

第6章 対策後の施設監視

第1 基本的事項

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、それに基づき実施する。

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する。

【解説】

(1) 頭首工の補修・補強工事の現状

平成18年度～30年度に国営事業で補修・補強工事を実施した頭首工は、26カ所（高度化事業4カ所、更新事業22カ所）である。

施工対象施設は、80カ所で、その内訳は、エプロン系施設36カ所（堰柱(下部)6、エプロン16、固定堰6、導流壁5、護床工3）、魚道10カ所、その他施設34カ所（堰柱(上部)17、取水工9、護岸工5、沈砂池3）であるが、これらの工事による対策工法の持続的効果は、明らかにされていない。

また、早期変状に対する調査、評価方法も十分に確立されておらず、再劣化した補修・補強工法に対する対策方法も開発途上の段階にある。

(2) 施設監視の目的

施設監視は、対策工法の施工後に、供用開始後の状況変化、当初品質の維持状況を継続的に把握し、対策後の施設状態を把握することを目的として実施する。

対策工法の施設監視は、技術的かつ経済的に可能な範囲において調査項目を設定し、継続的に実施することが重要である。今後、対策工法を実施した範囲は、下記3項目について、施設監視のデータを蓄積し、日常点検とモニタリング結果の記録を踏まえて内容の充実と精度の向上を図る。

- ・対策工法の効果検証のためのモニタリング調査手法へのフィードバック
- ・性能照査方法や工種選定などの設計手法へのフィードバック
- ・個別施設の再対策の要否検討（要否判定基準の整理）のための情報収集

(3) 施設監視の内容と実施者

施設監視には、施設管理者が日常業務の範囲内で実施する「日常点検」と施設造成者が工法の評価や変状の進行を評価することを目的に実施する「モニタリング」がある。

日常管理については、農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工」第3章 日常管理、施設管理者の施設監視計画については、農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工」9 施設監視と対策の実施を参照されたい。

(4) 施設監視計画

施設監視計画は、対策工法を適切に評価するため、対象となる対策工法の摩耗機構を把握し、耐摩耗効果を発現するために必要となる性能、又は外観上の変状の程度等を対象に策定する。

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う。

また、モニタリング調査の施設監視計画は、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、実施する。

(5) モニタリング調査の施設監視の実施段階と流れ

施設監視の実施段階は、「対策工法の施工時」と「供用時」の2段階に区分することができる。

「対策工法の施工時」の施設監視は、今後継続して実施する施設監視データの初期値を把握するために実施する。なお、初期値は、対策工法施工時の性能発揮状況を把握するとともに、今後の性能低下傾向を把握するための基準値となる。

「供用時」の施設監視は、対策工法の変状の程度や進行性を把握し、対策工法の効果を適切に評価することを目的として実施する。

ア 施設監視のための事前調査

施設監視のための事前調査では、既存資料（表 6.1-1）の収集整理により、対策を実施した施設について、施設基本情報、施設状態情報、対策工法情報を把握する。

既存資料が十分に収集できない場合は、施設管理者等への聴き取り調査を実施し内容を把握し、その内容を基に、施設監視計画を立案する。

表 6.1-1 施設監視のために必要な収集資料(例)

| 情報区分 | 収集資料 | 把握内容 | |
|------------|----------------------|------|--|
| 施設基本 情報 | 工事誌、土地改良区パンフレット | 基本情報 | 造成年度（供用年数）、施設構造 等 |
| | 設計書、出来形図面、施設管理台帳 | 諸元 | 河川諸元、施設諸元（施設構造、施設規模等） |
| 施設状態 情報 | 既往調査資料、対策工事施工記録、聞き取り | 変状情報 | 対策実施前の変状種別、変状要因、変状程度、施設の補修履歴、下地調整の程度、対策実施後の施設状態（不具合の有無等） |
| 対策工法 情報 | | 基本情報 | 対策工法種別（有機系被覆工法、無機系被覆工法、パネル工法） 対策工法名称、工法選定理由、対策工法の要求性能 |
| | 製造証明書等 | 材料情報 | 品質試験結果 |

表 6.1-2 施設監視計画記載項目(例)

| 検討項目 | 備考 |
|--------------|---|
| 施設監視対象施設の概要 | ・事前調査で把握した基本情報（施設基本情報・対策工法情報）、施設状況写真（対策施工完了時の写真）を示す。 |
| 施設監視対象範囲（位置） | ・原則として対策工法が実施された範囲を調査対象とし、位置図と測点等の位置情報を添付する。 ・施工範囲が広い場合は、定点を設けて調査を行う。 ・定点は対策前の施設の状態、河川工作物、橋梁当の近接箇所や調査しやすい箇所等を考慮し設定する。 |
| 施設監視項目 | ・施設監視対象の対策工法に応じて適宜設定する。 |
| 施設監視頻度 | ・日常点検は1年に1回程度、モニタリングは計画的に実施するが、モニタリングで確認された変状の程度に応じて適宜再設定する。 |
| 施設監視実施者 | ・施設管理者、施設造成者、専門技術者等、実施者を明記する。 |
| 留意事項 | ・施設の条件や施設変状の有無、運用状況等について施設管理者に確認し、工法や材料の特性、施工状況などを施工業者や製造業者に確認し、施設監視時に留意すべき事項があれば記載する。 |

イ 施設監視結果の記録

実施した施設監視結果は、所定の記録様式に整理し、対策工法の効果検証や施設監視計画にフィードバックする。

ウ 業務継続計画の整備（Business Continuity Plan : BCP）

施設管理者は、施設監視計画のほか、豪雨、大規模地震等により土地改良施設が被災する、あるいは事故等により取水が停止するなどの不測の事態に直面し、人員、情報等に制約のある状況下において、人的被害の防止及び施設の機能回復のために優先すべき業務を特定し、業務を継続させるために必要な措置を定めた業務継続計画を整備しておくものとする。

