

V-533

早強セメントを用いた高流動コンクリートの特性に関する研究

熊谷組技術研究所 正会員 櫻井 重英
ポゾリス物産 梅沢 健一

1. はじめに

高流動コンクリートは年々実施工への適用例が増えているが、その普及につれて、より広い用途への需要が出てくることが予想される。そこで例えば道路、鉄道工事などで急速施工が求められる場合や、スリップフォーム工法、寒中コンクリート施工などにも高流動コンクリートが適用できるよう、早強セメントを使用した高流動コンクリートを試作し、その特性を調べた。

2. 試験方法

(1) 実験Ⅰ（材料および配合選定実験）

i) 材料および配合

配合の選定に当たっては、製造のしやすさを考慮して早強セメント+粉体1種の粉体系とし、粉体は水和熱を抑えるためにフライアッシュと石灰石微粉末の2水準とした。また単位水量および単位粉体量をそれぞれ $165\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $500\text{kg}/\text{m}^3$ 一定として水セメント比（以下W/Cと記す）を38.8%から56.3%まで4水準とした。また高性能AE減水剤（以下SP剤と記す）はポリカルボン酸系で架橋ポリマー量の異なる3品種から選定した。表-1に実験した配合および材料を示す。

ii) 試験項目

表-1に示した配合について、練上がり温度 20°C でスランプフロー、空気量およびそれらの経時変化（練上がり90分後まで）、標準供試体圧縮強度（材齢1、3、7、28日）の試験を行った。この試験結果から粉体、SP剤および適当なW/Cを選定し、物性試験を行った。

(2) 実験Ⅱ（物性試験）

i) 材料および配合

実験Ⅰの結果から粉体としてフライアッシュを、SP剤には混和剤bを選定した。W/Cは $\sigma_s = 240\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度となる75%および比較用として50%の2水準とした。なおこの2配合は水粉体体積比を85.5%一定とした。配合表を表-2に示す。

ii) 試験項目

試験項目を表-3に示す。

3. 試験結果

(1) 実験Ⅰ

図-1にW/C=50.5%でSP剤の種類を変えた場合のスランプフローの経時変化を、図-2にはセメント水比と圧縮強度の関係を示す。

表-1 実験Ⅰ 配合および使用材料

種別	No.	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m^3)						SP剤の種類	SP剤の使用量 ($\text{P}\times\%$)	AE剤の使用量 ($\text{P}\times\%$)
				W	C	F	L	S	G			
H+F	1	50.5	50	165	327	173	0	799	808	a	1.35	0
	2	38.8			425	75		815	824	b	1.7	0.001
	3	44.6			370	130		807	814		1.6	0
	4	50.5			327	173		799	808		1.5	0
	5	56.3			293	207		794	803	c	1.5	0
	6	50.5			327	173		799	808		1.9	0.010
H+L	7	50.5	165	500	327	0	173	815	824	b	1.6	0
	8	38.8			425		75	823	829	c	2.0	0.010
	9	44.6			370		130	815	824		1.9	0.012
	10	50.5			327		173	815	824		1.8	0.015
	11	56.3			293		207	815	822		1.7	0.016

<使用材料>

W: 水道水

C: 早強セメント、比重3.14、ブレン比表面積 $4500\text{cm}^2/\text{g}$

F: フライアッシュ、比重2.28、ブレン比表面積 $3760\text{cm}^2/\text{g}$

L: 石灰石微粉末、比重2.71、ブレン比表面積 $3290\text{cm}^2/\text{g}$

S: 細骨材、大井川産陸砂+千葉産山砂、表乾比重2.62、粗粒率2.74、吸水率1.61

G: 粗骨材、青森産砕石、比重2.65、最大寸法 20mm 、吸水率0.72

SP剤: ポリカルボン酸エーテル系と架橋ポリマーの複合体 (aは架橋ポリマー無し)

AE剤: 変成アルキルカルボン酸化合物を主成分とする陰イオン系界面活性剤

表-2 実験Ⅱ 配合表

配合記号	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m^3)					SP剤の種類	SP剤の使用量 ($\text{P}\times\%$)	AE剤の使用量 ($\text{P}\times\%$)
			W	C	F	S	G			
H F-50	50	50	165	330	200	781	792	b	1.5	0
H F-75	75			220	280	781	792		1.3	

表-3 実験Ⅱ 試験項目

種 類	試験項目
スランプ	スランプフロー試験 空気量試験 ブリーディング試験
強度	圧縮強度試験 (材齢5~16時間、1、3、7、28、91日)
特性	静弾性係数 (材齢7、28、91日)
熱特性	断熱温度上昇試験
耐久性	長さ変化試験 促進中性化試験 促進塩分浸透試験 細孔径分布測定試験 凍結融解試験 (300サイクル)

