12. 機能保全対策と更新等

（基準　1.2.4、2.3.1、2.3.4、3.2.5、3.4、3.5 関連）

農業水利施設については、これまでに、基幹的なダム、頭首工、用排水機場等の施設が全国で約 7,800 箇所、基幹的な農業用用排水路は約 5.2 万 km 整備されている（令和５年３月時点）。これらの施設の多くは、戦後の食糧増産の時代から高度経済成長期にかけて整備されており、標準耐用年数を超過する施設が増加していることから、財政的制約も考慮しつつ、効率的な保全・更新を進めることが課題となっている。

本章においては、事業計画の作成に当たり、農業水利施設の機能保全対策を、より的確かつ効率的に実施するための基本となる考え方について解説する。詳細については、「農業水利施設の機能保全の手引き」を参照されたい。

12.1　基本的な考え方

農業水利施設の機能保全は、かつて、劣化の進行に伴う施設性能の著しい低下や営農形態の変化等に伴う施設改良の必要が生じた時点で、更新を中心として対応することが一般的であった。

しかし、近年、老朽化が進む施設ストックの増加に対応し、一定期間に発生する対策工事費、維持管理費用等のコストの総額（以下「機能保全コスト」という。）の一層の節減が求められていることから、予防保全の手法を取り入れた長寿命化等の機能保全の取組が広がってきた。

そこで、農業水利施設の機能保全対策を、より的確かつ効率的に実施するため、以下の取組を段階的・継続的に実施することとしている。

①　施設管理者による日常管理としての点検、補修
②　施設造成者等による定期的な機能診断
③　水準の設定、対策時期と対策工法、対策実施シナリオの検討、機能保全コストの算定、施設監視計画の作成［機能保全計画の策定］
④　施設監視計画に基づく施設監視
⑤　関係機関との適切な役割分担による対策の実施
⑥　調査・検討の結果や対策に係るデータの蓄積と関係者間での共有

12.2　ストックマネジメントの基本事項

(1)ストックマネジメントの基本概念

農業水利施設を構成する設備や部材ごとに見ると、発生する変状は一様ではなく、更新する以外に対策がないほどの変状が生じている部分、補修や補強により対処（長寿命化）できる部分、当面経過を観察しても性能に支障がないと判断される部分が混在し、個々の設備や部材の状態に応じた適時・適切な対策をとることが効率的である場合が多い。

このため、定期的な機能診断と継続的な施設監視を行い、その結果に基づき、施設の要求性能を満たすために必要な対策を検討した上で、経済的かつ効果的な対策工法とその対策時期を選択して実施することが重要である。

この定期的な機能診断及び継続的な施設監視に基づく適時・適切な機能保全対策を通じて、

リスク管理を行いつつ、農業水利施設の機能を保全することで施設の長寿命化とライフサイクルコスト（以下「ＬＣＣ」という。）の低減を図る技術体系及び管理手法を総称してストックマネジメントという。

なお、この取組の充実により、補修・補強・更新等に係る経費について、長期的な視点で平準化を図ることも可能となる。

(2)ストックマネジメントの視点

農業生産を支えるインフラである農業水利施設は、耐用年数を迎えれば廃棄するという施設とは異なり、永続的な利用を前提としている。そのため、ＬＣＣは厳密には適用しがたい面がある。

そこで、農業水利施設のストックマネジメントにおける経済性の比較検討においては、ＬＣＣに代えて、一定期間に発生する対策工事に係る費用、維持管理費用等のコストの総額である機能保全コストを用いることとしている。

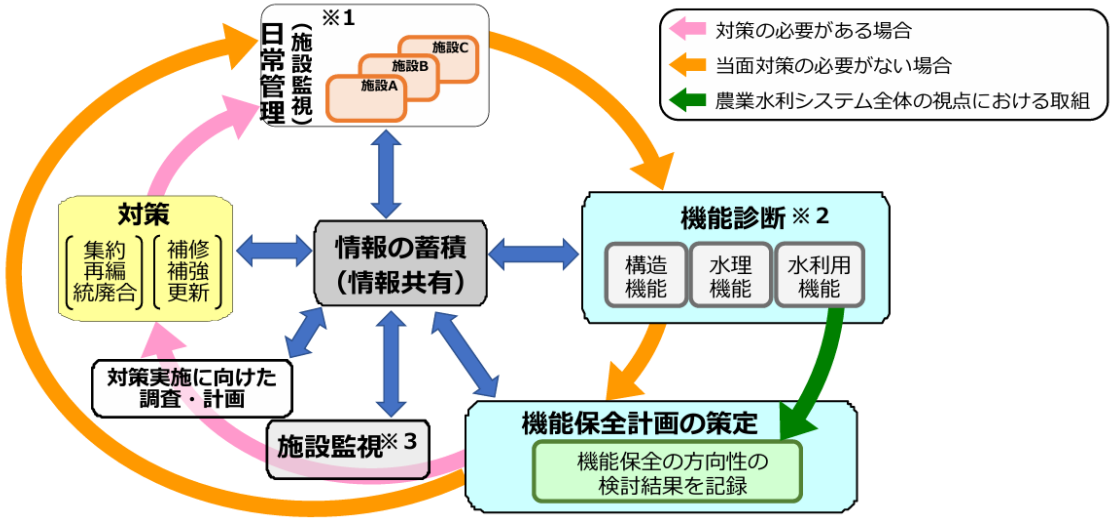
機能保全コストに基づく経済比較においては、施設の重要度、リスク評価等も勘案して対策の検討を行うものとする。施設の重要度に応じて許容できるリスクは異なることに十分留意しつつ、施設管理者等の意向も考慮して対策を経済的に実施することが求められる。

(3)ストックマネジメントの実施項目と流れ

ストックマネジメントのサイクルは、次のプロセスで構成されている。

① 農業水利システムを構成する個別施設の視点からの日常管理
② 施設の状態を継続的に把握するために行う機能診断
③ 診断結果に基づく機能保全計画の策定
④ 計画に基づく施設監視及び対策の実施
⑤ 上記の取組に関するデータの蓄積・活用及び関係者間の連携・情報共有

このプロセスの中で、例えば、施設の重要度評価を踏まえた機能保全計画の策定と対策の実施など、リスク管理の視点を取り入れていくことが求められる。この際、電子化された機能診断調査結果や対策の実施内容などの情報を蓄積し、機能診断精度向上のための集計・分析や、ストックマネジメントの各段階での取組において活用を図る。このストックマネジメントのサイクルとプロセスを**図-12.1、12.2**に示す。



※１：日常管理の一環として継続的に行う施設監視（結果は機能診断・機能保全計画策定等に活用）
※２：構造機能、水理機能は、水利用機能の発揮を支える関係にある
※３：機能保全計画の精度を高め、適期に対策工事を実施するために継続的に行う施設監視

図-12.1　ストックマネジメントのサイクル[1)]

