

乾湿繰り返し環境における軽微な初期ひび割れの早期補修効果に関する基礎実験

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○内田 侑甫
正会員 内藤 勲
佐藤 義臣

1. はじめに

コンクリート構造物に生じたひび割れの補修は、一般的にひび割れ幅 0.2mm 以上が対象となる。竣工検査等において初期ひび割れを発見しても、ひび割れ幅が 0.2mm 未満であった場合には是正対象にはならず経過観察となつて対処されないことが多い。しかし、コンクリートが劣化しやすい環境では、軽微なひび割れであってもそこから劣化因子が浸入して劣化進行に至る可能性があるため、できるだけ早期に対策を講じることが望ましい。ひび割れ幅が 0.2mm 未満のひび割れ補修対策としてひび割れ被覆工法やひび割れ含浸工法があるが、これらを予防補修として用いた場合の劣化抑制効果や耐久性向上効果は明確ではない。このような背景から本研究では、補修対象とならない軽微な初期ひび割れを対象に、これを早期に補修することで劣化しやすい環境におけるコンクリート構造物の耐用年数延伸を目的とした検討を行っている。

本報告は、既存工法であるひび割れ含浸工法に加えて、ひび割れに浸透して固化する浸透系補修材、ひび割れ表面を閉塞させるシール材や防水テープで補修した試験体を用いて、塩水浸漬試験による各種補修材の水分浸透と塩分浸透の抑制効果、および乾湿繰り返し試験による耐久性について評価した。

2. 実験方法

実験に用いた補修試験体の概要図を図-1 に示す。試験体は塩化ビニル管（以下、塩ビ管）を型枠代わりとして、モルタルとコンクリートの2種類の円柱試験体を作製した。モルタル試験体は内径 83mm×高さ 40mm、コンクリート試験体は内径 107mm×高さ 100mm とし、モルタル、コンクリート共に水セメント比 55% の配合とした。水中養生 28 日後に、割裂載荷で約 0.1mm 幅のひび割れを導入した¹⁾。なお、ほぼ鉛直に 1 本のひび割れが発生した試験体を選定して用いることで試験誤差を極力少なくした。これらの円柱試験体の 1 面に、表-1 に示す各種補修材を施工して補修試験体を作成した。補修試験体は、室温 20℃の恒温室で補修材施工後 7 日間静置した。

各種補修材のひび割れからの水分浸透と塩分浸透に対する抑制性能を確認するため塩水浸漬試験を行った。試験方法は、塩化物イオン濃度 3%の塩水にモルタル試験体の補修面を下向きにして 5mm の深さまで浸漬し、室温 20℃の恒温室で 90 日間静置した。浸漬開始から水分が試験体上面まで浸透する状態を目視観察し、浸漬期間終了後に補修面から深さ 10mm までのモルタルに含まれる塩化物イオン量を電位差滴定法で測定した。

次に、各種補修材の補修後の耐久性を確認するため、乾湿繰り返し試験を行った。試験は、コンクリート試験体

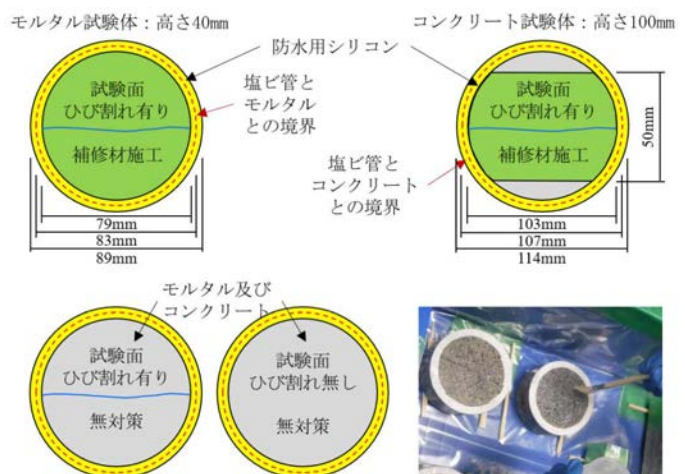


図-1 補修試験体の概要図

表-1 補修材の種類と試験ケース

試験体	使用した補修材の主成分と主な特徴	単位施工量	ひび割れ
EP1	エポキシ樹脂：粘度80mPa・s	300g/m ²	有り
EP2	エポキシ樹脂：粘度7mPa・s	150g/m ²	
SLC	けい酸リチウム：浸透深さ3mm	400g/m ²	
SLN	シラン・シロキサン：浸透深さ7mm	200g/m ²	
BAT	ブチルゴム+アルミ：防水テープ	幅50mm, 厚0.6mm	
MSC	変性シリコーン：注入用シール材	1mm厚塗り	無し
CRC	ひび割れ無対策	—	
NCR	ひび割れ無し	—	

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 TEL011-841-1719

を用いた補修試験体を 20℃の水道水に 8 時間水没させて浸漬し、70℃に設定した乾燥機で 40 時間乾燥させる工程を 1 サイクルとして 65 サイクルまで実施した。6~7 サイクル毎に乾燥 40 時間後の補修試験体の質量を測定し、0 サイクルに対する質量増減量を算出した。なお、0 サイクルの補修試験体の質量は、室温 20℃で 7 日間自然乾燥した後に測定して初期値とした。

