

[3] スランプロス防止型流動化剤による流動化コンクリートの現場施工

正会員 服部 健一 (花王石鹼化学品本部)
 正会員 ○岡田英三郎 (花王石鹼研究開発本部)
 正会員 山村 正明 (花王石鹼和歌山研究所)

1. まえがき

高性能減水剤(以下SPという)を添加したコンクリート、例えば流動化コンクリートにおいては、同一スランプの従来コンクリートと比較してスランプロスがかなり大きい。スランプロスの問題が解決出来るなら、流動化コンクリートのプラントでの製造が可能となり、品質管理もし易くなる。

SP添加コンクリートのスランプロス防止法については、(A) SPと遅延剤の併用、(B) SPのくり返し添加、(C) 粒状SPの使用などが提案されている。A法はスランプ維持効果が十分でない。B法は優れた方法と考えられるが、JISの制約となお一層の装置の工夫が必要である。C法はコンクリートの物性に影響がありそう等で、十分な普及をみていない。

1979年にリグニンスルホン酸塩の変性品がスランプロス低減に有効であることが報告され、この物質とSPを混合した混和剤がスランプロス防止型の流動化剤として提案された¹⁾。このような混和剤を使用すると生コンプラントで流動化コンクリートが製造できることから、プラント添加型流動化剤とも呼ばれる。スランプロス防止型流動化剤については、その後基本的な室内実験データ・スランプロス低減メカニズムの考察・使用方法の提案などが報告されているが、現場における実用化研究の結果はほとんどない。

本論文においては、著者らが新たに開発したスランプロス防止型流動化剤(以下SRSPという)を用いたコンクリートを数ヶ所の建設現場において打設し、その際得られた知見・問題点について述べる。

表 1. スランプロス防止型流動化剤のコンクリート用流動化剤品質基準による品質試験

項目	流動化剤の形			測定結果
	標準形	遅延形	測定結果	
試験スランプ (cm)	ベースコンクリート	8 ± 1	7.9	
	流動化コンクリート	18 ± 1	18.8	
空気量 (%)	ベースコンクリート	4.5 ± 0.5	4.4	
	流動化コンクリート	4.5 ± 0.5	4.3	
ブリーディング量の差 (cm/cm ³)	0.1 以下	0.2 以下	0.07	
凝結時間の差 (min.)	結 束	-30 ~ +90	+30 ~ +210	+63
	終 結	-30 ~ +90	+210 以下	-78
スランプの経時 (15分間) 低下量 (cm)	4.0 以下	4.0 以下	0.9	
空気量の経時 (15分間) 低下量 (%)	1.0 以下	1.0 以下	0.1	
圧縮強度比 (%)	材令 3日	90 以上	90 以上	100
	材令 7日	90 以上	90 以上	104
	材令 28日	90 以上	90 以上	100
長さ変化 (%)	120 以下	120 以下	101	
凍結融解に対する抵抗性 (相対動弾性係数比 %)	90 以上	90 以上	92	

2. 実験の概要

本報告において記載されたデータの大部分を得た工事物件は次のとおりである。この工事ではほとんどのコンクリートにSRSPを使用した。

1) 工事概要

立地；海辺で比較的風が強い。生コン運搬時間は約35分。

規模；工場ビル、鉄筋コンクリート造4階建。

2) コンクリート概要

総量；5,500 m³ (基礎コンクリートを含む)

工事期間；昭和58年9月～12月

設計基準強度；240 kg/cm² (軀体部) 180 kg/cm²

(床部)

