

覆工コンクリートの施工目地部の付着低減剤の開発と現場適用

清水建設（株）

正会員

○前原 一稀

平野 宏幸

宮田 佳和

国土交通省

九州地方整備局

熊本河川国道事務所

永松 寿隆

グローバルワークス（株）

正会員

新田 智博

1. はじめに

近年，トンネル覆工コンクリートにおける対策の必要な変状の大半は，施工目地部に発生するひび割れ，うき，はく離である¹⁾．覆工コンクリートとして打ち込まれたコンクリートの施工初期や季節変動による温度変化，あるいは，乾燥収縮等により部材が伸縮することは，施工目地部においても避けられない．したがって，この目地部が付着した状態でコンクリートが収縮する場合，収縮変形が拘束されるため，**図 1** に示すように目地部に引張応力が発生し，ひび割れや浮き等の不具合が発生することがある．この対策として，目地部の付着を低減することでこれらの不具合が解消できることに着目した．

本論文では，トンネル覆工目地部の付着低減を目的とした付着低減剤の開発，および，その現場適用について報告する．

2. 室内試験

室内試験で縁切剤の付着低減効果を曲げ試験により評価することとした．コンクリートの配合，使用材料を**表 1** に示す．配合は適用予定現場の配合を参考にし，使用材料は試験室で使用しているものに変更した．この配合の材齢 28 日の圧縮強度は平均で 36.5N/mm² であった．付着低減剤として使用した薬剤は，ポリエステルエマルジョン系の開発品（以下，開発品）と既往のトンネルで実績があるシラン系表面含浸材（以下，含浸材）とし，付着低減剤を使用しないケースと比較した．

試験では**写真 1** に示すように 100×100×400mm の鋼製型枠に仕切りを設け，先打ち部を打ち込んだ後，18 時間後に仕切り板のみ脱型し，仕切り面に付着低減剤を塗布し，先打ち部打込みの 48 時間後に後打ち部を打ち込んだ．仕切り板はトンネル覆工の棲型枠を模擬し，合板型枠にスチレンボード製の高さ 5mm，幅 20mm の凹凸板を 2 か所設けた．供試体は後打ち部打込みの翌日に脱型し，その後恒温恒湿室（20℃，RH60%）にて封かん養生し，後打ち部の材齢 7，28，91 日で曲げ試験(JIS A 1106)を行った．

曲げ試験の結果を**図 2** に示す．材齢が進むにつれて，無塗布のケースでは曲げ強度が増進しているが，付着低減剤を塗布したケースでは材齢 7 日から強度は低下傾向にあることがわかる．また，**図 2** 中の％は無塗布に対する強

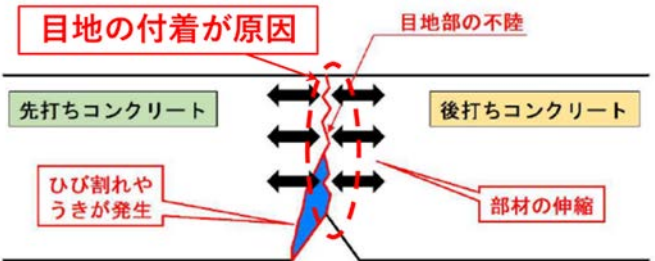


図 1 目地部不具合の発生メカニズム 1)の図に追記

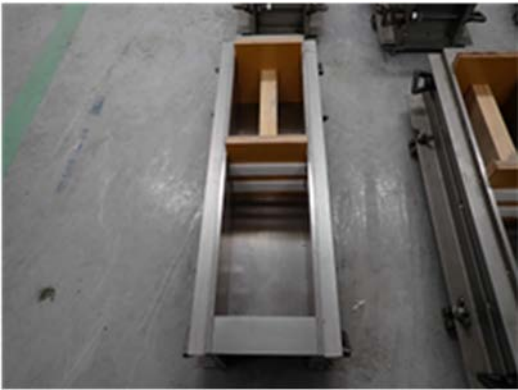


写真 1 型枠（先打ち部打込み前）

表 1 コンクリートの配合，使用材料

配合	W/C	s/a	単位量 (kg/m ³)							試験結果		
			W	C	S1	S2	G1	G2	SP	SL(cm)	空気量(%)	コンクリート温度
30-18-20N	49.0	47.1	165	337	586	258	477	477	1.01 (C×0.3%)	先:19.5 後:17.5	先:5.8 後:5.2	先:22℃ 後:22℃

W 水…上水道水，C セメント…密度:3.16g/cm³，S1 細骨材…千葉県君津産山砂/密度:2.60g/cm³，S2 細骨材…青森県八戸産砕砂/密度:2.67g/cm³，G 粗骨材…栃木県鹿沼産硬質砂岩砕石/密度:2.69g/cm³(G1:2010,G2:1505)，SP 混和剤…高性能 AE 減水剤標準形

