipleri ve farklı ocaklara ait agregaların üretilen betonların lignin sülfonat esaslı kimyasalların taze betonun birim ağırlık, sıcaklık gelişim, kıvam özellikleri ile sertleşmiş betonun 1., 7. ve 28. günlük basınç dayanım özelliklerine olan etkisi incelenmiştir.

2 Materyal ve metod

Deneylerde su azaltıcı-akışkanlaştırıcı katkı olarak lignin sülfonat (sodyum esaslı) katkı kullanılmıştır. Beton agregaları ise iri malzeme olarak Adana-Mersin bölgesinin taş ocaklarından temin edilirken ince malzeme yine Adana-Mersin bölgesinden ve iki farklı ocaktan temin edilmiştir. Birinci tip ince agrega (K1) metilen değeri 0.25 iken ikinci tip ince agrega (K2) metilen değeri 2.0 seçilmiştir. Deneylerde Çimento Fabrikası-1 (ÇF1) tesisine ait Cem I 42.5 R ve Çimento Fabrikası-2 (ÇF2) tesisine ait Cem II 32.5 N çimento tipleri ve Bayındırlık Bakanlığı Poz No: 04.613/1-A2 TS EN 934-2 Çizelge 2: Su Azaltıcı/Akışkanlaştırıcı Beton Katkısı ASTM Tip A: Su Azaltıcı/Akışkanlaştırıcı Beton Katkısı Standardından İdea Yapı Kimyasalları San. Tic. AŞ. firmasından temin edilen lignin sülfonat esaslı kimyasal katkı maddesi kullanılmıştır.

Lignin sülfonat esaslı kimyasalların bir kıyaslamasının yapılabilmesi için bütün beton numunelerinde çimento ve lignin sülfonat katkı miktarı sabit tutulmuştur. Diğer taraftan lignin sülfonat katkı esaslı betonlarda kendi aralarında çimento ve katkı miktarı sabit tutulmuş yalnız agrega miktarı ve kaynağında değişiklik öngörülmüştür. Yani, Kontrol-A ve Kontrol-B aynı ince agrega kaynağına (K1) sahip iken Kontrol-C ve Kontrol-D betonları da farklı ince agrega kaynağından (K2) temin edilen agregalardan oluşturulmuştur. Diğer taraftan, Tablo 1’de de görüleceği üzere, beton agregalarının fiziksel özelliklerindeki farklılık neticesinde betonların Su/Çimento (S/Ç) oranında farklılık olmuştur.

Agregaların elek analizi ve ince madde tayini deney sonuçları da Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 6’da görüleceği üzere beton numunelerin benzer slump (çökme) değerine sahip olması hedeflenmiştir. Böylece benzer slump değeri için karma suyu miktarı değiştirilmiş ve sabit lignin sülfonat katkı miktarı durumunda farklı S/Ç oranlı numuneler elde edilerek bir farklılık yaratılmıştır.

Taze betonların birim ağırlıklarının 2.2-2.4 kg/dm³ (TS 2941) ve kıvamının da S4 çökme sınıfında (TS EN 206) olması sağlanmıştır. Ayrıca, betonların sıcaklıkları saplamalı termometre, deney ortamının sıcaklığı ise dijital termometre ile ölçülmüştür. Beton numuneleri ise TS 3068 esaslarına göre hazırlanmış her bir farklı kimyasal katkılı beton örneğinden üçer adet 15x15x15 cm’lik küp numuneler hazırlanmış ve deney test gününe kadar laboratuvar standart kür ortamında korunmuştur.

Üretilen betonların hava yüzdeleri ve birim ağırlık değerleri TS EN 12350-6-7’ye uygun olarak yapılmıştır. Ayrıca TS EN 12350-2’ye göre taze beton üzerinde slump (çökme) değerleri elde edilmiştir.

Agregaların elek analizi ve ince madde tayini TS 3530 EN 933-1 esaslarına göre yapılmış olup elde edilen sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Metilen mavisi deney sonuçları Tablo 3’te ve agrega özgül ağırlık ile su emme deney sonuçları Tablo 4’te, deneylerde kullanılan ve sıcak havalarda kıvam koruma özelliğine sahip yapı kimyasalların bazı teknik özellikleri ise Tablo 5’te topluca verilmiştir.

