

火災時の閉空間におけるコンクリートの表面温度に関する一考察

法政大学 正会員 ○溝渕 利明

国土交通省関東地方整備局

保坂 行輝

ユニオン建設(株)

奥山 啓明

1. はじめに

トンネル等の閉空間において火災が生じた場合、コンクリート表面部は高温に曝されることとなる。これまでの国内外でのトンネル火災事故において、コンクリートのかぶりが剥落し、鉄筋が垂れ下がるなどの被害が報告されている事例がいくつか見られる¹⁾。これは、コンクリートが高温に曝されたことによって損傷したためと考えられる。そこで、本検討ではコンクリートの火災に関する研究の一環として、トンネルのような閉空間で火災が生じた場合に、覆工コンクリートの表面部がどの程度の温度まで上昇するか熱流解析を行った。

本報は、火源の大きさおよびトンネル内の風の有無による熱流解析結果について報告するものである。

2. 検討の概要

火災をシミュレートするための熱流解析においては、火源となる火災規模およびその火源がどのような燃焼工程になるかによって大きく異なる。

しかしながら、実際の火災での火災規模および火源の燃焼工程はほとんど明確となっていないのが現状である。そこで、本検討では火災規模に関して表-1に示すPIARC資料²⁾を参考に普通乗用車(5MW)、バス(20MW)および一般可燃物を搭載した貨物車両(30MW)を解析対象火源として設定し解析を行った。燃焼工程に関しては、RABT加熱曲線等が用いられているが¹⁾

、本検討では火源を変化させることから、図-1に示すような熱出力と時間との関係を用いることとし、各ケースとも発火後10分で最高熱出力に達し、その後20分間は最高熱出力が持続し、その後40分かけて徐々に鎮火すると仮定して解析を行った。

解析に用いたトンネルは、図-2に示すように幅8m、高さ7m、トンネル長100mとし、コンクリートの覆工厚を60cmとした。解析モデルは、図-2に示すように火源近傍での温度変化が大きいことから、火源の前後10mの範囲を50cmのセルで分割し、その他の部位はトンネル縦断方向を4m間隔で分割とした。火源は、トンネルの中央(入口から50m)とし、火源の大きさは火災規模によって異なるが、今回選定した火源がどの程度の大きさとなるか明確でないことから、ここでは幅2m×長さ2m×高さ0.5mで同じ大きさの火源とした。熱流解析に用いたコンクリートおよび空気層の諸物性を表-2に示す。

検討ケースは、火源3種類(5MW、20MW、30MW)、トンネル内の風の有無(風速0m/s、2m/s)の計6ケースについて解析を行った。

3. 解析結果

火源5MW、風速0m/sでの火源および火源直上部でのコンク

キーワード 火災、熱流解析、トンネル、温度解析

連絡先

〒184-8584 東京都小金井市梶野3-7-2 法政大学工学部都市環境デザイン工学科 TEL042-387-6269

表-1 火災規模 (PIARC 資料)

火災規模	台数	熱出力の最高値 (MW)
小型乗用車	1台	2.5
普通乗用車	1台	5
乗用車	2~3台	8
貨客車	1台	15
バス	1台	20
一般可燃物積載車	1台	20~30
油槽トラック	1台	100~300

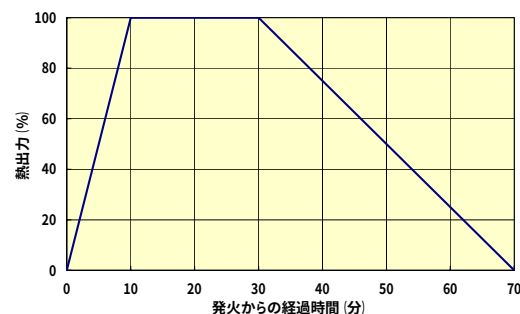


図-1 発火からの経過時間と熱出力との関係

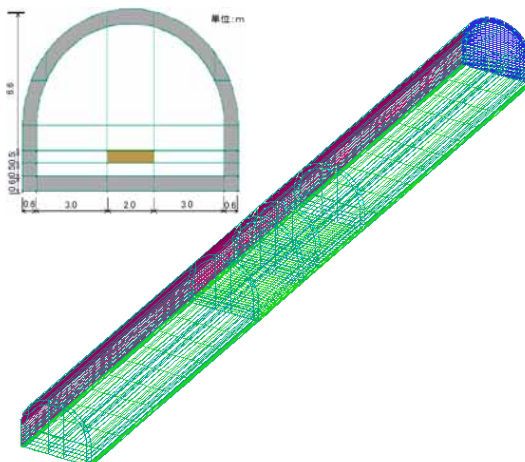


図-2 解析モデル

リート表面温度の温度履歴を図-3 に示す。図-3 から、火源では発火後最高熱出力に達する 10 分後には 1000℃を超える温度となり、火源直上でのコンクリート表面温度は 300℃を超える結果となった。発火後 30 分以降徐々に鎮火するのに伴い、火源およびコンクリート表面部の温度も低下し、火源が鎮火する 70 分後には、トンネル内の温度はほぼ一様（約 80℃）となった。一方、火源 5 MW、風速 2m/s の場合には、火源直上のコンクリート表面部の最高温度は図-4 に示すように約 45℃であり、風速がない場合の 1/6 以下の温度であった。ただし、風速 2m/s の場合には図-5 に示すように火源直上よりも風下のほうに高温部が流されており、火源から風下 10m の位置でのコンクリート表面部の温度が 100℃近い温度を示し、コンクリート表面部での最高温度となった。

