セメント硬化体の微細構造に及ぼす高性能 AE 減水剤の影響

日本大学大学院理工学研究科　学正会員　○大久保　達
日本大学理工学部　正会員　梅村　靖弘
日本大学理工学部　正会員　小泉　公志郎

1. はじめに

現在，有機系混和材料である高性能 AE 減水剤(SP)は，コンクリートの性能を向上させる材料として不可欠となっている。従来，SP はフレッシュコンクリートの流動性，減水性の向上に主眼が置かれていたが，硬化後の長期性能に及ぼす空隙構造及びセメント水和物の影響についてあまり検討されていない。そこで，本研究では SP の種類と W/C 及び添加量の違いが空隙構造及びセメント水和物に与える影響について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び配合条件

表－1 に使用材料一覧，表－2 にモルタル配合を示す。W/C は 40%と 34%の 2 種類行い，W/C40%についてはフロー値を 200mm に合わせ，W/C34%についてはフロー値を 270mm に合わせ，共に空気量が 4%となるように消泡剤を添加した。供試体は寸法 φ50mm×h100mm，20℃一定環境下で封緘養生した。

表－1　使用材料

材料	略号		材料の種類
水	W		蒸留水
セメント	C		普通ポルトランドセメント 密度:3.16(g/cm^3)　ブレーン値:3440(cm^2/g)
細骨材	S		(社)セメント協会　セメント試験用標準砂 密度:2.64(g/cm^3)
混和材	PC	PC1	ポリカルボン酸系高性能AE減水剤 (カルボキシル基含有ポリエーテル系化合物)
		PC2	ポリカルボン酸系高性能AE減水剤 (ポリカルボン酸エーテル系化合物)
	NS		ナフタレンスルホン酸系高性能AE減水剤
			消泡剤

2.2 水和発熱速度測定試験

水和発熱速度をコンダクションカロリーメータにより測定した。配合はセメント 2.5g に対し W/C150%とし，SP 添加率はモルタル配合と同率とした。

表－2　モルタル配合

配合名		単位量(kg/m^3) 水 W	セメント C	細骨材 S	高性能AE減水剤 添加率 C×%	消泡剤 添加率 C×%
W/C 40%	PL	476	1190	2700	–	–
	NS				1.30	0.0060
	PC1				0.44	0.0050
	PC2				0.60	0.0024
W/C 34%	PC1H	405			2.00	0.0020
	PC2H				3.70	0.0026

2.3 圧縮強度試験

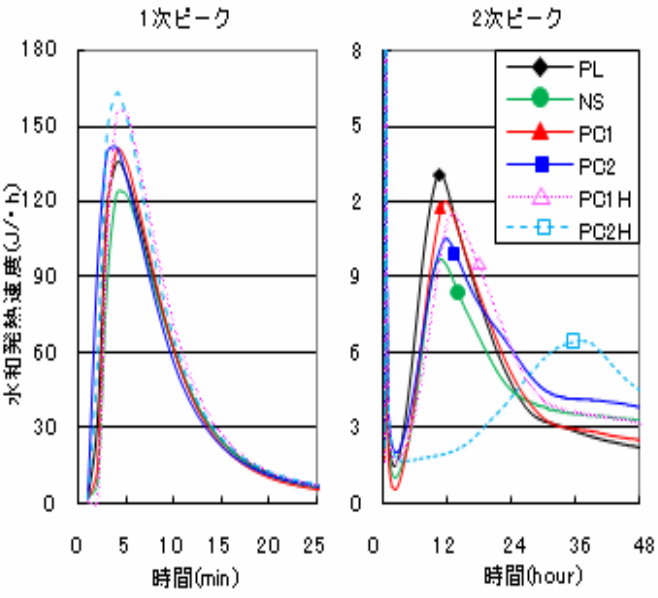
JIS A 1106 に準拠し，材齢 3 日，7 日，28 日における圧縮強度を測定した。

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，材齢 3 日，7 日，28 日の空隙径分布を測定した。試料は試験供試体中央部からカットし 2.5～5.0mm の球状とした後，エタノール，アセトンで吸引ろ過を行いアセトンに 3 時間浸漬後，D-dry 法を用い 24 時間乾燥させ水和反応を停止させたものを使用した。

2.5 ケイ酸鎖鎖長分布測定試験

カルシウムシリケート水和物(C-S-H)のケイ酸構造を，TMS 誘導体化法を用いて測定した。細孔径分布測定試験用のモルタルを 150μm 以下に粉砕し TMS 誘導体化を行い，得られた TMS 誘導体をガスクロマトグラフにより単量体～6 量体のケイ酸陰イオンの構成比を測定した[1)]。



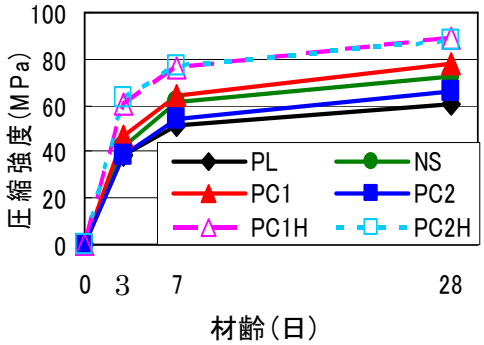
図－1　水和発熱速度

キーワード　高性能 AE 減水剤，空隙構造，カルシウムシリケート水和物，ケイ酸構造
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

