

農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル

【頭首工編】について

農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室

課長補佐 井関 雅仁

1. マニュアル策定の背景

我が国の農業水利施設は、農業生産を支える基盤として全国に広く整備されてきましたが、老朽化の進行とともに耐用年数を超過する施設が増加傾向にあります。基幹的農業水利施設である頭首工（取水堰）は全国で1,970カ所整備されており、このうち約4割が耐用年数（標準耐用年数50年）を超過している状況にあります。また、国営事業で造成された頭首工（以下、「国営頭首工」という。）は全国に381カ所あり、このうち令和2年（2020年）3月時点で既に耐用年数を超過した国営頭首工は101カ所（27%）存在しています。令和12年（2030年）には、耐用年数を超過する国営頭首工は163カ所（43%）に達する一方で、補修工事を実施した国営頭首工は16カ所のみとなっています。したがって、補修済みを除く147カ所（39%）の適切な機能保全が急務となっており、今後、相当数の国営頭首工において補修・補強工事の実施が必要になると想定されます。

また、令和4年（2022年）5月には、これまでに例のない頭首工の大規模な漏水事故が発生し、その原因はパイピングによる浸透破壊と結論付けられ、地域社会や経済に重大な影響を与えました。

このような中、新たな土地改良長期計画（令和7年9月12日閣議決定）において、「農業水利施設の戦略的な保全管理による持続的な機能確保」が政策目標の1つとして掲げられるとともに、その目標達成に向けて講ずべき施策とし

て、「基幹から末端までの農業水利施設の機能保全に向けた施設の適時適切な補修・更新、適切な保全管理の推進」、「施設の集約・再編、省エネルギー化・再生可能エネルギー利用、ICT導入等による維持管理の効率化・高度化の推進」が位置づけられました。国営土地改良事業等に係る各地区において、農業水利施設の保全管理の取組が一層重要となっており、既存の水利ストックを活かす補修・補強工事に関する技術指針を迅速に整備し、技術支援等に対する各方面からの要請に応えていく必要があります。

このため、頭首工の補修・補強対策に関し、長寿命化のための機能保全対策の適切な実施と品質確保を図るための実務に必要な材料・工法の品質規格と選定、補修設計、施工管理及びモニタリング等に関する考え方や留意すべき事項等を取りまとめた技術図書として本マニュアルを策定しました。

本稿では、この農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【頭首工編】の概要についてご紹介します。

2. マニュアル策定の目的

戦略的な保全管理の推進のためには、ストックマネジメントのプロセスの中で確認された施設の性能低下状況、要求性能、使用環境条件等に応じて、適切な時期に補修、補強等の対策を実施し、低下した施設性能の回復又は向上を図ることが重要です。また、頭首工は河川に設置される構造物であり、農業水利施設としての水

利用・水理・構造機能を満足させる必要があることから、補修・補強工事は、変状要因、要求性能、その照査方法及び品質規格値などを理解した上で、適切な工法の選定、施工及び施工管理のもとで実施されることが求められます。

このため、本マニュアルは、頭首工を構成するコンクリート施設の補修・補強を実施する際の実務に必要な材料・工法の選定から設計、施工、施工管理、さらには施工後のモニタリング調査に至るまでの一連の技術的事項（考え方や留意すべき事項）を体系的に分類・整理し、実務において適切な補修・補強工事の実施と品質確保を図ることを目的としています。

3. マニュアルの構成と適用範囲

本マニュアルは、第1章から第6章までの本編に加え、参考資料、巻末資料及び付属資料から構成されています（図-1）。第1章（総則）では、頭首工の変状やその要因、エプロン系施設における摩耗現象の特徴やメカニズムについて整理しています。第2章（補修・補強工法の概要）では補修・補強工法の検討手順、種類と特徴、工法選定の考え方を体系的に整理し、第3章（補修の要求性能及び材料・工法の品質規格と選定）では、補修に求められる性能と、それを満足するための材料・工法の品質規格および照査方法を示しています。さらに、第4章（補修工法の施工）では具体的な施工手順、第5章（補修工事の施工管理と完成検査）では施工管理および品質管理の方法、第6章（対策後の施設監視）では施工後の施設監視およびモニタリングについて詳細に記載しています。

