

凍害を中心とした複合劣化に関する基礎実験

福岡大学大学院 学生会員 ○古江 一臣
福岡大学 正会員 添田 政司
福岡大学 正会員 大和 竹史

1. まえがき

近年、コンクリートの劣化に関しては、凍害、中性化、塩害などの単独の劣化要因について、今まで多くの研究がなされてきた。しかしながら、実際のコンクリート構造物は、これらの劣化要因が複合する環境におかれており、また、このような複合劣化に関する研究が極めて少ないのが現状である。そこで本実験では、凍害、中性化、塩害を取り上げ、中性化および塩分が凍結融解抵抗性に及ぼす影響について検討したものである。合わせて、凍結融解作用が中性化および塩分の浸透に及ぼす影響についても検討した。

2. 実験概要

使用材料および配合：結合材として普通ポルトランドセメント（密度3.16g/cm³、略号C）を使用した。細骨材として海砂（密度2.58g/cm³、略号S）、粗骨材として碎石2005（密度2.77g/cm³、略号G）、混和剤としてAE減水剤と空気量調整剤を使用した。コンクリートの配合および圧縮強度を表-1に示す。各試験に角柱供試体（10×10×40cm）を用いた。供試体は、打設後24時間で脱型し、材齢14日まで水中養生を行った。

試験方法：凍結融解試験はASTM C 666A法に従い、中性化促進試験は温度40℃、湿度40%、CO₂濃度10%の条件で行った。塩水噴霧試験は2日間乾燥、3%NaCl水溶液を3日間噴霧の計5日間の条件で行った。中性化深さはフェノールフタレイン法、塩分浸透深さは硝酸銀噴霧法で行った。なお、スクーリングされた部分も浸透部分として値に換算した。

凍害と中性化との複合試験を図-1に、凍害と塩害との複合試験を図-2に示す。供試体記号のFは凍結融解、Cは中性化促進、Sは塩水噴霧を表す。供試体FC、FSは凍結融解300サイクル後に中性化促進および塩水噴霧を行ったもの、CF、SFは中性化促進および塩水噴霧を55日間繰り返した後、凍結融解を行ったものである。FC10、FS10は凍結融解30サイクル後に、中性化促進および塩水噴霧を5日間間欠的に交互に与えたもの、CF10、SF10は中性化促進および塩水噴霧を5日間繰り返した後、凍結融解30サイクル間欠的に交互に与えた交互試験である。交互試験において、凍結融解30サイクル、中性化促進および塩水噴霧を5日間繰り返す工程を1回として、これを累計10回行ったものである。

3. 実験結果および考察

凍害と中性化との複合劣化において凍結融解試験を行った場合の、試験期間と質量減少率および相対動弾性係数との関係を図-3に示す。質量減少率は、試験終了時において試験条件に関わらず、約4%まで低下したが、中性化作用を継続的に受けた（CF）場合は、凍結融解開始時までに質量が微量に増加し

表-1 コンクリートの配合および圧縮強度

W/C (%)	s/a (%)	単位量						フレッシュ性状		圧縮強度 σ28 (N/mm ²)
		(kg/m ³)				(ml)		スラック (cm)	空気量 (%)	
		W	C	S	G	減水剤	AE剤			
50	44	160	320	793	1084	4160	1792	8.4	4.5	35.9

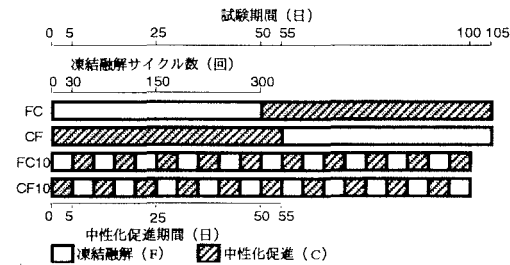


図-1 試験工程1（凍害と中性化との複合）

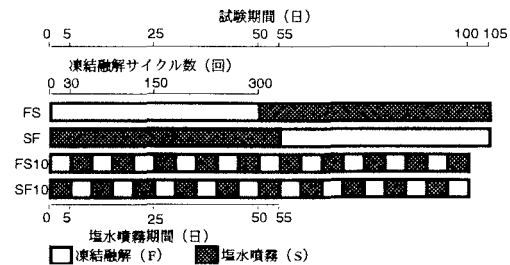


図-2 試験工程2（凍害と塩害との複合）

た。これは中性化が進行した場合に、炭酸カルシウムの生成によって質量が増加したりためと考えられる。相対動弾性係数は、凍結融解作用を継続的に受けた (FC,CF) 場合は、交互試験を行った (FC10,CF10) 場合に比べ、約8%低下している。これは、コンクリート表面において細孔組織が緻密になり、内部への水分の浸透を抑制したために、凍結融解作用の影響を受けにくくなったためと考えられる。

