

【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、「フランジ形ダクタイル鋳鉄管接合要領書」(社)日本ダクタ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。

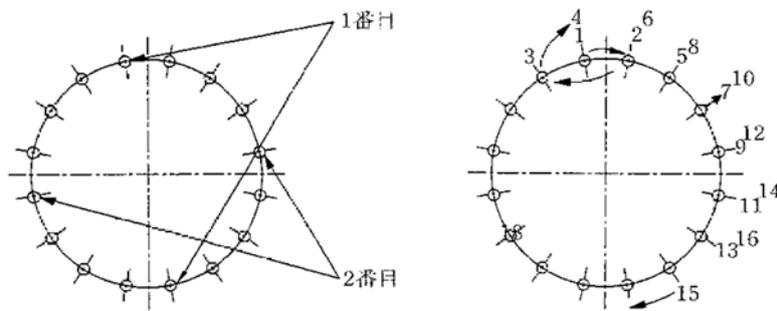


図-3.2.10 仮締め付け・追い締め付けの手順



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。



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）。

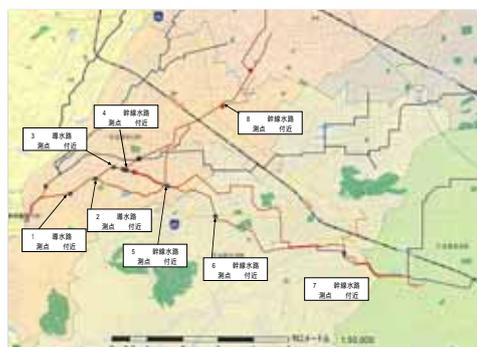


図-3.2.11 現地調査図例

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	〃	φ900mm 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

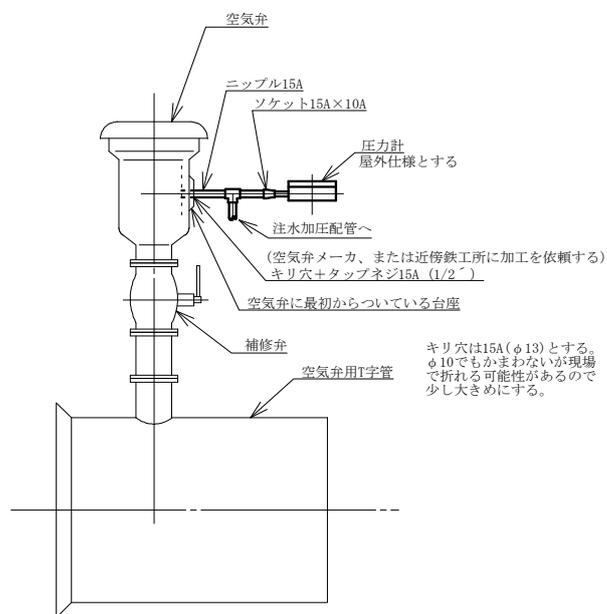
※定点における施設状態評価表を用いた調査の項目にも該当。

■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		
I. （その他要因） 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スリーブバルブ、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定制までに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。

