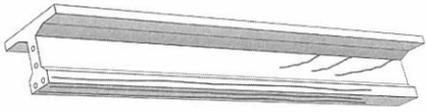
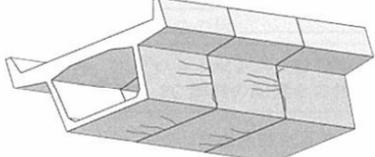
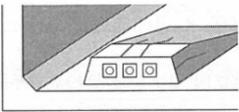
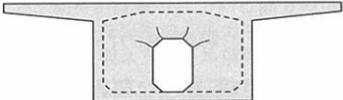
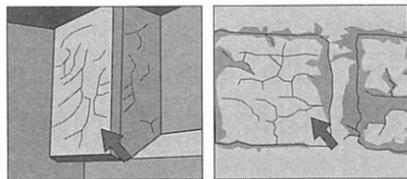
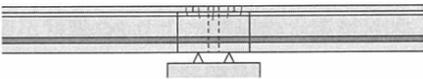


PC 構造物の施工直後までに発生するひび割れには、乾燥収縮や温度応力によるひび割れの他に、プレストレス導入に伴う局部応力等が要因となるひび割れなどがある。以下にPC 構造物に係るひび割れパターンの例を示す。

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
PC 構造特有のひび割れ	位置：PC 桁側面，下面 状況：PC ケーブルに沿ったひび割れ 	ポストテンション方式の PC 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 PC 鋼材が腐食することが原因で PC ケーブルに沿ったひび割れが生じる。
	位置：PC 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：PC 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 PC 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、PC 部材本体ではないものの、PC 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点部 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

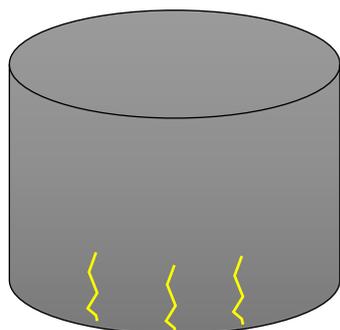


図-3. 2. 39 乾燥収縮・温度応力ひび割れ発生位置

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。

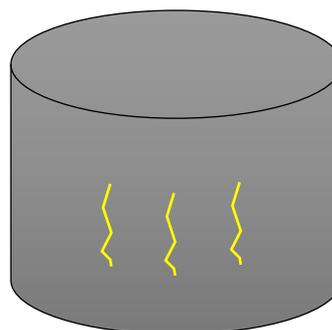
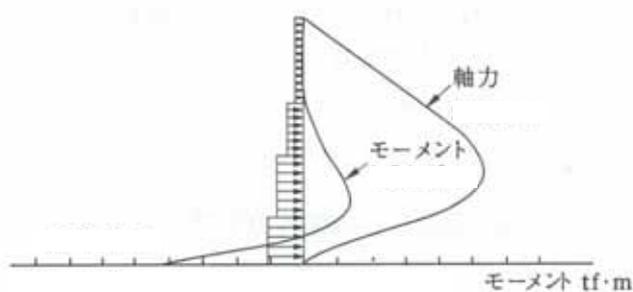