業務継続計画の整備及び見直しにあたっては、土地改良施設管理基準「頭首工」を参照されたい。

エ 異常が確認された場合の対応

施設管理者は、日常点検により異常が確認された場合、速やかに施設造成者に連絡する。連絡を受けた施設造成者は、情報収集に努め、施設管理者等関係機関と連携して、新たに該当箇所の施設監視計画を定め、補修対策の検討を行うなどの必要な対応を行う。

点検の結果、頭首工の保全管理上、早期の対応が必要と認められた場合は、河川管理者等と協議の上、速やかに応急措置を行い、頭首工の安全性の確保に努めるものとする。また、応急措置を行った場合には、施設造成者、河川管理者等に報告しなければならない。

頭首工における深刻な変状形態の一つとしてパイピングによる浸透破壊がある。このため、上流側での吸込み、下流側での湧水・噴砂やコンクリート継ぎ目（目地）の開きといったパイピングにつながるおそれのある施設の変状が発見された場合は、施設管理者、利水関係者等と調整し、業務継続計画等に基づき上流水位の低下を検討するとともに、速やかに状況及び原因

の把握、対策の検討に必要な調査を行う。

なお、漏水がパイピングによるものか学識経験者等へ相談し、パイピングであった場合は必要な調査及び対策方法も相談する。

【 コラム ～ M頭首工での漏水事故 ～ 】

令和4年5月15日に、昭和31年度に建設されたM頭首工において大規模な漏水事故が発生した。

漏水発生後のM頭首工の現地調査では、左岸上流地山付近の止水矢板の不存在、エプロン施工継目の止水板の未設置、堰体及び上下流エプロン下の空洞、魚道フーチングと張コンクリート接合部の継目開き等が確認され、漏水事故の発生メカニズムは、浸透路長が短くなることでパイピングが起これ、浸透破壊に至ったものと推定されている。



写真 6.1-1 堰下流側（変状初期）



写真 6.1-2 堰下流側（変状拡大）



写真 6.1-3 堰上流側（変状拡大時）



写真 6.1-4 漏水事故による水位低下

パイピングによる浸透破壊の危険性を把握するためには、巡視、計測等の点検を計画的に実施し、変状及びその要因を平時より把握しておくとともに、関係者と必要な情報を共有し、漏水発生時のための準備を行っておくことが肝要である。また、パイピング確認後は、速やかに対策を講じ、被害を最小限に抑えることが重要である。

第2 着目すべき変状

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る。

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る。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。

【解説】

頭首工の構成施設別に発生しやすい変状と材料の特性から生じやすい変状について表 6.2-2、表 6.2-3 に整理した。モニタリング調査や変状の発生要因の検討の際、参考にする。

なお、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表 6.2-1 に示した。

調査に当たっては、母材の変状と関連した変状の発生のほかに、外的要因により発生する変状も想定されることから周辺状況の変化にも注意を払う必要がある。表面被覆工法においては、断面修復材と表面被覆材の境界に異種材料の境界に浮きが発生しやすい。また、既設コンクリートのはつり、下地処理や養生時の温度管理などが十分に実施されていない施設において変状が顕著に発生していることがこれまでの調査結果から確認されていることに留意して調査及び変状発生要因の検討を行う。

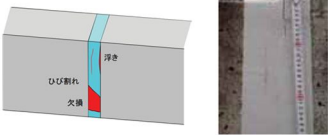
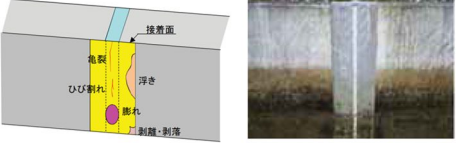
表6.2-1 補修工法に発生する主な変状

| 変状 | 変状の状態 | 変状が発生しやすい施設 | 変状が発生しやすいと想定される補修材料 | 補修工法の性能に及ぼす変状の影響 |
|------------|--|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 摩耗・骨材露出 | 流水中の土砂や河床砂礫等による摩耗により、材料が削り取られる現象。 | エプロン、堰体、堰柱、導流壁、魚道、護床工 | 有機系材料、無機系材料、パネル、コンクリート(打換え) | 耐摩耗性、耐衝撃性が低下する。 |
| ひび割れ 亀裂 | 材料表面に生じた割れ目 材料の裂け目、貫通ひび割れ。 | エプロン、堰体、堰柱、導流壁、魚道、取水口、沈砂池、護岸工 | 有機系材料、無機系材料、パネル、目地材 | 割れ目に劣化因子が侵入し、付着や耐久性が低下する。 |
| 剥離 | ひび割れ等の変状の発生に伴い、浮き・膨れの状態にあった材料が剥がれる現象。 | エプロン、堰体、堰柱、取水口 | 有機系材料、無機系材料、パネル、目地材 | 母材への劣化因子の侵入。 |
| 鉄筋露出 | 鉄筋の被りが摩耗や衝撃によって剥がれ、鉄筋が露出する状態。 | エプロン、堰柱 | 無機系材料、コンクリート(打換え) | 鉄筋の発錆で、膨張してひび割れを生じる。 |
| エフロッセンス | ひび割れから雨水などが侵入してコンクリート内の炭酸カルシウムが流出して、白い結晶状の物質が付着し、白く跡になる現象。 | 堰柱 | 有機系材料、無機系材料、コンクリート(打換え) | ひび割れの進行。 |
| 浮き | 材料と母材との付着性が損なわれている状態。 | エプロン、堰体、堰柱、取水口 | 有機系材料、無機系材料、パネル、目地材 | 付着性の低下。剥離への進行。 |

