

V-192

促進剤や微粉末材料がビーライト高含有セメントを用いた高強度コンクリートの初期性状に及ぼす影響

大林組技術研究所 正会員 三浦 律彦

大林組技術研究所 正会員 青木 茂

大林組技術研究所 正会員 十河 茂幸

1. まえがき

高強度コンクリートや超高強度コンクリートでは、水セメント比の低減に伴う粘性の増大が施工速度や充填性の低下をまねくため、その改善のためにスランプフローの大きい配合（以下高流動コンクリート）とすることが多い¹⁾。一方、比較的マッシブなRC構造物にも高強度コンクリートが適用されるようになってきた^{2, 3)}。このような背景から、より低発熱で高強度・高流動のコンクリートに関する研究が盛んに行われており^{2, 3, 4)}、これに適したセメントとして、ビーライト(C₂S)含有量を増加させたセメント（以下ビーライト高含有セメント）が最近注目を集めている。ビーライト高含有セメントは長期強度での強度発現性に優れるものの、凝結以降材齢28日までの初期強度の発現が遅くなることが知られている³⁾。そこで、ビーライト高含有セメントの凝結性状および初期硬化性状の改善を目的として、促進剤や各種微粉末の併用効果の検討を実施した。

2. 実験概要

(1) 使用材料

使用材料を表-1に示す。セメントにはビーライト高含有セメント(C₂S含有量53%)を用いた。微粉末としては、シリカフュームと石灰石粉を用いた。また、混和剤にはポリカルボン酸系の高性能AE減水剤とロダン化合物系の促進剤を用いた。

(2) コンクリートの配合

コンクリートの配合を表-2に示す。単位水量や水粉体比（粉体=セメント+微粉末）を一定とし、セメントの一部をシリカフュームや石灰石粉で置換して用いた。

シリカフュームの混入率はセメント重量の5, 10, 15%、石灰石粉の混入量は50, 100 kg/m³とした。また、高性能AE減水剤の添加率は石灰石粉や促進剤の検討においては2.1%と一定にし、シリカフュームの検討の場合のみ2.4%と増加させた。

3. 実験結果と考察

3. 1 フレッシュ性状や経時変化への影響

各種混和材料を用いた配合のフレッシュ性状や経時変化の測定結果を表-3に示す。促進剤は1%までであれば影響はないが、2%になるとスランプフローの低下がやや早くなるようである。石灰石粉を100 kg/m³混入し

表-1 使用材料

種類	略称	名称	比重	摘要
セメント	C	ビーライト高含有低熱ポルトランド	3.22	比表面積=3,420 cm ² /g C ₂ S=53%, C ₃ S=29%
	SF	シリカフューム	2.20	比表面積=210,000 cm ² /g SiO ₂ =97%, 非造粒型
微粉末	LF	石灰石粉	2.71	200メッシュアンダー、CaCO ₃ 97 %
	G	石灰岩砕石	2.70	Gmax=25mm, 吸水率=0.31%
粗骨材	S	山砂(君津産)	2.60	FM=2.53, 吸水率=1.53%
細骨材	SP	高性能AE減水剤	—	ポリカルボン酸系
	AC	促進剤	—	ロダン化合物

表-2 コンクリートの配合

記号	空気量 (%)	スランプ 70- (c m)	W / 粉体 (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m³)					SP 添加率 (%)	AC 加 率 (%)	
					W	C	微粉末	S	G			
Base	3 ± 1	64 ± 4	28.0	43.0	160	571	—	707	975	2.1	0.0, 0.5 1.0, 2.0	
LF 5			28.0	43.0	160	521	LF 50	704	969	2.1	—	
LF10			28.0	43.0	160	471	LF100	701	965	2.1	—	
SF 5			—	28.0	43.0	160	542	SF 29	702	969	2.4	—
SF10			—	28.0	43.0	160	514	SF 57	697	961	2.4	—
SF15			—	28.0	43.0	160	485	SF 86	694	953	2.4	—

(注) スランプフローは、横上り後90分までは55cm以上を目標

表-3 フレッシュ性状および凝結時間

配合	練上り 温度 (℃)	空気量 (%)	スランプフロー (cm)			○ロート流下時間(秒)			始 終 時 間 (時-分)	終 結 時 間 (時-分)	始発 時間差 (分)
			直後	30分後	60分後	直後	30分後	60分後			
Base	20.5	3.2	66.0	66.5	65.5	14.5	21.0	40.7	10-00	11-30	±0
AC 0.5	20.7	3.8	61.8	—	—	14.9	—	—	9-15	11-25	-45
AC 1.0	21.3	3.5	63.5	62.8	62.0	14.0	14.2	18.8	9-05	11-05	-55
AC 2.0	20.3	3.2	63.8	60.0	58.0	16.2	22.5	24.3	8-30	10-30	-90
LF 5	20.8	2.8	63.5	—	—	15.1	—	—	10-10	12-40	+10
LF 10	20.3	3.2	65.8	67.8	66.3	13.4	14.8	18.4	11-15	13-50	+65
SF 0	21.3	3.3	68.3	—	—	12.5	—	—	—	—	—
SF 5	21.6	3.0	53.5	—	—	11.7	—	—	—	—	—
SF 10	21.3	3.6	42.5	—	—	12.5	—	—	9-45	11-10	-15
SF 15	21.1	3.7	30.5	—	—	12.6	—	—	—	—	—