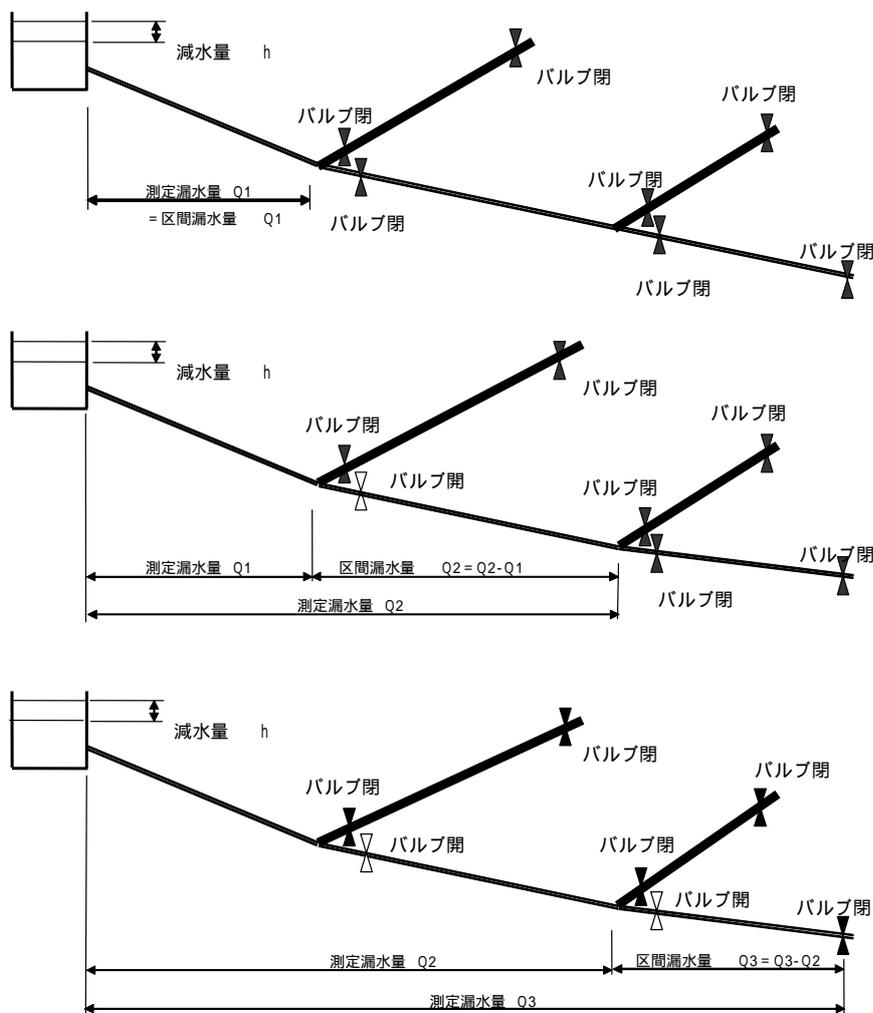


図-3.2.13 水張り試験による漏水量の計測

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。

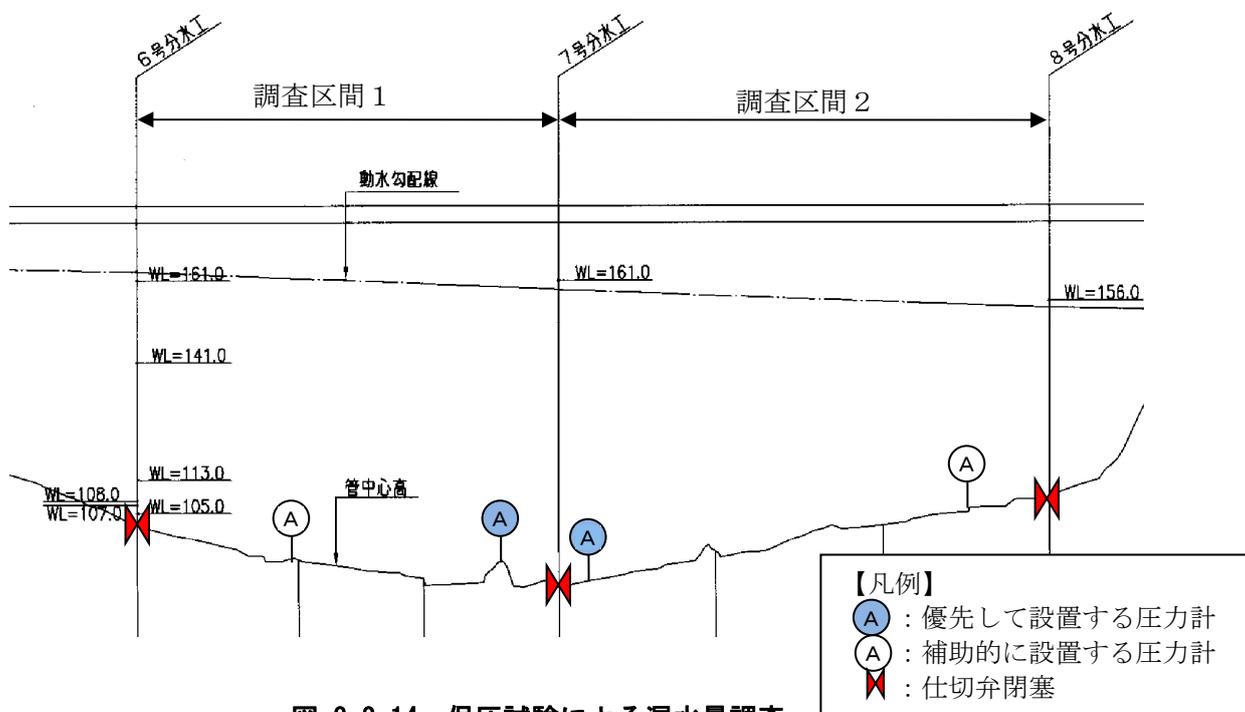


図-3.2.14 保圧試験による漏水量調査

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。

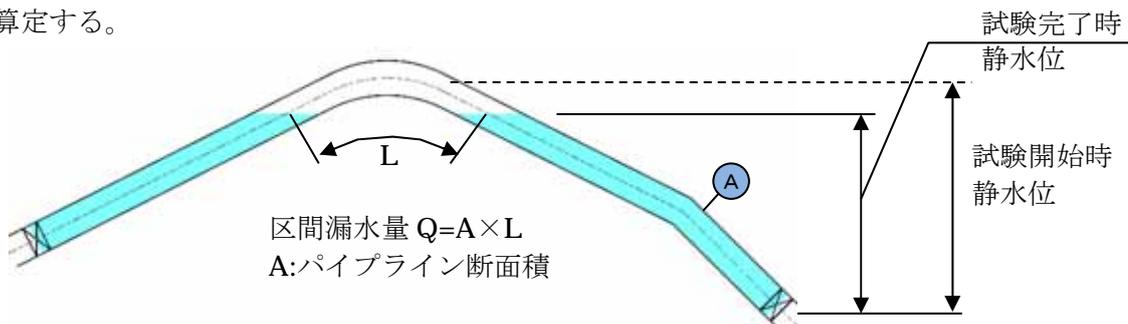


図-3.2.15 保圧試験による漏水量測定

【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。

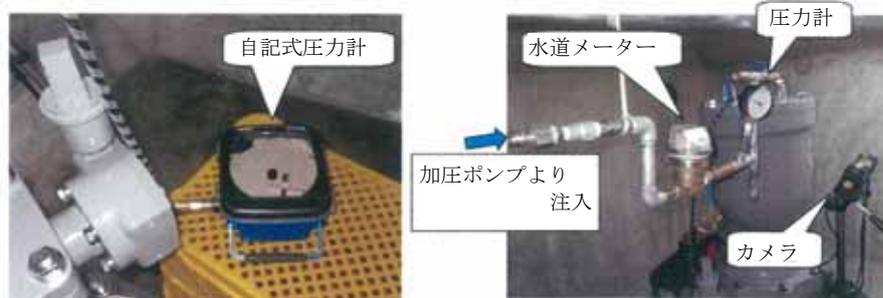


写真-3.2.14 加圧ポンプによる充水を行った事例

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	φ1600	0.08	1,920	18	100~150
2	1号送水路	FRPM3種	1,254	φ1200	0.05	1,200	8	50~100
3	2号送水路	FRPM3種	1,850	φ800	0.27	6,480	44	50~100
4	3号送水路	DCIP3種	965	φ1000	0.38	9,120	95	50~100
5	第1号幹線	DCIP2種	1,765	φ800	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くないこと、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	① 2号配水槽～①制水弁工の水位低下測定 ② 2号配水槽～②制水弁工の水位低下測定 ③ 2号配水槽～③制水弁工の水位低下測定 ④ 2号配水槽～⑥制水弁工の水位低下測定 ⑤ 2号配水槽～⑧制水弁工の水位低下測定 ⑥ 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；φ1200	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 ① ② ③	下記区間は漏水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 分土工から管内進入



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 DCIP					
定点番号	内面塗装・腐食							
	管頂部 (cm ² /m ²)		管底部 (cm ² /m ²)		左側部 (cm ² /m ²)			
211	①.有 無	2. 18.5	①.有 無	2. 11.2	①.有 無	2. 8.5	①.有 無	2. 9.2
212	①.有 無	2. 12.4	①.有 無	2. 7.2	①.有 無	2. 2.1	①.有 無	2. 2.3
213	①.有 無	2. 8.2	①.有 無	2. 5.2	1.有 ②.無		1.有 ②.無	
214	①.有 無	2. 8.5	①.有 無	2. 2.1	1.有 ②.無		1.有 ②.無	
215	①.有 無	2.	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。

