



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Sodyum Tripolifosfat ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)'ın Çimento Harçlarının Mühendislik Özelliklerine Etkisi

Ahmet BEYÇİOĞLU^{a*}, Dilara AKÇAABAT^b, Abdülkerim AYDIN^a, Adil GÜLTEKİN^c, Eda YILMAZ^b, Bekir ÇOMAK^a

^a İnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

^b Kompozit Malzeme Teknolojileri Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

^c İnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: abeycioglu@duzce.edu.tr

ÖZET

Sodyum tripolifosfat; gıda sektörü ve deterjan üretiminde pH değerini artırmak için kullanılan inorganik bir tuz olup; ayrıca dispersiyon ajanı, stabilizatör ve su yumuşatıcı olarak da kullanılmaktadır. Bu çalışmada, sodyum tripolifosfat çözeltisini karışım suyu olarak içeren çimento pastalarının ve çimento harçlarının mühendislik özellikleri araştırılmıştır. Deneysel çalışmada, bir tanesi distile su içeren iki tür çimento pastası ve çimento harcı karışımı hazırlanmıştır. İkinci karışım, sodyum tripolifosfat distile suyun %3' ü kadar kullanılmıştır. Sonuç olarak, sodyum tripolifosfatın karışım suyunda kullanılması çimento pastalarının priz başlangıç ve priz bitiş sürelerini, çimento harçlarının yayılma çapı ile 7 ve 28 günlük basınç dayanımını arttırmıştır. Ayrıca sodyum tripolifosfat çözeltisi ile üretilen çimento pastasının SEM görüntüsü incelendiğinde, tripolifosfat'ın hidrasyon ürünleri olan CH ve CSH oluşumlarına olumsuz bir etkisinin bulunmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sodyum Tripolifosfat, Çimento, İşlenebilirlik, Başlangıç ve Bitiş Zamanı, Basınç Dayanımı

Effect of Sodium Tripolyphosphate ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) On The Engineering Properties of Cement Mortars

ABSTRACT

Sodium tripolyphosphate is used in food sector and detergent production to increase pH values, also used as dispersing agent, stabilizer and water softener. In this study; engineering properties of cement pastes' and cement mortars containing sodium tripolyphosphate solution as mixing water were investigated. In the experimental stage, two cement pastes and two cement mortars were prepared which one of them contains distilled water. In second mix, sodium tripolyphosphate was used as %3 by weight of distilled water. The effects of sodium tripolyphosphate addition on engineering properties of cement paste and mortars were investigated. Results showed that sodium tripolyphosphate increases cement pastes' initial setting time, final setting time, and also increases cement mortars flowing diameter, 7 and 28 days compressive strengths. Besides, it was found that sodium tripolyphosphate does not make negative effect CH and CSH formations of cement paste according to SEM images.

Keywords: Sodium tripolyphosphate, Cement, Workability, Initial and Final Setting Time, Compressive Strength

I. GİRİŞ

Çimentolu kompozitlerde karışım suyu uzun yıllardır araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Karışım suyu ile ilgili en kapsamlı çalışma 1924 yılında Abrams tarafından yapılmıştır. 68 farklı su örneği üzerinde yaklaşık 6000 harç ve beton numunesi üzerinde çalışmıştır. Abrams yapmış olduğu deneysel çalışmalarda, deniz suyu ve alkali suları, bataklık sularını, maden sularını, kanalizasyon ve tuz içeren suları kullanmıştır. Aynı zamanda, diğer sularla karşılaştırma yapmak amacıyla taze su ve damıtılmış su da kullanmıştır [1]. Abrams'ın yapmış olduğu bu çalışma, karışım suyu çalışmalarının temelini oluşturmaktadır.

Genellikle, içilebilir nitelik taşıyan suların beton üretiminde kullanılması önerilse de birtakım ön deneyler yapılmak kaydıyla, içilemeyen suların da beton üretiminde kullanılabileceği Aykaç ve Er'in çalışmasında 2009 yılında bildirilmiştir [2].

