

セラミックス材料を用いた耐火吹付け工法の開発

明電セラミックス(株)

荻田 清文

明電セラミックス(株)

正会員

○飯田 憲

1. はじめに

近年、シールド工法を用いた道路トンネルが数多く施工されているが、シールド外径を縮小できるというメリットから二次覆工省略タイプが主流となりつつある。しかし、二次覆工の目的の火災時に一次覆工を熱から守るという「耐火機能」が、二次覆工省略タイプの大きな課題となっている。そこで、セラミックス材料を用いた耐火被覆材の開発に着手した。これまでに得られた成果のうち、耐火吹付け工法について以下に報告する。

2. 耐火吹付け工法の概要

2-1 被覆の分類

トンネル耐火被覆構造は、表-1 に示す通り、パネル等をトンネル完成後に取り付ける「あと施工タイプ」及びシールドセグメントの内面に予め耐火被覆材を一体化しておく「先付けタイプ」について各種仕様のニーズに適合できるよう開発を行った。¹⁾

パネル貼付工法は、アルミナセメント系耐火材をパネル状に成形し、トンネル覆工体等に予め設置したインサートやあと施工アンカー等にて現場で取り付けるものである。吹付け工法はパネルと同様の耐火材をトンネル完成後に吹付ける工法である。プレキャスト工法は、キャストブル材を工場でトンネル覆工材を製作する際に構造部材に一体形成、すなわち型枠にコンクリートと同時に打ち継ぎ一体製造する工法である。

今回は、あと施工タイプの吹付け工法で新たに開発した「乾式耐火吹付け工法」についての成果をまとめる。

表-1 耐火被覆材の分類

	工法	主成分	副成分、製造方法他
あと施工タイプ	パネル貼付工法	アルミナセメント系耐火材	アルミナセメントと軽量・断熱性骨材、繊維質等と混合後、硬化させたもの。
	吹付け工法	アルミナセメント系耐火材	アルミナセメント系耐火材と専用バインダーを配合して現場にて吹付けるもの。
先付けタイプ	プレキャスト工法	キャストブル材	軽量かつ断熱性を有するキャストブル材をコンクリート打設時に一体化施工したもの。

2-2 工法の特長

従来の耐火吹付け工法は、耐火材を予め水系バインダーと混合する「湿式工法」であるが、今回開発した耐火吹付け工法は、耐火材を乾燥粉のまま空気搬送し専用ノズルにて水系バインダーと混合する「乾式工法」である。この乾式工法は湿式工法に比べ付着強度が高いことやハンドリングが良いこと、機械類の洗浄が容易であることが特長である一方で、リバウンドロスや粉塵による施工環境の悪さが問題となっている。その課題に対して乾式専用ノズルを開発することで問題を解決し、従来乾式工法が備えていた施工性を十分に生かした施工を可能にした。さらに、乾式では難しいとされていた品質管理についても、材料の定量供給管理と水量管理により安定した品質の吹き付けを可能にすることができた。

表-2 新開発の乾式耐火吹付け工法の特

従来の乾式工法	新開発の乾式工法
○ 材料搬送距離が長く、かつ制約が少ない。 ○ 現場プラント設置面積が小さい。 ○ 機械、ホース等の水洗い不要。 ○ 壁厚さを厚く吹き付けることができる。	○ 粉塵、リバウンドロスを大幅に低減。 ○ 吹付け条件の安定化実現
× 粉塵が発生する。 × リバウンドロスが大きい。 × 品質の管理が難しい。	特殊ノズルシステム開発 品質管理システム確立

