

## C-S-H 系早強剤により初期強度を改善した LPC-FA 系コンクリートの 1 年材齢における性能評価と実用可能性の検討

八戸工業高等専門学校 学生会員 ○玉熊 義貴  
八戸工業高等専門学校 正会員 庭瀬 一仁

### 1. 背景と目的

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働者が減少し、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。しかし一般の施工に使用するには初期強度が低いという欠点があった。この対策としては、C-S-H 系硬化促進剤と（以下 AC）PAE 系高性能 AE 減水剤（以下 SP）を組み合わせることにより初期強度が改善する傾向を確認出来ている。

そこで本研究では 1 年材齢の複合劣化に対する抵抗性を評価するとともに、この結果を踏まえた実施工への適用性を検討する。

### 2. 実験概要

#### 2.1. 各種試験時の示方配合

本試験で使用した材料を表-1、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 はセメント単位重量の 3% を添加し、LS 置換率は 40%とした。

#### 2.2. 試験項目

##### (1)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。

##### (2)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暴露養生とした。暴露養生は 300mm×300mm×150mm のブロック供試体で行い、養生完了後コアリングしたものを用いた。材齢は 28 日と 1 年とした。

##### (3)スケーリング試験

耐凍害性の評価としては、凍害による劣化の代表的な一つであるスケーリングに対する抵抗性を評価することとし、本研究では RILEM-CDF 法に準拠して行った。凍結融解サイクルは、-20℃で 3 時間その後 20℃で 1 時間融解の 4 時間を 1 サイクルとして 28 日材齢を 50 サイクル、1 年材齢を 300 サイクルまで行った。

##### (4)電気泳動試験

電気泳動試験は土木学会規準「電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法案 (JSCE-G 571-2013)に準拠して実施した。

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=3.16g/cm <sup>3</sup> 比表面積=334 cm <sup>2</sup> /g
	LPC	低熱ポルトランドセメント 密度=3.22g/cm <sup>3</sup> 比表面積=3530 cm <sup>2</sup> /g
フライアッシュ	FA	密度=2.19g/cm <sup>3</sup> 比表面積=3610/cm <sup>2</sup> g 常磐火力発電所 JIS II 種
石灰石微粉末	LS	密度=2.70g/
高性能 AE 減水剤	SP	PAE 系,標準型 (I 種) 使用量=C×0.5~3.0%
硬化促進剤	AC	C-S-H 系, I 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 <sup>3</sup> )							
	W	C	FA	LS	S	G	SP	AC
LPC-SP-AC	120	325	139	186	920	753	10	10
OPC	142	357	-	-	1010	827	11	-

キーワード 低熱ポルトランドセメント、フライアッシュ、スケーリング、実効拡散係数、凍害

連絡先 〒039-1192 青森県八戸市田面木上野平 16-1

### 3. 試験結果

#### 3.1. スランプフロー試験

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、施工性を高めた LPC-SP-AC が 545mm となり、練り混ぜから 2 時間後のスランプフロー値は 390mm とスランプロスが小さいことから十分な流動性を確保できると考えた。なお、OPC のスランプは 16cm であった。



図-1 スランプフロー試験の結果

#### 3.2. 圧縮試験

表 3 に圧縮強度試験の結果を示す。OPC が水中養生と暴露養生で圧縮強度に差が無いのに対して、LPC-SP-AC は水中養生が暴露養生に比べて 1.3 倍の強度となっている。これより水中養生のほうが FA によるポズラン反応が進んでいたと考えられる。LPC-SP-AC の 1 年材齢の圧縮強度は 112 N/mm<sup>2</sup> となりさらにポズラン反応が進んでいることが確認できる。

表-3 圧縮強度試験結果

材齢	水中養生		暴露養生	
	1 年	28 日	28 日	1 年
配合	LPC-SP-AC	OPC	LPC-SP-AC	OPC
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	112	83.9	64.6	44.4

#### 3.3. スケーリング試験

RILEM-CDF 法により得られたスケーリング量のうち、OPC 及び LPC-SP-AC の暴露養生した 28 日材齢と水中養生した 28 日材齢における結果を図-2 に示す。LPC-SP-AC、OPC ともに暴露養生が水中養生に比べてスケーリング量が多くなった。これより養生時の気温、天候などの外的要因が表層強度に影響したものと考えられる。また今回 LPC-SP-AC と OPC にスケーリング量の差がほとんどなく、得られたスケーリング量が全ての配合で非常に小さい値となった。この結果となった理由としては、今回得られた圧縮強度が一番低かったものでも十分な遮水性を有しており、今回の凍結融解条件における膨張圧や、浸透圧の影響をほとんど受けなかったことによるものと考えられる。

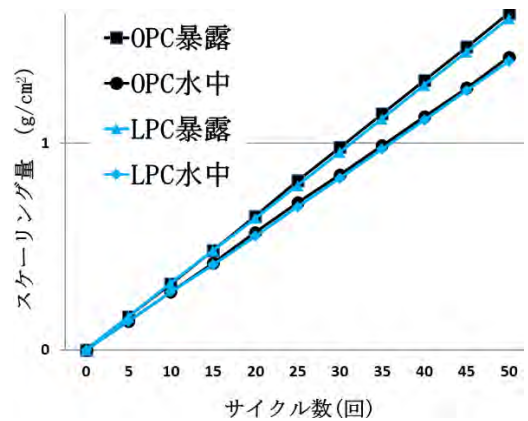


図-2 28 日材齢のスケーリング試験結果

OPC-SP, OPC-SP-AC, LPC-SP-AC 及び LPC-SP の水中養生した 1 年材齢における結果を図-3 に示す。全てのサイクルで LPC のスケーリング量が OPC に比べて少ない結果となった。LPC-SP-AC と LPC-SP で比較すると、250 サイクルを境に LPC-SP のスケーリング量が増加した。これより、LPC-FA 系コンクリートにおいて耐凍害性に対して AC の添加は有効であると考えられる。

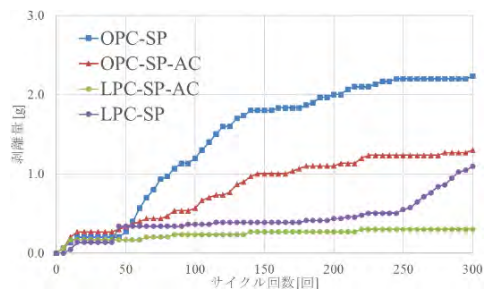


図-3 1 年材齢のスケーリング試験結果

### 4. 今後の展開

進行中の電気泳動試験の結果も踏まえ、LPC-FA 系コンクリートの 1 年材齢の複合劣化に対する抵抗性の

評価と実施工への適用性の検討を行う。

### 5. 参考文献

1) T. Kudo, K. Niwase, Improvement of Initial Strength of LPC-FA Concrete by Using C-S-H-type Accelerator, Proceedings of 10th Int. Conf. on Geotechnique, Construction Materials and Environment, pp.394-399. Mekbome, Australia (2020).