

2. 実態調査

2.1. 下水道管渠調査の視覚判定基準の経緯

2.1.1. 国内の視覚判定基準

管渠整備が急速に進んだ1980年代から現在に至るまでの国内におけるTVカメラ等を用いた管渠劣化診断における不具合判定基準の変遷について整理を行った。

現在国内で発刊されている下水道管渠調査の判定基準が記載されている出版物について、出版元・出版年度・図書名の一覧表を以下に示す（表 2-1）。

表 2-1 視覚判定基準の記載のある国内出版図書一覧

出版元	西暦	和暦	図書名
社団法人 日本下水道協会	1986年	昭和61年	下水道施設維持管理積算要領(案)ー管路施設編ー
	1993年	平成5年	下水道施設維持管理積算要領ー管路施設編ー
	2000年	平成12年	下水道管路施設テレビカメラ調査マニュアル(案)
	2002年	平成14年	下水管きょ改築等の工法選定手引き(案)
	2003年	平成15年	下水道維持管理指針ー前編ー
	2007年	平成19年	下水道管路施設の緊急点検実施マニュアル(案)
	2013年	平成25年	下水道管路施設の点検・調査マニュアル(案) 平成25年6月
日本下水道事業団	1991年	平成3年	下水道施設の耐久性の向上と再生・更新に関する調査ー平成2年度調査ー
	1991年	平成3年	下水道施設維持管理の現状ー設計・施工へのフィードバックー
	1996年	平成8年	下水道施設維持管理の現状ー設計・施工へのフィードバックー
	2004年	平成16年	下水道施設維持管理の現状ー設計・施工へのフィードバックー
社団法人 日本下水道管路管理業協会	1996年	平成8年	下水道管路施設の維持管理方法に関する調査報告書
	1997年	平成9年	下水道管路施設の補修・改築方法に関する調査報告書
	1997年	平成9年	下水道管路施設ー維持管理マニュアルー1997年版
	2001年	平成13年	下水道管路施設ー維持管理計画策定の手引き
	2005年	平成17年	下水道管路施設災害復旧支援マニュアル
	2007年	平成19年	下水道管路施設ー維持管理マニュアルー2007ー
社団法人 管路診断コンサルタント協会	2000年	平成12年	下水道管路施設改築・修繕に関するコンサルティングマニュアル(案)
	2006年	平成18年	下水道管路施設改築・修繕に関するコンサルティングマニュアル(案)
	2009年	平成21年	下水道管路施設改築・修繕に関するコンサルティングマニュアル(案)
建設省都市局下水道部	1996年	平成8年	下水道管路施設の維持管理方法に関する調査報告書
	1999年	平成11年	下水道管路施設の維持管理計画策定マニュアル(案)
東京都下水道局施設管理部	1998年	平成10年	管路施設維持管理マニュアル

判定基準を発行元別でみると、大きく分けて「(公社) 日本下水道協会」と「(公社) 日本下水道管路管理業協会」の2種類に分類される。本研究が始まった平成22年度当初においては、このうち日本下水道協会から平成15年に発刊された、「下水道維持管理指針 前編ー2003年版ー」と、日本下水道管路管理業協会から平成19年に発刊された「下水道管路施設 維持管理マニュアルー2007ー」が最新の判定基準である（※平成26年に日本下水道協会から「下水道維持管理指針 実務編ー2014年版ー」が発刊されている）。

平成25年度までは、「下水道維持管理指針 前編ー2003年版ー」に記載のある基準が、現在のもっとも広く使用されている判定基準である。この基準は、平成23年度に下水道協会から発刊された「下水道施設のストックマネジメント手法に関する手引き (案)」や平成25年度に下水道協会から発刊された「下水道管路施設の点検・調査マニュアル (案)」にも引用されている。

次頁より、各発刊元の判定基準表を添付する。

(1) 日本下水道協会の視覚判定基準の変遷

表 2-2 視覚判定基準①

	A	B	C
管の破損	欠 落	全体のひび割れ	AB以外
管のクラック	○mm以上 全円周	○mm以上 半円周以上	○mm未満 半円周以下
管の継手ズレ	脱 却	陶 : ○mm以上 塩ビ: ○mm以上 鉄 : ○mm以上	陶 : ○mm以上 塩ビ: ○mm以上 鉄: ○mm未満
管のたるみ・蛇行	管径以上	管径の1/2以上	管径の1/2未満
モルタル付着	管径の○以上	管径の○以上	管径の○未満
浸入水	噴き出ている	流れている	にじんでいる
取付管の突出し	本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10以下

出版元	社団法人 日本下水道協会
出版年度	1986 年 (昭和 61 年)
資料名	下水道施設維持管理積算要領 (案) - 管路施設編 -
特記事項	・本で最初の全国統一版の診断基準であると考えられる。 ・クラックやズレ・モルタルの数値は任意 (○) 表示となっている。 ・腐食や油脂付着、樹木根侵入の基準が無い。

表 2-3 視覚判定基準②

	A	B	C
管の破損	欠 落	全体のひび割れ	A、B以外の破損
管の腐食	鉄筋まで腐食	全体に骨材露出状態	A、B以外の腐食
管のクラック	○mm以上 全円周	○mm以上 半円周以上	○mm未満 半円周以下
管の継手ズレ	脱 却	陶 : ○mm以上 塩ビ: ○mm以上 鉄 : ○mm以上	陶 : ○mm以上 塩ビ: ○mm以上 鉄: ○mm未満
管のたるみ・蛇行	管径以上	管径の1/2以上	管径の1/2未満
モルタル付着	管径の○割以上	管径の○割以上	管径の○割未満
浸入水	噴き出ている	流れている	にじんでいる
取付管の突出し	管径の○割以上	管径の○割以上	管径の○割未満
油脂の付着及び 木の根の侵入	管径の○割以上の閉塞	管径の○割以上の閉塞	管径の○割未満の閉塞