凍害と塩害との複合劣化において、凍結融解試験を行った場合の、試験期間と質量減少率および相対動弾性係数との関係を図-4に示す。相対動弾性係数は、試験条件に関わらず、実験終了時において、その差は約5%と顕著な差は認められなかった。しかし、質量減少率では、塩水噴霧作用と凍結融解作用を受けた (SF) 場合に、最も低下しており、初期の塩分の浸透により凍結融解作用でのスケーリングが大きくなることを示している。これは、塩分浸透により飽水度や浸透圧の上昇が要因として考えられる。

中性化に及ぼす凍結融解作用の影響を図-5に示す。なお、中性化深さは試験期間 (日) の平方根との関係で表した。中性化作用を継続的に受けた (CF,FC) 場合は、交互試験の (FC10,CF10) 場合と比べると、中性化深さの浸透速度が速くなっている。これは、中性化作用により乾燥し、コンクリートの組織が通気しやすくなることで、炭酸ガスが浸透しやすい条件下となった。一方、交互試験の (FC10,CF10) 場合は、凍結融解作用により、コンクリートの細孔組織に水分が満たされたことで、炭酸ガスの浸透が抑制されたためと考えられる。

塩分に及ぼす凍結融解作用の影響を図-6に示す。塩分浸透深さは、凍結融解作用と塩水噴霧作用を受けた (FS,FS10,SF10) 場合は、試験期間後半で急激に塩分が浸透している。これは、凍結融解作用により、微細なクラックが生じ、塩分浸透を促進したためだと考えられる。

4. まとめ

本実験の範囲内では、凍害と中性化の複合劣化において、両者が互いに及ぼす影響は、小さいものと思われる。しかし、凍害と塩害の両者の作用を受ける場合は、コンクリートの塩分浸透性とスケーリングを相互に促進させることから、これらの複合作用をうける実構造物では、コンクリート表面の遮塩性とスケーリングに対する耐久性を確保することが重要であると思われる。

【参考文献】

- 1) 尼崎：コンクリートの諸特性に及ぼす炭酸化の影響に関する研究、第6回コンクリート工学年次講演会論文集、pp197～200、1984

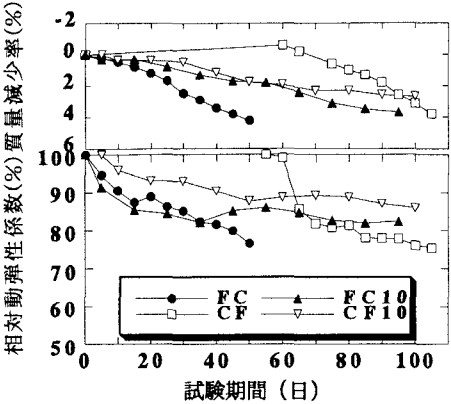


図-3 凍害と中性化との複合

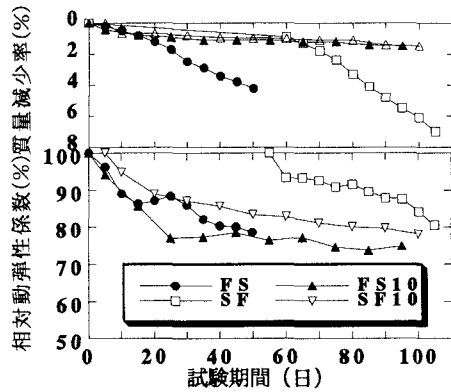


図-4 凍害と塩害との複合

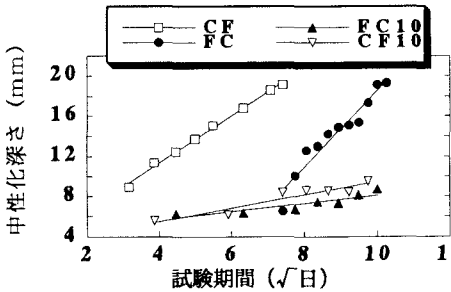


図-5 中性化に及ぼす凍結融解作用の影響

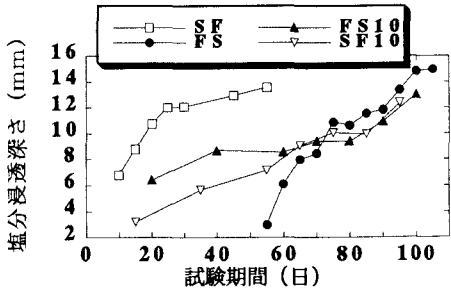


図-6 塩分に及ぼす凍結融解作用の影響