

研究成果報告書

研究開発課題名	コンクリート製開水路の通水性能照査技術と 水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発
研究総括者	株式会社 三祐コンサルタンツ
研究開発組合	株式会社 三祐コンサルタンツ 株式会社 アサノ大成基礎エンジニアリング (旧大成基礎設計株式会社) シーアイ化成株式会社
試験研究機関	独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所

1. 事業の実施内容

1.1 事業の背景及び目的

開水路の水理機能診断では、経年劣化による水路の変状を適切に反映できないために調査手法の信頼性が低く、また、漏水箇所の特定制法や変状箇所からの漏水量を測定する等の有効な診断技術がないのが現状である。今後、農業水利施設のストックマネジメント事業を効率的に推進するためには、実用的な水理機能診断技術を開発する必要がある。

また、農業農村整備事業では、施設のライフサイクルコスト削減および用水の安定供給を確保するため、農業用水路の水理機能の低下状況およびその要因を明らかにし、迅速かつ経済的に改修するための機能診断技術を確立することが求められている。

以上のことから、本研究開発事業では、コンクリート製開水路の通水性能を診断する技術として、大量の水を用いずに、「①水路からの漏水箇所とその量を検知する技術」および「②水路の変状による水位への影響度合い」を定量的に評価する技術を開発する。また、「③水膨張性ゴムを用いた目地補修工法」を開発することにより、湿潤状態においても迅速かつ簡単に施工でき、経済性に優れた目地補修工法を確立することを目的とする。

1.2 事業の内容及び実施方法

(1) 事業の内容

(1.1) 漏水検知技術の開発

① 漏水箇所の特定技術

「水路区間を確実に締切る装置の開発」および「農業水利施設の安全性を損なわず、所要の漏水検知精度を有する材料（粃殻灰、水溶性の紙片、生分解性のビニル片等）を用いた漏水箇所特定手法の開発」により、農業用水路において利用可能な締切区間内での漏水箇所特定技術を確立する。

② 特定された漏水箇所に対する漏水量調査技術

水路の「局所的な締切装置」および「漏水量調査機器」の開発により、特定箇所を対象とした漏水調査の実施並びに、漏水量の測定精度を向上させる技術を確立する。

(1.2) 水路内水位の推定技術の開発

本研究開発では、実際の水路内面状況および形状を測定し、水理計算に反映させることにより、現況水路の通水性能を評価できる手法を開発する。

本技術は、以下の3つの技術から構成される。

① 水路の内面粗度の評価技術

技術者が触覚および視覚により水路の粗度係数を判定できるよう、判断基準となる粗度係数評価板および水路の概観を写した画像によって構成される資料集を作成する。

② 水路の断面形状の測定技術

内空断面測定装置を用いて、水路の断面形状をデジタルデータとして数値化する技術を確立する。

③ 測定結果（内面粗度、断面形状等）から、既存の水路内水位を推定する数値計算技術

前述の「①水路の内面粗度の評価技術」および「②水路の断面形状の測定技術」を用いて測定した結果と、近年開発された「不定流解析プログラム（詳細な断面形状を取り込み、局所損失の評価が可能）」とを連携させることにより、現況水路の水位を数値計算により算出する技術を確立する。

(1.3) 水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発

本研究開発では、水膨張性ゴムに着目し、ゴムの反発力および水膨張性ゴム特有の自動充填効果により止水させることで、容易に目地補修を行うことができ、且つ、施工前の乾燥や施工後の養生のための、断水や仮廻しを行う必要がない目地補修工法を開発する。

(2) 実施方法

(2.1) 漏水検知技術の開発

図-1.2.1 に、漏水検知技術の研究開発における全体フローを示す。

本研究開発は、(2.1.1) 机上検討、(2.1.2) 開発基礎試験、(2.1.3) 試行調査、および (2.1.4) 本調査の 4 段階で構成される。

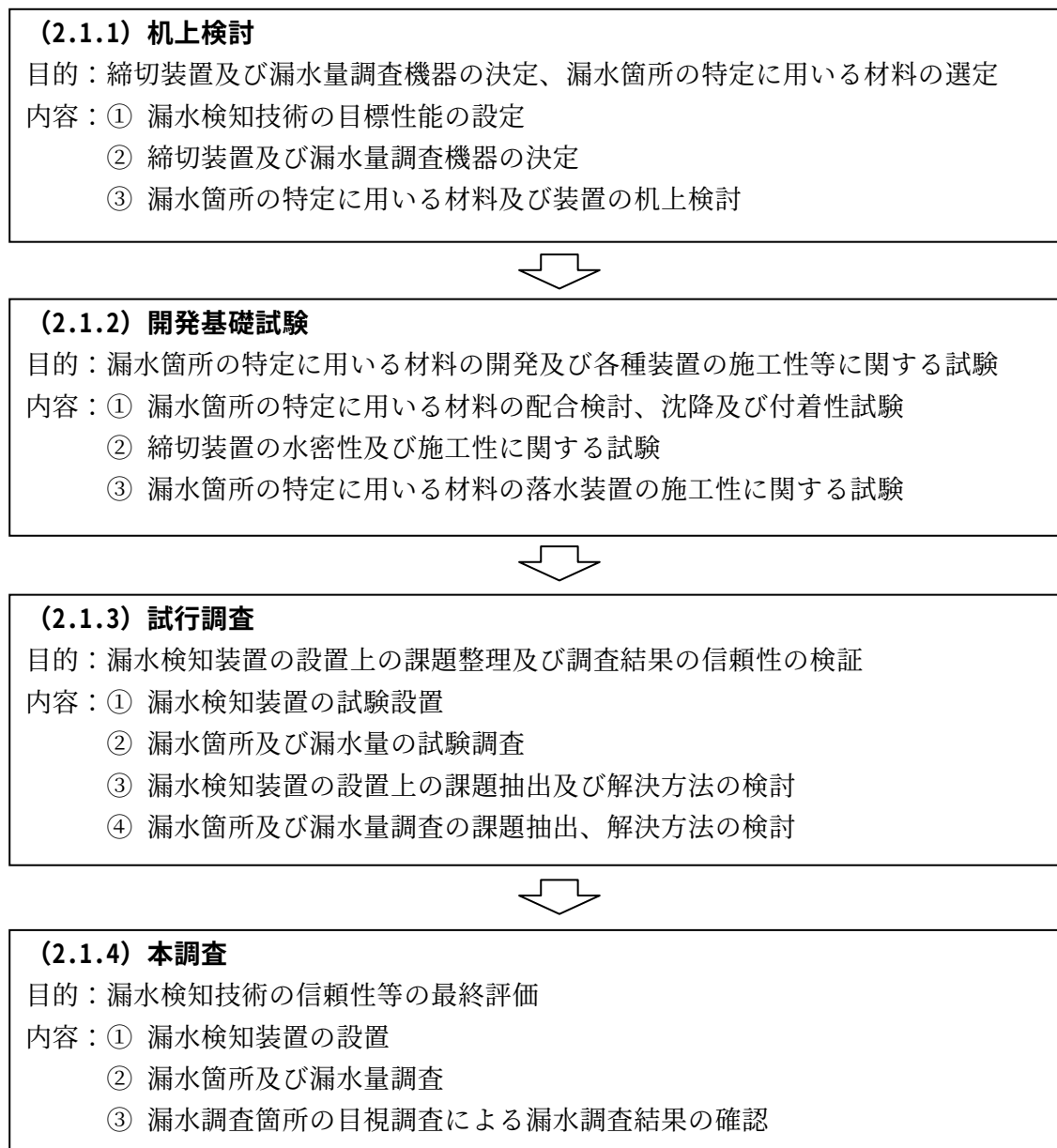


図-1.2.1 漏水検知技術開発の全体フロー

(2.2) 水路内水位の推定技術の開発

図-1.2.2 に、水路内水位の推定技術の開発における全体フローを示す。

本研究開発は、(2.2.1) 机上検討 1、(2.2.2) 机上検討 2、(2.2.3) 開発基礎試験、(2.2.4) 試行調査、(2.2.5) 本調査の 5 段階で構成される。

