

ÇİMENTO TİPİNİN SIMCON ÖZELİKLERİNE ETKİSİ

Mehmet CANBAZ^{1*}, Serhat ÇELİKTEN²

¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir, Türkiye, ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-0175-6155>

² Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 50300, Nevşehir, Türkiye, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0001-8154-7590>

Anahtar Kelimeler	Öz
SIMCON, Bağlayıcı, Mekanik özellikler.	<i>Lifli güçlendirilmiş çimentolu kompozitler inşaat sektöründe giderek artan bir ilgi ile kendine yer bulabilmektedir. Lifli güçlendirilmiş çimentolu kompozitlerinden olan ağ şeklinde lif içeren çimento bulamacı emdirilmiş kompozit malzemeler (SIMCON) daha çok güçlendirme amaçlı kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada SIMCON üretiminde bağlayıcı faz olarak farklı türde çimentolar kullanılmış ve bu çimentoların SIMCON özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla bağlayıcı olarak katkı ve katkısız normal Portland çimentoları ve hızlı dayanım kazanan kalsiyum alüminatlı çimentolar tercih edilmiştir. SIMCON üretiminden alınan numuneler üzerinde birim ağırlık, ultrases geçiş süresi, eğilme ve basınç deneyleri yapılarak SIMCON kompozitlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler irdelenmiştir. Çimento türünün SIMCON kompozitlerin mekanik ve fiziksel özelliklerini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir.</i>

EFFECT OF CEMENT TYPE ON SIMCON PROPERTIES

Keywords	Abstract
SIMCON, Binder, Mechanical properties.	<i>Fiber reinforced cementitious composites have in the construction industry coverage with increasing interest. Slurry infiltrated mat concrete (SIMCON), which are one of the fiber reinforced cementitious composites, are used for retrofitting purposes. In this study, different types of cements were used as binding phase in SIMCON production and the effects of these cements on SIMCON properties were investigated. For this aim, normal Portland cements with and without additive and calcium aluminate cements which gained early strength were preferred as binders. The changes in the physical and mechanical properties of SIMCON composites were examined by performing unit weight, ultrasonic pulse time, bending and compressive strength tests on the specimens taken from SIMCON production. It has been determined that the cement type significantly effects the mechanical and physical properties of SIMCON composites.</i>

Araştırma Makalesi

Research Article

Başvuru Tarihi : 16.01.2020

Submission Date : 16.01.2020

Kabul Tarihi : 19.03.2020

Accepted Date : 19.03.2020

1. Giriş

Japon Beton Enstitüsü tarafından yapılan çimentolu malzemeler sınıflandırmasında (JCI Committee, 2003) yerini alan ağ şeklinde lif içeren çimento bulamacı emdirilmiş kompozit malzemeler (SIMCON), sünekliği arttırmak için giderek daha fazla kullanılmaktadır (Öz, 2014). SIMCON üretiminde diğer lifli çimentolu kompozitlerden farklı olarak çelik lif yerine ağ şeklindeki çelik tel önceden kalıba yerleştirilerek kullanılmaktadır (Çakır, 2013). SIMCON üretiminde kullanılan liflerin esnekliği ve yönelmesi çatlak kontrolünü sağlamakta ve daha esnek, daha dayanıklı bir malzeme elde edilmesini sağlamaktadır (Malak ve Krstulovic, 2019). Ağ şeklindeki çelik tel olarak çelik yünü kullanılan bir çalışmada, 52.5 MPa basınç

dayanımına sahip yüksek dayanımlı çimento kullanılmıştır. Elde edilen numuneler deniz suyu, donma-çözülme, yüksek sıcaklık gibi agresif ortamlarda bırakılmıştır. Donma-çözülme çevrimlerinden önemli derecede etkilenmezken, deniz suyu numunelerin performansını olumsuz etkilemiş, özellikle 800 °C ve üzerinde mekanik özelliklerde ciddi oranda azalma olurken boşluk miktarı artmıştır (Refega, 2017). SIMCON üretiminde çelik mat kullanılması durumunda liflerin hacimsel oranı % 4-6 arasında değişim gösterirken, PVA mat kullanılması durumunda bu oran yaklaşık % 1 olmaktadır (Naaman, 2007). SIMCON numunelerinde daha önce oluşturulan çatlakların gelişimine ilişkin yapılan bir çalışmada özel olarak hizalanan liflerle rastgele liflerin etkinlik faktörü karşılaştırılmış, SIMCON'da sünekliğin liflerin

