

コンクリート構造物の補修対策施工マニュアルの提案と普及

古賀裕久・島多昭典・新田弘之

1. はじめに

これまで社会インフラとして多数のコンクリート構造物が建設されているが、建設から長期間を経た構造物の割合が増加しつつあることから、これを適切に点検・診断し、必要に応じて補修等の処置を行う長寿命化技術の重要性が増している。

我が国でコンクリート構造物の補修材料・工法に関する知見が本格的に取りまとめられた初期の事例は、建設省総合技術開発プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」(1985～1987年度、以下「耐久性総プロ」という。)であり、塩害やアルカリシリカ反応により劣化した構造物の補修方法として、劣化した部位をはつりとして断面修復する方法やコンクリート表面を被覆する方法、ひび割れを注入または充填する方法について当時の知見がまとめられた¹⁾。

しかし、補修が必要になる構造物は設計で用いられた技術基準や施工の良否、周辺環境などが様々であることから、期待通りの補修効果を得ることは容易ではなく、補修後、短い期間のうちに補修箇所の再劣化が生じた事例も少なくない。これに対し、材料メーカー等から様々な新材料・工法の技術提案があるが、新材料・工法は、屋外環境での長期耐久性が従来のコンクリート等の建設材料と異なる可能性もあり、評価が難しい。

このような課題に対しては、コンクリート構造物を管理する技術者向けの点検・診断・補修に関する技術資料の作成^{2),3)}や、NETIS等の新技術評価制度等での情報提供⁴⁾などの試みがなされてきた。また、土木研究所先端材料資源研究センター(iMaRRC)及び寒地土木研究所耐寒材料チームでは、耐久性総プロ以降も継続的に補修材料に関する研究を行い、知見を蓄積してきた。ただし、これらの個別の検討を通じて得られたた知見が、必ずしも十分には統合されていなかった。

そこで、iMaRRCおよび耐寒材料チームでは、

土木研究所の第三期中長期計画(平成23～27年度)期間中の複数の研究で得られた知見やこれまでの技術指導等を通じて蓄積した知見を統合して、「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)」⁵⁾として2016年に提案した。また、引き続き第四期中長期計画(平成28～令和3年度)期間中に得られた知見を入れて改訂した「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル2022年版」⁶⁾を公表した。

本報では、その内容を紹介するとともに、これを普及するために行った活動等を紹介する。なお、本報の執筆に前後してマニュアルを公表したことから、内容紹介は2022年版に基づいており、普及活動は2016年版に関するものとなるが、本報の中では両者を区別せず、補修マニュアルと略す。

2. 補修マニュアルの概要

2.1 補修マニュアルの全体構成と特長

補修マニュアルは、図-1に示すように、共通編と各種工法編(特に使用される機会の多い表面被覆・含浸工法編、断面修復工法編、ひび割れ修復工法編)、および不具合事例集で構成されている。

補修は、先述したように実施条件が様々であり、適切に実施することは必ずしも容易ではない。また、補修箇所の不具合が公表され、知見として共有されている事例は少ない。補修マニュアルでは、

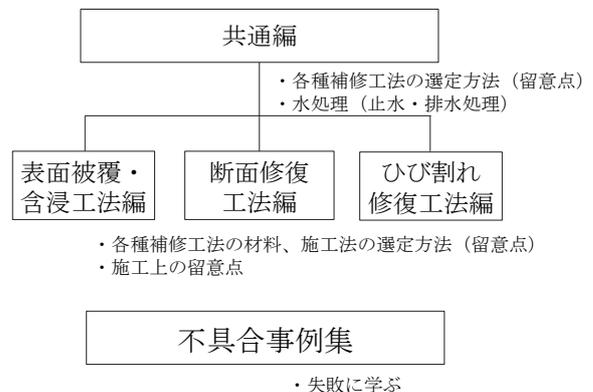


図-1 マニュアルの構成

補修の設計



図-2 補修工法検討の流れ

実際に不具合が発生した25件について原因等を分析しており、またその知見に基づいて、各種工法編での留意事項を整理している点が特長である。

2.2 共通編

補修を検討する場合は、図-2に示すように各種劣化要因に応じた補修方針を設定し、具体的な補修方法を検討するのが原則となる。

共通編では、その具体的な検討例として、比較的報告例の多い劣化要因（塩害、中性化、凍害、アルカリ骨材反応、温度・乾燥ひび割れ）ごとに、その劣化程度に対応した補修方針と具体的な補修方法を整理している。また、劣化が進行した段階での補修工法の選定には、より高度な検討が必要となることから、その際の留意点について整理している。

