

SENS で用いる一次覆工コンクリートの開発

(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 野口守 三上美輝雄 正会員 神田大 正会員 田中淳寛
 (公財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○玉井譲 正会員 水野清 正会員 上田洋

1. はじめに

シールドを用いた場所打ち支保システム（以後、SENS）は、シールド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法で、現在、北海道新幹線津軽蓬田トンネルで2例目の施工を行っている。初めてこの工法が開発採用された東北新幹線三本木原トンネルの一次覆工に使用されたコンクリートは、被水圧条件下においても適用できるように高い水中不分離性を有していた。そのためフレッシュコンクリートの粘性が大きくなり、ポンプ圧送性の低下が見られた。そこで、津軽蓬田トンネルでは SENS に使用できる要求性能を持ち、かつ粘性および混和剤の使用量の低減を図ったコンクリートを新たに開発した。本稿では、それらのコンクリートのフレッシュ性状および強度発現性を把握する基礎的な実験を行った結果について報告する。

2. 実験概要

SENS で用いる一次覆工コンクリートの要求性能としては、フレッシュ保持性、強度発現性状、水中分離抵抗性、およびポンプ圧送性が挙げられる。今回新たに開発したコンクリートの要求性能は、表1に示す三本木原トンネルの要求性能¹⁾に基づいた。試験に用いた各コンクリートの配合を表2に示す。配合レベルは水中分離抵抗性およびそれに付随する増粘剤の添加量あるいは種類に応じて3水準を設定した。レベルⅠは水中分離抵抗性を三本木原トンネルで使用されたものと同等の性能を有する配合、レベルⅡは水中分離抵抗性ではレベルⅠより低下するが増粘剤を減量し低コスト化を意識した配合、レベルⅢは増粘剤を用いず粘性をより小さくし経済性を特に意識した配合である。測定項目はフレッシュ性状として練上り直後と4時間静置後のスランプフロー、およびJSCE-D104-2007に記載されている水中分離度試験に準拠した。また、練上りから24時間後の圧縮強度を測定した。供試体は通常の気中成型およびJSCE-F 504-1999に準拠した水中成型の2種類を作製した。

表1 コンクリートの要求性能¹⁾

スランプフロー	練上り時で 60±5cm
フレッシュ保持性	4 時間後のスランプフローが練上り時の 80%以上
強度発現性状	材齢 24 時間強度で 15N/mm ² 以上
水中分離抵抗性*	地下水環境下での打設においてもセメント分の分離を抑制でき、所定の強度を発現できること

*水中分離度試験で pH が 12 以下²⁾

表2 各コンクリートの示方配合

配合レベル	配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)								
				W	LP*	C	S	G	増粘剤	減水剤	硬化促進剤	消泡剤
I	A-1	40	43.3	190	-	475	709	947	1.33	7.13	4.75	0.3
II	A-2	45	46.9	175	-	389	820	947	0.88	4.28	2.33	0.3
I	B-1	35	52.4	200	-	571	804	745	2.50	9.71	-	-
II	B-2		185	-	529	880	745	3.70	8.20	-	-	
III	B-3		54.6	185	-	529	880	745	-	8.20	-	-
I	C-1	34.3	41	185	-	540	666	979	1.30	21.6	-	-
I	D-1	42	33.8	189	200	450	623	812	8.51	11.06	4.5	0.21
I	E-1**	35	38	190	-	543	597	948	15.2	17.37	-	-

*石灰石微粉末

**三本木原トンネルで使用されたコンクリートの示方配合

キーワード：SENS、一次覆工コンクリート、水中分離抵抗性、圧縮強度、増粘剤

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町2丁目8-38 TEL：042-573-7338 FAX：042-573-7358

3. 実験結果および考察

コンクリートのフレッシュ性状を測定した結果を表3に示す。スランプフローでは、一部の配合で要求性能を満たしていなかったが、A-2配合を除き、いずれも混和剤の微調整で要求性能を満たす配合とすることが可能と考えられる。

また、練上り直後のスランプフローの50cm到達時間については、三本木原トンネルで使用されたコンクリートに比べて非常に小さく、粘性を低減したコンクリートが得られたと考えられる。強度発現性状を表4に示す。気中成型の材齢24時間強度はいずれも15N/mm²以上を満たしている。なお、水中成型でも三本木原トンネルでの配合を除いて、レベルI配合の材齢24時間強度は15N/mm²以上またはそれに近い値が得られた。

