

農業水利コンクリート構造物の更新と維持管理

Renovation and Maintenance of Concrete Structures for Irrigation and Drainage

長 東 勇[†] 甲 本 達 也^{††} 青 山 成 康^{†††} 野 中 資 博^{††††} 服 部 九 二 雄^{†††††}
 (NATUKA Isamu) (KOUKOTO Tatsuya) (AOYAMA Shigeyasu) (NONAKA Tsuguhiro) (HATTORI Kunio)

I. はじめに

これまでに営々として蓄積されてきたダム、頭首工、用排水路、調整池、用排水機場などの農業水利施設の資産価値は、30兆円に及ぶともいわれている。しかし、建設後の時間経過とともにこれらの施設は徐々に老朽化が進行しており、少子高齢化による次世代の高負担が懸念される中で、如何に適切に管理保全し機能を保持していくかは、社会的課題である。

農業水利施設の多くはコンクリート構造物であり、本材料施工研究部会においてもコンクリート構造物の維持管理面の検討に取り組んでいる¹⁾。また、長東らは、旧3省(建設省・運輸省・農水省)が設置した土木コンクリート構造物耐久性検討委員会の活動の中で行った全国的な実態調査結果に基づき、農業用施設コンクリート構造物の劣化に関する現状を分析している²⁾。青山は、国営および道府県営事業で機能回復・増強工事が実施されたコンクリートダムを含む既設ダムの代表例を調べ、その機能回復更新技術を論じている³⁾。野中は、農業水利コンクリート施設の劣化機構を整理し、老朽化診断や補修・補強のあり方を論じている⁴⁾。服部らは、コンクリート構造物の品質評価を非破壊試験である超音波法と反撥度法で適切に行う方法について論じている⁵⁾。

本報は、上記の材料施工研究部会幹事の研究成果および平成14年度農業土木学会大会における材料施工研究部会企画セッションでの発表などの最近の研究成果を踏まえ、農業水利コンクリート構造物の更新と維持管理における論点の整理を試みたものである。

II. 農業水利コンクリート構造物の劣化の実態

高度経済成長時代に施工されたコンクリート構造物は、中性化、塩害、アルカリ骨材反応などによる早期劣

化を引起こしているとの報告⁶⁾もあるが、農業水利コンクリート構造物の劣化の実態はどのようなであろうか。1999年に行われた全国的な調査によれば、以下のとおりである^{2,7)}。

- ① ジャンカ・変色による外観変状、ひび割れ、剝離、さび汁、鋼材露出の5項目についての目視による変状調査によると、各変状率、延べ変状率ともに竣工年代が古いほど高い。その2次曲線回帰分析による相関係数は0.98と極めて高く逡増している。
- ② 設計基準強度とかぶり最小値が規定された1978年以降に竣工した構造物のコア圧縮強度、かぶり測定値の分布範囲は狭く、コンクリートの密実性やかぶりの不足に起因する中性化による劣化事例は少ない。また、中性化深さの進行程度は、従来の予測式の範囲内である。
- ③ 塩害としての「海砂問題」は、1986年の塩分総量規制以前の問題である。規制以降に竣工した構造物の表面から4~6cmの位置の塩化物イオン濃度は規制値以下であり、鉄筋の腐食が始まるとされる目安値以下である。
- ④ アルカリ骨材反応対策が制定された1986年以降の構造物については、その懸念はなく、劣化事例は1件も認められない。

すなわち、特定の年代に竣工した構造物が早期に劣化するという傾向は見られない。また、変状率と竣工年代の相関関係については、その原因が経年劣化によるものか、各種の対策の効果を示すものかは明らかではないが、中性化、塩害、アルカリ骨材反応に対する対策の効果は着実に現れていると判断される。

III. コンクリート構造物の補強・補修の実態

コンクリートダムについては、下流断面増による嵩上

[†](独)農業工学研究所

^{††}佐賀大学農学部

^{†††}京都大学大学院農学研究科

^{††††}島根大学生物資源科学部

^{†††††}鳥取大学農学部



農業水利施設、コンクリート、劣化診断、更新事業、補修・補強、性能照査

農業土木学会材料施工研究部会小特集執筆担当グループを組織して執筆しました。

げの三高ダム、マルチプルアーチ前面への貼りコンクリートなどによる補強の豊稔池、設計洪水流量を増すための既設洪水吐改修などの野洲川ダム、洪水吐導流部コンクリートの増厚などによる補修の鴨川ダムの事例が紹介され、その機能回復においては、①単に旧来の機能を回復するだけでなく、将来を見据えた新たな機能の付与、②貯水機能を維持しながらも短期間で工事が完了する工法の開発、が重要と報告されている³⁾。