Literatür incelendiğinde, karışım suyu ile ilgili araştırmaların ilgi çeken bir çalışma alanı olduğu görülmektedir. Karışım suyu ile ilgili yapılan çalışmalarda; deniz suyunun betonun durabilitesine ve dayanımına olan etkileri [3-9], beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan sular ile endüstriyel atık suların betonda kullanılabilişliği [5-8, 10-20], mineralli suların (maden suyu) kullanılması [21, 22], yer altı kaynaklarından çıkan suların kullanılması [23, 24], suyun bir manyetik alandan geçirilmesiyle elde edilen, manyetik suyun betonda kullanılması [25, 26], farklı kaynak (nehir) sularının betonda kullanılması [27], ve evsel atık (lağım) sularının kullanılması [28, 29], üzerine yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Yukarıda bahsedilen çalışmaların bir kısmında içilebilir (şehir şebeke suyu) sular ve distile edilmiş su, referans karışım suyu olarak kullanılmıştır. Yapılan birçok çalışmaya rağmen, karma suyu ve betona nüfuz eden temas suyunun, pH değerinin betona olan etkisi hakkında kısıtlı çalışmaların olduğu görülmüştür.

Organik madde içermeyen beton karma suyunun pH değeri 6 ile 8 arasında ise, beton karma suyu olarak kullanılabılır olduğu belirtilmiştir. Suyun pH derecesi 5,5 altında ise beton için şiddetli etki, PH derecesi 4,5 altında ise beton için çok şiddetli etki yaptığı belirtilmiştir [30]. pH ile ilgili olarak, genellikle betonun çevresel şartlar altındaki davranışı, asidik veya bazik olarak hazırlanmış olan süspansiyonların betona etkisi, karbonatlaşma ve klor iyonlarının betonun kalıcılık özelliğine etkisi ve donatı korozyonuna etkisi gibi çalışmalar yapılmıştır [31-34].

Çimentolu kompozitlerde su içeriği şüphesiz ki işlenebilirlik açısından büyük öneme sahiptir. Fakat işlenebilirliği arttırmak amacıyla fazla su kullanımı, kompozitte su kuma, segregasyon (ayırışma), mekanik özelliklerde önemli düşüşler ve durabilite performansında kayıplara neden olması sebebiyle çok tercih edilmemesi önerilen bir yaklaşımdır. Su ile sağlanacak bazı reolojik performans artışlarını fazla su kullanmadan elde etmenin en bilinen yöntemi süper/hiperakışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanımıdır [35].

Kimyasal katkılar, akışkanlık özelliğini arttırmaktadır. Bunun yanı sıra çimento hamuruyla kimyasal bir reaksiyona girmemekte fakat dolaylı yoldan çimento hamurunun hidrasyonunda hızlandırıcı veya yavaşlatıcı etki göstermektedir. Çimentolu kompozit içerisinde topaklaşma eğilimi gösteren çimento tanecikleri kimyasal katkının ayırıcı etkisiyle dağılmakta ve su ile temas eden yüzeyler artmaktadır. Bu etki elektrostatik etki olarak adlandırılmaktadır [35].

Türkiye’de özellikle yaz aylarında hava sıcaklığının artmasının etkisi ile hazır beton sektöründe beton kıvamının korunmasında zorluklarla karşılaşmakta, çözüm olarak şantiyede akışkanlaştırıcı katkının betona yeniden katılması veya kontrolsüz şantiyelerde betona ilave su katılarak kıvam ayarlamaları denenmektedir. Birinci uygulamada ilave katkının miktarının iyi ayarlanması ve katkı katılmasından sonra betonun iyi bir şekilde karıştırılması gerekmektedir.

Kimyasal katkı teknolojisinin çok ilerlediği günümüzde özellikle hazır beton üreticilerinin önemli sorunlarından bir tanesi de kimyasal katkı-çimento uyumu ile ilgili problemlerdir.