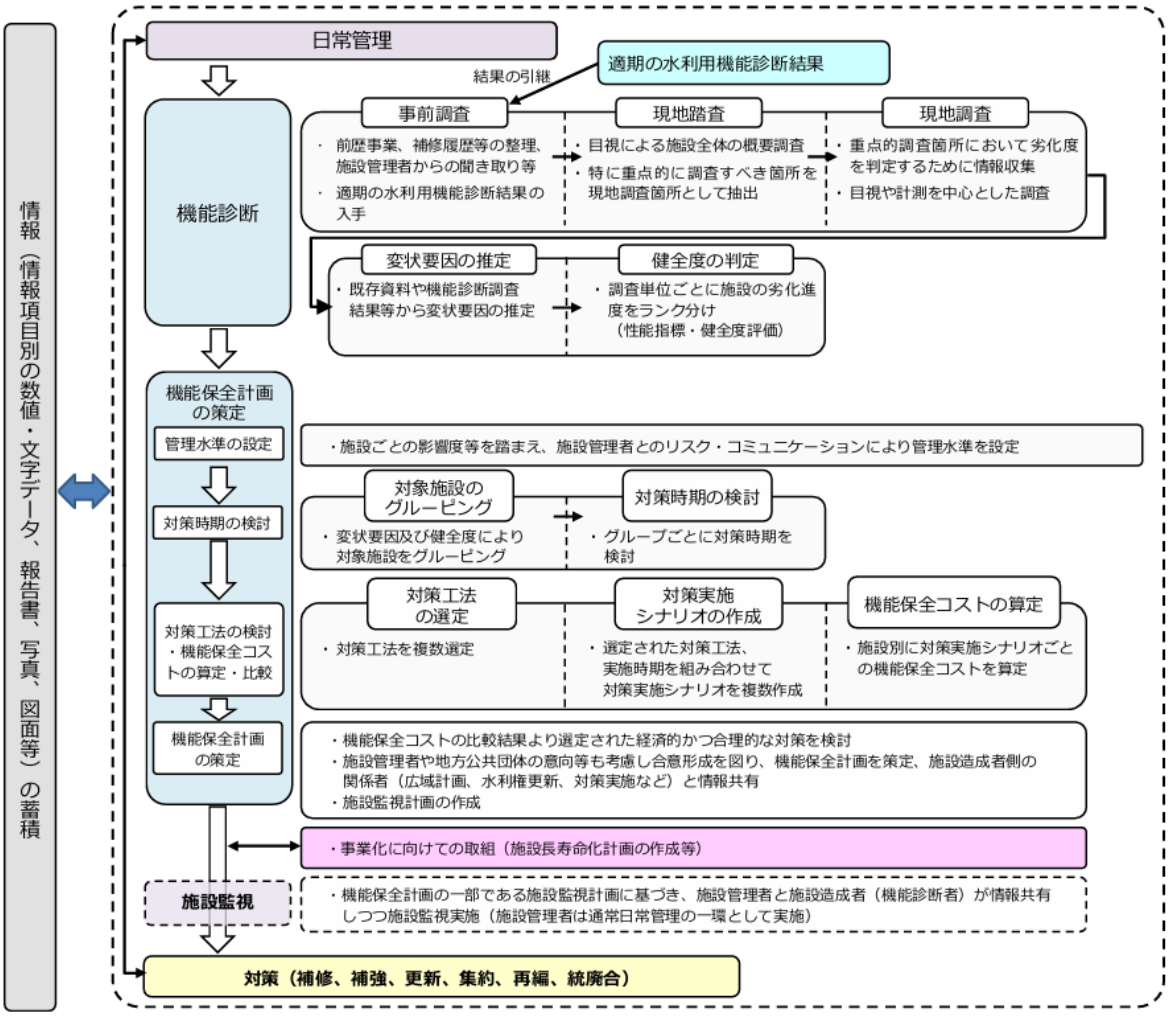


図-12.2　ストックマネジメントのプロセス[1)]

引用文献

1) 農林水産省農村振興局：農業水利施設の機能保全の手引き、p. 7－8（令和５年４月）

参考文献

■ 内閣府 第 43 回 国と地方のシステムワーキング・グループ 農林水産省説明資料：インフラの老朽化対策について（令和７年４月）

13. 機能診断調査と機能診断評価

（基準　1.2.4、2.3.1、2.3.4、3.2.5、3.4、3.5 関連）

農業水利施設の機能保全対策をより的確かつ効率的に実施するためには、施設の機能診断に基づく健全度や劣化要因等の評価を踏まえ、機能保全コストの低減を図る観点から、複数の対策工法の組合せについて比較検討することにより、最適な対策手法を選択して実施する必要がある。

本章においては、事業計画を作成する際の機能診断調査と機能診断評価について解説するとともに事例を紹介する。詳細については、「農業水利施設の機能保全の手引き」を参照されたい。

13.1　基本的な考え方

(1)農業水利施設の機能と性能

農業水利施設の基本機能は、水利用機能、水理機能、構造機能に分類される。農業水利施設の目的は、水利用機能の発揮であり、水理機能及び構造機能は、水利用機能の発揮を支える関係にある。また、これらの基本機能のほかに自然災害や事故等におけるリスクなどに対する安全性・信頼性や経済性、環境性といった社会的機能がある。これらの機能を発揮する能力が性能であり、指標として具体的な数値等で表すことができる。農業水利施設（土木施設）の機能のイメージと性能及び指標の種類をそれぞれ**図-13.1**、**表-13.1** に示す。

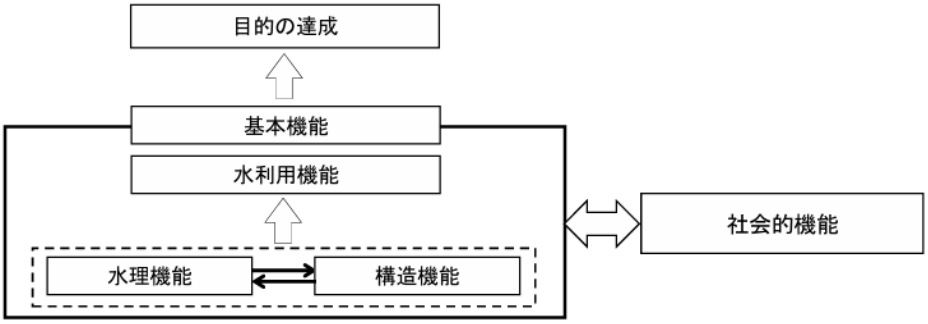


図-13.1　農業水利施設（土木施設）の機能のイメージ [1)]

表-13.1　農業水利施設の機能と性能及び性能指標の種類 [1)]