出版元	社団法人 日本下水道協会
出版年度	1993 年 (平成 5 年)
資料名	下水道施設維持管理積算要領 - 管路施設編 -
特記事項	・腐食、油脂付着、樹木根侵入が追加された。 ・クラックやたるみ、ズレ、モルタル、つき出し、油脂及び木の根の数値は定量的な表現となっていない。

表 2-4 視覚判定基準③

		A	B	C
管の破損	鉄筋コンクリート管等	欠落	軸方向のクラックで 幅：2mm以上	軸方向のクラックで 幅：2mm未満
		軸方向のクラックで 幅：5mm以上		
	陶 管	欠落	軸方向のクラックが 管長の1/2未満	—
		軸方向のクラックが 管長の1/2以上		
管のクラック	鉄筋コンクリート管等	円周方向のクラックで 幅：5mm以上	円周方向のクラックで 幅：2mm以上	円周方向のクラックで 幅：2mm未満
	陶 管	円周方向のクラックで その長さが円周の2/3以上	円周方向のクラックで その長さが円周の2/3未満	—
管の継目ズレ	鉄筋コンクリート管 陶 管	脱 却	鉄筋コンクリート管：70mm以上 陶 管：50mm以上	鉄筋コンクリート管：70mm未満 陶 管：50mm未満
管の腐食		鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態
管のたるみ・蛇行		内径以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満
モルタル付着		内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満
浸入水		噴き出ている	流れている	にじんでいる
取付管の突出し		取付管内径の1/2以上	取付管内径の1/10以上	取付管内径の1/10未満
ラードの付着・木の根の侵入		内径の1/2以上閉塞している	内径の1/2未満閉塞している	—

※ 段差は、mm単位で測定する。また、その他の異状（木片、他の埋設物等で上記にないもの）も調査する。

Aは、緊急に措置するもの Bは、数年のうちに措置が必要なもの Cは、当面措置を必要としないものと区別している。

出版元	社団法人 日本下水道協会
出版年度	2000 年 （平成 12 年）
資料名	下水道管路施設テレビカメラ調査マニュアル（案）
特記事項	・判定基準①と比較すると、○表記が全て定量化されている。 ・破損、クラック・継目ずれの判定に、管種別（鉄筋コンクリート管および陶管）の表記が追加された。

表 2-5 視覚判定基準④

スパン全体での評価			A	B	C
	1) 管の腐食		鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態
	2) 上下方向のたるみ	管渠内径 700mm未満	内径以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満
		管渠内径 700mm以上～1650mm未満	内径の1/2以上	内径の1/4以上	内径の1/4未満
		管渠内径 1650mm以上～3000mm未満	内径の1/4以上	内径の1/8以上	内径の1/8未満

管1本ごとに評価			a	b	c
	3) 管の破損	鉄筋コンクリート管等	欠落	軸方向のクラックで幅：2mm以上	軸方向のクラックで幅：2mm未満
			軸方向のクラックで幅：5mm以上		
		陶管	欠落	軸方向のクラックが管長の1/2未満	—
			軸方向のクラックが管長の1/2以上		
	4) 管のクラック	鉄筋コンクリート管等	円周方向のクラックで幅：5mm以上	円周方向のクラックで幅：2mm以上	円周方向のクラックで幅：2mm未満
		陶管	円周方向のクラックでその長さが円周の2/3以上	円周方向のクラックでその長さが円周の2/3未満	—
	5) 管の継手ズレ	鉄筋コンクリート管	脱 却	鉄筋コンクリート管：70mm以上	鉄筋コンクリート管：70mm未満
		陶管		管：50mm以上	陶管：50mm未満
	6) 浸 入 水		噴き出ている	流れている	にじんんでいる
	7) 取付管突出し		取付管内径の1/2以上	取付管内径の1/10以上	取付管内径の1/10未満
	8) 油脂の付着		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
	9) 樹木根侵入		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
	10) モルタル付着		内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満

注1 段差は、mm単位で測定する。また、その他の異常（木片、他の埋設物等で上記にないもの）も調査する。

注2 7) 取付管の突出し、8) 油脂の付着、9) 樹木根侵入、10) モルタル付着については、基本的に清掃等で除去できる項目とし、除去できない場合の調査判定基準とする。

出版元	社団法人 日本下水道協会
出版年度	2002 年 （平成 14 年） 2003 年 （平成 15 年） 2007 年 （平成 19 年） 2013 年 （平成 25 年）
資料名	下水管渠改築等の工法選定手引き（案） 下水道維持管理指針 ー前編ー 下水道管路施設の緊急点検実施マニュアル 下水道管路施設の点検・調査マニュアル（案）
特記事項	・ 現在、全国の TV カメラ調査で標準となっている判定基準である。 ・ 不具合項目が、スパンごとの評価、管 1 本ごとの評価で分類されている。 ・ たるみ表記が追加されている。 ・ 塩化ビニル管の構造特性を考慮した判定基準が記載されていない。