Genel olarak kimyasal katkıların, özel olarak Süperakışkanlaştırıcıların (SA) bazı çimentolar ile uyumsuzluk gösterdiği bilinmektedir. Uyumsuzluğun nedeni ile katkı dozajı artırıldığında ayrışma ve aşırı terleme de oluşabilmektedir. Uyumsuzluğa bağlı olarak hava sürüklenmiş betonlarda hava kabarcıklarının kararlılığı da bozulabilmektedir. Çimento-SA uyumsuzluğu çimentoya ve SA’ya bağlı etkenler olarak ikiye ayrılabilir. Çimentoya bağlı etkenler olarak C_3A içeriği, serbest kireç miktarı, alkali içeriği, çimento toplam yüzey alanı (inceliği), kalsiyum sülfatın türü sayılabilir. SA’ya bağlı etkenler içinde kimyasal bileşimi, molekül ağırlığı, beton karışımına katılış şekli ve sırası önem kazanmaktadır. Bunların dışında agrega tipi ve oranı, su/çimento oranı, sıcaklık ve kür koşullarının da uyum üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir [35, 36]. Su yumuşatıcı ile suyun daha bazik hale geçerek yumuşaması asidik sudaki aşındırıcı etkiyi de azaltmaktadır. İnorganik bir sodyum tuzu olarak bilinen sodyum tripolifosfat, suda sertlik giderici, su yumuşatma ve pH tamponlama gibi özellikleri ile daha çok temizlik maddeleri üretim sektöründe kullanılmaktadır. Aynı zamanda bazı literatür çalışmalarında çimento pastası içerisinde kullanımı görülmektedir. Goberis ve diğerleri [37] yapmış oldukları çalışmada, sodyum tripolifosfat ilavesinin ısıya dayanıklı çimentonun özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Sonuçlara göre sodyum polifosfatın ilavesi çimentonun bazı özelliklerini geliştirmiştir. Sodyum tripolifosfatın konsantrasyonu ile çimentonun elektriksel iletkenliği arasında bir korelasyon kurulması da aynı zamanda ısı yayılım kinetiğinin takibinde önemli bir bulgu ortaya çıkarmıştır. Ltifi ve diğerleri [38] yapmış oldukları çalışmada, sodyum tripolifosfatın çimentonun erken yaş davranışı üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Sodyum tripolifosfat konsantrasyonunun değişimi ile erken yaş davranışın değişimi gözlemlenmiştir. Sodyum tripolifosfatın çimento pastasındaki oranının artması ile çimento pastasının erken yaş hidrasyonunda gecikme artmıştır. Yüksek sodyum tripolifosfat oranı ile bu etki tersine çevrilmiştir.

Bu çalışmada, karışım suyunda sodyum tripolifosfat kullanılmış ve sodyum tripolifosfat’ın sudaki pH’ı yükselterek suyu yumuşatabilmesi ve dispersiyon ajanı özelliği taşıması nedeniyle çimentolu kompozitlerde hem işlenebilirliği arttırabileceği hem de çimento taneciklerindeki mikro topaklanmaları disperse ederek hidrasyon için çimento taneciklerinden maksimum düzeyde yararlanma sağlayabileceği öngörülerek bir deneysel çalışma gerçekleştirilmiş ve bulgular sunulmuştur.

II. MALZEME VE YÖNTEM

A. MALZEME

Bu çalışma kapsamında OYAK Bolu Çimento Fabrikası’ndan temin edilen CEM I 42.5 R tipi çimento kullanılmış olup çimentoya ait kimyasal özellikler Tablo 1’de verilmiştir. Çimento harcı için kullanılan kum CEN Standart Deney Kumu olup kum TS EN 196-1 de belirtilen kriterlere uygundur.