3. 実験結果

浸漬開始から試験体上面に浸透した塩水の浸透状態では、SLC と CRC のケースで上面まで塩水が浸透したが、その他は上面までの塩水の浸透は見られなかった。また、図-2 に浸漬 90 日後の補修面から深さ 10mm までのモルタルに含まれる塩化物イオン量を示す。ひび割れ無対策の CRC は塩化物イオン量が多く、次いでけい酸塩系の SLC が多くなっている。これは上述した上面まで塩水が浸透したためと思われる。他のケースでは、ひび割れ無しの NCR よりも塩化物イオン量が少ないことから、これらの補修材はひび割れからの塩分浸透および水分浸透に対する抑制効果が期待できる結果と言える。

次に、図-3 および図-4 に乾湿繰り返し試験結果を示す。コンクリートが損傷し剥落すると質量は減少するが、質量増減量ではすべてのケースでサイクル数の増加に伴い質量が増加している。これは、乾湿繰り返し作用でひび割れや空隙が増幅した箇所には水分が多く浸透し、乾燥 40 時間では試験体内部が乾燥しきれず、内部への滞水が徐々に多くなったためと考えられる。したがって、今回の実験において、質量増加が小さいエポキシ樹脂系の EP1 と EP2 は、ひび割れ無しの NCR とほぼ同程度であり、耐久性が向上したと言える。一方、その他のケースでは、20 サイクル程度以降からひび割れ無対策の CRC とほぼ同じであり、浸漬試験では水分や塩分の浸透抑制効果が期待できたが、乾湿繰り返し試験によるひび割れ補修後の耐久性向上はさほど得られない結果となった。図-4 に 65 サイクル後の補修面の損傷状態の例を示すが、表面の損傷程度に差はあるが、エポキシ樹脂のひび割れ閉塞効果が持続したケース以外は、ひび割れから損傷が広がる結果となった。

4. おわりに

本実験は、軽微な初期ひび割れからの劣化進行を未然に防ぐ処置によるコンクリート構造物の長寿命化を目的に、種々の補修材によるひび割れ補修における劣化因子の浸入抑制効果と補修後の耐久性向上効果について、塩水の浸漬試験と乾湿繰り返し試験による確認を行った。その結果、軽微なひび割れに対する補修効果と耐久性向上効果に関する実験的な基礎データを得ることができた。今後は、寒冷や亜熱帯環境等での耐久性実験、さらに、実構造物による試験施工を実施し、劣化環境にある既存コンクリート構造物への有効性や適用性を検証していきたい。

参考文献

1) 山本昌宏ほか：微細なひび割れを持つコンクリート試験体の作製方法とそれを用いたひび割れ補修材の性能確認試験方法に関する研究、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、第 12 巻、pp. 467-472, 2012. 10

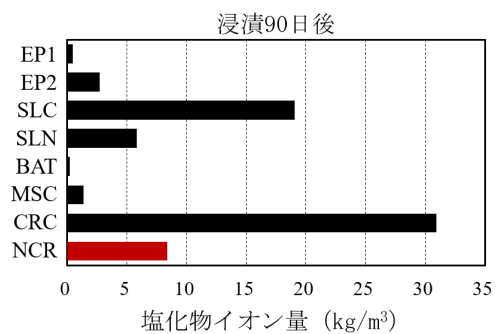


図-2 浸漬 90 日後の塩化物イオン量

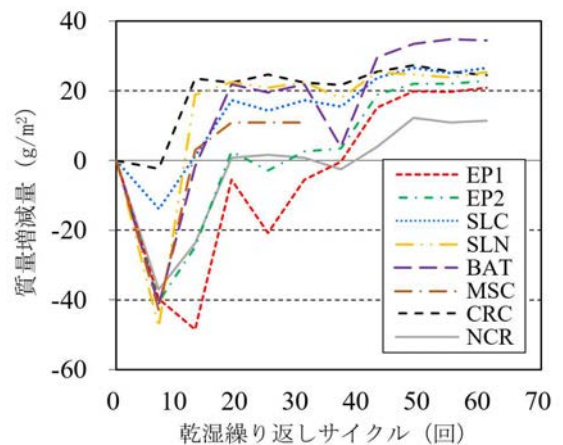


図-3 乾湿繰り返し試験における質量増減量

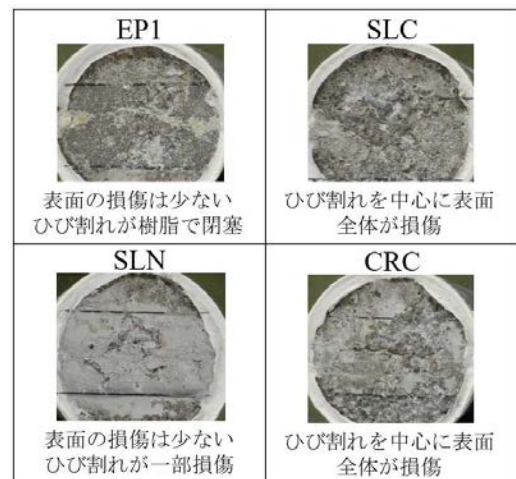


図-4 乾湿 65 サイクル後の補修面の損傷状態例