

農業水利施設の性能管理へ向けた一考察

Performance Management of Irrigation and Drainage Structures

渡 嘉 敷 勝[†] 長 束 勇[†] 森 充 広[†] 石 村 英 明[†]
 (TOKASHIKI Masaru) (NATSUMA Isamu) (MORI Mitsuhiro) (ISHIMURA Hideaki)

I. はじめに

これまでの仕様規定型設計から性能照査型設計への移行が国際的な流れとなり、わが国の農業水利施設の設計においても移行の準備が進められている。しかし、農業水利施設の性能照査は、設計段階だけにおいてのみ必要となるのではなく、既存施設の管理段階においても必要となる。コンクリート標準示方書〔維持管理編〕においても維持管理段階における性能照査の必要性が指摘されている¹⁾。

現在、わが国には平成14年度時点における再建設費ベースで約25兆円とも推定される膨大な農業水利施設が存在している。これらの施設の中には老朽化が進行し、施設の機能を維持するための補修あるいは更新が必要となっている施設も多く、今後は順次、更新時期を迎えることから、施設機能の維持が社会的課題となっている。このような状況の中で、行政側からの指摘として、宮元²⁾は、「更新・管理の時代」にシフトしていることから、今後の施設の維持管理の展開方向として、ライフサイクルコスト概念の導入、事後保全から予防保全への移行、既存構造物に対する管理技術の充実を基礎とした計画的な維持管理の必要性を論じている。同様に、勝山³⁾は、ストックマネジメントの導入による、既存の農業水利施設の効率的な維持管理、的確な保全、そして機動的な更新を図ることが、今後の行政の課題であると紹介している。

このように、既存施設が担っている食料の安定供給をはじめとする多面的機能を今後とも維持していくためには、個々の施設および水利システムとしての現況性能を的確に照査し、施設に要求される性能を維持するための適切な管理計画の策定とその実行が必要とされている。

そこで本報では、今後の管理の枠組として、施設自体を管理するという視点に立つ従来の「施設管理」に対し、

施設に要求される性能を管理するという視点に立つ「性能管理」を新たな管理理念のひとつとして、農業水利施設の管理のあり方について考察した。

なお、本報は、平成15年2月に農業土木学会材料施工研究部会が開催したシンポジウムにおける講演発表⁴⁾の一部を抜粋し、加筆したものである。

II. 性能管理

1. 性能管理の必要性

本報では、性能を「目的または要求に応じて農業水利施設が果たす役割および働きをある評価軸によって数値化した値」として定義する。そして、性能管理を「農業水利施設に要求される性能を、目標水準以上に確保することを目的として実施する全ての技術行為」と定義する。

図-1に、性能管理の概念図を示す。図中には、管理者、施設、要求性能、そして、目的の4要素が示されている。ここでは、農業水利施設の目的を「現在から将来にわたり、食料の安定供給をはじめとする多面的機能を維持するために、必要な時に必要な量の水を供給し続けること」と定義する。また、要求性能とは上記目的を達成するために施設が発揮すべき性能と定義する。

4要素間の実線矢印の関係は、①管理者が施設を適切に操作および管理することにより、②施設がある性能を発揮することが可能となり、③その性能が要求性能を満たすことによって、④農業水利施設の目的が達成される、という管理から目的達成までの流れを示している。

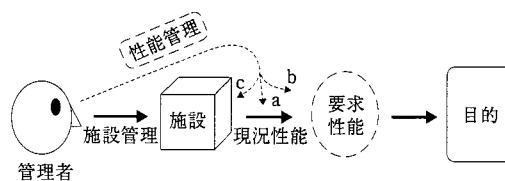


図-1 性能管理の概念図

[†]独立行政法人農業工学研究所

これまでの施設管理では、施設の状態にのみ、関心が集まり、その背後にある現況性能や要求性能にまで目が向けられなかったのが実態のように思われる。そのために、「変状＝劣化＝老朽化→補修・更新実施」という構図ができあがっているように見受けられる^{5,6)}。しかし、このような意思決定では、今後の更新時代を乗切ることには困難が伴うと予想される。まず第一に、意思決定の物理的根拠が希薄であることから、国民に対する説明責任を十分に果たせないと考えられるからである。第二に、更新に対する個別施設の優先順位決定に必要な基準が曖昧であることから、限られた予算を効果的に投資するための意思決定が難しくなると想定されるからである。

