

論文 新規一液型高性能 AE 減水剤を用いた高流動低収縮コンクリートの開発

間瀬 敦之*1・菅沼 勇輝*2・井上 和政*3・小川 亜希子*4

要旨: 収縮低減性と材料分離抵抗性を有する新規の高性能 AE 減水剤(以下, 新規混和剤)SRF1 および SRF2 を開発し、これらを用いたコンクリートの諸性質を調べた。その結果, SRF1, SRF2 を用いたコンクリートはいずれも市販高性能 AE 減水剤(増粘剤一液タイプ)と同等の材料分離抵抗性を示し, かつ SRF1 を使用することで乾燥収縮ひずみを約 10%低減することのできる高流動低収縮コンクリートが, また SRF2 と膨張材を併用することによりほぼ無収縮の挙動となる高流動無収縮タイプコンクリートを実現できることが確認できた。

キーワード: 高流動コンクリート, 材料分離抵抗性, 乾燥収縮, 収縮低減, 収縮ひび割れ抵抗性

1. はじめに

近年, 建築物のひび割れ低減や, 建築工事の省力化, 施工性の向上が求められている。筆者らはこれまで, ひび割れ低減の観点からコンクリートの乾燥収縮を制御することを目的に収縮低減性と減水性を併せ持つ高性能 AE 減水剤(収縮低減タイプ)(以下, SPSR)を開発¹⁾し, 膨張材との併用も含めて高級仕様から無収縮レベル²⁾までの乾燥収縮の制御を可能にしてきた³⁾。また, 施工性向上の観点からは, 材料分離抵抗性と減水性を併せ持つ高性能 AE 減水剤(増粘剤一液タイプ)を開発し⁴⁾, 普通強度レベルの汎用の高流動コンクリートを開発した。更に最近では高流動無収縮への要望から, SPSR を用い, 粉体量を増やして材料分離抵抗性を高めた高流動無収縮コンクリートを実工事に適用した⁵⁾。本研究ではこれらをさらに進めて収縮低減性と材料分離抵抗性を有する新規混和剤を用いることにより普通強度レベルの高流動低収縮タイプと高流動無収縮タイプの 2 種類の高流動コンクリートが実現できることを確認したのでその結果を報告する。

2. 新規混和剤の概要

2.1 新規混和剤の開発

コンクリートの材料分離抵抗性改善のため増粘性を持つ化合物が使用されることがあるが, 一般に各種化学混和剤との相溶化は困難である。例えば, 市販高性能 AE 減水剤(増粘剤一液タイプ)(以下, SPV)と SPSR の単純な混合や, 代表的な増粘剤であるセルロースエーテル(以下, V), SPSR 中の収縮低減成分(以下, SR)およびポリカルボン酸系分散剤(以下, PC)を実用的な濃度で混合すると分離が生じる。そこで筆者らは, 分子量を最適化することにより材料分離抵抗性と SR, PC との相溶性を併せ持つポリエーテル誘導体を主成分とする新規分離低減成分

(以下, VSR)を開発し, SR, PC と混合することで, コンクリートの材料分離抵抗性と収縮低減性を併せ持つ新規混和剤 SRF1 および SRF2 を開発した。SRF1, SRF2 の流動性および材料分離抵抗性の目標は SPV と同等以上とし, 収縮低減性能の目標値は, 乾燥期間 26 週における SPV に対する収縮低減率でそれぞれ 10~15%, 20~25% とした。各成分の特徴を表-1 に示す。また, SRF1 および SRF2 の相溶性を, SPV と SPSR を質量比 1:1 で混合したもの(以下, SPV+SPSR), SRF2 と使用量, 性能が同等となるように V, SR, PC を混合したもの(以下, V+SR+PC)と比較した結果を表-2 に示す。SPV+SPSR および V+SR+PC は混合後すぐに分離したが, SRF1, SRF2 に分離は見られなかった。





2.2 新規混和剤の品質

2 種類の新規混和剤はいずれも JIS A 6204 の高性能 AE 減水剤規格に適合した。試験結果を表-3 に示す。

表-1 各成分の特徴

記号	主成分	分子量	材料分離抵抗性	収縮低減性	SR+PC との相溶性
V	セルロースエーテル	1 万~10 万	○	×	×
SR	ポリエーテル誘導体	約 200	×	○	-
VSR	ポリエーテル誘導体	約 5000	○	△	○