* Sorumlu yazar; e-posta : mcanbaz@ogu.edu.tr

aderansına bağlı olarak çekilip çıkarılma kuvvetinden çok plastik şekil değiştirebilmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Arttırılan gerilmeye bağlı olarak elastik kısımda rijitlikte azalma görülürken, doğrusal olmayan sertleşme kısmında ise iç hasara bağlı doğrusal çatlak oluşumları görülmüştür. Yumuşama kısmında ise oluşan kısmi çatlaklara bağlı olarak bölgesel hasar oluşumları belirlenmiştir (Murakami ve Zeng 1998). SIMCON, yapı elemanlarının taşıma kapasitesini arttırmak için kolonlara, kirişlere, köprü ayaklarına manto şeklinde uygulanabilmektedir (Coşkun 2002). Yapılan bir çalışmada köprü ayağını güçlendirmek için kullanılan SIMCON mantonun donma çözülme etkilerinde buz çözücü tuza maruz bırakılarak pullanma direnci araştırılmıştır. Çalışma sonucunda yüksek oranda silika tozu içermesine ve çatlaklara rağmen çok hafif pullanma görülmüş, hava sürükleyici katkıya ihtiyaç duyulmadan pullanma direncinin mükemmel olduğu belirtilmiştir (Coşkun, 2003). Özellikle kiriş güçlendirmesinde kirişin çekme bölgesine daha önce üretilerek epoksi ile yapıştırılan SIMCON laminantlar ile kirişlerin sünekliği arttırılabilmektedir (Subramani ve Senthilkumar, 2016). Yapılan bir diğer çalışmada çelik ağ yerine çelik örgü kullanılarak elde edilen SIMCON laminantların güçlendirme amaçlı kullanılması ile kirişlerin eğilme dayanımlarının ve eğilme rijitliklerinin arttığı belirtilmiştir (Kumar ve Ariyannan 2016). Liflerle güçlendirilmiş betonlara göre SIMCON kompozitlerin eğilme dayanımları ve toklukları genellikle daha yüksek olmasına rağmen SIMCON üretiminde lif:hacim oranı artması durumunda eğilme dayanımlarındaki artış azalabilmektedir (Bayasi ve Zeng 1997). Laminantlarla güçlendirmede eğilme dayanım artışı bir çalışmada % 98'e ulaştığı ve bu yükler altında oluşan sehimde de % 70'e ulaşan artışlar belirlenmiştir. Kırılma laminantlardan gerçekleşmemiş, sünekliği arttırmıştır. Epoksi ile yapıştırıldığından yük altında aderansa olumlu katkılar sağladığı görülmüştür. Deney sonuçlarından, SIMCON ile güçlendirilmiş kirişlerin, SIFCON ile güçlendirilmiş kirişlere kıyasla daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır (Balamuralikrishnan, 2017). Başka bir çalışmada ise yapılan deneyler sonucunda güçlendirme amacı ile kullanılan SIMCON üretiminde bağlayıcı olarak kullanılan çimentonun yerine % 50 oranına kadar yüksek fırın cürufu ve uçucu kül kullanılabileceği görülmüştür (Rashmi, Yeshwanth ve Prahallada, 2017). SIMCON kompozitlerin bağlayıcı fazı üzerine yapılan az sayıda çalışmalar daha çok mineral katkı çeşidi ve miktarı üzerinedir. Bu çalışmada SIMCON üretiminde kullanılan farklı tür çimentoların SIMCON özelliklerine etkisi yapılan deneylerle araştırılmış ve değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2. 1. Malzeme

Çimento: SIMCON üretiminde bağlayıcı olarak Tablo 1'de özellikleri verilen katkısız CEM I 42,5R, katkılı CEM IV/B (P) 32.5 N, kalsiyum alüminatlı çimento (CAC) kullanılmıştır.

