

塑性圧によるトンネルの変状と対策事例について (その2 対策)

東日本高速道路株式会社

小林 弘元 白濱 龍

鹿島建設株式会社

正会員 佐藤 敏亮 山本 拓治

正会員 柴田 勝博 田中 俊行

1. はじめに

北陸自動車道の風波トンネルは、新潟県の親不知に約 20 年前に建設されたトンネルである。本トンネル工事は、断崖地形における変化に富んだ地質構造や軟弱な粘土層の出現により困難をきわめた工事であった。

その後 2006 年の内装板交換時に覆工コンクリートの側壁にひび割れが発見されたため、有識者による対策委員会が開催され地質調査とひび割れ調査の実施とそれを踏まえた補強方針の決定が速やかに行われた。本報告は委員会で決定された補強方針を満足し、なおかつ供用中の高速道路での施工という厳しい施工条件の中、新技術の採用により短い工期で工事を完了することができたのでその内容について報告するものである。

2. 対策工の選定¹⁾

ひび割れは図-1 に示す 3 スパンの範囲に分布しており、最初に変状の程度と地質状況を把握するため、①坑内からのボーリング地質調査、②覆工巻厚調査、③内空変位計測、④内空断面測定等を実施した。

これらの結果をもとに、まず二次元骨組解析により破壊現象を再現し、補強対策工に必要とされる仕様(部材厚等)を決定した。解析により求められた補強対策工に必要な仕様を図-2 に示す。この図に示すように、10cm の建築限界を確保するため、アーチ部の補強層に求められる強度は、大きいものとなった。

この仕様を満足し、一車線規制施工や昼夜施工といった当工事の条件に適合する工法を既往の補強工法の実績の中から選定した結果、アーチ部は埋設型枠による内巻補強工、インバート部はコンクリート増打ちによる内巻補強工が妥当であると判断された。なお、アーチ・インバートともにひび割れ発生部位は、局所的にコンクリートを撤去、打ち換えるものとした。

3. 新しい埋設型枠工法の開発

従来の埋設型枠工法はそれ自体の強度を期待していないが、筆者らは強度を期待できる埋設型枠を使用することで、内巻補強層を薄肉化、すなわち使用モルタル量を低減し、コスト低減と工期短縮を実現できると考え、新しい埋設型枠として、高強度・高靱性を有し、比重が 1.7 と軽く、耐衝撃性・耐候性に優れておりかつ不燃性を有するフレキシブルボード(繊維強化セメント板)を採用した。また、薄くて曲げ強度に優れた構造とするため、板厚をパラメータとしたフレキシブルボードの曲げ試験を実施した。その結果、図-3 に示すフレキシブルボードとアラミド繊維メッシュの積層構造が合理的であることが解った²⁾。

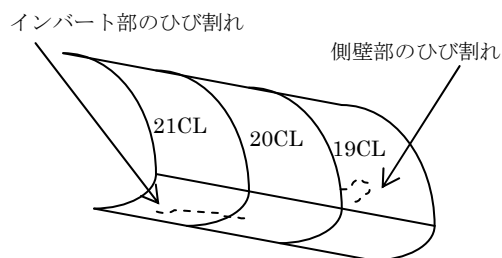


図-1 変状発生位置

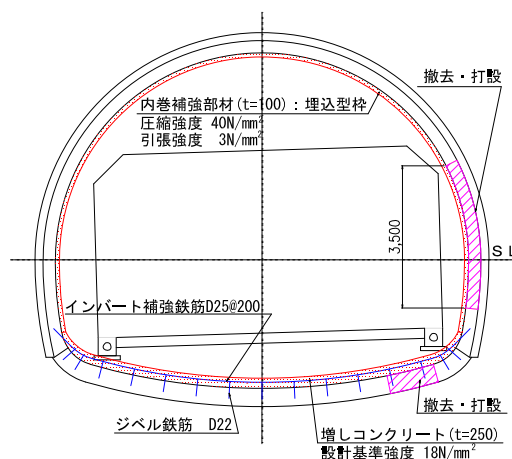


図-2 補強対策工の設計時の仕様

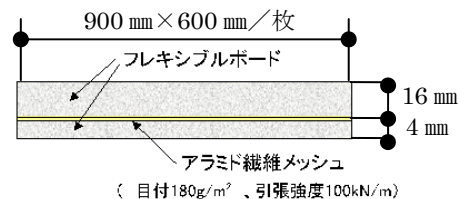


図-3 埋設型枠部材の構造

キーワード トンネル内巻補強、埋設型枠、道路活線補強工事、覆工補強

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島技術研究所 TEL 042-489-7081

次にボードと充填モルタルを一体化させた複合部材の曲げ試験を実施した。使用したモルタルは、①モルタル単体で必要強度(圧縮強度 40N/mm^2 、引張強度 3N/mm^2 、付着強度 1.5N/mm^2)を満足すること、②ひび割れの発生を抑制するため低発熱かつ無収縮であること、③充填性の確保のため流動性が高いこと、④施工ヤードが限定されるためプレミックス製品であること等の厳しい条件を満足するものを選定した。