しかし、他のコンクリート構造物の補修・補強については、その調査などの取組みが始まっている⁸⁾ものの、これまで全国的な調査は行われていない。宮元は、水田灌漑を主たる目的とする国営灌漑排水事業などの実施地区数のうち、更新整備地区の占める割合は、昭和63年度の34%から平成13年度の71%と大幅に増加しており、「更新・管理の時代」に間違いなくシフトしている⁹⁾、と述べている。では、更新において全面改修ではなく、施設の長寿命化のために補修・補強を採用している事例は、どれほどあるだろうか。

渡嘉敷らは、(独)農工研施設機能研究室が農水省農村振興局施工企画調整室の協力を得て、現在、国営、公団営、道府県営の事業を実施している事業(務)所を調査対象として行った農業用コンクリート構造物に対する補修・補強の事例調査の結果を報告している¹⁰⁾。この報告によれば、142カ所の事業(務)所から回答があり、補修・補強工事の実施事例はそのうちの38カ所(構造物単位では合計で52事例)であった。補修・補強された構造物は水路とトンネルが半数以上を占め、工事实施の原因となった供用変状は、風化・老朽化が最も多く(54%)、中性化(11%)、凍害(8%)、アルカリ骨材反応(7.5%)、塩害(7%)の順であった。なお、風化・老朽化による変状の内訳は、硬化後ひび割れ(33%)、すり減り(22%)、剥離(18%)の順であった。

IV. “劣化”による更新事業

事例調査結果によれば、硬化後ひび割れの原因は、風化・老朽化が最も多くなっている。このように、コンクリート構造物の変状の原因と判断され、放置すれば変状が進行すると考えられている風化・老朽化、すなわち“劣化”は、本当に劣化であろうか。

1. 劣化は変状の一部

劣化は変状の一部であり、変状は、初期欠陥、損傷、劣化に分類される。このうち、時間の経過に伴い変状が進行するのが劣化である。たとえば、農業水利コンクリート構造物におけるひび割れ発生は、主要な施設更新理由である。しかし、ひび割れも3つに分類され、施工

時に発生した乾燥収縮ひび割れや温度応力ひび割れ(初期欠陥)、衝突や地震により発生したひび割れ(損傷)は、劣化が原因ではなく、その後のひび割れの急速な拡がりや成長は考え難い。一方、中性化の進行やアルカリ骨材反応によるひび割れは、時間の経過に伴って成長する。

2. 変状に対する更新手段・工法の選定

更新事業を実施する際、“構造物を補修・補強するか”、あるいは“改修するか”の判定は、少なくとも変状の発生原因を上記の3分類に明確に区分し、その変状の進行の有無や速さを検討した上でなされるべきである。また、補修・補強を選択した場合は、変状の発生メカニズムを踏まえた工法の選定が重要である。たとえば、温度応力によるひび割れ(通常、壁スパンの中央付近などに躯体を貫通して発生する。写真-1)は、漏水を止める線的な補修をすれば十分と考えられる。しかし、中性化に起因するひび割れ(鉄筋が腐食し体積膨張して、そのかぶり部分に顕在化する。写真-2)、アルカリ骨材反応によるひび割れ(躯体内の反応生成物が膨張して亀甲状に発生する。写真-3)は、表面処理工法や断面修復工などの面的な補修または補強、あるいは全面的な改修



写真-1 壁スパン中央に発生した温度応力によるひび割れ



写真-2 中性化に起因する鉄筋腐食により発生したひび割れ

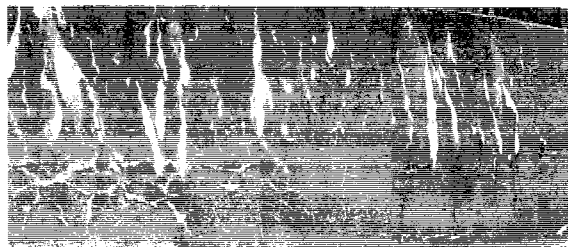


写真-3 アルカリ骨材反応により発生した亀甲状のひび割れ

が必要である。

3. 部材の劣化と構造物の機能低下

構造物の部材が劣化していることと、構造物の機能が低下していることは異なる。たとえば、中性化が進行（部材が劣化）していても、所定のかぶりが確保され中性化残りが十分あれば、鉄筋コンクリート構造物の構造機能としての耐荷重性や安定性には全く影響はない。さらに、無筋コンクリート構造物であれば、中性化は本質的な問題ではない。無筋コンクリート構造物の構造機能に要求される主たる性能は、強度と重量であるからである。なお、中性化の速度は $1/\sqrt{t}$ (t : 経過年数) に比例し、進行速度は次第に遅くなる。部材の劣化が構造物の機能低下に与える影響の有無を検討すべきである。

