

竹中土木	正会員	近 信明
早稲田大学	正会員	清宮 理
日本シビックコンサルタント	正会員	飯田 博光

1. はじめに

沈埋トンネルの接合部は車輛火災により大きな損害を受ける可能性とともに、接合部のゴムガスケットは、交換が困難であるので十分な耐火対策が必要である。今回、耐火被覆材による耐火対策の妥当性を検討するための有限要素法による熱伝導解析を実施した。また、解析値と実験値¹⁾との比較を行い、本解析の適用性を確認した。

2. 解析モデル

解析は図1に示す試験体の2断面、一般部のA-A断面と接合部のB-B断面について1次元のFEM非定常熱伝導解析を行った。解析モデルを図2に示す。モデルA-A断面のセラミックブランケット部は耐火タイルに比する面積が小さいので耐火タイルに置き換えたモデルとした。

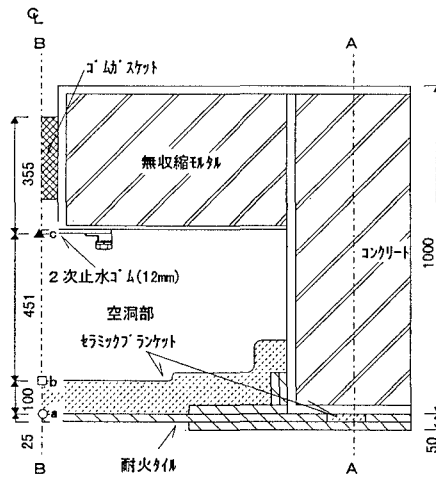


図1 試験体断面図

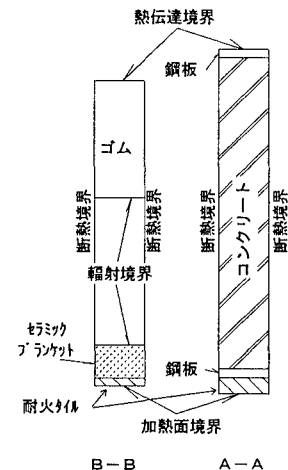


図2 解析モデル図

3. 解析条件

1) 解析は加熱開始80分後まで実行した。
2) 解析に使用した物理定数は温度依存性を考慮した。耐火タイルの物理特性値を図3に示す。その他の材料の物理定数を表1に示す。3) コンクリートと耐火タイルの水分による蒸発潜熱の影響は無視した。4) 初期温度は、実験時の試験体の平均的な温度15℃とした。5) 加熱面の温度境界は、耐火炉内の平均的な実験温度値を入力した。6) 非加熱面は、雰囲気温度15℃一定の熱伝達境界とした。7) B-B断面の空洞部は、対流による熱伝達および空気の熱伝導は無視し、輻射のみを考慮した。セラミックブランケットとゴムの合成輻射率は $\epsilon = 0.65$ とした。8) 側面部は断熱境界とした。

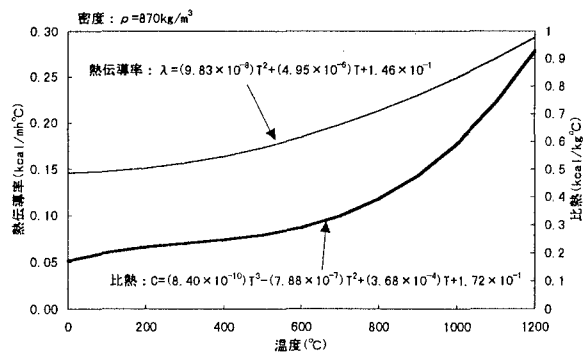


図3 耐火タイルの熱特性

沈埋トンネル、耐火実験、熱伝導解析、接合部、ゴムガスケット

〒104 東京都中央区銀座8丁目21番1号 TEL: 03-3542-6321 FAX: 03-3248-6545

表1 材料の物理定数^{2), 3)}

	λ 熱伝導率 (kcal/mh°C)	C 比熱 (kcal/kg°C)	ρ 密度 (kg/m ³)
コンクリート	$2.48 - (4.37 \times 10^{-3})T + (3.11 \times 10^{-6})T^2$	$0.167 + (2.93 \times 10^{-4})T - (1.61 \times 10^{-7})T^2$	2300
鋼材	$47.30 - (2.60 \times 10^{-2})T - (1.45 \times 10^{-5})T^2 + (1.82 \times 10^{-8})T^3$	$0.115 + (1.91 \times 10^{-7})T^2$	7850
ゴム	0.166	0.52	1290
セラミックブランケット	$2.40 \times 10^{-2} + (2.79 \times 10^{-5})T + (1.61 \times 10^{-7})T^2$	0.21	130

