

防火研究グループ

- 1 特殊な火災外力が想定される空間における火災性状の解明と 安全性評価手法の開発

Clarification of fire property in space from which peculiar fire load is assumed and
development of fire safety evaluation technology

(研究期間 平成 14～16 年度)

防火研究グループ
Dept. of Fire Engineering

増田秀昭
Hideaki Masuda

In the space that receives the car fire, as for the heat release rate and total heat release when the car that decides and puts the fire property burns, an enough engineering data is not maintained though it is necessary to plan the protection of the space. The judgment is difficult in the finding obtained by researching a usual current building on fire because there is a feature where a local stable combustion zone moves by spreading though the space to which the car fire is assumed is compared with a general building on fire, and the region that burns at the same time is small. Therefore, an accurate fire load to execute a real large combustion experiment of the car and to use it for the refractory design was assumed to be clear. Moreover, it is the one that the technological material obtained from the fire resistance test of the structural member by tunnel fire heating curve (RABT) proposed as a standard heating test in Germany is arranged, and the refractory design technique of the space was examined.

[研究目的及び経過]

近年、建物および空間の建設場所、用途、形状等々の多様化に伴い、収納される可燃物もこれまでと異なった種類・配置状況が生じ、また、日進月歩飛躍的に性能が加速・向上するパーソナルコンピューターの出現によって、これらの火災性状をより精度良く予測するための解析手法が取り入れられるようになり、正確な入力パラメーターとしての火災外力の見直しと新たな設定が求められる状況が生じている。また、ニューヨーク WTC ビルのテロによる航空機燃料の曝燃火災、韓国の地下鉄車両火災、我が国においては、日本坂トンネル自動車火災、およびヨーロッパでの英仏海峡トンネル火災、モンブラントンネル火災等々の一連のトンネル空間における火災、更には、近未来において活用が期待される地下空間の有効利用と火災時の安全基準および要求性能等々、「**通常の火災**」を対象としてきたこれまでの研究では判断が困難な火災性状の究明とその対処方法の開発は、急務な課題である。本研究は、実験に基づいて技術資料を収集して、構造躯体の耐火設計法等を構築することを目的とする。

[研究内容]

本研究開発は、これらの「**通常の火災**」に対して、特殊な火災性状を支配する可燃物を基本とした火災外力に着目して、実験に基づいてデータベース化を図ると共に、車両火災を想定した特殊な空間として、通常の火災に比較して小さな火災外力が想定される**駐車場**および、通行する車両によっては、大きな火災外力が想定される**トンネル空間**について、実験によって得られた火災外

力または海外で提案されている特殊火災加熱曲線を用いて、火災性状を明らかとすると共に、その対処方法など火災安全性に関する知見を蓄積し、防災安全性評価について検討を行ったものである。

1) 駐車場空間火災

(1) **大型火災フードを用いた自動車燃焼実験**：駐車場火災は、その性状を決定付ける車両単体の正確な火災外力を求める必要がある。本研究では、国内では初めての実験として大型火災フード(図 1)を用いて軽自動車、中型乗用車、大型乗用車、ワゴン車および RV 車による自動車燃焼実験を行い、随時車両の燃焼により発生・生成されるガス CO、CO₂、O₂ 濃度、気流の圧力および温度の計測結果を用いて、燃焼過程で時系列に変化する正味の発熱量と発熱速度を酸素消費法に基づき明らかとし、設計用外力のデータベース(一例を図 2 に示す)を構築した。

(2) **駐車場火災の対処方法**：駐車場の火災外力は、駐車スペースに並べられた車両が徐々にドミノ延焼拡大して、数台が火盛り状態を呈する火災であり、通常の建物火災での室区画全体の可燃物が燃焼する火災と比較して発熱量が小さく、局所的な燃焼を呈すると推定される。したがって、耐火設計には、駐車場の設計仕様に基づき延焼モデルを推移し、技術資料として収集・整備した発熱速度及び発熱量データベースを入力とした FDS 流体力学数値解析等により、空間の火災性状を予測し、構造部材の火災性を想定した耐火設計により安全性を評価する手法を提案した。

