

新しい耐火保護モルタル材の基本性能

(株)エヌエムビー 正会員 ○清水哲史 岡澤 智

(株)ポゾリス物産 正会員 後藤勝彦 市毛将弘

1. はじめに

近年、ヨーロッパ各地で発生した大規模トンネル火災は、人命は元より、トンネル構造物への損害、復旧に要する費用、更に被害を受けたトンネルの復旧までの経済的な損失など、現代社会におけるトンネル構造物の重要性を改めて認識させられる事例であった¹⁾。一方、我が国では、建設コストの縮減の観点から、シールドトンネルの二次覆工を省略する工法が検討され、万一の大規模火災に際し、トンネル構造物を火害から守る手法が注目されている¹⁾。本報告は、沈埋トンネルで使用実績のあるボード系あるいはブランケット系耐火材に対して、施工性や敷設コストの面でメリットのある新しい耐火保護モルタル材（以下、耐火材と略）の性能を把握する目的で、強度、耐久性ならびに耐火性能について試験した結果を報告するものである。

2. 耐火材の概要および性質

2.1 耐火材の構成

耐火材は、セメントならびに特殊処理を施した天然骨材を主成分としたプレミックス材料であり、モルタル改質助剤を混和して練り混ぜ、吹付け又は左官によって施工できるものである。ただし、本編は液状急結剤を併用して吹付け施工した場合を想定した実験結果を報告する。耐火材の配合は、1 m³当たり、プレミックス品（粉体）：870kg、水 278kg、モルタル改質助剤 3.48kg であり、供試体作製には液状急結剤を 25kg 添加した。

2.2 耐火材のフレッシュ性状

2.1に示した配合で練り混ぜた耐火材のフレッシュ性状は、JIS R 5201 フロー試験によるフロー値が 235、単位容積質量は 1250kg/m³であった。また、2.0 インチ径のマテリアルホースを装備したスネークタイプのポンプを用いた圧送性および専用ノズルを使用して圧縮空気で吹き付けた吹付け性状は、粉じん、はね返りが少なく良好であった。

2.3 耐火材の強度ならびに熱特性

表—1に耐火材の強度特性を、図—1に熱特性として JIS A 1142 による温度と熱伝導率の関係を示した。なお、硬化体の密度は気乾状態で 1423 kg/m³、飽水状態で 1550kg/m³であり、含水時の比熱は 1.55 J/(g・K)であった。

2.4 耐火材の耐久性（耐凍害性、耐排気ガス性）

道路用トンネル内装材に要求される耐久性試験として耐凍害性および耐排気ガス性試験を行った。この結果、JIS A 1148 による耐久性指数は 89%、スケーリングによる質量変化は -2.2%と少なく、骨材のポップアウト現象も認められなかったことから、十分な耐凍害性を有すると判断できた。また、試験的に行った凍結融解 300 サイクル終了時の曲げ強度も、凍結融解サイクルを与えない標準養生供試体と同等の値を示し、劣化は認められなかった。

表 - 1 強度試験結果

項目	試験方法	試験材齢 (N/mm ²)		
		1週	4週	13週
圧縮強度	JIS A 1108	14.7	17.4	20.5
静弾性係数	JIS A 1149	7.51	7.26	7.37
引張強度	JIS A 1113	1.10	1.32	1.63
曲げ強度	JIS A 1106	1.79	1.88	2.10
せん断強度	二面せん断	2.58	2.83	3.05
付着強度	JIS A 1171	1.05	1.34	1.46

* 供試体の採取はJSCE-F561によった

* 供試体は材齢3日で切り出し、以降標準養生とした

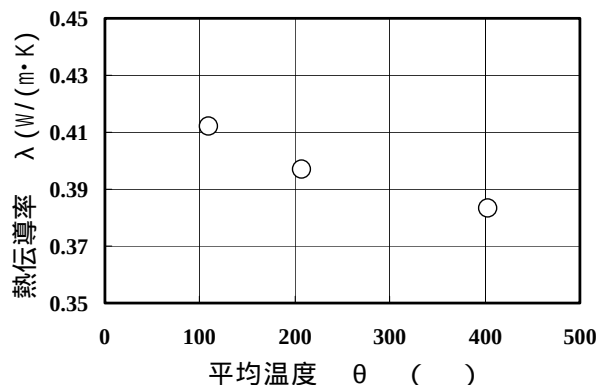


図 - 1 平均温度と熱伝導率の関係

キーワード 耐火材，耐火性能，RABT曲線，硬化物性，耐久性

連絡先 〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722 (株)エヌエムビー中央研究所 TEL:0467-87-8080 FAX:0467-82-6299