3. 試験結果及び考察

3.1 初期水和反応に及ぼす SP の影響

水和発熱速度の 1 次ピーク値，2 次ピーク値を図－1 に示す。1 次ピーク値, 2 次ピーク値共に, NS が他と比較し低くなった。また高添加に関して，1 次ピーク値は通常添加と比較し約 20%高くなった。PC1 の高添加の 2 次ピーク値は通常添加とほぼ同等となり，発現時間は約 1 時間遅延した。PC2 の高添加の 2 次ピーク値は約 40%低下し，発現時間は約 25 時間遅延した。この理由としては，PC2 は液相中に残存するデプレッション効果と関連していると考えられる[2)]。



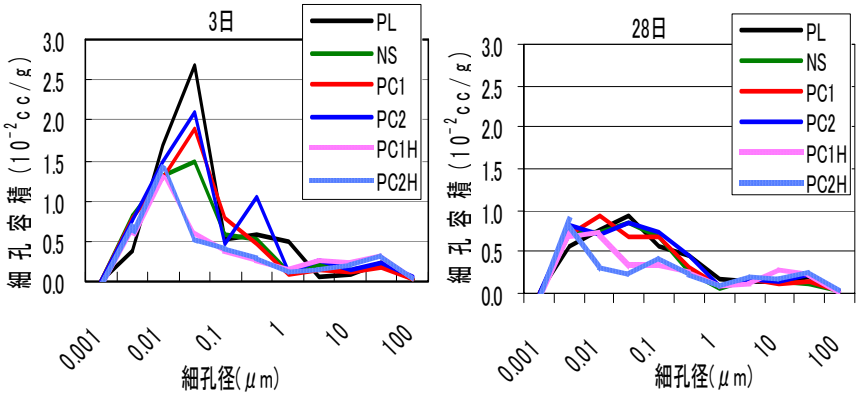
図－2 圧縮強度

3.2 圧縮強度に及ぼす SP の影響

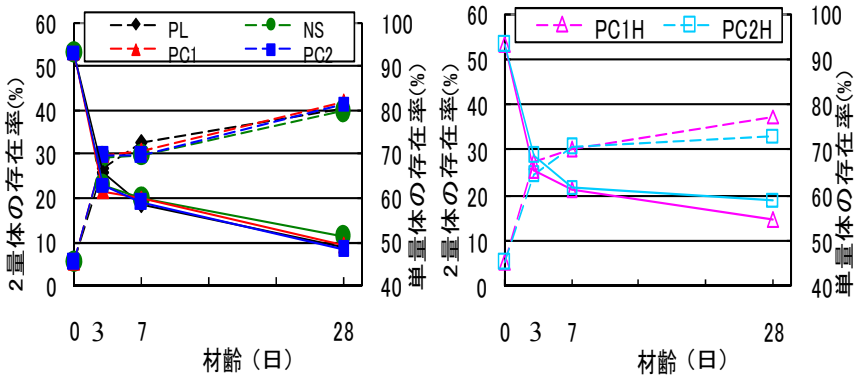
圧縮強度試験結果を図－2 に示す。W/C40%では SP の種類により強度に差が出たが，W/C34%においては，大きな差は見られなかった。

3.3 細孔分布に及ぼす SP の影響

各配合系の 0.001μm～100μm における細孔分布を図－3 に示す。W/C40%の配合おいて PC を添加した細孔径分布は，NS を添加した配合と比較すると材齢 3 日では各細孔径において細孔容積が多い傾向となった。PC2 は 3 日において 0.1μm～1μm での細孔容積が多くなった。各配合とも材齢 28 日にはほぼ同等となった。 W/C34%においては, 材齢 3 日ではほぼ同じであるが，材齢 28 日において 0.01μm～1μm において PC1H の細孔容積が PC2H に比較し多くなった。



図－3 細孔径分布



図－4 ケイ酸アニオン鎖の存在率

3.4 カルシウムシリケート水和物のケイ酸構造

ケイ酸アニオン鎖の存在率を図－4 に示す。C-S-H のケイ酸重合度は，W/C40%において 3 日から 7 日にかけて SP 添加は PL に比べ遅延した。W/C34%は材齢 28 日において W/C40%に比べ単量体の減少及び 2 量体の増加が抑制された。

4. まとめ

(1)水和反応直後の反応率は，PC と比較し NS は低下した。SP 高添加の場合，PC2 の水和反応は遅延した。
(2)圧縮強度は，SP の種類の違いにより差が生じ，その差は水セメント比が大きくなると大きくなる。
(3) C-S-H のケイ酸重合度は，水セメント比と SP の添加量の違いにより影響を受ける。

【参考文献】

1) 小泉公志郎, 梅村靖弘, 露木尚光: 水和セメントのケイ酸構造に及ぼす化学混和剤の影響, セメント・コンクリート論文集, No.60, pp.25-30 (2006)

2) 松尾茂美，杉山知巳，佐藤行平，後藤努，原田健二，山宮浩信：状態改良型高性能 AE 減水剤「レオビルド SP8SV」「レオビルド SP8RV」について，エヌエムビー研究所報，No.14，2002