

V-375 早強セメントを使用した早強型高流動コンクリートの研究

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
 八洋コンクリートコンサルタント 正会員 清水 哲史

1. はじめに

高流動コンクリートは一般に凝結が遅く、初期強度が低い傾向が見られる。これを改善する目的で、早強セメントを使用した早強型高流動コンクリートを開発することとし、混和材としてフライアッシュまたは石灰石微粉末を使用した場合と、高性能AE減水剤（以下SP剤と記す）の種類を変えた場合のフレッシュ性状、強度特性、耐久性への影響などを調べた。また普通セメントを使用した場合も比較したので報告する。

2. 実験方法

実験に使用した配合を表-1に示す。

表中の水粉体比は重量比で示しているが、体積比では全て85.5%に統一した。SP剤はa、bが従来品でc、dが凝結時間改善のために新たに開発した製品である。

練り混ぜは容量 100 l の強制二軸練りミキサを使用し、骨材および粉体を投入して30秒間空練りした後水および混和剤を投入して120 秒間練り混ぜた。また実施した試験は、スランプフロー、空気量、ブリーディング、凝結時間などのフレッシュ性状試験の他、表-2に示す圧縮強度試験および耐久性試験である。

3. 実験結果

3.1 凝結特性

図-1に全配合の凝結時間とスランプフロー経時変化量（練上がり90分後-5分後）を示すが、この図から次のことが言える。①混和材としては石灰石微粉末を使用した方がフライアッシュを使用した場合よりも凝結時間は早くなる傾向が見られる。②早強セメントと普通セメントでは凝結時間に大きな差はなく、W/C=50%ではむしろ普通セメントの方がやや早かった。③早強セメントを使用した配合の場合、W/C の違いは凝結時間にほとんど影響を与えておらず、新型のSP剤による改善効果が大きかった。④凝結時間が早いほどスランプフローの経時による低下が大きい。

3.2 圧縮強度

材齢1日未満の若材齢での圧縮強度発現性状を図-2に示す。0.1N/mm²以下程度のある所定の強度（例えば0.05N/mm²）を得るのに必要な材齢は凝結始発時間と強い相関が見られる。従ってこの実験の範囲では、混和材に石灰石微粉末を使用した方がフライアッシュを使用した場合よりも若材齢強度は高くなった。

表-1 配合および使用材料

配合 記号	セメント の種類	W/C (%)	W/P (%)	SP剤 の種類	単位数 (kg/m ³)						
					W	C	FA	LP	S	G	
HF-50a	早強	50	31.1	a	165	330	200	0	781	792	
HF-75a	早強	75	33.0	a	165	220	280	0	781	792	
HF-75c	早強	75	33.0	c	165	220	280	0	781	792	
HL-50b	早強	50	29.0	b	165	330	0	238	781	792	
HL-75b	早強	75	29.8	b	165	220	0	333	781	792	
HL-75d	早強	75	29.8	d	165	220	0	333	781	792	
NF-50a	普通	50	31.0	a	165	330	203	0	781	792	
NF-75a	普通	75	33.0	a	165	220	280	0	781	792	

<使用材料>
 W: 水道水
 C: 早強セメント
 比重 3.14
 ルー 4490 cm³/g
 普通セメント
 比重 3.16
 ルー 3280 cm³/g
 FA: フライアッシュ
 比重 2.28
 ルー 3350 cm³/g
 LP: 石灰石微粉末
 比重 2.71
 ルー 3290 cm³/g
 S: 大井川水系産陸砂と
 木更津産山砂混合 9:1
 比重 2.62, FM 2.73
 G: 青柳産硬質砂岩砕石
 比重 2.65, FM 6.63
 最大径20mm
 SP剤: ポリカルボン酸系

表-2 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
材齢1日未満若材齢圧縮強度	土質工学会基準 JSF T 511 「土の一軸圧縮強度試験方法」
材齢1日以降圧縮強度	JIS A 1108 「コンクリートの圧縮強度試験方法」
凍結融解試験	JIS A 6204 付属書2 「コンクリートの凍結融解試験方法」 (ただし測定サイクルは300 サイクル)
促進塩分浸透試験	10×10×10cmの角柱供試体を材齢28日まで標準養生後、側面2面を被覆し、5% NaCl溶液に浸漬1週間、20℃の気中乾燥1週間の乾燥繰り返しを行い、材齢3および6ヵ月で測定。
促進中性化試験	日本建築学会 高耐久性コンクリート造設計施工指針(案) 同解説 付1 「コンクリートの促進中性化試験方法(案)」
長さ変化試験	JIS A 1129 「モルタル及びコンクリートの長さ変化試験方法」
細孔径分布	材齢28日まで標準養生した供試体を粉砕し、5～2.5 mmに粒度調整して骨材を取り除いたペースト部分をDドライ法で乾燥、水銀圧入式ポロシメーターで測定した。