表6.2-2 表面被覆工法と断面修復工法に想定される変状形態と発生要因

| 工法 | 主な変状 | 想定される要因 | 変状発生イメージ図・変状写真 | |
|---------------|---------|---------|---|-----------------------|
| 表面被覆工法・断面修復工法 | 無機系被覆工法 | ひび割れ | 母材コンクリートの挙動、凍害、乾燥収縮 | <p>【左：剥離・剥落、右：浮き】</p> |
| | | 浮き | 接着不良、母材と補修材料の熱膨張率の差、乾燥収縮 | |
| | | 摩耗 | 流水・流砂、表面からのCa成分溶脱 | |
| | | 劣化因子の侵入 | 表面被覆効果の低下 | |
| | 有機系被覆工法 | 膨れ | 接着不良、施工時の空気の巻き込み、地下水浸透、湿潤状態での施工による水分の気化 | <p>【剥離・剥落】</p> |
| | | ひび割れ | 紫外線等による劣化、母材コンクリートの挙動 | |
| | | 変色 | 紫外線等による劣化、苔や微生物の付着 | |
| | | 劣化因子の侵入 | 表面被覆効果の低下 | |
| | パネル工法 | 浮き | パネルのそり・たわみ、裏込め材の未充填・収縮・隙間からの流出 | <p>【左：剥離・剥落、右：浮き】</p> |
| | | ひび割れ | 母材コンクリートの挙動 | |
| | | 劣化因子の侵入 | 表面被覆効果の低下 | |

表6.2-3 目地補修工法に想定される変状形態と発生要因

| 工法 | 主な変状 | 想定される要因 | 変状発生イメージ図・変状写真 |
|--------|----------------------------------|---|--|
| 目地補修工法 | 充填工法 充填材の離脱、母材との付着切れ（剥離）、ひび割れ | 充填材の劣化による離脱、背面からの水圧による母材コンクリートとの付着切れ、目地の伸縮によるひび割れなど |  <p>ひび割れ、浮き、欠損</p> <p>【亀裂】</p> |
| | 被覆工法 シート・テープの浮き、剥離、ひび割れ | 目地の伸縮や接着材劣化、シート強度不足によるシート・テープ材の浮きや剥離、ひび割れ |  <p>亀裂、ひび割れ、浮き、剥離・剥落</p> <p>【浮き】</p> |
| | 成形ゴム挿入工法 成形ゴムの離脱、母材との付着切れ（剥離） | ゴムの経年劣化や背面からの水圧、目地の伸縮等による成形ゴムの離脱、母材コンクリートとの付着切れ |  <p>ひび割れ、浮き、欠損</p> <p>【ひび割れ】</p> |

第3 基本情報の記録・収集・整理

頭首工の補修・補強を検討する段階においては、対策前の施設状態に関する情報、対策工法の要求性能の設定や選定に関する設計情報、対策工法の特徴や性能などの工法情報、施工時の状況や施工管理結果の施工情報を記録・保存することを基本とする。これらの情報がない場合は、担当者や施設管理者への聞き取り調査を行い、資料を収集・整理する。

また、対策実施後の維持管理情報についても、同様に収集・整理する。

【解説】

モニタリング調査実施前には、施設管理者に現況施設の取水、通水条件、施設変状の有無及び維持管理上の課題について聞き取り調査を行い、整理する。

これらの基本情報をモニタリング調査の計画立案や対策後の施設の変状の要因評価の際に活用する。

収集すべき基本情報とその収集・整理目的について表 6.3-1 に示す。

表6.3-1 モニタリング調査に係る基本情報の収集・整理事項

| 情報項目 | | 整理目的 |
|--------|-----------------------------|--|
| 施設情報 | 基本情報 | 都道府県名、河川名称・諸元(高水流量、高水水位、河川勾配等)、頭首工の形式、施設名、施設の供用年数、取水期間、メンテナンス期間等 |
| | モニタリング対象施設の基本情報 | 補修後の供用開始年、構造形式、地域劣化特性、周辺外部環境の状況 |
| | モニタリング対象施設の既設構造物の劣化状況 | <p>主な劣化変状、主な劣化要因</p> <p>磨耗、ひび割れ、剥離等の状況、鉄筋露出や錆汁、エフロッセンス等の有無状況</p> <p>コンクリートの圧縮強度、中性化深さ、鉄筋被り深さ、目地の劣化</p> |
| 工法情報 | 基本情報 | 対策工法名、工法に求める性能、工法選定の理由(補修目的) |
| | | 対策工法の特徴や使用材料、品質試験結果(品質管理項目、試験方法) |
| 施工情報 | 基本情報 | 施工期間(工期)、施工範囲、施工期間中の主な気候(気温、湿度等)若しくは、養生内の温度・湿度 |
| | 下地処理 | 洗浄方法、母材の付着強度 |
| | 仮設 | 仮囲いや水替えの有無 |
| | 他の補修工法の併用 | 止水・導水処理工、ひび割れ補修工、断面修復工の有無 |
| | 各工程の実施状況 | 使用材料、施工時の環境条件、施工者、施工量(被覆厚)、養生方法等 |
| 施工管理 | 被覆材の付着強度、被覆厚、外観、表面含水率(有機系)等 | |
| 維持管理情報 | 維持管理情報 | 施設を管理している際に発見した施設及びその周辺の異常・変状等。 |
| | | 調査時に留意すべき箇所等、施設管理者に聞き取り調査を実施し、現況施設の状態や維持管理状況を把握する。 |

第4 モニタリング調査

モニタリング調査には、変状の発生状況とその進行性などを把握するために継続的に調査・計測する基本調査と変状の要因究明や母材の変状の進展への影響を確認する際に実施する詳細調査がある。

モニタリング調査における調査頻度や調査方法については、対策工法の完成度・信頼度・施設の重要度を踏まえて施設監視計画により設定する。基本調査では、目視と打音調査を実施し、必要に応じて定量調査を行う。

また、基本調査において、顕著な変状や再劣化が認められた場合は、詳細調査を行う。

【解説】

詳細調査は、基本調査の結果を踏まえて調査の必要性、項目を検討したうえで実施する。調査内容については、対策工法や発生変状の種類、程度に応じて、モニタリング調査計画を個別に検討する。なお、詳細調査の実施の判断や具体的な調査方法の検討に当たっては、必要に応じて学識経験者に意見を求めることが望ましい。モニタリング調査の流れを図6.4-1に示す。

基本調査の調査方法については、農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工」第4章 機能診断 3 現地踏査(巡回監視)、5 現地調査(近接目視と計測)を参照されたい。