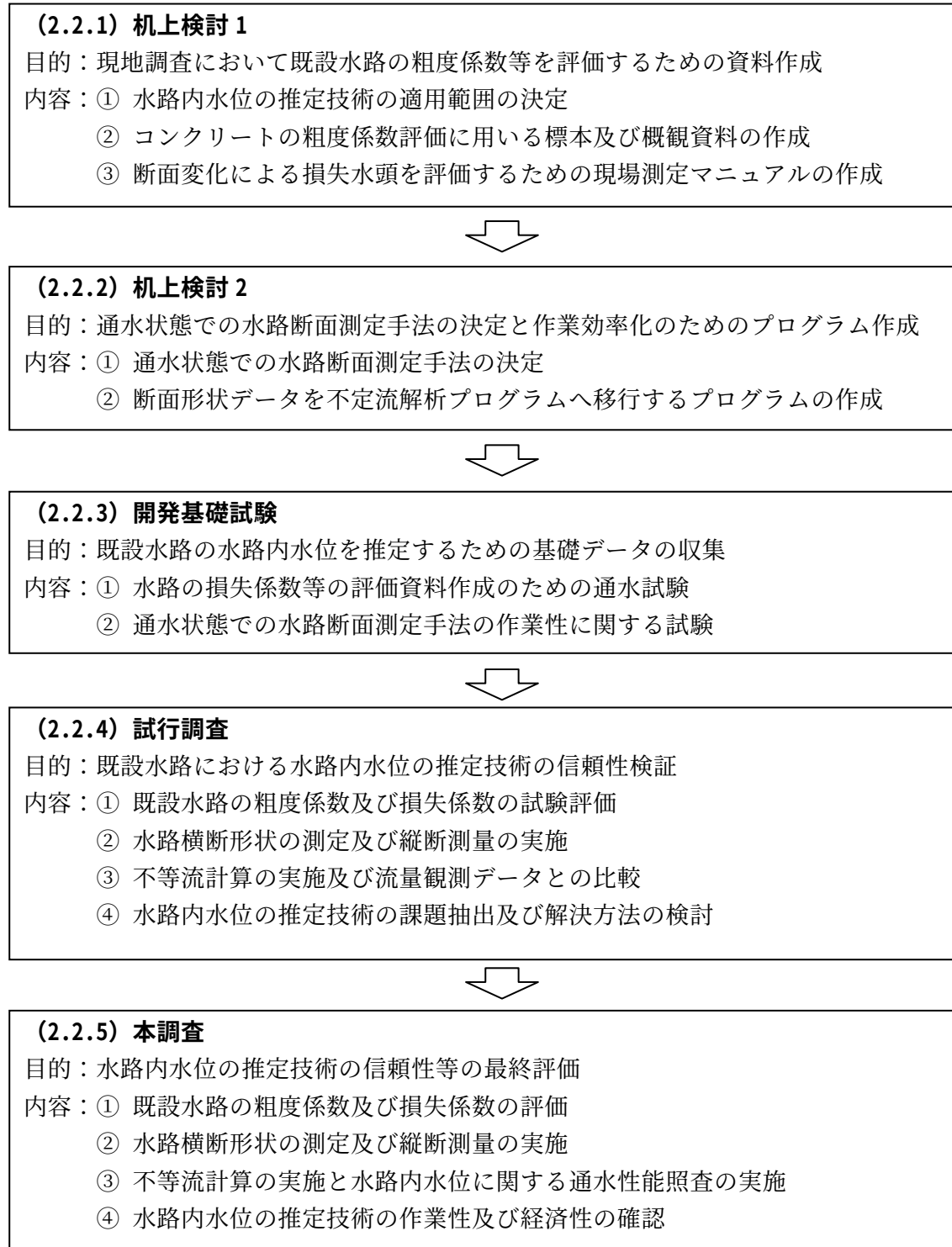


図-1.2.2 水路内水位の推定技術開発の全体フロー

(2.3) 水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発

図-1.2.3 に、水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発における全体フローを示す。

本研究開発は、(2.3.1) 机上検討、(2.3.2) 開発基礎試験、(2.3.3) 性能調査、(2.3.4) 性能検査の 4 段階で構成される。

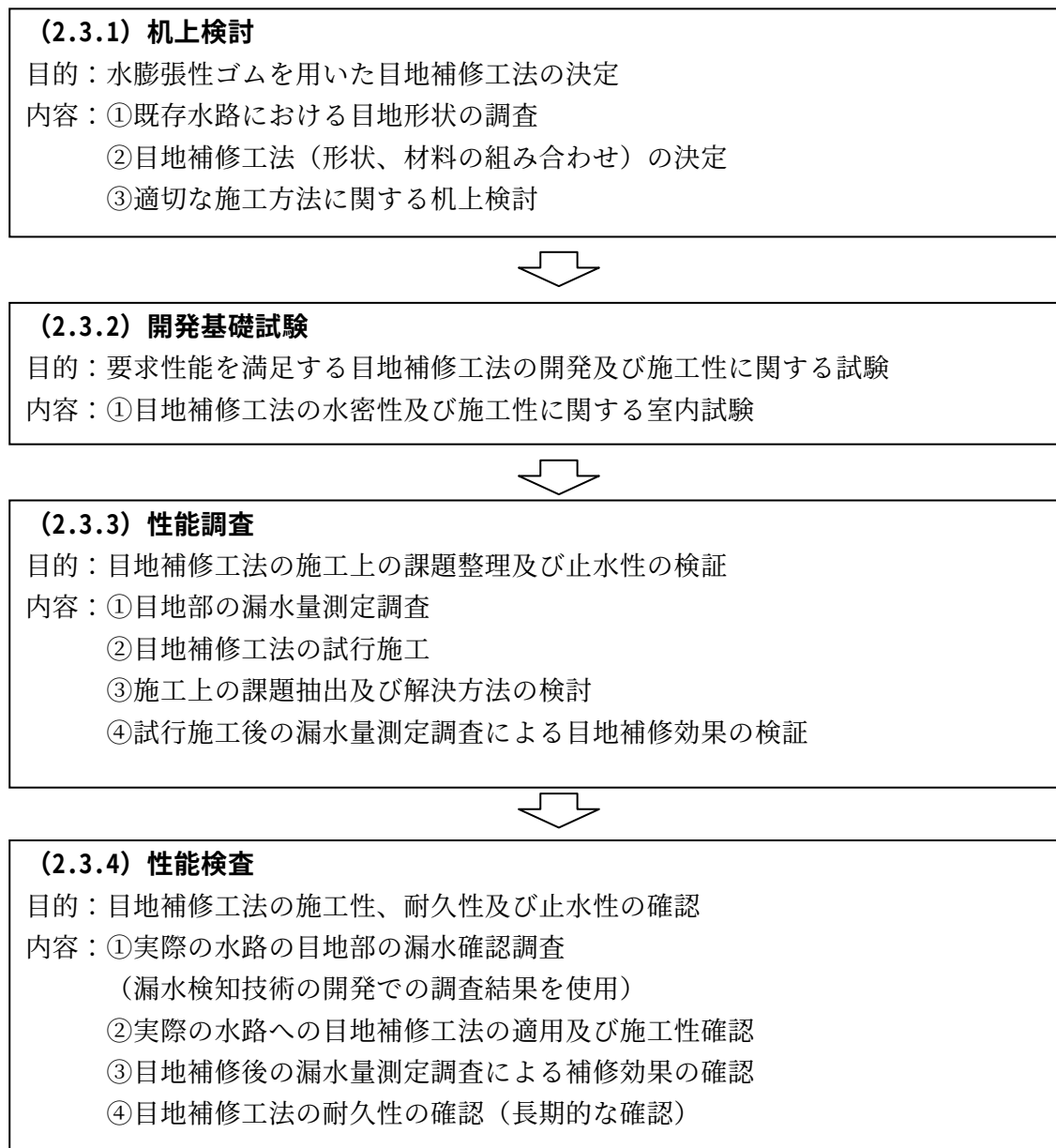


図-1.2.3 目地補修工法の研究開発の全体フロー

1.3 事業着手時に想定した技術的問題点への対応

表-1.3.1 に、事業着手時に想定した技術的問題点への対応策一覧表を示す。

表-1.3.1 事業着手時に想定した技術的問題点への対応策一覧表

表-1.3.1 (1) 漏水検知技術の開発

技術的問題点	対応策
漏水検知装置において、要求される検知精度が不明確である。	(2.1.1) 机上検討において、漏水検知に要求する検知精度(箇所の特特定、漏水量)を明確にした。
漏水箇所の特定において、要求される検知精度を満たす材料が不明確である。	(2.1.2) 開発基礎試験において、漏水箇所を特定する材料の沈降性および付着性を明らかにした。
漏水箇所の特定において、農業水利施設の安全性を損なわない材料が不明確である。	(2.1.1) 机上検討、(2.1.2) 開発基礎試験および(2.1.3) 試行調査により、農業用水路に適した材料および漏水箇所を効率的に特定するための手法を明確にした。

