

中流動覆工コンクリートにおける力学的特性と長期耐久性について

(株)高速道路総合技術研究所 正会員 ○菅原 千尋, 山崎 哲也
国立研究開発法人 土木研究所 正会員 日下 敦, 菊地 浩貴

1. はじめに

中流動覆工コンクリートは、従来のコンクリートと高流動コンクリートの中間的な性状を有しており、材料分離抵抗性や流動性に優れたトンネル覆工専用コンクリートとして開発され、その適用が広げられてきた。中流動覆工コンクリートを採用することの効果として、従来は狭小空間での棒状バイブレータを用いた窮屈な打込み作業であったものが、型枠バイブレータのみでコンクリートの締固めが可能になることによる作業性の改善や、充填不足による空洞・極端な巻厚不足の防止、密実な品質が得られる、天端部の縞模様がなく、ひび割れ誤認の減、ひび割れが少なくなる等の利点が挙げられてきた。本報告では、これらの利点を検証すべく、一つ目は力学的特性の観点で、従来の覆工コンクリートと比べて耐荷力に差があるのか、二つ目は長期耐久性の観点で、従来の覆工コンクリートと比べて供用段階でひび割れ量に有意な違いがあるかを評価した。

2. 実物大覆工載荷実験による力学的特性の評価

国立研究開発法人土木研究所（以下、「土木研究所」という。）の実物大トンネル覆工載荷装置により、道路トンネルの覆工を模擬した半円形状の供試体に対して載荷を行った。

ジャッキ毎に荷重制御が可能であることから、今回は NATM において覆工が完成した後、何らかの原因により天端 3 点（80° 90° 100°）に集中荷重がかかった状態を想定し力学的特性を確認した（図-1）。

実験は、中流動覆工コンクリートにおけるトンネル一般部を想定した覆工厚さ 300mm の繊維有無と、坑口部を想定した覆工厚さ 350mm の繊維と鉄筋入りの、全 3 パターンとして、過年度に実験した土木研究所¹⁾の case1 と同じ地盤バネ値等の実験条件にすることとし、その実験成果と比較し評価した（表-1）。

天端 3 点を合計した荷重で比較（図-2）すると、土木研究所と NEXCO①は概ね同等となり、中流動覆工コンクリートと普通コンクリートの耐荷重は同等と言える。NEXCO②は耐荷重は同等であるが、十分な粘りが確認された。NEXCO③は、他の覆工厚さ 300mm の 3 供試体と比べて、天端合計荷重の最大値が約 30% 増加（1.3 倍）した。よって、中流動覆工コンクリートは普通コンクリートと比較して、力学的特性は同等であることが確認された。

3. ひび割れ分析による長期耐久性の評価

分析対象トンネルを建設年代別に示すと、1970 年代から矢板工法の普通コンクリート、1980 年代後半から

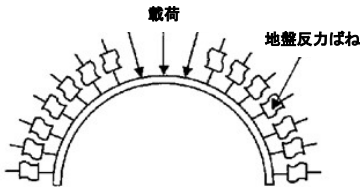


図-1 実験イメージ

表-1 実験ケース

	土木研究所	NEXCO①	NEXCO②	NEXCO③
コンクリート種別	普通コンクリート	中流動コンクリート		
圧縮強度(N/mm ²)	25.4	24.6(σ ₉)	24.7(σ ₁₀)	25.6(σ ₉)
厚さ(mm)	300	300	300	350
鉄筋	なし	なし	なし	あり
繊維	なし	なし	あり	あり

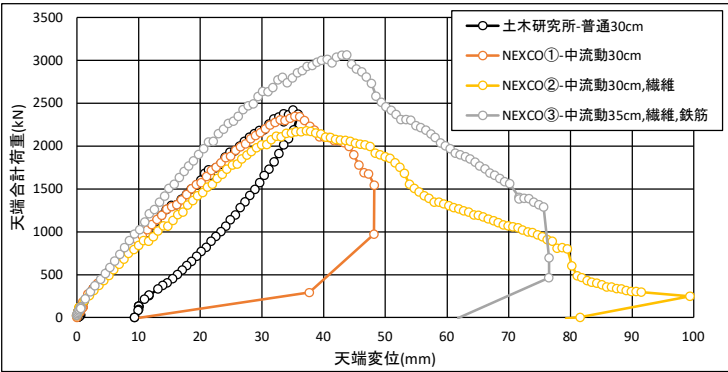


図-2 天端部における荷重と変位量

キーワード：トンネル 中流動覆工コンクリート 覆工載荷実験 ひび割れ分析

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生一丁目 4 番地 1 (株)高速道路総合技術研究所 TEL 042-791-1629

NATM の普通コンクリート、2010 年代後半から NATM の中流動覆工コンクリートで覆工が施工されている(図-3)。NEXCO では、画像撮影点検(写真-1)を行ったのち、約1~2年後に打音点検を行っており、その結果を用いて分析を行った。図-4に、図-3に示した全トンネルデータで累積加積曲線を示す。ひび割れ幅とひび割れ長さによる、ひび割れの総量である F0 値²⁾の、1 スパンあたりの平均値($\times 10^{-5}$)は、中流動覆工コンクリートで 1.28、普通コンクリートで 5.08、矢板工法で 13.03 となっている。これは、ひび割れの発生量は中流動覆工コンクリートで最も少なく、矢板工法で多いことを示している。また、中流動覆工コンクリートは細かいひび割れの割合が多く、普通コンクリートは大小のひび割れがまんべんなく分布し、矢板工法は大きなひび割れの割合が多い傾向を示している。

