

早強性と低収縮性を有するコンクリートの品質に関する一考察

鹿島建設(株) 正会員 ○横関康祐 関 健吾 曾我部直樹 川崎文義
住友大阪セメント(株) 正会員 小田部裕一 宮菌雅裕

1. はじめに

資源循環や環境負荷低減の観点から、産業副産物であるフライアッシュや高炉スラグに対してより一層の有効活用が望まれている¹⁾。これら産業副産物を活用したセメントには高炉セメントやフライアッシュセメントなどの混合セメントがある。しかしながら、これら混合セメントを使用したコンクリートの課題として、普通ポルトランドセメントを使用した場合と比較して強度発現が遅く、施工時に型枠の取外しまでの期間が長くなる点が挙げられ、これは特に低温環境下において顕著となる。

そこで、混合セメントと比較して品質を損なうことなく強度発現性を改善することを目的に、早強ポルトランドセメントにフライアッシュおよび早強性混和剤を組み合わせたコンクリートについて検討した。検討にあたっては、実際の擁壁工事に適用し、フレッシュ性状、強度発現性および非破壊試験による表層品質を評価した。

2. 擁壁の施工と表層品質の評価

2.1 使用材料および検討配合

使用材料を表-1に、検討配合を表-2に示す。本コンクリート(以下、HF配合)には、強度発現性の向上を目的に早強ポルトランドセメントを、水和熱および自己収縮ひずみの低減²⁾を目的にフライアッシュを用いた。さらに、フライアッシュの反応促進を目的に、アルカリ金属塩を主成分とした早強性混和剤を粉体量×2.0%で添加した。なお、早強性混和剤は材齢初期における膨張効果も有している。比較として、普通ポルトランドセメントにフライアッシュを内割で15%用いた配合(以下、FB配合)も検討した。

2.2 対象とした擁壁と検討概要

施工対象とした擁壁を図-1に示す。検討対象は壁部(長さ8.0~9.2m、高さ4.3m、厚さ0.5m)とした。脱型時期の差が硬化後の表層品質に及ぼす影響を評価するため、HF配合は材齢3日で脱型し、FB配合は材齢4日で脱型した。

2.3 試験項目

試験項目を表-3に示す。圧縮強度試験用の供試体はφ100mm×200mmで採取し、現場封緘養生を実施したのち

表-1 使用材料

項目	記号	摘要
水	W	上澄水
セメント	N	普通ポルトランドセメント, 密度=3.15g/cm ³
	H	早強ポルトランドセメント, 密度=3.14g/cm ³
混和材	FA	フライアッシュI種, 密度=2.40g/cm ³
細骨材	S1	砕砂, 高岡郡佐川町川ノ内組産, 密度=2.64g/cm ³ , F.M.=3.08
	S2	砂, 高岡郡中土佐町加江崎沖産, 密度=2.61g/cm ³ , F.M.=1.90
粗骨材	G1	石灰砕石, 高岡郡佐川町川ノ内組産, 密度=2.70g/cm ³
	G2	砕石, 高知市春野町西分産, 密度=2.61g/cm ³
混和剤	AD	AE減水剤(標準型I種), リグニンスルホン化合物とポリオール複合体
	AE	助剤, アニオン及びノニオン系特殊界面活性剤
	AC	早強性混和剤(アルカリ金属塩)

表-2 検討配合

配合名	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)										
			W	N	H	FA	S1	S2	G1	G2	AD	AE	AC
HF	59.4	48.1	171	-	245	43	524	346	685	270	4.32	2.07	5.76
FB				245	-						2.88	1.43	-

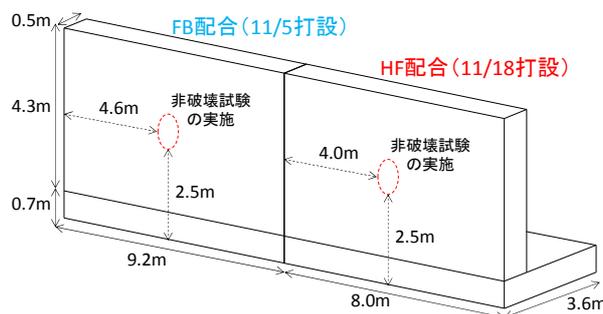


図-1 施工対象とした擁壁

表-3 試験項目

項目	内容
スランプ	JIS A 1101(荷卸し時)
空気量	JIS A 1128(荷卸し時)
圧縮強度	JIS A 1108(σ ₁ , σ ₃ or σ ₄ , σ ₇ , σ ₂₈)
透気係数	トレント法(σ ₂₈ , σ ₉₁)