表-1.3.1 (2) 水路内水位の推定技術の開発

技術的問題点	対応策
水路の変状や植生の種類は地区によって様々である。	(2.2.1) 机上検討 1 において、一般的な水路の変状や性能の低下について、調査結果等をもとに整理し、本研究開発における対象を明確にした。
近年開発された「内空断面測定装置」では、水がある所では計測誤差が大きいことに加え、水深が深くなると測定ができないことがある。	(2.2.2) 机上検討 2 において、水がある状態において水路断面形状を測定する装置の検討を行った。また、(2.2.4) 試行調査において、「通水状態で水路断面形状を測定する装置」の測定精度を確認した。

表-1.3.1 (3) 水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発

技術的問題点	対応策
どのような目地の形状であれば簡易に目地部への挿入できて止水性が高いのか不明確である。	(2.3.1) 机上検討および(2.3.2) 開発基礎試験において、目地の挿入性と止水性を満足する目地形状について複数案選定した。
目地材が有する性能や要求されている環境設定(目地変動量・気候・気温)が不明確である。	(2.3.1) 机上検討において現場環境等を想定した。
水膨張性ゴムの反発力、膨張力による止水性能、および目地が伸縮した際の追従性が不明確である。	(2.3.3) 性能調査において、試験水路を用いて、伸縮に対する追従性等についての実験を行い、その適用性を確認した。
目地材を適切に施工するために必要な施工条件が不明確である。	(2.3.3) 性能調査において、試験水路にて施工上の制約条件を検討するとともに、(2.3.4) 性能検査において、その施工性および止水性を確認した。

1.4 事業の実施体制（試験研究機関と研究開発組合の役割分担）

表-1.4.1 に、試験研究機関と研究開発組合の役割分担表を示す。

表-1.4.1 試験研究機関と研究開発組合の役割分担表

研究開発項目		農村工学 研究所 樽屋室長 中田研究員	事業実施主体		
			三祐コンサル タantz	大成基礎 設計	シーアイ 化成
机上検討	漏水検知技術の開発	○	◎	○	—
	水路内水位の推定技術の開発	◎	○	—	—
	水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発	○	—	—	◎
開発基礎試験	漏水検知技術の開発	—	◎	○	—
	水路内水位の推定技術の開発	○	◎	—	—
	水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発	—	○	—	◎
試行調査・性能調査	漏水検知技術の開発	○	○	◎	—
	水路内水位の推定技術の開発	○	◎	—	—
	水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発	○	—	○	◎
本調査・性能検査	漏水検知技術の開発	○	○	◎	—
	水路内水位の推定技術の開発	○	◎	—	—
	水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発	○	○	○	◎

1.5 事業の年度計画と実績

表-1.5.1 に、事業の年度計画と実績を示す。

表-1.5.1 事業の年度計画と実績

項 目	平成 21 年度		平成 22 年度		平成 23 年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
机上検討		 				
開発基礎試験		 				
試行調査・性能調査			 			
本調査・性能検査					 	

実施計画書変更の
認定（11/9 付け）注)  は計画、 は実績。

1.6 研究開発の概要、結果、課題等

(1) 漏水箇所の特定技術の開発

(1.1) 水路区間を確実に締切る装置の開発

(1.1.1) 机上検討（～H22 年度上期実施）【 三祐、大成基礎担当 】

② 締切装置及び漏水量調査機器の決定（以降、全体フローの項目に一致。）

水路区間を確実に締め切る装置は、安定性および施工性等から「水嚢貯水法」と「アルミ枠組法」を選定した。

(1.1.2) 開発基礎試験（～H22 年度上期実施）【 三祐、大成基礎担当 】

② 締切装置の水密性及び施工性に関する試験

「水嚢貯水法」および「アルミ枠組法」の装置を試作し、実験水路（高さ 0.8m×幅 1.2m）を用いて、止水性および安定性の確認試験を実施した。試験結果が良好で、かつ経済的な「アルミ枠組法」を採用した。

(1.1.3) 試行調査（～H22 年度下期実施）【 大成基礎、三祐担当 】

① 現地水路での調査

現地水路（高さ 1.0m×幅 1.3m）を用いて、現場での設置に関する課題の抽出を目的とし、締切装置（アルミ枠組法）の試行調査を実施した。調査結果より、アンカーの必要性および最適な装置設置角度等を確認した。また、湛水することによる水路側壁の外側への開きが生じる問題を確認した。

② 装置の改良（平成 23 年 8 月 9 日付け 実施計画変更承認申請書提出）

湛水することによる水路側壁の外側への開きは、試行調査では水深が浅かったために、大きな問題とはならなかったが、水深が増した際には装置の転倒等につながると判断し、装置の改良（「ブラケット枠組法」の採用）に取り組んだ。（**図-1.6.1 参照**）

(1.1.4) 本調査（～H23 年度下期実施）【 大成基礎、三祐担当 】

現地水路（高さ 1.8m×幅 1.8m）を用いて、本調査（2 回）を実施した（**図-1.6.2 および図-1.6.3 参照**）。

2 回の調査ともに、締切区間 1m 程度、水深 1.5m 程度で実施した結果、十分な安全性および止水性を確保できた。また、アンカー打設位置は、確実に固定できる位置を選定する必要があることを確認した。

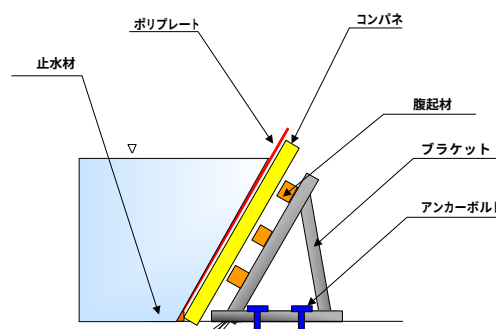


図-1.6.1 基本構造概略図



図-1.6.2 区間締切装置設置状況



図-1.6.3 湛水状況

(1.2) 所要の漏水検知精度を有する材料を用いた漏水箇所特定手法の開発

(1.2.1) 机上検討（～H22 年度上期実施）【 三祐、大成基礎担当 】

① 漏水検知技術の目標性能の設定

漏水箇所の特定対象となるひび割れ幅（上限値）は、文献調査結果より、4mm 程度と設定した。また、漏水検知技術の目標性能（下限値）は、畑地利用している圃場への湿害および湛水被害防止の観点から、ひび割れ 1 本当りの許容漏水量を $0.03 \text{ cm}^3/\text{s}$ 程度と仮定し、その量の $1/3$ 程度の $0.01 \text{ cm}^3/\text{s}$ とした。

③ 漏水箇所の特定に用いる材料及び装置の机上検討

開水路にて少量の漏水を検知するためには、「比重が 1 に近い物質」が適すると判断した。

(1.2.2) 開発基礎試験（～H22 年度上期実施）【 三祐、大成基礎担当 】

① 漏水箇所の特定に用いる材料の配合検討、沈降及び付着性試験

「比重が 1 を超える物質」および「比重が 1 未満の物質」を用いて沈降および付着性試験等を実施し、両者ともに目視にて漏水の有無を判断できることを確認した。

③ 漏水箇所の特定に用いる材料の落水装置の施工性に関する試験

「比重が 1 未満の物質（薫炭混合水）」を投入するための装置を製作し、ひび割れ入りコンクリート付き水槽にて施工性を確認し、概ね良好な結果が得られた。

(1.2.3) 試行調査（～H22 年度下期実施）【 三祐、大成基礎担当 】

① 現地水路での調査（※本試験は、(1.1)水路区間を確実に締切る装置の開発_試行調査と同日に実施）

「比重が 1 未満の物質（薫炭混合水）」等を用いた漏水検知手法の課題抽出を目的とし、現地水路にて試行調査を実施した。試行調査結果より、「比重が 1 未満の物質（薫炭混合水）」等が漏水箇所に吸い込まれる状況を水中カメラを用いて確認できた。また、現場状況により、水が濁り、目視確認が困難になる状況が起こりうるという課題が生じた。

② 漏水箇所特定手法の改良

① 現地水路での調査の結果を受けて、濁水中においても漏水検知が可能な（水中カメラを使用しない）手法について検討を行い、漏水箇所特定パネルおよび表示器等から構成される装置の製作を行った（図-1.6.4 参照）。また、ひび割れ入りコンクリート付き水槽等を用いて、室内試験を実施し、本装置の漏水検知精度を確認した。



