

PAPER DETAILS

TITLE: Kompozit Donatılarda Yüzey Türünün Aderans Performansına Etkisi-Mafsalli Kiris Yaklasimi

AUTHORS: Ahmet BEYCIOGLU

PAGES: 14-34

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/748310>

Kompozit donatılarda yüzey türünün aderans performansına etkisi- mafsallı giriş yaklaşımı

Ahmet Beycioğlu^{*1}, Ahmet Ferdi Ünver², Mehmet Emin Arslan², Abdülkerim Aydın², İlyas Sarıbaş¹

¹ *Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Adana*

² *Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Düzce*

Geliş Tarihi:31.05.2019

Kabul Tarihi:29.06.2019

Özet

Bu çalışmada çelik donatı ve aramid lifli kompozit donatıların aderans performansı karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Donatıların betonla olan aderansını belirlemek amacıyla eğilmede aderans deneylerinden olan mafsallı giriş yöntemi kullanılmıştır. Deneyisel çalışmalarda, C35 ve C50 sınıfında iki farklı beton, donatı çapının 10 ve 20 katı olmak üzere iki farklı kenetlenme boyu, donatıların yüzey özelliğinin aderansa etkisini belirlemek amacıyla kumlanmış ve helisel sargılı olmak üzere iki farklı yüzey ve 8 mm / 12 mm olacak şekilde iki farklı donatı çapı kullanılmıştır. Sonuç olarak kompozit donatıların çelik donatıya kıyasla çok daha yüksek çekme dayanımlarına ulaştığı, kumlanmış yüzeye sahip aramid lifli kompozit donatının çelik donatıya kıyasla çok daha iyi bir aderans performansı gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca kompozit donatıların aderans performansının yüzey formu oluşturma biçimine bağlı olarak çok değişkenlik gösterdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Aderans performansı, Aramid lifli polimer donatı, Mafsallı giriş.

The effect of surface type on bond performance of composite bar-hinged beam approach

Abstract

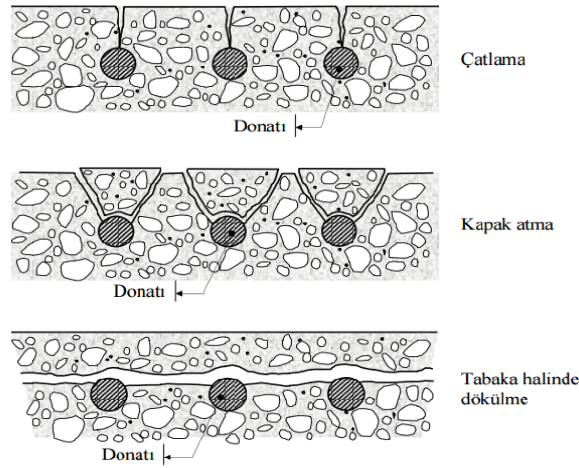
In this study, bond behaviors of steel rebar and aramid fiber reinforced composite rebar were investigated comparatively. The hinged beam method, which is one of the bond experiments in bending, was used while determining the bond relations between reinforcement bars and concrete. In the experiments, two different concrete types (C35 and C50), two different embedment lengths (10 and 20 times the diameter of the reinforcement), two different surfaces employed to determine the effect of surface properties of fiber reinforced composite rebars on bonding (sand coated and helically wrapped) and two different diameters of reinforcement diameter (8 mm and 12 mm) were used as experimental parameters. As a result, it was found that aramid fiber reinforced composite rebars have a much higher tensile strength than steel rebar, and these composite rebars with sand coated surface show a much better bond performance compared to steel reinforcement. Besides, bond performance of composite rebars is very variable depending on the form of surface form.

Keywords: Bond performance, Aramid fiber reinforced polimer rebar, Hinged beam.

^{*}Sorumlu yazar (Corresponding author): Ahmet Beycioğlu, abeycioglu@atu.edu.tr

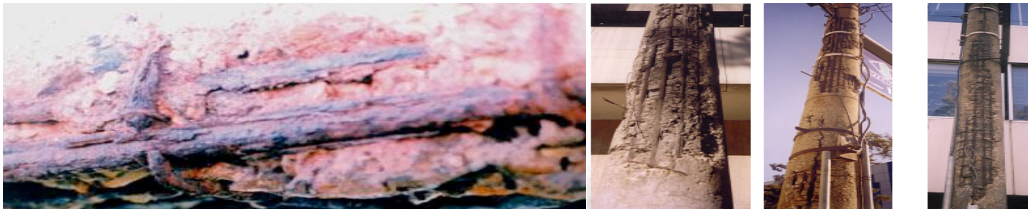
1. Giriş

Betonarme yapılarda donatı olarak kullanılan çelik, beton tarafından bir bütün olarak sarılmaktadır. Tasarımı doğru yapılan geçirimsiz bir beton, donatıyı dış etkilere korumakla görevlidir. Deniz yapıları, atık su ve içme suyu havuzları, kimyasal madde tankları ve çevresel etkilere maruz kalan yapılardaki donatılarda korozyon gelişimi olabilmektedir. Korozyon yapının durağanlığını azaltmakta ve yapı ömrü için yüksek risk oluşturmaktadır. Donatı korozyonla birlikte kesit ve düktilite kaybına uğramaktadır. Oksidasyon ve korozyon etkisiyle donatı etrafında pas tabakası büyümektedir. Bu büyüme sonucunda beton tabakasında çatlama, ilerleyen safhalarda dökülmeler olabilmekte ve bu durum donatı-beton arasındaki aderans performansını negatif yönde etkilemektedir. Ufak kesit kayıpları bile öngerme sisteme sahip betonarme yapılarda sistemin zarar görüp öngerme halatlarının kopmasına neden olabilmektedir. Betonarme yapı sistemlerinde tamir ve bakım masraflarının büyük maddi külfetlere neden olması da korozyonun önemini ortaya koymaktadır [1]. Yapı sistemlerinde donatı korozyonu sonucu oluşan hasarlar Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1. Korozyon sonucu betonarme elemanlarda oluşan çeşitli hasar mekanizmaları [1]

Hasarlı yapılarda hasar gören yapı elemanı çevresel koşullara maruz kalmaya devam ettiği sürece hasar oranı artacak ve yapı kullanım ömrü azalacaktır [1]. Korozyon sonucunda betonarme yapılarda oluşan zararlara örnekler Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8’de sunulmuştur.



Şekil 2. Kiriş elemanda ileri düzeyde korozyon hasarı [2] ve İzmir’de korozyon hasarına uğramış elektrik direkleri [3]



Şekil 3. Çeşitli köprü ayakları ve köprü parapet mesnedindeki korozyon kaynaklı hasar [4]



Şekil 4. BOTAŞ petrol platformunda meydana gelen yapısal hasarlar ve diğer bazı köprü ayaklarındaki hasarlara örnekler [4]



Şekil 5. BOTAŞ petrol platformunda korozyon kaynaklı meydana gelen yapısal hasarlar [4]



Şekil 6. Atık su ve kanalizasyon sistemlerinde sülfürik asit etkisi sonucu korozyon [5]



Şekil 7. Denize yakın ortamlarda korozyon hasarları [6]



Şekil 8. Denize yakın ortamlarda korozyon hasarları [7]

Günümüzde inşaat çeliğine önemli bir alternatif olabilecek ve korozyon problemlerinin önüne geçebilecek yeni nesil lif takviyeli kompozit donatılar üretilmektedir. Lif takviyeli kompozit donatılar, çekme dayanımı yüksek liflerin bir araya gelmesiyle birlikte ortaya çıkan kompozit donatılardır. Kompozit malzeme içerisindeki lifler malzemeye yüksek mukavemet özelliği kazandırarak yük taşıma kapasitesini artırır. Lifler üzerinde ısı ile sertleşen kalıplar (çoğunlukla epoksi) uygulanır ve lifler arasındaki kuvvet aktarımları kayma gerilimi yoluyla sağlanır. Günümüzde en çok uygulanan lif takviyeli kompozitler arasında cam lifi, karbon lifi, aramid lifi ve bazalt lifi sayılabilir [8]. Yapı inşası konusunda en önemli ürünlerden olan betonarme yapı donatısı çelik çubukların yerini alabilmesi için değişik proje türlerinde korozyon konusunda daha seçilebilir bir ürün olan kompozit lif takviyeli donatı çubukları üretilmektedir. Lif takviyeli kompozit donatıların çelik donatı çubuklarına göre avantajları vardır. Bu avantajlar arasında, yüksek çekme dayanımı, korozyon dayanıklılığı, manyetik olmama, yüksek yorulma dayanımı, hafiflik ve düşük termal iletkenlik sayılabilir [9]. Bu çalışmada aramid lifli kompozit donatıların aderans performansı çelik donatı ile karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve kompozit donatının yüzey formunun aderansa etkisi değerlendirilmiştir.