V. 農業水利コンクリート構造物の劣化診断

農業水利コンクリート構造物における劣化診断は、①コンクリートの老朽度、②構造特性、③水理特性の順で検討すべきである。なぜなら、躯体自体が使用可能であれば、採用する補修・補強工法によって、構造特性と水理特性を満たすようにすることは可能だからである¹⁾。では、農業水利コンクリート構造物の特性を踏まえた劣化診断は如何にあるべきであろうか。

1. 劣化診断手法

現在までの劣化診断手法の開発動向は、国土交通省関連構造物を対象としたものとなっている。確かに、道路・鉄道トンネルにおけるコンクリート塊の剥落は、重大な事故に繋がるおそれがある。しかし、用排水路などの農業水利構造物では第三者被害は考え難い。したがって、農業水利構造物分野では、国土交通省関連構造物のように剥離部分の探索に重点を置かざるを得ない診断手法よりも、水利構造物の機能に直結する、たとえば、漏水に繋がる変状を探索する診断手法の開発に向かうべきである。また、地球10周分の距離に相当する用排水路をも対象とする農業水利構造物分野では、概査と精査の両面において、低コストな非破壊調査・試験法の確立が不可欠である。森らが報告¹¹⁾している音響弾性波法や赤外線サーモグラフィ法による非破壊調査は概査の一手法として有望であるが、開発途上である。精査については、超音波法と反撥度法の非破壊試験法の開発が進められている⁵⁾。

2. 磨耗に対する評価法・更新法

補修・補強が行われた構造物に生じていた変状にすり減りが多く、流水・混入砂礫による磨耗が主要な劣化要因の一つになっていることは、農業水利コンクリート構造物に特有な現象と考えられる。2001年版コンクリー

ト標準示方書「維持管理編」では、流水に起因する劣化は取扱われていない。したがって、磨耗に対する自前の調査・評価法、更新法の開発¹²⁾が必要である。なお、他の要因の劣化については、「維持管理編」に示された研究成果を大いに活用すべきである。

VI. 更新事業の現状と今後の維持管理のあり方

更新整備地区の占める割合が大幅に増加しているにもかかわらず、補修・補強事例がそれほど多くないのは何故だろうか。補修・補強に密接に関わっている他の要因を吟味してみる必要はないだろうか。

1. 材料工学面以外の更新理由

現在の更新事業は、昭和20年代後半から昭和40年代前半に築造された構造物の更新が多い。図-1は、ある更新計画予定路線の水路からコア抜きした供試体の圧縮試験結果である。本水路は約30年間供用された無筋コンクリートであるが、統計理論的には現行設計基準を十分に満足していると判断される。このように、更新事業の対象となっている構造物に共通していることは、東北地方以北の凍結融解、干拓地など海岸近傍に発生する（若しくは海砂を用いた結果生じる）塩害、香川県や富山県などにおける反応性骨材の使用によるアルカリ骨材反応などといった特定の劣化原因が存在しなければ、現時点においても材料工学的には何ら問題のない密実なコンクリートである場合が多い^{4,8)}ことである。それにもかかわらず、補修・補強よりも改修による更新事業が全国的に展開され、実施されようとしている現状は、材料工学面以外の要因によることが多いと考えられる。受益地の増減・作付計画の変更や環境への配慮に対応した水路断面の変更、受益地の位置変更による路線の変更、用水管理の合理化や水質保全のためのパイプライン化など、経済社会の変化がその主要な要因になっているものと思われる。

