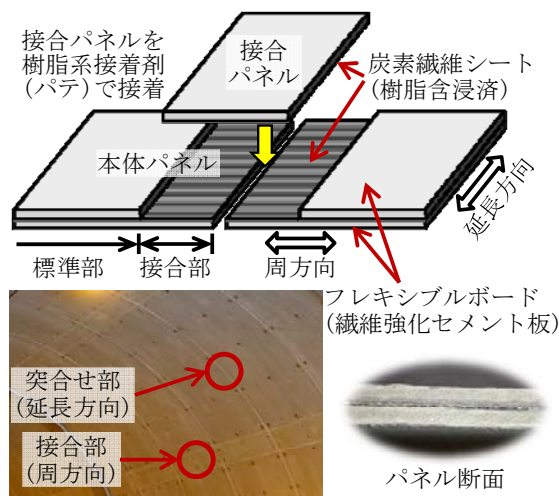


炭素繊維複合パネルを用いたトンネル覆工コンクリートの表面保護工法における剥落防止効果

大成建設(株) 技術センター 正会員 ○河村 圭亮, 正会員 畑 明仁, フェロー会員 新藤 竹文
成和リニューアルワークス(株) フェロー会員 松岡 康訓, 菅野 道昭, 正会員 池山 正一

1. はじめに

外力作用や環境作用に起因するトンネル覆工コンクリートの部分的な剥落は第三者被害を招く恐れがあり, 未然に防止するための対策工が必要である¹⁾。著者らは, 樹脂系接着剤を含浸した炭素繊維シートをフレキシブルボードで挟み込んで一体成形した複合パネル(以下, 炭素繊維複合パネルと称する)を設置し, 充填材注入によって既設コンクリートと一体化させる表面保護工法を開発した(図-1)。炭素繊維複合パネルは, 接合部を有する「本体パネル」と接合部どうしを繋ぐ「接合パネル」から構成されるプレキャスト製パネルであり, 現地作業の省力化による工期短縮と確実な品質向上を図ることが可能である。本研究では, 押し抜き試験を実施してコンクリート片の剥落に対する炭素繊維複合パネル表面保護工の剥落防止効果について検証した。



トンネルへの施工例

図-1 炭素繊維複合パネルによる表面保護

表-1 試験ケース一覧

ケース名	検討対象箇所	炭素繊維シート種類	充填材種類
N-1-M	標準部	1方向	無収縮モルタル
N-2-M	標準部	2方向	無収縮モルタル
N-2-E	標準部	2方向	樹脂系接着剤
J-2-M	接合部	2方向	無収縮モルタル
B-1-M	突合せ部	1方向	無収縮モルタル
B-1-E	突合せ部	1方向	樹脂系接着剤

2. 試験概要

NEXCO 試験法 734「トンネルはく落防止用繊維シート接着工の押し抜き試験方法」²⁾に準じた試験を実施した。試験ケースは表-1に示す計6ケースで, 検討対象箇所, 炭素繊維シート種類, 充填材種類をパラメータとした。試験体形状は400mm×600mm×60mmで, 各ケース3体とした。検討

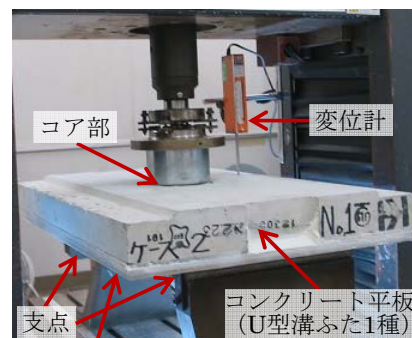
対象箇所内, トンネル周方向に設ける「接合部」は本体パネルの接合部と接合パネルを樹脂系接着剤(パテ)で接着して炭素繊維シートを重ね合わせた部分, 「標準部」は本体パネルの接合部以外の部分である。また, トンネル延長方向に設ける「突合せ部」は炭素繊維複合パネルの標準部どうしを単に突き合わせて接着した部分であり, 炭素繊維シートは不連続である。炭素繊維シートは, いずれも繊維目付量200g/m²の高強度タイプで, 1方向または2方向のものを使用した。充填材は, 無収縮モルタルを厚さ4mmまたは樹脂系接着剤を厚さ3mmで注入した。押し抜き試験状況を写真-1に示す。なお, フレキシブルボードで被覆されているため, 載荷時の炭素繊維シートの剥離範囲を目視確認できないことから, 本試験では打音検査にて間接的に確認することとした。

