

各種混和剤を用いた高炉セメント B 種使用コンクリートの長期硬化物性について

BASF ポゾリス(株) 正会員 ○大野 誠彦
BASF ポゾリス(株) 正会員 菅俣 匠
BASF ポゾリス(株) 正会員 杉山 知巳

1. はじめに

近年コンクリート構造物の耐久性向上に関する注目が高まっている。高性能 AE 減水剤が市販されてから 20 年程度が経過し、これまでにさまざまな改良, 研究が行われ, 数多くの構造物に適用されているが, 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, 硬化物性を実験的に検証した例はあまり多くはない。そこで筆者らはナフタレンスルホン酸系, ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの長期硬化物性についての検討, 報告を行ってきた^{1,2)}。これまでは普通ポルトランドセメントを用いた場合について, いずれの高性能 AE 減水剤を使用した場合もリグニンスルホン酸系 AE 減水剤を使用したコンクリートと同等以上の圧縮強度発現性, 耐久性を有していることを報告してきたが, 本稿では高炉セメント B 種を用いた場合の材齢 5 年までの試験結果について報告する。

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 3 種類の高性能 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 12cm, 目標空気量を 4.5%とした水セメント比=50%の配合で評価した。混和剤の減水率を AE 減水剤は 12%, 高性能 AE 減水剤は 18%として単位水量をそれぞれ 169kg/m³, 157kg/m³とした。

養生条件については, 標準水中養生, 人工海水浸漬養生, 内陸部自然曝露養生(JCI-SC7 区分 D)の3水準とした。人工海水浸漬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」付属書1 鉄筋の塩水浸漬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樹脂製水槽に満たして供試体を浸漬した。内陸部自然曝露養生場所は当センター敷地内で, 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, 人工海水浸漬養生, 内陸部自然曝露については 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), 静弾性係数(JIS A 1149:2001), 全塩化物イオン(JIS A 1154:2003), 中性化(JIS A 1152:2002)とし, 各規格に準じて試験を行った。各養生条件における試験項目と材齢の組み合わせを表-3 に示す。

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。いずれの混和剤を使用した場合にも 5 年間の期間にわたって強度の低下などは認められず, 高性能 AE 減水剤は Lig と概ね同等の強度発現性を示した。標準水中養生では PC-2, 3 が, 人工海水養生では PC-3 がやや良好な強度発現性を示したが, 内陸曝露では混和剤間で明確な差は認められず, 傾向も一様ではなかった。なお, 養生条件間で強度発現性を比較すると, 自然曝露養生<人工海水養生<標準水中養生の順であった。

表-1 使用材料	
セメント	高炉セメントB種 密度:3.04g/cm ³ , 比表面積:3850cm ² /g
細骨材	大井川水系陸砂 表乾密度:2.59g/cm ³ , 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 ³ , 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 ³)			
			W	C	S	G
Lig	50.0	45.0	169	338	787	983
βNS		46.0	157	314	829	994
PC1,2,3						

表-3 各養生条件における試験項目と材齢の組み合わせ								
養生条件	試験項目	試験材齢						
		7日	28日	91日	6ヶ月	1年	3年	5年
標準水中	圧縮強度	○	○	○	○	○	○	○
	静弾性係数		○	○	○	○	○	○
人工海水	圧縮強度		○	○	○	○	○	○
	静弾性係数					○	○	○
	全塩化物イオン			○	○	○	○	○
自然曝露	圧縮強度		○	○	○	○	○	○
	静弾性係数					○	○	○
	全塩化物イオン			○	○	○	○	○
	中性化				○	○	○	○

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 硬化物性

連絡先 〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722 BASF ポゾリス(株) 開発センター TEL 0467-87-8083