(2) 日本下水道管路管理業協会の診断基準の変遷

表 2-6 視覚判定基準⑤

	A	B	C	D	E
浸入水	噴き出している (大量、水道閉栓と同程度)	流れている状態 (中～小水道ちよろちよろ)	にじんている (流れなし)	水跡のついている状態	
継手・隙間・ずれ	全体が脱却している	一部脱却している	隙間(大)	隙間(中)	隙間(小)
破損	破損(大)陥没	管の形状を保っていない全体の亀裂、 欠陥(中)	Bランク程度の他工事(人為的)亀裂欠 陥	ABCランク以外の他工事(人為的)亀裂 欠陥	
クラック	管の形状を保っており、全体に亀裂のあ るもので幅5mm以上(HP)	HPの亀裂の隙間が幅2～4mmで中程度 TPは枝状となっている	HP小程度2mm以下のものTPはヘアーク ラック	HPのヘアークラック	
モルタル付着	管径の2/3以上付着しているもの	管径の1/3以上付着しているもの	管径の1/3～1/10付着しているもの	管径の1/10以下付着しているもの	管に一部付着しているもの
取付管突出	管径の50%以上 (下水の流下に支障大)	管径の25%～50%のもの	管径の25%以下のもの		
取付管接合不良	接合されていないため、土砂、浸入水の 流入がある。	部分的に接合されているが、土砂、浸入 水の流入がある。	部分的に接合されているが、流下には 支障がない	接合部の仕上げが粗雑である。	
侵入根	下水の流下に支障がある。 (管断面の40%以上)	下水の流下に支障がある。 (管断面の10%～40%)	下水の流下に支障がある。 (管断面の10%以内)	下水の流下に支障がない。	
パッキンずれ	円周の1/2以上はみ出しているもの	継手の下部に円周の1/4以上はみ出し ているもの	継手の上部に円周の1/4以上はみ出し ているもの	1/4以下のはみ出しがあるもの	
たるみ・蛇行	管径の3/4以上たるんでいるもの(VP)	管径の1/2～3/4たるんでいるもの(VP)	管径の1/4～1/2たるんでいるもの(VP)	たるみが管径の1/4以下のもの(VP)	
腐食	鉄筋が露出しているもの (HP)	骨材が露出しているもの (HP)	ABランク以外の腐食の認められるもの (HP)	遊離石灰の発生が認められるもの(HP)	
摩耗	鉄筋が露出しているもの (HP)	骨材が露出しているもの (HP)	管表面がざらざらしているもの		
変形	管径の50%以上(VP) 変形、偏平しているもの	上下左右が変形、偏平しているもの (VP)	上下左右の位置方向が変形、偏平して いるもの(VP)	一部変形、偏平しているもの	
逆勾配	逆流している(全般的)	管径の50%以上汚水が滞水している。	管勾配がレベルになっている。		
油脂付着	閉塞している	耳のように付着し管径の50%以上を閉 塞	水面位置に耳のように付着	部分的に油脂付着	固形にならない油脂が滞留している。
土砂堆積	閉塞している	管径の75%が堆積、閉塞	管径の50%が堆積、閉塞	管径の25%が堆積、閉塞	管径の5%が堆積、進行
異物混入	汚泥物以外(木、鉄鉢等)により閉塞	障害物と他のものが混同している。	単体として障害物となる (セメント袋等)	下水の流下には影響がないと理解する 程度	
誤接合	工場、学校、ビル等の系統誤接合	家庭内排水系統の誤接合	未使用管の誤接合		
断面不足	頻繁に溢水する	降雨量との関係で溢水するもの	人口増による断面不足	管の内径が突如変わる	
構造不良	常に流下に支障をきたす	時々流下に支障をきたす	維持管理がしにくい	流下に支障をきたさないが、改良が必要	
不用取付管	土砂堆積、浸入水の発生箇所	密閉内蓋がない	密閉内蓋はあるが密閉不良	流下には支障はないが、不明の取付管	
足掛け金物腐食	欠落している	鉄筋の付け根部の腐蝕	錆が発生している		
蓋漏い	開閉ができない	がたつきがある	使用上問題はないが系統を間違えるこ ともある		
マンホール埋没	通行に支障をきたす	段差が生じていることを判断できる。	蓋上部に水がたまる。		
蓋摩耗	表面がつるつるしてスリップ事故の原因	一部摩耗している	現状では一部摩耗している程度でも、後 次の対策が必要		
マンホール不陸	通行に支障をきたす	すりつけが悪く水がたまる	道端とのすりつけが悪い		
ふた不整合	がたつき音がある	開閉しにくい	開閉しにくい蓋の構造は選択に問題があ り		
臭気	常に臭気が発生するもの	使用ピーク時に発生するもの	維持管理不足で発生するもの	季節で発生するもの	

出版元	社団法人 日本下水道管路管理業協会
出版年度	1996 年 (平成 8 年) 1997 年 (平成 9 年) 1997 年 (平成 9 年)
資料名	下水道管路施設の維持管理方法に関する調査報告書 下水道管路施設の維持管理方法に関する調査報告書 下水道管路施設維持管理マニュアル
特記事項	・ A～E の 5 段階判定となっている。 ・ 塩化ビニル管の特性 (偏平) を考慮した判定が記載されている。

表 2-7 視覚判定基準⑥

異状内容	A	B	C
管の腐食	鉄筋が露出しているもの	骨材が露出しているもの	A、B以外の腐食
管の破損	欠落(陥没)	全体に亀裂	A,B以外の破損
管のクラック	5mm以上	2～5mm	2mm未満
浸入水	噴出している状態	流れている状態	にじんでいる状態
管の継目ズレ	全体が脱却	40～60mm	20～40mm
ゴムリングのはずれ	円周の1/2以上	円周の1/4以上	円周の1/4未満
油脂付着	管口径の1/3以上付着	管口径の1/3～1/10付着	管口径の1/10未満付着
モルタル付着	管口径の1/3以上付着	管口径の1/3～1/10付着	管口径の1/10未満付着
侵入根	管断面の50%以上	管断面の10～50%	管断面の10%未満
管のたるみ・蛇行	管口径の3/4以上	管口径の1/2～3/4	管口径の1/2未満
取付管の突出し	管口径の50%以上	管口径の10～50%	管口径の10%未満

異状内容		下水の溢水を招く異常	維持管理上支障を招く異常
腐食(コンクリート)	浸入水	土砂堆積	足掛金物腐食
摩耗		油脂付着	マンホールのふたの摩耗
破損		モルタル付着	マンホールの凹凸
クラック		侵入根	マンホールふたの不整
変形(可とう性管)		異物混入(投入)	マンホールふたの違い
継ぎ目ずれ		逆勾配	マンホールの埋没
パッキン外れ		たるみ・蛇行	臭気
		取付管突出し	
		誤接合(分流式)	
		断面不足	
		構造不良	

