

農業水利施設の機能保全に関する
調査計画の参考資料
(案)

[パイプライン編]

平成30年3月

**農業水利施設の機能保全に関する調査計画の参考資料（案）
（パイプライン編）**

目 次

3. パイプライン	管－1
3.1 パイプラインの構成と特徴	管－1
3.1.1 本資料の位置付け	管－1
3.1.2 パイプラインの構成要素	管－1
3.1.3 パイプラインの機能と性能	管－2
3.2 機能診断調査	管－5
3.2.1 事前調査（既存資料の収集整理等）	管－7
3.2.2 現地踏査（巡回目視）	管－17
3.2.3 現地調査（近接目視と計測）	管－25
3.3 機能診断評価	管－122
3.3.1 評価の手順	管－122
3.3.2 機能診断評価の方法	管－124

3. パイプライン

3.1 パイプラインの構成と特徴

パイプラインは、既製管を埋設して造成する圧力管路によって農業用水を送配水する水路組織であり、管路とその附帯施設から構成される。

パイプラインの性能評価は、圧力管路であることにより、管路本体だけでなく附帯施設と水理的に一体化してパイプラインの機能が発揮されることに着目する必要がある。

【解説】

3.1.1 本資料の位置付け

本資料では、農業水利施設のストックマネジメントのうち、現場での機能診断調査に関する理論及び技術を取りまとめるものである。なお、現地での調査着手前の事前調査、調査結果に基づく機能保全対策の検討については、「計画編」に示す。

3.1.2 パイプラインの構成要素

パイプラインは、図-3.1.1 に示すとおり、管路と調整施設、調圧施設、ポンプ施設、分水施設、量水施設、通気施設、保護施設、管理施設、安全施設、その他関連施設などの附帯施設から構成され、必要な農業用水を所要地区に送水する目的で設置される圧力管路の水利施設の総称である。

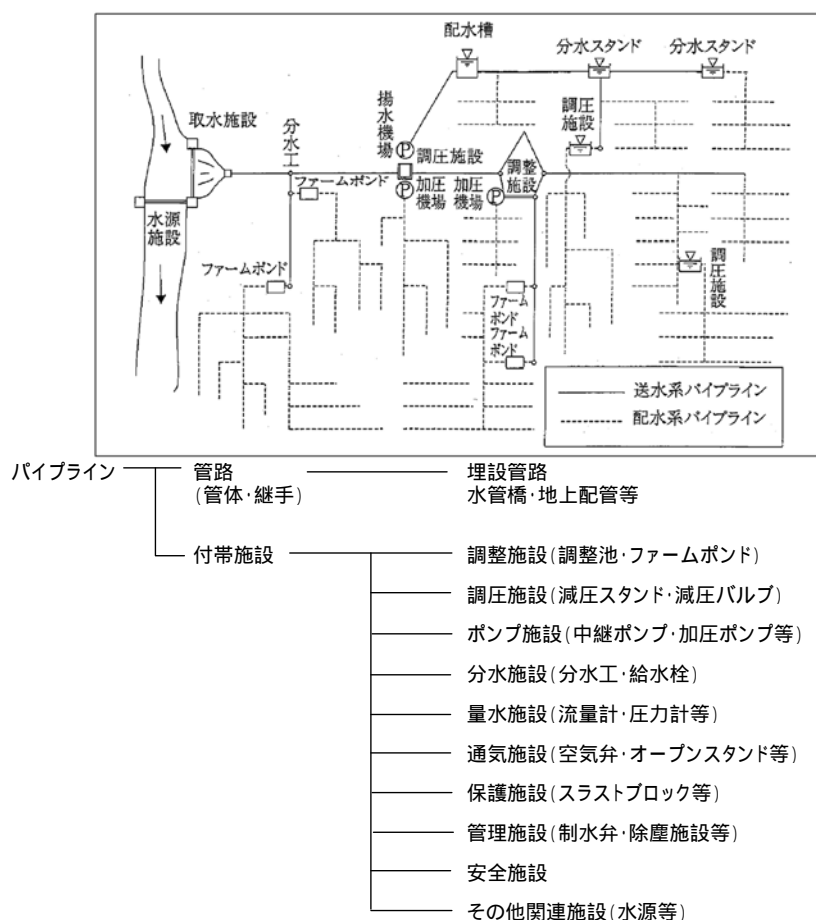


図-3.1.1 パイプラインの構成要素

3.1.3 パイプラインの機能と性能

パイプラインの機能には、表-3.1.1 に示すとおり、水利用機能、水理機能、構造機能が
ある。

なお、堆砂、ゴミなどを原因とした通水障害などのように、構造機能に帰結しない性能の
低下は必要に応じ別途検討する。

表-3.1.1 パイプライン機能及び指標の種類

機 能			性 能 の 例	指 標 の 例
本 来 的 機 能	1) 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
	2) 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、流速係数(C)、水撃圧、水 撃圧の安全率(経験則との比)、分土工水位 の維持状況
	3) 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	管体のひび割れ幅、たわみ量(変形)、騒音 (db)、振動(Hz)、腐食、錆、継手間隔、蛇 行、沈下
社会的機能			安全性・信頼性 経済性	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

表-3.1.2 水路システム（用水）の機能の記述案

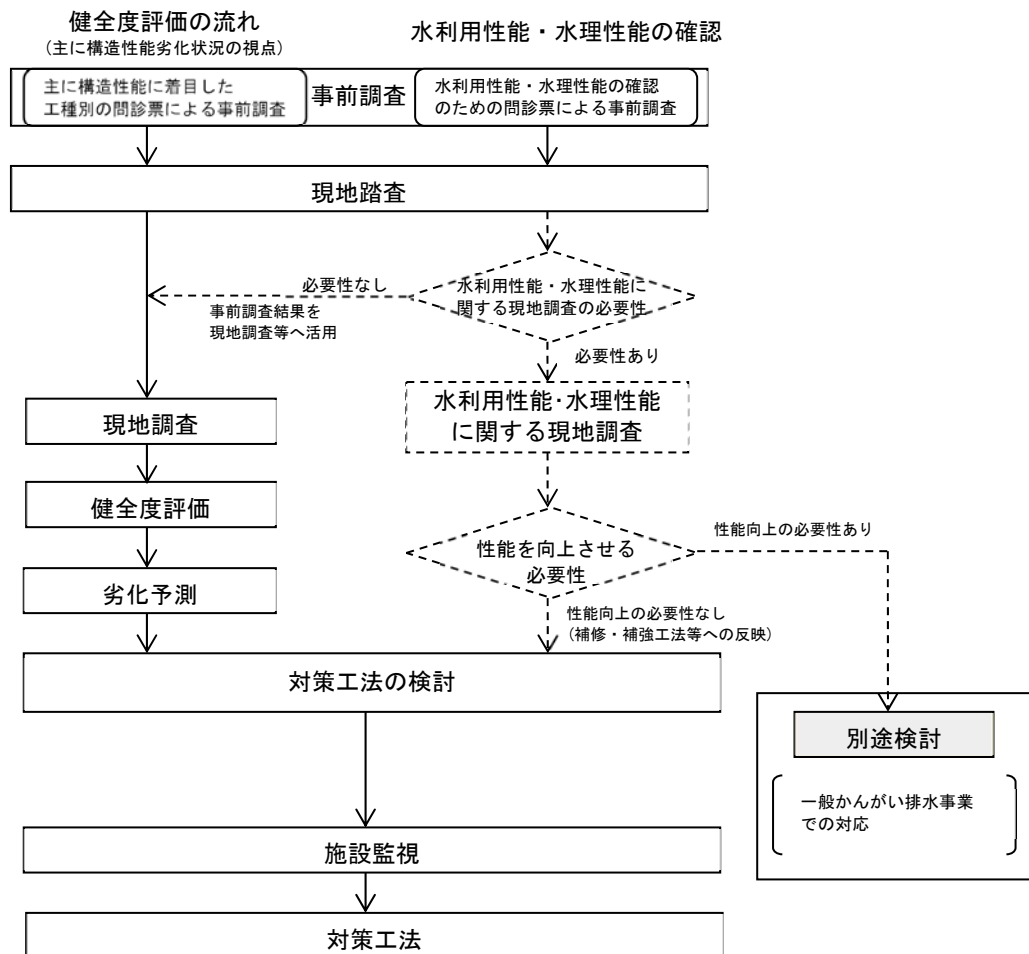
区分	具体的記述案	内容
目的	管理者が水源から目的地まで、所定の水量と水頭を維持して、用水を送水・配水することにより、水源から離れた所に位置する圃場、分水口又は、使用者に必要な用水を適時供給する。（本来機能：水利用）	構造物に要求される性能内のある特定のもの（例えば構造機能）についての社会的最終目標を、一般的な言葉で表現したもの。
機能規定	(1) 水利用機能 水源から分水口又は、圃場まで適時、適量の用水を無効放流することなく効率的、公平かつ均等に送水・配水する。（狭義の環境性を含む） (2) 水理機能 用水を安全に流送、配分、貯留する。 (3) 構造機能 (1)、(2) の機能を実体化するための水利構造物の形態を保持する。 (4) 社会的機能 ①安全性・信頼性 定められた期間中に一定条件の使用環境のもとで、その機能を正常に果たす。 ②広義の環境性（多面的機能等） ③経済性	目的が満たされるために構造物が供給する機能を一般的な用語で説明する。

出典：農業水利のための水路システム工学-送配水システムの水理と水利用機能-中達雄、樽屋啓之

（平成 27 年 8 月 20 日），P. 36, 37 に加筆

水利用性能・水理性能の調査・機能診断は主に通水時に実施する一方、構造性能の調査・機能診断は主に断水時に実施することに留意する必要がある。なお、水利用性能・水理性能の確認を行う場合は、個々の施設の性能だけでなく、水利システム全体として捉えつつ、通常の健全度評価のプロセスと併せて進めていく必要がある。そのうえで、水利用性能・水理性能の調査結果より水理計算や水理設計を見直し、施設の構造的な対策工法の検討等に反映させていくことが重要である。

水利用性能・水理性能の確認フロー



3.2 機能診断調査

機能診断調査は、既往の資料や設計・施工図書、施設管理者からの聴き取りなどの事前調査、及び施設の状態の概略把握を行うための現地踏査を予め実施し、これらによって得られる情報を基に、現地調査の調査地点の選定や調査方法、及び性能低下要因を検討し、効率的に現地調査を実施する。

調査の実施に当たっては、本編の他、「Ⅰ. 計画編 2. 機能診断調査」を参考とする。

【解説】

事前調査、現地踏査、現地調査は図-3.2.1 に示す手順で実施する。

①<<日常管理>>



②<<機能診断>>

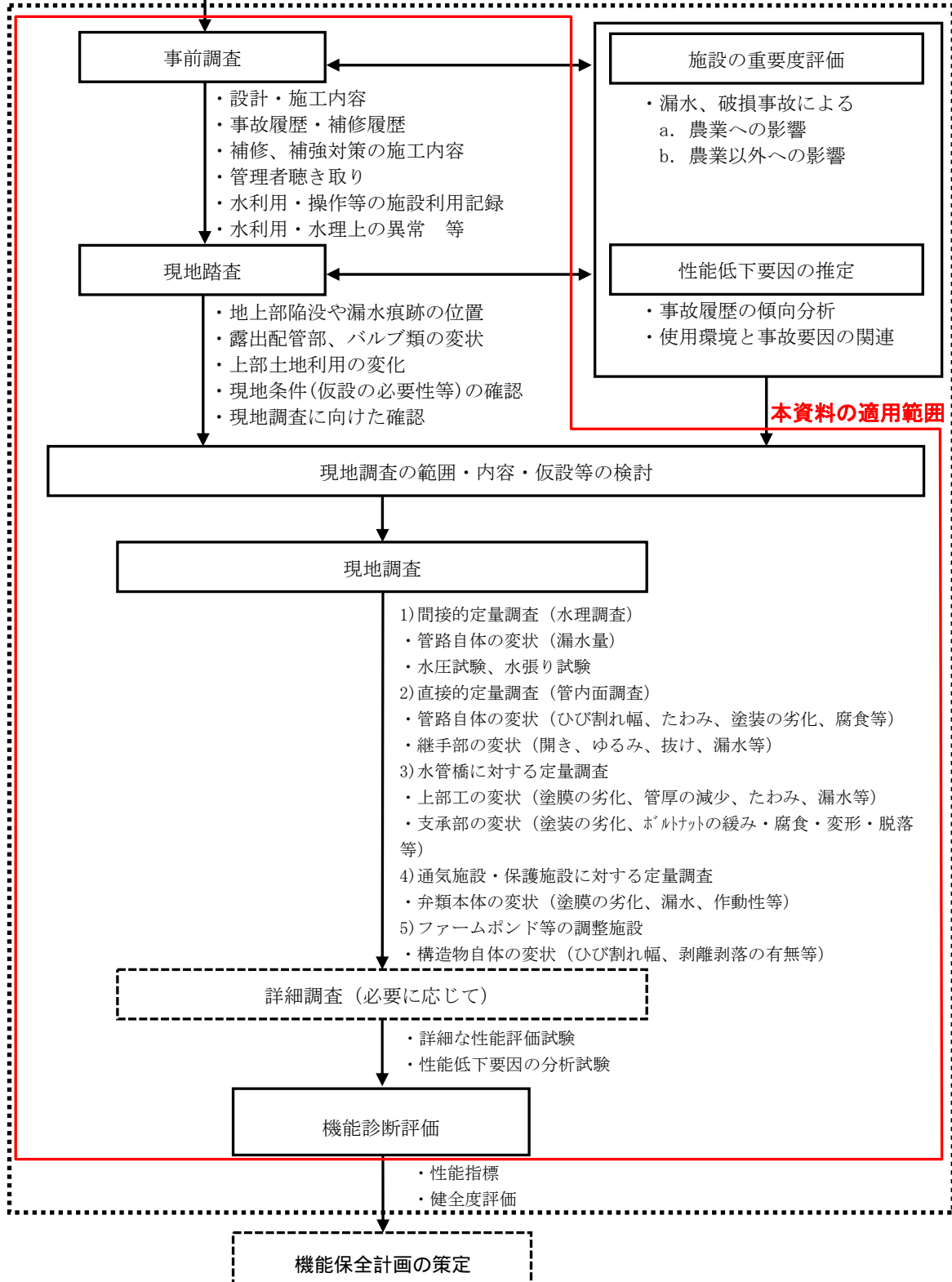


図-3.2.1 調査の手順

3.2.1 事前調査（既存資料の収集整理等）

事前調査では、現地踏査・現地調査の実施方法を検討するために必要な基本情報を収集する。具体的には、施設の設計諸元、図面・過去の診断履歴、事故・補修履歴、地域特性等の既存資料の収集と施設管理者からの聴き取り等を行う。

【解説】

事前調査は、施設の概要と問題点を把握して機能診断評価を効率的に実施するとともに、施設の立地条件を参考に、個別の劣化現象の可能性を評価する目的で実施する。

施設管理者（土地改良区等の担当者）への聴き取りに当たっては、対象施設毎に日常点検票を準備し、問診票の項目に従って、施設の現況を把握する。また、現地踏査及び現地調査の実施についてのアドバイスについても施設管理者から受ける。

問診調査等と併せて、電子化されたデータベースを活用し、施設基本情報や補修等履歴、既往の機能診断結果を参考にする。

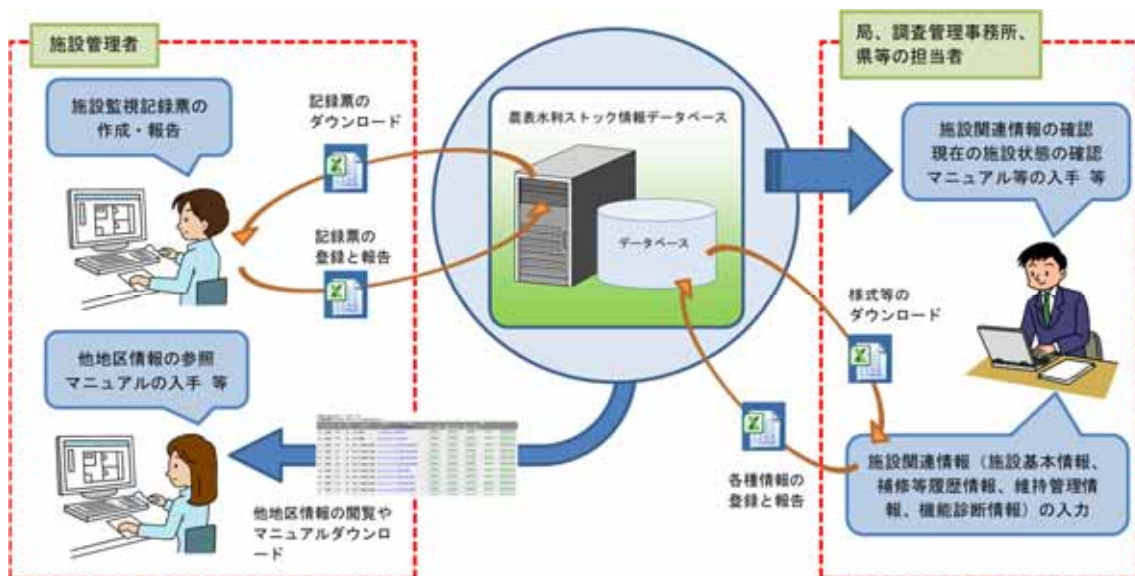


図-3.2.2 農業水利ストック情報データベースからの情報収集

(1) 既存資料の収集整理

設計、施工内容に関する調査では、パイプラインの設計図書(設計図、業務報告書)、完成図書(竣工図、施工履歴等)、地形・地質データや当初の設計基準、施工方法・技術、使用材料、施工年月及び事業誌、工事誌、用地関係の資料を可能な限り収集するとともに、必要に応じて、構造物の設計者、使用者や管理者、施工者に対して聴き取り調査を行う。

表-3.2.1 事前調査で収集する既存資料(例)

情報の種類			参考資料	データ収集元	備 考
施設諸元	事業の目的・経緯		工事誌・事業誌	事業主体	事業の目的・経緯
			事業情報	D B	事業開始・竣工年、総事業費、受益面積
	施設量の把握		設計書・出来高図面	施設管理者	新設における施設構造、追加距離、工事名、コンクリート配合
			施工内容	事業主体	コンクリートの使用材料・配合、施工記録、各種試験記録
			施設管理台帳	施設管理者	土地改良区で管理台帳を作成していることが多い
			土地改良区管内図	施設管理者	特に規定されていないため縮尺は多様
			土地改良区パンフレット	施設管理者	概要を把握するのに有効
			施設基本情報	D B	D B上に登録されている施設を確認 施工年・施設延長・設計流量・工事費・施工者・附帯施設
	施設の補修履歴		土地改良施設維持管理適正化事業記録	施設管理者	土地改良区で実施した保全対策の記録の確認
			基幹水利施設管理事業記録	施設管理者	土地改良区で実施した保全対策の記録の確認
			災害復旧事業記録	施設管理者	既往災害及び復旧に関する記録
			補修等履歴情報	D B	D B上に登録されている過去の補修履歴を確認 施工年・施工範囲・施工工法・施工理由・工事費
施設の日常管理		総代会議事録	施設管理者	日常管理の状況の確認	
		日常の点検票	施設管理者	既往の日常点検票	
		維持管理情報	D B	D B上に登録されている過去の維持管理費を確認 管理体制、管理費	
施設の機能診断結果		既往の機能診断報告書	事業主体	広域基盤整備計画調査などによる既往の施設機能診断結果	
		機能診断情報	D B	D B上に登録されている過去の機能診断結果を確認 施設変状発生箇所、総合評価結果	
その他	供用状況	取水量・通水量	頭首工操作規則	施設管理者	取水・通水量の経年的な増減の履歴
			水利使用規則	施設管理者	取水・通水期間
		水質	既往調査結果	事業主体 施設管理者	水質に関する既往調査結果
			土砂混入状況	既往調査結果	施設管理者
	供用環境	地質条件	地質図・航空写真	事業主体 施設管理者	軟弱地盤、地すべり地形、地下水位に関する情報
		周辺利用	古地図・古い航空写真	事業主体 施設管理者	宅地化の進行や近接施工の有無
	地域特性	凍害の可能性	地形図	事業主体	地図上のおおよその位置

注1) 表中のD Bは農業水利ストック情報データベースを指す

注2) 緑の着色は、農業水利ストック情報データベースにより確認する情報

(2) 施設管理者に対する問診事項

施設管理者に対する問診事項としては、施設のどの位置に、どのような変状が発生しているかを聴き取ることを基本とするが、可能な限り変状の程度や水管理・保守上の課題、維持管理費用、バルブ等の操作の実態等まで確認する。

また、施設周辺の開発・都市化等による地形や建設物等の変化と漏水事故等による社会的影響、施設の危険度についても聴き取りを行い、施設の重要度評価の基礎資料とする。変状が顕在化している地区では、施設改修の緊急性等について施設管理者の意識・要望等を把握する。現地調査時に断水調査等を想定している場合は、通水期間、断水可能期間(時間)などを把握しておく。

施設管理者への問診は、通常、日常点検票に施設管理者が定期的（施設の変状の程度に応じて設定）に記入し、それらの日常点検票を機能診断調査の実施者が収集する。収集した日常点検票については、表-3.2.2～表-3.2.3 に示す施設単位での事前調査票（問診票）の作成や、平面図に異常箇所やその内容等を書き込むなどして現地踏査における予備知識として活用できるように整理する。

なお、現状の施設に対して水利用機能や水理機能が適正に発揮されているかについても問診の対象とする必要がある。日常点検票の水利用・水理の記載を確認した上で、水利用機能及び水理機能の問診票を用いて分水制御性の低下や末端での用水量不足等の問題の有無を確認する。

表-3.2.4 にパイプラインにおける水利用機能・水理機能の問診票の例と、図-3.2.4 に水利システムの図の例を示す。



写真-3.2.1 施設管理者への聴き取り状況

表-3.2.2 パイプラインの事前調査票（問診票）（1/2）の例

整理番号		調査年月日	平成 26 年〇月〇日
地区名	〇〇地区	記 入 者	〇〇コンサルタンツ(株) 〇〇 〇〇
施設名	A用水路		
項 目	異常の有無、内容※ ¹		異常箇所※ ²
管路の通水性	1. 異常有り ①流量が相当不足し、所定の機能が發揮されていない。 ②流量が不足し、通水性の低下傾向が顕著になっている。 ③流量がやや不足し、通水性が年々低下傾向にある。 ④その他の異常が見られる。() 2. 異常無し		県道損断部より下流区間
	【特記】 流量がやや不足しているが、実害はない。		
末端給水 (用水量)	1. 異常有り ①用水量が相当不足している。 ②用水量が不足し、用水量の低下傾向が顕著になっている。 ③用水量がやや不足し、用水量が年々低下傾向にある。 ④その他の異常が見られる。() 2. 異常無し		
	【特記】		
水管理	1. 異常有り ①流量制御、圧力制御が困難で、所定の分水・配水管理が不可能な状態。 ②流量制御、圧力制御が困難な状態にあり、制御性に大きな問題が生じている。 ③流量制御、圧力制御にやや難があり、かつ制御性は年々低下傾向にある。 ④その他の異常が見られる。() 2. 異常無し		
	【特記】 流量制御にやや難があり、施設の運用に手間を要しているが、制御性の低下傾向は見られない。		
環境 (騒音・振動等、施設の変状・劣化と因果関係のあると思われるもの)	1. 異常有り ①騒音・振動が認められる、苦情、改善要請がある。 ②その他の環境に関わる苦情、改善要請がある。 () 2. 異常無し		
	【特記】		

表-3.2.3 パイプラインの事前調査票（問診票）（2/2）の例

項 目	異常の有無、内容※1	異常箇所※2
露出配管	1. 異常有り ①変状が激しく、亀裂や変形が見られる。あるいは漏水箇所がある。 ②塗装膜の剥げ落ち、腐食、錆等の変状が全体に拡大している。 ③塗装膜の剥げ落ち、腐食、錆等の変状の拡大が見られ、全体に拡大する傾向にある。 ④その他の異常が見られる。() 2. 異常無し 【特記】 対象外。	
分・配水槽 調圧水槽	1. 異常有り ①水位の変動が激しく、溢水を生じている。 ②水位が脈動して安定せず、水位制御が困難になっている。 ③水位の安定性が年々低下してきている。 ④その他の異常が見られる。() 2. 異常無し 【特記】	
バルブ類 (仕切り弁、空気弁等)	1. 異常有り ①正常に機能していない（弁が完全に閉まらない等）。 ②弁座からの漏水、操作性の低下など、老朽化が著しく、機能停止は時間の問題。 ③操作性が低下（操作力が異常に大きい等）している。 ④その他の異常が見られる。() 2. 異常無し 【特記】 5号空気弁は漏水が生じている。	2号空気弁 3号制御弁 5号空気弁

※1：異常の有無、内容は、該当する番号に○印をつける

※2：異常箇所は、測点、もしくは大まかな位置を記入する。

表-3.2.4 パイプラインにおける水利用機能・水利機能の問診票の例

整理番号		0202100040006	調査年月日	平成 年 月 日
地区名		かん排) ○○地区	記入者	○○コンサルタンツ(株)
対象施設名		A幹線	形態	パイプライン
機能・性能項目		異常の有無、内容		異常個所
水 利 用 機 能	送配水性	1. 異常あり ☒ 末端への用水到達時間が遅い ・送配水の問題から計画上の取水量では末端で必要水量を確保できない 2. 異常なし		2号支線
		【特記事項】 ・加圧機場から離れた場所で圧力が低い		
	配水弾力性	1. 異常あり ☒ 用水需要の変動に対して応答ができてない 2. 異常なし		2号支線
		【特記事項】 ・調整水槽の水位が下がり空気が混入してしまう		
	保守管理・保水性	1. 異常あり ☒ 日常的な保守管理に要する費用や労力が増加している ・保守管理に必要な施設(除じん設備・制水弁・マンホール等)が不足している 2. 異常なし		3号支線
		【特記事項】 ・除塵設備の破損により塵が流入し、維持管理に要する費用と労力が近年増加している		
水 利 機 能	通水性	1. 異常あり ・所定の流量流下時に不安定な流況が生じる ☒ 漏水が生じている(又は漏水が疑われる個所がある) ・必要な水位・圧力が確保できていない 2. 異常なし		1号支線
		【特記事項】 ・継手からの漏水が疑われる		
	水位・流量・ 圧力制御性 分水制御性	1. 異常あり ☒ 水位、流量、圧力等各種制御設備に不具合や操作上の問題等がある ・分水制御設備に不具合や操作上の問題等がある 2. 異常なし		5号支線
		【特記事項】 ・制水弁の老朽化により、全閉時に水が漏れている		
	水位・流量 計測性	1. 異常あり ☒ 水位、流量等の計測設備に不具合がある(故障又は破損している) ・水位、流量等の計測設備が不足している 2. 異常なし		5号支線
		【特記事項】 ・計測機器に誤差が生じており、流量の適正な把握ができない		
	分水均等性	1. 異常あり ・管理基準に準拠した分水量が適正に配分できない ☒ 分水の問題から、末端で必要水量を確保できない 2. 異常なし		2号支線
		【特記事項】 ・直結の分水工で過剰に分水が生じている		

【水利システムの図化】

水利用機能や水理機能の問診を実施する場合に当たっては、事前に図-3.2.4のような水利系統や各水利施設が俯瞰的に把握できる模式図を作成して活用する。作成に当たっては、施設の受益面積や水量の当初と現在を記入するとともに、鉄道や主要道路、住宅密集地など立地条件の情報を記入し、水利システムと地域社会との繋がりを明らかにしておくが良い。また、過去の事故発生箇所を明示することも施設が有する課題の把握や調査ポイントの抽出の参考となる。

水利システム図は既存資料や問診調査結果に基づき、図-3.2.3の手順を参考に作成する。なお、作成した水利システム図は、情報等に齟齬がないよう施設管理者に内容を確認してもらうことが望ましい。

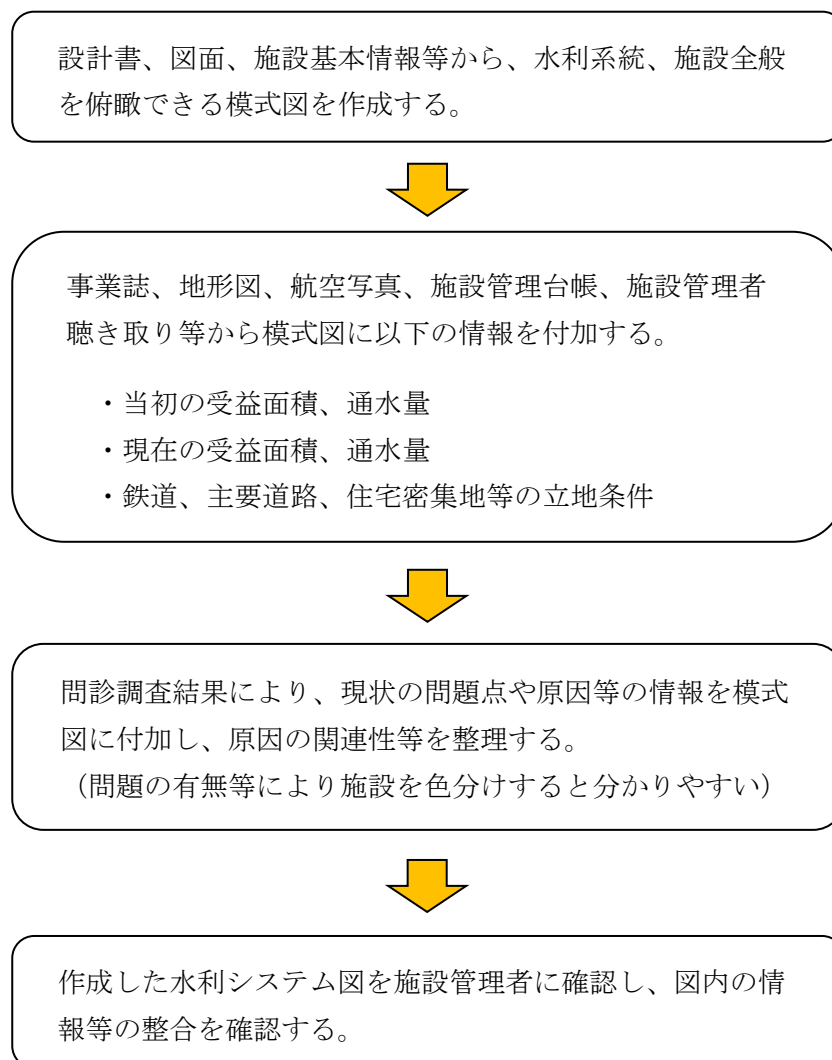


図-3.2.3 水利システム図の作成手順（例）

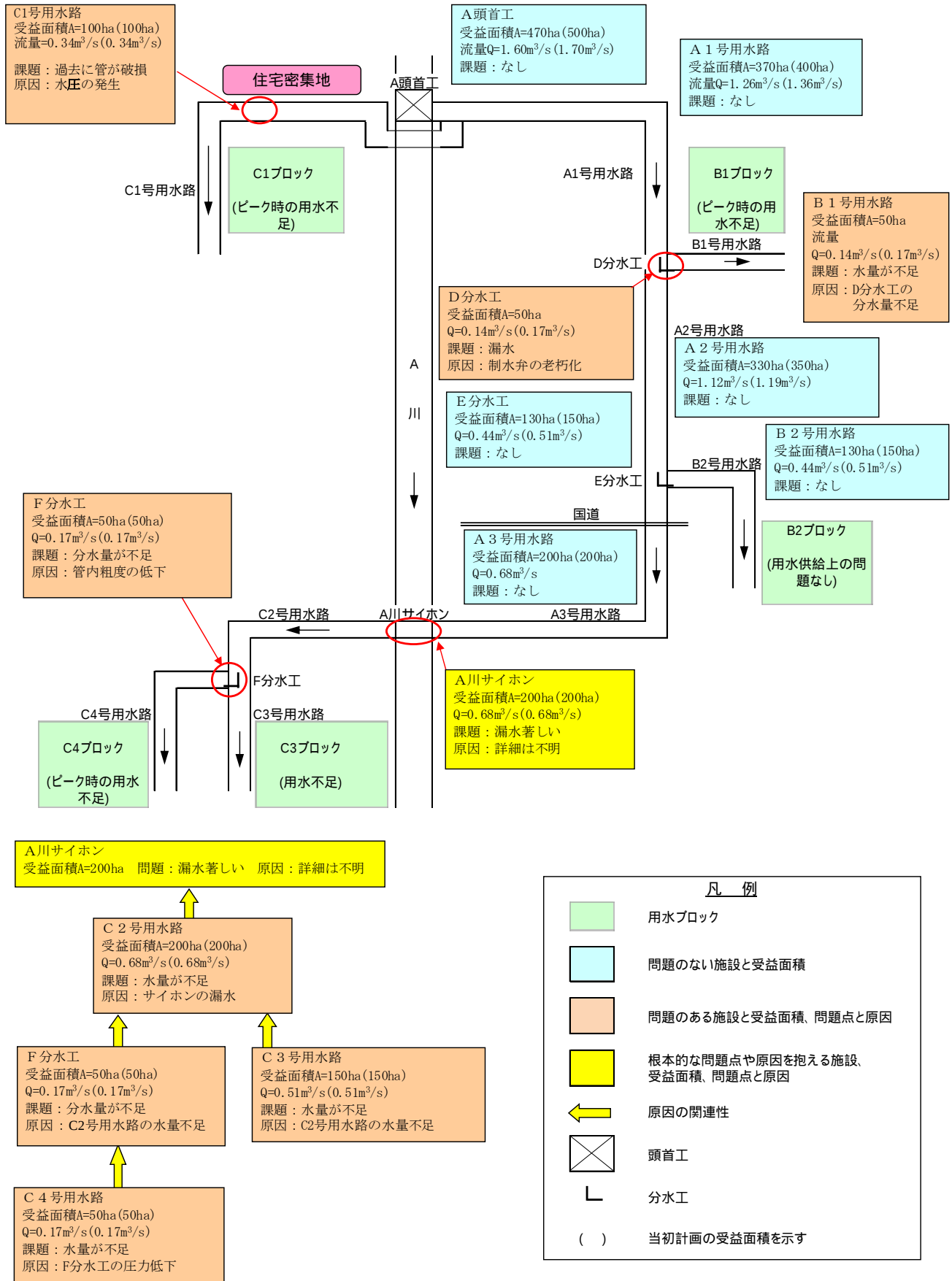


図-3.2.4 水利システム図 (例)