各条件でのコンクリート表面部の最高温度は、風速 0m/s の場合図-4 に示すように火源の熱出力が大きくなるほど高くなり、30MW の場合には 900℃を超える温度までコンクリート表面部の温度が上昇する結果となった。一方、風速 2m/s の場合には火源の熱が風によって拡散することから、風速 0m/s の場合に比べてそれほど上昇せず、30MW の場合で 250℃程度であった。

トンネル断面での温度分布は、30MW の場合風速 0m/s の場合、図-6 に示すようにクラウン部の温度が他の部位よりも高くなっているのがわかる。一方、風速 2m/s の場合コンクリート表面部の温度が最も高くなった火源直上から 10m 風下での断面の温度分布は風速がない場合に比べてトンネル上部全体の温度が上昇しているのがわかる。

4. まとめ

コンクリートが火災のような高温に曝された場合の挙動を把握するための研究の一環として、熱源の大きさおよび風の有無によるコンクリート表面部の温度について熱流解析を行った。その結果、風がない場合には火源直上のコンクリートはかなり高温に曝されること、風がある場合には火源直上の温度が風のない場合に比べてかなり低下するものの、比較的高温に曝される範囲が広がる結果が得られた。今回の解析は、トンネルのような閉空間での熱流解析検討の第一歩であり、今後はより実際に近い燃焼工程の設定、火源規模の影響、トンネル断面の影響などの検討も行っていく予定である。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の火災安全性研究委員会報告，2002.06
- 2) PIARC Committee on Road Tunnels : Fire and Smoke Control in Road Tunnels (C5), 1999

表-2 熱物性値

対象	項目	物性値
空気	密度 (kg/m ³)	1.18
	粘性率 (kg/m·s)	1.85×10^{-5}
	熱容量 (J/kg·K)	1000
	熱伝導率 (W/m·K)	0.0262
	熱膨張係数 (1/K)	0.0033
コンクリート	密度 (kg/m ³)	2300
	熱容量 (J/kg·K)	880
	熱伝導率 (W/m·K)	1.13

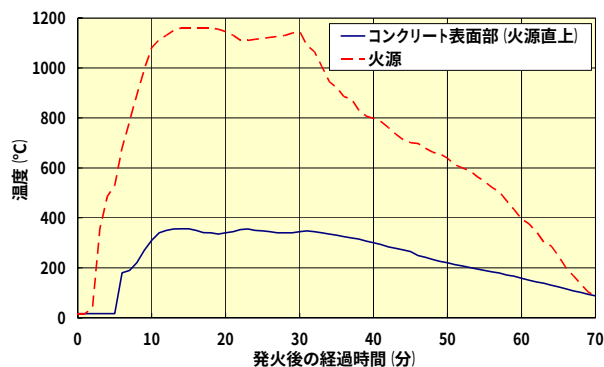


図-3 温度履歴（5MW、風速 0m/s）

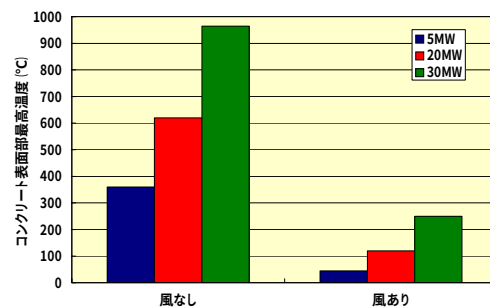


図-4 コンクリート表面部の最高温度

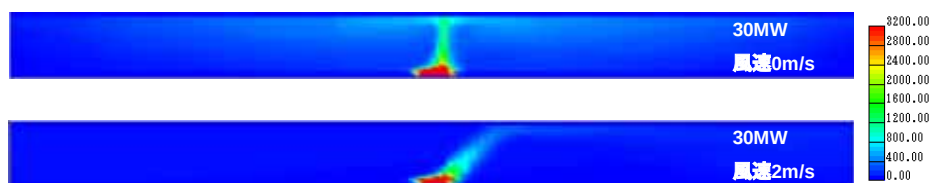


図-5 トンネル内の温度分布（トンネル縦断方向）

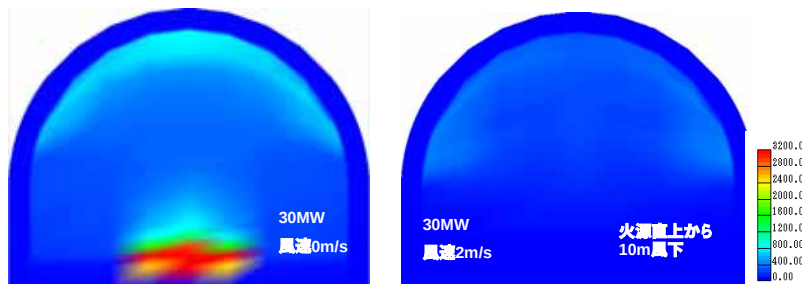


図-6 トンネル内の温度分布（トンネル横断方向）