出版元	社団法人 日本下水道管路管理業協会
出版年度	2001 年 (平成 13 年)
資料名	下水道管路施設 維持管理計画策定の手引き
特記事項	・診断基準⑤とほぼ同じであるが、異常内容項目の分類が追加された。 ・管種別の判定基準となっていない。

表 2-8 視覚判定基準⑦

種目		ランク		A	B	C	摘 要
		項目					
剛性管	本管部	破損		欠落	—	—	維持管理指針
		円周方向のクラック	鉄筋コンクリート管等	幅5mm以上	幅2mm以上	幅2mm未満	維持管理指針
			陶管	円周の2/3以上	円周の2/3未満	—	維持管理指針
		管軸方向のクラック	鉄筋コンクリート管等	幅5mm以上	幅2mm以上	幅2mm未満	維持管理指針
			陶管	管長の1/2以上	管長の1/2未満	—	維持管理指針
		浸入水		噴き出ている	流れている	滲んでいる	維持管理指針
		たるみ	内径700mm未満	内径以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満	維持管理指針
			内径700mm以上1650mm未満	内径の1/2以上	内径の1/4以上	内径の1/4未満	維持管理指針
			内径1650mm以上3000mm未満	内径の1/4以上	内径の1/8以上	内径の1/8未満	維持管理指針
		蛇行	内径の1/4以上	内径の1/8以上	内径の1/8未満	たるみに準拠	
	継手部	破損		破損・浸入水	離脱	—	新潟中越基準
		浸入水		噴き出ている	流れている	滲んでいる	維持管理指針
		円周方向ズレ					
		管軸方向のズレ	鉄筋コンクリート管等	脱却	70mm以上	70mm未満	維持管理指針
			陶管	脱却	50mm以上	50mm未満	維持管理指針
		パッキン外れ		円周の1/2以上	継手の下部に円周の1/4	継手の上部に円周の1/4	維持管理マニュアル
		亀裂		半円周以上または	半円周未満または	部分的亀裂または	新潟中越基準
		突出		内径の1/2以上	内径の1/10以上	内径の1/10未満	維持管理指針
	ソケット部	破損		欠落			本管部に準拠
		浸入水		噴き出ている	流れている	滲んでいる	維持管理指針
可とう性管	本管部	破損		管に亀裂が入っている	—	—	新潟中越基準
		変形		管径の50%以上	上下左右が変形、扁平	上下左右の1方向が変形、扁平	維持管理マニュアル
		たるみ		内径の3/4以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満	維持管理マニュアル
		蛇行		内径の3/5以上	内径の1/3以上	内径の1/3未満	維持管理マニュアル
		破損		破損・浸入水	離脱(上下のずれ含む)	—	新潟中越基準
	継手部	管軸方向ズレ		脱却	70mm以上	70mm未満	剛性管に準拠
		突出		内径の1/2以上	内径の1/10以上	内径の1/10未満	維持管理指針
	ソケット部	破損		欠落			本管部に準拠
		浸入水		噴き出ている	流れている	滲んでいる	維持管理指針に準拠

出版元	社団法人 日本下水道管路管理業協会
出版年度	2005 年 (平成 17 年)
資料名	下水道管路施設災害復旧支援マニュアル
特記事項	・ 災害時の判定基準である。 ・ 部位ごとに判定基準がある。 ・ 塩化ビニル管 (可とう性管) の判定基準が追加されている。

出版元	社団法人 日本下水道管路管理業協会
出版年度	2007 年 (平成 19 年)
資料名	下水道管路施設維持管理マニュアル
特記事項	・ 下水道維持管理指針と下水道管路施設災害復旧支援マニュアルに掲載されている両方の判定基準が記載されている

2.1.2. 視覚判定基準の比較

現状のTVカメラ等による下水道管渠の視覚的な調査において、よく使用されている「下水道維持管理指針」、「下水道管路施設計画策定の手引き」、および「下水道管路施設災害復旧支援マニュアル」の3つの視覚判定基準について比較を行った。表 2-9、表 2-10 に一覧表を添付する。