機　能		性　能	性能の例	性能指標の例
基本機能	水利用機能	水利用に対する性能 （水利用性能）	送配水性、配水弾力性 保守管理・保全性	送配水効率（送配水量、漏水量）、自由度、 調整容量、保守管理頻度（費用）、容易性
	水理機能	水理に対する性能 （水理性能）	通水性、水理学的安全性 分水制御性	通水量、漏水量、 分水量・水位の維持状況
	構造機能	構造に対する性能 （構造性能）	力学的安全性（耐荷性） 耐久性、安定性	ひび割れ幅、変形量、腐食量、摩耗量、 沈下量、継手間隔
社会的機能			安全性・信頼性 経済性、環境性	漏水・破損事故歴（率・件数）、補修歴、 耐震性、建設費、維持管理経費、 生物の生息の有無、洪水低減量

(2)機能診断調査と機能診断評価

既存施設を対象とした機能保全対策や更新整備の場合は、水利システムが現存し、実際に運用が行われていることから、事業計画を作成する際には、現況の水利システムの機能・性能を適切に評価した上で、要求される機能・性能を特定していくという視点が重要となる。そのため、構造面のみならず、過去の事業実施時と現況の営農形態や土地利用形態等の変化に伴う用水需要や水管理方法の変化も想定し、地域営農の展開方向も踏まえた上で機能診断調査と機能診断評価を行うことが必要である。

13.2 機能診断調査

機能診断調査は、対象となる農業水利施設の機能全般について把握するとともに、対策計画の作成に必要な対策時期の検討、変状要因の特定及び対策工法の検討に必要な事項について調査を行うものである。埋設されたパイプライン等の目視が困難な施設を除き、原則として専門的な知見を有する技術者が、調査を行う定点を設定するなどしつつ、現地における目視や計測により実施することを基本とする。計測による調査は、施設管理者が行う日常管理の情報や過去の補修履歴などの基礎資料に加え、事前調査及び現地踏査の結果を踏まえ、効率的に実施する。

効率的に進める観点から、次の３段階で実施することを基本とし、必要に応じて詳細調査を実施する。

(1)事前調査

水利用機能診断結果､設計図書､維持管理記録等の資料収集や聞き取り調査のことをいう。

事前調査では、水利用機能診断結果、設計図書、管理・事故・補修記録等の文献調査や情報システムの参照、施設管理者からの聞き取り調査等により、施設が機能停止した場合の影響度やリスクの把握に必要な情報を含む機能診断調査に関する基本的情報を効率的に収集し、現地踏査や現地調査をどのように実施するか等を検討する。

(2)現地踏査

調査対象となる施設の全体について、専門的な知見を有する技術者の巡回目視によって、施設の変状の概況等を把握する調査のことをいう。

現地踏査では､専門的な知見を有する技術者が巡回目視により対象施設を調査することで、変状が生じている位置や程度等を大まかに把握するとともに、変状要因を推定する。これらを踏まえ、現地調査の単位、定量的な調査項目等を決定しつつ、安全対策の必要性の有無など、現地調査の具体的な実施方法を検討する。

(3)現地調査

事前調査と現地踏査の結果を踏まえ、所要の地点において、近接目視、計測、試験等により行う定量的な専門調査のことをいう。

現地調査は、専門的な知見を有する技術者による近接目視のほか、施設の劣化予測や対策工法検討のために必要な指標について、定量的な調査を実施する。

現地調査による調査結果だけでは判定できない特殊な状況にあるなど､特に必要がある場

合には、専門家や試験研究機関等による詳細調査を実施する。

事前調査により、水利用機能・水理機能の低下が明らかとなった場合には、必要に応じて、その要因等を明らかにするため詳細調査を実施する。その際、農業水利システムとして機能が適切に発揮されているかどうかに着目して調査することが重要である。なお、性能低下の原因究明の調査を行う場合は、その事象が発生している時点等、適切なタイミングで調査することに留意する。

埋設されたパイプライン等の農業水利施設の調査については、漏水試験、水圧調査、流量調査等を地上から間接的に実施する定量調査（間接的定量調査）のほか、近接目視、計測、試験等を管内等から直接的に実施する定量調査（直接的定量調査）を必要に応じて組み合わせて行うことが望ましい。

標準的な調査事項の例を**表-13.2** に示す。

調査項目は、事前調査や現地踏査の結果を踏まえ、必要に応じて劣化の状況や主要な劣化要因等を特定するために必要な項目を追加する。また、当該施設における調査項目の有効性や施設の置かれた状況等を勘案して、調査項目を絞り込むこともできる。

表-13.2 鉄筋コンクリート構造物に関する標準的な調査事項の例

区分	調査項目	調査手法	記録手法
ひび割れ	ひび割れ最大幅	定量計測（クラックスケール）	定量記録、写真記録、図化
	ひび割れ延長	定量計測（スケール）	〃
	ひび割れタイプ	タイプ判別	〃
材料劣化	浮き	目視による有無、打音調査	写真記録、図化
	剥離・剥落・スケーリング	目視による有無、計測（型取りゲージ等）	定量記録、写真記録、図化
	ポップアウト	目視による有無	写真記録、図化
	（析出物）エフロレッセンス	〃	〃
	（析出物）ゲルの滲出	〃	〃
	錆汁	〃	〃
	変色	〃	〃
	摩耗・風化	目視による有無、計測（型取りゲージ）	定量記録、写真記録、図化
	漏水（痕跡）	目視による有無	写真記録、図化
	鉄筋露出	〃	〃
変形・歪み		目視による有無、計測（下げ振り、ポール、傾斜計）	定量記録、写真記録、図化
圧縮強度		反発頻度法、機械インピーダンス法等	定量記録、写真記録
中性化	中性化深さ／中性化残り	ドリル法	〃
	鉄筋被り	設計図書の確認、電磁波レーダー法、電磁誘導法	定量記録、写真記録、図化
目地の劣化	目地の開き	目視による有無、計測（スケール）	〃
	段差	〃	〃
	止水板の破断	目視による有無	写真記録、図化
	漏水痕跡	〃	〃
	周縁コンクリートの欠損等	目視による有無、計測（スケール等）	定量記録、写真記録、図化
地盤変形	背面土の空洞化	目視による有無、打音調査	写真記録、図化
	不同沈下	目視による有無、計測（スケール等）、縦断測量	定量記録、写真記録、図化

※１：調査手法が「目視による有無」の場合で、変状が「有」の場合は、定量的な調査を行う。
※２：ひび割れの記録を行う場合、クラックスケールを当てて近接撮影を行う。

13.3 機能診断評価

劣化予測や対策工法の検討を行うため、機能診断調査の結果明らかとなった「施設状態」に基づき、対象施設の「健全度評価」を行う。健全度評価は、主に構造性能に係る指標に基づいて、対象施設の変状がどの程度のレベルにあるかを総合的に評価することを基本とするが、状況に応じて水利用性能、水理性能に係る指標も併せて考慮する。

