

ハイブリッド混和剤を用いた中熱高強度コンクリートの性質

竹本油脂(株) 正会員 ○木之下光男
同 齊藤 和秀
同 小林 竜平

1. はじめに

設計基準強度が 100N/mm² を超える高強度コンクリートは単位結合材量が多いため、練混ぜ時にコンクリートの粘性が増大する問題や自己収縮による初期ひび割れの危険性が指摘されている。かかる問題を改善する目的で、著者らは、シリカフュームセメントを用いたコンクリートを対象に水結合材比が20%以下の極めて小さい領域で粘性低減性能と収縮低減性能を併せ持つハイブリッド混和剤を使用し有効性を確認した結果を報告¹⁾した。しかし、最近は低コスト及び汎用性を目的に低発熱系セメントのみを用いて超高強度を実現する動きが出てきており、特に中熱セメントの適用例が増加する傾向にある。そこで、100N/mm² 級の高強度コンクリートに中熱セメントを使用しシリカフュームセメントと比較することによりハイブリッド混和剤を検討した結果を報告する。

2. 実験の概要

2.1 ハイブリッド混和剤

ハイブリッド混和剤(以下 HSP と略)は、高強度領域で減水性能及び粘性低減性能を改良したポリカルボン酸系高性能減水剤(以下 SP と略)と収縮低減成分を一液化したものである。SP と収縮低減成分の混合比率を変えて測定した自己収縮の低減率(表-1 の配合で調製した材齢 28 日の結果)の関係を図-1 に示した。収縮低減成分の混合比率が増すほど収縮低減率は増加するが、33%を超えると圧縮強度が少し低下する傾向が認められたので比率として33%を選定した。本実験では、減水剤の有効成分濃度を一定にする目的で、混和剤の固形分濃度を SP は30%、HSP は45%の水溶液に調製して使用した。

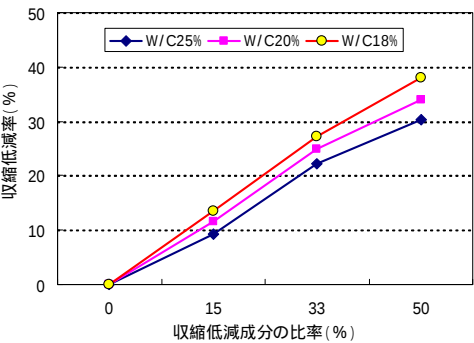


図-1 収縮低減成分の比率と収縮低減率の関係

2.2 使用材料

セメントは中熱ポルトランドセメント(密度 3.21g/cm³, プレーン値 3750cm²/g, M と略)及びシリカフュームプレミックスセメント(密度 3.08g/cm³, プレーン値 5600cm²/g, SF と略), 細骨材は岩瀬産砕砂 S(表乾密度 2.64g/cm³, F.M.=2.67), 粗骨材は岩瀬産砕石 G(表乾密度 2.66g/cm³, 実積率=60.0%)を用いた。

2.3 コンクリートの配合

コンクリートの配合を表-1 に示す。単位水量とかさ容積は一定とした。100N/mm² 以上の高強度を得るための水セメント比(以下 W/C)は 25~18%とし 20%において M セメントと SF セメントを比較した。目標スランプフローは W/C=25%で 65±5cm, W/C=20%以下で 70±5cm, 目標空気量は凍結融解抵抗性を考慮して, W/C=25%で 3.5±0.5%, W/C=20%以下で Non-AE とした。

表-1 コンクリートの配合

記号	セメント種類	W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)				
					W	M	SF	S	G
25M	M	25.0	48.0	3±0.5	160	640	-	774	846
20M	M	20.0	44.3	3±0.5	160	800	-	668	846
20S	SF	20.0	43.2	2>	160	-	800	639	846
18M	M	18.0	41.4	2>	160	889	-	594	846

2.4 試験方法

練混ぜは、強制二軸ミキサー(容量 100L)を用いて、細骨材とセメントで空練り 15 秒後、水と混和剤を添加し、W/C=25%では 120 秒、20%では 300 秒、18%では 600 秒練り混ぜた後、粗骨材を投入し 120 秒練り混ぜた。試験温度は 20℃, 練り量は 60L とした。流動性の評価はスランプフロー(JIS A 1150), 粘性の評価は L フロー試験器を用いた 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 と略)で評価した²⁾。凝結時間の測定は JIS A 1147 に準拠した。乾燥収縮試験は JIS A 1129 に準拠した。自己収縮試験は、日本コンクリート工学協会自己収縮研究委員会の試験方法³⁾に準拠した。ひずみの測定は埋め込み型ひずみゲージを用いて測定し、凝結始発以後のひずみの変化を自己収縮ひずみとした。凍結融解試験は JIS A 1148 に準拠した。また、簡易断熱養生試験は断熱箱を用いて実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの試験結果を表-2 に示す。いずれの配合でも目標のスランプフローが得られたが、W/C が小さくなるほどLv は低下し粘性が上昇した。HSP とSP の比較では、HSP は添加量が少し減ると同時にLv は僅かに高くなり粘性が少し低下した。W/C=20%の比較では、20S はシリカフュームの効果により、20M に比べて粘性が小さくLv が25Mと同程度であった。凝結時間はW/Cの低下により混和剤添加量が増してもMセメントでは遅延性が小さい結果が得られ、同時にSFセメントに比べて凝結時間がかなり短いという結果が得られた。