なお、このように補修工法や使用する補修材料を選定する際には、構造物の置かれる環境条件、例えば、施工を行う部位の乾燥・湿潤の程度や補修を行う際の温度や湿度の条件なども考慮する必要がある。なお、補修した箇所の品質に影響を与える環境条件やその影響程度は、補修工法や材料の種類によって大きく異なるので、具体的な留意点は、各種工法編に示している。

2.3 表面被覆・含浸工法編

コンクリートの表面を保護する工法には、表面に塗膜を形成する表面保護工法と、コンクリート



図-3 施工に起因する表面保護工法の不具合事例

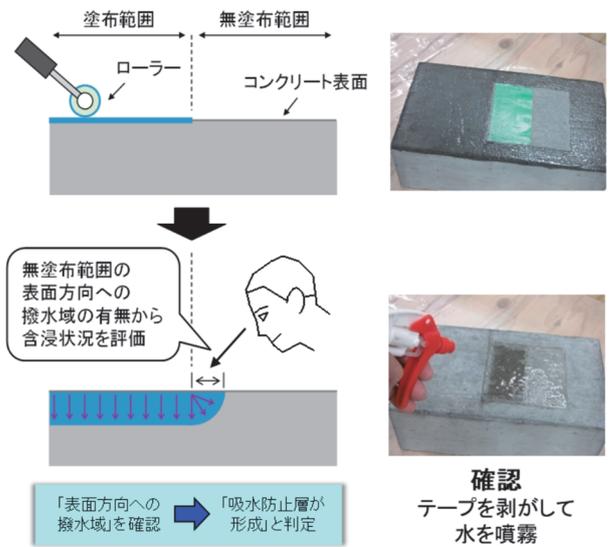


図-4 シラン系含浸材の含浸状況非破壊確認法の提案



図-5 吹付け用補修材料の供試体作成状況

に補修材料を含浸させて撥水性を付与したり、緻密化をはかったりする表面含浸工法がある。

表面保護工法については、これまでに多数の実績があるが、不適切な施工が原因で不具合が生じた事例（図-3）もあり、それらの経験を踏まえて施工時の管理項目を紹介している。

また、2022年版の改訂で、表面含浸工法（特にシラン系表面含浸工法）に関する情報を充実させ、例えば図-4に示すように、施工した表面含浸材の含浸深さを現場で簡易に測定できる方法等について提案している。

2.4 断面修復工法編

劣化したり、塩分が侵入してしまったコンクリートをはつりとして断面修復を行う際には、補修範囲の大きさや施工条件を考慮して、ポリマーセメントモルタルや高流動コンクリートなどが用いられており、これらの材料に求められる品質やその確認方法について網羅的に整理している。

これまで主にポリマーセメントモルタルを左官工法で施工する場合を対象に紹介していたが、2022年版の改訂で、吹付け工法について施工上の留意点や供試体作製上の留意点等の情報を充実させている(図-5)。

また、積雪寒冷地等では、断面修復箇所の下地コンクリートのはつり面が弱点となり、そこから凍害等による再劣化が進行する事例があった。その対応策として、はつり面の脆弱部にエポキシ系の浸透性塗布材を浸透させて改善し、耐久性を向上させる方法を紹介している。

2.5 ひび割れ修復工法編

ひび割れ修復工法編では、ひび割れ注入工法とひび割れ充填工法に用いる材料選定や実施上の留意点について紹介している。

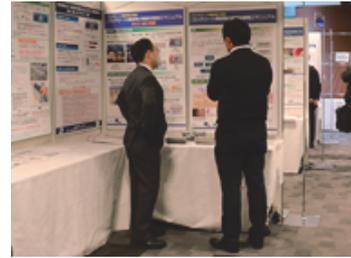
例えば、ひび割れ注入に用いられる樹脂系材料は、低温によって流動性が低下するので、使用する材料を選定する際には適用するひび割れ幅に加えて施工環境なども考慮し、適切に選定する必要がある。これに柔軟に対応するため、従来のJISでいう低粘度形を低粘度と超低粘度に分類するなどして、選定例を示している。

3. 補修マニュアルの普及活動

3.1 技術講習会等

補修マニュアルについては、新技術ショーケースなど土木研究所が主催する講習会で数多く紹介している(図-6)。また、2017年には福岡県からの依頼を受け、橋梁点検技術者向けの講習会を実施した。

近年は、各種学協会や業界団体が主催する技術講習会等の場においても、補修マニュアルを紹介する機会が増えてきている。発注者のみならず、補修設計や施工に従事する技術者が新たな施工法や留意点を共有することによる再劣化の未然防止・耐久性向上が期待される。



(a)土研新技術ショーケース(2022年度福岡)



(b)現地講習会(2018年度旭川)