耐排気ガス性試験は、現在我が国では規格・規準化されている試験方法はないため、DIN50018 SFW 2.0S 定容積法²⁾（亜硫酸ガスによる試験法）に従って促進環境下に置き、外観観察、質量変化、動弾性係数、超音波伝播速度、圧縮強度、曲げ強度、中性化深さ等の変化から劣化を判定しようと試みた。試験状況を写真—1に示す。この結果、いずれの特性値も目立った変化は認められず、排気ガスによる経年劣化は小さいと判断された。



写真-1 耐排気ガス試験状況

3. 耐火試験

3.1 試験体

試験体は、RCセグメントを想定したモデルとし、幅 600×長さ 900×厚さ 550mm の直方体の一面に耐火材を吹付け施工したものである。供試体作製に使用したコンクリートの水結合材比は 38.4% で、試験時の圧縮強度は、 66.9N/mm^2 、含水率は 2.9% であった。なお、耐火試験時には PC 鋼棒によりコンクリートに 13N/mm^2 の圧縮応力を導入した。耐火材の吹付け厚さは、30, 35 および 40mm で、耐火試験時の含水率は概ね 7% であった。

3.2 耐火試験

耐火試験は、独立行政法人建築研究所の大型水平炉を使用した。試験に使用した火災時間—温度曲線は、RABT 曲線の 60 分加熱とした。

3.3 試験結果

図—2 に炉内温度の推移ならびに耐火材の吹付け厚さと耐火材直下のコンクリート表面温度の関係を、図—3 に吹付け厚さ 30mm における供試体部位（表面からの深さ）と温度の関係を示した。この結果からコンクリート表面の温度はいずれの吹付け厚さにおいても、250 以下となり、吹付け厚さの増加に伴って、最高温度は低下した。また、供試体の表面からの深さ方向の測温を行ったが、最小吹付け厚さ 30mm において、主鉄筋の最高温度は 100 程度、150mm 以下の部位の最高温度は 50 以下に抑えられた。

4. まとめ

トンネル構造物を火害から守る材料として、吹付け施工ができる耐火保護モルタル材について検討した結果、ポンプ圧送性ならびに吹付け性に優れ、トンネル内装材として要求される耐久性を有する材料であることが分かった。また、本実験で使用した RABT 曲線の 60 分加熱条件では、吹付け厚さ 30mm でトンネル構造物を火害から守れることがわかった。

参考文献：1) JTA 事業委員会 トンネル火災と対策 Haack 博士特別講演会報告 トンネルと地下第 34 巻 10 号
2003 年 10 月

2) DIN50018(1978) Methods of test in condensation water alternating atmosphere containing sulphur dioxide

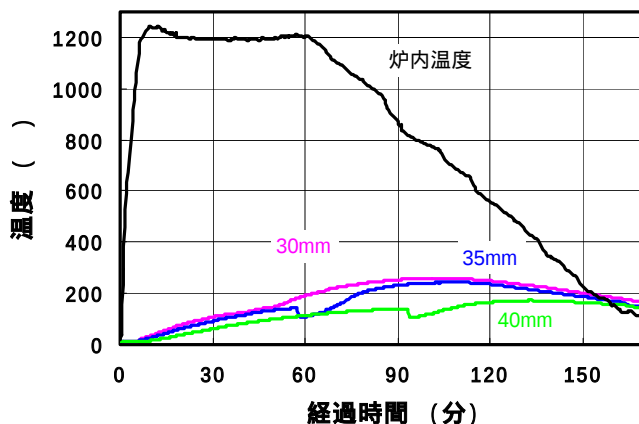


図-2 吹付け厚さとコンクリート表面の温度の関係

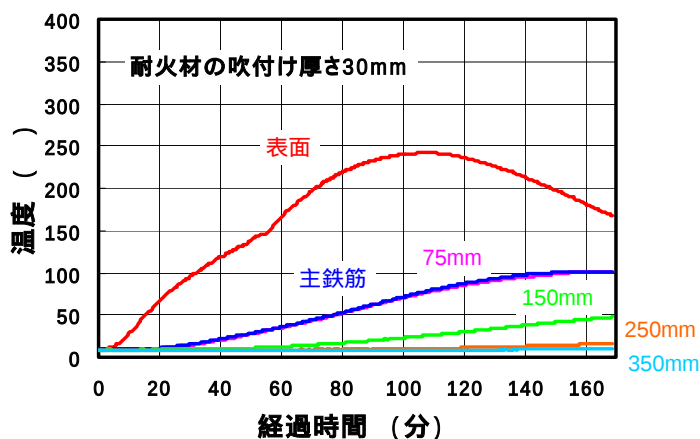


図-3 供試体の部位と温度の関係