スランプ；21 cm (流動化剤無添加時12 cm) 空気量4%

セメント；普通ポルトランドセメント

粗骨材；碎石，比重 3.01，FM 6.60，吸水率0.64%，最大寸法20mm

細骨材；川砂，比重 2.59，FM 2.52，吸水率1.44%

AE減水剤；ベースコンクリートに1%添加。

SRSP；アルキルアールスルホン酸縮合物塩を主成分とする。SRSPのコンクリート用流動化剤品質基準(日本建築学会・土木学会共通)による試験結果を表1に示す。

3) 調査概要

調査；標準調査 (Fc = 240 kg/cm²) ・冬期補正調査 (Fc = 180 kg/cm², T = 60 kg/cm²)。表2参照。

表 2. コンクリートの調合

測定シリーズ	測定日	呼び強度 (kg/cm ²)	W/C (%)	S/a (%)	C	W	S	G	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)
S	58.9.17	240	57	45.0	315	179	861	1054	12→21	4
W	58.12.26	180+60	57	50.3	318	181	884	1014	12→21	4
参考調合例		240	57	48.0	364	206	364	393	21	4
		180	67	50.4	307	206	307	981	21	4

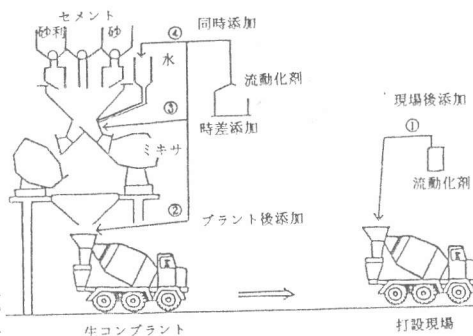


図 1. 流動化剤の添加場所

測定項目；スランプ（フロー）
 値・スランプ（フロー）ロス・
 空気量・ブリージング・長さ変
 化・凝結性・圧縮強度・凍結融
 解抵抗性・ワーカビリティ・仕
 上げ性およびSRSP添加法による
 これら諸性質への影響。

測定時間；ベースコンクリート
 製造時・流動化直後・30分、
 60分、90分経過後。

対照コンクリート；標準形流動化剤を生コンプラントで後添加したコンクリート。

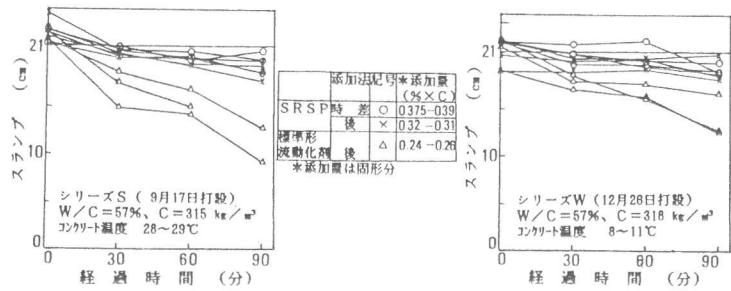


図 2. スランプの経時変化

4) SRSPの添加方法

流動化剤の添加方法はさまざま考えられる（図1）。

①現場後添加は、現在最も多くの工事現場で採用されている方法である。

②プラント後添加は、ふりかけ方式・サンドウィッチ方式などとも呼ばれており、現場における実施例も報告されている。本工事では、SRSPをプラントミキサ下のホップで添加した。

③同時添加は、従来のAE剤あるいはAE減水剤と同じ添加方法であり、練り混ぜ水中に流動化剤を混和する。

④時差添加は、セメント・骨材・水を投入後、これらの配合物が十分に混合していない練り混ぜ初期の段階で流動化剤を投入する方法をいう。したがって、本法によるコンクリート製造では、ベースコンクリート物性の確認は行われない。本現場では、流動化剤の投入ノズルを練り混ぜ水の配管に穿孔設置し、パッチャーマンがコンクリート練り混ぜ開始ボタンを押すと、電気的リレーにより自動的に15秒後から所要量添加できるように、操作盤を改良した。

本工事では、②と④の添加方法について比較検討した。

3. 結果および考察

1) スランプロス防止効果

本現場における生コン車によるSRSP添加コンクリートの運搬は、夏期においても冬期においても、添加量さえ十分であれば、90分間にわたってスランプロス防止効果が得られた（図2）。