加えて、参考資料では、エプロン系施設の補修設計の計算例や工法選定フロー、補強工法の事例等を示し、巻末資料では試験方法や施工管理様式など実務で直接活用可能な資料を掲載しています。付属資料では、頭首工補修後の施設監視に役立てるため、頭首工補修工法のモニタリング調査票の様式を掲載しています。

～本マニュアルの構成～

【本編】
第1章 総則
第2章 補修・補強工法の概要
第3章 補修の要求性能及び材料・工法の品質規格と選定
第4章 補修工法の施工
第5章 補修工事の施工管理と完成検査
第6章 対策後の施設監視
【参考資料】
【巻末資料】
【付属資料】

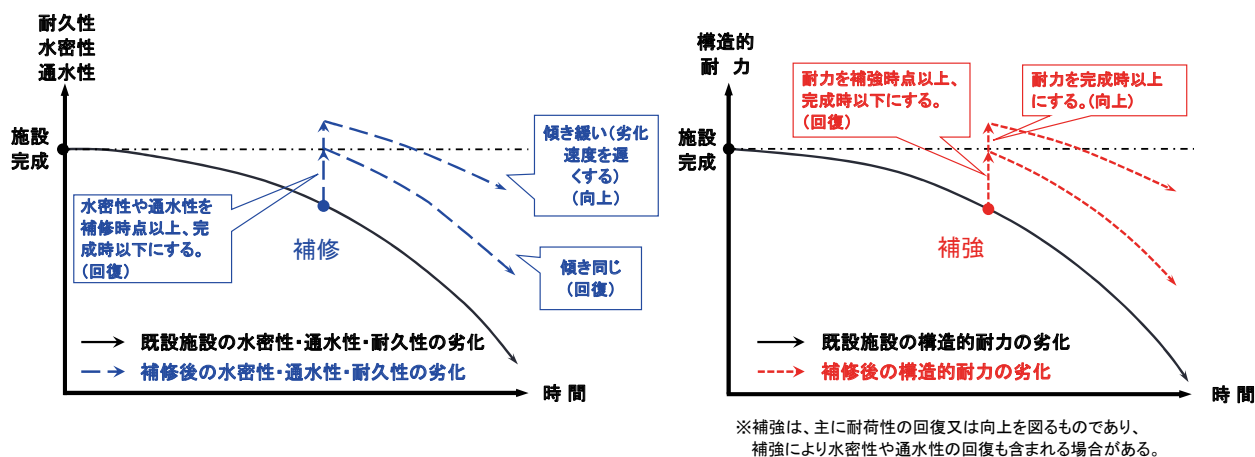
図-1 本マニュアルの構成

本マニュアルの適用範囲としては、国営土地改良事業で整備した農業水利施設のうち、かんがい期間中又は年間を通じて、流水又は河床砂礫にさらされる頭首工コンクリート施設に対して補修・補強を行う際に適用するものとしています。なお、国営土地改良事業以外の事業における工事等においても、それぞれの事業主体が独自の判断のもとで、本マニュアルを参考とすることを妨げるものではありません。

4. 頭首工における変状とその要因

平成18～30年度に補修・補強工事を実施した国営頭首工（26カ所）では、堰柱、エプロン、取水工、魚道等の施設において摩耗・骨材露出、ひび割れ、剥離、鉄筋露出等の変状が確認されました。主な変状は摩耗・骨材露出、ひび割れであり、これらが頭首工全体の変状に占める割合は59%にのぼりました。同じく、平成18～30年度に補修・補強工事を実施した国営頭首工における主な変状要因は、経年劣化、凍害、ASR、乾燥収縮等でした。主な変状要因は経年劣化、凍害であり、これらが頭首工全体の変状要因に占める割合は66%でした。

本マニュアルでは、頭首工の構成施設ごとに特徴的に見られる変状が異なることも示しています。例えば、エプロン系施設では摩耗が支配的となります。摩耗は流水中に含まれる土砂や転石による擦り磨き作用および衝撃作用によって進行し、表面モルタルの消失から骨材露出、さらには断面欠損へと進展します。このようなエプロン系施設における摩耗は、開水路に比べて数倍の速度で進行する場合があります、施設機能



