

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壌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) 特殊土壌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21年度は(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示すとおりである。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21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) 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、およびコンクリート開水路の凍害が発生している部位の積雪状況や部材内部温度の調査を行い、次のようなことを明らかにした。

- 1) 頭首工のコンクリートの凍害による劣化は、雨水や融雪水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。

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60~70回であった。開水路では側壁が冬期間も露出している部位では30~40回であり、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。

3) コンクリート開水路の凍害発生には部位ごとの積雪状況が関与していた。

4) コンクリート開水路では部材内部にまで凍結融解作用が及ぶ温度環境にあることが確認された。寒冷地のコンクリート開水路の機能診断では、部材表面部に加え、部材内部の劣化状況も把握する必要があることが示唆された。

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。また、コンクリート開水路に特徴的な凍害劣化形態と供用環境の調査を継続し、寒冷地での機能診断において部材内部の劣化診断の実施が必要となる場合の条件を整理する。

(2) 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。そのため、セメント系素材、樹脂系素材、FRPM パネルの計3種の表面被覆工法を対象に、積雪寒冷地での適用性を確認する現地試験施工箇所での観測・調査と寒冷地の施工時および供用後の条件を想定した室内試験を行い、補修後初期段階での変状の有無の検証と長期的な耐久性の検証の2つの視点で評価を行った。研究成果概要は次のとおりである。

1) 補修後初期段階での変状は、冬期間と通水期間を3期ずつ経過した時点では各補修工法とも目立ったものはなく、良好な結果であった。とくに、コストの低減をねらいとして劣化部を除去した面に断面修復を行わずに凹凸を残した状態で樹脂系材料を塗布した工法が最も付着性が良いことが判った。

2) 補修表面に凹凸が残る上記工法の粗度係数は、コンクリート水路として十分許容できる範囲であった。

3) 長期的な耐久性の検証については、ウレタン樹脂、セメントモルタルを用いて、寒冷地の施工時および供用後の条件を想定した環境における付着強さの室内試験を行ったところ、ともに概ね良好な結果であり、FRPM パネルでは緩衝材の断熱効果によって、補修された水路のコンクリートが受ける凍結融解作用が抑えられることが判った。

今後は、各補修工法でさらに長期間の耐久性の検証を継続する。

(3) 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。

積雪寒冷地における補修工法の選定では、現地で曝される環境要因を考慮した適用性の検証が必要と考えられる。頭首工の補修は気中部と水中部が対象となるため、平成21年度から22年度にかけて、試験水槽内において気中・水中条件下にて、各種補修材料を塗布した供試体に温冷の繰返しを与える実験を継続し耐久性の検証を進めている。

(4) 特殊土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。

(5) 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。さらに、北海道内における改修事業のうち6地区における補修・改修の優先順位決定方法の分析と、水利施設の設計技術者に対するアンケートをもとに、優先順位決定のための指標とフローの案を作成した。

今後は、関連する個別課題から積雪寒冷地で特徴的な劣化に対する診断手法や、補修工法の耐久性に関する成果を取り入れながら、補修・改修計画手法としてとりまとめる。

(6) 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。
- 4) 幹線用水路の流量の変動が頻繁に生じる地域では、水位調整ゲートにバイパス水路を併設することで、ゲート管理労力を抑制できる。

平成22年度は、寒冷地の水田用水管理で生じる幹線用水路流量の変動に配慮したバイパス水路等の諸元の決定方法について検討し、これまでの2カ年の成果とともに改修用水施設の施設操作性改善方法としてとりまとめる。

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 four year's study of 2006-2009 are given in the below.

- 1) In a study of functional diagnostic methods for obsolete water facilities, the deterioration conditions of different parts of head works, the temperatures to which facilities are exposed in winter, the internal temperature of the components of open concrete channels subject to frost damage, and the snow accumulation conditions in winter were all 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. It was also found that the internal deterioration conditions must be clarified in addition to the observation of the surface of components since, in some open concrete channels, frost deterioration may even affect the inside of components.
- 2) Concerning the development of surface repair methods for open channels, techniques using three different surface coating materials (urethane resin, cement mortar and FRPM panels) were evaluated from two points of view: the presence of deformation in the early stages after repair, and the verification of long-term durability. After three irrigation periods had passed, no significant early-stage deformation was found for any of the repair methods, indicating a favorable outcome. Bond strength was especially high in the low-cost case where urethane resin was applied without conducting patch repairs to the surface after removing the deteriorated sections. Under this method, although the repaired surface became uneven, the coefficient of roughness in a hydraulic experiment was within the allowable range for a concrete channel. In order to verify long-term durability, a laboratory test to evaluate the bond strength of urethane resin and cement mortar was conducted in environments simulating the conditions found during construction and after use in a cold region, and both cases generally showed positive results. It was also found that the insulation of cushioning for FRPM panels suppresses the effects of freeze-thaw action on repaired channel concrete. Further verification of long-term durability will be conducted for all these repair methods.
- 3) Concerning the development of surface repair methods for head works, specimens treated with the repair materials were exposed to an outdoor environment to observe the changes in the treated surfaces. While fine cracks were found in repair materials to which cement mortar was applied thickly, there were no significant changes in urethane resin materials.
- 4) 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 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.

- 5) 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. Drafts of guidelines and a flowchart for determining priorities were also prepared based on the analysis of the methods used to determine the priorities of repairs/renovation in six renovation project areas of Hokkaido, as well as on a questionnaire survey conducted on design engineers of irrigation facilities.
- 6) 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, (3) the transition to the new water management system after the renovation was mostly smooth, and (4) establishing bypass together with water level regulation gates can reduce the necessary labor for the operation of the gates.

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