

CSH系硬化促進剤によるLPC-FA系コンクリートの初期強度改善に向けた基礎研究

八戸工業高等専門学校 学生会員 ○工藤 拓也
八戸工業高等専門学校 学生会員 剣吉 辰哉
八戸工業高等専門学校 正会員 庭瀬 一仁

1. はじめに

日本の社会基盤は高度経済成長期に集中的に整備されてきたため、近い将来に大量更新期の到来が予想されている。また、人口減少に伴い経験豊富な技能労務者が減少し、構造物の品質低下が懸念されている。そのため、今後は長期耐久性に優れ、施工が容易な材料の開発が必要である。既往の研究により、低熱ポルトランドセメントとフライアッシュを使用したコンクリート（以下、LPC-FA系コンクリート）は、長期耐久性に優れた材料であることが知られているが、初期強度が低いという問題がある。そこで本研究では、CSH系硬化促進剤(以下、AC)により LPC-FA系コンクリートの初期強度を改善することを目的とした基礎的な研究を行った。

これまでのモルタルによる予察的な実験¹⁾により、LPC-FA系コンクリートとAC及び、高性能AE減水剤(以下、SP)は相性が良好であり、初期強度が改善する傾向が見られた。そこで、今回はモルタルによる予察的な実験によって得られた結果をもとに、コンクリートの配合設計を行い、流動性評価としてスランプフロー試験、強度評価として圧縮強度試験を行った。また、表面からの劣化因子の侵入抵抗性を評価するために、電気泳動試験により塩化物イオンの実効拡散係数を測定した。本報告ではそれらの研究のうち、配合設計と流動性評価について報告する。

2. 試験概要

本研究では化学混和剤として、高性能AE減水剤と硬化促進剤を併用した。練り混ぜは、二軸強制混合ミキサーを用いた。スランプフロー試験は、コンクリートのスランプフロー試験方法（JIS A 1150）に準拠して実施した。実施時間は、現場での施工を想定し、練り上がり後から0, 30, 60, 90及び120分後とし、

スランプロス測定した。

3. 配合設計

(1)石灰石微粉末置換率の調整による粘性検討

基本配合は、既往の研究²⁾のW/B=50%のコンクリート配合をもとに作製した。W/Bの変更に伴い、流動性が大きく変化すると考え、石灰石微粉末(LS)の置換率による調整を行うこととした。今回使用した材料を表-1、LS置換率の調整による粘性検討の配合を表-2に示す。LS置換率は30%、40%及び50%の3配合で設定した。スランプフロー試験を行った結果、LS置換率が50%のものがスランプフロー値は一番大きくなり、LS置換率が小さくなるほどスランプフロー値は小さくなった。しかし、LS置換率が50%のものは粘性が非常に高くなったため、LS置換率は40%に決定した。

表-1 使用材料

材料	記号	概要
セメント	OPC	普通ポルトランドセメント
		密度=3.160g/cm ³ 比表面積=3340cm ² /g
	LPC	低熱ポルトランドセメント
		密度=3.220g/cm ³ 比表面積=3530cm ² /g
フライアッシュ	FA	密度=3.220g/cm ³ 比表面積=3340cm ² /g
		常盤火力発電所 JIS II 種
石灰石微粉末	LS	密度=3.220g/cm ³

表-2LS置換率の調整による粘性検討の配合

種類	単位量(kg/m ³)							
	W/B	W	B	LS	S	G	SP	AC
LS50	30	118	457	228	905	740	9.6	9.6
LS40	30	120	465	186	920	753	9.8	9.8
LS30	30	122	473	142	936	766	9.9	9.9

OPC：普通ポルトランドセメント、LPC：低熱ポルトランドセメント、W：水、B：C+FA、C：セメント、FA：フライアッシュ、LS：石灰石微粉末、S：細骨材、G：粗骨材、SP：高性能AE減水剤、AC：硬化促進剤

