

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	13	実用レベル	I
診断対象	管路 - ゴム	診断項目	ゴムの劣化度
手法名称	採取供試体の材質試験（伸び、硬度）による変化確認		
概要	<p>管の接続部分などに使われているゴム・ガスケットの劣化度合いを調査するために管路を開削し、そのゴム・ガスケットを供試体として採取後、伸びや硬度変化を測定する。</p>		
調査方法	<p>「JISハンドブック ゴム」に定められた各種試験法で劣化度合いを推察する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 破壊特性：引張試験 JIS K 6251 引裂き試験 JIS K 6252 ● 弾性・粘弾性特性：硬さ試験 JIS K 6253 永久歪み試験 JIS K 6262 ● 環境劣化特性：老化試験 JIS K 6257 耐薬品性 		
適用条件、調査精度等	<p>JIS により定められた試験方法は材料試験の基準値であることから、その測定精度は高い。</p> <p>しかし、伸びやゴム硬度の測定結果による新旧の変化度合いと老朽度（耐用年数の推定）の因果関係は今後の研究課題である。</p>		
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● （財）日本規格協会、「JISハンドブック ゴム」 		
備考			

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	14	実用レベル	I
診断対象	鉄系管 - 腐食	診断項目	管路危険度の判定
手法名称	水の浸食性調査		
概要	<p>ランゲリア指数（飽和指数）とは、水の実際のpH値と理論的pH値（pH_s：水中の炭酸カルシウムが溶解も析出もしない平衡状態にあるときのpH値）との差をいい、炭酸カルシウムの被膜形成の目安としている。</p>		
調査方法	<p>水質分析結果からランゲリア指数（飽和指数）を算出し、使用管種、供用年数から管内面腐食を推定する。</p> <p>ランゲリア指数は、水のpH値、カルシウムイオン量、総アルカリ度および溶解性物質質量から、次式によって求める。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ランゲリア指数 = 水のpH値 - pH_s ● $pH_s = 8.313 - \text{Log} [Ca^{++}] - \text{Log} [A] + S$ 		
適用条件、調査精度等	<p>指数が、正の値で絶対値が大きいほど炭酸カルシウムの析出が起りやすく、ゼロであれば平衡関係にあり、負の値では炭酸カルシウムの被膜は形成されず、その絶対値が大きくなるほど水の腐食傾向が強くなる。</p>		
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● （財）水道管路技術センター、「铸铁管・鋼管・硬質塩化ビニル管 診断手法の開発調査報告書」、pp33～34、1994 		
備考			

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	16	実用レベル	I
診断対象	鉄系管 - 腐食	診断項目	管路危険度の判定
手法名称	埋設環境による診断		
概要	<p>管体の腐食は、埋設環境土壌の土質に左右される。土壌の腐食性を判断する場合、種々の要因があるが、土壌の物理的特性と化学的特性について5項目に絞って、調査を行う。</p> <p>調査項目は(1)土壌の比抵抗、(2)pH、(3)Redoxd電位(酸化還元電位)、(4)水分、(5)硫化物となる。</p>		
調査方法	測定後、アメリカ国家規格(ANSI A 21.5-1972)の付属書で推奨される基準を用いて土壌の腐食性を判定する。		
適用条件、調査精度等	<p>合計点が10点以上のときは腐食性土壌である。(総合評価法)</p> <p>掘削方法として、最小限の掘削範囲、即日の本復旧が可能であるMDP (Minimum Digging Process) 工法がある。</p>		
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● (財)水道管路技術センター、「铸铁管・鋼管・硬質塩化ビニル管 診断手法の開発調査報告書」、pp15、pp34~37、1994 		
備考	<p>土壌の腐食性因子に経過年数を組み合わせて土壌の腐食性を判定し、管外面の腐食状況を推定する方法もある。(相乘法)</p> <p>MDP工法の詳細は、本報告書の「4.5.4.2 最小掘削断面による管体調査(MDP工法)の効率性および作業性に関する研究」を参照とする。</p>		

