

C₂S を混和したコンクリートのフレッシュ性状および初期硬化性状

鹿島建設技術研究所 正会員 取違 剛 正会員 渡邊 賢三
正会員 横関 康祐 フェロー 坂田 昇

1. 目的

コンクリートの耐久性向上には、セメント硬化体を緻密化することが有効である場合が多い。その一手法として、ダイカルシウムシリケート 相（以下、C₂S）をコンクリートに混和して強制炭酸化させることによって、緻密な空隙構造を有するコンクリート硬化体が形成されることを明らかにしている¹⁾。一方、コンクリートの耐久性を確保するには、初期欠陥を生じさせないことが前提であり、良好な施工性を有するものでなければならない。しかしながら、C₂S を混和したコンクリートのフレッシュ性状、初期硬化性状は明らかにされていない。以上のことから本研究では、C₂S の添加量および比表面積がコンクリートのフレッシュ性状および初期硬化性状に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

使用材料を表 - 1 に示す。また、コンクリートの配合を表 - 2 に示す。ここで、LPC + SF = B(結合材)、B + C₂S + LP = P(粉体)と定義する。PL 配合を基準として、比表面積 1500cm²/g の C₂S を 50, 100, 150kg/m³ 細骨材に置換した。また、150 配合において、C₂S の比表面積が 1500, 4000 および 8000cm²/g の場合にて検討した。さらに、比較として石灰石微粉末を混和した LP150 も検討した。なお、空気量は 2.5% となるように空気量調整剤にて調整した。コンクリートの練混ぜには水平二軸強制練りミキサを使用し、練混ぜ量は 40L、練混ぜ時間はモルタル先練り 60 秒、骨材投入後 240 秒とし、3 分静置後 30 秒攪拌して排出した。

試験項目を表 - 3 に示す。硬化性状確認試験については、100×200mm の円柱供試体を作製し、20, 60%RH の環境下で 24 時間型枠にて養生後、圧縮強度試験を行った。さらに、上記の養生後、50, 60%RH、CO₂ 濃度 20% の環境下で 7 日間炭酸化させ、中性化深さを測定した。

3. 試験結果および考察

図 - 1 に、C₂S 添加量とスランプフローおよび V 漏斗流下時間の関係を示す (SP 添加量: 6.5kg/m³)。C₂S 添加量の増大に伴ってスランプフローの低下および V 漏斗流下時間の増大が見られ、特に 150 における V 漏斗流下時間の増大が顕著となった。これは、C₂S を細骨材に置換しており、粉体量の増加に伴って流動性が低下し、また、粘性が高くなったためと考えられた。

表 - 1 使用材料

項目	材料	記号	仕様	
			密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)
セメント	低熱ポルトランドセメント	LPC	3.22	3400
	シリカフェーム	SF	2.22	200000
混和材	ダイカルシウムシリケート 相	C ₂ S	2.85	1500, 4000, 8000
	石灰石微粉末	LP	2.71	3750
細骨材	石灰砕砂	S	2.71	FM:2.57
粗骨材	石灰砕石	G	2.70	FM:6.72 G _{max} =20mm
混和剤	高性能減水剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系	
	空気量調整剤	AE	ポリアルキレングリコール誘導体	

表 - 2 コンクリートの配合

記号	W/B (%)	W/P (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
				W	LPC	SF	C ₂ S	LP	S1	G1
PL	30	30.0	60.0	150	450	50	0	0	1077	716
50	30	27.3	58.9	150	450	50	50	0	1030	716
100	30	25.0	57.8	150	450	50	100	0	982	716
150	30	23.1	56.5	150	450	50	150	0	935	716
LP150	30	23.1	56.4	150	450	50	0	150	927	716

表 - 3 試験項目

項目	規格
スランプフロー	JIS A 1150
V漏斗流下時間	JSCE-F512 (吐出口 75×75mm)
経時変化	練り上がり後、30, 60, 90, 150分後に試験
凝結時間	JIS A 1147
圧縮強度	JIS A 1108-1999
中性化深さ	JIS A 1153

キーワード： C₂S, 炭酸化, フレッシュ性状, 粘性

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL 0424-89-7011 FAX 0424-89-7078

図 - 2 に， 150 の配合における， C_2S の比表面積とフレッシュ性状の関係を示す (SP 添加量: $6.5\text{kg}/\text{m}^3$)。 C_2S 比表面積の増大に伴って，スランブフローは大きくなり，V 漏斗流下時間は低下した。また，比較として LP150 における試験結果を同図に示す (SP 添加

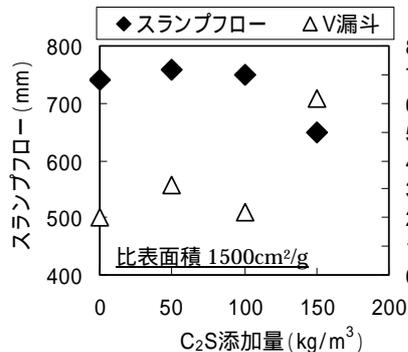


図 - 1 C_2S 添加量の影響

量: $6.5\text{kg}/\text{m}^3$)。 C_2S と LP の比表面積がほぼ同一の場合，両者のフレッシュ性状は同等であった。高流動コンクリートに石灰石微粉末を混和した既往の研究²⁾において，LP の比表面積は $4000 \sim 8000\text{cm}^2/\text{g}$ 程度が良いとされていることから， C_2S についても LP 同様，コンクリートの粘性を低減させるためには，比表面積を $4000\text{cm}^2/\text{g}$ 程度にするのが良いと考えられる。

