

特集>>> コンクリート工, コンクリート構造

行政情報

土木研究所版

「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)」

西 崎 到・佐々木 巖・櫻 庭 浩 樹

コンクリート構造物の補修は、劣化を抑制し耐久性等の性能を回復・向上させることを目的に施工されるが、期待した効果が発揮されず早期に再劣化することもある。土木研究所では、コンクリート構造物の長寿命化に向けた補修対策技術について調査研究を行い、補修工の不具合は、補修材料の品質やその規格に因るものより、材料工法の選定の誤りや現場での施工管理によるものが多いことがわかった。それらの成果から「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)」をとりまとめた。

キーワード：コンクリート、補修、表面被覆、表面含浸、断面修復、ひび割れ修復、不具合事例

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性に関しては1970年代に塩害やアルカリシリカ反応による早期劣化が顕在化した。旧建設省で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」に取り組み、その成果は塩害を受けた土木構造物の補修指針(案)やアルカリ骨材反応被害構造物(土木)の補修・補強指針(案)として整理されている。

以来、それらの指針(案)は永く使われてきたが、30年が経過し、その間の技術の進歩に追従するために新たな指針類の作成が必要となった。土木研究所では2011～2015年にプロジェクト研究「コンクリート構造物の長寿命化に向けた補修対策技術の確立」を実施し、その成果として「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)」をその試案として作成した。

このマニュアル(案)では、図—1に示すように、適切な補修を行うための標準的な考え方(補修方針の設定、各種補修工法の選定方法など)を、共通編とし

てとりまとめた。また、表面被覆・表面含浸工法、断面修復工法、ひび割れ修復工法について、補修材の品質確認方法や、施工上の留意点を整理した。さらに、補修後の再劣化等の不具合事例と、その推定される原因が示されている。

本報ではまず不具合事例を紹介し、それを防ぐために取りまとめた共通編を中心にその概要を紹介する。

2. 不具合事例に基づく検討

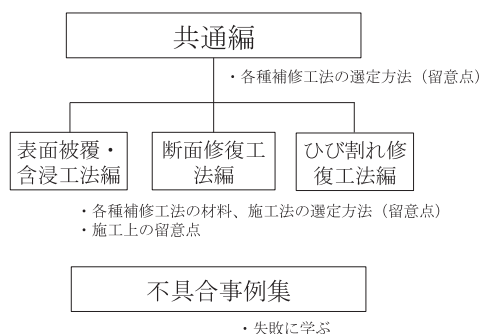
(1) 不具合事例の類型化

コンクリート構造物の補修は、劣化を抑制し、耐久性等の性能を回復・向上させることを目的に施工されるが、期待した効果が発揮されていない事例も見られる。そこで、不具合が生じた事例を収集し、その要因を検討した。

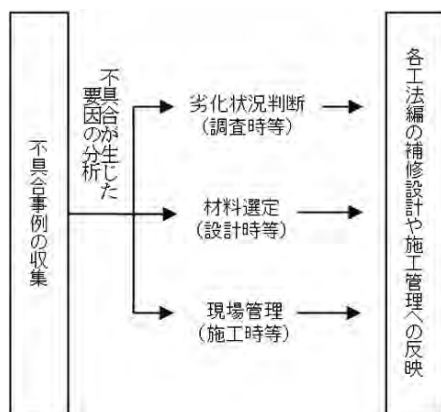
図—2に、検討の流れを示す。耐久性の回復もしくは向上を目的とした補修工法のうち、表面被覆工法、断面修復工法、ひび割れ修復工法を中心に、収集した不具合事例の要因を分析している。その結果、不具合事例には、補修前の調査における劣化状況判断が不適切だった場合、補修設計時の工法・材料選定が不適切だった場合、および施工時の現場管理が不適切だった場合、およびこれらが複合した場合があった。これらの事例を考慮し、遵守すべき事項や配慮することが望ましい事項を整理した。

