

寒冷地に曝露した AE コンクリートの耐凍害性 -材齢 30 年結果報告(2) 追加試験結果-

(一社)セメント協会 ○正会員 野田 潤一
日鉄住金セメント(株) 小倉 東
日鉄住金高炉セメント(株) 正会員 平本 真也
(株)トクヤマ 正会員 加藤 弘義
三菱マテリアル(株) 正会員 中山 英明

1. はじめに

本文は、材齢 30 年結果報告(1)と同様の検討に基づくものである。報告(1)では取上げなかった、試験結果について述べる。

2. 試験概要

曝露供試体は、材齢 28 日の圧縮強度を初期値とした。また、材齢 10 年、20 年、および 30 年時には、表 1 に示すような試験を行った。圧縮強度は、材齢 28 日が円柱供試体、材齢 20 年と 30 年は角柱供試体で試験した。円柱と角柱による試験結果の差は小さいため、供試体の高さとの比による補正係数のみを乗じて圧縮強度とした。気象統計情報²⁾より算出した凍害日数についてはマップ化の結果について報告する。

3. 試験結果

3.1 圧縮強度

一例として図 1 に釧路の圧縮強度試験結果を示す。すべての曝露地・配合で圧縮強度は暴露前より高く、材齢 28 日に対する 20 年および 30 年の強度比は約 1.3~1.8 であった。圧縮強度結果からは、凍害による劣化の影響は確認されなかった。

3.2 中性化深さ

いずれの配合も、中性化深さは、打設面>側面>底面の順に大きくなった。側面の測定結果に着目して、曝露場所や配合が中性化深さに与える影響を考察すると、いずれの配合も東京曝露の中性化深さが大きい傾向にあった。釧路曝露の中性化深さも大きくなった。曝露場所の各年の平均湿度および降水量を気象庁ホームページ²⁾から抽出し、1986 年から 2016 年の 30 年間を平均した値では、湿度は東京が最も小さく、降水量は釧路が最も少なかった。これら気象条件が長期曝露試験の中性化深さに影響しているものと推察される。水セメント比の低い方が、中性化深さは小さくなったが、スランプと中性化深さには明確な関係が見られなかった。一連の調査結果と、土木学会「コンクリート標準示方書設計編 2012 年制定³⁾」に示されている、コンクリートの中性化速度係数の予測値から計算した中性化深さ(土木学会式)を比較した結果を、図 2 に示す。いずれの水セメント比でも、本測定結果は土木学会式よりも小さく、凍害の影響は受けなかったと考えられる。

表 1 追加試験項目と試験方法

追加試験項目	試験方法
圧縮強度	JIS A 1108 JIS A 1107
中性化深さ	JIS A 1152
細孔量	水銀圧入法
気泡間隔係数	ASTM C457-06 修正ポイントカウント法

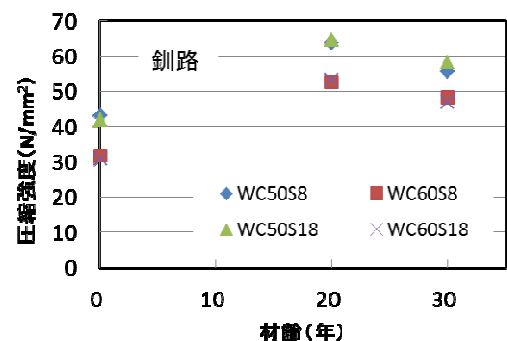


図 1 圧縮強度試験結果(曝露地: 釧路)

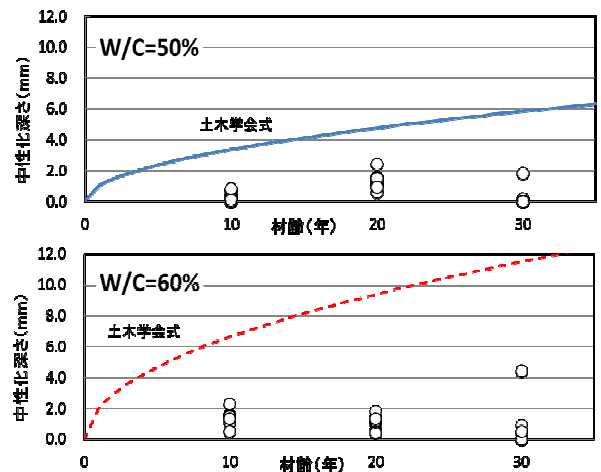


図 2 中性化深さにおける土木学会式との比較

キーワード: AE コンクリート, 凍結融解, 曝露試験, 材齢 30 年, 中性化深さ, 細孔量

連絡先: 東京都北区豊島 4-17-33 TEL (03) 3914-2695 FAX (03) 3914-2690

3.3 気泡間隔係数

材齢 20 年調査で求めた気泡間隔係数を表 2 に示す。本調査で曝露した供試体の気泡間隔係数は約 $230\mu\text{m}$ ～ $300\mu\text{m}$ であった。フレッシュ時の空気量は同等であったものの、硬化後の気泡組織は異なることが分かった。一般的に耐凍害性を得るためには $250\mu\text{m}$ 以下の気泡間隔係数が必要である⁵⁾といわれており、本曝露供試体のうちスランプ 18cm の配合 wc50s18, wc60s18 は気泡間隔係数が $250\mu\text{m}$ を上回っていた。

