

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 コンクリートの表層強度評価

Surface Strength Evaluation of Concrete Using Low Heat Portland Cement and Fly Ash

八戸工業高等専門学校
八戸工業高等専門学校
八戸工業高等専門学校
八戸工業高等専門学校

○学生員 小原 怜 (Rei Obara)
学生員 田中 亜美 (Ami Tanaka)
正会員 庭瀬 一仁 (Kazuhito Niwase)
名誉教授 非会員 菅原 隆 (Takashi Sugawara)

1. 研究背景・目的

寒冷地など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となっている。コンクリートの表層部は、構造物の中で、特に施工・養生・環境条件などの影響を受けて性能が変化する領域である。寒冷地におけるコンクリートは、凍害や塩害の影響等により厳しい環境条件下にあり、凍結防止剤によるスケーリング¹⁾等の被害が生じている。コンクリートの劣化は、主として表層部から進行することから、劣化を防止するためには表層部の強化が必要である。

本研究は、低熱ポルトランドセメント-フライアッシュ系材料を使用したコンクリート^{1),2)} (以下、LPC-FA系コンクリート) により、養生期間と表層強度の関係を評価することを目的とする。LPC-FA系コンクリートは、強度発現が普通ポルトランドセメントよりも遅く、初期凍害による劣化が懸念されることから寒冷地において採用実績が皆無である。しかし、長期的には強度発現が大きく物質透過性も高いことから、複合劣化となった場合に耐久性が高いことが期待される材料である。

2. 実験概要

2.1 配合条件

供試体の示方配合を表-1に示す。結合材は、低熱ポルトランドセメントとフライアッシュを使用し、石灰石微粉末を加えて粉体量を同等の量となるように調整した。骨材は細骨材として石灰砕砂、粗骨材として石灰碎石、混和剤は高性能減水剤および空気量調整剤を用いた。

表-1 示方配合

W/B (%)	Gmax (mm)	s/a (%)	Slump Flow (cm)	Air (%)	単位量 (kg/m ³)							
					W	紛体P			S	G	SP	AS
						結合剤B		LS			P × %	B × %
						LPC	FA					
				2.5	160	534			883	780	0.95	—
45	20	53.4	65 ± 5.0	5								0.06
				7.5								0.15
				2.5	156	531			886	780	0.95	0.005
60	20	53.4	65 ± 5.0	5								0.06
				7.5								0.03
				2.5	155	530			887	780	0.95	—
75	20	53.4	65 ± 5.0	5								0.015
				7.5								0.09

LPC：低熱ポルトランドセメント,FA：フライアッシュ,
LS：石灰石微粉末,SP：高性能 AE 減水剤,AS：空気量調整剤

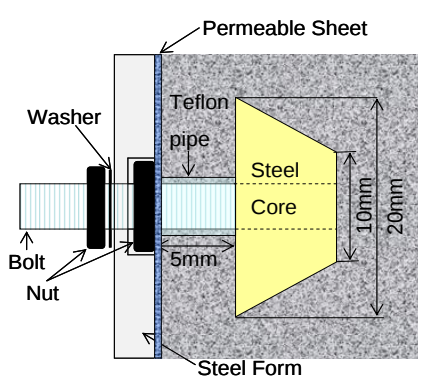


図-1 逆円錐台形鋼片の概要図

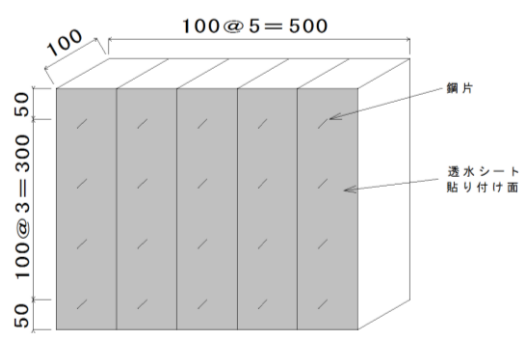


図-2 角柱 5 連型枠の概略図

W/B は、45%、60%、75%とし、それぞれ空気量 2.5%、5.0%、7.5%の組合せで計 9 種類とした。なお、フレッシュ性は、スランプフローが 65±5cm となるように調整した。

2.2 供試体作製方法、養生期間

供試体の作製は、二軸強制練りミキサーによって各材料を混練し、供試体を作製した。各供試体は、型枠の側面に鋼片を設置し、コンクリートの打ち込みを行った。練り混ぜは、低熱ポルトランドセメント、フライアッシュ、石灰石微粉末を投入し、30 秒間空練りを行い、その後、細骨材と水、粗骨材を投入し、2 分間練り混ぜた。コンクリートの打ち込みは、内部

振動方式のバイブレーダーで締固めを行った。その後、24時間静置し、型枠を脱型した。養生は、標準養生で1ヶ月、3ヶ月の養生期間とした。

2.3 引き抜き試験の方法

表層強度は、図-1 に示す逆円錐台形の鋼片を図-2 に示す $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ 角柱の5連型枠の1側面に型枠面から深さ5mmとなるように4本埋め込み、これを引抜く

