

17. 積雪寒冷地における農業水利施設の送配水機能の改善と構造機能の保全に関する研究

研究期間：平成 18 年度～22 年度

プロジェクトリーダー：寒地農業基盤研究グループ長 秀島好昭

研究担当グループ：寒地農業基盤研究グループ（水利基盤）、技術開発調整監付（寒地技術推進室）

1. 研究の必要性

北海道にある農業水利施設基盤を適切な維持・予防保全対策により長寿命化し、計画的な更新を行っていくための技術の確立が急務となっている。このため、水田灌漑施設の送配水機能の評価技術・改善技術の開発、畑地灌漑施設についても先駆的に予防保全技術を構築することが求められている。凍害を含む寒冷地特有の機能劣化の診断技術が必要なほか、泥炭地などの特殊土地地帯における水路施設について信頼性が高く、経済的な設計法の確立が求められている。最終的に、これらの予防保全技術等を基礎とする補修・改修計画作成手法の確立や、改修用水施設での安定的な用水供給のための施設操作性改善方法の確立が必要となっている。

2. 研究の範囲と達成目標

本重点プロジェクト研究では、用水需要変化に応じて効率的に送配水する水利施設の機能と施設の構造的機能の両者を評価し、その機能を改善する技術や計画法を明らかにする。さらに特殊な地盤条件下においても供用性が確保される水路の設計法を確立することを研究範囲とし、以下の達成目標を設定した。

- (1) 寒冷地水田灌漑施設の送配水機能の診断・改善技術の開発
- (2) 大規模畑地灌漑施設の機能評価と予防保全技術の開発
- (3) 道内老朽化水利施設の構造機能診断方法に関する技術ガイドの作成
- (4) 老朽化したコンクリート開水路の寒冷地型の補修・改修技術の開発
- (5) 老朽化した頭首工の寒冷地型の補修技術の開発
- (6) 特殊土地地帯における管水路の経済的設計技術の開発
- (7) 寒冷地農業用水施設の補修・改修計画作成技術の提案
- (8) 改修用水施設の施設操作性改善方法の提案

3. 個別課題の構成

本重点プロジェクト研究では、上記の目標を達成するために、以下に示す研究課題を設定した。

- (1) 寒冷地水田灌漑および大規模畑地灌漑に適した送配水機能の診断・改善技術の開発（平成 18～20 年度）
- (2) 農業水利施設の構造機能の安定性と耐久性向上技術の開発（平成 18～22 年度）
- (3) 農業用水利施設の補修・改修計画技術に関する研究（平成 18～22 年度）

このうち、平成 18～20 年度は(1)、(2)、(3)の 3 課題を実施している。

4. 研究の成果

本重点プロジェクト研究の個別課題の成果は、以下の個別論文等に出すとおりである。なお、「2. 研究の範囲と達成目標」に示した達成目標に関して、平成 18～20 年度に実施してきた研究と今後の課題について要約すると以下のとおりである。

(1) 寒冷地水田灌漑施設の送配水機能の診断・改善技術の開発

北海道内での将来の水田用水需要に対する影響因子を比較検討したところ、作付率の変動が重要であり、これに田畑輪換による復田時の用水量増大の効果をあわせて考慮すれば、用水需要の変動を概ね想定できることが示唆された。また、用水供給の面からは、将来予測がなされている気候変動は、水源河川の流出を変化させることで用水供給に影響を

与えると考えられた。さらに、寒冷地水田に特徴的な水需要を満足させるとともに安全に送配水を行うために必要な評価フローを提案した。将来の用水需給状況を想定し、このフローに則って評価・解析を行えば、安定した用水供給を行うのに必要な水管理施設の計画が可能である。

(2) 大規模畑地灌漑施設の機能評価と予防保全技術の開発

北海道内の畑地灌漑施設では、今後、送配水機能の適切な診断と予防保全を考慮した経済的維持管理が求められるようになる。予防的処置を含めた維持管理技術を構築するため、先行的畑地灌漑地区の機能診断事例や維持管理実績データを分析した。研究成果概要は次のとおりである。

