

トンネル坑門工における損傷対策の検討

(株)高速道路総合技術研究所 正会員 ○増田 弘明

正会員 八木 弘

正会員 海瀬 忍

1. はじめに

NEXCO3 会社が管理する山岳トンネルは 1,600 本を超え、概ね半数以上が供用後 20 年以上経過して老朽化が進行し、変状や損傷等の諸問題が増加傾向にある。NEXCO のトンネルにおける覆工コンクリートの損傷によるはく落対策は、平成 10 年に基準が制定され、小片はく落対策を平成 23 年に追加して整備されたが、基本的に無筋の覆工コンクリートの損傷部を対象範囲としており、坑口部などの有筋の覆工コンクリートや坑門工に対する基準が明確ではなかった。坑門工は、橋梁等の有筋構造物と同様な複鉄筋構造であり、鉄筋腐食による損傷が懸念される構造物であるが、これまで鉄筋腐食による第三者が関係する損傷事案等は発生していないため、あまりクローズアップされることはなかった。しかし、入口部の走行性や景観等の配慮から、何らかの表面加工が施されている事例が多く、トンネル構造物の老朽化に伴い、坑門部の損傷事象に繋がる鉄筋露出や表面加工部の浮きなども徐々にではあるが報告されてきており、予防保全という観点から、坑門工に対しても損傷対策を施すことが望ましいと考える。このようなことから、坑門工への損傷対策を検討したので、本報文はこの検討内容を報告するものである。

2. 検討内容

坑門工は橋梁等と同様な明り構造物であることから、NEXCO設計要領第二集橋梁保全編¹⁾や構造物施工管理要領²⁾の規定（以下「明り部要領」という）に従って対策を施せば良いものとする。一方、面壁坑門はチッピングやスリットによる凹凸、レリーフ、描画、塗装等の表面加工が施されている場合があり、明り部要領に定める一般的な対策材料である繊維シートと樹脂を主体とした材料を適用することは困難であることから、表面加工が施されている坑門にも対応が可能な対策材料の検討に至った。坑口部損傷の対策工法としては、吹付けタイプや塗布タイプの工法が考えられるが、多様な表面形状に対して、明り部要領で要求される力学的な性能と同等な性能を実際に有するかという点も課題であった。このため、上記の工法については、室内試験等により定量的に評価を行うこととした。

3. 坑門タイプ別損傷状況

NEXCO各社が管理する山岳トンネルを対象として、坑門工の点検における「浮き、はく離・はく落、鉄筋の露出」の箇所数を坑門の表面形状別に抽出した（図-1）。坑門工タイプ別の損傷発生率は、約3%～13%に分布する。その中でも、縦縞スリットタイプの一部では、スリット端部の劣化進行箇所が見られ、コンクリートの締固め不足等が影響しているものと想定される。鉄筋露出の主な要因としては、所定のコンクリートかぶりが確保されていない場合に、中性化等の進行によって、損傷が発生していると思われる。

4. 化粧供試体を用いた押し抜き試験による力学性能の確認

4-1 試験方法および条件

試験は、明り部要領にある JSCE-K533-2013「コンクリート片の剥落防止に適用する表面被覆材の押抜き試験方法（案）」³⁾に準拠し、供試体は、坑門工の表面形状を模擬し、標準、粗面、化粧型枠、凸型 1 本、凸型 2 本の 5 種類とした。また、対策工法は、パテ状樹脂をコテやゴムヘラ等によって塗布する塗布工法（以下「工法 A」という）、ウレタン樹脂をスプレーガンによって吹き付ける吹付け工法（以下「工法 B」という）、ポリウレタ樹脂をスプレー

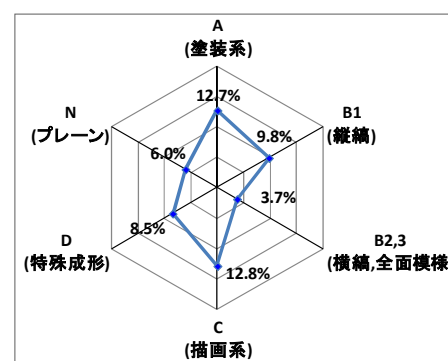


図-1 坑門工タイプ別の損傷発生率

ガンによって吹き付ける吹付け工法（以下「工法 C」という）の 3 タイプとした。

4-2 試験結果と考察

押し抜き試験の結果を図-2 に示す。

①工法 A は、粗面、化粧型枠、凸型 1 本が標準の最大荷重を上回る一方で、凸型 2 本は、唯一、基準値である 1.5kN を満足できなかった。凸型は、凸部側面の施工が難しいため、写真-2 のような同心円に拡大する破壊形状が形成できず、凸部側面下部において対策工が荷重初期段階で破壊され、支持する方向が一方に限定されてしまっているため、効果が発揮されないものと考えられる（写真-3）。