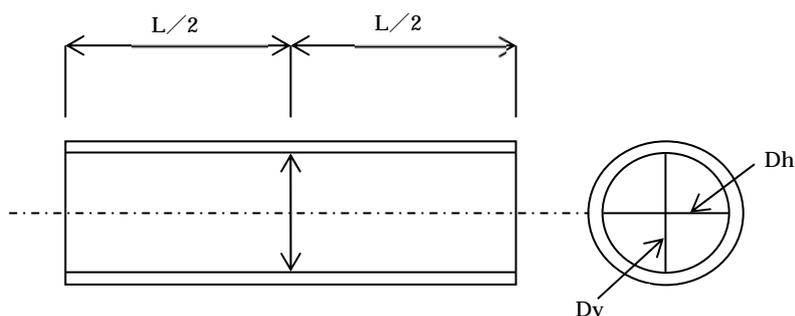


図-3.2.16 たわみ量の測定



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)					
	SP		DCIP		FRPM	
	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。

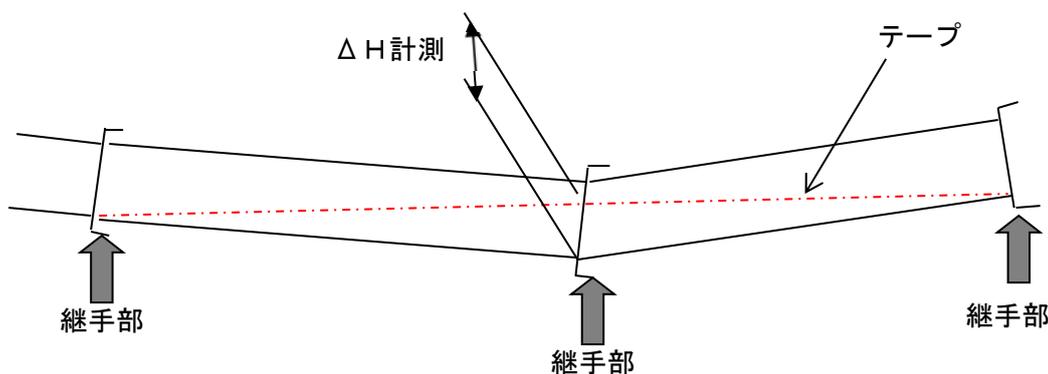


図-3.2.17 沈下調査の例

■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、ファイラ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。

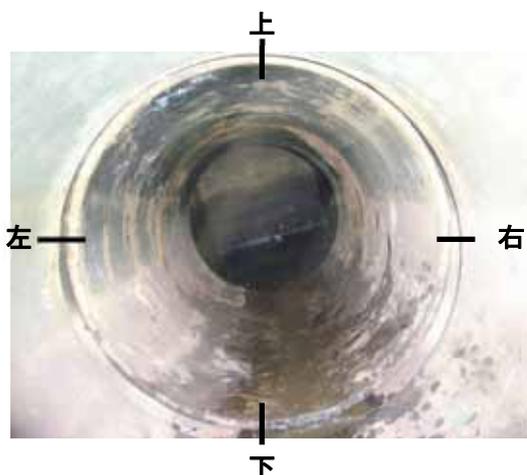


写真-3.2.27 ジョイント間隔測定箇所

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

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

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

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

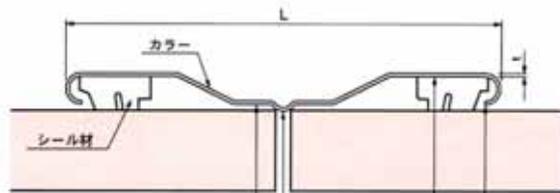
整理番号				記入者	
地区名	2号配水槽下流 50m			調査年月日	
路線名		施設名	2号配水槽下流 50m		
管路諸元	口径；1800mm 管種 FRPM				
管路番号	継手状況				
	管頂部(mm)	管底部(mm)	右側部(mm)	左側部(mm)	
21	2.5	14.5	12.5	3.5	
22	8.5	13.5	8.5	3.5	
23	9.5	14.5	95	5.5	
24	8.5	15.5	12.5	4.5	
25	7.5	14.5	12.5	4.5	

B-7) 継手間隔

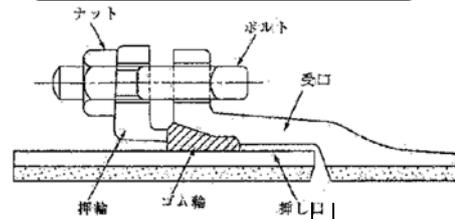
■目的・調査方法

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。

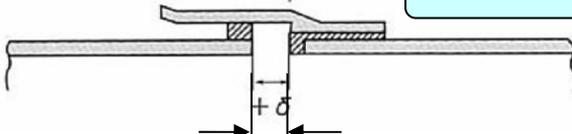
RC管（A型の場合）



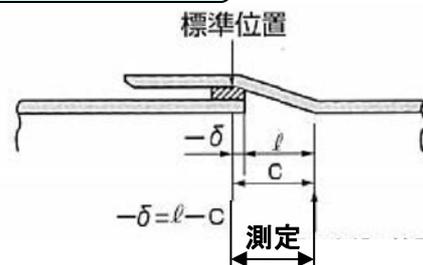
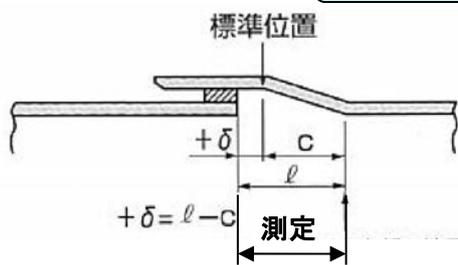
DCIP管（K型の場合）



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」（農村振興局）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。