- 1) 供用開始後 10 年以上を経過している大規模畑地灌漑施設事例では、現時点で経年的に補修・点検費が上昇するという傾向は見られなかった。維持管理費のうち変動の大きなものは、バルブ等の補修や漏水への対応であった。
- 2) 畑地灌漑用パイプラインの機能診断事例では、付帯施設における水・冷気の浸入に起因したバルブの錆び・固着、空気弁フロートの破損などがみられた。積雪寒冷地での予防的処置としては、マンホールの蓋の破損等の適切な補修が重要である。
- 3) パイプラインの機能劣化事例の分析からは、軟弱層の厚さの変化などの地盤条件や、高い地下水位や地下水流動の影響などによる埋戻し土の強度不足が大きな要因といえる。これらに起因する劣化の診断方法として、供用後のたわみ計測やサウンディング試験が有効であることを示した。

(3) 道内老朽化水利施設の構造機能診断方法に関する技術ガイドの作成

頭首工の劣化状況やコンクリート構造物の表面温度観測を行い、次のようなことを明らかにした。

- 1) コンクリートの凍害による劣化は、水分の停滞箇所や移動経路など、湿潤な状態におかれやすい部位で生じていた。また、補修後の状況では、石礫の衝突等による表面被覆材の破損、剥離がみられた。
- 2) 構造物の各部位での温度日較差は、日射や積雪の影響を受け、凍結融解回数にも差があった。頭首工の凍結融解の 1 年あたりの作用頻度は南面で最も多く、天端面では積雪の少ない地域は多い地域の約 2 倍であった。開水路では側壁が冬期間も露出している部位では、積雪で覆われる部位の約 2 倍程度多く凍結融解が作用していた。

今後、温度観測結果は補修材の耐久性評価試験の条件設定に用いるとともに、構造物が受ける 1 年あたりの凍結融解の作用頻度等をもとに、積雪寒冷地におけるコンクリート農業水利施設の機能診断における劣化予測や残存寿命の推定を行う際の留意点を整理する。

(4) 老朽化したコンクリート開水路の寒冷地型の補修・改修技術の開発

老朽化した開水路の主な補修工法として表面被覆工法があるが、積雪寒冷地への適用技術が十分に確立されていないことから、平成 18 年度にセメント系素材、樹脂系素材、FRPM 板の計 3 種の表面被覆補修工法の寒地適用性を確認する現地施工を実施し、補修部の現地観察や冬期の水路表面温度やひずみ等の測定を継続中である。これまで次のようなことが明らかになった。

- 1) 冬期間と通水期間を 2 期ずつ経過した時点では、各補修工法とも大きな変状はみられなかった。
- 2) 表面被覆補修材料の温度変化は、各補修工法とも日射の影響により南面で大きく、真冬日が続く期間でも 0℃ をはさむ温度変化を繰り返した。
- 3) 現地での付着強さを測定した結果、樹脂系材料を劣化部除去面に直接塗布する工法が最も大きな付着強さを生じていた。
- 4) 積雪寒冷地の施工時および供用後の条件等を想定した室内試験では、低温で養生したことによる付着強さの大きな低下はみられず、樹脂系では被覆材表面側からの水分供給による凍結融解作用の影響も小さかった。

今後は、表面温度の経時変化等を補修材料の適用性評価の試験条件に反映し、開水路の背面側からの水分供給を想定した凍結融解試験を行う。また、表面被覆材塗布後の開水路の粗度係数の検証を進める。

(5) 老朽化したコンクリート頭首工の寒冷地型の補修技術の開発

北海道内には、農業用水を河川から取水するための施設として頭首工が多数築造されており、その中には建設から数

17. 積雪寒冷地における農業水利施設の送配水機能の改善と構造機能の保全に関する研究

10 年経過し、老朽化が著しく、補修・改修が適当と推察されるものもある。そこで、積雪寒冷地における頭首工の補修工法を検討するにあたり、各種補修技術の適用性評価のため、各種の表面被覆材を塗布した供試体を作成し暴露試験を行い次のようなことを明らかにした。