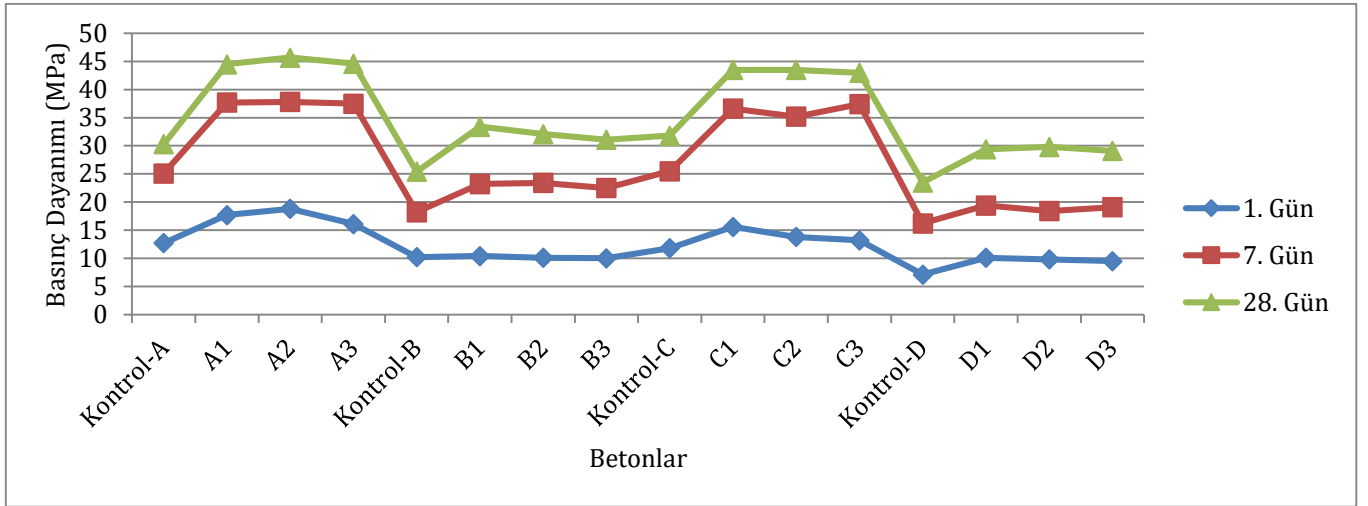
3 Bulgular

Betonların yaş haldeki slump (yayıma-kıvam), sıcaklık, ortam sıcaklığı, birim ağırlık ve hava içeriği konusundaki sonuçlar Tablo 6’da, basınç dayanım sonuçları Şekil 1’de, S/Ç oranlarının analizi Tablo 7’de ve sıcaklık değerlerinin analizi de Tablo 8’de verilmiştir. Betonların bir günlük basınç dayanım analizi Tablo 9’da, yedi günlük betonların basınç dayanım değerlerinin analizi Tablo 10’da ve 28 günlük betonların basınç dayanım değerlerinin analizi de Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 1: C25/30-C20/25 beton sınıfı karışım oranları (m³).

| Beton Numuneleri | Çimento Tipi | Çim. Fab. | Çimento Miktarı (kg) | S/Ç | Kim. Katkı (%) | Agrega (kg) | | |
|------------------|--------------|-----------|----------------------|------|----------------|-------------|------|------|
| | | | | | | Kırma Kum | 1 No | 2 No |
| Kontrol-A | CEM I 42.5 | ÇF-1 | 290 | 0.62 | 1.20 | 933 | 367 | 601 |
| A1(ÇF1-K1-LS1) | CEM I 42.5 | ÇF-1 | 290 | 0.55 | 1.20 | 929 | 365 | 598 |
| A2(ÇF1-K1-LS2) | CEM I 42.5 | ÇF-1 | 290 | 0.54 | 1.20 | 929 | 365 | 598 |
| A3(ÇF1-K1-LS3) | CEM I 42.5 | ÇF-1 | 290 | 0.57 | 1.20 | 929 | 365 | 598 |
| Kontrol-C | CEM I 42.5 | ÇF-1 | 290 | 0.67 | 1.20 | 933 | 367 | 601 |
| C1(ÇF1-K2-LS1) | CEM I 42.5 | ÇF-1 | 290 | 0.57 | 1.20 | 929 | 365 | 598 |
| C2(ÇF1-K2-LS2) | CEM I 42.5 | ÇF-1 | 290 | 0.60 | 1.20 | 929 | 365 | 598 |
| C3(ÇF1-K2-LS3) | CEM I 42.5 | ÇF-1 | 290 | 0.60 | 1.20 | 929 | 365 | 598 |
| Kontrol-B | CEM II 32.5 | ÇF-2 | 290 | 0.62 | 1.20 | 933 | 367 | 601 |
| B1(ÇF2-K1-LS1) | CEM II 32.5 | ÇF-2 | 290 | 0.57 | 1.20 | 929 | 365 | 598 |
| B2(ÇF2-K1-LS2) | CEM II 32.5 | ÇF-2 | 290 | 0.57 | 1.20 | 929 | 365 | 598 |
| B3(ÇF2-K1-LS3) | CEM II 32.5 | ÇF-2 | 290 | 0.57 | 1.20 | 929 | 365 | 598 |
| Kontrol-D | CEM II 32.5 | ÇF-2 | 290 | 0.69 | 1.20 | 933 | 367 | 601 |
| D1(ÇF2-K2-LS1) | CEM II 32.5 | ÇF-2 | 290 | 0.59 | 1.20 | 929 | 365 | 598 |
| D2(ÇF2-K2-LS2) | CEM II 32.5 | ÇF-2 | 290 | 0.60 | 1.20 | 929 | 365 | 598 |
| D3(ÇF2-K2-LS3) | CEM II 32.5 | ÇF-2 | 290 | 0.61 | 1.20 | 929 | 365 | 598 |

■ : C25/30 Beton sınıfı; ■ : C20/25 Beton sınıfı.



Şekil 1: Basınç dayanım sonuçları (MPa).