3. 試験結果

3.1 荷重-変位曲線

各試験体の荷重-変位曲線を図-2に示す。炭素繊維複合パネルを用いた場合は充填材やフレキシブルボードがあるため, 押し抜き力に対する曲げ剛性が炭素繊維シート接着の場合よりも高い。そのため, 初期剛性や最大荷重は比較的大きくなった。最大荷重到達後に荷重が大きく低下しているのは, 載荷位置付近で充填材に割れや剥離が生じたことによる影響と考えられる。

変位2mmごとの剥離範囲を写真-2に示す。一度荷重が低下した後は, 変位の増加に伴って剥離範囲も徐々に拡大していった。なお, 変位18~

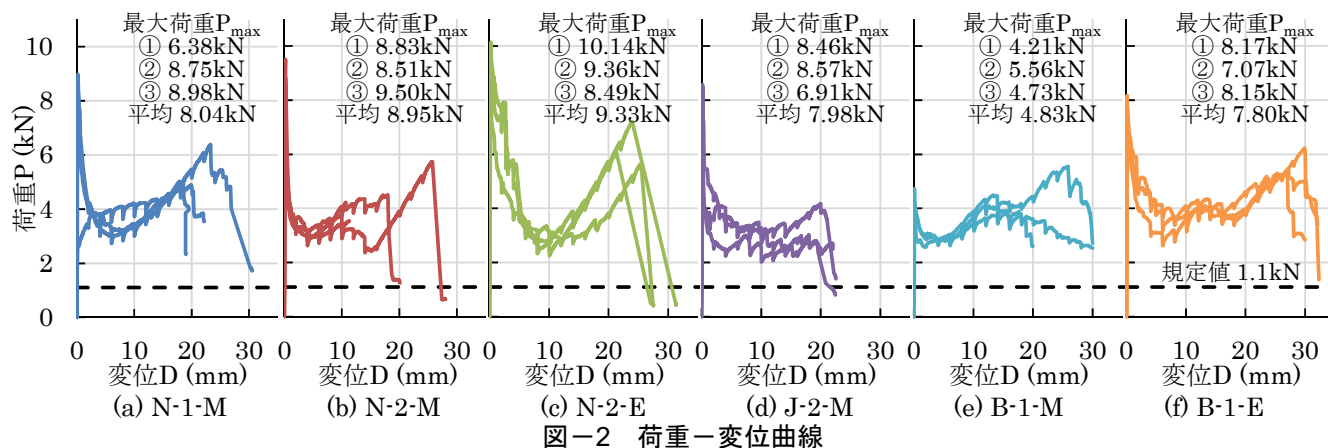


炭素繊維複合パネルを底面に設置

写真-1 押し抜き試験状況

キーワード トンネル, 覆工コンクリート, 剥落防止, 炭素繊維シート, 複合パネル, 押し抜き試験

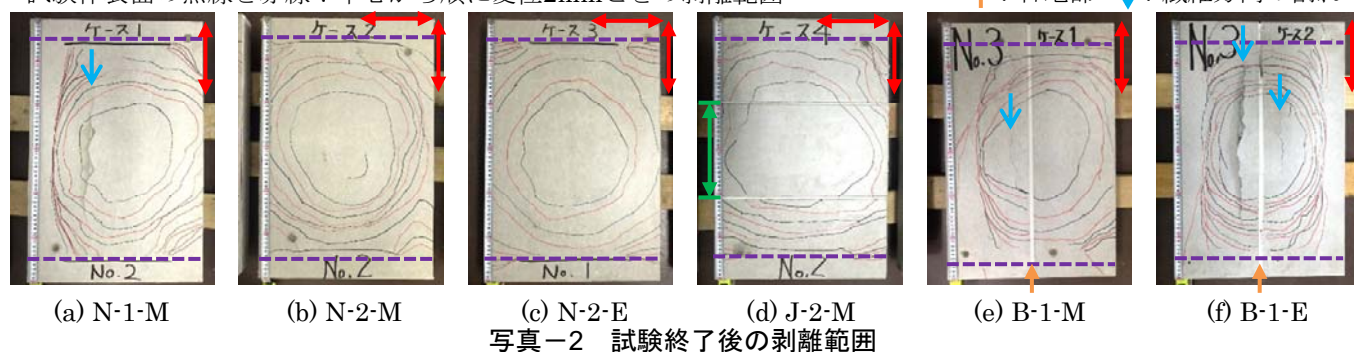
連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設(株)技術センター TEL 045-814-7231



各ケース3体中代表的な1体を示す。

試験体表面の黒線と赤線：中心から順に変位2mmごとの剥離範囲

---: 支点 →: 繊維方向 →: 接合部区間
↑: 目地部 ↓: 繊維方向の割れ



30mm の間で剥離範囲が支点を超え、再び大きく荷重低下した時点で載荷を終了した。

変位 50mm 以内の最大荷重は、いずれのケースも無筋区間の小片剥落に対する最も荷重が大きい規定値³⁾の 1.1kN を十分に上回る良好な結果が得られた。試験結果より、充填材で既設コンクリートと一体化させた炭素繊維複合パネルは、コンクリート片の剥落に対して高い剥落防止効果を有することが検証された。

3.2 各パラメータの影響