(3) 施設情報の図化

現地踏査・現地調査に必要な情報は、平面図・縦断図等に記載し、水理ユニット毎で整理する。パイプライン施設情報のG I S整備が進んでいる地区では、G I Sを活用することが望ましい。

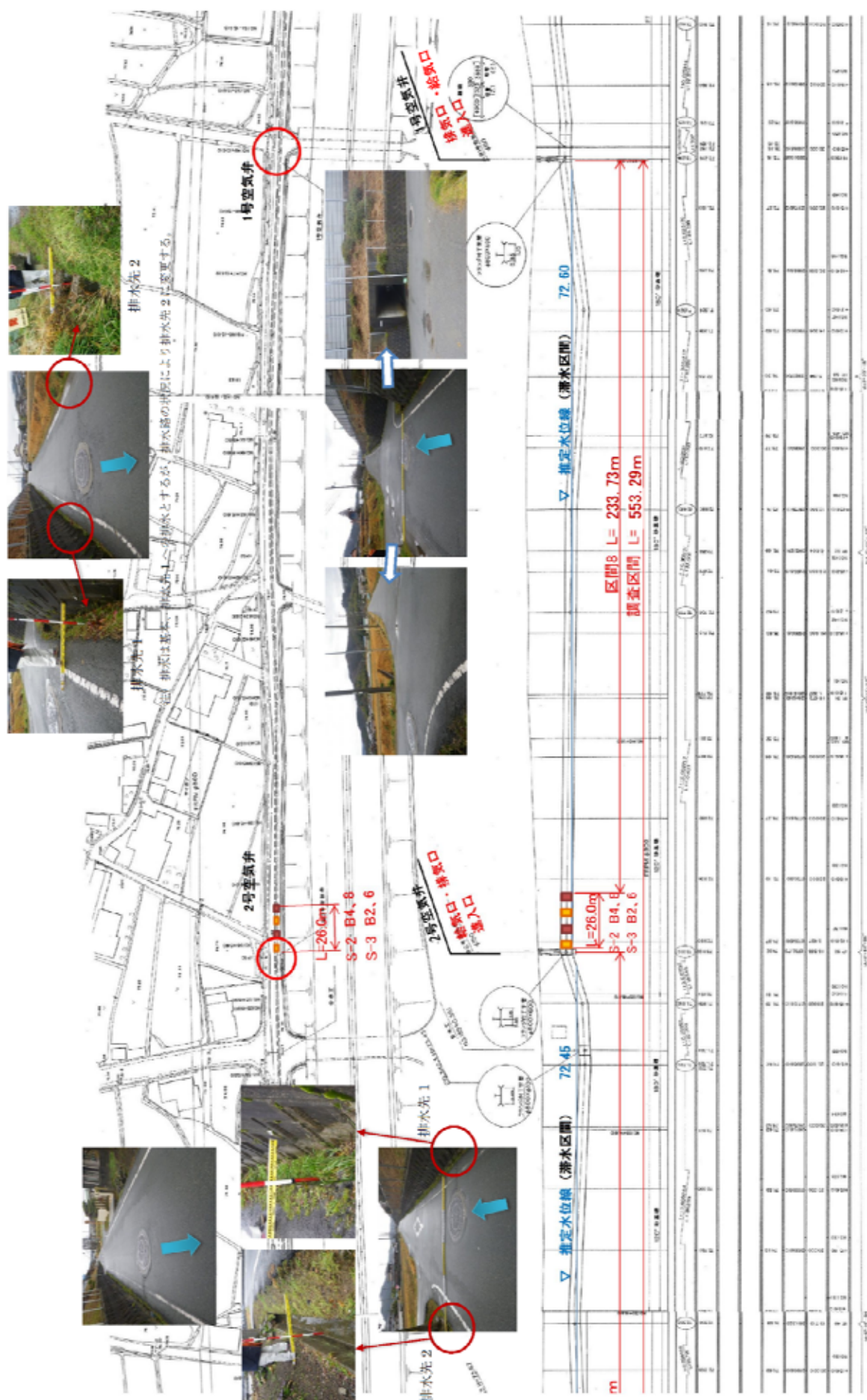


図-3.2.5 施設情報の図化(例)

3.2.2 現地踏査（巡回目視）

事前調査で得られた情報を参考とし、実際に全路線を原則として、徒歩巡回目視により地上部の状況を確認する。変状箇所的位置や変状の内容、程度を概略把握し、現地調査地点、調査項目、調査方法を決定する。現地踏査は、専門的な知見を有した技術者を主体とし、日常管理（施設監視）を通じて平常時の状況を熟知する施設管理者（土地改良区等）と同行することが望ましい。

【解説】

（1）現地踏査の目的及び留意事項

現地踏査は、事前調査で得られた情報をもとに、徒歩巡回目視により対象路線全区間を観察し、埋設位置の地盤陥没、地滑り、水管橋等の地上配管、その他地上部で確認できる変状の確認と、水理調査や管内面調査等の現地調査を実施するのに適当な場所の確認や調査の単位、定量的な調査項目の決定等、現地調査の実施方法を具体的に決定することを主目的として行う。なお、現地踏査には、日常管理（施設監視）を通じて平常時の状況を熟知する施設管理者（土地改良区等）と同行することが望ましい。

事前調査において分水制御性の低下や末端での用水量不足等、水利用機能及び水理機能に問題があると判断された場合は、現地踏査等の際に、分水施設の作動状況等を調査する。

【現地踏査時の確認事項】

- ・ 地盤の陥没、崩壊、漏水痕跡の有無
- ・ 水管橋、その他露出配管部の変状
- ・ 空気弁等のバルブ類の外観及び作動状況
- ・ 埋設位置の地上部の土地利用について、設計条件との差違の確認
- ・ 分水工、調圧施設等の管内への進入可能な場所の確認
- ・ 重要構造物や避難施設等の有無
- ・ サイフォン部の異常河床低下、サイフォンの露出の有無
- ・ 調整水槽本体、その他配管施設・バルブ等の変状
- ・ 制水弁工等、簡易流量計の設置可能な場所の確認
- ・ 管内面調査地点の概定及び安全対策



(2) 踏査方法

- ・ 観察は、原則として埋設管路に沿って徒歩巡回し、目視により行う。
- ・ 現地が埋設管路に沿って歩けない状況の場合は、事前調査で得られた情報及び地形図等により把握するものとする。
- ・ 目視可能な附帯施設の変状の有無や変状箇所の特定制を行う。
- ・ 事前調査の結果より、漏水の可能性がある場合などは、現地踏査時に音聴調査（止水弁、空気弁等からの音聴棒による簡易調査）を併せて実施することも検討する（写真-3.2.2 参照）。



写真-3.2.2 音聴調査の実施（制水弁部）

なお、現地踏査は原則として地上部の状況（変状の有無や程度、周辺土地利用状況等）を確認するが、 $\phi 800\text{mm}$ 以上の管路で、管内の状態について全線概略的に把握する場合等は、事前の準備作業（道路占用許可申請・水替え工・仮設工・安全対策）等を実施した上で、管内の徒歩巡回目視を行っても良い。

(3) 変状箇所の表記方法

変状箇所は、附帯施設からの距離や概ねの測点等で表示し、図上（事前調査で収集した平面図、縦断図等）に明記しておく。

管内の徒歩巡回目視を行った場合は、管内面にスパン番号や調査番号をマーキングし、これらの表記で変状箇所を記録する。なお、ここで付した番号は、後に実施する定点調査においても同様に使用する。



図-3.2.6 スパン番号等の記録例（管内での管内徒歩巡回目視の場合）

(4) 現地調査地点の選定

定量調査区間は、分水施設間で挟まれた水理ユニットに着目し、管路形式（管種）や規模、土地利用条件、地形・地質等が大きく変わる変化点において、単位分割したものを基本区間として概定する。ただし、管内目視調査ができない小口径管路（ $\phi 800\text{mm}$ 未満）の場合、それらの条件に応じた水圧等の間接的な調査手法により行う。（管外面調査（漏水等の発生箇所）を実施する場合を除く）。

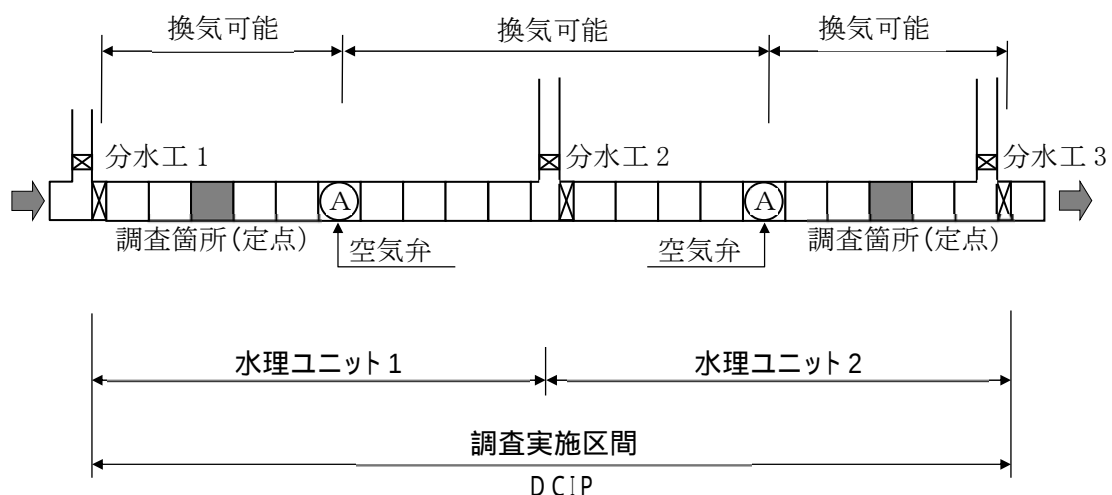


図-3.2.7 直接的定量調査地点の設定（例）

現地踏査の結果より、パイプラインの現地調査地点は、以下の点に留意して概定する。

- ・管内面、外面調査の現地調査箇所は、定尺長（スパン）を基本単位とする。
- ・過去に調査が実施されている場合、調査の効率性確保と変状の進行性を分析できるようにするため、当該調査地点を極力活用する。
- ・調査時の安全性を確保するため、管内に進入可能な地点から換気が可能な範囲内で選定する。

現地踏査の結果より、パイプラインの現地調査地点は、以下の点に留意して選定する。なお、管内面・管外面調査地点の位置と数量は地上部で概定し、管内進入後、管内の状態や現場条件を踏まえて決定する。

また、過去に機能診断調査が実施されている場合、調査の効率性確保と変状の進行性を分析できるようにするため、当該調査地点を極力活用する。

現地調査地点概定の具体的なポイントを以下に示す。

- ① 過去に漏水等の事故が発生した箇所
- ② 管内に変状が生じている箇所
- ③ 重要構造物等に近接する箇所
- ④ 管種または口径が異なる区間
- ⑤ 管内に進入可能な地点の直近

- ・上記②は、管内での現地踏査を実施した場合、または管内進入後に選定する定点を示す。

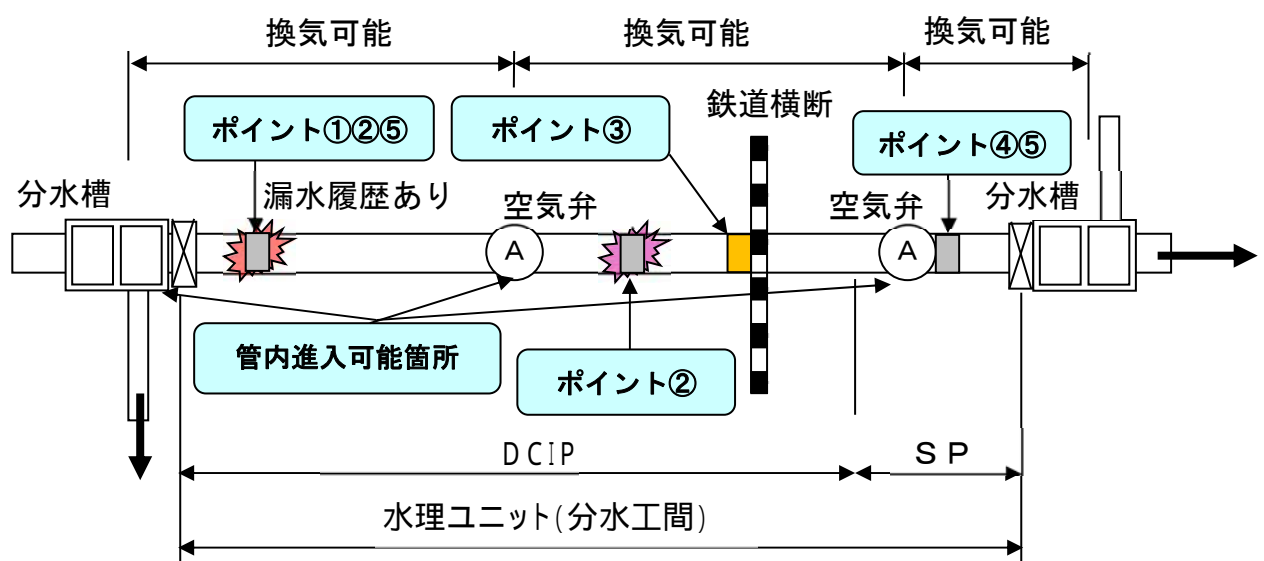


図-3.2.8 管内面・管外面調査位置の選定 (1/2)

対象区間内に漏水事故履歴を有する箇所や重要度が高い箇所がなく、管種や口径も同一である場合は、管内に進入可能な箇所の直近に定点を設ける。

調査地点の選定は概ね 1km¹⁾に 1 ヶ所を目安とする。

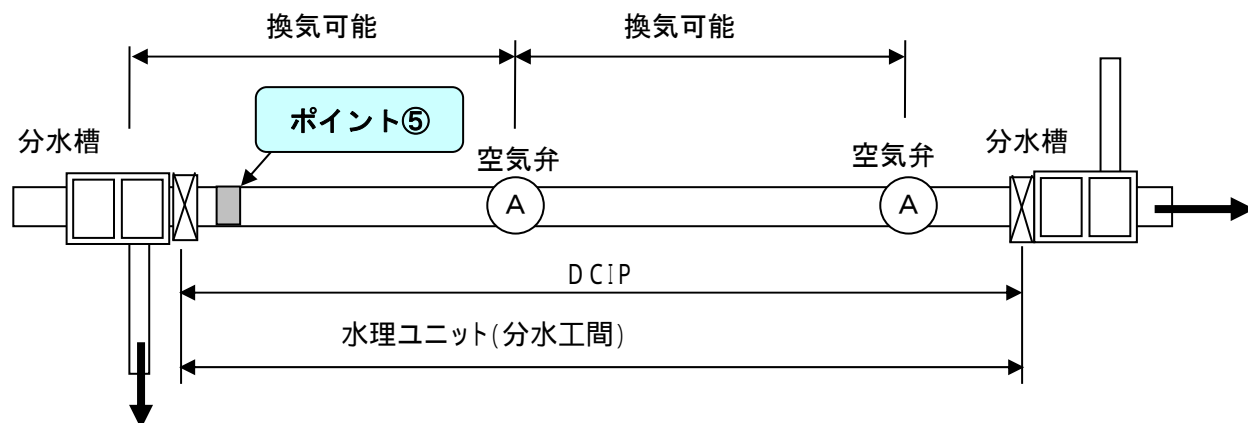


図-3.2.9 管内面・管外面調査位置の選定 (2/2)

1) 国営水路（用水路）の分土工間の平均距離は 1.15km

なお、現地踏査で把握した変状や現地調査地点等の情報は、表-3.2.5 のような野帳を用いて整理すると現場での作業の効率化を図ることができる。

表-3.2.5 現地踏査の整理事例

対象：パイプライン (DCIP, SP)														
調査区間→2,500m														
調査区間	管種	口径 (mm)	調査状況			調査結果			調査内容			調査結果		
			管種	口径	管種	管種	口径	管種	管種	口径	管種	管種	口径	管種
No. 1	DCIP	1,000												
No. 2	DCIP	1,000												
No. 3	DCIP	1,000												
No. 4	DCIP	1,000												
No. 5	DCIP	1,000												
No. 6	DCIP	1,000												
No. 7	DCIP	1,000												
No. 8	DCIP	1,000												
No. 9	DCIP	1,000												
No. 10	DCIP	1,000												
No. 11	DCIP	1,000												
No. 12	DCIP	1,000												
No. 13	DCIP	1,000												
No. 14	DCIP	1,000												
No. 15	DCIP	1,000												
No. 16	DCIP	1,000												
No. 17	DCIP	1,000												
No. 18	DCIP	1,000												
No. 19	DCIP	1,000												
No. 20	DCIP	1,000												
No. 21	DCIP	1,000												
No. 22	DCIP	1,000												
No. 23	DCIP	1,000												
No. 24	DCIP	1,000												
No. 25	DCIP	1,000												

現地踏査票の項目に合わせて作成

地上部からの踏査で変状が確認された地点を測定

管種が異なる区間で1点測定

定點調査のための準備作業や仮設の必要性を判定

変状の特徴やその他の確認事項を記載

(5) 現地踏査票

現地踏査票の記載に当たっては、事前調査を踏まえて、現地踏査において確認した施設や施設周辺についての変状の有無や変状の程度、変状箇所などの情報について整理した帳票を作成する。現地踏査票の参考例を表-3.2.6に示す。

また、今後の調査時において、調査ポイントや過去の変状を容易に把握するため、施設情報が記載された平面図・縦断図、展開図等を活用することが望ましい。

表-3.2.6 パイプラインの現地踏査票の例

整理番号	02071004008	調査年月日	平成 26 年 10 月 1 日
地区名	S 地区	記 入 者	〇〇コンサルタンツ(株)
施設名	H幹線 (測点 No. 0～No. 20+2.5) 延長 L=1,500.5m DCIP φ 1,000		
位置情報	X=〇〇〇〇〇.〇〇〇 Y=△△△△△.△△△		
写真整理No.	現地踏査写真 1～20		
	変状項目	変状の程度	変状箇所※
周辺状況	地盤の陥没、崩壊、漏水痕跡		
	住宅、道路等の建造物	バイパス道路新設有 L=30m 程度	〇〇号空気弁付近
	敷設時からの地上部土地利用 状況の変化	変化なし	
露出部	水管橋、露出配管部の変状	露出配管部に発錆あり	□□号水管橋
	サイフォン部の異常河床低下、 サイフォンの露出	該当なし	
附帯施設 (バルブ類)	周辺地盤の陥没、崩壊、漏水痕 跡等	なし	
	バルブ類の発錆等外観状況	発錆あり	△△号仕切弁
	バルブ類の作動状況	問題なし	
	漏水の有無、状況	なし	
	弁体作動と開度計の指示の整 合	問題なし	
	計器類の指示状況、よごれ	開度計の 0 設定のずれ	◇◇号仕切弁
現 地 調 査 の 適 用 性	簡易流量計等の設置	超音波流量計の設置が 可能	□□号水管橋
	管内への進入	空気弁、管理用人孔より 進入可能	
評価	現地調査箇所 (機能診断調査として現地調 査を行うのに適当な箇所)	A分水槽～B分水槽：水張り試験 5号空気弁付近：管内調査 1号制水弁付近：管内調査	
	詳細調査箇所 (補修対策の必要有無を判断 するための詳細調査が必要な 箇所)	該当なし (確認できず)	
	補修対策の必要箇所 (早急に補強・補修工事を必要 とする箇所)	該当なし	
特記事項	管内調査時は、片側 1 車線規制が必要。		

※調査箇所は、路線測点番号、施設番号、調査平面図に付した番号等のいずれかを記入し、今後の経年調査で場所の照合が可能にようにすること

3.2.3 現地調査（近接目視と計測）

事前調査や現地踏査で得られた情報を踏まえ、調査の目的に応じ、調査施設の種類や重要度等を勘案して、調査項目や調査単位を調査の効率性を考慮して設定し、近接目視と計測による現地調査を行う。必要に応じて詳細調査を実施する。

【解説】

（1）調査の留意点

パイプラインは圧力管路による水路組織であり、水理ユニット内で圧力・流量等が影響を及ぼしあうため、特定箇所の調査だけでパイプラインシステムの評価をすることは難しい。このため、漏水試験や水圧と流量の調査といった地上部から間接的に実施可能な定量調査（水理調査）と、管内部からの近接目視や計測・試験等の直接的な定量調査（管内面調査）を必要に応じて組み合わせた調査を行う。パイプラインの管内面調査を行う場合は、特に下記の点に注意を払う必要がある。

【調査着手準備】

調査箇所が道路内の場合、道路使用許可申請を行い交通誘導員の配置等適切な安全管理体制を整える。



写真-3.2.3 安全施設・交通誘導員の配置

【進入部確認（空気弁、管理用人孔管、分水槽、調圧水槽等）】

空気弁、人孔管からの進入では、現地の状況に応じてボルトの切断が必要となる。



写真-3.2.4 進入部の確認

【管内確認】

残留水がある場合は、その量に応じてポンプ排水を検討する。排水先は施設管理者と協議の上決定する。



写真-3.2.5 ポンプ排水（水替え工）

【管内進入準備】

送風機により換気を行う。なお、排気を巻き込まないようにするため、発電機は送風機の吸込み口から十分離れた場所に設置する。また、他の開口部で必ず排気（通気）状態を確認する。

ガス検知器を管内に下ろし、酸素濃度（18%以上）、硫化水素濃度（10ppm 以下）等を確認する（出典：「酸素欠乏症等防止規則」）。



写真-3.2.6 換気状況



写真-3.2.7 安全確認状況

【管内進入及び調査】

管理用人孔からの進入では、脚立等の足場を固定し管内に進入する。

管内進入後は送風機のダクトを再設置し、換気を行いながら調査を実施し、安全管理に留意する。なお、必要に応じて管内の清掃を行う。



写真-3.2.8 直接的定量調査の実施

【現地復旧】

管理用人孔から進入した場合、既存のパッキン流用は漏水の原因となるため新品のパッキンに交換し、空気弁、管理用人孔蓋等を復旧する。

空気弁の復旧に当たり、通水前にボールの清掃を行っておくと通水時の漏水防止に有効である。



写真-3.2.9 パッキンの交換状況

管理用人孔管のフランジ接合に当たっては、「フランジ形ダクトイル鋳鉄管接合要領書」(社)日本ダクトイル鉄管協会を参照し、継手構造及び口径に応じた締め付け方法・締め付けトルクにより適切に接合する。なお、既存のボルトに錆等の変状が認められる場合は新品のボルトを用いる。

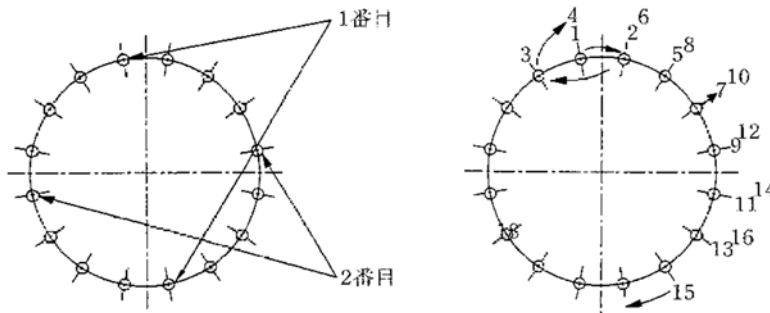


図-3.2.10 仮締め付け・追い締め付けの手順



写真-3.2.10 トルクレンチによる
追い締め付け状況

【地上部からの調査（漏水量調査）】

(試験の詳細は、3.2.3 (4.2.1) A参照)

・管内水圧試験（保圧試験）

圧力計の測定方式は、メモリーカードを用いるデータロガー方式とアナログの自方式があるが、連続的にデータを記録することが可能で、複数の試験箇所の試験結果を時系列で比較しやすいデータロガー方式が便利である。

圧力計が設置できない空気弁や、既存の空気弁の圧力計を活用できない(触れない)等の制約条件があることも想定されるため、現地踏査時に確認が必要である。

・水張り試験

水を再度注入してから試験を行う場合、管内充水作業に多大な労力がかかること、充水後最低24時間以上経過した安定状態でないと試験ができないことなどから、かんがい期中、またはかんがい期直後の管内に充水している時期に実施するのが望ましい。

調査区間内の漏水の有無及び漏水量は把握できるが、漏水位置や漏水箇所数は把握できない。このため、水張り試験区間内の漏水位置の絞り込みを目的とし、保圧試験を併用することが望ましい。

【管内での調査（定点調査）】

管路内の残留水や管内の汚れ等の影響により滑りやすくなっていることがあるため、長靴用滑り止めを使用する等、管内での転倒に留意する。特に管内面が平滑ですべりやすい材質のFRPM管やSP管、DCIP管（内面エポキシ樹脂粉体塗装）には注意する必要がある。

管種ごとに確認されやすい変状は写真-3.2.11に示すようなものであり、診断対象の管種に応じてこれらの変状の有無及び程度に留意する。

鉄
鋼
系



腐食 (SP)



内面塗装劣化 (SP)



腐食 (DCIP 弁部)

コン
クリ
ート
系



管頂のひび割れ (PC)



継手部の開き (PC)



欠損 (PC)

樹
脂
系



管頂のひび割れ (FRPM)



変形 (FRPM)



たわみ (FRPM)

写真-3. 2. 11 管種ごとに確認されやすい変状

口径 800mm 以上であれば管内への進入が可能であるが、作業スペースが限定されることで調査効率が低下するため、口径 1,000mm 未満の管路については調査実施の有無を慎重に検討する。



写真-3. 2. 12 φ800mm の管内での作業状況

なお、管内調査の実施に当たって、極めて著しい変状が生じている管路、急傾斜管路、酸素欠乏や粉塵といった作業環境の危険性が考えられる管路は、管内カメラ調査等の間接的な調査手法を検討する必要がある。また、現地調査による調査結果だけでは判定できず、さらに詳細な調査が必要であると判断された場合には専門家や試験研究機関等による調査（詳細調査）を実施する。

ただし、調査の結果により判定できる事実がもたらす機能保全コストの縮減やリスクの軽減といった効果と、調査に要する費用が見合うものであるか、との視点も必要である。

(2) 現地条件により調査に制約を受ける場合の取扱い

パイプラインの現地調査はできる限り断水し、管内に水がない状態で調査することが望ましいが、管内面調査が困難な場合や通年通水による断水不能、もしくは可能であっても時間的制約を受けるような場合には、それらの条件に応じた間接的な調査手法（水中自航型ロボットカメラ、不断水挿入式管内カメラ等）を選択することも視野に入れる。

(3) 現地調査地点の表示

(3.1) 現地調査地点番号（定点調査番号）

現地調査地点番号（定点調査番号）はデータベースに登録する番号となるので、4桁以内の通し番号を付す。施設番号、弁室名等を流用しても構わない。

(3.2) 調査地点の確認方法

現地調査地点を以後の継続調査時に現地で容易に特定できるように、以下のような方法で現地調査地点を明確にしておく。

1) 図上表示

現地調査地点を平面図に記載し（現地調査番号、施設番号、測点等）、ファイリングしておく（図-3.2.11 参照）。



図-3.2.11 現地調査図例

2) マーキング

調査地点の始終点（分土工等）が現地で確認できるように、杭、ピン、ペンキ等によってマーキングする。雑草繁茂等で見通しが悪い場所では、旗など目印になるようなものを設置しておくが良い。

3) GPS

GPSを利用した位置確認方法も有効であり、ハンディタイプのももある（写真-3.2.13 参照）。

また、近年ではスマートフォン等のGPSアプリを活用し位置情報を取得することも可能である。



写真-3.2.13 ハンディタイプGPS

4) GISの利用

GISの整備が進んでいる地区では、現地調査位置や調査地点の写真、調査記録等をGISの属性データとして登録しておくといよい（図-3.2.12 参照）。



図-3.2.12 GISの属性データ化例

(4) 標準的な調査項目と調査方法及び評価方法

(4.1) 標準的な調査項目

パイプラインでは、計画編に示されている表-2.5.8、表-2.5.9 の劣化要因推定表及び表-2.5.10 性能低下要因を推定する視点によって得られた主要な性能低下要因を踏まえ、漏水、ひび割れ、材料劣化、蛇行・沈下、継手の状況などについて調査する。

現地調査の標準的な調査項目を表-3.2.7 に示す。

なお、標準的な調査項目は現地調査（定点調査）票の調査項目のうち、非開削で実施可能な調査項目、特殊な機器を使用せず簡易に実施できる調査項目を対象としている。

非開削で実施可能な調査項目、特殊な機器を使用せず簡易に実施できる調査項目は、以降に示す「(7.1) 必要に応じて実施する調査項目」に含むものとする。

標準的な調査の調査方法及び評価方法と関連する調査票を 3.2.3 (4.2.1) に示す。

表-3.2.7 標準的な現地調査項目と調査内容

区 分	調査項目	調査手法	記録手法	適用管種	備考
A. 間接的 定量調査 (地上からの調査)	漏水量調査 圧力調査	水張り試験又は保圧試験 などにより漏水の有無 調整水槽や空気弁等から 水压を測定	定量記録、 写真記録	全管種	A-1) A-2)
B. 直接的 定量調査 (管内からの調査)	ひび割れ状況	管内目視によるひび割れ 状況調査管の変状を定性的 又は定量的に把握	定量記録、 写真記録、 図化	RC, PC, ACP FRPM	B-1)
	内面塗装の 劣化状況	管内目視による劣化状況 調査	〃	SP, DCIP	B-2)
	発錆状況	管内目視調査による発生 状況調査	定量記録、 写真記録	SP, DCIP	B-3)
	たわみ量測定	縦横比の簡易測定	〃	SP, DCIP, FRPM	B-4)
	蛇行、沈下の 状況	管内縦断測量により、蛇 行、沈下を調査 水の滞水状況を測定	定量記録、 写真記録、 図化	全管種	B-5)
	継手曲げ角度 継手間隔	管内から継手曲げ角度、 間隔をゲージで測定	定量記録、 写真記録	SP 以外 (溶接又は接着 継手は除く)	B-6) B-7)
	継目試験	テストバンドによる継手 の水密性検査	〃	φ 900mm 以上 ソケットタイプ	B-8)
詳細調査 (試掘等調査)	試掘による 管外面調査	埋設管まで試掘し、外面 の腐食状況を目視 腐食の状況に応じて中性 化残りを測定	定量記録、 写真記録、 図化	SP PC	—