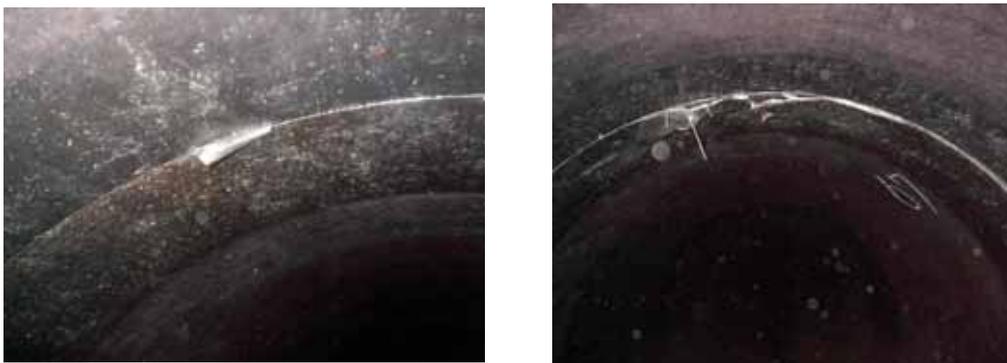


写真-3.2.29 継手部劣化（継手ラバーガasketの離脱）

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。

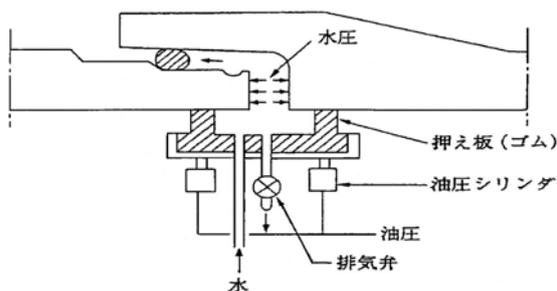


図-3.2.19 テストバンドの機構の概略

■留意点

管内面からの試験になるので管径φ900mm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	水圧			
	試験水圧 (MPa)	5分後水圧 (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

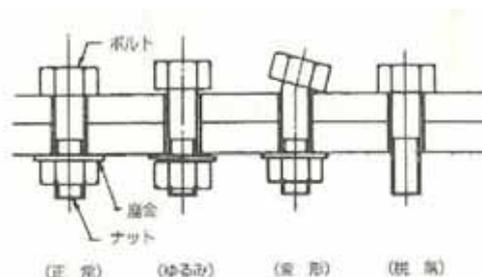


図-3.2.20 ボルトの緩み状況

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。

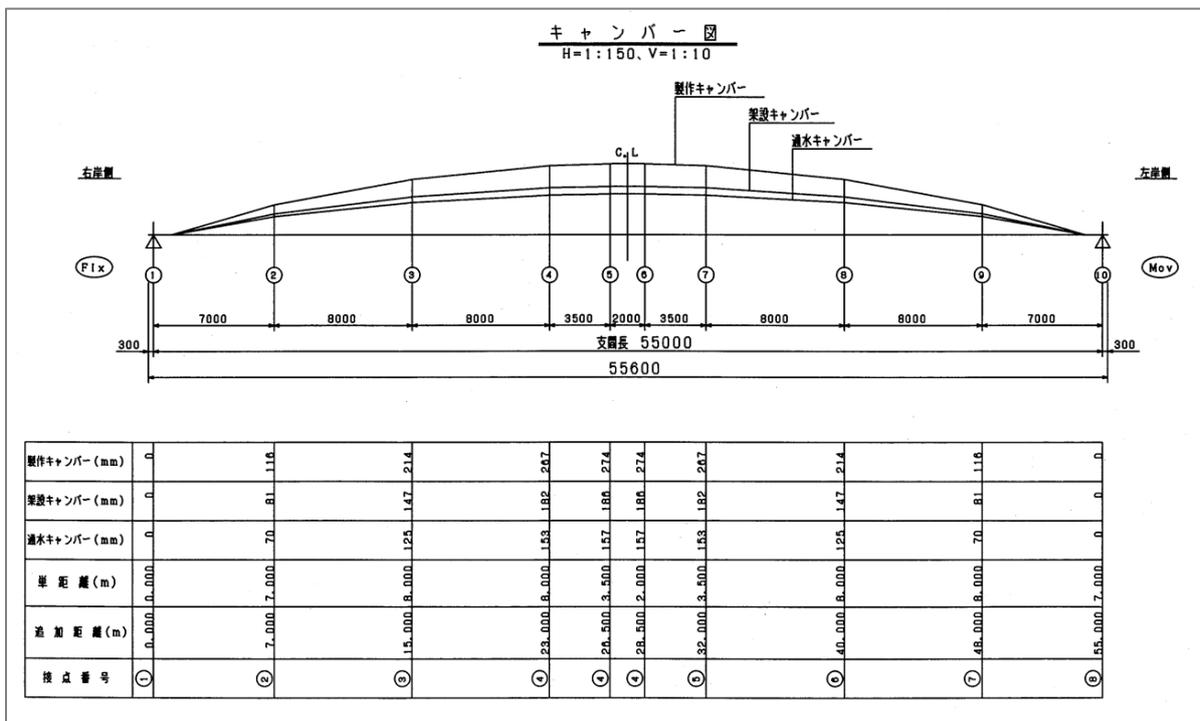
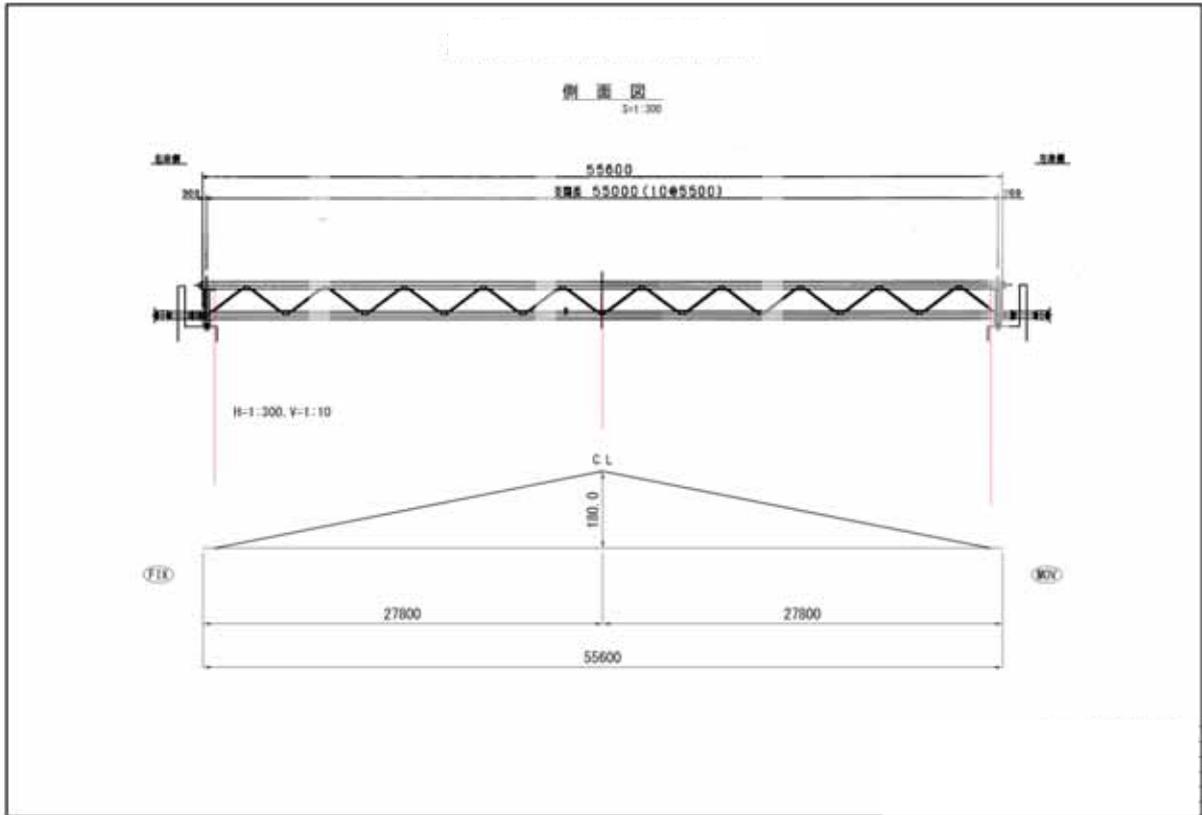


