

コンクリート構造物の補修時における鉄筋防食対策に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：令 5～令 7

担当チーム：材料資源研究グループ、耐寒材料チーム

研究担当者：新田弘之、古賀裕久、加藤祐哉、小沢拓
弥、百武壮、富山禎仁、佐々木巖、島多昭
典、三原慎弘、吉田行、内藤勲、遠藤裕
丈、長谷川諒、内田侑甫、野々村佳哲

塩害による鉄筋腐食が発生した鉄筋コンクリート構造物の断面修復では、再劣化を極力防止する方法として鉄筋防せい剤や犠牲陽極を用いた防せい処理等が併用される場合も多いが、その効果の検証法が確立されていない等の課題がある。また、犠牲陽極は、陽極材が損耗すると防食効果が損なわれるが、点検等でその時期を把握する方法は確立されておらず、補修後の維持管理に課題がある。

そこで本研究では、①、②、③の達成目標について、実験等を実施して以下の成果を得た。

① 鉄筋防食効果を有する補修材料・工法の評価試験の提案

防せい剤の効果の評価試験方法としてよく参考にされている建築学会の手法は、加圧塩水浸漬工程の実施難易度が高いという課題があった。これに対し NaCl を事前混合した供試体を用いても類似の評価結果を得ることができ試験の簡易化が可能なことを確認（論文リスト c-2、c-3、c-4）。また、既存の方法は新品の鉄筋を用いるが、補修時と同条件の、塩分で腐食させた鉄筋を用いると評価が異なる場合があり、現場条件に応じた評価が必要であることを確認（論文リスト a-2）。

② マクロセル腐食抑制手法の提案

犠牲陽極の交換インターバルの拡大を見据えて「断面修復前に既設側の打継ぎ面に表面含浸材を塗布して既設部と断面修復部の境界の電気抵抗を高める方法」と「犠牲陽極を取り付ける方法」との併用によるマクロセル腐食抑制効果の長期化に関する検討を行った。また、打継ぎ面への塩分吸着剤の塗布によって既設部の塩化物を減少させる方法によるマクロセル腐食抑制効果についても、あわせて検討を行った。

その結果、既設部の塩化物イオン量が 2.5kg/m^3 以下の範囲では、電気抵抗を高める表面含浸材を打継ぎ面に塗布することでマクロセル腐食の進行を抑える効果が期待できることがわかった（論文リスト c-5）。また、塩化物イオン量が多い場合、電気抵抗を高める打継ぎ面への対策と犠牲陽極との併用によってマクロセル腐食の抑制効果が期待できる知見を得た（論文リスト c-5）。一方、打継ぎ面へ塩分吸着剤を塗布するケースでは、塩化物イオンの吸着の程度が小さく、塩分吸着によるマクロセル腐食の抑制効果が確認できなかった。

既設構造物に埋設され常に通電状態にある犠牲陽極材の維持管理手法の提案を目的に、室内供試体の促進試験や実構造物大 RC 桁の屋外暴露試験により電位分布等の挙動を実験検討し、犠牲陽極材の位置および防食影響範囲の点検評価方法を示した（論文リスト a-1）。

③ 断面修復時の鉄筋防食材料・工法選定手法の提案

①と②の成果を取りまとめ、環境・劣化状況を考慮した補修材料・工法の選定方法を提案した。

キーワード：表面含浸材、犠牲陽極、鉄筋防せい剤、塩分吸着剤、マクロセル腐食

STUDY ON CORROSION PREVENTION MEASURES FOR REBARS IN REPAIRING CONCRETE STRUCTURES

Research Period: FY2023-2025

Research Team: Materials and Resources Research Group, Materials Research Team, Cold-Region

Author: NITTA Hiroyuki, KOGA Hirohisa, KATO Yuya, OZAWA Takumi, HYAKUTAKE

Tsuyoshi, TOMIYAMA Tomonori, SASAKI Iwao, SHIMATA Akinori, MIHARA

Norihiro, YOSHIDA Susumu, NAITO Isao, ENDO Hirotake, HASEGAWA Ryo,

UCHIDA Yusuke, NONOMURA Yoshinori

Abstract: In the cross section repair of reinforced concrete structures with corrosion caused by salt injury, corrosion inhibitors and sacrificial anodes are applied to prevent re-corrosion, but the method for verifying their corrosion resistance has not been established. Furthermore, sacrificial anodes are sometimes attached to the reinforcement to prevent macrocell corrosion. When the sacrificial anode reaches the end of service life, its need to chip out the concrete and replace sacrificial anode. However, there is a concern that the labor required for replacement will decrease in the future.

