

Johann Lemmerer, Johann Glatzl, Oliver Wagner

Erhöht brandbeständiger Beton für Tunnelanlagen der HL-AG, Forschung

23

Richtlinie und Ausführung

Ing. Johann Lemmerer

ÖBB-Infrastruktur Bau AG, Wien

Univ.-Doz. DI Dr. Johann Glatzl

ÖBB-Infrastruktur Bau AG, Wien

DI Oliver Wagner

ÖBB-Infrastruktur Bau AG, Wien



Bild 1: Versuchsanordnung Großplatte [1]

Fotos: © ÖBB-Infrastruktur Bau AG

1 Einleitung

Für den baulichen Brandschutz in Verkehrstunnelbauwerken wurde in den letzten 3 Jahren umfangreiche Entwicklungs- und Forschungsarbeit geleistet. Eine Richtlinie der ÖVBB für die Herstellung erhöht brandbeständigen Betons wurde fertig gestellt und ist im Dezember 2004 als Gründruck erschienen. Im Bereich der Errichtungsgesellschaften HL-AG, ÖBB und BEG wurden Tunnelbauwerke in offener und geschlossener Bauweise mit erhöht brandbeständigem Beton ausgeführt.

2 Forschungsergebnisse

Von den vorliegenden Forschungsergebnissen wären vorrangig folgende zu nennen:

- Straßenforschungsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) und der HL-AG betreffend Brandbeständigkeit von Faser-, Stahl- und Spannbeton [1]; Versuche an Großplatten (Bild 1).
- Forschungsvorhaben des Forschungsförderungs fonds für die gewerbliche Wirtschaft (FFF), BEG, HL-AG, ÖBB, ÖVBB und VÖZ betreffend Praxisverhalten von erhöht brandbeständigem Innenschalenbeton und Brandversuche an einem 1:1-Kalottenmodell [2].

- Weiters wurden spezielle Forschungen zum Thema erhöht brandbeständiger Beton – wie z. B. in den Bereichen hochfester Beton, Spritzbeton, Tübbingbeton und Bestimmung des Fasergehaltes – betrieben, welche von den Wiener Linien, der BEG, der Technischen Universität Wien, der Universität Innsbruck, den Baufirmen, den Betonherstellern und von akkreditierten Versuchsanstalten durchgeführt wurden.

2.1 Forschungsvorhaben BMVIT und HL-AG

Das Ergebnis des Straßenforschungsprogramms des BMVIT und der HL-AG unter der Leitung von Dr. Kusterle liegt als Straßenforschungsheft Nr. 544 der FSV – Brandbeständigkeit von Faser-, Stahl- und Spannbeton vor [1]. Von Interesse sind sowohl die zahlreichen Einzelergebnisse der Arbeit als auch der Umstand, dass dieses Heft eine umfangreiche Zusammenfassung über die Brandbeständigkeit von Tunnels in englischer Sprache beinhaltet.

Die Forschungsergebnisse können auszugsweise wie folgt dargestellt werden:

- Ohne zusätzliche Maßnahmen kann es bei einem schnellen Anstieg der Brandtemperaturen (z. B. 1.200 °C in 10 min.) sowie bei entsprechender Feuchtigkeit im Beton zu hohen Abplatzraten kommen. Abplatzraten von bis zu 30 cm pro Stunde wurden beobachtet.
- Brandtemperaturen bis 1.350 °C und Branddauern bis zu 4 Stunden, wie sie im Extremfall in Tunnel auftreten können, sind mit erhöht brandbeständigem Beton beherrschbar.
- Die Wirksamkeit einer zusätzlichen Netzbewehrung zur Verhinderung von Ab-

platzungen konnte nicht nachgewiesen werden (Bild 2).

- Das explosionsartige Abplatzen randnaher Betonschichten kann durch Zugabe von rd. 2,0 kg Polypropylenfasern pro m³ Beton verhindert werden (Bild 3).
- Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden im großen Umfang die Temperatureindringkurven in feuchtem Faserbeton gemessen. Daraus konnten allgemein gültige Temperatureindringkurven für PP-Faserbeton abgeleitet und definiert werden. Diese stellen sich günstiger dar als jene, welche bisher mit numerischen Methoden ohne Berücksichtigung von Feuchtetransporten errechnet wurden.
- Versuche mit Monolitzen im Faserbeton zeigten, dass die Litzen auch bei hohen Brandtemperaturen von 1.000 bis 1.350 °C bis 30 Minuten schadlos bestehen.
- Die im Forschungsvorhaben gewählten Großplatten von 180 x 140 x 50 cm als Kompromiss zwischen Kleinversuchen und 1:1-Versuchen haben sich bewährt. Künftig sind die Nachweise für Faserbeton (Kurzbezeichnung BFG) an Großplatten zu führen (s. auch Pkt. 3).

2.2 Forschungsvorhaben FFF, BEG, HL-AG, ÖBB, ÖVBB und VÖZ – Praxisverhalten von erhöht brandbeständigem Innenschalenbeton und Brandversuche am 1:1-Kalottenmodell

Das zweite Forschungsprogramm [2, 3], welches angesprochen werden sollte, ist ein Forschungsvorhaben von Forschungsförderungs-fond, BEG, HL-AG, ÖBB, ÖVBB und VÖZ betreffend Praxisverhalten von erhöht brandbeständigem Innenschalenbeton und Brandversuche an einem 1:1-Kalottenmodell (Bild 4). Das Forschungsvorhaben wurde vom Forschungsinstitut der VÖZ geleitet. Die Versuche waren zur Weiterentwicklung der Betonrezepturen und zur Klärung der Praxistauglichkeit bei aktuellen Bauvorhaben notwendig.