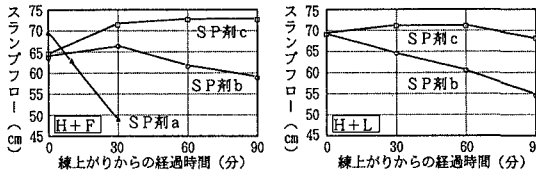


図-1 SP剤の種類とスランプフローの経時変化

スランプフロー保持性は、(H+L)よりも(H+F)の方がやや良好であり、SP剤の種類別では、aは急速に低下し、cは増大傾向が見られた。よって使用材料は緩やかな低下傾向を示した、(H+F)+SP剤bの組合せを選定した。

また圧縮強度は各材齢ともセメント水比と直線関係にあり、7日までの強度は(H+L)よりも(H+F)の方がやや低いが、28日ではほとんど差がなくなった。

(2)実験Ⅱ

フレッシュコンクリートの試験結果を表-4に示す。水粉体体積比が同じでも、W/Cが大きい方がブリーディング率はやや高くなった。また材齢1日未満の若材齢強度および凝結時間を図-3に、材齢1日以降の圧縮強度を図-4に示す。

早強セメントを使用しても、SP剤を多量に使用する高流動コンクリートは、初期強度発現および凝結時間が通常のコンクリートよりも遅延する傾向が見られる。しかし、材齢1日から3日までの強度発現は急激で、HF-75でも $\sigma_s=258\text{kgf/cm}^2$ が得られている。

図-5には断熱温度上昇試験結果を示す。HF-75の測定最大温度上昇量は 47.7°C であり、近似式 $Q(t)=K\{1-\exp(-\alpha t)\}$ で近似すると、 $K=48.5^\circ\text{C}$ 、 $\alpha=1.01$ であった。この発熱特性は、コンクリート標準示方書施工編15.3.3の推定式によると、普通セメントの単位セメント量 380kg/m^3 程度のコンクリートとほぼ同等である。

4. まとめ

物性試験は、耐久性試験を中心に現在継続中であるが、これまでの結果から次の知見が得られた。

①早強セメントとフライアッシュまたは石灰石微粉末を組み合わせた高流動コンクリートの製造が可能であり、SP剤のタイプを適正に選定することにより十分なスランプフロー保持性が得られた。

②早強セメントを使用しても、高流動コンクリートの凝結時間は遅延傾向が見られた。

③粉体にフライアッシュを使用した場合、 $W/C=75\%$ で材齢3日圧縮強度 250kgf/cm^2 以上が得られるが、若材令での強度発現速度は緩やかであることから、スリップフォーム工法に適用するには若材令時の強度発現特性の改善が必要であると考えられる。

④単位セメント量を 200kg/m^3 ($W/C=75\%$)に抑えることにより、過剰な強度発現と水和反応熱の上昇を抑えることができた。

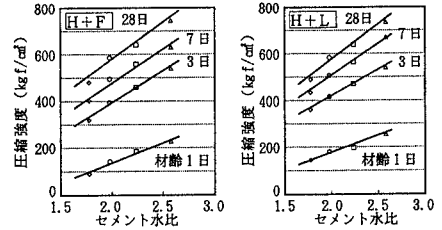


図-2 セメント水比と圧縮強度の関係

表-4 フレッシュ特性試験結果

配合記号	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 ($^\circ\text{C}$)	ブリーディング率 (%)
HF-50	67.5	4.7	19.5	0
HF-75	72.5	4.7	19.5	0.88

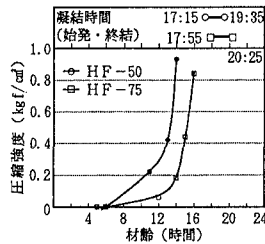


図-3 若材齢強度及び凝結時間

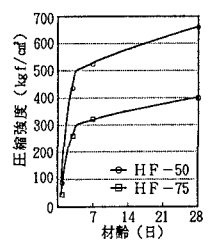


図-4 材齢と圧縮強度の関係

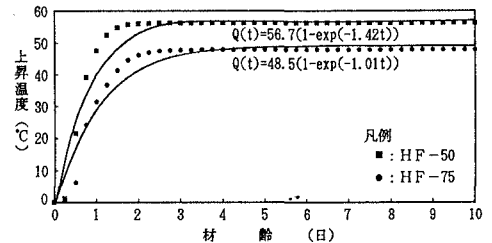


図-5 断熱温度上昇試験結果