表-2 相溶性試験結果

内容	SPV+SPSR	V+SR+PC	SRF1	SRF2
外観				
相溶性	×	×	○	○
状態	ゲルが浮遊	三層に分離	均一に溶解	均一に溶解

注: 試験条件 20℃, 30 日間静置

*1 竹本油脂(株) 第三事業部 研究開発部 マネージャー 修士(農学) (正会員)

*2 竹本油脂(株) 第三事業部 研究開発部 修士(応用生物科学)

*3 (株)竹中工務店 技術研究所 建設材料部 構造材料グループ 主任研究員 博士(工学) (フェロー会員)

*4 (株)竹中工務店 技術研究所 建設材料部 構造材料グループ 研究員 修士(工学) (正会員)

表-3 新規混和剤の品質 (JIS A 6204 高性能 AE 減水剤)

項目		規定値 (標準形)	SRF1	SRF2	
フレッシュ	減水率 %	18 以上	19	19	
	ブリーディング量の比 %	60 以下	17	17	
	凝結時間の差(分)	始 発	-60~+90	+50	+50
		終 結	-60~+90	+50	+40
	経時変化量	スランプ cm	6.0 以下	+2.0	+3.5
空気量 %		±1.5 以内	-0.5	-1.2	
硬化	圧縮強度比(%)	材齢 7 日	133	130	
		材齢 28 日	115 以上	119	119
	長さ変化比 %	110 以下	89	78	
	凍結融解に対する抵抗性 (相対動弾性係数 %)	60 以上	86	86	

表-4 使用材料

種別	記号	内容
セメント	C	普通ポルトランドセメント (密度 3.16g/cm ³)
膨張材	EX	石灰系膨張材(密度 3.16g/cm ³)
細骨材	S1	大井川産陸砂(表乾密度 2.58g/cm ³)
粗骨材	G1	岡崎産砕石(表乾密度 2.66g/cm ³)
	G2	秩父産石灰砕石(表乾密度 2.70g/cm ³)
混和剤	SPV	ポリカルボン酸系化合物と 特殊増粘剤の混合物
	SRF1	ポリカルボン酸系化合物と
	SRF2	ポリエーテル誘導体の混合物

表-5 実験の組合せおよび調査

記号	混和剤種類	W/C (%)	目標スランプフロー(mm)	目標空気量(%)	単位量(kg/m ³)						J リング試験	L フロー試験	凝結時間	ブリーディング量	圧縮強度	乾燥収縮	拘束膨張	凍結融解	促進中性化	
					W	C	EX	S	G1	G2										
SPV-G1	SPV	50	600±50	4.5±0.5	175	350	-	909	846	-	○	○	○	○	○	-	○	○		
SRF1-G1	SRF1				175	350	-	909	846	-	○	○	○	○	○	○	-	○	○	
SPV-G2	SPV				175	350	25	868	-	880	-	-	-	-	○	○	-	-	-	
SPV-G2E	SPV				175	350	25	868	-	880	-	○	○	○	○	○	-	-	○	○
SRF2-G2E	SRF2				175	350	25	868	-	880	-	○	○	○	○	○	-	-	○	○
SRF2-G2E	SRF2				175	350	25	868	-	880	-	○	○	○	○	○	-	-	○	○

3. 実験概要

実験は新規混和剤を用いた高流動コンクリートについて、材料分離抵抗性を中心としたフレッシュ性状および乾燥収縮低減性を中心とした硬化物性を確認する実験と、収縮ひび割れ抵抗性を確認する実験に分けて実施した。いずれの実験も、コンクリートの仕様は全国の生コンクリートの乾燥収縮ひずみの平均値⁶⁾774×10⁻⁶を高級仕様相当である 650×10⁻⁶程度に低減することを目標とした高流動低収縮タイプと無収縮挙動を目指した高流動無収縮タイプの2種類の高流動コンクリートを設定し、高流動低収縮タイプには SRF1 を、高流動無収縮タイプにはより収縮低減性の高い SRF2 を使用した。

4. 基礎物性の評価

4.1 使用材料

使用材料を表-4 に示す。粗骨材は、過去の研究³⁾を参考にして乾燥期間 26 週のコンクリートでの乾燥収縮ひずみが 750×10⁻⁶程度のもの(以下、G1)および 500×10⁻⁶程度もの(以下、G2)を使用した。