図3に示すように、SRSPによる流動化コンクリートのスランプ増大量は、従来の流動化剤と同様に添加量増加とともに大きくなってゆく。しかし、ある添加量（図3においてA）以上の領域において、従来の流動化剤では、スランプコーンを抜いたときにモルタル部だけが流れ出し粗骨材が残る、いわゆる分離が起こるのに対し、SRSPでは分離を起こしにくい。すなわちSPの多量添加が可能となり、流動化に必要な量以上に添加されたSPがスランプ保持に役立つと考えられる⁵⁾。A点を越えた量が多いほどスランプ保持能力（保持時間）が増してくる（図4）。以上のような理由から、SRSPの添加量は従来の流動化剤に比較して多くなる。本現場では、90分間スランプ維持のために、従来の流動化剤使用量に対し30～50%増加した。

また図3は、流動化剤を多量に添加することとスランプの低い（およそ21cm以下）コンクリートを製造することが相反することを示している。したがって、スランプ21cm以下ではSRSPによるスランプロス防止性能は期待できないが、従来流動化剤を用いる場合よりも改善される。

2) 試し練りとの整合性

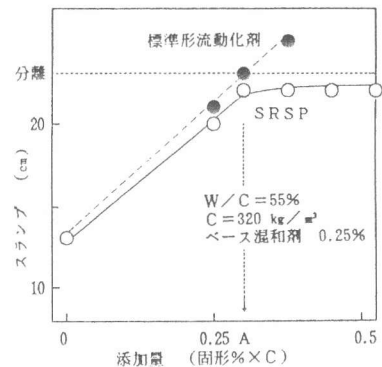


図 3. 流動化剤の添加量とスランプ増大量

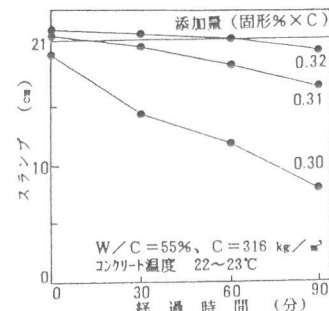


図 4. 添加量とスランプ維持効果

SRSPによるスランプロス防止効果について、現場における結果とそれに先立つプラントでの試し練りの結果を図5にまとめ比較した。図から明らかなように、現場における性能はプラントにおける試し練りより向上している。これは実用のコンクリートが生コン車ドラム中で低速回転（通常1rpm）でアジテートされているが、試し練りでは練り置かれているというように、経時的に受ける機械的エネルギーが異なることや、初期剪断エネルギーが異なることによるなど、その一因と考えられる。⁶⁾

3) 空気量の経時変化

従来報告と同様に、時間とともにやゝ減少したが、ほぼ初期の空気量が保持された。

4) ワーカービリティ

図6はSRSP添加コンクリートのスランプとスランプフローの関係を示している。SRSP添加コンクリートは時間経過とともに、スランプを保持したままスランプフロー値が低下していくようである。かかるコンクリートも軽く振動を与えると比較的容易に広がった。したがって打ち込みにあたっては、より入念な締め固め作業が実施されるよう注意を要した。

ポンプ圧送性については、定量的なデータは採取しなかったが、ほぼ同一スランプのコンクリートと同じポンパビリティが得られた。

5) ブリージング

従来、当地区は骨材事情のために比較的単位水量が多くブリージングが発生しやすく、高スランプの流動化コンクリートの打設が困難であった。SRSP添加コンクリートは従来の流動化コンクリートに比較して、ブリージング率が低く、その速度も遅い。また、練り混ぜ後の時間が経つほどブリージングが減少した（図7）。

従来のA/E減水コンクリートではブリージングによってペーストが洗い出されるため粗骨材が露出して、打ち継ぎ部が明瞭に観察されたが、SRSP添加コンクリートでは打ち継ぎ部が目立つことなく美しく打設された（写真1）。

6) 仕上げ時間

室内実験データ（図8）から明らかなように、SRSP添加コンクリートは従来コンクリートに比較して2～3時間凝結が遅延する。しかも冬期（10℃）においては、従来のコンクリートと同程度に3～4時間の遅延が加算される。

