

V-213 凍害と塩害の相互作用に関する基礎的実験

金沢工業大学 学生会員 近藤悦郎

金沢工業大学 正会員 石森 広

金沢工業大学 正会員 太田 実

1. はじめに

凍害は海水の作用によって助長されることが実構造物の調査例¹⁾や暴露試験結果²⁾にもとづいて報告されているが、凍害と塩分の作用とが相互にどのように影響するかについての基礎的な資料を得るため室内試験を行った。実験は2つのシリーズからなり、シリーズ1では凍害存在下で継続的に塩分の作用を受ける場合および塩分含有状態で凍害を受ける場合の、また、シリーズ2では凍害と塩分の作用を間欠的に交互に受ける場合のコンクリートの性状の変化を、供試体の凍結融解試験および塩水浸漬試験によって調べた。

2. 実験概要

シリーズ1

凍結融解により劣化を生じさせた $10 \times 10 \times 40$ cm角柱供試体の塩水浸漬乾燥繰返し試験を行い、劣化の程度と塩分浸透性との関係を調べた。比較のため、さきに塩水浸漬乾燥を与えた供試体の凍結融解試験も行った。

表-1 コンクリートの配合（シリーズ1）

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/cm ³)				スランプ (cm)	空気量 (%)	σ_{28} (kg/cm ²)
		W	C	S	G			
4.0	4.8	214	488	714	782	6.0	3.0	461
6.0	5.2	205	342	867	810	7.0	4.3	245

コンクリートの配合は表-1に示すとおりで、セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は川砂および最大寸法20 mmの砕石を用いた。試験工程を図-1に示す。供試体F₀、F₁₀₀、F₃₅₀、F₅₅₀はそれぞれ0, 100, 350, 550回の凍結融解繰返し後に塩水浸漬乾燥試験を行ったもの、S₂₀は20回の塩水浸漬乾燥繰返し後に凍結融解試験を行ったものである。凍結融解試験はJ S C E-1986（案）によった。塩水浸漬乾燥試験は60℃の3%食塩水に1日間浸漬後2日間50℃温風乾燥する工程を1サイクルとした。供試体Fは塩水浸漬乾燥12, 20, 25, 30回後にコアを採取し、コンクリート中の塩分量を日本コンクリート工学協会「硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析法（案）」に従って測定した。

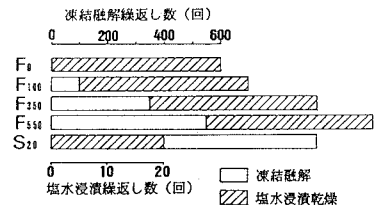


図-1 試験行程（シリーズ1）

表-2 コンクリートの配合（シリーズ2）

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/cm ³)				スランプ (cm)	空気量 (%)	σ_{28} (kg/cm ²)
		W	C	S	G			
4.0	4.7	195	488	725	833	4.0	5.1	411
6.0	4.7	195	325	786	907	7.0	5.8	330

シリーズ2

凍結融解と塩水浸漬とを間欠的に交互に与えた場合の相対動弾性係数比、重量の変化および塩分浸透性を、凍結融解または塩水浸漬のみを行った場合と比較した。

コンクリートの配合は表-2に示すとおりで、材料はシリーズ1とほぼ同じものを用いた。試験工程を図-2に示す。供試体記号のFは凍結融解、Sは塩水浸漬を表す。交互試験（FSおよびSF）における累計の凍結融解繰返し数は300回、塩水浸漬期間の累計は約45日である。このシリーズ

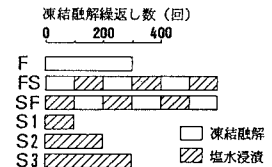


図-2 試験行程（シリーズ2）

における塩水浸漬はシリーズ1で用いた促進試験ではなく、20℃に保った3%食塩水に単に浸漬する方法によった。これは、塩分の作用を緩和して試験条件による差異をみやすくすることを意図したためである。

3. 結果および考察

シリーズ1のF₀をのぞく各供試体の凍結融解試験結果を図-3に、また、F供試体4種の塩分浸透状況を図-4に示す。図-3より通常の凍結融解を受ける場合に比べて塩分含有状態で凍結融解を受ける場合には相対動弾性係数比の低下は少なくなる一方、重量減少（スケリング）は塩水試験工程における損失分

が凍結融解による損失に加算された形で増大する傾向が認められる。図-4からは凍害の進行したもののほど塩分の浸透性が大きくなる傾向がみられ、深さ方向の塩分量の分布(図-5)からみて凍害劣化の大きいものほどより深部まで塩分が浸透して、凍結融解による組織の弛緩が徐々に内部におよんでいることをうかがわせる。

