

樋門コンクリート構造物のひび割れ補修に関する基礎研究

東北学院大学 学生会員 ○尾形 拓海

東北学院大学 正会員 武田 三弘

株式会社 建設環境研究所 正会員 新沼 佳苗

東北学院大学 フェロー 大塚 浩司

1. はじめに

現在、国土交通省東北地方整備局内が管理している樋門・樋管は、今後10年間で約5割の施設の経過年が50年以上となり、施設の老朽化が進む状況となる。また、「点検実施要領」に従った点検によると施設全体の約7割が、施設の機能維持や長寿命化を図るために計画的な補修を行っていく必要がある。しかし、樋門・樋管で特に発生数の多いひび割れの補修箇所において、漏水・エフロ等の他の劣化の発生による再劣化が数多く確認されている。そこで本研究では、特に組成が母材と類似している、無機系の補修材によるひび割れ注入工法に着目し、どのような要因で再劣化が生じているのかを明らかにするため、注入・充填性状を確認するための基礎的な注入試験を行った。また、X線造影撮影法を用いてひび割れ充填後の密実性の評価を行い、適切な注入方法の確認を行った。更に、ひび割れ面に錆等の汚れが付着している場合の注入の影響について確認するため、引張試験を行った。

2. 実験概要

ひび割れ箇所に無機系補修材を注入する際に最も懸念されることは、補修材中の水分が吸収され、流動性が低下し充填不良になる点と、水分不足による未水和箇所の強度低下である。本実験では、ひび割れ内部が乾燥状態、湿潤状態であることを想定し、無機系の補修材注入後、充填状況の確認を行った。加えて、ひび割れ面に錆等の汚れが付着している場合に補修材を注入した際の付着への影響についても検証するため、無塗布、錆有のひび割れ面に各種補修材注入後、引張試験を行った。

2.1 φ150円柱供試体を用いた無機系補修材の充填状況の確認実験

実験には、レディーミクストコンクリート工場のフレッシュコンクリート(普通30-18-20N)を用いて作製したφ150×300mmの円柱コンクリート供試体を使用した。0.4mmの貫通ひび割れを再現するため、この供試体を、圧縮試験機を用いて引張方向に割裂し、その後、打込み下面側ひび割れの上下に注入用のプラグを取り付け、ひび割れ全面をコーティングすることで実構造物での注入状況を再現した。表-1は供試体条件を示したものである。使用した補修材は、高炉スラグの超微粒子(平均4μm)を主材とした超微粒子高炉スラグ系コンクリートひび割れ注入材(粘性45mPa/s、水比70%)で、長期にわたり硬化促進する特徴がある。



写真-1 供試体準備状況

表-1 供試体一覧

条件	補修材料	保管方法	注入後養生
乾燥	無機系	恒温高湿室(温度20℃、湿度60%)に1週間保管	恒温高湿室で気中養生
湿潤		注入口より水を充填後、2日間水中養生	養生槽で水中養生

注入方法は、供試体をひび割れが鉛直方向となるよう横置きにし、下端の注入用プラグから補修材を注入し、上端のプラグからリークが確認できるまで注入を続けた。注入前、注入後はそれぞれ気中・水中養生を行い(表-1参照)、その後、供試体を円盤状に輪切り(厚さ10mm)にカッティングし、目視による表層から奥行き方向の充填状況の確認と、X線造影撮影法を用いた補修材の充填状況や密実性の比較を行った。

2.2 アクリル板を用いた注入状況確認実験

実験には、300×300×60mmのコンクリート板と300×300×10mmのアクリル板を隙間が0.4mm空くよう端部をブチルテープで貼り合わせ、注入用のプラグを接着したものを使用した。補修材は、無機系は超微粒子高炉スラグ系コンクリートひび割れ注入材を用いた。現場におけるひび割れへの注入方法としては、ひび割れの最も低い位置から空気を追い出すよう加圧注入を行い、より上部にある注入口からのリークを確認してから順に注入する方法が用いられている。今回の実験では、右側面下面からの加圧注入を行った(写真-3参照)。