Tablo 1

Kullanılan Çimentoların Özellikleri

	CEM IV	CEM I	CAC		CEM IV	CEM I	CAC
SiO ₂	38,0	19,2	3,60	Yoğun., g/cm ³	2,87	3,09	3,25
Al ₂ O ₃	9,68	4,56	39,80	Özg.Yüz., cm ² /g	4450	3590	3000
Fe ₂ O ₃	2,91	3,09	17,05	Priz Baş., dk	190	163	280
CaO	32,2	62,9	36,20	Priz Bitiş., dk	270	228	295
MgO	1,64	1,88	0,65	Genleşme, mm	1	1	1
K ₂ O	1,14	0,63		Basınç Dayanımları, MPa			
Na ₂ O	1,00	0,31		6 saat	-	-	47
SO ₃	2,06	3,21	0,04	7 gün	20,1	36,5	-
LOI	4,0	3,8	0,30	28 gün	38,1	52,1	-

Su: Karışım suyu olarak Tablo 2'de özellikleri verilen Eskişehir şebeke suyu kullanılmıştır.

Tablo 2

Kullanılan Suyun Özellikleri

Kimyasal Özellik, mg/l				Fiziksel Özellik			
Al	0,04	Cu	0,016	Ni	5,07	İletkenlik, µS/cm	628
NO ₃	11,1	Fe	0,007	K	6,8	Sertlik, Fd ⁰	30,11
NH ₄	0,06	Mn	0,015	As	1,19	pH	7,35

Lif: Ağ şeklinde çelik lif olarak özellikleri Tablo 3'te verilen Rota marka çelik yün kullanılmıştır. Çelik yün Arı boya şirketinden temin edilmiştir.

Tablo 3

Kullanılan Lifin Özellikleri

Ortalama kalınlık, mm	0.03-0.08
İçeriği	18 Cr 10 Ni
Gevşek birim ağırlık, g/cm ³	0.055
Isı ve elektrik iletkenliği	yüksek
Korozyon direnci	yüksek

Kimyasal katkı: Kıvamı arttırmak için Tablo 4'te özellikleri verilen CHRYSO firmasına ait Optima 100 marka süperakışkanlaştırıcı kullanılmıştır.

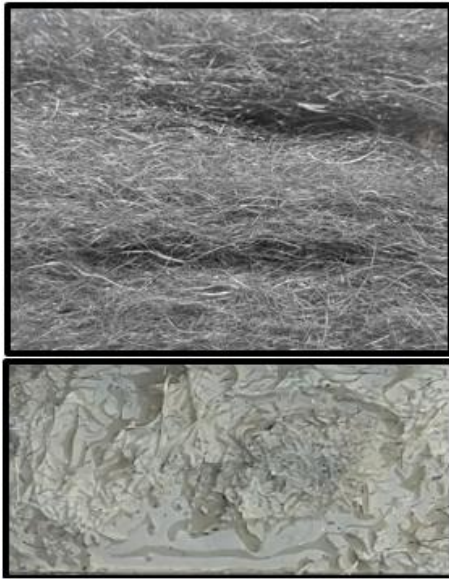
Tablo 4

Kullanılan Katkının Özellikleri

Görünüm sıvı	Renk sarı	Cl-% < 0,1	Özgül Ağırlık 1,06	pH 4
--------------	-----------	------------	--------------------	------