シリーズ2の凍結融解試験結果は図-6に示すとおりで、連続凍結融解の場合にくらべて凍結融解と塩水浸漬を交互に行った場合には相対動弾性係数比の低下はわずかながら減少する一方、重量減少は増大する傾向が明らかで、塩分含有下でスケーリングが大きくなることを示している。試験の最終段階における塩分含有量は図-7に示すとおりで、間欠的な凍結融解が塩分浸透性を著しく高めることを示している。

塩分含有状態で動弾性係数比の低下が抑制される傾向を示したのは凍結温度の低下による内部マイクロクラック生成の緩和が一因と考えられ、塩分の供給により凍結融解下でのスケーリングが増大したのは塩分による表層部の水和生成物の損傷³⁾にもとづくものと考えられる。濃度4%程度の塩水中での凍結融解においてスケーリングは最も起こりやすい反面、機械的性質(強度)の劣化は真水中におけるよりも少なくなる傾向はZamanらの研究⁴⁾でも認められている。

以上のように、凍結融解および塩分の作用はコンクリートの塩分浸透性と表面劣化(スケーリング)を相互に促進させることから、これら両者の作用を受ける構造物では表面部の遮塩性とスケーリング抵抗性を大きくすることが重要であると考えられる。

[参考文献]

- 1) 佐伯・藤田: セメント・コンクリート, No.432, Feb.1983, pp.2~9
- 2) 佐伯・島田: セメント・コンクリート, No.464, Oct.1985, pp.6~13
- 3) 藤井・藤田: 土木学会論文誌, No.360, 1985, pp.129~138
- 4) M.S.Zaman, et.al.: ACI Journal, Jan.-Feb.1982, pp.56~58

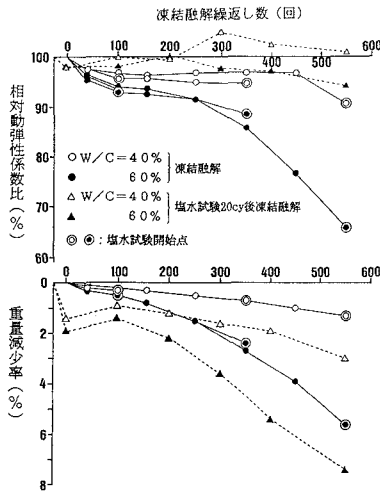


図-3 相対動弾性係数比および重量減少率 (シリーズ1)

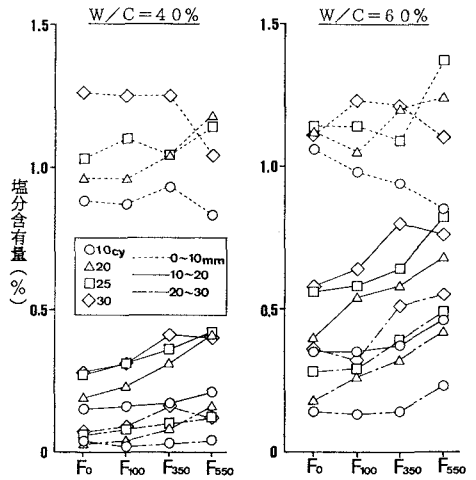


図-4 塩分含有量* (シリーズ1)
*各測定値は4試料の平均値

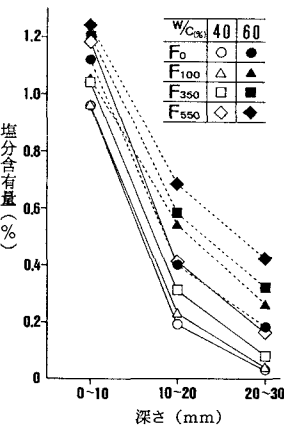


図-5 塩分の分布 (20cy時) (シリーズ1)

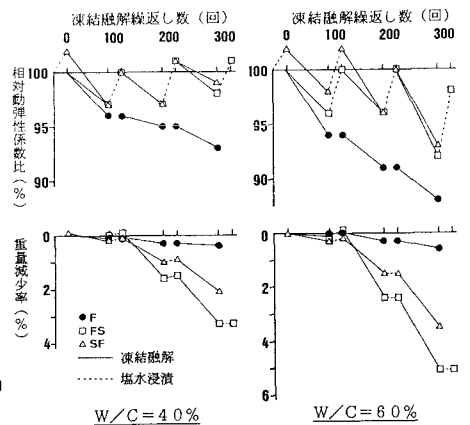


図-6 凍結融解試験結果 (シリーズ2)

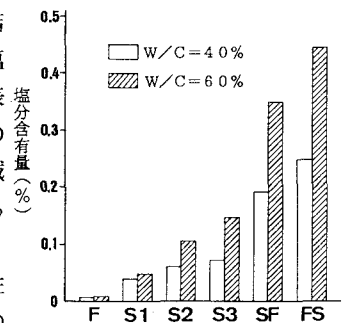


図-7 塩分含有量 (シリーズ2)