

凍結融解作用を受けたコンクリートの中性化速度係数

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

多くのコンクリート構造物は複合的な劣化作用を受ける。寒冷地や山間部においては、凍結融解作用と中性化の複合作用を受けるが、このような複合的な劣化の進行に関しては十分に明らかにされていない。土木学会コンクリート標準示方書では、中性化の進行の予測式が示されているが、同時に凍結融解作用を受ける場合の影響は考慮されていない。そこで、複合的な劣化を考慮した耐久性照査を行うことを目的とし、凍結融解作用を受ける場合の中性化の進行速度を把握するために、凍結融解作用による劣化程度がコンクリートの中性化速度係数に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

凍結融解作用による劣化の程度が異なるコンクリートに対して促進中性化試験を行い、中性化速度係数を求めた。実験方法の概略を図-1に示す。凍結融解試験はJSCE-G501に準拠し、凍結融解の終了サイクル数を60, 120, 180, 240, 300サイクルとした。凍結融解試験終了後は気中養生を行い、材齢102日から促進中性化試験（温度： $30 \pm 2\%$ ，相対湿度： $50 \pm 3\%$ ， CO_2 濃度： $5 \pm 0.5\%$ ）を開始した。

供試体は $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ の角柱とした。コンクリートの配合および性質を表-1に示す。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： 2.60g/cm^3 ，吸水率：2.07%），粗骨材は碎石（最大寸法：15mm，表乾密度： 2.66g/cm^3 ，吸水率：0.86%）を用いた。混和剤はリグニンスルホン酸系のAE減水剤を用いた。

所定の凍結融解サイクル終了時に、動弾性係数，質量，スケーリング深さを測定した。また，中性化促進期間2ヵ月後，4ヵ月後，6ヵ月後に，中性化深さを測定し，既往の研究^{1), 2)}を参考にして，促進中性化試験の促進倍率を60倍と仮定し，3回の測定値から最小二乗法を用いて中性化速度係数を求めた。

図-2にスケーリング深さおよび中性化深さの測定

方法を示す。スケーリング深さは，凍結融解試験後の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，その平均値を求めた。中性化深さは，凍結融解試験後の表面を基準として，供試体を割裂した断面に1%フェノールフタレン溶液を噴霧し，変色しない部分の深さを測定した。いずれの測定も，供試体を型枠に詰めた時の側面において実施した。

3. 実験結果および考察

凍結融解試験終了サイクルにおけるそれぞれの供試体の相対動弾性係数を図-3に示す。水セメント

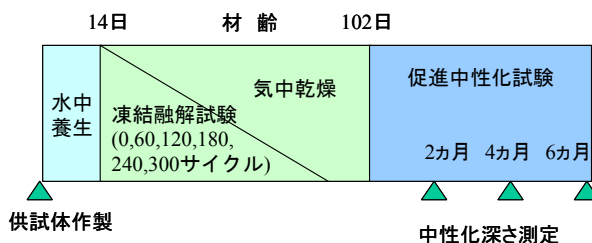


図-1 実験方法の概要

表-1 コンクリートの配合および性質

W/C	s/a	単位量 (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	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm^2) 材齢28日
40	45.0	166	415	751	940	1.04	14.5	6.8	40.6
50	47.0	166	332	817	943	0.83	14.0	5.6	38.0
60	49.0	166	277	847	931	0.69	13.0	6.2	29.9

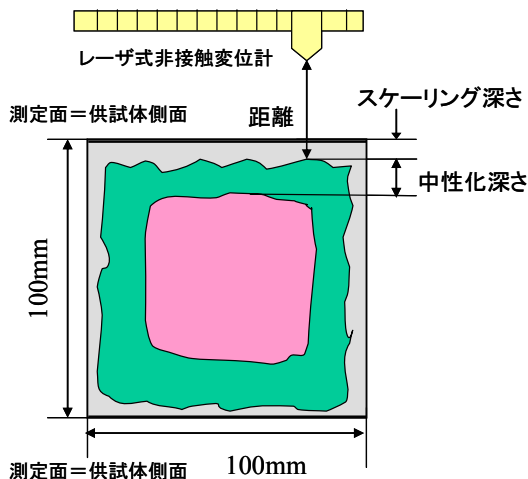


図-2 スケーリング深さ，中性化深さの測定方法

キーワード 中性化速度係数，凍結融解，複合劣化，耐久性照査，コンクリート

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

比 (W/C) が 40% と 50% の場合、相対動弾性係数はすべて 80% 以上であるが、W/C が 60% の場合、相対動弾性係数は 8% ～ 100% の範囲にある。質量減少率の最大値は、W/C が 40% では 2.3%、W/C が 50% では 4.3%、W/C が 60% では 8.7% であり、平均スケーリング深さの最大値は、W/C が 40% では 2.5mm、W/C が 50% では 2.8mm、W/C が 60% では 4.6mm であった。凍結融解作用を受けたコンクリートの促進中性化試験の結果より求めた中性化速度係数を表-2 に示す。

