

## セメントの硬化性状に及ぼす高性能 AE 減水剤と混和材の影響

日本大学大学院理工学研究科 学生会員 ○加藤 淳  
 日本大学理工学部 正会員 梅村靖弘

### 1. はじめに

現在、高機能性コンクリートには様々な化学混和剤が使用され、また、コンクリート構造物の設計体系が性能照査型へと移行したことで耐久性評価が不可欠となっている。したがって、化学混和剤の種類によるセメントの硬化性状への影響に関する検討が重要と考えられる。そこで、本研究は、代表的な化学混和剤である高性能 AE 減水剤が高炉スラグ微粉末やフライアッシュを混和したセメントの硬化性状ならびに耐久性と関係する塩化物イオン固定化量に与える影響について検討を行った。

### 2. 実験概要

**2.1 使用材料及び配合：**本実験に用いた使用材料及びモルタル配合を表-1、表-2 に示す。モルタル配合において、普通ポルトランドセメント(PL系)に対する混和材置換率は内割り体積置換率とし、高炉スラグ微粉末(BS系)は50%、フライアッシュ(FA系)は30%置換とした。また、各々の高性能 AE 減水剤(SP剤)の添加率は、JIS R 5201 に準拠して測定した練り混ぜ直後のフロー値が 200±10mm となるように決定した。

**2.2 水和発熱速度測定試験：**コンダクションカロリメーターを用いて、水和発熱速度の1次ピーク値ならびに2次ピーク値を測定した。

**2.3 圧縮強度試験：**JIS A 1106 に準拠し、封緘養生をしたモルタル供試体の材齢3・7・28・91日における圧縮強度を測定した。

**2.4 細孔径分布測定試験：**水銀圧入式ポロシメータを用いて、材齢3・7・28・91日におけるモルタル硬化体の細孔径分布を測定した。

**2.5 塩化物イオン固定化量測定試験：**SP剤が塩化物イオン固定化量へ与える影響を検討するため、化学分析用セメントを用いたセメント硬化体を28日間養生後、粉碎し3%NaCl水溶液に14日間浸漬させ、モノサルフェートならびにフリーデル氏塩の生成状態をXRDにより測定した。配合表を表-3に示す。

### 3. 試験結果及び考察

**3.1 水和反応に及ぼす高性能 AE 減水剤の影響：**水和発熱速度の1次・2次ピークを図-1に示す。1次ピークはNS添加時に発現時間が遅延し、BS系、FA系はピーク値がPC>NSとなり、特にBNSのピ

表-1 使用材料

材料	略号	材料の種類
水	W	蒸留水
セメント	OPC	普通ポルトランドセメント
		密度:3.16(g/cm <sup>3</sup> ) プレーン値:3290(cm <sup>2</sup> /g)
細骨材	S	(社)セメント協会 セメント強さ試験用標準砂
混和材	BS	高炉水砕スラグ微粉末
		密度:2.88(g/cm <sup>3</sup> ) プレーン値:4670(cm <sup>2</sup> /g)
		フライアッシュ
混和剤	PC	ポリカルボン酸系高性能AE減水剤
		(メタクリル酸を主成分とする)
		ナフタレン系高性能AE減水剤
NS	NS	(β-ナフタレンスルホン酸を主成分とする)

表-2 モルタル配合

配合名	水結合材比 W/B(%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				S	SP剤 (B×%)
		W	C	BS	FA		
CPC	40	238	595	0	0	1350	0.18
BPC			297	271	0		0.16
FPC			416	0	129		0.22
CNS	40	238	595	0	0	1350	1.35
BNS			297	271	0		0.80
FNS			416	0	129		1.30

表-3 塩化物イオン固定化量測定試験配合

配合名	W	単位量 (g)			添加率 (B×%)	
		C	BS	FA	PC	NS
CPC	12	30	0	0	0.18	0
BPC	12	15	14	0	0.16	0
FPC	12	21	0	7	0.22	0
CNS	12	30	0	0	0	1.35
BNS	12	15	14	0	0	0.80
FNS	12	21	0	7	0	1.30