※ 試掘による管外面の調査等に当たっては、調査の結果により判定できる事実がもたらすコストの縮減やリスクの軽減といった効果に見合った調査費用であるか等の観点から検討した上で調査を行う必要があるため、「(7.1) 必要に応じて実施する調査項目」に記載する。

【参考】水利用・水理機能に関する調査項目（例）

表-3.2.8 水利用機能及び水理機能に関する標準的な現地調査項目の例

機能	性能	調査項目	調査手法	記録手法	備考
水利用	保守管理・ 保全性	保守管理に必要な施設(制水弁)の有無、状態※	目視による有無 作動調査	状態記録、写真記録	非かんがい期
水理	通水性	通水量	定量計測結果より算定	定量記録	かんがい期
		管内圧力	定量計測結果より算定	定量記録、写真記録	かんがい期
		漏水※	漏水量調査、保圧試験	〃	かんがい期
	制御性 分水	分水流量	定量計測結果より算定	定量記録	かんがい期
		分水工水位(分水 位)	定量計測(スケール・コンベックス等)	〃	かんがい期

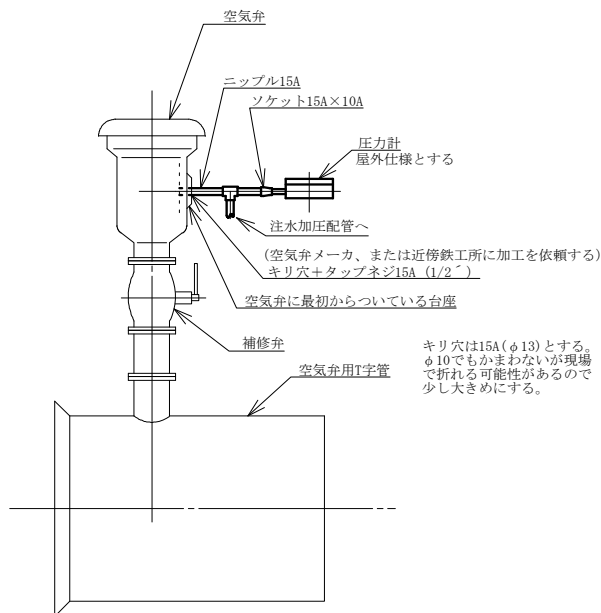
※定点における施設状態評価表を用いた調査の項目にも該当。

■通水量調査

既存の流量計がある場合は、計測データを活用する。

■管内圧力調査

管内圧力は、空気弁に設置した圧力計または既存の圧力計により計測する。



■留意点

所定の通水量や圧力が確保されているか確認するため、設計報告書等からステージ毎の静水圧、設計水圧等を事前に把握しておく必要がある。

【参考】水管橋、附帯施設（ファームポンド、バルブ類）の調査項目と調査内容

表-3.2.9 水管橋の調査項目と調査内容

区分			調査項目	調査手法	記録手法	備考
C. 上部工の変状	本管部 補剛部	塗膜の劣化	発錆	目視による観察、簡易計測（ノギス）	定量記録、写真記録 図化	C-1)
			はがれ	〃	〃	
			ふくれ	〃	〃	
			われ	〃	〃	
		管厚・板厚	最小残存管厚測定	デプスゲージ等、超音波板厚計	〃	C-2)
		変状	ボルト・ナットの変状	目視による観察、テストハンマー	写真記録、図化	C-3)
	溶接部の変状		目視による有無	定量記録、写真記録 図化		
	本管部	たわみ	橋軸方向のたわみ	傾斜計、レベル測量	〃	C-4)
漏水		漏水（痕跡）	目視による観察	写真記録、図化	C-5)	
D. 上部工の付帯施設の変状	空気弁	塗装の劣化	塗装の劣化・腐食等	〃	定量記録、写真記録 図化	D-1)
		漏水	漏水（痕跡）	〃	写真記録、図化	
		操作性	作動	作動状況の確認	写真記録	
	歩廊	鋼材の劣化	鋼材の劣化・腐食・変形等	目視による観察	定量記録、写真記録 図化	D-2)
		その他変状	部材の欠損・損傷等	〃	〃	
	進入防止柵	変状	劣化・変形・欠損・損傷	〃	〃	
E. 支承部の変状	支承	塗装の劣化・腐食等	塗装の劣化・腐食等	目視による観察	〃	E-1)
		変状	ひび割れ・腐食・変形・脱落等	目視による観察、テストハンマー	〃	
	伸縮継手	支承材の変状	ボルトのゆるみ、腐食・劣化、変形、脱落	〃	〃	E-2)
	落橋防止装置	構成材料の変状	ボルトのゆるみ、腐食・劣化、変形、脱落	〃	〃	E-3)
F. 下部工の変状	構造物 本体	ひび割れ	ひび割れ最大幅	定量計測（クラックスケール、ひび割れ幅計測機）	〃	F-1)
			ひび割れ延長	定量計測（スケール等）	〃	
			ひび割れタイプ	タイプ判別	〃	
		欠損・損傷		目視による有無	〃	F-2)
		圧縮強度	反発硬度	リバウンドハンマー	〃	F-3)
		中性化	中性化深さ／中性化残り	ドリル法	〃	F-4)
			鉄筋被り	設計図書等	〃	
	地盤変形		周辺地盤の崩壊・陥没	目視による有無	有無の記録 写真記録	F-5)
			洗掘・基礎杭露出	目視による観察、簡易計測	有無の記録、写真記録、 定量記録	

表-3.2.10 附帯施設（ファームポンド）の調査項目と調査内容

区分			調査項目	調査手法	記録手法	備考
G. 構造物自体の変状（内部要因）	コンクリート	ひび割れ	ひび割れ最大幅	定量計測（クラックスケール、ひび割れ幅計測機）	定量記録、写真記録、図化	G-1)
			ひび割れ延長	定量計測（スケール等）	〃	
			ひび割れタイプ	タイプ判別	〃	
		材料劣化	浮き	目視による観察、打音調査	写真記録、図化	G-2)
			剥離・剥落・スケーリング	目視による観察、簡易計測（ノギス）	定量記録、写真記録、図化	
			ポップアウト	目視による観察	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	〃	〃	
			底版の摩耗・風化	〃	〃	
			漏水（痕跡）	〃	〃	
		圧縮強度	反発硬度	リバウンドハンマー	定量記録、写真記録、図化	G-3)
	中性化	中性化深さ／中性化残り	ドリル法	〃	G-4)	
		鉄筋被り	設計図書等	〃		
その他	材料劣化	内面防水塗装の劣化	目視による観察、簡易計測	〃	G-5)	
		鋼材（屋根等）	目視による観察	写真記録、図化		
		ボルト・ナットの変状	目視による観察、テストハンマー	〃		
H. 外部要因	変形・歪み		目視による観察 簡易計測（下げ振り、ポール、傾斜計）	有無の記録、写真記録、定量記録	H-1)	
	欠損・損傷		目視による有無	〃	H-2)	
	地盤変形	周辺地盤の陥没、ひび割れ	目視による有無	有無の記録 写真記録	H-3)	
		抜け上がり	目視による観察、簡易計測	有無の記録、写真記録、定量記録		
（その他要因） I. 附帯施設	バルブ・配管	材料劣化	漏水（痕跡）	目視による観察	写真記録、図化	I-1)
			塗装の劣化・腐食・変形等	〃	〃	
		操作性	操作時の異常	目視、触覚、聴覚等、人間の五感による判断	写真記録	

表-3.2.11 附帯施設（バルブ類）の調査項目と調査内容

調査箇所	調査項目	調査内容	調査方法	対象バルブ ^{注)}
バルブ全体	①外面塗装	錆、剥離の有無	目視	①、②、③、④、⑤、⑥、⑦
	②開閉状態	弁棒の作動状態	作動	①、②、③、④、⑤、⑥、⑦
	③接続部、周辺部	陥没、本体の偏芯の有無、状況	目視	①、②、③、④、⑤、⑥、⑦
弁座部	④漏水	漏水の有無、状況	聴覚又は圧力計	①、②、③、④、⑤、⑥
減速器	⑤グリスの漏れ	漏れ、にじみの有無	目視	①、②、⑤、⑦
	⑥錆付き	錆付きの有無、作動の正常性	目視、作動	①
潤滑の必要箇所	⑦弁棒、ねじ部	グリス不足状況、潤滑油の状態	目視	①、⑤
開度計	⑧よごれ	開度計の読み取り可否	目視	①、②、⑤、⑦
	⑨開度計の指示	弁体作動と開度計の指示の整合	目視	①、②、⑤、⑦
制御状態	⑩圧力、流量、水位等の指示	設定範囲内かどうか	目視	②、⑤、⑥

注) 対象バルブ等の区分は以下による。

①仕切弁、②バタフライ弁、③空気弁、④逆止弁、⑤スリープバルブ、⑥オートバルブ、⑦電動駆動装置

(4.2) 標準的な調査の調査方法及び評価方法

(4.2.1) パイプラインの標準的な調査の調査方法及び評価方法

A. 間接的定量調査（地上からの調査）

水理ユニット単位を対象とし、かんがい期など通水時に実施する。

パイプラインからの漏水は、用水が無効に流出して水利用機能の低下をもたらすのみならず、社会的機能である地域社会に対する施設の安全性・信頼性を損なうものとなる。

漏水・破損事故の発生は、複数の原因によるパイプラインシステムの性能低下をマクロ的に表現しており、これからの性能低下の兆候と捉えることが重要である。従って、漏水の疑いのある路線では漏水調査を実施し、漏水量が確認された場合には漏水位置を特定し、早急に対策を施すことが求められる。

具体的には、調査区間全体の漏水有無の把握から漏水箇所の特特定までに3段階の調査手順を設けている場合が多く、表-3.2.12のように整理される。

表-3.2.12 水理調査の調査段階

分 類	調査段階	調査区分	内 容
標準的	1	確認調査 (地域)	調査対象区間全域において、漏水の有無の確認や漏水量の測定などを行い、具体的な概定調査対象地域の選定を行う。
必要に応じ て実施	2	概定調査 (区間)	確認調査で選定した調査区間での漏水懸念区間の概定を行う。
	3	特定調査 (位置)	概定調査で絞り込まれた漏水懸念区間での漏水位置の特定を行う。

※「必要に応じて実施」は、確認調査で漏水が認められた場合が対象であり、標準的な調査とは区分される（詳細は「(7.2) 必要に応じた調査方法及び評価方法」参照）。

A-1) 漏水量調査（調査方法 1：水張り試験）

■目的

パイプラインの性能低下の最も基本的な兆候の一つである漏水について、その量をユニット等の単位で把握することを目的とする。

■調査方法

水張り試験による漏水量調査は、調査対象区間を制水弁により完全に遮断し、その時の水槽の減水量によって把握する。なお、適当な位置に水槽がない場合は、空気弁等に圧力計を設置して減水量を把握する方法もある。

水を再度注入してから行う試験は、管内充水作業に多大な労力がかかること、充水後最低 24 時間以上経過した安定状態でないと試験ができないことなどから、かんがい期中、またはかんがい期直後の管内に充水している時期に実施するのが望ましい。

区間漏水量は、図-3.2.13 に示すように、上流側から暫時バルブを開放し、漏水量の差から求める。

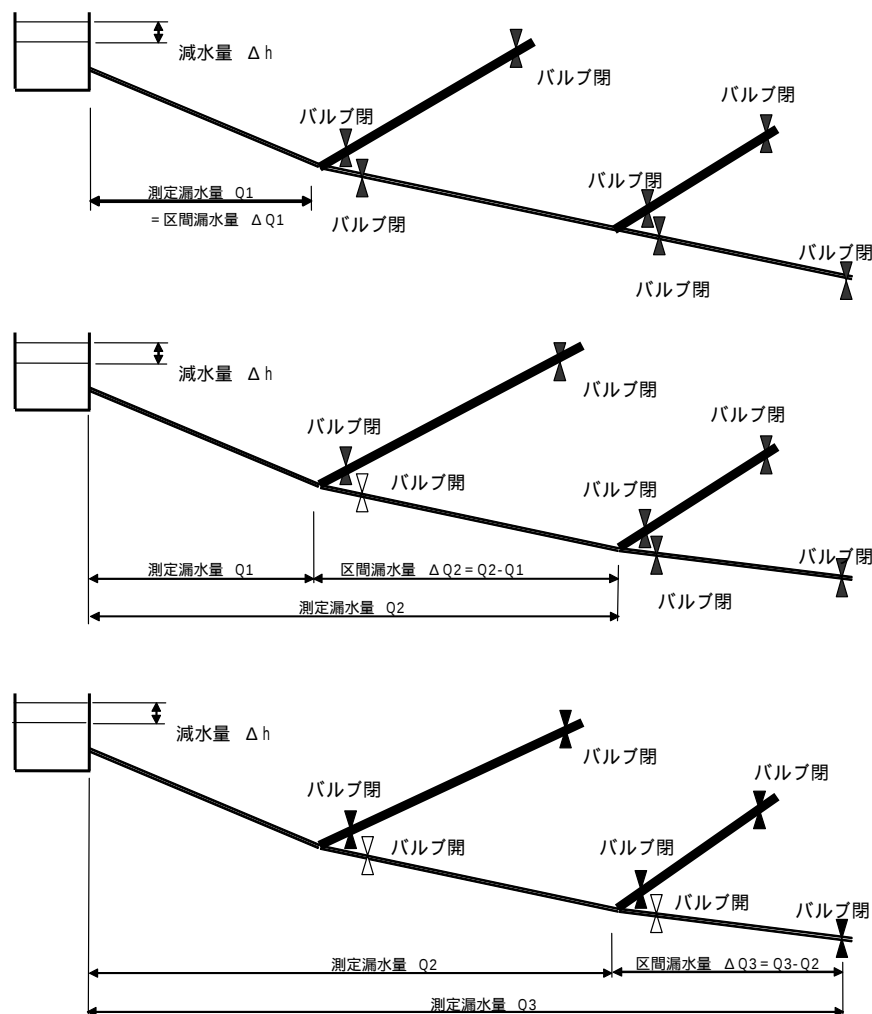


図-3.2.13 水張り試験による漏水量の計測

A-2) 漏水量調査（調査方法2：保圧試験）

■目的

パイプラインの性能低下の最も基本的な兆候の一つである漏水について、その量を制水弁間等の単位で把握することを目的とする。なお、本手法は水張り試験と異なり自由水面を有する水槽等がない区間においても、締切区間内に圧力計を設置できる附帯施設があれば調査可能である。

■調査方法

保圧試験による漏水量調査は、調査対象区間を制水弁により完全に遮断し、管内圧力（静水圧）の低下具合によって把握する。静水圧は、空気弁等に設置した圧力計で計測する。圧力計を設置した地点の標高以下に静水位が低下した場合、圧力の低下を計測できなくなるため、調査区間内の低位部に近い空気弁等に圧力計を設置する。

なお、異常値の棄却や計測不可などの不測の事態に対応するため、圧力計は複数箇所設置することが望ましい。

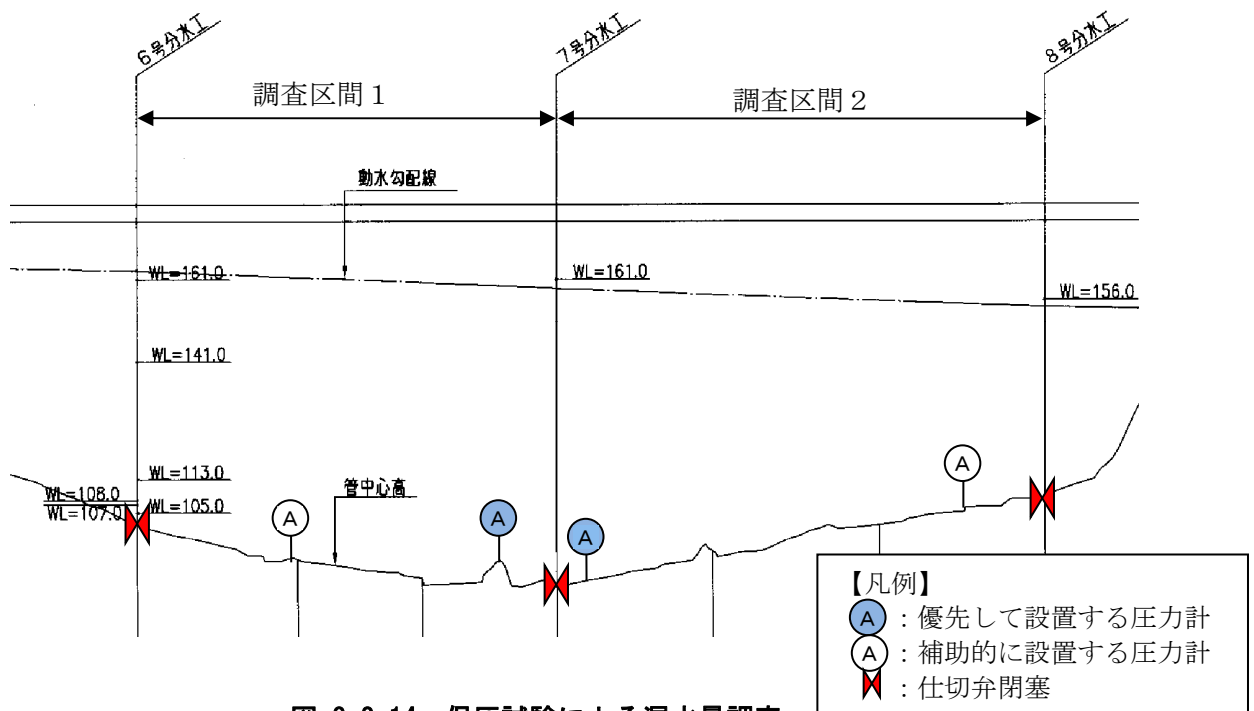


図-3.2.14 保圧試験による漏水量調査

調査区間内の漏水量は、静水位の低下量からパイプライン内の空隙量（＝漏水量）を算定する。

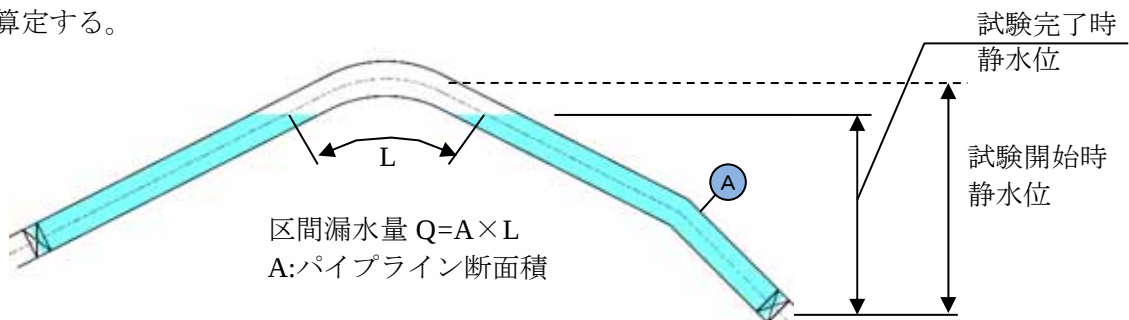


図-3.2.15 保圧試験による漏水量測定

【参考】保圧試験による漏水量の把握

FRPM 管や SP 管はとう性管であり試験時の管の膨張、収縮で漏水が吸収される場合（見た目上圧力低下で漏水量が把握できない）も想定される。

このような場合に対応するため、空気弁に加圧ポンプを接続し、低下した圧力を回復するのに必要となる水量を把握する方法が考えられる。

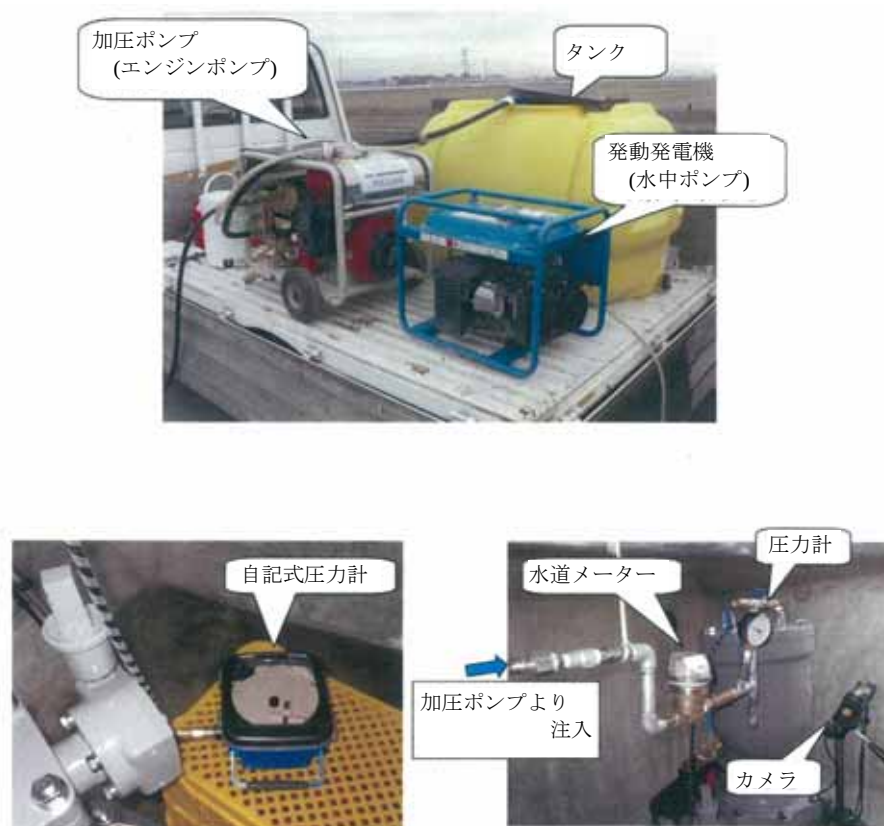


写真-3.2.14 加圧ポンプによる充水を行った事例

試験水圧は静水圧とすることが望ましいが、やむを得ず静水圧より低い試験水圧を用いる場合は、次式により修正する。

$$Q = Q' \sqrt{H/H'}$$

Q : 修正減水量 (ℓ)
 Q' : 測定減水量 (ℓ)
 H : 静水頭 (m)、 H' : 試験水頭 (m)

■留意点

水張り試験において、オープンの水槽で減水量を把握する場合は、降雨や蒸発量を考慮する必要があるかどうかを検討する。また、制水弁が老朽化していた場合などのケースでは、弁を全閉しても完全に遮水出来ていないケースもあるので、結果の分析に当たってはそれらの可能性も念頭においておく必要がある。

■漏水量算定（評価）方法

漏水量は、口径 1cm、延長 1km 当たりの 1 日の漏水量として整理する（表-3.2.14 参照）。

$$\text{漏水量} = \text{測定漏水量} \times 24 \text{ 時間} / (\text{測定時間 hr} \times \text{口径 cm} \times \text{管路延長 km})$$

なお、上記の漏水量は延長 1km 当たりの評価であるため、局所的に発生している漏水は過小に評価されてしまう。

したがって、表-3.2.13 の標準許容減水量以上の場合はもちろんのこと、標準許容減水量以下の場合であっても、漏水箇所の特定を行い補修対策の検討を行う場合がある。

■漏水量

- ① 漏水量の評価は、漏水の進行により評価する。具体的には施工時の通水試験等により対象路線の漏水試験の記録がある場合、その時点から漏水量が増えている場合は「有」と判断し S-3 にランク付けする。
- ② また、漏水試験の記録がない場合は「土地改良事業計画設計基準・設計 パイプライン」で規定されている標準許容減水量（表-3.2.13）を設計時に許容できる漏水量とし、それを越える場合は S-3 にランク付けする。

表-3.2.13 管径 1cm、延長 1.0km、1 日当たりの標準許容減水量

管 種	許容減水量	備考
コンクリート管類	100～150	ソケットタイプ
ダクタイル鋳鉄管、硬質塩化ビニル管 強化プラスチック複合管	50～100	ソケットタイプ等
鋼管、硬質塩化ビニル管、ポリエチレン管	25	溶接、接着継手等

$$\text{漏水量} = \text{測定漏水量} \times 24 \text{ 時間} / (\text{測定時間 T} \times \text{管径 cm} \times \text{管路延長 km})$$

表-3.2.14 区間別漏水量の整理例

番 号	路線名	管 種	延長 (m)	口径 (mm)	漏水量			
					m ³ /hr	ℓ/日	ℓ/日・ cm・km	許容漏水量 ℓ/日・cm・km
1	導水管	PC3 種	657	φ 1600	0.08	1,920	18	100～150
2	1号送水路	FRPM3 種	1,254	φ 1200	0.05	1,200	8	50～100
3	2号送水路	FRPM3 種	1,850	φ 800	0.27	6,480	44	50～100
4	3号送水路	DCIP3 種	965	φ 1000	0.38	9,120	95	50～100
5	第1号幹線	DCIP2 種	1,765	φ 800	0.12	2,880	20	50～100

【参考】漏水量調査（調査方法2：2点間流量測定）

2点間流量の差より漏水量を求める。流量計は、既存施設の取り付け流量計がない場合、既設管の外周に取り付ける超音波流量計が一般的であり、露出配管部等の管路が露出している場所を選定するか、試掘により管路を露出させ計測する。

ただし、流量計設置箇所では、直管の長さが一定以上必要なため、測定可能な場所が限定されること、また、最大流量に対する測定誤差が±1～2%のものが多く、検知精度があまり高いこと、直近に曲管やテーパ管等の異形管やバルブが近くにあると正確な流量が計測できないことなど、調査に当たっての制約条件が多いことから、水張り試験が出来ない路線において参考程度のご取扱いとするのが望ましい。

表-3. 2. 14 漏水量（水位測定による）調査票（1/2） 記載例

整理番号			調査年月日	
地区名	〇〇地区農業水利事業		記録者	
路線名				
調査範囲	略 図			
測定方法	配水槽 水位低 下測定	2号配水槽～①制水弁工（14時間） 2号配水槽～②制水弁工（14時間） 2号配水槽～③制水弁工（18時間） 2号配水槽～⑥制水弁工（24時間） 2号配水槽～⑧制水弁工（24時間）		
	簡易流 量計測 定	④制水弁工～⑤制水弁工 ⑤制水弁工～⑥制水弁工 ⑨制水弁工～⑩制水弁工 ⑦制水弁工～⑧制水弁工		
測定手順	① ② ③ ④ ⑤ ⑥	2号配水槽～①制水弁工の水位低下測定 2号配水槽～②制水弁工の水位低下測定 2号配水槽～③制水弁工の水位低下測定 2号配水槽～⑥制水弁工の水位低下測定 2号配水槽～⑧制水弁工の水位低下測定 その他の各区間の流量測定		

表-3. 2. 15 漏水量（水位測定による）調査票（2/2） 記載例

整理番号			調査年月日	
地区名	〇〇地区農業水利事業		記録者	
路線名	〇〇幹線用水路			
水位測定 施 設	施設名	第 2 号配水槽		
	施設概要	4.50 m（幅）×5.50 m（長）×3.52 m（有効水深）		
	施設略図			
測定区間		④制水弁工～⑤制水弁工		
測定開始時間		8/15 16:45	測定開始水深	3.75 m
測定終了時間		8/16 6.:45	測定終了水深	3.71 m
測定時間時間		14:00 時間	水位低下量	0.04 m
漏水量	測定時間	1.170 m ³ /14hr	V=0.04×4.50 m（幅）×6.50 m（長）	
	日当り	2.006m ³ /日	V=1.17m ³ /14hr×24hr/14hr	
測定区間				
測定開始時間			測定開始水深	
測定終了時間			測定終了水深	
測定時間時間			水位低下量	
漏水量	測定時間			
	日当り			
測定区間				
測定開始時間			測定開始水深	
測定終了時間			測定終了水深	
測定時間時間			水位低下量	
漏水量	測定時間			
	日当り			

表-3.2.16 漏水量（流量測定による）調査票 記載例

整理番号			調査年月日	
地区名	〇〇地区農業水利事業		記録者	
路線名				
測定機器				
測定区間	④制水弁工～⑤制水弁工	延長	L =	〇〇m
測定地点	5 号制水弁工			
測定日時	18 月 15 日 18 : 45～19. 10			
管路諸元	口径 ; ϕ 1200	管種 ;	FRPM	
測定流量	〇〇リットル／分			
測定区間	⑤制水弁工～⑥制水弁工	延長	L =	〇〇m
測定地点	6 号制水弁工			
測定日時	18 月 15 日 18 : 45～19. 10			
管路諸元	口径 ;	管種 ;		
測定流量	〇〇リットル／分			
測定区間	⑨制水弁工～⑩制水弁工	延長	L =	〇〇m
測定地点	7 号制水弁工			
測定日時	18 月 15 日 18 : 45～19. 10			
管路諸元	口径 ;	管種 ;		
測定流量	〇〇リットル／分			
測定区間	⑦制水弁工～⑧制水弁工	延長	L =	〇〇m
測定地点	87 号制水弁工			
測定日時				
管路諸元	口径 ;	管種 ;		
測定流量				
測定区間		延長	L =	〇〇m
測定地点				
測定日時				
管路諸元	口径 ;	管種 ;		
測定流量				
測定区間		延長	L =	〇〇m
測定地点				
測定日時				
管路諸元	口径 ;	管種 ;		
測定流量				

表-3.2.17 管内粗度（流量・圧力による）調査票 記載例

整理番号			調査年月日	
地区名	〇〇地区農業水利事業		記録者	
路線名				
調査範囲	略 図			
	区 間	下記区間は漏水量調査で漏水が認められなかったため実施。		
	①	2号配水槽～①制水弁工		
	②	①制水弁工～②制水弁工		
	③	②制水弁工～③制水弁工		
調査方法	流量測定 圧力測定	各制水弁工地点に超音波流量計を設置（外周設置）して計測 制水弁工に併設されている空気弁工に圧力センサーを設置して計測		
測定区間	2号配水槽～①制水弁工			
測定日時	平成18年8月25日 18:50～19:30			
上流部圧力	配水槽水位			
下流部圧力	②制水弁地点空気弁			
	圧力差			
流量	②制水弁工地点			
管路諸元	口径 D 1800 延長 L=1825m			
粗度係数	$C = Q / 0.279 \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54}$			
測定区間	①制水弁工～②制水弁工			
測定日時	平成18年8月25日 21:30～22:30			
上流部圧力	配水槽水位			
下流部圧力	②制水弁地点空気弁			
	圧力差			
流量	②制水弁工地点			
管路諸元	口径 D 1200 延長 L=1825m			
粗度係数	$C = Q / 0.279 \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54}$			

B. 直接的定量調査（管内からの調査）

口径φ800 mm以上の管路で、断水調査が可能な場合は、管内面調査の実施を検討する。
 なお、得られる調査結果と費用のバランスを十分に考慮して実施の可否を決定する。

管内への進入に当たっては、事前にガス検知器により酸素濃度 18%以上、硫化水素濃度 10ppm 以下（出典：酸素欠乏症等防止規則）を確認し、管内進入後もガス検知器を携帯する。また、送風機により換気を行い、他の開口部にも送風機を設置し排気状況の確認を行う。