2. 2. Yöntem

Bu çalışma etik kurul kararı gerektiren bir çalışma değildir. Çalışma bir kurumda yapılan uygulamayı kapsamamaktadır. Ayrıca araştırma ve yayın etiğine de uyulmuştur. SIMCON üretiminde önce Tablo 5'te verilen su:bağlayıcı oranları dikkate alınarak bağlayıcı hamur hazırlanmıştır. Hazırlanan hamurların kıvamlarını belirlemek için vizkoziteleri dikkate alınmış ve viskozimetre cihazı kullanılarak vizkoziteleri ölçülmüştür. Sabit su:çimento oranında akıcı bir kıvam için CEM I ve CEM IV tipi çimento kullanılması durumunda Tablo 5'te verilen oranda akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Ancak bu katkıların CAC tipi çimentolar ile uyum sağlamaması nedeni ile akıcı bir kıvam elde edilmesi su ilavesi ile mümkün olmuştur. Dolayısı ile su:bağlayıcı oranı CEM I ve CEM IV tipi çimentolara göre artmıştır. Bağlayıcı hamurun viskozitesi 5-10 Pa.sn (100 rpm dönüş hızı için) arasında kalacak şekilde sabit bırakılmıştır.



Şekil 1. SIMCON üretiminde kullanılan ağ şeklindeki çelik lif, üretim ve numuneleri

Boyutları 4x4x16 cm olan prizmatik kalıplar önce serbest olarak ağ şeklinde çelik liflerle sıkıştırılmadan doldurulmuştur. Daha sonra sabit kıvamda hazırlanan çimento bulamacı bu liflerin üzerine dökülmüştür. Masa vibratörü yardımı ile sıkışma sağlanmış ve yüzeyi mala ile düzeltilmiştir. Şekil 1'de bu işlemde kesitler görülmektedir. Numunelerin bağlayıcı:lif oranları ise Tablo 5'te gösterildiği gibi tasarlanmıştır.

Tablo 5

Karışım Oranları

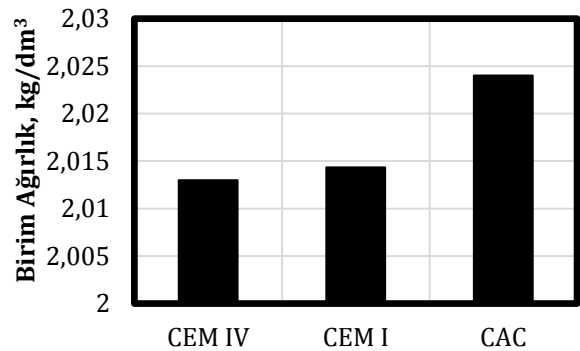
Bağlayıcı	Su/Bağlayıcı	Örgü çelik lif/Bağlayıcı	Katkı/Bağlayıcı
CEM I	0.325	0.05	0.02
CEM IV	0.325	0.05	0.02
CAC	0.400	0.05	-

Numuneler kalıptan 24 saat sonra çıkarılmış ve standart koşullarda kirece doygun kür havuzunda saklanmıştır. Üretim tarihinden itibaren 28 gün sonra numuneler kür havuzundan çıkarılmış 2-3 saat laboratuvar ortamında kurumaya bırakılmıştır. Numunelerin boyutları, ağırlıkları ve ultrases geçiş süreleri ölçülmüştür. Daha sonra numuneler üzerinde üç noktalı yüklemeli eğilme deneyi yapılmıştır. Kırılan parçaların üzerine ve altına aynı hizada olacak şekilde 4x4 cm boyutlarında plakalar konularak basınç deneyi yapılmıştır. Her bir deney en az 3 numune üzerinde yapılmıştır. Numunelerin birim ağırlıkları, ultrases geçiş hızları, eğilme ve basınç dayanımları hesaplanmıştır. Farklı bağlayıcılarla üretilen SIMCON'un fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3. 1. Birim Ağırlık Sonuçları