具体的には、コンクリートのひび割れ幅や管路の漏水量、構造物の欠損・損傷の有無、管路のたわみ量等、様々な事象を捉えた指標から、健全度を評価する。

施設の健全度評価は、変状の程度に応じて、**表-13.3** に示すような健全度指標を定義し、機能診断調査結果から対象施設の状態がどの健全度に該当するかを判定することにより行う。

表-13.3 健全度指標（土木施設・施設機械設備）の例[1)]

健全度（ランク）	施設の状態	
	土木施設	施設機械設備（設備・装置・部位等）
S-5	変状がほとんど認められない状態	異常が認められない状態
S-4	軽微な変状が認められる状態	軽微な変状が認められるが、機能上の支障はない状態
S-3	変状が顕著に認められる状態	放置されると機能に支障が出る状態
S-2	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態	著しい性能低下により、機能に支障が出る状態
S-1	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態。近い将来に施設機能が失われる、または著しく低下するリスクが高い状態。	設備等の信頼性が著しく低下しており、近い将来に設備の機能が失われるリスクが高い状態。性能が総合的に著しく低下している状態

13.4 参考事例

13.4.1 調査計画事例

(1)地区の概要

本地区は、２市１町にまたがる受益面積約 10 千 ha の水田地帯である。地区内の基幹水利施設である頭首工、揚水機場及び幹線用水路は、昭和 40 年代に国営土地改良事業により造成されたが、造成後相当の年数が経過しており、老朽化が著しいことにより、農業用水の安定供給に支障を来しているとともに、施設の維持管理に多大な経費と労力を要していた。

このため、国営かんがい排水事業により、基幹施設である頭首工及び幹線用水路を改修するとともに、施設の維持管理の軽減を図り、農業経営の安定に資するものである。

(2)調査概要

地区内の施設は、事業完了後約 40 年が経過し老朽化が著しいため、機能診断調査を実施して施設の状態を把握、評価し、実施すべき望ましい対策を検討して事業計画に反映した。

調査は、「農業水利施設の機能保全の手引き」等を参考とし、機能診断調査結果は、**表-13.4** により内部要因（ひび割れ、劣化等）、外部要因（外力による変形等）、その他要因（目地の開き、漏水等）のそれぞれについて施設状態を整理・評価した。健全度評価は、それぞれ

の変状別の項目ごとに S-5～S-1 に区分し、最も大きい変状のランク（最小値）をそれぞれの施設の健全度ランクとした。

表-13.4　施設状態評価表

地区名						評価年月日			
施設名						評価者			
定点調査番号						調査地点（測点等）			
施設の状態	S-5；変状なし　S-4；変状兆候（要観察）　S-3；変状あり（補修）　S-2；顕著な変状あり（補強）　S-1；重大な変状あり（改築）								

評価項目					評価区分				評価の流れ→		
				健全度ランク	S-5	S-4	S-3	S-2	変状別評価	主要因別評価	総合評価
内部要因	構造物自体の変状	ひび割れ	形状と幅	タイプ：初期ひび割れ 形状：目地間中央や部材解放部の垂直ひび割れ 原因：乾燥収縮・温度応力	最大ひび割れ幅 0.2㎜未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6㎜] 0.2～1.0㎜	最大ひび割れ幅 [0.6㎜以上] 1.0㎜以上	S-3に該当するものが全体的			
				タイプ：劣化要因不特定のひび割れ 形状：特徴的な形状を示さないひび割れ 原因：症状が複合的であり劣化要因を特定できないもの	最大ひび割れ幅 0.2㎜未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6㎜] 0.2～1.0㎜	最大ひび割れ幅 [0.6㎜以上] 1.0㎜以上	S-3に該当するものが全体的			
				タイプ：ひび割れ先行型ひび割れ 形状：格子状・亀甲状等のひび割れ 原因：ASRや凍害等の劣化要因	最大ひび割れ幅 0.2㎜未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6㎜] 0.2～1.0㎜	最大ひび割れ幅 [0.6㎜以上] 1.0㎜以上	S-3に該当するものが全体的			
				タイプ：外力によるひび割れ 形状：側壁を横切るような水平若しくは斜めのひび割れ 原因：構造物に作用する曲げ・せん断力	最大ひび割れ幅 0.2㎜未満	最大ひび割れ幅 [0.2～0.6㎜] 0.2～1.0㎜	最大ひび割れ幅 [0.6㎜以上] 1.0㎜以上	S-3に該当するものが全体的			
				タイプ：鉄筋腐食先行型ひび割れ 形状：鉄筋に沿ったひび割れ 原因：中性化・塩害	無		有	S-3に該当するものが全体的			
			進行性（ASRや凍害等の場合）		有の場合1ランクダウン						
			ひび割れ規模				①　ひび割れ密度（ひび割れ幅0.2㎜以上）50㎝/㎡以上 ②　有 ③　滲出し、漏水跡、滴水	S-3に該当するものが全体的 又は 流水、噴水			
			ひび割れ付随物（析出物、錆汁、浮き）		無						
			ひび割れからの漏水		無						
			ひび割れ段差		無			有			
		ひび割れ以外の劣化	浮き		無	部分的	全体的				
			剥離・剥落		無	部分的	全体的				
			析出物（エフロレッセンス・ゲル等）（ひび割れを含むものをのぞく）		部分的（S-4の場合以外）	全体的又は鉄筋に沿った部分的					
			錆汁（ひび割れを含むものをのぞく）		無	有					
			摩耗・すりへり		細骨材露出	粗骨材露出	粗骨材剥落	－			
					全体的の場合、1ランクダウン						
			鉄筋露出の程度		無		部分的	全体的			
		圧縮強度	反発強度法（圧縮強度換算）		21N/㎟以上	15～21N/㎟	15N/㎟未満				
		中性化	ドリル法（中性化残り）		残り10㎜以上		残り10㎜未満				
外部要因		変形・歪み	変形・歪みの有無		無		局所的	全体的			
		欠損・損傷	欠損・損傷の有無		無		局所的	全体的			
		不同沈下	構造物の沈下、蛇行		無		局所的	全体的			
	構造物周辺の変状	地盤変形	背面土の空洞化		無	局所的	全体的				
			周辺地盤の陥没・ひび割れ		無	局所的	全体的				
			抜け上がり（目視）		無	20㎝未満	20～50㎝	50㎝以上			
その他要因	構造物附帯物の変状	目地の変状	目地の開き		無	局所的	全体的				
			段差		無	局所的	全体的				
			止水板の破断		無		有				
			漏水の状況		無	漏水跡、滲出し、滴水	流水、噴水				
			周縁コンクリートの欠損等		無	局所的	全体的				