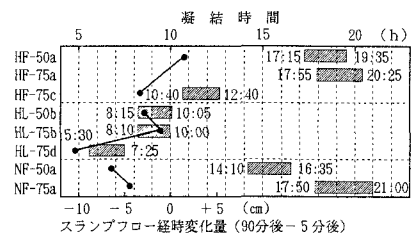


図-1 凝結時間とスランプフロー経時変化

また普通セメントと早強セメントを比較すると、極初期材齢では普通セメントの方が強度が高いが、材齢20時間以下でその関係は逆転し、1日強度は早強セメントの方が高くなった。

材齢1日以降の圧縮強度発現性状を図-3に示す。混和材に石灰石微粉末を使用した配合は、材齢7日以降の強度の増進が極めて小さいが、フライアッシュを使用した場合は材齢28日以降もポズラン反応によると思われる強度増進が見られる。

また混和材にフライアッシュを使用した場合の早強セメントと普通セメントを比較すると、材齢3日までの強度差が大きく、28日では差が小さくなったが、材齢91日でも早強セメントの方が強度はやや高かった。

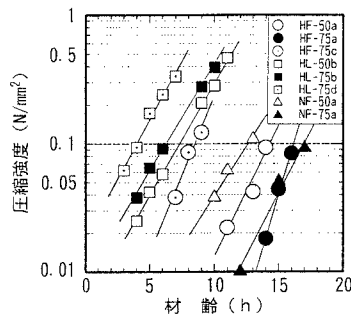


図-2 若材齢時圧縮強度

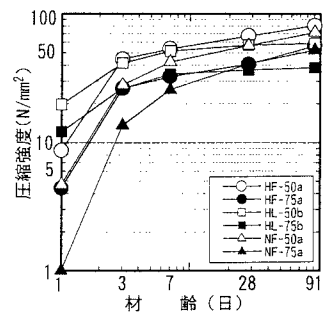


図-3 材齢1日以降圧縮強度

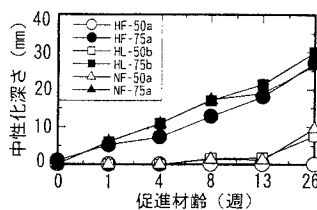


図-4 促進中性化試験結果

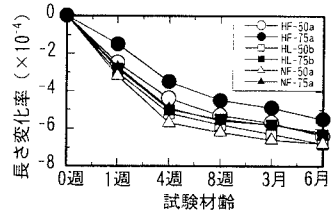


図-5 長さ変化試験結果

3. 3 耐久性

促進中性化試験結果を図-4に示す。この試験の範囲では、混和材の種類による中性化速度の差はほとんど見られないが、W/Cの違いによる差が顕著であり、W/C=50%の場合は促進材齢26週での中性化深さが10mm以下となったが、W/C=75%の場合は30mm程度となった。

促進塩分浸透試験における促進材齢6ヵ月の塩分浸透深さは表-3に示す。混和材にフライアッシュを用いた配合は、いずれも塩分浸透深さは5mm未満と小さかったが、早強セメント+石灰石微粉末の配合は大きくなり、特にW/Cの大きなHL-75bは15.6mm以上となった。これは石灰石微粉末のような化学的に不活性な粉体の、総粉体量に占める比率が比較的高くなると、耐久性上やや問題が生じる場合があることを示している。

次に長さ変化試験結果を図-5に示す。いずれの配合も材齢6ヵ月における長さ変化率は 7×10^{-4} 以下であり、問題はない。

その他、耐凍結融解性試験結果はいずれの配合も耐久性指数が95以上となり、良好であった。また混和材にフライアッシュを使用した場合の細孔径分布測定結果を表-4に示すが、早強セメントより普通セメントの方が総細孔容積はやや小さくなったが、平均径はほぼ同程度であった。

4. まとめ

①凝結時間を早くするには、SP剤の改善が最も効果があり、混和材にはフライアッシュよりも石灰石微粉末を使用した方が有利である。しかし普通セメントを早強セメントに替えることによる改善効果はない。

②同じセメント・混和材の配合では、凝結時間が早いほどスランプフローの経時低下量は大きくなる。

③若材齢時の強度発現速度は凝結始発時間と強い相関がある。

④耐久性上は、W/Cが大きい場合の中性化速度および混和材に石灰石微粉末を使用した場合の耐塩分浸透性に対して、コンクリートの使用条件によっては注意が必要である。

表-3 促進塩分浸透試験結果（促進材齢6ヵ月）

配合記号	HF-50a	HF-75a	HL-50b	HL-75b	NF-50a	NF-75a
塩分浸透深さ (mm)	4.2	4.4	8.8	15.6	2.4	3.8

表-4 細孔径分布測定結果

配合記号	HF-50a	HF-75a	NF-50a	NF-75a
総細孔容積 ($\times 0.01 \text{ ml/g}$)	4.9902	7.1449	6.195	7.3511
平均径 ($\text{\AA}$)	160.5	202.4	163.5	195.7