なお、排気を巻き込まないようにするため、発電機は送風機の吸込み口から十分離れた場所に設置する。

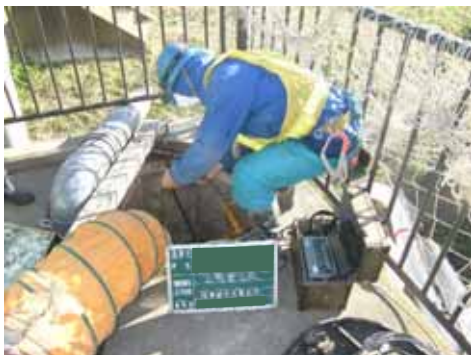


写真-3. 2. 15 送風機による換気



写真-3. 2. 16 ガス検知器による事前確認



写真-3. 2. 17 分水工から管内進入



写真-3. 2. 18 管内目視調査

B-1) ひび割れ状況

■目的・調査方法

管内目視によりひび割れ状況の調査を行う。対象とする調査箇所は、予め選定した現地調査地点について実施する。ひび割れ調査は管路内の目視によりひび割れの有無及び程度（ひび割れ幅、ひび割れ長さ）、形状、範囲を調査するものである。管路内面に発生しているひび割れ、剥離、剥落を観察し、ひび割れ状況をデジタルカメラで撮影する。ひび割れの形状についてはスケッチし図面に記録する。また、ひび割れ幅はクラックスケールで測定し記録する。



写真-3.2.19 クラックスケールによる測定

なお、下記「ひび割れの評価基準」に示すとおり、ひび割れは「ひび割れの有無」で評価するが、2回目以降の機能診断調査でひび割れの進行性を把握するための指標として、「ひび割れ幅」及び「ひび割れ長さ」を計測する。

表-3.2.19 ひび割れ調査内容・方法

調査項目	調査方法	対象管種
ひび割れ状況	写真撮影	RC、PC、ACP、FRPM
ひび割れの形状	スケッチ、写真撮影	〃
ひび割れ幅	クラックスケール	〃

■留意点

パイプラインにおいてひび割れが発見されることはまれであるが、ひび割れがあった場合は、即破損事故につながる可能性があるため、注意深く観察する必要がある。

■ひび割れの評価基準

パイプラインは、ひび割れが生じている場合は即破損事故につながる可能性があるため、RC、PC、ACP はひび割れありを S-3 評価とする。FRPM についてはひび割れが生じた場合、内部のレジンモルタル層にも割れが生じ、構造性能に顕著な影響があることが示唆されるため、ひび割れが認められた場合は、S-2 評価とする。



写真-3.2.20

管壁のひび割れ・欠損（PC）

写真-3.2.21 FRPM内圧3種管試験体（φ1,000）における内圧試験・外圧試験・セグメント曲げ試験
管-47

表-3.2.20 現地調査（ひび割れ調査）票 記載例

整理番号			調査年月日	
地区名			記入者	
路線名		施設名	2号分水工下流50m	
管路諸元	口径；1200mm 管種 FRPM			
管路番号	ひび割れ幅			
	管頂部	管底部	右側部	左側部
101	1. 有 (2. 無)	1. 有 (2. 無)	(1.) 有 2. 無	(1.) 有 2. 無
			2～4mm×2箇所	2～10mm×15箇所
102	1. 有 (2. 無)	1. 有 (2. 無)	(1.) 有 2. 無	(1.) 有 2. 無
			2mm×1箇所	4～10mm×8箇所
103	1. 有 (2. 無)	1. 有 (2. 無)	(1.) 有 2. 無	(1.) 有 2. 無
			2～4mm×5箇所	2～6mm×10箇所
104	1. 有 (2. 無)	1. 有 (2. 無)	(1.) 有 2. 無	(1.) 有 2. 無
			2～5mm×8箇所	2～6mm×5箇所
105	1. 有 (2. 無)	1. 有 (2. 無)	1. 有 (2. 無)	1. 有 (2. 無)

※ひび割れ写真（又はスケッチ）は別途添付

B-2) 内面塗装の劣化状況

■目的・調査方法

管路表面に発生している析出物、錆汁、鉄筋露出、漏水、浮き、豆板等を観察し、腐食状況をデジタルカメラ等で撮影、腐食箇所を図面に記録し、腐食範囲（1 m²当りの腐食面積）の経年変化を記録する。腐食状況が明確な場合は個別調査を実施する。



写真-3. 2. 22 腐食状況の記録

表-3. 2. 21 現地調査（内面塗装・腐食）票 記載例

整理番号					記入者			
地区名					調査年月日			
路線名				施設名	2 号配水槽下流 50m			
管路諸元	口径；1800mm 管種 D C I P							
定点番号	内面塗装・腐食							
	管頂部 (cm ² /m ²)		管底部 (cm ² /m ²)		右側部 (cm ² /m ²)		左側部 (cm ² /m ²)	
211	①.有 2. 無	18.5	①.有 2. 無	11.2	①.有 2. 無	8.5	①.有 2. 無	9.2
212	①.有 2. 無	12.4	①.有 2. 無	7.2	①.有 2. 無	2.1	①.有 2. 無	2.3
213	①.有 2. 無	8.2	①.有 2. 無	5.2	1.有 ②.無		1.有 ②.無	
214	①.有 2. 無	8.5	①.有 2. 無	2.1	1.有 ②.無		1.有 ②.無	
215	①.有 2. 無		1.有 ②. 無		1.有 ②.無		1.有 ②.無	

B-3) 発錆状況

■目的・調査方法

塗膜全体の面積に対する塗装欠陥（ふくれ、割れ）を含む錆の発生面積を目視により調べ、塗膜の劣化度合を評価する。発錆状況調査において、結果の評価に用いられる指標は次のとおりである。

表-3.2.22 発錆の評価

発錆状態			評価
X	<		無し
	$\leq X <$		軽微な錆が点在
	$\leq X <$		一定範囲で全体的に錆が確認



写真-3.2.23 軽微な錆が点在



写真-3.2.24 一定範囲で全体的に錆が確認

表-3.2.23 現地調査（発錆状況）票 記載例

整理番号					記入者			
地区名					調査年月日			
路線名			施設名	2号配水槽下流 50m				
管路諸元	口径；1800mm 管種 FRPM							
定点番号	発錆状況							
	管頂部 (%)		管底部 (%)		右側部 (%)		左側部 (%)	
21	1. 有 (2. 無)		1. 有 (2. 無)		1. 有 (2. 無)		1. 有 (2. 無)	
22	(1.) 有 2. 無	0.3	(1.) 有 2. 無	0.3	(1.) 有 2. 無	0.3	(1.) 有 2. 無	0.3
23	1. 有 (2. 無)		1. 有 (2. 無)		1. 有 (2. 無)		1. 有 (2. 無)	
24	(1.) 有 2. 無	0.3	(1.) 有 2. 無	0.3	(1.) 有 2. 無	0.3	(1.) 有 2. 無	0.03
25	(1.) 有 2. 無	0.03	(1.) 有 2. 無	0.03	(1.) 有 2. 無	0.03	(1.) 有 2. 無	0.03

【参考】表-3.2.24 錆標準図の面積換算表

錆発生面積の率	1m ² における錆発生面積
0.03%	3 c m ² (約 1.7 c m角の錆)
0.3%	30 c m ² (約 5.5 c m角の錆)
3%	300 c m ² (約 17.5 c m角の錆)
5%	500 c m ² (約 22.4 c m角の錆)
10%	1,000 c m ² (約 32 c m角の錆)

B-4) たわみ量測定

■目的・調査方法

縦横比を直接計測して、たわみ量を計測する。たわみ量は、埋設管路の内径をデジタルゲージ等で縦横二ヶ所計測し、基準口径と埋設管の内径の差により算出される(図-3.2.16 参照)。たわみ量より、基準口径に対するたわみ率を算出し、たわみ量の経年変化を記録する。なお、たわみ率5%を超える箇所を特定し、水理機能(通水機能)上の問題がないかどうか、構造的な問題がないかどうかの個別調査を実施する。

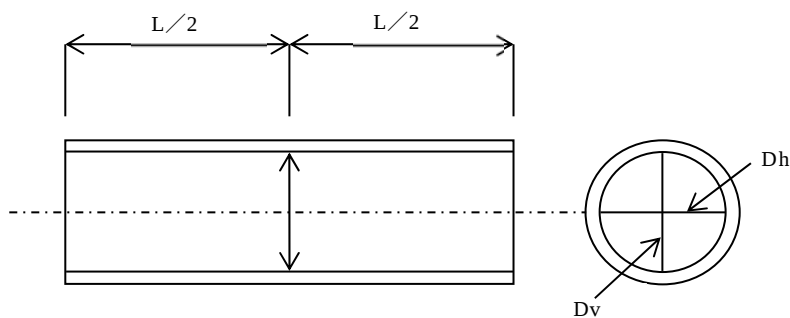


図-3.2.16 たわみ量の測定



写真-3.2.25 調査状況

次式でたわみ量・たわみ率を算定する。

$$\text{水平たわみ量} = [2R - (D_h + t)] \text{ (mm)}$$

$$\text{鉛直たわみ量} = [2R - (D_v + t)] \text{ (mm)}$$

$$\text{水平たわみ率} = \text{水平たわみ量} / 2R \times 100 \text{ (\%)}$$

$$\text{鉛直たわみ率} = \text{鉛直たわみ量} / 2R \times 100 \text{ (\%)}$$

R: 管厚中心半径 ($R = (D - t) / 2$)

D: 外径

t: 管厚 を示す。

■たわみ量の評価基準

たわみ量の評価は、「土木工事施工管理基準」(農村振興局)の管理基準値内のものをS-5、管理基準値外～規格値内をS-4、規格値外をS-3とする。

表-3.2.25 健全度毎のたわみ率の設定

	S-5	S-4	S-3
たわみ率(%)	4%以内	4%超 5%以内	5%超
設定理由	管理基準値内	管理基準値外～規格値内	規格値外

【参考】呼び径ごとのたわみ率5%超

呼び径	DH・DV(mm)					
	S P		D C I P		F R P M	
	上限値	下限値	上限値	下限値	上限値	下限値
800	840	760	840	760	840	760
900	945	855	945	855	945	855
1,000	1,050	950	1,050	950	1,050	950
1,100	1,155	1,045	1,155	1,045	1,156	1,044
1,200	1,260	1,140	1,260	1,140	1,261	1,139
1,350	1,418	1,282	1,418	1,282	1,418	1,282
1,500	1,575	1,425	1,575	1,425	1,576	1,424
1,600	1,680	1,520	1,680	1,520	—	—
1,650	1,733	1,567	1,733	1,567	1,734	1,566
1,800	1,890	1,710	1,890	1,710	1,891	1,709
2,000	2,101	1,900	2,101	1,899	2,101	1,899

※管種別の管厚を用いた計算結果による。

表-3.2.26 現地調査（たわみ量）票 記載例

整理番号				記入者	
地区名				調査年月日	
路線名			施設名	2号配水槽下流 50m	
管路諸元	口径；1800mm 管種 DCIP				
定点番号	たわみ量				
	管高(mm)	管幅(mm)		たわみ量(%)	
201	1786	1815		1.6	
202	1784	1819		1.9	
203	1774	1824		2.7	
204	1781	1815		1.9	
205	1789	1813		1.3	

B-5) 蛇行、沈下の状況

■目的・調査方法

蛇行、沈下状況調査は、管内での目視及び簡易計測により、蛇行、沈下が発生していないか調査する。ただし、蛇行については、これまでの機能診断調査実態として「目視で判断可能な程度の明らかな蛇行」以外は把握することが困難である。このため、蛇行、沈下調査では基本的に沈下に対する調査を行い、目視で蛇行が確認された場合は、現地調査（定点調査）票の「想定される主な劣化要因」の特記事項に調査結果及び想定される要因を記載する。

沈下についても目視による調査は困難であるが、滞水を伴うことが多いため、滞水深を測定し、沈下量として記録する。

なお、目視で明らかな蛇行・沈下が認められた場合は、個別調査（測量等）を視野に入れた詳細調査計画を立案する。



写真-3.2.26 残留水の水位測定

滞水を伴わない場合、1つの継手を挟んで継手間にテープを張り、テープから中間の継手までの距離（ ΔH ）を測定し、沈下量として記録する。

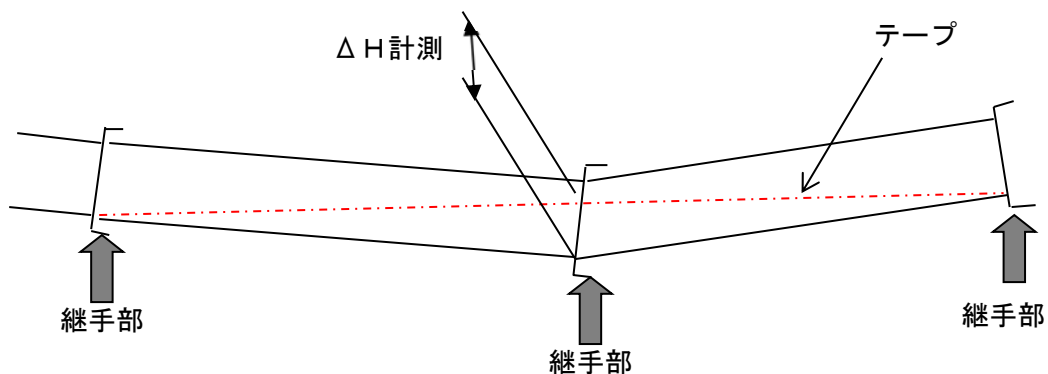


図-3.2.17 沈下調査の例

■沈下の評価基準

沈下による評価としては、30cm以上の沈下は基床の流出（「設計基準 パイプライン」では、普通地盤で10cm～30cm（※口径2,000mm未満）の基床を設けることとしている。）等も想定されることから、構造的な安定に顕著な影響を与えるため、20cm以上の沈下をS-2評価とした。

表-3.2.27 普通地盤の基床厚

口 径 (mm)	基床厚 (mm)
200 以下	100 以上
250～ 450	150 以上
500～ 900	200 以上
1,000～2,000 未満	300 以上
2,000 以上	0.2 D_c 以上

D_c : 管の外径 (mm)

出典：設計基準（パイプライン），P.269

表-3.2.28 現地調査（蛇行・沈下）票 記載例

整理番号				記入者	
地区名				調査年月日	
路線名			施設名	2号配水槽下流 50m	
管路諸元	口径 ; 1800mm 管種 DCIP				
調査項目	たるみ・蛇行・沈下				
調査方法	沈下は測量を実施 蛇行（偏芯量）は目視観測で測量は実施せず				
管路番号	沈下			蛇行（偏芯量）	
	計画高(m)	測定高(m)	沈下量(m)		
201	42.25	42.12	-0.13	1. 有 ②. 無	
202	42.17	42.01	-0.16	1. 有 ②. 無	
203	42.04	42.01	-0.03	①. 有 2. 無	やや偏芯（右）
204	41.97	42.05	+0.08	1. 有 ②. 無	
205	41.82	41.95	+0.13	①. 有 2. 無	大きく偏芯（右）

B-6) 継手曲げ角度

■目的・調査方法

継手曲げ角度は、管路内部からジョイント間隔（上・下・左・右）を管路の継手部にスケール、フィラーゲージを当てて計測し、算定式に基づき継手曲げ角度を把握し、継手曲げ角度の経年変化を記録する（管種別の測定箇所は B-7) 継手間隔調査」参照）。継手曲げ角度の経年変化を記録するとともに、基準値を超えている場合は個別調査を実施する。

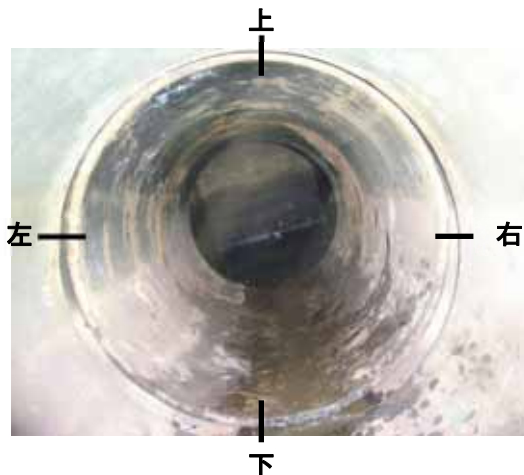


写真-3.2.27 ジョイント間隔測定箇所

$$\theta = \cos^{-1}(\cos \theta_V \times \cos \theta_H)$$

$$\theta_V = \tan^{-1}\left(\frac{y_{上} - y_{下}}{D}\right)$$

$$\theta_H = \tan^{-1}\left(\frac{y_{左} - y_{右}}{D}\right)$$

ここに、

- θ : 継手屈曲角（合成角）
- θ_V : 継手屈曲角（垂直方向）
- θ_H : 継手屈曲角（水平方向）
- $y_{上}$: 継手上部の継手間隔（mm）
- $y_{下}$: 継手下部の継手間隔（mm）
- $y_{左}$: 継手左部の継手間隔（mm）
- $y_{右}$: 継手右部の継手間隔（mm）
- D : 管の呼び径（mm）

■継手曲げ角度の評価基準

継手曲げ角度の評価は、許容曲げ角度の 1/2 を S-5 とし、許容曲げ角度以内を S-4、許容角度超や浸入水・不明水ありを S-3 とする。継手の許容曲げ角度は「土地改良事業標準設計 第4編パイプライン（解説書）、農林水産省構造改善局（H 元.7）」や各メーカーの資料等によって確認する。

表-3.2.29 現地調査（継手状況）票 記載例

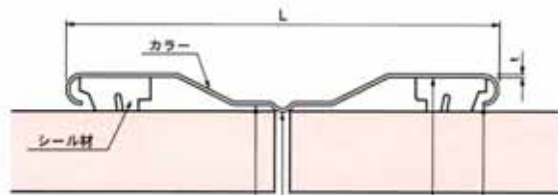
整理番号			記入者	
地区名	2 号配水槽下流 50m		調査年月日	
路線名		施設名	2 号配水槽下流 50m	
管路諸元	口径；1800mm 管種 FRPM			
管路番号	継手状況			
	管頂部 (mm)	管底部 (mm)	右側部 (mm)	左側部 (mm)
21	2.5	14.5	12.5	3.5
22	8.5	13.5	8.5	3.5
23	9.5	14.5	95	5.5
24	8.5	15.5	12.5	4.5
25	7.5	14.5	12.5	4.5

B-7) 継手間隔

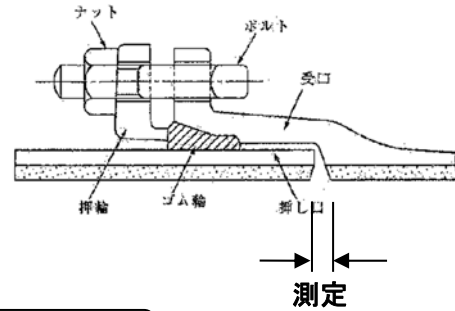
■目的・調査方法

継手間隔は、管路内部からジョイント間隔、ゴム輪の位置を管路の継手部にスケール、フィラーゲージを当てて計測し、継手間隔の経年変化を記録する。継手間隔の経年変化を記録するとともに、「土木工事施工管理基準」に定められた基準値を超えている場合は個別調査を実施する。

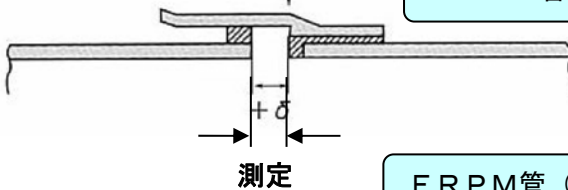
RC管（A型の場合）



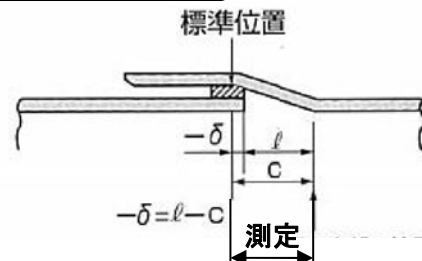
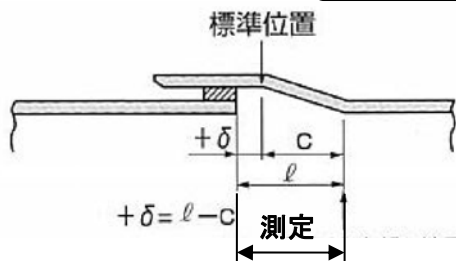
DCIP管（K型の場合）



FRPM管（C型の場合）



FRPM管（B・T型の場合）



※FRPM管（B・T型）の場合、測定値より管径に応じたC値を差し引く

図-3.2.18 計測位置

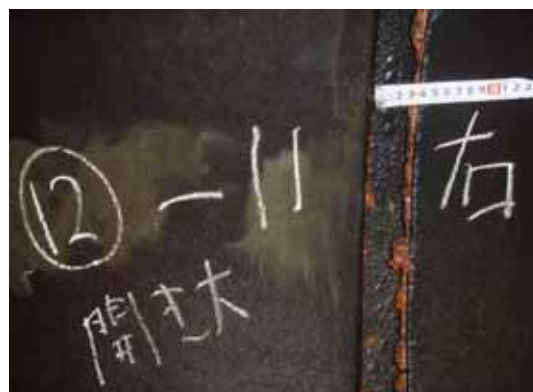


写真-3.2.28 継手の間隔の計測

■留意点

継手間隔の経年変化の把握により、管の変位の有無等が把握出来るが、継手間隔の広さが漏水に直結するものではないことに留意して結果を取り扱う必要がある。

■継手間隔の評価基準

継手間隔の評価は、「土木工事施工管理基準」（農林水産省）の規格値内のものを S-5 とし、大幅に規格値を超過するなど、漏水の懸念があるもの（継手ゴム離脱等含む）を S-3 とする。



写真-3. 2. 29 継手部劣化（継手ラバーガasketの離脱）

B-8) 継目試験（テストバンド）

■目的

P C管等で最も多い漏水要因となっている継手に対し、水密性の検査を行う。

■試験方法

管の内面からテストバンドをセットして静水圧まで加圧し、5分間放置した後の水圧が80%以下に低下すれば水密性不良と判定する。

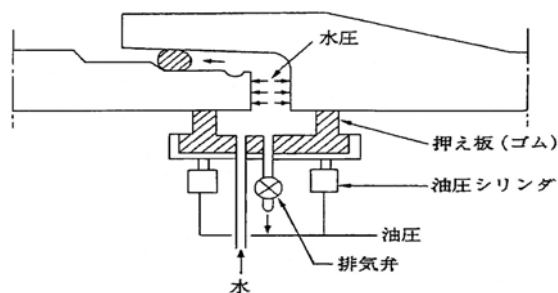


図-3.2.19 テストバンドの機構の概略

■留意点

管内面からの試験になるので管径φ900 mm以上で、分割したテストバンドが人孔管から搬入できる施設でなければならない。

なお、得られる調査結果と費用のバランスを十分に考慮して実施の可否を決定する。



写真-3.2.30 テストバンドのセット状況

なお、近年、上記の制約条件にとらわれない簡便で且つ適用性能の高い手法として、エアー式テストバンドが開発されている（必要開口寸法φ600）。この手法の場合、管路内に機材を折りたたんで搬入し調査することが可能である。



写真-3.2.31 エアー式テストバンドの搬入状況

表-3.2.30 現地調査（継目試験）票 記載例

整理番号				記入者	
地区名				調査年月日	
路線名			施設名	2 号配水槽下流 50m	
管路諸元	口径 ; 1800mm 管種 DCIP				
定点番号	水压				
	試験水压 (MPa)	5 分後水压 (MPa)		保持率 (%)	
301	0. 50	0. 46		92	
302	0. 50	0. 40		80	
303	0. 50	0. 42		84	
304	0. 50	0. 48		96	
305	0. 50	0. 50		100	

【参考】水管橋、附帯施設（ファームポンド、バルブ類）の標準的な調査の調査方法

以下に示す（4.2.2）～（4.2.4）の調査方法は参考とする。

（4.2.2）水管橋の標準的な調査の調査方法【参考】

C. 上部工の変状

C-1) 塗装の劣化

塗膜の調査項目は、さび・はがれ・ふくれ・われを基本とし、景観対策で塗装色を選定している場合は変退色の状況にも留意する。調査は歩廊から目視により実施することを基本とするが、歩廊が設置されていない場合は、遠方より双眼鏡等を用いて目視により判定する。溶接箇所については特に重点的に目視することが重要である。さび・はがれ・ふくれ・われは、発生メカニズムが異なることから、これらを分けて評価する。



写真-3.2.32 さび



写真-3.2.33 はがれ



写真-3.2.34 ふくれとさび



写真-3.2.35 われ

出典（写真）：「露出鋼管（水管橋等）の腐食防止方法と延命措置に関する共同研究－水管橋外面塗装の塗り替え基準の検討－」（平成25年3月：日本水道協会、日本水道鋼管協会）

C-2) 管厚・板厚

上部材の板厚は、孔食が見られる場合はデプスゲージ、その他の場合は超音波厚さ計を用いて管厚測定を行う。なお、測定は目視にて最も塗装の劣化が著しいと判断される箇所で行う。一部の測定値から全パイプラインの腐食状況を推定することになるので、試験箇所の選定や箇所数に留意する。

計測時には、管厚（板厚）のJIS規格厚やWSPで規定される最小厚さ等を事前に整理して調査に臨むと、異常値等が判定しやすい。なお、塗装がある場合には、膜厚を含まずに厚さを計測可能な厚さ計で計測を行うか、膜厚を含んだ厚さを計測する厚さ計で計測し膜厚を差し引くこと等により管厚を計測する（膜厚は、膜厚計での計測や塗装実績の把握等により確認する）。

測定開始前には、校正用試験片を用いて超音波厚さ計の表示値が試験片の厚さ（又は校正用に指定された数値）を示すように調整する。また、定期点検として目視点検、誤差及び測定下限の測定を少なくとも1年ごとに行う（JIS Z 2355：超音波パルス反射法による厚さ測定方法）。



写真-3. 2. 36 測定状況



写真-3. 2. 37 超音波厚さ計の例

C-3) 接続ボルトの緩み・脱落・溶接部の欠損

接続ボルトの緩みは、水管橋全体の剛性や耐震性の低下を招く恐れがある重大な変状である。

①ボルト・ナット

目視により脱落がないか確認し、テストハンマー等を用いて打診し、緩みがないか確認する。確認した部材にはチョークでマーキングを行う。



写真-3. 2. 38 テストハンマーによる調査状況

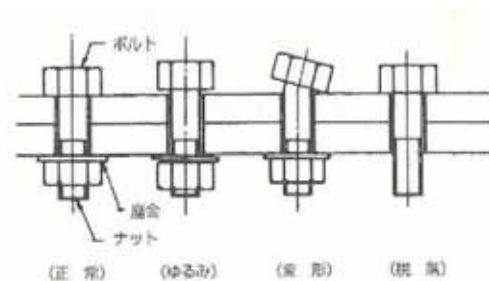


図-3. 2. 20 ボルトの緩み状況

出典：「手引きゲート設備」、参考資料，P. 68

②溶接部

目視により強度的に重要な部位に切損がないか、また、通水機能に支障をきたすような切損がないか確認する。



写真-3. 2. 39 溶接部からの漏水

C-4) 軸方向のたわみ

橋軸方向のたわみは傾斜計を用いて判定するが、著しいたわみが疑われる場合は水準測量によりたわみ量を把握する。

橋軸方向のたわみは「W S P 水管橋設計基準」で設計値が規定されており、上部工形式毎の許容たわみは以下の通りである。

表-3.2.31 水管橋形式別の許容たわみ

水管橋形式	許容たわみ
パイプビーム形式	$L/350$
フランジ補剛形式	$L/350$
トラス補剛形式	$L/500$
アーチ補剛形式	$L/500$
斜 張 橋	$L/400$

L：支間長(m)

出典：「W S P 水管橋設計基準」（日本水道鋼管協会），p. 38

調査に当たっては、設計図書等からキャンバー図や許容たわみ率を把握し、現地測定を行うことが望ましい。図-3.2.21 に現地測定結果とキャンバー図の比較検討結果例を示す。

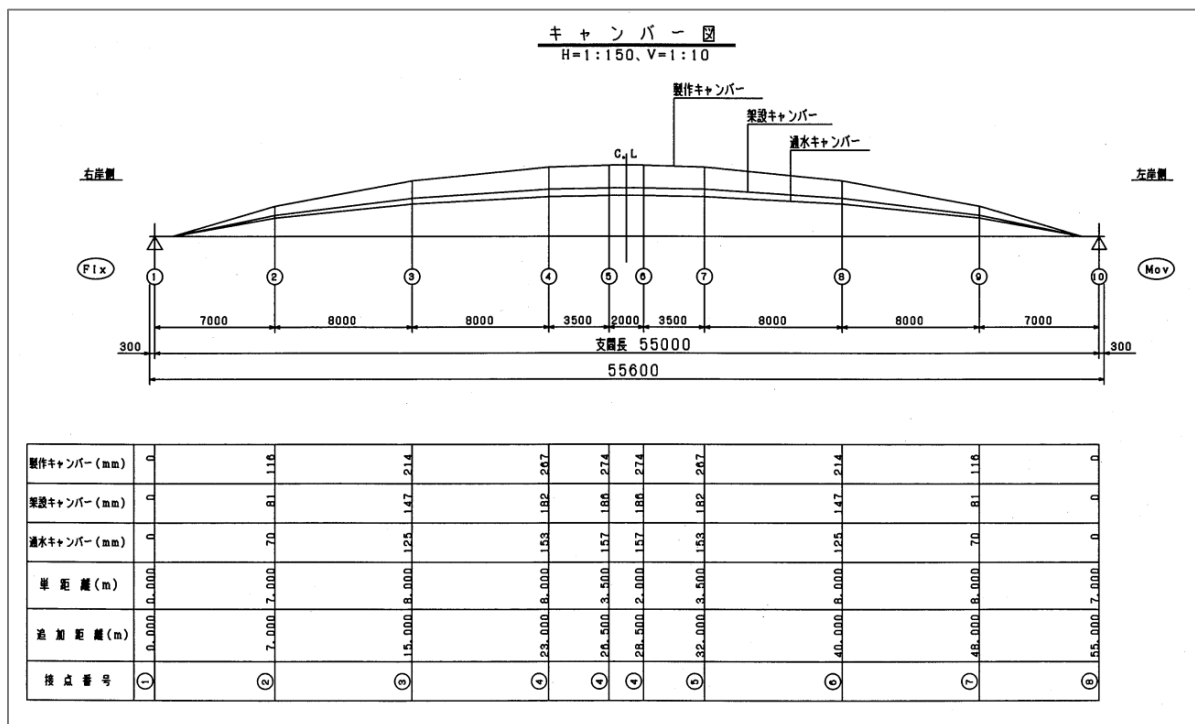
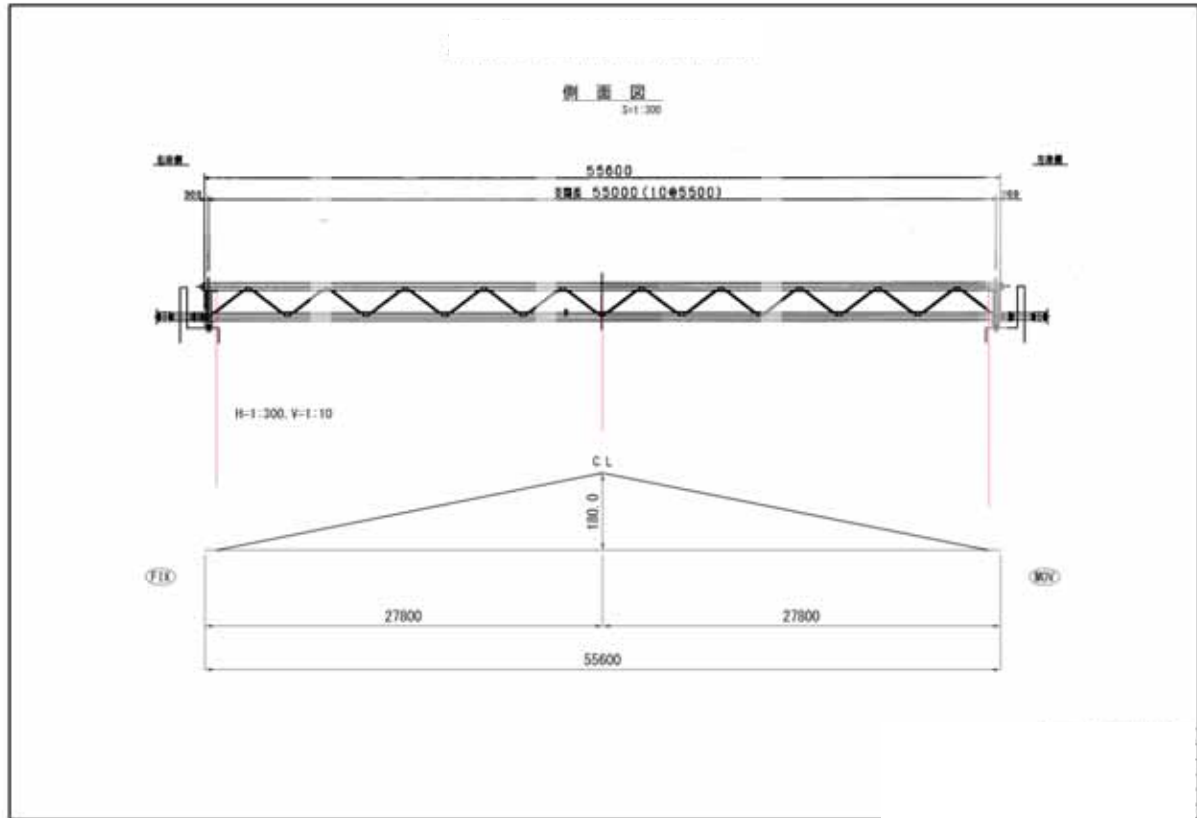