相対動弾性係数と中性化速度係数比（凍結融解作用を受けていないコンクリートに対する所定の回数の凍結融解繰り返しを受けた場合の中性化速度係数の増加割合）の関係を図-4 に示す。W/C が 40% から 60% の範囲では、中性化速度係数の増加率は、相対動弾性係数が 95% 以上の場合は 10% 程度であり、相対動弾性係数が 80% 以上の場合は 20% 程度であった。また、W/C が 60% の場合は、相対動弾性係数が 30% 以下に低下すると、中性化速度係数は 2 ～ 3 倍になった。このように、凍結融解作用による劣化が進行すると、中性化の進行は著しく速くなるが、相対動弾性係数が 80% 程度以上の場合は、中性化の進行速度の増加率は 20% 程度であると考えられる。

質量減少率と中性化速度係数比の関係を図-5 に、平均スケーリング深さと中性化速度係数比の関係を図-6 に示す。W/C が 40% から 60% の範囲では、質量減少率が 4% 以下、あるいは平均スケーリング深さが 2.5mm 以下であれば、中性化速度係数の増加は 20% 以下であった。W/C が 60% では、質量減少率が 5% 以上、平均スケーリング深さが 3mm 以上となると、中性化速度係数は急激に大きくなった。

4. まとめ

W/C が 40% から 60% の範囲では、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、質量減少率で 4% 以下、平均スケーリング深さで 2.5mm 以下の場合は、中性化速度係数の増加率は 20% 以下であることが確認された。また、W/C が 60% の場合、凍結融解による劣化が進行すると、中性化速度係数が 2 ～ 3 倍になる場合があることが確認された。

参考文献

- 1) 森, 白山他; 分離粉碎方式による高炉セメントを用いたコンクリートの性質に関する研究, 建築研究報告, No.63, 1973
- 2) 福島敏夫, コンクリートの中性化の経時振興に関する基礎的研究, 日本建築学会大会, 1983

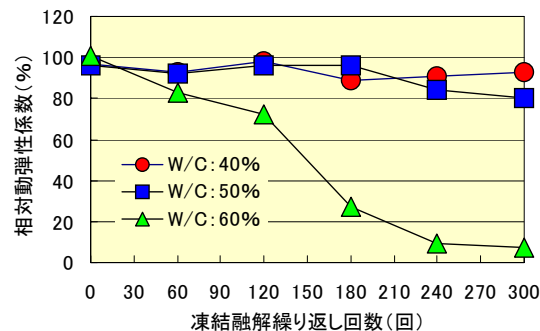


図-3 凍結融解試験後の相対動弾性係数

表-2 凍結融解を受けたコンクリートの中性化速度係数

凍結融解回数 W/C (%)	0	60	120	180	240	300
40	2.80	3.12	2.98	3.07	3.10	3.19
50	3.58	4.08	3.98	4.05	4.32	4.29
60	5.19	5.54	6.13	9.05	12.23	15.81

(単位: mm/√年)

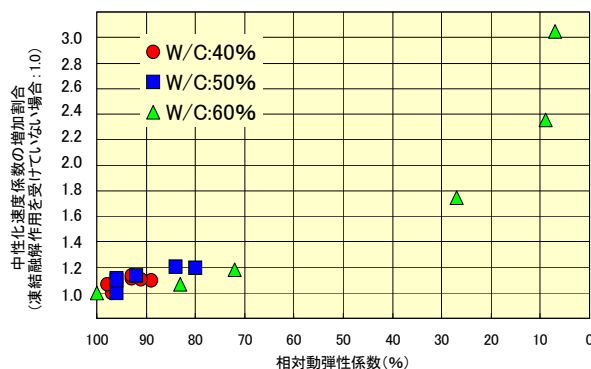


図-4 相対動弾性係数と中性化速度係数比の関係

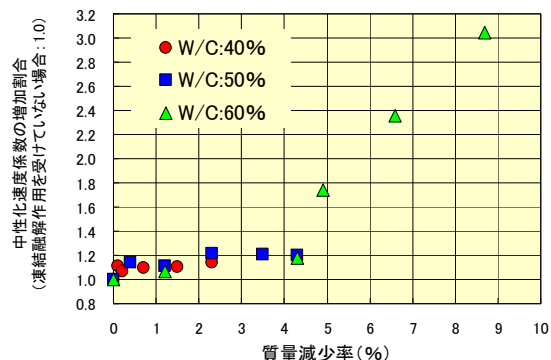


図-5 質量減少率と中性化速度係数比の関係

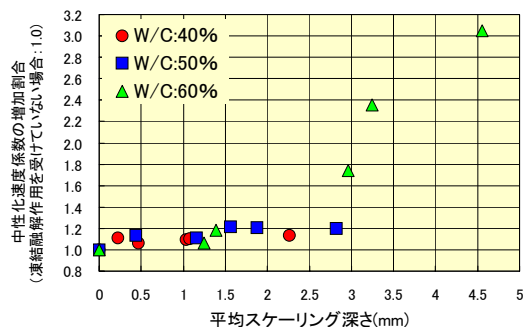


図-6 平均スケーリング深さと中性化速度係数比の関係