

高 C₃S セメントを用いた FA セメントコンクリートの蒸気養生特性

太平洋セメント 正会員 ○小川 洋二
 太平洋セメント 正会員 前堀 伸平
 太平洋セメント 正会員 田中 敏嗣

1. はじめに

近年、資源の有効利用及び二酸化炭素排出量低減の観点から、フライアッシュの活用が求められている。しかしながら、フライアッシュを混合したコンクリートは初期強度発現性が低く、特に冬期において脱型に時間を要する等の課題を有している。本研究では、初期強度発現の改善を図るために高 C₃S セメントを用いた FA セメントを試製し、製品向けコンクリート配合にて蒸気養生を行い、得られた特性について普通ポルトランドセメントとの比較により評価を行った。

2. 試験概要

本研究で使用した材料を表-1、試験に使用した高 C₃S セメントおよび普通ポルトランドセメントのボーグ式から算出した鉱物組成を表-2 にそれぞれ示す。高 C₃S セメント中におけるエーライトの割合は 65%以上となっている。なお、本研究で使用した普通ポルトランドセメントは市販品であり、少量混合成分として石灰石微粉末を含んでいる。普通ポルトランドセメントの化学成分およびボーグ式から算出した鉱物組成は、少量混合成分を除いた表記とした。

本試験において実施したコンクリートの配合を表-3 に示す。ここで、AFC 配合における FA の混合率は 18% (フライアッシュセメント B 種相当) である。いずれの配合も目標スランプは 12±1.5cm、空気量は 4.5±0.5%とした。10℃および 20℃の環境温度でそれぞれ試験を行い、フレッシュ性状の測定を行うとともに、供試体の作製を行った。採取した供試体は直ちに蒸気養生槽へ移動し、図-1 に示す蒸気養生パターン (前置き 2h→昇温 20℃/h→65℃3h 保持→降温 4.5℃/h) にて蒸気養生を行った。材齢 24 時間で脱型し、以降は所定の材齢までそれぞれの環境温度にて気中養生を行った。また、供試体の一部は材齢 24 時間で脱型するまでそれぞれの環境温度で封かん養生を行い、以降は材齢 28 日までそれぞれの環境温度にて水中養生を行った。コンクリ

ートの圧縮強度試験は、材齢 1,7,14 および 28 日においてそれぞれ実施した。

表-1 使用材料

材料	種類	記号	密度*	概要
セメント	普通ポルトランドセメント	N	3.15	比表面積3,100cm ² /g
	高C ₃ Sセメント	A	3.13	比表面積4,190cm ² /g
混和材	フライアッシュⅡ種	FA	2.27	比表面積3,450cm ² /g LOI 2.49%
細骨材	山砂	S	2.57	静岡県掛川産
粗骨材	碎石	G	2.65	茨城県桜川産
混和剤	高性能減水剤	SP	-	ポリカルボン酸系
	AE剤	AE	-	アルキルカルボン酸系

表-2 セメントの鉱物組成

	LOI (%)	Mineral composition(%)			
		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
N	0.96	51.1	22.4	9.3	9.2
A	1.15	69.5	3.6	10.0	7.7

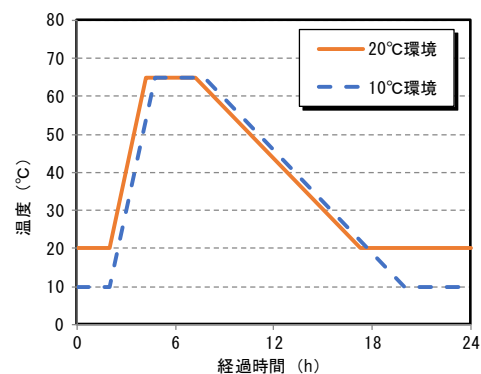


図-1 蒸気養生パターン

表-3 コンクリート配合

	W/C (%)	s/a (%)	Unit content (kg/m ³)					
			W	B			S	G
				N	A	FA		
OPC-47	47	45	160	341	-	-	794	1001
AFC-47			160	-	280	61	784	988
OPC-38	38	42	170	448	-	-	694	988
AFC-38			170	-	367	81	682	970

キーワード フライアッシュ, エーライト, 蒸気養生, 初期強度, コンクリート製品

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所第2研究部 TEL 043-498-3836

3. 試験結果

試験結果の概要を表-4に示す。高C₃Sセメントを用いたFAセメントコンクリート（以下、AFC）は、普通ポルトランドセメントを用いたコンクリート（以下、OPC）と比較して、AE剤の添加率は増加する傾向が認められた。一方、高性能減水剤の添加率については、OPCに比べてAFCの方が少なくなる傾向が認められた。