図-3.2.21 現地測定結果とキャンパー図の比較検討結果例

C-5) 漏水（痕跡）

漏水（痕跡）は、変状箇所の有無、箇所数、位置を記録する。



写真-3. 2. 40 漏水痕跡

D. 上部工の付帯施設の変状

D-1) 空気弁

空気弁の変状としては、フロート弁体に異物がつまったことによる漏水、部品の破損、フランジ部からの漏水、T字管の破損等が想定される。

よって、目視により塗装の劣化や腐食、破損等の有無、漏水及び漏水跡の有無を確認するとともに、レバー操作による動作確認を行う。

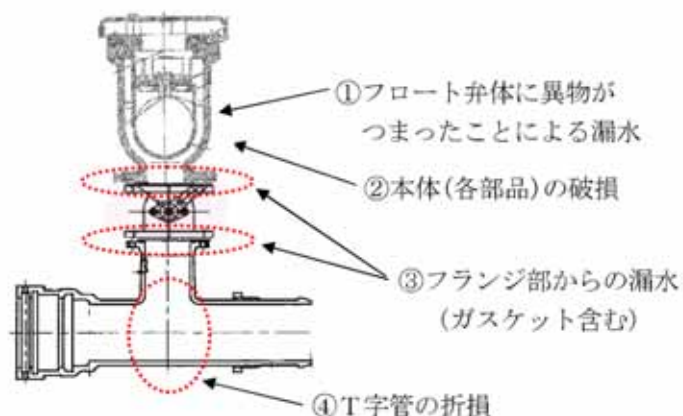
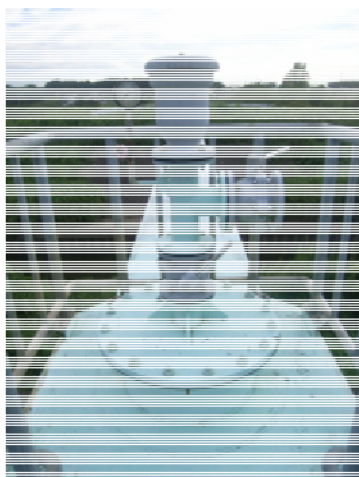


図-3. 2. 22 空気弁の故障要因例

D-2) 歩廊・進入防止柵

水管橋の維持管理上設置されている歩廊や人が施設に侵入することにより生じる事故を防止するために設置されている侵入防止柵については、目視により部材の劣化や損傷状態を確認する。



写真-3. 2. 41 歩廊の劣化（錆）



写真-3. 2. 42 侵入防止柵の損傷

E. 支承部の変状

E-1) 支承本体

水管橋に用いられる支承形式はフレーム形式とパイプ形式に分類される。

フレーム形式を水管橋に用いる場合、ゴム支承を用いることが標準とされている。パイプ形式はサドルサポート形式とリングサポート形式の2種類に分類され、サドルサポート形式は支間長 16m 以下の小規模なものに用いられている。

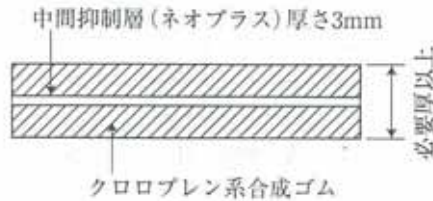


図-3.2.23 フレーム形式支承（ゴム支承）

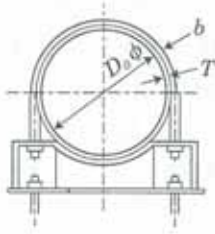


図-3.2.24 パイプ形式（サドルサポート）

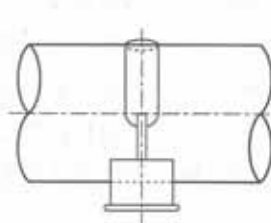


図-3.2.25 パイプ形式（リングサポート）

出典：「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」」

調査は目視及びテストハンマーによる打診により行う。支承部にみられる主な変状は以下の通りであり、特に支承の移動や脱落は水管橋の安全性を著しく損なうため、確認された場合は緊急に対処する必要がある状態である。

- ①フレーム形式：アンカーボルトの緩み・抜け出し、台座コンクリートのひび割れ、ゴムの劣化、ゴムのはらみ出し等
- ②パイプ形式：アンカーボルトの緩み・抜け出し、台座コンクリートのひび割れ、サポート材の腐食・亀裂・変形・移動・脱落等



写真-3.2.43 支承部の診断状況



写真-3.2.44 台座のひび割れ

E-2) 伸縮継手

水管橋の伸縮継手は、固定側、可動側の区分に関わらず設けられていることが多いため、事前調査の段階で設置位置を図面等で確認しておくことが重要である。

調査は目視及びテストハンマーによる打診により行う。主な変状を以下に示す。なお、伸縮継手はフレーム形式とパイプ形式に分類され、可動部や止水部に合成ゴムが用いられており、ゴムの劣化が機能低下の直接的な要因になる場合が多いことに留意する。

○主な変状 : 固定ボルト緩み・腐食・塗装の劣化、変形、脱落、段差、遊間異常、ゴムの劣化、伸縮材の亀裂・破損、漏水等



写真-3. 2. 45 伸縮継手部の診断状況



写真-3. 2. 46 ゴムの劣化

E-3) 落橋防止装置

落橋防止装置は、想定されていない地震動が作用したり、周辺地盤の破壊や構造部材の予期しない挙動等、不測の事態に対応するために設けられている。

水管橋規模に応じた特徴は以下の通りである。

- ・比較的規模の小さいものは、P C鋼材又は普通鋼材を用いて連結されている。
- ・規模の大きいものは、衝撃用ゴムパットやスプリングを用いた構造となっている。

調査は目視及びテストハンマーによる打診により行う。主な変状を以下に示す。

○主な変状 : 固定ボルト緩み・腐食・塗装の劣化、変形、脱落、ゴム・スプリング材の劣化、鋼材の亀裂・破損・漏水等

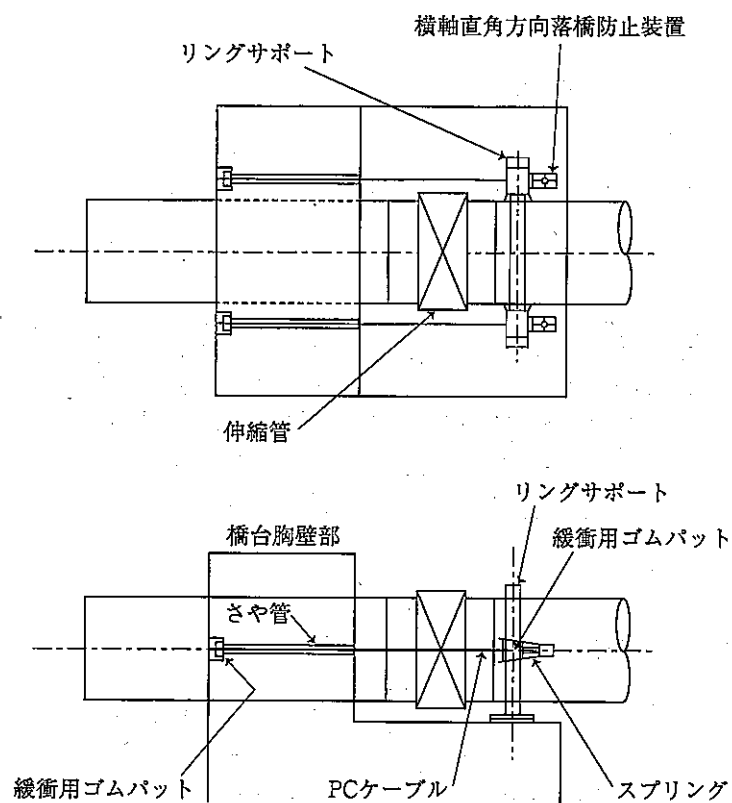


図-3.2.26 水管橋の落橋防止装置の構造例

出典：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」



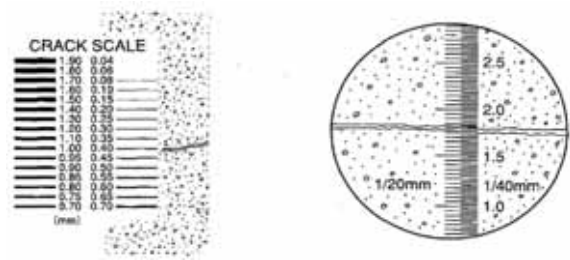
写真-3.2.47 落橋防止装置の診断状況

F. 下部工の変状

F-1) ひび割れ

■ ひび割れ幅の測定

- ・ 図-3. 2. 27に示すようなクラックスケール、ルーペなどを用いて行う。
- ・ 測定単位は、mm単位とし、小数第2位まで0.05mmきざみで測定する。



クラックスケールによる測定

ルーペ（顕微鏡）による測定

図-3. 2. 27 ひび割れ幅測定器具



写真-3. 2. 48 ひび割れ幅計測

- ・ 測定値は最大値とするが、最大幅を示すひび割れが、ひび割れ全長のうちの僅かな一部分である場合などには適当な数箇所のひび割れ幅を測定し、記録しておく。

■ ひび割れ長さの測定

- ・ 通常用いられるスケールなどを用いて、ひび割れに沿って測定する。
- ・ ひび割れが分岐している場合は、それぞれのひび割れ長さを個別に測定する。
- ・ あまり厳密にひび割れの屈曲に沿った長さの測定をする必要はない。
- ・ 測定単位は、cm単位とする。
- ・ 亀甲状のひび割れの場合、全ひび割れの概ねの延長とする。

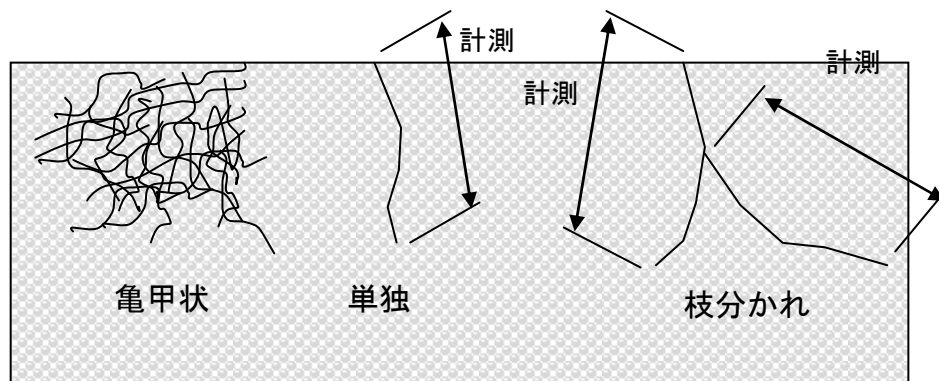


図-3. 2. 28 ひび割れ長さの測定例

■ひび割れタイプの判定

鉄筋コンクリートにおけるひび割れの評価に当たって、ひび割れをその発生メカニズム等から分類した上で評価を行う必要がある。分類は、事前調査における劣化要因判定表と現地調査(定点調査)によるひび割れの発生場所・形状などの結果に基づいて行う。

ひび割れは、大別すると、初期ひび割れ（温度応力・乾燥収縮ひび割れ）、外力によるひび割れ（外力による曲げ・せん断ひび割れ）、鉄筋腐食先行型ひび割れ、ひび割れ先行型ひび割れの4タイプに分類することができる(表-3.2.31 参照)。

劣化要因を特定できるような特徴的な症状がなく、複合的な要因から生じているひび割れは、上記の4タイプに分類することができないため、劣化要因不特定ひび割れとする。

なお、ひび割れタイプの判定は「3.2.3 (4.2.2) F-1) ■ひび割れタイプの判断方法」を参考にされたい。

表-3.2.32 ひび割れのタイプ別分類表

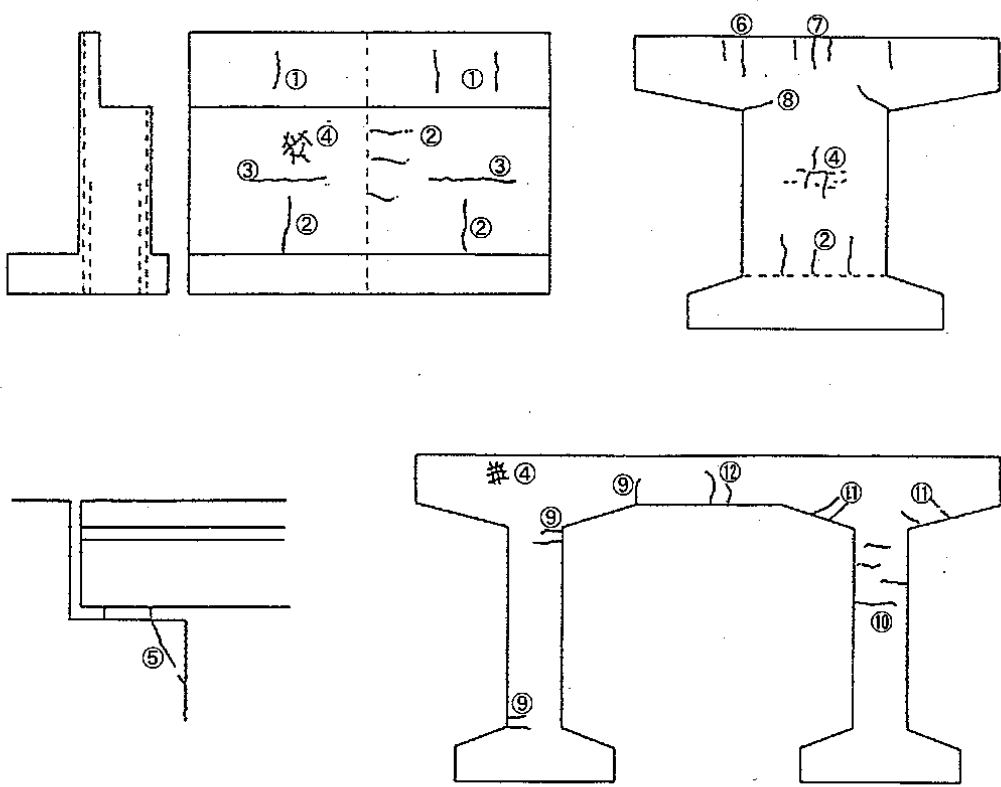
ひび割れタイプ			発生メカニズム	特 徴
1) 初期ひび割れ			乾燥収縮、温度応力ひび割れなどで、他に劣化要因がなければ数年で進行が止まる	① 部材開放部に鉛直にひび割れを生じる（乾燥収縮ひび割れ） ② 部材拘束部に鉛直にひび割れを生じる（温度応力ひび割れ）
供用開始後ひび割れ	外部要因（構造外力起因）	2) 外力によるひび割れ（曲げ、せん断ひび割れ）	オーバーロードなど、外力によって部材が変形して生じるひび割れ ※外力との釣り合いでひび割れが進行しない場合もある。	① 曲げひび割れ；引張り曲げ応力の発生部位に部材に直角にひび割れが生じる ② せん断ひび割れ；せん断応力の発生部位（曲げモーメントの反転位置）に斜めにひび割れが生じる ※ 水路壁などでは、せん断ひび割れは部材横断面には斜めに入るが、壁面は水平ひび割れとして現れる
	内部要因（材料劣化起因）	3) 鉄筋腐食先行型ひび割れ	主に中性化・塩害による鋼材腐食によって生じるひび割れ	① 被りの薄い場所から鉄筋に沿ったひび割れが発生する ② 錆汁を伴うことが多い ③ エフロッセンスなどの析出物を伴うことが多い
		4) ひび割れ先行型ひび割れ	A S R、凍害、化学的腐食、疲労などによりコンクリートが劣化して生じるひび割れ	① 表面からひび割れが進行し、格子状、亀甲状とひび割れが細網化していく ② コンクリートの浮き、剥落が生じやすい ③ A S Rの場合はゲルなどの析出物を伴う ④ 鉄筋腐食が進むと鉄筋に沿ったひび割れが卓越してくる

※複合的な要因から生じており、劣化要因を特定できるような特徴的な症状がなく、上記のタイプに分類できない場合は、「劣化要因不特定ひび割れ」とする。

■代表的なひび割れの特徴

潜在的な劣化要因が疑われるひび割れパターンを以下に示す。

位 置	ひ び わ れ パ タ ー ン
橋 台 前 面	①規則性のある鉛直ひびわれ
	②打ち継ぎ目に垂直なひびわれ
	③鉄筋段落とし付近のひびわれ
	④亀甲状、くもの巣状のひびわれ
支 承 下 部	⑤支承下面付近のひびわれ
T 型 橋 脚	②打ち継ぎ目に鉛直なひびわれ
	④亀甲状、くもの巣状のひびわれ
	⑥張り出し部の付け根側のひびわれ
	⑦橋脚中心上部の鉛直ひびわれ
ラーメン橋脚	④亀甲状、くもの巣状のひびわれ
	⑨柱上下端・ハンチ全周にわたるひびわれ
	⑩柱全周にわたるひびわれ
	⑪柱上部・ハンチ全周にわたるひびわれ
	⑫はり中央部下側のひびわれ



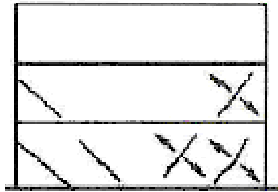
出典：「橋梁定期点検要領」

■ ひび割れタイプの判断方法

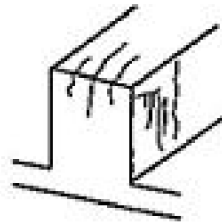
各種ひび割れの特徴を以降に示す。

① 初期ひび割れの特徴

初期ひび割れは乾燥収縮ひび割れ、温度応力ひび割れ、コールドジョイントによるひび割れがある。乾燥収縮及び温度応力によるひび割れは、スパン中央に規則的に発生することが多い。



部材の拘束部に多様なひび割れ



直線状のひび割れが等間隔に発生

図-3. 2. 29 乾燥収縮・温度応力ひび割れ発生位置

橋台は下から上に重層的に構築されるため、コンクリート打ち込みが数回に分けて行われることが多い。そのために、施工打ち継目のコールドジョイントによるひび割れが発生しやすいので、注意して観察する必要がある。コールドジョイントによるひび割れは、他の劣化要因を誘発しやすいので、同じ初期ひび割れでも注意が必要である。



写真-3. 2. 49 コールドジョイントによるひび割れ

なお、コールドジョイントは、先に打設したコンクリート部の硬化が進行し打ち重ね部分が一体化せず、不連続面が生じる現象であり、設計段階で考慮する打ち継ぎ目とは異なる。この部分はコンクリートが脆弱であり、ひび割れの発生、力学的安定性、耐久性、水密性の低下の原因となる。

②-1 外力によるひび割れの特徴

外力によるひび割れには曲げひび割れやせん断ひび割れがある。なお、ある程度ひび割れが進行した段階で、外力と耐荷力が釣り合い、ひび割れの進行が一時停止する場合があるが、外力と耐荷力との関係が微妙な状態なので注意する必要がある。

②-2 曲げ、せん断ひび割れの特徴

曲げひび割れは曲げ変形を受ける部材において、引張り側に生じるひび割れである。

せん断ひび割れは、せん断力が発生する場所（曲げモーメントが反転する場所等）に斜めに生じるひび割れで、両端（両辺）が固定されている部材などに生じる。

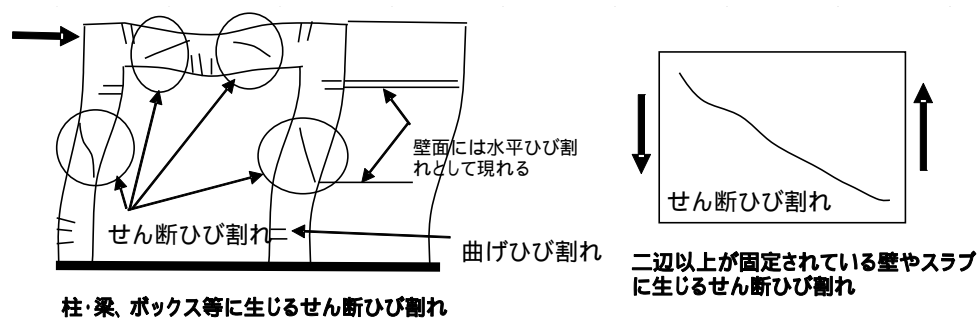


図-3. 2. 30 せん断ひび割れ

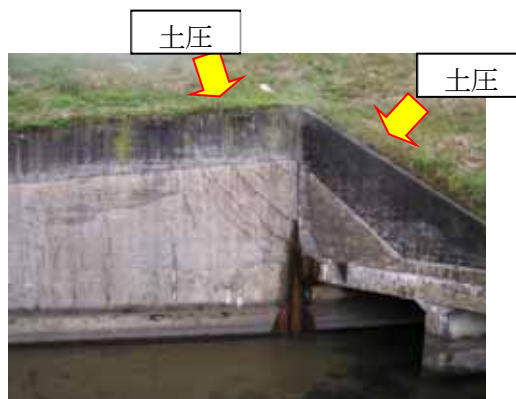


写真-3. 2. 50 土圧によるせん断ひび割れ

③鉄筋腐食先行型（中性化・塩害）の特徴

被りの薄い場所から鉄筋に沿ったひび割れが発生する。ひび割れ周囲が膨張しているのが特徴的である。

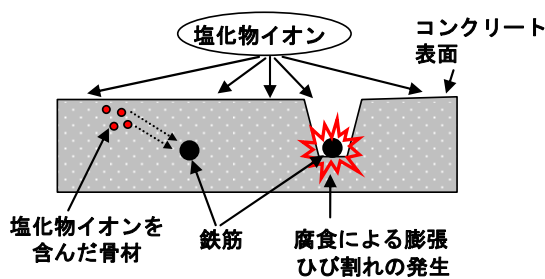


図-3.2.31 塩害のメカニズム

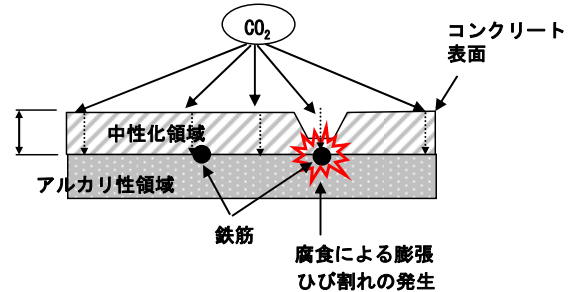


図-3.2.32 中性化のメカニズム

中性化や塩害は他の劣化要因と複合化することが多いので、例えば塩害と ASR が複合化した場合、亀甲状のひび割れが発生するなど、他の劣化要因の特徴も出現する。



写真-3.2.51 塩害
(塩害と ASR の複合劣化)



写真-3.2.52 塩害
(鉄筋に沿ったひび割れ)

④-1 ひび割れ先行型（ASR）の特徴

格子状や亀甲状に不規則にひび割れが発達する。鉄筋腐食が併発すると、腐食先行型と同様に鉄筋に沿ったひび割れも発生し、浮き、剥離・剥落が激しくなる。

アルカリシリカ反応（ASR）は、骨材中の反応性珪物とセメントに含まれるアルカリ金属イオンが反応し、吸水膨張性の反応ゲルが生成することによってコンクリートが膨張し、ひび割れを生じる現象である。比較的劣化の早い時期にひび割れやゲルの滲出が見られるため、外観目視で発見しやすい。

ゲルはエフロレッセンスのように白化した汚れであるが、網状に展開するのでその違いは比較的容易に判別できる。

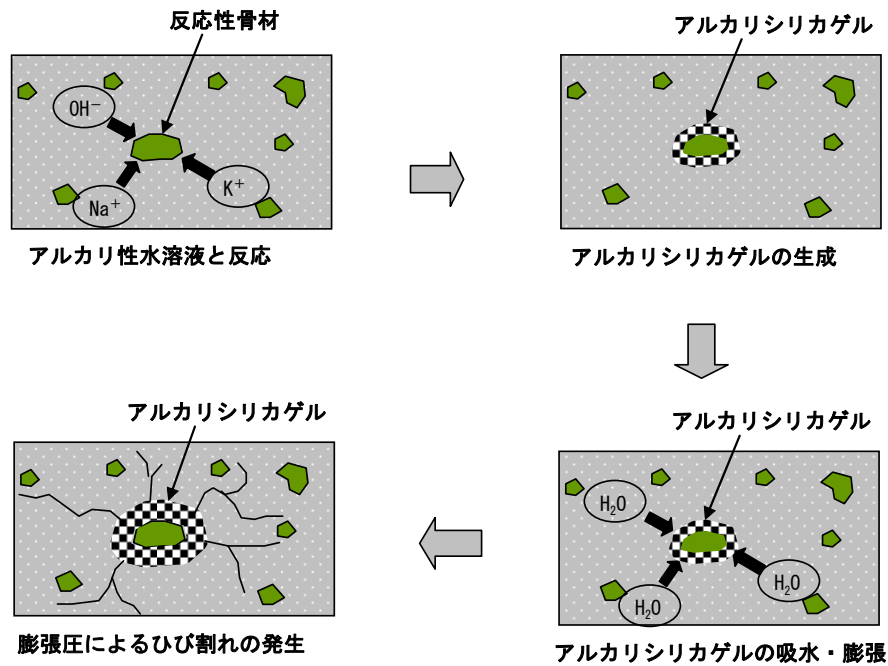


図-3. 2. 33 アルカリシリカ反応のメカニズム



写真-3. 2. 53 ASR（ゲルの滲出が見られる）

④-2 ひび割れ先行型（凍害）の特徴

凍害は、コンクリート中の自由水や吸水率が高い骨材の水分が凍結融解作用を繰り返し受けることによってひび割れが生じたり、表層部が層状に剥離（スケーリング）したりして、表層に近い部分から破壊し、次第に劣化していく現象である。一般に水が拘束のない自由な状態で凍結した場合、その膨張量は9%といわれている。



写真-3. 2. 54 凍害とASRの複合劣化
（近接すると凍害によるスケーリング・剥離が観察される）

F-2) 材料劣化（ひび割れ以外の変状）

材料劣化（浮き、剥離・剥落、スケーリング、ポップアウト、析出物（エフロレッセンス・ゲルの滲出）、錆汁、変色、摩耗・風化、漏水（痕跡）、鉄筋露出）は、変状箇所の有無、箇所数、位置を記録する。その他の変状の例として、エフロレッセンスと豆板について示す。

■析出物（エフロレッセンス・ゲルの滲出）

セメント中の可溶性成分（カルシウム塩やアルカリ塩）が水分の移動によってコンクリートの表面に溶出し、水分の蒸散や空気中の炭酸ガスなどの吸収によって析出したもの。エフロレッセンスそれ自体がコンクリート部材性能を低下させることは少ないが、エフロレッセンスは水分移動との関係が深いため、コールドジョイント等の初期欠陥や各種のひび割れを伴っていることが多いため、その他の変状・劣化の発生を疑う必要がある。



写真-3.2.55 エフロレッセンス



写真-3.2.56 エフロレッセンス+錆汁

■豆板

コンクリート表面や内部に、主として粗骨材だけが集中して空隙の多い不均質な部分が生じる。壁下端に多く見られ、放置するとコンクリートが剥落し、鉄筋が露出する。



写真-3.2.57 豆板

F-3) 圧縮強度

コンクリートの表面をリバウンドハンマーによって打撃し、その反発硬度から圧縮強度を推定する方法である。（日本コンクリート工学会による）

■調査箇所の選定

リバウンドハンマーの調査位置は、水管橋の上下流の下部工で行う。なお、表面が平坦で縁部から 5cm 以上離れた位置を選択する。また、浮きや剥離、ひび割れ、気泡等によって反発の程度に影響を及ぼす可能性のある箇所は避ける。

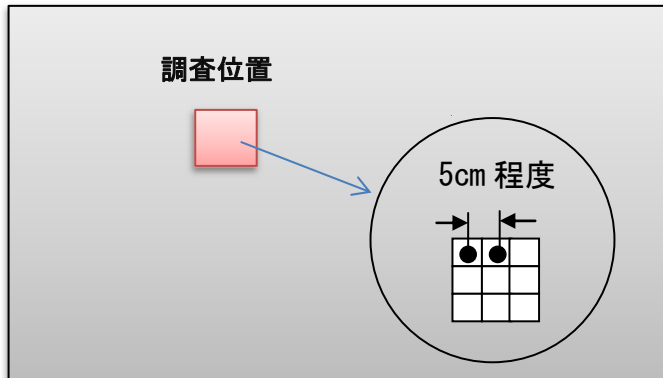


写真-3.2.58 リバウンドハンマー試験

図-3.2.34 水管橋下部工におけるリバウンドハンマー調査位置

■測定器の検定

測定を開始する前には反発度の既知なテストアンビルを用いて検定を行う。一度に多数の測定を行う場合には測定中であっても500回に1回程度、検定を繰り返し、所定の反発度が得られているかを確認する。



写真-3.2.59 テストアンビル

■表面処理

表面の凹凸、塗膜、打込み面のブリーディング、付着物があるような場合には砥石等を用いてこれらを除去する。

■測定

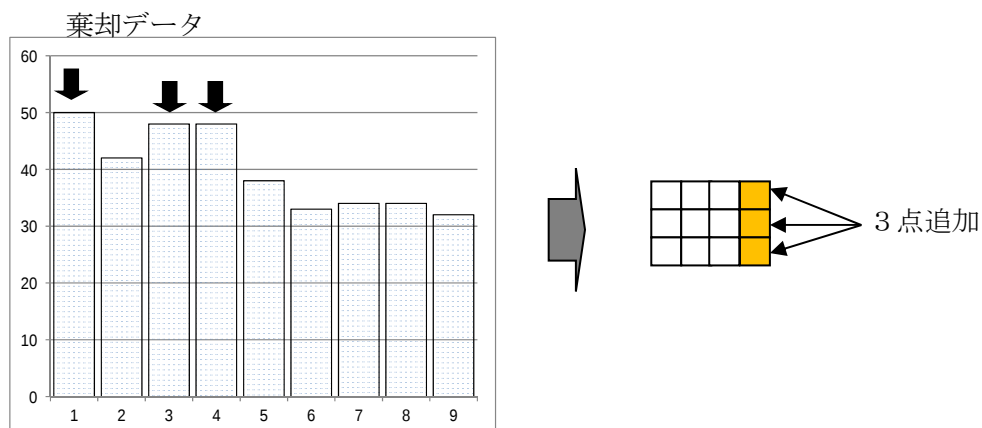
1箇所の測定では、互いに2.5cm～5cmの間隔をもった9点について測定し、同一点は打撃しない。反響やくぼみ具合などから判断して明らかに異常と認められる値、または、その偏差が平均値の20%以上になる値があれば、その反発度を捨て、これに代わる測定値を補うものとする。事前に基盤目状にマーキングを行っておけば、効率よく測定を行うことができる。打撃は、測定器を測定面に対して垂直に配置し、ゆっくり壁面に押し付けるようにして打撃する。

