

マスコンクリート構造物の温度ひび割れ制御における フライアッシュコンクリートの初期物性について

電源開発 正会員 ○石川 嘉崇
開発設計コンサルタント 正会員 野嶋潤一郎
法政大学 正会員 溝渕 利明

1. 目的

マスコンクリート構造物の温度ひび割れの制御において温度応力解析を精度良く行うためには、入力値としてのコンクリートの物性値を適切に把握することが重要である。筆者はこれまで、フライアッシュ混和によるひび割れ抵抗性の影響評価を実施してきた¹⁾。「マスコンクリートひび割れ制御指針 2008」²⁾(以下、ひび割れ制御指針)改定のための資料に資することを目的とし、各種セメントに対してのコンクリートの初期物性に関する共通試験が実施されている³⁾。共通試験でのデータは普通ポルトランドセメントをベースとしてフライアッシュが18%混和したものに限定されていることから、混和率を30%とした場合およびベースセメントを早強ポルトランドセメントした場合についての追加実験を実施した。本報では、上記実験の一部である力学物性を中心に、その結果と考察を述べる。

2. 実験計画

2.1 要因と水準

実験要因と水準を表-1に示す。ベースとなるセメントは、普通ポルトランドセメント(OPC)、早強ポルトランドセメント(HPC)、高炉セメント(BB)を、混和材としてフライアッシュ(FA)を用い、FAの混和率は、0%、20%、30%とした。水セメント比については、55%を標準としたが、HPCにおいては、水セメント比45%、30%のケースについても試験を実施した。

2.2 実験に用いた材料と配合

セメント(C)には、普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³)、早強ポルトランドセメント(密度:3.14g/cm³)、高炉セメントB種(密度:3.04g/cm³)を使用した。また、混和材としてJISⅡ種品(密度:2.08g/cm³)のフライアッシュを使用した。細骨材(S)は川砂:密度:2.63g/cm³を、粗骨材(G)は硬質砂岩砕石5号、6号を1:1(重量比/密度:2.65g/cm³)の割合で混合し使用した。コンクリートの配合を表-2に示す。

表-1 要因と水準

W/C (%)	温度条件	セメント種類, 混和材, FA置換率							
		OPC			HPC				BB
		OPC +FA0%	OPC +FA20%	OPC +FA30%	HPC +FA0%	HPC +FA20%	HPC +FA20%	HPC +FA20%	BB +FA0%
55	20℃	○	○	○	○	○	—	—	○
	高温①	○	○	○	○	○	—	—	○
45	20℃	—	—	—	—	—	○	—	—
	高温①	—	—	—	—	—	○	—	—
30	20℃	—	—	—	—	—	—	○	—
	高温①	—	—	—	—	—	—	○	—

表-2 コンクリートの配合

配合名	W/(C+F) (%)	F/(C+F) (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						AE減水剤 No.70	高性能AE減水剤	AE助剤
					W	C	F	S	G1	G2			
OPC+FA0	55	0	4.5	46	170	309	0	822	492	492	0.773	—	0.014
OPC+FA20	55	20	4.5	46	170	247	62	810	484	484	0.773	—	0.050
OPC+FA30	55	30	4.5	46	170	216	93	804	481	481	0.773	—	0.094
HPC+FA0	55	0	4.5	46	170	309	0	821	491	491	0.773	—	0.031
HPC+FA20	55	20	4.5	46	170	247	62	809	484	484	0.773	—	0.080
HPC+FA20	45	20	4.5	44	170	302	76	746	484	484	0.944	—	0.113
HPC+FA20	30	20	2.0	41	160	427	107	675	495	495	—	11.20	—
BB+FA0	55	0	4.5	46	170	309	0	817	489	489	0.773	—	0.025

キーワード 温度ひび割れ, マスコンクリート, フライアッシュ, 早強ポルトランドセメント

連絡先 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 電源開発株式会社 茅ヶ崎研究所 TEL 0467-87-1211

2.3 試験項目および試験内容

共通試験に準拠して、表-1に示す8配合のセメントを用いて、20℃一定温度条件下(20℃一定)および簡易断熱条件下(高温①)で各種試験を実施した。試験項目は、1) 自己収縮、2) 圧縮強度および割裂引張強度、3) 熱膨張係数、4) 凝結試験を実施した。本報で結果を述べる力学物性については、φ100×200mm供試体を用い、養生条件(高温①)および標準養生について、圧縮強度試験および割裂引張強度試験を行った。試験材齢は、養生条件(高温①)の場合、1日、2日、5日、14日、91日の5材齢(各水準2個)、標準養生の場合、3日、7日、28日、91日の4材齢(各水準3個)である。

3. 実験結果および考察

3.1 強度試験結果

図-1にセメント種類ごとの有効材齢と圧縮強度の関係を示す。また、ひび割れ制御指針に示されている圧縮強度式(式1参照)を黒線にて併記する。図-1より、OPC+FA0、BB+FA0およびOPC+FA20では、指針に示されている圧縮強度式は試験値と概ね一致している。HPC+FA0では、式1の値は、有効材齢が大きい場合、圧縮強度が大きく評価されているが、これは参考文献3)と同様の傾向である。

$$f'_c(t_e) = \frac{t_e - S_f}{a + b(t_e - S_f)} f'_c(t_n) \quad \text{式1}$$

ここで、 $f'_c(t_e)$ ：圧縮強度(N/mm²)、 t_e ：有効材齢(日)、 a, b ：セメントの種類および管理材齢に応じた圧縮強度の発見を表す係数($a = \alpha_1 + \beta_1(C/W)$, $b = \alpha_2 + \beta_2(C/W)$)、 S_f ：セメントの種類に応じた硬化原点に対応する有効材齢(日)、 $f'_c(t_n)$ ：管理材齢 t_n における圧縮強度(N/mm²) ($f'_c(t_n) = p_1 + p_2(C/W)$)

