

17.3 農業用水利施設の補修・改修計画技術に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 18～平 22

担当チーム：水利基盤チーム

研究担当者：中村和正、小野寺康浩、池田司、
佐藤智、横木淳一、川辺明子

【要旨】

積雪寒冷地の畑地灌漑施設を対象とした機能診断事例の分析を行った。機能診断・予防保全対策検討手法の改善のためには、各種劣化の因果関係の解明とそれに基づいた劣化の時間的進行パターンの解明、個々の劣化・変状と水利施設の機能低下の影響範囲の把握を進めることが重要であることを示した。また、既往の事例調査を行い、複数施設の間での補修・改修の優先順位の決定手法を分析した。複数施設の間での優先順位決定には、個別施設の補修・改修計画を立てる上での利用されているライフサイクルコスト（LCC）手法は使用できず、何らかの便益・緊急性を評価する必要があること、または便益・緊急性の評価には複雑な手法のほかに簡便な考え方が用いられている事例があることを述べた。

キーワード：農業水利施設、機能診断、予防保全、ライフサイクルコスト、優先順位

1. はじめに

農業用水路を低コストで良好に維持管理するためには、送配水機能診断と構造機能診断の結果を総合的に検討し、必要に応じて適切な工法で補修・改修を実施しなければならない。本個別課題では、寒冷地農業用水施設を補修・改修する場合の対策の工法や時期の選択方法、異なる施設間での対策実施の優先順位の決定方法などを検討して、補修・改修計画技術の提案を行う。

平成 18 年度には、北海道内の畑地灌漑施設を対象とした機能診断事例を分析し、技術者が機能診断および予防保全対策立案を進めるうえで手法・知見の向上が求められている事柄を整理した。

また、平成 19 年度には、農業水利施設の補修・改修の優先順位の決定方法について、事例収集・分析を行い、今後の研究方向を検討した。

ここでは、それらの概要について報告する。

2. 機能診断・予防保全に必要なデータの検討¹⁾

2.1 目的と方法

農業用水利施設の維持管理については、平成 15 年度に「国営造成水利施設保全対策指導事業」が創設され、基本的な考え方が事後保全から予防保全に転換された。これを受けて、平成 19 年 3 月には、「農業水利施設の機能保全の手引き」²⁾や「農業水利施設ストックマネジメントマニュアル」³⁾などが整備された。しかしながら、現

時点では、積雪寒冷地における機能診断・予防保全対策の立案を技術者が進めるうえで、かならずしも十分な知見・データがそろっているわけではない。

本章では、北海道内で行われた畑地灌漑用パイプラインの機能診断事例をもとにして、今後の補修・改修計画技術に必要なデータ項目について述べる。

2.2 検討結果

2.2.1 劣化予測に関するデータ

補修・改修の要否や適切な実施時期の判断を行うには劣化予測が必要である。劣化予測手法には、統計モデル（単一劣化曲線モデルやマルコフ連鎖モデル）と個別劣化現象モデルがある。現在のところ、農業水利施設の劣化とその要因は明確になっていないため、個別劣化モデルを採用することは困難である³⁾。それゆえ、統計モデルの採用が勧められているが、この場合でも、各種劣化の時間的進行パターンについてのデータ蓄積が必要である。

2.2.2 劣化・変状と施設機能の対応性

施設全体の機能劣化を予測するためには、その因子となる局所的な劣化や変状が、施設全体のどのような機能を低下させるかという対応関係が必要である。秀島⁴⁾は、北海道の水田用水で近代的な水路設計手法が確立する途中に採用されていたL字型ブロック水路について、潜在構造分析モデル手法によって、機能変化の構造を分析した。しかしながら、このような分析事例は少なく、今後

データの収集・分析が必要である。

2.2.3 補修・改修後の耐久性の情報

補修・改修の経済効果を検討するうえでは、現況施設の劣化予測手法のほか、対策工法の適用性や耐久性に関する知見が必要である。しかしながら、積雪寒冷地においては、これらのデータがほとんどない。そのため、関連する個別課題において、試験施工により検証中である。

3. 補修・改修の優先順位決定方法の検討

3.1 目的と方法

農業水利施設の予防保全対策を行う上での調査・計画の考え方を述べている「農業水利施設の機能保全の手引き」²⁾ (以下、手引きと略記する) では、調査・計画の流れを次のような順序で示している。

- a. 日常管理
- b. 機能診断評価
- c. 対策工法の検討
- d. 機能保全コストの算定・比較
- e. 機能保全計画の作成

機能保全対策の必要な施設に対する施工順序は、e. の段階で決定することとされているが、その方法については「機能保全コストの比較により算定されたシナリオを基本としながら、関係者(土地改良区、関係行政機関等)の意向や意見を踏まえるプロセスを経て、整備計画を策定する必要がある。」と述べられているだけで、具体的な手法は示されていない。