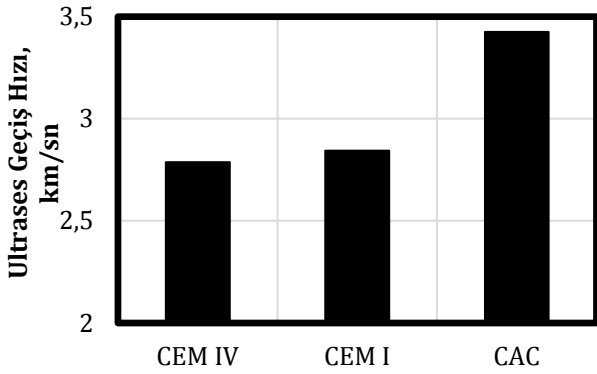
Şekil 2'de farklı çimento ile üretilen SIMCON numunelerinin birim ağırlıkları verilmiştir. Numunelerin birim ağırlıkları 2013-2024 kg/m³ arasında değişmiştir. SIMCON bağlayıcı matris ve ağ şeklinde çelik lifli mattan oluşan bir kompozittir. Numunelerde ağ şeklinde çelik lif miktarı değişmediği için bağlayıcı türü birim ağırlıkta etkili olmuştur. CEM I ve CEM IV tipi çimentolar kullanılan numunelerin birim ağırlıkları dikkate değer oranda değişmezken, CAC yoğunluğu diğer iki çimentodan da yüksek olduğu için CAC ile üretilen SIMCON numunelerinin birim ağırlıkları diğer iki çimento türü ile üretilen numunelere göre % 0.5 daha fazla elde edilmiştir.



Şekil 2. SIMCON numunelerin birim ağırlıkları

3. 2. Ultrases Geçiş Hızı Sonuçları

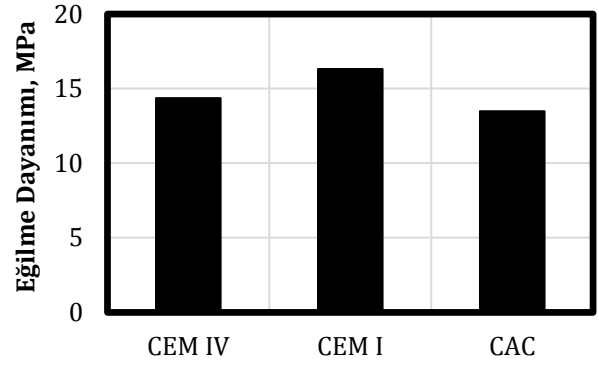
Ağ şeklindeki çelik lifler ile üretilen SIMCON numunelerin ultrases geçiş hızları Şekil 3’de verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde ultrases geçiş hızlarının 2.79-3.42 km/sn aralığındadır. SIMCON üretiminde CAC tipi çimento kullanılması durumunda en yüksek ultrases geçiş hızlarına ulaşıldığı görülmüştür. CEM IV ve CEM I tipi çimento kullanılması durumunda numunelerin ultrases geçiş hızları CAC türü bağlayıcı kullanılan numunelere göre % 22’ye ulaşan oranlarda azalmıştır. Bağlayıcı matrisin ultrases geçiş hızlarını etkilediği görülmüştür. CAC türü bağlayıcı kullanılan karışımlarda CAC’ın daha ince taneli olması nedeniyle yoğun çelik yünün içerisine daha iyi nüfuz etmesi sonucu daha dolu bir yapı elde edilmiş ve ultrases geçiş hızları daha yüksek değerler almıştır. Ancak ağ şeklindeki çelik liflerin dağılışı ve sürekliliği ultrases geçiş hızlarının değişiminde etkisi dikkate alınmalıdır.



Şekil 3. SIMCON numunelerin ultrases geçiş hızları

3. 3. Eğilme Dayanımı Sonuçları

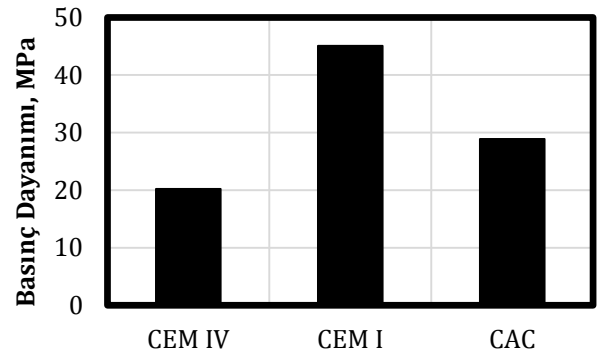
Bağlayıcı türünün SIMCON eğilme dayanımlarına etkisi Şekil 4’te verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde numunelerin eğilme dayanımlarının 13.5-16.3 MPa arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek eğilme dayanımı CEM I türü çimento kullanılan SIMCON numunelerinde görülürken, CEM IV kullanılması durumunda eğilme dayanımları % 11.6, CAC kullanılması durumunda % 17.2 azalmıştır. Kullanılan CEM IV türü çimentonun dayanım sınıfının düşük olması eğilme dayanımının azalmasında etkili olmuştur. Ayrıca CAC kullanılan numunelerde sabit kıvam için su-bağlayıcı oranının artması numune kesitinde zayıflıklar meydana getirdiğinden eğilme dayanımı düşmüştür.