Tablo 2: Agregaların elek analizi ve ince madde tayini deney sonuçları.

| | | Açıklama | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------|--------------------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|---------------------|-----------|-----------|
| İnce Madde | Numune Tanımı | K1-Kırma Kum (0/3) | | | K2-Kırma Kum (0/5) | | | I. No Kırma | | | II. No Kırma | | |
| | Numune Yeri | Stok | | | Tesis | | | Tesis | | | Tesis | | |
| | Kuru Ağır. (g) | 1375.1 | | | 821.3 | | | 1199.7 | | | 1224.5 | | |
| | Yık. Kuru Ağır. (g) | 1304.2 | | | 821.3 | | | 1184.3 | | | 1212.1 | | |
| | Geçen (%) | 5.2 | | | 6.8 | | | 1.3 | | | 1.0 | | |
| Elek Analizi | Elekler (mm) | KK* (g) | Kalan (%) | Geçen (%) | KK* (g) | Kalan (%) | Geçen (%) | KK (g) | Kalan (%) | Geçen (%) | KK (g) | Kalan (%) | Geçen (%) |
| | 63.0 | | | | | | | | | | | | |
| | 31.5 | | | | | | | | | | | | |
| | 22.4 | | | | | | | | | | 18.1 | 1 | 99 |
| | 16.0 | | | | | | | | | | 441.2 | 36 | 64 |
| | 11.2 | | | | | | | 11.9 | 1 | 99 | 1044.8 | 85 | 15 |
| | 8.0 | | | | | | | 584.6 | 49 | 51 | 1199.4 | 98 | 2 |
| | 5.6 | | | | 2.4 | 0 | 100 | 1100.4 | 92 | 8 | 1212.1 | 99 | 1 |
| | 4.0 | 6.5 | 0 | 100 | 92.5 | 11 | 89 | 1162.4 | 97 | 3 | | | |
| | 2.0 | 332.6 | 24 | 76 | 400.6 | 45 | 55 | 1184.3 | 99 | 1 | | | |
| | 1.0 | 638.7 | 46 | 54 | 539.4 | 61 | 39 | | | | | | |
| | 0.5 | 920.2 | 67 | 33 | 649.6 | 74 | 26 | | | | | | |
| | 0.25 | 1094.4 | 80 | 20 | 718.4 | 82 | 18 | | | | | | |
| 0.125 | 1212.3 | 88 | 12 | 777.7 | 88 | 12 | | | | | | | |
| 0.063 | 1303.3 | 95 | 5 | 821.3 | 93 | 7 | | | | | | | |
| İncelik Modülü | | 4.0 | | | 4.5 | | KK* | | | | Kümülatif Kalan (g) | | |

Tablo 3: Metilen mavisi deney sonuçları.

| Malzeme | Kırma Kum (0-3) K1 | Kırma Kum (0-5) K2 |
|--|--------------------|--------------------|
| Kaynak | Tesis | Stok |
| Toplam Numune Ağırlığı (g) | 861.5 | 474.5 |
| 2 mm'den Geçen Miktarı (g) | 654.7 | 261.1 |
| Deneye Giren Agregası Miktarı (g) | 200.3 | 200.7 |
| Deneye Giren M.M. Çözelti Miktarı (ml) | 5 | 40 |
| Metilen Mavisi Değeri (g/kg) | 0.25 | 2.0 |

Tablo 4: Agregata özgül ağırlık ve su emme deney sonuçları.

| | | K1-Kırma Kum 0-3 | K2-Kırma Kum 0-5 | I NO | | II NO | | |
|--|------------------------------|---------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Su Emme | Kuru Numune+Dara (g) | A | 1638.1 | 1428 | 819 | 1168.1 | | |
| | Dara (g) | B | 590.7 | 803.8 | 586.8 | 821 | | |
| | Kuru Ağırlık (g) | C=A-B | 1047.4 | 624.2 | 232.2 | 347.1 | | |
| | DYK Numune+Dara (g) | D | 1643.2 | 1432 | 819.9 | 1169.3 | | |
| | Dara (g) | E | 590.7 | 803.8 | 586.8 | 821 | | |
| | DYK Ağırlık (g) | F=D-E | 1052.5 | 628.2 | 233.1 | 348.3 | | |
| | Su Emme | G=(F-C)/C | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | | |
| | Ortalama | (G1+G2)/2 | 0.5 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | | |
| Ağırlık Tayini | | | | | | | | |
| Özgül Ağırlık | DYK Numune+Dara (g) | H | 720.9 | 936.9 | 737.7 | 1028.8 | 1050.5 | 1211.7 |
| | Dara (g) | I | 590.7 | 803.8 | 586.8 | 805.9 | 821.0 | 775.6 |
| | DYK Ağırlık (g) | J=H-I | 130.2 | 133.1 | 150.9 | 222.9 | 229.5 | 436.1 |
| | İnce Agregada Hacim Tayini | | | | | | | |
| | Ölçü Kabı+Numune+Su (g) | K | 1379.7 | 1291.9 | 1674.2 | 1707.6 | 1713.4 | 1840.2 |
| | Ölçü Kabı+Su (g) | L | 1297.7 | 1210.0 | 1579.3 | 1568.3 | 1569.2 | 1566.0 |
| | DYK Hacim (cm ³) | M=J+L-K | 48.2 | 51.2 | 56 | 83.6 | 85.3 | 161.9 |
| | Özgül Ağırlık | | | | | | | |
| DYK Özgül Ağırlık (g/cm ³) | S=J/M(R) | 2.70 | 2.60 | 2.69 | 2.67 | 2.69 | 2.69 | |
| Ortalama (g/cm ³) | (S1+S2)/2 | 2.70 | 2.60 | 2.68 | 2.69 | | | |

