

VI-260

沈埋トンネルに用いるケイ酸カルシウム系耐火材の耐火性能実験

竹中土木 正会員 近 信明
早稲田大学 正会員 清宮 理
日本インシュレーション 水野 克明
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

現在、日本における沈埋トンネルの耐火構造に関しては、十分な検討がなされていない。可燃物輸送車輛の通行を許す場合、接合部にはゴムが使用されていることから接合部近傍での火災は、トンネルに甚大な被害を及ぼす可能性がある。さらに、接合部は図1に示すように、耐火材背面側に熱容量の大きなコンクリートが存在しないために耐火構造上厳しいものとなる。海外では、この可燃物輸送車輛による火災の温度を最高で1200℃に想定しているものがある¹⁾。しかしながら、日本では建築の耐火材として一般的に使用されているケイ酸カルシウムの耐火板は、温度が約1120℃を超えると材質が結晶転移し収縮することが知られている。

本報告では、ケイ酸カルシウム耐火板に1200℃の温度条件を与えた時の基礎的な耐火性能の資料を得るために実施した要素実験の2ケースについて述べる。

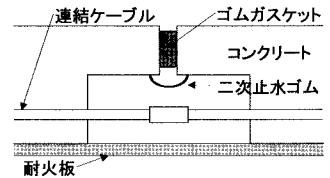


図1 接合部概要図

2. 実験概要

試験体はいずれも1m×1mのケイ酸カルシウム耐火板（ $\rho=400\text{kg/m}^3$ ）で、図2の試験体Aのように耐火炉にセットして行った。加熱は炉内からの1面加熱とし、裏面側は外気と接している。熱源は電熱線の発熱とし、加熱試験はドイツでのトンネル火災を想定した加熱曲線²⁾を参考にし、耐火炉の性能を考慮して図3の炉内温度のように加熱開始後15分で1050℃、95分で1200℃となる加熱曲線を設定した。

3. 実験-1

実験-1では、図2に示すように、耐火板の厚さを35mmから75mmまで重ね合わせて変化させて加熱実験を実施し、裏面温度を比較した。試験体Aは35mmの耐火板を2枚重ねにしたもの、試験体Bは、50mmと25mmを組み合わせたものである。図2の①～⑤に裏面温度測定位置を示す。実験のパラメータと結果を表1に、温度履歴を図3に示す。

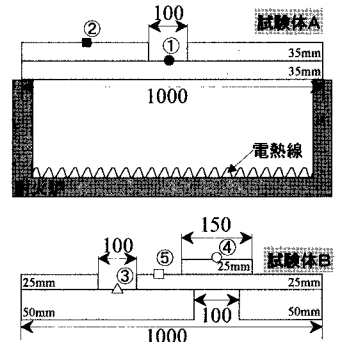


図2 実験-1の試験体概要図

図3の③と④および②と⑤より、厚さが同じであれば重ね枚数の違いによる裏面温度差は、ほとんどないものと考えられる。①の実験値は加熱時間が100分頃よりやや温度の上昇が見られた。これは、ケイ酸カルシウム板の加熱面側が1120℃を超え結晶転移による材料の収縮が始まったために、他の場所と比べて総厚さの薄い①の裏面温度に影響したものと考えられる。最終的な収縮量は、①の初期厚さ35mmが20mmに収縮し、③の初期厚さ50mmが40mmに収縮した。板の加熱面側は、結晶転移によって白色から黄褐色に変色し、亀甲状にクラックが発生した。

表1 実験-1の結果

	試験体A			試験体B	
測定位置	①	②	③	④	⑤
耐火板の総厚さ(mm)	35	70	50	50	75
耐火板の重ね枚数(枚)	1	2	1	2	2
115分後の裏面温度(℃)	320	135	202	180	129

沈埋トンネル、接合部、耐火実験、ケイ酸カルシウム板

〒104-8234 東京都中央区銀座8丁目21-1

TEL03-3542-6321

FAX03-3248-6545

4. 実験－2

耐火板を耐火被覆に使用する際、パネル状に貼り付けるため突き合わせによる目地部が形成される。この目地部は耐火構造上弱点となりうるので、実験－2では図4に示すように、70mmのケイ酸カルシウム板の目地部の加熱面側にセラミックブランケットやセラミックボードを貼り付けて、実験－1と同様の加熱曲線で実験した。貼り付け方法は接着剤と釘を併用した。実験のパラメータと結果を表2に示す。貼り付けた材料はセラミック系の耐火材料であり、温度が1200℃でも収縮が小さく耐火性能に優れる材料である。実験結果の温度履歴を図5に示す。