図-3. 2. 40 プレストレス力による断面力とひび割れ

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。

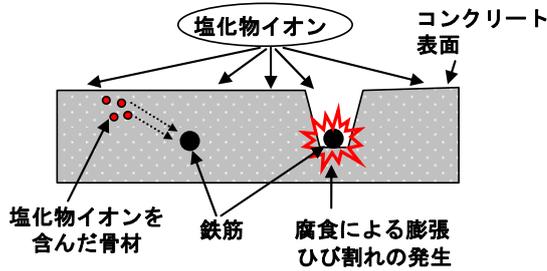


図-3.2.41 塩害のメカニズム

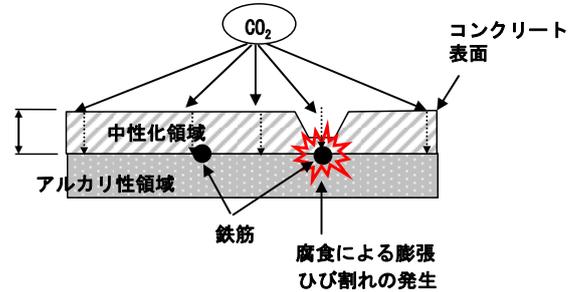


図-3.2.42 中性化のメカニズム



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。

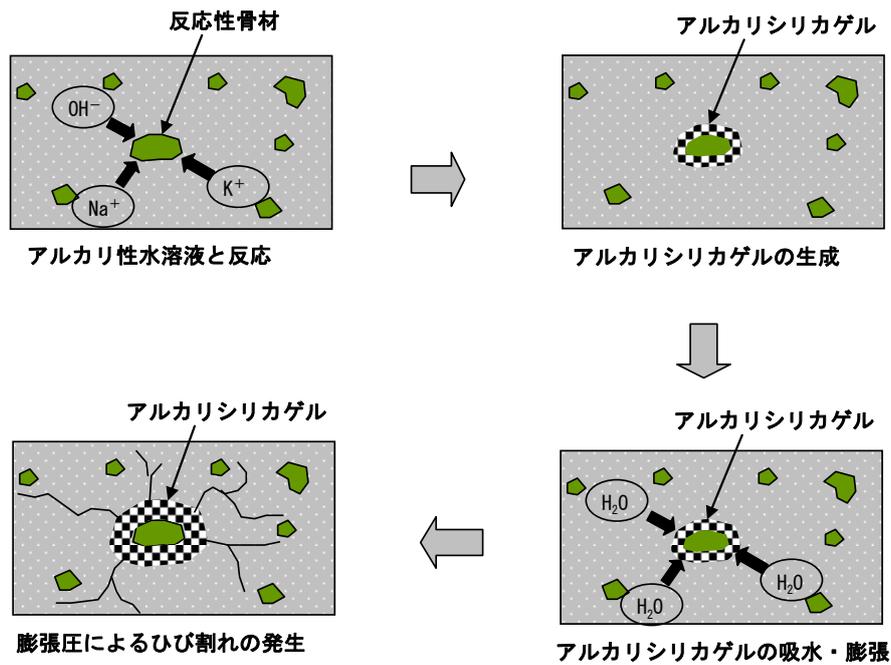


図-3.2.43 アルカリシリカ反応のメカニズム



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されれば、PC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（PC構造）、ピラスター（RC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。

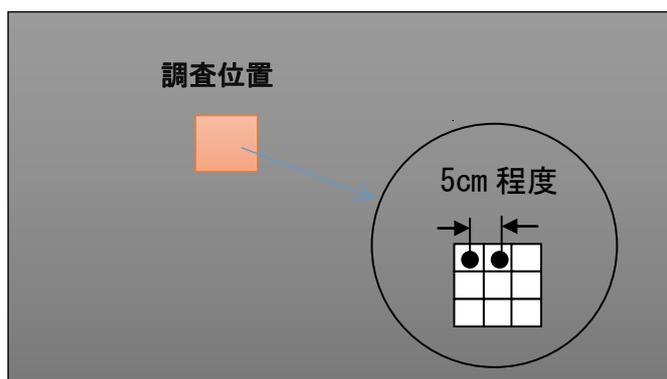


写真-3.2.74
リバウンドハンマー試験

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/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-3.2.37 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. 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(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：JICE1986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		
		PC構造 30N/mm ²	RC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。