図ー2 補修・補強の概念

に直接的な影響を及ぼします。このように、頭首工の構成施設ごとに特徴的に見られる変状とその要因を理解することが、補修・補強対策の検討において重要となります。

5. 補修・補強の目的

頭首工コンクリート施設の「補修」は、主に頭首工の「耐久性」を回復又は向上させることを目的として行い、機能診断調査による施設の劣化状況、機能保全コストを考慮した機能保全計画を踏まえて、対策工法を選定します。

これに対して、頭首工コンクリート施設の「補強」は、主に頭首工の「構造的耐力」を回復又は向上させることを目的として、耐震診断による耐震性能の有無、機能診断結果や機能保全コストを考慮した機能保全計画を踏まえて、対策工法を選定します。

実際は、耐久性と構造的耐力は互いに密接に関係しており、一方を向上させれば他方もある程度向上しますので、「補修」と「補強」は、「耐久性」と「構造的耐力」のどちらを主として回復又は向上させるか、その目的によって区別されます。主たる目的が「耐久性」の回復又は向上であれば「補修」となり、「構造的耐力」の回復又は向上であれば「補強」に分類することになります。

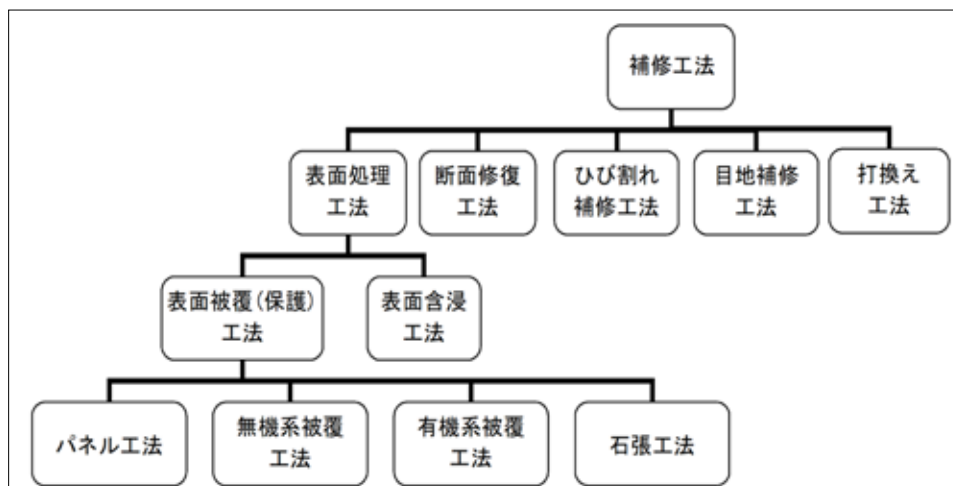
また、本マニュアルでは、「頭首工コンクリート施設」とは、頭首工を構成する施設のうち、

堰体、堰柱、エプロン等の無筋又は鉄筋コンクリートで築造された施設として定義しています。ここで、頭首工は「コンクリート施設」と、ゲート設備、電気設備、水管理制御設備等の「施設機械設備」から構成される「複合施設」であり、これらの構成施設が有機的に結合して、施設全体の機能を発揮していることが重要となります。この頭首工の施設全体の機能ですが、頭首工は河川から必要な農業用水を取水する機能を有しており、これらの機能は水利用機能、水理機能、構造機能に分類されます。このため、頭首工コンクリート施設の補修・補強は、単一の役割や性能を考慮するのではなく、これら頭首工が有する各機能を十分考慮する必要があります。