Çalışma kapsamında saf su kullanılmış olup suyun pH'ı 7'dir. Deney kapsamında toz halde temin edilen $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ (sodyum tripolifosfat) kullanılmıştır. Sodyum tripolifosfat'ın genel kimyasal özellikleri ise Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan çimentonun kimyasal özellikleri

Kimyasal kompozisyon	(%)
SiO_2	18.95
Al_2O_3	5.32
Fe_2O_3	4.07
CaO	64.72
MgO	1.35
SO_3	2.90
Na_2O	0.16
K_2O	0.51
Kızdırma kaybı	3.83
Çözünmeyen kalıntı	0.63
Serbest CaO	1.52

Tablo 2. Sodyum Tripolifosfat'ın Kimyasal Özellikleri [39]

Özellik	Değer
Molekül Formülü	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$
Molekül Ağırlığı	367.86 g/mol
Renk	Beyaz
pH	9.8 (20 °C'de)
Yoğunluk	2.52 g/cm ³
Erime Noktası	622°C

B. YÖNTEM

Çalışma kapsamında çimento deneylerinden kıvam suyu tayini, priz başlangıcı ve priz bitişi deneyleri TS EN 196-3'e uygun olarak yapılmıştır. Hazırlanan çimento hamuru üzerinde Vicat aleti ile optimum kıvam suyu tayin edilmiş ve bu kıvam suyu ile referans numunenin priz başlangıç ve priz bitiş süreleri tespit edilmiştir.

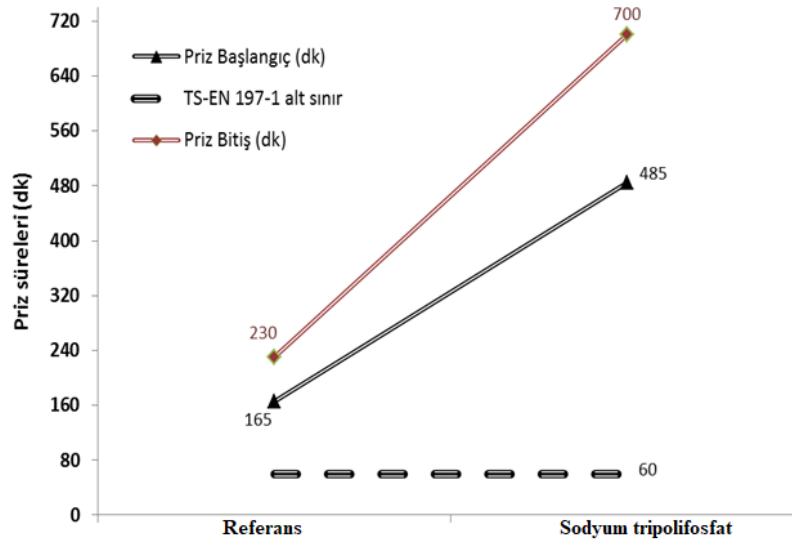
Sodyum tripolifosfat'ın priz başlangıç ve priz bitiş süreleri üzerindeki etkisini belirleyebilmek amacı ile referans karışımında kullanılan aynı miktarda su ağırlıkça %3 oranında sodyum tripolifosfat içeren sulu çözelti haline getirilmiş ve bu çözelti kullanılarak hazırlanan çimento pastalarının üzerinde de priz başlangıç ve priz bitiş deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Daha sonra hem saf su hem de %3 sodyum tripolifosfat içeren çözelti ile çimento harçları hazırlanmıştır. Hem referans harç hem de sodyum tripolifosfat çözeltisi ile hazırlanan harç üzerinde EN 1015-3'e göre yayılma tablası deneyi gerçekleştirilmiştir. Yayılma tablası deney aletinin üzerine konulan kesik koni iki defada harç ile doldurulmuş ve her doldurmadan sonra 10 defa tokmaklamak suretiyle sıkıştırılmıştır. Daha sonra koni kaldırılarak yayılan harç üzerinden birbirine dik iki doğrultuda okuma alınarak iki doğrultuda okunan değerlerin ortalaması yayılma değeri olarak