A0は、厚さは同じであるが2枚重ねにした実験－1の②とほぼ同じ温度履歴を示した。図5より、目地部の有無による違いをA0とB0で比較すると、A0は急激な温度上昇は見られず、加熱時間が115分後は裏面温度が113℃であり、B0は60分頃より急激に温度が上昇し480℃になった。その時の加熱面側の目地の開き量は30mmであった。B0～B3を比較すると加熱面側にセラ

表2 実験－2の結果

	A0	A1	B0	B1	B2	B3	B4
目地部の有無	なし		あり				
総厚さ(mm)	70	95	70	95	80	70	95
貼り付けた材料と厚さ(mm)	—	セラミック ブランケット 25	—	セラミック ブランケット 25	セラミック ボード 10	セラミック ボード 10	ケイ酸 カルシウム板 25
115分後の裏面温度(℃)	113	107	480	107	137	216	47
加熱面側目地の開き(mm)	—	—	30	5	5	5	30

ミック耐火材を貼り付けた場合、B1とB2の裏面温度はA0に近い値になり、目地の開きは5mm程度に低減できた。これは、セラミック材の裏面のケイ酸カルシウム板表面の温度が1120℃を超えずにケイ酸カルシウムの結晶転移による収縮を抑えることができたためと考えられる。

5. まとめ

耐火板は必要厚さに対して、板の重ね合わせで対応できるものと考えられ、板の必要厚さが厚く1枚の重量が重い場合でも、分割することで1枚の重量を軽くして施工できる。目地部はセラミック系耐火材を加熱面側に貼り付けることで耐火性能が向上できる。それは、変形性能が大きいブランケットの方が目地の開きに追従できるのでボードより有利なものと考えられる。最後に、ケイ酸カルシウム板を1200℃の条件下で使用する際、収縮による厚さや目地部の処理に注意すれば、沈埋トンネル接合部の耐火被覆材として使用できるものと考えられる。

【参考文献】1) Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln, Ausgabe 1985

2) 清宮 理 他 3名: 沈埋トンネル接合部の耐火被覆材の性能実験と数値解析 構造工学論文集 Vol.44A 1998.3

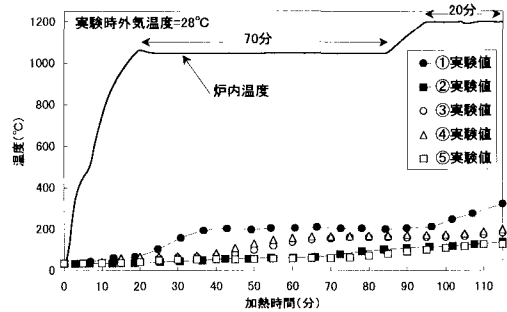


図3 実験－1の温度履歴図

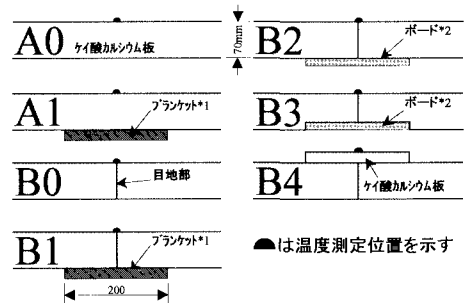


図4 実験－2の試験体概要図

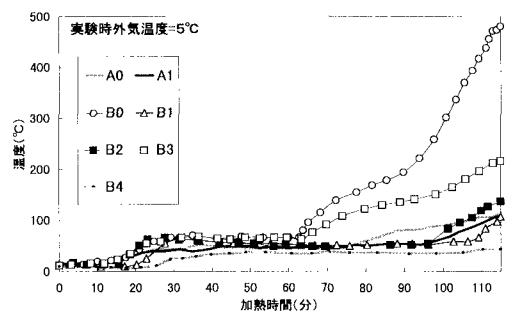


図5 実験－2の温度履歴図