

## 湿式耐火被覆材のフレッシュ性状の評価とフィールド試験

太平洋セメント(株)中央研究所 正会員 ○山本盛男 正会員 小幡浩之 谷辺徹 正会員 中村秀三  
太平洋マテリアル(株)開発研究所 正会員 西牟田幸治

### 1. はじめに

トンネル内の車両火災を想定した火災対策が検討されている<sup>1)</sup>。既往の研究では、耐火被覆材を被覆したコンクリート部材の耐火性能の評価、コンクリートの爆裂について報告が行なわれている<sup>2)3)</sup>。耐火被覆材は施工方法によってパネル方式と吹付け方式がある。そのうち吹付け方式は、湾曲面への施工の容易さ、目地無し施工等の観点から、その適用が期待される。本研究では、湿式耐火被覆材(以下、耐火材)のフレッシュ評価手法の構築と実施工への適用性について検討を行なった。室内試験で耐火材のコンシステンシーの評価を行い、得られた知見に基づき実施工を模擬したフィールド試験を行なった。

### 2. 湿式耐火被覆材のフレッシュ性状の評価

(1) 使用材料と練混ぜ方法：耐火材はセメント、人工軽量骨材を主材料とするプレミックス材料を使用した。1 バッチに耐火材 20kg と所定の練混ぜ水量を加えパン型ミキサ(容量 55L)で 180 秒間の練混ぜを行なった。

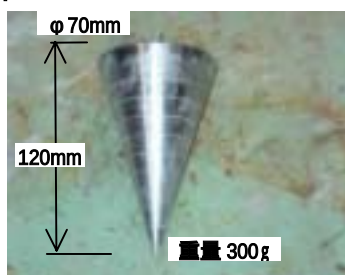


図 - 1 鋼製円錐コーン

(2) コンシステンシーの評価：コンシステンシーの評価は、φ70mm、長 120mm、重量 300g の鋼製円錐コーン(図 - 1)の自重によるフレッシュモルタルへの貫入深さで評価した(以下、コーン貫入値)。

練混ぜ水量を 14～18kg/20kg に変化させて得られた練混ぜ水量とコーン貫入値の関係を図 - 2 に示した。練混ぜ水量 1kg/20kg に対するコーン貫入値の変化割合は、0.95～1.46cm/1kg となった。概ね練混ぜ水量 1kg/20kg に対してコーン貫入値 1cm 程度の感度でコンシステンシーを評価できることがわかった。

(3) ポンプ圧送、吹付け：ポンプ圧送、吹付けは、小型のスネーク式ポンプと長さ8mのフレキシブルホース(φ1インチ)を接続し、筒先に取り付けたスプレーガンにコンプレッサから圧縮空気を送ることによって行なった(図 - 3)。ポンプ車の設定吐出量は 10 L/min、吹付け圧力は圧力調整弁によって 0.2MPa とした。

(4) 付着性とコンシステンシーの関係：練混ぜ直後のコンシステンシーと吹付け付着性を評価するために付着重量試験を行なった(図 - 4)。本試験は板壁に取り付けた鋼製円板(φ200mm)から 50cm の位置で吹付けを行い、円板に付着した材料が剥落するまでの重量(以下、付着重量)を測定した。吹付け時の付着性を付着重量