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。

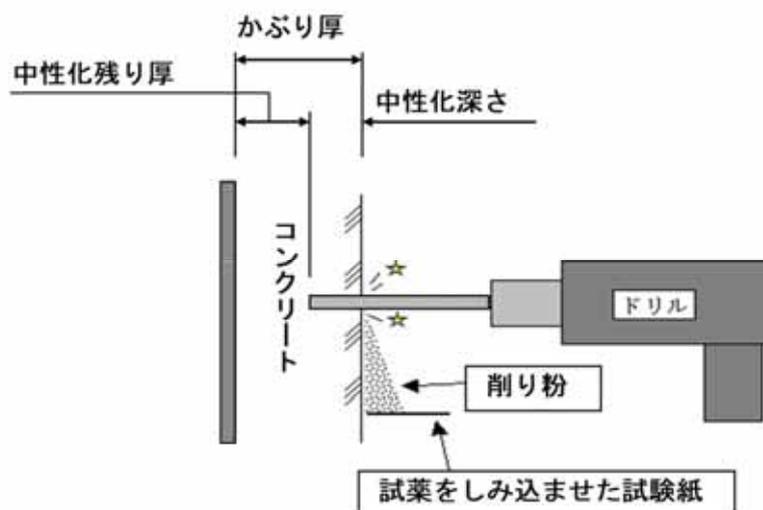


図-3.2.45 ドリル法による中性化試験



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。

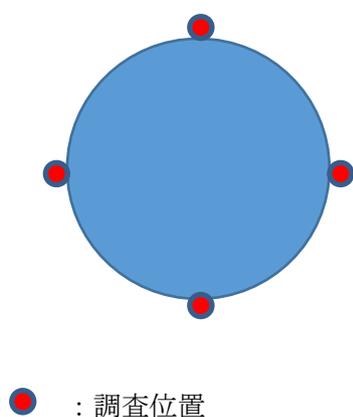


図-3.2.46 下げ振りをを用いたファームポンドの変形測定

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-2号-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 関連表に よる)	劣化要因	評価	特記事項(可能性のある劣化要因等)		
	C/Sマクロセル腐食		特になし		
	電食				
	土壌マイクロセル腐食				
	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	△				
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	<input type="checkbox"/> あり	<input checked="" type="checkbox"/> なし	No.	
	写真	<input checked="" type="checkbox"/> あり	<input type="checkbox"/> なし	No.	046
変 状 項 目		変状の状態・程度			
漏水の進行(全管種)		<input type="checkbox"/> なし			
		<input type="checkbox"/> あり			
ひび割れ(RC,PC,ACP)		<input type="checkbox"/> なし			
		<input checked="" type="checkbox"/> あり	最大のひび割れ幅→	測定値	0.10 (mm)
ひび割れ(FRPM)		<input type="checkbox"/> なし			
		<input type="checkbox"/> あり	測定値	(mm)	
沈下(全管種)		<input checked="" type="checkbox"/> なし	<input type="checkbox"/> 0~10cm未満	<input type="checkbox"/> 10cm以上~20cm未満	<input type="checkbox"/> 20cm以上
			測定値	(mm)	
沈下の進行性		<input type="checkbox"/> あり			
継手曲げ角度(SP以外)		<input checked="" type="checkbox"/> 許容角度1/2以内	<input type="checkbox"/> 許容角度以内	<input type="checkbox"/> 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		<input type="checkbox"/> あり			
継手間隔等(溶接又は接着継手は除く)		<input type="checkbox"/> 規格値内	<input type="checkbox"/> 規格値外だが浸入水・不明水なし	<input type="checkbox"/> 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		<input type="checkbox"/> あり			
発錆状況(SP,DCIP)		<input type="checkbox"/> なし	<input type="checkbox"/> 軽微な錆が点在	<input type="checkbox"/> 一定範囲で全体的に錆が確認される	
発錆の進行性		<input type="checkbox"/> 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)		<input type="checkbox"/> 4%以内	<input type="checkbox"/> 4%超5%以内	<input checked="" type="checkbox"/> 5%超	5.0 (mm)
たわみ量の進行性		<input type="checkbox"/> あり			
テストバンド		<input type="checkbox"/> 80%超	<input type="checkbox"/> 80%以下	(%)	
鋼管系管路外観調査		<input type="checkbox"/> 変状無し	<input type="checkbox"/> 腐食代2mm以内	<input type="checkbox"/> 腐食代2mm超	<input type="checkbox"/> 貫通孔あり
PC管外観調査(中性化残り等)		<input type="checkbox"/> 10mm以上	<input type="checkbox"/> 10mm未満	<input type="checkbox"/> 腐食・破断	(mm)