2. Malzemeler

2.1. Agrega

Aderans deneyleri için üretilen kirişlerde beton agregası olarak kırma taş kalker agregası kullanılmış olup kullanılan agregası Düzce Yiğitler Beton A.Ş.'den 0-5 ve 5-12,5 mm boyutlarında sınıflandırılmış olarak temin edilmiştir.

2.2. Çimento

Üretilen betonlarda bağlayıcı olarak OYAK Bolu Çimento fabrikasından temin edilen TS EN 197-1'e uygun CEM I 42,5 R tipi çimento kullanılmış olup çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Kullanılan çimentonun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri

Kimyasal kompozisyon (%)		Fiziksel özellikler	
SiO ₂	18.95	Priz başlangıcı (sa:dk)	02:20
Al ₂ O ₃	5.32	Priz sonu (sa:dk)	02:40
Fe ₂ O ₃	4.07	Hacim genleşmesi (mm)	1
CaO	64.72	Özgül ağırlık (g/cm ³)	3.18
MgO	1.35	Özgül yüzey (Blaine, cm ² /g)	4663
SO ₃	2.9	Mekanik özellikler	
Na ₂ O	0.16		
K ₂ O	0.51	Basınç dayanımı (MPa)	
Kızdırma kaybı	3.83	7 gün	44.6
Çözünmeyen kalıntı	0.63	28 gün	55.3
Serbest CaO	1.52	90 gün	62.4

2.3. Uçucu kül

Deneyssel yöntemde kullanılan mafsallı kirişlerin küçük kesitlere sahip olması nedeniyle betonun kiriş içerisinde yerleşimi zor hale gelmektedir. Bu etken göz önüne alındığında işlenebilirliği artırmak ve S4 kıvam sınıfında beton üretebilmek için beton karışımlarında Düzce İlinde bulunan Yiğitler Hazır Beton Tesisi tarafından Çatalağzı termik santralinden temin edilen düşük kalsiyumlu uçucu kül (UK) kullanılmıştır. Kullanılan uçucu küle ait kimyasal ve fiziksel özellikler Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2. Uçucu küle ait kimyasal ve fiziksel özellikler

Kimyasal kompozisyon (%)	UK
SiO ₂	58,56
Fe ₂ O ₃	6,51
TiO ₂	1,21
Al ₂ O ₃	23,39
CaO	1,81
MgO	2,02
Na ₂ O	0,53
K ₂ O	4,13
SO ₃	0,0013
P ₂ O ₅	0,14
Kızdırma kaybı	1,25
Fiziksel özellikler	
Özgül ağırlık	2,09
Özgül yüzey (cm ² /g)	4252

2.4. Kimyasal katkı

Betonların üretiminde kullanılan kimyasal katkı AYDOS Yapı Kimyasalları tarafından üretilen süper akışkanlaştırıcı beton katkısıdır. Katkının özellikleri Tablo 3’te gösterilmektedir.

Ahmet Beycioğlu, Emrah Ferdi Ünver, Mehmet Emin Arslan, Abdülkerim Aydın, İlyas Sarıbaş
Tablo 3. Betonların üretiminde kullanılan süper akışkanlaştırıcının teknik özellikleri

Özellik	Test Metodu	Test Sonucu	Kabul Kriteri
Homojenlik	Göz ile	Ayrışma Yoktur	Ayrışma Olmamalıdır
Renk	Göz ile	Koyu Kahve Rengi	Koyu Kahve Rengi
Bağıl Yoğunluk 20°C (kg/l)	ISO 758	1,194	1,170-1,210
pH 20°C	ISO 4316	8,35	7,50-9,50
Katı Madde (%)	TSE EN 480-8	35,81	34,00-37,00
Toplam Klorür (%)	ISO 1158	-	<%10 (ağırlıkça)
Suda Çözünen Klorür	TS EN 480-10	0,049	<%10 (ağırlıkça)
Alkali Miktarı (Na ₂ O) (%)	TS EN 480-12	1,20	Max. 5,0 (ağırlıkça)
Kullanım Oranı (%)	0,6-2,0 %	-	-

2.5. Karışım suyu

Tüm beton numunelerde Düzce Belediyesi içme suyu şebekesinden temin edilen sular kullanılmıştır.

2.6. Lif takviyeli kompozit donatılar

Bu çalışmada kumlanmış ve helisel sargılı yüzeye sahip, takviye elemanı olarak aramid lifler içeren kompozit donatılar ile bunlarla karşılaştırmak amacıyla standart çelik donatı kullanılmıştır. Kullanılan kompozit donatılar Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. Deneysel çalışmada kullanılan kumlanmış (sol) ve helisel sargılı (sağ) aramid lifli kompozit donatılar

2.7. Mafsallı kirişlerin üretiminde kullanılan kalıplar

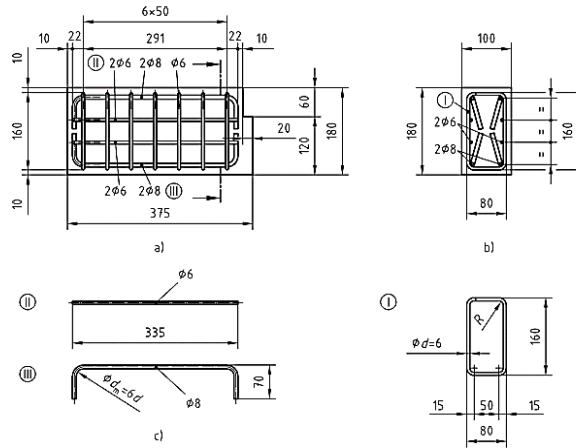
Kirişlerin üretimi için özel üretim mafsallı kiriş kalıpları yaptırılmıştır. Yaptırılan kalıplar Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10. Mafsallı kirişlerin üretimi için yaptırılan özel kalıplar

2.8. Mafsallı kirişlerin üretiminde kullanılan kesme donatıları

Deney esnasında amaç donatının betondan sıyrılma miktarını ve sıyrılma esnasındaki yükleri değerlendirmek olduğu için betonda kesme çatlağı oluşmadan deneyin gerçekleştirilmesi önemlidir. Mafsallı kiriş deneylerinde betonda kesme çatlağı oluşmadan donatıların sıyrılmasını sağlamak amacıyla kullanılacak donatı detayları da yine BS 4449:2005'te tanımlanmıştır. Şekil 11'de BS 4449:2005'te çapı Ø16'dan küçük olan donatılar için önerilen kesme donatılarının detayı gösterilmektedir.



Şekil 11. Mafsallı kirişlerde kullanılacak olan kesme donatılarının detayı

Şekil 11'de detaylandırılan ve mafsallı kirişlerde kullanılmak üzere üretimi gerçekleştirilen kesme donatıları Şekil 12'de görülmektedir.



Şekil 12. Kiriş dökümüne hazır halde laboratuvara getirilen kesme donatıları

3. Yöntem

Mafsallı kirişlerin üretiminde kullanmak üzere öncelikle Tablo 4’te görülen karışım oranları kullanılarak C35 ve C50 sınıfı deneme betonları üretilmiştir. Üretilen betonlar BS EN 12350-2 standardına göre S4 çökme sınıfındaki yüksek işlenebilirliğe sahip beton karışımıdır. Tasarlanan beton karışımında işlenebilirliğin yüksek seçilmesindeki amaç betonların mafsallı kiriş üretimi için kalıplara kolay yerleşmesini sağlamaktır. Tablo 4’teki veriler çok sayıda deneme üretiminde sonra elde edilen ve mafsallı kirişlerin üretiminde kullanılan karışımlara aittir. Üretilen betonlardan C35 ve C50 için 28. günde elde edilen sonuçlar Tablo 5’te sunulmuştur. Üretilen ve 28 gün ıslak çuvallarla kür uygulanan betonların basınç dayanımları 150 mm boyutlarındaki küp numuneler üzerinde belirlenmiştir.