3.4 細孔量

材齢 30 年時における積算細孔量は、材齢 20 年時よりも曝露地の差が大きくなる傾向にあった。図 3 に釧路の供試体の積算細孔量を示す。水セメント比が高く、またスランプが大きいものほど、細孔量は多くなる傾向にあり、釧路および東京で顕著であった。例として図 4 に釧路の wc50s8 の細孔径分布を示す。分布は、材齢の経過とともに細孔径の小さい方にシフトする傾向にあった。

3.5 凍結融解マップ

旧耐久性マップ⁶⁾が整理された期間(1979年～1984年)と最近(2010年～2014年)の外気温を比較し、曝露環境の気象条件の変動を調査した。凍結融解に区分される年間日数の変化を図 5 に示す。北海道の道南地域や東北の一部において、日数が増加に転じている地域があったほかは、凍結融解に区分される年間日数は、過去と最近で大きな変化はなく、凍害に関する気象条件は過去 30 年と比較してほとんど変化していないことがわかった。

4. まとめ

寒冷地に長期曝露した場合のコンクリートの耐凍害性を調査するため、セメント協会は供試体の曝露実験を行った。曝露期間 30 年の結果は以下のとおりである。

- (1) 圧縮強度は、材齢 28 日の約 1.3～1.8 倍の増加となった。
- (2) 供試体側面の中性化深さは、曝露 30 年でも 0～6mm 程度であり、示方書の予測式と比べて非常に小さかった。
- (3) 気泡間隔係数は、スランプ 8cm で $250\mu\text{m}$ 以下であった。
- (4) 全細孔量は、材齢 20 年時よりも曝露地の差が大きくなり、細孔径分布は、全曝露地とともに、材齢の経過とともに細孔径の小さいほうにシフトする傾向にあった。
- (5) 凍結融解に区分される年間日数は、過去と最近で大きな変化はない。

【参考文献】

- 1) (社) 日本非破壊検査協会/NDIS 3424:2005「ボス供試体の作製方法及び圧縮強度試験方法」,2005
- 2) 気象庁/気象統計情報, <http://www.jma.go.jp/>.
- 3) (公社) 土木学会/コンクリート標準示方書[設計編]【2012 年制定】,2013.3, pp.145-148
- 4) (社)土木学会/コンクリート・ライブラリー第 64 号「フライアッシュを混和したコンクリートの中性化と鉄筋の発錆に関する長期研究」, 1988.3
- 5) 三浦 尚訳 A.M.Neville 著/ネビルのコンクリートパイブル, 技報堂出版,pp.679,2004.
- 6) (社) セメント協会耐久性専門委員会/委員会報告書 D-1,2,3「耐久性を阻害する要因」,1985-1988.

表 2 気泡間隔係数

配合	気泡間隔係数 (μm)
wc50s8	232
wc60s8	246
wc50s18	285
wc60s18	304

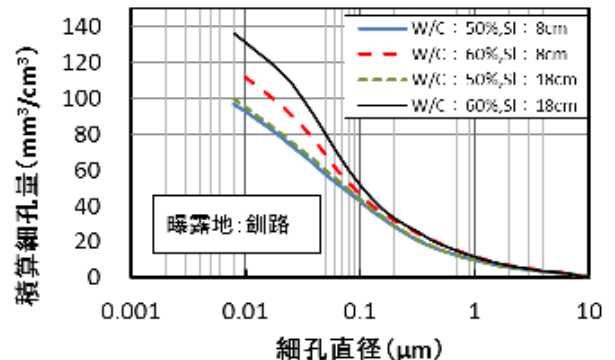


図 3 材齢 30 年時の配合の異なる積算細孔量の比較

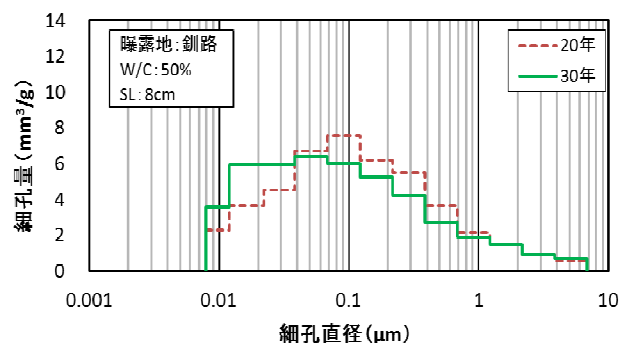


図 4 供試体の細孔径分布

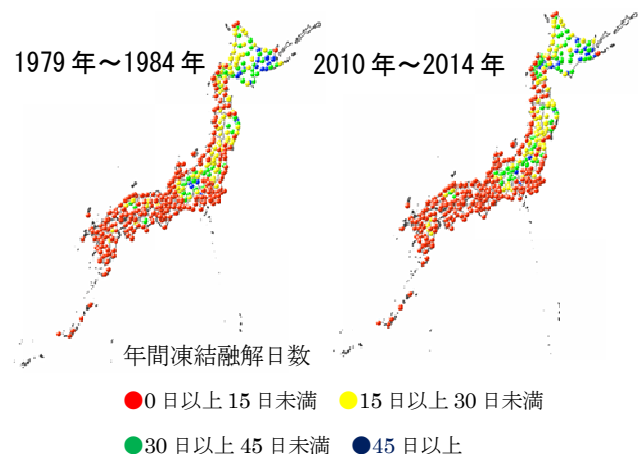


図 5 凍結融解に区分される年間日数の