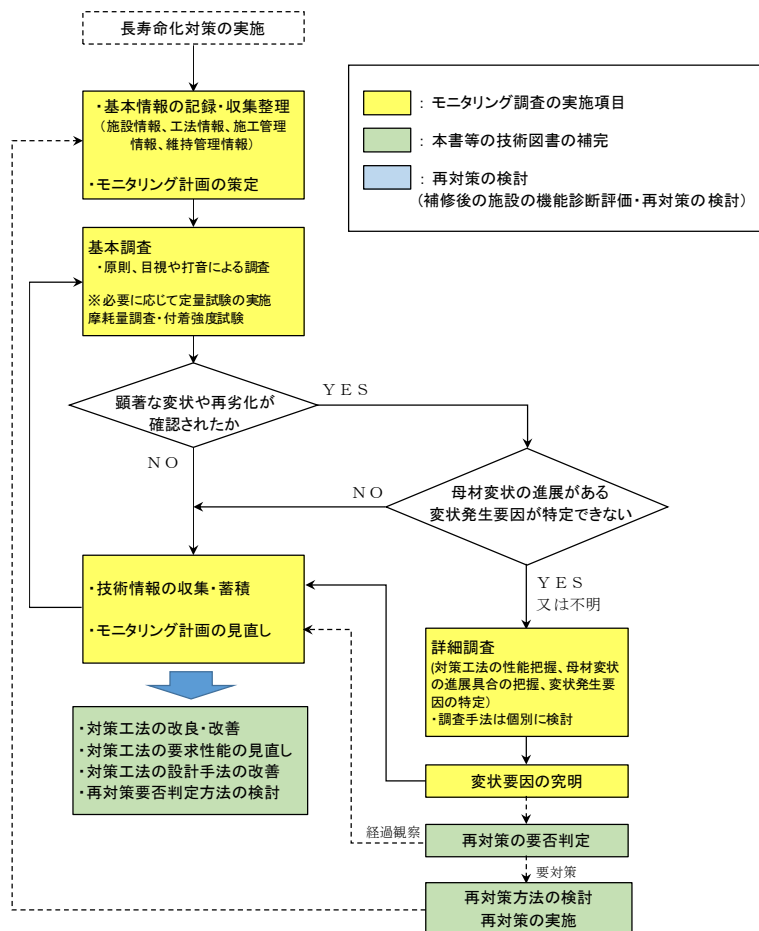


図6.4-1 モニタリング調査フロー図

(1) 対象範囲

補修・補強の頭首工を対象とし、定点を設定しモニタリング調査を実施する。

定点を設ける際は、対象施設を現地踏査し、エプロン系施設、魚道、その他施設の区分毎に対策工法の要求性能、設計条件、施工状況、施工業者、対策工法の種類及び補修施設の変状の程度に着目し、標準的な変状範囲と変状が著しい範囲を確認の上、定点を選定する。エプロンについては、最大摩耗深さと平均摩耗深さを確認するため、エプロン全体のメッシュ測量を行う。

なお、定点の設定理由や施設全体の状態等が分かるように、現地踏査で確認した変状の位置や特記事項、定点調査箇所等を平面図、縦断図、展開図等に記録する。

(2) 調査時期

モニタリング調査項目の内容に適した時期を選定する。

- ・取水施設～沈砂池区間の通水性・止水性：かんがい期間(最大通水時等)
- ・取水施設～沈砂池区間の上記以外の性能：非かんがい期
- ・エプロン系施設の摩耗量及び上記以外のその他施設の性能：河川の渇水期

コンクリート構造物は、寒暖差により膨張・収縮するため、前回実施した調査月日・調査時の気温にも留意する必要がある。

特に、ひび割れが発生している場合、温度変化による伸縮の影響は拘束条件の緩やかなひび割れ部分に集まり、ひび割れ幅が変動し、かつその変動幅は施設の使用環境条件に応じて異なる。そのため、ひび割れの進行性を確認するためには、前回測定時と同じ気象条件・通水条件の下で継続的に測定することが望ましい。また、当該施設の温度変化によるひび割れ幅の変動量を測定することにより、調査時の温度条件を踏まえたひび割れ幅の補正が可能になり、より効率的な調査が可能となる。

積雪寒冷地では冬期と夏期の温度変化の影響で、無機系被覆材は乾燥収縮ひび割れが発生しやすい。どちらの影響が大きいかを判断するためには、例えば、冬期の影響を受けた後の春期、夏期の影響を受けた後の秋期の2回のひび割れ計測を行うことで、どちらの時期にひび割れが進行するのかを判断できる。

第5 基本調査

基本調査は、対策工法の効果の発現性や持続性、対策工法の再劣化の進行性を把握することを目的に、定期的実施する調査であり、目視及び打音調査を実施する。また、必要に応じて対策工法の経年的な変化を定量的に評価することを目的に、定量調査として摩耗量調査及び付着強度試験を実施する。

【解説】

基本調査は点検技術者が特殊な装置や技能によらず、変状の進行を監視できる範囲で実施する。その際、安価で多大な労力を必要としない手法を用いて、補修工法の変状や性能低下を早期に検出することが重要である。

基本調査における調査手法の例を次に示す。

(1) 目視

変状は、外的要因により発生することもあることから周辺状況の変化にも注意を払う。

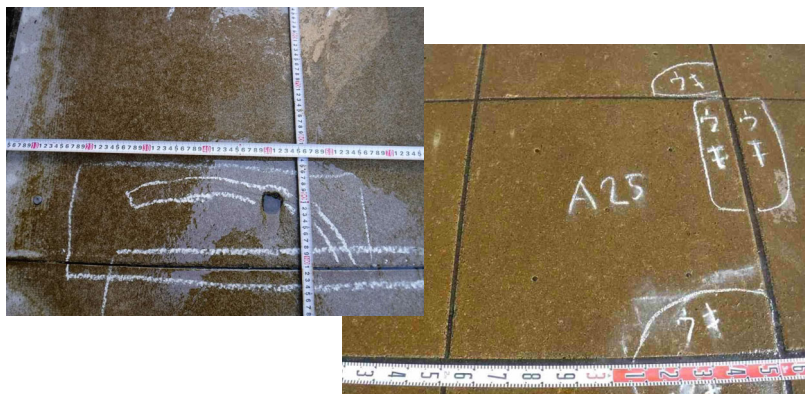
また、コンクリートの継ぎ目、下流側での湧水・噴砂といったパイピングにつながる恐れのある変状についても確認すること。