そのため、ここでは補修・改修計画を策定する上で重要な、対策施工の優先順位の決定方法について、農業水利施設における既往の事例を収集・整理する⁵⁾。

3.2 ライフサイクルコスト手法の特徴

投資プロジェクトの経済分析手法は、便益と費用を考慮するものと、費用のみを考慮するものに分けられる。ライフサイクルコスト(LCC)手法は後者に属し、北村ら⁶⁾は、困難な便益計算が省略できることで、意志決定が早くなるなどの利点があるとしている。また、LCC手法の適用できる事例として、既存施設の維持補修をあげている。この場合、複数の選択肢があっても、それらの維持補修の実施により得られる便益の差が小さいと考えられるから、選択肢相互の得失はLCCだけを比較すれば把握できるとしている。

LCCには、施設建設費や供用期間中の維持保全コスト、廃棄のための経費が含まれる。しかし、手引きにおいては、LCCから施設建設費や廃棄のための経費を控除したものを「機能保全コスト」と呼び、算定の簡便な

この指標を選択肢の比較に用いることとしている。手引きでは、機能保全コストを利用可能な理由として、農業水利施設のストックマネジメントでは現存する施設の維持補修方法を考えるので建設費を考慮する必要がないこと、施設の機能を永続的に確保することを前提としていることをあげている。

3.3 複数施設間の優先順位比較へのLCC適用性

前節で述べたように、LCCや機能保全コストは、ある単独の施設を機能保全するとき、最も経済的な方法を選び出すための指標である⁶⁾。しかし、2つの施設の維持補修の優先順位の比較のように、便益が異なる選択肢を比較する場合には、この指標は使用できない。

3.4 優先順位決定事例

3.4.1 優先順位決定が必要な場面の分類

ある地域の農業水利施設に対して機能保全計画を作るうえで、いくつかの施設間での優先順位を決める必要が生じる場合がある。たとえば、次のような例が考えられる(図-1参照)。

- a. 同一地域での同種施設間での比較
(例えば、A地域内での用水路区間aと区間bの比較)
- b. 複数地域にまたがる同種施設の比較
(例えば、A地域とB地域の3カ所の排水機場の比較)
- c. 同一地域での異種施設での比較
(例えば、A地域での用水路区間a、頭首工HW₁、排水路区間tの間の比較)
- d. 複数地域にまたがる異種施設での比較
(例えば、A地域の用水路区間a、B地域の頭首工HW₂、B地域の排水機場P₃の間の比較)

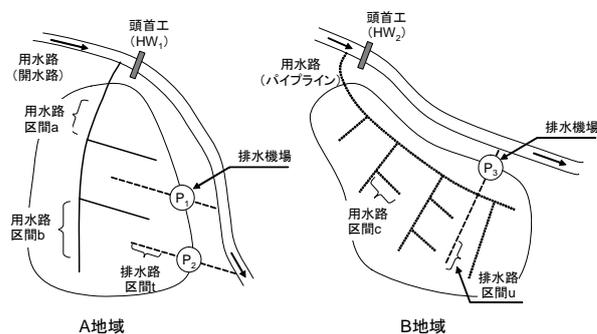


図-1 優先順位を比較する施設の例

3.4.2 同一地域内の同種施設間の比較

1970年代から80年代にかけて建設された木曾川用水右岸地区では、経過年数の短い時期から生じていた継手での出水のほか、埋設後25年程度を経過したPC管の

管体そのものの破裂も生じるようになってきたため、劣化対策が検討された⁷⁾。

本地区での対策区間優先度の考え方は、表-1のとおりである。表に示されている「劣化管」とは、過去に出水履歴のある管や、試掘調査により劣化が確認された管である。また、過去の出水のうち、内水圧0.3MPa以上の区間で生じているものが約8割を占めることから、内水圧による区分がなされている。さらに、道路・鉄道下で生じたものが約7割あること、河川横断区間や民家隣接区間では二次災害のおそれがあることから、二次災害防止の必要性も判断指標の一つとしてあげられている。

表-1 対策区間優先度の考え方⁷⁾

| 劣化管の有無 | 内水圧 | 二次災害防止の必要性 | 区分 |
|--------|----------|------------|-----------|
| あり | 0.3MPa以上 | あり | 優先度 A |
| なし | 0.3MPa以上 | あり | |
| あり | 0.3MPa未満 | あり | |
| なし | 0.3MPa未満 | あり | |
| あり | 0.3MPa以上 | なし | 優先度 B |
| あり | 0.3MPa未満 | なし | |
| なし | 0.3MPa以上 | なし | 優先度 C |
| なし | 0.3MPa未満 | なし | 緊急劣化対策区間外 |