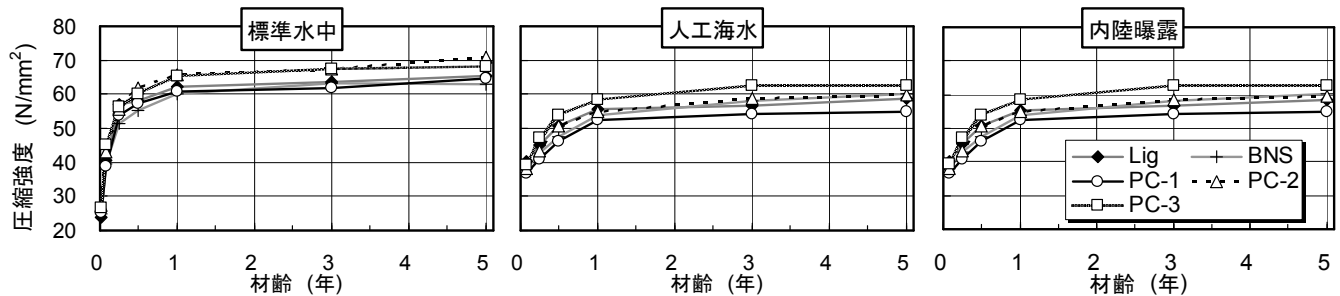


図-1 材齢と圧縮強度の関係

3.2 静弾性係数

図-2 に標準養生下の圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。図中にはコンクリート標準示方書〔設計編〕に記載されている値³⁾の曲線も示した。何れの混和剤もこの曲線の近傍±10%の範囲にあり、混和剤の種類による違いは認められなかった。なお、材齢 5 年で比較すると標準水中養生、人工海水養生に対して自然曝露養生の圧縮強度に対する静弾性係数の割合が小さくなる傾向にあった。

3.3 全塩化物イオン

図-3 に人工海水養生における材齢 5 年の試料深さと全塩化物イオンの関係を示す。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示方書に記載されている回帰式⁴⁾による値と比較して同等以下であり、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も同様であった。

3.4 中性化

図-4 に材齢と中性化深さの関係を示す。図中にはセメント中の高炉スラグ微粉未量を 45%として示方書に記載されている式⁵⁾による線も示した。中性化深さは材齢 1~5 年で 4~5mm 程度であり、材齢 5 年までの範囲では混和剤の違いは認められなかった。

4. まとめ

1) いずれの混和剤を使用した場合にも 5 年間にわたって強度の低下などは認められず、高性能 AE 減水剤は Lig と概ね同等の強度発現性を示した。

2) 静弾性係数、全塩化物イオン浸透状況、中性化深さは混和剤間で明確な差は認められなかった。

高炉セメント B 種を使用したコンクリートにおいて高性能 AE 減水剤を用いた場合、AE 減水剤を用いた場合と同等の耐久性を有していると考えられた。今後最長 20 年まで試験を継続し、高性能 AE 減水剤を使用したコンクリートの長期的な硬化物性を検証する予定である。

参考文献

- 1) 大野誠彦ほか: 高性能 AE 減水剤と AE 減水剤を用いたコンクリート硬化体の長期物性比較, 土木学会第 63 回年次学術講演会, V-245, pp.489-490, 2008.
- 2) 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.
- 3) 土木学会, 2007 年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕, p44
- 4) 土木学会, 2007 年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕, p55
- 5) 土木学会, 2007 年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕, p54

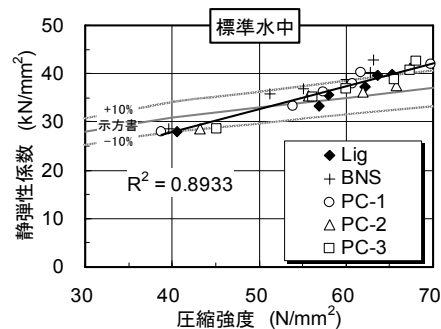


図-2 圧縮強度と静弾性係数の関係

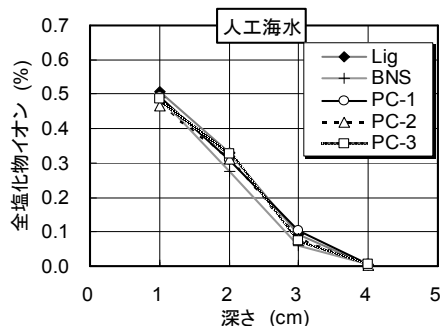


図-3 表面からの深さと全塩化物イオンの関係

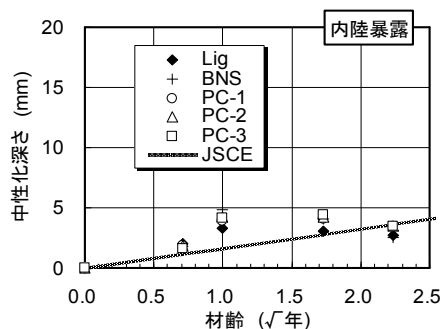


図-4 材齢と中性化深さの関係