表 2-9 視覚判定基準の比較（1）

異常項目	診断基準	出版元	対象管種	A	B	C	特記事項
腐食	④	下水道維持管理指針	鉄筋コンクリート管	鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態	④と⑥の基準はほぼ同じ ⑦には腐食の記載なし
	⑥	下水道管路施設 維持管理計画策定の手引き	鉄筋コンクリート管	鉄筋が露出している	骨材が露出している	A、B以外の腐食	
	⑦	下水道管路施設 災害復旧支援マニュアル	鉄筋コンクリート管	—	—	—	
たるみ	④	下水道維持管理指針	全管種 管径700mm未満	内径以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満	④と⑦は管径ごとの基準がありほぼ同じ ⑦は可とう性管独自の基準あり
			全管種 管径700mm以上 1650mm未満	内径の1/2以上	内径の1/4以上	内径の1/4未満	
			全管種 管径1650mm以上 3000mm未満	内径の1/4以上	内径の1/8以上	内径の1/8未満	
	⑥	下水道管路施設 維持管理計画策定の手引き	全管種	管径の3/4以上	管径の1/2～3/4	管径の1/2未満	
	⑦	下水道管路施設 災害復旧支援マニュアル	剛性管 管径700mm未満	内径以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満	
			剛性管 管径700mm以上 1650mm未満	内径の1/2以上	内径の1/4以上	内径の1/4未満	
			剛性管 管径1650mm以上 3000mm未満	内径の1/4以上	内径の1/8以上	内径の1/8未満	
			可とう性管	内径の3/4以上	内径の1/2以上	内径の1/2以下	
破損	④	下水道維持管理指針	鉄筋コンクリート管等	欠落 軸方向のクラックで 幅5mm以上	軸方向のクラックで 幅2mm以上	軸方向のクラックで 幅2mm未満	④⑥⑦全てのAランクに欠落 ④⑦には管種ごとの判定基準あり さらに⑦は可とう性管独自の基準あり
			陶管	欠落 軸方向のクラックが 管長の1/2以上	欠落 軸方向のクラックが 管長の1/2未満	—	
	⑥	下水道管路施設 維持管理計画策定の手引き	全管種	欠落（陥没）	全体に亀裂	A、B以外の破損	
	⑦	下水道管路施設 災害復旧支援マニュアル	剛性管 鉄筋コンクリート管等	欠落 軸方向のクラックで 幅5mm以上	軸方向のクラックで 幅2mm以上	軸方向のクラックで 幅2mm未満	
			剛性管 陶管	欠落 軸方向のクラックが 管長の1/2以上	欠落 軸方向のクラックが 管長の1/2未満	—	
			可とう性管	管に亀裂が入っている	—	—	
クラック	④	下水道維持管理指針	鉄筋コンクリート管等	円周方向のクラックで 幅5mm以上	円周方向のクラックで 幅2mm以上	円周方向のクラックで 幅2mm未満	④と⑦には管種ごとの判定基準あり ⑦の可とう性管にクラックの記載なし
			陶管	円周方向のクラックで その長さが円周の2/3以上	円周方向のクラックで その長さが円周の2/3未満	—	
	⑥	下水道管路施設 維持管理計画策定の手引き	全管種	5mm以上	2～5mm	2mm未満	
	⑦	下水道管路施設 災害復旧支援マニュアル	剛性管 鉄筋コンクリート管等	円周方向のクラックで 幅5mm以上	円周方向のクラックで 幅2mm以上	円周方向のクラックで 幅2mm未満	
			剛性管 陶管	円周方向のクラックで その長さが円周の2/3以上	円周方向のクラックで その長さが円周の2/3未満	—	
			可とう性管	—	—	—	
継手ズレ	④	下水道維持管理指針	鉄筋コンクリート管等	脱却	70mm以上	70mm未満	④⑥⑦全てのAランクに脱却 ④と⑦には管種ごとの判定基準あり さらに⑦は可とう性管独自の判定基準あり （鉄筋コンクリート管と同様）
			陶管		50mm以上	50mm未満	
	⑥	下水道管路施設 維持管理計画策定の手引き	全管種	全体が脱却	40～60mm	20～40mm	
	⑦	下水道管路施設 災害復旧支援マニュアル	剛性管 鉄筋コンクリート管等	脱却	70mm以上	70mm未満	
			剛性管 陶管		50mm以上	50mm未満	
			可とう性管	脱却	70mm以上	70mm未満	

表 2-10 視覚判定基準の比較（2）

異常項目	診断基準	出版元	対象管種	A	B	C	特記事項
浸入水	④	下水道維持管理指針	全管種	噴き出ている	流れている	にじんでいる	④⑥⑦の判定基準は同じ
	⑥	下水道管路施設 維持管理計画策定の手引き	全管種	噴き出ている状態	流れている状態	にじんでいる状態	
	⑦	下水道管路施設 災害復旧支援マニュアル	全管種	噴き出ている	流れている	にじんでいる	
取付管の突き出し	④	下水道維持管理指針	全管種	本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10未満	④⑥⑦の判定基準は同じ
	⑥	下水道管路施設 維持管理計画策定の手引き	全管種	管径の50%以上	管径の10～50%	管径の10%未満	
	⑦	下水道管路施設 災害復旧支援マニュアル	全管種	本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10以下	
油脂の付着	④	下水道維持管理指針	全管種	内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—	④の基準にCランクなし ⑦には油脂付着の記載なし
	⑥	下水道管路施設 維持管理計画策定の手引き	全管種	管径の1/3以上付着	管径の1/10～1/3付着	管径の1/10未満付着	
	⑦	下水道管路施設 災害復旧支援マニュアル	全管種	—	—	—	
樹木根侵入	④	下水道維持管理指針	全管種	内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—	④の基準にCランクなし ⑦には木根侵入の記載なし
	⑥	下水道管路施設 維持管理計画策定の手引き	全管種	管断面の50%以上	管断面の10～50%	管断面の10%未満	
	⑦	下水道管路施設 災害復旧支援マニュアル	全管種	—	—	—	
モルタル付着	④	下水道維持管理指針	全管種	内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満	④と⑥の基準はほぼ同じ ⑦にはモルタル付着の記載なし
	⑥	下水道管路施設 維持管理計画策定の手引き	全管種	管径の1/3以上付着	管径の1/10～1/3付着	管径の1/10未満付着	
	⑦	下水道管路施設 災害復旧支援マニュアル	全管種	—	—	—	
パッキン外れ	④	下水道維持管理指針	全管種	—	—	—	⑥と⑦のB・C判定が箇所によって異なる ④にはパッキン外れの記載なし
	⑥	下水道管路施設 維持管理計画策定の手引き	全管種	円周の1/2以上	円周の1/4～1/2	円周の1/4未満	
	⑦	下水道管路施設 災害復旧支援マニュアル	全管種	円周の1/2以上	継手の下部に円周の 1/4以上はみだしている	継手の上部に円周の 1/4以上はみだしている	
蛇行	④	下水道維持管理指針	全管種	—	—	—	④には蛇行の記載無し ⑦は剛性管と可とう性管で基準が異なる
	⑥	下水道管路施設 維持管理計画策定の手引き	全管種	管径の3/4以上	管径の1/2～3/4	管径の1/2未満	
	⑦	下水道管路施設 災害復旧支援マニュアル	剛性管 可とう性管	内径の1/4以上 内径の3/5以上	内径の1/8以上 内径の1/3以上	内径の1/8未満 内径の1/3以下	
変形	④	下水道維持管理指針	全管種	—	—	—	④と⑥には変形の記載無し ⑦にはのみ可とう性管の基準がある
	⑥	下水道管路施設 維持管理計画策定の手引き	全管種	—	—	—	
	⑦	下水道管路施設 災害復旧支援マニュアル	可とう性管	管径の50%以上	上下左右が変形、扁平	上下左右の一方が 変形、扁平	