これに対して、図中の点線で示された性能管理では、現況性能の把握（矢印a）に重点を置き、常に現況性能が要求性能（矢印b）を満たしているかを検証する。この検証が性能照査である。そして、要求性能を満たす状態を維持するように施設を管理（矢印c）していく。つまり、要求性能を基準とし、施設の性能が基準を達成できるようにフィードバックして管理するのが性能管理である。したがって、たとえ変状が生じていても、その変状が要求性能の達成を現在から将来にわたって阻害しないと予測される限りにおいては、対策を実施しないという判断を下すのが性能管理である。性能管理では、「補修・更新すべきもの」と「補修・更新が不要なもの」を区分するための基準が性能に置かれている。

基準を性能に置くことは、施設を管理する面からも整合性が保てることを意味する。なぜなら、性能を得るために施設が作られたのであり、施設が作られたから性能が存在するのではないからである。施設は性能を得るための具体的手段ではあるが、それ自体は管理の主対象ではない。管理の主対象はあくまでも施設が発揮する性能であり、そのための手段として施設を管理するのである。したがって、今後、管理者側においては、管理対象である「性能」を「施設」の上位へ位置づける発想の転換が必要と考える。

2. 農業水利施設の性能構造

それでは、農業水利施設に要求される性能とは何だろうか。中島⁷⁾は、主たる機能として、「水理学的機能」、「水利的機能」、「構造的機能」を挙げ、その評価方法についても言及している。また、中ら⁸⁾も「水理性能」、「水利性能」、「構造性能」を本来性能として挙げ、その構造化を試みている。このように、農業水利施設に要求される基本的な性能としては、図-2に示すように、①水利性能、②水理性能、③構造性能が考えられる。

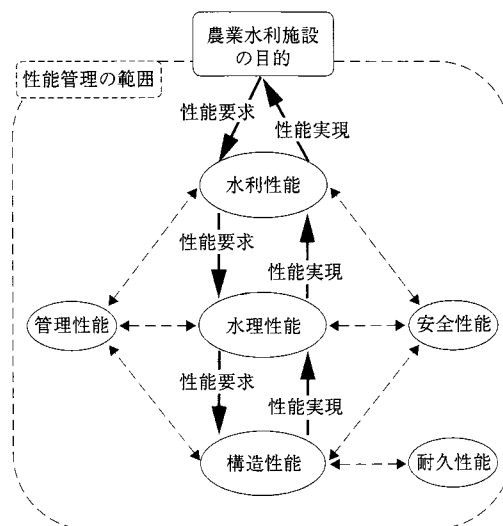


図-2 農業水利施設の性能構造

ここで、水利性能とは、受益者の水利用を過不足なく実現するための性能、そして、水理性能とは、水源や立地条件等の制約条件の下に水利性能の要求性能を実現するための性能と定義できる。また、構造性能とは、水利性能・水理性能の要求性能を実現するために、水利施設が発揮する性能と定義できる。図中の矢印は、性能間の関係を示しており、これら三つの性能間の位置関係は、図に示すような階層構造を有していると考えられる。最も上位にあるのが水利性能であり、水理性能、構造性能の順に下位に位置する。これは、先に定義した農業水利施設の目的を達成するためには、上位性能ほどより直接的に目標達成に影響を与える程度が大きいと考えられるからである。

また、その他の性能としては、「安全性能」、「管理性能」、「耐久性能」などが挙げられる。

さらに、構造性能は、①耐変形性能（耐荷重性能、耐摩耗性能、耐震性能など）、②耐変位性能（基盤支持性能、耐震性能など）、③耐変質性能（耐中性化性能、耐塩害性能、耐凍害性能など）、④水密性能、⑤平滑性能などの下位性能から構成されることが考えられる。