(2)コンクリートによる各種試験時の示方配合

表-3 にコンクリートによる各種試験時の示方配合を示す。配合は、OPC に高性能 AE 減水剤のみを加えた OPC-SP と、OPC に高性能 AE 減水剤と硬化促進剤を加えた OPC-SP-AC 及び、LPC に高性能 AE 減水剤と硬化促進剤を加えた LPC-SP-AC の 3 種である。

共通条件として、W/B=30%、S/a=55%、FA 置換率を 30%とした。SP と AC は C×3%の添加とし、LS 置換率を細骨材に対して 40%とした。

4. 流動性評価

(1)スランプフロー試験結果・考察

図-1 にスランプフロー試験の結果を示す。写真-1 に LPC-SP-AC の練り直後の様子を示す。練り混ぜ直後のスランプフロー値は、OPC-SP が 48.0 cm、OPC-SP-AC が 60.8 cm、LPC-SP-AC が 47.5 cm となった。練り混ぜから 2 時間後のスランプフロー値は、OPC-SP が 47.5 cm、OPC-SP-AC が 46.8 cm、LPC-SP-AC が 45.5 cm となり、ほぼ同程度となった。OPC-SP-AC の練り混ぜ直後のスランプフロー値は、3 配合の中では最も大きな値となった。しかし、2 時間経過後のスランプフロー値は、練り混ぜ直後よりも 14.0 cm 小さくなり、時間経過によるスランプロスは、最も大きくなった。これは、AC を添加しているためであると考えられる。LPC-SP-AC は、OPC-SP-AC と同様に AC を添加しているにも関わらず、時間経過によるスランプロスが見られなかった。これは、LPC は OPC と比較して混和剤を吸収しやすい間隙質相が少ないことによるものであると考えられる。また、本研究のような、低水セメント比において、低間隙質の LPC とフライアッシュに代表される混和材との相性は良好となる傾向が見られることから、このような結果が得られたと考えられる。

5. まとめ

本研究から、以下の知見が明らかになった。

- 1) LPC-FA 系コンクリートに SP と AC を添加することにより、低水セメント比においても、中流動コンクリートとして十分な流動性を得ることができた。
- 2) 本配合は、粘性が非常に高くなったため、適用に当たっては施工性を考慮したポンパビリティを確認する必要がある。

表-3 各種試験時の示方配合

種類	単位量(kg/m ³)							
	W	C	FA	LS	S	G	SP	AC
OPC-SP-AC	120	325	139	186	918	751	9.7	9.7
OPC-SP	129	325	139	186	918	751	9.7	—
LPC-SP-AC	120	325	139	186	920	753	9.8	9.8

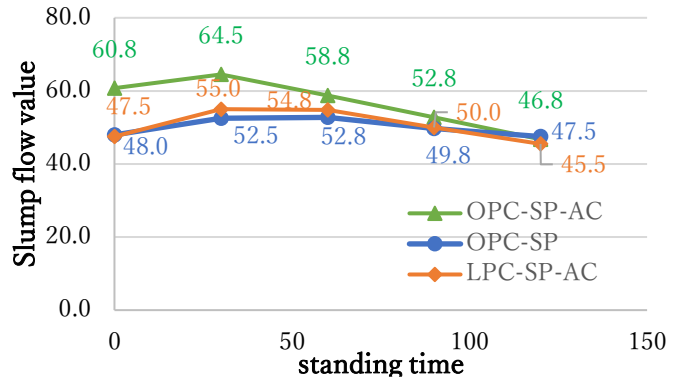


図-1 スランプフロー試験の結果



写真-1LPC-SP-AC の直後の様子

6. 謝辞

本研究の一部は、平成 30 年度社会資本の整備や維持管理に係る研究又は活動の助成事業助成金を受けて行ったものである。

7. 参考文献

- 1) 須藤大空, 庭瀬一仁, LPC-FA 系コンクリートの初期強度改善に向けた配合設計と流動性評価, 土木学会 北海道支部論文報告集, Vol 76, Jan. 2020
- 2) Sora SUTO, Kazuhito NIWASE, Study on Improvement of Early Strength of Highly Durable Concrete by Combined Use of Chemical Admixtures, The 3rd International Conference on Structural and Civil Engineering (ICSCE2019), September 25-27, 2019