

セラミックス材料を用いた耐火被覆材の開発

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. 目的

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について以下に報告する。

2. 開発概要

2-1 被覆材分類 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。パネル貼付工法としての(1)アルミナセメント系、(2)コーディエライト系は予め工場で各種仕様に応じたセラミックス原料等で成形、焼成等の工程をへて作製し、トンネル覆工体、建築構造物にあと施工アンカー等にて現場で取り付けることを想定した。(3)吹付用キャストブル材はトンネル完成後に吹付ける工法、(4)キャストブル材は、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してしまう方法、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を想定した。今回は、各種工法のうち、パネル貼付工法の耐火被覆材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	(1)アルミナセメント系	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。
		(2)コーディエライト系	コーディエライトと発泡成分である有機物を混合し、成形後、高温で焼成したもの。
	吹付工法	(3)吹付用キャストブル材	吹付用に粒度調整し、専用バインダーを配合したキャストブル材。
先付けタイプ	プレキャスト工法	(4)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型枠に流し込んだ後、コンクリートを打ち継ぎ、一次覆工体と一体化したもの。

2-2 開発目標 開発にあたり設定した目標の一部を表-2 に示す。

表-2 耐火被覆材の開発目標

項目	目標値等
耐火性能	各国でトンネル火災を想定した各種温度曲線が提唱されているが、その温度曲線に曝された場合において、所定の形状、特性を保持すること。
断熱性能	上記温度曲線に曝された場合、最高温度保持後、被覆材・コンクリート境界にてコンクリートの強度低下を生じさせない温度に抑えること。
熱衝撃性能	最高温度に昇温された耐火被覆材が急激な温度低下により、破壊しないこと。

3. 評価方法

3-1 耐火・断熱性能 所定のサイズ（ $W100 \times L200 \times T30\text{mm}$ ）のセラミックス耐火被覆材を用いて、耐火・断熱性能を評価した。電気炉上部に各被覆材を置き、被覆材下部の炉内をプログラム温度調節計にて RABT 曲線を再現した加熱を行い、被覆材上部の温度（界面温度）を連続的に計測した【断熱性能評価】。さらに、試験後の形状、重量変化及び「変質」、「変色」、「変形」、「割れ」等の項目について目視にて確認【耐火性能評価】した。（写真-3 参照）

キーワード：セラミックス、トンネル被覆材、耐火性能、断熱性能、熱衝撃性能

連絡先：〒410-0865 静岡県沼津市東間門字上中溝 515 番地 電話 055-929-4991 Fax 055-929-5975

3-2 熱衝撃性能 各被覆材を 1200 まで昇温した後、水中投下し、「重量変化」、「変質」、「変色」、「変形」、「割れ」等の有無について確認した。

上記いずれの試験についても、一般的な「ケイ酸カルシウム」系サンプルを比較用として試験した。

4. 試験結果

試験結果を表-3、図-1 に示す。ケイ酸カルシウム製耐火被覆材と比較して、耐火性、断熱性、熱衝撃性を上回る配合を見出すことができた。1200 の高温に曝された後の焼割れ、変形（収縮）、変質、変色等の劣化が大きいケイ酸カルシウム系は、火災後の取替えが必要であるが（写真-2 参照）劣化がほとんどないアルミナセメント系、コーディエライト系は取替えの必要がない（写真-1 参照）。また、これらの被覆材は、注水という消火作業を模擬した熱衝撃性試験でも、壊れることのない強い熱衝撃性を示した。繰返し加熱しても、劣化のほとんどない配合も存在していることから、ライフサイクルコスト低減に大きな期待できる。また、取り付け時の風圧を考慮した要求強度もクリアすることが確認できた。



写真-1 アルミナセメント系（配合 c）耐火試験後



写真-2 ケイ酸カルシウム系（配合 b）耐火試験後

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		
アルミナセメント系	配合 a						
	配合 b						
	配合 c						
	配合 d						
コーディエライト系							
(ケイ酸カルシウム系)	配合 a						× 破壊
	配合 b	×	×	×	×		



写真-3 耐火・断熱性試験状況

5. まとめ

今回開発したセラミックス耐火被覆材は、従来製品と比較して、耐火・断熱・熱衝撃性能に優れていること確認できた。また、原料配合や厚さ等の諸元の選択をすることにより、対象とする火災規模、構造物の耐久性・要求仕様に応じたトンネル被覆材を形成することが可能である。今後は、吹付工法、プレキャスト工法等の開発にも応用していきたい。

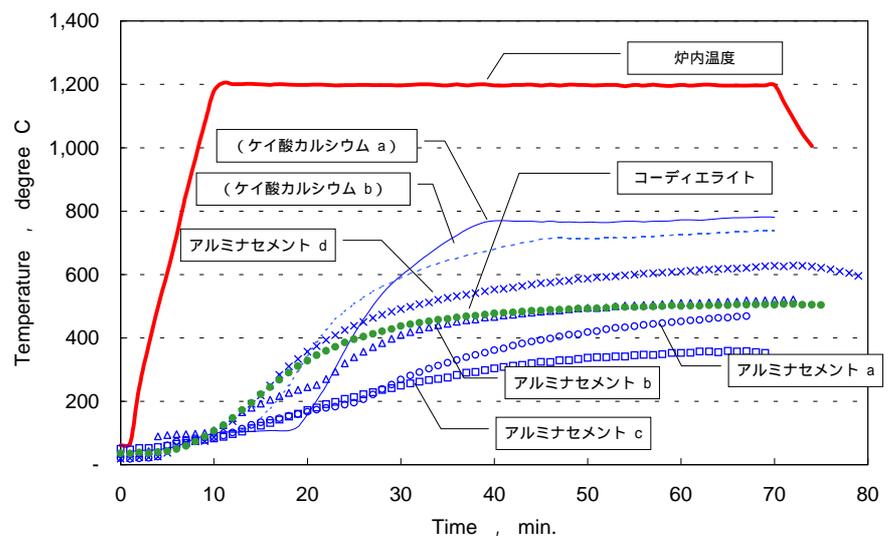


図-1 断熱性試験結果