

覆工コンクリートの天端部における打重ね箇所のひび割れ性状に関する要素実験

(株) 奥村組 ○正会員 小野 緑 正会員 齋藤隆弘 正会員 張 志瑄
東京工業大学 環境・社会理工学院 正会員 岩波光保

1. はじめに

山岳トンネルの覆工コンクリート天端部の打ち込み時には、狹隘空間であるため入念な施工が困難である。天端の打ち込み時において打重ね箇所にブリーディング水が残留した場合、コンクリートの品質の低下に伴うひび割れの発生が懸念される。本研究は天端部の打重ね箇所を対象としてブリーディング水が残留した状況をモデル化し、拘束環境下の乾燥収縮実験を行い、ブリーディング水などがひび割れの発生に及ぼす影響について検証した。

2. 拘束環境下の乾燥収縮実験

覆工天端の打重ね箇所を対象にひび割れ性状を把握するため、JIS A 1151 の「拘束されたコンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法」を参考にして実験を行った。覆工の実施工では、水セメント比の大きいモルタル状の物質(以下、ノロと称す)が大量に発生する場合がある。供試体のサイズは実構造物よりも小さく、実構造物相当のブリーディング水は発生しないため、本実験では実際のノロを模擬して作製したものを、打重ね箇所に投入した。

2.1 実験ケース

表 1 にコンクリートの配合を、表 2 にノロの配合を示す。ノロの配合は文献¹⁾を参考として設定した。実験には上記の試験方法で用いる拘束形鋼を使用した。表 3 に実験ケースを示す。Case1 は打ち重ねず、Case2 と Case3 は 2 層に打ち重ねてノロの有無を変化させて設定した。また、Case4 と Case5 はノロに剥離剤が混入したケースを想定して、Case4 のノロには原液の油性剥離剤を、Case5 のノロには 10 倍に希釈した水性剥離剤を添加した。剥離剤の添加量は、ノロの質量に対し 3%とした。

2.2 実験方法

図 1 に供試体作製手順を、図 2 に作製した供試体の断面図を示す。供試体の作製は、傾斜をつけて 1 層目のコンクリートを全体の体積の 1/4 打ち込み、続いてノロ(重量 200g)をその上に重ね、最後に 2 層目のコンクリートを打ち込んだ。締固めは、加振変形試験器を使用して 10 秒間振動させた。その後湿布で供試体を覆い、気温 20℃、湿度 60%の養生室で 7 日間静置した。本実験では天端部を想定しているため、供試体底面を内空側(乾燥面)、供試体上面を地山側(地山面)と設定し、地山面には養生テープを貼付した。ひずみゲージは、乾燥面、地山面、拘束形鋼のそれぞれに 2 つずつ設置した(写真 1)。供試体は 1 層目を下にし、立てかけて養生室に静置した。供試体に発生するひび割れの確認は、1 日 1 回行った。

表 1 コンクリートの配合

目標スラング [*] (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)				
		水 (W)	セメント (C)	細骨材 (S)	粗骨材 (G)	AE減水剤
16.5±1.5	4.5±1.5	173	317	765	1026	6.35
W/C=55%, s/a=45%, 混和剤添加率: C×0.02, C: 普通ポルトランドセメント, S: 山砂 (千葉県富津市鶴岡), G: 砕石 (茨城県桜川市富谷), AE減水剤: 第 1 種 AE減水剤						

表 2 ノロの配合

単位量 (kg/m ³)				備考
水 W	セメント C	細骨材 S	AE減水剤	
486	627	793	6.27	W/C=80%

表 3 実験ケース

実験ケース	打重ねの有無	ノロ
Case1	なし	なし
Case2	あり	なし
Case3	あり	あり
Case4	あり	ノロ+油性剥離剤
Case5	あり	ノロ+水性剥離剤

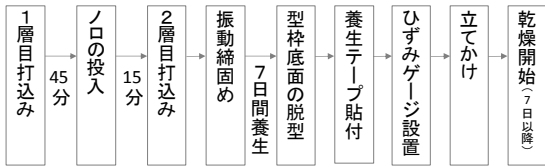


図 1 供試体作製手順

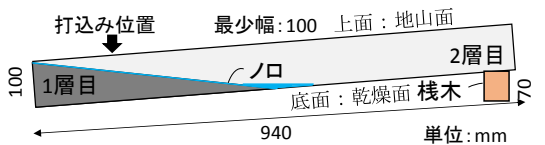


図 2 供試体作成時の断面図

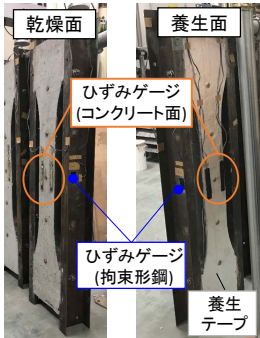


写真 1 実験状況

キーワード 覆工コンクリート、打重ね、ノロ、ひび割れ、乾燥収縮試験

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387 (株) 奥村組 技術研究所 T E L 029-865-183

