

凍害と塩害の複合作用がひび割れ注入工法の修復効果に及ぼす影響

(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 〇内藤 勲
(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 島多 昭典
(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 三原 慎弘

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の補修による延命化工事は増加しているが、これまで、ひび割れ修復後の品質評価や耐久性等に関する検討は少ない。劣化因子の浸入口となるひび割れは、早期に修復することで延命効果が期待できるが、修復後のひび割れ箇所から漏水やエフロレッセンスが析出している事例も見られるなど、修復効果の持続性や耐久性は明確ではなく、適切な延命化を図るためには、修復後の品質変化や持続性等を的確に把握する必要がある。

このような背景から、本研究では、コンクリートの劣化が急速に進行し易い凍害と塩害の複合環境における、ひび割れ注入後の効果持続性能等について、模擬ひび割れ注入試験体を用いたCIF/CDF試験法による凍結融解試験を行い、注入箇所の劣化状態や塩分浸透状態の検証実験を行った。

2. 実験概要

実験は、模擬ひび割れ注入試験体を用いて、RILEM の CIF/CDF 試験法に準じた凍結融解試験を行い、サイクル毎のスケーリング量測定と超音波測定による試験体の劣化進行確認、および試験後の塩化物イオン量測定を行った。

模擬ひび割れ注入試験体は、表-1 に示す配合の生コンクリートで作製した 10×10×40cm の角柱供試体を 28 日水中養生した後、図-1 に示すように、半分に切断して 10×10×20cm の角柱供試体を試験サイズとし、これをさらに半分に切断した切断面を振動ニードルで軽くチップングした後、注入材を塗布して接着させて作製した。この時、ひび割れ幅は 0.5mm を想定し、注入材の厚みが 0.5mm 程度になるように切断面の 4 隅にアルミ箔を挟んで厚さを調整した。試験ケースは、表-1 に示すように、注入材 4 種類、接着面積率 100% と 80%、試験水は淡水と 3%NaCl 水溶液（以下、塩水）による試験面浸漬の組合せで 13 ケースとした。

図-2 に CIF/CDF 試験概要図を示す。CIF/CDF 試験法による凍結融解試験は、+20℃から-20℃まで 10K/h の定速で 4 時間冷却→-20℃で 3 時間保持→同じ定速で+20℃まで 4 時間加熱→+20℃で 1 時間保持し、12 時間 1 サイクルで 28 サイクル行った。試験水に浸漬する試験面以外はエポキシ樹脂接着剤でコーティングを施した。測定は、6、12、18、24、28 サイクル毎にスケーリング量測定と超音波測定を行い、試験体の劣化進行状態とひび割れ内部の注入材とコンクリートとの付着状態を評価した。さらに、28 サイクル終了後、JIS A 1154 に準拠した電位差滴定法による塩化物イオン量測定を試験面から深さ方向に 1cm 毎に実施し、凍結融解後の塩分浸透状態を確認した。

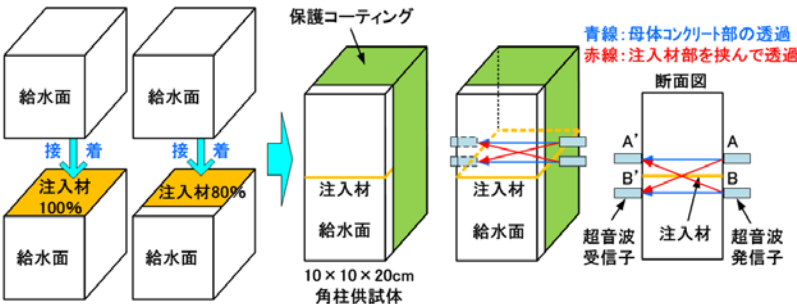
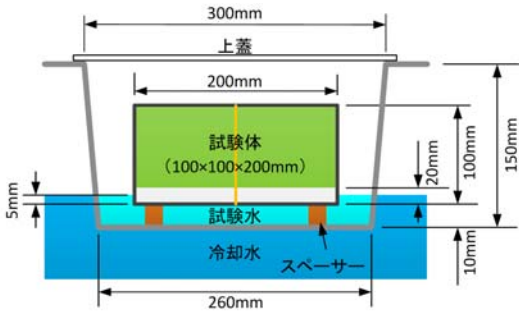


表-1 コンクリートの配合と試験ケース

コンクリートの配合										
セメントの種類	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)				Slump (cm)	Air (%)	Cl⁻ (kg/m³)
				W	C	S	G			
普通ポルト	20	52.1	43.8	156	300	812	1032	7.5	5.5	0.054

試験ケース										
注入材の種類 (記号)	注入なし (BR)	エポキシ系						セメント系		
		硬質系低粘度形			ポリマー含有			ポリマーなし		
		注入材A (EP1)		注入材B (EP2)		注入材C (PC)		注入材D (C)		
接着面積率 (%)		100	80	100	80	100	80	100	80	80
試験水の種類		塩水 (3%NaCl)		淡水		塩水 (3%NaCl)		淡水		塩水 (3%NaCl)



キーワード 凍害、塩害、複合作用、ひび割れ注入工法、効果持続性能、CIF/CDF 試験法

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 TEL:011-841-1719 FAX:011-837-8165