図-1.6.4 漏水箇所特定装置（一式）

(1.2.4) 本調査（～H23 年度下期実施）【 三祐、大成基礎担当 】（※本試験は、(1.1)水路区間を確実に締切る装置の開発_本調査と同日に実施）

現地水路（高さ 1.8m×幅 1.8m）にて、漏水箇所特定装置（図-1.6.4 参照）を用いて、本調査（2 回）を実施した。1 回目の調査では止水板が損傷した目地を対象とし漏水有りの状況を確認した。2 回目の調査ではクラック（幅 0.4mm～1mm）を対象とし漏水無しの状況を確認した。両者ともに外観の漏水（浸み出し）状況と概ね一致しており、本手法により、漏水箇所を特定できることを確認した。

(1.3) 特定された漏水箇所に対する漏水量調査技術の開発

(1.3.1) 机上検討（～H22 年度上期実施）【 三祐、大成基礎担当 】

② 締切装置及び漏水量調査機器の決定

局所的な締切装置の構造は、実際の漏水量そのものを測定可能な「連通タイプ（側壁、底版、ハンチの一体型）」を採用した。装置部材は、施工性および経済性に優れた「アルミ」を採用した（**図-1.6.5 参照**）。また、漏水量の測定機器は、手動測定方法として「水頭差から漏水量を算出する方法」を採用し、自動測定方法としては「電気式流量計を用いた測定」を選定した。

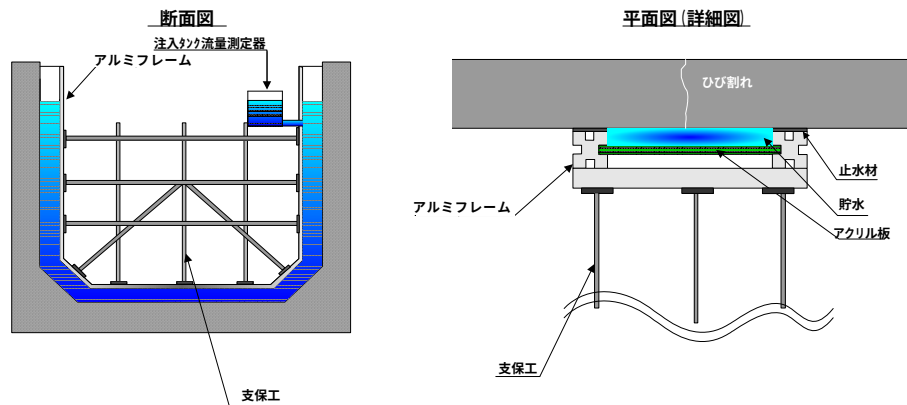


図-1.6.5 基本構造概略図

(1.3.2) 開発基礎試験（～H22 年度上期実施）【 三祐、大成基礎担当 】

② 締切装置の水密性及び施工性に関する試験

実験水路（高さ 0.8m×幅 1.2m）を用いて、局所締切装置と水路内面の接地面の水密性を確保するための材料を検討し、水膨潤性粘土が適すると判断した。

(1.3.3) 試行調査（～H22 年度下期実施）【 大成基礎、三祐担当 】

① 現地水路での試験

現地水路（高さ 1.0m×幅 1.3m）を用いて、局所締切装置の水密性および施工性について課題を抽出することを目的とし、試行調査を実施した。

② 装置の改良

① 現地水路での試験から得られた課題について検討を行い、装置の設置時間短縮および漏水量の測定精度向上等を目的とし、装置の改良を行った。

(1.3.4) 本調査（～H23 年度下期実施）【 大成基礎、三祐担当 】

現地水路（高さ 1.8m×幅 5.0m）を用いて、本調査を実施した（**図-1.6.6 参照**）。本調査結果より、装置と水路内面の接地面には、水膨潤性粘土を設置することにより、十分な止水性を確保し、精度良く漏水量の測定ができることを確認した。また、漏水量の測定開始は、水膨潤性粘土の止水効果が発現する湛水開始 2～3 時間後に設定することが妥当と判断した。長時間の測定を実施した場合には、水膨潤性粘土の状態が不飽和状態から飽和状態に移行し浸みだし量が増加すること、および乾湿の状態変化によっても浸みだし量が増加すること等の問題が生じることが想定される。



図-1.6.6 局所締切装置設置状況

(2) 水路内水位の推定技術の開発

(2.1) 机上検討 1 (～H22 年度上期実施) 【 三祐担当 】

① 水路内水位の推定技術の適用範囲の決定

対象水路は、老朽化等により通水性能の低下した鉄筋および無筋コンクリート水路とする。また、文献調査および機能診断業務経験を有する技術者等からの意見を参考に通水性能の低下と関連する変状等を整理し、対象とする変状等を水路の傾き、たわみ、水路の不同沈下、コンクリート内面の摩耗等とした。

② コンクリートの粗度係数評価に用いる標本及び概観資料の作成

標本作成においては、コンクリート表面の摩耗状況を再現することができる「コンクリート表面遅延材」による手法を採用し、設計基準強度、骨材の種類および表面遅延材の種類が異なる 48 種類の粗度係数評価板を作成し(図-1.6.7 参照)、それぞれを対象に、表面の凹凸をレーザー変位計により測定した。粗度係数は、測定結果による算術平均粗さを用いて、中矢ら(2008)の式により算出した。また、概観資料作成においては、複数の用水路にて、レーザー変位計による水路の凹凸測定および概観写真の収集を行った。

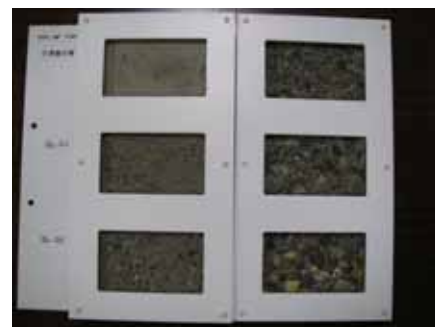


図-1.6.7 粗度係数評価板

③ 断面変化による損失水頭を評価するための現場測定マニュアルの作成

水路内水位の推定の実施手順等のマニュアルについては、水路断面形状の測定に必要な機材、測定手順および粗度係数の評価手順等を整理した。

(2.2) 机上検討 2 (～H22 年度上期実施) 【 三祐担当 】

① 通水状態での水路断面測定手法の決定

水路に生じるたわみの予測を行い、水路断面の測定は部材の端点と中央付近を測定することが妥当であると判断し、調査の経済性および作業性を考慮した上で、水路断面の測定手法を決定・装置の製作を行った。(図-1.6.8 参照)



図-1.6.8 水路断面測定手法

② 断面形状データを不定流解析プログラムへ移行するプログラムの作成

測量データ形式を不定流解析プログラムの横断面入力形式に変換するプログラムの作成を行った。なお、不定流解析プログラムは、農村工学研究所にて独自に開発されたものを使用した。

(2.3) 開発基礎試験 (～H22 年度上期実施) 【 三祐担当 】

① 水路損失係数等の評価資料作成のための通水試験

矩形開水路での水路幅縮小に伴う損失を評価するため、通水試験(水路諸元: 長さ10m、高さ17cm、幅15cm、勾配1/1,000の亚克力水路)を実施した。実験条件の内、水路幅の縮小比(下流水路幅 B2/上流水路幅 B1)は4パターン(0.5、0.6、

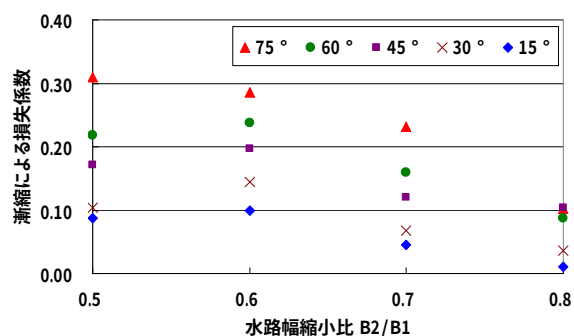


図-1.6.9 水路幅縮小比と損失係数の関係

0.7、0.8)、縮小角度は6パターン(15° 30° 45° 60° 75° 90°)とした。試験結果より、水路幅縮小比が大きくなるにつれて、漸縮による損失係数は小さくなることを確認した。(図-1.6.9 参照)

② 通水状態での水路断面測定手法の作業性に関する試験

試作した水路の断面位置出し装置を用いて、レーザー光の視認性の確認試験等を実施し、試験結果を踏まえて改良した。

(2.4) 試行調査(～H22 年度下期実施) 【三祐担当】

① 既設水路の粗度係数及び損失係数の試験評価

現地水路(高さ1.7m×幅5.5m、L=120m(直線区間)、I=1/2,000 程度)にて、粗度係数評価板(30N/mm²、川砂利、6 種類)を用いた粗度係数評価(評価者4人)を実施し、評価者4人の選定番号のバラツキは1ランク(粗度係数0.001 程度)以内という結果で得られ、概ね良好な評価精度が確保されていることを確認した。