※1：　「部分的」とはおおむね全体の50%未満を示し、「全体的」とは全体の50%以上を示す。
※2：　「変形・歪み」、「地盤変形」等における「局所的」とは施設の一部で当該変状が生じている状態を指し、「全体的」とはそれが構造物全体に及んでいる状態を指す。
※3：　「1ランクダウン」については、1変状項目当たり1回のみ有効であり、複数の「1ランクダウン」があってもランクダウンは1階級のみとする。
※4：　変状別評価から主要因別評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とする。総合評価については、今後の性能低下により影響すると思われる支配的要因を検討し、その評価区分を採用する。
※5：　S-1の評価は、この評価表に依らず評価者が技術書的観点から個別に判定する。
※6：　圧縮強度及び中性化の調査は、必要に応じて実施する。
※7：　ひび割れの規模に係る評価区分S-3は、①+②又は①+③を満たす場合に該当する。
※8：　ひび割れ幅における[0.6㎜]は、厳しい腐食環境の場合適用する。

(3)調査結果の概要

機能診断調査結果の概要は**表-13.5** のとおりである。

表-13.5 機能診断調査結果の概要

施設名	工種	名称	規格	完了年度（供用開始年）	耐用年度		調査内容	調査及び機能診断結果	補修範囲	判定
					標準耐用年数	残利用年数				
頭首工	本体工	堤体、堰柱	ﾌﾛｰﾃｨﾝｸﾞ（一部ﾌｨｯｸｽﾄﾞﾀｲﾌﾟ） 上型式　全可動 堰長　166.9m 堰高　3.6m	S49年	50	15	事前調査 目視調査 シュミットハンマー	頭首工堰体の表面は凍害による劣化があり、ひび割れやエフロレッセンスが生じているが、コンクリートの剥離や欠損は見られず表面上の劣化と思われる。取水工ではコンクリートの欠損も見られるため、断面修復が必要である。	1式	S-3
	機械設備工	洪水吐ｹﾞｰﾄ 土砂吐ｹﾞｰﾄ 取水ｹﾞｰﾄ 制水ｹﾞｰﾄ	（洪）29.7m×3.05m×4門ﾛｰﾗｰｹﾞｰﾄ （土）20.0m×3.55m×1門ﾛｰﾗｰｹﾞｰﾄ （取）5.0m×6門、2.3m×1門ﾛｰﾗｰｹﾞｰﾄ （制）5.4m×6門、2.7m×1門ﾛｰﾗｰｹﾞｰﾄ	S49年	30	−5	塗装厚、板厚測定 運転試験 ワイヤーロープ径測定 バックラッシュ、歯当測定 ほか	土砂吐ｹﾞｰﾄ二次診断：扉体40点、戸当り75点、開閉装置67点 洪水吐ｹﾞｰﾄ二次診断：扉体40点、戸当り75点、開閉装置67点 取水工ｹﾞｰﾄ二次診断：扉体50点、戸当り95点、開閉装置77点 制水工ｹﾞｰﾄ二次診断：扉体70点、戸当り95点、開閉装置85点 全施設開閉装置及びローラーの更新	開閉装置19門 主・サイドローラ76基	S-1
	付帯工	管理事務所 ゲート操作室	鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ構造2階建 現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ	S49年	45	10	事前調査 目視調査	管理事務所外壁及び内壁は変状部を除去し、注入充填工法等の部分補修を行う。軒天端周りはﾓﾙﾀﾙ部の補修と塗装の塗り替えを行う。耐震診断の実施をし、耐震補強の必要性について判断する。ゲート操作室外壁及び内壁はゲート開閉装置更新のためコンクリート撤去・復旧工を行う。	1式	S-3
用水路1	1号幹線用水路	開水路 分水工	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ B6.8～4.0×H3.8～2.8	S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	全体として水路天端の凍害による剥離、欠損、ひび割れが多く、場所によっては鉄筋が露出している場所もある。中性化や摩耗、強度低下などの経年劣化はほとんど進んでいない。構造上重大な影響を与えるひび割れはない。	9,174m	S-3
		サイホン	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ箱形 B5.0～3.0×H3.5～2.0	S49年	50	15	事前調査、目視調査	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水、目地開きであり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	161m	S-3
		機械設備工	ゲート設備工	S49年	30	−5	一次診断（外観調査、操作ﾁｪｯｸ） 二次診断（総合評価）が10点以上の施設	○○○サイホンは二次診断の結果、開閉装置が190点以上であり開閉装置の更新が必要。○○分水工は開閉装置の補修が必要。※他施設は継続使用。	2か所	S-1
	2号幹線用水路	サイホン	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ箱形 B2.6×H2.6	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水であり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。ひび割れや継目からのの漏水は側壁が湿っているものが大半である。ただし、頂板からは滴となって落下している部分がある。底版は摩耗による欠損が進行し、骨材露出が多く見られる。ﾄﾗﾝｼﾞｼｮﾝ部やﾋﾟｯﾄでは摩耗による欠損やひび割れが見られる。	375m	S-3
	3号幹線用水路	開水路 分水工	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ B2.8～2.3×H1.7～1.5	S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	目地開き、シール切れ、漏水など目地部の損傷が多く、また目地部では段差など変形も見られる。この他天端において凍害による欠損、剥離も多い。強度低下や中性化などはあまり進行していない。	5,355m	S-3
		サイホン	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ箱形 B1.65～1.35×H1.65～1.35	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水、目地開きであり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	372m	S-3
		機械設備工	ゲート設備工	S49年	30	−5	一次診断（外観調査、操作ﾁｪｯｸ）	△△分水工は外観調査12点、操作ﾁｪｯｸ24点で開閉装置の更新が必要。※他施設は継続使用。	1か所	S-1
用水路2	4号幹線用水路	開水路 分水工	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ B3.0×H1.8	S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	開水路は凍害による剥離、欠損などがあり、暗きょ部では初期欠陥による鉄筋露出がある。	1,713m	S-3
		サイホン	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ箱形 B2.1×H2.1 HPφ1,800	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	サイホンは洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水であり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	96m	S-3
		機械設備工	ゲート設備工	S49年	30	−5	一次診断（外観調査、操作ﾁｪｯｸ）	特に異常はなく継続使用可能と判断する。	−	S-5
		トンネル	鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ巻立馬蹄形水路 2r=2.44	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 トンネル覆工背面調査	トンネルは目地部からの漏水や漏水後が見られる。トンネル全体として初期欠陥や損傷が変状の大半を占めている。トンネル出口から150m～300mの区間ではｱｰﾁ部にひび割れが集中している部分（最大5mm程度）がある。覆工背面調査の結果、顕著な異常ではなく変状は落ち着いている。	4,088m	S-3
	5号幹線用水路	開水路 分水工	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ B2.7～2.3×H2.0～1.4	S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験 水路沈下量測定調査	開水路は凍害による剥離、欠損、ひび割れが多い。本水路は交通量の多い道路に隣接していることもあり、目地部で変形による段差も多々見られる。沈下量測定結果、水路の沈下はほとんど起こっていない。	9,806m	S-3
		サイホン	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ箱形 B1.75～1.5×H1.75～1.3 HPφ1,800	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水であり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	194m	S-3
		機械設備工	ゲート設備工	S49年	30	−5	一次診断（外観調査、操作ﾁｪｯｸ） 二次診断（総合評価）が10点以上の施設	△△△分水工は二次診断の結果、扉体が130点であり扉体の更新が必要。□□放水工は扉体が55点であり塗装・水密ゴム交換が必要。□□□分水工は外観調査24点、操作ﾁｪｯｸ70点であり水密ゴム交換。※他施設は継続使用。	3か所	S-1
	6号幹線用水路	開水路 分水工	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ B3.55～3.1×H2.15～1.8	S49年	40	5	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験 コア抜き中性化試験	軟弱地盤であるため沈下による段差が目地部で見られる。天端部において凍害による剥離、欠損も多い。初期欠陥としては被り不足による鉄筋露出が顕著である。初期欠陥による損傷及び凍害によるもの劣化が大半であるが、開水路の局所的に発生しているため、広範囲にわたる面的な劣化は見られない。	15,524m	S-3
		サイホン	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ箱形 B3.0～1.6×H2.1～1.65 HPφ2,200～1,500	S49年	50	15	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	変状の大半は洗掘や欠陥、ジャンカ等の局所的なものや微細なひび割れ、及びこれに伴う漏水であり、構造上重大な影響を与える損傷は見られない。	333m	S-3
		機械設備工	ゲート設備工	S49年	30	−5	一次診断（外観調査、操作ﾁｪｯｸ） 二次診断（総合評価）が10点以上の施設	JRサイホンは二次診断の結果、扉体が55点であり扉体・戸当たり塗装、水密ゴム交換が必要。▽▽分水工は扉体が85点であり扉体更新、開閉装置カバー交換。▽▽▽分水工は扉体が150点であり扉体更新が必要。※他施設は継続使用。	3か所	S-1
	小用水路	開水路	現場打ち鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ B2.0×H1.2	S48年	40	4	事前調査、目視調査 反発度法による圧縮強度試験	初期欠陥や損傷等の変状は比較的少なく、十分な強度を有していると想定される。全体的な変状は少ないが、局所的（特定のﾊﾞﾚﾙ）に大きなひび割れや変状が集中している。	1,264m	S-3