図 - 3 に， 150 (比表面積 $4000\text{cm}^2/\text{g}$) および LP150 におけるフレッシュ性状の経時変化を示す (ともに SP 添加量: $6.25\text{kg}/\text{m}^3$)。図より， C_2S がスランブフローおよび V 漏斗流下時間の経時変化に与える影響は，LP とほぼ同等であると考えられる。

表 - 4 に，PL, LP150 および 150 における凝結試験結果を示す。SP 添加量は練上りのスランブフローが 650mm 程度となるように調整した。粉体量に対する SP 添加量の多い PL については始発，終結ともに 2 時間程度遅くなっているものの， 150 と LP150 で大きな差は見られない。以上から， C_2S の凝結への影響も， LP とほぼ同等であると考えられる。

図 - 4 に，各配合における 24 時間圧縮強度および材齢 7 日における中性化深さを示す。 C_2S 添加量の増大に伴って，中性化深さが小さく，24 時間圧縮強度が大きくなった。前者は既往の報告¹⁾と同様， C_2S の炭酸化によってコンクリート表面が緻密化したため，後者は C_2S の細骨材置換に伴う微粉末効果³⁾によるものと考えられる。また， 150 と LP150 を比較すると，24 時間圧縮強度は同等である一方で，中性化深さは 150 の方が小さくなった。これは， C_2S の炭酸化によって表面が緻密化し，中性化が進行しにくくなったためと考えられる。

4. まとめ

本研究より，比表面積 $1500\text{cm}^2/\text{g}$ の C_2S を用いた場合，添加量の増大にともなって流動性が低下すること，また， C_2S の比表面積を $4000\text{cm}^2/\text{g}$ にすることによってコンクリートの粘性を低減できることが確認された。さらに， C_2S が初期硬化性状に及ぼす影響は石灰石微粉末と同程度であることが確認された。

【参考文献】

- 1) 渡邊ら： $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ を用いたセメント系材料の炭酸化養生による高耐久化，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 26, No. 1, pp. 735-740, 2004
- 2) 瀬戸ら：併用系自己充填コンクリートにおける石灰石微粉末の粉末度が及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 20, No. 2, pp. 397-402, 1998
- 3) 井元ら：石灰石フィラーセメントの水和反応解析，セメント・コンクリート論文集，No. 56, pp. 42-49, 2002

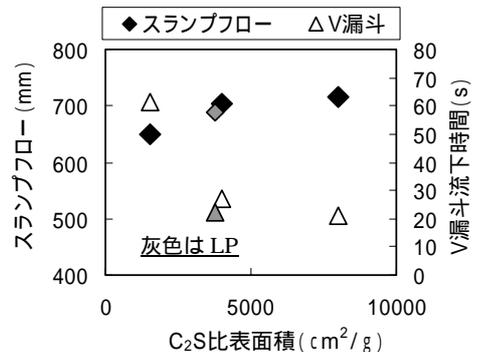


図 - 2 C_2S 比表面積の影響

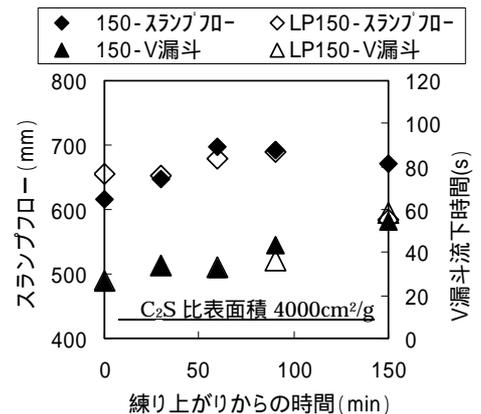


図 - 3 フレッシュ性状の経時変化

表 - 4 凝結試験結果

	PL	150	LP150
SP (kg/m^3)	5.75	6.50	6.50
SP (P%)	1.15	1.00	1.00
始発	6:25	3:50	4:05
終結	8:00	5:30	6:00

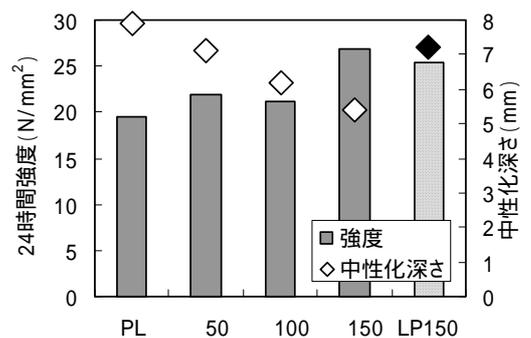


図 - 4 強度試験結果および中性化深さ