Tablo 4. Mafsallı kirişlerin üretiminde kullanılan C35 ve C50 karışım dizaynları

Karışım malzemeleri (kg/m ³)	C35 karışımı	C50 karışımı
Çimento	320	400
Mineral katkı (Uçucu kül)	50	50
Su	182,4	172,0
0-5 mm agrega	1015,7	994,1
5-12,5 mm agrega	849,8	831,7
Süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı	4,81	5,40

Tablo 5. C35 ve C50 karışımlarından elde edilen 28 günlük basınç dayanımı sonuçları

Numune adı	C35 (MPa)	C50 (MPa)
1. Numune	46,17	63,26
2. Numune	46,56	61,40
3. Numune	46,16	62,01
Ortalama	46,30	62,22

Mafsallı kirişlerin üretiminde kullanılan betonların S4 çökme sınıfını sağlayıp sağlamadığı tüm deneme karışımları için Şekil 13’te görülen çökme deneyi ile kontrol edilmiştir.

Kompozit donatılarda yüzey türünün aderans performansına etkisi-mafsallı kiriş yaklaşımı



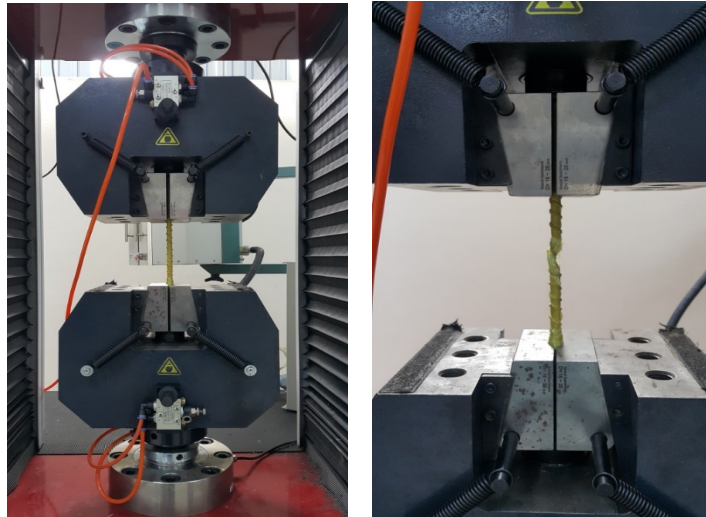
Şekil 13. S4 kıvam sınıfının kontrolü için çökme deneyinin uygulandığı sahne

Beton tasarımları tamamlandıktan sonra çalışmada kullanılan kompozit donatıların mekanik özelliklerinin belirlenmesi aşamasına geçilmiştir. Donatıları çekme çenelerinin ezmesi nedeniyle donatı çekme işlemlerinde epoksi ile başlıklama yapılmıştır. Çekme deneyi için başlıklama yapılmış olan donatılar Şekil 14’te görülmektedir.



Şekil 14. Başlıklama yapılarak çekme deneyi için hazırlanmış donatılar

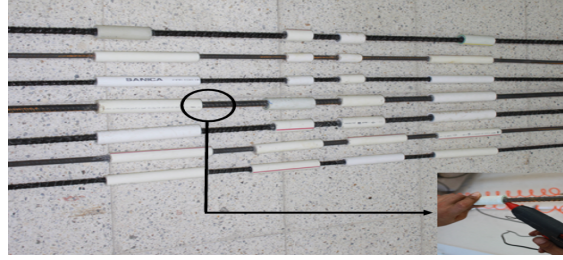
Daha sonra başlıklama işlemi tamamlanmış donatılar üzerinde Şekil 15’te görülen 100 ton kapasiteli universal çekme cihazı kullanılarak donatıların çekme mukavemetleri ve elastisite modülleri belirlenmiştir.



Şekil 15. Kompozit donatılarda çekme deneyinin uygulandığı sahne

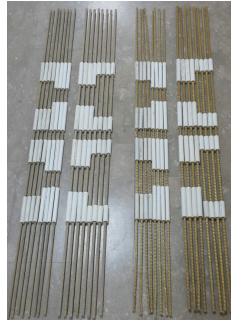
Ahmet Beycioğlu, Emrah Ferdi Ünver, Mehmet Emin Arslan, Abdülkerim Aydın, İlyas Sarıbaş

Beton tasarımı, donatı temini ve donatıların mekanik özelliklerinin belirlenmesi aşamalarından sonra, kirişlerde aderans için kullanılacak donatıların aderans boylarının sınırlandırılması ile ilgili çalışmalara başlanmıştır. Bu kapsamda donatılardaki çaplar göz önünde bulundurularak farklı çaplarda temiz su boruları temin edilmiş ve donatıların kenetlenme boylarına göre uygun parçalara ayrılarak hazırlanmıştır. Donatının beton ile kenetlenmesi istenen 10Ø ve 20Ø uzunlukları dışında kalan kısımları hazırlanan temiz su borularıyla Şekil 16’da görüldüğü gibi sıcak silikon kullanılarak kılıflanmıştır.



Şekil 16. Sıcak silikon ve borudan kılıf kullanarak donatıların kenetlenme boylarının belirlenmesi

Kılıflanarak kenetlenme boyları sınırlandırılmış ve mafsallı kirişlerin üretimi için hazır hale getirilmiş kompozit donatı örnekleri Şekil 17’de görülmektedir.



Şekil 17. Kılıflarla aderans boyları sınırlandırılmış kompozit donatı örnekleri

Daha sonra mafsallı kirişlerin üretimi aşamasına geçilmiştir. Mafsallı kirişler üretilirken kesme donatıları mafsallı kiriş kalıplarının içerisine konulmuş (Şekil 18) ve kılıflanan donatılar da kesme donatılarının aralarından geçirilerek mafsallı kirişler beton dökümüne hazır hale getirilmiştir.

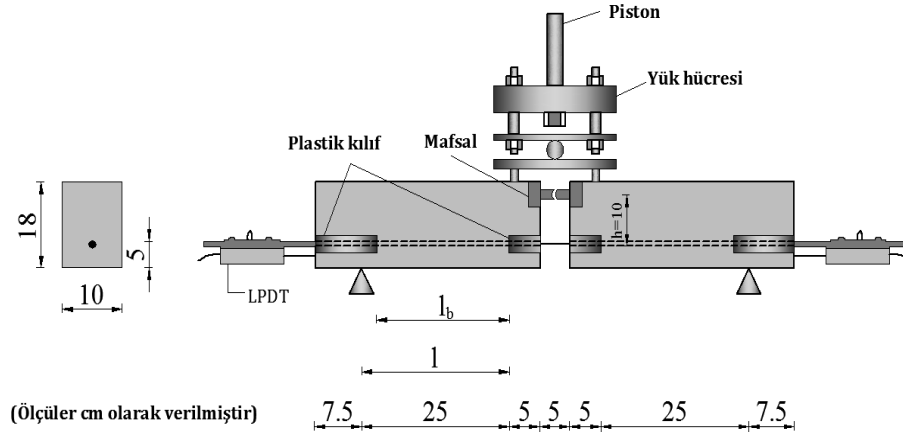


Şekil 18. Beton dökümüne hazır hale getirilmiş kalıp örneği

Mafsallı kiriş deneyi BS 4449:2005+A2:2009 standardında tanımlanmış olup donatı aderansının eğilme numuneleri aracılığıyla belirlenmesine yönelik bir yaklaşımdır. Deneyde, yük hücresi ile düşey

Kompozit donatılarda yüzey türünün aderans performansına etkisi-mafsallı kiriş yaklaşımı

yönde uygulanan yük bilgisayara aktarılmakta ve bu yük aracılığıyla izostatik basit kiriş için denge denklemleri kullanılarak mafsal noktasında sıfır moment prensibiyle donatıdaki kuvvet (F) hesaplanmaktadır. Deney düzeneği Şekil 19’da şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 19. Mafsallı kiriş deney düzeneği şeması

Deneyde; çelik mafsalın orta noktasında moment sıfır olduğundan; $\frac{P \cdot l}{2} = F \cdot h$ eşitliği yazılır. Üretilen kirişlerde $l=25$ cm ve $h=10$ cm olduğundan; $F = 1,25 \cdot P$ eşitliği kullanılarak donatıdaki F kuvveti pistondan gelen P kuvveti yardımıyla dolaylı olarak elde edilmiş olur. Donatılardaki F kuvvetleri bulunduğundan sonra bu F kuvvetlerine karşılık gelen sıyrılma değerleri ise Şekil 20’de görüldüğü gibi kirişin her iki ucuna bağlanan potansiyometrik cetveller (LPDT) yardımıyla bilgisayara aktarılmaktadır. Şekil 19’da görülen deney düzeneğine uygun olarak Şekil 20’de görülen deney sistemi hazırlanmış ve fazladan üretimi yapılan kiriş numuneleri kullanarak potansiyometrik cetveller ile yük hücresinin bilgisayarla olan bağlantısının kontrolü ve sistemin kalibrasyonu yapılmıştır.



