

無機系材料による剥落防止工法のトンネル覆工への適用性検討

(株) フジタ 技術センター 正会員 ○藤倉 裕介
 (株) フジタ 技術センター 正会員 伊藤 祐二
 (株) 高環境エンジニアリング 正会員 秩父 顕美

1. はじめに

近年、トンネル覆工コンクリートや高架橋コンクリートの劣化による剥落が大きな問題となり、繊維シート接着による剥落防止対策が各方面で活発に行われている。このような背景から、著者らはこれまでに、ポリマーセメントモルタルと連続繊維シートを用いた工法を開発し、適用実績を示すとともに、剥落防止工法の性能評価として実施される押し抜き試験の結果を示してきた¹⁾。本報告では、無機系材料による剥落防止工法をトンネル覆工へ適用する場合の対策効果やトンネル覆工の曲率の影響を確認する目的で、梁型の押し抜き実験を実施した結果について紹介する。

2. 工法の概要

本工法はポリマーセメントモルタルをライニング材として、繊維シートを接着する工法である。樹脂系接着剤を用いて繊維シートを接着する剥落防止工法と比較して、コンクリート表面が湿潤であっても施工可能であること、無機材料であるため、紫外線などに対する耐久性が高く、劣化対策を必要としないこと、などの利点がある。連続繊維シートにはアラミド製の繊維束が格子状に編まれた立体網目繊維シートを用いている。ライニング材として用いるポリマーセメントモルタルは、プレミックスされた粉体（セメントと珪砂、硬化調整剤）と1.5倍に希釈したポリマー混和液（エポキシ変成アクリル樹脂）を配合するだけで、現場にて簡単にライニング材として使用することができる。ライニング材は厚さ3.5mmを標準としており、天井あるいは壁への施工を可能にするよう、適度な粘度と流動性をもつ配合としている¹⁾。ちなみに、粉体1に対して混和液の配合比（重量比）は0.27としており、水セメント比（W/C）は39.4%、ポリマーセメント比（P/C）は0.1である。

3. 実験方法

トンネルのアーチを模擬した梁型の一次元押し抜き実験²⁾の供試体および実験の概要を図-1に示す。供試体はコンクリート製（ 30N/mm^2 ）で、下面には補強のためにメッシュ筋（ $\phi 6\text{mm}$ ）を配置してある。供試体の上面に上記の要領で剥落防止工法を施工した。トンネル覆工のアーチを模擬し、施工面は水平に対して $\theta=0^\circ$ 、 5° 、 10° の3種類とした。

実験は供試体の両端の2辺を支持し、载荷用の治具（鋼製の棒で $\phi 30\text{mm}$ ）により鉛直上方に押し抜き荷重をかけて载荷し、荷重と鋼製治具の鉛直変位を測定した。载荷速度はモルタルの破壊までは、 1.0mm/min とし、それ以降は 2.0mm/min とした。また、鉛直変位 5.0mm ごとに剥離の状況をマーキングした。なお、剥落防止工法の施工後の材齢3日および7日にて押し抜き実験を実施するとともに、押し抜き実験終了後に同供試体にて建研式の付着強度試験機を用い剥落防止工法の付着強度を調べた。

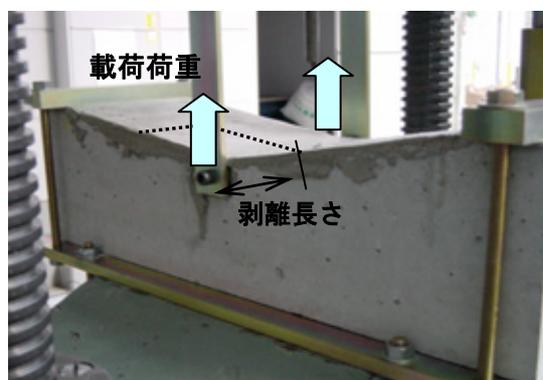
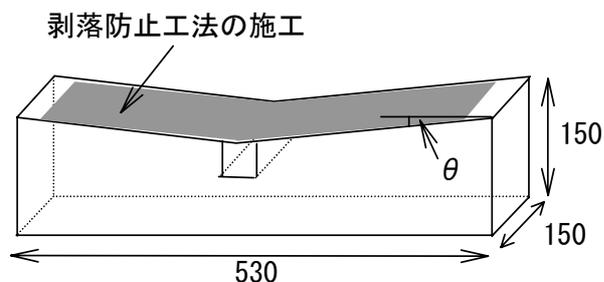


図-1 供試体および実験の概要

キーワード 剥落防止工法, 連続繊維シート, ポリマーセメントモルタル, 押し抜き強度

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (株)フジタ 技術センター 土木研究部 TEL046-250-7095