kaydedilmiştir. Hazırlanan harçlar basınç dayanımı deneyi için 50×50×50 mm’lik küp kalıplara 2 defada yerleştirilmiştir. Her yerleştirme işleminden sonra sarsma tablası ile otomatik sıkıştırılma işlemi yapılmıştır. Laboratuvar ortamında bekletilen numuneler 24 saat sonra kalıplardan çıkartılarak 7. ve 28. güne kadar kür havuzunda sabit sıcaklıkta bekletilmiştir. Kür havuzundan alınan numuneler TS EN 196-1’e uygun olarak basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuşlardır. Her karışım için 3 adet küp numune elde edilmiş olup bu üç numunenin ortalama değerleri basınç dayanım deneyi sonucu olarak alınmıştır.

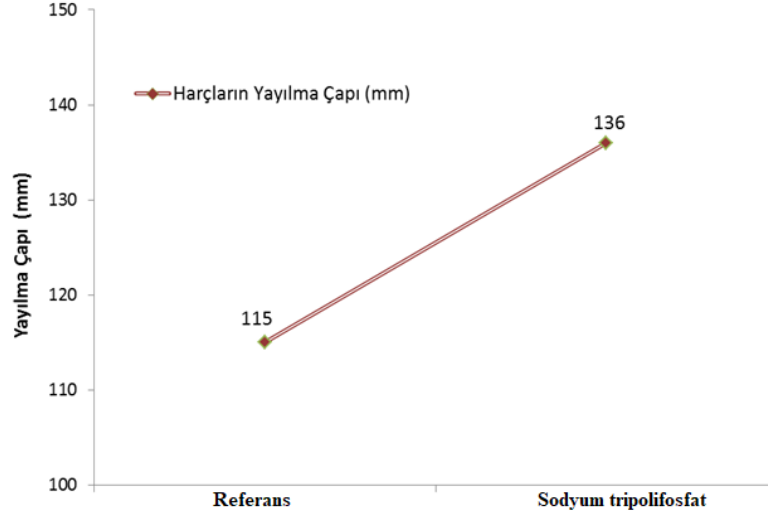
III. BULGULAR ve TARTIŞMA

Saf su ve sodyum tripolifosfat içeren çözelti ile üretilen çimento pastasının priz başlangıç ve priz bitiş sürelerini gösteren grafik Şekil 1’de görülmektedir. Saf su ile üretilen çimento pastasının priz başlangıç süresi 165 dakika ve priz bitiş süresi 230 dakika iken sodyum tripolifosfat içeren çözelti ile üretilen çimento pastasının priz başlangıç süresi 485 dakikaya ve priz bitiş süresi ise 700 dakikaya yükselmiştir. Priz başlangıç süresi saf su ile üretilen referans numuneye göre %192 ve bitiş süresi ise %204 oranında artış göstermiştir.



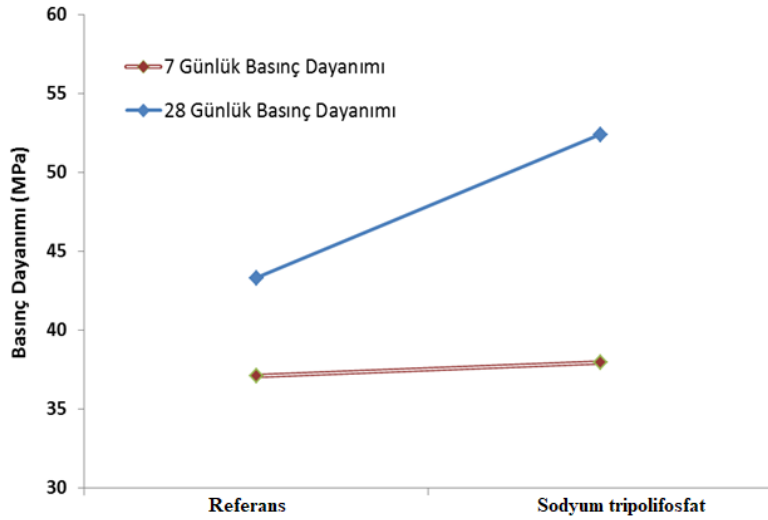
Şekil 1. Saf su ve çözelti ile hazırlanan çimento pastalarının priz başlangıç ve bitiş süreleri