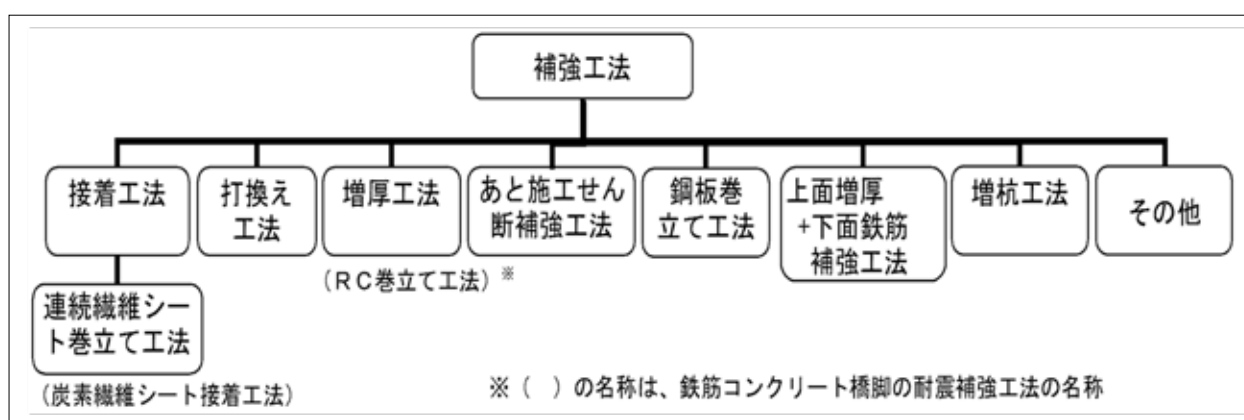
6. 補修・補強工法の種類

本マニュアルでは、頭首工コンクリート施設における補修工法を、表面処理工法、ひび割れ補修工法、断面修復工法、打換え工法及び目地補修工法に大別しています。そのうち、表面処理工法は、表面被覆工法及び表面含浸工法に分類し、さらに表面被覆工法を、無機系被覆工法、パネル工法、有機系被覆工法及び石張工法に区分しています（図ー3）。

それぞれの補修工法の特徴や国営頭首工における施工事例、施工の概要や手順等については、本マニュアルに詳しく記載しています。



図一3 補修工法の分類



図一4 補強工法の分類

頭首工コンクリート施設における補強工法については、接着工法、打換え工法、増厚工法、あと施工せん断補強工法、鋼板巻立て工法、上面増厚+下面鉄筋補強工法及び増杭工法に区分しています(図一4)。構造的耐力を回復又は向上させる頭首工の補強は、一律に適用できるものではありません。頭首工を構成する各施設において、それぞれ異なる構造的耐力の低下状況に応じて、工法の内容を決めなければならない点に注意する必要があります。補強に関しては、本編で補強工法の概要を示し、参考資料で補強の事例を紹介しています。

施工については、下地処理の適否が品質に大きく影響するため、高圧洗浄やはつりによる適切な処理が不可欠です。また、施工管理においては、材料の受入れから施工、養生に至るまで各段階で品質管理を徹底するとともに、出来形

管理として直接測定および撮影記録により結果を確認する必要があります。これらは第4章、第5章及び巻末資料に詳しく記載しています。

7. 構成施設の変状要因に応じた工法選定

頭首工の現場条件(気象条件、上流からの土砂供給等)、施設の変状要因(経年劣化、凍害等)によって、その施設に要求される性能は異なり、対策工法には様々な変状に対応した性能が求められます。施設毎の要求性能を踏まえて、所要の性能を有する工法を複数選択し、それらの比較検討により、最適な工法を選定することが必要です。

例えば、「変状要因」に対する工法選定フローとしては、頭首工では、摩耗劣化(流水、流砂、転石等)、ASR、凍害、中性化、塩害等の変状要因に応じた対策を講じる必要があります。摩耗の

範囲・深さ・速度やひび割れの進行性等を考慮し、変状要因と変状進行に応じた適切な対策工法を選定することが必要です。また、「変状」に対する工法選定フローとしては、頭首工では、ひび割れや断面欠損等の変状に対応する必要がある、ひび割れ幅や断面修復面積・深さ等の程度に応じた適切な対策工法を選定することが必要です。

