

## 化学混和剤を用いたコンクリートの各種養生下での長期硬化物性

BASF ジャパン(株) 正会員 ○大野 誠彦  
 BASF ジャパン(株) 正会員 作榮 二郎  
 BASF ジャパン(株) 正会員 勝畑 敏幸  
 BASF ジャパン(株) 正会員 古澤 孝男

### 1. はじめに

高性能 AE 減水剤が市場に導入された 1980 年代後半から 30 年程度が経過した。この間に高性能 AE 減水剤の基本特性である減水性とスランプ保持性について多くの検討がなされ、単位水量の上限対策、高流動・高強度コンクリートの製造などに貢献し、数多くの構造物に適用されている。高性能 AE 減水剤に関する研究はフレッシュ性状に関するものがほとんどであり、硬化物性を体系的に説明した研究は多くない。著者らはポリカルボン酸塩およびナフタレンスルホン酸塩を主成分とする高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートについて、リグニンスルホン酸塩を主成分とする AE 減水剤を対比に、各養生条件における硬化物性について検討を行い、材齢 3 年までの結果を報告してきた<sup>1)</sup>。本稿では材齢 5 年までの硬化物性について報告するとともに、各種養生条件が圧縮強度発現性に及ぼす影響について細孔構造の観点から考察した。

### 2. 実験概要

表-1 に使用材料を示す。試験に用いた混和剤はリグニンスルホン酸塩を主成分とする AE 減水剤(Lig)、ナフタレンスルホン酸塩を主成分とする高性能 AE 減水剤(BNS)、ポリカルボン酸塩を主成分とする高性能 AE 減水剤(PC-1, 2, 3)である。表-2 にコンクリートの配合を示す。目標スランプを 18cm、目標空気量を 4.5%とした W/C=50%の配合で評価した。W/C=50%程度の普通強度領域における混和剤の減水率は一般的に AE 減水剤で 12%程度、高性能 AE 減水剤で 18%程度であるため、本実験では単位水量をそれぞれ 181kg/m<sup>3</sup>、169kg/m<sup>3</sup>とした。

養生条件については、標準水中養生、人工海水浸せき養生、飛沫帯曝露養生、内陸部自然曝露養生(JCI-SC7 区分 D)の4水準とした。人工海水浸せき養生に用いた人工海水は JIS A 6205:2003「鉄筋コンクリート用防せい剤」附属書1 鉄筋の塩水浸せき試験方法に準じて調製した。この人工海水を屋外に設置した水槽に満たして供試体を浸せきした。内陸部自然曝露養生場所は海岸から内陸へ直線距離で約 2.5km 離れた場所に位置し、周囲は住宅地で起伏が少なく平坦な地形である。標準水中養生については供試体作製2日後に脱型、養生開始し、他の養生については 28 日後まで 20℃で封かん養生し、脱型後、各養生条件に振りわけ、所定の材齢まで養生した。

試験項目としては圧縮強度(JIS A 1108:1999 および 2006)、水銀圧入法による細孔径分布<sup>2)</sup>および全塩化物イオン(JIS A 1154:2003)とした。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 圧縮強度

図-1 に材齢と圧縮強度の関係を示す。いずれの養生条件においても高性能 AE 減水剤 BNS、PC-1~3 を添加した場合、Lig と同等以上の強度発現性を示した。各養生条件で混和剤の種類により若干の違いが認められたものの、傾向は一様ではなかった。全体で見れば養生条件によらず、いずれの混和剤を使用したコンクリートも材齢 5 年まで強度の増進が認められた。

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 密度:3.16g/cm <sup>3</sup> , 比表面積:3840cm <sup>2</sup> /g
細骨材	大井川水系陸砂 表乾密度:2.59g/cm <sup>3</sup> , 吸水率:2.04%, 実積率:68.2%, F.M.:2.74
粗骨材	青梅産硬質砂岩碎石 表乾密度:2.65g/cm <sup>3</sup> , 吸水率:0.67%, 実積率:61.9%, F.M.:6.60, M.S.:20mm

表-2 コンクリートの配合

混和剤	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )			
			W	G	S	G
Lig	50.0	46.0	181	362	785	943
BNS		47.0	169	338	826	954
PC						

キーワード 高性能 AE 減水剤 長期材齢 強度発現性 養生条件 飛沫帯

連絡先 〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722 BASF ジャパン(株) 建設化学品事業部 TEL 0467-59-5182