1 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	<p>1.対策必要有(以下から選択)</p> <p><input type="checkbox"/> 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。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 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。</p> <p><input type="checkbox"/> ③緊急の対策、調査は必要ない。</p> <p><input type="checkbox"/> 2. 対策必要無し</p> <p>【特記事項】 特になし</p>
<p>想定される 主な劣化要因</p> <p>※複数指定可</p>	<p>【劣化要因】</p> <p><input type="checkbox"/> 1.初期欠陥(管材・施工) <input type="checkbox"/> 2.中性化 <input type="checkbox"/> 3.アルカリ骨材反応 <input type="checkbox"/> 4.凍害 <input type="checkbox"/> 5.化学的腐食</p> <p><input type="checkbox"/> 6.疲労 <input type="checkbox"/> 7.摩耗・風化 <input type="checkbox"/> 8.構造外力(地震を含む) <input type="checkbox"/> 9.近接施工 <input type="checkbox"/> 10.支持力不足(沈下)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 11.過剰水圧 <input type="checkbox"/> 12.マイクロセル腐食 <input type="checkbox"/> 13.C/Sマクロセル腐食 <input type="checkbox"/> 14.電食 <input type="checkbox"/> 15.腐食性土壌</p> <p><input type="checkbox"/> 16.水質 <input type="checkbox"/> 17.その他マクロセル <input type="checkbox"/> 18.管内劣化(発錆等) <input type="checkbox"/> 19.カハコート腐食 <input type="checkbox"/> 20.その他</p> <p>【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</p>
<p>想定される 劣化過程評価</p>	<p>【劣化過程】</p> <p><input type="checkbox"/> I ; 潜伏期 <input checked="" type="checkbox"/> II ; 進展期 <input type="checkbox"/> III ; 加速期 <input type="checkbox"/> IV ; 劣化期</p> <p>【特記事項】 該当なし</p>

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			
測定場所	2号配水槽下流 50m 幹線2号送水路第2分土工下流 25m		
調査個目		2号配水槽	2号分土工
		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。		

管内面視調査は現地調査（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 クリーブ試験 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。

