

早強性・低収縮性を有するコンクリートの温度ひび割れ抵抗性に関する基礎的検討

住友大阪セメント（株） 正会員 ○亀島博之、小田部裕一
鹿島建設（株） 正会員 横関康祐、曾我部直樹、取違剛

1. はじめに

コンクリートの混和材料としてフライアッシュを用いた場合、長期強度の増進効果や耐久性向上などの利点がある一方で、施工環境によっては材齢初期の強度発現が遅くなり、型枠存置期間が長くなるため工程上の課題となることがある。

フライアッシュを用いたコンクリートの材齢初期の強度発現の改善は、硬化促進剤を使用した研究など様々な検討がされている¹⁾²⁾。著者らの既往の研究においても、早強ポルトランドセメントの一部をフライアッシュで置換したコンクリートへのアルカリ金属塩を主成分とした早強剤の添加による初期強度増進および強度増進メカニズムに関して検討している³⁾。一般的に、強度発現を速めることは水和発熱を高め、温度ひび割れ抵抗性に悪影響を及ぼすと考えられるため、本検討では、フライアッシュセメントB種に早強剤を添加したコンクリートの温度ひび割れ抵抗性を普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種およびフライアッシュセメントB種をそれぞれ使用したコンクリートと比較した。

2. 解析概要

2. 1 解析対象モデル

解析対象構造物は、壁状構造物であり、図1に示す奥行き方向対称の1/4モデルとした。コンクリートの打設は、既設のコンクリートスラブに壁を1リフトで打設するものと仮定した。壁状構造物の寸法は、幅1,000mm×高さ5,000mm×長さ7,000mmとし、評価対象は図1に示す壁の2箇所とした。

2. 2 解析水準および条件

解析水準は、セメントに普通ポルトランドセメント(NC)、高炉セメントB種(BB)、フライアッシュセメントB種(FB)およびFBにアルカリ金属塩を主成分とする早強剤(AC)を結合材量×2.0%添加した(FB+AC)の計4水準とした。コンクリートの配合は、水結合材比50%、結合材量340kg/m³とした。表1に本検討において考慮した解析条件を示す。圧縮強度、断熱温度上昇量および自己収縮ひずみは実測値を適用した。コンクリートの比熱、熱伝達率および地盤の諸物性は、マスコンクリートのひび割れ制御指針2016に記載される数値を参考とした。コンクリートおよび地盤の初期温度は10℃とし、外気温は10℃一定とした。型枠は部材の側面に合板を適用し、型枠の取り外しは打設から4日で実施することとした。解析期間は打設後から30日間とした。

2. 3 各種物性値の取得

コンクリートの圧縮強度試験結果を図2に、コンクリートの断熱温度上昇量試験結果、終局断熱温度上昇量(Q_∞)、断熱温度上昇速度に関する係数(α)を図3に、自己収縮ひずみの試験結果を図4に示す。FB+ACの材齢1日における圧縮強度は、FBの約1.7倍、NCの約1.5倍と最も高い結果となり、AC添加による材齢初期の強度増進を示し、材齢28日においては他のセメントと同程度の圧縮強度であった。FB+ACの断熱温度上昇特性は、他のセメントよりもQ_∞は小さく、断熱温度上昇速度は速くなる結果となった。自己収縮ひずみは、ACの添加により、材齢初期に膨張し、その後の自己収縮ひずみは小さくなる結果となった。

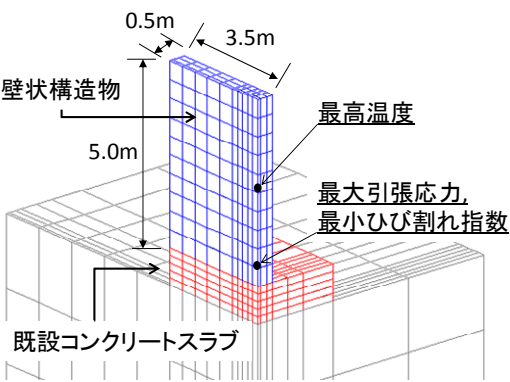


図1 解析モデル (1/4モデル)