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	17	実用レベル	I
診断対象	鉄系管 - 腐食	診断項目	管路危険度の判定
手法名称	極値統計による寿命予測		
概要	<p>腐食が均一（全面腐食）であれば、一部の測定結果を全体の腐食とほぼ同じとして評価できるが、通常は不均一な腐食（局部腐食）であるため部分的な測定では全体の腐食状態を判断できない。</p> <p>このため、管路の一部の測定値（残存管厚）を使った極値統計の手法により全体の腐食を推定する。</p>		
調査方法	<p>管路の一部の残存管厚を測定した後、極値統計の手法により管路全体の腐食の推定する。</p> <p>最大値（最小値）の累積分布が二重指数関数で与えられることから、解析により極値、すなわち全体の最大値（最小値）を推定する。</p>		
適用条件、調査精度等			
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● JFEソルデック（株） http://www.jfe-soldec.co.jp/ ● （株）日鐵テクノリサーチ http://www.nstr.co.jp/nstr2.htm 		
備考	<p>残存管厚の測定方法は、「管外面からの残存管厚の測定」（手法番号24）または「管内面または掘り上げ管からの残存管厚の測定」（手法番号25）を参照とする。</p>		

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	18	実用レベル	Ⅱ n
診断対象	鉄系管 - 腐食	診断項目	劣化度の調査・測定
手法名称	水撃波による劣化状況調査		
概要	<p>水中の水撃波を利用して水道管の劣化状況を非開削で把握する。 消火栓などを用いて水撃波を導入・計測を行い、計測した波形や伝播速度の変化などから水道管の厚みを推定し、腐食などによる管路の劣化を調べる。</p>		
調査方法	<p>消火栓などを用いて水撃波を導入・計測し、水撃波が水中を伝わる速度を計測する。</p>		
適用条件、 調査精度等			
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本工業出版、「配管技術 2008/0101 発売号（1月号）」、2008 		
備考	<p>高松市水道局において2005年度から実証実験を実施し、2007年度には実用化を目指している。</p>		

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	22	実用レベル	Ⅱ・Ⅲ
診断対象	鉄系管 - 腐食	診断項目	劣化度の調査・測定
手法名称	管内面からの衝撃弾性波法による欠陥有無の調査		
概要	<p>衝撃弾性波法により、下水道管（コンクリート管、鉄筋コンクリート管、陶管、石綿セメント管）の内面から管体の破損やクラック、管厚みの減少を調査・測定する。</p> <p>下水道管の診断を目的に開発されたので、水道管への適用事例はないが、ダクタイル鋳鉄管への適用性を本研究の基礎実験で検証した。</p>		
調査方法	<p>CCDカメラ、打撃部および受振部を搭載した複合型検査ロボットを管内に挿入し、管内壁を叩き、そのインパクトによって生じた振動をキャッチする衝撃弾性波法によって、調査する。</p>		
適用条件、調査精度等	<p>水道管への適用は、防水性の面等で、現状の装置そのままでは困難であり、改良が必要である。</p>		
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● 鎌田敏郎、皆木卓士：衝撃弾性波法による管路調査・診断システムと自走式ロボットの開発、第16回非開削技術研究発表会論文集、pp167～172、2005 ● 鎌田敏郎、皆木卓士：衝撃弾性波による老朽管の劣化診断システム、No-Dig Today No59、pp29～32、2007 		
備考	<p>詳細は、本報告書の「4.5.1.1 「下水管きょ劣化診断ロボット」ドクターインパクト」および「5.2.3 衝撃弾性波法に基づくダクタイル鋳鉄管の老朽度評価手法に関する基礎研究」を参照とする。</p>		

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	23	実用レベル	Ⅱ
診断対象	鉄系管 - 腐食	診断項目	劣化度の調査・測定
手法名称	磁気飽和渦流探傷法による検査		
概要	<p>磁気飽和渦流探傷法による配管検査システム（SLOFEC）は、主として磁性のある金属管を対象として、渦電流を用いて供試体に非接触で欠陥の検出が可能な技術である。</p> <p>日本国内では、主に石油タンク底板やプラント内の配管など災害が発生した場合に甚大な被害が予想される設備へ適用事例があるが、水道管路への適用事例はない。このため、ダクタイル鋳鉄管への適用性（欠陥部の検出性能）を本研究の既存技術調査で調査した。</p>		
調査方法	<p>検査対象物の塗覆装束から自己比較コイルを複数設置した探傷部（スキャナー）を30 cm/s程度で移動させ面的な検査を行う。スキャナー部では、電磁石で対象物の直流磁化を行い、減肉部と健全部の磁束密度変化を自己比較コイルで電気信号に変換し、減肉を検出する。</p>		
適用条件、調査精度等	<p>調査機器の適用可能な母材厚さとライニング厚さの関係を事前に評価しておく必要がある。</p> <p>本検査の目的は母材における欠陥のスクリーニングであるので、検査結果から重大な欠陥が認められ、検査結果から十分な判断ができない場合には、詳細調査を行う必要がある。</p>		
参考文献			
備考	<p>詳細は、本報告書の「4.5.1.3 「磁気飽和渦流探傷法による配管検査システム」 SLOFEC」を参照とする。</p>		