次に、同チューブかつ同時期に施工された覆工の品質を把握することを目的に、2010 年に施工された第二京阪自動車道寝屋川第二トンネルにおいて実施された 2021 年の定期点検における普通コンクリートおよび中流動コンクリートの F0 値の平均値($\times 10^{-5}$)を算定した結果を図-5 に示す。従来の普通コンクリートは 7.11、試験的に施工された中流動覆工コンクリートは 4.14 となっており、竣工後 11 年でひび割れを評価した場合、中流動覆工コンクリートの方が、ひび割れ量が少ない結果となった。

以上より、中流動覆工コンクリートは、普通コンクリートと比較してひび割れ量が少なく、微細なひび割れの割合が多いことから、利用者被害が懸念されるはく落等を誘発する可能性がある規模の大きなひび割れの発生は抑制可能であると評価できる。

4. 最後に

中流動覆工コンクリートは、従来の普通コンクリートと比べて、同等な力学的特性を持ち、維持管理段階においても、規模の大きなひび割れの発生が少ないことを定量的に示すことができた。今後は、ひび割れについて分析数を増やすとともに、浮き・はく離についても分析し、中流動覆工コンクリートの長期耐久性について考察に補足を加えたい。また、上記の耐荷性能、耐久性能に加え、施工性や自動化施工等との融和性等の優位性も含めて総合的に評価する必要がある。

《参考文献》

- 1) 菊地浩貴，日下敦，砂金伸治，佐々木亨，巽義知：山岳トンネルにおける覆工の耐荷性能の評価手法の提案，第 32 回トンネル工学研究発表会，2022.11.
- 2) 水野希典，前田佳克，海瀬忍，前田洸樹，重田佳幸，松岡茂，西村和夫：既設トンネル覆工の変状原因推定手法に関する検討，土木学会論文集 F1，Vol.73，No.3 (特集号)，I_1-9，2017.

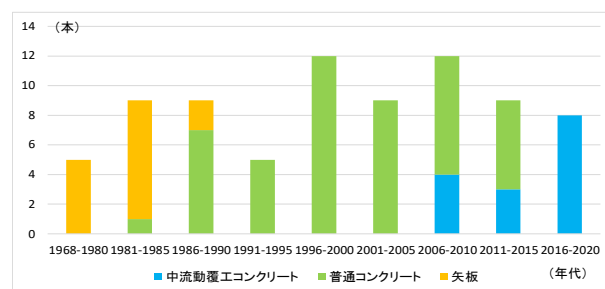


図-3 年代別トンネル数



写真-1 画像撮影での点検状況

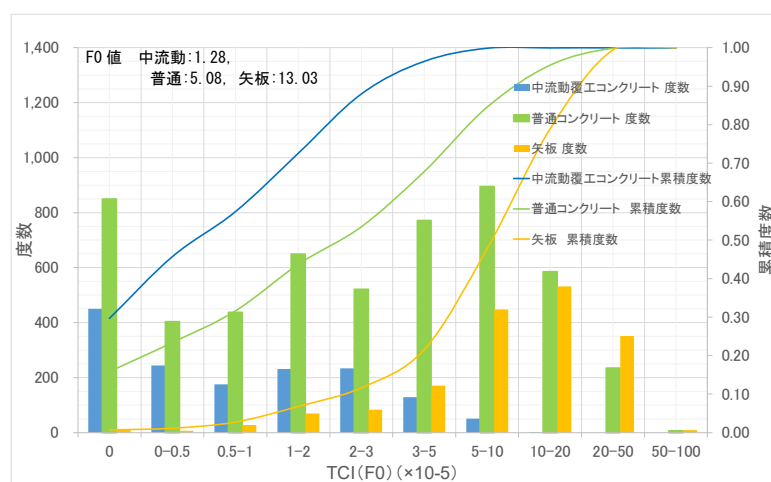


図-4 累積加積曲線による比較

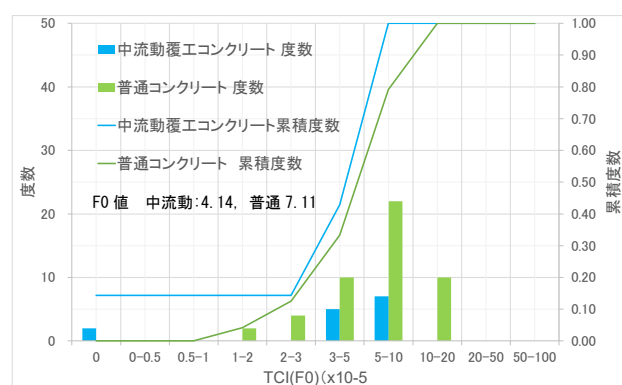


図-5 寝屋川第二トンネルの比較