コンクリートの水中分離抵抗性を評価する指標としてpHに加えて懸濁物質量に着目した。懸濁物質量とpHとの関係を図1に示す。上澄み液のpHはいずれも12以下で要求性能を満たしている。しかし、懸濁物質量は各配合で大きく異なった値を示しており、特にレベルII、III配合では非常に大きいという結果が得られた。次に、懸濁物質量と水中気中強度比の関係を図2に示す。懸濁物質量が多い配合では水中気中強度比が小さくなる傾向が見られるが、これは水中成型時のセメント分の分離が大きいためと考えられる。

以上の結果より、SENSで用いるコンクリートの評価はpHに加えて、懸濁物質量も併せて検討する必要があると考えられる。

4. まとめ

- (1) SENSで現在用いられている要求性能をほぼ満たし、粘性および混和剤の使用量の低減を図ったコンクリートを得ることができた。
- (2) 水中分離抵抗性においては上澄み液のpHに加えて、懸濁物質量も併せて評価する必要があると考えられる。

参考文献

1) 佐伯則幸他:小土かぶり未固結地山をSENSで貫通-東北新幹線 三本木原トンネル-、トンネルと地下、第38巻10号、pp.7-13、2007.10
 2) 佐々木幹夫他:場所打ち支保システムによる山岳密閉シールド-東北新幹線 三本木原トンネル-、トンネルと地下、第36巻4号、pp.7-15、2005.4

表3 各コンクリートのフレッシュ性状

配合レベル	配合名	スランプフロー (cm)		スランプフローの50cm到達時間(練上り直後) (秒)	水中分離度試験	
		練上り直後	4時間経過後		pH	懸濁物質量 (mg/l)
I	A-1	56.5	48.5	58	11.35	50
II	A-2	57.5	38.5	42	11.86	433
I	B-1	60.0	46.0	19	10.09	6
II	B-2	58.0	56.5	10	11.88	743
III	B-3	67.8	58.0	4	11.99	1850
I	C-1	70.0	41.5	7	11.79	235
I	D-1	67.0	60.3	18	10.93	54
I	E-1	53.5	49.0	200	10.83	25

表4 各コンクリートの強度発現性状

配合レベル	配合名	材齢24時間圧縮強度 (N/mm ²)		水中気中強度比 (%)
		気中成型	水中成型	
I	A-1	27.5	18.7	68.1
II	A-2	23.2	10.6	45.8
I	B-1	35.1	15.6	44.5
II	B-2	16.5	5.5	33.3
III	B-3	39.6	6.2	15.7
I	C-1	35.8	17.2	48.0
I	D-1	20.2	14.8	73.3
I	E-1	19.6	7.7	39.5

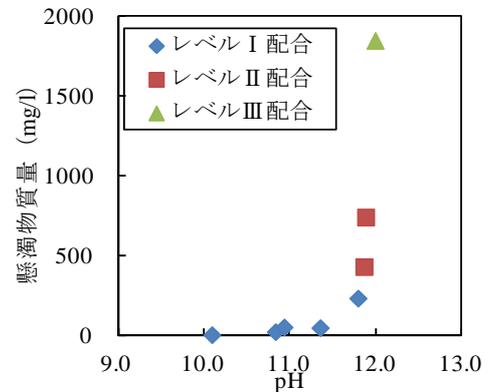


図1 pHと懸濁物質量の関係

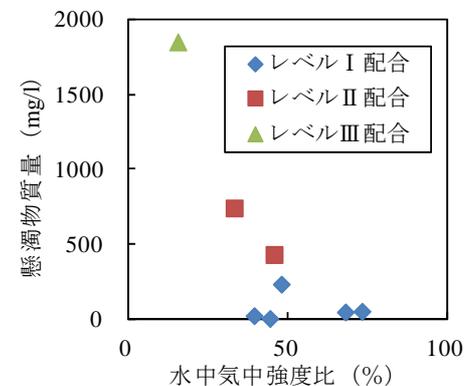


図2 水中気中強度比と懸濁物質量の関係