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	24	実用レベル	I
診断対象	鉄系管 - 腐食	診断項目	劣化度の調査・測定
手法名称	ガイド波を用いた配管腐食検査技術		
概要	<p>英国TWI社で開発された配管腐食の長距離検査技術で長距離伝播性の超音波（ガイド波）を用いて、配管の腐食や円周溶接部で生じるガイド波の反射から断面欠損率として配管の腐食を調査する技術である。この調査では腐食深さの計測はできないが、腐食の生じている箇所を選別する一時診断技術として適用が有効である。</p>		
調査方法	<p>管径毎に用意されたガイド波送受信を行う Teletest tool を管体に取り付けてガイド波送信し、同じ Teletest tool で腐食部分などを検出したガイド波を受信して探傷器本体である Teletest unit に信号を送り制御解析用のノートPCでデータ解析を行い断面欠損率で腐食部分を表示する。</p>		
適用条件、調査精度等	<ul style="list-style-type: none"> ● 調査管路は、溶接接合された鉄系管路に限定される。 (継手のあるダクタイル管路には管1本部分のみ有効。) ● 被覆の無い配管で調査可能。 ● 内面腐食と外面腐食の区別はできない。 ● 異形管のある管路は調査できない。 		
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● 「NKK技報 No.177」、pp38～42、2002 http://www.jfe-steel.co.jp/archives/nkk_giho/177/08.html 		
備考	<p>ガス配管の橋脚貫通部分や橋台背面の内部状況調査を主目的とした調査方法である。</p>		

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	25	実用レベル	I
診断対象	鉄系管 - 腐食	診断項目	残存管厚の測定
手法名称	管外面からの残存管厚の測定		
概要	<p>管路の一部を掘削し、管の外面から残存管厚を測定する。 管路の一部の測定値から全管路の残存管厚を推定することとなる。</p>		
調査方法	<p>測定方法は、以下のものがある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 腐食深さの測定による方法（デプスゲージなど） 残存管厚は規格管厚から外面腐食深さを差し引いて推定する。 ● 超音波厚み計による方法 ● γ線管厚測定センサーによる方法 		
適用条件、 調査精度等	<p>腐食深さの測定による方法は、精度が非常に良い。 超音波厚み計による方法は、普通铸铁管、高級铸铁管は超音波の減衰が大きく適用が難しい。布設状態での測定には多少熟練を要する。 γ線管厚測定センサーによる方法は、測定できる管厚に限度があり、大口径管には適用できない。</p>		
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● (財)水道管路技術センター、「铸铁管・鋼管・硬質塩化ビニル管 診断手法の開発調査報告書」、pp16、pp41～42、1994 		
備考	<p>最小残存管厚による老朽度ランク区分が示されている。 「水道維持管理指針 2006」（平成 18 年 7 月 1 日、(社)日本水道協会）では、腐食深さによる老朽度ランクの診断基準が記載されている。</p>		

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	26	実用レベル	I
診断対象	鉄系管 - 腐食	診断項目	残存管厚の測定
手法名称	管内面または掘り上げ管からの残存管厚の測定		
概要	<p>管路の一部を掘削、断水した後、管路の一部に調査坑を設け人が直接中に入るかまたは装置を中に入れて測定する。</p> <p>人が入れる管の場合は「管外面からの残存管厚の測定」(手法番号24)と同様の方法のいずれかを適用する。</p> <p>人が入れない管の場合は、測定面の処理が必要でないγ線センサーを特殊な台車に乗せて、遠隔操作で測定する。</p> <p>その他、掘り上げ管から残存管厚を測定する方法もある。</p>		
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ● 管内面からの残存管厚の測定 <ul style="list-style-type: none"> ● 腐食深さの測定による方法 (デプスゲージなど) 残存管厚は規格管厚から外面腐食深さを差し引いて推定する。 ● 超音波厚み計による方法 ● γ線管厚測定センサーによる方法 ● 掘り上げ管からの残存管厚の測定 掘り上げ管の内外面の腐食部分をショットブラストなどで完全に除去、ノギスやキャリパーの測定治具で直接残存管厚を測定する。 		
適用条件、調査精度等			
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● (財) 水道管路技術センター、「鑄鉄管・鋼管・硬質塩化ビニル管 診断手法の開発調査報告書」、pp16、pp41～44、1994 		
備考	<p>最小残存管厚による老朽度ランク区分が示されている。</p>		