図-6 講習会等での技術紹介

3.2 研修テキスト等での普及

国土交通省では、インフラの老朽化に対応した構造物別の研修を整備し、各地方整備局等で実施して全国の直轄職員のほか自治体職員のニーズにも応えている。このうち橋梁初級Ⅱ研修のテキスト「コンクリート部材の補修補強にあたっての事前事後処理」は、令和2年度から補修マニュアルの内容を踏襲している。

前節に述べた技術講習会等での普及活動をきっかけに九州地区の技術者向けに作成された「橋梁コンクリート部材の補修・設計の手引」⁷⁾に補修マニュアルの一部が引用されるなど、各地域で実施される技術者向けの研修等でも活用していただいている。

3.3 国際基準への提案

fib(国際コンクリート連合)では、コンクリート構造物に関する国際的な基準書(モデルコード)を概ね10年毎に改訂している。現在、「fibモデルコード2020」の検討が進められており、今回は補修分野が拡充されている。この分野に関する2つのタスクグループに当所から委員として参画し、対策選定を中心に新たなモデルコードの作成を分担しており、補修マニュアルの内容を反映した提案を行っている(図-7)。

また、補修および対策の技術仕様についてのタスクグループでは、コンクリート構造物の保全・補修技術を集めてガイドラインとケーススタディ



図-7 fibタスクグループでの議論

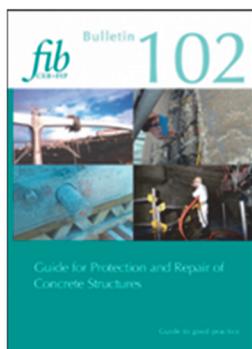


図-8 fib技術資料102

を技術資料(bulletin)102としてまとめ、発行している(図-8)⁸)。この中には補修マニュアルの要素技術である表面含浸工法やひび割れ修復工法についての日本での研究事例が反映されており、2022年9月には、この技術資料の内容を国際ウェブセミナーにおいて紹介した。

今後、補修対策の選定と実施に関するタスクグループからも技術資料が発刊される予定である。

4. まとめ

iMaRRCと耐寒材料チームでは、コンクリート構造物の補修後の再劣化事例などを分析し、補修方針や補修方法を選定するための考え方や、代表的な補修方法である表面被覆・含浸工法、断面修復工法、ひび割れ修復工法を行うにあたっての留意点などを整理した「コンクリート構造物の補修

対策施工マニュアル」を公表している。

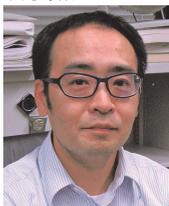
本報では、補修マニュアルの2022年の改訂にあたり、その概要を紹介するとともに、特に内容の充実を図ったシラン系表面含浸工法や吹き付け工法などについて紹介した。また、技術講習会や各種研修などを通じた、発注者や補修設計・施工に従事する技術者への普及について紹介した。さらに、国際基準の策定等の活動にも参加し、補修マニュアルの内容の改善に向けた活動を継続的に行っていることを紹介した。

ここで紹介した技術が、コンクリート構造物の補修の確実性を高めることに少しでも寄与することを期待するとともに、今後も補修マニュアルの内容は随時見直し、研究成果として得られた知見を早期に普及させていくつもりである。

参考文献

- 1) 建設省：建設省同号技術開発プロジェクトコンクリートの耐久性向上技術の開発、(一財)土木研究センター、1989.5
- 2) 橋梁塩害対策検討委員会：塩害橋梁維持管理マニュアル(案)、2008.4
- 3) ASRに関する対策検討委員会：アルカリ骨材反応による劣化を受けた道路橋の橋脚・橋台躯体に関する補修・補強ガイドライン(案)、2008.3
- 4) 小沢拓弥ほか：コンクリート構造物の補修に用いる各種表面含浸材の塩害暴露試験、土木技術資料、第64巻、第11号、pp.50~51、2022.11
- 5) 土木研究所：コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)、土木研究所資料No.4343、2016.8
- 6) 土木研究所：コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル 2022年版、土木研究所資料No.4433、2022.12
- 7) コンクリート構造物維持管理技術研究会：橋梁コンクリート部材の補修設計・施工の手引、(一社)九州建設技術管理協会、2018.12
- 8) International Federation for Structural Concrete : Guide for Protection and Repair of Concrete Structures、fib Bulletin 102、2022.

古賀裕久



土木研究所 先端材料資源研究センター材料資源研究グループ 上席研究員(汎用材料担当)、博士(工学)
Dr. KOGA Hirohisa

島多昭典



寒地土木研究所 寒地保全技術研究グループ耐寒材料チーム 上席研究員、併任 先端材料資源研究センター材料資源研究グループ
SHIMATA Akinori

新田弘之



土木研究所 先端材料資源研究センター材料資源研究グループ 上席研究員(先端材料・高度化担当)、博士(工学)
Dr. NITTA Hiroyuki