

初期強度改善を目的とした早強ポルトランドセメントベースの フライアッシュコンクリートにおける養生と強度発現性

電源開発(株) 正会員 ○石川 嘉崇
電源開発(株) 正会員 今岡 知武
電源開発(株) 正会員 鷺尾 朝昭
(独)土木研究所 正会員 中村 英佑

1. はじめに

昨今、二酸化炭素排出量の低減策の一つとして、セメントの排出量原単位を削減できる高炉スラグやフライアッシュ等を用いた混合セメントの利用拡大が望まれている。混和材を使用することで、塩分浸透やアルカリ骨材反応の抑制等、コンクリート構造物の耐久性の向上が期待できる反面、初期材齢における強度が低いことが課題となっている。経済産業省の調査¹⁾によれば、そのことがフライアッシュ混和したコンクリートの普及を妨げる大きな要因の一つとなっている。

以上を踏まえ、本梗概ではフライアッシュを混和したコンクリートの初期強度の改善策として、ベースセメントに普通ポルトランドセメント（以下、普通セメント）のかわりに早強ポルトランドセメント（以下、早強セメント）を使用する方法に着目し、養生方法・養生温度を変化させ初期材齢の物性評価を行う。

2. 使用材料および配合

使用した材料およびコンクリートの配合を表-1、表-2に示す。水結合材比（W/B）50%，フライアッシュ置換率（F/（C+F））を0，20，30%とし、目標スランブは12cmとした。

3. 試験概要

コンクリートの練混ぜは60リットル水平二軸強制型ミキサーを使用し、JIS A1138に準じて実施し、供試体寸法はいずれもφ100×200mmとした。セメント種類（N，H），フライアッシュ置換率（0,20,30%）の異なる6ケースについて、養生温度（5℃，10℃，20℃），養生方法（水中養生，封緘養生）をパラメーターとして、これらの養生条件が強度発現特性に与える影響を把握した。なお、5℃の養生温度は冬期施工を想定したものである。供試体作製時の練上がり温度は20±3℃とし、練上り直後より脱型までは各養生温度にて気中養

表-1 使用材料

材料名	緒 元
セメント (C)	・普通ポルトランドセメント (N) : 密度 3.16 g/cm ³ , 比表面積 3340cm ² /g ・早強ポルトランドセメント (H) : 密度 3.14 g/cm ³ , 比表面積 4580cm ² /g
フライアッシュ (F)	・JIS II 種品 : 密度 2.08 g/cm ³ , 強熱減量 1.5% 比表面積 3810 cm ² /g
細骨材 (S)	・陸砂 : 表乾密度 : 2.60 g/cm ³ , 吸水率 : 1.72%
粗骨材 (G)	下記の碎石を 1:1 で混合して使用した。 ・5号碎石 : 表乾密度 2.67 g/cm ³ , 吸水率 0.43% ・6号碎石 : 表乾密度 2.67 g/cm ³ , 吸水率 0.46%
混和剤	・AE 減水剤 : リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体

表-2 コンクリート配合

名称	W/B [%]	F/B [%]	単位量[kg/m ³]				
			W	C	F	S	G
NF0	50	0	165	330	0	827	968
NF20	50	20	159	254	64	814	988
NF30	50	30	156	218	94	806	1000
HF0	50	0	170	340	0	830	954
HF20	50	20	164	262	66	803	976
HF30	50	30	161	225	97	796	986

注) B=C+F , 名称 : [Cの種類] — [Fの置換率]

生、脱型後は水中および封緘養生を行った。圧縮強度試験（JIS A 1108）および静弾性係数試験（JIS A 1149）を材齢 1，3，7，14，28，56，91 日で実施した。また、割裂引張強度試験（JIS A 1113）を養生温度 20℃に限定し、材齢 3，7，14，28 日で実施した。

4. 試験結果・考察

(1) 圧縮強度

圧縮強度試験結果を図-1，図-2に示す。初期材齢における圧縮強度に着目すると、普通セメントベースの場合は、フライアッシュの置換率に応じて圧縮強度は低下するが、フライアッシュの置換率 20%，10℃養生（水中，封緘）では、材齢 3 日で 10N/mm²をほぼ満足する。早強セメントベースの場合は、同様の条件で、材齢 3 日で 15N/mm²以上の強度発現が得られる。さらに、フライアッシュ置換率 30%，養生温度 5℃（水中，封緘

キーワード フライアッシュ，早強セメント，圧縮強度，静弾性係数，養生温度，冬期施工
連絡先 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 電源開発(株) 茅ヶ崎研究所 TEL 0467-88-7854

)としても 10N/mm^2 を満足する。このようにフライアッシュを混和し、低温で養生した場合でも、早強セメントをベースとすることで、初期材齢での圧縮強度の低下を抑えることができる。ただし、中長期材齢において、普通セメントベースの場合は、フライアッシュの置換率によらず圧縮強度の増進効果が見られるが、早強セメントベースの場合は、圧縮強度の増進があまり見られなかった。また水中養生と封緘養生の試験結果を比較すると、封緘養生の強度発現性が若干小さいことが確認された。

(2) 静弾性係数

静弾性係数の試験結果を図-3 に示す。静弾性係数は、セメントの種類により多少値の差は生じるものの、初期材齢では圧縮強度と同様の傾向にあり、中長期材齢では、フライアッシュの置換率、養生温度、養生方法の影響は少なく、ほぼ同程度の値 $30 \sim 40 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ に収束する傾向が見られる。

