

V-200

トンネル二次覆工コンクリートのひびわれ制御対策に関する一考察

国鉄 下関工事事務所 正会員 白木 博昭
国鉄 九州総局 正会員 速水 昭正
清水建設(株) 正会員 田中 栄治

1. はじめに

NATMにより施工したトンネルの二次覆工コンクリートには在来工法に比べて、セメントの水和熱ならびに外気温の変化に伴う温度収縮、さらに乾燥収縮に起因するひびわれが多く発生する傾向が認められている。これらのひびわれは覆工コンクリートを貫通していることが多いため、漏水や剥落の原因となることがから、これまでにひびわれ制御に関する調査研究がいくつか行われている。また、研究成果の一つとして一次覆工と二次覆工との間にシートを設置する等のアイソレーション工法が有効であることが明らかにされている。¹⁾

本報告は制御効果、施工性および経済性を有する制御対策の1つとして、二次覆工コンクリートにあらかじめ溝を設置し、この箇所にひびわれを計画的に発生させることにより薄部以外に発生するひびわれを制御する対策²⁾に着目して実施した、現場試験結果をとりまとめたものである。

2. 試験概要

試験は山陰本線木与トンネルの全長1,610mのうち中央部の155mの区間で行った。図-1にトンネルの標準断面を示す。ひびわれ制御対策はコントロールジョイント工法（以下C.J.工法と略記）および応力緩和溝工法の2種類を行った。C.J.工法とは図-2に示す形状を有する切欠をトンネル軸方向あるいはリング方向に設置することにより、この切欠の箇所に強制的にひびわれを発生させる工法である。一方、応力緩和溝工法とは図-3に示す形状を有する溝をリング方向に設置することにより、この部分にひびわれを強制的に発生させるとともに二次覆工コンクリートに発生する応力を緩和する工法である。表-1に各試験スパンの設定条件および測定項目を示す。ひびわれ調査は目視（クラックスケール）により全スパンで行い、ひびわれの発生時期およびその進展と分布を記録した。ひびわれ幅は50cm間隔のメッシュ

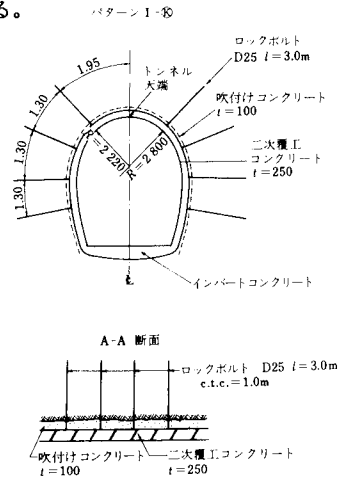


図-1 NATM標準断面

表-1 各スパンの試験条件および測定項目

とひびわれが交差する点で測定した。表-2に二次覆工コンクリートの配合を示す。

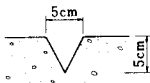


図-2 コントロールジョイント工法

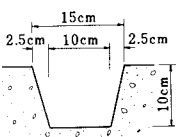


図-3 応力緩和溝工法

スパン No.	77	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63
コントロールジョイント	C. J. セッチ (m)	—	—	—	—	—	3.5	3.5	3.5	3.5	5.25	5.25	5.25	5.25	—
	スプリングライン C.J.	—	—	—	—	—	有	有	無	無	有	有	無	無	—
応力緩和溝	応力緩和溝セッチ (m)	—	—	3.5	3.5	5.25	5.25	—	—	—	—	—	—	—	—
	スプリングライン C.J.	—	—	無	無	無	—	—	—	—	—	—	—	—	—
測定項目	品 度	6	6	—	6	—	6	—	6	—	6	—	6	—	—
	ひ ず み	7	—	9	—	7	—	6	—	6	—	6	—	7	—
	セ ン 断 変 位	7	—	—	—	7	—	7	—	—	—	—	—	—	—
	継 目 の 開 き 幅	4	—	4	—	4	—	4	—	4	—	4	—	4	—
	ひ び わ れ 幅	—	—	2	—	2	—	5	—	6	—	4	—	5	—

表-2 示方配合

粗骨材の 最大寸法	スランパ の範囲	空気量の 範囲	水セメント 比 (W/C)	細骨材率 s/a	単 位 量 (kg/m³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和材料
(mm)	(cm)	(%)	(%)	(%)					
40	15±1.5	4±1	58	41.5	175	302	740	1104	0.755

