

イオン系増粘剤を使用した水中不分離性高流動コンクリートの基礎物性

(株)熊谷組 正会員 ○金森 誠治
 (株)熊谷組 佐藤 孝一
 (株)熊谷組 正会員 野中 英
 (株)ファテック 正会員 石口 真実

1. はじめに

建設施工において様々な新工法が提案されておりコンクリートに対する要求性能が多様化している。これに対応するためコンクリート技術の発展により要求品質に応える高性能コンクリートが多く開発されている。しかし、これらの高性能コンクリートは表—1に示すように複合した要求性能には応えられないケースが多いのが現状である。本報告は多種多様な要求性能を高いレベルで兼ね備えた、新開発のコンクリート（以下 SP コンクリート）の物性についてまとめたものである。

2. 目標品質

SP コンクリートは地下水位が高い地盤環境下においての ECL 工法で施工するトンネルの一次覆工に最適なコンクリートを開発することがスタートとなっている。そこで SP コンクリートの目標品質は、一般 ECL 工法の覆工コンクリートの要求性能に水中不分離性を加え、さらに工期短縮および高品質化を考慮して表—2の様に設定した。

3. 使用材料

物性試験に使用した材料を表—3に示す。

要求性能を実現する上で問題となったのは、水中不分離性と早強性を同時に満たすことであった。従来の水中不分離性混和剤はセメントの凝結を大きく遅延させる特性があるため、SP コンクリートでは水中不分離性混和剤として新規の増粘剤（以下イオン系増粘剤）を使用することとした。イオン系増粘剤の概念図を図—1に示す。

イオン系増粘剤は A 剤 (VT-A)、B 剤 (VT-B) の 2 剤で構成される。これらは低粘性の液体であるが、2 剤を混合することにより 2 種類の界面活性剤が静電的に会合しミセル（疑似ポリマー）を生成して増粘性を発揮する作用を持っている。

このイオン系増粘剤は従来型の水中不分離性混和剤と機構が異なるため凝結作用に大きな遅延を及ぼすことなく、水中不分離性と早強性の両立が可能となる。

3. 試験ケース

試験ケースと配合条件を表—4に示す。SP コンクリート配合 SP は水セメント比 3 種類（30, 35, 40%）、使用セメント 2 種類（N: 普通ポルトランドセメント, H: 早強ポルトランドセメント）

表—1 各種コンクリートの特徴

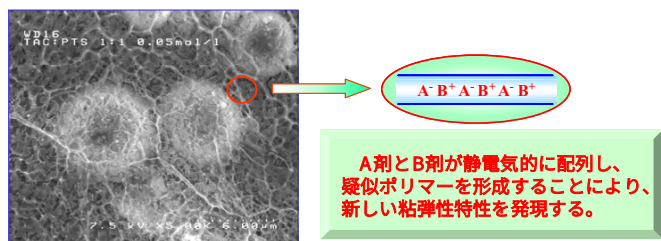
	普通 コンクリート	高流動 コンクリート	水中不分離性 コンクリート	SP コンクリート
高流動性	×	○	△	○
高強度	×	○	△	○
フレッシュ保持性	△	△	○	○
早強性	△	○	×	○
水中不分離性	×	×	○	○
ポンプ圧送性	○	○	○	○

表—2 目標品質と要求性能

要求性能	要求レベル
高流動性	自己充填性を有する(スランプ フロー 60cm)
フレッシュ保持性	練り上がり時のスランプ フローを 4 時間保持
早強性	24 時間材齢で 15N/mm ² を満足
水中不分離性	水中不分離性コンクリート指針を満足
ポンプ圧送性	閉塞無く施工可能

表—3 使用材料

区 分	種 類	物 性
セメント	早強ポルトランドセメント	密度 3.14g/cm ³
	普通ポルトランドセメント	密度 3.16g/cm ³
細骨材	川砂	密度 2.63g/cm ³
粗骨材	川砂利	Gmax:13mm、密度 2.56g/cm ³
イオン系 増粘剤	VT-A	密度 1.09g/cm ³ アルキルアリスルホン酸系
	VT-B	密度 0.97 g/cm ³ アルキルアンモニウム塩系
高性能 分散剤	ポリカルボン酸系	密度 1.05 g/cm ³



図—1 イオン系増粘剤概念図

キーワード 水中不分離性、高流動コンクリート、セルフレベリング、増粘剤、早強性

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組技術研究所 TEL:03-3235-8723 FAX:03-3235-9215

の6配合とし、比較用として一般的な高流動コンクリート配合 HF についても試験を行った。試験ケースの表記は（コンクリート種別－セメント種別－水セメント比）とした。

4. 試験結果

4. 1 フレッシュコンクリート試験

フレッシュコンクリート試験結果を表―5に示す。高流動コンクリートのフロー停止時間が30秒程度に対して、SPコンクリートでは約10分の時間を要した。SPコンクリートのスランプフローの状況は、従来の水中不分離性コンクリートと比較してもフロー速度が遅いが、フロー停止までの時間が長く最終的には分離することなく大きなフロー値を得ることが可能であった。このため最終的な流動勾配が小さく、セルフレベリング性に優れている。スランプフローの経時変化に関しては240分後までロスがみられなかった。空気量に関しても安定していた。