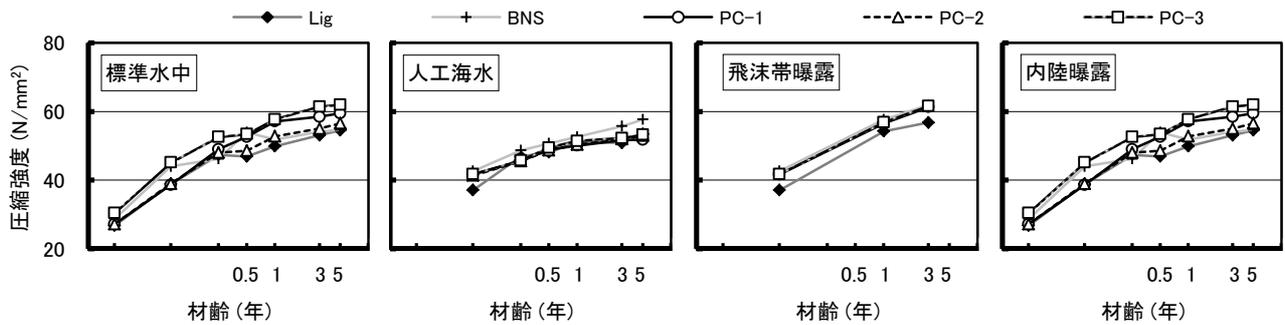


図-1 材齢と圧縮強度の関係

3.2 細孔構造と圧縮強度の関係

材齢の進行に伴い総細孔容積は減少し、細孔容積と圧縮強度には高い相関が認められ、混和剤の種類による差異は認められない。圧縮強度に影響を及ぼす細孔構造について検討するため、毛細管空隙を含む半径  $0.02 \sim 10 \mu\text{m}$  の細孔とゲル空隙を含む半径  $0.0032 \sim 0.02 \mu\text{m}$  の細孔に分割して整理した<sup>3)</sup>。図-2 に  $0.02 \sim 10 \mu\text{m}$  の細孔容積、 $0.0032 \sim 0.02 \mu\text{m}$  の細孔容積と圧縮強度の関係を示し、表-3 に細孔容積と圧縮強度の相関係数を示す。圧縮強度は、標準水中と人工海水では  $0.02 \sim 10 \mu\text{m}$  の細孔容積、飛沫帯曝露と内陸曝露では  $0.0032 \sim 0.02 \mu\text{m}$  の細孔容積と相関を有し、養生条件によって強度増進に影響する細孔半径が異なることが明らかとなった。これは、標準水中と人工海水では毛細管空隙が水で飽和しており、毛細管空隙を埋めるように水和が進行し、雨水以外の水分供給が無い内陸曝露および飛沫帯曝露では毛細管空隙中は比較的乾燥した状態であり、十分に水和が進行しないが、乾燥せずに残存しているゲル空隙中の水分がセメントと反応して強度が増進すると考えられた。

3.3 塩化物イオン浸透性

図-3 に人工海水での材齢 5 年の供試体表面からの深さと全塩化物イオン濃度の関係を示す。いずれの混和剤を使用した場合でも塩化物イオンの浸透状況に明確な差は認められず、塩化物イオンが到達している深さも同程度であった。なお、全塩化物イオンの見掛けの拡散係数は  $3.0 \text{cm}^2/\text{年}$  程度であり、混和剤による明確な差は認められなかった。これらの傾向は途中の材齢である 1 年、3 年でも同様であった。

4. まとめ

- (1) いずれの混和剤を使用した場合も材齢 5 年まで強度の増進が認められた。
- (2) 養生条件によって強度増進に影響する細孔が異なることが明らかとなった。
- (3) 混和剤の種類によって塩化物イオンの浸透性に明確な差は認められなかった。

参考文献

- 1) 大野誠彦ほか:各種養生条件における高性能 AE 減水剤を使用したコンクリートの硬化物性に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.265-270, 2009.
- 2) コンクリートの試験・分析マニュアル, 日本コンクリート工学協会, pp.125, 2000.
- 3) 伊藤一聡ほか:種々の養生条件下で形成されたセメント硬化体の空隙構造, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.1, pp.489-494, 2002.

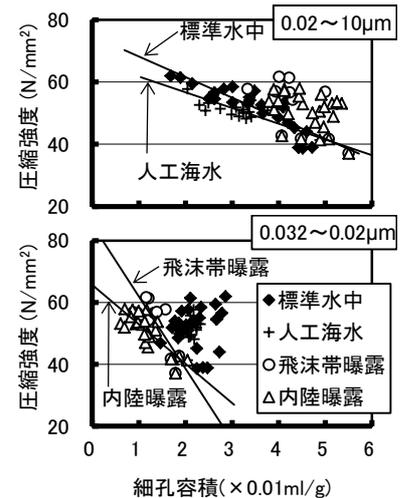


図-2 細孔容積と圧縮強度の関係

表-3 細孔容積と圧縮強度の相関係数

養生条件	0.0032 ~0.02µm	0.02 ~10µm
標準水中	0.10	-0.86
人工海水	0.63	-0.88
飛沫帯曝露	-0.81	-0.60
内陸曝露	-0.81	-0.39

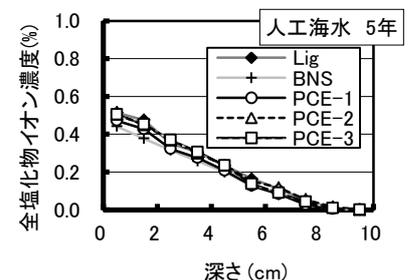


図-3 供試体表面からの深さと全塩化物イオン濃度の関係