表-2 フレッシュコンクリートの試験結果

記号	混和剤 種別	添加量 (Cx%)	スランプ 高(cm)	空気量 (%)	Lv (cm/s)	凝結時間(h)	
						始発	終結
25M	SP	0.75	64.0	3.4	11.3	6.8	9.4
	HSP	0.75	66.5	3.3	11.6	7.0	9.6
20M	SP	1.15	71.5	1.2	7.1	6.5	9.1
	HSP	1.05	72.0	1.1	7.6	6.8	9.4
20S	SP	1.35	70.5	1.0	11.8	10.5	11.1
	HSP	1.20	69.0	1.1	12.2	10.8	11.4
18M	SP	1.40	72.5	1.2	4.4	6.2	8.7
	HSP	1.25	73.0	1.3	4.6	6.6	9.1

3.2 収縮低減作用および凍結融解抵抗性

自己収縮、乾燥収縮及び凍結融解試験結果を表-3 に示す。

表-3 自己収縮、乾燥収縮及び凍結融解試験結果

記号	混和剤 種別	自己収縮 (材齢 28 日)		乾燥収縮 (材齢 13 週)		+ 収縮 低減率 (%)	凍結融解 300 サイクル 耐久性指数
		ひずみ ($\times 10^{-6}$)	低減率 (%)	ひずみ ($\times 10^{-6}$)	低減率 (%)		
25M	SP	250	-	417	-	-	98
	HSP	192	23.2	379	9.1	32.3	95
20M	SP	504	-	329	-	-	98
	HSP	374	25.8	302	8.2	34.0	99
20S	SP	323	-	405	-	-	99
	HSP	247	23.5	368	9.1	32.6	98
18M	SP	650	-	279	-	-	99
	HSP	473	27.2	255	8.6	35.8	99

HSP は良好な収縮低減効果を示し、SP に比べて自己収縮では23.2～27.2%、材齢13週の乾燥収縮では8.2～9.12%、合計では32.3～35.8%の収縮低減効果が確認された。また、凍結融解試験についても十分な耐凍害性を有していることが確認された。

3.3 圧縮強度

圧縮強度の結果を図-2 に示す。いずれの配合においても材齢

28 日で100N/mm²を超える高い強度が得られた。

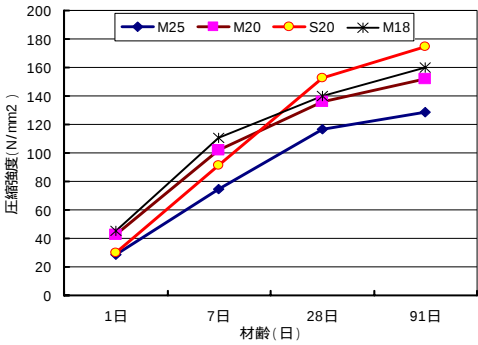


図-2 圧縮強度

3.4 簡易断熱温度上昇履歴

図-3 に簡易断熱養生による温度上昇履歴を示す。20M のコンクリートは20S に比べてピーク到達時間が早く発熱速度の速いものとなり凝結時間の結果と相関した。20S の温度上昇が小さいのは低熱セメントをベースにしたシリカフュームセメントを使用しているためと考えられる。

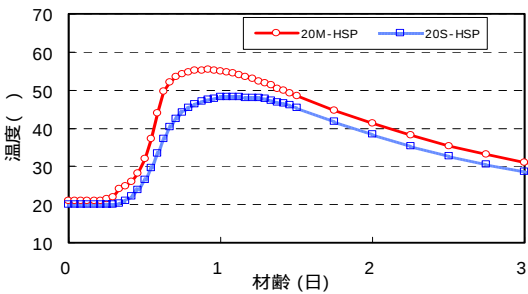


図-3 簡易断熱養生によるコンクリートの温度履歴

4. まとめ

- ・ HSP は SP に比べると自己収縮で23～27%、乾燥収縮で8～9%、合計約32～35%の収縮低減効果を示した。
- ・ HSP 及び SP のLv は25M 及び20S で10cm/s 以上、20M で約7cm/s の粘性低減効果を示した。18M では5cm/s 以下となり十分な効果は得られなかった。
- ・ HSP の強度発現性は良好であり、Mセメントを用いたいずれの配合も凝結遅延性が小さく材齢28日で100N/mm²を超える高強度が得られ、且つ十分な耐凍害性を示した。

【参考文献】

- 1) 齊藤和秀, 木之下光男, 名和豊春: 高強度コンクリート用ハイブリッド混和剤の性質, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.28, No.1, pp.143-148(2006)
- 2) (社)土木学会編, コンクリートライブラリー93, 高流動コンクリート施工指針, pp.170(1998)
- 3) (社)日本コンクリート工学協会, 自己収縮研究委員会報告書(2002)