

凍結融解作用が中性化の進行に及ぼす影響

大林組技術研究所 正会員 竹田 宣典
 大林組技術研究所 フェロー 十河 茂幸

1. 目的

コンクリート構造物は、多くの場合、複合的な劣化作用を受けるため、耐久性の照査を行う場合、複合的な環境条件を考慮した劣化予測を行う必要がある。しかしながら、これらの劣化の進行については、十分に明らかにされていないのが現状である。凍結融解作用と中性化の影響を受ける場合の劣化現象に関しては、これまでに報告されている例があるが[1]、劣化予測を行うために十分なデータの蓄積がなされているとは言えない。そこで、凍結融解作用と中性化の複合要因が、コンクリートの耐久性に及ぼす影響について定量的に把握し、耐久性照査に資することを目的として、凍結融解作用を受けたコンクリートの中性化の進行について検討した。

2. 実験概要

凍結融解繰り返しによる劣化の程度が異なるコンクリートについて、促進的に中性化を進行させ、その進行程度を調べた。実験の順序を図-1に示す。材齢14日より凍結融解試験を開始し、繰り返し回数が0, 60, 120, 180, 240, 300回まで行った後、材齢102日まで気中養生を行い、中性化促進試験を開始した。凍結融解試験は、土木学会規準（JSCE-G501）に準拠し、中性化促進試験は、温度 30 ± 2 °C、相対湿度 $50 \pm 3\%$ 、CO₂濃度 $5 \pm 0.5\%$ の条件で行った。

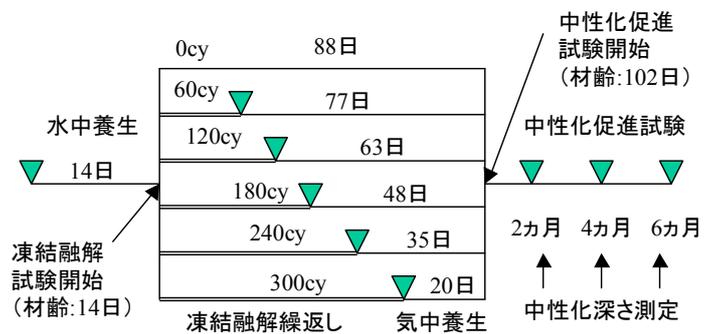


図-1 実験順序

供試体は、断面 100×100 mm、長さ 400mm の角柱とした。コンクリートの配合および性質を表-1示す。水セメント比は 40%、50%、60%とし、空気量は $6 \pm 1\%$ とした。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は陸砂（表乾密度： 2.60 g/cm^3 、吸水率： 2.07% ）、粗骨材は碎石（表乾密度： 2.66 g/cm^3 、吸水率： 0.86% ）を用いた。混和剤は、リグニスルホン酸系の AE 減水剤を用いた。

表-1 コンクリートの配合および性質

配合	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単体量 (kg/m ³)					コンクリートの性質		
				水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	スランブ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²) 材齢 28 日
a	15	40	45.0	166	415	751	940	1.04	14.5	6.8	40.6
b	15	50	47.0	166	332	817	943	0.83	14.0	5.6	38.0
c	15	60	49.0	166	277	847	931	0.69	13.0	6.2	29.9

中性化促進試験開始時に、動弾性係数およびスケールング深さ測定し、中性化促進試験 2 ヶ月後、4 ヶ月後、6 ヶ月後に、中性化深さを測定し、最小二乗法により中性化速度係数を求めた。スケールング深さおよび中性化深さの測定方法を図-2に示す。スケールング深さは、凍結融解試験前の表面を基準として、試験後における表面までの距離をレーザ式非接触変位計を用いて測定した。中性化深さは、供試体を割裂し、断面に 1%フェノールフタレン溶液を噴霧し、凍結融解試験後の表面を基準として変色しない部分の深さを測定した。いずれも、コンクリート打込み時の型枠両側面において測定を行った。

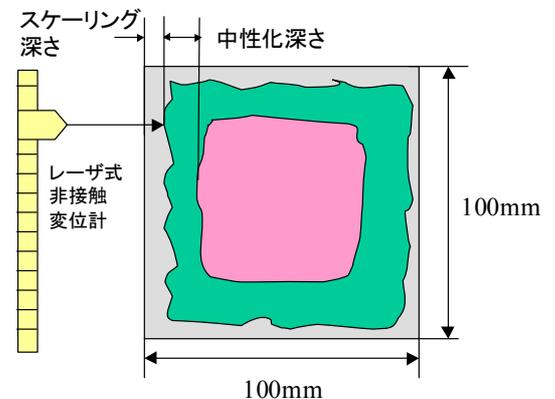


図-2 スケールングおよび中性化の測定方法

キーワード 中性化, 凍結融解, 複合劣化, 耐久性, コンクリート

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所 TEL:0424-95-0937

3. 実験結果および考察

3.1 凍結融解繰り返しによる劣化程度

中性化促進試験直前における相対動弾性係数を図 - 3 に、平均スケーリング深さを図 - 4 に示す。相対動弾性係数は、W/C が 40%と 50%のコンクリートでは、いずれも 80%以上であるが、W/C が 60%のコンクリートでは、凍結融解繰り返し回数が 180 回以上の場合は、30%以下であった。また、平均スケーリング深さは、いずれの W/C においても、凍結融解繰り返し回数が増えるに従って増加するが、