キーワード：ひび割れ注入、再劣化、X線造影撮影法、無機系補修材

連絡先：〒985-8537 宮城県多賀城市中央1-13-1 東北学院大学 022-368-7479

2.3 補修面の鑄付着を想定した各補修材の付着強度の確認実験

実験には、 $\phi 100 \times 200 \text{ mm}$ の円柱コンクリート供試体の中央を3点曲げ載荷で破壊したものを使用した。補修材は、無機系は超微粒子高炉スラグ系コンクリートひび割れ注入材（粘性 $45 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 、水比 70%）、有機系はエポキシ系、ウレタン系を用いた。表-2は供試体条件を示したものである。断面には、鑄汁（鑄濃度 0.02%）を塗布し24時間乾燥後、各種補修材を注入・養生し、材料試験機にて供試体上下面を固定後、引張試験を行った。

表-2 供試体一覧

No.	鑄塗布量 (g/m^2)	使用補修材	供試体本数
1	無塗布	エポキシ系	3
2		ウレタン系(親水性)	3
3		ウレタン系(疎水性)	3
4		スラグ系	3
5	7 g/m^2	エポキシ系	3
6		ウレタン系(親水性)	3
7		ウレタン系(疎水性)	3
8		スラグ系	3

3. 実験結果

「乾燥条件」および「湿潤条件」で注入した $\phi 150 \text{ mm}$ 円柱供試体をカッティングし目視により充填状況を確認した結果、乾燥条件、湿潤条件ともにおおむね充填されていることが確認できた。しかしながら、X線造影撮影を行い充填状況を比較したところ、「乾燥条件」の供試体ではひび割れ部が白くなっていることが確認できた（写真-2）。一方、湿潤条件の供試体では、一部ひび割れが確認されるものの、乾燥条件に比べひび割れの発生がかなり抑制されていることが確認できる。X線造影撮影法では、造影剤が浸透した箇所は白く映し出され、白くなるほど浸透量が多いことを意味するため、乾燥条件がより浸透量（空隙）が多いと言える。

300×300 mmの亚克力を用いた供試体でひび割れ内部の注入状況を確認した結果（写真-3）、「乾燥条件」では、不均一に補修材が充填されることが確認され、これらは、補修材中の水分が母体に吸収（ドライアウト）されたことにより、目詰まりがひび割れ内部に目詰まりが発生したためだと考えられる。

引張試験測定結果では、エポキシ系のみコンクリート部の破壊が生じたが、他の補修材では無塗布に対し鑄有では強度低下がみられた（図-3）。このことから、いずれの補修材においても、鑄により付着強度の低下に影響が出たものと考えられる。

4. まとめ

無機系補修材を用いて補修を行う場合、ひび割れ内部の状況によって硬化後の補修材の充填状況に差が生じることが確認できた。特に乾燥状況で実施を行った場合は、ドライアウトの影響で目詰まりが発生し充填性、補修材の密実性が損なわれ、再劣化につながる恐れがある。無機系補修材は、補修ひび割れの内部を湿潤条件にすることで大幅に充填性が向上し、また注入後も湿潤状態を確保することで補修材の早期強度発現が期待できることが分かった。鑄の付着状態での補修材注入は、付着強度の観点では、鑄の存在により補修材の付着強度に少なからず影響が出ていることから、補修材注入の際は、ひび割れ面を事前に洗浄しておくことが望ましい。今後、これらの結果より、補修の耐用年数や補修時期について検討していきたいと考えている。

乾燥条件



湿潤条件

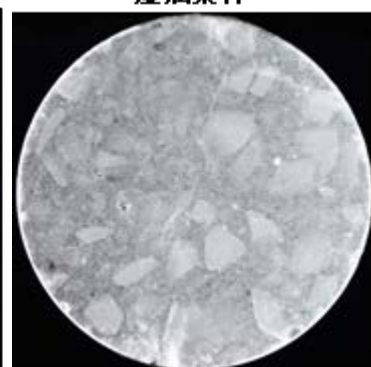


写真-2 X線造影撮影結果

乾燥条件



湿潤条件



写真-3 無機系補修材注入状況

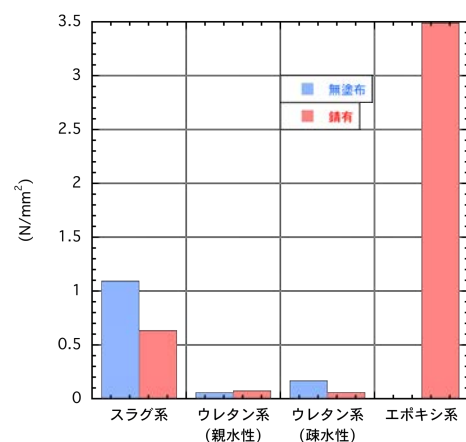


図-1 引張強度試験結果