また図中に示されるように、各性能は、他の性能と相互に関連し合っている。このことは、ある性能を変化させる場合、それが他の性能へ及ぼす影響を予め想定しておく必要があることを示す。部分的な最適化が必ずしも全体的な最適化をもたらすとは限らないからである。

さらに、要求性能は画一的なものではなく、地域によって、あるいは、時間とともに変化する。たとえば、水資源の豊富な地域と不足する地域とでは、自ずと要求性能に対する水準も異なるはずである。また、農地の減

表-1 農業水利施設の管理計画策定のための現状の問題点と今後の課題

現状の問題点	今後の課題
1. 発生している変状が施設にとって問題となるのかを判断できない。	1-a 変状とその原因についての整理。 1-b 変状が施設の性能に及ぼす影響についての整理。
2. どのような調査に基づけば施設の劣化状況や劣化レベルを判定できるのかわからない。	2-a 非破壊調査などによる概査・詳査手法の確立。 2-b 変状と性能低下の関係について整理。 2-c 性能照査手法の確立。
3. 何を基準として施設の健全度を評価すればよいかわからない。	3-a 施設の要求性能を整理。
4. 過去の変状および補修履歴がわからない。	4-a 性能管理データベースの構築。
5. 残存寿命がわからない。	5-a 性能予測手法の確立。
6. どのような対策（補修，更新）を選択すればよいかわからない。	6-a 補修工法とその工法によって達成される性能の整理。
7. 補修後の残存寿命がわからない。	7-a 補修工法別の耐久性についての整理。 7-b 耐久性照査のための促進試験の確立。 7-c 補修後の性能予測手法の確立。 7-d 補修後の追跡調査およびデータベース化
8. ライフサイクルコストが算定できない。	8-a 管理（補修含む）費用データベースの構築。 8-b 農業水利施設の実態に則したライフサイクルコストの算定手法の確立。
9. 対策をいつの時点で実施すればよいかわからない。	9-a 施設の性能低下によるリスク評価手法の確立。
10. 対策を実施する施設の優先順位が決められない。	10-a 水利システム全体の性能照査手法の確立。

少や環境への配慮などの社会的背景の変化もその要因となる。そのため、性能管理においては、常に要求性能の妥当性の見直しが必要となる。

III. 性能管理のための課題

筆者らが更新事業の実施地区、あるいは予定地区を対象として実施した調査や、現場担当者との議論を通して明らかとなった管理計画策定のための現状の問題点を整理したのが、表-1である。この表には、各問題点に対する性能管理の視点に立った今後の課題も併せて記載した。

現状の問題点を大きく分類すると、①構造性能の照査（既存施設、補修施設）、②経済性の照査、③水利システム性能の照査などが考えられる。これらは、今後の研究開発の課題を多く含んでいる。

1. 構造性能の照査

(1) 既存施設 既存施設の性能照査では、日常点検や定期点検による可視変状の発見およびその記録が重要となる。これらは、多くを目視に頼っているが、目視だけでは記録が残りにくいため、後の参照に支障が生じる。このため、効率的に変状画像を記録するシステムの開発が必要となる。また、水路トンネルの覆工背面の空洞状態や覆工ひび割れの貫通性などの不可視変状の探査を目的としたシステムも必要である。さらに、調査を効率的に進めるための非破壊調査法の開発⁹⁾も必要とされている。

また、点検や調査で判明するのは変状の位置と程度であり、これが現況性能および将来性能へどのように影響するかの判定手法が必要となる。

性能管理を進めていくうえでは、上記の点検結果を一元的な性能管理データベースを構築することで蓄積し、必要なときに自由にデータの閲覧が可能なシステムの開発が不可欠である。

(2) 補修施設 補修施設は、今後の更新時代を迎えて、長寿命化対策により増加することが予想される。補修施設は、既存躯体を生かして補修工法により、性能を回復させる施設である。しかし、性能回復のための補修工法選定基準や、補修後の耐久性などについては不明な部分が多い。このため、受益負担のある施設においては、補修よりも更新を望む意見が強い。行政的課題である更新量のピークカットを長寿命化によって達成するためには、補修後の性能（既存躯体の耐久性、既存躯体と補修材料との一体化性および耐久性など）における照査手法の開発や、追跡調査によるデータの蓄積などが重要となる。