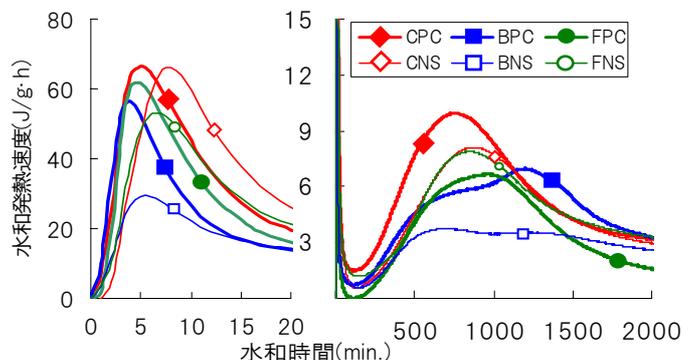


図-1 水和発熱速度測定試験結果

キーワード 混和剤 混和材 高性能 AE 減水剤 高炉スラグ微粉末 フライアッシュ

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

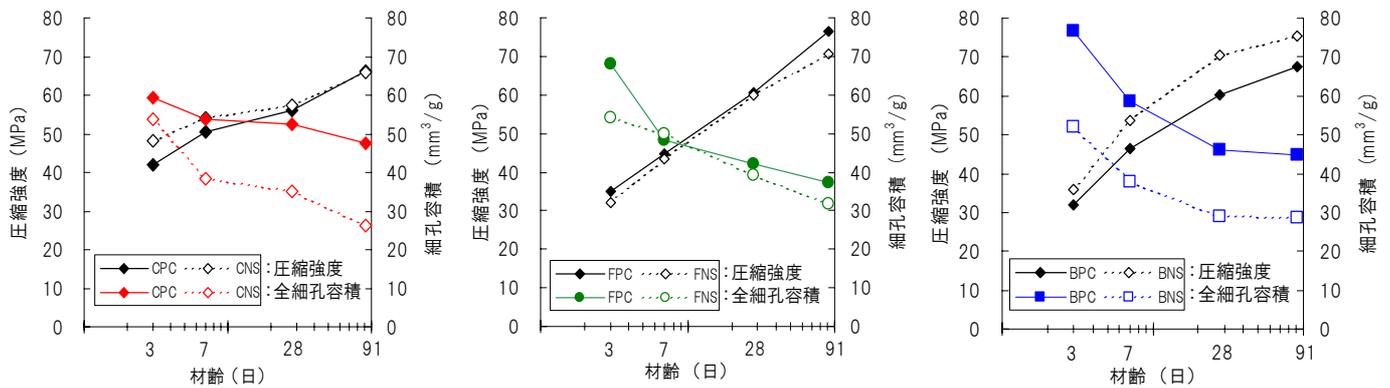


図-2 圧縮強度と全細孔容積との関係

ーク値がBPCの約50%に低下した。2次ピーク値がPL系, BS系でPC>NSとなり, BNSでは特にピークが低く緩慢に続く傾向を示したが, 逆にFA系ではNS>PCとなった。このことから, SP剤のアルミネート相(C<sub>3</sub>A)とエーライト(C<sub>3</sub>S)への吸着形態がその種類により異なり, さらに無機混和材であるBS, FAが混和されると大きく相違することが考えられる。特にBS系ではNS添加時にC<sub>3</sub>A, C<sub>3</sub>Sの水和反応が遅延し, 1次ピーク値, 2次ピーク値共に低下したものと推察される。

**3.2 圧縮強度と細孔構造の関係:** 各材齢における全細孔容積と圧縮強度の関係を図-2に示す。PL系では材齢3~7日でCPCと比較してCNSは細孔容積が減少し強度も大きくなったが, 材齢28日以降で強度はCPCと同等になった。BS系は材齢3日でBNSの細孔容積がBPCより大きく減少し, 強度も材齢91日まで高くなった。しかし, FA系では材齢7日以降のSP剤種類による相違は見られなかった。図-3に材齢を考慮した圧縮強度と全細孔容積の関係を示す。全細孔容積が同じ場合の圧縮強度はPC>NSとなる傾向が見られ, 細孔容積のみならず, 添加したSP剤の化学構造の違いがセメント水和生成物の結晶構造に変化を与え, 圧縮強度にも影響を与えたものと推察される。

**3.3 塩化物イオン固定化量の相違:** フリーデル氏塩とモノサルフェートの回折強度の関係を図-4に示す。フリーデル氏塩の回折強度はSP剤無添加ではBS>FA>PLとなり, BSの強度が大きくなった。しかし, SP剤を添加した場合, 無添加と比較してPL系ではほぼ同等であったが, BS系およびFA系では強度が低下し, 特にBS系で大きく低下した。一方, モノサルフェートの回折強度はFA系で大きく, BS系では小さかった。このことから, FA系ではモノ

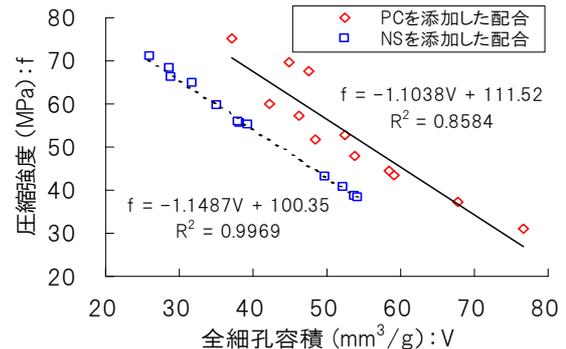


図-3 圧縮強度と全細孔容積との関係

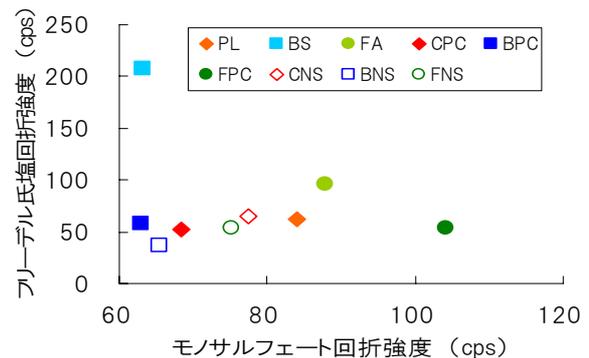


図-4 モノサルフェートとフリーデル氏塩の生成に及ぼす高性能AE減水剤の影響

サルフェートが塩化物イオンと反応し, フリーデル氏塩へ転化する割合が小さく, BS系では大きいことが分かる。

#### 4. 結論

本研究において, 次のことが明らかとなった。

- (1) 高性能AE減水剤の種類の違いは, セメント水和反応過程に影響を与え, 細孔構造の形成, 圧縮強度発現特性に変化をもたらした。特に高炉スラグ微粉末を混和した配合では, その影響が大きい。
- (2) 高炉スラグ微粉末を混和した配合の場合, 高性能AE減水剤の添加により塩化物イオンの固定化量は減少した。