②工法 B は、他の工法と比較すると最大荷重の偏差が小さく、はく離範囲も僅かであり、対策材料が伸びて抵抗している様子が確認できた。

③工法 C は、他の工法と比較すると最大荷重が大きく、最大で基準値である 1.5kN の約 7 倍もの最大荷重となった。これは、凸部での膜厚を確保するため、平均の吹付け厚が他の工法と比べ厚くなっていることが要因と推定された。

④3 工法ともに、凸部側面への均一な吹付けが難しく、金ごてで施工する塗布工法は膜厚が小さくなり、スプレーガンで施工する吹付け工法は膜厚が大きくなる傾向が確認された。

⑤加工形状の違いにより施工法の良し悪しが異なり、膜厚が薄いものは、最大荷重が小さくなり、膜厚が大きいものについては、最大荷重も大きくなる傾向が確認され、形状に適した施工法を選定し、確実な膜厚の管理を行うことで、坑門工への適用が可能と判断される。

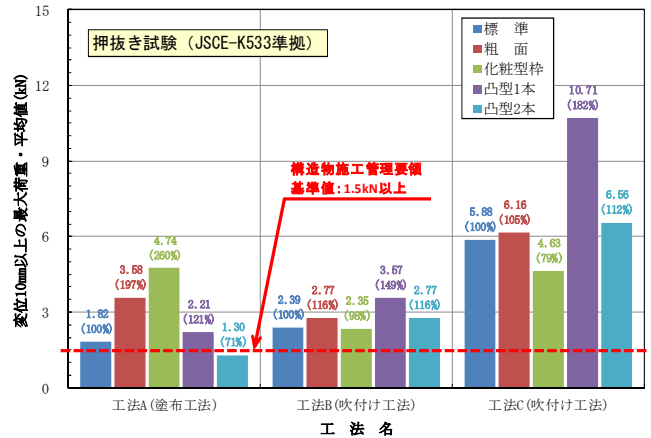


図-2 変位 10 mm 以上の最大荷重平均値

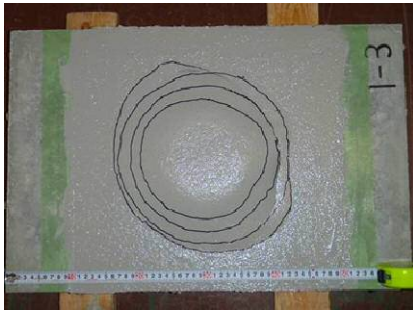


写真-2 押し抜き試験供試体破壊性状
【工法 A, 標準タイプ】

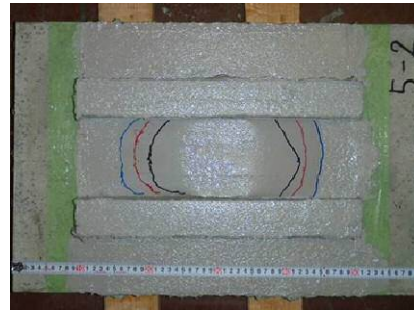


写真-3 押し抜き試験供試体破壊性状
【工法 A, 凸型 2 本】

5. まとめ

坑門工の損傷に対するはく落対策は、今回の試験結果より、吹付けタイプや塗布タイプの適用が可能と判断され、明かり部要領で要求される力学的な性能と同等の性能を有していることが確認された。また、坑口部などの有筋の覆工コンクリートに対する損傷対策は、所定のコンクリートかぶりが確保されていれば、対策の緊急性は低く、コンクリートかぶり調査の結果から個別対応することが妥当との結果を確認している。以上の結果を踏まえ、NEXCO のトンネルにおける坑口部や坑門工の損傷対策については、他の構造物と同様に予防保全の必要性を考慮した要領の整備を行い、更なる安全性の向上に努めてまいりたい。

《参考文献》

- 1) 設計要領第二集 橋梁保全編, 東日本高速道路株式会社・中日本高速道路株式会社・西日本高速道路株式会社, 2014.
- 2) 構造物施工管理要領, 東日本高速道路株式会社・中日本高速道路株式会社・西日本高速道路株式会社, 2014.
- 3) コンクリート標準示方書 規準編 土木学会規準および関連規準, 土木学会, 2013.