本現場の冬期における打設では、立地条件による強い風によって打設面において蒸発潜熱が奪われ、コンクリート温度がさらに低下し、床面コテ仕上げがコンクリート打設後約15～16時間となり、大きな硬化遅延がみられた。このことからSRSP使用コンクリートの冬期における打設（特に床面）においては、事前に十分な養生を施せるような準備が必要であると思われる。

7) 圧縮強度

圧縮強度の結果を表3に示

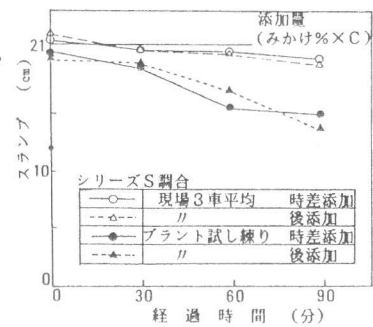


図5. 現場測定値と試し練り結果の整合性

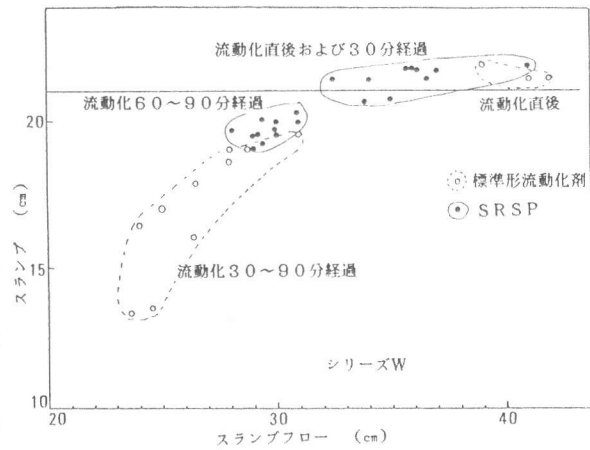


図6. スランプとスランプフローの関係

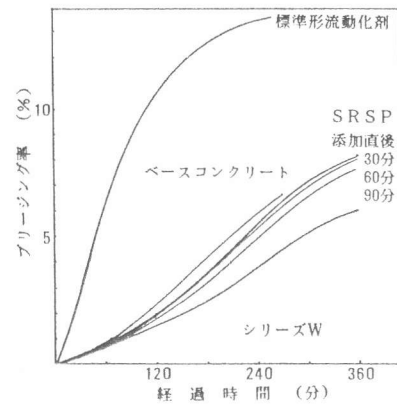
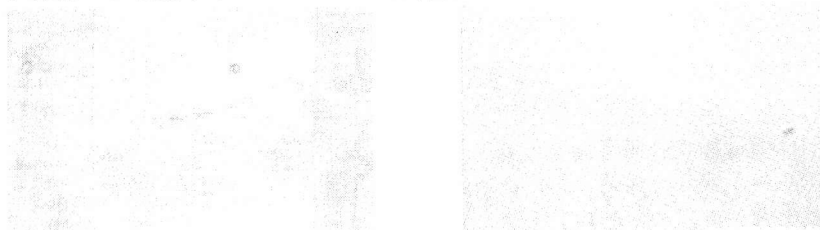


図7. ブリージング



A/E減水コンクリート

SRSP添加コンクリート

写真1. コンクリートの打ち継ぎ部

した。冬期においてや、初期強度発現は遅れたが、材令28日の標準養生圧縮強度には問題なかった。

8)長さ変化

長さ変化の程度は、ほぼ従来の流動化コンクリートと同じと考えられる(図9)。

9)凍結融解抵抗性

図10に見るように、ほぼベースコンクリートと同程度の凍結融解抵抗性が得られた。

10)添加方法による差

SRSPの添加方法がコンクリート物性に与える効果においては、ほとんどその差異は見いだせなかった。ただし、後添加法の方が時差添加法より使用量が80~85%で済んだ。このため経済性の見地からは後添加法の方が有利と考えられる。

