

CFK-Verbund-Tragfähigkeitserhöhung infolge passiven Anpressdrucks

Increase of the CFK-bond capacity due to passive contact pressure

Husemann, U.; Budelmann, H.

1. Einleitung

Bei nachträglicher Bauteilverstärkungen mit CFK-Lamellen ist das Lamellenende nach geltender Zulassung durch eine äußere konstruktive Umschließung durch Stahlbügel oder CF-Gelegeumschließung gegen Lamellenentkopplung (LEK) zu sichern. Bei LEK-Erscheinungen wird durch die Entkopplungsbehinderung der Umschließung ein passiver (selbstinduzierter) Anpressdruck $\sigma_{n,si}$ bzw. F_{AP} aufgebaut, der traglaststeigernde Wirkung hat. Innerhalb dieses Forschungsvorhabens soll die Traglaststeigerung in Abhängigkeit unterschiedlicher Umschließungsmaterialien und Geometrien untersucht und abgebildet, sowie für die Bemessung ein Ingenieurmodell entwickelt werden.

2. Ausgangssituation

Im Gegensatz zur einbetonierten Bewehrung, tritt bei CFK-LEK sowohl eine horizontale wie auch vertikale Verschiebung der Lamelle, aufgrund der verbleibenden Zuschlagskörner in der Klebstoffuge ein, Bild 1. Das Versagen bei LEK ist damit unangekündigt und spröde.

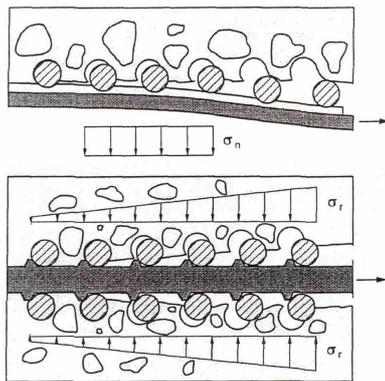


Bild 1: Verbundtragverhalten einbetonierter und aufgeklebter Bewehrung

Wird die vertikale Verschiebung der Lamelle durch Umschließungsbügel behindert, baut sich der Anpressdruck F_{AP} auf. In Bild 2 ist der Mechanismus der Lamellenentkopplung unterhalb eines Umschließungsbügels dargestellt. Am Punkt 1 ist noch keine Lamellenentkopplung vorhanden. Bei Steigerung der Lamellenzugkraft F_l

bildet sich ein oberflächennaher Betonriss unterhalb des Umschließungsbügels aus. In Abhängigkeit zur Rissöffnung w stellt sich der Abpressdruck F_{AP} ein und führt zu der Traglaststeigerung. Erreicht die Lamellenentkopplung den Punkt 3 und beträgt die Restverbundlänge gerade noch $l_{t,max}$ befindet sich der Lamellenverbund unmittelbar vor vollständiger Lamellenentkopplung und dem Ausfall der Gesamtkonstruktion. Aufgrund der Umschließung wird die Reibung im Riss erhöht was zu einer Steigerung der Lamellenzugkraft F_l führt.

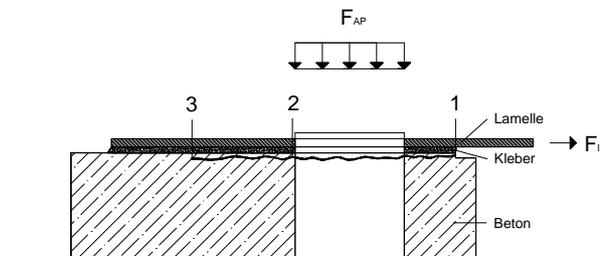


Bild 2: Ausbildung des oberflächennahen Betonrisses unterhalb des Umschließungsbügels

In Bild 3 ist die Wirkungsweise des passiven und aktiven Anpressdrucks dargestellt. Beim passiven Anpressdruck hängt die Rissöffnungsarbeit $W_{R,si}$ und damit die Normalspannung $\sigma_{n,si}$ die auf die Lamelle wirkt von der Rissöffnung w ab. Mit steigender Rissöffnung w nimmt die Normalspannung zu. Beim aktiven Anpressdruck ist die Rissöffnungsarbeit $W_{R,a}$ und damit die Normalspannung $\sigma_{n,a}$ konstant und wirkt von Anfang an.

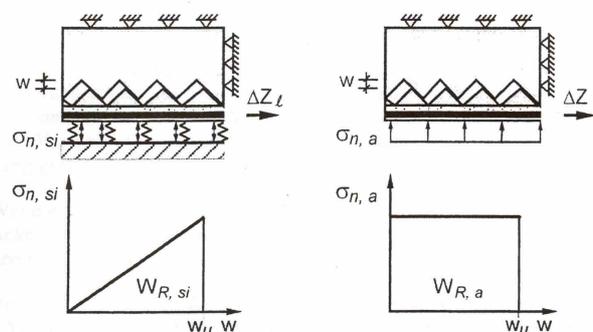


Bild 3: Aufbau des passiven $\sigma_{n,si}$ und aktiven $\sigma_{n,a}$ Anpressdrucks abhängig von der Rissöffnung w

3. Versuchsdurchführung und Ergebnisse

Über Zugversuche zur Bestimmung der Rissöffnungsbe-
 hinderung konnten Kennlinien aufgestellt werden, die
 den Zusammenhang zwischen Rissöffnung w und Zug-
 kraft F_u darstellen. In Bild 4 ist der Probekörper darge-
 stellt.