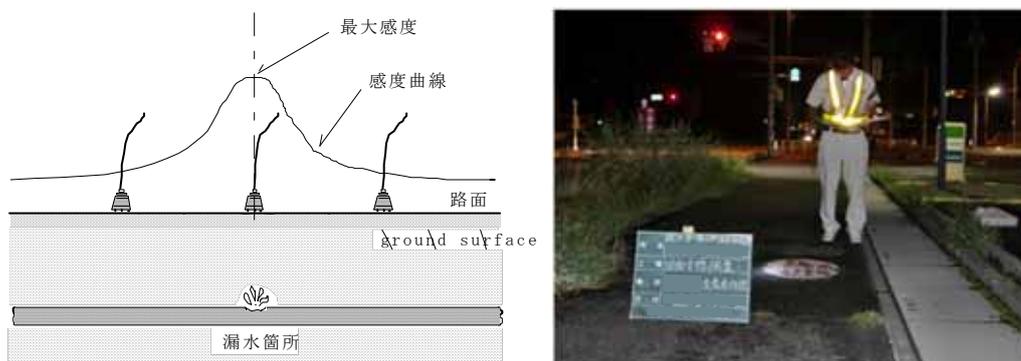


図-3.2.52 路面音聴調査概要図

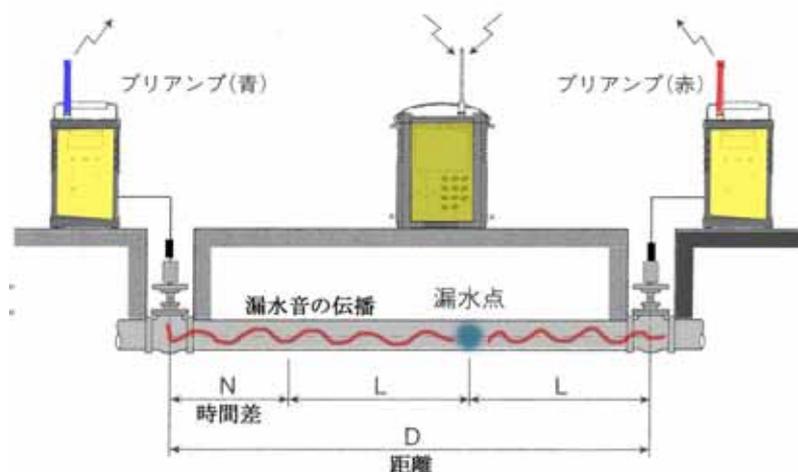


図-3.2.53 相関調査概要図

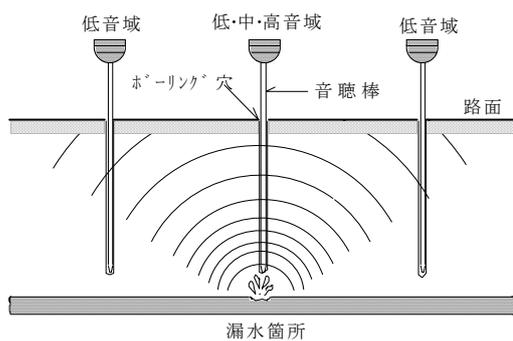


図-3.2.54 漏水確認調査概要図

■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、ゴムの物性や細菌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、細菌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

細菌による食害調査は、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（細菌）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。

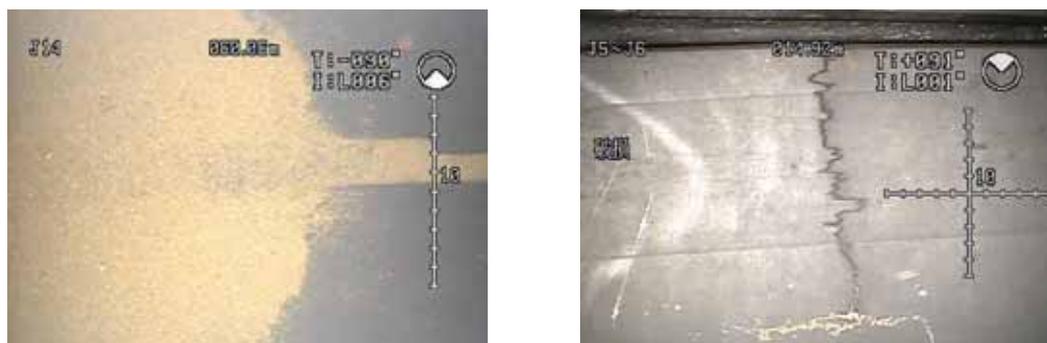


写真-3. 2. 86 管内状況 (FRPM、左：継手部堆砂、右：クラック)

