

Untersuchungen über das Temperaturverhalten von geklebten Betonstahlverbindungen

Wissenschaftlicher Kurzbericht Nr. 19 (2010)

Dipl.-Ing. M. Zintel, Dr.-Ing. A. Volkwein

Arbeitsgruppe 3, Stahl und Korrosion

Förderer: Forschungsinitiative Zukunft Bau des BBR, Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (Z 6 – 10.08.18.7-07.24 / II 2 – F20-07-4)

1 Ziel des Forschungsvorhabens

Das Verbinden/Stoßen von Betonstahl durch mechanische Verbindungselemente ist in Deutschland nach DIN 1045 vorgesehen und wird auch international in der Praxis häufig eingesetzt. Zurzeit verfügbare Techniken sind z.B. das Aufpressen einer Stahlmuffe oder das Anbringen von Gewinden an den Betonstählen und deren Verschraubung über eine Gewindemuffe. Wegen ungünstiger Eigenschaften solcher Verbindungen (hoher Schlupf; vermindertes Dauerschwingverhalten) wurde mit dieser Forschungsarbeit der Idee nachgegangen, Betonstähle in innen profilierte Stahlhülsen mit schnell abbindendem Kunstharzmörtel einzukleben. Die Verbindungsart ist in älterer Literatur bereits erwähnt (auch mit Zementmörtel als Kleber). Eine Übernahme in die Praxis hatte jedoch nicht stattgefunden.

Ein solcher Verbund von Betonstahl ist bezüglich der Kraftübertragung sehr ähnlich wie Klebe-/Verbundankern/-dübeln wie auch beim heute bereits bauaufsichtlich zugelassenen Einkleben von Betonstahl in Bohrungen im Beton. Eine Reihe von Kenntnissen aus diesen Bereichen können auf die Tragwirkung zwischen Hülse und Betonstahl übernommen werden. Neben der allgemeinen Nachweise einer ausreichenden Tragfähigkeit (statisch, dynamisch) galt es danach vor allem, das Verhalten in der Wärme genauer zu erfassen, wozu das Kriechen wie auch die Dauerstandfestigkeit gehören. Zur Einwirkung erhöhter Temperaturen gehört auch das Verhalten unter Brandeinwirkung. Mit dem Temperaturverhalten verbunden ist u.U. auch eine Optimierung des Klebemörtels. Es galt also, die günstigen Eigenschaften und Vorteile einer solchen Verbindung zu belegen und mögliche ungünstige Eigenschaften herauszuarbeiten und ggf. Optimierungen für eine Einführung in die Praxis zu erreichen.

2 Durchführung

Zur experimentellen Erforschung einer solchen Verbindungsart stand ein von der Fa. Pfeifer,

Memmingen entwickelter Prototyp in Form einer Stahlhülse mit Innengewinde zur Verfügung. Der Ringspalt zwischen Hülse und Betonstahl sollte zunächst mit einem bereits bauaufsichtlich zugelassenen Reaktionsharzmörtel (a) verpresst werden. In Abbildung 1 ist der Aufbau der verwendeten Klebeverbindung skizziert. Beispiele für die Hülsenabmessungen sind bei einem Betonstahldurchmesser 8 mm: $D_a=18$, $L=210$ mm, bei 28 mm: $D_a=51$, $L=450$ mm. Der Ringspalt betrug als liches Maß zwischen 1 und 2 mm.

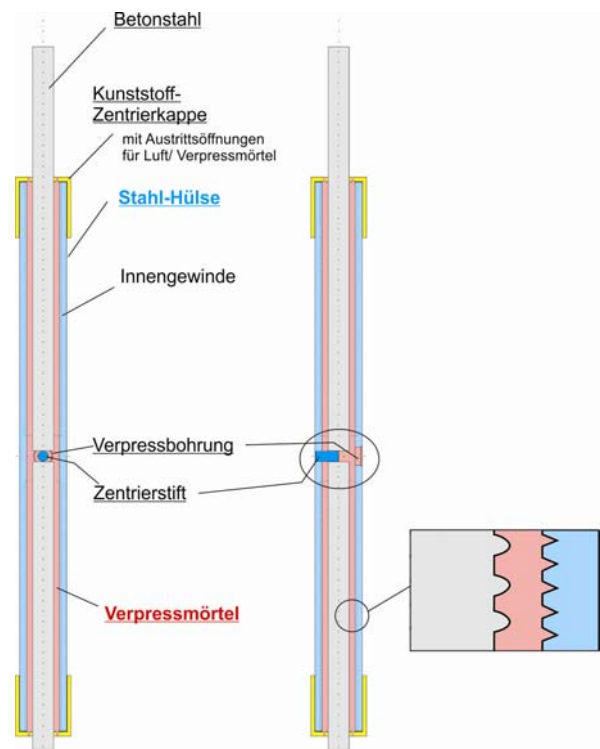


Abbildung 1: Prinzipskizze der verwendeten Klebeverbindung

Zunächst wurden der Schlupf und die Kurzzeit-Zugfestigkeiten sowohl bei Raumtemperatur als auch in der Wärme (bis 80°C) ermittelt. In Dauerschwingversuchen wurde dann auch die Wöhlerlinie bestimmt. Ferner wurden Dauerstandversuche gefahren, bei denen das Kriechen gemessen wurde. Die anfangs ebenfalls angestrebte

Ermittlung von Zeit-/Dauerstandfestigkeiten ergaben bisher keine Ergebnisse, weil noch keine Brüche aufgetreten waren. Im Wesentlichen wurde festgestellt, dass der eingesetzte Mörtel wegen eines zu großen Schlupfes beim Kurzzeit-Zugversuch wie auch durch Kriechen jeweils bereits bei Raumtemperatur (in der Wärme erst recht) ungeeignet ist. Die Dauerschwingversuche ergaben keine Beeinträchtigung gegenüber ungestoßenem Betonstahl.