- 1) 被覆材の塗布面は、真冬日でも南面では大きな温度変化による発生ひずみが顕著であった。
- 2) 約 1 年経過後までの観察結果では、細かいひび割れがみられたものがあったが、その後のひび割れの進展はみられなかった。

今後は、積雪寒冷地の頭首工がおかれる環境を考慮し、各方位面の温度変化の違いや水中部を想定した各種補修工法の適用性の検証を進める。

(6) 特殊土地地帯における管水路の経済的設計技術の開発

北海道の低平地において農業用水のパイプラインを建設する場合、広範に分布する泥炭等の特殊土地地帯を通過することが多い。このような地域では管の浮上対策および不同沈下対策が必要となり、低コストな対策としてジオグリッドを用いた埋設工法の普及が進んでいる。しかし、泥炭等の軟弱地盤におけるジオグリッドの敷設方法の違いによる浮上・沈下抑制の発現効果は未解明な部分も多いため、土槽実験を行いジオグリッドによる管の浮上抑制および不同沈下抑制効果を検証した。主な結果は次のとおりである。

- 1) 浮上対策としてジオグリッドを用いる場合の有効上載荷重の増加割合は、管頂高さでジオグリッドを結合する断面では、ジオグリッドがない断面に対して、有効上載荷重増加割合を 2 割程度見込むことができ、管頂高さのジオグリッドがない断面では、有効上載荷重増加割合を 1 割程度見込むことができる。
- 2) 不同沈下対策としてジオグリッドを用いる場合には、ジオグリッドのみを施工する断面よりも、管とジオグリッドの間に基床材を設ける断面の方が、上載荷重が基床材により分散されてジオグリッドの引張力の発現範囲が広がるため、沈下抑制の効果がより大きく発揮される。

これらの知見は、ジオグリッドを用いた経済的な管路の断面設計に活用することができる。

(7) 寒冷地農業用水施設の補修・改修計画作成技術の提案

農業水利施設の補修・改修を進めるうえで不可欠な劣化予測について、摩耗劣化に関する健全度の簡便な評価手法や健全度の経年変化の予測の事例を分析した。また、補修・改修の優先順位決定方法についての事例収集・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、何らかの便益・緊急性を評価する必要があるが、これを金銭換算することは困難であり、評価には複雑な評価手法のほかに簡便な考え方が用いられている事例があった。

今後は、積雪寒冷地における水利施設の劣化とその要因、劣化と構造機能の関係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。

(8) 改修用水施設の施設操作性改善方法の提案

改修後の水田用水施設における水管理実態を把握して今後の施設改修の参考にするため、土地改良区による管理の聞き取り調査を行った。その結果、次のようなことが明らかになった。

- 1) 開水路から管水路への改修に伴い、維持管理労力の軽減や渇水時の対応の容易化などの効果が得られた。
- 2) 揚水機場等施設の統廃合により管理費の軽減が図られた。
- 3) 末端の圃場まで安定した用水の供給ができるようになった。

従来は設置の少なかった水位調整ゲートのような水管理施設が改修によって導入されており、今後はそれらの具体的な施設類が送配水管理に果たしている役割の検証などに取り組む。また、聞き取り対象となる土地改良区の範囲を広げる。

RESEARCH ON IMPROVEMENT OF WATER CONVEYANCE/DISTRIBUTION AND STRUCTURAL MAINTENANCE OF IRRIGATION AND DRAINAGE FACILITIES IN COLD, SNOW REGIONS

