

羊蹄トンネル（比羅夫）他における一次覆工コンクリートの異なる温度変化による性状

奥村・日本国土・札建・山田 JV 正会員 ○加藤清孝 株式会社 奥村組 技術研究所 正会員 齋藤隆弘

奥村・日本国土・札建・山田 JV 正会員 岩永 直 (独) 鉄道・運輸機構 非会員 成田研人

1. はじめに

本工事は新函館北斗・札幌間を結ぶ北海道新幹線の内、ニセコ町と倶知安町にまたがる羊蹄トンネル（9,750m）の終点側（延長 5,569m）を構築する。本トンネルは、シールドを用いた場所打ち支保システム（以後,SENS）を採用する。SENS は、掘進と連動して打設する場所打ちの一次覆工コンクリートによってライニングを構築する施工方法である。

SENS に用いる一次覆工コンクリートは、施工条件、環境条件により、様々な要求性能が求められる。トンネル掘削に先立ち、コンクリートの各種基本性状試験を実施し、基本配合を確立した。その後、実機練りによる性状確認の前に、基本配合の深度化として、室内で温度変化による性状把握試験を行った。

2. 一次覆工コンクリートの要求性能

一次覆工コンクリートの要求性能を表 1 に示す。
実施工では、巨礫の出現による掘進速度の低下やシールド機及び設備のトラブルによって、配管内にコンクリートが滞留する時間が長くなることが想定される。現場の管理基準として、トラブルの対応時間を、フレッシュ保持性の要求性能である保持時間（4 時間）の 2 倍の 8 時間と定めた。フレッシュ保持性の確認方法は所定時間における 50cm フロー到達時間を設定した。追加した管理基準を表 2 に示す。

3. 本試験の目的

表 1, 2 の要求性能及び管理基準を満足するために、室内試験により基本配合を確立した。使用した材料を表 3、基本配合を表 4 に示す。

その後、実施工を考慮した試験を実施し、基本配合の深度化を図る。一次覆工コンクリートは多種多様な混和剤を使用するため、練り上がり温度や養生温度の影響により、コンクリートの品質が変化することが懸念されている。当現場は最低気温-10℃の厳冬の中で製造する必要があることや、打設箇所の温

度はシールド機の動力等の機械熱やコンクリートの硬化熱により養生温度が変化する。

本試験は一次覆工コンクリートの性状が、練り上がり温度、養生温度によって、どの程度品質が変化するのかを把握し、繊細な温度管理が求められる中で、要求性能及び管理基準を満足させるための混和剤調整方法に反映することを目的とする。

4. 試験概要

当現場の製造設備で練り上がり温度を 15℃～25℃に制御予定であり、この範囲の中で、練り上がり温度及び養生温度を統一した 15℃、20℃及び 25℃のケースで試験を行う。表 3、4 の材料と配合を使用し、

表 1 一次覆工コンクリートの要求性能

項目	要求性能	規格
流動性	練上がり直後の スランブフロー値 650±50mm	スランブフロー試験 JIS A 1150
フレッシュ保持性	4時間後における 50cmフロー到達時間180秒以下	スランブフロー試験 JIS A 1150
強度発現性	24時間 15N/mm ² 以上 28日 30N/mm ² 以上	圧縮強度試験 JIS A 1107
水中不分離性	pH=12.0以下 懸濁物質量 500mg/L以下	水中不分離度試験 JSCE-D 104

表 2 施工条件により追加した管理基準

項目	管理基準	確認方法
フレッシュ保持性	8時間後における 50cmフロー到達時間180秒以下	スランブフロー試験 JIS A 1150

表 3 使用した材料

種別	呼称	仕様
水	W	上水道水
セメント	C	早強ポルトランドセメント 密度3.14g/cm ³
細骨材	S	洗砂 密度2.63g/cm ³
粗骨材	G	砕石2005 密度2.61g/cm ³
混和剤	増粘剤	VT 界面活性剤系
	高性能減水剤	SP ポリカルボン酸系
	凝結コントロール剤	RA 有機系
	状態調整剤	CA ノニオン界面活性剤系

表 4 基本配合

	W/C (%)	単位量(kg/m ³)							
		W	C	S	G	VT	SP	RA	CA
基本配合	37	185	500	686	914	7.4	11.5	2.0	0.148

キーワード SENS、一次覆工、混和剤、練り上がり温度、養生温度
連絡先 〒060-0004 北海道札幌市中央区北四条西 2-1-18 株式会社 奥村組 札幌支店

20℃のケースは基本配合の試験結果を扱う。試験ケースを表 5 に示す。練り上がり温度は冷水及び温水を用いて調整し、コンクリートの供試体は各温度に設定した室内環境で養生する。試験項目は表 1, 2 の要求性能及び管理基準に対応した試験を実施し、スランプフロー及び 50cm フロー到達時間は練り上がり直後、練り上がりから 4 時間後、8 時間後に試験を行う。