Şekil 20. Mafsallı kiriş deney düzeneği

Şekil 20’de görülen ve hidrolik yükleme prensibiyle çalışan yük hücresi 100 ton kapasiteli olup, donatıların betondan sıyrılma miktarlarını bilgisayara yükle eş zamanlı olarak aktaracak olan potansiyometrik cetveller ise 0.013 mm hassasiyete sahiptir. Kirişin orta kısmında ise momenti sıfırlamak ve donatılara gelecek yükleri hesaplamak amacıyla kullanılmak üzere yaptırılan çelik bir mafsal görülmektedir. Yukarıda detaylı olarak belirtilen numune hazırlama, deney düzeneğinin oluşturulması vb. işlemlere paralel olarak üretimi tamamlanan ve kalıptan çıkarılan tüm mafsalı kirişlere Şekil 21’de görüldüğü gibi ıslak çuvallarla kür uygulaması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 21. Üretilen mafsallı kirişlere ıslak çuvallarla kür uygulanması

Deneyisel çalışmalarda üretilen ve deneye hazır hale getirilen mafsallı kiriş örnekleri ise Şekil 22’de görülmektedir. Kirişlerin tamamında döküm esnasında örnek küp numuneler alınarak basınç dayanımı sürekli kontrol edilmiştir.



Şekil 22. Üretilen ve deneye hazır hale getirilen mafsallı kiriş örnekleri

Üretilen tüm kirişlerde kirişin sahip olduğu deneysel parametreleri temsil edecek şekilde bir kodlama kullanılmıştır. Kodlamaların detayları Aramid Lifli Donatılar (ALD) için Tablo 6’da Standart Çelik Donatılar (SÇD) için ise Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 6. Aramid lifli donatılarda numune kodlamalarının detayı

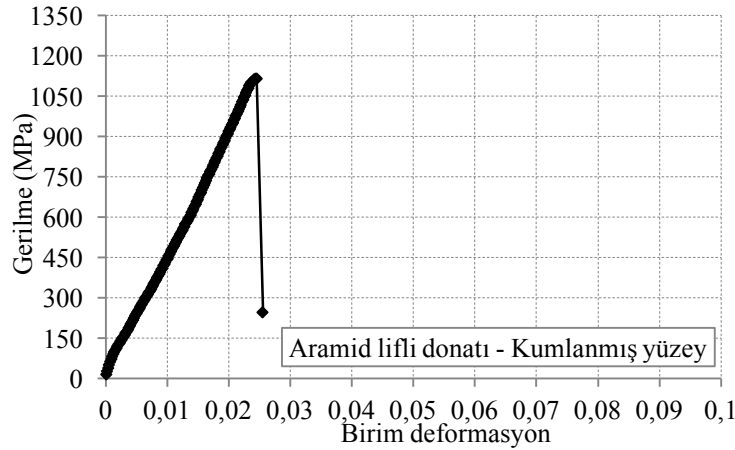
Numune kodu	Kodlamanın açılımı
C35-ALD-8-10K	C35 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 8$ çap-10 Φ kenetlenme-kumlanmış
C35-ALD-8-10S	C35 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 8$ çap-10 Φ kenetlenme-sargılı
C35-ALD-12-10K	C35 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 12$ çap-10 Φ kenetlenme-kumlanmış
C35-ALD-12-10S	C35 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 12$ çap-10 Φ kenetlenme-sargılı
C50-ALD-8-10K	C50 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 8$ çap-10 Φ kenetlenme-kumlanmış
C50-ALD-8-10S	C50 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 8$ çap-10 Φ kenetlenme-sargılı
C50-ALD-12-10K	C50 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 12$ donatı çapı-10 Φ kenetlenme-kumlanmış
C50-ALD-12-10S	C50 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 12$ çap-10 Φ kenetlenme-sargılı
C35-ALD-8-20K	C35 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 8$ çap-20 Φ kenetlenme-kumlanmış
C35-ALD-8-20S	C35 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 8$ çap-20 Φ kenetlenme-sargılı
C35-ALD-12-20K	C35 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 12$ çap-20 Φ kenetlenme-kumlanmış
C35-ALD-12-20S	C35 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 12$ çap-20 Φ kenetlenme-sargılı
C50-ALD-8-20K	C50 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 8$ çap-20 Φ kenetlenme-kumlanmış
C50-ALD-8-20S	C50 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 8$ çap-20 Φ kenetlenme-sargılı
C50-ALD-12-20K	C50 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 12$ çap-20 Φ kenetlenme-kumlanmış
C50-ALD-12-20S	C50 beton-aramid lifli donatı- $\Phi 12$ çap-20 Φ kenetlenme-sargılı

Tablo 7. Çelik donatılarda numune kodlamalarının detayı

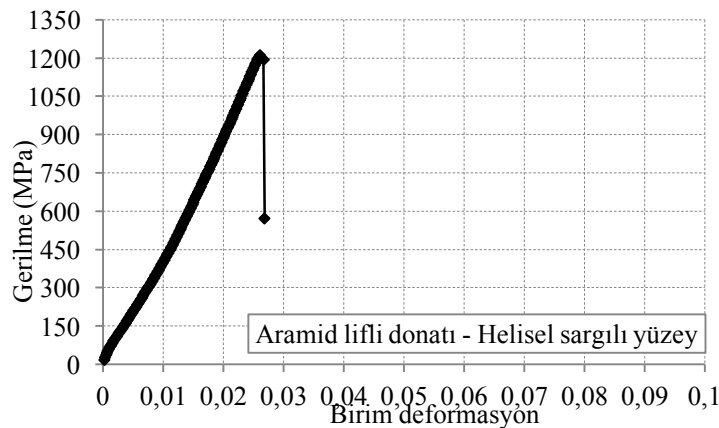
Numune kodu	Kodlamanın açılımı
C35-SÇD-8-10N	C35 beton- standart çelik donatı- $\Phi 8$ çap-10 Φ kenetlenme-nervürlü
C35-SÇD-12-10N	C35 beton- standart çelik donatı- $\Phi 12$ çap-10 Φ kenetlenme- nervürlü
C50-SÇD-8-10N	C50 beton- standart çelik donatı- $\Phi 8$ çap-10 Φ kenetlenme- nervürlü
C50-SÇD-12-10N	C50 beton- standart çelik donatı- $\Phi 12$ çap-10 Φ kenetlenme- nervürlü
C35-SÇD-8-20N	C35 beton- standart çelik donatı- $\Phi 8$ çap-20 Φ kenetlenme- nervürlü
C35-SÇD-12-20N	C35 beton- standart çelik donatı- $\Phi 12$ çap-20 Φ kenetlenme- nervürlü
C50-SÇD-8-20N	C50 beton- standart çelik donatı- $\Phi 8$ çap-20 Φ kenetlenme- nervürlü
C50-SÇD-12-20N	C50 beton- standart çelik donatı- $\Phi 12$ çap-20 Φ kenetlenme- nervürlü

4. Bulgular ve Tartışma

Aramid lifli donatılar için çekme deneyinde elde edilen gerilme-birim deformasyon grafikleri Şekil 23 ve Şekil 24'te görülmektedir. Ayrıca çekme deneyinde elde edilen, donatılara ait çekme dayanımı ve elastisite modülü değerleri yüzey özelliğine göre Tablo 8'de verilmiştir.



Şekil 23. Kumlanmış yüzeye sahip aramid lifli donatının gerilme-deformasyon grafiği

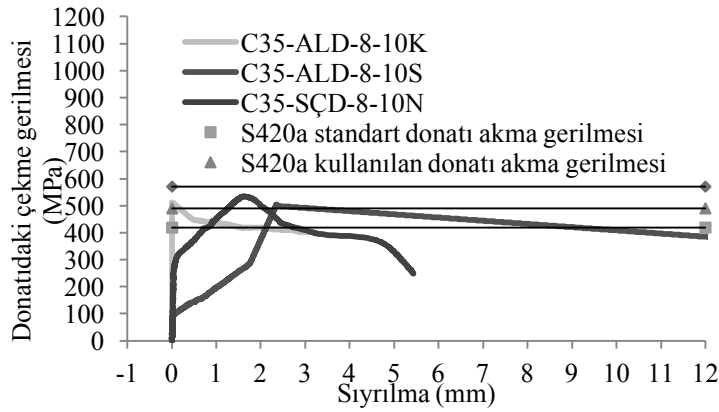


Şekil 24. Helisel sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatının gerilme-deformasyon grafiği

