

SENS 一次覆工コンクリートの実機練りによる影響把握と試験練り手順の確立

鉄道・運輸機構 正会員 ○有川 遼
株式会社 奥村組 正会員 中村 誠喜

株式会社 奥村組 正会員 加藤 清孝
株式会社 奥村組 フェロー会員 東 邦和

1. 概要

羊蹄トンネル（比羅夫）他工事は新函館北斗・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）を掘削する。本工事は、当該区間の地質状況から、掘削切羽の安定を確保するため、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、掘進と同時に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トンネル施工方法で、本工事で5例目の施工になる。

2. 室内練と実機練の品質の差

一次覆工コンクリートは施工条件、環境条件から様々な要求性能を実現させるために、多種多様な混和剤の使用が必須であり、これまでに室内試験により基本配合を確立した。その後、現場パッチャープラントでコンクリートを製造し、品質の確認をする実

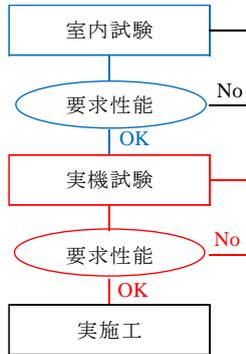


図1 試験練りフロー

機試験を行った。要求性能を表1、使用材料を表2、配合を表3、試験結果を表4に示す。ここで、表1に示す要求性能を確認する試験に加え凝結時間測定（JIS A 1147）を実施した。表4より室内試験に比べて実機試験は時間経過に伴うスランプフローが低下し、凝結時間が短くなった。一般的に室内と実機の練り混ぜ時間が同じであれば、実機練りの方がコンクリートに与えるエネルギーが2倍以上あると報告されている。これと実施工の練り混ぜサイクルを考慮して、室内の練り時間150秒に対して実機の練

表1 要求性能

項目	要求性能	確認方法
流動性	練上がり直後のスランプフロー値 650±50mm	スランプフロー試験 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	スランプフロー試験 JSCE-F 516
強度発現性	24時間 15N/mm ² 以上	圧縮強度試験 JIS A 1107
水中不分離性	pH=12.0以下 懸濁物質質量 500mg/L以下	水中不分離度試験 JSCE-D 104

表2 使用材料

種類	呼称	備考
セメント	HC	早強ボルトランドセメント 密度3.14g/cm ³
水	W	上水道水：室内試験 井戸水：実機試験
細骨材	S	洗砂 密度2.63g/cm ³
粗骨材	G	砕石1305 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3 使用配合

	W/C (%)	W	HC	S	G	VT	SP	RA	CA	kg/m ³
室内	37	185	500	686	914	7.4	11.5	3.5	0.222	

表4 試験結果

	要求性能	室内	実機
スランプフロー (mm)	0h	650±50	670
	4h	-	633
50cmフロー到達時間 (秒)	0h	-	32
	4h	180以下	50
pH	12.0以下	11.5	11.7
懸濁物質質量 (mg/L)	500以下	144	210
圧縮強度 (N/mm ²)	24h 15以上	16.4	29.9
凝結時間 (h:m)	始発	-	16:35
			9:40

り時間を60秒に設定した。しかし、まだコンクリートに与えるエネルギーが大きく、水和反応が促進し、凝結進行や強度発現に影響したと推測する。一方、練り上がり直後の性状については、ばらつきの範囲内であり室内と実機による明確な差は生じなかった。

3. 室内練、実機練の影響把握

3. 1 目的および実験概要

前項で室内と実機の違いがフレッシュ保持性、凝結時間および初期強度（24h）に影響を与えることが分かった。施工条件、環境条件により、配合変更を行う場合、毎回実機により確認することは、規模が大きくなり、経済性に欠ける。試験練りの手順としては、室内試験で当り付けを行い、決定した配合で実機練りを行うことが望ましい。このため室内と実機の相関を数値で把握する必要があることから、数パターンの配合を用いて、室内試験と実機試験を実施し、両者の相関を把握する。室内試験と実機試験の主な違いはフレッシュ保持性と凝結時間に表われる。また、初期の流動性と水中不分離性への影響は小さいことから、混和剤の添加量毎のフレッシュ保

キーワード SENS, 一次覆工, 室内試験, 実機試験, 凝結時間測定

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

持性および凝結時間に着目した。試験を行う試験 No. と配合を表 5 に示す。フレッシュ保持性、凝結時間および初期強度に影響を与える SP (高性能減水剤) と RA (凝結コントロール剤) の添加量を変動させた配合 (それぞれ SP シリーズ, RA シリーズ) を用い、全配合で室内試験と実機試験を実施した。その他の混和剤の添加量は一定とした。