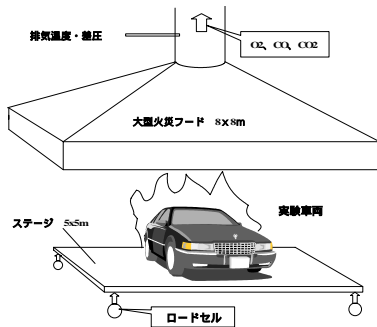


図 1 大型火災フード実験の概要

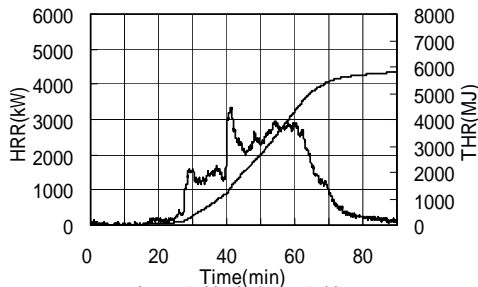


図 2 RV 車の発熱速度と発熱量

2) トンネル空間火災

トンネル火災の特徴は、構造躯体に高強度コンクリートが用いられるために急激な加熱を受けると顕著な爆裂を誘発して耐力を低下させる。よって、爆裂を制御する耐火設計が不可欠である。耐火性能の検証には、図 3 の RABT 加熱試験を用いた。

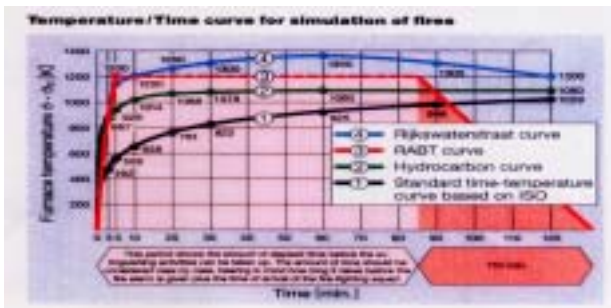


図 3 RABT 等トンネル火災加熱曲線

(1) 耐火被覆工法：構造躯体のコンクリートの上昇温度を押さえるために不燃材によって耐火被覆を施す工法で、小型及び大型試験及び実セグメント(図 4)の試験体を用いて、作用応力を加えて加熱実験を実施した。



図 4 実セグメントの試験体

実験の結果、トンネルの湿潤状態と作用応力が及ぼす爆

裂への影響は、耐火被覆を行わなければ高強度コンクリートセグメントは、いかなる状態でもトンネル火災時において爆裂現象を誘発することが明らかとなった。また、爆裂の度合いは気乾状態に比べて湿潤状態の方が顕著である。また、応力を加えなかったものに比べて作用応力 13N/mm^2 (現場の設計荷重) を生じさせたものの方が顕著であることが確認された。接合部を含んだ実験は、これまで検証を行った事例がないが、局所的な破損に起因する爆裂の進展が認められた。また、加熱後の試験体と加熱実験を行っていないものでは、残留曲げ耐力が健全なものに比較して 1/2 程度に低下することが認められた。

また、コンクリートと被覆材の界面温度を 350 とした耐火被覆厚の設定が爆裂防止対策として有効である。

(2) 有機繊維混入した高強度セグメント工法：高強度コンクリートの爆裂防止対策として有機繊維(図 5)を混入して内部の水蒸気圧を低減する工法である。



図 5 有機質(PP)繊維

この繊維を混入しないものと 1kg/m^3 混練した

場合の有効性について作用応力を加えた試験体(図 6)について、RABT トンネル火災加熱を行い検証を行った。

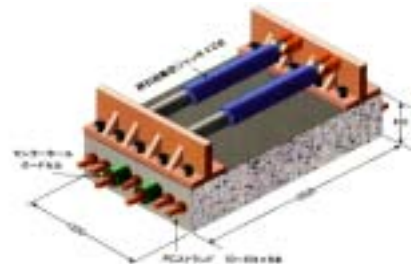


図 6 有機繊維混入工法の試験体概要

実験の結果、PP 混入の試験体では、爆裂が発生しておらず、コンクリート表面温度が $1,200$ 付近まで上昇しているにもかかわらず、かぶりコンクリートにより主筋温度は 350 以下に保たれている。一方、混練していないものは、当然のことながら大きな爆裂が生じた。

【備考】本研究の詳細は、以下の論文を参照のこと。

- 1) 増田、五頭ほか：自動車燃焼実験(その 1) 実験概要および燃焼拡大性状、自動車燃焼実験(その 2) 発熱速度および放射熱流束のモデル化、日本建築学会大会梗概集(東海)、2003 年
- 2) 増田秀昭、遊佐秀逸、大貫寿文、鹿毛忠継；トンネル構造躯体の耐火被覆に関する実験的研究、日本火災学会論文集、Vol.53-No.1、pp31~38、2003
- 3) 増田：車両火災を受ける空間における火災性状と対処方法、千葉大学学位論文、2005 年 3 月