

# フライアッシュモルタルの圧縮強度発現性に及ぼす蒸気温度履歴の影響

日本大学大学院理工学研究科 学生会員 ○臼田 康平  
 日本大学大学院理工学研究科 学生会員 鏡 健太  
 日本大学理工学部 正会員 梅村 靖弘

## 1. はじめに

フライアッシュ(FA)や高炉スラグ微粉末を使用した混合セメントは、ポルトランドセメントに比較し、生産工程におけるCO<sub>2</sub>発生量が少ないという特徴からグリーン購入法特定調達品目に指定され、北陸の各県等ではFAを使用したプレキャストコンクリート(PCa)製品が、県のグリーン調達品目として優先利用されている先行事例もある<sup>1)</sup>。しかし、PCa製品の蒸気養生による圧縮強度発現性については、普通ポルトランドセメント、早強ポルトランド、高炉セメント等の検討は行われているが<sup>2)</sup>、FAを混和したコンクリートに関する研究事例がないのが現状である。そこで、本研究は、蒸気養生条件がFAを混和したモルタルの圧縮強度発現性について比較検討を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料と配合条件

使用材料を表-1、配合条件を表-2に示す。結合材(B)は、普通ポルトランドセメント(C)にフライアッシュ(FA)を内割で重量比30%置換したものとし、水結合材比(W/B)50%で行った。

### 2.2 蒸気養生方法

一般的な蒸気養生プログラムと実際に工場で使用されている促進蒸気養生<sup>1)</sup>プログラムの比較を図-1に示す。前置時間、昇温速度、最高温度持続時間、降温速度の4項目を変化させたプログラムを表-3に示す。本研究では、前置時間を2hと0.5h、昇温速度を15°C/hと30°C/h、最高温度持続時間を4hと2h、降温速度4.5°C/hの徐冷と、最高温度65°Cの状態蒸気養生槽から取り出し、常温20°Cの環境条件下に暴露させた急冷(実測モルタル降下温度45°C/h)の16パターンを設定した。終了後は常温20°Cの部屋で封緘養生を行った。比較対象として、蒸気養生を行わず、各試験材齢の供試体を密閉して常温20°Cで養生したものを作製した。(常温養生)

### 2.3 圧縮強度試験

JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠して行った。蒸気養生パターンごとに、φ5cm×10cmの缶モールドにて、モルタル供試体を作製した。また、試験材齢は供試体作製後1, 3, 7, 14, 28, 91日とした。

表-1 使用材料

材料名	略号	材料の種類	備考
水	W	水道水	
セメント	B	C	普通ポルトランドセメント 密度=3.16g/cm <sup>3</sup> ブレーション値=3260cm <sup>2</sup>
混和材		FA	フライアッシュII種 密度=2.21g/cm <sup>3</sup> ブレーション値=4030cm <sup>2</sup>
細骨材	S	セメント強さ試験用標準砂	表密度=2.62g/cm <sup>3</sup> 吸水率=0.42%

表-2 モルタル配合

配合	W/B(%)	S/B	単位量(kg/m <sup>3</sup> )			
			W	C	FA	S
FA	50	2.25	292	410	175	1316

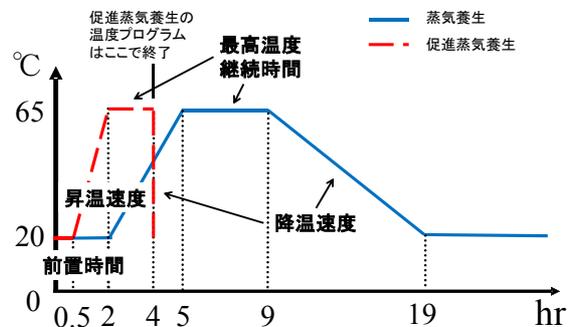


図-1 蒸気養生プログラムの比較

表-3 蒸気養生パターンと積算温度

蒸気養生パターン	前置時間 (h)	昇温速度 (°C/h)	最高温度 継続時間 (h)	降温速度 (°C/h)	積算温度 (°C・h)
A20B15C4D	2	15	4	4.5	852.5
A20B15C4	2	15	4	—	627.5
A20B15C2D	2	15	2	4.5	762.5
A20B15C2	2	15	2	—	537.5
A20B30C4D	2	30	4	4.5	818.8
A20B30C4	2	30	4	—	593.8
A20B30C2D	2	30	2	4.5	728.8
A20B30C2	2	30	2	—	503.8
A05B15C4D	0.5	15	4	4.5	852.5
A05B15C4	0.5	15	4	—	627.5
A05B15C2D	0.5	15	2	4.5	762.5
A05B15C2	0.5	15	2	—	537.5
A05B30C4D	0.5	30	4	4.5	818.8
A05B30C4	0.5	30	4	—	593.8
A05B30C2D	0.5	30	2	4.5	728.8
A05B30C2	0.5	30	2	—	503.8

キーワード プレキャストコンクリート, 蒸気養生, フライアッシュ, 積算温度, ポゾラン反応,

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14 日本大学 理工学部 土木工学科 TEL/FAX 03-3259-0682

3. 実験結果と考察

3.1 圧縮強度に及ぼす蒸気養生温度履歴の影響

前置時間, 昇温速度, 最高温度持続時間, 降温速度の4項目ごとに設定パターンを変化させた場合の各材齢における各設定パターンの圧縮強度の平均値を近似線で結び, パターン変化による圧縮強度の増減を比較したものを図-2に示す.

