

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(1)-

(一社)セメント協会 ○正会員 瀧波 勇人
宇部興産(株) 大和功一郎
太平洋セメント(株) 正会員 小川 洋二
デンカ(株) 正会員 田原 和司
住友大阪セメント(株) 正会員 中島 有一

1. はじめに

コンクリートの劣化要因のひとつとして凍害がある。凍害は気象条件と大きく関連していることから、気象条件を考慮することがコンクリートの耐久性を検討するうえでも重要である。そこで、弊会では 1984 年から 1988 年まで日最高気温・最低気温に着目し、各地の年間凍結融解回数をもとに凍害の危険度マップ¹⁾を作成した。さらに、マップの妥当性を検討するため、1986 年に凍害の危険度が異なる 4 箇所を選定し、暴露試験を開始した。定期的に調査を継続し、2016 年に材齢 30 年の調査を実施した。本文は、その調査結果の報告である。

2. 試験概要

2.1 曝露地・曝露条件

凍害マップをもとに、釧路、盛岡、酒田、東京の 4 箇所を曝露地として選定した。マップは、アメダスや全国気象官署のデータより凍害日数を推定したもので、凍結を日最低気温 -5°C 未満、融解を日最高気温 0°C 以上と仮定した。年間凍害日数は、釧路が 40 日から 60 日、盛岡が 20 日から 40 日、酒田が 0 日から 10 日、東京が 0 日となっている。曝露は、凍結後に融解しやすい日当たりのよい場所を選定し、積雪期に供試体が雪に埋もれぬように木製の架台を設置し行った。

2.2 試験供試体

配合は、水セメント比を 50% と 60%、目標スランプを土木用として $8.0 \pm 1.5\text{cm}$ 、建築用として $18.0 \pm 1.5\text{cm}$ 、全ての供試体で目標空気量を $4.5 \pm 0.5\%$ の計 4 配合とした。セメントは、普通ポルトランドセメントを使用した。配合およびフレッシュ時の性状を表 1 に示す。以降、wc50s8

表 1 供試体の配合およびフレッシュ性状

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				フレッシュ性状	
			水	セメント	細骨材	粗骨材	スランプ (cm)	空気量 (%)
wc50s8	50	44	161	322	800	1039	8.5	4.5
wc60s8	60	46	160	267	853	1034	7.5	4.8
wc50s18	50	44	180	360	761	996	17.5	4.6
wc60s18	60	46	179	298	819	992	18.0	4.3

表 2 非破壊試験を除く追加試験項目

追加試験項目	材齢			
	28日	10年	20年	30年
圧縮強度	○		○	○
中性化深さ		○	○	○
細孔量		○	○	○
気泡間隔係数			○	

(水セメント比 50%、スランプ 8cm の場合) のように表記する。供試体は、同一バッチのコンクリートで、曝露用に $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の角柱供試体を各配合 3 本ずつ、材齢 28 日の圧縮強度および静弾性係数の試験用に $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体を各配合 3 本ずつ成形した。いずれも、28 日間の標準水中養生後に曝露および試験に供した。

2.3 試験項目

曝露供試体の初期値として動弾性係数、質量、圧縮強度、静弾性係数の測定および外観観察を行った。曝露開始から材齢 30 年まで凍害による経時的な劣化を評価するために、適宜相対動弾性係数および質量の測定と外観観察を行った。また、材齢 10 年、20 年、および 30 年時には、表 2 に示すような追加試験を行った。本文では継続して行った非破壊試験(相対動弾性係数および質量の測定と外観観察)と気象統計情報²⁾より算出した凍害日数について報告する。

3. 試験結果

3.1 凍結融解回数

凍結温度を -5°C 以下と設定した場合、凍害危険

キーワード: AE コンクリート, 凍結融解, 曝露試験, 材齢 30 年, 凍害日数, 相対動弾性係数, 質量変化

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

度は釧路>盛岡>酒田>東京であり、危険度マップと同様の結果であった。また、凍結温度を-10℃以下と設定した場合でも、釧路で600回程度、盛岡では60回程度の凍結融解が記録されている。本調査から、釧路、盛岡、酒田に曝露した供試体は、凍害劣化の起こり得る気象環境にさらされたことが確認された。

3.2 外観観察

一部の供試体でペースト部の剥離は見られたが、ひび割れやスケーリング等による大きな欠損は確認出来ず、曝露地の差も認められなかった。

3.3 相対動弾性係数

図1に相対動弾性係数の経年変化を示す。すべての曝露地、配合で動弾性係数は、初期値からの低下が認められず、凍結融解による劣化の兆候は確認されなかった。配合の違いによる差は見られない。曝露地によって動弾性係数の変化に違いはあるが、凍結融解に関わるものかどうかは不明である。また、表層の状態をより評価できるたわみ振動³⁾による結果(図2)と同様に相対動弾性係数の低下が認められないことから、供試体の表層も内部と同等に健全であると考えられる。