2. 経済性の照査

経済性を考える際には、ライフサイクルコスト(LCC)を算定する必要があるが、現状では、算定に用いる基本データが整備されておらず、データベースの構築が急務である。しかし、たとえデータが整備されたとしても、農業水利施設の場合、「誰にとってのLCC最小化を目指すか」という問題が生じると考えられる。これは、施設

のLCCの費用負担者(たとえば、国・県・受益者)が複数存在することに起因する。したがって、農業水利施設を対象としたLCC最適化手法の開発が必要になると考える。

また、個別施設のLCC最適化が、限られた予算の中での全国の更新施設のピークカットに寄与するかという問題もあり、これに対する検討も必要と考えられる。

3. 水利システム性能の照査

水利システム全体としてみた場合、システムを最適化して要求性能を満たすためには、どの個別施設をどのように変化させる必要があるか、また、ある施設で性能低下が生じた場合にシステム全体の性能にどのような影響が生じるかに関する検討が必要である。

さらに、システム全体の性能低下により、どのようなリスクが発生するのかについての評価手法も併せて検討する必要がある。

IV. おわりに

本報では、今後の更新時代を迎えるにあたり、性能管理への発想転換と性能管理を推進していくための今後の課題についての考察結果を報告した。しかし、未整理な部分も多く、解決すべき課題も多いため、今後は官学民の連携による検討が必要であると考えている。

参考文献

- 1) 土木学会コンクリート委員会：コンクリート標準示方書〔維持管理編〕(2001年制定)，土木学会，p.6 (2001)
- 2) 宮元 均：適切な施設の維持管理に向けた取り組みについて，農土誌 70(5)，pp.393～396(2002)
- 3) 勝山達郎：ストックマネジメントの導入による農業水利施設の有効活用，ARIC 情報 67，pp.17～21 (2002)
- 4) 渡嘉敷 勝：農業水利構造物の管理の展開方向，農土学会材料施工研究部会報 41，pp.1～12(2003)
- 5) 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，農土学会大会講要，pp.394～395(2002)
- 6) 長束 勇・甲本達也・青山威康・野中資博・服部九二雄：農業水利コンクリート構造物の更新と維持管理，農土誌 70(12)，pp.3～6(2002)
- 7) 中島賢二郎：水利構造物の改築について，ARIC 情報 64，pp.48～54(2001)
- 8) 中 達雄・田中良和・向井章恵：施設更新に対応する水路システムの性能設計，農土誌 71(5)，pp.51～56(2003)
- 9) 森 充広・渡嘉敷 勝・長束 勇・服部晋一：農業水利施設機能診断のための非破壊調査現地適用事例，農土誌 70(12)，pp.55～58(2002)

[2003.11.6. 受稿]

渡嘉敷 勝



略 歴
1996年 千葉大学大学院自然科学研究科博士課程退学，農林水産省入省
農業工学研究所施設管理システム研究室(独) 農業工学研究所施設機能研究室
現在に至る

長束 勇



1974年 京都大学農学部卒業，農林水産省入省
1980年 筑波大学大学院経営・政策科学研究科修了
1986年 構造改善局設計課設計審査班長
1989年 農業工学研究所土木材料研究室長
1996年 農業工学研究所土地質研究室長
2001年 (独) 農業工学研究所施設機能研究室長
現在に至る

森 充広



1994年 京都大学農学研究科修了，農林水産省入省
農業工学研究所土地質研究室
1999年 東北農政局郡山土地改良建設事業所
2001年 (独) 農業工学研究所施設機能研究室
現在に至る

石村 英明



1986年 弘前大学農学部卒業，農林水産省入省
北陸農政局，近畿農政局，緑資源公団を経て
2002年 (独) 農業工学研究所施設機能研究室
現在に至る