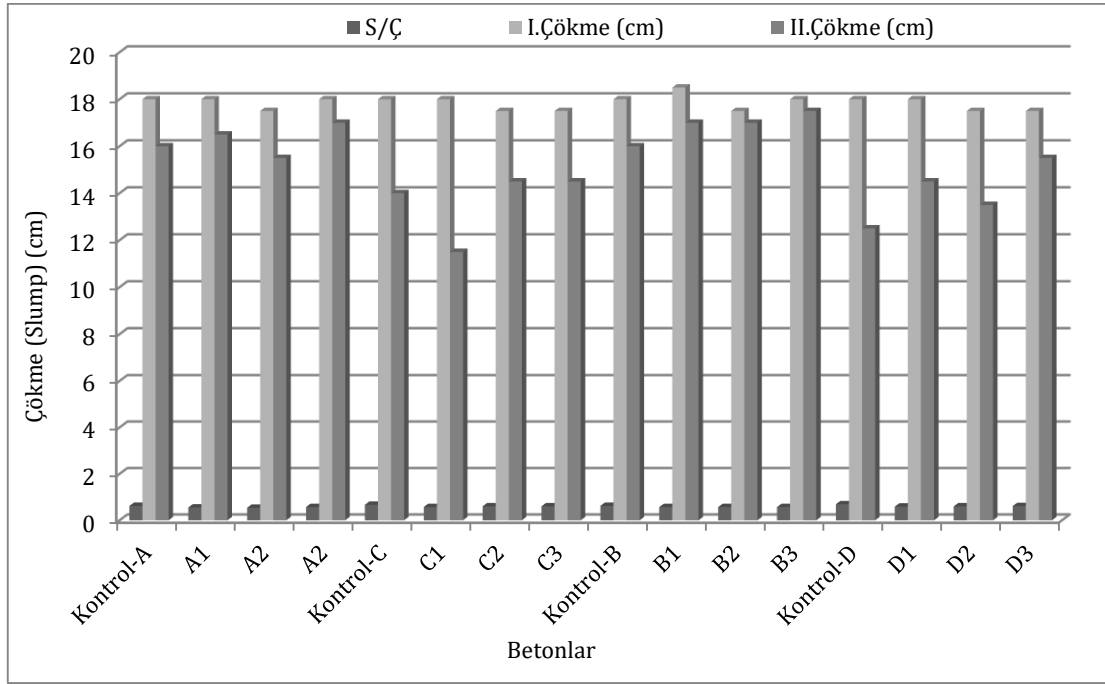
Tablo 5: Deneylerde kullanılan yapı kimyasallarının bazı teknik özellikleri.

| Ürünler | Yoğunluk | pH | Katı Madde | Klor (%) |
|-----------------|----------|------|------------|----------|
| LS1 (Centro930) | 1.08 | 7.62 | 17.75 | 0.03 |
| LS2 (Centro935) | 1.09 | 6.69 | 19.51 | 0.03 |
| LS3 (Centro940) | 1.06 | 6.86 | 14.97 | 0.02 |

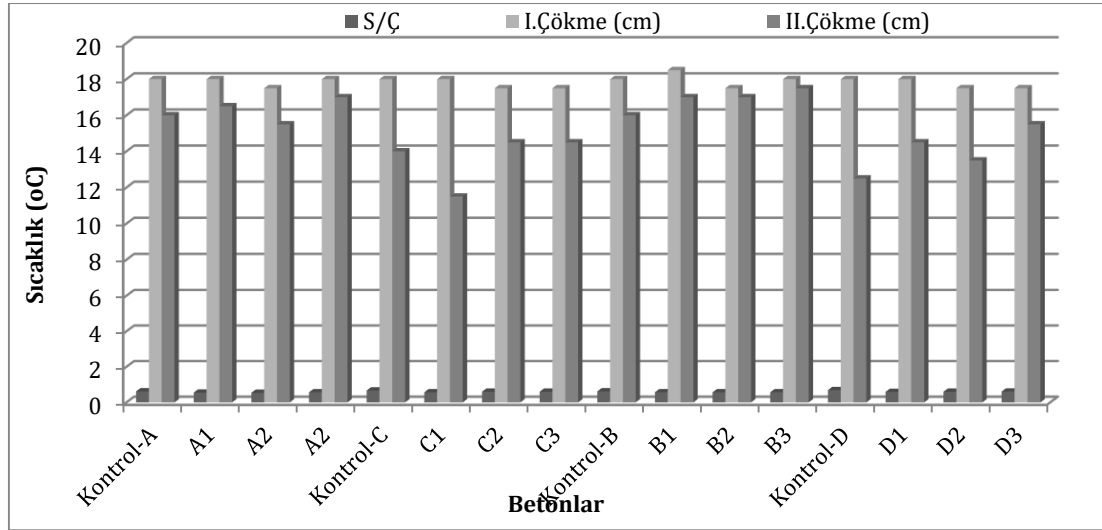
Tablo 6: Taze betonların S/Ç, birim ağırlık ve hava miktarları.

| Beton Numuneleri | Su/Çimento | Birim Ağırlık(kg/m ³) | Hava (%) |
|------------------|------------|-----------------------------------|----------|
| Kontrol-A | 0.62 | 2374.0 | 1.9 |
| A1(ÇF1-K1-LS1) | 0.55 | 2400.0 | 1.9 |
| A2(ÇF1-K1-LS2) | 0.54 | 2362.0 | 2.1 |
| A3(ÇF1-K1-LS3) | 0.57 | 2354.0 | 2.5 |
| Kontrol-C | 0.67 | 2359.0 | 1.1 |
| C1(ÇF1-K2-LS1) | 0.57 | 2375.0 | 1.6 |
| C2(ÇF1-K2-LS2) | 0.60 | 2387.0 | 1.4 |
| C3(ÇF1-K2-LS3) | 0.60 | 2363.0 | 1.6 |
| Kontrol-B | 0.62 | 2379.0 | 0.9 |
| B1(ÇF2-K1-LS1) | 0.57 | 2360.0 | 1.4 |
| B2(ÇF2-K1-LS2) | 0.57 | 2359.0 | 1.7 |
| B3(ÇF2-K1-LS3) | 0.57 | 2355.0 | 1.3 |
| Kontrol-D | 0.69 | 2349.0 | 0.9 |
| D1(ÇF2-K2-LS1) | 0.59 | 2368.0 | 1.1 |
| D2(ÇF2-K2-LS2) | 0.60 | 2372.0 | 1.0 |
| D3(ÇF2-K2-LS3) | 0.61 | 2357.0 | 0.8 |

■ : C25/30 Beton sınıfı; ■ : C20/25 Beton sınıfı.