(2) 代表的な事例

図—3は寒冷地域の堰堤で、劣化したコンクリー



図—1 コンクリート構造物の補修対策施工 マニュアル(案)の構成



図一 2 不具合事例の類型化とマニュアルへの反映

ト表面を除去した後、モルタル吹付けにより補修したが、補修後にモルタル面に多数のひび割れとモルタルの土砂化が見られた事例である。補修前後の劣化ともに、凍結融解作用の繰返しが劣化の原因と推定される。補修に使用した材料の、耐凍害性が不十分であったと考えられ、補修材料の選定が不適切な事例である。

図一 4 は寒冷地の樋門で、凍害劣化部を除去して断面修復し、表面被覆を実施したが、補修3年後に被覆表面のひび割れと断面修復の剥落が生じた事例である。除去不足であった劣化部の凍結融解とともに、施工時の防寒対策や養生の不足による、表面被覆材の接着不良や断面修復の一体化不足が劣化の主因と考えられ、現場の施工管理が不適切な事例である。

(3) 不具合を防ぐために

これらの分析結果に基づき、調査や補修設計、施工時における一般的な留意点について共通編に示した。また、具体的な補修材料の選定や施工における品質管理・検査項目は、使用する材料・工法によって注意すべき点が異なるので、工法別の編に示した。

3. 共通編

(1) 補修方針の設定

ISO 16311（コンクリート構造物の維持管理と補修）では、構造物に求める要求性能、劣化の状態、劣化要因などを踏まえて補修方針を設定し、それに応じた補修の設計を行うこととしている。本マニュアルでもこの方針を踏襲することとした。表一 1 に、ISO 16311 に示されている補修方針の分類を示す。

(2) 劣化要因ごとの補修方法の選定方法

補修工法を具体的に検討するにあたっては、補修対象となる構造物の劣化原因や劣化程度を考慮して、表一 1 の補修方針から具体的な補修方法の選定に結びつけていく必要がある。

そこで、比較的報告例の多い劣化要因（塩害、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の



モルタル面のひび割れ

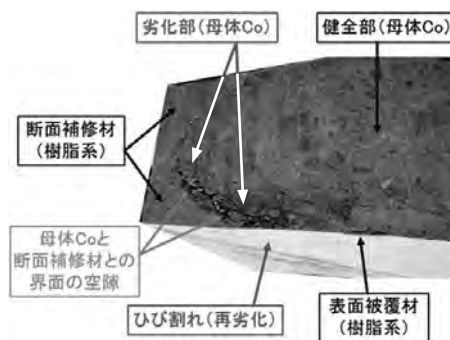


モルタルの土砂化

図一 3 コンクリート堰堤の不具合事例



表面被覆材のひび割れ



劣化した部位の断面

図一 4 コンクリート樋門の不具合事例

表—1 ISOでの補修方針と補修工法の例

No.	補修方針	補修工法の例
1	劣化因子の遮断	撥水性表面含浸、表面含浸、表面被覆 ひび割れ注入、外部パネルの設置等
2	水分の浸入抑制	撥水性表面含浸、表面含浸、表面被覆 外部パネルの設置、電気化学的処理等
3	コンクリートの復元	モルタル被覆、コンクリートの再打ち込み 吹き付け、部材の取り替え等
4	構造的補強	補強鋼材の追加、アンカー、補強版接着 欠陥部への注入・充填、プレストレス導入等
5	表面改質／ 物理的抵抗性の向上	表面被覆、表面含浸 モルタル・コンクリートによる増厚等
6	化学的抵抗性の向上	表面被覆、表面含浸 モルタル・コンクリートによる増厚等
7	不動態皮膜の保護・復元	かぶりの増厚・塗装、コンクリートの打換え 再アルカリ化、電気化学的脱塩等
8	含水率の増加抑制	撥水系含浸、表面含浸、表面被覆等
9	カソード反応抑制	飽水や表面被覆による酸素供給量の抑制等
10	カソード防食 (電気防食)	防食電流の印加による防食電位の維持等
11	アノード反応の制御	塗装鉄筋、防錆剤、犠牲陽極の設置等