上記の視覚判定基準の比較結果を下記の通り整理する。

- ・腐食とたるみは、「下水道維持管理指針」の視覚判定基準においてはスパン毎に判定する異常であるが、他の判定基準においては、管1本毎に判定する異常となっている。
- ・「下水道維持管理指針」の視覚判定基準においては、剛性管と構造が異なる、塩化ビニル管等の可とう管の特性を考慮した視覚判定基準となっていない。また、偏平等の塩化ビニル管の異常は、構造上の耐力を低下させる可能性があるため、異常の程度を判定する基準を明確にする必要がある。

2.1.3. 諸外国の視覚判定基準

我が国と比較して下水道先進国である欧米諸国の下水道管渠の視覚判定基準を調査し、整理を行った。対象とした国は、ドイツ、イギリス、イタリア、カナダの4カ国である。参考に諸外国の下水道普及率の表を添付する（表 2-11）。

表 2-11 諸外国の下水道普及率

国名	年	公的下水道への接続率				公的下水道への未接続率		備考
		計	下水処理施設あり		処理場に未接続	計	民間または個別処理	
			公的処理	その他の処理				
アジア								
日本	2005	69.3	69.3	—	—	30.7	8.6	
韓国	2005	83.5	83.0	0.5	—	..	..	
トルコ	2004	68.1	35.9	—	32.1	..	..	
北アメリカ								
アメリカ合衆国	..	..	71.4	..	..	..	..	
カナダ	1999	74.3	71.7	—	2.6	25.7	25.7	
メキシコ	2005	67.6	35.0	—	32.6	32.4	15.9	
ヨーロッパ								
アイスランド	2005	89.0	57.0	—	32.0	10.0	6.0	
アイルランド	2001	93.0	70.0	—	23.0	..	..	欧州連合
イギリス	2005	97.7	97.1	—	0.7	2.3	..	欧州連合
イタリア	1999	..	68.6	..	..	..	..	欧州連合
オーストリア	2004	88.9	88.9	—	—	11.1	11.1	欧州連合
オランダ	2005	99.0	99.0	—	—	1.0	..	欧州連合
ギリシャ	..	..	..	..	..	..	..	欧州連合
スイス	2005	96.7	96.7	—	—	3.3	..	
スウェーデン	2005	86.0	86.0	—	—	14.0	14.0	欧州連合
スペイン	2005	100.0	92.0	—	8.0	—	—	欧州連合
スロバキア	2005	57.1	55.2	—	1.9	42.9	..	欧州連合
チェコ	2006	80.0	73.6	2.4	4.0	20.0	..	欧州連合
デンマーク	2002	87.9	87.9	—	—	12.1	12.1	欧州連合
ドイツ	2004	95.5	93.5	0.6	1.4	4.5	3.4	欧州連合
ノルウェー	2005	82.0	77.1	—	4.8	18.0	16.3	
ハンガリー	2004	63.9	59.8	—	4.1	36.1	14.0	欧州連合
フィンランド	2002	81.0	81.0	—	—	19.0	..	欧州連合
フランス	2004	82.4	80.1	—	2.3	17.6	15.7	欧州連合
ベルギー	2005	85.9	54.6	—	31.3	12.2	..	欧州連合
ポーランド	2006	59.8	61.4	..	—	40.2	25.6	欧州連合
ポルトガル	2005	74.0	65.0	—	9.0	26.0	..	欧州連合
ルクセンブルグ	2003	94.8	94.8	—	—	5.2	5.2	欧州連合
オセアニア								
オーストラリア	2004	87.0	..	..	..	..	..	
ニュージーランド	1999	..	80.0	..	..	..	..	

出典：OECD Environmental Data Compendium 2006-2008, Inland Waters

(1) ドイツの視覚判定基準

ドイツの下水道整備の始まりは、コレラが大量発生したことがきっかけであり、約 160 年の歴史がある。下水道築造開始以来、1980 年代から下水道の影響による道路陥没がきっかけになって、維持管理が重要視されている。DWA（ドイツ水協会）国、技術科学省がプロジェクトを組織して、「管渠の改修」をテーマに活動を開始し、DWA によって TV カメラ調査規定が制定され、1984 年に TV カメラ調査が始まり、2004 年の調査結果では、全体の 95% の自治体がカメラ調査を実施している。下水道管渠の状態評価方法として、ATV-M149 評価モデル、KAPRI がある。

以下、「Instandhaltung von Kanalisationen (1988)」の縮小英訳版である「Rehabilitaion and Maintenance of Drains and Sewerage (2001)」を基に、不具合判定基準を整理する。

「Rehabilitaion and Maintenance of Drains and Sewerage (2001)」では、下水道管路の状態評価方法として、ATV-M149 評価モデル、KAPRI が紹介されている。

①ATV-M149 評価モデル

ATV-M149 “建物外の管渠の状態分類／状態評価”によって、ドイツ水協会は状態評価と状態分類の方法案を示している。ATV-M143E に基づいて把握された損傷は、ATV 状態評価モデルにより損傷種別と損傷規模に応じて必要な修繕対策に関する優先順位を決定することができる。その際、このモデルは、水管理法の基準と密接に関係している。下水管渠の構造・使用状態が把握されると、それらの状態は分類され、続いて地域特有の条件に基づいた水域、土壌へのリスクを考慮して重み付けされる。

②KAPRI

現場において長年来使用されてきた定評のある分類モデルは、KAPRI システム[管渠修繕優先性 (KAnalsarierungs-PRIoritaeten) の略称]であり、これはオッフムにある管渠保全技師事務所が開発したものである。

このモデルの基本コンセプトは、純統計的な損傷分類によって個別損傷と管渠スパンの保全に関する優先性リストを供することである。このため、対象とする管渠スパンにつき、一方で構造状態がもたら損傷種別と損傷規模を考慮した点検結果の分析によって評価され、他方で外的バックグラウンド条件に関連する管渠基幹データの分析によって評価される。対象とする管渠スパンの完全な状態評価と作成される優先性リストの基礎は、互いに別個に算出された結果の数学的結合から得られる。