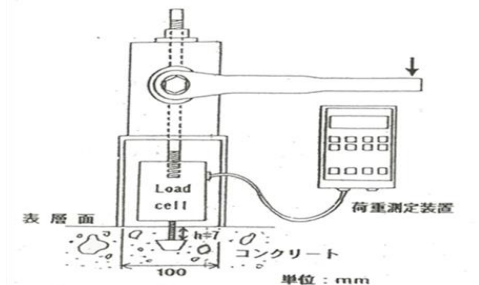


図-3 プルアウト（Pull-out）法の概要



図-4 引き抜かれた試験片

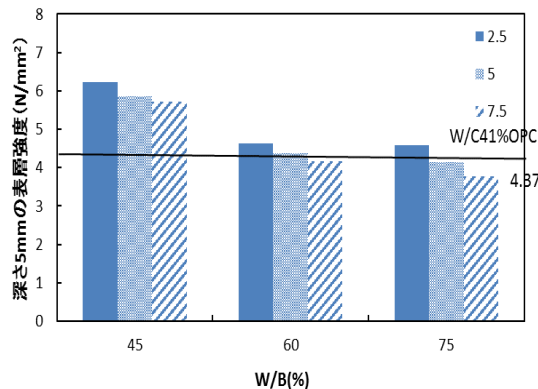


図-5 引抜き試験の測定結果（1ヶ月養生）

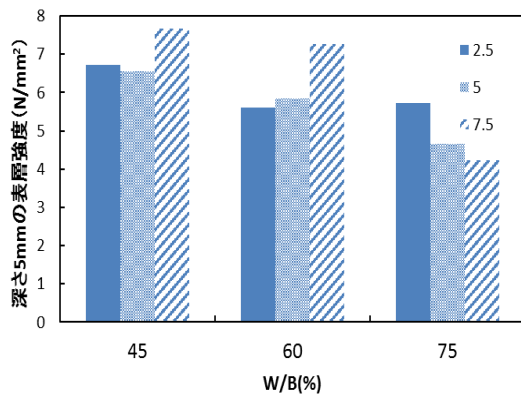


図-6 引抜き試験の測定結果（3ヶ月養生）

プルアウト（Pull-out）法によって引き抜いた時の引き円抜き破壊荷重 P (N) を測定し、引き抜き破壊荷重を逆錐台形型鋼片上面の断面積 A (mm^2) で除して表層強度 (N/mm^2) とした。なお、断面積は、鋼片の実測深さに応じて補正した。プルアウト法の概要を図-3 に、引き抜いたコンクリート片の写真を図-4 に示す。

3. 結果・考察

図-5、図-6 に養生期間1ヶ月、3ヶ月の引抜き試験の測定結果を示す。

1ヶ月養生した供試体の表層強度は、W/B45%空気量2.5%が 6.2kN/mm^2 で最大となった。空気量が多い供試体ほど表層強度は、小さくなっているため、一般的な傾向が見受けられた。また、W/C41%のOPCコンクリート³⁾と比較してみると、LPC-FA系コンクリートのW/B45%は、OPCコンクリートの約1.4倍の表層強度が確認され、3か月養生になるとW/B60%、75%の供試体も、OPCコンクリートのW/C41%と同等以上の表層強度が発現することが確認できた。

一方、W/Bとの相関性は、全体的にW/Bが小さいほど大きくなる傾向が確認できるが、1か月養生のW/B60%と75%の表層強度では同程度であった。

3ヶ月養生した供試体の表層強度は、さらに増進し、W/B45%と60%では、約1.25倍となった。養生期間1ヶ月では、空気量が多い供試体ほど表層強度は小さくなる傾向が認められたが、養生期間3ヶ月では、空気量と表層強度の相関性は認められなかった。

4. まとめ

- (1) LPC-FA系コンクリートは、空気量が多いと強度発現が小さくなる、一般的な傾向が確認された。また、W/Bが小さいほど表層強度が大きい。
- (2) LPC-FA系コンクリートは、W/C41%のOPCコンクリートと同等以上の表層強度が発現し、同程度の水結合材比で1.4倍もの差となる。
- (3) LPC-FA系コンクリートは、3ヶ月以降も強度発現が続くと考えられ、さらに長期材齢を確認する必要がある。

5. 今後の課題

LPC-FA系コンクリートは長期的な強度発現が望めるコンクリートであるため、養生期間1ヶ月、3ヶ月の供試体と同時に養生した6ヶ月、12ヶ月、36ヶ月の供試体の引抜き試験を行い、比較する。

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の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，Vo.21，No.3，pp.43-51，2010.9
- 2) 庭瀬一仁、杉橋直行、辻幸和：低レベル放射性廃棄物の処分施設の低拡散層の実規模試験による初期性能の設定、コンクリート工学論文集，Vo.21，No.3，pp.53-62，2010.9
- 3) 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