4.2 実験の組合せおよび調査

実験の組合せおよび調査を表-5 に示す。

4.3 試験方法

試験は JIS に規定のあるものは JIS に準拠した。J リングフロー試験は JIS A 1159 および JIS A 1160 に準拠した。粘性は図-1 の左に示す L フロー試験器(障害無)を用いた L フロー初速度(L フロー試験器の流れの始動面より 3cm から 8cm までの流動速度、以下 Lv)で評価した⁷⁾。材料分離抵抗性は、図-1 の右に示す L フロー試験器(障害有)を用いた鉛直部コンクリートの沈下量(L スランプ(障害有))で評価した⁸⁾。コンクリートの練混ぜは、強制練りパン型ミキサーを用いて、全材料を投入し 10 秒間空

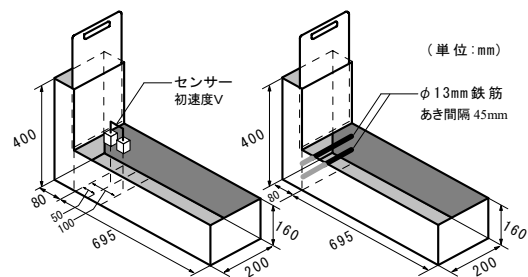


図-1 L フロー試験器(左: 障害無, 右: 障害有)

表-6 コンクリートの目標性能

項目	目標性能	
流動性	目標スランプフローを満足	
粘性	50cm フロー到達時間および Lv が SPV を用いたコンクリートと同程度	
材料分離抵抗性	PJ 値 ≤ 40mm, B 値 ≤ 75mm, および L スランプ(障害有) ≥ 30cm ⁸⁾	
収縮低減性能	SRF1-G1	SPV-G1 に対する低減率 10~15%
	SRF2-G2E	SPV-G2 に対する低減率 30%以上および拘束膨張量と乾燥収縮ひずみを重ね合わせた時に膨張側となること
その他の基礎物性	SPV を用いたコンクリートと同等級以上	

練り後、水と混和剤を投入し 90 秒練り混ぜ、5 分間静置後に更に 30 秒練り混ぜた。

4.4 コンクリートの目標性能

コンクリートの目標性能を表-6 に示す。SRF1、SRF2 の流動性および分離低減性能の目標は SPV と同等以上とし、収縮低減性能の目標値は、乾燥期間 26 週における SPV に対する収縮低減率で SRF1 が 10~15%、SRF2 は膨張材と併用して 30%以上とした。

4.5 実験結果および考察

コンクリートのフレッシュ性状を表-7 および表-8 に示す。SPV に対して SRF1 は約 1.3 倍、SRF2 は 2 倍の使用量で目標の流動性を満足することが確認できた。

(1) コンクリートの粘性

SRF1-G1 および SRF2-G2E の 50cm フロー到達時間、

およびLフロー初速度はそれぞれ SPV-G1, SPV-G2E と同程度であり, SRF1 および SRF2 は SPV と同等の粘性付与効果があることが確認できた。

(2) コンクリートの材料分離抵抗性

いずれのコンクリートも B 値, PJ 値および L スランブ値(障害有)は目標値を満足し, 材料分離抵抗性に問題ないことが確認できた。特に, SRF2-G2E は L スランブ(障害有)と L スランブ(障害無)の差が SPV-G2E に比べて小さく, 高い間隙通過性を有することがわかる。SRF2-G2E の L スランブ (障害有)の様子を写真-1 に示す。

(3) ブリーディング量, 凝結時間, 圧縮強度

ブリーディング試験結果を図-2, 凝結時間を図-3, 圧縮強度試験結果を図-4 に示す。いずれの試験でも SRF1, SRF2 は共に, SPV と同程度であった。

(4) 乾燥収縮

乾燥期間 26 週における乾燥収縮試験結果を図-5 に, 質量減少率の測定結果を図-6 に示す。SRF1-G1 は SPV-G1 に対して 10%, SRF2-G2E は SPV-G2E に対して 31%

の収縮低減効果を示しており, SRF1 および SRF2 はいずれも目標とする収縮低減性能を満足することが確認された。質量減少率は, SPV-G1 と SRF1-G1 は同程度であるが, SPV-G2E と SRF2-G2E では, SRF2-G2E が膨張材を細骨材の内割で添加しているため若干小さい。

(5) 拘束膨張

SRF2-G2E の拘束膨張試験結果を図-7 に, 拘束膨張試験の材齢 7 日の時点の膨張率と乾燥収縮ひずみの基長を重ね合わせたグラフを図-8 に示す。26 週の時点でのひずみは 71×10^{-6} 収縮側の挙動を示し, ほぼ無収縮タイプの挙動のコンクリートが実現可能であると推測された。