た場合には、水セメント比の増加により0ロート流下時間¹⁾は若干減少し、経時変化も少なくなった。一方、シリカフューム混入量の増加に従いスランプフローは低下したが、0ロート流下時間はほとんど変らなかった。

3. 2 凝結時間への影響

各種配合の凝結時間は表-3に示した通りで、促進剤の添加量が多いものほど凝結時間は短くなったが、2%と多量添加した場合でも90分程度の促進であった。一方、石灰石粉を混入したものでは水セメント比の増加の影響で凝結時間は長くなり、終結までの時間もかなり長くなった。シリカフュームでは若干促進効果が認められた。

3. 3 圧縮強度への影響

促進剤添加率と圧縮強度の関係を図-1に示す。材齢2日の初期強度においては、促進剤添加率が大きい配合ほど若干高い強度となったが、7日以降では促進剤添加の影響はほとんど認められなくなった。このように、ビーライト高含有セメントにおいては、促進剤添加による強度発現の改善効果は材齢2日程度までの極初期に限られ、強度増進は1割程度であることが確認された。

シリカフューム混入率と圧縮強度の関係を図-2に示す。材齢7日まではシリカフューム混入の影響が認められず、ビーライト高含有セメントの強度増進が大きくなる材齢28日以降において、混入率10%で60~70 kgf/cm²の強度増が得られた。このように、ビーライト高含有セメントにおいては、シリカフューム混入による強度改善効果は材齢初期よりも長期で現れることが確認された。

石灰石粉混入量と圧縮強度の関係を図-3に示す。セメントに置換して石粉を混入したため、混入率の増加に伴い圧縮強度が低下した。実質の水セメント比の増加分(50kg/m³混入で2.7%、100kg/m³混入で6%)を考慮すると、材齢7日までは若干の強度改善効果があると判断された。これは石粉によるセメント分散効果と思われる。

4. まとめ

ビーライト高含有セメントを用いた高強度コンクリートの初期性状は、促進剤や石灰石粉を併用することで若干改善されるが、シリカフュームを混入したものでは初期よりも長期での改善効果大きいことが確認された。しかし、これらの改善効果は従来の普通セメントなどに比べて小さく、今後は更に他の混和材料の検討が必要である。

- 【参考文献】1)三浦²⁾：超高強度コンクリートの施工性改善に関する基礎研究，土木学会第46回年講 V-317，1991
2)名和³⁾：高ビーライト系セメントを用いた高流動・高強度コンクリートに関する研究，JCI 第15回年講 pp.143-148，1993
3)三浦⁴⁾：高ビーライトセメントの高強度地下連続壁コンクリートの適用性に関する基礎的検討，JCI 第16回年講，1994
4)青木⁵⁾：ビーライト高含有セメントを用いた高強度コンクリートの高温履歴下での強度発現性状，JCI 第16回年講，1994

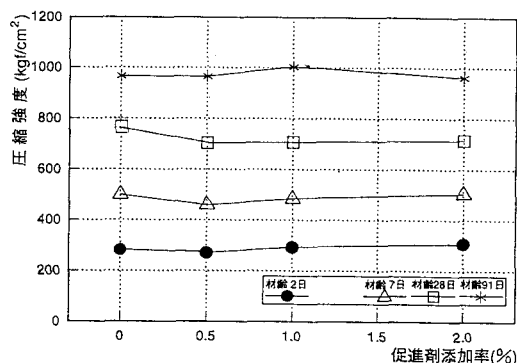


図-1 促進剤添加率と圧縮強度の関係

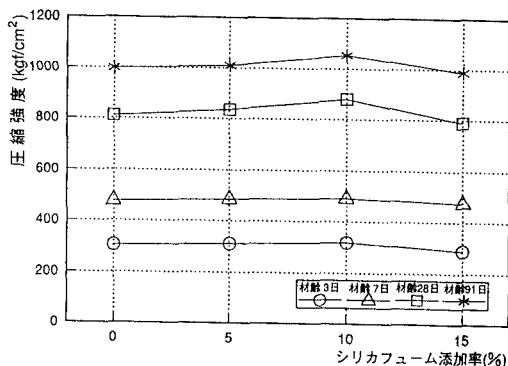


図-2 SF混入率と圧縮強度の関係

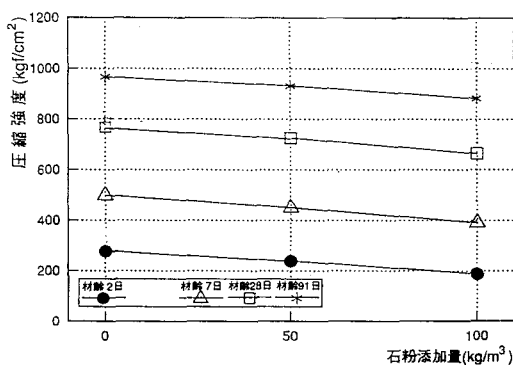


図-3 石灰石粉混入量と圧縮強度の関係