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	27	実用レベル	I
診断対象	鉄系管 - 腐食など	診断項目	管外面状況による診断
手法名称	管外面からの直接診断（目視）		
概要	管外面からの診断は、外面塗装と継手部の状況調査が主体となる。		
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ● 管外面の直接診断 錆の調査を主体に行う。（目視） ● ボルト・ナットの直接診断 腐食状況の調査を主体に行う。（目視） ● 継手部の診断 継手部からの漏水の有無や継手のゆるみの調査を主体に行う。 		
適用条件、 調査精度等	管の掘削場所や調査時間が周辺事情により制約を受けるため、事前打合せを十分に行い効率よく行うことが肝要である。		
参考文献	● （財）水道管路技術センター、「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」、pp16～17、pp41、1994		
備考	「水道維持管理指針 2006」（平成 18 年 7 月 1 日、（社）日本水道協会）では、ボルト・ナットの腐食状況による老朽度ランクの診断基準が記載されている。		

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	28	実用レベル	I
診断対象	鉄系管 - 腐食など	診断項目	管内面状況による診断
手法名称	管内面からの直接診断		
概要	管内面からの診断は、内面塗装の調査が主体となる。		
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ● 塗装の直接診断 <ul style="list-style-type: none"> ● 目視による錆（ふくれ、割れ）の調査 ● 引張付着性試験 ● 塗膜のインピーダンス試験 ● ライニングの直接診断 <ul style="list-style-type: none"> ● 目視によるはがれ、ひび割れの調査 ● フェノールフタレイン溶液による中性化試験 ● 防錆性試験 		
適用条件、調査精度等			
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● (財) 水道管路技術センター、「铸铁管・鋼管・硬質塩化ビニル管 診断手法の開発調査報告書」、pp16～17、pp38～40、1994 		
備考			

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	29	実用レベル	I
診断対象	鉄系管 - 塗覆装損傷	診断項目	塗覆装損傷
手法名称	地表からの塗覆装損傷探査（針電極法・車輪電極法）		
概要	埋設管の塗覆装損傷を地表から調査する方法には、二つの照合電極と電位差計を用いる針電極法と、二つの車輪電極と計測機器を一体化した探査装置を用いる車輪電極法がある。		
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ● 針電極法 ● 車輪電極法 <p>いずれも二つの電極で管路上の地表の電位の傾き（地表面電位差）を測定し、その変化から損傷部の位置を探査する。</p>		
適用条件、調査精度等	舗装道路でも高効率、高性能で検査できる車輪電極法が一般化しつつある。		
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● （財）水道管路技術センター、「「鉄系管・鋼管・硬質塩化ビニル管 診断手法の開発調査報告書」、pp83～85、1994 		
備考			

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	33	実用レベル	I
診断対象	鉄系管 - 水理	診断項目	水量（閉塞率の測定）
手法名称	γ線またはX線による閉塞率の測定		
概要	<p>管路の通水能力を確認するには、通水断面積がどの程度低下しているかを調べることとなる。</p> <p>管の外側から測定する場合、γ線あるいはX線を利用する。</p>		
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ● γ線による方法 γ線を管断面積全体にわたって径方向に透過させ、透過したγ線エネルギーの数値から通水断面の図示と通水断面積比を表示する装置が市販されている。 ● X線による方法 円周各部のX線撮影を行い、フィルム上の陰影から錆こぶ高さを求めることにより通水断面積比を計算する。 		
適用条件、調査精度等			
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● （財）水道管路技術センター、「铸铁管・鋼管・硬質塩化ビニル管 診断手法の開発調査報告書」、pp16、pp45、1994 		
備考	通水断面積比による老朽度ランク区分が示されている。		

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	34	実用レベル	I
診断対象	鉄系管 - 水理	診断項目	水量（閉塞率の測定）
手法名称	採取供試体での通水断面積の測定		
概要	<p>管路の通水能力を確認するには、通水断面積がどの程度低下しているかを調べることとなる。</p> <p>掘り上げ管から測定する場合、充水前後の重量差から通水断面積を求める。</p>		
調査方法	掘り上げ管内に薄いポリ袋を入れ、充水前後の重量差から通水断面積を求める。		
適用条件、調査精度等			
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● （財）水道管路技術センター、「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」、pp16、pp46、1994 		
備考	通水断面積比による老朽度ランク区分が示されている。		