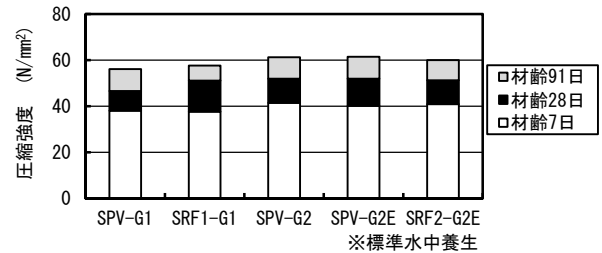


図-4 圧縮強度試験結果

表-7 コンクリートのフレッシュ性状(1)

記号	混和剤種類	混和剤使用量 (C×%)	スランブフロー (mm)	50cmフロー到達時間 (秒)	空気量 (%)
SPV-G1	SPV	1.15	605	3.3	5.0
SRF1-G1	SRF1	1.50	590	4.0	4.8
SPV-G2E	SPV	1.00	630	2.7	4.7
SRF2-G2E	SRF2	2.00	600	3.2	4.8

表-8 コンクリートのフレッシュ性状(2)

記号	スランブフロー (mm)	Jリング試験		Lフロー試験			
		B 値 (mm)	PJ 値 (mm)	Lフロー初速度 (cm/秒)		Lスランブ (cm)	
				Lv	障害有	障害無	差
SPV-G1	605	30	30	33.3	31.5	33.0	1.5
SRF1-G1	590	26	25	38.4	31.5	33.5	2.0
SPV-G2E	630	33	27	62.5	32.0	34.0	2.0
SRF2-G2E	600	32	21	45.4	33.5	33.5	0



写真-1 Lスランブ試験 (SRF2-G2E, 障害有)

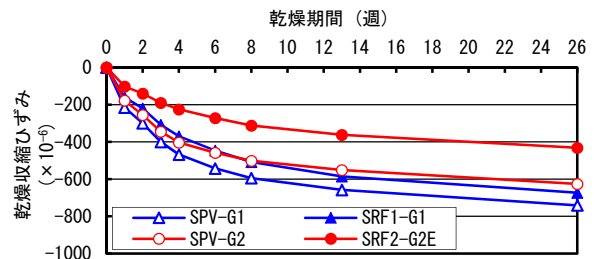


図-5 乾燥収縮試験結果

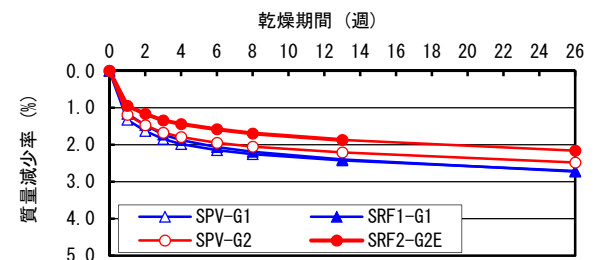


図-6 質量減少率

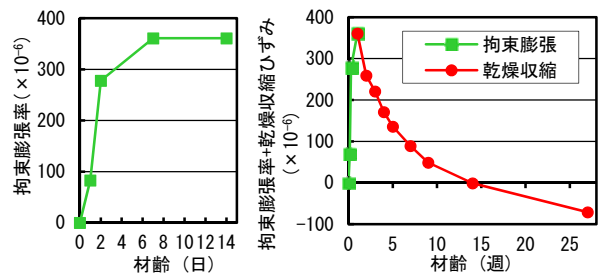


図-7 拘束膨張試験結果

図-8 拘束膨張+乾燥収縮

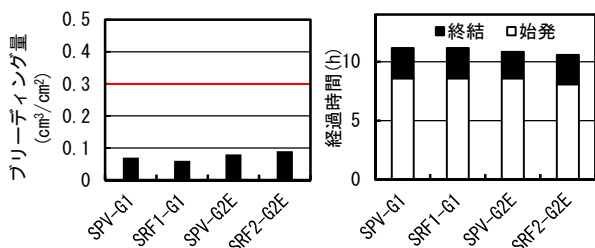


図-2 ブリーディング量

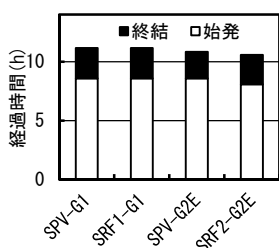


図-3 凝結時間

(6) 凍結融解抵抗性

凍結融解試験結果を図-9 に示す。いずれのコンクリートも高流動指針⁹⁾の品質規定値である 300 サイクル時

の相対動弾性係数が 60 以上を満足した。

(7) 中性化抵抗性

促進中性化試験結果を図-10に示す。いずれのコンクリートも高流動指針⁹⁾の品質規定値である促進 26 週時点での中性化深さ 25mm 以下を十分に満足した。SRF1, SRF2 は共に中性化深さが SPV よりも約 20%小さい傾向にあり、この傾向は既往の研究¹⁰⁾と一致している。

