

凍結融解作用を受けたコンクリートの塩化物イオン浸透性状

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. はじめに

コンクリート構造物の耐久性照査を実施する場合、コンクリートの長期的な経年変化を予測する必要がある。建設後の構造物は、多くの場合、複合的な劣化作用を受けると考えられるが、その劣化の進行については、未だ十分に明らかにされていない。凍結融解作用と塩害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)・2)}、劣化予測を行える程には、データの蓄積がなされているとは言えない。そこで、寒冷地の海洋環境下のコンクリート構造物を対象に、凍結融解作用による劣化が、塩化物イオン浸透性に及ぼす影響について把握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と凍結融解作用を受けていないコンクリートの塩化物イオンの浸透性状の差異に関して調査した。

2. 実験概要

実験は図1に示す順序で実施した。凍結融解作用による劣化は、土木学会規準の凍結融解試験(JSCE-G501)により進行させた。塩化物イオンは、海水噴霧・乾燥繰り返し(海水噴霧(塩素イオン濃度:1.8%人工海水, 噴霧量:200ml/m²/hr, 温度:30)12時間, 高温乾燥(温度:40 ,相対湿度:60%)12時間の1サイクル/1日)を作用させることにより、供給した³⁾。実験Aでは、材齢28日から海水噴霧試験を開始し、実験Bでは、材齢14日から凍結融解試験を開始し、390サイクルまで行い、相対動弾性係数の低下の早いものは、終了サイクル数を減じた。その後、材齢112日から海水噴霧試験を開始し、90サイクル終了後に、全塩化物イオン量を表面から2cm毎の深さにおいて測定した。

供試体は、断面10×10cm、長さ40cmの角柱とした。コンクリートの配合および試験前の性質を表1に示す。水セメント比は、0.4, 0.5, 0.6とし、空気量の違いの影響についても評価することとした。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:2.58g/cm³,吸水率:2.24%)、粗骨材は碎石(表乾密度:2.66 g/cm³,吸水率:0.86%)を用いた。

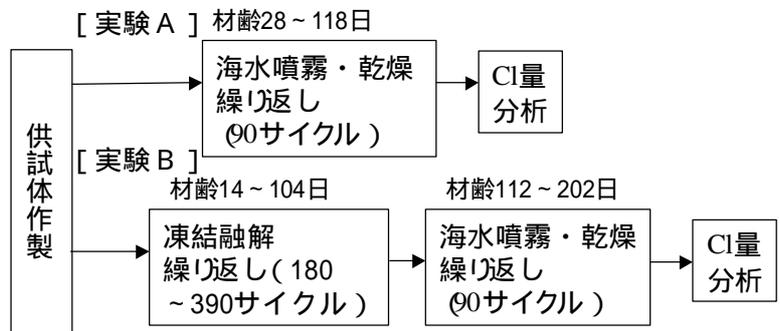


図1 実験順序

表1 コンクリートの配合および試験前の性質

記号	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (k g / m ³)					スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (材齢28日) (N/mm ²)
				水	セメント	細骨材	粗骨材	A E 減水剤			
40-2	15	40	45.0	166	415	792	998	1.04	6.0	2.3	59.4
40-6						746	939		10.0	6.8	41.2
50-2		50	47.0		332	859	1000	0.83	9.0	1.3	44.0
50-4						836	971		10.0	4.2	39.4
50-6		60	49.0		277	810	944	0.69	16.5	6.6	33.2
60-2						918	984		7.5	2.3	35.0
60-6						867	931		15.0	6.8	26.4

キーワード：複合劣化、凍害、塩害、塩化物イオン、拡散係数

連絡先：〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 TEL:0424-95-0937 FAX:0424-95-0908

3. 実験結果および考察

(1) 凍結融解試験による劣化程度

実験Bにおける凍結融解繰り返し後の相対動弾性係数および質量減少率を表2に示す。凍結融解繰り返し後の相対動弾性係数は21～91%の範囲にあり、質量減少率は3.8～5.6%の範囲にあった。凍結融解繰り返し後は、いずれの配合のコンクリート表面においても、スケーリングが発生し、表面部で粗骨材が見られた。

(2) 塩化物イオンの浸透性

実験A, Bにおける海水噴霧90サイクル終了後の塩化物イオンの浸透量分布を図2に示す。凍結融解作用を受けた場合、いずれの配合においても、表面部(表面～2cm)の塩化物イオン量は、凍結融解作用を受けない場合に比べて少ない。また、深さ3cmより深い部分の塩化物イオン量は、W/Cが40% (相対動弾性係数 Red: 80%以上) の場合は、凍結融解作用の影響は小さいが、W/Cが大きくなるに従い、凍結融解作用を受けたほうが、受けない場合に比べて多くなった。凍結融解作用を受けた場合の深さ3cm位置の塩化物イオン量は、Red が39% (W/C: 50%, 空気量: 1.3%) の配合では、凍結融解作用を受けない場合の約13倍、Red が21% (W/C: 60%, 空気量: 2.3%) の配合では約6倍にもなる。これらの理由として、凍結融解作用を受けたコンクリートは、表面部のスケーリングにより、モルタルが剥離し、粗骨材が相対的に多くなるために、塩化物イオン含有量は少なく算定され、深さ3cmより深い部分では、凍結融解繰り返しによる微少ひび割れが発生し、塩化物イオンが透過し易い状態になるために、塩化物イオン含有量が多く測定されたものと考えられる。