■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

分水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）

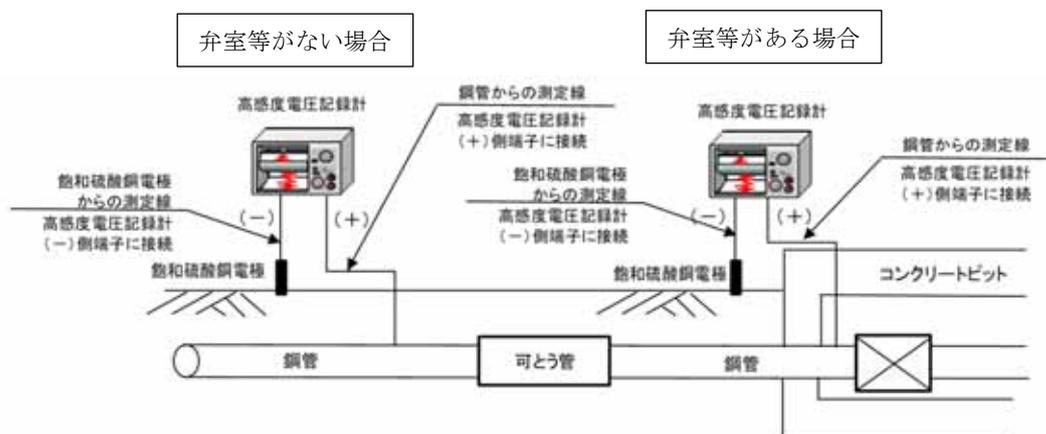


図-3.2.55 管対地電位測定例

■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。

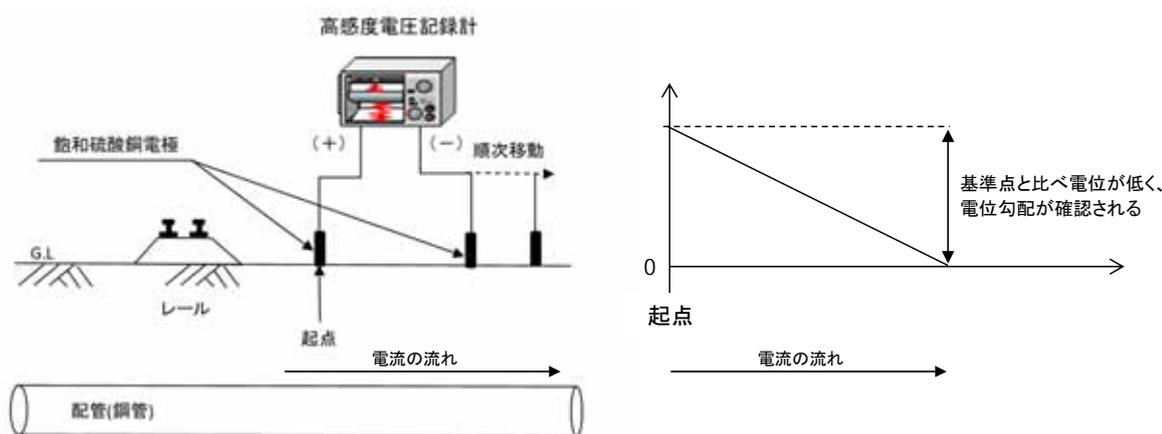


図-3.2.56 地表面電位勾配測定例

■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っ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、PC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。

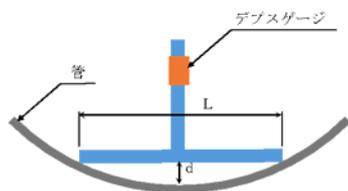


図-3.2.57 曲率半径の測定

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」（裕昌也、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」(裕昌也、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

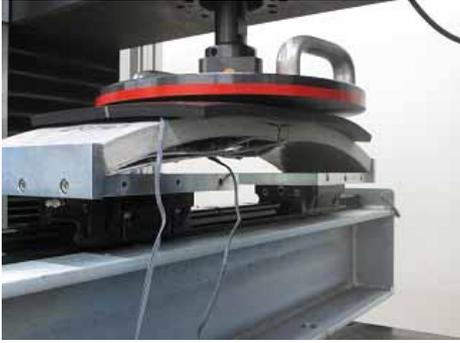
調査対象区間のパイプラインを掘削して供試管を採取し、ACPは旧 JIS A 5301 に準じた曲げ試験、水圧破裂試験、環片圧壊試験を実施する。PC及びRCは JIS A 5303 の外圧試験を実施する。FRPMについては、外圧試験(JIS A 5350)、内圧試験、管体ガラス繊維配向性確認試験、ガラス繊維使用量確認試験等を行う。