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	35	実用レベル	I
診断対象	鉄系管 - 漏水	診断項目	継手胴付き間隔の測定
手法名称	管外面からの胴付き間隔の測定		
概要	<p>継手の胴付き間隔を測定することにより、管路の沈下や継手の拔出しに対する危険度を判断する。</p> <p>管の外面から測定する場合、X線あるいは超音波を利用する。</p>		
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ● X線による方法 継手部をはさんでX線透過装置をセットし、X線フィルム像の濃淡から直接胴付き間隔を測定する。 ● 超音波による方法 探触子から挿し口端部までの距離を測定し、胴付き間隔を計算で導く。 		
適用条件、調査精度等	<p>超音波による方法は、ダクタイル鋳鉄管の場合に適用ができる。普通鋳鉄管、高級鋳鉄管の場合には、適用が難しい。</p>		
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● (財) 水道管路技術センター、「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」、pp16、pp46～47、1994 		
備考	<p>老朽度ランク区分は示されていない。</p>		

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	36	実用レベル	I
診断対象	鉄系管 - 漏水	診断項目	継手胴付き間隔の測定
手法名称	管内面からの胴付き間隔の測定		
概要	<p>継手の胴付き間隔を測定することにより、管路の沈下や継手の抜出しに対する危険度を判断する。</p> <p>管の内面から測定する場合、人が入れる管に対してはノギスなどを利用し、人が入れない管に対しては管内カメラを利用する。</p>		
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ● ノギスなどによる測定（人が入れる管） ● 管内カメラによる測定（人が入れない管） <p>テレビカメラを搭載した装置を挿入し、テレビ画像から胴付き間隔を測定する。</p>		
適用条件、調査精度等			
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● 「铸铁管・鋼管・硬質塩化ビニル管 診断手法の開発調査報告書」（平成6年3月31日、(財)水道管路技術センター）16項、48項 		
備考	老朽度ランク区分は示されていない。		

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	4 1	実用レベル	I
診断対象	樹脂系管 - 劣化など	診断項目	強度変化
手法名称	採取供試体の性能評価		
概要	<p>多数の既往の研究で、長期埋設された硬質塩化ビニル管は基本的に材料特性が低下することはない（樹脂の経年劣化はなく）、その健全性は製造時の諸要素に拠ることが報告されている。</p> <p>硬質塩化ビニル管の製造時の強度発現のメカニズムから「ゲル化度」の重要性に着目し、そのゲル化度との相関性から、採取供試体を用いた直接診断に有効な（最低限、実施したい）性能評価として、「ビカット軟化温度」「熱間内圧クリープ性」「破壊靱性」が提案されている。</p>		
調査方法	JIS 規格に基づく試験となる。		
適用条件、調査精度等	JIS K 6742 の硬質塩化ビニル管（記号：VP）に適用する。 供試体長さは、呼び径 75 で最低 1.5m が必要である。		
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● （財）水道技術研究センター、「水道用硬質塩化ビニル管路の診断マニュアル」、pp83、2003 		
備考			

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	43	実用レベル	I
診断対象	樹脂系管 - 劣化など	診断項目	界面剥離
手法名称	融着界面検査（超音波）		
概要	<p>超音波により、ポリエチレン管とEF継手との融着界面に気泡などの異常が無いかどうかを検査する。</p> <p>技術的には確立されているが、一般的には使用されていない。</p>		
調査方法	超音波検査装置を継手表面に押しつけて検査する。		
適用条件、調査精度等			
参考文献	● 大阪ガス（株） http://www.osakagas.co.jp/index.html		
備考			

レベルマップ手法詳細シート

手法番号	48	実用レベル	I
診断対象	付帯設備 - 弁	診断項目	シート
手法名称	γ線による弁内スケール／弁開閉度探知（弁室・ピット内）		
概要	放射線利用の計測法によって、管内スケール／レベル（液面）／バルブ開閉度を、現場において検出する。		
調査方法	放射線検出器と放射線源を装着した2本のアームで、検査対象のパイプ／バルブを挟む。仕切弁形式のバルブの弁体最下端または最上端を検知することによりバルブの開閉度を知る。		
適用条件、調査精度等	<p>基本的には仕切弁形式のみに適用される。</p> <p>内面に錆こぶが発生している場合に、どのような探知結果になるかは不明である。</p>		
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ● （株）ニチゾウテック www.nichizotech.co.jp 		
備考			