ドイツの視覚判定基準における、異常の程度を評価するランクは 5 段階あり、状態等級 0 は即時対策を要する管渠、状態等級 1～3 は構造上および使用上の欠陥を有する管渠、状態等級 4 は欠陥が認められない、または、軽微な欠陥しかみとめられない管渠である。

視覚判定基準を表 2-12 に示す。

表 2-12 視覚判定基準：ドイツ

状態種別	状態詳細	状態等級0	状態等級1	状態等級2	状態等級3	状態等級4
		状態記述	状態記述	状態記述	状態記述	状態記述
数字追記が高位分類を求めない場合の第3桁位の略号に基づく分類	全損傷	M	E、A、B	F		
1 取付管 断面部分の毀損 測定、推定幅	A-D	取付管の詰まり	全て	—	—	—
	A-N	他の情報と組み合わせて評価可能				
	AP	取付管を通じた樹木根侵入	$x \geq 30\%$	$20\% \leq x < 30\%$	$10\% \leq x < 20\%$	$5\% \leq x < 10\%$
	AR	取付管に亀裂	$x \geq 10\text{mm}$	$5\text{mm} \leq x < 10\text{mm}$	$2\text{mm} \leq x < 10\text{mm}$	$0.5\text{mm} \leq x < 2\text{mm}$
2 管の破損 測定、推定：平均φ	BA	マンホール、構造物接続部における管片欠損	$x \geq 25\text{cm}^2$	$x < 25\text{cm}^2$	—	—
	BC	継手域の管片欠損	$x \geq 25\text{cm}^2$	$x < 25\text{cm}^2$	—	—
	BS	破片欠損	$x \geq 25\text{cm}^2$	$x < 25\text{cm}^2$	—	—
	BT	崩壊	即時	—	—	—
	BW	壁面部欠損	$x \geq 25\text{cm}^2$	$x < 25\text{cm}^2$	—	—
3 腐食	C-	内部腐食	—	13、33	12、22、32	11、21
	CC	継手域の腐食	—	13、33	12、22、32	11、21
	CK	クリンカの腐食	—	全て	—	—
	CM	目地モルタルの腐食	—	33	32	—
4 曲げ撓み管の変形 測定、推定：直径変化	D-	変形	$40\% \leq x$	$20\% < x < 40\%$	$10\% \leq x < 20\%$	$6\% < x < 10\%$
5 接続欠陥	F			雨水管渠に汚水・屎尿可視	汚水管渠への雨水の不断の流入	
6 排水障害 測定、推定：断面部分の毀損	H-	障害物一般	$x \geq 50\%$	$35\% < x < 50\%$	$20\% \leq x < 35\%$	$5\% \leq x < 20\%$
	HDG	堆積物（小石）	点検実施前に取り除かれなければならない			
	HDS	堆積物（砂）	$x \geq 50\%$	$35\% < x < 50\%$	$20\% \leq x < 35\%$	$5\% \leq x < 20\%$
	HE	突き出た排水障害物	$x \geq 50\%$	$35\% < x < 50\%$	$20\% \leq x < 35\%$	$5\% \leq x < 20\%$
	HF	固着堆積物	全て	—	—	—
	HG	障害物	$x \geq 30\%$	$20\% < x < 30\%$	$10\% \leq x < 20\%$	$5\% \leq x < 20\%$
	HI	固着物	—	全て	—	—
	HP	樹根侵入	$x \geq 30\%$	$20\% < x < 30\%$	$10\% \leq x < 20\%$	$5\% \leq x < 20\%$
	HS	突き出た破片	—	全て	—	—
	H	公共サービス供給管の交差	—	全て	—	—
7 管渠補修	KM		他の情報と組み合わせて評価可能			
8 位置ずれ ds：管渠の肉厚	LB	外側への反り				
	LH	水平方向変位	$x \geq 15\% v. \phi$	$x \geq 100\% v. ds^*$	$75\% \leq x < 100\% v. ds^*$	$25\% \leq x < 75\% v. ds^*$
	LL	軸方向変位	$x \geq 15\text{cm}$	$10\text{cm} \leq x < 15\text{cm}$	$5\text{cm} \leq x < 10\text{cm}$	$2\text{cm} \leq x < 5\text{cm}$
	LV	垂直方向変位	$x \geq 15\% v. \phi$	$x \geq 100\% v. ds^*$	$75\% \leq x < 100\% v. ds^*$	$25\% \leq x < 75\% v. ds^*$
9 亀裂 測定、推定幅	RC	継手域の亀裂	$10\text{mm} \leq x$	$5\text{mm} \leq x < 10\text{mm}$	$2\text{mm} \leq x < 5\text{mm}$	$0.5\text{mm} \leq x < 2\text{mm}$
	RL	縦方向亀裂	$10\text{mm} \leq x$	$5\text{mm} \leq x < 10\text{mm}$	$2\text{mm} \leq x < 5\text{mm}$	$0.5\text{mm} \leq x < 2\text{mm}$
	RQ	横方向亀裂	$10\text{mm} \leq x$	$5\text{mm} \leq x < 10\text{mm}$	$2\text{mm} \leq x < 5\text{mm}$	$0.5\text{mm} \leq x < 2\text{mm}$
	RS	亀甲形成	個別ケースの吟味、少なくともその他の亀裂に同じ			
	RX	網状亀裂	個別ケースの吟味、少なくともその他の亀裂に同じ			
10 取付管 断面部分の毀損 断面部分の毀損 測定/推定幅	S-D	取付管の詰まり	全て	—	—	—
	SE	取付管の突出し	$x \geq 50\%$	$35\% \leq x < 50\%$	$20\% \leq x < 35\%$	$5\% \leq x < 20\%$
	SN	施工が不適正な取付管	他の情報と組み合わせて評価可能			
	SO	取付管、外側への前置	第3桁位を基礎とした分類			
	SP	取付管を通じた樹根侵入	$x \geq 30\%$	$20\% \leq x < 30\%$	$10\% \leq x < 20\%$	$5\% \leq x < 10\%$
	SR	取付管に亀裂	$x \geq 10\text{mm}$	$5\text{mm} \leq x < 10\text{mm}$	$2\text{mm} \leq x < 5\text{mm}$	$0.5\text{mm} \leq x < 2\text{mm}$
11 部材欠損	TK	クリンカの欠損	個別ケースの吟味			
12 可視的な漏れ	UA	漏れ一般	第3桁位を基礎とした分類			
	UC	一般的な漏れなし	第3桁位を基礎とした分類			
	UW	一般的な漏れなし	第3桁位を基礎とした分類			
13 物理的磨耗 数値コードに依拠	V-	物理的磨耗、一般	—	13、33	12、22、32	11、21
	VC	継手部の機械的磨耗	—	13、33	12、22、32	11、21
14 その他の損傷	W-G	地下水浸水	全て	—	—	—