② 水路横断形状の測定及び縦断測量の実施

水路断面位置出し装置を用いて、同一水路を対象に水路断面形状の測量を行い、作業性について確認を行った。

③ 不等流計算の実施及び流量観測データとの比較

粗度係数評価値および水路断面の測量結果をもとに不定流計算を実施し、計算結果(上流水位)は実測水位と概ね一致しており、水路内水位推定技術の有効性を確認した。

(2.5) 本調査(～H23 年度下期実施)

2地区の現地水路を対象に、本調査を実施した。1地区目は、試行調査の時と同一であり、曲線区間を含めた延長L=230mで実施した。調査結果をもとに、不定流計算を行った結果、計算結果(上流水位)と実測水位の差は1cm 程度(実測水深に対して1.1%)であった(図-1.6.10 参照)。2地区目は、現地水路(高さ2.3m×幅3.7m、L=1,200m(曲線区間含む)、I=1/800)にて実施した。調査結果をもとに、不定流計算を行った結果、計算結果(上流水位)が実測水位よりも34cm 程度低い状況であったが、縦断水面形状については概ね再現性が見られた。この誤差は、本水路内面に見られる藻の繁茂が影響していることが考えられ、不定流計算にて、実測水位に合わせるように、逆解析したところ、粗度係数を現況0.013 程度から0.016 にした時に、概ね一致した。

以上のことから、1地区目の調査結果より、水路内水位の推定技術の有効性を確認できた。また、2地区目の調査では、水路内水位の推定技術の有効性に関する考察はできないが、藻の繁茂の影響を受けて粗度係数が増加することを確認した。

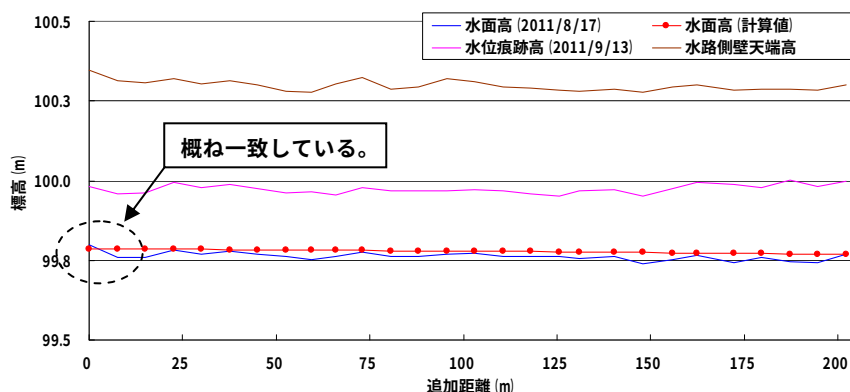


図-1.6.10 実測水位と計算水位の比較

(3) 水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発

(3.1) 机上検討（～H22 年度上期実施）【 シーアイ化成、三祐担当 】

① 既存水路における目地形状の調査

現地水路調査を実施し、目地形状および目開き量等について確認した。

② 目地補修工法の決定

農業用コンクリート水路（農業土木事業協会型）の目地溝（図-1.6.11 参照）に、容易に設置できる目地形状として、4 タイプを選定した。

③ 目地補修工法の適切な施工方法に関する机上検討

水路の隅角部においては目地材の変形による漏水が生じるおそれがあり、目地材と目地溝との水密性をより高めるためには、V カット加工を施すことが望ましいと判断した。

(3.2) 開発基礎試験（～H22 年度上期実施）【 シーアイ化成、三祐担当 】

① 目地補修工法の水密性及び施工に関する室内試験

② 目地補修工法の決定で選定した目地材（形状 1～4）の性能を確認するため、室内試験（標準浸漬試験、止水性試験等）を実施し、「形状 4」を採用した。（図-1.6.12 参照）

(3.3) 性能調査（～H22 年度下期実施）【 シーアイ化成、大成基礎、三祐担当 】

試験水路（高さ 0.8m×幅 0.75m）の目地溝を対象に目地材形状 4 を設置し、水深 0.65m の条件で性能調査を実施し、調査開始 3 日後に止水を確認した。

(3.4) 性能検査（～H23 年度下期実施）【 シーアイ化成、大成基礎、三祐担当 】

① 目地材形状の改良

目地材形状 4 をもとに、以下の 3 点に留意し改良を行ない、室内試験を実施し、良好な結果が得られた（図-1.6.13 参照）。a. 目地材挿入直後に目地材が有するゴムの反発力が止水性に寄与すること、b. 水路の目開き（コンクリート伸縮等）に対する追従性を増強させること、c. 水膨張による高さ方向（水路内側）への飛び出しを防止すること。

② 現地水路における止水性および施工性等の確認

現地水路（高さ 1.8m×幅 5.0m）にて、本研究開発成果である局所締切装置を用いて、目地材の性能検査を実施した。性能検査結果より、目地材を通過した漏水量（水路内側から背面へ通過した水量）は、試験開始 15 時間後の計測で 1ml/min 程度であった。目地材挿入前の状態（本試験では、目地材の止水効果を明瞭にするため、目地溝モルタルのはつり作業を実施）の漏水量は 6L/min 程度であり、止水効果が十分に発揮できていることを確認した。また、目地材設置に際し、湿潤状態での施工を行い、施工性に関して、ドライ施工時と同程度であることを確認した。

③ 目地補修工法の耐久性の確認（長期的な確認）

H23 年度末現在、設置当初と比べて、著しい外観の変化（目地材の飛び出し等）は見られない。今後も定期観察を継続し、耐久性を確認する。なお、設計上、目地材の耐用年数は、20～30 年程度を想定している。

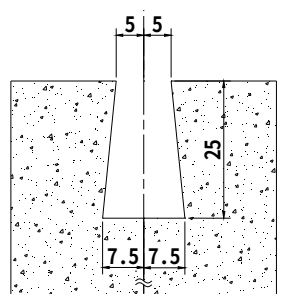


図-1.6.11 対象とする目地溝

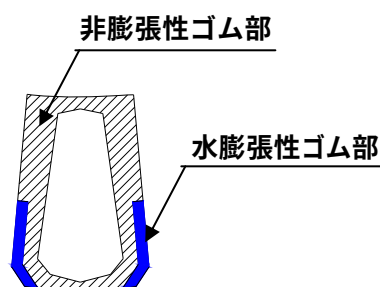


図-1.6.12 目地材形状 4

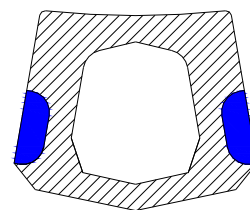


図-1.6.13 目地材形状 4
(改良版)

2. 事業の成果

2.1 成果の内容

(1.1) 漏水検知技術の開発

① 漏水箇所の特定技術

a. 水路区間を確実に締切る装置の開発

水路区間を確実に締切る技術を開発するために、水密性および施工性に優れた区間締切装置を製作した。本成果は、後述の漏水箇所特定手法の研究開発成果と併用することを目的として開発されたものである。(図-2.1.1 および図-2.1.2 参照)

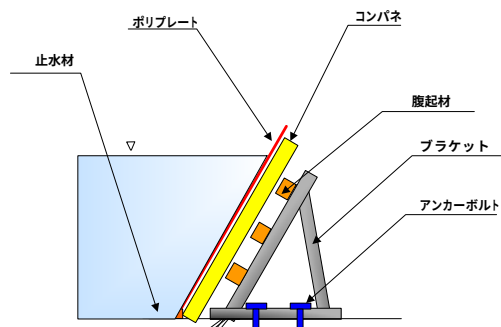


図-2.1.1 基本構造概略図



図-2.1.2 区間締切装置設置状況

b. 所要の漏水検知精度を有する材料を用いた漏水箇所特定手法の開発

農業水利施設の安全性を損なうことなく、目視では判断することができない漏水箇所を特定する手法（漏水箇所特定パネルおよび表示器等から構成される装置）を開発した（図-2.1.3 参照）。本技術は、①老朽化した農業水利施設（例えば水路）に対する補修・改修区間の選定、②補修工事により漏水対策を講じた農業水利施設（例えば水路）に対する止水性確認などに適用可能である。

なお、前述の区間締切装置と併用することで、漏水箇所の特定精度は向上する。(図-2.1.4 参照)



図-2.1.3 漏水箇所特定装置（一式）



図-2.1.4 区間締切装置と併用した漏水検知状況

② 特定された漏水箇所に対する漏水量調査技術

水密性および施工性に優れた局所締切装置を製作し、特定された漏水箇所（基本的には、目地を対象とする。）に対する漏水量調査技術を開発した。本成果を用いることにより、目地（新設、既設問わない）を対象とし、漏水に対する定量的な評価が可能となる。