関連付けを行った。このうち、海からの飛来塩分などの影響を受けてコンクリート中の鉄筋が腐食する塩害について整理したものを表—2に示す。このように、劣化の状態、補修方針と補修方法を関連づけることで、誤った補修工法選定のリスクを軽減できるものと考えられる。

表—2中の水処理とは、排水溝の清掃や水切りの設置等である。多くの劣化要因に対処できる最も基本

的、かつ重要な予防対策であり、管理者の技術レベルによらず、実施することを基本とした。

劣化の進行に応じて補修方針が変化し、それに合った補修工法を選定する。劣化が進行した段階での補修方法の選定については、専門的な知識が必要であり、その留意点についても整理した。

(3) 施工における留意点

施工においては、施工前調査の重要性を強調した。補修設計における調査では全ての補修予定箇所が調査されていない場合があり、また、設計から施工までの時間の経過にともなって劣化が進行している場合もある。このため、補修の直前にその方法と施工範囲の妥当性を確認する必要がある。調査結果によっては契約変更も必要となりうる。

施工後の初期点検時の時期に関しては、不具合事例からも施工条件等が悪い場合に施工後1年以内に変状が出た事例が多いことから、施工から1年程度で初期点検を行うことを提案した。

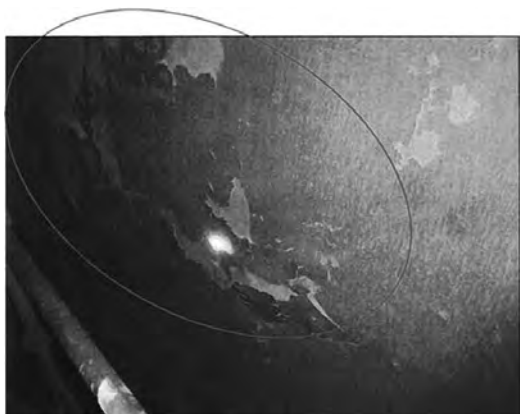
4. 表面被覆・含浸工法編

表面被覆工法については、要求された性能を満たす補修工法（材料）であっても、不適切な作業環境で施工がなされた場合、設計時に設定された補修材料の性能を保持する期間が短くなることや、早期再劣化が生じる場合がある。表面被覆・含浸材の変状には、施工管理の誤りに起因するものが多いことが不具合事例調

表—2 劣化要因と劣化段階に応じた補修方法選定例（塩害の場合）

外観の変状なし（鉄筋位置における塩化物イオン濃度が発錆限界以下）			外観の変状なし（鉄筋位置における塩化物イオン濃度が発錆限界以上、鉄筋腐食が始まる）			ひび割れや浮き、錆汁			耐力低下が懸念される劣化		
劣化現象	補修方針	補修方法例	劣化現象	補修方針	補修方法例	劣化現象	補修方針	補修方法例	劣化現象	補修方針	補修方法例
なし（鉄筋位置における塩分量が閾値以下）	劣化因子の遮断、水分の浸入抑制（1.2）	水処理 表面含浸 表面被覆	鉄筋腐食開始、ひび割れ無し	劣化因子の遮断、水分の浸入抑制（1.2）	水処理* 表面含浸* 表面被覆*	鉄筋腐食、ひび割れ発生	劣化因子の遮断、水分の浸入抑制（1.2）	水処理* 表面含浸* 表面被覆*	鉄筋腐食、ひび割れ進展	劣化因子の遮断、水分の浸入抑制（1.2）	水処理 表面含浸 表面被覆
	不動態皮膜の保護・復元（7）	脱塩		不動態皮膜の保護・復元（7）	断面修復 脱塩		不動態皮膜の保護・復元（7）	断面修復 脱塩		不動態皮膜の保護・復元（7）	断面修復 脱塩
	鉄筋防食（9～11）	電気防食		鉄筋防食（9～11）	電気防食		鉄筋防食（9～11）	電気防食 防錆剤		鉄筋防食（9～11）	電気防食 防錆剤
同一構造物の他の部位で変状が確認された場合、あるいは予防保全として実施			*断面修復が行われる場合は、その後実施			剥離防止	アンカー、巻立て		剥離防止	アンカー、巻立て	
						剥離、剥落	コンクリートの復元（3）	断面修復	剥離、剥落	コンクリートの復元（3）	断面修復
						*断面修復が行われる場合は、その後実施			鉄筋の腐食 耐力の低下	鉄筋の回復 構造的補強（4）	鉄筋の交換 補強、再構築