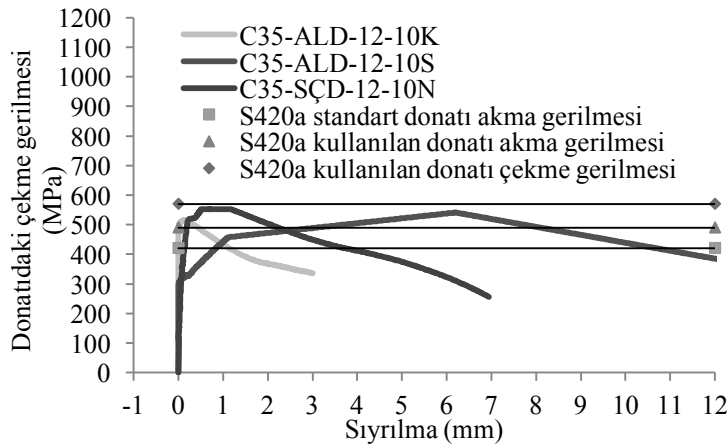
Tablo 8. Donatılara ait çekme deneyi sonuçları

	Aramid lifli donatıların mekanik özellikleri	
	Çekme dayanımı (MPa)	Elastisite modülü (MPa)
Helisel sargılı yüzey	1213	46552
Kumlanmış yüzey	1113	45623

Çekme dayanımı helisel sargılı yüzeye sahip donatıda 1213 MPa ile kumlanmış yüzeye sahip donatıda elde edilen 1113 MPa değerinden daha yüksek çıkmıştır. İki değer arasındaki fark yüzey özelliğinin çekme dayanımını etkilediğini söyleyebilmek için yeterli görünmemektedir. Çekme dayanımı üzerine özellikle donatı ana kesitinin, lif türünün ve reçine lif ilişkisinin etken olduğu düşünüldüğünde, yüzey özelliği ile çekme dayanımı arasında ilişki kurmanın çok doğru olmayacağı söylenebilir. Test sonuçları elastisite modülü açısından değerlendirildiğinde ise yüzey özelliğinin elastisite modülü değeri üzerinde de önemli bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir. Aramid lifli donatılar için gerçekleştirilen aderans deneylerinden elde edilen gerilme-sıyırılma grafikleri 10Φ kenetlenme boyu kullanılarak üretilen kirişler için Şekil 25, Şekil 26, Şekil 27, Şekil 28’de görülmektedir. Grafiklerde sıyırılma okuması alınmayan numunelerde donatının sıyırılmadan ulaştığı gerilme değerlerinin grafiğin düşey eksenine çıkışmaması ve grafik üzerinde gözlenebilmesi için grafiklerin yatay eksenleri sıfırdan düşük bir değerle başlatılmıştır.

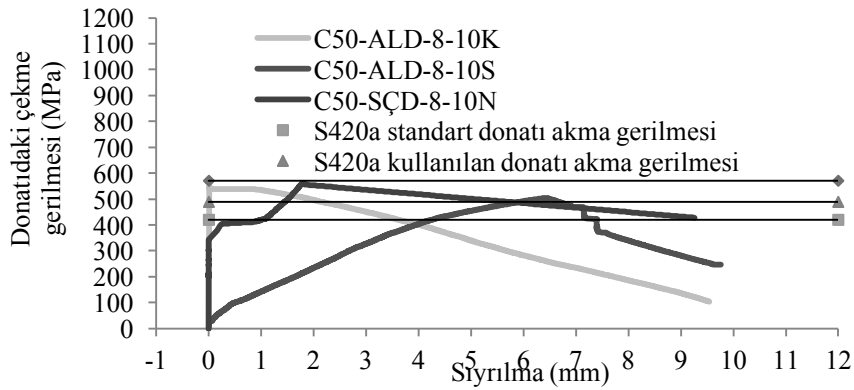


Şekil 25. C35 beton-8 mm donatı çapı ve 10Φ kenetlenmede aramid lifli donatı gerilme-sıyırılma ilişkisi

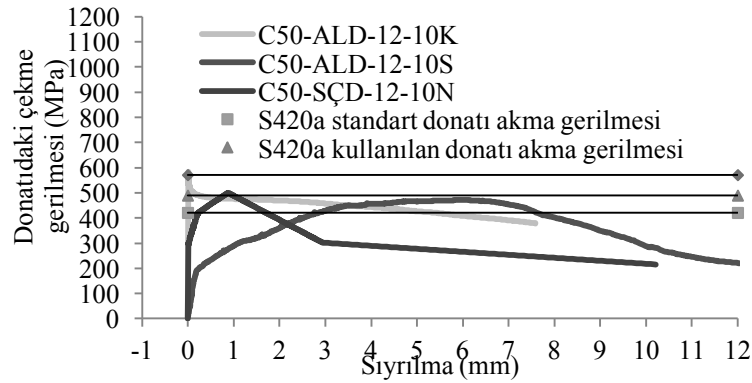


Şekil 26. C35 beton-12 mm donatı çapı ve 10Φ kenetlenmede aramid lifli donatı gerilme-sıyırılma ilişkisi

Kompozit donatılarda yüzey türünün aderans performansına etkisi-mafsallı kiriş yaklaşımı



Şekil 27. C50 beton-8 mm donatı çapı ve 10Φ kenetlenmede aramid lifli donatı gerilme-sıyrılma ilişkisi



Şekil 28. C50 beton-12 mm donatı çapı ve 10Φ kenetlenmede aramid lifli donatı gerilme-sıyrılma ilişkisi

Deneylerde elde edilen ve kritik bulgular olarak görülen donatıdaki Maksimum Gerilme (MG) ve Maksimum Gerilmeye Karşılık Gelen Kuvvet (MGK), Beton-Donatı Arasındaki Maksimum Aderans Gerilmesi (τ_u), Donatının Maksimum Gerilmeye Ulaştığı Andaki Sıyrılma (MG-S), İlk Sıyrılma Oluştugu Andaki Gerilme (İS-G) ve Deneyin Sonlama Türü (DST), Deneyin Donatının Kopması İle Sonlanması (DK) ve Deneyin Aderans Kopması ile sonlanması (AK) ile ilgili deneysel sonuçlar donatı çapı, donatı yüzey özelliği ve beton sınıfı değişkenlerine bağlı olarak 10Φ kenetlenme boyu kullanılarak üretilen kirişler için Tablo 9'da 20Φ kenetlenme boyu kullanılarak üretilen kirişler için ise Tablo 10'da sunulmuştur. Bu bulguların yanı sıra standart S420a çeliğinin akma gerilmesi olan 420 MPa, bu çalışmada kullanılan çeliğin akma gerilmesi olan 490 MPa, yine bu çalışmada kullanılan çeliğin çekme gerilmesi olan 570 MPa gerilme değerleri de donatılar için eşik değerler olarak kabul edilmiş ve bu gerilme değerlerinde donatıların sıyrılma miktarları da 10Φ kenetlenme boyu kullanılarak üretilen kirişler için Tablo 9'da, 20Φ kenetlenme boyu kullanılarak üretilen kirişler için ise Tablo 10'da ayrıca sunulmuş ve yorumlanmıştır. Tablo 9 ve Tablo 10'daki verilere göre aramid lifli donatılarda C35 sınıfı beton ve 10Φ kenetlenme boyu için elde edilen bulgular değerlendirilecek olursa; tüm kirişlerde deneyin sonlanma türü AK şeklindedir. Bu durum hem çelik hem de aramid lifli donatıların kopmadan önce aderansını tamamen kaybettiğini göstermektedir. Elde edilen bu bulgular aderans boyunun düşük olması nedeniyle beklenen bir sonuç olup göreceli karşılaştırma yapmak adına faydalı göstergelere sahiptir. Kumlanmış yüzeye sahip 8 mm çaplı aramid lifli donatılar 512,33 MPa gerilmeye ve 12 mm çaplı