なお、本調査技術の内、漏水量測定技術については、既存の技術を利用したものである。（図-2.1.5 参照）

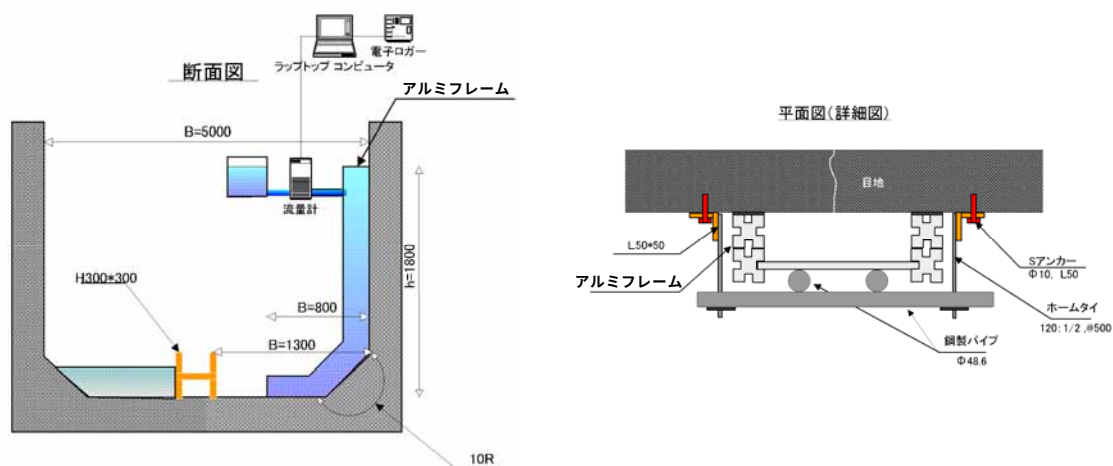


図-2.1.5 局所締切装置概略図

（図中の装置は、水路片側での調査例を示す。）

（1.2）水路内水位の推定技術の開発

① 水路の内面粗度の評価技術

老朽化等により通水性能の低下した水路の内面粗度を評価するために、視覚と触覚により容易に評価できる粗度係数評価板および水路壁面の写真集を製作した。なお、本技術は、農村工学研究所の過年度研究成果（実験機材を含む）を利用し、本事業において現場適用することによって開発されたものである。（図-2.1.6 参照）

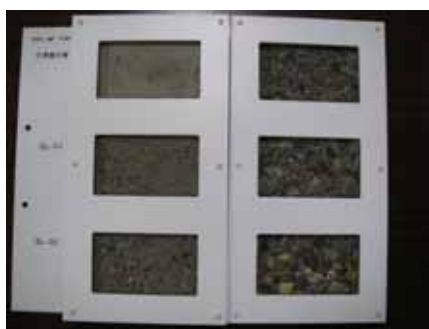


図-2.1.6 粗度係数評価板

② 水路の断面形状の測定技術

老朽化等により通水性能の低下した水路の断面形状を容易に測定できる方法確立した。本成果を用いることにより、迅速に水路の変状をデジタルデータとして数値化し、数値計算に反映させることが可能となる。なお、本技術の内、新技術は、ラインレーザー装置を用いた水路断面の位置出し手法であり、測量技術は従来技術を利用したものである。(図-2.1.7 参照)

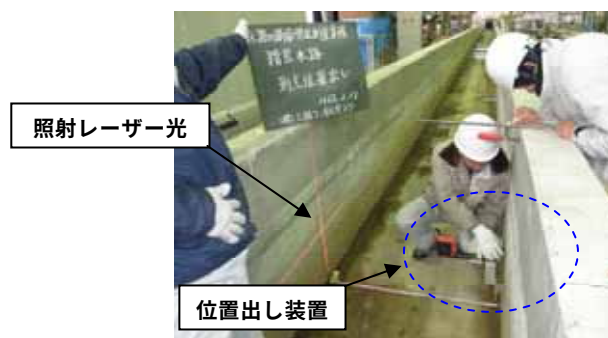


図-2.1.7 水路断面測定手法

③ 測定結果から既存の水路内水位を推定する数値計算技術

①水路の内面粗度の評価技術、②水路の断面形状の測定技術、および水路損失係数等の評価資料作成のための通水試験結果等(図-2.1.8 参照)を反映させることにより、既存の水路内水位を推定できる技術(通水性能を評価できる手法)を開発した。

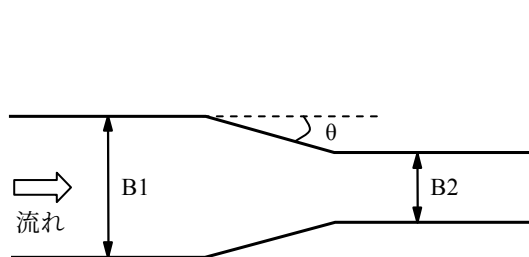


図-2.1.8(1) 実験水路概略図

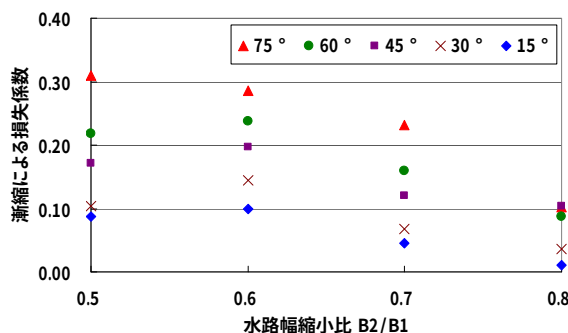


図-2.1.8(2) 水路幅縮小比と損失係数の関係

(1.3) 水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発

水膨張性ゴムの水膨張機能を付加した目地補修材を開発した。対象とする目地溝(施工継目)は、農業土木事業協会規格である鉄筋コンクリート大型フリームおよび鉄筋コンクリート水路用L型に準じたものである。本目地材は、従来工法とは異なり、止水効果をゴムの反発力と水膨張のみに期待するため、条件によっては水路の仮廻し等の仮設を省略することができ、施設管理者でも容易に補修および修復することができる。(図-2.1.9 および図-2.1.10 参照)

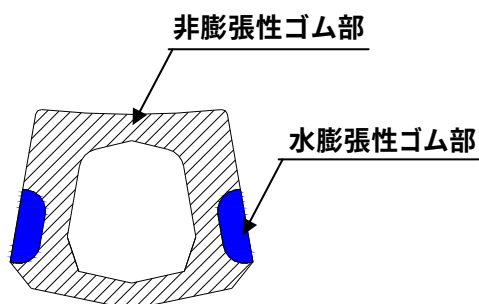


図-2.1.9 開発した目地材

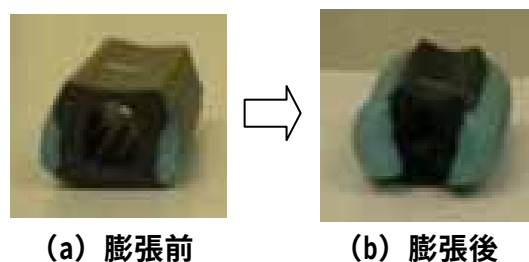


図-2.1.10 水膨張機能

2.2 目標の達成度

(1) 成果から得られる効果

(1.1) 漏水検知技術の開発

① 漏水箇所の特定技術

- ・ 農業用開水路からの漏水箇所を特定する調査方法には、通水しながら水路内に立ち入って行う漏水調査には危険が伴うこと、水路内に異物を流下させた場合は末端の圃場給水施設等への目詰まりが懸念されること等の課題がある。本研究開発成果を適用することにより、そのような課題は解消され、農業用水路からの漏水箇所を経済的、また安全に特定することができる。
- ・ 合理的な補修対策が可能となり、費用の削減並びに工期の短縮に寄与する。
- ・ 目視では判別できない漏水を伴う貫通ひび割れを特定できるため、速やかに補修を実施すれば漏水による圃場の冠水等の被害を最小限に抑えることができる。
- ・ ひび割れ補修後の止水性の確認を行うことができる。

② 特定された漏水箇所に対する漏水量調査技術

- ・ 局所的な漏水箇所からの漏水量を精度良く測定することができる。
- ・ 合理的な補修対策が可能となり、費用の削減並びに工期の短縮に寄与する。
- ・ 定期的な漏水調査を実施することにより、コンクリートや目地における水密性の劣化予測技術を確立するための基礎データの収集を行うことができる。

