

## 都市鉄道のカルバートンネルを対象とした断面修復工法の開発

|                    |     |        |
|--------------------|-----|--------|
| 飛島建設 土木事業本部        | 正会員 | ○平間 昭信 |
| 阪急・阪神レールウェイ・テクノロジー |     | 福井 賢一郎 |
| 飛島建設 土木事業本部        | 正会員 | 川端 康夫  |
| 飛島建設 土木事業本部        |     | 望月 泰彦  |
| 電気化学工業 セメント・特混研究部  |     | 山岸 隆典  |

### 1. はじめに

近年、都市鉄道のカルバートンネルにおけるコンクリート劣化が問題となっている。カルバートンネルの断面修復工事では、電車が止まっている夜間での工事であり、施工終了から供用までの時間が短い。このことから、断面修復材には、列車通過時の風圧、負圧や振動の影響を受けない、早期の強度発現と確実な施工性が求められる。我々はポリマー混和剤を含まないプレミックスモルタルに硬化促進剤を混合させて吹き付ける断面修復工法<sup>1)</sup>を開発し、鉄道高架等に適用してきた。

活線下の鉄道トンネルの補修に適用するため、さらに材令初期の強度発現性状（圧縮強度、付着強度）を改善した工法の開発に取り組んでいる。以下、その実験的検討結果を報告する。

### 2. 実験概要

実験は、実施工で使用する吹付けシステムを用いて実施した。吹付け条件としては、モルタル吐出量 0.3~0.35m<sup>3</sup>/hr、吹付けエア量 0.8m<sup>3</sup>/sec で実施した。材料温度を管理し、練り上がりのモルタル温度は 20℃を目標として実験を行った。

#### (1) 使用材料および配合

使用した材料を表-1 に示す。強度発現性を向上するために急硬材を用い、これに伴う流動性、コテ仕上げなどのハンドリングタイムを確保するために凝結遅延剤を使用した。

#### (2) 実験要因と実験水準

事前に室内試験を行い、その結果から選定した実験要因と実験水準を表-2 に示す。

#### (3) 実験試験項目及び試験方法

試験項目及び試験方法を表-3 に示す。付着強度試験は、付着試験用治具を取り付けたモルタル版に吹き付け、所定の材齢で吹付け面の裏面より建研式付着試験機を用いて実施した。

また、貫入試験は、施工時のコテ仕上げな可能時間の施工管理方法として、山中式土壌硬度計の貫入量による検討を実施した。

表-1 使用材料

| 使用材料       |      | 成分・性質                                   |
|------------|------|---|
| プレミックス (P) | セメント | 普通ポルトランドセメント                            |
|            | 細骨材  | 乾燥石灰石、密度2.66g/cm <sup>3</sup> 、Max1.2mm |
|            | 混和材料 | 収縮低減剤、膨張材、流動化剤、ビニロン繊維                   |
| 硬化促進剤      |      | 水溶性アルミニウム塩（液体）                          |
| 急硬材        |      | セメント鈹物系（粉体）                             |
| 凝結遅延剤      |      | オキシカルボン酸塩系（粉体）                          |

表-2 実験要因と実験水準

| No | W/P (%) | 急硬材添加率 P×% | 遅延剤添加率 P×% | 硬化促進剤添加率 P×% |
|----|---------|------------|------------|--------------|
| 1  | 13.0    | 2.5        | 0.5        | 0.5          |
| 2  |         |            |            | 1.0          |
| 3  |         |            |            | 2.0          |
| 4  |         | 0.7        | 0.5        |              |
| 5  |         |            | 1.0        |              |
| 6  |         |            | 1.0        |              |
| 6  |         | 2.7        | 0.5        | 1.0          |

表-3 試験項目及び試験方法

| 試験項目   | 試験方法   |
|--------|--|
| フロー試験  | JIS R 5201「セメントの物理試験方法」に準拠。  |
| 凝結試験   | JSCE -D 102「吹付けコンクリート（モルタル）用急結剤品質規格（案）」に準拠。なお、試験体採取は型枠に直接吹付けによる採取した。 |
| 圧縮強度試験 |  |
| 付着強度試験 | 図-1参照。   |
| 貫入試験   | 山中式土壌硬度計（ポケット型）を使用した。  |

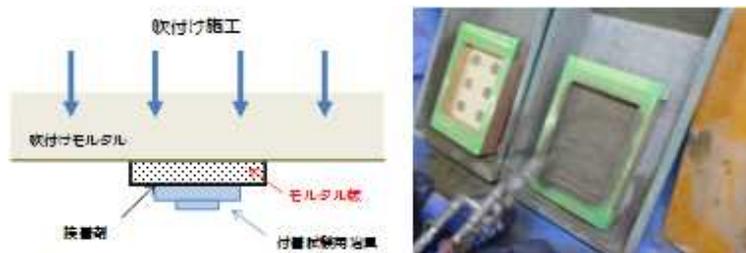


図-1 付着試験方法概要図と試験体採取状況

キーワード：補修、吹付け工法、圧縮強度、付着強度、鉄道

連絡先：〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP R&D 棟 2F 飛島建設(株)土木事業本部 TEL: 044-829-6717

3. 実験結果

(1) フロー試験

硬化促進剤を混和しないモルタルのフローは、今回の実験要因及び水準の範囲ではいずれのケースとも、練上がりから60分の時点で20mm程度のフロー低下であり、60分程度の流動性保持時間を有することを確認した。