■計算

各測定箇所の反発度は有効な9回の測定値の平均値とする。

【参考】測定結果

- ・記録紙式（自動計測するものを除く）の場合、有効データが9点に満たない場合は調査点数を追加する。



- ・有効データの範囲

平均値	平均－20%	平均＋20%
20	16	24
30	24	36
40	32	48
50	40	60
60	48	72
70	56	84
80	64	96

■強度の推定

現地調査後に反発度を集計し材齢補正、角度補正、乾湿状態に応じた補正を行い、以下の換算式により推定強度を求める。

$$F = F_0$$

$$F_0 = 1.27 \times (R + R_1 + R_2) - 18.0$$

ここに、 F : 推定強度 (N/mm^2)

R : 平均反発度 (有効反発度の平均値)

R_1 : 打撃角度による補正值

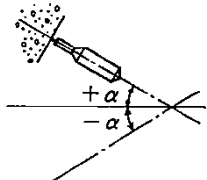
R_2 : コンクリート表面の乾湿による補正值

各補正係数、補正值は以下のように求める。

・ R_1 角度補正

打撃角度(α)が水平でない場合、平均反発度(R)に角度補正值(R_1)を加える。

表-3.2.33 打撃角度による補正值(R_1)

打撃角度(α) 平均反発度(R)	+90°	+45°	±0°	-45°	-90°	備考
10	—	—	—	+2.4	+3.2	
20	-5.4	-3.5	—	+2.5	+3.4	
30	-4.7	-3.1	—	+2.3	+3.1	
40	-3.9	-2.6	—	+2.0	+2.7	
50	-3.1	-2.1	—	+1.5	+2.2	
60	-2.3	-1.6	—	+1.3	+1.7	

※なお、使用機材のマニュアル等に補正係数が示されている場合はこれを用いる。

・ R_2 コンクリート表面の乾湿による補正

現地調査時に乾燥状態にあるコンクリート表面が得られない場合などは、打撃面の状態に応じて表-3.2.34に示す補正を行う。

表-3.2.34 コンクリート表面の乾湿による補正值(R_2)

打撃面が気乾の場合	補正なし
打撃面が湿っており打撃の跡が黒点になる場合	平均反発度(R)に3を加える
打撃面が濡れている場合	平均反発度(R)に5を加える

(財)国土開発技術研究センター：J I C E 1986年で、圧縮強度と劣化度の関係を表-3. 2. 35のように規定している。

表-3. 2. 35 材料別圧縮強度と劣化度

劣化度	設計基準強度比	設計基準強度		
		P C 構造 30N/mm ²	R C 構造 21N/mm ²	無筋 18N/mm ²
I ; なし	100%以上	30 以上	21 以上	18 以上
Ⅱ ; 中度	75%以上 100%未満	21 ≤ σ < 30	15 ≤ σ < 21	12 ≤ σ < 18
Ⅲ ; 重度	75%未満	21 未満	15 未満	12 未満

※小数点以下は切り捨て表示とした。

【参考】コンクリートテスターによる圧縮強度試験

コンクリートテスターは、独自の研究により表面劣化の影響を受けにくいコンクリートの強度を推定することが可能である。試験が容易であること（足場の不安定な調査地でも実施可能）、測定結果はパソコンで抽出・加工ができる等の利点があるが、従来のリバウンドハンマーの測定値との相関性が確立されていないことから、使用に当たっては、同一施設内でリバウンドハンマー測定値との相関を把握した上で参考値扱いとするなど注意が必要である。



写真-3. 2. 60 コンクリートテスター

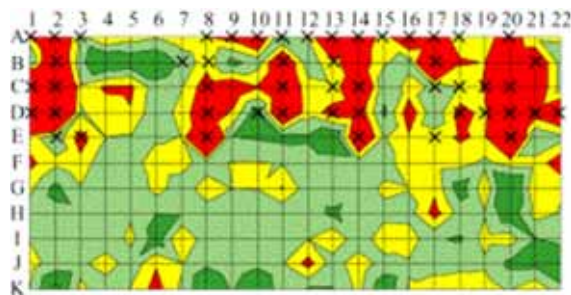


図-3. 2. 35 コンクリートテスター測定結果例

F-4) 中性化深さ

ドリルでコンクリートを削孔し、試薬（1%フェノールフタレイン溶液）をしみ込ませた試験紙の反応から中性化深さを測定する。削孔径が小さいので、構造物に対する負担が少なく、非破壊検査に分類されている。なお、調査実施の際には、試薬の反応速度に見合った削孔速度で行い、正確な中性化深さを確認できるように注意する。

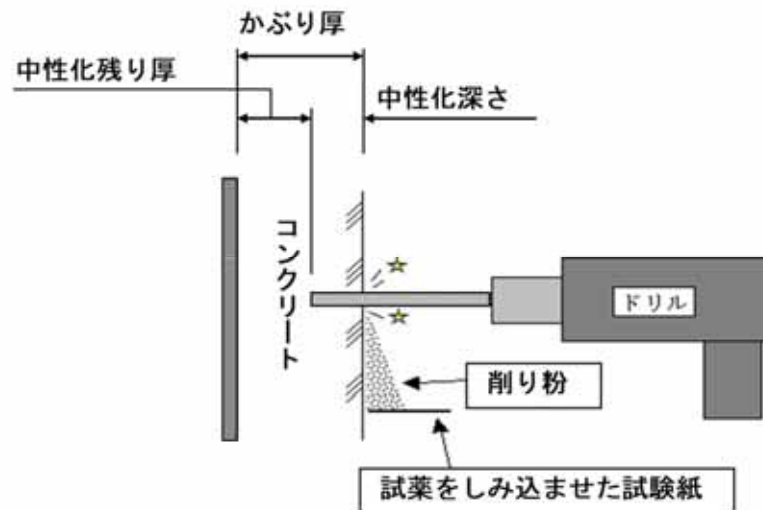


図-3.2.36 ドリル法による中性化試験



写真-3.2.61 ドリル法による中性化試験

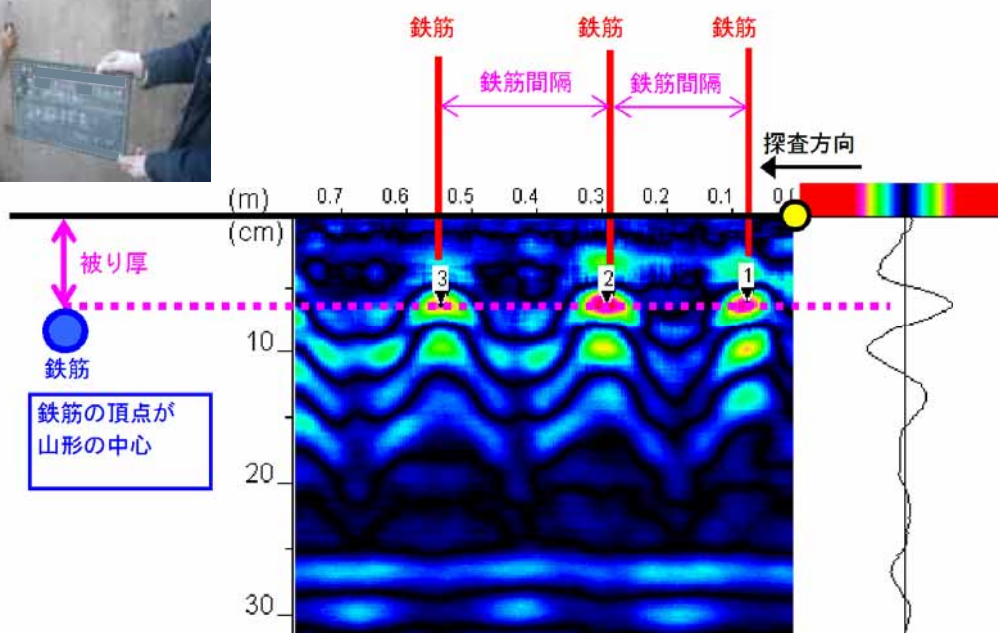
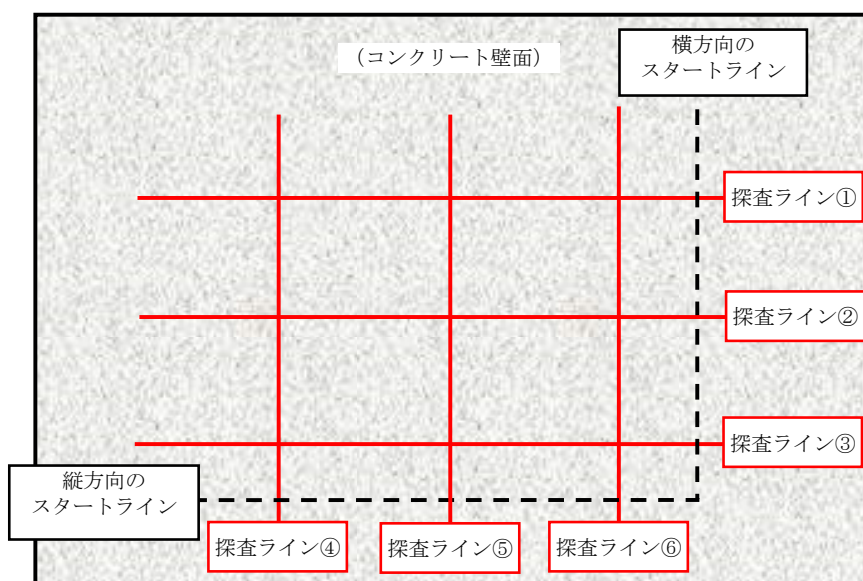
中性化残りは、これまでの実験結果より、15mm以下では鋼材腐食が始まる可能性が高まり、10mm以下では鋼材腐食の進展が見られるとされている。塩害の条件がある場合はさらに発錆条件が厳しく、基準によって中性化残りの限界値の設定が10～15mmの間でばらつきが見られる。

なお、中性化残り厚を正確に把握するためには、既設コンクリート構造物の鉄筋被り厚を測定しておく必要がある。鉄筋被り厚は、次頁「【参考】鉄筋かぶり厚の測定」に示すような手法により現地で計測する。

【参考】鉄筋被り厚の測定

【手順：電磁波レーダ法の場合】

- ・測定対象とする配筋と直角方向に探索ライン①～⑥を設ける。
- ・スタートラインを決定し、探索ラインに沿って探索計を走行させる。
- ・探索計の出力波形から鉄筋の径・間隔及び被り厚を読み取り、記録する。
- ・探索装置は、メーカー等により校正された機材を用い、測定者は使用に際して校正記録を確認するものとする（「非破壊試験によるコンクリート構造物中の配筋状態及びかぶり測定要領」P.7、H24.3、国土交通省）。



F-5) 構造物周辺の変状

施設全体が観察できる位置から、周辺地盤の崩壊・陥没の有無を確認する。

水管橋は河川横断等の設置環境が厳しい箇所に設置されている場合が多いことから、現地では遠方目視による診断を行うことを基本とする。



写真-3. 2. 62 周辺地盤の状況



写真-3. 2. 63 周辺地盤の沈下例

(4.2.3) 附帯施設（ファームポンド）の標準的な調査の調査方法【参考】

G. 構造物自体の変状（内部要因）

G-1) ひび割れ

■ひび割れ幅の測定

図-3.2.37に示すようなクラックスケール、ルーペなどを用いて行う。

測定単位は、mm単位とし、小数第2位まで0.05mmきざみで測定する。

測定値は最大値とするが、最大幅を示すひび割れが、ひび割れ全長のうちの僅かな一部分である場合などには適当な数箇所のひび割れ幅を測定し、記録しておく。

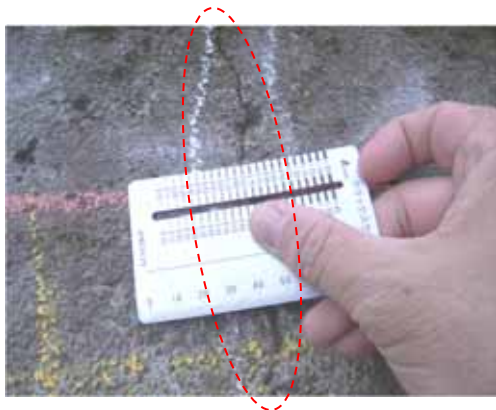
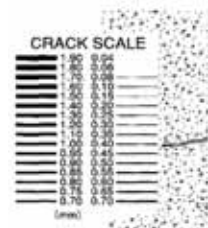
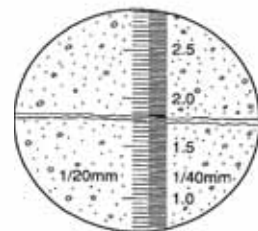


写真-3.2.64 ひび割れ幅計測



クラックスケール
による測定



ルーペ（顕微鏡）
による測定

図-3.2.37 ひび割れ幅測定器

■ひび割れ長さの測定

通常用いられるスケールなどを用いて、ひび割れに沿って測定する。ひび割れが分岐している場合は、それぞれのひび割れ長さを個別に測定する。あまり厳密にひび割れの屈曲に沿った長さの測定をする必要はない。

測定単位は、cm単位とする。亀甲状のひび割れの場合、全ひび割れの概ねの延長とする。

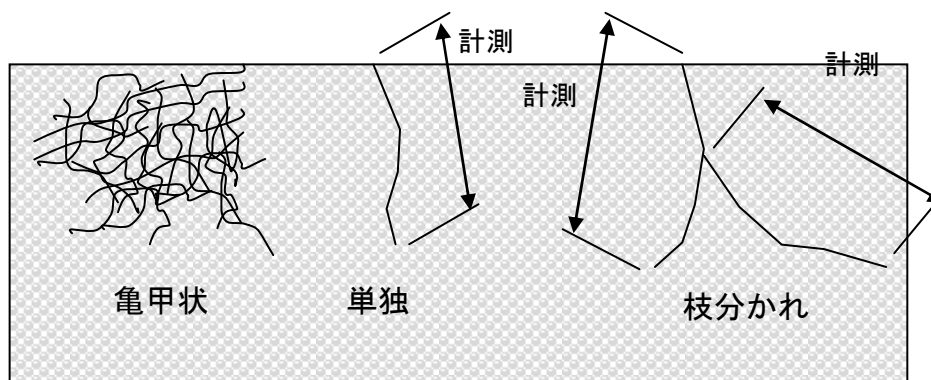


図-3.2.38 ひび割れ長さの測定例

■ひび割れタイプの判定

ファームポンドのひび割れの評価に当たって、P C構造部材とR C構造部材のひび割れをその発生メカニズム等から分類した上で評価を行う必要がある。分類は、事前調査における劣化要因推定表と現地調査によるひび割れの発生場所・形状などの結果に基づいて行う。

ひび割れは、大別すると、初期ひび割れ（温度応力・乾燥収縮ひび割れ）、外力によるひび割れ（緊張力不足）、鉄筋腐食先行型ひび割れ、ひび割れ先行型ひび割れの4タイプに分類することができる（表-3.2.36参照）。

劣化要因を特定できるような特徴的な症状がなく、複合的な要因から生じているひび割れは、上記の4タイプに分類することができないため、劣化要因不特定ひび割れとする。

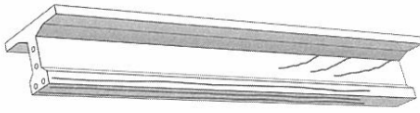
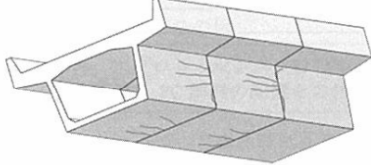
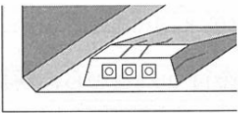
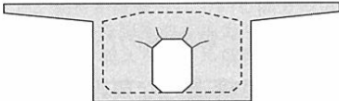
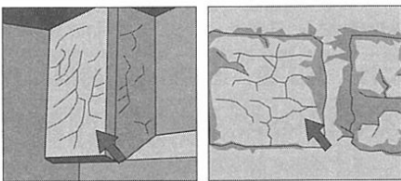
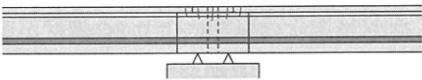
表-3.2.36 ひび割れのタイプ別分類表

ひび割れタイプ			発生メカニズム	特 徴
1) 初期ひび割れ			乾燥収縮、温度応力ひび割れなどで、他に劣化要因がなければ数年で進行が止まる	① 部材解放部や側壁下端部に鉛直方向のひび割れが生じる（乾燥収縮ひび割れ） ※ 壁下端は乾燥収縮の影響により有害なひび割れが発生しないように最小鉄筋量の割増しを行うこととされている。（FP 指針 P. 97） ② 部材拘束部に鉛直にひび割れを生じる（温度応力ひび割れ）
供用開始後ひび割れ	外部要因（構造外力起因）	2) 外力によるひび割れ（緊張力不足）	側壁円周方向の緊張力が不足している場合、静水圧の円周方向軸力の影響によって発生するひび割れ ※ 静水圧により発生する円周方向軸力は、側壁の中間位置ぐらいで最大となる	① 円周方向プレストレスが不足している場合、側壁の中間位置ぐらいから鉛直方向のひび割れが生じる ② ドームリングが不足する場合、側壁天端に軸引張力が発生するため、その位置に鉛直方向にひび割れが生じる
	内部要因（材料劣化起因）	3) 鉄筋腐食先行型ひび割れ	主に中性化・塩害による鋼材腐食によって生じるひび割れ	① 被りの薄い場所から鉄筋に沿ったひび割れが発生する ② 錆汁を伴うことが多い ③ エフロッセンスなどの析出物を伴うことが多い
		4) ひび割れ先行型ひび割れ	A S R、凍害、化学的腐食、疲労などによりコンクリートが劣化して生じるひび割れ	① 表面からひび割れが進行し、格子状、亀甲状とひび割れが細網化していく ② コンクリートの浮き、剥落が生じやすい ③ A S Rの場合はゲルなどの析出物を伴う ④ 鉄筋腐食が進むと鉄筋に沿ったひび割れが卓越してくる

※内部要因（材料劣化起因）のひび割れは、R C構造物にみられるひび割れタイプである。

P C 構造物の施工直後までに発生するひび割れには、乾燥収縮や温度応力によるひび割れの他に、プレストレス導入に伴う局部応力等が要因となるひび割れなどがある。以下に P C 構造物に係るひび割れパターンの例を示す。

解説 表 10.3.2 ひび割れに着目した点検の例

分 類	ひび割れパターンの例	ひび割れ発生要因
P C 構造特有のひび割れ	位置：P C 桁側面，下面 状況：P C ケーブルに沿ったひび割れ 	ポストテンション方式の P C グラウト充填不足部分が存在するケーブルでは、その部分に水や塩化物イオンの侵入により、水の凍結膨張圧あるいはシースや P C 鋼材が腐食することが原因で P C ケーブルに沿ったひび割れが生じる。
	位置：P C 桁の施工目地部近傍 状況：目地部ひび割れ・開口，目地に対して直角に生じるひび割れ 	施工目地では、新旧コンクリートのクリープ、乾燥収縮差の影響や水和熱による拘束温度応力等によるひび割れが生じやすい。
	位置：P C 鋼材定着部 状況：定着部あるいはその周辺部のひび割れ 	定着具本体の局部支圧応力や周辺部位への曲げ応力がコンクリートの引張強度を超えることでひび割れが発生する。発生要因は、コンクリートの圧縮（支圧）強度不足、補強鉄筋不足、コンクリート部材厚不足、定着位置の不備等が考えられる。
コンクリート構造物としてのひび割れ	位置：横桁の開口部付近 状況：隅角部からのひび割れ 	乾燥収縮の拘束応力やコンクリートの水和熱に伴う内部拘束応力がコンクリートの引張強度を超えることでひび割れが発生する。通常、ひび割れ発生を想定して、補強筋を配置している。
	位置：ダイヤフラム（左下）や P C 鋼材後埋め部（右下） 状況：比較的方向性のないひび割れ 	乾燥収縮により微細ひび割れが発生し、その後、水の侵入と内部鋼材の腐食により、ひび割れが顕著になる。この部位は、P C 部材本体ではないものの、P C 鋼材定着部を保護している部分であり、水の侵入がある場合には、予防的な対策（漏水対策および表面保護対策等）が必要となる。
	位置：プレキャスト連結桁の中間支座位 状況：桁上縁の鉛直ひび割れ 	RC 構造として設計されるため、持続荷重の載荷によりひび割れが発生する。ただし、乾燥収縮やクリープの異常進行によりひび割れ幅が拡大する可能性もあることに注意を要する。

出典：「2013 年製作コンクリート標準示方書 維持管理編」（公益社団法人土木学会）

■ ひび割れタイプの判断方法

各ひび割れタイプの特徴を以降に示す。

① 初期ひび割れの特徴

初期ひび割れには乾燥収縮ひび割れと温度応力ひび割れがある。これらのひび割れは、側壁下端部に鉛直方向のひび割れが生じる。

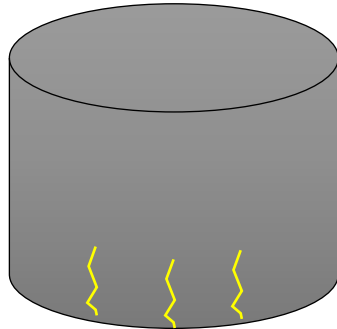


写真-3. 2. 65 PCタンクの温度ひび割れの事例

出典：日本コンクリート工学会

図-3. 2. 39 乾燥収縮・温度応力ひび割れ発生位置

② 外力によるひび割れの特徴

静水圧により発生する円周方向軸力は、側壁中間位置ぐらいで最大となる。よって、円周方向のプレストレスが不足している場合、側壁の中間位置近くから鉛直方向のひび割れが発生する。

また、ドームリングが不足する場合においても、ドームリングに軸引張力が発生するため、その位置に鉛直方向のひび割れが発生する。

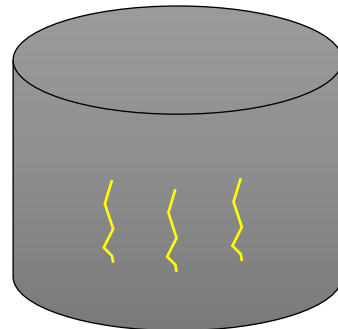
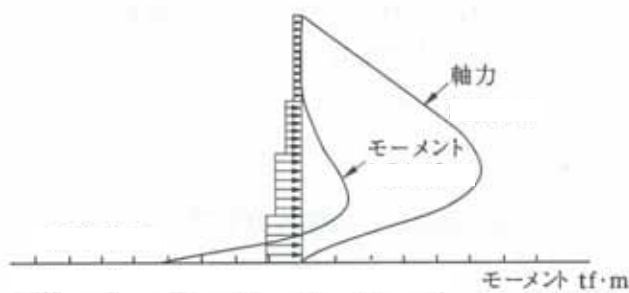


図-3. 2. 40 プレストレス力による断面力とひび割れ

③ 鉄筋腐食先行型（中性化・塩害）の特徴

被りの薄い場所から鉄筋に沿ったひび割れが発生する。ひび割れ周囲が膨張しているのが特徴的である。

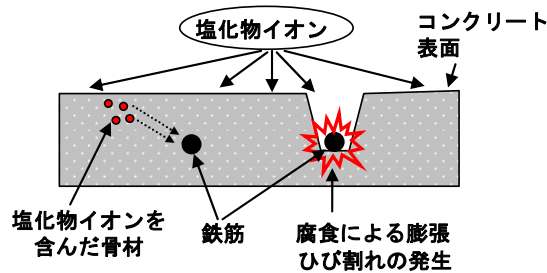


図-3.2.41 塩害のメカニズム

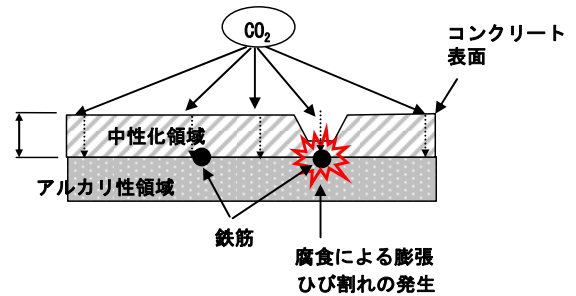


図-3.2.42 中性化のメカニズム



写真-3.2.66 中性化（ボックスカルバート）；鉄筋に沿ったひび割れ；塩害も同様の形状を示す

④-1 ひび割れ先行型（ASR）の特徴

格子状や亀甲状に不規則にひび割れが発達する。鉄筋腐食が併発すると、腐食先行型と同様に鉄筋に沿ったひび割れも発生し、浮き、剥離・剥落が激しくなる。

アルカリシリカ反応は、骨材中の反応性珪物とセメントに含まれるアルカリ金属イオンが反応し、吸水膨張性の反応ゲルが生成することによってコンクリートが膨張し、ひび割れを生じる現象である。比較的劣化の早い時期にひび割れやゲルの滲出が見られるため、外観目視で発見しやすい。

ゲルはエフロレッセンスのように白化した汚れであるが、網状に展開するのでその違いは比較的容易に判別できる。

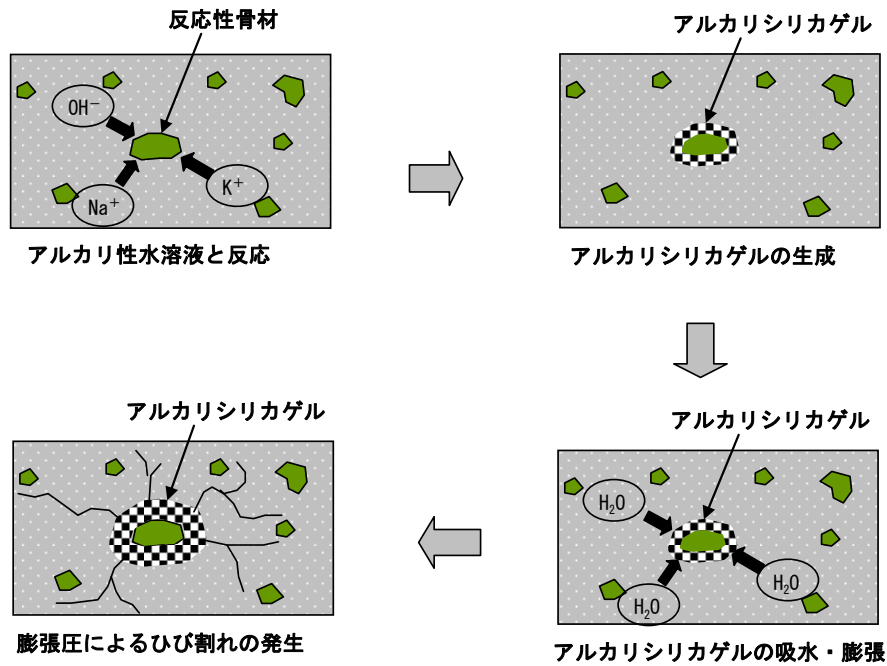


図-3. 2. 43 アルカリシリカ反応のメカニズム



ゲルが生成
(初期)



ゲルがえぐられひび割れが発生
(中期)



鉄筋の腐食により錆汁が発生
(後期)

写真-3. 2. 67 ASRの進展過程

④-2 ひび割れ先行型(凍害)の特徴

凍害は、コンクリート中の自由水や吸水率が大きい骨材の水分が凍結融解作用を繰り返すことによってクラックが生じたり、表層部が剥離(スケーリング)したりして、表層に近い部分から破壊し、次第に劣化していく現象である。



写真-3.2.68 凍害によるひび割れ（開水路の例）

■留意点

表面モルタル層のひび割れは、亀甲状に発達するなど、一見、コンクリート本体のひび割れと間違いやすいが、コンクリート本体にひび割れが発生していなければ、構造物の耐久性や耐荷性には問題がないので、構造体のひび割れと間違わないように注意する。



写真-3.2.69 モルタル層のひび割れ

また、表面に防水塗装（アクリル層等）が施されている場合でも、顕著なひび割れが確認できれば、P Cタンク本体にもひび割れが発生している可能性が高いため、防水塗装を剥ぎ取りひび割れの状況を確認する必要がある。



写真-3.2.70 防水塗装の上からコールドジョイントを補修している例

G-2) 材料劣化（ひび割れ以外の変状）

材料劣化（浮き、剥離・剥落、スケーリング、ポップアウト、析出物（エフロレッセンス・ゲルの滲出）、錆汁、変色、摩耗・風化、漏水（痕跡））は、変状箇所の有無、箇所数、位置を記録する。その他の変状の例として、エフロレッセンスと豆板、ポップアウトについて示す。

■析出物（エフロレッセンス・ゲルの滲出）

セメント中の可溶性成分（カルシウム塩やアルカリ塩）が水分の移動によってコンクリートの表面に溶出し、水分の蒸散や空気中の炭酸ガスなどの吸収によって析出したもの。

エフロレッセンスそれ自体がコンクリート部材性能を低下させることは少ないが、エフロレッセンスは水分移動との関係が深いため、コールドジョイント等の初期欠陥や各種のひび割れを伴っていることが多く、その他の変状の発生を疑う必要がある。



写真-3.2.71 エフロレッセンス

■豆板

コンクリート表面や内部に、主として粗骨材だけが集中して空隙の多い不均質な部分が生じる。壁下端に多く見られ、放置するとコンクリートが剥落し、鋼材が露出する。



写真-3.2.72 豆板

■ポップアウト

骨材の一部に水と反応して膨張するような骨材が含まれていると、コンクリート表面が部分的に剥離するポップアウト現象が生ずる。

写真-3.2.73 はコンクリート中の細骨材に黄鉄鉱（ FeS_2 ）と想定される硫化物が含まれていたため、ポップアウトが生じた後、硫化物が原因の液体が発生した例である。



写真-3.2.73 ポップアウト

G-3) 圧縮強度

コンクリートの表面をリバウンドハンマーによって打撃し、その反発硬度から圧縮強度を推定する方法である。（日本コンクリート工学会による）

■調査箇所の選定

リバウンドハンマーの調査位置は、側壁部（P C 構造）、ピラスター（R C 構造）の 1 箇所ずつ選定する。なお、表面が化粧モルタル等で塗装されている場合は、塗装を取り除いて調査を実施する。また、浮きや剥離、ひび割れ、気泡等によって反発の程度に影響を及ぼす可能性のある箇所は避ける。

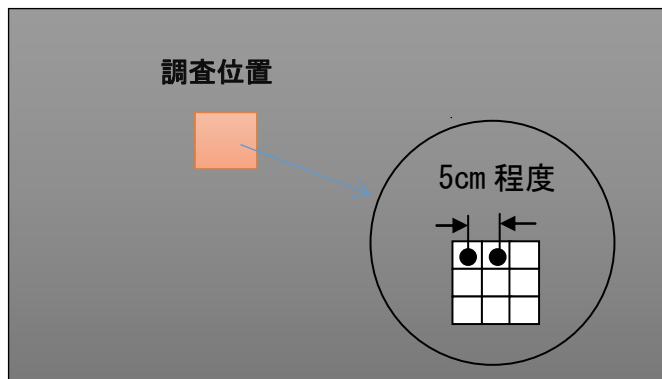


写真-3. 2. 74

リバウンドハンマー試験

図-3. 2. 44 ファームポンドにおけるリバウンドハンマー調査位置

■測定器の検定

測定を開始する前には反発度の既知なテストアンビルを用いて検定を行う。一度に多数の測定を行う場合には測定中であっても 500 回に 1 回程度、検定を繰り返し、所定の反発度が得られているかを確認する。