Saf su ve sodyum tripolifosfat içeren çözelti ile üretilen çimento harçlarının yayılma çapları ise Şekil 2’de verilmiştir. Yayılma deneyi sonuçlarına göre ise kontrol numunesinin yayılma çapı 115 mm sodyum tripolifosfat içeren harçların yayılma çapı ise 136 mm olarak belirlenmiştir. Sonuçlar sodyum tripolifosfat kullanımının harçların yayılma çapını %18 arttırdığını göstermiştir



Şekil 2. Saf su ve çözelti ile hazırlanan çimento harçlarının yayılma çapları

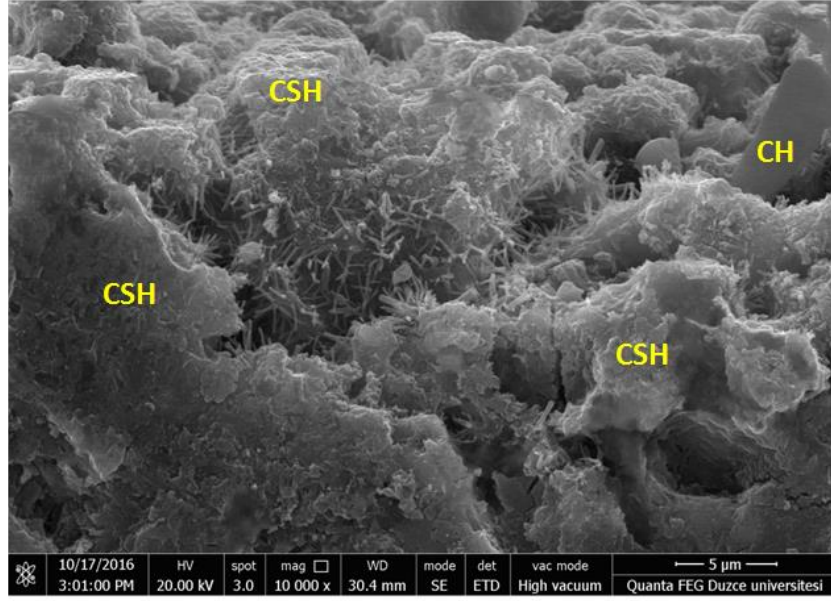
Çimento harçlarının 7 ve 28 günlük dayanımlarındaki değişim ise Şekil 3'te görülmektedir. Sodyum tripolifosfat kullanılarak hazırlanan çözelti ile üretilen harcın 7 ve 28 günlük basınç dayanımı referans harcın basınç dayanımı ile kıyaslandığında, sodyum tripolifosfat içeren harcın basınç dayanımı 28. günde referansa göre önemli düzeyde yüksek bir değer almış ve referans harcın 43.32 MPa olan basınç dayanımı çözelti ile üretilen harçta % 21 artış göstererek 52.4 MPa'ya yükselmiştir. 7 günlük dayanımlar ise sodyum tripolifosfat içeren harçta bir miktar yüksek olsa da her iki harç türünde de yakın değer almıştır.