表1 解析条件

項目	入力値	
線膨張係数	10 μ/C(BB 以外)	12 μ/C(BB)
引張強度(f _t)	$f_t(t_e) = 0.13 \times f'_c(t_e)^{0.85}$	
ヤング係数(E _c)	$E_c(t_e) = 6300 \times f'_c(t_e)^{0.45}$	

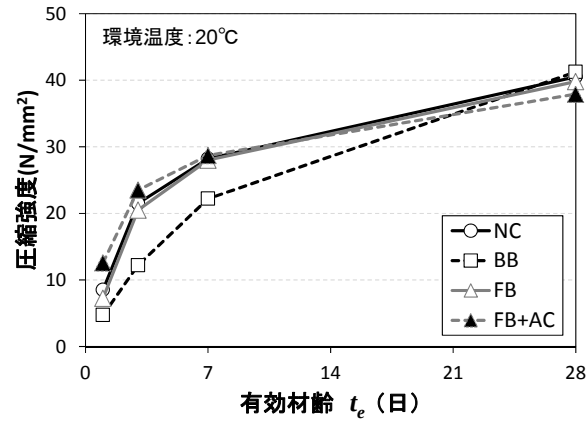


図2 圧縮強度試験結果

キーワード フライアッシュ、早強剤、強度発現性、断熱温度上昇量、自己収縮ひずみ、最小ひび割れ指数
連絡先 〒274-8601 千葉県船橋市豊富町585番地 住友大阪セメント（株） TEL047-457-0091

3. 解析結果

温度応力解析によって得られた温度、引張応力およびひび割れ指数の結果を図5に示す。FBに早強剤を使用したFB+ACの最高温度は、NCと同程度であった。ACを添加したコンクリートの終局断熱温度上昇量は小さくなる一方で、断熱温度上昇速度が速いことが影響していると考えられる。

FB+ACの最大引張応力は、他のセメントよりも約10～30%低減した。これは、ACの添加によって、材齢初期で 35×10^{-6} 程度膨張することで、その後の自己収縮ひずみが他のセメントよりも小さくなることが影響していると考えられる。

FB+ACの最小ひび割れ指数は1.68であり、最も温度ひび割れ抵抗性が優れる結果となった。断熱温度上昇速度が速く、最高温度が高いと温度ひび割れ抵抗性に悪影響を与えるが、AC添加による自己収縮ひずみの抑制によって温度ひび割れ抵抗性が向上されたと考えられる。また、最小ひび割れ指数から求めた温度ひび割れ発生確率は、NCは11%、BBは34%、FBは11%、FB+ACは7%となり、FB+ACの温度ひび割れ抵抗性の優位性が認められた。

以上より、強度発現を速めることは、温度ひび割れ抵抗性に悪影響を及ぼすと考えられるが、ACの添加は材齢初期の強度増進を示し、さらに温度ひび割れ抵抗性を向上させることが確認された。