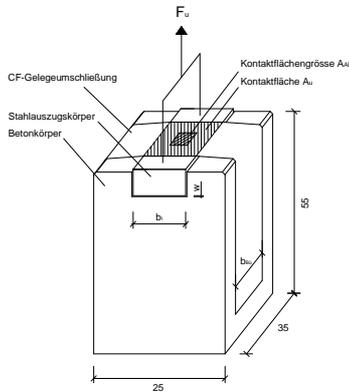


Bild 4: zentrische Zugversuche zur Bestimmung der Rissöffnungsbe-
 hinderung

Bild 5 zeigt beispielhaft an Stahlbügelumschließungen
 die experimentell gewonnenen Ergebnisse.

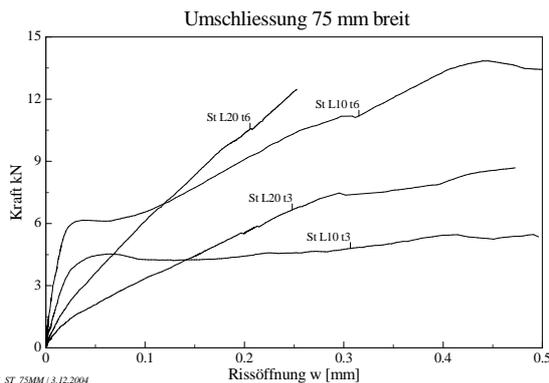


Bild 5: Kennlinien für Stahlbügelumschließungen

In den anschließenden Verbundversuchen wurde über
 teilweise vorgespannte Tellerfederpakete der Anpress-
 druck F_{AP} , bei entstehender Lamellenentkopplung auf
 die Lamelle aufgebracht und die Lamellenzugkraft F_l
 ermittelt, Bild 6.

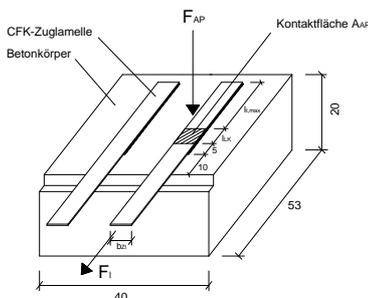


Bild 6: Verbundversuche mit selbstinduziertem Anpress-
 druck F_{AP}

Es konnte ein direkter Zusammenhang zwischen dem
 Anpressdruck F_{AP} und der Lamellenzugkraft F_l gefun-
 den und abgebildet werden.

Über abschließende Bauteilversuche sollen die Ergeb-
 nisse auf Baukörper mit praxisüblichen Abmessungen
 übertragen werden.

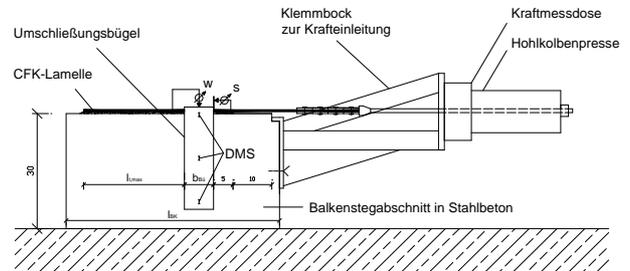


Bild 7: Versuche mit praxisüblichen Umschließungen

Bild 8 zeigt die Gegenüberstellung zwischen den experi-
 mentell gewonnen und berechneten Ergebnisse. Dabei
 ist eine gute Übereinstimmung mit dem in [1,2] vorge-
 stellten Modell festzustellen.

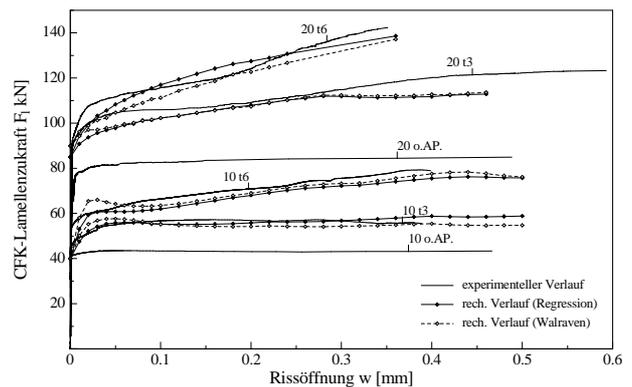


Bild 8: Vergleich zwischen Versuchs- und Rechener-
 gebnis

4. Literatur

- /1/ Husemann, U.; Budelmann, H.: „Increase of the Bond Capacity of Externally Bonded CFRP Plates on RC structures due to Self-induced Contact Pressure” FRPRCS-8 University of Patras, Patras, Greece, July 16-18, 2007 ISBN 978-960-89691-0-0
- /2/ Husemann, U.; Budelmann, H.: „Influence of the external enclosure of RC beams strengthened with CFRP plates”, Proceedings of the 4th International Conference on FRP Composites in Civil Engineering, CICE2008 July 22-24 Zürich, ISBN 978-3-905594-50-8