表-4 試験結果の概要

環境温度 (°C)	試料名	W/B (%)	単位水量 (kg/m ³)	SP 添加率 (B×%)	AE 添加率 (B×%)	スランブ (cm)	空気量 (%)	練上温度 (°C)	圧縮強度(N/mm ²)				
									蒸気養生後気中養生				水中養生
									材齢1日	材齢7日	材齢14日	材齢28日	材齢28日
20	OPC-47	47	160	0.95	0.005	12.5	4.6	21	20.5	31.5	35.3	37.2	51.0
	AFC-47		160	0.75	0.030	12.5	4.2	21	21.9	31.8	34.3	36.7	46.6
	OPC-38	38	170	0.60	0.005	11.0	4.5	21	29.6	40.9	42.3	45.0	63.7
	AFC-38		170	0.60	0.050	13.0	4.7	22	32.0	40.0	41.8	44.5	58.5
10	OPC-47	47	160	0.80	0.006	12.0	4.2	11	18.5	25.1	28.3	33.3	51.2
	AFC-47		160	0.60	0.035	11.5	4.8	11	18.6	27.1	28.7	30.6	42.4
	OPC-38	38	170	0.60	0.006	10.5	4.1	13	29.2	38.8	42.0	42.9	63.0
	AFC-38		170	0.55	0.060	12.5	4.9	13	28.3	34.6	37.8	39.8	57.1

蒸気養生後の圧縮強度について、環境温度ごとにそれぞれ図-2,3に示す。いずれの環境温度においても、蒸気養生後の1日強度はAFCとOPCでほぼ同等であった。一方、材齢28日までの蒸気養生後の強度増進については、AFCはOPCよりも少ない傾向が認められた。この傾向は、20℃環境よりも10℃環境の方が顕著であった。

また、蒸気養生下での蒸気養生強度比を図-4,5に示す。ここで蒸気養生強度比とは、蒸気養生後気中養生の各材齢における圧縮強度を、水中養生材齢28日における圧縮強度で除した値を百分率で表したものである。これによると、いずれの環境

境、W/Bおよび材齢においても、OPCよりAFCの方が蒸気養生強度比が高い傾向を示している。すなわち、AFCはOPCよりも蒸気養生によって効率よくポテンシャルを引き出すことが出来るものと考えられる。

4. まとめ

本試験結果より、製品向けコンクリート配合において、フレッシュ性状および蒸気養生後の強度発現は、普通ポルトランドセメントとほとんど変わらないことが明らかとなった。よって、冬期などの低温環境下においても、蒸気養生したコンクリートの初期強度発現性は普通ポルトランドセメントと同等以上となり、脱型強度確保の面でも、コンクリート製品などへ利用可能であることが示された。今後は実製品への適用を見据えて、耐久性などの更なる物性について検討を進める予定である。

謝辞：

本研究は次世代FAセメント研究会の活動の一環として行ったものであり、関係各位に感謝の意を表する。

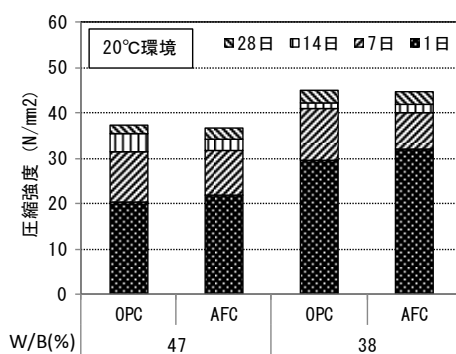


図-2 圧縮強度比較（20℃環境）

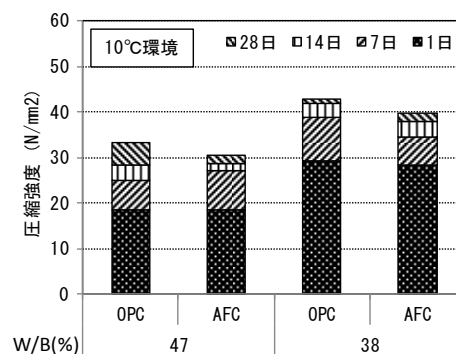


図-3 圧縮強度比較（10℃環境）

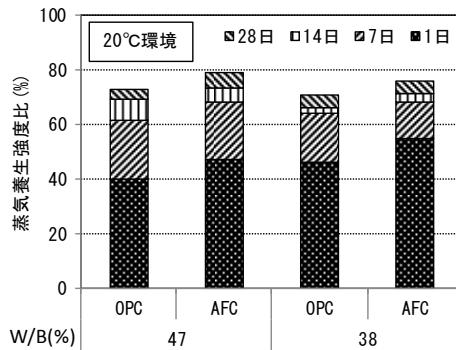


図-4 蒸気養生強度比（20℃環境）

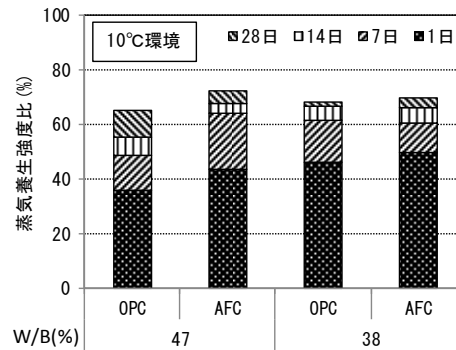


図-5 蒸気養生強度比（10℃環境）