

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）、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・改善技術の開発のほか、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。また凍害を含む寒冷地特有の機能劣化の診断技術や、泥炭地などの特殊土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）

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得られた成果は以下のように要約される。

(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・設計が可能である。

(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

頭首工を構成する各施設の劣化状況や冬期間を含めた周年の部材温度環境、および凍害が発生しているコンクリート開水路の部材温度や水分変動、水路周辺部における積雪・融雪状況などの調査を行い、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) 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。
- 3) 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。
- 4) 積雪寒冷地域の農業水利施設（頭首工、コンクリート開水路）の機能診断を行ううえで、部材温度の変動、凍結融解回数などの構造物の部位ごとの特徴に配慮した診断調査と評価を行う必要があることが示唆された。

以上の成果をもとに、積雪寒冷地域に特有の作用外力等（凍害、凍上力、雪庇による荷重等）に配慮した技術ガイドブックである「積雪寒冷地の農業水利施設の機能診断手法に関する技術資料」を作成した。

(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。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 4 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わかった。
- 2) 補修表面に凹凸が残る上記工法の粗度係数は、設計許容範囲であった。
- 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を得た。
- 4) 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、緩衝材には発泡ポリエチレンが最も適していることがわかった。

以上の成果をもとに、積雪寒冷地域の技術者向けの技術ガイドブックである「積雪寒冷地のコンクリート開水路の補

修に関する技術資料」を作成した。

(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、暴露試験や積雪寒冷地域の頭首工施設の特徴を模擬した試験水槽内（気中、水中、水位の変動部の各条件）における温冷繰返し試験を行い次のようなことを明らかにした。

- 1) 暴露試験による観察結果では、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大きな進展はみられなかった。
- 2) 温冷繰返しの1,000サイクル後において、気中部では変状が軽微であったが、水中部では補修材料によっては微細ひびわれが発生した。また、水位の変動部では、補修材料によってはスケーリングが生じることがわかった。
- 3) 上記の試験結果から、気中部および水位の変動部については、断面修復材を施工した後に薄層の表面保護材を上塗りすることで、寒冷条件下でも比較的長期にわたる耐久性が確保されることがわかった。

以上の成果をもとに、積雪寒冷地域の技術者向けの技術ガイドブックである「積雪寒冷地の頭首工の補修に関する技術資料」を作成した。

(6) 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。

これらの成果をもとに、実験等で得られた知見から「泥炭性軟弱地盤のパイプラインにおける土シート利用検討の要点」を作成した。

(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。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を作成した。この成果をもとに、「農業水利施設の補修・改修の優先順位決定方法の技術ガイド（案）」を取りまとめた。

(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。
- 4) 幹線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。
- 5) このようなバイパス水路の容量決定に当たっては、幹線水路の流量変動の大きさを想定する必要がある。その場合、水位調整ゲートよりも上流にあるパイプライン形式の支線水路への分水が1日のうち8時間に集中すると想定すれば、実態の流量変動に近かった。