3. 実験結果および考察

図3に乾燥面と地山面に発生したひずみを、図4に拘束形鋼に発生したひずみから算出したコンクリートの応力を示す。コンクリートの応力は、ひずみに一般的な鉄のヤング係数($E=205 \times 10^3 \text{N/mm}^2$)を乗じて算出した。図5と表4に乾燥面のひび割れの発生位置、ひび割れの発生材齢、貫通材齢を示す。発生材齢は目視により確認し、貫通材齢は図4に示すコンクリートの応力が急変する点とした。

3.1 打重ねの影響

打重ねの影響を検討するため、Case1(打重ね無)とCase2(打重ね有・ノロ無)を比較する。Case1のひび割れの発生材齢と貫通材齢は77日、Case2は69日となり、大きな違いはなかった。また、図5よりCase2のひび割れの発生位置は打重ね位置から離れているため、ひび割れの発生には打重ねは影響していないと考えられる。

3.2 ノロの影響

ノロがひび割れ発生の時期や位置に及ぼす影響を検討するため、Case2(ノロなし)とCase3(ノロあり)を比較する。Case3のひび割れ発生材齢は30日、貫通材齢は65日となり、ひび割れ発生から35日後に地山面に貫通した。また、図4のCase3は材齢30日と65日の2回に分けて応力が急変しており、材齢30日のひび割れ発生から材齢65日にかけて徐々にひび割れが進展し、貫通したのだと考えられる。Case2と比較するとCase3は、ひび割れ発生材齢が早くなるとともに、コンクリートの最大引張応力も大幅に低下している。さらに図5のCase3は打重ね位置にひび割れが発生している。これらのことから、打重ね箇所におけるノロの存在によりひび割れが誘発され、発生時期が早くなったと考えられる。

3.3 剥離剤の混入による影響

剥離剤がノロに混入した影響を検討するため、Case3(剥離剤なし)、Case4(油性剥離剤)、Case5(水性剥離剤)を比較する。Case4とCase5ではひび割れ発生材齢と貫通材齢は同一であり、ひび割れ発生直後に地山面まで貫通している。ひび割れが徐々に進展したCase3と比較すると、ひび割れの進展形態が異なっている。また、Case4とCase5のひび割れ貫通材齢は、他のケースよりも材齢が若い。これらのことから、打重ね箇所において剥離剤を混入したノロの存在により、ひび割れの発生から急激にひび割れが進展し、貫通したと考えられる。剥離剤がひび割れの発生、進展に及ぼす影響は現時点では不明確な点も多いことから、今後の課題としたい。

4. まとめ

覆工天端部の打重ね箇所を対象として、ノロがひび割れ発生に及ぼす影響を検証するため拘束環境下の乾燥収縮実験を実施した。その結果、覆工天端部の打重ね箇所におけるノロの存在は、ひび割れの発生を誘発し、さらにノロに剥離剤が混入することで、ひび割れの進展形態が変わる可能性があることが確認できた。

【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(トンネル覆工コンクリート編), p.13, 2016年

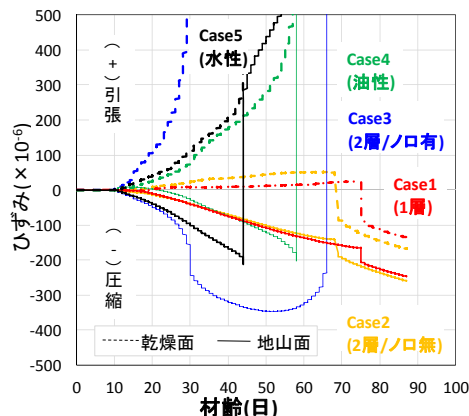


図3 ひずみと経過日数の関係

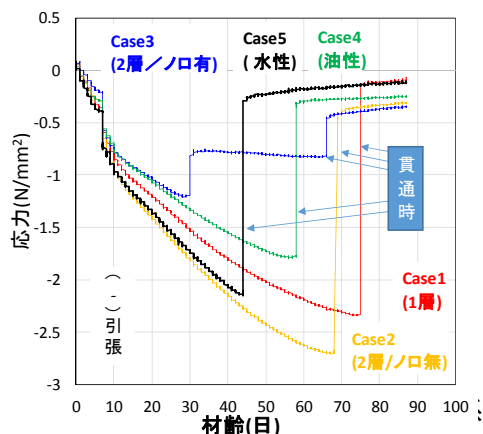


図4 ひずみと材齢の関係

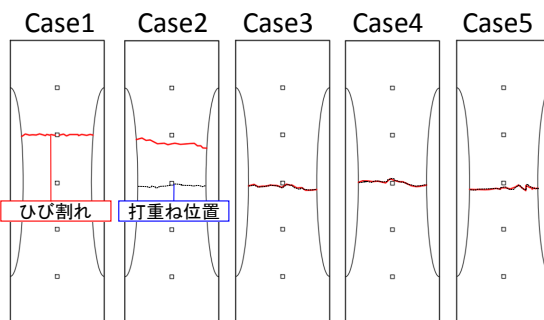


図5 ひび割れのスケッチ(乾燥面)

表4 ひび割れ発生状況

実験ケース	発生材齢(日)	貫通材齢(日)	発生位置
Case1	77	77	中央から上部へ15cm
Case2	69	69	中央から上部へ12cm
Case3	30	65	打重ね部分
Case4	59	59	打重ね部分
Case5	47	47	打重ね部分