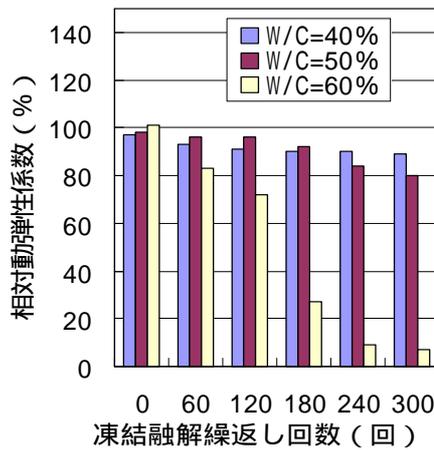


図 - 3 相対動弾性係数

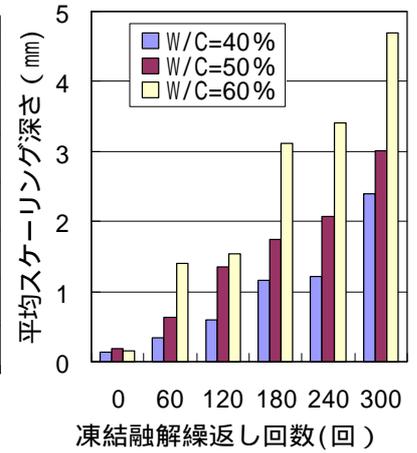


図 - 4 平均スケーリング深さ

300 サイクル終了時において、W/C40%では約 2.5mm、W/C50%では約 3mm、W/C60%では約 4.5mm であった。

3.2 凍結融解作用を受けたコンクリートの中性化の進行

凍結融解繰り返し回数と中性化深さの関係を図 - 5 に示す。W/C が 60%のコンクリートでは、中性化が供試体中心部まで進行したものもあるが、W/C が大きい程、凍結融解繰り返し回数が増えるに従って、中性化深さは大きくなる傾向がある。凍結融解繰り返しを 300 回受けたコンクリートの中性化促進 6 ヵ月後における中性化深さは、W/C40%および W/C50%の場合は、凍結融解作用を受けないコンクリートに対して 20~30%程度増加するが、W/C60%の場合は 80%以上増加した。

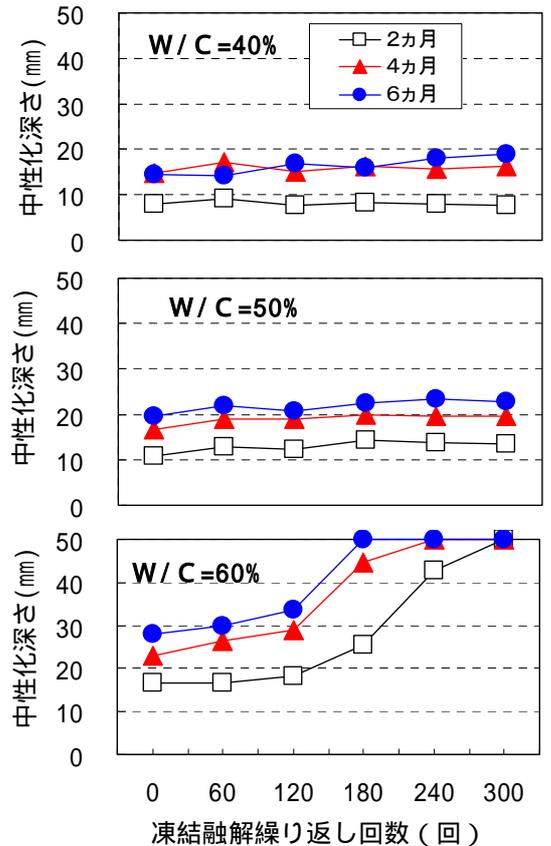


図 - 5 凍結融解回数と中性化深さの関係

凍結融解繰り返し回数と中性化速度係数の関係を図 - 6 に示す。いずれの W/C でも、凍結融解繰り返し回数が増えるに従って、中性化速度係数は増加するが、W/C が大きい程、その増加率は大きくなった。凍結融解繰り返しを 300 回受けた場合の中性化速度係数は、相対動弾性係数(E_d)が 80%以上で、平均スケーリング深さ(S_d)が 3mm 以下である W/C40%及び 50%のコンクリートでは、凍結融解作用を受けない場合に比べて 1.2 倍程度となるが、 E_d が約 5%、 S_d が約 5mm となるまで凍結融解による劣化が進行した W/C60%のコンクリートでは、約 3 倍となった。また、W/C60%のコンクリートでは、凍結融解繰り返し回数が 180 回を越えた場合、中性化速度係数は急激に大きくなった。

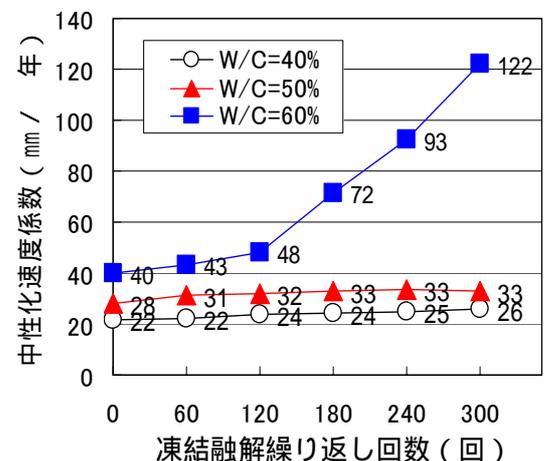


図 - 6 凍結融解回数と中性化速度係数の関係

4. まとめ

(1) 凍結融解作用による劣化程度が、相対動弾性係数で 80%以上、平均スケーリング深さで 3mm 以下である場合は、中性化速度係数の増加率は 20%以下であった。

(2) 凍結融解作用によって劣化が著しく進行した場合は、中性化速度係数が 3 倍程度になる場合があることが確認された。

参考文献

[1]古江, 添田, 大和: 凍害と中性化および塩害の複合劣化に関する一考察, 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集第 5 部門, 2001.10, pp.626-627