なお、変状の位置や範囲が分かるようにスケッチを作成し、ひび割れ位置やその他の表面変状は、調査対象施設の表面に直接チョークで書き込み、写真により記録する。

変状箇所については、原則可能な限り同じ箇所の変状を拡大して撮影する。

変状の発生要因や進行性を検討する際は、変状の発生位置と形状、母材の変状の発生状況、対策時の施工管理結果、施設周辺の環境条件等を十分踏まえた上で評価する。

変状が発生している箇所としていない箇所での条件の違い等にも着目することが重要である（写真 6.5-1 参照）。



アンカー固定部周辺やパネル
隅部でひび割れや浮きが発生
しやすい。



流況が変化する箇所（堰直下流や勾配
変化点等）にひび割れや剥離が発生し
やすい。



水流や上流からの土砂等の流下物が常時流れ
る部分で摩耗や剥離が発生しやすい。常時の
通水、ゲート操作状況を確認しておく。

写真6.5-1 目視調査における留意点

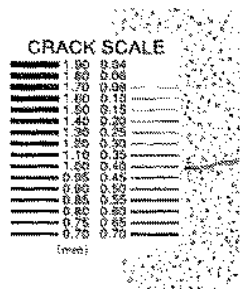
(2) 打音調査

施工を行った範囲は、全量調査を行い、表面被覆工を小ハンマー（200 g 程度）や打診棒を用いて、打音（反射音）を確認する。打撃間隔は、10～20 cmとし、異音があった箇所は細かく打撃して範囲を確定し、チョークで範囲を示して写真やスケッチで記録する。

全体目視や打音調査では、表 6. 5-1 に示す変状に留意して、写真やスケッチブックに記録する。打音調査と併せて表 6. 5-2 に示す内容に留意した目地等の調査を行えば効率的である。

表6. 5-1 表面被覆・断面修復工法調査時において着目する変状・留意点

| 対策工法 | 着目する変状・留意点 | |
|-----------------------|---|--|
| 無機系被覆工法 (断面修復工法含む) | <ul style="list-style-type: none"> ・流水部、水位変動部、勾配変化部の摩耗を確認する。 ・施工端部、目地周辺、打ち継ぎ部におけるひび割れや剥離を確認する。 ・躯体ひび割れに連動したひび割れや剥離を確認する。 ・炭酸カルシウム等の被覆材成分の溶脱、析出を確認する。 ※無機系被覆材の浮きは目視では確認しにくいいため、打音調査により、「既往躯体コンクリートと被覆材」もしくは「断面修復等の重ね塗り境界」で剥離していないか確認する。 | |
| 有機系被覆工法 | <ul style="list-style-type: none"> ・流水部、水位変動部、勾配変化部の摩耗を確認する。 ・施工端部、目地周辺、打ち継ぎ部におけるひび割れや剥離を確認する。 ・躯体ひび割れに連動したひび割れや剥離を確認する。 ・被覆材表面の微細なひび割れを確認する。 ※有機系被覆材の変状は表面の微細な事象から生じることが多いため、注意深く観察する。 | |
| パネル工法 | <ul style="list-style-type: none"> ・流水部、水位変動部、勾配変化部の摩耗を確認する。 ・パネルのひび割れの確認する。 ・接合部の隙間や剥がれを確認する。 ・劣化因子の侵入の可能性はあるか否かを確認する。 ※パネルの浮きは、目視では確認しにくいいため、打音調査により確認する。 | |



クラックスケール



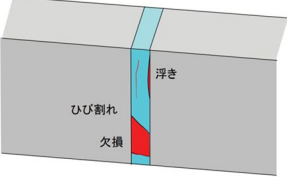
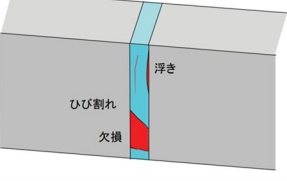
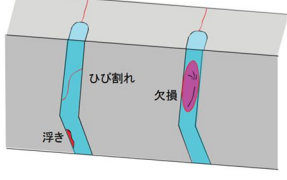
テストハンマー・打診棒



コンベックス

写真6. 5-2 使用する主な調査器具

表6.5-2 目地補修工法・ひび割れ補修工法の調査時において着目する変状・留意点

| 対策工法 | 着目する変状・留意点 | |
|--|---|---|
| <p>成型ゴム工法</p> | <ul style="list-style-type: none"> 成型ゴムの離脱や目地切れについて確認する。 ハンチ部等、成型ゴムの端部からの剥離に特に留意する。 |  |
| <p>充填工法（シーリング・パテ） ※有機系ひび割れ補修含む</p> | <ul style="list-style-type: none"> 紫外線等の経年的な材料劣化に特に留意する。 表面の細かいひび割れや材料の浮き、変形収縮剥離の有無を確認する。 |  |
| <p>充填工法（止水セメント・モルタル） ※無機系ひび割れ補修材含む</p> | <ul style="list-style-type: none"> 目地の伸縮に対する追従性が低い材料なので、特に目地切れの有無を確認する。 ひび割れの拡大や施工後の乾燥収縮の影響によるひび割れや材料の浮きの有無を確認する。 |  |

(3) 定量調査

定量調査においては、対策工法の経年的な変化を定量的に評価する目的で、以下の計測調査を実施する。

調査したデータについては、対策工法の再劣化の過程や、その要因を究明するために用いるものである。

ア 摩耗量調査

摩耗量調査は、施工時に測定しているメッシュ水準測量による摩耗量計測や 3D スキャナによる 3 次元画像のデータと基本調査データを比較することで、施設全体の摩耗量を把握する(図 6.5-1~2)。