Şekil 2: Taze betonlarda su/çimento oranına bağlı olarak meydana gelen çökme (slump) miktarı.



Şekil 3: Taze betonlarda S/Ç oranına bağlı olarak meydana gelen sıcaklık.

Tablo 7'de verilen taze betonların S/Ç oranlarının analizi (1) ve (2)'nolu formüle göre hesaplanmıştır.

$$S\check{C}OAM = ((\text{Beton1}) + (\text{Beton2}) + \dots + \text{Beton-n}) / \Sigma B \quad (1)$$

$$S\check{C}OAMA = ((KBS\check{C}O - S\check{C}OAM) / (KBS\check{C}O)) \times 100 \quad (2)$$

Burada; Beton-1= 1. Nolu beton, ΣB = Toplam beton sayısı, SÇ= Su/Çimento oranı, OAM= Oranındaki azalma miktarı, KBSÇO= Kontrol betonu S/Ç oranı ve SÇOAMA=S/Ç oranındaki azalma miktarının aritmetik ortalamasıdır.

Tablo 8'de verilen taze betonların sıcaklık değerlerinin analizi ise (3) ve (4)'nolu formüle göre hesaplanmıştır.

$$SDAO = ((BS1) + (BS2) + \dots + BS-n) / \Sigma B \quad (3)$$

$$SDAODA = ((KBS - SDAO) / (KBS)) \times 100 \quad (4)$$

Burada; BS-1=1. Nolu betonun sıcaklığı, ΣB =Toplam beton sayısı, KBS=Kontrol betonu sıcaklığı, SDAO=Sıcaklık değerlerinin aritmetik ortalaması, SDAODA=Sıcaklık değerlerinin aritmetik ortalaması değerlendirme analizidir.

Tablo 9, 10 ve 11'de verilen 1, 7 ve 28 günlük betonların basınç dayanım değerlerinin analizi de (5) ve (6)'nolu formüle göre hesaplanmıştır.

$$BDDAO = ((\text{Beton1}) + (\text{Beton2}) + \dots + \text{Beton-n}) / \Sigma B \quad (5)$$

$$BDDAODA = ((KBB - BDDAO) / (KBB)) \times 100 \quad (6)$$

Burada; Beton-1= 1. Nolu beton, ΣB = Toplam beton sayısı, KBB=Kontrol betonu basınç dayanımı, BDDAO=Basınç dayanım değerlerinin aritmetik ortalaması, BDDAODA=Basınç dayanım değerlerinin aritmetik ortalamasıdır.

Tablo 7. Taze betonların S/Ç oranlarının analizi.

| Betonlar | Kontrol Betonun S/Ç Oranı | Hedef C25/30 Beton Sınıfı İçin Lignin Sülfonat Kimyasal Katkı Kullanımıyla Üretilen Katkılı Betonların S/Ç Oranları | | | S/Ç Oranındaki Azalma Miktarının Aritmetik Ortalaması Değerlerinin Analizi |
|-----------|---------------------------|---|---------|---------|--|
| Kontrol-A | 0.62 | A1=0.55 | A2=0.54 | A3=0.57 | 0.5533 (%10.8) |
| Kontrol-B | 0.62 | B1=0.57 | B2=0.57 | B3=0.57 | 0.5700 (%8.1) |
| Kontrol-C | 0.67 | C1=0.57 | C2=0.60 | C3=0.60 | 0.5900 (%11.9) |
| Kontrol-D | 0.69 | D1=0.59 | D2=0.60 | D3=0.61 | 0.6000 (%13.0) |

Tablo 8: Taze betonların sıcaklık değerlerinin analizi.

| Betonlar | Kontrol Betonun Sıcaklığı (°C) | Hedef C25/30 Beton Sınıfı İçin Lignin Sülfonat Kimyasal Katkı Kullanımıyla Üretilen Katkılı Betonların Sıcaklıkları | | | Sıcaklık Değerlerinin Aritmetik Ortalaması Değerlerinin Analizi | |
|-----------------|--------------------------------|---|----------|----------|---|--------|
| Kontrol-A | 26.9 | A1= 26.8 | A2= 27.1 | A3= 29.9 | 27.9 | Artış |
| Kontrol-B | 29.9 | B1= 28.7 | B2= 29.4 | B3= 27.8 | 28.6 | Azalma |
| Kontrol-C | 27.8 | C1= 28.4 | C2= 29.4 | C3= 27.8 | 28.5 | Artış |
| Kontrol-D | 27.2 | D1= 27.5 | D2= 26.5 | D3= 28.2 | 27.4 | Artış |
| Genelleme | 27.9 | ≥26.8°C = 29.9°C ≤ | | | 28.1 | Artış |
| Ortam Sıcaklığı | 24.0 | ≥23.4°C = 24.3°C ≤ | | | 23.8 | Azalma |