(4)機能保全計画

機能診断調査の結果から、ゲート設備を除く土木構造物の健全度は「S-3」となった。

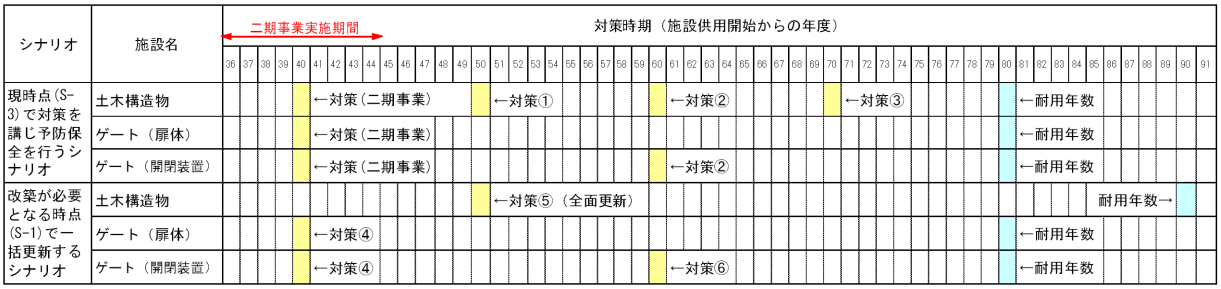
頭首工や各幹線用水路はひび割れや剥離、欠損、鉄筋の露出が見られる状況であり、今後対策を行わなければ経年劣化が進行して構造的安定性や施設機能に著しい影響を与えることから、機能保全計画の考え方は、以下に示す「現時点（S-3）で対策を講じ予防保全を行うシナリオ」、「改築が必要となる時点（S-1）で一括更新するシナリオ」について比較検討を行った（**図-13.2、表-13.6**）。その結果、経済的となる前者を採用した。

① シナリオ１：現時点（S-3）で対策を講じ予防保全を行うシナリオ

健全度指標 S-3 段階で対策を講じる予防保全的なシナリオ。10 年ごとにひび割れ部の樹脂注入や欠損部修復等による補修対策を行い、施設の耐用年数がゼロとなる供用開始後 80 年に全面更新を行う。

② シナリオ２：改築が必要となる時点（S-1）で一括更新するシナリオ

健全度指標 S-1 が過半数を占める段階で、全面更新を行う事後保全的なシナリオ。施設の耐用年数がゼロとなる供用開始後 50 年に全面更新を行う。



※１：供用開始年度を昭和 49 年のモデルとした。
※２：対策は、二期事業の５年目（工期９年の中間）に講じるモデルとした。

図-13.2　シナリオ別対策時期

表-13.6　機能保全コストの算定

単位：千円

施設名	予防保全を行うシナリオ			一括更新するシナリオ			差額
	土木構造物	機械設備	①計	土木構造物	機械設備	②計	(①－②)
○○頭首工	201,175	2,022,829	2,224,004	597,112	2,022,829	2,619,941	▲ 395,937
A幹線用水路	297,476	188,080	485,556	2,947,256	188,080	3,135,336	▲ 2,649,780
B幹線用水路	170,546	31,051	201,597	397,324	31,051	428,375	▲ 226,778
C幹線用水路	395,183	31,050	426,233	1,281,199	31,050	1,312,249	▲ 886,016
D幹線用水路	245,301	147,057	392,358	889,105	147,057	1,036,162	▲ 643,804
E幹線用水路	542,692	221,325	764,017	1,579,835	221,325	1,801,160	▲ 1,037,143
F幹線用水路	31,831	0	31,831	65,610	0	65,610	▲ 33,779
計	1,884,204	2,641,392	4,525,596	7,757,441	2,641,392	10,398,833	▲ 5,873,237

※　機能保全コストの考え方

① **図-13.2** の対策（二期事業、①～⑥）の工事費を計上。

② シナリオにより土木施設の残耐用年数が異なるため、残存価値相当分を工事費から控除し機能保全コストを算出。

③ 工事は、○○二期地区の事業費と同じ単価を基本とするが、対策⑤（全面更新）は前歴事業に支出済換算係数を乗じた額とした。

13.4.2 水路の調査・診断システムの事例

水路の機能診断では、目視調査が基本的な手法として用いられているが、変状の記録や判定において、見落としや調査結果のばらつきが生じる場合がある。このため、目視調査の効率化、高精度化、デジタル化を図るための調査・診断システムが開発されている。ここでは、その事例の一つを紹介する[2)]。

(1)調査対象水路

本事例で紹介する水路の調査・診断システムは、小型の計測車両を水路内に搬入し、調査員が装置を運転・操作して計測を行う。このため、調査の対象となる水路は、調査員が進入可能な規模の断面の農業用水路等であり、標準的には以下の断面を有する水路を計測対象としている。