3.2 考察

ひび割れ制御指針に記載がない配合について、式1の係数をフィッティングにより求めた。フィッティングの結果を、図-1に赤線(今回提案)で示す。また、実験結果および設定された係数に関する考察を、以下に述べる。

①OPC+FA30については、式1の係数 α_1 が低熱ポルトランドセメントに近い値となった。それ以外の係数は、高炉セメントB種と同値とした。②HPC+FA20については、基本的な強度上昇カーブが早強ポルトランドセメントと同様の結果であった。③HPCシリーズについては、早強ポルトランドセメントの係数 p_2 を変更することにより、フィッティングが可能となった。④HPCシリーズの各係数はW/C55%の実験値でフィッティングさせて求めたものであるが、その他W/Cの実験値に対しては、ひび割れ制御指針の式中のC/Wの影響評価で高い適合性を示すことを確認した。

4. 今後の研究課題

本実験より、マスコンクリート構造物の温度ひび割れの制御におけるフライアッシュコンクリートの初期強度特性が明らかになった。今後の研究課題としては、温度応力解析を用いたケーススタディの実施によるひび割れ指数への影響検証、実験結果を反映させた予測式の設定などがあげられる。

参考文献

- 1) 石川嘉崇, 安田幸弘: コンクリートの収縮ひび割れ抵抗性に関するフライアッシュ混和の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.191-196, 2011
- 2) 社) 日本コンクリート工学会: マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008, 2008.11
- 3) 社) 日本コンクリート工学会: マスコンクリートのひび割れ制御指針改訂調査委員会報告書, 2014.6

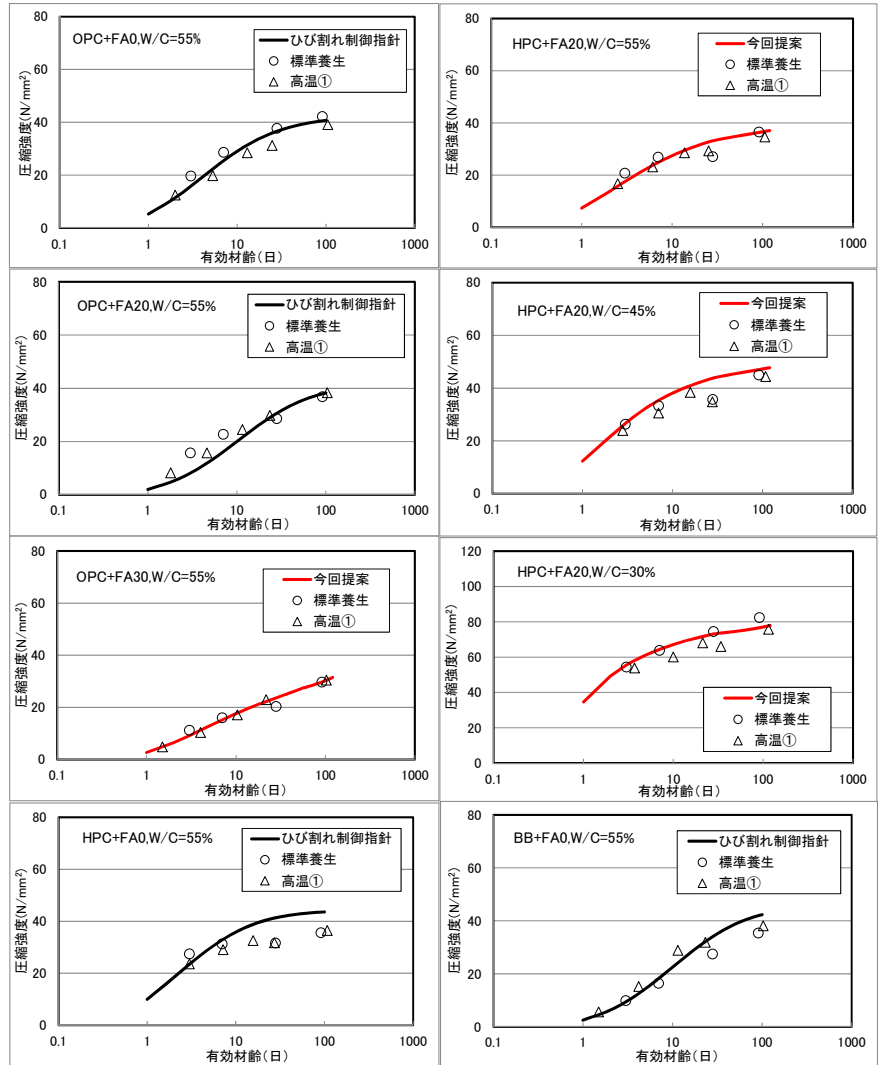


図-1 有効材齢と圧縮強度の関係