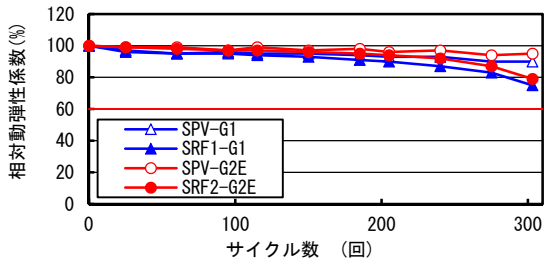


図-9 凍結融解試験結果

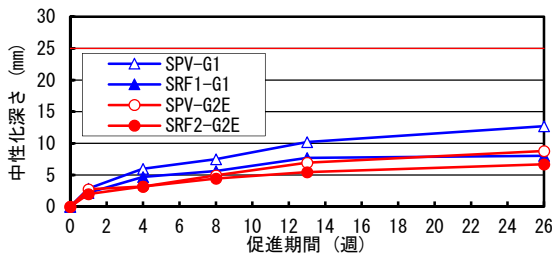


図-10 中性化試験結果

5. 収縮ひび割れ抵抗性の評価

5.1 実験の因子・水準とその組合せ

実験は表-9に示す因子と水準によって実施した。乾燥収縮ひずみが 700×10^{-6} でスランブ 21cm の調合(以下 S-1)を基準とし、その他は高流動コンクリートである。また、S シリーズは青梅産砕石を使用した、W シリーズは収縮低減効果をより高め、無収縮タイプの挙動とするため実験 1 と同様に秩父産石灰砕石を使用した。

5.2 使用材料および調合

使用材料を表-10に、調合を表-11に示す。空気量の目標値は $4.5 \pm 1.0\%$ 、スランブ調合の S-1 はスランブ目標値 $21 \pm 1.0\text{cm}$ 、高流動調合のスランブフローの目標値は $60 \pm 10\text{cm}$ とした。練混ぜは 55L の強制練りパン型ミキサを使用して行い、練り混ぜ量は 45~50L とした。

5.3 試験方法

試験は JIS に規定のあるものは JIS に準拠した。自己収縮試験は超流動コンクリート研究委員会報告書(2)(付録 1)の方法¹¹⁾に準拠した。一軸拘束ひび割れ試験は JIS A 1151 に準じ、ひび割れ発生の有無だけでなく幅と本数を試験する目的で、図-11に示す通りひび割れ測定区間を 30cm から 1m に変更し、断面に所定の鉄筋³⁾を配した。自由収縮試験は、乾燥断面が同じ $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 40\text{cm}$ の供試体を一軸拘束ひび割れ試験と同じ方法で養生、乾

燥した際の収縮ひずみを測定した。S-1 以外の調合の練混ぜは、強制練りパン型ミキサを用いて、全材料を投入し 10 秒間空練り後、水を投入し 90 秒練り混ぜ、5 分間静置後に更に 30 秒練り混ぜた。S-1 の調合は、静置せず 90 秒練り混ぜ後に排出し試験を行った。

5.4 収縮ひび割れ抵抗性の目標

コンクリートの収縮ひび割れ抵抗性の目標は、一軸拘束ひび割れ試験において SRF1 を用いたコンクリートは SPV を用いたコンクリートよりもひび割れ発生日数が長く、ひび割れ本数も少ないこと、SRF2 を用いたコンクリートはひび割れを生じないこととした。

表-9 実験因子・水準と組合せ

記号	乾燥収縮レベル (膨張-収縮)	使用 混和剤	膨張材 使用量 (kg/m ³)	試験項目			
				圧縮強度 ヤング係数 引張強度	自由 収縮	自己 収縮	拘束 ひび割れ
S-1	0-700	SP	0	○	—	—	—
S-2	0-700	SPV		○	○	○	○
S-3	0-560	SRF1		○	○	○	○
W-1	0-500	SPV		○	—	○	—
W-2	0-400	SRF2		○	—	○	—
W-3	300-300	SRF2		25	○	○	○