頭首工の補修・補強後の施設に要求される性能には、耐摩耗性、耐衝撃性、耐候性、景観性等があります。工法選定にあたっては、これらの要求性能を踏まえて、補修材料や工法の品質規格や特性等を考慮のうえ、要求性能を満足する対策工法を複数選択し、それらについて耐久性、施工性、経済性、頭首工での施工実績、維持管理、現場への適用性等の面から総合的に比較検討を行い、最も有利な工法を選定するという流れになります。

8. 補修の要求性能、材料・工法の品質規格

補修は、その目的に応じて要求性能を明確にしなければいけません。本マニュアルでは、主に摩耗、衝撃、中性化、凍害等による変状や目地の劣化等に対する耐久性及び通水性の回復又は向上を目的として補修を行う場合において、頭首工の構造機能と水理機能に関する、補修の要求性能を整理しています。また、補修の要求性能のうち、材料・工法に関する照査方法（品質規格）を整理するとともに、標準的な工事に共通して求められる「基本的性能」と、施工条件や環境条件などにより個々の工事に個別的に求められる「個別的性能」に分類して示しています。

本マニュアルでは、補修の性能を照査するため、要求性能項目毎に使用する材料・工法の品質規格を設定しており、これまでの頭首工の補修実績、モニタリング調査及び研究成果に基づき定めた、頭首工エプロン系施設の補修に求められる補修材料・工法の品質規格（照査方法及び品質規格値）を例示しています。

補修に使用する材料・工法は、期待される耐用期間を通じて要求性能を満足することが求められます。そのため、材料・工法は、要求性能に対してあらかじめ設定した品質規格に適合するかを確認して使用しなければいけません。頭首工の各施設に応じた材料・工法の品質規格について、本マニュアルに詳細を記載しています。

9. 施工後の施設監視とモニタリング

本マニュアルでは、対策後の施設監視とモニタリングについても方向性を示しています。対策工法の施設監視は、当該工法により期待される性能を施設・設備が有しているか確認することを目的とし、対策工法に応じた施設監視計画を立案し、それに基づき実施をしていくこととしています。対策後の施設監視は、施設管理者が実施する目視を主体とした日常管理と、施設造成者が実施するモニタリングを対象としています。

施設監視計画に基づく施設監視結果は、対象施設の基本情報（施設基本情報・補修工法情報）や周辺状況写真・河川状況写真と併せて記録様式に整理を行い、農業水利ストック情報データベース等に蓄積し、施設造成者や施設管理者等の関係者がこれらの情報を共有することでリスク管理を行います。また、モニタリングによる施設監視は、対策工法の頻度、定点調査位置、モニタリング調査方法、記録・分析の方法を決めて実施します。

頭首工を構成する施設によって、外力が異なるため、発生しやすい変状が異なります。また、補修後に生じる変状の形態や想定される変状の発生要因は、使用する材料の特性によって異なることが考えられます。このため、施設監視では構成施設によって生じやすい変状と材料によって生じやすい変状に留意する必要があります。調査やデータ蓄積の精度を高めるため、補修工法の主材料に現れる変状の種類、既設国営頭首工のコンクリートの変状調査結果から、補修工法に発生する主な変状を本マニュアル内に

示しています。

10. 今後の展開

本マニュアルは現時点で得られる知見をもとに取りまとめたものです。実際の補修対策では、頭首工が置かれた現場環境・条件を十分考慮し、新技術の進展も踏まえた工法選定、設計等を行うとともに、今後、頭首工における補修・補強の設計・施工実績や、年間摩耗量等の現場実証データなどを積み重ね、新材料・新工法の研究・開発の成果を得ながら、段階的に本マニュアルの充実を図っていくべきものと考えています。

11. おわりに

頭首工は農業用水の安定供給を担う重要な農業水利施設であり、その機能を将来にわたり維持することは、地域農業の持続的発展に不可欠です。本マニュアルが現場技術者の実務を支援し、適切な補修・補強工事の実施を通じて、農業水利施設の戦略的保全管理の推進に寄与することを期待します。

なお、本マニュアル本文・参考資料・巻末資料・付属資料は農林水産省のHP (<https://www.maff.go.jp/j/nousin/mizu/sutomane/260312.html>) からご覧いただけます。