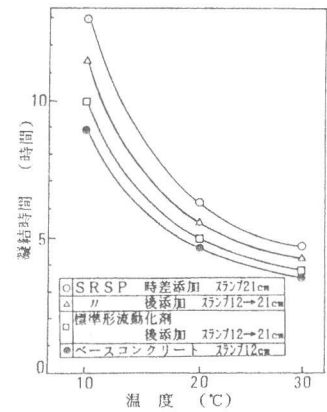


図8. 凝固時間におよぼす温度の影響

表3. 強度試験結果

実験シリーズ	コンクリートの種類	供試体採取場所	供試体時間	圧縮強度 (kg/cm ²)			
				材令 3	材令 7	材令 28	
S	SRSP 後添加	プラント	—	172	268	—	
	SRSP 時差添加	現場	90分	—	218	315	
	SRSP 時差添加	プラント	—	183	276	—	
	標準形流動化剤	プラント	—	198	279	—	
	標準形流動化剤	プラント	—	173	269	—	
W	ベースコンクリート	プラント	—	188	277	—	
	SRSP 後添加	プラント	—	50	154	261	
	SRSP 時差添加	現場	90分	—	51	154	261
	SRSP 時差添加	プラント	—	51	152	247	
	標準形流動化剤	現場	90分	—	51	204	317
標準形流動化剤	プラント	—	69	210	314		
ベースコンクリート	プラント	—	68	190	316		

4. まとめ

①本現場試験において、SRSPを添加したコンクリートは、季節にかかわらず、生コン車による運搬で90分間スランプ維持ができ、ほぼ従来の流動化コンクリートと同じ物性が得られた。

②スランプ21cm以下のコンクリートではSRSPによるスランプ維持効果は少ない。

③90分間スランプ維持するために、SRSPは標準形流動化剤に比較して約1.3~1.5倍(固形分換算)の添加量を必要とした。

④SRSP添加コンクリートは、スランプ保持性能に比較してスランプフローの低下が見られ、施工に当たっては十分な締め固め作業が重要である。

⑤SRSP添加コンクリートは、従来の流動化コンクリートに比較してブリージングが少ないために、単位水量が多くブリージングが問題となる地区の流動化コンクリート打設に有用となると思われる。

⑥SRSPは標準形流動化剤よりも凝結を遅延させるので、特に冬期における打設においては、事前における十分なコンクリート養生計画が必要と思われる。

⑦SRSPのプラントでの添加方法は、後添加でも時差添加でも同じ効果が得られたが、後添加の方が若干少ない添加量で済んだ。

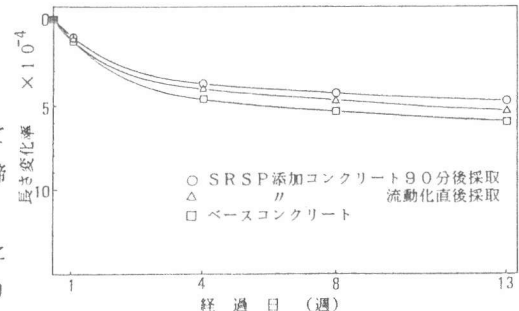


図9. 長さ変化率



図10. 凍結融解抵抗性

本現場施工実験にあたり、清水建設㈱研究所・本社建築技術部・名古屋支店建築技術部および三豊綜業㈱の協力を得ました。深く感謝の意を表します。

6. 参考文献

- 1)吉原、藤丸、藤岡、第1回コンクリート工学年次大会講演会講演論文集, p109 (1979)
- 2)稲田、難波、堀本、中本, セ技年報 37, 152 (1983)
- 3)八巻、藤丸、藤岡、新庄、吉原, セ技年報 37, 160 (1983)
- 4)安藤、渡辺、宇田川, セメント・コンクリート No.440, p30, Oct.1982
- 5)服部、岡田、土井、佐藤, セメント・コンクリート No.443, p10, Jan.1983
- 6)Hattori, K. & Izumi, K., J. Disp. and Tech., 3 (2) 129, 147, 168 (1982)