写真-3. 2. 75 テストアンビル

■表面処理

表面の凹凸、塗膜、打込み面のブリーディング、付着物があるような場合には砥石等を用いてこれらを除去する。

側壁やピラスターの表面に防水塗装や化粧モルタルが塗装されている場合には、砥石やサンダー等により除去した後に調査を実施する。調査後は復旧する。



写真-3. 2. 76 表面処理の状況

■測定

1 箇所の測定では、互いに 2.5cm～5cm の間隔をもった 9 点について測定し、同一点は打撃しない。反響やくぼみ具合などから判断して明らかに異常と認められる値、または、その偏差が平均値の 20%以上になる値があれば、その反発度を捨て、これに代わる測定値を補うものとする。事前に基盤目状にマーキングを行っておけば、効率よく測定を行うことができる。打撃は、測定器を測定面に対して垂直に配置し、ゆっくり壁面に押し付けるようにして打撃する。

■計算

各測定箇所の反発度は有効な9回の測定値の平均値とする。

■強度の推定

現地調査後に反発度を集計し材齢補正、角度補正、乾湿状態に応じた補正を行い、以下の換算式により推定強度を求める。

$$F = F_0$$

$$F_0 = 1.27 \times (R + R_1 + R_2) - 18.0$$

ここに、 F : 推定強度 (N/mm^2)

R : 平均反発度 (有効反発度の平均値)

R_1 : 打撃角度による補正值

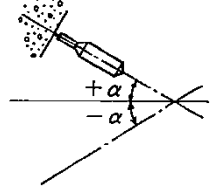
R_2 : コンクリート表面の乾湿による補正值

各補正係数、補正值は以下のように求める。

・ R_1 角度補正

打撃角度 (α) が水平でない場合、平均反発度 (R) に角度補正值 (R_1) を加える。

表-3.2.37 打撃角度による補正值 (R_1)

打撃角度 (α) 平均反発度 (R)	+90°	+45°	±0°	-45°	-90°	備考
10	—	—	—	+2.4	+3.2	
20	-5.4	-3.5	—	+2.5	+3.4	
30	-4.7	-3.1	—	+2.3	+3.1	
40	-3.9	-2.6	—	+2.0	+2.7	
50	-3.1	-2.1	—	+1.5	+2.2	
60	-2.3	-1.6	—	+1.3	+1.7	

※なお、使用機材のマニュアル等に補正係数が示されている場合はこれを用いる。

- ・ R_2 コンクリート表面の乾湿による補正

現地調査時に乾燥状態にあるコンクリート表面が得られない場合などは、打撃面の状態に応じて表-3. 2. 38 に示す補正を行う。

表-3. 2. 38 コンクリート表面の乾湿による補正值(R_2)

打撃面が気乾の場合	補正なし
打撃面が湿っており打撃の跡が黒点になる場合	平均反発度(R)に 3 を加える
打撃面が濡れている場合	平均反発度(R)に 5 を加える

(財)国土開発技術研究センター：J I C E 1986年で、圧縮強度と劣化度の関係を表-3. 2. 39のように規定している。

表-3. 2. 39 材料別圧縮強度と劣化度

劣化度	設計基準強度比	設計基準強度		
		P C 構造 30N/mm ²	R C 構造 21N/mm ²	無筋 18N/mm ²
I ; なし	100%以上	30 以上	21 以上	18 以上
Ⅱ ; 中度	75%以上 100%未満	$21 \leq \sigma < 30$	$15 \leq \sigma < 21$	$12 \leq \sigma < 18$
Ⅲ ; 重度	75%未満	21 未満	15 未満	12 未満

※小数点以下は切り捨て表示とした。

G-4) 中性化深さ

ドリルでコンクリートを削孔し、試薬（1%フェノールフタレイン溶液）をしみ込ませた試験紙の反応から中性化深さを測定する。削孔径が小さいので、構造物に対する負担が少なく、非破壊検査に分類されている。なお、調査実施の際には、試薬の反応速度に見合った削孔速度で行い、正確な中性化深さを確認できるように注意する。

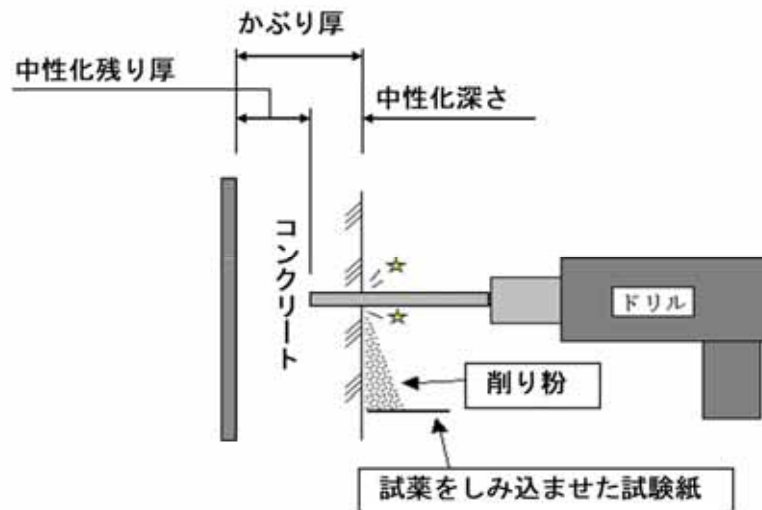


図-3. 2. 45 ドリル法による中性化試験



写真-3. 2. 77 ドリル法による中性化試験

中性化残りは、これまでの実験結果より、15mm以下では鋼材腐食が始まる可能性が高まり、10mm以下では鋼材腐食の進展が見られるとされている。塩害の条件がある場合はさらに発錆条件が厳しく、基準によって中性化残りの限界値の設定が 10～15mmの間でばらつきが見られる。

なお、中性化残り厚を正確に把握するためには、既設コンクリート開水路の鉄筋被り厚を測定しておく必要がある。鉄筋被り厚は、3. 2. 3 (4. 2. 2) F-4) 「【参考】鉄筋被り厚の測定」に示すような手法により現地で計測する。

G-5) その他材料劣化や変状

側壁内面の防水塗装やコンクリート構造以外の屋根（アルミ等）の材料劣化や固定ボルト等の変状は、変状箇所の有無、位置を記録する。



写真-3.2.78 内面塗装の劣化



写真-3.2.79 アルミ屋根の例

H. 外部要因

H-1) 構造物の変形・歪み

構造物全体が観察できる位置から構造部位を目視し、側壁の変形・傾きの有無を確認する。下げ振り、水平器、メジャー、簡易な測量器具等を利用して、変形・歪みが発生している箇所の最大量を測定・記録する（mm単位）。

下げ振り（おもり）を用いて、構造物の変形や歪み（傾き）を確認する場合は、下げ振りの調査位置は、対角線上に最低4カ所は行う。

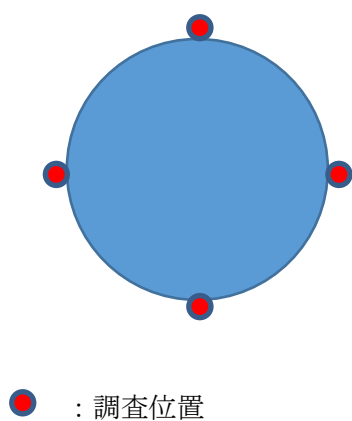


図-3.2.46 下げ振りを used ファームボンドの変形測定

変形・歪みが発生する原因には、外力によるもの、施工欠陥によるもの、材料劣化による耐荷力低下によるものなど様々である。変形・歪みの原因は、現地の状況から総合的に判断するしかないが、原因の種類に関わらず、変形・歪みが大きい場合は、使用性（水理的な劣化等）や安全性に重大な影響を及ぼすため、変形・歪みの生じている部位や規模によって評価する。

H-2) 欠損・損傷

欠損、損傷の原因には、施工不良によるものと地震や事故（施工機械による事故も含む）による衝撃、衝突によるものがある。典型的な欠損・損傷は以下のとおりであるが衝撃・衝突によるもの以外は、一般にモルタル充填などの補修で対応可能である。衝撃・衝突によるものは、構造物自体の異常な変形、欠損を伴う場合が多いので、補強や打換えなどの対策が必要となる場合が多い。

表-3.2.40 欠損・損傷の原因と特徴

区分	内容	特徴
施工不良	充填不足	不十分な締め固めや、施工時の内部応力の発生によりコンクリートが十分に充填されずに、内部空洞が生じたり、コンクリート表面の欠損や表面モルタルの変形、剥離が生じる。表面変状の場合はモルタルによる表面整形が一般的である。
	豆板	材料の分離や締め固め不足、型枠からセメントペーストの漏れなどにより粗骨材が多く集まって空隙の多い不良部分ができる。一般にはモルタル充填による補修で対応可能であるが、変状規模が大きい場合は、打換えなどで対応している。
	コールドジョイント	コンクリートの打重ね部が一体化せず、不連続な状態になる現象で、ひび割れを伴い、耐久性、耐荷力を低下させる原因となる。一般にはひび割れ補修工法に準じた対応が行われている。
地震・事故等	衝撃・衝突	重機械などの衝突や衝撃により、コンクリートの欠損や変形を生じる。欠損や変形が不自然な場合が多く、耐久性、耐荷力に問題がある可能性が高く、補強や打換えが必要である。

H-3) 構造物周辺の変状

施設全体が観察できる位置から、沈下や抜け上がりの有無を確認する。また、抜け上がり等が確認された場合は段差（高低差）を計測する。



写真-3.2.80 地盤沈下による抜け上がりの例

Ⅰ. 附帯施設（その他要因）

Ⅰ-1) 昇降施設・バルブ・配管

■昇降施設・手摺等

外部階段等のＲＣ構造については、ひび割れやその他変状、ＲＣ構造以外の梯子や手摺等の設備については、鋼材の劣化やその他変状等を近接目視により確認する。



写真-3.2.81 昇降施設（ＲＣ構造）



写真-3.2.82 昇降施設（ＲＣ構造以外）

■配管

配管（流入管、流出管、余水吐管）については、漏水の有無やその他変状（塗装の劣化・腐食・変形・損傷等）等を近接目視により確認する。



写真-3.2.83 流入管



写真-3.2.84 流出管



写真-3.2.85 余水吐管

■バルブ類

バルブ類は、漏水の有無やその他変状（塗装の劣化・腐食・変形・損傷等）等を近接目視により確認する。

また、バルブ類の作動確認調査は、動作状況の目視を基本とするが、これに加え必要に応じて漏水探査機（アクアスコープ等）等の使用により作動時の音の変化を定量的に確認するものとする。なお、この漏水探査機による確認は、仕切弁及びバタフライ弁に対して実施可能である。

制水弁等のバルブは幹線水路に設置されていることから、通水時には全閉全開を行い確認することができない場合も多い。この場合は、少量の閉塞動作による音の発生を確認し、その音量を記録するものとする。



図-3.2.47 バルブ調査の内容（バタフライ弁）

(4.2.4) 附帯施設（バルブ類）の標準的な調査の調査方法【参考】

1) バルブ類の確認内容

■空気弁

空気弁は、以下の図に示すような箇所について、動作及び目視調査を実施する。



図-3.2.48 バルブ調査の内容（空気弁）

■仕切弁

仕切弁は、分土工及び排泥工の2タイプがある。分土工では流量計が併設されている場合は動作による流量の変動の有無により動作を確認する。流量計のない場合は、開度によるものとする。排泥工は、常時全閉であり排水を行うこともできるが、弁を開けた後、閉じられないことも考えられるため状況によって現地で判断する。



図-3.2.49 バルブ調査の内容（仕切弁）

※動作と流量計の状況を確認する

■制水弁

制水弁は幹線水路に設置されていることから、通水時には全閉全開を行い確認することができない場合も多い。この場合は、少量の閉塞動作による音の発生を確認し、その音量を記録するものとする。



図-3.2.50 バルブ調査の内容（制水弁）

2) 作動確認時の音の確認方法

バルブ類の作動確認調査は、動作状況の目視を基本とするが、これに加え必要に応じて以下に示す漏水探査機（アクアスコープ等）等の使用により作動時の音の変化を定量的に確認するものとする。なお、この漏水探査機による確認は、仕切弁及び制水弁に対して実施可能である。



図-3. 2. 51 漏水探査機の例

(5) 調査頻度

調査頻度は、健全度等に応じて適切に設定する必要がある。また、重要度が特に高い施設については、調査頻度を密にするなどの対応も検討する。

劣化があまり進行しておらず、偶発的な事故によるリスクが小さい場合であっても、当該施設が今後どのような劣化過程をたどるのかを観察し予測するため、定期的な機能診断を実施する必要がある。

(6) 現地調査票

パイプラインの現地調査票及び関連する調査票を表-3.2.41～表-3.2.42、表-3.2.43～表-3.2.44に示す。

表-3.2.41 パイプラインの現地調査（定点調査）票の例（1/2）

整理番号	18121003	調査年月日	平成22年10月24日		
地区名	SK地区	記入者	山田 三郎		
施設名	第2号A幹線	調査地点(測点表示等)	2号ー2号ー1区間(VPφ100)		
定点調査番号	1845	例;No○+○～No.○+○			
劣化要因の評価 (事故リスク 相関表による)	劣化要因 C/Sマクロセル腐食 電食 土壌ミクロセル腐食 管内劣化(発錆等) 異種金属通気差等マクロセル腐食 カバーコート腐食 継手漏水 管体破損	評価 △	特記事項(可能性のある劣化要因等) 特になし		
調査部位	規格 VPφ100 L=1,124m	調査施設概要図 			
データ整理No.	スケッチ	☐ あり ☒ なし	No.		
	写真	☒ あり ☐ なし	No.	046	
変 状 項 目		変状の状態・程度			
漏水の進行(全管種)		☐ なし ☐ あり			
ひび割れ(RC,PC,ACP)		☐ なし ☒ あり 最大のひび割れ幅→ 測定値 0.10 (mm)			
ひび割れ(FRPM)		☐ なし ☐ あり 測定値 (mm)			
沈下(全管種)		☒ なし ☐ 0～10cm未満 ☐ 10cm以上～20cm未満 ☐ 20cm以上 測定値 (mm)			
沈下の進行性		☐ あり			
継手曲げ角度(SP以外)		☒ 許容角度1/2以内 ☐ 許容角度以内 ☐ 許容角度超や芯ずれで浸入水・不明あり 測定値 ° ' " (θ)			
継手曲げ角度の進行性		☐ あり			
継手間隔等(溶接又は接着継手は除く)		☐ 規格値内 ☐ 規格値外だが浸入水・不明水なし ☐ 大幅・全面的に規格値外等で浸入水・不明水あり 測定値 (mm)			
継手間隔等の進行性		☐ あり			
発錆状況(SP,DCIP)		☐ なし ☐ 軽微な錆が点在 ☐ 一定範囲で全体的に錆が確認される			
発錆の進行性		☐ あり 水平・垂直のうち大きい方で判断する			
たわみ量(SP,DCIP,FRPM)		☐ 4%以内 ☐ 4%超5%以内 ☒ 5%超 5.0 (mm)			
たわみ量の進行性		☐ あり			
テストバンド		☐ 80%超 ☐ 80%以下 (%)			
鋼管系管路外観調査		☐ 変状無し ☐ 腐食代2mm以内 ☐ 腐食代2mm超 ☐ 貫通孔あり			
PC管外観調査(中性化残り等)		☐ 10mm以上 ☐ 10mm未満 ☐ 腐食・破断 (mm)			

↑ 中性化残りの値を記入

表-3. 2. 42 パイプラインの現地調査（定点調査）票の例 （2/2）

点検担当者の主観的な評価	
対策の必要性	1.対策必要有(以下から選択) ☐ ①早急に詳細調査を実施し、補修対策を実施する必要有り。 ☒ ②詳細調査を実施し、対策の必要有無を検討するのが望ましい。 ☐ ③緊急の対策、調査は必要ない。 ☐ 2. 対策必要無し 【特記事項】 特になし
想定される 主な劣化要因 ※複数指定可	【劣化要因】 ☐ 1.初期欠陥(管材・施工) ☐ 2.中性化 ☐ 3.アルカリ骨材反応 ☐ 4.凍害 ☐ 5.化学的腐食 ☐ 6.疲労 ☐ 7.摩耗・風化 ☐ 8.構造外力(地震を含む) ☐ 9.近接施工 ☐ 10.支持力不足(沈下) ☒ 11.過剰水圧 ☐ 12.マイクロセル腐食 ☐ 13.C/Sマクロセル腐食 ☐ 14.電食 ☐ 15.腐食性土壌 ☐ 16.水質 ☐ 17.その他マクロセル ☐ 18.管内劣化(発錆等) ☐ 19.カバーコート腐食 ☐ 20.その他 【特記事項】 管種に応じて生じ得る劣化要因を選択するよう留意する 特になし
想定される 劣化過程評価	【劣化過程】 ☐ I ; 潜伏期 ☒ II ; 進展期 ☐ III ; 加速期 ☐ IV ; 劣化期 【特記事項】 該当なし

表-3.2.43 現地調査総括票 記載例

整理番号				記入者	
地区名	〇〇地区農業水利事業			調査年月日	
路線名					
調査範囲 略 図	2号配水槽 幹線2号送水路 幹線2号-2 幹線2号-1 測定場所				
測定場所	2号配水槽下流 50m 幹線2号送水路第2分水工下流 25m				
調査個目		2号配水槽	2号分水工		
		DCIP φ1800	FRPM φ1200		
①ひび割れ調査		×	○		
②たるみ、蛇行、沈下		○	○		
③たわみ量		○	○		
④. 内面塗装・腐食		○	×		
⑤. 発錆状況		○	×		
⑥. 継ぎ手間隔		○	○		
調査断面	①管頂部、管底部、右側部、左側部 それぞれについて観測する（たわみ 量測定を除く）。 ②継ぎ手間隔は各箇所1点、その 他は面で観測。 管頂部 管底部 左側部 右側部				

管内面目視調査は現地調査（近接目視と計測）により、管 1 本単位で調査し、表-3. 2. 44 に示す記載例のように、データの整理は管体単位で整理する。

表-3. 2. 44 現地調査データ集計票 記載例

整理番号								調査年月日		年 月 日～ 月 日		
地区名								記入者				
路線名								施設名		2 号配水槽下流 50m		
定 点 番 号	ス ケ ッ チ No.	写 真 No.	管種	口径 (mm)	延長 (mm)	ひび割 れ状況	沈 下	たわ み量 (%)	継 手 曲げ角度	発 錆 状 況	継ぎ手 間 隔 (mm)	堆 砂 ゴ ミ
305			DCIP	φ 1600	4, 000	—	異常無し	3. 2	許容曲げ 角度の 1/2 以内	—	1. 2	無し
306			DCIP	φ 1600	4, 000	—	異常無し	3. 2		—	2. 5	無し
307			DCIP	φ 1600	4, 000	—	異常無し	3. 0	1/2 以内	—	4. 5	無し
308			DCIP	φ 1600	4, 000	—	異常無し	2. 9	1/2 以内	—	6. 4	無し
309			DCIP	φ 1600	4, 000	—	異常無し	2. 7	以内	—	5. 5	無し
310			SP	φ 1600	4, 000	—	異常無し	2. 6	1/2 以内	軽微	—	無し
311			SP	φ 1600	6, 000	—	異常無し	2. 8	以内	無し	—	無し
312			SP	φ 1600	6, 000	—	異常無し	3. 1	超	無し	—	無し
313			SP	φ 1600	6, 000	—	異常無し	3. 2	超	全体	—	無し
314			SP	φ 1600	6, 000	—	異常無し	3. 3	以内	軽微	—	無し
対策の必要性			1. 有 ①早急に詳細調査を実施し、補修対策を実施する必要有り。 ②詳細調査を実施し、対策の必要有無を検討するのが望ましい ③緊急の対策、調査は必要ない 2. 無 【特記事項】									
想定される 主な劣化要因			【評価】 1. 初期欠陥 2. 中性化 3. 化学的腐食 4. 疲労 5. 摩耗・風化 6. 過荷重 7. 近接 施工 8. 支持力不足 9. 過剰水圧 10. ミクロセル腐食 11. C/S マクロセル腐食 12. 電食 13. 腐食性土壌 14. 水質 15. その他マクロセル 16. 管内劣化（発錆等） 17. カバーコート腐食 18. その他									

(7) 必要に応じて実施する調査項目と調査方法及び評価方法

(7.1) 必要に応じて実施する調査項目

必要に応じて実施する劣化要因の特定や詳細な性能評価を目的とした調査項目は、表-3.2.44 のとおりである。なお、必要に応じて行う調査項目の内容や調査方法及び評価方法については、「(7.2) 必要に応じて実施する調査の調査方法及び評価方法」に詳述する。

水理機能、構造機能に関する劣化要因の特定や性能評価を目的とした調査は表-3.2.8 のような調査項目が挙げられる。

表-3.2.45 必要に応じて実施する調査項目と調査内容

機能	要因特定	性能評価	調査内容及び調査方法	備考
A. 水理機能		○	① 漏水調査（漏水位置特定等） 漏水音、相関法等によって間接的に漏水位置を特定する調査手法	A-1)
		○	② 継手ゴム輪劣化試験 ゴム輪を採取し、物性試験を行う	A-2)
B. 構造機能		○	③ 管内カメラ調査 管内カメラ、水中カメラ等による管内状況調査	B-1)
	○		④ C/Sマクロセル腐食調査 コンクリート構造物の貫通部近傍で管対地電位分布等を測定する	B-2)
	○		⑤ 電食調査 外部電気設備からの漏洩電流を地表面電位勾配等により判定する	B-3)
	○		⑥ 土壌調査（マイクロセル腐食等調査） 埋設管近傍の土壌を採取して、室内試験により腐食性因子を測定する	B-4)
	○		⑦ 地下水水質調査 埋設管近傍の地下水を採取し、腐食性因子を測定する	B-5)
		○	⑧ 管厚測定 デプスゲージ又は超音波計による測定	B-6)
		○	⑨ ひずみ調査 曲げひずみを計測し、局所的な変形を確認する	B-7)
		○	⑩ 試掘による管外面目視調査 埋設管まで試掘し、外面の腐食状況を目視する	B-8)
		○	⑪ 管体の力学試験 供試管を採取し各種力学実験を行う	B-9)
		○	⑫ クリープ試験 経年管のクリープ強度と設計基準強度を比較し、物理的な劣化の評価を行う	B-10)
		○	⑬ 管体の化学試験 力学実験に用いた供試管の化学試験を行う	B-11)

(7.2) 必要に応じて実施する調査の調査方法及び評価方法

A. 水理機能

A-1) 漏水調査（漏水位置特定等）

■目的

漏水量試験において許容値以上の漏水が確認された場合はもちろんのこと、許容量以下の場合であっても、漏水箇所を特定するために実施する。

■調査方法

漏水音による漏水探知の手法としては、(a)路面に探知器を置いて漏水音を確認する路面音聴、(b)複数の場所にセンサーを設置して漏水音が到達する時間差から漏水地点を割り出す相関調査、(c)パイプラインの管頂まで音聴棒を差し込み、パイプライン付近の地中の漏水状況や噴射音から漏水の有無を確認する手法等があり、複数の手法を組み合わせることなどにより漏水箇所を絞り込むことが可能になる。農業用パイプラインにおいては附帯施設の間隔が大きいので、(a)、(b)による手法が望ましいと考えられる。

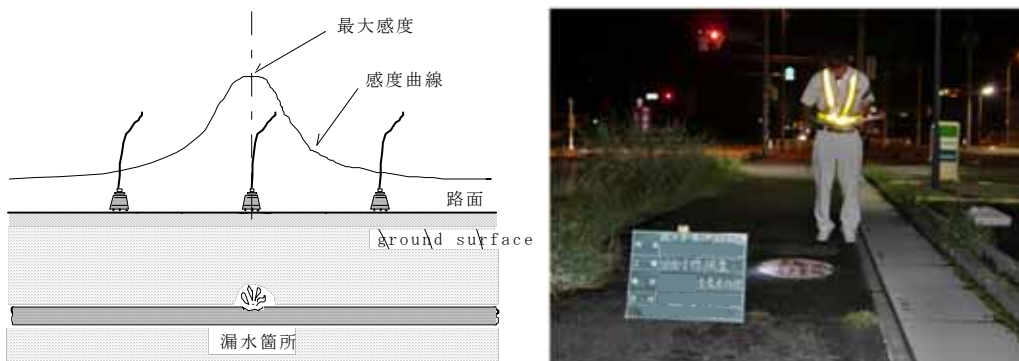


図-3.2.52 路面音聴調査概要図

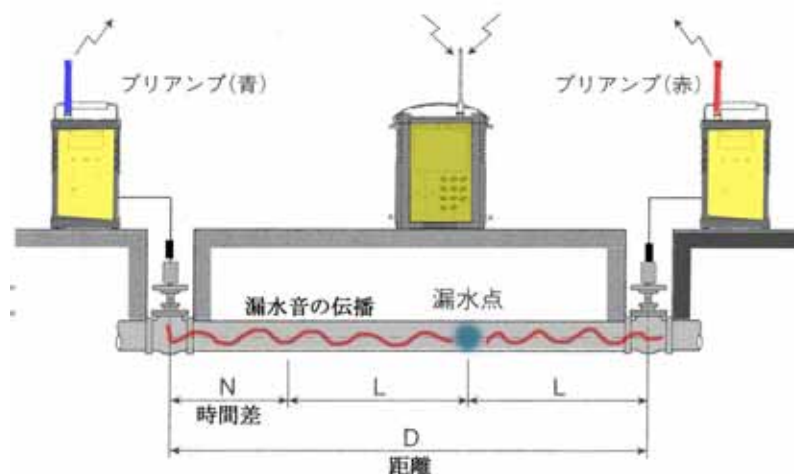


図-3.2.53 相関調査概要図

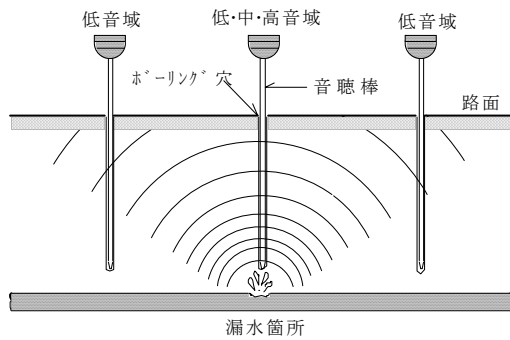


図-3.2.54 漏水確認調査概要図

■留意点

漏水音等による漏水探知は、漏水量が少ない場合は漏水音が小さいために発見が困難になる。また、現地での調査は騒音の少ない夜間作業となることが多い。

(b)複数の場所にセンサーを設置して漏水音が到達する時間差から漏水地点を割り出す相関調査は、鉄鋼系管路に適用性があるが、土被り厚や水圧条件等により調査可能延長（センサー設置距離）が制限される可能性があり、(c)パイプラインの埋設位置近くまで音聴棒を差し込み、パイプライン付近の地中の漏水状況や噴射音から漏水の有無を確認する手法を併用した方が有効な場合がある。

A-2) 継手ゴム輪の劣化試験

■目的

継手部のゴム輪の劣化は水密性不良の原因になるので、ゴムの物性やバクテリアによる食害等を調査して劣化の程度を評価し、パイプラインの機能評価における継手ゴム劣化診断に反映させる。

■試験方法

供試管からゴム輪を採取し、ゴム材質の引張、老化試験等の物性試験（JIS K 6353）を行う。ゴム材質に天然ゴムが使われている場合には、バクテリアによる食害の恐れがあるので、目視調査やゴム重量の減少量を測定して食害の有無を判定する。

表-3. 2. 46 物性試験の一覧

調査項目	概 要
硬さ試験	デュロメータ硬さ試験（JIS K 6253）により硬さを計測
引張試験	JIS K 6251 の試験方法により引張特性を求める
老化試験	促進老化試験 A-2 法（JIS K 6257）により熱老化特性を求める
圧縮永久ひずみ試験	JIS K 6262 の試験方法により圧縮永久ひずみを求める

■留意点

バクテリアによる食害調査は、目視調査以外に施工当時のゴム輪を再現して同一埋設環境下に放置して食害の有無を確認する方法もあるが、これには時間と労力が伴うので、採用に際しては十分な検討が必要である。

JIS K 6353 水道用ゴムの 1982 年の改正において、天然ゴムに対する微生物（バクテリア）による損傷事例を踏まえ、微生物抵抗性の高い合成ゴムの使用が望ましいとされている。

B. 構造機能

B-1) 管内カメラ調査

■目的

小口径や断水が出来ないパイプライン等、管内直接目視が出来ない施設において、管内の状況を把握する。

■調査方法

カメラを管内に挿入し、管内状況（モルタルや内面塗装の劣化、発錆状況、堆積物）や管内排水直後の外水の管内への漏水状況、継手の状況等を観察する。



写真-3. 2. 86 管内状況（FRPM、左：継手部堆砂、右：クラック）

■留意点

カメラ調査については、視界はかなり限定され、観察できる範囲も限定されることが多いため、概略の把握に留まるケースが多い。また、水が濁っている場合は、観察が困難である。管内カメラ調査の実施可否の検討に当たっては、これらの点に十分留意し、施設の重要度や調査費用などを勘案し、調査の実施を判断する。

B-2) C/S マクロセル腐食調査

■目的

鋼管等における C/S マクロセル腐食の可能性を判定する。

■調査方法

分土工や制水弁室等構造物付近で、管対地電位調査等の配管と鉄筋の電氣的接触（メタルタッチ）の調査や土壌比抵抗率の調査等を行い、C/S（コンクリート／土壌）マクロセル腐食が生じる可能性について調査する。

調査結果を総合して C/S マクロセル腐食の可能性が高いと判断される場合は、パイプライン周囲の開削調査実施の可否を含め、詳細調査を検討する。

【C/S マクロセル調査の例】

それぞれの詳細な調査方法や判断基準については、日本水道鋼管協会規格「マクロセル腐食防食指針」（平成 20 年 3 月 14 日改正）等を参考とする。

- ・管対地電位の測定（P/S）（鉄筋からリード線を取り出せない場合）
（埋設化表面と地表の電位差（分布）を測定し、腐食環境の大小や影響範囲を調べる）
- ・配管と鉄筋の電位差及び抵抗測定（鉄筋からリード線が取り出せる場合）
- ・仮通電試験
- ・土壌比抵抗率の測定
- ・各種土壌調査（B-4）ミクロセル腐食等調査と兼ねて行う）

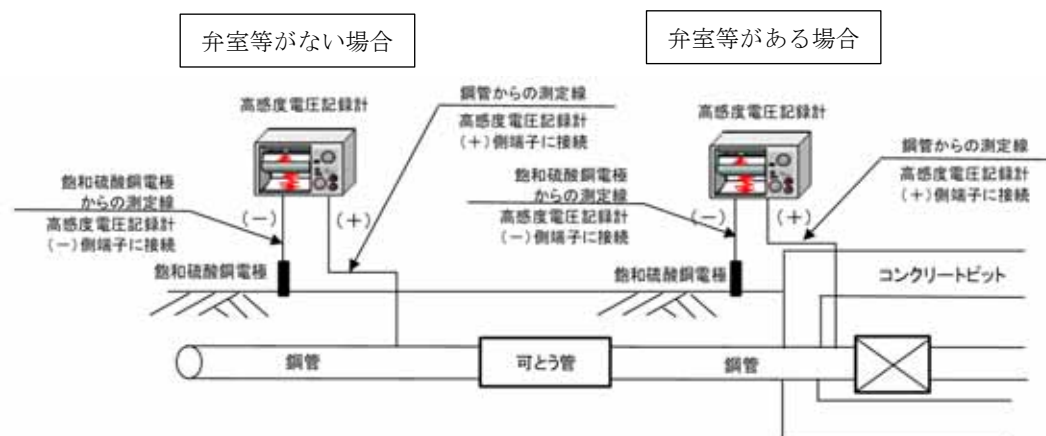


図-3.2.55 管対地電位測定例

■留意点

これらの調査は、メタルタッチの有無や土壌の状態を把握するのみの調査であり、マクロセル腐食の可能性の大小を判定するだけに留まるものである。よって、たとえこれらの調査結果が基準値を超えていたとしても、マクロセル腐食が進んでいないケースも多いことに留意する必要がある。

