

圧縮強度発現の温度依存性に対するフライアッシュ混和の効果

清水建設 正会員 ○矢ノ倉 ひろみ 杉橋 直行 高橋 圭一
電力中央研究所 正会員 蔵重 勲 山本 武志

1. はじめに

コンクリートの圧縮強度の発現は、一般に有効材齢や下式により算出される積算温度により整理される。

$$M = \Sigma(\theta + 10) \Delta t, \text{ここに, } M: \text{積算温度 (D}^\circ \text{D)}, t: \text{材齢 (日)}, \theta: \text{養生温度 (}^\circ \text{C)}.$$

現場でのコンクリートの打込み養生は、一般的な圧縮強度の管理材齢 28 日程度まで、ほとんどの場合 5～30℃程度の外気温下で行われる。この材齢養生温度域では、圧縮強度は養生温度依存性を示さずに、同一の積算温度であれば、一義的に決めることができるため、上式が実務上有用で利用されてきた。すなわち、この範囲で圧縮強度は養生温度そのものではなくて、養生温度と養生期間の積分値に依存する。一方、低熱系セメントを使用した場合や、長期材齢、高温養生時には、同一の積算温度でも養生温度によって圧縮強度が相違する場合のあることも分かっている。このためここでは、長期材齢におけるセメント種類と養生温度が圧縮強度に与える影響を把握することを目的に、W/B を 45%一定として、普通ポルトランドセメント (OPC)、中庸熱ポルトランドセメント (MPC)、低熱ポルトランドセメント (LPC) とこれらにフライアッシュ (FA, JIS A6201 のⅡ種品) を混和した配合ならびに高炉セメント B 種 (BB) を使用した表-1 に示す 8 配合 (配合記号の数字は FA 質量置換率) について、養生温度を 5,10,20,30℃として、材齢 728 日までの圧縮強度発現を試験することとした。ここでは、このうち材齢 91 日までの試験結果を報告する。

2. 試験方法

コンクリートは、20℃、60%RH の室内で、練上り温度を 20±1℃、練混ぜ 1 時間後のスランブ 18±2.5cm、空気量 5.5%±1.5%となるように調整し、φ10×20cm の供試体 (3 本/組) を製作した。スランブと空気量の試験結果を表-1 に併記する。供試体は材齢 1 日後に脱型し、5,10,20,30±1℃の温度一定にした水中で所定の材齢まで養生した。材齢 7,28,56,91 日の養生終了後ただちに JIS A1108 に準じて圧縮強度試験を行った。

3. 試験結果

積算温度と圧縮強度の関係を図-1 に示す。図-1 (A), (B), (C), (H)に示す通り、FA を混和しない配合では、30℃の赤色直線の傾きが、他の温度と比較して小さく、特に(A)OPC と(H)BB でこの傾向が顕著である。すなわち、30℃の場合、長期材齢における圧縮強度が他の温度と比較して小さくなる傾向にある。高温環境の地域では、同一 W/C (45%程度) で比較した場合、潜在的に、耐久性や構造物供用時の実強度が、他温度地域と

表-1 コンクリートの配合

配合 記号	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)									試験結果	
			水 W	結合材 B					骨 材		混和材	スランブ (cm)	空気量 (%)
				OPC	MPC	LPC	BB	FA	S	G	LS		
OPC	45.0	44.0	165	367	—	—	—	—	780	1004	—	19.5	5.4
MPC				—	367	—	—	—	782	1007	—	20.0	6.5
LPC				—	—	367	—	—	782	1007	—	20.5	6.0
BB				—	—	—	367	—	774	997	—	20.0	4.7
OF15			160	303	—	—	—	53	782	1004	—	18.0	4.9
OF30			155	241	—	—	—	103	757	974	62	17.5	6.1
MF30				—	241	—	—	103	758	976	62	20.0	6.2
LF30				—	—	241	—	103	759	976	62	18.5	5.6

キーワード フライアッシュ、積算温度、圧縮強度、養生温度

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2 丁目 16-1 清水建設株式会社 TEL03-3561-3919