① 水路トンネル（内径 1.5～8.0m）
② 開渠（幅 1.0～6.0m）

(2)システム構成及び仕様

本システムは、水路壁面の連続画像を計測及び記録することを基本機能とし、覆工背面情報等の取得も可能な装置となっている。システムの構成を**表-13.7** に示す。

表-13.7 システムの構成

内容	計測手法
① 壁面連続画像計測技術１	レーザースキャニング法
② 壁面連続画像計測技術２	ＣＣＤラインカメラ法
③ トンネル覆工背面調査技術	レーダー法
④ 覆工背面地山簡易計測技術	簡易貫入法
⑤ 水路断面形状計測技術	回転レーザー測距法

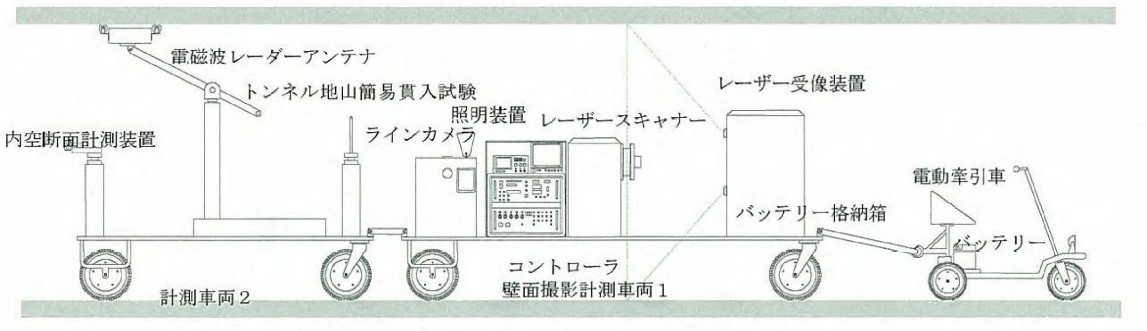


図-13.3 システムの概要

システムの概要を**図-13.3** に、システム全体の仕様を**表-13.8** に示す。なお、水路や調査の必要性に応じて、これらの仕様の一部だけを調査車両に搭載し、調査を行うことも可能である。

表-13.8 システムの仕様

計測装置	項目	性能
システム全体	搬入・搬出条件	最小通過径　0.9×0.9m
	計測条件	滞水：50cm以下
	迅速性	短い断水期間で計測が可能
	再現性	計測者に依存せずに同じデータが計測可
	記録性	延長距離で各データを同期化し、デジタルデータとして記録
壁面連続画像計測	計測項目	ひび割れ・湧水・目地の損傷等の目視で観察可能な変状
	計測速度	1.0km/h程度 （安全に歩行しながら、遅滞なく調査できる速度）
	１日の標準計測距離	2.0km程度
	良好な条件下での最小検出ひび割れ幅	0.1mm （通常の水路条件で0.2mm程度）
覆工背面調査	計測項目	覆工厚さ、覆工背面の空洞の有無・厚さ、覆工背面の地山性状
	計測速度	連続計測1.0km/h程度 （安全に歩行しながら、遅滞なく調査できる速度） 地山計測30分/箇所（調査孔の施工復旧時間を除く）
	１日の標準計測距離	2.0km程度
	覆工厚及び空洞の計測誤差	±５cm程度
	地山性状評価	３～４段階 （土砂・軟岩・硬岩）
	計測範囲	覆工表面から１m程度
内空断面計測	計測項目	内空断面形状
	計測ポイント数	１断面当り200ポイント程度
	計測誤差	±１～３mm
	計測時間	１断面当たり10分程度

(3)壁面連続画像計測システム

壁面連続画像計測システムは、トンネルやボックスカルバート構造に適するレーザースキャニング法と開渠（開水路）に適する CCD ラインカメラ法の２つを装備している。それぞれの仕様を**表-13.9** に示す。また、システムの外観を**写真-13.1**、計測状況を**写真-13.2** に示す。

表-13.9 壁面連続画像計測システムの仕様

項　目	レーザースキャニング	CCDラインカメラ
利　点	暗所での調査に有利 大口径のトンネル調査が可能	明所での調査に有利 カラー画像で計測可能
主撮影デバイス	モータ回転式レーザー光源＋フォトマル４台	7,500画素のラインカメラ２台 キセノン照明装置
分解能	後処理で１mmに変換	１mm：トンネル高さ2.5mまで
クラック検出能力 （理論上）	0.1mm レーザービーム径　φ0.36mmから	0.1mm １画素の15%にクラックを含んだ場合を認識できるとして
スキャン速度（最大）	200断面/秒	1000断面/秒
計測速度（標準）	1.00km/h程度	1.00km/h程度
画　像	4,096階調のうち256階調表示 （白黒）	16,777,216色カラー （R、G、B　各８ビット）
記録断面	360度	約280度
記録フォーマット	12ビットバイナリ	24ビット≧16ビット圧縮バイナリ
照　明	不要	約3,000ルクスの照度が必要
消費電力	350VA	350VA＋照明電力（500VA）
データ記録媒体	ハードディスク	ハードディスク
記録装置転送速度	1.5Mバイト/秒	10.7Mバイト/秒
１日の計測距離	２km程度	２km程度
１日の作業で必要とする 計測用電源電池本数	４本（12V/160AH　41.5kg）	４本（12V/160AH　41.5kg）
牽引用車両電源	２本（12V/130AH　30.5kg）	



写真-13.1　システムの外観
（CCDラインカメラ＋内空断面計測＋地山簡易貫入試験）



写真-13.2　計測状況

計測された画像は、**写真-13.3** に示すような壁面展開図として記録・出力される。また、その画像を拡大すると、**写真-13.4** 及び**写真-13.5** のように詳細なひび割れの状態まで確認することができる。