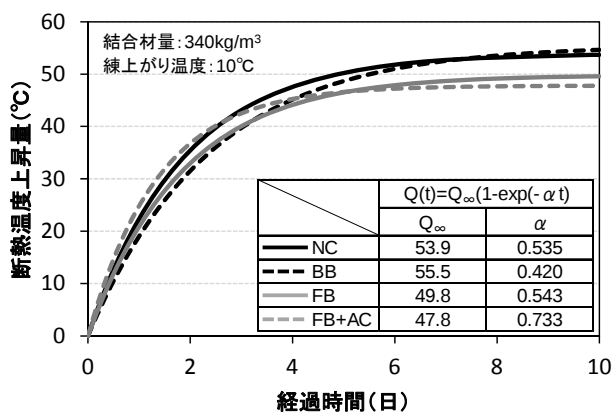


図3 断熱温度上昇試験結果

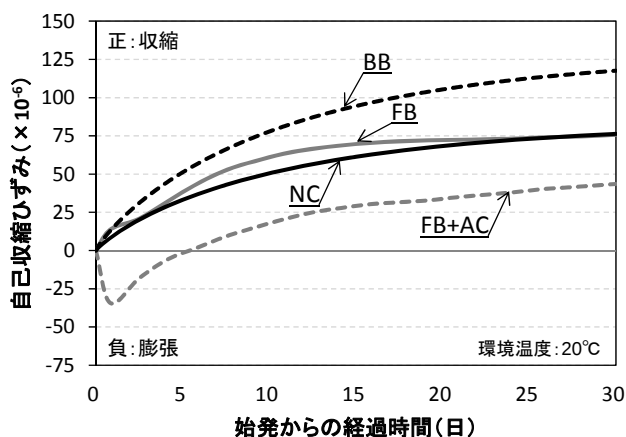


図4 自己収縮試験結果

4. まとめ

フライアッシュセメントB種に早強剤を添加したコンクリートの温度ひび割れ抵抗性を普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種およびフライアッシュセメントB種をそれぞれ使用したコンクリートと比較した。その結果、フライアッシュセメントB種への早強剤の添加によって自己収縮ひずみが抑制されるため、温度ひび割れ抵抗性が向上することを確認した。

【参考文献】

- 1) 河見真ほか：多量にフライアッシュを用いた高流動コンクリート用モルタルの硬化促進に関する一検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.21、No.2、p.433-438 (1999)
- 2) 今岡知武ほか：早強セメントをベースセメントとした養生条件が異なるフライアッシュコンクリートの物性、コンクリート工学年次論文集、Vol.37、No.1、pp.151-156 (2015)
- 3) 宮菌雅裕ほか：フライアッシュコンクリートの初期強度改善に関する基礎的検討、第70回セメント技術大会講演要旨、pp.266-267 (2015)

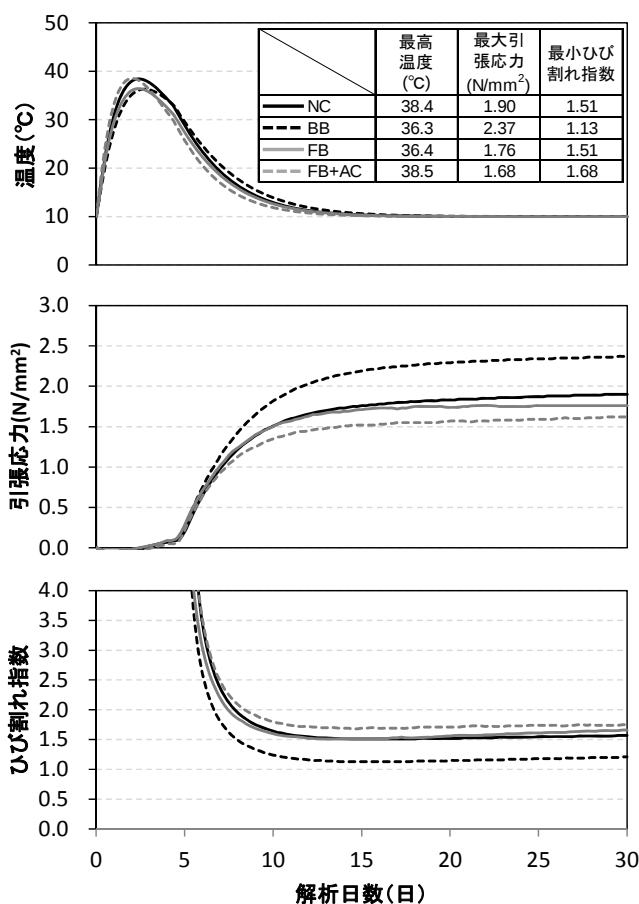


図5 温度応力解析結果