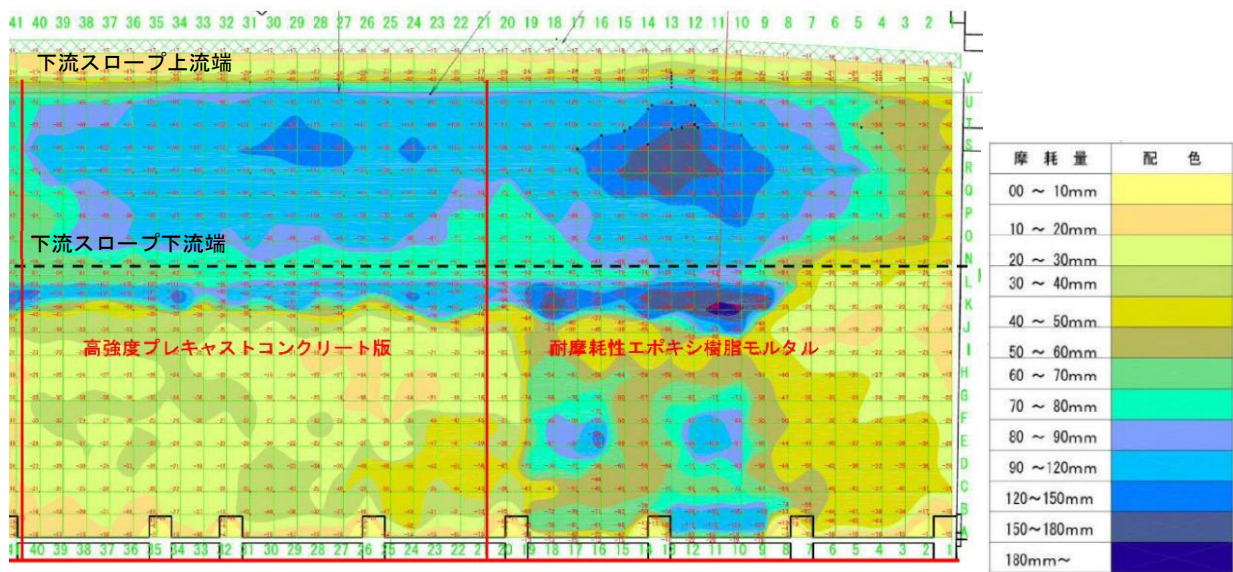


図6.5-1 C頭首工 施工前摩耗状況図(50 cmメッシュ)

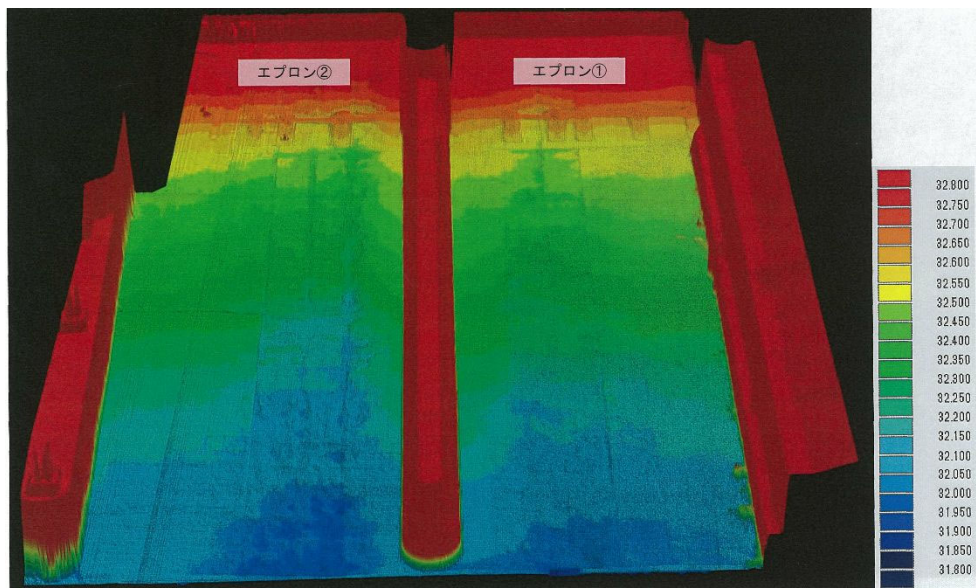


図6.5-2 C頭首工 UAVレーザ計測点群データ 段彩表示図

なお、UAV のレーザ計測は、現在、その精度を確認している状況であり、用いる際には留意する必要がある。

次に施工時と基本調査のメッシュ水準測量結果から年間最大摩耗速度と年間平均摩耗速度を導く方法を示す。

\max (施工時の標高－基本調査時の標高) = 最大摩耗深さ

$\Sigma_{メッシュ}$ (施工時の標高－基本調査時の標高) / メッシュの箇所数 = 平均摩耗深さ

年間最大摩耗速度 = 最大摩耗深さ / 対策後経過した年数

年間平均摩耗速度 = 平均摩耗深さ / 対策後経過した年数

イ 付着強度試験（建研式引張試験）

付着性は、表面被覆工法の無機系又は有機系の補修材料と母材との一体性を確保する重要な性能であり、試験方法としては建研式引張試験が一般的である。付着強度試験は被覆工の一部を破壊する調査であるため、計測頻度は、5年に1度を目安としている。しかし、被覆材に変状が生じた場合や施工当時の付着強度が許容値未満の場合は、必要に応じて調査を実施する。また、付着強度試験は、施工時の試験箇所に近い所で行うことが望ましい。

表面被覆材の付着強度試験は、建研式引張試験により実施する。

引張用鋼製ジグ（一般に40mm×40mm、他にφ45コアビットにより円形にする方法）を補修材料の表面にエポキシ樹脂で接着する。接着材が硬化後、引張用鋼製治具の周辺にモルタル基板に達するようにカッター等で切り込みを入れ、引張用鋼製治具を補修材料に対し垂直方向に引っ張り、荷重を計測する。（写真6.5-3を参照）

付着強度試験では、破断の状況が写真6.5-4、6.5-5に示すように、多様であり、破断箇所と破断面の状況観察が重要である。特に、対策前のコンクリート自体の付着強度が低下している可能性もあることから、これに留意する。