Şekil 4. SIMCON numunelerin eğilme dayanımları

3. 4. Basınç Dayanımı Sonuçları

SIMCON numunelerinin basınç dayanımları Şekil 5’te verilmiştir. SIMCON numunelerin basınç dayanımları 20.2-45.1 MPa arasındadır. En yüksek basınç dayanımları CEM I türü çimento kullanılan numunelerde görülürken CAC türü çimento kullanılması durumunda basınç dayanımı % 35.9 azalırken, CEM IV türü çimento kullanılan SIFCON numunelerinde azalma oranı % 55.2’ye ulaşmıştır. Bu azalmada bu çimento tipinin düşük dayanım sınıfına sahip olması etkilidir. Ağ şeklindeki çelik lifin arasına çimento şerbetinin yerleştirilmesindeki güçlükler nedeni ile meydana gelen boşluklar dayanımların daha düşük değer almasına neden olmuştur.



Şekil 5. SIMCON numunelerin basınç dayanımları

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bağlayıcı türünün SIMCON özelliklerine etkisinin incelendiği bu çalışmada yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Çimento yoğunluğunun artması ile SIMCON numunelerin birim ağırlıkları artmıştır.
- Ağ şeklindeki çelik liflerin sıklığı ultrases geçiş hızlarının değişiminde etkili olmuştur. En yüksek ultrases geçiş hızı daha ince taneli olması nedeni ile

yoğun çelik yün içerisine daha iyi girerek doluluğu arttıran CAC tipi çimento kullanılan numunelerde görülmüştür.

- Bağlayıcı türü SIMCON'un eğilme dayanımlarında etkili olduğu belirlenmiştir. En düşük eğilme dayanımı yaklaşık 13 MPa ile CAC içeren SIMCON kompozitlerde görülürken, bu değer CEM I türü çimento kullanılması durumunda % 20 oranında artmıştır.
- Bağlayıcı türü en fazla SIMCON basınç dayanımlarını etkilemiştir. En yüksek basınç dayanımının yaklaşık 45 MPa ile CEM I türü çimento kullanılan SIMCON numunelerinde elde edilirken, en düşük basınç dayanımı 20 MPa ile CEM IV türü çimento kullanılan numunelerde görülmüştür.
- Ağ şeklindeki lifler klasik liflere göre daha zor temin edilmesi ve birim hacimde daha fazla kullanılması nedeni ile çimento esaslı lifli kompozitlere göre maliyeti % 100'e ulaşan oranda artabilmektedir.

Bu çalışmanın sonunda bağlayıcı türünün SIMCON özelliklerinin belirlenmesinde etkili olduğu görülmüştür. Deney sonuçlarına göre özellikle mekanik özellikler açısından SIMCON üretiminde bağlayıcı olarak CEM I türü çimentoların kullanılması önerilir. Ancak hızlı dayanım beklenen SIMCON uygulamalarında CAC türü çimentoların kullanılması önerilir. Özellikle yüksek eğilmeye maruz elemanlarda SIMCON kullanılması önerilir. Ayrıca, bağlayıcı türünün SIMCON dayanıklılık özelliklerine etkisinin incelenmesi daha sonraki çalışmalar için önerilir.

Teşekkür

Yazarlar deneysel çalışmalarda desteğinden dolayı Tekniker Sevgin Yılmaz'a teşekkür eder.