Tablo 9: Bir günlük betonların basınç dayanım değerlerinin analizi.

| Betonlar | Kontrol Betonun Basınç Dayanımı (MPa) | Hedef C25/30 Beton Sınıfı İçin Lignin Sülfonat Kimyasal Katkı Kullanımıyla Üretilen Katkılı Betonların Basınç Dayanım Sonuçları | | | Basınç Dayanım Değerlerinin Aritmetik Ortalaması Değerlerinin Analizi | |
|-----------|---------------------------------------|---|----------|----------|---|-------|
| Kontrol-A | 12.7 | A1= 17.7 | A2= 18.8 | A3= 16.1 | 17.53 | Artış |
| Kontrol-C | 11.8 | C1= 15.6 | C2= 13.8 | C3= 13.2 | 14.20 | Artış |
| Kontrol-B | 10.2 | B1= 10.4 | B2= 10.1 | B3= 10.0 | 10.17 | - |
| Kontrol-D | 7.1 | D1= 10.1 | D2= 9.8 | D3= 9.5 | 9.80 | Artış |

■ : C25/30 Beton sınıfı; ■ : C20/25 Beton sınıfı.

Tablo 10: Yedi günlük betonların basınç dayanım değerlerinin analizi.

| Betonlar | Kontrol Betonun Basınç Dayanımı (MPa) | Hedef C25/30 Beton Sınıfı İçin Lignin Sülfonat Kimyasal Katkı Kullanımıyla Üretilen Katkılı Betonların Basınç Dayanım Sonuçları | | | Basınç Dayanım Değerlerinin Aritmetik Ortalaması Değerlerinin Analizi | |
|-----------|---------------------------------------|---|----------|----------|---|-------|
| Kontrol-A | 25.1 | A1= 37.7 | A2= 37.8 | A3= 37.5 | 37.67 | Artış |
| Kontrol-C | 25.5 | C1= 36.6 | C2= 35.2 | C3= 37.4 | 36.40 | Artış |
| Kontrol-B | 18.2 | B1= 23.2 | B2= 23.4 | B3= 22.5 | 20.03 | Artış |
| Kontrol-D | 16.2 | D1= 19.4 | D2= 18.4 | D3= 19.1 | 18.97 | Artış |

■ : C25/30 Beton sınıfı; ■ : C20/25 Beton sınıfı.

Tablo 11: Yirmi sekiz günlük betonların basınç dayanım değerlerinin analizi.

| Betonlar | Kontrol Betonun Basınç Dayanımı (MPa) | Hedef C25/30 Beton Sınıfı İçin Lignin Sülfonat Kimyasal Katkı Kullanımıyla Üretilen Katkılı Betonların Basınç Dayanım Sonuçları | | | Basınç Dayanım Değerlerinin Aritmetik Ortalaması Değerlerinin Analizi | |
|-----------|---------------------------------------|---|----------|----------|---|-------|
| Kontrol-A | 30.3 | A1= 44.5 | A2= 45.7 | A3= 44.6 | 44.93 | Artış |
| Kontrol-C | 31.8 | C1= 43.5 | C2= 41.3 | C3= 43.0 | 42.60 | Artış |
| Kontrol-B | 25.4 | B1=33.4 | B2= 32.1 | B3= 31.1 | 32.20 | Artış |
| Kontrol-D | 23.5 | D1= 29.4 | D2= 29.8 | D3= 29.1 | 29.43 | Artış |

■ : C25/30 Beton sınıfı; ■ : C20/25 Beton sınıfı.

4 Sonuç ve öneriler

Lignin sülfonat esaslı yapı kimyasallarının taze ve sertleşmiş betonun özelliklerine olan etkilerinin incelendiği bu çalışmada aşağıdaki şu genel ve özel sonuçlara ulaşılmıştır.

Betonlarda çimento ve kimyasal katkı miktarı %1.2 düzeyinde sabit tutulmuştur. Ayrıca, bütün beton numunelerinde slump değerlerinin 17.5-18.0 cm ve deney ortam sıcaklığının 23.4-24.3 °C olması sağlanmıştır. Diğer taraftan beton agregaları kimyasal katkı miktarı kadar azaltılmıştır. Üretilen katkılı betonların hava miktarlarında, kontrol numunelerin hava miktarlarına göre, genel anlamda bir miktar artış ölçülmüştür.

Betonların basınç dayanımları, kontrol betonlarına göre, katkılı betonların bir, yedi ve 28 günlük dayanım değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Ayrıca, katkılı betonlarda agrega miktarındaki azalma bile basınç dayanımını olumsuz yönde etkilememiştir.

Şekil 1'de de görüleceği üzere, Kontrol-A ve Kontrol-C'de CEM I 42.5; Kontrol-B ve Kontrol-D'de ise CEM II 32.5 çimento tipleri kullanılmıştır. Buna göre CEM I 42.5 çimento tipinin basınç dayanımı gelişiminde çok daha etkili olduğu anlaşılmıştır.

Şekil 2 ve 3'de de görüleceği üzere, C20/25 ve C25/30 taze betonlarda S/Ç oranına bağlı olarak daha az çökme ve sıcaklık gelişimin meydana gelmektedir.