写真6.5-3 付着強度試験(40mm)



写真6.5-4 付着強度試験結果



写真6.5-5 付着強度試験(円形)

ウ 簡易な中性化試験

表面被覆工法や断面修復工法の中性化の進行を測定するための簡易な調査として、小口径コア測定法とコアビット法がある。

これらの詳細は、**農業水利施設の長寿命化の手引き H27.11**のPP.6-18～19を参照されたい。

第6 詳細調査

対策後に顕著な変状や再劣化が認められ、かつ、母材変状の進展がある場合及び変状発生要因が特定できない場合又は不明な場合は、再対策の可否を判断するため、変状の発生要因や進展状況等について非破壊試験等で確認することを目的とした詳細調査を実施する。

【解説】

詳細調査の種類については、農業水利施設の長寿命化のための手引き 4.7 変状発生要因調査を参照されたい。次に材料の表面劣化の調査事例を示す。

(1) 表面走査法による表面劣化の確認試験

劣化部を微細ひび割れが発生した範囲とみなすことで、劣化深さを非破壊で測定する手法である。コンクリートの表層に劣化した部分が存在する場合、超音波は劣化部をなるべく迂回し、健全部を伝播経路に選びながら、最も短い時間で受振子に到達しようとする性質がある。発・受振子間の距離がある値以上になると、超音波の伝播経路は健全部の縁端位置に全て一本化される。その結果、発・受振子間の距離の増加に対する超音波の伝播距離の増加の割合は小さくなり、これに連動して伝播時間が早まりグラフの直線の傾斜が変わる。この傾斜（勾配）をもとに劣化深さを評価する。

この試験は、「表面走査法によるコンクリートの凍害点検・診断マニュアル(案)H28.10 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」で農業用施設での実績があり、表面被覆工法に劣化や浮きが生じる場合、図 6.6-1 のケース1やケース3のように測定値の傾きに変化を生じることが示されている。また、この計算プログラムも寒地土木研究所で公開されている。

http://zairyo.ceri.go.jp/ceri_zairyo/topics5/sousa-dr.html

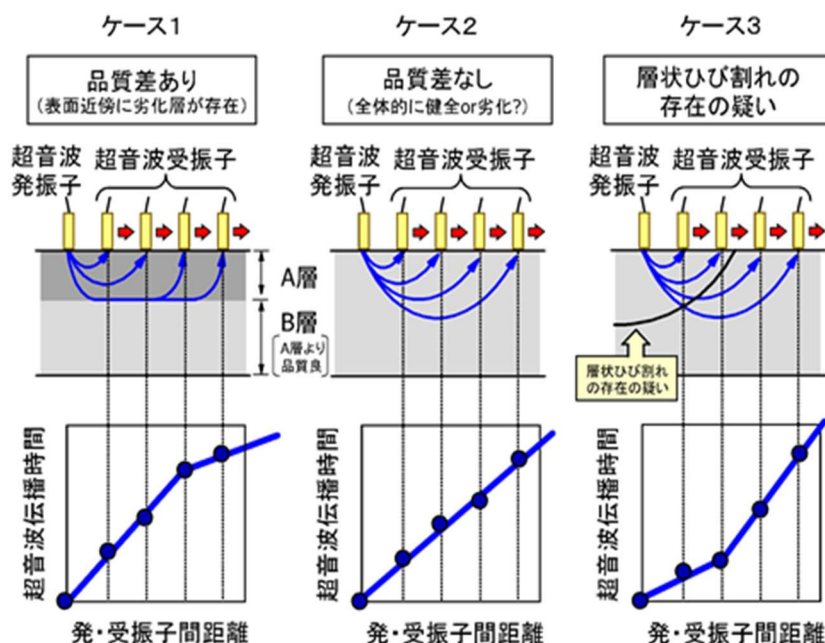


図 6.6-1 発・受振子間の距離と補正後の超音波伝播時間の関係のグラフ

表 6.6-1 に伝播速度とコンクリートの品質に関する評価例を示す。

表 6.6-1 伝播速度と品質に関する評価例

| 超音波伝播速度 (m/sec) | 品質 |
|--------------------|-----|
| 4 570 以上 | 優 |
| 3 660 ~ 4 570 | 良 |
| 3 050 ~ 3 660 | やや良 |
| 2 130 ~ 3 050 | 不良 |
| 2 130 以下 | 不可 |

出典：積雪寒冷地の既存コンクリート構造物に適用する非破壊・微破壊試験方法研究委員会 報告書 2015.6 公益社団法人 日本コンクリート工学会北海道支部



写真 6.6-1 表面走査法の現地試験

劣化が進行していない場合、2本のグラフは重なり合う。調査事例の図 6.6-2 の端子間距離と超音波伝播時間の関係グラフでは、端子間距離が小さいところで多少品質の違いを生じていることが分かる。

図 6.6-3 の端子間距離と伝播速度の関係グラフでは、端子間距離が小さい区間でより鮮明に品質の違いがあることが分かる。また、端子間距離 5 cm のところで、伝播速度が 3,060 m/s となっている。