(1)圧縮強度に及ぼす前置時間の影響

昇温速度, 最高温度継続時間, 降温速度が同じ条件下で, 前置時間を2hから0.5hに変化させたときの圧縮強度を比較した結果, ほぼ同等となった. このことから, 前置時間を短縮しても圧縮強度の発現性に影響は少ないと考えられる.

(2)圧縮強度に及ぼす昇温速度の影響

前置時間, 最高温度継続時間, 降温速度が同じ条件下で, 昇温速度を15°C/hから30°C/hに変化させた時の圧縮強度を比較した結果, ほぼ同等となった. このことから, 昇温速度を増加させても圧縮強度の発現性に影響は少ないと考えられる.

(3)圧縮強度に及ぼす最高温度継続時間の影響

前置時間, 昇温速度, 降温速度が同じ条件下で, 最高温度継続時間を4hから2hに変化させた時の圧縮強度の比較した結果, 初期材齢1日では最高温度継続時間2hの場合に圧縮強度が約12%小さくなった. 材齢3, 7, 14, 28, 91日での圧縮強度はほぼ同等となった.

(4)圧縮強度に及ぼす降温速度の影響

前置時間, 昇温速度, 最高温度継続時間が同じ条件下で, 徐冷から急冷に変化させたときの圧縮強度を比較した. 徐冷の強度を基準として, 急冷に変化させた場合の強度と比較すると, 材齢1日では圧縮強度が約23%小さくなった. 材齢3, 7, 14, 28日での圧縮強度はほぼ同等となった. 材齢91日では, 圧縮強度が約7%大きくなった. このことから, FAのポズラン反応が促進されたことにより, 強度が増進したと推察される<sup>3)</sup>.

3.2 圧縮強度と積算温度の関係

各蒸気養生パターンでの積算温度と圧縮強度の関係を図-3に示す. なお, 積算温度は-10°Cを基準として, 20°Cの前置時間から始まり, 最高温度を65°Cから常温20°Cまでの徐冷も含めた全19時間の温度として算出した. また, 一般的に積算温度が大きい程, 圧縮強度が大きくなり, 材齢1, 3日ではその傾向を示した. 材齢

7日では, 圧縮強度がほぼ同等の値となった. 材齢14, 28, 91日では, 積算温度が小さいほど圧縮強度が大きい値となった. 常温養生では, 初期材齢1日での圧縮強度は, 蒸気養生を行ったものより約60%小さい結果となったが, 徐々に強度が増加し, 材齢91日では蒸気養生を行ったものより約12%大きい結果となった.

4. まとめ

(1)圧縮強度に及ぼす養生温度履歴の影響は, 前置時間, 昇温速度は少なく, 最高温度継続時間, 降温速度が大きかった. これはポズラン反応が促進されたと推察される.

(2)積算温度と圧縮強度の関係は, 材齢1, 3日において積算温度の増加による圧縮強度の増加が見られたが, 材齢7, 14, 28, 91日においてその関係は見られなかった.

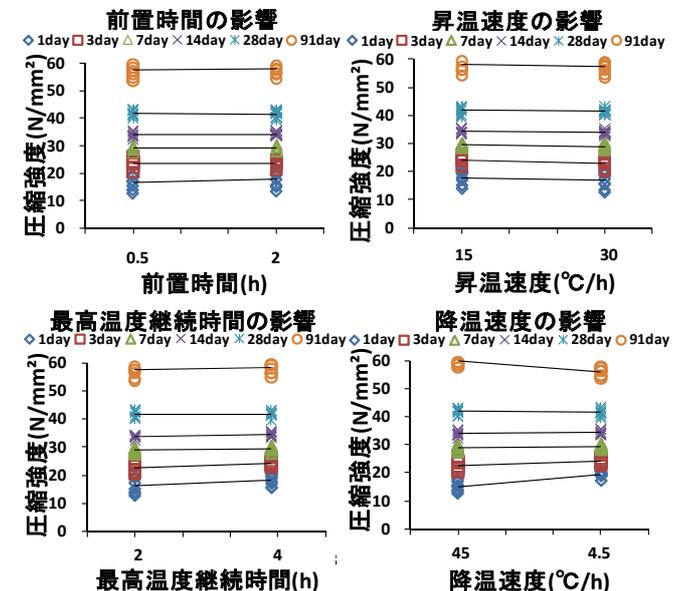


図-2 圧縮強度に及ぼす各蒸気養生項目の影響

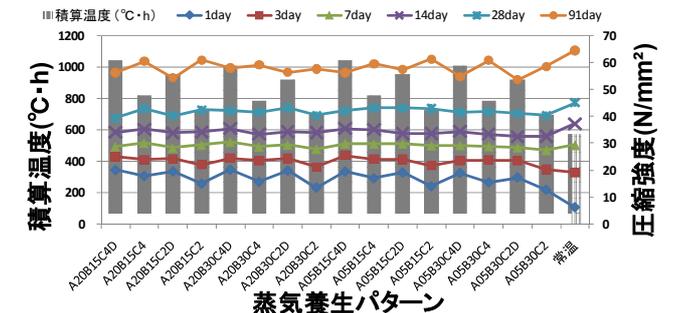


図-3 圧縮強度と積算温度の関係

参考文献

1)日本コンクリート工学協会:「プレキャストコンクリート製品の課題と展望」に関するシンポジウム 報告書, 2008  
 2)社団法人セメント協会: コンクリート専門委員会報告 F-53 「蒸気養生がコンクリートの強度発現に及ぼす影響」2006.3  
 3)土木学会:「フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針(案)」, 1999 pp163 - 171