

C S H系早強剤で初期強度改善したL P C - F A系コンクリートの基本物性評価

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 高橋 晃太
 八戸工業高等専門学校 正会員 庭瀬 一仁

1. はじめに

我が国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系早強剤(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²⁾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、ACで初期強度を改善したLPC-FA系コンクリートについて、スランプフロー試験及び圧縮強度試験により基本物性評価を行った。

2. 試験概要

(1)各種試験時の示方配合

本試験で使用した材料を表-1、コンクリートによる各種試験時の示方配合を表-2に示す。示方配合の共通条件として、W/B=30%、s/a=55%、FA置換率を30%とした。SPとACはセメント重量の3%を添加し、LS置換率は40%とした。

(2)流動性評価

流動性評価は、スランプフロー試験を行った。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、練り上がり後静置5分から0、30、60、90及び120分後のコンクリートで試験を行った。

(3)強度評価

強度評価は、コンクリートの圧縮強度試験方法（JIS A 1108）に準拠して実施した。供試体の養生方法は水中養生とし材齢を3、7、27、91及び365日とした。

3. 流動性評価

図-1にスランプフロー試験の結果を示す。練り混ぜ直後のスランプフロー値は、OPC-SPが48.0cm、OPC-SP-ACが60.8cm、LPC-SPが48.8cm、LPC-SP-ACが47.5cmとなり、OPC-SP-ACのみが60cmを超える結果となった。練り混ぜから2時間後のスランプフロー値は、OPC-SPが47.5cm、OPC-SP-ACが46.8cm、LPC-SPが49.8cm、LPC-SP-ACが45.5cmとなり、全ての配合で同

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 密度=3.16g/cm ³ 比表面積=3340cm ² /g
	LPC	低熱ポルトランドセメント 密度=3.22g/cm ³ 比表面積=3530cm ² /g
フライアッシュ	FA	密度=2.19g/cm ³ 比表面積=3610cm ² /g 常磐火力発電所 JIS II種
石灰石微粉末	LS	密度=2.70g/cm ³
高性能AE減水剤	SP	PAE系、標準型(1種) 使用量=C×0.5~3.0%
硬化促進剤	AC	CSH系、1種 使用量=C×0.5~6.0%

表-2 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
LPC-SP	130	325	139	186	920	753	9.8	—

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

キーワード CSH系早強剤 流動性評価 強度評価 低熱ポルトランドセメント フライアッシュ

連絡先 〒039-1192 青森県八戸市大字田面木字上野平 16-1 八戸工業高等専門学校 TEL0178-27-7223

程度の値となった。OPC-SP-ACの時間経過によるスランプフローのロスが大きくなったが、OPC-SP-ACを含むすべての配合で、練り混ぜから2時間後まで、中流動コンクリートとして十分なスランプフロー値を得ることができた。

LPC-SP-ACとLPC-SPを比較すると、練り混ぜ直後から2時間経過後までのスランプフロー値は、同程度となった。また、粘性においても大きな違いが見られなかった。このことから、LPC-FA系コンクリートとPAE系高性能AE減水剤及びCSH系硬化促進剤は流動性においての相性が良好であり、本研究のようなLPCの配合においては、ACを添加することによる流動性に与える影響は小さいということが考えられる。

4. 強度評価

図-2に圧縮強度試験の結果を示す。材齢3日の強度は、OPC-SP-ACが50.9 N/mm²、OPC-SPが47.0 N/mm²、LPC-SPが18.1 N/mm²、LPC-SP-ACが28.8 N/mm²となった。OPC-SP-AC、OPC-SP及びLPC-SP-ACは、材齢3日の強度の時点で、一般的なコンクリート以上の初期強度（20N/mm²以上）となり、十分な強度を得ることができた。FAを用いているにも関わらず初期強度が高くなったのは、W/Bが30%であり水セメント比が非常に小さかったことにより、空隙が少なくなったためであると考えられる。ACを添加しているLPC-SP-ACの材齢3日の強度は、LPC-SPの約1.6倍の強度となり、ACの添加は初期強度の向上に効果的であることが確認できた。ここで、ACはカルシウムシリケート水和物(以下、CSH)のナノ粒子を主成分とした硬化促進剤であり、CSHの種結晶が液相中に導入されることによりセメントからのCSHの生成を待つことなく硬化を促進させた。これにより、初期強度が向上されたと考えられる。

LPC-SP-ACは、OPCの2配合と比較すると、材齢3日の強度の時点では、約半分程度の値となった。しかし、材齢3日から材齢7日の強度増加量及び材齢7日から材齢28日の強度増加量は、OPCの2配合の増加量の約2倍となり、材齢28日の強度は3配合の中で最も大きな圧縮強度となった。

5. まとめ

本研究から、以下の知見が明らかとなった。

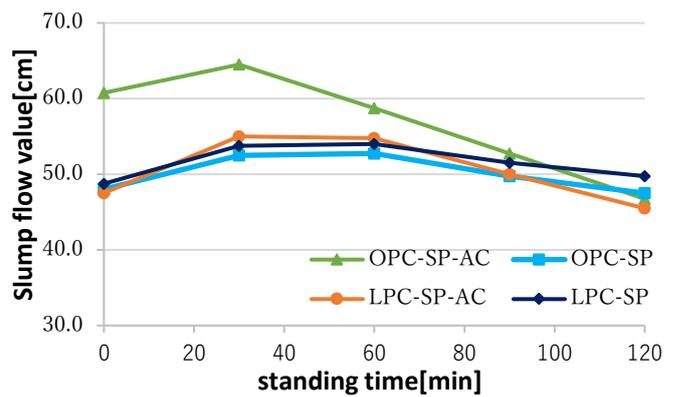


図-1 スランプフロー試験の結果

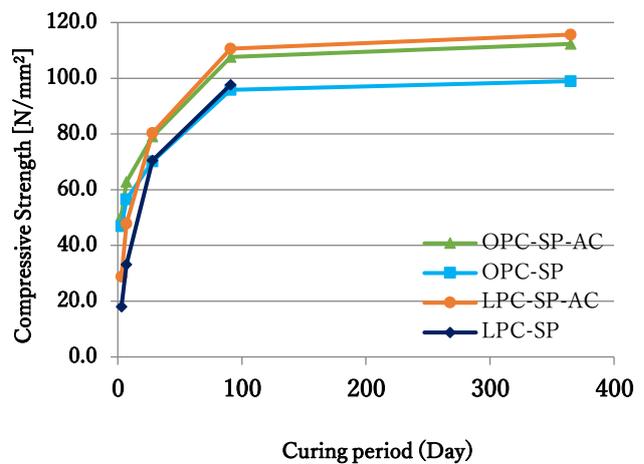


図-2 圧縮強度試験結果

- 1) PAE系高性能AE減水剤とCSH系早強剤は相性が良好であり、LPC-FA系コンクリートにおいて、優れた施工性、高い初期強度を得ることができた。
- 2) LPC-SP-ACの材齢3日から材齢28日の強度増加量は非常に大きく、材齢28日の強度はLPC-SP-ACが4配合の中で最も大きくなった。

6. 謝辞

本研究は、令和3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（青森県建設技術センター）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、Kazuhiro 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