In this study, experiments were conducted to achieve objectives (1), (2), and (3), and the following results were obtained.

(1) Proposal of evaluation tests of materials and construction methods that have rebars corrosion resistance.

Existing test methods for evaluating the corrosion resistance of corrosion inhibitors are difficult to conduct because immersion of specimens in salt water under pressure is required. As an alternative, tests were conducted using mortar specimens prepared by pre-mixing with NaCl, and similar results were obtained, indicating that the test can be simplified (Reference c-2, c-3, and c-4). Furthermore, while existing test methods use new rebars, testing with salt-corroded rebars under the same conditions as during repair yielded different evaluation results, demonstrating that the corrosion resistance can be evaluated under on-site conditions (Reference a-2)

(2) Proposal of methods to suppress macrocell corrosion.

It's investigated the sustained effect of inhibiting macrocell corrosion when "improvement of electrical resistance at the boundary between existing and repaired parts by surface penetrants" and "installing sacrificial anode" were used in combination. Also, it's investigated the effect of applying a chloride adsorption agent to the joint surface to reduce the amount of chloride ions in existing sections through adsorption to inhibit macrocell corrosion.

As a result, it was found that when the chloride ion content of the existing section is 2.5kg/m^3 or less, applying a surface penetrants that increases electrical resistance to the joint surface can be expected to suppress the progression of macrocell corrosion (Reference c-5). When the chloride ion content is high, combining measures to address the joint surface that increases electrical resistance with a sacrificial anode can be expected to suppress the macrocell corrosion (Reference c-5). On the other hand, in cases where a salt adsorbent was applied to the joint surface, the degree of chloride ion adsorption was small, and the inhibitory effect on macrocell corrosion due to salt adsorption could not be confirmed.

For the maintenance method for existing sacrificial anode materials, the behavior such as potential distribution was experimentally investigated through accelerated tests on indoor specimens and exposure tests on full-scale RC girders. Methods for evaluating the position of the sacrificial anode materials and the range of their corrosion protection effect have been presented through the experiments (Reference a-1).

(3) Proposal of selection methods of rebar corrosion protection materials and construction methods during cross section repair.

Based on the results of (1) and (2), methods for selecting repair materials and construction were proposed that consider the repair environment and deterioration status.

Keywords: Surface Penetrants, Sacrificial Anode, Corrosion Inhibitor, Chloride Adsorption Agent, Macrocell Corrosion

論文リスト

● 学術誌等による成果普及

査読付論文・国内（計 2 本）

- a-1) 佐々木 巖、小沢拓弥、大屋貴生、富山禎仁、古賀裕久：犠牲陽極材を埋設した塩分量が異なる供試体の鉄筋防食状態のモニタリング、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 25 巻、公表済、2025.10
- a-2) 加藤祐哉、藤本真世、古賀裕久：腐食させた鋼材を用いた試験による防せい材等の防せい効果の評価、コンクリート工学年次論文集、Vol.48、アクセプト済、2026.7

査読無し論文・国内（計 6 本）

- c-1) 遠藤裕丈：表面含浸材によるマクロセル腐食抑制効果、防水ジャーナル、No.627、pp.57-61、2024.2
- c-2) 陳内真央、加藤祐哉、古賀裕久：鉄筋防せい材の防せい性試験の簡略化に関する予備的検討、令和 7 年度土木学会全国大会 第 80 回年次学術講演会講演概要集、V-63、2025.9
- c-3) 加藤祐哉、陳内真央、古賀裕久：鉄筋防せい材の防せい性試験の簡略化に関する実験的検討、令和 7 年度土木学会全国大会 第 80 回年次学術講演会講演概要集、V-64、2025.9
- c-4) 加藤祐哉、陳内真央、古賀裕久：鉄筋防せい材の防せい効果評価試験の簡略化、土木技術資料、Vol.67、No.10、pp.16-19、2025.10
- c-5) 遠藤裕丈、三原慎弘：表面含浸材と犠牲陽極を併用した断面修復後の鉄筋コンクリート構造物のマクロセル腐食抑制効果に関する研究、寒地土木研究所月報「寒地土木技術研究」、No.876、pp.2-11、2025.12
- c-6) 遠藤裕丈、吉田行：シラン系表面含浸材による鉄筋コンクリートのマクロセル腐食抑制効果に関する研究、第 69 回（令和 7 年度）北海道開発技術研究発表会発表概要集、2026.2