このように、本地区では対策実施の優先度の決定にLCCや機能保全コストは使われておらず、二次災害のおそれの有無が、区間ごとの優先順位検討における最優先の判断材料となり、さらに劣化管の有無と内水圧の大きさが判断材料となっている。

3.4.3 複数の地域にまたがる同種施設の比較

丹治と蘭⁸⁾は、5カ所の排水機場の更新順序の決定方法の検討を例にして、LCC手法の限界を次のように説明している。すなわち、LCC手法を用いると、1つの施設について最適な対策時期を決定することができる。施設が複数ある場合には、LCC手法により、それぞれに対する最適対策時期が決まるから、予算の制約がない場合には、その順に従って対策を実施すればよい。しかし、実際には予算の制約があるため、各施設の対策時期は最適時期を逃してしまい、LCCでは容易に優先順位を決められない。

丹治と蘭⁸⁾は、規模や老朽化している部分がさまざまに異なる5カ所の排水機場がある場合を想定し、AHP (Analytic Hierarchy Process) による順位付けを示している。その事例は、次のようである。

- 排水機場の各点検項目の状況を5段階で評価する。5は何とか動く状態、1は問題のない状態である(表-2)。
- 各点検項目の重要性を、排水機場としての機能

にとつての重要性の観点で決める(表-3)。

- aとbの重み付き平均を総合評価とする(表-4)。
 機場Aを例にとると $71=5 \times 5 + 5 \times 2 + 5 \times 3 + 1 \times 1 + 5 \times 4$ である。この総合評価で順位付けをする。

表-2 排水機場の健全度チェック⁸⁾

| 機場名 | 主ポンプ | 除塵装置 | 電気設備 | クレーン | 基礎 |
|-----|------|------|------|------|----|
| A | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 |
| B | 5 | 5 | 5 | 1 | 3 |
| C | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 |
| D | 4 | 5 | 1 | 1 | 2 |
| E | 3 | 3 | 4 | 1 | 1 |
| F | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 |

表-3 検査項目の重要度⁸⁾

| 項目 | 主ポンプ | 除塵装置 | 電気設備 | クレーン | 基礎 |
|----|------|------|------|------|----|
| 重み | 5 | 2 | 3 | 1 | 4 |

表-4 AHPによる総合評価の例

| 機場名 | 総合評価 |
|-----|------|
| A | 71 |
| B | 63 |
| C | 31 |
| D | 42 |
| E | 38 |
| F | 30 |

文献8)から作成

3.4.4 同一地域の異種施設に対する優先順位

アルバータ州南部の約5万haの灌漑区(Irrigation District)では、機能保全計画策定のために、用水路や排水路、その他の施設の対策実施優先順位の決定方法を開発した⁹⁾。この方法は、基本的には費用便益比B/Cの考え方を採用しているが、便益の代わりに「緊急度(urgency)の低下度」を採用している。

この灌漑区では、用水路(区間ごと)や排水路、各種構造物の状態調査を詳細に行い、これをもとに用水路と排水路の補修の緊急度評価を行っている。緊急度は、対象物の規模、対象物が地区の用排水でしめる重要性、構造機能的劣化状態や漏水、容量不足などの項目ごとの各点数に、それぞれの重み付け係数が乗じられ、それらの合計として計算されている。これらの重み付け係数により、規模の大きな水路が優先されやすくなるなどの傾向を抑制している。

費用の算出にも、統一された単価や方法が用いられており、用水路や排水路の状況調査結果から、コンピュー

ターで算出できるようになっている。

緊急度を求めるための重み付け係数の決定は、灌漑区に属する農家から選出された委員会が行っている。重み付け係数は、緊急度の算出結果が大勢の了解を得られるようなものとなるように調整され、決定される。

3.4.5 複数地区にまたがる異種施設間での比較

複数地区にまたがる異なる工種での比較の事例となる既往文献を見いだすことはできなかった。しかし、この場合の比較には、上記のアルバータ州南部の事例と同様の手法が適用可能であると考えられる。

3.5 考察と今後の検討方向

上に述べたように、LCC手法では機能保全計画における優先順位を決定できない。そのため、3.4.3では表-4のような総合評価の算出が、また3.4.4では緊急度の算出が必要であった。これらは、ある種の便益計算といえる。また、3.4.2においても、二次災害の防止などが優先順位決定の大きな指標となっており、これは対策の実施によって得られる便益の比較といえる。