4. 解析結果

(1) 図4に A-A 断面の解析結果を加熱時間で 35 分、65 分、80 分後の温度と加熱面からの距離の関係で示す。図より、各時間とも加熱面側の鋼板部では、解析値が実験値よりも約 50°C 低い値となっているが、比較的良く合った。加熱面からの距離が 150mm 以上は、ほぼ解析値においてもほとんど温度上昇が見られず、実験値と一致した。

(2) 図5に B-B 断面の解析結果を示す。図より、耐火タイル背面部の 35 分後は実験値 455°C に対して、解析値 717°C と解析値が大きくなったが、65 分、80 分後はほぼ一致している。また、空洞部表面の温度も両者はほぼ一致した。

(3) 図6に B-B 断面の温度履歴を示す。温度履歴は、図1の B-B 断面上の a, b, c の位置をそれぞれ表わしている。耐火タイル部の実験値と解析値を比較すると、温度上昇の立ち上がり約 5 分後の 100°C までは一致しているものの、その後、実験結果が約 100°C で停滞を示すのに対して、解析結果ではこれが見られない。これは、耐火タイルに含まれる水分の影響を解析では考慮していないためと考えられる。また、温度上昇速度は実験値と解析値で良く近似している。60 分以後は解析値と実験値は再びよく一致した。セラミックブランケット部は実験結果が 10 分後に温度上昇し、その後一定になったのに対し、解析結果は 50 分後から緩やかな温度上昇がみられるが、両者は概ね一致している。ゴム部は、解析値においても温度上昇がほとんど見られず実験値とほぼ同じ値となった。

5. まとめ

空洞部の対流および熱伝導を無視し、輻射を考慮した 1 次元解析は、水分の影響を考慮しなかったために温度上昇中 100°C 近傍での実験値と相違があったものの、高温部において実験値とよく一致した。今後、材料や構造の変化に対してもこのような解析が適応できると考えられる。

【参考文献】

- 1) 沈埋トンネル接合部の耐火性能実験 土木学会第 52 回年次学術講演会
- 2) 建設省：「建築物の防火設計法の開発」報告書（第 4 巻）耐火設計法，昭和 63 年 12 月
- 3) 丸善：伝熱工学（上）理工学海外名著シリーズ 37

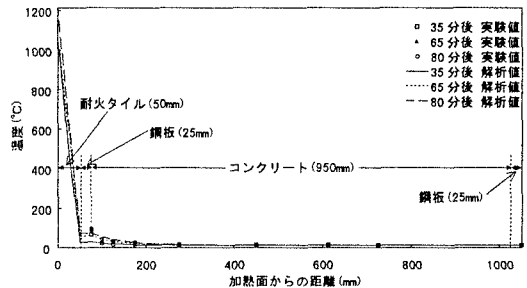


図4 A-A断面温度分布図

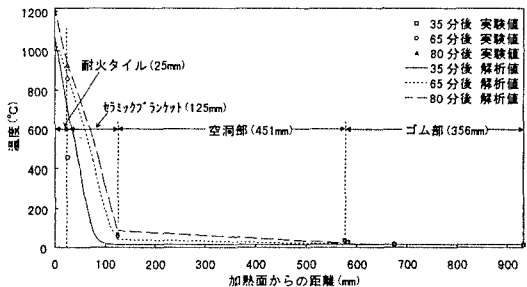


図5 B-B断面温度分布図

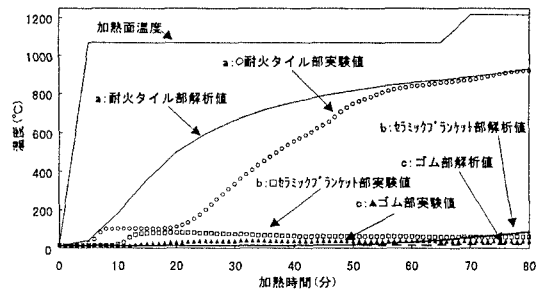


図6 B-B断面温度履歴図