Şekil 3. Saf su ve çözelti ile hazırlanan çimento harçlarının 7 ve 28 günlük dayanımları

Elde edilen bulgular sodyum tripolifosfat içeren çözelti ile hazırlanan harçların işlenebilirliğinin ve 28 günlük basınç dayanımının önemli düzeyde artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Sonuçlar taze harç özellikleri açısından ele alınacak olursa, sodyum tripolifosfat kullanımının sudaki pH değerini yükselttiği ve dolayısıyla suyu yumuşatarak işlenebilirliğe katkı sağladığı düşünülebilir. Sonuçlar sertleşmiş harçlar üzerinde gerçekleştirilen basınç dayanımı deney bulguları açısından değerlendirilecek olursa, harcın 28 günlük basınç dayanımındaki artışın, kimyasalın disperse etme

özelliği sayesinde çimentoda oluşabilecek mikro topaklanmaları engellemesi ve çimento taneciklerinden maksimum düzeyde yararlanmayı sağlaması şeklinde açıklanabilir. 7 günlük dayanımda ise önemli bir fark olmayışı sodyum tripolifosfat içeren harçtaki geç priz almanın etkisiyle dayanımdaki artışın nispeten gecikmesi ile açıklanabilir. Ayrıca sodyum tripolifosfat içeren çimento pastasının SEM görüntüsü de Şekil 4’de verilmiştir. Elde edilen SEM görüntüsünde çimento pastasında oluşan CSH ve CH oluşumları görülmektedir. SEM görüntüsü çimento pastasının hidrasyon ürünlerinin oluşmasında sodyum tripolifosfat’ın olumsuz bir etkisinin olmadığını ortaya koymaktadır.



Şekil 4. Sodyum tripolifosfat içeren çözelti ile hazırlanan çimento harçlarının SEM görüntüsü

IV. SONUÇ

Elde edilen bulgulara göre sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Karışım suyunda sodyum tripolifosfat kullanılmasının çimento pastasının priz başlangıç ve bitiş sürelerini geciktirici etkisi bulunmaktadır.
- Sodyum tripolifosfat’ın karışım suyunda kullanılması çimento harçlarının işlenebilirliğini arttırmaktadır.
- Sodyum tripolifosfat’ın karışım suyunda kullanılması üretilen harçların 7 günlük basınç dayanımlarını etkilememekte fakat 28 günlük basınç dayanımını referans harcın basınç dayanımı ile kıyaslandığında önemli düzeyde arttırmaktadır.
- SEM analizine göre sodyum tripolifosfat kullanımı 28 günlük çimento harçlarının hidrasyon ürünlerinin oluşumuna olumsuz bir etki yapmamaktadır.

V. KAYNAKLAR

- [1] J. F. Lamond, J. H. Pielert "Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete making Materials," ASTM Special Technical Publication 2006.
- [2] S. Aykaç, S. B. Er *Int.J.Eng.Research & Development* **1(2)** (2009) 49-52.
- [3] Z. Shi, Z. Shui, Q. H. Li *Construction and Building Materials* **74** (2015) 57-64.
- [4] K. De Weerd, H. Justnes *Cement and Concrete Composites* **55** (2015) 215-222.
- [5] K. De Weerd, H. Justnes, M. R. Geiker *Cement and Concrete Composites* **47** (2014) 53-63.
- [6] F. Fraternali, S. Spadea, V. P. Berardi *Construction and Building Materials* **61** (2014) 293-302.
- [7] S. A. Barbhuiya, P. A. M. Basheer, M. W. Clark, G. I. B. Rankin *Cement and Concrete Composites* **33** (2011) 668-679.
- [8] A. M. Diab, H. E. Elyamany, A. E. M. Abd Elmoty *Alexandria Engineering Journal*, **50** (2011) 65-78.
- [9] A., Xu, A. Shayan, G. Chirgwin, H. Morris *Cement and Concrete Research* **40** (2010) 563-568.
- [10] J. Borger, R. L. Carrasquillo, D. W. Fowler *Advanced Cement Based Materials* **1** (1994) 267-274.
- [11] F. Sandrolini, E. Franzoni *Cement and Concrete Research* **31** (2001) 485-489.
- [12] B. J. Sealey, P. S. Phillips, G. J. Hill *Resources, Conservation and Recycling* **32** (2001) 321-331.
- [13] I. Al-Ghusain, M. J. Terro *Kuwait J. Sei. Eng* **30** (2003) 213-228.
- [14] A. S. l-Harthy, R. Taha, J. Abu-Ashour, K. Al-Jabri, S. Al-Oraimi *Cement and Concrete Composites* **27** (2005) 33-39.
- [15] B. Chatveera, P. Lertwattanaruk, N. Makul *Cement and Concrete Composites* **28** (2006) 441-450.
- [16] B. Chatveera, P. Lertwattanaruk *Journal of Environmental Management* **90** (2009) 1901-1908.
- [17] Z. Z. Ismail, E. A. Al-Hashmi *Journal of Cleaner Production* **19** (2011) 197-203.
- [18] K. S. Al-Jabri, A. H. Al-Saidy, R.b Taha, A. J. Al-Kemyani *Procedia Engineering* **14** (2011) 370-376.