(1.2) 水路内水位の推定技術の開発

- ・ 通水試験のように大量の水を必要とせず、既存水路における粗度の変化、側壁の傾倒等の水路断面形状の変形を反映した通水性能の評価を行うことができる。
- ・ 用水不足等の課題に対し、通水性能を低下させた要因の究明、並びにその影響度合いを評価することができる。

(1.3) 水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発

- ・ 止水効果をゴムの反発力と水膨張のみに期待するため、条件によっては水路の仮廻し等の仮設工事を行わず、土地改良区職員等の施設管理者でも比較的容易に施工することが可能になる。

(2) 従来技術との比較

1) 比較する従来技術

1.1) 漏水検知技術の開発

① 漏水箇所の特定技術

a. 水路区間を確実に締切る装置の開発

土嚢により水路区間を締切る方法は、水分を多量に含んだ土嚢の撤去およびその後の残土処理の問題を有しており、作業性に問題がある。

b. 漏水箇所特定手法の開発

目視による方法、おが屑を用いた方法（名称：水路の漏水箇所の特定方法、特開 2007-64745）、音圧による方法（名称：池の漏水位置検知方法、特開 H06-123626）等があるが、効率的に漏水箇所を特定する方法としては信頼性が低い。

② 特定された漏水箇所に対する漏水量調査技術

開水路の一定区間からの漏水量測定は可能であるが、特定された漏水箇所における漏水量測定はできない。

1.2) 水路内水位の推定技術の開発

水路の内面粗度評価については、現地水路にて流量観測および水位計測（上下流 2 点）を実施し、その計測結果をもとに、マンニングの粗度係数を逆算するのが一般的であり、マンニングの粗度係数を精度良く評価するには、それに見合うように流量観測および水位計測を精度高く実施する必要がある。しかしながら、両者の計測には比較的大きな人為的誤差（マンニングの粗度係数の小数第 3 位が変化する程度）が生じる可能性を有しており、上下流のエネルギー勾配が緩い場合には、その影響は大きくなる傾向にある。

水路断面形状の測定については、既存の技術として 3D レーザースキャナ等が開発されているが、水路内に水がある状態での測定精度は低下する傾向にある。

1.3) 水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発

プライマーや接着材等を併用する工法が主流であり、水路の仮廻し等の仮設工事が必要となり、工事費用が高くなることおよび工期が長くなる等の課題がある。

2) 従来技術に対する優位性

表-2.2.2 に、従来技術との比較表を示す。

優位性の項目については、◎：大いに優位性有り、○：優位性有り、－：従来技術と概ね同等、△：優位性無し を意味する。

表-2.2.2 (1) 従来技術との比較表【漏水検知技術の開発】① 漏水箇所の特定技術

a. 水路区間を確実に締切る装置の開発

項 目	評価コメント	優位性
①経済性	水路断面が同一の水路での繰り返しの使用が容易に可能であり、土嚢による締切りと同等程度あるいはそれ以上の経済性を有する。なお、水路断面の異なる水路で使用する際には、 図-1.6.1 に示すポリプレートのみサイズのサイズ変更が必要となる。	－
②工程	設置～(調査)～撤去を含め、1 日程度での作業可能。土嚢撤去および残土処理等を省略できるが、装置設置に係る事前準備（装置規模の検討、装置製作等）が必要である。	－
③品質	比較的漏水量が少ない。	○
④安全性	滑動のおそれなし。	◎
⑤施工性	水分を多量に含んだ土嚢撤去および残土処理の問題がない。	○
⑥ 周 辺 環 境 への影響	濁水が少ない。	○
総合評価	水路内での高い安全性を確保した上で、限定した一定区間(本調査での締切区間は 1m 程度)を締切ることが可能になったことから、従来技術に対して、優位性を有していると判断する。	○

b. 漏水箇所特定手法の開発

※**図-2.1.3** に示す漏水箇所特定装置を対象とする。

項 目	評価コメント	優位性
①経済性	装置を押し当てるだけの簡単な作業により、漏水箇所の特定が可能であり、工程を短縮できる。	○
②工程		
③品質	比較的精度良く漏水箇所の特定が可能であり、水路補修(改修)区間を選定することができる。	○
④安全性	水路内での調査を伴わず、高い安全性を有する。	○
⑤施工性	装置を押し当てるだけの簡単な作業であり、高い施工性を有する。	○
⑥ 周 辺 環 境 への影響	極めて小さい。	◎
総合評価	周辺環境への影響を与えることなく、比較的精度良く漏水箇所の特定を行うことが可能になったことから、従来技術に対して、優位性を有していると判断する。	○

表-2.2.2 (3) 従来技術との比較表【漏水検知技術の開発】

② 特定された漏水箇所に対する漏水量調査技術

項 目	評価コメント	優位性
①経済性	設置～(調査)～撤去を含め、1 日程度での作業可能。ただし、装置設置に係る事前準備（装置規模の検討、装置製作等）が必要である。	○
②工程		
③品質	比較的精度良く特定箇所の漏水量測定が可能であり、水路補修（改修）区間を選定することができる。	◎
④安全性	滑動のおそれなし。	○
⑤施工性	一般的な土木施工技術で構成しており、施工性に問題はない。 (図-1.6.5 参照)	○
⑥周辺環境への影響	極めて小さい。	○
総合評価	従来技術では困難であった特定された漏水箇所に対する漏水量調査が可能になったことから、従来技術に対して、優位性を有していると判断する。	○

表-2.2.2 (4) 従来技術との比較表【水路内水位の推定技術の開発】

① 水路の内面粗度の評価技術、② 水路の断面形状の測定技術

③ 測定結果から既存の水路内水位を推定する数値計算技術

項 目	評価コメント	優位性
①経済性	水路の内面粗度の評価においては、短時間での視覚および触診での診断が可能であり、従来技術（流量観測等）と同等。	—
②工程	従来技術（流量観測および縦断水面形計測）と同等。ここでは、従来技術（流量観測および縦断水面形計測）の作業日数は、1 日程度を想定する。	—
③品質	比較的容易に精度高く水路内水位の推定を行うことができ、従来技術に比べて、良質。	◎
④安全性	水路内に水が無い非かんがい期（水路の内面粗度評価、断面形状の測定等を一式行うことを想定）における調査であり、安全性に問題はない。	—
⑤施工性	水路の内面粗度は、短時間での視覚および触覚での評価が可能。また、水路断面形状の測定は、20cm 程度の湛水状態でも実施可能であり、従来技術（3D レーザースキャナ等）と同等（あるいはそれ以上）な施工性を有する。	—
⑥周辺環境への影響	極めて小さい。	—
総合評価	水路内水位の推定精度が向上し、比較的精度良く経年的な水路内水位の推定を行うことが可能になったことから、従来技術に対して、優位性を有していると判断する。	○

表-2.2.2 (5) 従来技術との比較表【水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発】

項 目	評価コメント	優位性
①経済性	湿潤状態での施工が可能であり、条件によっては水路の仮廻し等の仮設費用を省略できる。資材単価は4,000円/m程度であり、従来工法の資材単価 5,000 円～10,000 円/m 程度（HP、聞き取り等）に比べて安価である。	○
②工程	湿潤状態での施工が可能であり、条件によっては仮廻し等の仮設を省略することが可能。	○
③品質	本工法は、目地補修材と水路躯体との接着を行わないため、従来工法に比べて、止水性能が劣ることが想定される。しかしながら、室内試験より、従来工法と同様に、目地補修材の要求性能を満足する結果が得られており、品質としては問題ないものと判断している。なお、性能検査で対象とした現地水路については、長期観察中であり、現在のところ（平成 24 年 1 月時点）、品質に問題は生じていない。	—
④安全性	仮廻し等の仮設を省略する際には、水路内水位の変化に十分注意する必要があるが、通常の施工管理体制のもと、従来技術と同等な安全性を確保できる。	—
⑤施工性	湿潤状態での工事ができ、施設管理者でも容易に補修および修復が可能。	◎
⑥周辺環境への影響	水路の仮廻し等の仮設を省略でき、濁水が少ない。	○
総合評価	湿潤状態での工事ができ、施設管理者でも容易に補修および修復することが可能になったことから、従来技術に対して、優位性を有していると判断する。	○

2.3 成果の利用に当たっての適用範囲・留意点

成果の利用に当たっては、以下の点に留意願いたい。

- ・本研究開発成果の中には、今後特許申請を予定しているものを含むため、利用にあたっては留意願いたい。（「3.4 特許・実用新案等の申請予定」参照）
- ・本研究開発成果の内、「水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発」については、現地水路において性能確認中（少なくとも平成 24 年 12 月末までを予定）であるため、利用にあたっては留意願いたい。