5. 試驗結果

試験結果を表 6 に示す。温度が 15℃及び 25℃のケースについて、8 時間後の 50cm フロー到達時間が要求性能を満足していない。温度が高い場合は、水和反応が促進し、経過時間に伴い 50cm フロー到達時間が遅くなったと考える。本工事に用いる増粘剤は温度の低下により効果が増大する特性があり、温度が低い場合は、コンクリートに使用している増粘剤の効果が 20℃のケース以上に発揮し、時間経過に伴い粘性が向上したと考えられる。

また、温度が 25℃について、要求性能を満たしているものの、懸濁物質量が多い。これは、温度増加に伴い、増粘剤の効力に作用する状態調整剤の効果が、20℃のケース以上に発揮されることで、懸濁物質量が大きくなったと考える。

6. 配合再検討，再試験

これらを踏まえて15℃及び25℃のケースそれぞれで混和剤の微調整により、要求性能及び管理基準を満たす配合を検討したうえで、再試験を行った。25℃に関しては水和反応によるフレッシュ保持性改善のために凝結遅延の効力があるRAを増量し、懸濁物質量改善のためCAを減量した。15℃に関しては粘性によるフレッシュ保持性を改善するためにCAを増量した。改善した配合案を表7に示す。試験結果を表8に示し、表6の試験結果と再試験結果の比較を図1, 2に示す。再試験結果から各ケースとも要求性能及び管理基準を満足する結果となった。

7. まとめ

コンクリートの温度が高くなる場合、低くなる場合のそれぞれの品質変化を確認することができた。その品質変化に対し、混和剤の量を調整することにより、各温度で要求性能及び管理基準を満たす配合

を確認することができた。今後は、基本配合における性状を実機練りにより確認したのち、実施工において、練り上がり温度、養生温度を測定し、本試験で得られた混和剤の調整結果に基づき、コンクリートの性状管理を行っていく。

表 5 試験ケース

練上り温度	養生温度	備考
15℃	15℃	今回実施
20℃	20℃	基本配合
25℃	25℃	今回実施

表 6 試験結果

試験ケース	スランブフロー (mm)			50cmフロー到達時間 (秒)			pH	懸濁物質量 (mg/L)	圧縮強度 (N/mm ²)	
	直後	4h後	8h後	直後	4h後	8h後			c24h	c28日
要求性能	650±50	-	-	-	180以下	-	12.0以下	500以下	15以上	30以上
15℃・15℃	643	625	470	50	72	不能	11.3	221	22.7	-
20℃・20℃	690	678	655	19	28	36	11.5	144	29.5	74.9
25℃・25℃	678	688	483	32	38	不能	11.8	418	31.3	-

表7 再検討配合（基本配合に対して）

	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)							
		W	C	S	G	VT	SP	RA	CA
15℃-15℃	37	185	500	686	914	7.4	11.5	2.0	0.222
25℃-25℃	37	185	500	686	914	7.4	11.5	3.5	0.052

表 8 再試験結果

試験ケース	スランブロー (mm)			50cmブロー到達時間 (秒)			pH	懸濁物質量 (mg/L)	圧縮強度 (N/mm ²)	
	直後	4h後	8h後	直後	4h後	8h後			c24h	c28日
要求性能	650±50	-	-	-	180以下		12.0以下	500以下	15以上	30以上
15℃・15℃	670	653	580	40	45	75	11.7	334	23.1	-
25℃・25℃	643	668	630	49	41	53	11.6	264	29.9	-

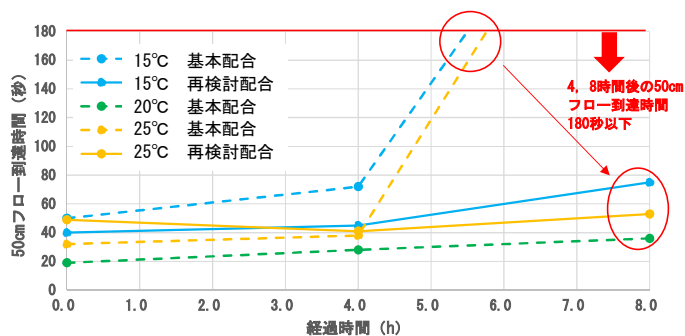


図 1 経過時間における 50cm フロー到達時間

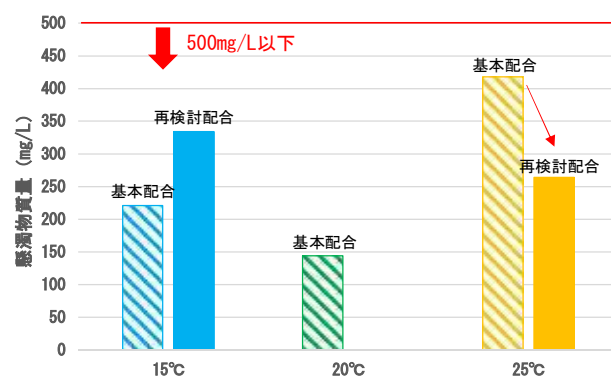


圖 2 懸濁物質量