キーワード 早強ポルトランドセメント, フライアッシュ, 強度発現性, 透気係数

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL. 042-489-6761

に所定の材齢で試験に供した。また、材齢 28 日および 91 日の時点で躯体の透気係数を測定した。

2.4 試験結果

(1) フレッシュ性状

荷卸し時に測定したフレッシュ試験結果を表-4に示す。コンクリート温度は20℃程度であり、スランプおよび空気量ともに所定の許容差内であることを確認した。

(2) 強度発現性

圧縮強度試験結果を図-2に示す。図より、材齢 1 日における HF 配合の圧縮強度は 12.9N/mm² であり、FB 配合の 4.42N/mm² と比較して約 3 倍の強度であった。このように、フライアッシュを用いた場合であっても、早強ポルトランドセメントと早強性混和剤を併用することで、材齢 28 日における強度は同等であるが、材齢初期における圧縮強度は向上する結果となった。

(3) 透気係数の評価

材齢 28 日および材齢 91 日の時点で測定した透気係数の測定結果を図-3に示す。図中には表面水分率の測定結果を併記した。図より、材齢 28 日における HF 配合の透気係数は 0.032×10⁻¹⁶m² であり、FB 配合の 0.048×10⁻¹⁶m² と比較して同等以上の品質であった。同様に材齢 91 日における HF 配合の透気係数は 0.029×10⁻¹⁶m² であり、FB 配合の 0.056×10⁻¹⁶m² と比較して同等以上の品質であった。

(4) ひび割れ調査

脱型後の躯体表面の状況を図-4に示す。脱型時および材齢 28 日に目視調査したところ、いずれの配合もひび割れは認められなかった。HF 配合については、早強ポルトランドセメントを用いているものの、先述のとおり早強性混和剤の作用による初期膨張効果などによって、ひび割れが抑制された可能性がある。

3. 結論

本研究の範囲において、以下の知見を得た。

- ① 早強ポルトランドセメント、フライアッシュおよび早強性混和剤を用いたコンクリートは、FB 配合と比較して、材齢初期における圧縮強度が約 3 倍となる。
- ② 材齢 28 日および 91 日の時点でコンクリートの表層品質を評価したところ、当該コンクリートは W/B が同一の FB 配合と比較して同等以上の品質を有する。
- ③ 早強セメントを用いた場合であっても、フライアッシュや早強剤を併用することでひび割れを抑制できる。

参考文献

- 1) (社)日本コンクリート工学会：混和材を大量使用したコンクリートのアジア地域における有効利用に関する研究委員会 報告書，(社)日本コンクリート工学会，pp.80-87 (2015)
- 2) 斯波明宏ほか：早強セメントを用いた環境負荷低減型コンクリートに関する実験的研究，プレストレストコンクリート工学会 第22回シンポジウム論文集，pp.509-514 (2013)

表-4 フレッシュ試験結果

配合	打設日	温度(°C)		スランプ [°] (cm)	空気量 (%)
		外気温	コンクリート		
HF	11/18	17.4	21.0	17.5	4.5
FB	11/5	16.6	20.0	15.0	3.2

目標スランプ：15.0±2.5cm，目標空気量：4.5±1.5%

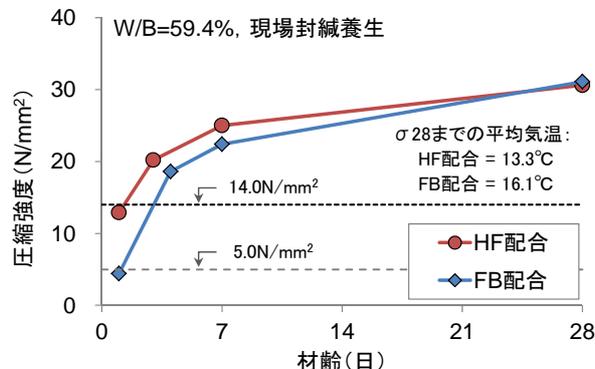


図-2 圧縮強度の試験結果

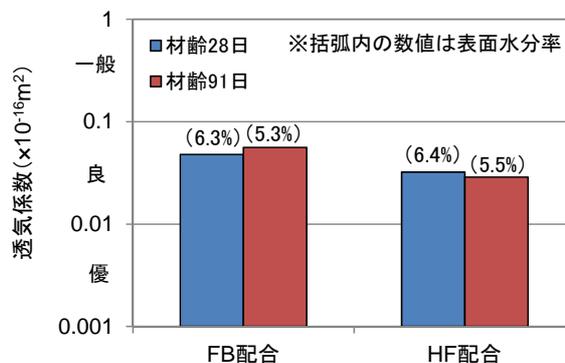


図-3 透気係数の評価



図-4 脱型後の躯体表面 (HF 配合)