3. 普及活動計画

3.1 想定される利用者

表-3.1.1 に、各研究開発項目に対する想定される利用者一覧表を示す。

本研究開発成果の想定される利用者は、施設管理者（土地改良区等）、農業土木技術者および教育機関（農業土木関係）等、多岐にわたるものと思われる。農業土木技術者等による農業水利施設の機能診断技術としての利用はもとより、教育機関での学生教育にも利用可能である。

表-3.1.1 各研究開発項目に対する想定される利用者一覧表

研究開発項目		想定される利用者		
		施設 管理者 ※1	農業土木 (土木) 技術者	教育機関（農業 土木関係）※2
漏水検知技術の開発	① 漏水箇所の特定技術			
	a.水路区間を確実に締切装置の開発	—	○	—
	b.漏水箇所特定手法の開発	○	○	—
	② 特定された漏水箇所に対する漏水量調査技術	—	○	—
水路内水位の推定技術の開発	① 水路の内面粗度の評価技術	○	○	○
	② 水路の断面形状の測定技術	—	○	—
	③ 測定結果から既存の水路内水位を推定する数値計算技術	—	○	—
水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発		○	○	—

※1_ 土地改良区職員等。

※2_ 大学の水理実験を含めた水理学講義等の教材としての利用等。

3.2 利用者への普及啓発等の方法

表-3.2.1(1)(2)に、利用者への普及啓発等の方法を示す。

利用者への普及啓発等の方法としては、①学会・研究会発表が有効であるが、表-3.2.1(1)に示す方法を併用することで、より効果が発揮されるものと思われる。

表-3.2.1(1) 利用者への普及啓発等の方法（概要）

利用者への普及啓発等の方法	内 容
① 学会・研究会発表	農業農村工学会等における発表を行う。
② 論文投稿	農業農村工学会等における論文投稿を行う。
③ 管理者および技術者等を対象とした現場説明会	現場にて、管理者（土地改良区職員等）および技術者等への技術説明会を開催する。
④ 教育機関（農業土木関係）を対象とした説明会	教育機関にて、職員等への技術説明会を開催する。教材としての利用を推奨する。
⑤ Web サイト	Web サイトにて、研究開発成果を公表する。

表-3.2.1(2) 利用者への普及啓発等の方法（各研究開発項目）

※利用者への普及啓発等の方法の項目の番号①～⑤は、表-3.2.1(1)に対応。

研究開発項目		利用者への普及啓発等の方法	
		①②③⑤	④
漏水検知技術の開発	① 漏水箇所の特定技術		
	a.水路区間を確実に締切装置の開発	○	—
	b.漏水箇所特定手法の開発	○	—
	② 特定された漏水箇所に対する漏水量調査技術	○	—
水路内水位の推定技術の開発	① 水路の内面粗度の評価技術	○	○
	② 水路の断面形状の測定技術	○	—
	③ 測定結果から既存の水路内水位を推定する数値計算技術	○	—
水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発		○	—

3.3 利用者に対するサポート体制、参考資料等

図-3.3.1 に、サポート体制図を示す。

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所（共同研究機関）と新技術研究組合（株式会社三祐コンサルタンツ、株式会社アサノ大成基礎エンジニアリング（旧大成基礎設計株式会社）、シーアイ化成株式会社）間で問題点、情報を共有し、密な連携を取り、利用者のサポート体制を築くものとする。

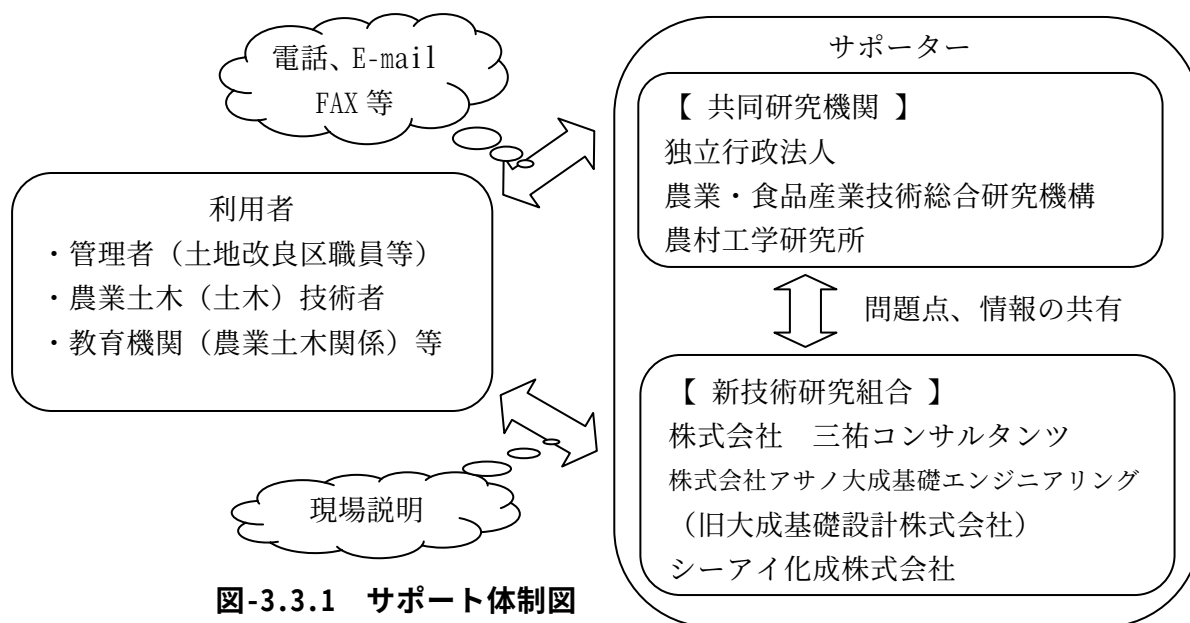


図-3.3.1 サポート体制図

表-3.3.1 に、参考資料一覧表を示す。

表-3.3.1 参考資料一覧表

研究開発項目	資料名
水路内水位の推定技術の開発	(社)農業農村工学会 第 62 回関東支部大会講演会要旨 p98「水路内水位推定手法の検討および課題の抽出」
	コンクリートの粗度係数評価に用いる概観資料集
	不定流解析システムを用いた開水路内水位推定のための計測手引き（暫定版）

3.4 特許・実用新案等の申請予定

(1) 申請者予定者

表-3.4.1 に、申請予定者一覧表を示す。

表-3.4.1 申請予定者一覧表

発明の名称		漏水箇所特定装置とその装置を用いた漏水箇所特定方法	
申請者	共同研究機関	住所（居所）	茨城県つくば市観音台三丁目1番地1
		氏名（名称）	独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
		代表者	理事長 堀江 武
	新技術研究組合	住所（居所）	愛知県名古屋市東区代官町35番16号
		氏名（名称）	株式会社 三祐コンサルタンツ
		代表者	代表取締役社長 久野 格彦

(2) 申請予定時期

平成24年3月予定

4. 研究総括者による自己評価

表-4.1 に研究総括者による自己評価を示す。

表-4.1 研究総括者による自己評価

項目	自己評価	自己評価の理由
研究計画の効率性・妥当性	B	机上検討→開発基礎試験→試行調査（性能調査）→本調査（性能検査）の4段階で研究計画を立案することにより、効率的に研究活動を行った。概ね良好な本調査（性能検査）結果から判断して、各段階で妥当な計画立案ができていたものとする。
目標の達成度	B	すべての研究テーマについて、概ね研究成果目標に達しているものと判断しているが、今後の技術普及を見据えて、改良していく必要がある。
研究成果の普及可能性	B	農業水利施設のストックマネジメント事業を効率的に推進するためには、実用的な水理機能診断技術が必要不可欠であることから、大いに普及の可能性があると判断する。しかしながら、普及に至るまでには、本調査（性能検査）以外での実施事例を蓄積する必要があるため、現段階で即座に普及させることは困難である。
総合コメント これまでになかった新技術の開発に取り組み、多少なりとも利用者の悩みを解決できる技術が開発できたと考えているが、利用者が満足できる技術精度に達するまでには、多くの技術的課題が存在していることを実感した。 また、構造的な機能診断技術が先行している中で、水理的な機能診断技術を実用的なものとしていくには、産官学が協力して取り組む必要があるため、今後も継続して研究開発に力を注ぐ。		

注）評価結果欄は、A、B、Cのうち「A」を最高点、「C」を最低点として3段階で記入する。

5. 今後の課題及び改善方針

本研究の内、「水膨張性ゴムによる目地補修工法の開発」については、長期間における性能確認（少なくとも平成24年12月末までを予定）を行う必要があるため、今後も経過観察を継続する。