Genel bir ifadeyle, lignin sülfonat kimyasal katkı kullanımıyla C25/30 beton sınıfı grubunda ve C20/25 beton sınıfı grubunda, metilen değerleri düşük (0.25) ve yüksek (2.00) iki farklı ince agrega seçilerek yapılan laboratuvar denemelerinde, S/Ç oranı en az %8.1 düşürdüğü ve bu durumunda taze betonların kıvam ve sıcaklık değerlerini koruduğu, basınç dayanım değerlerinde önemli artışların olduğu deneysel olarak anlaşılmıştır. Bu durum, özellikle sıcak havalarda yaş betonların kıvam değerlerini korunabileceği ve sıcaklık değerlerinde fazla artışın olmayacağı anlamındadır.

Sonuç olarak, pompalı ve pompasız hazır beton olarak üretilecek lignin sülfonat esaslı yapı kimyasalı katkılı betonların taşıyıcı betonarme yapı elemanlarda kullanılabilir nitelikte olduğu ve özellikle 28 günlük basınç dayanım değerlerini hissedilir şekilde yükseltebildiği gözlemlenmiştir.

5 Kaynaklar

- [1] Neville AM. *Properties of Concrete*. Revised ed. Great Britanian, Bath, Pitman Publishing, 1977.
- [2] Gambhir ML. *Concrete Technology*. New Delhi, TataMcGraw-Hill Publishing Company Ltd, 1996.
- [3] Ekinci CE. *Bordo Kitap-Yapı ve Tasarımcının İnşaat El Kitabı*. Ankara, Türkiye, Data Yayınları, 2008.
- [4] Yaltay N, Ekinci CE, Çakır T, Oto B. "Photon, attenuation properties of concrete produced with pumice aggregate and colamanite addition in different rates and the effect of curing age to these properties". *Progress in Nuclear Energy*, 78, 25-35, 2015.
- [5] Ekinci CE, Keleşoğlu Ö. "A study on occupancy and compressive strength of concrete with produced injection method". *Advances in Materials Science and Engineering*, 2014, 1-8, 2014.
- [6] Yıldırım ST, Ekinci CE, Fındık F. "Properties of hybrid fiber reinforced concrete under repeated impact loads". *Russian Journal of Nondestructive Testing*, 46(7), 538-546, 2010.

- [7] Özkul MH, Şahin YE, Sağlam AR, Parlak N. "Farklı kimyasal kökenli lignosüfonatların betonun dayanıklılık özelliklerine etkileri". 5. *Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, Türkiye, 1-3 Ekim 2003.
- [8] Andersen PJ, Roy DM, Gaidis JM, Grace WR. "The effects of adsorption of superplasticizers on the surface of cement". *Cement Concrete Research*, 17(5), 805-813, 1987.
- [9] Winnefeld F, Becker S, Pakusch J, Goetz T. "Effects of the molecular architecture of comb-shaped superplasticizers on their performance in cementitious systems". *Cement Concrete Composites*, 29(4), 251-262, 2007.
- [10] Chiochio G, Paolini AE. "Optimum time for adding superplasticizer to portland cement pastes". *Cement Concrete Research*, 15(5), 901-908, 1985.
- [11] Kaplan G, Ozturk AU, Yıldız SA, Yaprak H. "Dissolution properties of different types of plasticizers and investigation of their impact on mortars via variance analysis (ANOVA)". *Usak University Journal of Material Sciences*, 2, 208-225, 2014.
- [12] El-Gamal SMA, Al-Nowaiser FM, Al-Baity AO. "Effect of superplasticizers on the hydration kinetic and mechanical properties of portland cement pastes". *Journal of Advanced Research*, 3(2), 119-124, 2012.
- [13] Kockal NU. "Role of construction industry wastes on the properties of mortars". *The Online Journal of Science and Technology*, 3(4), 109-114, 2013.
- [14] El Hussein FL. "Physico-mechanical characteristics of admixed cement pastes containing melment". *Ceramic Science Technology*, 67(1-2), 3-7, 2002.
- [15] Singh NB, Sarvahi R, Singh NP, Shukla AK. "Effect of temperature on the hydration of ordinary portland cement in the presence of a superplasticizer". *Thermochim Acta*, 247(2), 381-388, 1994.
- [16] Emoto T, Bier TA. "Rheological behavior as influenced by plasticizers and hydration kinetics". *Cement and Concrete Research*, 37(5), 647-654, 2007.
- [17] Macias A, Goni S. "Characterization of admixture as plasticizer or superplasticizer by deflocculation test". *ACI Materials Journal*, 96(1), 40-46, 1999.
- [18] Chandra S, Björnström J. "Influence of cement and superplasticizers type and dosage on the fluidity of cement mortars-part I". *Cement and Concrete Research*, 32(10), 1605-1611, 2002.
- [19] Chandra S, Björnström J. "Influence of superplasticizer type and dosage on the slump loss of portland cement mortars-part II". *Cement and Concrete Research*, 32(10), 1613-1619, 2002.
- [20] Gu P, Xie P, Beaudoin JJ, Jolicoeur C. "Investigation of the retarding effect of superplasticizers on cement hydration by impedance spectroscopy and other methods". *Cement Concrete Research*, 24(3), 433-442, 1994.
- [21] Sakai E, Kasuga T, Sugiyama T, Asaga K, Daimon M. "Influence of superplasticizers on the hydration of cement and the pore structure of hardened cement". *Cement Concrete Research*, 36(11), 2049-2053, 2006.
- [22] Hsu KC, Chiu JJ, Chen SD, Tseng YC. "Effect of addition time of a superplasticizer on cement adsorption and on concrete workability". *Cement and Concrete Composites*, 21(5-6), 425-430, 1999.
- [23] Krstulovic R, Zmikić A, Dabić P. "Examination of reaction between the nsf superplasticizer and cement". *Cement Concrete Research*, 24(5), 948-58, 1994.