この値は、表 6.6-1 の値でみると、施工直後が 3,650 m/s で「やや良」の上限値であったが、2年間で下限値まで低下したことが分かる。

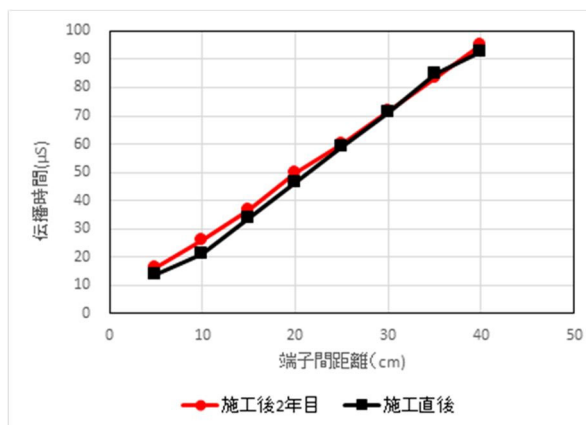


図 6.6-2 端子間距離と超音波伝播時間の関係

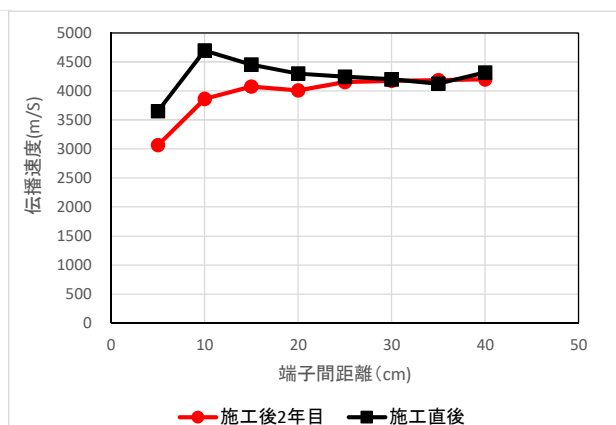


図 6.6-3 端子間距離と超音波伝播速度の関係

(2) 超音波伝播速度試験（透過法）

凍害によって組織が変化することにより超音波伝播速度が低下することを利用して、実コンクリート構造物から採取したコアや、コア採取時にできるボーリング孔間の超音波伝播速度を深さ方向に測定を行い、凍害深さを判定するものである。

土木学会コンクリート標準示方書〔設計編〕(2022年制定)によると、凍害の気象条件が激しい環境においてコンクリートに要求される相対動弾性係数の最小限界値(E_{min})は、普通の露出状態にあり、連続してあるいはしばしば水で飽和される場合ではない部材断面が薄い(20 cm以下)場合には70%としている。

表 6.6-2 凍害に関するコンクリート構造物の性能を満足するための凍結融解試験における相対動弾性係数の最小限界値, E_{min} (%)

| 気象条件 断面 | 凍結融解がしばしば繰り返される場合 | | 氷点下の気温となることがまれな場合 | |
|---|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | 薄い場合 ²⁾ | 一般の場合 | 薄い場合 ²⁾ | 一般の場合 |
| 構造物の露出状態 | | | | |
| (1) 連続してあるいはしばしば水で飽和される場合 ¹⁾ | 85 | 70 | 85 | 60 |
| (2) 普通の露出状態にあり(1)に属さない場合 | 70 | 60 | 70 | 60 |

1) 水路、水槽、橋台、橋脚、擁壁、トンネル覆工等で水面に近く水で飽和される部分、およびこれらの構造物の他、桁、床版等で水面から離れてはいるが融雪、流水、水しぶき等のため、水で飽和される部分等。

2) 断面の厚さが20cm程度以下の部分等。

健全部の動弾性係数を求める式は以下のとおり

$$E_d = 4.0837 \cdot V^2 - 14.438 \cdot V + 20.708$$

ここで、 E_d : 動弾性係数 (N/mm²)、 V : 超音波伝播速度 (km/s) である。

相対動弾性係数は軸方向の超音波伝播速度から求めた動弾性係数を健全部の動弾性係数で除すことで求められる。

超音波伝播速度試験では、上表の赤枠の条件下にあった部材を用いて、相対動弾性係数を求めた。

その結果、この事例では、図 6.6-4 に示すように、全てのデータが70%を超えているため、劣化が最小限界値に達していないことがわかる。次頁の写真 6.6-2、6.6-3 に試験の写真を示す。

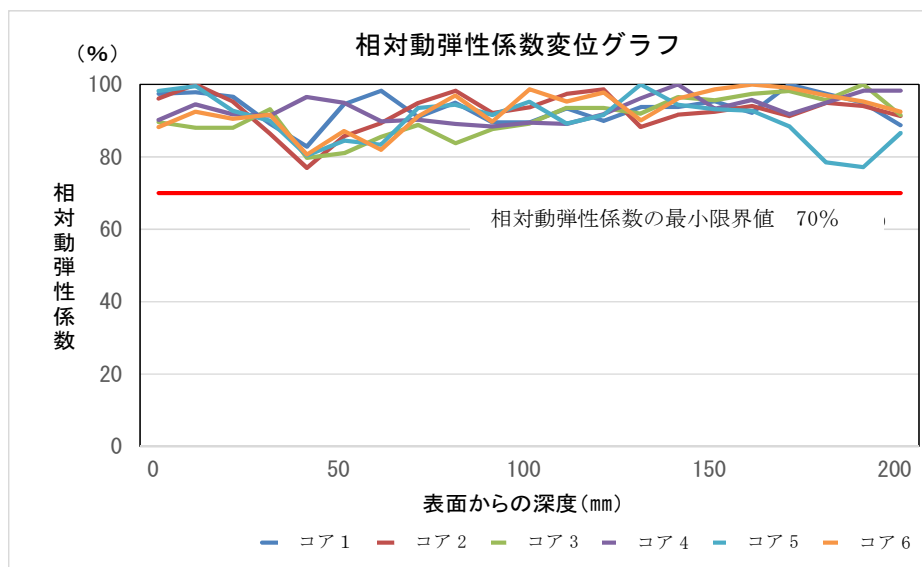


図 6.6-4 表面からの深度別の相対動弾性係数の関係(例)



写真 6.6-2 透過法の試験状況

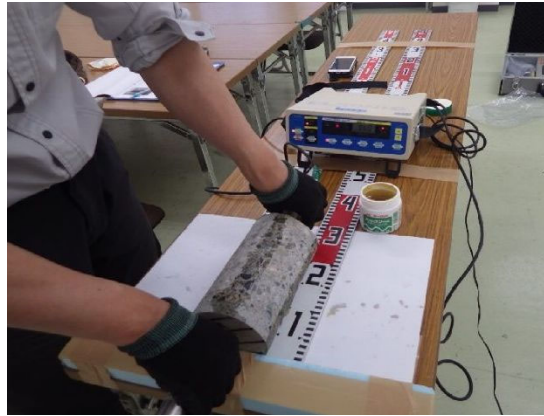


写真 6.6-3 軸方向の超音波伝播速度測定