

Brandversuche mit belasteten Tübbings

Full-scale fire tests with loaded reinforced concrete block segments

Hosser, Dietmar; Richter, Ekkehard; Schnetgöke, Ralf

Abstract

This paper reports on fire tests with highly loaded reinforced concrete block segments, which are used for single-shell tunnel linings. The segments were manufactured of a special, high-bearing capacity fireproof concrete. The mechanical load consisted of the full service load and the thermal restraining forces, which appear after approximately 60 minutes fire duration. The thermal load was represented by the so-called "EBA"-temperature-time-curve. Mechanical and thermal loads result in a high stress level on the fire exposed surface, which increases the risk of explosive spallings.

In both tests the tunnel segments showed no explosive spallings during the fire tests. After the tests the fire exposed surface was tight and without cracks.

1. Einleitung

Im Forschungsvorhaben /1/ wurde ein spezieller, hochtragfähiger Brandschutzbeton „System Hochtief“ für den Tunnelbau entwickelt. In abschließenden Brandversuchen mit belasteten Tübbings sollte nachgewiesen werden, dass der Brandschutzbeton im einschaligen Tunnelausbau die Anforderungen des definierten Objektschutzes ohne zusätzliche Brandschutzmaßnahmen erfüllt. Das bedeutet, dass der Brandschutzbeton einen Brand ohne größere Schäden überstehen muss. Damit wird sichergestellt, dass die Tragfähigkeit oder Funktion des gesamten Tunnelbauwerks oder wichtiger Einzelbauteile während des Brandes nicht gefährdet wird. Außerdem soll die Gebrauchsfähigkeit des Tunnels nach dem Brand nicht beeinträchtigt werden (z. B. Dichtheit bei Untertunneltunneln) und die Konstruktion keine unvermeidbaren bleibenden Verformungen erleiden. Hinsichtlich der Sanierung muss eine Wiederherstellung des Tunnels mit möglichst geringem technischem, finanziellem und zeitlichem Aufwand möglich sein.

2. Brandversuche

Für die Brandversuche wurden von der Firma Hochtief zwei Tübbings praxistgerecht in einer Stahlschalung hergestellt. Die Tübbings waren ca. 5 m lang, 1,5 m breit

und 0,5 m dick. Der Stich in halber Sehnenlänge betrug 0,55 m.

Beide Tübbings wurden mit der gleichen Betonmischung hergestellt. Es wurde ein Beton der Festigkeitsklasse C 55/67 angestrebt. Die Gesteinskörnung bestand aus Rheinsand, Rheinkies und Basalt. Zur Verbesserung des Brandverhaltens wurden dem Beton 4 kg Polypropylenfasern pro m^3 Beton beigemischt.

Unmittelbar vor dem Brandversuch wurde eine mittlere Würfeldruckfestigkeit von ca. 90 N/mm^2 und eine Betonfeuchte von ca. 3 Masse-% gemessen.

Jeweils ein Tübbing wurde als obere Abdeckung auf eine Brandkammer des iBMB gelegt. Die Brandkammer hatte die Abmessungen $B \times L \times H \approx 2,6 \times 3,9 \times 1,3 \text{ m}^3$. Auf einer Stirnseite wurde der Tübbing frei drehbar und unverschieblich, auf der anderen Stirnseite frei drehbar und frei verschieblich gelagert (Bild 1).

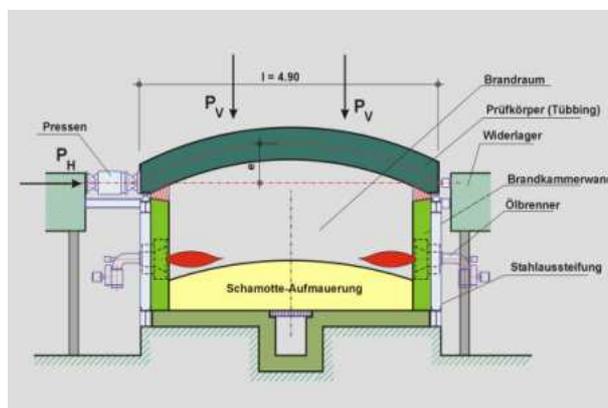


Bild 1 Versuchsanordnung

Die beiden Tübbings wurden vor Beginn des Brandversuchs mit der vollen bzw. der halben Gebrauchslast belastet. Dabei war die „volle“ Belastung so ausgelegt, dass sie vergleichsweise hohe Druckspannungen von ca. 24 N/mm^2 an der brandbeanspruchten Tunneloberfläche erzeugte und die thermischen Zwangkräfte, die erst nach 60 Minuten Branddauer entstehen, bereits von Brandbeginn an enthalten.