図-3.2.21 現地測定結果とキャンバー図の比較検討結果例

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。

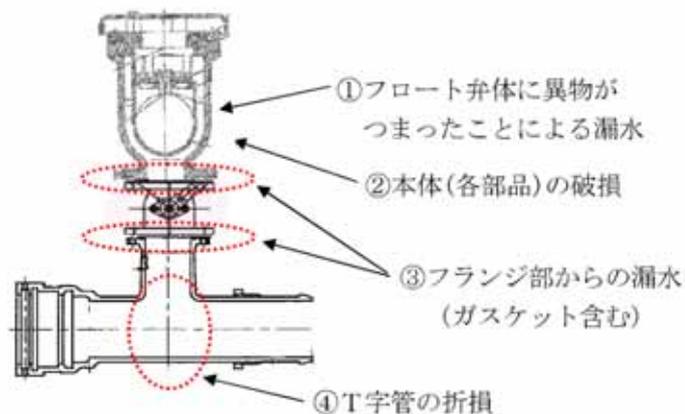
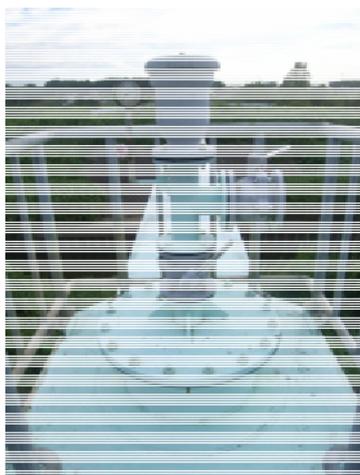


図-3. 2. 22 空気弁の故障要因例

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。

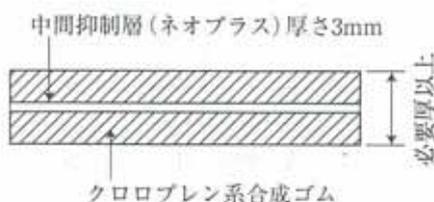


図-3.2.23 フレーム形式支承 (ゴム支承)

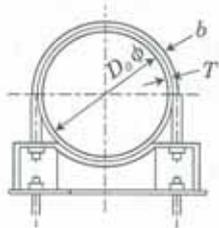


図-3.2.24 パイプ形式(サドルサポート)

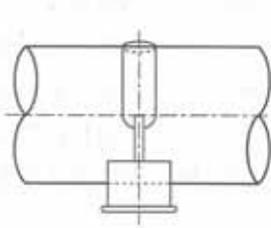
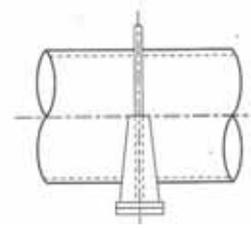
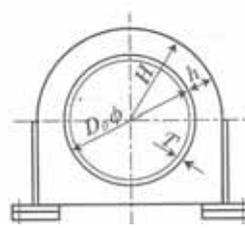


図-3.2.25 パイプ形式(リングサポート)