凍結融解作用を受けない場合の拡散係数 (D_1) に対する凍結融解作用を受けた場合の拡散係数 (D_2) の比と相対弾性係数 (Red) の関係を図3に示す。W/Cおよび空気量が異なる場合においても、Redと拡散係数比の間には強い相関関係が認められ、Redの低下により拡散係数比は増大した。凍結融解作用により、Redが80%程度となった場合、塩化物イオンの拡散係数は、約1.5倍に増加し、Red が50%程度の場合は約3倍に増加し、Red が20%程度の場合は約6倍に増加することが認められた。

4. まとめ

凍結融解凍作用を受けた場合、相対動弾性係数の低下に伴い、塩化物イオン浸透性が増加することが認められた。耐久性照査を行う場合、凍結融解作用を受ける場合の塩化物イオンの拡散係数は、凍結融解を考慮した値とする必要があると考えられる。本実験では、凍結融解と塩分浸透を別々に作用させたが、同時に作用させた場合についても、今後検討してゆく予定である。

[参考文献]

- 1) 鮎田耕一他: 海水の作用を受けるコンクリートの凍結融解に対する耐久性, セメント技術年報35, 1981
- 2) 月永洋一他: 塩化物が作用したコンクリートの凍害劣化に関する研究, セメント・コンクリート論文集 No.47, 1993
- 3) 竹田典典他: 塩害を受ける鉄筋コンクリートの劣化促進試験方法に関する検討, コンクリート工学年次論文集Vol.21, 1997

表2 凍結融解繰り返し後の試験値

記号	凍結融解回数(回)	相対動弾性係数(%)	質量減少率(%)
40-2	390	82	3.9
40-6	390	91	3.8
50-2	360	39	5.2
50-4	360	41	5.6
50-6	390	67	5.4
60-2	180	21	4.7
60-6	270	45	4.9

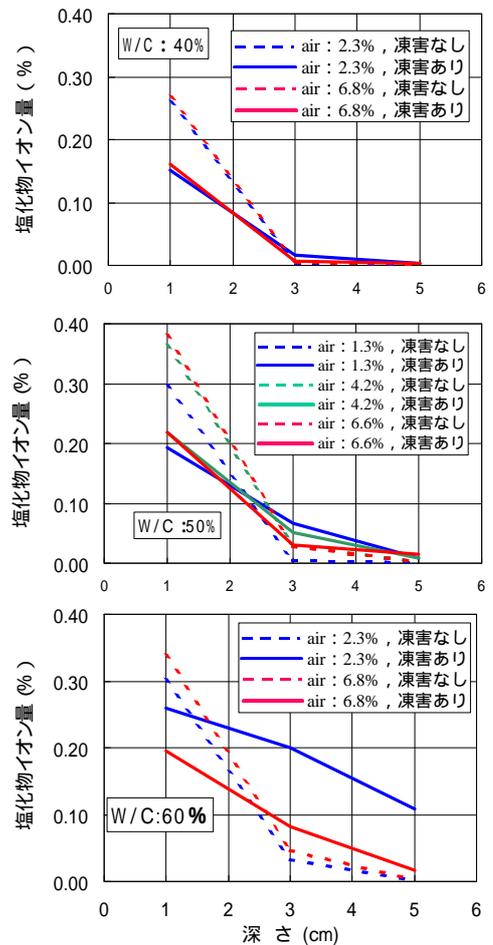


図2 塩化物イオンの浸透状況

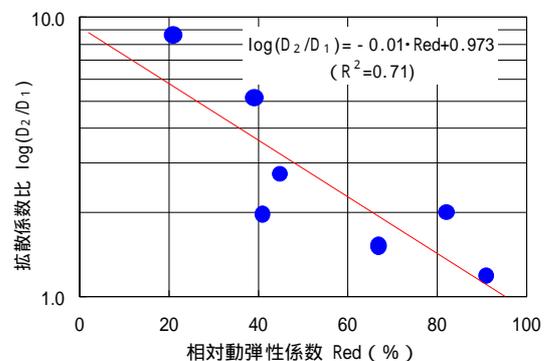


図3 相対動弾性係数と拡散係数比の関係