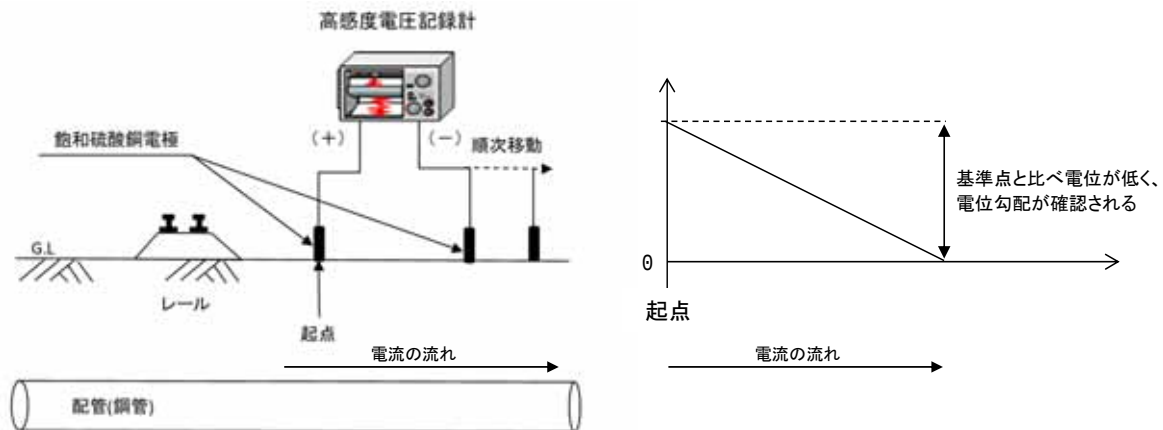
B-3) 電食調査

■目的

外部電気設備からの漏洩電流による電食の可能性を判定する。

■調査方法

直流電気鉄道や電気防食施設の近傍で地表面電位勾配測定(S/S)や管対地電位測定(P/S)を行い、測定結果から電食の可能性を評価する。



■留意点

電食調査に先行して直流電気鉄道や電気防食施設等の調査を行う必要がある。

B-4) 土壌調査（マイクロセル腐食等調査）

■目的

鉄鋼系管路のマイクロセル腐食や通気差マクロセル等の要因となる土壌等の状態を把握する。

■調査方法

土壌の腐食評価については、埋設管周辺の土壌を採取して室内試験により土壌の腐食性因子（比抵抗、PH 値、酸化還元電位、水分、硫化物等）を測定し、土壌比抵抗率測定結果と合わせて腐食性の有無を判断する。これらの結果は、DIN-50929 またはアメリカ国家規格 ANSI A21.5 で評価する。

また、埋設管周辺の地下水の状態（乾湿を跨ぐ管：B-5)地下水水質調査と兼ねて行う）や土壌の構成（異種土壌を跨ぐ管）等についても可能ならば把握し、通気差マクロセルの可能性を検討する。

詳細の調査方法や判断基準については、日本水道鋼管協会規格「マクロセル腐食防食指針」（日本水道鋼管協会：平成 20 年 3 月 14 日改正）、鋼管路の診断及び更新・更生計画策定マニュアル（(財)水道技術研究センター：平成 15 年 12 月 6 日）等を参考とする。

■留意点

調査区間は埋設管の施工年及び埋戻土の土質が同じ範囲で選定するのが望ましい。



写真-3.2.87 管内発錆状況（SP）

B-5) 地下水水質調査

■目的

管外面の腐食の要因となる地下水について、水位や水質等を把握する。

■調査方法

埋設管近傍の地下水を採取し、各種パラメータを分析する。主なパラメータは、侵食性遊離炭酸、硫酸イオン、塩素イオン、PH、酸化還元電位、硫化物の有無、硫黄含有量などがある。また、水の腐食傾向を把握する指標として、ランゲリア指数（炭酸カルシウムの被膜形成の目安となる値）があり、本指数計算のための項目の測定も考えられる。

また、併せて土壌調査を実施した場合は、これらの結果を総合して環境要因による劣化の有無を推測する。

なお、PC管のカバーコートモルタルの劣化が懸念される箇所として、水質については侵食性遊離炭酸 20mg/l 以上、硫酸イオンまたは塩素イオンが 200mg/l 以上を目安としている事例がある。（水島ら、水土の知 76-3, pp. 35～39, 2008）

表-3.2.47 主な測定項目

項目	測定項目の利用
遊離炭酸	侵食性遊離炭酸の算出
総酸度	侵食性遊離炭酸の算出
硫酸イオン含有量	コンクリートの科学的侵食性
硝酸イオン含有量	コンクリートの科学的侵食性
塩素イオン含有量	鋼材の科学的侵食性
水温	ランゲリア指数の算出
pH	ランゲリア指数の算出
総アルカリ度	ランゲリア指数の算出
カルシウム硬度	ランゲリア指数の算出
蒸発残留物	ランゲリア指数の算出

■留意点

サンプル採取は極力誤差の少ない手法で行う。

地下水の供給源や、年間を通じた水位の変動にも留意する必要がある。

B-6) 管厚測定

■目的

腐食性土壌に埋設されたSP、DCIPや、侵食性遊離炭酸を多く含む地下水に晒されるPC管等、管厚の減少等の劣化が懸念される管を中心として、腐食深さを測定して残存管厚を算出することにより、管体劣化診断と耐荷機能評価に反映させる。

■調査方法

PC管に対する調査は、管内面から超音波探査器で管厚を測定し、カバーコートモルタルの腐食状況を算定する。管内作業となるので、大口径でかつ断水が必要である。

鉄鋼系管路においては、パイプラインの一部を掘削して管表面の腐食部分の錆を削り取り、管外面から腐食深さを測定器具（デプスゲージ、超音波厚さ計等）により測定し、規格管厚と使用年数から残存管厚や破孔期間を算定する。



写真-3.2.88 超音波探査器の例

出典：PC 管本体の劣化に関する調査・診断
マニュアル(案)（独）水資源機構）



写真-3.2.89 超音波厚さ計の例

■留意点

パイプラインの一部の測定値から全パイプラインの腐食状況を推定することになるので、試験箇所を選定や箇所数に留意する必要がある。

鉄鋼系管路においては、管の劣化メカニズムとして、管全体の厚さが一様に薄くなつて漏水するのではなく、一部の孔食が進んで漏水するというケースが多いことに留意して結果を取り扱う必要がある。

■管厚の評価基準

鉄鋼系管路の評価は、鉄鋼系は腐食代が2mmあり、この深さまでは、機能が低下しないことになっている。このため、鉄鋼系管路外観調査においては、深さの評価とし、腐食代2mmまではS-4評価とする。

なお、PC管については、健全カバーコートかぶり厚が10mm未満の場合は劣化ありと判断するが、総合的に判断する必要がある。

表-3. 2. 48 最小残存管厚による劣化度判定

劣化度ランク	e (最小残存管厚／規格管厚)	評 価
I	$0.70 > e$	事故の可能性 大
Ⅱ	$0.82 > e \geq 0.70$	〃 中
Ⅲ	$0.95 > e \geq 0.82$	〃 小
Ⅳ	$e \geq 0.95$	〃 無

出典：鋳鉄管・鋼管・硬質塩化ビニル管 診断手法の開発調査報告書

$$e^2 = (t / T)^2 < 1 / S$$

ここで、 e：規格管厚に対する最小残存管厚の比

t：最小残存管厚

T：規格管厚

S：発生応力の比（ここでは、S=2、1.5、1.1 とする。）

なお、P C管については、カバーコートかぶり厚が 10mm 以下の場合は劣化ありと判断するが、総合的に判断する必要がある。

B-7) ひずみ調査

■目的

管内に進入して調査が可能な場合に、曲率を測定して円周方向の曲げひずみを求め、ひび割れや漏水の原因となり得る局所的な変形を確認する。

■調査方法

管に発生した曲げひずみは、図-3. 2. 57 に示すように曲率測定装置を用いてベースから管までの距離を計測し、算定した曲率半径により算出する。曲率測定装置は、ベース及びデプスゲージ等の測定機器からなり、ベース長は口径毎の最適な長さとして、表-3. 2. 49 のベース長が提案されている。

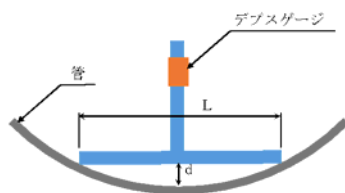


図-3. 2. 57 曲率半径の測定

表-3. 2. 49 ベース長

口径	最適なベース長 (mm)
800～1100	300
1200～2400	400
2600～3000	500

出典：「曲率計測による FRPM 管の機能診断調査手法」（碓昌也、藤本光伸、久保田健藏、有吉 充、毛利 栄征）H27 農業農村工学会大会講演会講演要旨集

測定結果による曲率半径及び曲げひずみの算定式は下記の通りある。

$$r_a = \frac{L^2 + 4d^2}{8d} + \frac{t}{2}$$

$$\varepsilon_{in} = \frac{t}{2} \left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right)$$

r_a : パイプの管厚中心半径

L : ベース長

d : 測定長（ベースから管までの長さ）

t : 管厚

ε_{in} : パイプ内面の曲げひずみ

r_b : 変形前の管厚中心半径

出典：「曲率計測による FRPM 管の機能診断調査手法」（碓昌也、藤本光伸、久保田健藏、有吉 充、毛利 栄征）H27 農業農村工学会大会講演会講演要旨集

■留意点

調査は管内に進入可能な φ800mm であり、断水調査が可能な場合に限られる。

B-8) 試掘による管外面目視調査

■目的

試掘により外観調査を行い、腐食（SP）、中性化残り（PC）等を確認する。

■調査方法

鉄鋼系管路においては、パイプラインの一部を掘削して管表面の腐食部分の錆を削り取り、管外面から腐食深さを測定器具（デプスゲージ、超音波厚さ計等）により測定し、規格管厚と使用年数から残存管厚や破孔期間を算定する。また、必要に応じて、腐食環境調査（管対地電位測定、導通試験、土壌抵抗率測定、土壌腐食性調査等）により、腐食要因を把握する。



写真-3.2.90 腐食深さ（左）・管厚（右）の測定例

PC管においては、ひび割れ等の変状を調査するとともに、B-6) 管厚測定に示すように管外面から超音波探査器で管厚を測定し、チップングによる中性化深さの計測を行うことで、カバーコートモルタルの腐食状況を算定する。



写真-3.2.91 管外面の状態確認（左）・中性化深さ計測（右）の例

■留意点

パイプラインの一部の測定値から全パイプラインの劣化状況を推定することになるので、試験箇所を選定や箇所数に留意する必要がある。

B-9) 管体の力学試験

■目的

管体の力学試験は、管体の強度低下が懸念される場合に実施する。力学試験の結果は、耐荷機能評価等に反映させる。

■試験方法

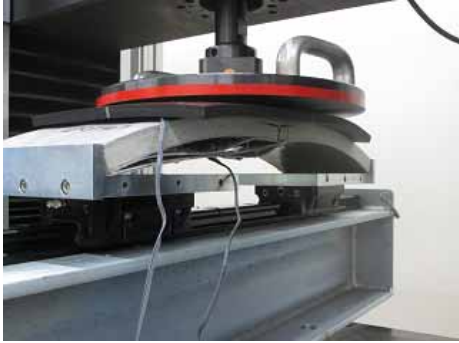
調査対象区間のパイプラインを掘削して供試管を採取し、ACPは旧 JIS A 5301 に準じた曲げ試験、水圧破裂試験、環片圧壊試験を実施する。PC及びRCは JIS A 5303 の外圧試験を実施する。FRPMについては、外圧試験(JIS A 5350)、内圧試験、管体ガラス繊維配向性確認試験、ガラス繊維使用量確認試験等を行う。

表-3.2.50 FRPMの力学試験の例 (1/2)

試験項目	試験内容	試験目的・方法
外観調査	目視・簡易計測	- 力学試験の前段に管全体の状態を把握する。 - 変状の有無、各層の層厚等を確認する。
環片外圧試験	単調載荷試験	5%たわみ時の荷重及び破壊荷重を測定して、JIS A 5350 の規格値（基準たわみ外圧、破壊外圧）と比較し、劣化の程度を把握する。 - 供試体には 30° 毎内外面にひずみゲージを取付け計測する。



表-3.2.51 FRPMの力学試験の例 (2/2)

試験項目	試験内容	試験目的・方法
セグメント 曲げ試験	単調載荷試験	- 変形量とひずみ、破壊荷重を測定し、断面方向のばらつきや埋設状態の影響の相違を確認する。 - 試料は、管頂中心に 60° の 6 試料とする。 - 供試体には 6 箇所（ひずみゲージ）を取付け、計測する。 
管材料試験	燃焼試験	- 引張強度を確保するため管に使用されているガラス繊維の量やばらつきを、燃焼試験によって調査し、ばらつきが大きい場合には経過観察等の必要性を検討する。 - また、レジンモルタル層中心で切断し、外面側と内面側のガラス量の相違も確認する。 - 供試体は、管中央部付近と管端部の 2 箇所とする。 - 供試体は、天地左右 4 箇所から採取する。
内圧試験	—	- 供試体に JIS A 5350 に基づく試験内圧を加え、3 分間保持して漏水の有無を確認する。また、3 分経過後も、ひずみが安定するまで継続する。さらに、試験内圧以上加圧し、漏水の有無、ひずみ値を確認する。これらにより、劣化の程度を把握する。 - 供試体には 12 箇所（30°）にひずみゲージ（周・軸の二方向）を取付け、計測する。 
セグメント繰返し 試験	繰返し載荷試験	- セグメント試験片を用いて繰返し載荷試験を行い、ひずみの低下具合を確認し、活荷重や内圧の繰返しの影響を把握する。 - また、繰返し載荷後に破壊試験まで行い、単調載荷試験との差異を確認する。 - 供試体には 1 箇所（頂部）にひずみゲージを取付け、計測する。
セグメントクリープ 試験	—	- 単調載荷試験による短期試験に対しクリープ性能を確認するため、セグメント試験片を用いた温度促進によるクリープ試験を行い、劣化傾向を確認する。 - 破壊までの時間を計測し、性能低下曲線を検討することにも活用する。 - 供試体には 1 箇所（頂部）にひずみゲージを取付け、計測する。

■留意点

供試管は調査対象区間を代表させる箇所から採取するのが望ましい。また、供試管の採取に際しては、採取後の復旧方法も念頭に置く必要がある。

A C P の供試管の採取、試験に当たっては、A C P 管に係る工事、廃棄に関する法令等を遵守する必要がある。

試験に際しては、使用目的・方法を踏まえ、必要な試験を実施する。なお、調査の結果により判定できる事実がもたらす機能保全コストの縮減やリスクの軽減といった効果と、調査に要する費用が見合うものであるか、との視点により試験の検討を行う必要がある。

B-10) クリープ試験

■目的

管体の長期耐圧性能を調査する代表的な試験（ISO 1167 に規定）であり、品質特性評価に用いる。また、経年管のクリープ強度と設計基準強度を比較して、強度低下の程度を判断することが可能である。経年管のクリープ強度を調査し、ブランク品のクリープ線図に対して平行移動できれば寿命を推定することが可能である。ただし、疲労強度で言われているマイナー側（累積損傷側）の成立が前提となる。

■試験方法

試験は、ISO 1167 内圧クリープ試験に準拠して行う。評価対象である管材のクリープ破壊時間が、ブランク品の基準クリープ線図と同等であれば物理的な劣化は生じていないと評価できる。

- ・試験装置は下図に示すとおり恒温水槽と制御装置により、設定温度と内圧下限値を保つように制御される。
- ・長さ約 80cm 以上の管状試験片に 20℃ の温度の水または不活性ガスを封入し、所定の時間内で管が破壊するように設定応力に相当する内圧を負荷し破壊時間を求める。

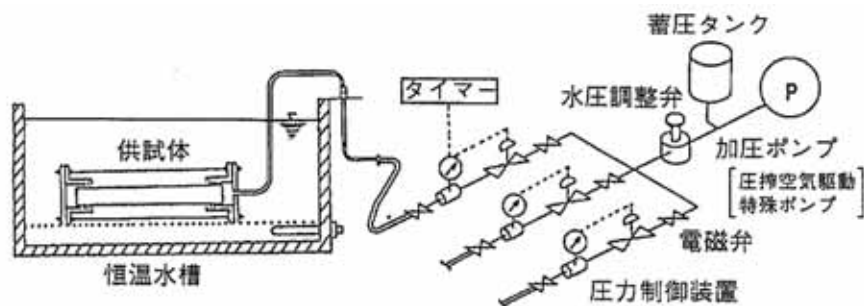


図-3.2.58 内圧クリープ試験装置

B-11) 管体の化学試験**■目的**

管体の化学試験は中性化または管材劣化が懸念される場合に実施する。化学試験の結果はACP、PC、RCとも管体劣化診断に反映させる。PC、RCにおける塩化物イオン含有量は力学試験における強度低下原因の推定に用いる。

■試験方法

管体の力学試験に用いた供試管で化学試験を行う。中性化試験は1%フェノールフタレイン溶液（JIS K 8001）を用いて中性化深さの測定を行う。中性化深さはACPとRCでは管体断面をPCはカバーコートモルタルを対象とする。PCはカバーコートモルタル厚も測定する。ACPにおける比重及び吸水率試験はJIS A 1110に準じ、PCとRCの塩化物イオン含有量はJCI-SC4による。

表-3.2.52 最小残存管厚による劣化度判定

項目	試験方法	対象
中性化深さ	JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」による試験	ACP、RC：管体 PC：カバーコートモルタル
比重・吸水率	JIS A 1110「粗骨材の密度及び吸水率試験方法」による試験	ACP
塩化物イオン含有量	JCI-SC4「硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」による試験	PC、RC

■留意点

供試管は調査対象区間を代表させる箇所から採取するのが望ましい。ACPの供試管の採取、試験に当たっては、前述の関係法令等に留意する。

3.3 機能診断評価

3.3.1 評価の手順

機能診断評価は、施設の状態、劣化状況を把握するとともに、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。

【解説】

パイプラインの機能診断評価は、機能保全計画を策定するために必要となる施設の性能低下について、その状態と要因を把握するために実施する。また、施設の状態から対象施設が総合的にどの程度の健全性を有するかについて評価を行うために実施する。

ただし、埋設構造物であるパイプラインでは、施設状態評価表に基づく評価だけでは施設の状態を適切に判断しきれない場合もあるため、様々な要因を含めた最終的な評価として健全度の総合評価を行う。

機能診断評価は図-3.3.1のフローのように行う。

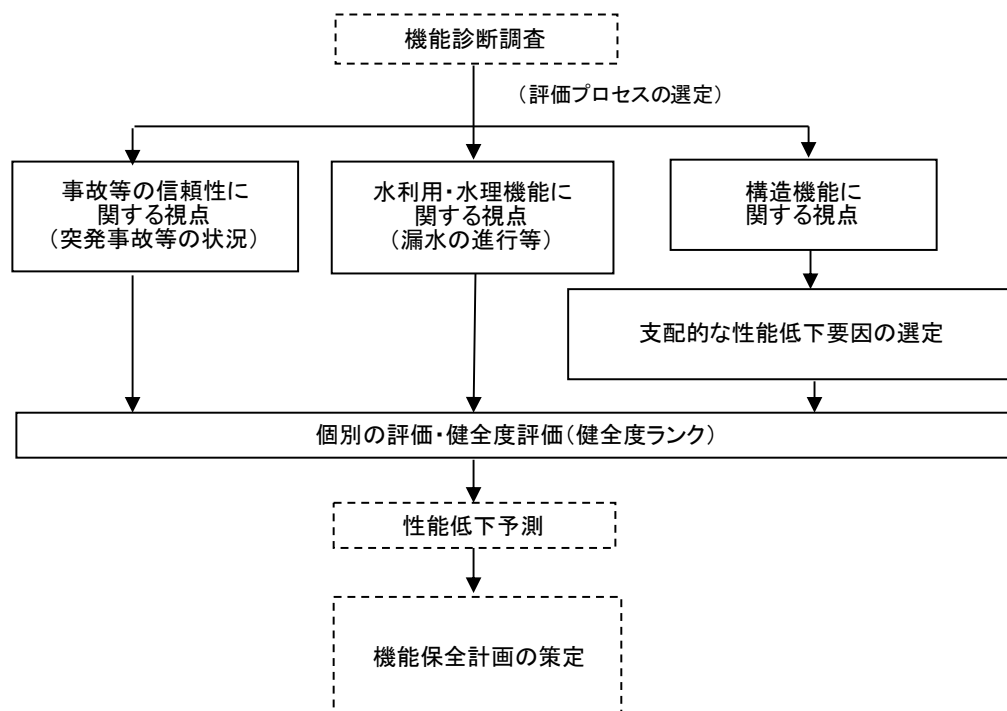


図-3.3.1 機能診断評価のプロセス

パイプラインの評価は、分土工や制水弁工などで区切られた水理的ユニット単位で、漏水量や通水量、水圧の状況から性能評価を行うことを基本とする。

管内面調査が可能な場所においては、管路の構造的機能の直接評価も併せて行う。

表-3.3.1 パイプラインの機能診断評価のポイント

区分	評価項目	留意点
管路	総合評価	・変状発生密度や周辺への影響（被害）があるなど緊急度を踏まえ、専門技術者の協力を得る等して、総合的な技術的判断（エンジニアリングジャッジ）を行う。要因別評価の結果と異なるジャッジをした場合、その根拠を整理しておく。
	漏水量調査	・延長 1km 当たりの延長は調査区間（水理ユニット）の延長を採用する（路線全長としない）。 ・漏水量が経年的に増加傾向にあるか確認する。
	沈下	・評価区分の 10cm 以上の沈下が生じている場合、継手部が損傷している可能性が高いため、「継手曲げ角度」、「継手間隔等」の評価にも留意する。
	継手間隔等	・S-3 に該当する「大幅・全面的に規格値外等で浸入水・不明水」の全面的は、連続した区間で発生している場合ととらえる。
弁類等	全般	・評価表が整備されていないため、独自に評価を行う必要がある。施設の機能と目的を踏まえ、前項に示す調査項目と内容を参考に調査を行い、参考として評価を行う。

3.3.2 機能診断評価の方法

施設の健全度の評価は、施設種類、構造等を踏まえて、施設の性能低下に関係するそれぞれの要因についての評価区分を設定した施設状態評価表を用い、機能診断調査の結果により行う。複数の要因が影響している場合には、劣化を進行させるより支配的な要因や、施設全体の機能に及ぼす影響を考慮して評価する。

【解説】

機能診断評価は、工種別の現地調査（近接目視、計測）結果を施設状態評価表に当てはめることで実施する。この施設状態評価表は、個別の変状項目について施設の機能に与える影響を勘案して、点数付けがされており、項目間の相対的なバランスが確保されている。

パイプラインシステムの場合、性能低下の要因やプロセスが千差万別であることから、必ずしも施設の総合評価（健全度評価）が、個々の施設の性能低下予測に有効とは限らない。したがって、構造機能、水利用機能、水理機能、漏水等のリスクに関する視点から、漏水量等の評価や予測が可能な指標、または支配的な指標に対し、可能な限り定量的な評価を行い、これを性能管理のための指標とする。

健全度の評価は、「漏水の状態」、「管路内面及び外面施設の状態」に基づいて、総合的に評価する。性能低下は過年度に生じた様々な要因によっても進行しているため、それぞれの要因について進行性があるかどうかを含めて把握することが重要である。

パイプラインは、埋設構造物であり継続的に構造性能を把握することが困難な場合が多いこと、また、小口径パイプライン（φ800 未満）の場合、管内面での直接的定量評価が難しいことなどから、水利用性能・水理性能の把握が重要となる。

水利用性能・水理性能の低下については、その要因が把握している構造性能の低下要因と関連づけられるかを検討する必要がある。パイプラインシステム全体としての安全性・信頼性の評価は、水理ユニットの構成やバルブ操作の実態から数値計算等による水撃圧解析を行い、システム全体の水理学的安全性を評価する手法も有効である。

また、施設状態評価表に基づく評価だけでは施設の状態を適切に表現しきれない場合もあることから、様々な要因を含めた最終的な評価を下すため、健全度の総合評価を行う。健全度の総合評価は、それまでの評価の過程を検証し、必要に応じて現場条件等の確認や専門的な知見を有する技術者の協力を得るなどして、総合的な技術的判断（エンジニアリングジャッジ）を踏まえたものとして行う。

なお、支配的要因の検討やエンジニアリングジャッジ等の結果により、施設状態評価表で定量的に区分される評価とは異なる評価区分を採用する際には、定量的な計測等の結果も記録した上で、どのような考え方にに基づきその評価を行ったのかについて、記録しておくことが重要である。

【参考】エンジニアリングジャッジの例

- ・FRPMの診断結果により、たわみ量が4%のためS-4評価となる。たわみ量が4%の地点において、ひずみ測定を実施した。その結果、 $5,000\mu$ であったため、既往の文献※を参考にS-3評価とし、さらに詳細な調査を実施することにより補修時期等を検討することとした。

※：「曲率計測によるFRPM管の機能診断調査手法」（碓 昌也，藤本 光伸，久保田 健 藏，有吉 充，毛利 栄征），H27 農業農村工学会大会講演会講演要旨集

- ・SP管の診断結果により、軽微な錆が点在のためS-4評価となる。一方、事前調査により地区内のSP管において腐食性土壌を要因とするマイクロセル腐食が発生している事例があったため、土壌調査を実施した結果、腐食性の土壌であることが判明した。

このため、試掘による外観調査（詳細調査）を行った結果、腐食代が2mmを超えていたため、補修が必要であると判断し、S-3評価とした。

なお、土壌の腐食性を定性的に数値化評価する代表的な方法として「DIN」と「ANSI」の評価方法があるが、今回は主に鋼管の土壌の腐食性に用いる「DIN50929」により評価した。

表-3.3.2 ANSIの土壌の腐食評価
(合計点が10点以上の時は腐食性土壌であると判定する。)

測定項目	測定結果	点数	測定項目	測定結果	点数
土壌の抵抗率 〔 $\Omega \cdot \text{cm}$ 〕	<1500	10	酸化還元電位 (Redox 電位)〔mV〕	>100	0
	1500～1800	8		50～100	3.5
	1800～2100	5		0～50	4
	2100～2500	2		<0	5
	2500～3000	1	水分	排水悪い、常に湿潤	2
	>3000	0		排水かなり良好、 一般に湿っている	1
pH値*	0～2	5		排水良好、 一般に乾燥している	0
	2～4	3	硫化物	あり	3.5
	4～6.5	0		微量	2
	6.5～7.5	0*		なし	0
	7.5～8.5	0			
	>8.5	3			

*pH値が6.5～7.5の場合で硫化物が存在し、かつ、流下還元電位が低い場合は、3点を加減する。

出典：ANSIA215(AWWAC105)

表-3.3.3 パイプラインの健全度ランクの設定

健全度 ランク	健全度ランクの定義	複合的劣化の場合の現象例	対応する 対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態。	① 新設時点とほぼ同等の状態	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態。	① 内面等に軽微な変状が認められるが当面の使用には支障がない	要観察
S-3	変状が顕著に認められる状態 劣化の進行を遅らせる補修工事などが適用可能な状態。	① 漏水や内面等の変状が顕著に見られる状態 ② 今後、変状の進展が急速に増加すると思われる状況	補修・補強
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。 補強を伴う工事により対策が可能な状態。	① PC 鋼線の部分的な腐食・破断 ② 鋼管の小規模な貫通孔 ③ 著しい沈下や FRPM 管のひび割れ	補強・補修
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。 補強では経済的な対応が困難で、施設の更新が必要な状態。	① S-2 に評価される変状が更に進行した状態 ② 補強で対応するよりも、更新したほうが経済的に有利な状態	更新

*同欄の記載内容は目安として示したものであり、健全度ランクに対応する対策の必要性の有無及びその内容は、重要度や影響度、劣化要因、劣化の進行性等に応じ検討するものとする。

表- 3.3.4 パイプラインの施設状態評価表

地区名		SK地区		評価年月日		平成22年10月24日		
施設名		第2号A幹線		評価者		山田 三郎		
定 点 番 号		1845		調 査 地 点 (測 点 等)		2号-2号-1区間 (SP φ100)		
施設状態		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	要因別 総合評価	
漏水	漏水の進行(全管種)※1	無	－	有	－			
管内面調査	管路の変状	ひび割れ(RC,PC,ACP)	無	－	有	－	S-4	S-4
		ひび割れ(FRPM)	無	－	－	有		
		沈下(全管種)	無	0～10cm未満	10cm～20cm未満	20cm以上		
		進行性(全管種)	有りの場合1ランクダウン					
		継手曲げ角度(SP以外)	許容曲げ角度の1/2以内	許容曲げ角度以内	許容角度超や芯ずれ等で浸入水・不漏水あり	－		
		進行性	有りの場合1ランクダウン					
		継手間隔等(溶接又は接着継手は除く)	施工管理基準規格値内	規格値外だが浸入水・不漏水なし	大幅・全面的に規格値外等で浸入水・不漏水あり	－		
		進行性	有りの場合1ランクダウン					
		発錆状況(SP,DCIP)	無	軽微な錆が点在	一定範囲で全体的に錆が確認される	－		
		進行性	有りの場合1ランクダウン					
		たわみ量(SP,DCIP,FRPM)	4%以内	4%超5%以内	5%超	－		
		進行性	有りの場合1ランクダウン					
		テストバンド(φ900mm以上ソケットタイプ) (静水圧で5分間放置後の水圧)	80%超	－	80%以下	－		
※1漏水については施工時(初期値)と比較して漏水量が増えている場合“有”とする。ただし、施工時(初期値)がない場合は、許容減水量(土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」を参照)を超える場合を“有”と判断する。								
詳細調査※2	試掘調査	鉄鋼系管路外観調査(SP)	変状なし	腐食代2mm以内	腐食代2mm超	貫通孔あり	－	－
		PC管外観調査(中性化残り)	中性化残り10mm以上		中性化残り又はカバーコート厚10mm未満	PC鋼線腐食・破断		
※2管内面調査や事前調査結果から、詳細調査を行うか判断する。 (評価の流れにおける、主要因別評価及び施設状態評価の判定の考え方) 軽微な錆が点在しているためS-4評価となるが、参考情報に記載のとおり試掘による外観調査を実施したところ、腐食代が2mmを越えていたため、補修が必要であると判断し、エンジニアリングジャッジにより評価をS-3とした。なお、土壌の腐食性は主に鋼管の土壌の腐食性に用いる「DIN50929」という方法を用いて評価した。								

参考情報

調査項目				備考		
漏水事故の状況 (同一路線で過去に起きた事故件数)			事前調査により地区内のSP管において腐食性土壌を要因とするマイクロセルが発生している事例があったため、土壌調査を実施することとした。 土壌調査を実施した結果、腐食性土壌であることが判明したため、試掘による外観調査(詳細調査)を実施することとした。			
現地踏査	周返地盤の沈下等(全管種)	無				有
	上部及び周辺の土地利用(全管種)	変化なし				荷重増
事前調査	腐食環境調査※	土質調査(PC,SP,DCIP)	腐食土壌でない	腐食性土壌		
		周辺調査(SP,DCIP)	迷走電流の可能性なし	迷走電流の可能性あり		
	問診調査	供用年数				
		バルブの使用頻度と位置(FRPM,PVC)	近くにあるバルブはほとんど使用しない	近くに頻繁に使用するバルブがある		
※3腐食性土壌の懸念がある場合は、必要に応じて土壌調査を行い、試掘調査を行うか判断する。						

注1) 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され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。また、参考情報についても加味し考えることができる。

注2) S-1の評価は、この評価表に依らず評価者が技術的観点から個別に判定する。