これらのことから、優先順位の決定には、便益（あるいは緊急度）を評価する何らかの手法が必要であると考えられる。北村ら⁹⁾は、経済分析手法のうち便益を考慮するものについては、便益計算が困難であるということ短所としてあげている。それゆえ、今後の研究方向の1つとしては、簡便な便益評価方法の検討が必要であると考えられる。

また、高圧のパイプラインについては、漏水事故が重大な二次災害を引き起こす懸念が大きいため、今後は緊急度の評価による優先順位の決定方法が求められると考えられる。3.4.2の木曾川用右岸地区の事例では、二次災害の危険性は、有と無の2分化した評価だけを用いていた。これに対し中ら¹⁰⁾は、個別事故による損害についての詳細なデータ蓄積による、リスク管理の必要性を述べている。北海道内の畑地灌漑施設は、高圧管路が多いという特徴があるため、今後の研究方向としては、漏水発生箇所の傾向のほか、それらの事故により発生した損害の定量化・データベース化が必要である。

4. まとめ

本個別課題の目的は、積雪寒冷地における農業用水利施設の補修・改修計画技術の提案を行うことである。

平成18年度には、積雪寒冷地の畑地灌漑施設を対象とした機能診断事例の分析を行い、機能診断・予防保全対策検討手法の改善のためには、各種劣化の因果関係の解明とそれに基づいた劣化の時間的進行パターンの解明、個々の劣化・変状と水利施設の機能低下の影響範囲の把

握を進めることが重要であることを示した。

また、平成19年度には、農業用水利施設の補修・改修の優先順位の決定方法について、事例収集・分析を行い複数施設の間での補修・改修の優先順位の決定手法を分析した。複数施設の間での優先順位決定には、個別施設の補修・改修計画を立てる上で利用されているLCC手法は使用できないため、何らかの便益・緊急性を評価する必要がある。または便益・緊急性の評価には複雑な手法のほかに簡便な考え方が用いられている事例がある。

今後は、積雪寒冷地における水利施設の劣化とその要因、劣化の進捗などに関するデータの収集や、補修・改修の優先順位決定のための簡便な指標の検討を行う。また、平成20年度からは、改修用水施設での水管理状況についても調査し、その結果を補修・改修計画技術へ反映させる。

参考文献

- 1) 寒地土木研究所水利基盤チーム：農業用水利施設の水管理に関する技術検討報告書、2007
- 2) 食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会：農業用水利施設の機能保全の手引き、102p、2007
- 3) 保全対策センター：農業用水利施設ストックマネジメントマニュアル共通編一、101p、2007
- 4) 秀島好昭：L字型ブロック水路（フリーム）の水路機能の評価—寒冷地の用水路機能評価方法の確立を目指して（1）—、112p、2007
- 5) 寒地土木研究所水利基盤チーム：大規模畑地灌漑施設のライフサイクルコスト計算手法の分析、平成19年度受託研究—北海道における国営土地改良事業に係る総合的な技術研究—報告書、第3部I—B、2008
- 6) 北村浩二・本間新哉・今泉眞之・加藤敬：農業用水利施設のライフサイクルコスト計算の経済分析手法としての妥当性、農工研技報206、pp.105-117、2007
- 7) 竹中実・吉岡敏幸・河田直美：老朽化したPC管の判定と対策について—木曾川右岸地区の事例から—、水土の知、76(1)、pp.29-32、2008
- 8) 丹治肇・蘭嘉宣：排水機場の更新時期と順位の決定方法の考察、農業土木学会誌、70(12)、pp.11-15、2002
- 9) B. C. Palmer and T. G. Ayers: Multi-Objective Planning for Irrigation System Rehabilitation, Paper No. 83-2017, 1983 Summer Meeting American Society of Agricultural Engineers、1983
- 10) 中達雄・田中良和・樽屋啓之：農業用パイプラインの性能とリスク管理、農業土木学会誌、72(5)、pp.13-16、2004

RESEARCH ON REPAIR AND IMPROVEMENT PLANNING OF IRRIGATION AND DRAINAGE FACILITIES

Abstract : Examples of functional diagnosis of irrigation facilities in cold, snowy regions were analyzed and it was concluded that 1) the causes and effects of various forms of deterioration, 2) patterns in the progression of deterioration according to the time frame, 3) the relationship between deterioration/deformation of facilities and their functional decline, were needed to be studied to improve the diagnosis and preventive maintenance method. Furthermore, decision methods of the order of priority among plural facilities were analyzed by a case study. LCC method, which is useful to make plans to repair or improve irrigation and drainage facilities, cannot be used as the decision methods among plural facilities. It was shown that benefit or urgency is needed for such decision method, and there are some simple methods to evaluate the benefit or urgency.

Key words : irrigation facility, functional diagnosis, preventive maintenance, life cycle costs, order of priority