3.4 質量変化

図3に質量変化の一例を示す。何れの供試体も、曝露開始初期は大きく質量減少するが、その後は長期にわたり緩やかに減少した。極端な質量減少は発生しなかったことから、スケーリングなどによる凍害劣化の兆候は認められなかった。

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、供試体の長期曝露実験を行った。曝露期間30年の結果をまとめると、以下のとおりである。

- (1)気象統計情報より、曝露期間30年における凍害日数は、釧路>盛岡>酒田>東京の順であった。
- (2)供試体の外観について、ひび割れ、モルタルの欠損などは生じなかった。
- (3)相対動弾性係数の経年変化については、すべての曝露地、配合で低下は認められず、供試体の表

【参考文献】

1) (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.
 2) 気象庁/気象統計情報, <http://www.jma.go.jp/>.
 3) 樋口 芳郎/コンクリートの動弾性係数の利用方法, 土木学会誌 vol.43,1958.

表3 凍結日数および凍結融解回数

	最低気温-5℃以下		最低気温-10℃以下	
	凍結日数	凍結融解回数	凍結日数	凍結融解回数
釧路	2545	1397	1225	599
盛岡	1219	911	128	59
酒田	54	44	0	0
東京	0	0	0	0

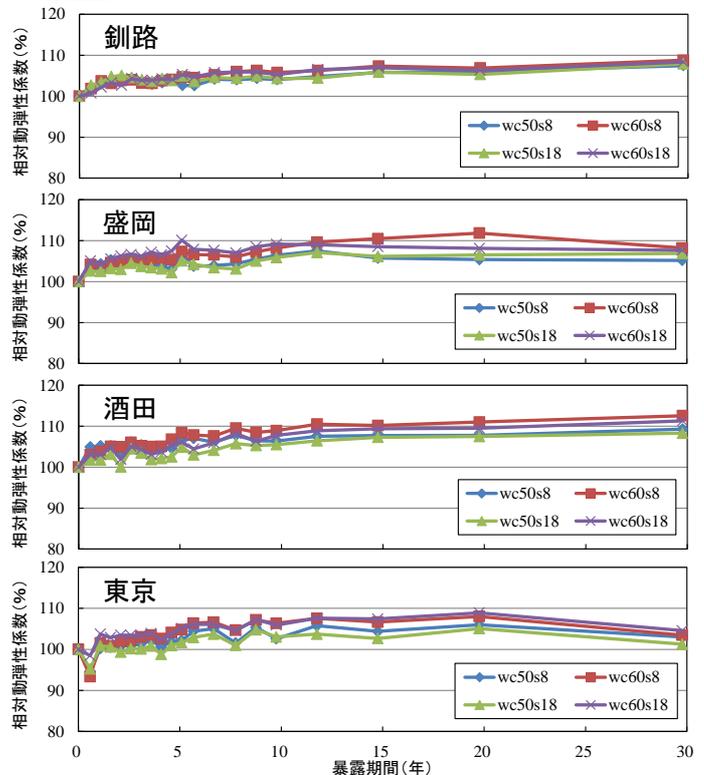


図1 相対動弾性係数の経年変化(たわみ振動)

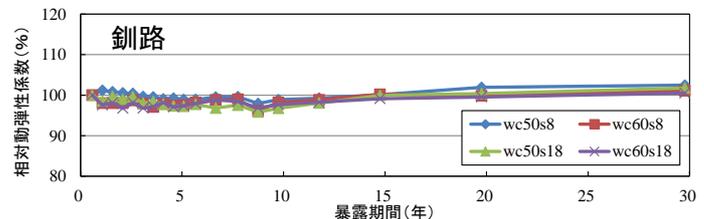


図2 相対動弾性係数の経年変化の例(縦振動)

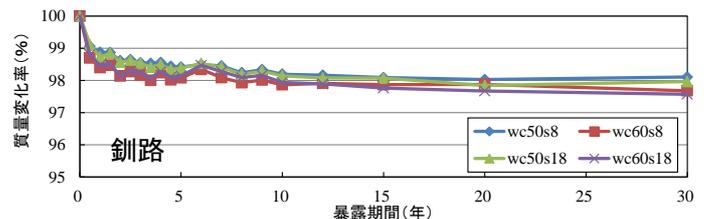


図3 質量変化の経年変化の例

層、内部ともに健全な状態を保っているものと考えられた。

(4)供試体質量の経年変化については、いずれの供試体も、曝露直後の乾燥による急激な質量減少の後、極端な減少を示した供試体は見られず、外観観察の結果と対応していた。