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

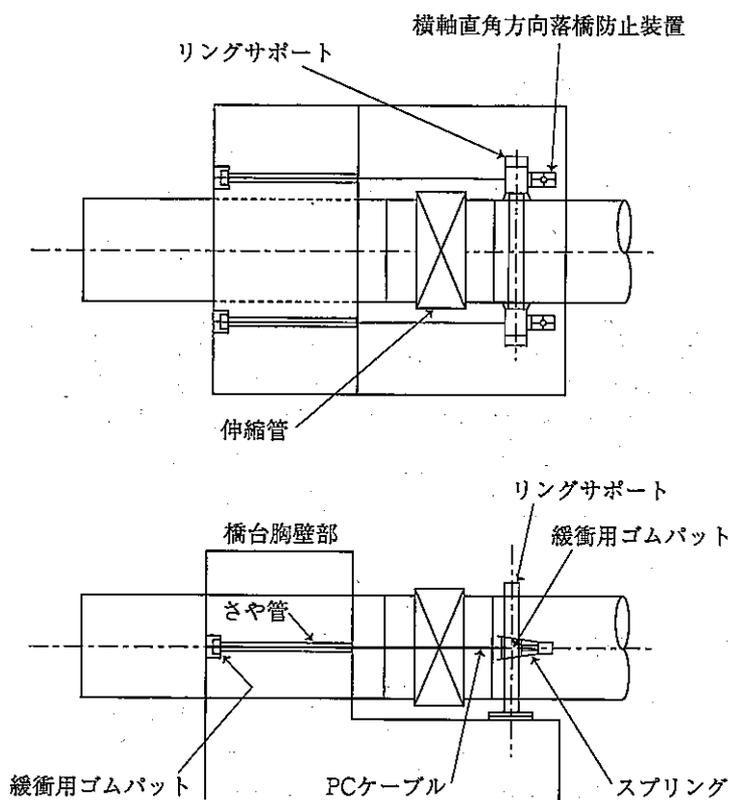


図-3.2.26 水管橋の落橋防止装置の構造例

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」



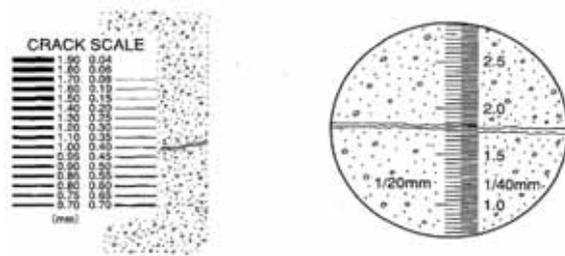
写真-3.2.47 落橋防止装置の診断状況

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。

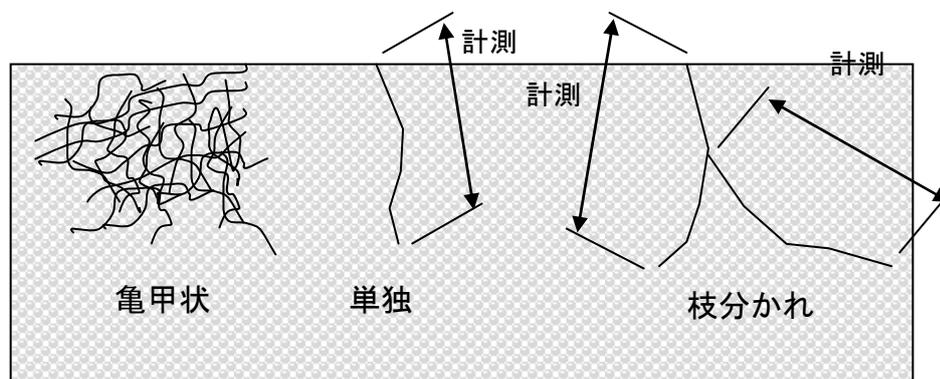


図-3. 2. 28 ひび割れ長さの測定例

■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

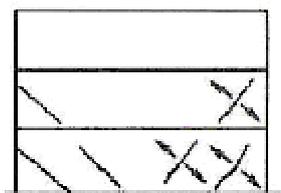
出典：「橋梁定期点検要領」

■ひび割れタイプの判断方法

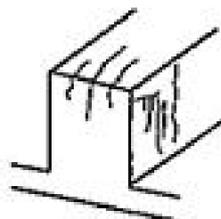
各種ひび割れの特徴を以降に示す。

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。

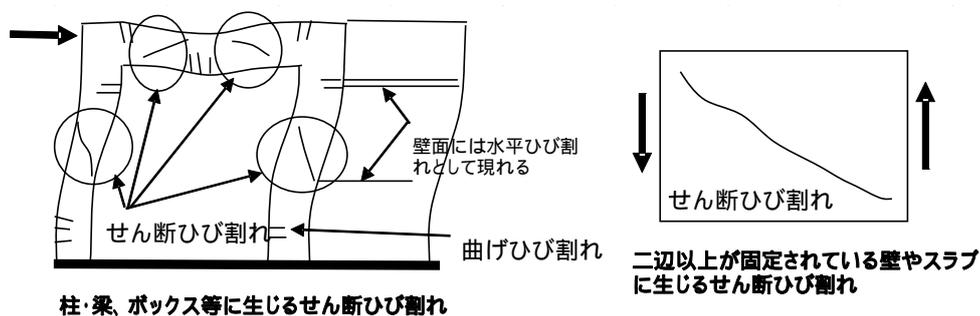


図-3. 2. 30 せん断ひび割れ

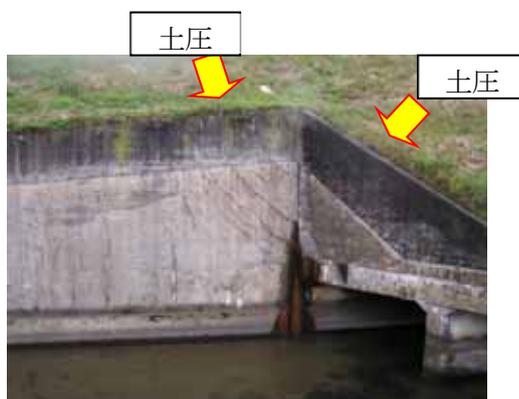


写真-3. 2. 50 土圧によるせん断ひび割れ

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。

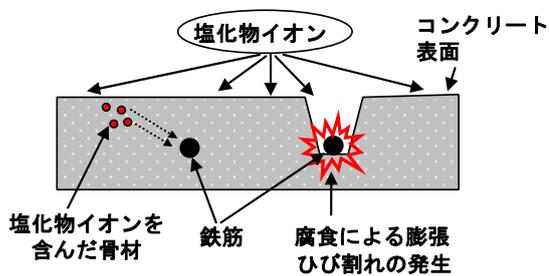


図-3.2.31 塩害のメカニズム

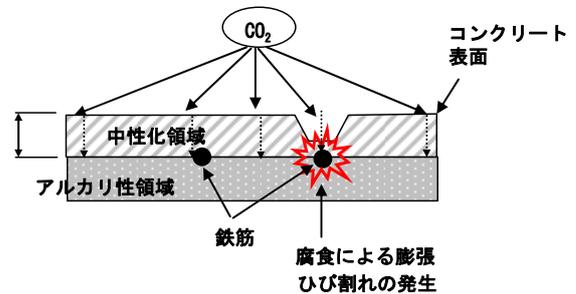


図-3.2.32 中性化のメカニズム