Zusammenfassend können die Resultate folgendermaßen präsentiert werden:

- Es hat sich die Zugabe von PP-Fasern mit einem Durchmesser < 20 µm und geringer Länge von ca. 6 mm bewährt.
- Die Feuchtigkeit von Tunnelinnenschalen beträgt in der Regel 3,5–4,5 %.
- Mit zunehmendem Fasergehalt nimmt die Verarbeitbarkeit progressiv ab. Nur mit optimierter Abstimmung der Beton-

zusammensetzung wie z. B. PP-Fasern, Bindemittel, Wasser, Gesteinskörnung, Ausbreitmaß und Luftgehalt ist ein Tunnelinnenschalenbeton mit PP-Fasergehalt von 2,0 kg/m³ entsprechend verarbeitbar.

- Der Einfluss des Feuchte- und Fasergehaltes auf die Temperatureindringkurven wurde im Detail untersucht, wobei ein Einfluss des Fasergehaltes auf die Betontemperaturen nicht festgestellt werden konnte.
- Es wurden weitere Erkenntnisse für die Grundsatzprüfungen des Betons und für eine Methode zur Fasergehaltsbestimmung gewonnen.

3 Erkenntnisse aus Bauausführungen der HL-AG

Im Zuge von Bauausführungen im Bereich der HL-AG wurden bereits mehrere Bauwerke mit PP-Faserbeton mit einem Fasergehalt von 2 kg/m³ hergestellt [4].

Im Folgenden werden die Erkenntnisse zusammengefasst:

- Die Herstellung von WDI- und BS1-Betonen als Faserbeton mit 2 kg PP-Fasern pro m³ Beton ist trotz der hohen Anforderungen möglich.
- Die Faserzugabe verändert die Frischbetoneigenschaften. Es ist daher eine Anpassung der Sieblinie der Gesteinskörnungen, der Fließmittel, der Luftporenbildner und der Stabilisierer erforderlich [5].
- Ein reibungsloser Betonierablauf wird durch den Ort der Faserzugabe, der Mischdauer im Werk und im Transportmischer sowie durch die Transportdauer und das Pumpen des Betons bis zum Einbauort maßgeblich beeinflusst.
- Das Gesamtsystem „erhöht brandbeständiger Beton“ bedingt eine umfangreiche Vorbereitung und Erprobung der Betonzusammensetzung und der zum Einsatz kommenden Gerätschaft. Eine ausreichende Dokumentation des Fasergehaltes im Beton ist zwingend erforderlich. Eine Nichterfüllung der Anforderungen kann zu sehr kostenintensiven Ersatzmaßnahmen (z. B. durch nachträgliches Aufbringen von Brandschutzbekleidungen) führen.

Bild 2: Versuchs-körper mit 3-lagiger Bewehrung nach Brand [1]



Bild 3: WDI-Beton mit 2 kg/m³ PP-Fasern nach Brand [1]

4 Richtlinien

Die österreichische Vereinigung für Beton und Bautechnik (ÖVBB) erarbeitete auf Grundlage der vorgenannten Erkenntnisse die neue Richtlinie „Erhöht brandbeständiger Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke“. Diese Richtlinie ist im Dezember 2004 als Gründruck erschienen.

Sie behandelt im Wesentlichen folgende Themen:

- Definition des Anwendungsbereiches und der Schutzziele
- Festlegung von Temperatur-Zeitkurven für Eisenbahn- und Straßentunnel
- Temperatureindringkurven für PP-Faserbetone
- Vorgaben für Konstruktion und Bemessung

- Beschreibung der Grundsätze und Anforderungen an den Beton, dessen Herstellung, Einbau und Prüfung
- Hinweise für die Ausführung und Dokumentation
- Empfehlungen für die Ausschreibung

5 Resümee und Ausblick

Mit den bisher gewonnenen Erkenntnissen wurde eine Basis für die bauspezifische Anwendung von PP-Faserbeton geschaffen. Aktuelle und zukünftige Bauvorhaben wie der Lainzer Tunnel, der Wienerwaldtunnel, die Tunnelkette Perschling oder die Tunnelbaulose im Unterinntal werden noch zahlreiche interessante Erkenntnisse im Praxiseinsatz und eine Weiterentwicklung des erhöht brandbeständigen Betons bringen.

Literatur

- [1] Kusterle, W. et al.: Brandbeständigkeit von Faser-, Stahl- und Spannbeton. Republik Österreich, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.), Straßenforschung, Heft 544, Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße und Verkehr, Wien, 2004
- [2] Praxisverhalten von erhöht brandbeständigem Innenschalenbeton (EBB). Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie. FFF-Projekt Nr.: 806201, gefördert von BEG, HL-AG, ÖBB, ÖVBB, VÖZ; Wien, 2003
- [3] Glatzl J., Nischer P., Steigenberger J., Wagner O.: PP-Faserbeton für erhöhte Brandbeständigkeit. Zement und Beton, Heft 3/2004
- [4] Rath A., Haberland Ch.: Baulicher Brandschutz unterirdischer Verkehrsbauwerke, Herstellung und Einsatz von PP-Faserbeton für wasserdichte Innenschalen. Zement und Beton, Heft 3/2004
- [5] Pichler W., Wagner O.: Einflüsse auf die Betoneigenschaften durch den Einsatz von PP-Fasern zur Erhöhung der Brandbeständigkeit von WDI-Innenschalen. Beton- und Stahlbetonbau 99, Heft 11/2004, S. 854–857

Bild 4: 1:1-Kalottenmodelle