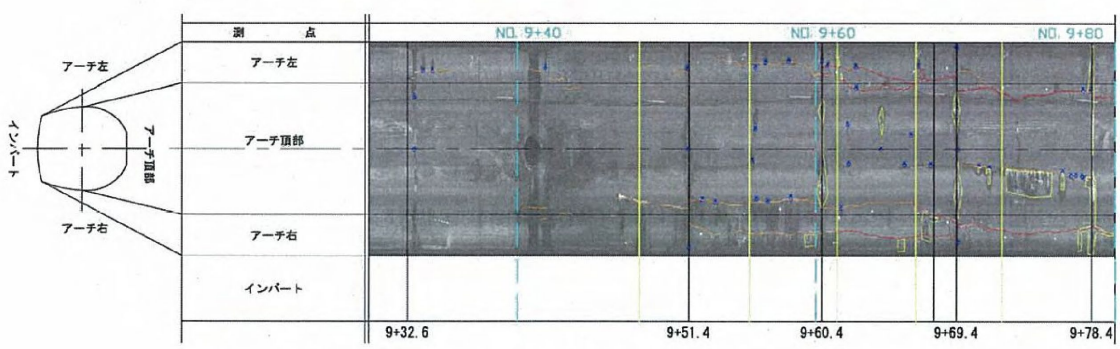


写真-13.3　壁面連続画像の計測結果例（レーザースキャニング法）

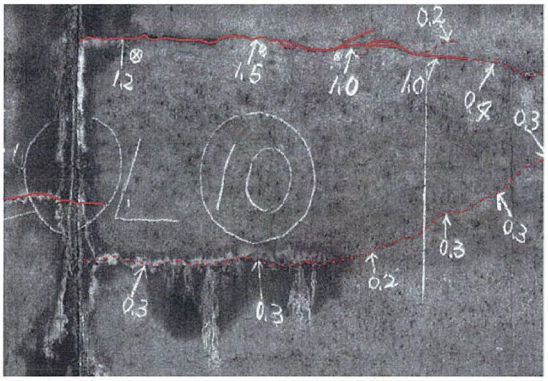


写真-13.4　レーザースキャニング法による連続画像の拡大図

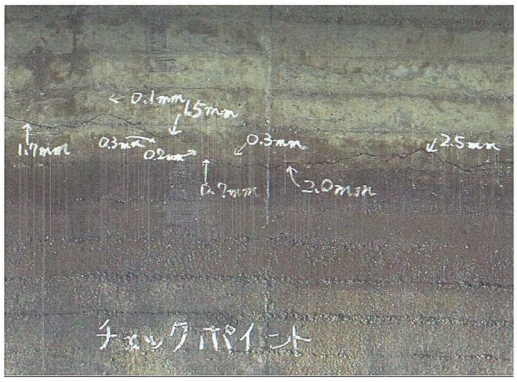


写真-13.5　CCDラインカメラ法による連続画像の拡大図

(4)覆工背面調査

ア　レーダ法

道路や水路トンネルの覆工背面に空洞が発生することがある。これらの覆工背面の空洞は、トンネル自体の安定性に影響を与えるほか、地表面陥没等の原因になる場合がある。

本システムでは、レーダ法により覆工厚・鉄筋のピッチ・覆工背面の空洞の有無や規模を計測できるほか、簡易な地山貫入試験により地山強度を計測することができる。**図-13.4** に装置の概要、**写真-13.6** に計測データ例を示す。

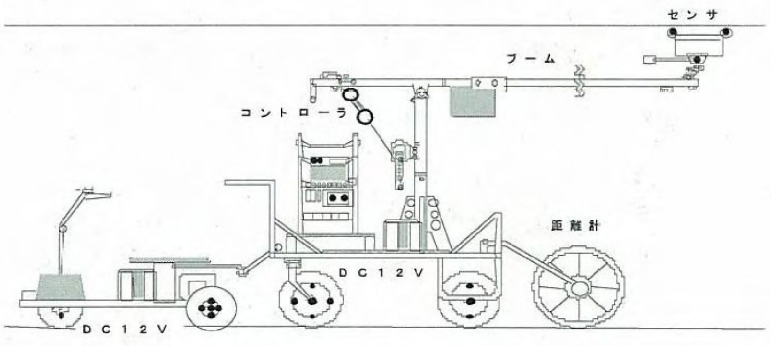
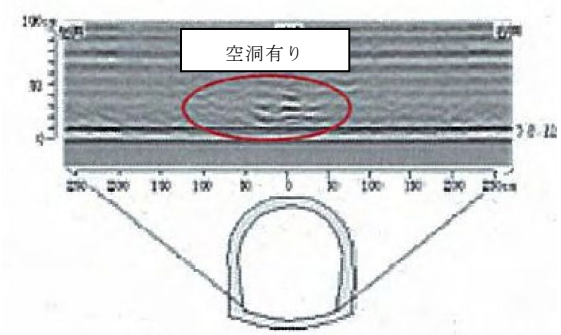
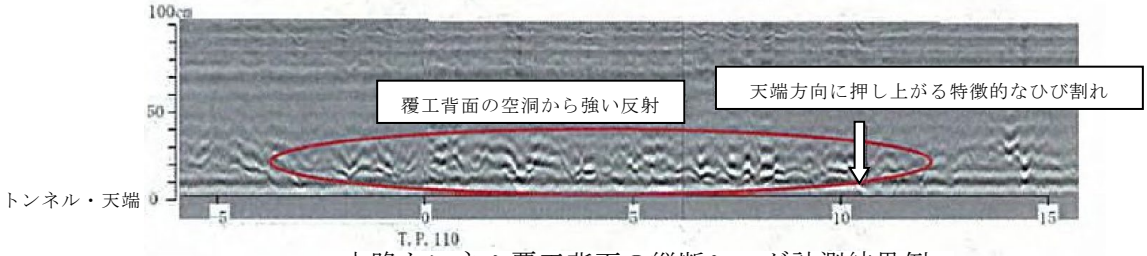


図-13.4　水路トンネル用レーダ計測台車



水路トンネル覆工背面の横断レーダ計測結果例



水路トンネル覆工背面の縦断レーダ計測結果例

写真-13.6　水路トンネル用レーダ画像例

イ　地山簡易貫入試験

水路トンネルの安定性を評価する上で、トンネル覆工背面の地山の性状を把握することは極めて重要な事項である。

水路トンネル用地山簡易貫入試験機は、小口径の水路内に人肩搬入が可能であり、バッテリーで駆動する。覆工に設けた調査孔から地山に手動ねじ込み方式によって貫入棒を貫入させ、貫入力及び貫入長を測定する。**図-13.5** に簡易地山貫入試験装置の概要を示す。

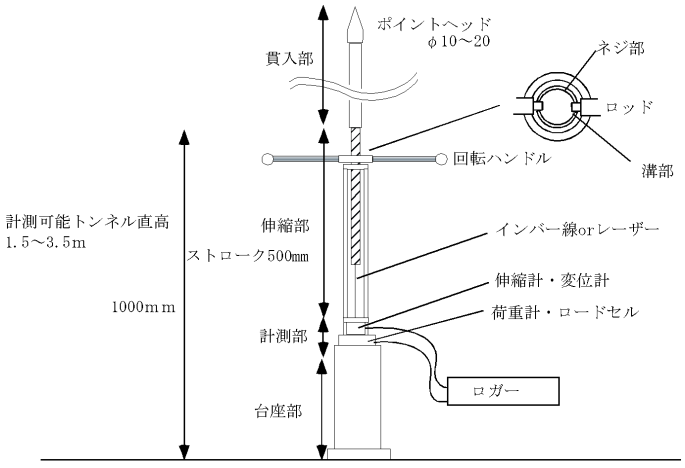


図-13.5　地山簡易貫入試験装置の概要

引用文献

1) 農林水産省農村振興局：農業水利施設の機能保全の手引き、p.12、38（令和５年４月）

2) 農林水産省官民連携新技術研究開発事業:効率的な農業用水路維持管理のための非破壊調査技術および劣化診断システムの開発、p.１－６