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。

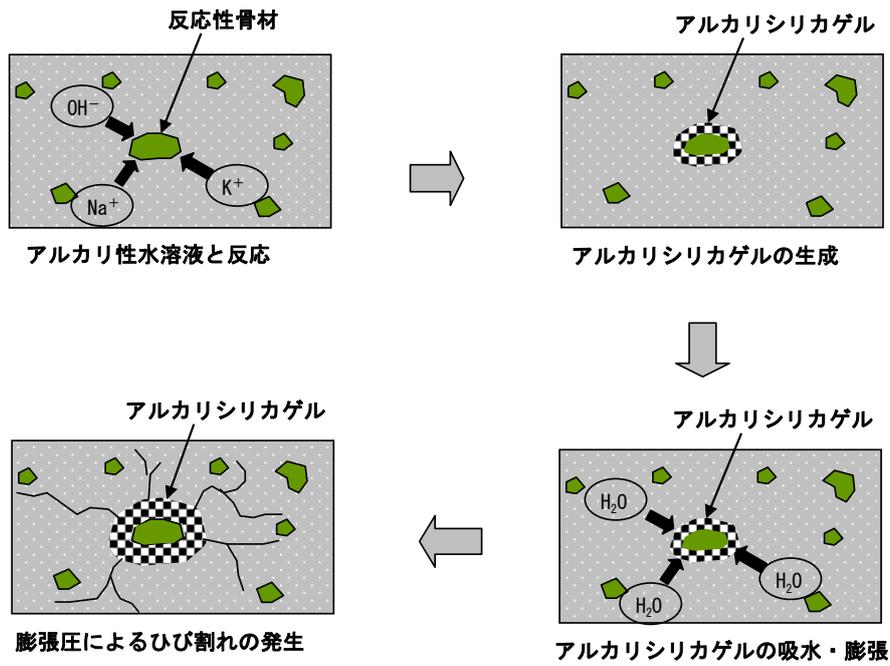


図-3. 2. 33 アルカリシリカ反応のメカニズム



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。

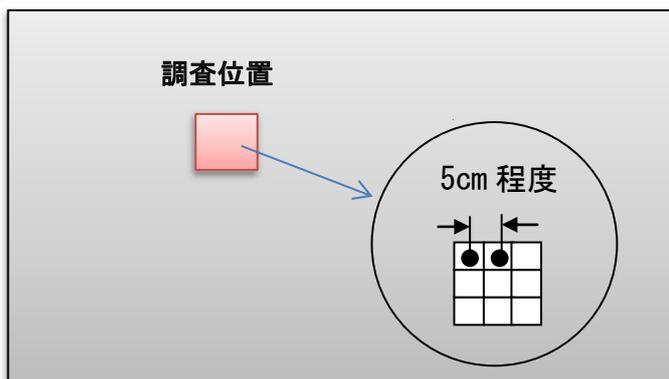


写真-3. 2. 58 リバウンドハンマー試験

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

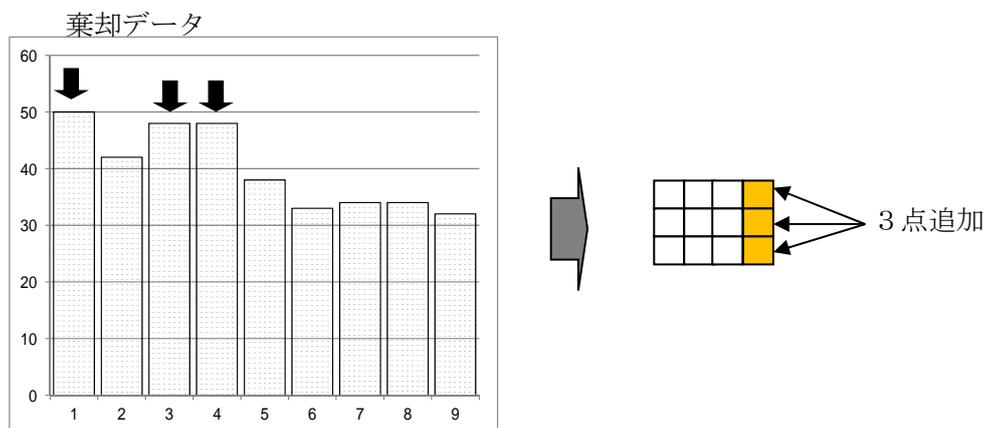
1箇所の測定では、互いに2.5cm～5cmの間隔をもった9点について測定し、同一点は打撃しない。反響やくぼみ具合などから判断して明らかに異常と認められる値、または、その偏差が平均値の20%以上になる値があれば、その反発度を捨て、これに代わる測定値を補うものとする。事前に碁盤目状にマーキングを行っておけば、効率よく測定を行うことができる。打撃は、測定器を測定面に対して垂直に配置し、ゆっくり壁面に押し付けるようにして打撃する。

■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/mm²)

R : 平均反発度 (有効反発度の平均値)

R₁ : 打撃角度による補正值

R₂ : 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。

・ R₁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(R₁)を加える。

表-3.2.33 打撃角度による補正值(R₁)

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。

・ R₂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(R₂)