Araştırmacıların Katkısı

Bu çalışmada; Serhat Çelikten bilimsel yayın araştırması, malzemelerin temini, numune üretilmesi, makalenin oluşturulması; Mehmet Canbaz tasarımın yapılması, deneylerin yapılması, deney sonuçlarının analiz edilmesi, makalenin genel kontrolünün yapılması konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Balamuralikrishnan R. (2017). Flexural and cyclic behavior of RC beams retrofitted with externally bonded SIFCON and SIMCON laminates. *The IUP Journal of Structural Engineering*, 10(4), 40-65.

Erişim adresi: [https://www.iupindia.in/1710/Structural%20Engineering/Flexural and Cyclic Behavior.html](https://www.iupindia.in/1710/Structural%20Engineering/Flexural%20and%20Cyclic%20Behavior.html)

Bayasi Z. and Zeng J. (1997). Flexural behavior of slurry infiltrated mat concrete (SIMCON). *Journal of materials in civil engineering*, 9(4), 194-199. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(1997\)9:4\(194\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(1997)9:4(194))

Coşkun H. (2003). Çimento bulamacı emdirilmiş çelik lif donatılı betonun (SIMCON) pullanma direnci. *TMMOB, İMO, 5. Ulusal Beton Kongresi*, 355-364, İstanbul.

Coşkun, H. (2002). *Construction of SIMCON retrofitted reinforced concrete columns* (Doctoral thesis). The Graduate Faculty of North Carolina State University, USA. Erişim adresi: <https://repository.lib.ncsu.edu/handle/1840.16/5298>

Çakır C. (2013). *Makrosentetik ve çelik lif donatılı betonların mekanik davranışı* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. Erişim adresi: <https://polen.itu.edu.tr/handle/11527/6692>

JCI-DFRCC Committee (2003). DFRCC Terminology and Application Concepts. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 1(3), 335-340. doi: <https://doi.org/10.3151/jact.1.335>

Kumar V. S. and Ariyannan P. (2016). Retrofitting of RC beam using SIMCON laminate. *International Journal of Emerging Technology in Computer Science & Electronics (IJETCSE)*, 20(3), 219-225. Erişim adresi: <https://pdfs.semanticscholar.org/c300/545d29f3defba111bba1ccf3181d1f2bf8a4.pdf>

Malak S.A. and Krstulovic-Opara N. (2019). Micromechanical tensile behavior of slurry infiltrated mat concrete with inclined fibers. *ACI Materials Journal*, 116(2), 69-80. doi: <https://doi.org/10.14359/51714453>

Murakami H. and Zeng J.Y. (1998). Experimental and analytical study of SIMCON tension members. *Mechanics of Materials* 28, 181-195. doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-6636\(97\)00060-4](https://doi.org/10.1016/S0167-6636(97)00060-4)

Naaman A. E. (2007). Fiber reinforced concrete: state of progress at the edge of the new millennium, design and sustainability of structural concrete in the middle east with emphasis on high-rise buildings. *Proceedings of the ACI-KC Second International Conference*, 1-28, Kuwait.

Öz A. (2014). *Uçucu kül içeren kendiliğinden yerleşen hibrid lifli betonların bazı özelliklerinin araştırılması* (Doktora tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum. Erişim adresi: <http://earsiv.atauni.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1134/10059790.pdf?sequence=1>

Rashmi H.S., Yeshwanth V. and Prahallada M.C. (2017). Behaviour of reinforced concrete beams retrofitted with slurry infiltrated mat continuous fibre laminates. *Journal on Civil Engineering*, 7(3), 28-34. doi: <https://doi.org/10.26634/jce.7.3.13607>

Refega G.F. (2017). *Evaluation of the durability of slurry-infiltrated mat concrete of low commercial cost* (MSc thesis). Master in Civil Engineering, Polytechnic Institute of Setubal, Setubal, Portugal.

Subramani T. and Senthilkumar M. (2016). Finite element analysis of RC beams with externally bonded SIMCON laminates by using ANSYS. *Internationales Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM)*, 5(5), 148-155. Erişim adresi: https://ijaiem.org/pabstract_Share.php?pid=IJAIEM-2016-05-26-34