Ahmet Beycioğlu, Emrah Ferdi Ünver, Mehmet Emin Arslan, Abdülkerim Aydın, İlyas Sarıbaş

aramid lifli donatılar ise 480,79 MPa gerilmeye hiç sıyrılma olmadan ulaşmıştır. Çelik donatı ise 8 mm çapta 90,85 MPa gerilmeye ve 12 mm çapta ise 103,81 MPa gerilmeye ulaştığında ilk sıyrılma oluşmuş olup 420 MPa gerilmeye 8 mm çap için 0,81 mm, 12 mm çap için 0,13 ve 490 MPa gerilmeye ise 8 mm çap için 1,27 mm ve 12 mm çap için ise 0,19 mm betondan sıyrılmıştır. Kumlanmış yüzeye sahip aramid lifli donatının 10Φ kenetlenme boyu için C35 sınıfı betonda standart çelik ve bu çalışmada kullanılan çeliğe ait akma gerilmelerinden daha yüksek değerlere hiç sıyrılma olmadan çıkabilmesi çok önemli bir sonuç olarak görünmektedir. Çelik donatı ile kumlanmış ve helisel sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatıların ulaştığı maksimum gerilme değerleri ile maksimum aderans gerilmeleri arasında önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Buna rağmen helisel sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatı ulaştığı maksimum gerilme değerlerinde 8 mm çap için 2,35 mm ve 12 mm çap için ise 6,59 mm betondan sıyrılarak kumlanmış yüzeye üretilen aramid lifli donatılara kıyasla kötü bir aderans performansı göstermiştir. Ayrıca helisel sargılı yüzeye sahip 8 mm ve 12 mm çaplı aramid lifli donatılar standart donatı akma gerilmesi olan 420 MPa gerilmeye ulaştığında sırasıyla 2,12 mm ile 0,83 mm ve bu çalışmada kullanılan çelik donatı akma gerilmesi olan 490 MPa gerilmeye ulaştığında sırasıyla 2,32 mm ve 1,88 mm sıyrılma göstermiştir. Bu sıyrılma değerleri çalışmada kullanılan çelik donatıda aynı gerilme değerleri için elde edilen sıyrılmalardan daha yüksektir. C35 sınıfı beton ve 10Φ kenetlenme boyunda hiçbir donatı bu çalışmada kullanılan çelik donatının çekme gerilmesi değeri olan 570 MPa değerine ulaşamamış ve aderansını tamamen kaybederek AK şeklinde deneyler sonlandırmıştır.

Tablo 9 ve Tablo 10'daki verilere göre aramid lifli donatılarda C50 sınıfı beton ve 10Φ kenetlenme boyu için elde edilen bulgular değerlendirilecek olursa; tüm kirişlerde deneyin sonlanma türü AK şeklindedir. Bu durum hem çelik hem de aramid lifli donatıların kopmadan önce aderansını tamamen kaybettiğini göstermektedir. Elde edilen bu bulgular aderans boyunun düşük olması nedeniyle beklenen bir sonuç olup göreceli karşılaştırma yapmak adına faydalı göstergelere sahiptir. C50 sınıfı betonla üretilen kirişlerde kumlanmış yüzeye sahip 8 mm çaplı aramid lifli donatılar 548,59 MPa gerilmeye ve 12 mm çaplı aramid lifli donatılar ise 583,30 MPa gerilmeye hiç sıyrılma olmadan ulaşmıştır. Çelik donatı ise 8 mm çapta 378,49 MPa gerilmeye ve 12 mm çapta ise 293,25 MPa gerilmeye ulaştığında ilk sıyrılma oluşmuş olup 420 MPa gerilmeye 8 mm çap için 1,02 mm, 12 mm çap için 0,22 ve 490 MPa gerilmeye ise 8 mm çap için 1,45 mm ve 12 mm çap için ise 0,79 mm betondan sıyrılmıştır. Kumlanmış yüzeye sahip aramid lifli donatının 10Φ kenetlenme boyu için C50 sınıfı betonda standart çelik ve bu çalışmada kullanılan çeliğe ait akma gerilmelerinden daha yüksek değerlere hiç sıyrılma olmadan çıkabilmesi çok önemli bir sonuç olarak görünmektedir. Çelik donatı ile kumlanmış ve helisel sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatıların ulaştığı maksimum gerilme değerleri ile maksimum aderans gerilmeleri arasında önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Yalnızca 12 mm çapa sahip helisel sargılı aramid lifli donatıda maksimum gerilme ve ulaşılan aderans gerilmesi biraz düşük değer almıştır. Ulaşılan maksimum gerilmeler ile maksimum aderans gerilmeleri yakın değerler olsa da sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatı ulaştığı maksimum gerilme değerlerinde 8 mm çap için 6,43 mm ve 12 mm çap için ise 5,83 mm betondan sıyrılarak kumlanmış yüzeye üretilen aramid lifli donatılara kıyasla kötü bir aderans performansı göstermiştir. Ayrıca sargılı yüzeye sahip 8 mm ve 12 mm çaplı aramid lifli donatılar standart donatı akma gerilmesi olan 420 MPa gerilmeye ulaştığında sırasıyla 4,25 mm ile 2,83 mm betondan sıyrılmıştır. Bu çalışmada kullanılan çelik donatı akma gerilmesi olan 490 MPa gerilmeye ulaştığında ise 8 mm çaplı aramid lifli ve sargılı yüzeye sahip donatı 5,96 mm sıyrılmış olup 12 mm çaplı aramid lifli ve sargılı yüzeye sahip donatı ise 490 MPa değerine ulaşmadan aderansını tamamen kaybetmiştir. Bu sıyrılma değerleri kullanılan çelik donatıda aynı gerilmeler için elde edilen sıyrılmalardan daha yüksektir. C50 sınıfı beton ve 10Φ kenetlenme boyunda 12 mm çaplı ve kumlanmış yüzeye sahip aramid lifli donatı dışında hiçbir donatı çalışmada kullanılan çelik donatının çekme gerilmesi değeri olan 570 MPa değerine ulaşamamıştır. 12 mm çaplı ve kumlanmış yüzeye sahip aramid lifli donatı ise 570 MPa gerilme değerine ulaştığında da betondan hiç sıyrılmamıştır.

Tablo 9. Kenetlenme boyu 10Φ olan aramid lifli donatılar için kritik bulgular

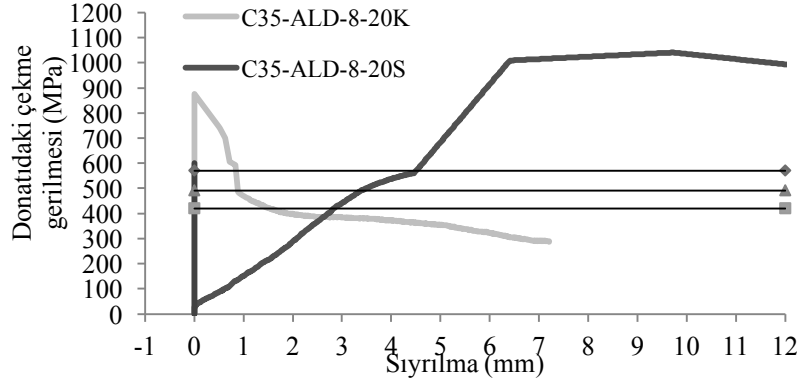
Numune kodu	MG, MPa	MGK, N	τ_u , MPa	MG-S, mm	İS-G, MPa	DST
C35-ALD-8-10K	512,33	25739,50	12,81	0,03	508,92	AK
C35-ALD-8-10S	503,22	25281,99	12,58	2,35	81,84	AK
C35-SÇD-8-10N	535,35	26895,75	13,38	1,60	90,85	AK
C35-ALD-12-10K	514,51	58160,00	12,86	0,16	480,79	AK
C35-ALD-12-10S	530,72	59992,25	13,27	6,59	298,93	AK
C35-SÇD-12-10N	553,09	62520,99	13,83	1,14	103,81	AK
C50-ALD-8-10K	548,59	27561,23	13,71	0,01	548,59	AK
C50-ALD-8-10S	504,90	25365,95	12,62	6,43	24,72	AK
C50-SÇD-8-10N	561,26	28197,92	14,03	1,77	378,49	AK
C50-ALD-12-10K	583,30	65936,61	14,58	0,00	583,30	AK
C50-ALD-12-10S	471,70	53320,50	11,79	5,83	15,91	AK
C50-SÇD-12-10N	500,40	56565,36	12,51	0,88	293,25	AK
Kısaltması	Açıklaması		Kısaltması	Açıklaması		
MG	Maksimum Gerilme		MG-S	Donatının Maksimum Gerilmeye Ulaştığı Andaki Sıyrılma		
MGK	Maksimum Gerilmeye Karşılık Gelen Kuvvet		İS-G	İlk Sıyrılma Oluştugu Andaki Gerilme		
τ_u	Beton-Donatı Arasındaki Maksimum Aderans Gerilmesi		DK	Deneyin Donatının Kopması ile Sonlanması		
DST	Deneyin Sonlanma Türü		AK	Aderans Kopması		

Tablo 10. Kenetlenme boyu 10Φ olan aramid lifli donatılar için eşik değerlerde sıyrılmalar