2. 調査・事業制度の展開と性能照査とのリンク

平成11年度に持続的な食料供給体制の確立対策の一環として、基幹的水利施設の最適整備計画（広域基盤整

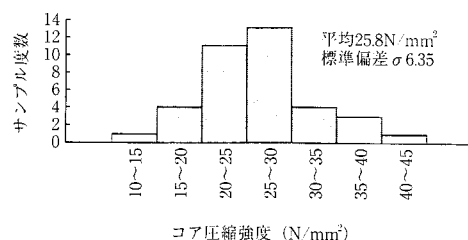


図-1 更新予定水路からコア抜きした供試体の圧縮試験結果

備計画)の策定が打ち出され、たとえば、過去に国営事業で建設された全施設を対象に機能診断や残存耐用年数の検討などを行い施設の整備年次計画を策定する調査が進められている。また、耐用年数が来る前に手入れをして施設の長寿命化を図る予防保全的な事業の展開も検討されている。一方、渡嘉敷らは、施設更新に関わる評価基準が不明確である現状に鑑み、その評価基準として“性能”を、性能に基づいた管理として“性能管理”という新たな管理理念を提案している¹³⁾。この提案の背景には、コンクリート標準示方書「施工編」の性能照査型への移行が考えられる。構造物に性能照査がなされるのであれば、これとリンクして管理目標を明確にし、また、目標と現状との隔たりを定量的に評価できるため、合理的な判断が可能となるとの考え方に基づくものと思われる。これら諸制度の展開、設計と維持管理のリンクなど、今後のさらなる議論が期待される。

VII. おわりに

更新手段や工法を選択する際には劣化を明確に区分する必要があること、農業水利構造物の特性を踏まえた劣化診断手法の確立が必要であることなどを論じた。また、補修・補強に密接に関わっている材料工学面以外の要因や、性能照査とのリンクという新たな管理理念を紹介した。

本報が、農業農村の持続的な発展を支え多面的機能を発揮してきた農業水利構造物の長寿命化や適期の更新に向けた議論の契機となれば、望外の喜びである。

参 考 文 献

- 1) 農土学会材料施工研究部会：コンクリート構造物の維持管理，材料施工研究部会報 39(2001)
- 2) 長束 勇・藤本直也・菅原教泰・重森 篤：農業用施設コンクリート構造物の劣化についての現状分析，水と土 120，pp. 22～30(2000)
- 3) 青山咸康：既設ダムの機能更新技術，農土誌 69(1)，pp. 27～30(2001)
- 4) 野中資博：コンクリート水利施設の劣化機構と老朽化診断，農土誌 69(5)，pp. 13～17(2001)
- 5) 服部九二雄・佐藤周之・緒方英彦：超音波法と反撥度法による構造物コンクリートの品質評価，農土誌 69(5)，pp. 49～52(2001)
- 6) 小林一輔：コンクリートが危ない，岩波新書(1999)
- 7) 建設省・運輸省・農林水産省：土木コンクリート構造物耐久性検討委員会の提言(2000)
- 8) 秀島好昭：水利施設の設計・維持・改修における寒冷地対策，農土誌 70(4)，pp. 15～18(2002)

- 9) 宮元 均：適切な施設の維持管理に向けた取組みについて，農土誌 70(5)，pp. 13～16(2002)
- 10) 渡嘉敷勝・長束 勇・直江次男・森 充広：農業用コンクリート構造物の補修・補強に関する事例調査，農土学会大会講演要旨(2002)
- 11) 森 充広・渡嘉敷勝・直江次男・長束 勇・服部晋一：音響弾性波法および赤外線サーモグラフィ法による構造物の非破壊調査事例，農土学会大会講演要旨(2002)
- 12) 長束 勇・直江次男・渡嘉敷勝・森 充広・田熊章：水路系コンクリート構造物の内張り再生工法の開発，農土学会大会講演要旨(2002)
- 13) 渡嘉敷勝・長束 勇・森 充広・石村英明：農業用コンクリート構造物の性能管理へ向けて，農土学会大会講演要旨(2002)

[2002. 8. 12. 受稿]

長束 勇



略 歴
1951年 滋賀県に生まれる
1974年 京都大学農学部卒業、農林省入省
1980年 筑波大学大学院経営・政策科学研究科修士
1988年 構造改善局設計課設計審査班長
1989年 農工研土木材料、土地質研究室長
2001年 (独)農業工学研究所施設機能研究室長
現在に至る

甲本 達也



1944年 台湾に生まれる
1972年 九州大学農学研究科博士課程農業工学専攻単位取得退学、九州大学農学部助手
1978年 佐賀大学助教授
1992年 佐賀大学農学部教授
現在に至る

青山 咸康



1943年 神奈川県に生まれる
1969年 京都大学大学院修士課程農業工学専攻修了
京都大学農学部助手
1981年 東京農工大学助教授
1998年 京都大学大学院農学研究科教授
現在に至る

野中 資博



1950年 佐賀県に生まれる
1975年 京都大学大学院修士課程農業工学専攻修了
島根大学農学部助手
1985年 島根大学助教授
1995年 島根大学生物資源科学部教授
現在に至る

服部九二雄



1945年 愛知県に生まれる
1971年 京都大学農学研究科農業工学専攻修了
鳥取大学農学部助手
1990年 鳥取大学助教授
1997年 鳥取大学農学部教授
現在に至る