

凍害と中性化および塩害の複合劣化に関する一考察

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、山陽新幹線トンネル壁崩落事故等コンクリート片の剥落事故が相次いで発生し問題となっている。これらの事故の原因として、コンクリートが計画年数よりも早い期間に劣化を起こす早期劣化が挙げられる。劣化要因には一般的に凍害、中性化、塩害などがあり、これら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、凍害を中心に中性化と塩害を組み合わせた促進試験を行い、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：セメントには普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 、略号C）を使用し、細骨材には海砂（密度 2.58g/cm^3 、略号S）粗骨材には砕石2005（密度 2.77g/cm^3 、略号G）混和剤は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。各試験には

角柱供試体（ $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ ）を用い、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JSCE - G 501に従い、中性化促進試験は温度 40°C 、湿度 40% 、 CO_2 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、スクレ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。供試体記号の凍中、凍塩は凍結融解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、中凍、塩凍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。凍中繰、凍塩繰は凍結融解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、中凍繰、塩凍繰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、繰り返し行ったものである。

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 σ_{28} (N/mm ²)
		(kg/m ³)				(ml)		スランプ [*] (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

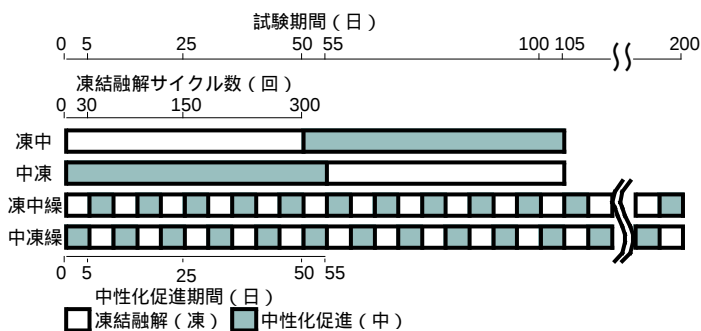


図-1 試験工程1（凍害と中性化との複合）

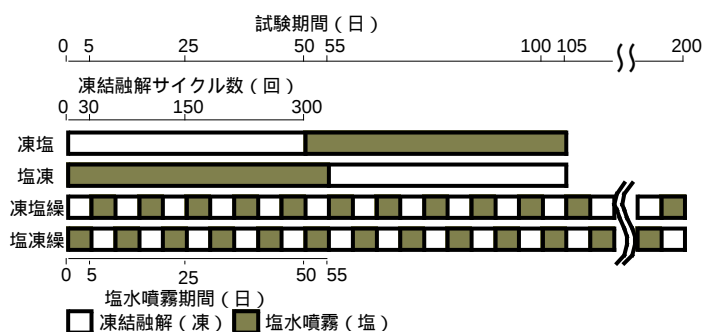


図-2 試験工程2（凍害と塩害との複合）

キーワード：複合劣化、凍害、中性化、塩害

連絡先：〒814-0133 福岡市城南區七隈8-19-1 TEL092-871-6631（内線6466）FAX 092-864-8901

3. 実験結果および考察

凍害と中性化との複合試験後の中性化深さ測定結果を図-3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示した。中性化作用を継続的に受けた(中凍、凍中)場合は、繰り返し試験の(凍中繰、中凍繰)場合に比べ、中性化深さの浸透速度が速くなっている。これは、連続した中性化促進試験により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となったためと考えられる。一方、繰り返し試験の(凍中繰、中凍繰)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。

凍害と塩害との複合試験後の塩分浸透深さ測定結果を図-4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(凍塩・凍塩繰・塩凍繰)場合に、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と考えられる。

凍害と中性化との複合試験において、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-5に示す。質量減少率は試験条件に関わらず、4%程度の減少であった。凍結融解を継続的に受けた場合(凍中、中凍)の相対動弾性係数は、いずれも80%までの低下でしかなかった。凍結融解と中性化の繰り返し試験(凍中繰、中凍繰)の場合は、試験期間の経過とともに、相対動弾性係数は徐々に低下しており、中性化の作用よりも凍結融解試験のサイクル数の増加に伴うものと考えられる。

凍害と塩害との複合試験において、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-6に示す。凍結融解と塩水噴霧との繰り返し試験(凍塩繰、塩凍繰)を行った場合の相対動弾性係数は、凍結融解を先に行った(凍塩繰)方が塩水噴霧を先に行った(塩凍繰)場合よりも低下する傾向にあった。質量減少率では、凍結融解作用の前に塩水を継続的に受けた(塩凍)場合が最も低下しており、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、塩分の濃縮による浸透圧の上昇が要因として考えられる。