Abstract : Many irrigation and drainage facilities in Hokkaido have started deteriorating due to the cold, snowy environment as well as from being in contact with water for long periods. To remain operative, these facilities must undergo preventive maintenance and scheduled renovations using appropriate measures and technologies. The study to improve the water conveyance and distribution of irrigation facilities and that maintain their functionalities are started. The study aims six goals of development of methods to analyze and improve water conveyance and distribution for cold-region rice paddy irrigation, development of technologies to evaluate the soundness of large-scale farmland irrigation systems and to enable preventive maintenance, proposition of methods for diagnosis of the structural functionality of decrepit irrigation and drainage facilities, development of technologies for repair and renovation of decrepit open concrete channels in cold regions, development of economical design methods for irrigation pipe-lines in area with peaty soil and proposition of planning methods for repair and renovation of irrigation and drainage facilities in cold regions. Main outputs in three year's study of 2006-2008 are given in the below.

- 1) A prediction of future water demand and supply for rice paddy irrigation in Hokkaido and a diagnostic flow of the water conveyance/distribution function required for stable water supply were proposed. Cropping ratio variation is an important factor that affects water demand for rice paddies. It was considered that climate changes predicted for the future will affect water supply by altering the runoff levels of input rivers. Reconsideration of the time at which dam storage is started was also suggested as a method of keeping up with variations in runoff caused by climate change.
- 2) Concerning the functional evaluation of large-scale upland farm irrigation facilities and preventive/preservative technologies for them, the tendencies of maintenance and management costs and the characteristics of facility deterioration in Hokkaido are summarized, and preventive/preservative measures (including the installation of valves and other auxiliary facilities and pipelines) are analyzed.
- 3) In a study of functional diagnostic methods for obsolete water facilities, the deterioration conditions of different parts of head works and the temperatures to which agricultural water facilities are exposed in winter were examined. The results suggested that functional diagnosis for concrete agricultural water facilities should consider water conditions, the difference in the daily range of surface temperatures, the number of freeze-thaw cycles and other factors for different parts of the structure.
- 4) Concerning the development of surface repair methods for open channels, observations and surveys were conducted in field test sections using three different surface coating/repair materials (urethane resin, polymer cement mortar and FRPM board). After two winters and two irrigation periods had passed, the conditions were generally good for all repair methods. The laboratory test results revealed that, when freeze-thaw cycles were repeated with applying moisture from the surface of the urethane resin, the deterioration in bond strength was insignificant.
- 5) Concerning the development of surface repair methods for head works, measurement of strain and other factors was conducted by exposing specimens treated with the repair materials to an outdoor environment. The results revealed significant variations in strain on the repaired surfaces of south-facing specimens. While fine cracks were found in some materials, no significant change was observed in others.
- 6) Earth-tank experiments were conducted to clarify the mechanism of inhibiting the floating and settling of buried pipes using geogrids. Concerning the mechanism behind floating inhibition, the rate of increase in the effective overburden load was estimated to be around 20% for the standard-type cross section where geogrids

17. 積雪寒冷地における農業水利施設の送配水機能の改善と構造機能の保全に関する研究

were connected at the height of the pipe top, and 10% for the type without geogrids at the height of the pipe top (compared with the type without geogrids). It was also found that a cross section in which foundation material was placed on geogrids was more effective in inhibiting the settling of pipes than a section where only geogrids were installed.

- 7) Past study cases concerning degradation prediction technology (expected to be essential in the promotion of repair and renovation for agricultural water facilities in the future) were collected and analyzed. Additionally, a simple method of evaluating soundness against wear degradation was presented, along with examples of predicting secular changes in soundness. Examples of methods to determine the priority of repair and renovation work at multiple facilities were also collected and analyzed. Many study cases highlighted the difficulty of converting the concepts of benefit and urgency to monetary values.
- 8) A water management survey that was started in 2008 after the renovation of water facilities for rice paddies revealed that (1) the water supply to paddies was stabilized as a result of facility renovation, (2) a reduction in the workload and the costs involved in maintenance and management was achieved, in addition to the simplification of measures to be taken during droughts and other effects, and (3) the transition to the new water management system after the renovation was mostly smooth.

Key words : irrigation and drainage facilities, maintenance, freezing and thawing, peaty soft ground, LCC