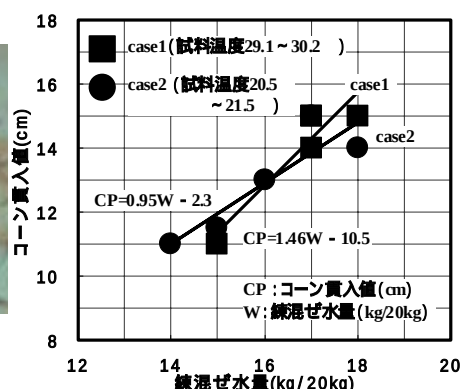


図 - 2 水量とコーン貫入値の関係

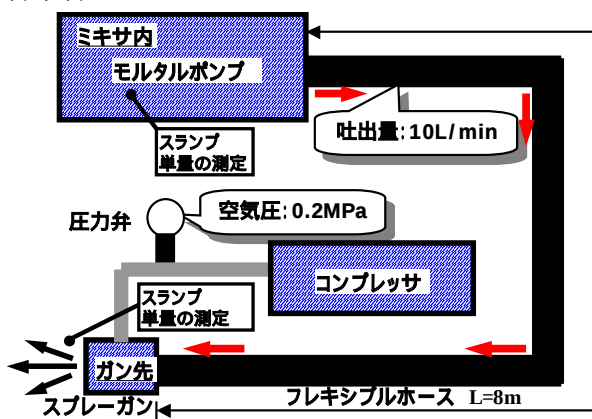


図 - 3 ポンプ圧送・吹付け

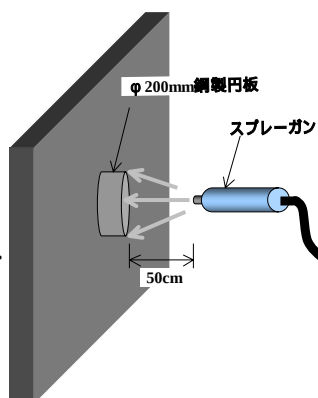


図 - 4 付着重量試験

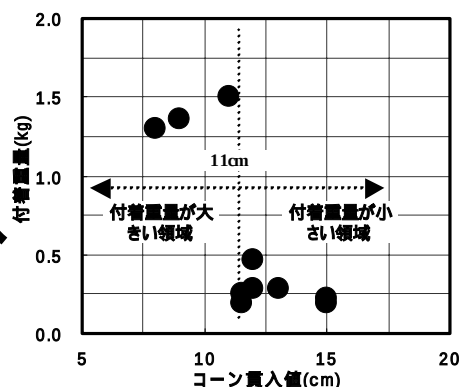


図 - 5 付着重量とコーン貫入値の関係

によって評価することを意図した試験である。

水量によって練混ぜ直後のコーン貫入値を変化させて得られたコーン貫入値と付着重量の関係を図-5に示す。コーン貫入値が11cm以下の範囲では付着重量が1.5kg程度であったが、11cm以上の範囲では付着重量が0.25kg程度に著しく低下した。付着重量が大きいほど付着力に富み、吹付け施工性に優れると考えられ、練混ぜ直後のコーン貫入値11cm以下範囲が吹付け時の付着性に優れることがわかった。また、コンシステンシーを調整することで練混ぜ水量が管理でき、強度、耐久性等を同時に管理できることも確認している。

### 3. フィールド試験

(1) 鉱山トンネルを用いた吹付け試験： フィールド試験に使用したトンネルは、幅員5m、高さ4.5mの石灰石鉱山の連絡路として供用されている鉱山トンネルを使用した(図-6)。シュミットハンマにより覆工コンクリートの圧縮強度推定を行なった結果、側面部で $44.7\text{N/mm}^2$ 、天井部で $32.5\text{N/mm}^2$ であった。耐火材の施工は、単管を階段状の足場を作製し天井部から側壁部にかけて約 $60\text{m}^2$ の施工を行なった。



図-6 鉱山トンネル

耐火材の練混ぜは容量200Lのパン型ミキサによって、耐火材100kg/バッチで行なった。ポンプ圧送、吹付けは、ピストンならびにスネーク式ポンプ車に1.5インチのフレキシブルホース25mを接続して行なった。吐出量および吹付け圧は施工の状況に応じて任意に調整した。フレッシュ性状の測定は、練混ぜ2バッチに1回の割合で行なった。



図-7 仕上がりの状況

(2) フレッシュ性状と粉じん濃度の測定結果： 室内試験結果に基づきコーン貫入値が11cm以下になるように練混ぜ水量を調整し施工を行なった。コーン貫入値の測定値は、7～10cmであった。その結果、良好に耐火材をトンネル壁面に吹付けを行なうことができた(図-7)。ミキサ内とガン先の単位容積質量の関係を図-8に示す。図には合わせて室内試験で得られた結果も図示した。室内試験でのガン先の単位容積質量は平均 $1.23\text{kg/L}$ であったが、フィールド試験では平均 $1.27\text{kg/L}$ と増大する結果となった。吐出量や吹付け圧力の増大が原因と考えられる。また、吹付け施工時の環境を把握するために粉じん濃度を測定した<sup>4)</sup>。結果は $0.62\text{mg/m}^3$ であり、粉じん濃度基準値<sup>4)</sup> $3\text{mg/m}^3$ の1/5程度であった。

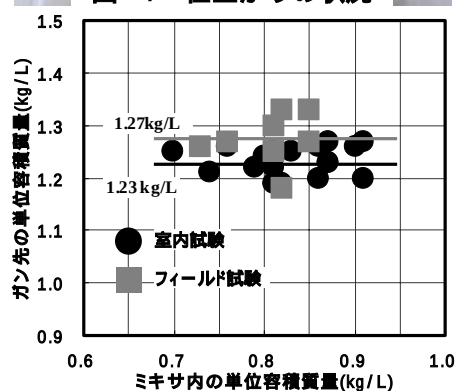


図-8 単位容積質量

(3) 経年の付着強度と打音検査： 施工後の状態を確認するために施工後、1、6および12ヶ月経過してから表面観察、打音検査およびトンネル壁面と耐火材の付着強度試験を行った。付着試験は仕上げ学会式の試験法によって行なった。表面観察、打音検査を行なった結果、耐火材のひび割れや浮き等などは確認されなかった。また、付着強度は経年に伴い増大し、12ヶ月経過後で $0.3\text{N/mm}^2$ 程度であった(図-9)。

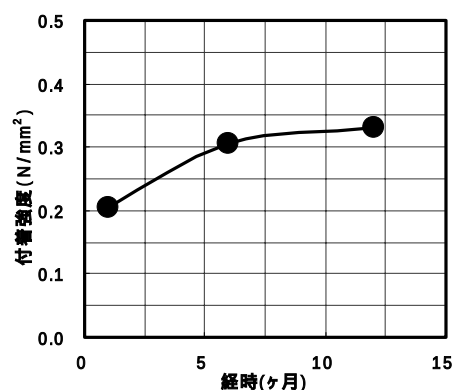


図-9 経年の付着強度

4. まとめ： 室内試験によって湿式耐火材のフレッシュ管理手法を構築した。確立した手法に基づきフィールド試験を行なった結果、良好に施工性を確保することができた。

#### 参考文献

- 1) 日経コンストラクション, pp50-52, 2002.2.8
- 2) 堀誠行, 大関宗孝, 大塚孝義, 神田亨: RCセグメントの高温時の特性, コンクリート工学年次論文集 vol.24 No.1 pp1725-1730, コンクリート工学協会, 2002
- 3) 半野久光, 田嶋仁志, 川田成彦, 谷上敦亨: RCセグメントの耐火性能に関する実験的検証, コンクリート工学年次論文集 vol.24 No.1 pp1719-1724, コンクリート工学協会, 2002
- 4) 厚生労働省: ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン