

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のスケーリング抵抗性について

On the Scaling Resistance of Concrete Using Low Heat Portland Cement and Fly Ash

八戸工業高等専門学校 ○学生員 田中亜美 (Ami Tanaka)
 八戸工業高等専門学校 学生員 小原怜 (Rei Obara)
 八戸工業高等専門学校 正会員 庭瀬一仁 (Kazuhito Niwase)
 八戸工業高等専門学校 名誉教授 非会員 菅原隆 (Takashi Sugawara)

1. はじめに

北海道、東北地方など寒冷地のコンクリート構造物は、凍結融解作用を長年にわたって受けており、スケーリングやポップアウトなどの表面剥離の被害が深刻になっている。これらの劣化は、表面から進行することから、表層部の強度特性や物質移動抵抗性が良好であれば、劣化の程度を抑制することができる。コンクリートの劣化抵抗性の向上を図るためには、その表層部を緻密化する必要がある。

コンクリートを緻密化する方法の一例としては、低熱ポルトランドセメントを採用することや、フライアッシュを混合し、水和する期間を十分に養生することがあげられる。このようなコンクリートは、一定の材齢を経ることで、極めて劣化抵抗性が高いコンクリートとなることが知られている¹⁾。

劣化抵抗性は、一般に緻密化するに伴い向上する。しかし、耐凍害性については、膨張圧や浸透圧の観点から、低下する可能性もある²⁾。

そこで本研究では、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のスケーリング試験を実施し、配合条件によるスケーリング抵抗性を考察した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本研究での使用材料を表-1 に、供試体の示方配合を表-2 に示す。

2.2 供試体作製

供試体は、400×500×100mmの角柱供試体5連型枠で作製したコンクリートブロックを、図1に示すように150×150×50mmの角柱にカットして使用した。また、W/Bが45%、60%、75%、空気量が2.5%、5.0%、7.5%の9種を、それぞれ養生期間が28日、91日で、それぞれ2供試体、計36供試体を作製した。

2.3 試験内容

スケーリング試験は、RILEM CDF法(毛管浸透法)に準拠して実施した。供試体は材齢28日から7日間、試験対象面がNaCl3%溶液に深さ5mmまで浸かるように試験容器に設置し、毛管浸透により事前吸水を実施した。試験容器は、RILEM法の条件に適合する寸法を持つステンレス製コンテナを使用した。凍結融解試験装置内に設置した供試体の状態を図-2に示す。凍結融解は、事前吸水が終了した後に開始した。凍結融解を制御するブライン液の温度は-20℃～20℃の間で移行させ、

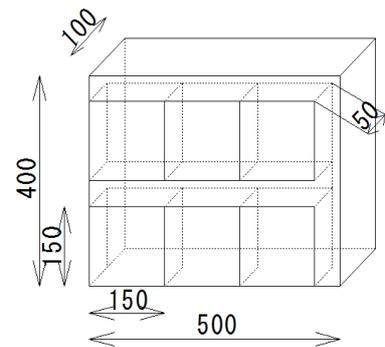


図-1 供試体概要図



図-2 供試体の状態

表-1 使用材料

使用材料	略称	備考
低熱ポルトランドセメント	LPC	密度: 3.24g/cm ³ 、比表面積: 3.760cm ² /g
フライアッシュ	FA	密度: 2.66g/cm ³ 、比表面積:
石灰石微粉末	LS	密度: 2.70g/cm ³ 、比表面積:
細骨材	S	石灰砕砂密度: 2.66g/cm ³
粗骨材	G	石灰砕石密度: 2.69g/cm ³
高性能 AE 減水剤	SP	製品名: マイティ 3000H
空気量調整剤	AS	製品名: マイクロエア 404

表-2 配合表

W/B (%)	Gmax (mm)	s/a (%)	Slump Flow (cm)	Air (%)	単位量 (kg/m ³)							
					W	結合材B			S	G	SP	AS
						LPC	FA	LS				
45	20	53.4	65 ± 5.0	2.5	160	249	107	178	883	780	0.95	-
				5								0.06
				7.5								0.15
60	20	53.4	65 ± 5.0	2.5	156	186	80	265	886	780	0.95	0.005
				5								0.06
				7.5								0.03
75	20	53.4	65 ± 5.0	2.5	155	148	64	318	887	780	0.95	0.015
				5								0.09
				7.5								-

凍結融解1サイクルは4時間で実施した。試験装置には、JIS法で用いる水中凍結融解試験機を利用した。なお、水中凍結融解試験機には、試験コンテナが高さ10mmまでブライン液に浸かるように、ステンレス製の棚を作製し設置した。凍結融解試験機の温度制御は、RILEM法の温度条件を満たすよう、事前に温度制御プログラムを検討し、自動制御により実施した。その後、凍結融解試験機に入れ、-20℃で3時間凍結、20℃で1時間融解させた。試験回数は、4時間で凍結融解（以下F-T）サイクルを1回として、F-T50サイクルまで行った。F-T50サイクル毎に剥離質量の測定を行い、それをスケーリング量とした。凍結融解時には、容器に供試体の試験面を下にした状態で、試験溶液を供試体が5mm浸漬されるように管理した。スケーリング抵抗性は、F-Tサイクル毎のスケーリング量を面積で割ったものをスケーリング率として評価した。

$$\text{スケーリング率 (g/cm}^2\text{)} = W_n/A$$

$$W_n : n \text{ サイクルでの剥離質量 (g)}$$

$$A : \text{試験面の面積 (cm}^2\text{)}$$

3. 実験結果および考察

各配合、28日材齢、91日養生の50サイクル終了時までのスケーリング量の累計を図-3に示す。また、28日材齢の50サイクル終了時までのスケーリング率を図-4、91日材齢の50サイクル終了時までのスケーリング率を図-5に示す。