その結果、複合部材の曲げ強度はモルタル単体の場合と比較して、高い曲げ強度と靱性を示し内巻補強部材として有効であることを確認した。

4. 施工概要

アーチ部の施工は、一車線規制が施工条件であるため、図-4のように分割して行った。また、各ステップ間で生じるモルタルの継ぎ目でも、軸力が均等に伝達するように、①・②ステップの上部型枠を覆工面に垂直に設置し、モルタルは下方から噴上げ方式で充填した。

当初のインバート部の施工方針は、ひび割れ発生箇所を撤去し打ち換える計画であったが、広範囲にインバートを撤去することは、新たな変位を誘発する懸念があったため、既設インバートを存置し、想定荷重に耐え得る部材をその上部に構築することに変更した。上部補強コンクリートの必要強度と厚さは、再度二次元骨組解析より算定した。解析結果より、上部補強部材の必要強度は 24N/mm^2 (当初は 18N/mm^2)、最小部材厚 580mm (当初は 250mm)となった。

5. おわりに

本工事は、おそらく前例のないインバート改築を含む活線下での高速道路の補強工事のため、様々な作業制限や、工期・安全その他全般に厳しい施工条件であったが、新工法の採用により短期に無事故で要求される補強工事を完了することができた。本件と同様の施工条件を要求される工事は今後増加するものと考えられ、その参考になれば幸いである。また現在、モルタルとボードの最適強度と厚さの相関関係を求めるべく複合部材に対する設計手法を確立中である³⁾。今後は、精度の高い合理的な設計に基づいたボードやモルタルの合理化を行うことにより、更なる工期、コストを縮減した埋設型枠工法を確立し、トンネル補強工事のニーズに応えていく所存である。

参考文献

- 1) 小林他：塑性圧によるトンネルの変状と対策事例について(その1 調査及び設計)、第64回年次学術講演会、2009
- 2) 佐藤他：軽量薄肉パネルを用いたトンネル補強技術に関する基礎的研究、第62回年次学術講演会、2007
- 3) 田中他：高強度埋設型枠を用いたトンネル内巻補強工法の設計法の検討と実施工への適用、第38回岩盤力学シンポジウム、2009

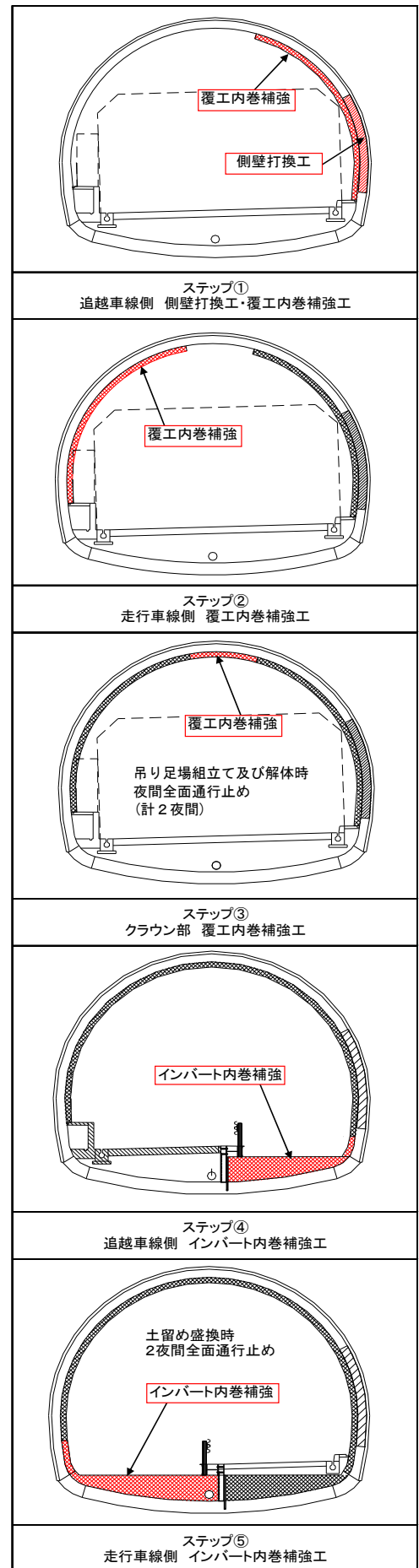


図-4 施工手順