4. 2 水中分離度試験

試験は土木学会「水中不分離性コンクリート設計施工指針(案)」に規定されるpHの試験に準拠して行った。試験結果を表―6に試験状況を写真―1に示す。

試験結果SPコンクリートのpHは最大でも11.39であり、評価基準である12.0以下を安定して満足する結果となった。SPコンクリートはすべてのケースにおいて試験水が懸濁することは無く澄んだ状態であった。比較用の高流動コンクリートの配合においてはpHが12を超える結果となり試験水は懸濁した。また、SPコンクリートでは試験後のコンクリート天端が平らになっており流動性（セルフレベリング性）が高いことがわかる。練り上がり180分後のコンクリートでもこれらの結果は同様であった。

4. 3 圧縮強度試験

材齢と圧縮強度の関係を図―2、3に示す。材齢24時間強度に関しては、SP-H-40で14.8N/mm²、SP-H-35で19.0N/mm²、SP-H-30で28N/mm²の強度が得られ、SP-H-35およびSP-H-30において目標性能を満足した。材齢28日における圧縮強度では80N/mm²までの圧縮強度に対応することが可能である。また、Nセメントの1日強度はHセメントの2/3程度の圧縮強度であった。水中気中強度の結果を図―4に示す。水中気中強度に関しては、7日および28日で、強度比がそれぞれ84%、86%であり水中不分離性混和剤の性能規定における“材齢7日および28日で80%以上”を満足した。

5. まとめ

SPコンクリートは設定した目標品質を満足することが確認された。また、本コンクリートは従来の高流動コンクリートより最終流動勾配が小さく、高い流動性・充填性を有していることが確認されており、水中不分離性高流動コンクリートの用途のみならず、従来の高流動コンクリートでも充填が困難であった気中部のコンクリートへの適用も有効である。

表―4 コンクリート配合条件

CASE	配合設定					イオン系増粘剤		高性能分散剤 (C×%)
	セメント種別	W/C (%)	W (kg/m ³)	s/a (%)	空気量 (%)	VT-A (W×%)	VT-B (W×%)	
SP-H-30	H	30	190	40.0	4.0	4.0	4.0	3.5
SP-H-35	H	35	190	38.0	4.0	4.0	4.0	3.2
SP-H-40	H	40	190	36.7	4.0	4.0	4.0	3.2
SP-N-30	N	30	190	39.9	4.0	4.0	4.0	2.5
SP-N-35	N	35	190	38.0	4.0	4.0	4.0	3.2
SP-N-40	N	40	190	36.7	4.0	4.0	4.0	2.5
HF-H-35	H	35	175	50.0	4.0	－	－	0.4

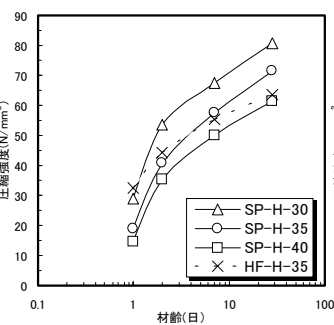
表―5 フレッシュコンクリート試験結果

経時変化	0min			180min			240min	
	5分フロー (cm)	10分フロー (cm)	空気量 (%)	5分フロー (cm)	10分フロー (cm)	空気量 (%)	5分フロー (cm)	10分フロー (cm)
SP-H-30	57.3	60.0	3.4	56.0	61.5	3.1	56.5	62.0
SP-H-35	56.0	61.0	3.4	55.0	61.0	3.5	55.5	61.0
SP-H-40	54.5	59.5	3.0	53.0	59.0	3.5	53.0	59.0
SP-N-30	56.5	62.0	3.4	55.5	61.5	2.7	55.0	63.5
SP-N-35	58.5	64.5	3.1	58.3	66.5	2.6	56.0	64.0
SP-N-40	54.0	60.0	3.3	54.5	61.0	2.7	54.0	59.5
HF-H-35	43.0	43.0	4.2	－	－	－	－	－

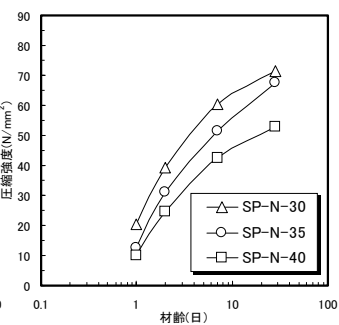
表―6 水中分離度試験結果

経過時間	水中不分離度 (pH)	
	0min	180min
SP-H-30	10.98	11.04
SP-H-35	10.83	11.01
SP-H-40	10.87	11.16
SP-N-30	11.01	10.84
SP-N-35	11.32	11.39
SP-N-40	10.85	11.20
HF-H-35	12.20	－

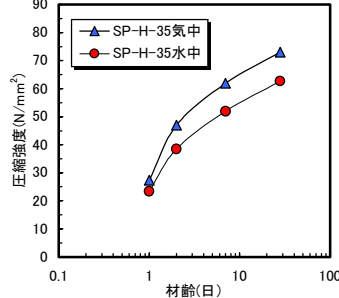
写真―1 水中分離度試験状況



図―2 圧縮強度試験結果 (H)



図―3 圧縮強度試験結果 (N)



図―4 水中気中強度