50サイクル終了時のスケーリング量累計は、28日材齢で最大が75-2.5の511.2g、最小が60-7.5の57.5gとなり、91日材齢では、最大が75-2.5の154.1g、最小が60-7.5で40.0gとなった。

これらの他に、28日材齢では、45-5.0が60.9g、45-7.5が66.7gと50サイクル終了時までのスケーリング量が100g以下に抑えられた。91日材齢では、W/Bが45%の3種全てがスケーリング量50g台と他よりも抑制された。

28日養生と91日養生のスケーリング率を比較すると、28日材齢で比較的スケーリング量が多かったW/B75%の3供試体も、91日材齢では大幅に改善されている。このことは、ポゾラン反応による表層のスケーリング抵抗性が向上したことによるものと考えられる。

また、空気量は、W/B45%及び60%において、大きい方がスケーリング量が少ない結果となり、一定量のエントレインドエアの付与がLPC-FA系コンクリートにおいてもスケーリング抵抗性の向上に有効であることが確認できた。これらのコンクリートは、耐凍害性を有するとともに塩害や中性化などの外来劣化因子による劣化抵抗性も高いことから、複合劣化を考えた場合、より耐久性の高いコンクリート構造物とすることができる材料と期待する。

4. まとめ

本研究では、LPC-FA系コンクリートのW/Bと空気量の違いによるコンクリート表層部のスケーリング抵抗性について実験、検討した。その結果を以下に示す。

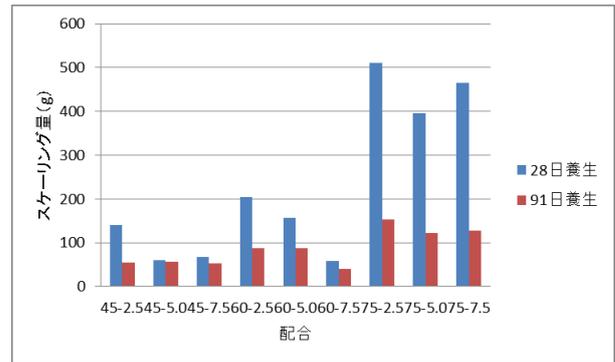


図-3 スケーリング量 (g) (28日、91日養生)

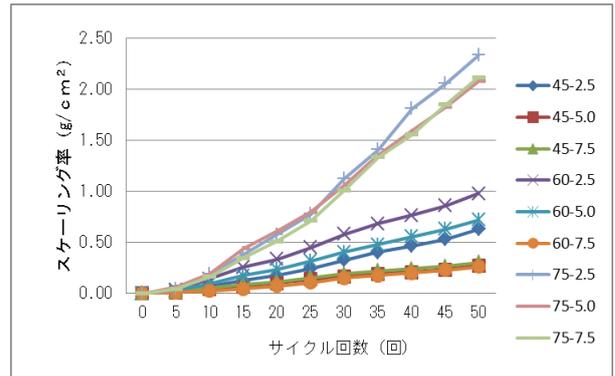


図-4 スケーリング率 (28日養生)

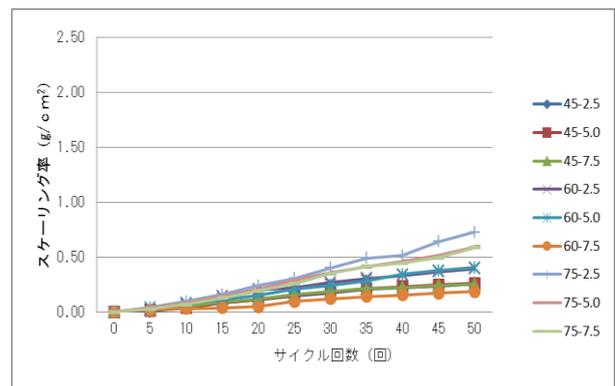


図-5 スケーリング率 (91日養生)

- 1) W/Bは小さいほうが望ましい。養生期間が伸びるにつれ、スケーリング量が少なくなるが、初期の劣化を防止するにはW/Bは60%以下とすることが望ましい。
- 2) 空気量は多いほうが望ましい。全体的に空気量が多いほうがスケーリング量が小さく、今回の結果では5.0%程度以上が推奨される結果となった。
- 3) 本実験で使用したLPC-FA系コンクリートは、低W/Bにおいて長期材齢で高強度を発現するため、365日材齢の供試体は91日材齢のものよりスケーリング率が低いと考えられる。

参考文献

- 1) 庭瀬一仁, 杉橋直行, 辻幸和: 低レベル放射性廃棄物処分施設の低拡散層に用いる高流動モルタルの室内配合選定, コンクリート工学論文集, No.21, No.3, pp43-51, 2010.9
- 2) 庭瀬一仁, 馬渡大壮, 菅原隆, 枝松良展: LPC-FA系コンクリートの材齢による状態変化と耐凍害性, 第44回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集, pp.35-40, 2017.9