

覆工コンクリートのひび割れ抑制対策と実績

戸田建設(株)	正会員	○原	敏昭
戸田建設(株)		鈴木	寿人
戸田建設(株)		山火	智洋

1. まえがき

覆工コンクリートの所定の品質を確保し、構造物としての耐久性を向上させるためには、覆工コンクリートのひび割れを抑制することが重要である。本稿は、三重県北牟婁郡紀北町に位置する紀勢線古里第 2 トンネル(延長 430m)において実施した、ひび割れ抑制対策の内容及びその効果をまとめたものである。

2. ひび割れ抑制対策

本トンネルは、延長 430m と短く両坑口ともに谷に面していたため、坑口へのアクセスや施工ヤードを考慮し、下り勾配（2.856%）の片押し掘削にて施工したトンネルである。覆工コンクリートの施工計画において、セントル（L=10.5m）両端部の高低差が 30cm となるため、ラップ側天端コンクリートの充填不足に伴う不具合や、トンネル貫通時の坑内通風による急激な乾燥や温度変化に伴うひび割れの発生が懸念された。本稿は、これら懸案を考慮して採用した、打設方法、コンクリートの配合、養生方法について報告する。

(1) 打設方法

覆工コンクリートは、坑口側から切羽側に向けて施工するのが一般的であるが、本トンネルでは、天端コンクリートの充填を確実にを行うため、切羽側から坑口側に向けて施工する方法を採用した。切羽側から施工することで上り勾配打設となり、セントルの吹上げ口から打設したコンクリートが連続的に充填できるようになる（図-2.1）。また、バイブレータによる締固めが困難な天端部の充填対策として、天端引抜き式バイブレータ（φ50mm、4本）を使用した。

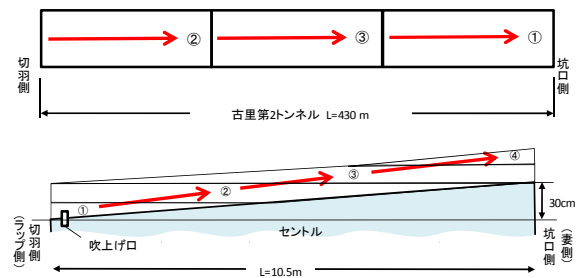
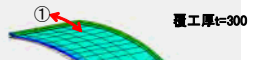
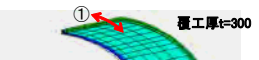
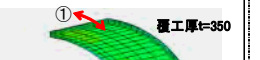


図-2.1 上り勾配打設による天端充填対策

(2) コンクリート配合

材料面のひび割れ抑制対策とし、乾燥収縮ひび割れの抑制に効果のある「ポリプロピレン系繊維」をトンネル全線の覆工コンクリートに添加した。また、コンクリートの水和に伴う温度応力によるひび割れを防止するため、本トンネルの施工・環境条件に基づく温度応力解析を実施した。本トンネルでは、解析により得られるひび割れ指数（＝引張強度／最大主引張応力度）の目標値を「ひび割れの発生をできるだけ制限したい場合」の1.45以上とし、部材厚（覆工厚）が大きくひび割れ指数が1.45未満となるDⅢ区間について、「膨張材」を添加することとした。（図-2.2）に温度応力解析結果、（表-2.1）に配合表を示す。

CⅡ通常期(24-18-40BB)					DⅠ通常期(24-18-40BB)					DⅠ夏期(24-18-40BB)					DⅢ通常期(24-18-25BB)									
解析時期:11月					解析時期:10月					解析時期:9月					解析時期:10月									
施工時期:2、3月					施工時期:9、10、1、2、3月					施工時期:10、11、12、2月														
																								
覆工厚t=300					覆工厚t=300					覆工厚t=300					覆工厚t=350									
	ひび割れ指数		コンクリート内部最高温度				ひび割れ指数		コンクリート内部最高温度				ひび割れ指数		コンクリート内部最高温度				ひび割れ指数		コンクリート内部最高温度			
	Icr	材齢(日)	(℃)	材齢(日)		Icr	材齢(日)	(℃)	材齢(日)		Icr	材齢(日)	(℃)	材齢(日)		Icr	材齢(日)	(℃)	材齢(日)		Icr	材齢(日)	(℃)	材齢(日)
①	2.38	14.7	25.8	1.0		2.24	9.3	28.6	0.8		1.75	7.3	35.7	0.5		2.43	104.0	34.8	0.9		2.15	365.0	34.3	1.0
②	2.53	13.0	26.2	1.0		2.26	9.3	29.0	0.8		1.70	8.0	36.2	0.5		2.15	365.0	34.3	1.0					

(凡例)



ひび割れ発生確率大

図-2.2 温度応力解析結果

Key Word: 山岳トンネル、覆工コンクリート、ひび割れ

戸田建設(株)名古屋支店土木工事部:名古屋市東区泉 1-22-22 TEL.052-951-8543 E-mail toshiaki.hara@toda.co.jp