(2) 凝結試験

急硬材 2.5%における凝結試験の結果を図-2 に示す。遅延剤添加率を0.5%から0.7%に増加させたことにより凝結速度は遅くなり、始発時間は10分程度遅れる結果であった。また、硬化促進剤を1%から0.5%に減少させることにより、凝結速度が遅くなる傾向である。遅延剤添加率0.5%において、硬化促進剤添加率を0.5%、1%、2%と変化させた検討では、硬化促進剤の1%と2%では凝結速度に大きな差は認められなかった。

(3) 圧縮強度及び付着強度

急硬材 2.5%における凝結試験の結果を図-3 に示す。従来の硬化促進剤を添加するだけの工法に比べて、急硬材を添加することによって、強度性状は大きく向上することが確認された。特に、材齢3時間の圧縮強度は従来が0.2N/mm<sup>2</sup>に対して、5N/mm<sup>2</sup>を超える値が得られている。

これまでに実施した実験における圧縮強度と付着強度の関係を図-4 に示す。両者の関係には高い相関が認められ、付着強度は圧縮強度の概ね1/10程度である。

(4) 山中式土壌硬度計による貫入試験

山中式土壌硬度計による貫入試験による結果を図-5 に示す。コテ仕上げを同時に実施した結果において、この貫入試験で得られる硬度指数目盛25mm程度がコテ仕上げ可能な値であった。

4. まとめ

今回の実験により、急硬材及び硬化促進剤を適切に組み合わせることにより、材齢3時間で5N/mm<sup>2</sup>を超える圧縮強度を得られることを確認できた。また、遅延剤添加率を調整することにより、コテ仕上げなどのハンドリングタイムを確保することが可能であることも確認した。

今後は、長さ変化などの耐久性に関する試験を行うとともに、環境温度に対して各材料の添加率設定が適切に行えるための検討を進める予定である。

【参考文献】1) 平間昭信, 川端康夫, 荒木昭俊, 寺村悟: 硬化促進剤を用いた補修用吹付けモルタルの施工要因が品質に及ぼす影響に関する検討, 土木学会第60回年次学術講演会, V部門, pp.141-142, 2005.9

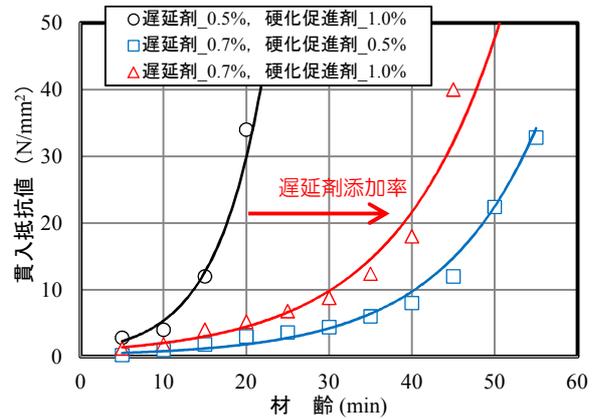


図-2 凝結試験結果：急硬材 P×2.5%

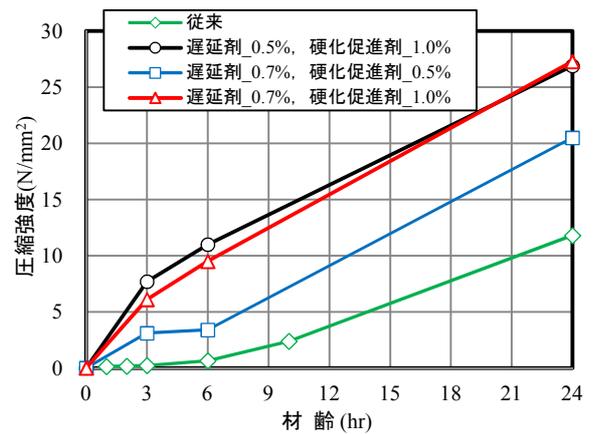


図-3 圧縮強度試験結果：急硬材 P×2.5%

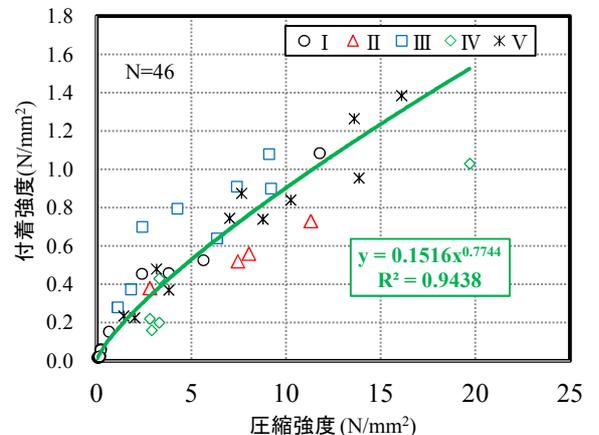


図-4 圧縮強度と付着強度の関係

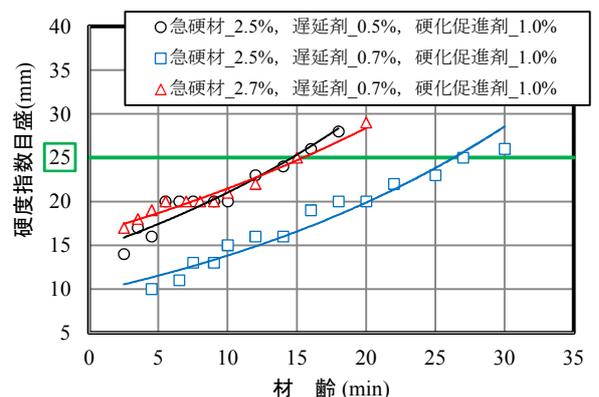


図-5 土壌硬度計による貫入試験結果