表-10 使用材料

種別	記号	内容
セメント	C	普通ポルトランドセメント (密度 3.16g/cm ³)
膨張材	EX	石灰系膨張材(密度 3.16g/cm ³)
細骨材	S2	君津産山砂(表乾密度 2.62g/cm ³)
粗骨材	G2	秩父産石灰砕石(表乾密度 2.70g/cm ³)
	G3	青梅産砕石(表乾密度 2.65g/cm ³)
混和剤	SP	ポリカルボン酸系化合物
	SPV	ポリカルボン酸系化合物と 特殊増粘剤の混合物
	SRF1	ポリカルボン酸系化合物と
	SRF2	ポリエーテル誘導体の混合物

表-11 コンクリートの調合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
			W	C	EX	S2	G3	G2
S-1	50	48.7	175	350	—	854	913	—
S-2		51.7	175		—	907	856	—
S-3		50.7	175		—	888	—	891
W-1	50	50.7	175	350	—	888	—	891
W-2		50.7 [*]	175		25	868	—	891
W-3		50.7 [*]	175		—	—	—	—

※:膨張材を細骨材の一部として計算

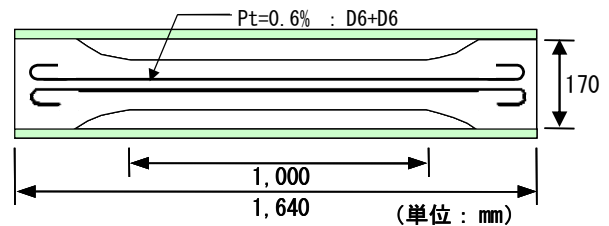


図-11 一軸拘束ひび割れ試験体

5.5 実験結果および考察

(1) フレッシュ試験

S-1 はスランブ 21.5cm、空気量 3.8%であった。S-2~

表-12 強度試験・ヤング係数・自己収縮試験結果

記号	混和剤種類	圧縮強度※ (N/mm ²)			ヤング係数 (×kN/mm ²)			割裂引張強度※ (N/mm ²)			材齢91日の 自己収縮ひずみ (×10 ⁻⁶)
		1週	4週	13週	1週	4週	13週	1週	4週	13週	
S-1	SP	35.8	43.9	—	30.6	32.8	—	2.48	2.97	—	—
S-2	SPV	37.6	43.9	46.2	31.1	32.8	30.2	2.59	3.08	2.70	-105
S-3	SRF1	42.6	51.5	52.1	32.5	34.5	52.1	3.02	3.13	2.79	-95
W-1	SPV	37	45.6	—	33.8	34.4	—	2.75	2.79	—	-123
W-2	SRF2	39.3	47.3	—	34.4	37.0	—	2.91	2.73	—	-100
W-3	SRF2	36.4	45.6	49.2	32.9	34.8	49.2	2.85	3.45	3.88	208(膨張側)

※：強度のうち1週，4週は標準水中養生，13週は1週まで封緘養生し，その後脱型し乾燥静置した

W-3の高流動コンクリートについてはいずれもスランブフロー60~65cmの範囲に収まり，空気量も4.5~5.5%と目標範囲内であった。

(2) 強度試験・ヤング係数試験・自己収縮試験

圧縮，引張強度試験，ヤング係数試験結果および材齢91日の自己収縮試験結果を表-12に示す。S-1に対し高流動コンクリートで強度低下は見られず，同等であった。自己収縮ひずみは材齢91日時点で，S-2に対しS-3は約10%，W-1に対しW-2は約19%の低減率であった。

(3) 一軸拘束ひび割れ試験結果

一軸拘束ひび割れ試験に供したS-2，S-3およびW-3の自由収縮ひずみの測定結果を図-12に，一軸拘束ひび割れ試験における拘束ひずみの測定結果を図-13に，力のつり合いから求めた発生応力の算出結果を図-14に示す。また，乾燥期間105日時点のひび割れ発生状況を図-15に示し，ひび割れ発生時等の各ひずみを表-13にまとめる。

S-2は，乾燥2.9日で1本目が，更に乾燥5.9日で2本目のひび割れが発生しているのに対して，収縮低減効果を付与したS-3は，乾燥10.2日で1本目のひび割れが発生している。このことから，SPVによる高流動コンクリートに対して，ひび割れ抵抗性が向上した高流動低収縮コンクリートが実現できていると考えられる。なお，最大ひび割れ幅はいずれも0.15mm程度で差は見られていない。修正ベースマレー式⁶⁾による推定値は，S-2がひび割れ本数3本，最大ひび割れ0.1mm，S-3がひび割れ本数2本，最大ひび割れ幅0.1mmであり，ひび割れ本数は概ね対応した。ひび割れ係数(=ひび割れ幅の合計(mm)/観察した部材長(ここでは測定区間(1m))の合計(mm))^{1), 12)}は，