表-2.1 コンクリート配合表

		呼び強度 (N/mm ²)	スラブ (cm)	粗骨材 最大寸法 (mm)	セメントの 種類	水セメント比 (%)	単位量(kg/m ³)					備考
							セメント	水	細骨材	粗骨材	混和材・混和剤	
決定 配合	CⅡ・DⅠ (通常期)	24	18	40	BB	52	308	159	869	928	高性能AE減水剤 2.156	※2
	CⅡ・DⅠ (夏期)	24	18	40	BB	52	317	165	856	918	高性能AE減水剤 2.219	※2
	DⅢ (通常期)	24	18	25	BB	52	310※1	161	884	907	膨張材 20 高性能AE減水剤 2.170	※2

※注1)酸化カルシウム(CaO)を主成分とした石灰系の膨張材(20kg/m³)を含む ※注2)ポリプロレン系繊維(910g/m³)含む

(3) 養生方法

トンネル貫通に伴うトンネル坑内の通風による覆工コンクリートの急激な乾燥や温度変化を防止するため、トンネル貫通側坑口に「防風シート」(写真-2.1)を、トンネル坑口に「遮へいバルーン」(写真-2.2)を設置した。また、セントル全体を断熱シートで覆う「セントルバルーン」(写真-2.3)で打設箇所を密閉し、初期養生時の湿潤保温状態を保持した。



写真-2.1 防風シート



写真-2.2 遮へいバルーン

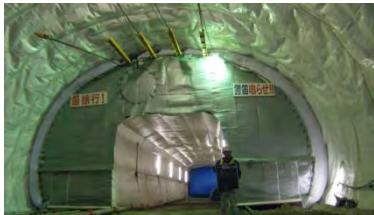


写真-2.3 セントルバルーン

3. 施工結果

覆工コンクリート全 42 スパンの施工結果の概要を(図-3.1)に示す。平成 22 年 9 月から平成 23 年 3 月までの冬期を中心とした 7 ヶ月間で施工した。懸念されたひび割れは、9 月に打設したDⅠ区間の 4 スパンの下半部にのみ発生してしまった。ひび割れは、覆工下端から鉛直方向に発生し、事前の解析より覆工厚が大きく打設温度も高かったことから、インバートの外部拘束が原因と考えられる。

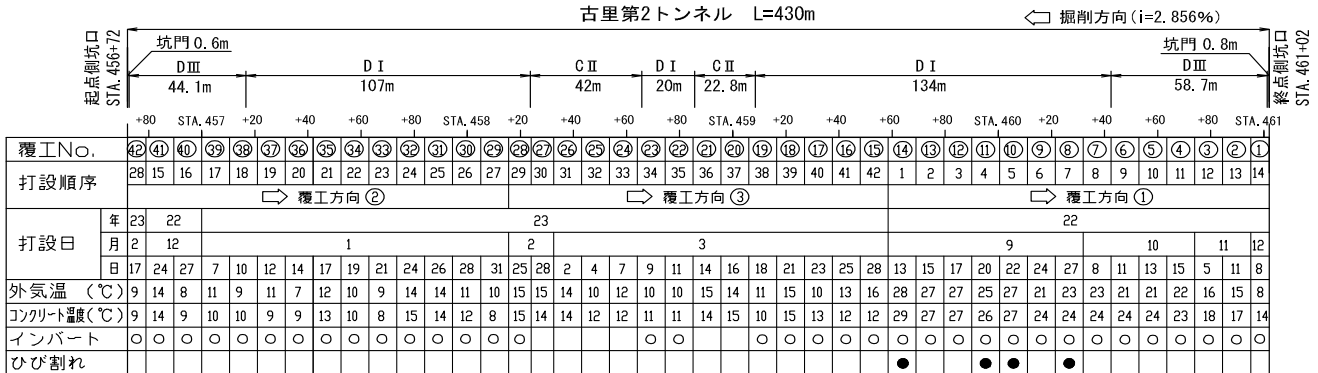


図-3.1 覆工コンクリート施工図

坑内外の温度と湿度の観測結果を(表-3.1)に示す。今回採用した養生によって、施工期間中の坑内最低温度が 11℃、坑内湿度が 70%以上となり、覆工コンクリートの急激な温度変化や乾燥を防止し、ひび割れを抑制できたと考える。

4. まとめ

紀勢線古里第 2 トンネルの覆工コンクリートにおいて、打設方法、コンクリートの配合、養生方法に関するひび割れ抑制対策を採用し、全 42 スパンのうち 38 スパンのひび割れ発生を抑制することができた。残念ながら、9 月に打設したDⅠ区間の 4 スパンは、インバートの外部拘束と考えられる鉛直方向のひび割れが発生してしまった。今回の知見を活かし、今後も継続し覆工コンクリートの品質向上を追及したい。

参考文献

1) 土木学会：コンクリート標準示方書（設計編），P180-182, 2007 年制定

表-3.1 坑内外の温度・湿度の比較

時期		温度(℃)			湿度(%)		
		坑内	坑外	差	坑内	坑外	差
H22	9	27.0	25.0	2.0	75	73	2
	10	22.0	19.3	2.7	80	78	2
	11	16.0	12.7	3.3	75	66	9
	12	13.0	9.2	3.8	70	60	10
H23	1	11.0	4.5	6.5	70	49	21
	2	14.0	7.7	6.3	70	65	5
	3	15.0	8.2	6.8	70	58	12
平均		16.9	12.4	4.5	72.9	64.1	8.7