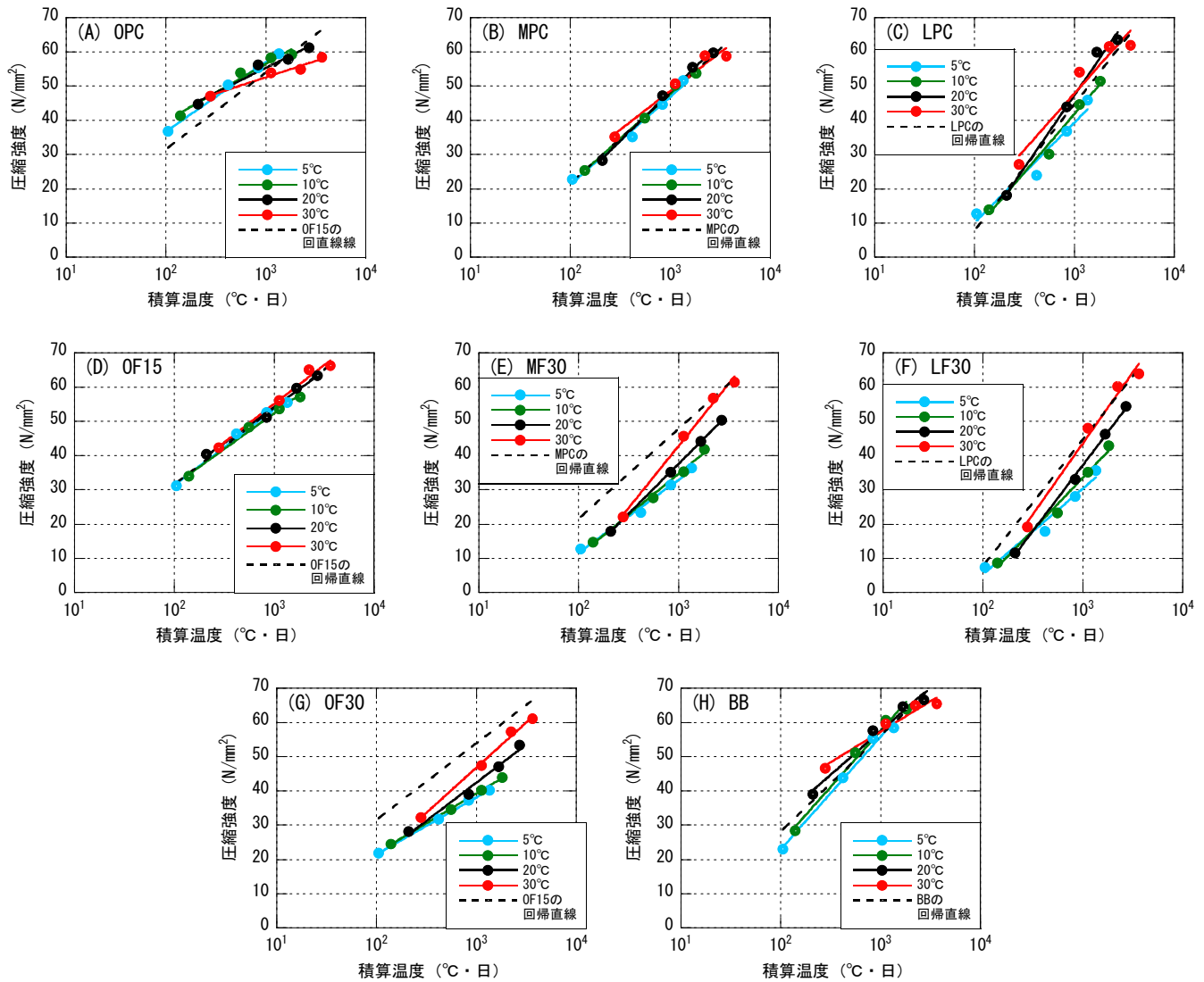


図-1 積算温度と圧縮強度

比べ低下している可能性があることが懸念される。30℃の場合に長期材齢の強度が低下する理由として、骨材とセメントペーストマトリックスの界面の損傷やセメント水和物の組織性状が異なるためではないかと考えている。また、エーライト (C₃S) 系の OPC では、ビーライト (C₂S) 系の MPC や LPC よりも、この傾向が大きいのは、C/S 比が小さいより粗な C-S-H が生成されるためではないか。今後、長期材齢において空隙構造等を試験し、メカニズムについて検討していく。一方で、FA を混和すると、30℃の場合、他の温度と比較して、逆に回帰直線の傾きが大きくなっている。高温時に比較的粗な C-S-H が生成する一方で FA のポズラン反応活性が高いため緻密化を進み、長期材齢の強度低下を補完できるのではないか。MF30, LF30 ではこの効果が顕著で FA を混和していない MPC や LPC と同等の強度にできるが、逆に低温養生の場合の強度発現が非常に遅くなる。また、BB の低積算温度域における養生温度依存性は大きく、30℃の場合の直線の傾きが比較した中で最も小さく留意が必要である。このような、特に長期材齢における養生温度の依存性に対応することは施工的に困難であるが、今回の FA を 15% 混和した OF15 のように、FA を適量混和することで温度依存性を希薄にし、最終的な品質の維持向上を行える施工の方策の一つとして考えられる。

4. まとめ

5~30℃の養生温度で各種セメントの強度発現を確認した。養生温度 30℃で OPC, BB は長期材齢強度が低下し、BB はさらに低積算温度域の養生温度依存性が高く留意が必要である。FA を混和することで養生温度が高くても長期強度を高められるが、MF30 や LF30 の低温養生時の強度発現の遅延には留意が必要である。今後は、さらに長期材齢での圧縮強度や耐久性に関する検討を進める。