1 方向炭素繊維シートを用いた場合には最終的に繊維方向に沿った割れが生じた。ただし、2 方向炭素繊維シートを用いた場合と荷重-変位曲線に大差は認められず、1 方向の場合でも樹脂系接着剤の含浸によって繊維どうしが強固に一体化されていることが伺われる。充填材は樹脂系接着剤を用いた場合の方が、最大荷重が若干大きく、その後の荷重低下勾配が緩やかな傾向にある。無収縮モルタルよりも樹脂系接着剤の方がコンクリートとの接着力と伸び能力が大きいことによる効果と考えられるが、両者の差はわずかである。接合部の試験結果は、標準部の場合と大差が見られず、炭素繊維シートを重ね合わせて接合することで確実な連続性を確保できると言える。突合せ部の場合、炭素繊維および充填材が不連続であることから、当然のことながら一般部よりも最大荷重が低い結果となる。ただし、ポストピーク後の剛性変化には大きな差異はなく、炭素繊維シートが不連続な突合せの状態でも、規定値を上回るコンクリート片の剥落防止効果を有することが確認された。なお、さらに大きい外力作用が想定される場合には、周方向と同様の接合部を設けることで対応可能である。

4. まとめ

本研究では、トンネル覆工コンクリートの部分的な剥落を想定した押し抜き試験により、炭素繊維複合パネルで表面保護することによる剥落防止効果を検証した。その結果、炭素繊維複合パネルは標準部、接合部、突合せ部のいずれでも十分な効果を発揮することが明らかとなった。今後は、剥落防止工はもとより、省力化施工と確実な品質確保を実現するコンクリート構造物の補修・補強技術として積極的な用途展開を図る所存である。

参考文献 1) 溝江実ほか：既設コンクリート構造物におけるコンクリート片のはく落防止対策，コンクリート工学，Vol.39，No.8，pp.5-9，2001. 2) 東・中・西日本高速道路株式会社：NEXCO 試験方法 第7編 トンネル関係試験方法，2017. 3) 東・中・西日本高速道路株式会社：トンネル施工管理要領，2017.