Wegen der festgestellten sehr hohen Nachgiebigkeit dieses Mörtels wurden Untersuchungen zur Optimierung von Mörtel und Verpressverfahren durchgeführt. Als vielversprechend erwies es sich, den Spalt zwischen Betonstahl und Stahlhülse mit Stahlschrot (c2) zu füllen und den verbleibenden Hohlraum mit Kunstharz zu verpressen (im Betonbau als „Prepact-Verfahren“ bekannt). Das Ziel hierbei war es, einen Korn-zu-Korn-Kontakt so zu aktivieren, dass die Verbundkräfte innerhalb der Hülse allein über das Stahlschrotgerüst weitergeleitet werden, während das Kunstharz nur zur Lagefixierung dient. Mit so hergestellten Verbindungen ergaben die Kriechversuche auch bei erhöhter Temperatur ein zufriedenstellendes niedriges Verformungsmaß.

In Zusammenarbeit mit dem Reaktionsharzmörtel-Hersteller wurde weiterhin ein sog. Sonderinjektionsmörtel (b3) mit größerem Quarz-Zuschlag entwickelt. Dieser lieferte zwar ein etwas günstigeres Verhalten, jedoch im Vergleich zur verpressten Stahlschrot-Packung immer noch unbefriedigende Ergebnisse, wenn längere Zeiträume betrachtet werden, Abbildung 2.

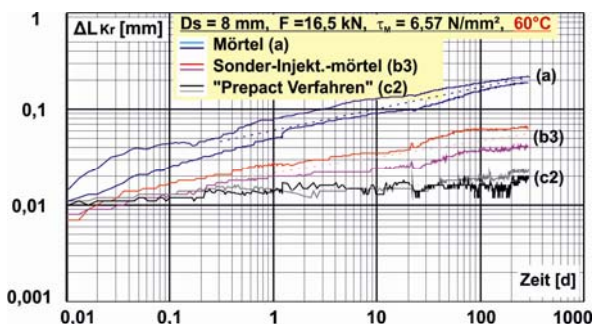


Abbildung 2: Kriechen bei Betonstahldurchmesser 8 mm bei einer Zugspannung im Betonstahl von 328 N/mm²

Bei der Auswertung der Kriechversuchsergebnisse zeigte sich, dass der Approximationsansatz nach Norton (1929)/ Baily (1935) gut zutrifft. Eine leichte Abhängigkeit des Steigungsexponenten u.a. von der Temperatur kommt noch hinzu.

Aus Verbindungen mit verpresster Stahlschrot-Packung wurden auch zwei Paare von Stahlbetonbalken hergestellt, die in zwei Brandversu-

chen bis zum Bruch geprüft wurden (MPA der TU Braunschweig). Ein Versagen von Klebestößen in Feldmitte stellte sich bei Temperaturen in der Verbindung zwischen 400 und 500°C ein. Stöße außerhalb der Feldmitte, die die gleiche Temperaturbelastung erfahren haben und noch nicht gebrochen waren, ergaben hinterher im Kurzzeitzugversuch die volle Tragfähigkeit.

3 Zusammenfassung und Ausblick

Als generelle Schlussfolgerung ergibt sich bisher, dass die Realisierung eines Klebestoßes von Betonstahl, wie er hier angedacht war, mit den z.Zt. gängigen Reaktionsharzmörteln, wie sie z.B. auch für Klebeanker/-dübel verwendet werden, nicht möglich ist. Der Hauptgrund sind die insbesondere bei höheren Temperaturen (z.B. schon bei Sonneneinstrahlung) auftretenden Kriechverformungen unter Zugbelastung. Sie würden eine zu starke Rissbildung im Beton verursachen.

Eventuell ließen sich noch Verbesserungen dadurch erreichen, dass z.B. die Stoßlänge deutlich vergrößert wird und gleichzeitig die Muffen-/Hülsenform so angepasst wird, dass die Rissbildung im Beton über größere Länge verteilt wird, um so die Rissbreiten begrenzen zu können. Eine deutlich bessere Feuerwiderstandsdauer erscheint aber auch damit kaum erreichbar.

Der bei den Optimierungsuntersuchungen eingesetzte Stahlschrot erscheint als ein möglicher Lösungsweg, jedoch muss das Verfahren für eine baustellengerechte Anwendung noch weiter entwickelt werden. Wenn diesbezüglich ein praktikables Verfahren bestehen würde, hätte die Klebeverbindung von Betonstahl Zukunftschancen.

Aus den Untersuchungsergebnissen können auch für andere Bereiche wertvolle Anregungen entnommen werden, insbesondere für die Verankerung von Betonstahl oder Dübeln in Beton.

4 Danksagung

Für die Durchführung dieser Forschungsarbeit hat die Firma Pfeifer Seil- und Hebeteknik GmbH, 87700 Memmingen profilierte Stahlhülsen sowie Kleber/ Reaktionsharz-Mörtel (Fa. Fischerwerke GmbH & Co KG, 79211 Denzlingen) zur Verfügung gestellt und einen Teil der Kosten für die Brandversuche übernommen. Hierfür gebührt der Firma ein besonderer Dank.