キーワード トンネル，覆工，コンクリート，目地部，付着，ひび割れ

連絡先 〒869-2225 熊本県阿蘇市一の宮町宮地 2005-5 清水建設（株）滝室坂トンネル西 TEL:0967-24-1002

度比を表しているが、含浸材は材齢7日から効果がありその後の変化は小さいが、開発品は材齢28日で含浸材と同様、材齢91日では含浸材よりも曲げ強度が小さくなった。このことから開発品は長期的な温度変化や乾燥収縮による収縮に対して、より付着低減効果が高いことがわかった。この開発品を現場に適用し効果を確認した。

3. 現場における効果検証

今回適用した滝室坂トンネル西工区は、熊本市と大分市を結ぶ中九州横断道路の一部で、阿蘇外輪山の東部を貫く全長約4.8km、掘削断面積107m²（仕上がり断面積95m²）の道路トンネルである。当工事は、このうち西側（阿蘇外輪山の内側）の本坑2,679m、避難坑3,069mを施工しており、本坑覆工コンクリートにて付着低減剤の効果の検証を行った。

開発品の塗布状況を写真2に示す。塗布範囲は全断面と表面から150mmの範囲を試験施工と比較し、効果に差がないことを確認した。なお、付着低減を目的に表面から100mmの範囲にはプレートを入れ（写真3）、打継ぎ面を平滑にしている。塗布の有無による脱型後の目視比較（写真4）により縁が切れていることは確認されたが、さらに定量的な評価とするため、開発品を塗布した目地部において、覆工脱型直後にPI（パイ型）変位計を設置し付着低減効果を検証した。

開発品を塗布した目地部の変位測定結果を図3に示す。打込み後2週間までの計測結果を示しており、打込みから2日後に計測を開始した。計測直後から変位量が大きくなり、開発品により徐々に表面部分が開いていることがわかる。3月24日に隣接BLの打込み後の温度上昇により変位量が一時的に小さくなったが、その後も変位量は増加傾向にあり、隣接BLの温度低下および27日の隣接BLの脱型を機に天端部、肩部で変位量が急激に大きくなり、縁が切れ始めていることがわかる。インバート部はインバートに拘束されているため現時点では開きが確認されなかった。天端からSL下部に関しては今後もさらに開いていく傾向である。これらにより現場での効果を確認できた。

参考文献

- 1) 国土交通省東北地方整備局コンクリート構造物の品質確保の手引き（案）トンネル覆工コンクリート編 2021年改訂版, p.17, 2021.6

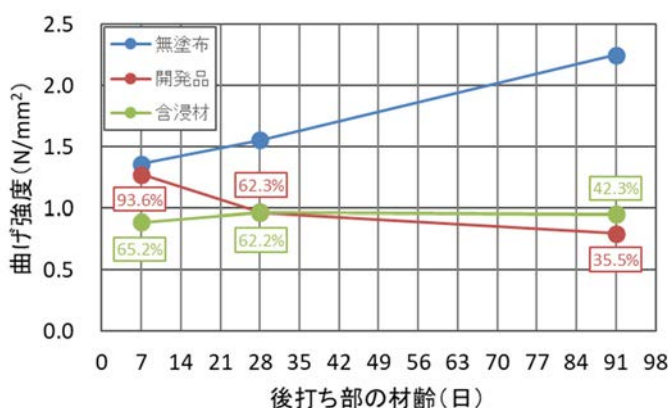


図2 曲げ強度と材齢の関係



写真2 付着低減剤塗布状況



写真3 妻型枠プレート



写真4 脱型後の目地部状況

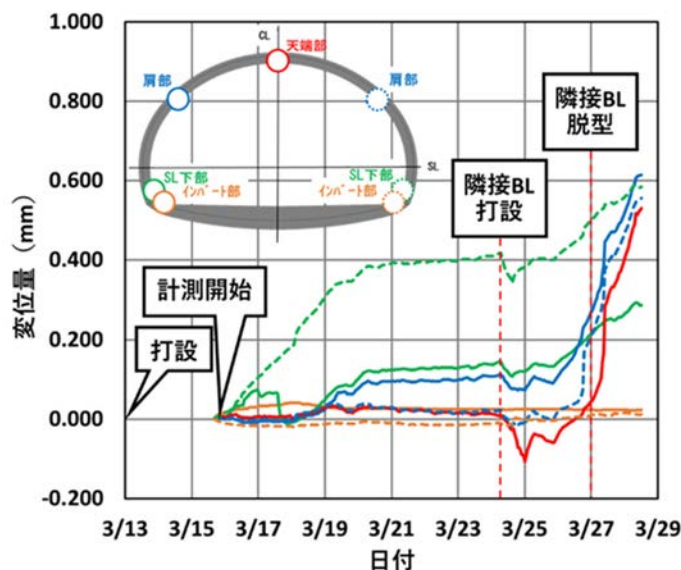


図3 目地部変位量測定結果