

シールドを用いた場所打ち支保システムで用いる水中不分離性コンクリートの配合に関する検討

(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 野口 守
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 水野 清
 BASF ジャパン (株) 正会員 ○小山 広光

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、現在国内で2例の施工実績がある¹⁾。その施工上の特徴から要求される一次覆工コンクリートの性能²⁾(表-1参照)を満足させることは、一般的に使用されている混和剤・増粘剤では対応が困難であると考えられる。

本報は、SENS用一次覆工コンクリート向けに開発した混和剤・増粘剤を使用したコンクリートについて、その特性を報告するものである。

2. 試験概要

試験に使用したコンクリートの使用材料を表-2に、コンクリート配合を表-3に示す。セメント、微粉、骨材は津軽蓬田トンネルと同じものを使用した。V1は高流動コンクリート用増粘剤、SP1は高性能AE減水剤、Ad1は超遅延性減水剤で、V2、SP2およびSP3はSENS用に開発した増粘剤と混和剤である。

3. 試験結果

(1) 増粘剤の選定

混和剤にSP1を使用した条件において、各増粘剤の使用量と懸濁物質量の関係を図-1に、材齢24時間圧縮強度を図-2に示す。V2はV1よりも同一使用量での懸濁物質量は少なく、圧縮強度も高かったことから、SENSに適した増粘剤であると判断した。また、V2の使用量により水中不分離性の調整も可能であると考えられる。

(2) 混和剤の選定

選定した増粘剤V2を使用し、各混和剤を使用した場合のスランプフローの経時変化を図-3に、材齢24時間圧縮強度を図-4に示す。SP1とSP2は、スランプフローの経時変化は同程度であるが、圧縮強度はSP2の方が2倍以上の大きい結果となったこと

表-1 津軽蓬田トンネルにおける一次覆工コンクリートの要求性能²⁾

品質項目	要求性能
スランプフロー	650±50mm
フレッシュ保持性	練上りから8時間後の50cmフロー到達時間が180秒以下
圧縮強度	材齢24時間で15N/mm ² 、材齢28日で30N/mm ²
ポンプ圧送性	3インチ配管で30mの距離に打設可能であること
材料分離抵抗性	圧送および充填時に材料分離を生じない
水中不分離性	pH12.0以下(JSCE-D104)、懸濁物質量500mg/l以下

表-2 使用材料

種類	記号	産地、物性等
セメント	C	早強ポルトランドセメント(密度3.14g/cm ³)
微粉	LP	石灰石微粉末(比表面積3500cm ² /g、密度2.70g/cm ³)
細骨材	S	富苑産洗砂(表乾密度2.61g/cm ³ 、吸水率1.51%、粗粒率2.12)
粗骨材	G	平内産玄武岩(密度2.73g/cm ³ 、粗粒率1.92%、最大寸法15mm)
増粘剤	V1	高流動コンクリート用増粘剤(セルロース誘導体)
	V2	SENS用増粘剤(ヒドロキシプロピルメチルセルロースを主成分とする混合物)
混和剤	SP1	高性能AE減水剤(ポリカルボン酸エーテル系化合物)
	SP2	SENS用分散剤(ポリカルボン酸エーテル系化合物)
	Ad1	超遅延性減水剤(変性リグニルスルホン酸化合物とオキシカルボン酸化合物の複合体)
	SP3	SENS用保持剤(ポリカルボン酸エーテル系化合物)

表-3 コンクリート配合

W/C (%)	W/(C+LP) (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)				
				W	C	LP	S	G
40.0	31.4	43.5	4.5	198	495	135	615	846

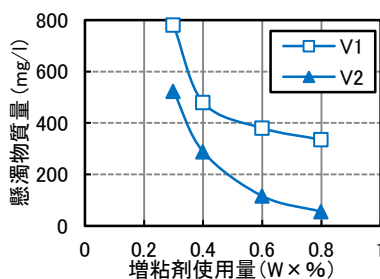
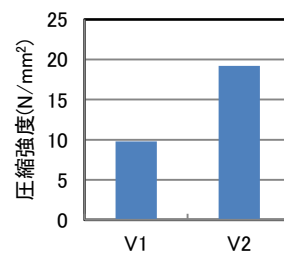
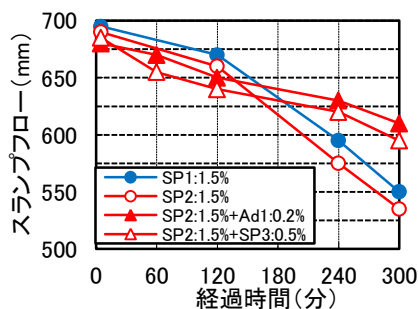
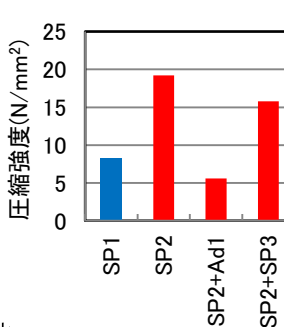


図-1 増粘剤使用量と懸濁物質量の関係

図-2 材齢24時間圧縮強度
(増粘剤使用量: W × 0.6%)図-3 各混和剤のスランプフローの経時変化
(混和剤の使用量は(C+LP) × %)図-4 各混和剤の
材齢24時間圧縮強度

キーワード：水中不分離性コンクリート，SENS，フレッシュ性状，増粘剤，混和剤
 連絡先 〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園2722 tel. 0467-59-5182