Während des Brandversuchs wurden die Temperaturen im Brandraum und im Betonquerschnitt gemessen. Außerdem wurden die vertikalen Verformungen im Scheitel des Tübbings sowie die horizontalen Verschiebungen des frei verschieblichen Auflagers kontinuierlich aufgezeichnet. Abplatzungen und Rissbildung wurden augenscheinlich beobachtet und protokolliert.

Die EBA-Kurve [2] als vorgegebene Brandraumtemperaturzeitkurve wurde über die gesamte Branddauer sehr gut nachgefahren. Besonders in der Anfangsphase wurde der hohe Temperaturanstieg von über 200 K/min, der entscheidende Bedeutung für das Abplatzen hat, sehr gut eingehalten. Die gemessenen Temperaturen im Betonquerschnitt sind im Bild 2 dargestellt. Die Temperaturen für Messstellen mit gleichem Abstand zur beflamten Oberfläche liegen nahe beieinander. Das deutet auf eine relativ gleichmäßige Erwärmung im Tübbingquerschnitt.

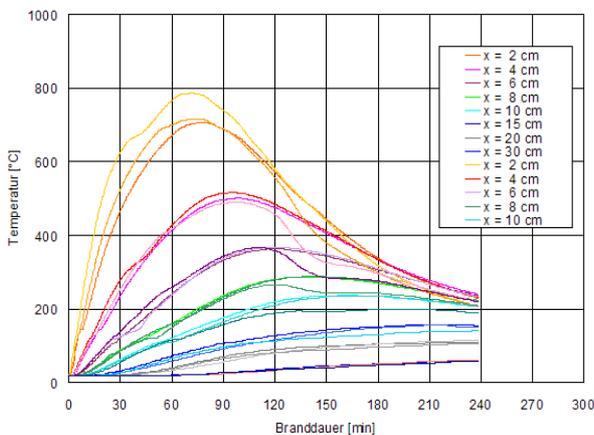


Bild 2 Temperaturen im Beton, Thermoleiter 1

Aus Bild 2 ergibt sich die maximale Temperatur im Bereich der unteren Bewehrungslage zu ungefähr 365 °C. Damit liegt sie annähernd in dem Bereich, der für Tunnel in geschlossener Bauweise vorgeschrieben wird.

Während beider Brandversuche wurden keine hörbaren Abplatzungen registriert. Diese Beobachtung wurde nach den Brandversuchen bestätigt. Bei beiden Tübbings war die brandbeanspruchte Betonoberfläche im Bereich der Zementmatrix fest und ohne Risse (Bild 3). Sie zeigte eine hellgelbe bis hellbraune Verfärbung. Die oberflächennahen Zuschlagskörner waren ebenfalls fest und frei von Rissen, ihre Verfärbung war dunkelbraun bis schwarz. Die einzelnen Zuschlagskörner traten „pockenförmig“ aus der Tübbing-Oberfläche hervor, die Struktur der Zuschlagskörner vermittelte den Eindruck erkalteter Lava.



Bild 3 Betonoberfläche nach dem Brandversuch

3. Zusammenfassung und Ausblick

Es wird über die Ergebnisse von Brandversuchen mit Tübbings berichtet, die mit dem Brandschutzbeton „System Hochtief“ hergestellt waren. Die Tübbings wurden in mit der vollen und annähernd der halben Gebrauchslast sowie zusätzlich mit den thermischen Zwangkräften, die erst nach 60 Minuten Branddauer entstehen, belastet. Damit wurden die Voraussetzungen verschärft, die zu explosionsartigen Abplatzungen führen können.

In beiden Brandversuchen traten keine Abplatzungen an der brandbeanspruchten Betonoberfläche auf. Die Oberfläche war nach dem Brandversuch fest und ohne Risse.

Aus den Versuchsergebnissen lässt sich zusammenfassend feststellen, dass bei Verwendung des Brandschutzbetons „System Hochtief“ ohne zusätzliche Brandschutzmaßnahmen die Kriterien für den definierten Objektschutz in Tunneln erfüllt werden können.

4. Literaturverzeichnis

- /1/ Hosser, D.; Richter, E.; Paliga, K.: Abschlussbericht zum F u E Vorhaben Brandschutz, Tübbings – Brandversuche Phase A. Bericht des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der Technischen Universität Braunschweig im Auftrag der Firma HOCHTIEF AG, Hauptniederlassung Rhein-Ruhr, Abt. Technik – Ingenieurtiefbau, Essen. Juni 1998.
- /2/ Richtlinie „Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und Betrieb von Eisenbahntunneln“, Bonn, Eisenbahnbundesamt, 1997.