3. 試験結果

図-4に覆工コンクリート中心の温度とひずみの経時変化を示す。なお、各スパンの二次覆工コンクリートの平均厚41~58cmであった。コンクリート温度は打込み後上昇し始め、ほぼ1日後にピークを示し、その後降下して約20日経過してトンネル内温度に等しくなっている。コンクリートひずみはコンクリート温度上昇時には圧縮を示し、温度降下時には二次覆工が背面の拘束により収縮が妨げられるため引張側に反転している。打継目の開き幅は、初期材令においてはコンクリート温度の上昇時に閉じ、温度降下時に開く傾向を示し、その後は坑内の温湿度の変化に伴って多少の開閉が認められた。二次覆工のせん断変位は、材令初期においてリング方向はインバート側へ、トンネル軸方向は拘束のない坑口側へ変位が発生した。しかし、ひびわれの発生によりその付近のせん断変位は影響を受け、トンネル天端ではひびわれの発生により一次覆工と二次覆工の間にかかなり大きなせん断変位が発生することが認められた。図-5~7にコンクリート打込み後約300日（1月末）のひびわれ図を代表的ケースについて示した。無対策区間ではひびわれは無秩序に入り、一部では閉合している。このようなひびわれは今後漏水が生じた場合の補修が困難であり、剥落する可能性もある。ひびわれ幅は0.04mmのヘアクラックから最大ひびわれ幅1.0mmに及んでいる。図-6は応力緩和溝のみを3.5mピッチに1スパン当り2本設けたケースの結果である。リング方向のひびわれは応力緩和溝にほぼ集中している。図-7はトンネル軸方向にスプリングラインの位置でC.J.を設け、リング方向にはスパン中央にC.J.を設けたケースであるが、C.J.の外はトンネル天端に平均0.5mm最大1.0mmのひびわれと若干のヘアクラックが生じた。トンネル天端にひびわれを生じたのは、スプリングライン相互の間隔が約8mであるためC.J.による応力の緩和が不十分であったためと考えられる。

4. まとめ

コントロールジョイントおよび応力緩和溝を用いたひびわれ制御試験を約1年間にわたって行い、ひびわれはこの方法によって十分制御し得ることを確認した。

今後はトンネルの規模、形状に応じた適切な応力緩和溝およびコントロールジョイントの配置方法を検討し、実用に供していきたいと考えている。

（参考文献）

- 1) 日本トンネル技術協会：NATMにおける二次覆工の設計施工に関する調査研究報告書、昭和58年3月
- 2) 小野他：都市NATMトンネル覆工コンクリートのひびわれ制御対策選定に関する研究、土木学会論文集/VI-4、1986-3

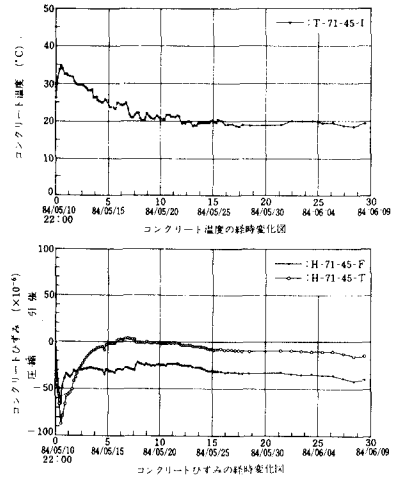


図-4 コンクリート温度とひずみの経時変化

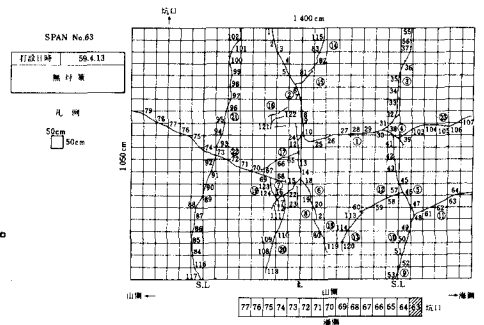


図-5 ひびわれ調査図

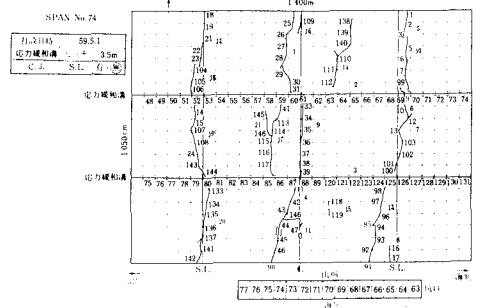


図-6 ひびわれ調査図

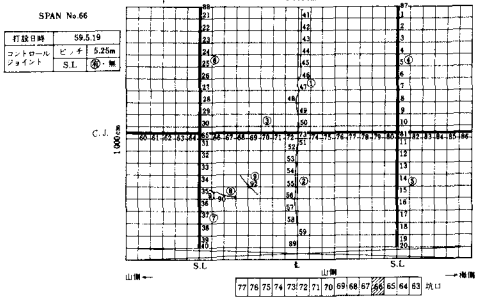


図-7 ひびわれ調査図