4. 試験結果

押し抜き実験の結果を載荷治具の鉛直変位と荷重の関係として、材齢3日の場合を図-2に、材齢7日の場合を図-3に示す。図-2, 3中に示すように、モルタルの破壊が生じ、その後、荷重は繊維シートに負担され、剥離の進行を伴いながら、鉛直変位の増加に伴って荷重は増加する。その後、繊維束の部分的な破断が生じ、荷重は低下する。表-1には、図-2, 3より得られたモルタルの破壊および繊維束破断時の荷重と鉛直変位の値を示す。モルタル破壊時の荷重は、施工面の角度が大きいほど大きな値を示すことが分かる。モルタルの破壊は、剥離や鉛直変位がほとんど生じない初期に生じるが、施工面に角度を設けた場合では、水平な場合と比較して、より大きな押し抜きせん断抵抗を生じるためであると考えられる。さらに、繊維束破断時の荷重は、材齢が大きく、施工面の水平角度が小さいほど大きな荷重を示し、そのときの鉛直変位は施工面の水平角度が大きくなるほど大きな値を示す。この結果は、有機系の接着剤を用いた剥落防止工法の結果^{2), 3)}と同様の傾向を示している。トンネル覆工の剥落防止効果をモルタル破壊時の荷重ではなく、繊維シートの引張耐力に期待する場合、変位や剥離が大きく進行しないとその効果が得られず、荷重の最大値も大きく低減することが分かる。

図-4には、材齢7日での鉛直変位と剥離長さの関係を示す。剥離長さは、水平方向ではなく、施工面の実際に剥離した長さを載荷点の中心からの距離として調べた。この図より、鉛直変位の増加に伴い、ほぼ線形的に剥離は進行し、施工面の角度の違いによる影響は小さいことが分かる。

5. まとめ

トンネル覆工の曲率が押し抜き耐力に与える影響を確認する目的で、施工面に角度を設けた梁型の1次元押し抜き実験を行った。その結果、施工面の角度を設けた場合、初期のモルタル破壊時の押し抜き荷重は、施工面が水平である場合と比較して大きな荷重を示し、一方、繊維束破断時の荷重は低減することを確認した。また、鉛直変位の増加に伴う剥離の進行過程は、施工面の角度の影響が小さいことが分かった。

参考文献 1) 藤倉, 伊藤, 秩父: ポリマーセメントモルタルと連続繊維シートを用いた剥落防止工法に関する基礎実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, pp.1487-1492, 2003.7. 2) 伊藤, 大嶋: 繊維シート接着工の設計手法(案)について—トンネル覆工コンクリートへの適用—, 技術情報誌「EXTEC」63号 VOL.16, NO.3, 2002.12. 3) トンネル安全対策工法研究会 (TSC 研究会): FRPによるトンネル覆工剥落対策マニュアル, 山海堂, 2003. 5.

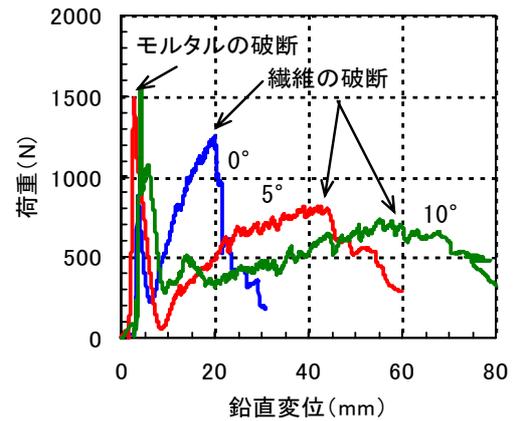


図-2 鉛直変位と荷重の関係 (材齢3日)

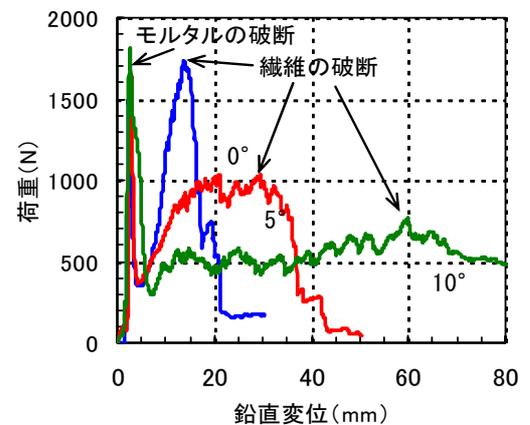


図-3 鉛直変位と荷重の関係 (材齢7日)

表-1 押し抜き実験結果

| 材齢 | 施工面の角度 | モルタル破断時の荷重(N) | 繊維束破断時の荷重(N) | 繊維束破断時の変位(mm) |
|----|--------|---------------|--------------|---------------|
| 3日 | 0° | 986 | 1246 | 19.9 |
| | 5° | 1472 | 814 | 42.7 |
| | 10° | 1556 | 713 | 55.9 |
| 7日 | 0° | 1420 | 1680 | 15.8 |
| | 5° | 1500 | 1037 | 29.5 |
| | 10° | 1793 | 821 | 49.9 |

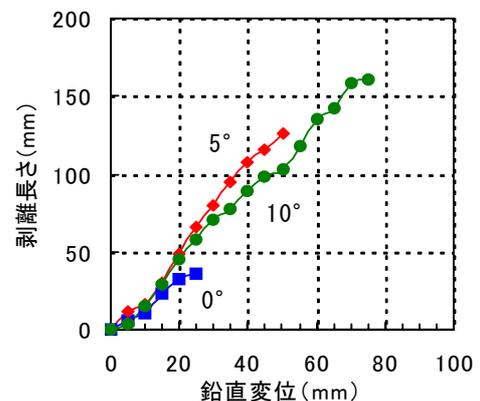


図-4 鉛直変位と剥離長さの関係