(3) 割裂引張強度

割裂引張強度の試験結果を図-4 に示す。割裂引張強度も圧縮強度と同様、封緘養生したものは水中養生したものに比べ、強度発現性は小さい。ただし、セメントの種類や養生方法が変化しても、図-5 に示すように圧縮強度と割裂引張強度の間には線形関係が認められた。

5. まとめ

(1) フライアッシュを使用した場合及び低温で養生した場合でも、早強セメントを使用することにより、初期材齢の圧縮強度の低下を抑えられることが確認された。

(2) 圧縮強度、割裂引張強度の結果から、封緘養生は、水中養生と比較して強度発現性が若干小さいことが確認された。

本検討は独立行政法人土木研究所が主催する共同研究「低炭素型セメント結合材の利用技術に関する研究」の一環として実施したものである。

参考文献

1) 経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課：セメント産業における非エネルギー起源二酸化炭素対策に関する調査－混合セメントの普及拡大方策に関する検討－報告書，pp.34-136，2009。

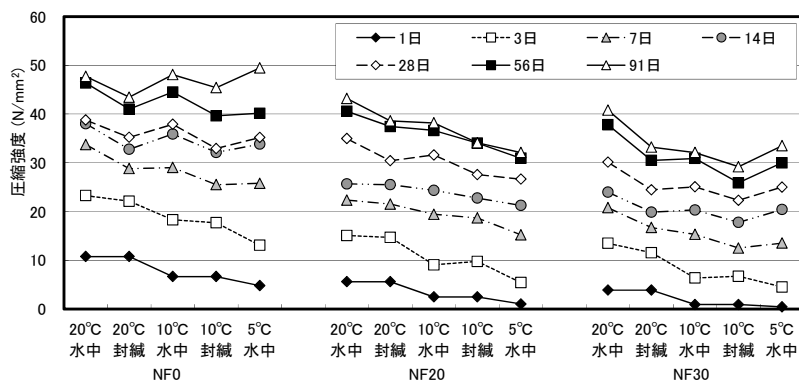


図-1 材齢と圧縮強度の関係 (普通セメントベース)

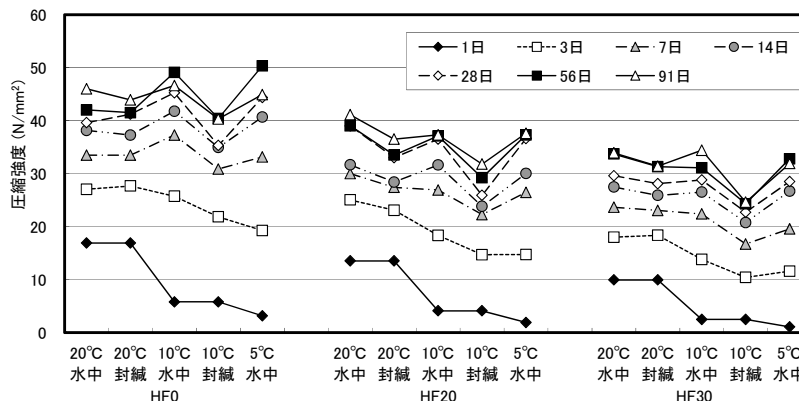


図-2 材齢と圧縮強度の関係 (早強セメントベース)

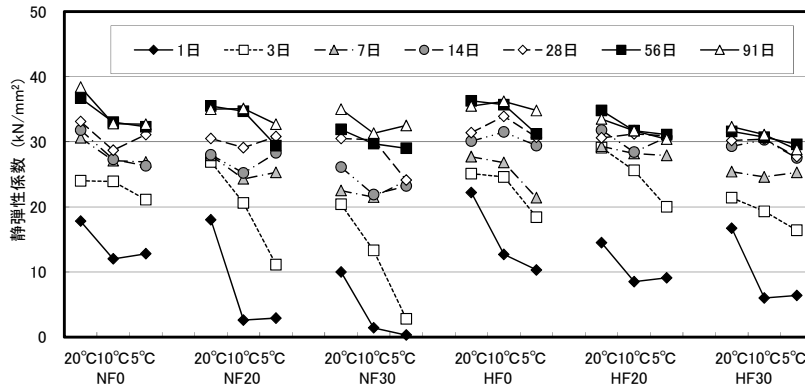


図-3 材齢と静弾性係数の関係 (水中養生)

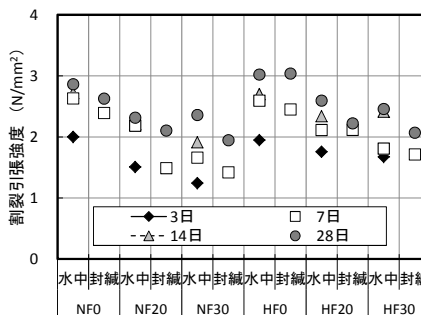


図-4 材齢と割裂引張強度の関係

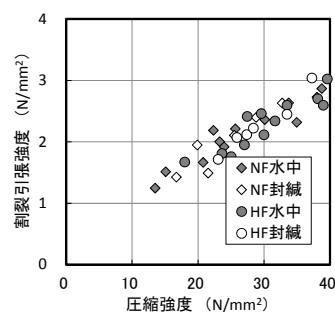


図-5 圧縮強度と割裂引張強度の関係