キーワード：セラミックス、トンネル被覆材、吹付け工法、耐火性能、断熱性能、熱衝撃性能

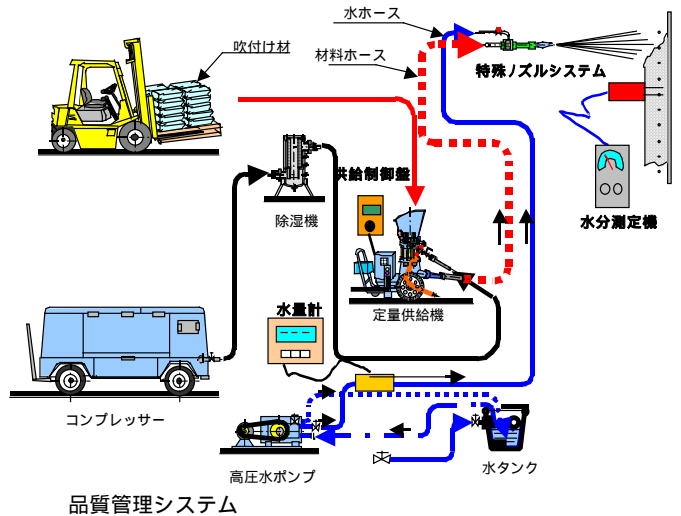
連絡先：〒410-0052 静岡県沼津市沢田今大縄 146-4 電話 055-929-4991 fax055-929-5975

2-3 工法概要

新乾式吹付け工法の施工イメージ写真を図-1に、装置概要図を図-2に示す。



図-1 耐火吹付け工法 施工イメージ写真



品質管理システム

- 1 定量供給機の供給制御による吹付け材料の定量供給管理
- 2 水量計による瞬時水量と積算水量の管理
- 3 特殊ノズルシステムによる安定した気流混練
- 4 施工体の瞬時の水分量管理

図-2 耐火吹付け工法 施工装置概要図

2-4 耐火、断熱性能及び熱衝撃性能

RABT 曲線を再現した加熱を行い、耐火性能、断熱性能の確認を行った。各被覆材を 1200℃まで昇温させ、炉内温度と各耐火被覆背面温度を計測した結果を図-3に示す。また、熱衝撃性試験として、1200℃に加熱後水中投下し、「変質」、「変色」、「変形」、「割れ」等の有無について確認した結果を表-3に示す。一般的に用いられるケイ酸カルシウム系耐火パネルと比べて優位性のあるセラミックス系耐火パネルと同等の耐火性能、断熱性能、熱衝撃性能が今回開発した耐火吹付け工法でも確認することができた。

3. まとめ

新たに開発したセラミックス耐火吹付け工法は、アルミナセメントを主材料とすることで従来の耐火吹付けに比べ耐火・断熱・熱衝撃性能に優れており、新開発ノズルにより乾式工法でも施工できるようになっている。また、耐火パネルと同じ耐火材料を吹付け工法で施工することができるため、耐火パネルでの被覆が困難な箇所に吹付け工法を用いる等の組合せが可能であることも大きな特長のひとつである。

この耐火吹付け工法の開発は、対象とする火災規模、構造物の耐久性能・要求仕様に応じたトンネル被覆材を施工性の制約も考慮して、トータル的に提案することを可能とした。

参考文献

- 1) 荻田, 飯田: セラミックス材料を用いた耐火被覆材の開発, 土木学会第57回年次学術講演会概要集, pp.571-572, 2002.9.

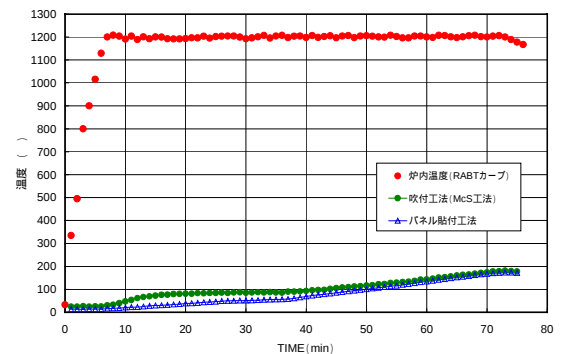


図-3 耐火・断熱性試験結果 (RABT 曲線)

表-3 耐火性・断熱性・熱衝撃性試験結果

		耐火性				断熱性	熱衝撃
		焼割	変形	変質	変色		
セラミックス耐火パネル工法		無	無	無	少		○
新開発セラミックス	乾式	無	無	無	少		○
耐火吹付け工法	湿式	無	無	無	少		○
(ケイ酸カルシウム系)		有	有	有	少		×