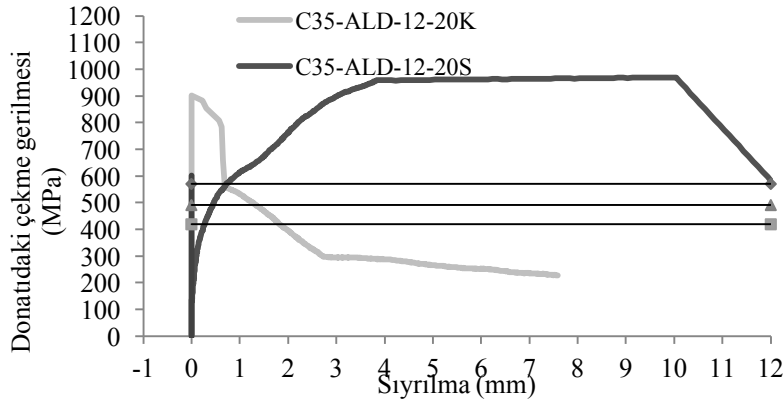
Numune kodu	420 MPa-S (mm)	490 MPa-S (mm)	570 MPa-S (mm)
C35-ALD-8-10K	0,00	0,00	Ulaşmadı
C35-ALD-8-10S	2,12	2,32	Ulaşmadı
C35-SÇD-8-10N	0,81	1,27	Ulaşmadı
C35-ALD-12-10K	0,00	0,00	Ulaşmadı
C35-ALD-12-10S	0,83	1,88	Ulaşmadı
C35-SÇD-12-10N	0,13	0,19	Ulaşmadı
C50-ALD-8-10K	0,00	0,00	Ulaşmadı
C50-ALD-8-10S	4,25	5,96	Ulaşmadı
C50-SÇD-8-10N	1,02	1,45	Ulaşmadı
C50-ALD-12-10K	0,00	0,00	0,00
C50-ALD-12-10S	2,83	Ulaşmadı	Ulaşmadı
C50-SÇD-12-10N	0,22	0,79	Ulaşmadı

Tablo 9’da görülen ilk sıyrılmanın başladığı andaki gerilme değerleri incelendiğinde, helisel sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatıların 12 mm çapta 15,91 MPa değerine kadar inen çok düşük gerilme değerlerinde betonlardan sıyrılmaya başladığı görülmektedir. Ayrıca 12 mm çaplı ve sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatının C35 sınıf betonda 298,93 MPa değerinde ilk sıyrılmayı gösterirken C50 sınıfı betonda ise 15,91 MPa değerinde ilk sıyrılmayı gösterdiği görülmektedir. İlk sıyrılma gözlemlendiğinde elde edilen bu gerilme değerlerindeki tutarsız sonuçlar beton kalitesinin etkisi şeklinde

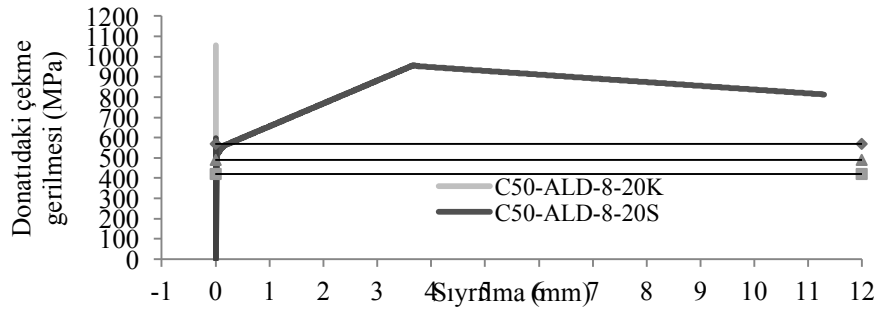
Ahmet Beycioğlu, Emrah Ferdi Ünver, Mehmet Emin Arslan, Abdülkerim Aydın, İlyas Sarıbaş yorumlanamayacak kadar dikkat çekici bir farklılık içermektedir. İlk sıyrılma anında elde edilen çok düşük gerilme değerleri ile beton sınıfı artışından beklenen etkiye ters düşen bulgular içeren sonuçlar helisel sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatıların sargılanma kalitesinin bazı sorunlar içerdiğini işaret etmektedir. Aramid lifli donatılar için gerçekleştirilen aderans deneylerine ait gerilme-sıyrılma grafikleri 20Φ kenetlenme boyu kullanılarak üretilen kirişler için Şekil 29-30-31-32’de görülmektedir.



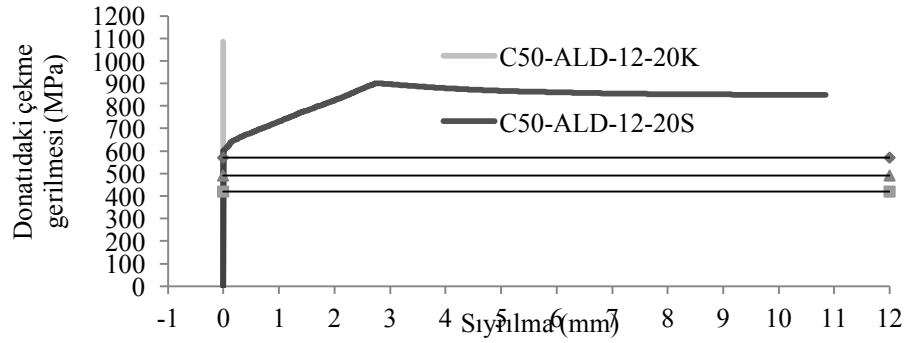
Şekil 29. C35 beton-8 mm donatı çapı ve 20Φ kenetlenmede aramid lifli donatı gerilme-sıyrılma ilişkisi



Şekil 30. C35 beton-12 mm donatı çapı ve 20Φ kenetlenmede aramid lifli donatı gerilme-sıyrılma ilişkisi



Şekil 31. C50 beton-8 mm donatı çapı ve 20Φ kenetlenmede aramid lifli donatı gerilme-sıyrılma ilişkisi



Şekil 32. C50 beton-12 mm donatı çapı ve 20Φ kenetlenmede aramid lifli donatı gerilme-sıyrılma ilişkisi

Tablo 11. Kenetlenme boyu 20Φ olan aramid lifli donatılar için kritik bulgular

Numune kodu	MG, MPa	MGK, N	τ_{us} , MPa	MG-S, mm	İS-G, MPa	DST
C35-ALD-8-20K	877,02	44061,45	10,96	0,00	7,461,659	AK
C35-ALD-8-20S	1041,10	52304,87	13,01	9,73	25,574	AK
C35-SÇD-8-20N	600,15	30151,54	7,50	0,00	-	DK
C35-ALD-12-20K	901,12	101862,60	11,26	0,00	8,818,232	AK
C35-ALD-12-20S	968,40	109467,62	12,10	10,04	1,201,024	AK
C35-SÇD-12-20N	602,08	68059,26	7,53	0,00	-	DK
C50-ALD-8-20K	1055,63	53034,80	13,20	0,01	1,055,629	DK
C50-ALD-8-20S	957,40	48099,78	11,97	3,67	515	AK
C50-SÇD-8-20N	596,00	29943,18	7,45	0,01	-	DK
C50-ALD-12-20K	1086,23	122787,00	13,58	0,00	-	DK
C50-ALD-12-20S	901,30	101882,95	11,27	2,75	600	AK
C50-SÇD-12-20N	601,67	68012,88	7,52	0,00	-	DK
Kısaltması	Açıklaması		Kısaltması	Açıklaması		
MG	Maksimum Gerilme		MG-S	Donatının Maksimum Gerilmedeki Sıyrılması		
MGK	Maksimum Gerilmeye Karşılık Gelen Kuvvet		İS-G	İlk Sıyrılma Anındaki Gerilme		
τ_u	Beton-Donatı Arasındaki Maksimum Aderans Gerilmesi		DK	Deneyin Donatının Kopması ile Sonlanması		
DST	Deneyin Sonlanma Türü		AK	Aderans Kopması		

Tablo 12. Kenetlenme boyu 20Φ olan aramid lifli donatılar için eşik değerlerde sıyrılmalar

Numune kodu	420 MPa-S (mm)	490 MPa-S (mm)	570 MPa-S (mm)
C35-ALD-8-20K	0,00	0,00	0,00
C35-ALD-8-20S	2,83	3,39	4,51
C35-SÇD-8-20N	0,00	0,00	0,00
C35-ALD-12-20K	0,00	0,00	0,00
C35-ALD-12-20S	0,27	0,44	0,73
C35-SÇD-12-20N	0,00	0,00	0,00
C50-ALD-8-20K	0,00	0,00	0,00
C50-ALD-8-20S	0,00	0,00	0,24
C50-SÇD-8-20N	0,00	0,00	0,00
C50-ALD-12-20K	0,00	0,00	0,00
C50-ALD-12-20S	0,00	0,00	0,00
C50-SÇD-12-20N	0,00	0,00	0,00