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

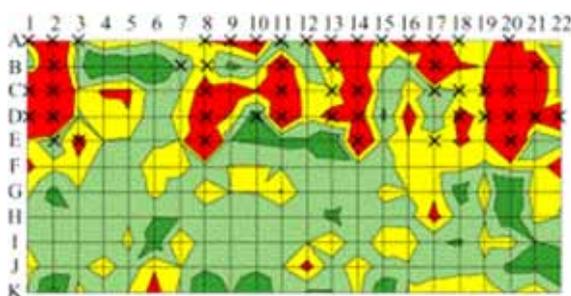


図-3.2.35 コンクリートテスター測定結果例

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。

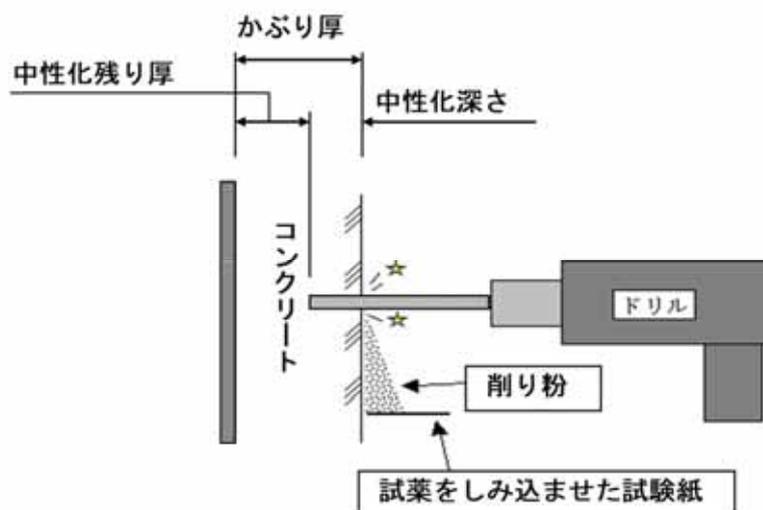


図-3.2.36 ドリル法による中性化試験



写真-3.2.61 ドリル法による中性化試験

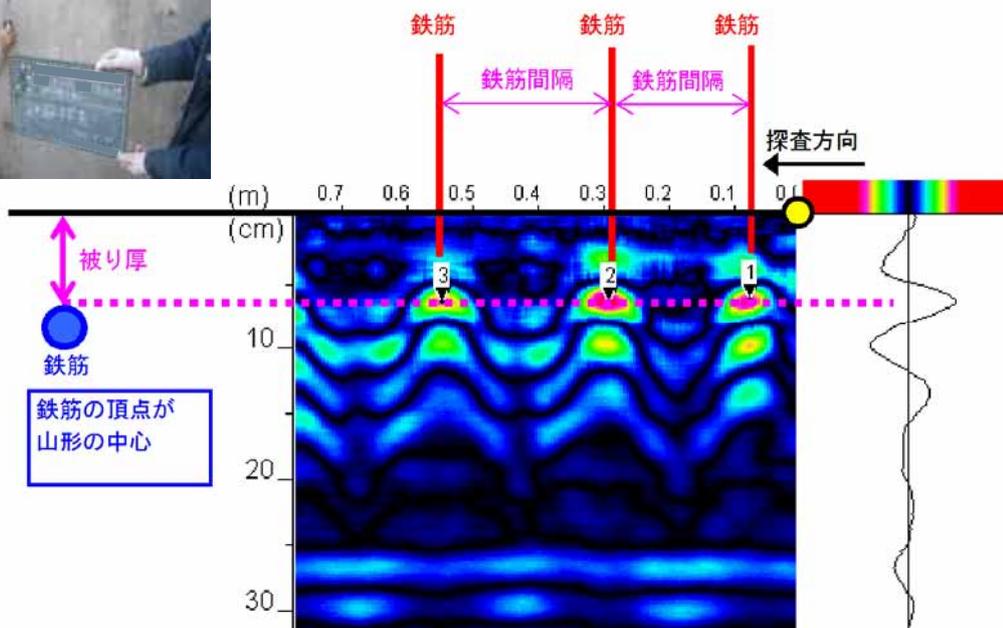
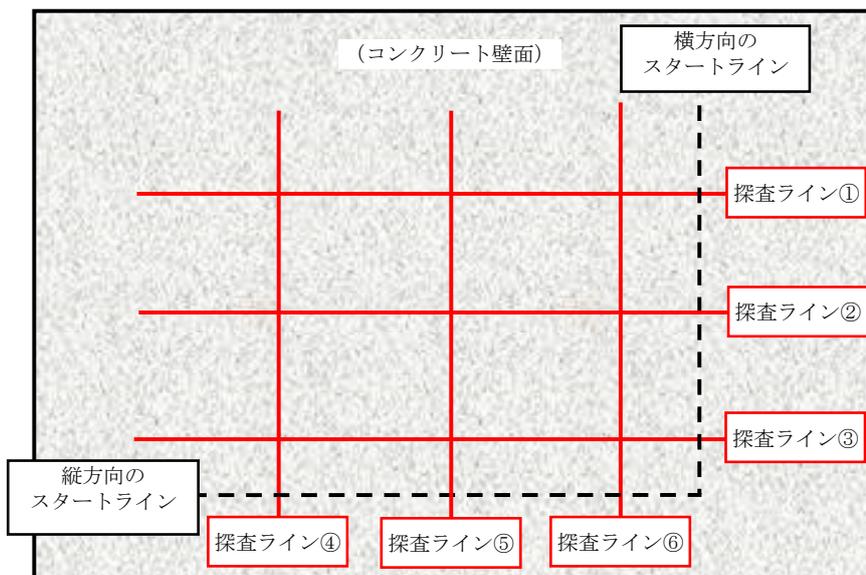
中性化残りは、これまでの実験結果より、15mm以下では鋼材腐食が始まる可能性が高まり、10mm以下では鋼材腐食の進展が見られるとされている。塩害の条件がある場合はさらに発錆条件が厳しく、基準によって中性化残りの限界値の設定が10～15mmの間でばらつきが見られる。

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査ライン①～⑥を設ける。
- ・スタートラインを決定し、探査ラインに沿って探査計を走行させる。
- ・探査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。
- ・探査装置は、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ことが多いことから、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。

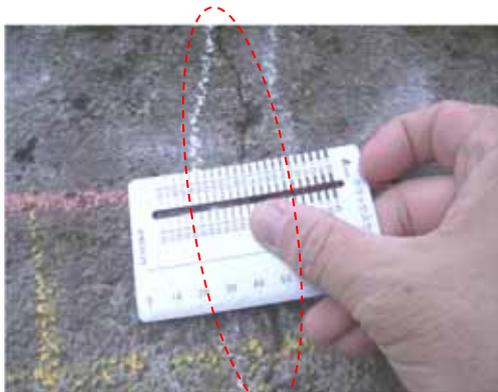
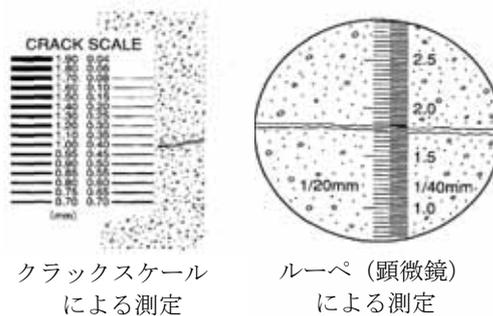


写真-3.2.64 ひび割れ幅計測



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。

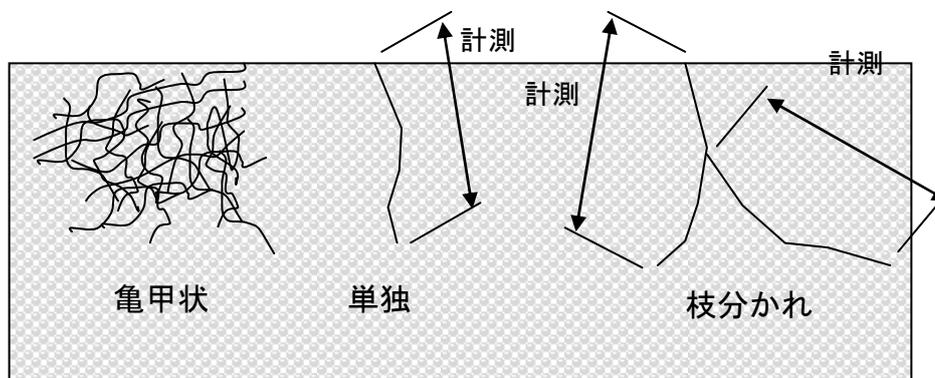


図-3.2.38 ひび割れ長さの測定例

■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。