3. 実験結果

3. 1 試験体の劣化状態

図-3 および図-4 に、サイクル毎のスケーリング量と超音波伝播速度を示す。淡水ではスケーリング量は微量であるが、塩水では注入材の種類に関わらず、耐凍害性を保持しうるスケーリング量の限界値とされている 1500g/m^2 を大きく超えている¹⁾。これに対し、超音波伝播速度（以下、速度）では、コンクリート内部の速度はサイクルが進んでも低下していないことから、コンクリート内部まで劣化は進行していないと言える。しかし、注入材部を挟んで透過した速度は、サイクルが進むにつれて低下する傾向にあり、特に、セメント系注入材では大きく低下した。これは、凍結融解作用によってひび割れ内部の注入材とコンクリートとの接着力が低下し、部分的に剥離が生じた結果と考えられる。また、未充填を模擬した接着面積 80% のケースが最も低下する結果となったことから、未充填部が弱点となり、注入材の接着力低下が助長されたと考えられる。

3. 2 塩分浸透状態

図-5 に、深さ毎の塩化物イオン量を示す。試験面は深さ 5mm 分の試験水（塩水）に浸っているため、試験面から深さ 1cm までは、塩化物イオン量は多くなっているが、深さ 2cm 以降は、注入していないケース（BR—凍結融解後）と比べると注入材の種類にかかわらず塩化物イオン量は少ない結果となった。このことから、凍害・塩害の複合環境におけるひび割れ注入工法による修復では、修復後にコンクリートの表面が劣化し、ひび割れ内部の注入材とコンクリートとの一体性が低下しても、ひび割れからの塩分浸透はある程度抑制できると言える。なお、深さ 10cm 部の塩化物イオン量が若干多いのは、塩分測定用試料に保護コーティングのエポキシ樹脂系接着剤の塩化物イオンが混入した影響と思われる。

4. まとめ

凍害・塩害複合作用がひび割れ注入後の修復効果に与える影響について検討した結果、ひび割れ注入後に複合劣化によって表面に劣化が生じていても、充填効果でひび割れ内部への劣化進行と塩分浸透は抑制できる。しかし、注入材とコンクリートとの一体性は徐々に低下するため、複合作用がさらに続くと、ひび割れ部の劣化進行は早まると推測できる。今後、ひび割れ注入工法の劣化環境に応じた耐用年数を考慮した適用等の検討を行っていく。

参考文献

1) Jochen Stark ほか（訳:太田利隆ほか）：コンクリートの耐久性第2版，社団法人セメント協会，pp.200-202，2003.8

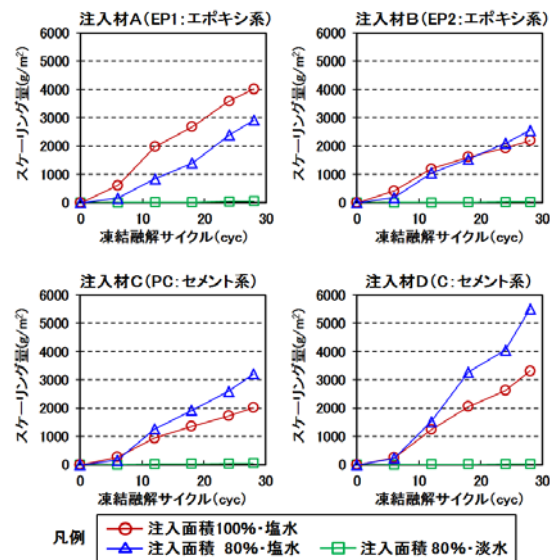


図-3 サイクル毎のスケーリング量

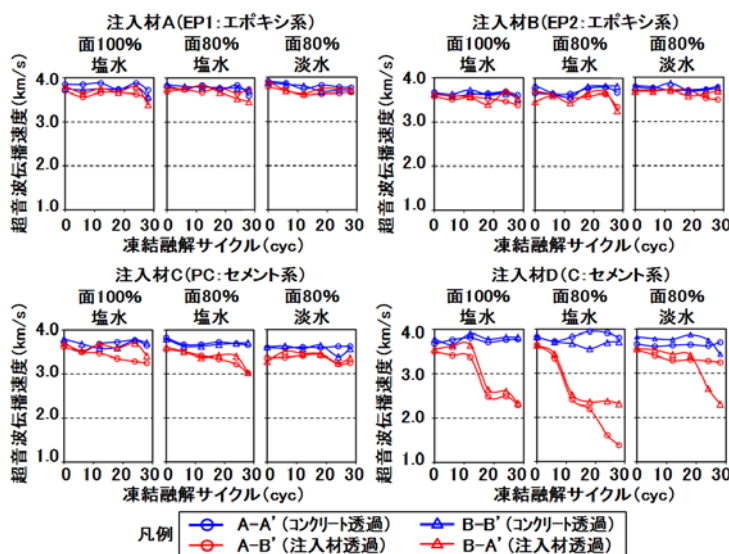


図-4 サイクル毎の超音波伝播速度

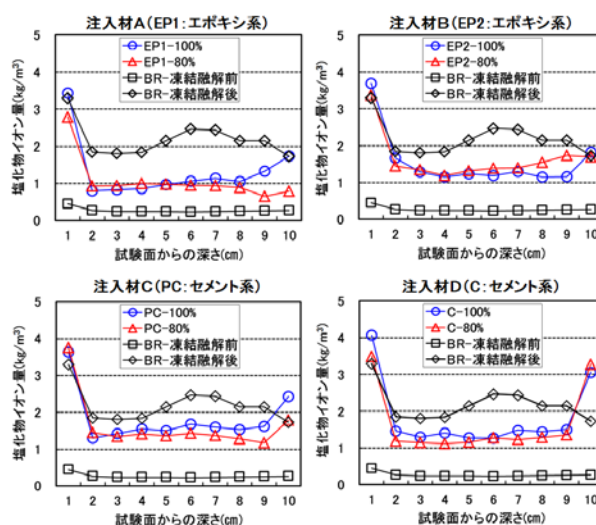


図-5 深さ毎の塩化物イオン量