- [24] Yoshioka K, Tazawa EI, Kawai K, Enohata T. "Adsorption characteristics of superplasticizers on cement component minerals". *Cement Concrete Research*, 32(10), 1507-1513, 2002.
- [25] Puertas F, Santos H, Palacios M, Martı́nez Ramı́rez S. "Polycarboxylate superplasticizer admixtures: effect on hydration, microstructure and rheological behaviour in cement pastes". *Advances in Cement Research*, 17(2), 77-89, 2005.
- [26] Hazaree CV, Ceylan H, Peter T, Gopalakrishnan K, Wang K, Bektas F. "Use of Chemical Admixtures in Roller-Compacted Concrete for Pavements". Ames, Iowa . Iowa State University, USA, In Trans Project Reports, 57, 2013. Colak A. "Characteristics of pastes from a portland cement containing different amounts of natural pozzolan". *Cement and Concrete Research*, 33(4), 585-593, 2003.
- [27] Colak A. "Properties of plain and latex modified portland cement pastes and concretes with and without superplasticizer". *Cement Concrete Research*, 35(8), 1510-1521, 2005.
- [28] Yousuf M, Mollah A, Palta P, Hess TR, Vempati RK, Cocke DL. "Chemical and physical effects of sodium lignosulfonate superplasticizer on the hydration of portland cement and solidification/stabilization consequences". *Cement Concrete Research*, 25(3), 671-682, 1995.
- [29] El Gamal SMA. "Effect of acrylate-PEG superplasticizer on the mechanical and physico-chemical properties of blended cement pastes containing condensed silica fume". *Silicantes Industriels*, 70(1), 19-23, 2005.
- [30] Asmus SJ, Kluegge J, Yang J. "Influence of a new family of chemical admixtures to properties of fresh and hardened concrete". *31st Conference on Our World in Concrete & Structures*, Singapore, 16-17 August 2006.
- [31] Bouzoubaa[^] N, Zhang MH, Malhotra VM. "Superplasticized portland cement: production and compressive strength of mortars and concrete". *Cement Concrete Research*. 28(12), 1783-1796, 1998.
- [32] Singh NB, Sarvahi R, Singh NP. "Effect of superplasticizers on the hydration of cement". *Cement Concrete Research*, 22(5), 725-735, 1992.
- [33] Łazniewska-Piekarczyk B. "Influence of anti-foaming admixture and polycarboxylic superplasticizer type on fresh and hardened properties of self-compacting mortar". *Magazine Journal*, 4, 61-71, 2010.
- [34] Abo El Enein SA, Daimon M, Ohsawa S, Kondo R. "Hydration of low porosity slag-lime pastes". *Cement Concrete Research*, 4(2), 299-312, 1974.
- [35] Andersen PJ, Roy DM, Gaidis JM. "The effect of superplasticizer molecular weight on its adsorption on, and dispersion of cement". *Cement Concrete Research* 18(6), 980-986, 1988.
- [36] Türk Standartları Enstitüsü. "Beton, Özellik, Performans, İmalat, Uygunluk". Ankara, Türkiye, 206, 2014.
- [37] Türk Standartları Enstitüsü. "Kimyasal Katkılar-Beton, Harç ve Şerbet İçin-Deney Metotları-Bölüm 1: Deneyler İçin Şahit Beton ve Şahit Harç". Ankara, Türkiye, 480-1-8, 2001.
- [38] Türk Standartları Enstitüsü. "Kimyasal Katkılar-Beton, Harç ve Şerbet İçin-Bölüm 2: Beton Kimyasal Katkıları-Tarifler, Gereklere, Uygunluk, İşaretleme ve Etiketleme". Ankara, Türkiye, 934-2, 2011.
- [39] Türk Standartları Enstitüsü. "Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler. Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini-Elementer Metodu (TS3530)". Ankara, Türkiye, 3530, 933-1, 2012.
- [40] Türk Standartları Enstitüsü. "Taze Betonda Birim Ağırlık, Verim ve Hava Miktarının Ağırlık Yöntemiyle Tayini". Ankara, Türkiye, 2941, 1998.
- [41] Türk Standartları Enstitüsü. "Laboratuvarda Beton Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Bakımı". Ankara, Türkiye, 3068, 1978.
- [42] Türk Standartları Enstitüsü. "Kimyasal Katkılar-Beton, Harç ve Şerbet İçin-Deney Metotları-Bölüm 4. Betonda Terleme Miktarının Tayini". Ankara, Türkiye, 480, 2008.
- [43] Türk Standartları Enstitüsü. "Beton-Taze Beton Deneyleri, Bölüm 2: Çökme (Slump) Deneyi". Ankara, Türkiye, 12350-2, 2010.
- [44] Türk Standartları Enstitüsü. "Beton-Taze Beton Deneyleri-Bölüm 6: Yoğunluk". Ankara, Türkiye, 12350-6, 2002.
- [45] Türk Standartları Enstitüsü. "Beton-Taze Beton Deneyleri-Bölüm 7: Hava Muhtevasının Tayini-Basınç Yöntemleri". Ankara, Türkiye, 12350-7, 2010.

EKA

- ÇF1 = Çimento Fabrikası 1 (Cem I 42.5 R),
ÇF2 = Çimento Fabrikası 2 (Cem II 32.5 N),
K1 = 1. Tip İnce Agregası (Metilen : 0.25),
K2 = 2. Tip İnce Agregası (Metilen : 2.00),
DYK = Doygun Yüzey Kuru (Agregası).