- [19] S. Yan, K. Sagoe-Crentsil, G. Shapiro *Construction and Building Materials* **29** (2012) 51-55.
- [20] H. M. de Paula, M. S. de Oliveira Ilha, L. S. Andrade *Journal of Cleaner Production* **76** (2014) 125-130.
- [21] M. H. Çelik, M. Orhan, M. Özel *Journal of Polytechnic* **8(2)** 2005 203-207.
- [22] Ö. Çoban, E. Sancak, *Krom atığı katkılı harçların puzolanik aktivite ve kılcallıklarına farklı kür sularının etkisi*, **Beton 2013 Hazır Beton Kongresi**, İstanbul-Türkiye, (2013) 313.
- [23] N. Su, B. Miao, F. S. Liu *Cement and Concrete Research* **32** (2002) 777-782.
- [24] T. R. Nikhil, R. Sushma, S. M. Gopinath, B. C. Shanthapp *Indian Journal of Applied Research* **4** (2014) 197-199.
- [25] N. Su, Y.-H. Wu C.-Y. Mar *Cement and Concrete Research* **30** (2000) 599-605.
- [26] N. Su, C.-F. Wu *Cement and Concrete Composites* **25** (2003) 681-688.
- [27] A. Olugbenga *Civil and Environmental Research* **6(3)** 2014 39-43.
- [28] Z. Cebeci, A. M. Saatci, *Materials Journal* **86** 1989 503-506.
- [29] M. Silva, T. R. Naik, *Sustainable Use of Resources – Recycling of Sewage Treatment Plant Water in Concrete*, **Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies**, Ancona-İtalya (2010) 1731.
- [30] J. F. Lamond, J. H. Pielert, *Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-making Materials* ASTM Publication, (2006)
- [31] M. Pakshir, S. Esmaili *Scientia Iranica* **4** (1998) 201-205.
- [32] Y. F. Fan, Y. S. Chen, Z. Q. Hu, X. Li, *Experimental Study on Compressive Strength of Corroded Concrete*, **CI-Premier PTE LTD 31st Conference on —OUR WORLD IN CONCRETE & STRUCTURES**, Singapore, (2006).
- [33] D. McPolin, , P. Basheer, A. Long *Materials. J. Mater. Civ. Eng* **21** (2009) 217-225.
- [34] K. J. Kucche, S. S. Jamkar, P. A. Sadgir, *International Journal of Scientific and Research Publications*, **(5)** (2015) 1-10.
- [35] M. Uysal, K. Yılmaz, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* **25(1)** (2012) 19-35.
- [36] Anonim, <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/3985.pdf>, (Erişim Tarihi: 30th of March, 2017).

- [37] S.Goberis, I. Pundene, V. Antonovich, *Refractories and Industrial Ceramics*, 46(6) 2005 403-406.
- [38] M. Ltifi, A. Guefrech, P. Mounanga, *Procedia Engineering*, (10) 2011 1457-1462.
- [39] Anonim, <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927608> (*Erişim Tarihi: 30th of March, 2017*).