から、SP2 を選択することとした。

SP2 を単独で使用的場合、津軽蓬田トンネルで要求されるフレッシュ保持性を確保することは困難であるため、SP2 に保持剤 (Ad1 および SP3) を併用させ、フレッシュ保持性の確保を検討した。図-3 に示すように Ad1, SP3 のいずれも経時変化に伴うスランプフローの低下は改善され、図-4 に示すように Ad1 は圧縮強度が大幅に低下したため、強度低下が小さい SP3 を保持剤として選択した。

(3) スランプフローおよびフレッシュ保持性調整の検討

現場においては日々の材料変動に対するスランプフローの維持、また掘進速度の変化に対するフレッシュ保持性の調整が必要であるため、スランプフローに及ぼす混和剤使用量の影響および練混ぜから 8 時間後までのスランプフローの経時変化を確認した。

図-5 は SP2 の使用量の違いによるスランプフローの経時変化を示したものである。SP2 の使用量の増加により、練混ぜ直後のスランプフローは増大するが、経時変化はほぼ同等であった。図-6 は SP3 の使用量の違いによるスランプフローの経時変化を示したものである。SP3 の使用量の増加に伴い、練混ぜ直後のスランプフローは変化がなく、経時変化は小さくなった。

上記の結果から、SP2 はスランプフローを、SP3 はフレッシュ保持性を調整する性能を有しており、またこれらの混和剤は互いの性能に影響を及ぼさないため、津軽蓬田トンネルでの配合と同様¹⁾、それぞれの性状を容易に調整することが可能である。

(4) 津軽蓬田トンネル要求性能を満足する配合の確認

表-3 の配合に、V2 を 1.19kg/m^3 ($W \times 0.6\%$)、SP2 を 9.45kg/m^3 ($(C+LP) \times 1.5\%$)、SP3 を 7.88kg/m^3 ($(C+LP) \times 1.25\%$) 使用したコンクリートの性状を表-4 に示す。スランプフロー、フレッシュ保持性、材齢 24 時間圧縮強度、水中不分離性の何れの要求性能も満足し、目視により材料分離が生じていないことを確認した。また、参考値 (津軽蓬田トンネル実績値³⁾) と比較するとスランプフローの 50cm 到達時間が小さかったことから、コンクリートの粘性が低いと考えられ、施工時での圧送ポンプの負荷が低減しポンプ圧送性向上が期待できるものと考えられる。

4. まとめ

- ・早期強度発現性の高い増粘剤 (V2) と混和剤 (SP2)、フレッシュ保持性が高く強度発現性の低下が小さい混和剤 (SP3) を使用し、津軽蓬田トンネルの要求性能を満足する水中不分離性コンクリート配合を選定した。
- ・V2 は水中不分離性、SP2 はスランプフロー、SP3 はフレッシュ保持性を調整する性能を有しており、SP2 と SP3 は互いの性能を干渉しないため、スランプフローとフレッシュ保持性を容易に調整できることを確認した。
- ・津軽蓬田トンネル配合よりも粘性が低いことから、更なるポンプ圧送性の改善を期待できる可能性がある。

【参考文献】

- 1) 野口ほか：津軽蓬田トンネルにおける場所打ちライニングの施工，コンクリート工学，vol.51，No.4，2013.4
- 2) 神田ほか：SENS で用いる水中不分離性コンクリートの性状調整，土木学会 67 回年次学術講演会，V-424，2012.9
- 3) 野口ほか：水中不分離性コンクリートの SENS 一次覆工への適用，セメント・コンクリート，No.788，2012.10

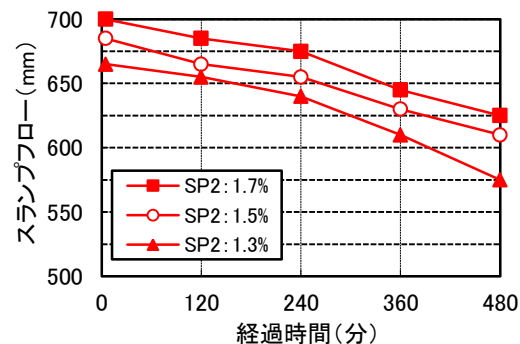


図-5 SP2 の使用量の違いによるスランプフローの経時変化 (SP3 使用量: $(C+LP) \times 1.25\%$)

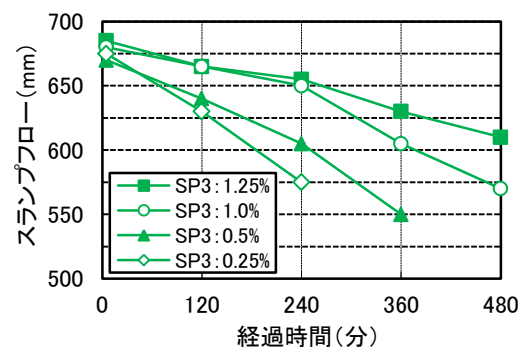


図-6 SP3 の使用量の違いによるスランプフローの経時変化 (SP2 使用量: $(C+LP) \times 1.5\%$)

表-4 コンクリート性状

測定項目		測定値	参考値 ³⁾
コンクリート温度 (°C)		20	20
スランプフロー	練混ぜ直後	フロー値 (mm)	655
		50cm 到達時間 (秒)	16.3
	8時間後	フロー値 (mm)	585
		50cm 到達時間 (秒)	41.3
空気量 (%)		4.1	3.7
懸濁物質量 (mg/l)		103	-
pH		11.3	11.5
材齢 24 時間圧縮強度 (25°C養生) (N/mm ²)		18.1	19.1