3. 2 実験結果

試験結果の一覧を表 6, RA シリーズの凝結時間の結果を図 2 に SP シリーズの凝結時間の結果を図 3 に示す。スランプフローは練り上がり直後, 4 時間後, 8 時間後の値を測定した。表 6 より, SP, RA の添加量が増加するほど, 8 時間後のスランプフローは大きい傾向を示し, 凝結時間が遅延した。これは SP, RA の成分の水とセメントの反応を阻害する作用からである。また, 全ての配合で実機より室内の凝結時間が遅延した。これは前項の試験結果と同様な結果である。図 2 において No.4 (RA:0kg/m³), No.5 (RA:2.5kg/m³) の両方で室内と実機の凝結時間の差は 5 時間弱であるが, No.2 (RA:5.0kg/m³), No.6 (RA:6.0kg/m³) では, 室内と実機の凝結時間の差が 13~14 時間となった。また, 図 3 より, SP の添加量が 13~16.5kg/m³ の範囲では, 凝結時間は室内と実機で大きな違いはなかった。

実験結果から, RA 添加量は 2.5kg/m³ 以下では室内と実機の凝結時間の差に与える影響は 5 時間弱で大きく変わらないが, 2.5kg/m³ 以上となると凝結時間の差が急激に大きくなる。また, SP の添加量が 13kg/m³~16.5kg/m³ の範囲では, 室内と実機の凝結時間の差は大きくないと考えられた。

4. まとめ

以上のように, SENS 一次覆工コンクリートの室内と実機試験の相関を確認した。今後, 施工条件の変化等による基本配合の変更の必要が生じた場合, 室内と実機の凝結時間の差を考慮しながら室内試験で当り付けを行い, 実機試験で確認する方針となる。今回の実機と室内の違いを考慮して, 再度試験練りを実施し, 実機試験で表 1 の要求性能を満足することを確認した。配合を表 7 に, 試験結果を表 8 に示す。表 7 の配合を基本配合とし, 掘進時に品質, 施

表 5 試験 No と配合 kg/m³

	W/C (%)	W	HC	S	G	VT	SP	RA	CA	
No.1	37	185	500	686	914	8.3	13.0	5.0	0.249	
No.2							15.0			
No.3							16.5			
No.4							15.0			0.0
No.5										2.5
No.6										6.0

表 6 試験結果

		スランプフロー (mm)			凝結時間 (h:m)
		0h	4h	8h	始発
No.1	室内	688	625	608	18:30
	実機	655	490	-	9:45
No.2	室内	683	658	643	27:05
	実機	678	630	600	14:15
No.3	室内	680	650	628	26:30
	実機	705	673	643	15:35
No.4	室内	675	610	548	13:00
	実機	673	560	-	8:20
No.5	室内	655	618	560	14:10
	実機	665	590	363	9:50
No.6	室内	678	640	630	27:05
	実機	660	553	443	13:10

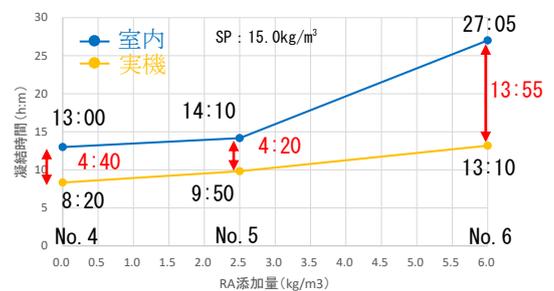


図 2 RA シリーズの凝結時間結果 (始発)

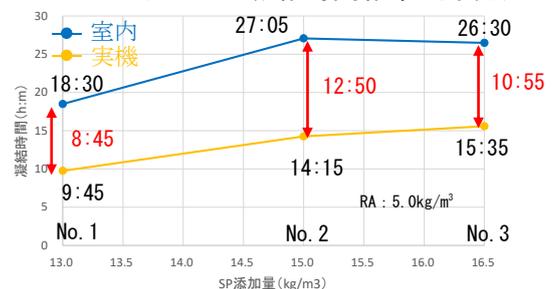


図 3 SP シリーズの凝結時間結果 (始発)

表 7 基本配合 kg/m³

	W/C (%)	W	HC	S	G	VT1	SP2	SP4	FA1
実機	37	185	500	686	914	9.25	13	7.5	2.78

表 8 基本配合の試験結果

	要求性能	実機
スランプフロー (mm)	0h 650±50	675
50cmフロー到達時間 (秒)	0h 180以下	43
pH	12.0以下	11.4
懸濁物質質量 (mg/L)	500以下	130
圧縮強度 (N/mm ²)	24h 15以上	23.7

工性を確認後, 高水圧下の施工へ向けて配合の確立を行う。

参考文献

1) 実機ミキサおよび試し練りミキサで製造されたコンクリートの品質比較: コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, 2014