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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	—	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	—	<ul style="list-style-type: none"> 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。

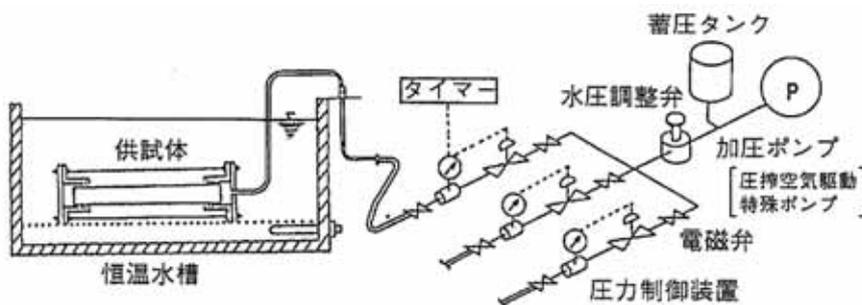


図-3.2.58 内圧クリープ試験装置

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。

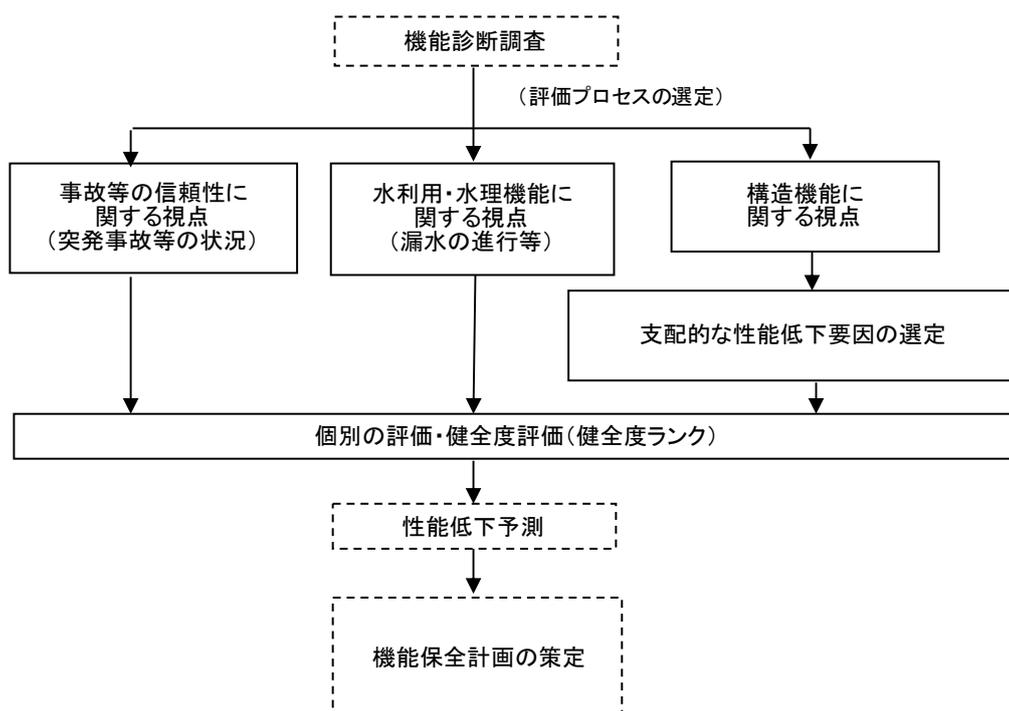


図-3.3.1 機能診断評価のプロセス

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（ $\phi 800$ 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 μ 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	水分	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(SPφ100)						
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	-	S-4	S-4	S-3	
	管内面調査 管路の変状	ひび割れ(RC,PC,ACP)	無	-	有				-
		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	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クにより評価を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を用いる「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※3	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断する。