4. まとめ

本実験の範囲内では、凍害と中性化の複合試験において、両者が互いに及ぼす影響は小さいものと思われる。また、凍害と塩害の複合作用を受ける場合、初期段階における塩分浸透がスケーリングに対し大きく影響することが明らかとなった。なお複合試験は、中性化深さや塩分の浸透深さが十分に浸透するまで継続していく予定である。

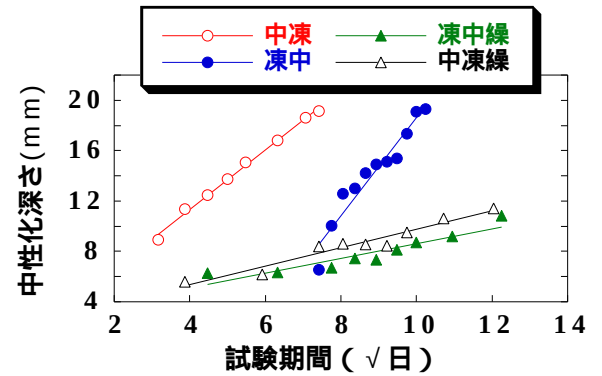


図-3 中性化深さ測定結果

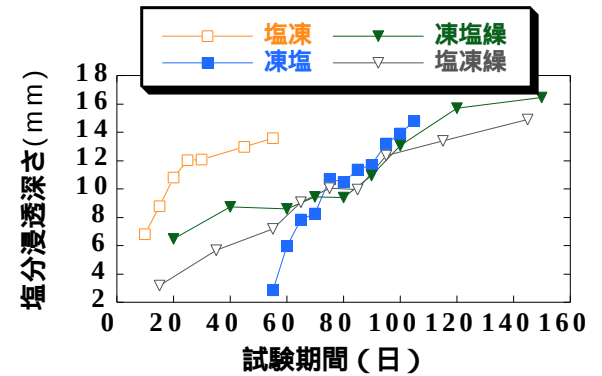


図-4 塩分浸透深さ測定結果

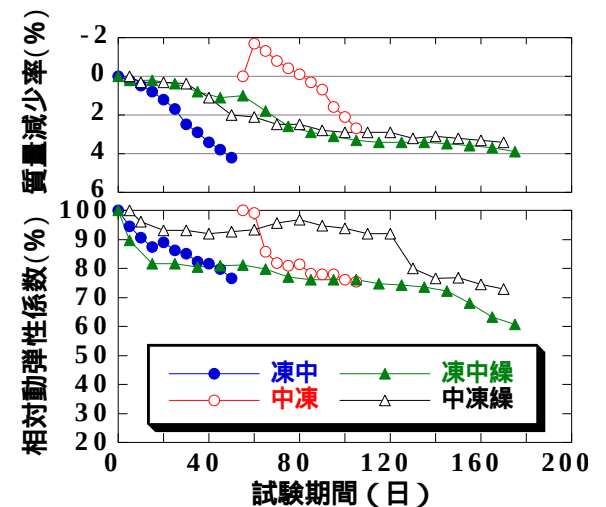


図-5 凍害と中性化との複合試験結果

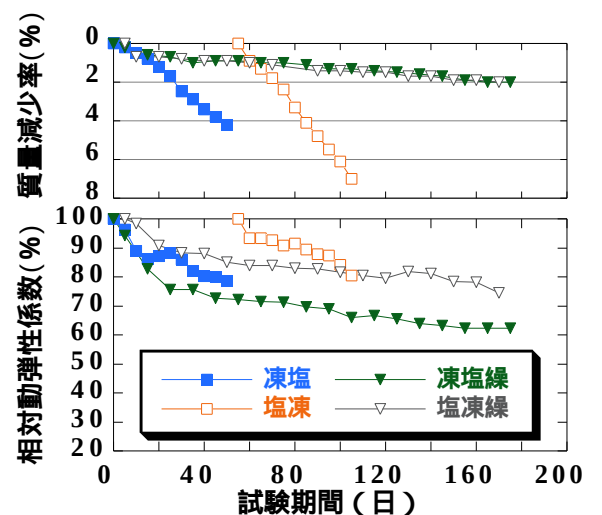


図-6 凍害と塩害との複合試験結果