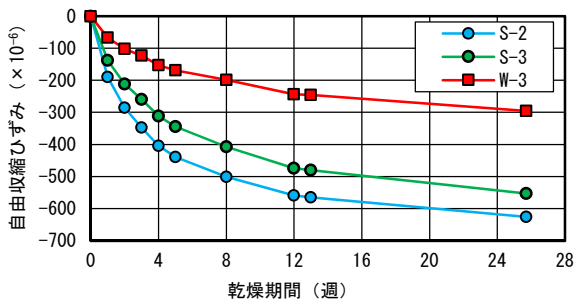


図-12 自由収縮試験結果

S-2：175×10⁻⁶，S-3：75×10⁻⁶で，スランブ18cmの各種コンクリートによる既往の結果からの推定値よりも若干小さかった¹²⁾。またひび割れ発生時の応力強度比は0.7程度で，既往の結果⁶⁾と一致した。

一方，収縮低減効果を向上したSRF2と膨張材を用いたW-3は，膨張材により初期に約1.7N/mm²程度の圧縮応力が導入され，その後の乾燥収縮の進行により1N/mm²程度の引張応力が発生している状況にある。引張応力がほぼ発生しなかった既往の結果²⁾に対して若干の引張応力の発生は見られるものの，想定されるひび割れ発生ライン(図-14中のグレーの実線)には達しておらず，収縮ひび割れも発生していない。膨張材とSRF2により，ひび割れ抵抗性が極めて高い，高流動無収縮タイプコンクリートが実現できていると考えられる。

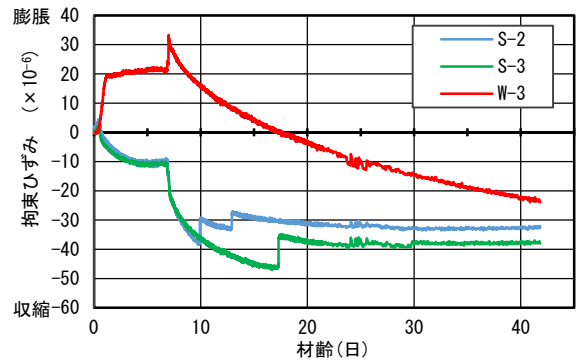


図-13 拘束ひずみの測定結果

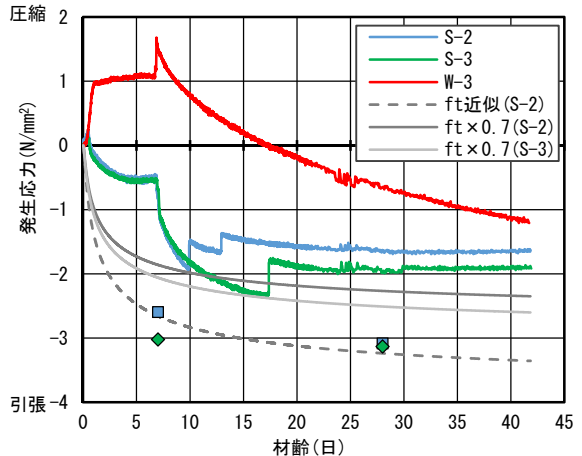


図-14 発生応力の算出結果

表-13 一軸拘束ひび割れ試験結果

記号	ひび割れ発生日数(日) [*]	ひび割れ発生時の各ひびずみ(×10 ⁻⁶)				実拘束度	ひび割れ係数**** (×10 ⁻⁶)
		自由収縮	拘束収縮	引張弾性	推定クリープ		
S-2	2.9	81	23	89	0**	0.72	175
S-3	10.2	170	32	86	52	0.81	75
W-3	— (なし)	— (245)***	— (56)	— (93)	— (96)	— (0.77)	0

*: 乾燥日数, **: クリープの影響なし

: W-3は乾燥13週時の値と計算値, *: 乾燥13週

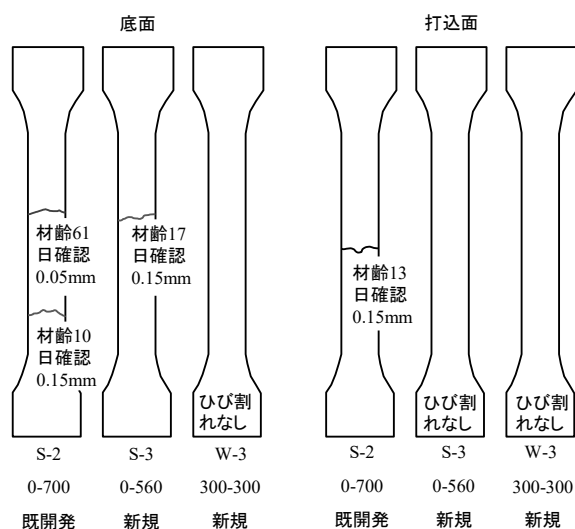


図-15 ひび割れの発生状況(乾燥期間105日時点)