Tablo 11 ve Tablo 12’deki verilere göre aramid lifli donatılarda C35 sınıfı beton ve 20Φ kenetlenme boyu için elde edilen bulgular değerlendirilecek olursa; çelik donatıda DK ve aramid lifli donatılarda ise AK şeklinde deney sonlanmıştır. Kumlanmış yüzeye sahip 8 mm çaplı aramid lifli donatılar 877,02 MPa gerilmeye ve 12 mm çaplı aramid lifli donatılar ise 901,12 MPa gerilmeye hiç sıyrılma olmadan ulaşmıştır. Çelik donatıda ise hem 8 mm çapta hem de 12 mm çapta hiç sıyrılma oluşmamıştır. Kumlanmış yüzeye sahip aramid lifli donatının 20Φ kenetlenme boyu için C35 sınıfı betonda standart çelik ve bu çalışmada kullanılan çeliğe ait akma gerilmelerinden çok daha yüksek değerlere hiç sıyrılma olmadan çıkabilmesi çok önemli bir sonuç olarak görünmektedir. Çelik donatı ile kumlanmış ve helisel sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatıların ulaştığı maksimum gerilme değerleri ile maksimum aderans gerilmeleri arasında önemli farklılıklar gözlenmektedir. Aramid lifli donatılar çelik donatılara kıyasla çok daha yüksek aderans gerilmelerine ulaşmaktadır. Özellikle kumlanmış yüzeye sahip aramid lifli donatıların betondan hiç sıyrılmadan çok yüksek aderans gerilmelerine ulaşması önemli bir bulgudur. Burada dikkat çeken bir diğer bulgu ise çok yüksek gerilmelere kadar çıkmasına rağmen helisel sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatıların betondan önemli düzeyde sıyrılma göstermesidir. Sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatılar ulaştığı maksimum gerilme değerlerinde 8 mm çap için 9,73 mm ve 12 mm çap için ise 10,04 mm betondan sıyrılarak kumlanmış yüzeye üretilen aramid lifli donatılara kıyasla çok kötü bir aderans performansı göstermiştir. Ayrıca sargılı yüzeye sahip 8 mm ve 12 mm çaplı aramid lifli donatılar standart donatı akma gerilmesi olan 420 MPa gerilmeye ulaştığında sırasıyla 2,83 mm ile 0,27 mm ve bu çalışmada kullanılan çelik donatı akma gerilmesi olan 490 MPa gerilmeye ulaştığında sırasıyla 3,39 mm ve 0,44 mm sıyrılma göstermiştir. Referans donatı olan çelik donatıda 20Φ kenetlenme boyunda hiç sıyrılma olmadığı için helisel sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatılarda elde edilen bu sıyrılma değerleri çok olumsuz bir izlenim ortaya koymaktadır. Ayrıca yine helisel sargılı aramid lifli donatılar bu çalışmada kullanılan çelik donatının çekme gerilmesi olan 570 MPa değerine ulaştığında da sıyrılmaya devam etmiştir (8 mm çap için 4,51 mm ve 12 mm çap için 0,73 mm). 20Φ kenetlenme boyu kullanılmasına rağmen helisel sargılı yüzeye sahip donatıların çok düşük gerilmelerde sıyrılmaya başladığı da deneysel olarak elde edilen bulgulara görülmektedir. Daha önce 10Φ kenetlenme boyu için yapılan yorumlarda bahsedilen ve helisel sargılı yüzeye sahip donatılarda görülen düşük gerilmelerde sıyrılma probleminin 20Φ kenetlenme boyunda da görülmesi bu durumu ortaya çıkaran nedenin sargılama kalitesindeki sorunlardan kaynaklı olacağını daha net bir biçimde ortaya koymaktadır.

Tablo 11 ve Tablo 12’deki verilere göre aramid lifli donatılarda C50 sınıfı beton ve 20Φ kenetlenme boyu için elde edilen bulgular değerlendirilecek olursa; çelik donatı ile kumlanmış yüzeye sahip aramid lifli donatılar kullanılan kirişlerde deneylerin sonlanma türü DK şeklinde olup sargılı yüzeye sahip donatılarda AK şeklindedir. Bu durum hem çelik hem de aramid lifli kumlanmış yüzeye sahip donatıların aderansını hiç kaybetmediğini ve kopana kadar betona tutunduğunu göstermektedir. C50 sınıfı betonla üretilen kirişlerde kumlanmış yüzeye sahip aramid lifli donatılar ile çelik donatı 8 mm çapında kullanıldığında kopma öncesi 0,01 mm gibi çok küçük bir sıyrılma göstermiş, 12 mm çapında kullanıldığında ise betonlardan hiç sıyrılmamıştır. Yalnızca sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatı 8 mm çapında kullanıldığında 515 MPa ve 12 mm kullanıldığında 600 MPa gerilmeye ulaştığında sıyrılmaya başlamış ve deney sonlandığında ise toplam sıyrılma miktarları 8 mm çap için 3,67 mm ve 12 mm çap için ise 2,75 mm değerine ulaşmıştır. Elde edilen bulgular özetlenecek olursa; kumlanmış yüzeye sahip aramid lifli donatılar kenetlenme boyu, donatı çapı gibi değişken parametrelerin tümü için çelik donatıya kıyasla daha iyi bir performans göstermiştir. Helisel sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatılarda ise önemli düzeyde aderans sorunları bulgulardan ortaya çıkmış ve çelik donatıdan daha düşük performans göstermiştir. Helisel sargılı donatıların en dikkat çekici olumsuz özelliği ise çok düşük gerilme değerlerinde betonlardan sıyrılmaya başlamasıdır. Beton kalitesi ise tüm donatılar için aderans üzerinde etken bir parametre olarak görünmektedir.

5. Sonuçlar

Sonuçlar kompozit donatıların çekme testi bulguları açısından değerlendirilecek olursa; kumlanmış yüzeye sahip aramid lifli donatının çekme dayanımı standart çeliğin akma dayanımından %165 ve bu çalışmada kullanılan çeliğin akma dayanımından %127 daha yüksek, sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatının çekme dayanımı standart çeliğin akma dayanımından %189 ve bu çalışmada kullanılan çeliğin akma dayanımından ise %148 daha yüksek bir değere ulaşmıştır.

Sonuçlar donatıların aderans performansı açısından değerlendirilecek olursa, kumlanmış yüzeye sahip aramid lifli donatılar kenetlenme boyu, donatı çapı gibi değişken parametrelerin tümü için çelik donatıya kıyasla daha iyi bir performans göstermiştir. Helisel sargılı yüzeye sahip aramid lifli donatılarda ise önemli düzeyde aderans sorunları belirlenmiş ve aderans performansları çelik donatıdan daha düşük bulunmuştur. Helisel sargılı donatılar çok düşük gerilme değerlerinde betonlardan sıyrılmaya başlamıştır. Elde edilen bu sonuçlar kompozit donatılarda kumlanmış yüzeye sahip donatı üretiminin daha başarılı olacağını ve sargılı yüzey üretiminde ise üretim kalitesine çok daha fazla dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Kaynakça

- [1] Yiğiter, H. (2008). Betonarme donatısında klorid korozyonu gelişiminin elektrokimyasal yöntemlerle belirlenmesi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [2] Arslan, M. E. (2007). Eğilmede taşıyıcı hafif beton-donatı aderansının geleneksel beton-donatı aderansı ile karşılaştırmalı olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [3] Yazıcı, H. (2018). Donatı Korozyonu. [Online]. Erişim: <http://kisi.deu.edu.tr/halit.yazici/SUNUMLAR/KOROZYON.pdf>.
- [4] Binici, H. Çağatay, İ. H. Yılmaz, S., Kaplan, H. (2007). Botaş petrol platformunda meydana gelen yapısal hasarlar. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 1(10), 50-55.
- [5] Uygunoğlu, T., Güneş, İ., Topçu, İ. B. (2014). İnşaat çeliğinde biyolojik korozyon. Yapı Dünyası Dergisi, 1(27).
- [6] Yıldırım, K., Sümer, M. (2005). Denize yakın ortamlarda beton korozyonu. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya.
- [7] Robinson, B. (2014). Concrete “Paint” Arrests cofferdam corrosion at submarine pier. Structure magazine, 26-27.
- [8] Seis, (2016). Mafsallı giriş yöntemiyle bazalt lifli kompozit donatının aderans performansının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- [9] Polikom. (2018). Donatı Elemanları-FRP REBAR. [Online]. Available: <http://polikom.com.tr/teknolojiler/donati-elemanlari-frp-repar>.