（）の数値は表—1に示す補修方針No.



図—5 塗装時の結露による表面被覆の剥離

査等からわかり、例えば、中塗りの混合不良によると思われる膨れ、塗装面の結露による剥離（図—5）がみられる。作業環境に関しては、気象条件や下地コンクリートの含水状態の管理が特に重要であるため、これらに関する管理項目を提案した。気象条件の湿度については、下地コンクリート表面の結露を防止するため、湿度が高くなり易い箇所で測定して管理すること、下地コンクリートの含水状態については、下地コンクリートの表面温度を測定し、露点温度と比較して管理することを示した。

表面被覆工法の品質管理においては、施工完了後、ブルオフ法による付着性試験を実際の施工箇所でを行い、屋外暴露試験等の結果に基づいて決定した判定基準と比較することで、付着性を確認する方法を示した。

5. 断面修復工法編

断面修復材は、ポリマーセメントモルタル等の配合で市販されているプレミックス品と、高流動コンクリートに大別される。

高流動コンクリートは、レディーミクストコンクリート工場で配合設計が行われることを想定し、使用材料がJIS A 5308（レディーミクストコンクリート）に規定されている品質規格を満足していることを前提として、耐久性に関わる多くの品質の確認を、水セメント比（W/C）で評価してよいこととした。これに対してプレミックス品は、使用材料や配合の詳細が開示されていないものが多い。このため強度や耐久性は品質試験を行って確認することを基本とし、各種の品質評価方法を提案した。

また、付着界面の品質が重要であることから、付着強度や付着の耐久性に関わる促進試験方法を提案した。さらに、施工上の留意点として、養生の重要性等を示した。

6. ひび割れ修復工法編

ひび割れ修復工法の補修設計においては、ひび割れの状態に応じた最適な工法と材料を選定するために必要な項目として、表面ひび割れ幅、ひび割れの規模や状態、漏水や析出物の有無、さらには、構造物の存置環境を考慮した選定方法を提案した。

ひび割れ修復工法の施工管理では、特に冬季施工において、気温はもちろんのこと、躯体コンクリートの温度管理も加え、また、低温により補修材の流動時間や硬化時間が遅延することを考慮した作業工程を組むこと等を示した。

さらに、析出物のあるひび割れへの対処方法について、ひび割れに直交した切り込み（クロスカット）を入れ、それを注入口とする方法を提案した。

7. おわりに

本マニュアル案は、下記のホームページからダウンロードすることができる。

<http://www.pwri.go.jp/team/imarrc/activity/tech-info/tech4343.pdf>

地方整備局や自治体等の構造物管理者においては、本マニュアルを参考にコンクリート構造物の補修対策の要領を整備しているところもある。今後、補修工事への適用により、より確実な補修が行われることを期待したい。また、補修補強に関する技術は日進月歩であり、本マニュアルもそれに対応すべく、今後も、新たな研究成果や現場の意見を反映し、更新されていく必要があろう。

JCM A

【筆者紹介】



西崎 到（にしぎき いたる）
国立研究開発法人 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



佐々木 巖（ささき いわお）
国立研究開発法人 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
主任研究員



櫻庭 浩樹（さくらば ひろき）
国立研究開発法人 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
研究員