6. まとめ

新規混和剤 SRF1, SRF2 を用いて高流動低収縮コンクリートおよび高流動無収縮タイプコンクリートを開発した。本研究の範囲で得られた知見を以下に示す。

- SR, PC との相溶性が高い新規材料分離低減成分 VSR を用いることで、材料分離抵抗性と収縮低減性を併せ持つ新規混和剤 SRF1 および SRF2 を開発した。
- SRF1 および SRF2 は JIS A 6204 の高性能 AE 減水剤規格に適合した。
- SRF1 および SRF2 を用いた高流動コンクリートは、SPV を用いた同調合の高流動コンクリートと同等の流動性および材料分離抵抗性を有することが確認された。
- SPV に対して、SRF1 の使用により約 10% , SRF2 と膨張材の併用により約 31% 乾燥収縮を低減した。
- SPV に対して、SRF1 の使用により約 10% , SRF2 の使用により約 19% 自己収縮を低減した。
- SRF1 および SRF2 を用いた高流動コンクリートの収縮低減性能以外の硬化物性は、SPV を用いた同調合の高流動コンクリートと同等であることを確認した。
- SRF1 を用いた高流動低収縮コンクリートは拘束ひび割れ試験においてひび割れが発生したが、SPV を用いた同調合のコンクリートに比べてひび割れ発生時期が遅く、ひび割れ本数も少なかった。また SRF2 と膨張材を併用した高流動無収縮コンクリートは乾燥

期間 105 日時点でもひび割れが発生しなかった。

- SRF1 を使用することにより材料分離抵抗性を有し、ひび割れ抵抗性が SPV より向上した高流動低収縮コンクリートが、SRF2, 膨張材および石灰石骨材を使用することにより材料分離抵抗性を有し、ひび割れ抵抗性が極めて高い高流動無収縮タイプコンクリートが実現可能であることが確認された。

参考文献

- 井上和政ほか:ハイブリッド高性能 AE 減水剤を用いた低収縮コンクリートの開発と建築物への適用によるひび割れ低減効果の検証, 日本建築学会技術報告集, 第 16 巻, 第 34 号, pp.849-854, 2010.10
- 小林竜平ほか:ハイブリッド高性能 AE 減水剤と膨張材を併用した無収縮タイプコンクリートのひび割れ抵抗性に関する検討(その 1~3), 日本建築学会大会学術講演集(関東), A, pp.23-28, 2014.9
- 井上和政ほか:ハイブリッド高性能 AE 減水剤と膨張材を併用した超低収縮コンクリートの開発と効果の確認, 日本建築学会技術報告集, 第 22 巻, 第 51 号, pp.409-414, 2016.6
- 井上和政ほか:特殊混和剤を用いた高流動コンクリートの基礎物性とその調査方法に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 511 号, pp.31-38, 1998.9
- 小川亜希子ほか:無収縮タイプコンクリートの化粧打放し壁への適用(その 1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), A, pp.155-158, 2016.9
- 日本建築学会:鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針(案)・同解説, 2006.2
- 米澤敏男ほか:高強度コンクリートのワーカビリティに関する L 型フロー試験法による研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.11, No.1, pp.171-176, 1989.6
- 井上和政, 和泉意登志, 森博嗣, 谷川恭雄:簡易鉄筋間通過性評価手法による高流動コンクリートの限界粗骨材量に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 521 号, pp.1-8, 1999.7
- 日本建築学会:高流動コンクリートの材料・調査・製造・施工指針(案)・同解説, 1997.1
- 木之下光男, 齊藤和秀, 名和豊春:ハイブリッド高性能 AE 減水剤を用いた耐久性改善コンクリートの性質, 土木学会論文集 E, Vol.64, No.4, pp.698-704, 2008.12
- 日本コンクリート工学協会:超流動コンクリート研究委員会報告書(2), 1994.5
- 井上和政ほか:一軸拘束ひび割れ試験を用いた乾燥収縮量が異なるコンクリートのひび割れ量に関する検討, 「コンクリートの収縮特性評価およびひび割れへの影響」に関するシンポジウム, pp.47-52, 2010.12