*離反側の管の肉厚

(2) イギリスの視覚判定基準

世界各国の近代下水道は、ほぼイギリスを手本としている。ドイツのハンブルグが最初に系統的な下水道に着工したが、設計はイギリス人技師が行ったものである。イギリスでは、1996 年で総人口の 96% が下水道を使用している。イギリスの視覚判定基準は、「SEWERAGE REHABILITATION MANUAL2001 FOURTH EDITION VOLUME 1 WRc pls 2001」を基とする。

イギリスの視覚判定基準における、異常の程度を評価するランクは 5 段階評価であり、表 2-13 は異常の評価ランクと管の劣化状況を示している。

表 2-13 異常のランクと劣化状況：イギリス

等級	意味
5	崩壊したか、直ぐにでも崩壊する
4	近い将来、崩壊する可能性がある
3	直ぐに崩壊する可能性は小さいが、さらに劣化は進む
2	短期で崩壊の可能性はほとんどないが、将来的に劣化する可能性がある
1	問題なし

イギリスでは、レンガ造りの下水道施設に関する視覚判定基準は、その他の下水道施設と分けて定められている。レンガ造りの下水道施設に係る視覚判定基準を表 2-14、陶管・コンクリート管・プラスチック管に係る視覚判定基準を表 2-15 に示す。

また、上述の他に、欠陥の程度ごとに得点化することにより、異常の程度が大きいものから順位をつける方法も採用している（表 2-16、表 2-17）。

なお、得点化した結果、異常の程度が大きいものは再度、TVカメラ調査による視覚判定（表 2-14、表 2-15）を実施する事が推奨されている。

表 2-14 視覚判定基準（レンガ造りの下水道）：イギリス

等級	典型的な欠陥の説明
5	既に崩壊している
	インバートが無くなっている
	変形＞10%で、亀裂が生じている
	レンガ積みのズレ・抜けで、変形＜10%
	レンガ積みが無くなっている広範囲なエリア
4	変形＞10%で、完全なモルタル損失（欠損厚＞50mm）
	変形は10%までで、亀裂が生じている
	レンガ積みのズレ・抜け
	僅かにレンガの抜けがある
	インバートが落ちている（低下＞20mm）
	僅かなたるみ
	表面損傷－剥離大（レンガの表面全体が欠落している）
	表面損傷－摩耗大（レンガの表面全体が欠落している）
3	完全なモルタル損失（欠損厚＞50mm）、他に欠陥なし
	複数の縦クラック（単一の場所にある）
	複数のクラック
	ズレてるレンガが1つある
	変形＜5%、亀裂は無いが、僅かにモルタルの損失がある
	表面損傷－中位の剥離（広範囲でレンガが剥がれている）
	表面損傷－中位の摩耗（広範囲でレンガが剥がれている）
2	円周方向のクラック
	1本の縦クラック
	表面のモルタル損失（欠損厚＜15mm）
	表面損傷－僅かに剥離（表面からの小さな破片が剥離）
	表面損傷－僅かに摩耗（粗くなっている）
1	構造的な欠陥なし

表 2-15 視覚判定基準（陶管・コンクリート管・プラスチック管）：イギリス

等級	典型的な欠陥の説明
5	既に崩壊している
	変形＞10%で、壊れている
	広範囲の構造的欠陥
	変形＞10%により亀裂が生じている
	レンガ積みが無くなっている広範囲なエリア
4	壊れている
	変形は 10%までで、壊れている
	変形は 6～10%により亀裂が生じている
	複合の亀裂
	重大なたるみ
	50mm 超の継手ズレ（軸方向）、直径の 25%超の継手ズレ
	表面損傷－剥離大（表面全体が欠落している）
	表面損傷－摩耗大（表面全体が欠落している）
3	変形してないが、5%未満の変形により亀裂が生じている
	軸方向のクラックか複数のクラック
	小さいたるみ
	ひどい継手の欠陥
	表面損傷－中位の剥離（広範囲で表面が剥離してる）
	表面損傷－中位の摩耗（広範囲で表面が剥離してる）
2	円周方向のクラック
	中程度の継手の問題
	表面損傷－僅かに剥離（表面から小さな破片が剥離）
	表面損傷－僅かに摩耗（粗くなっている）
1	構造的な欠陥なし

表 2-16 異常の得点化（レンガ造りの下水道）：イギリス

欠陥	EN13508-2 コード	MSCC コード	記述	スコア
レンガのズレ	BAD A	DB	シングル	40
			1/12	80
			2/12	80
			3/12	80
			4/12	80
			5/12	80
			6/12+	165
レンガの抜け	BAD B	MB	シングル	80
			1/12	120
			2/12	120
			3/12	165
			4/12	165
			5/12	165
			6/12+	165
	BDD B A		—	—
	BDAD.B.B		—	—
	BAO/BAP		—	—
モルタル損失	BAE	MS	<15mm	10
		MM	15—50mm	20
		MT	50mm<	40
不完全な修復	BAL.A		半径の<1/4	80
			半径の1/4+	165
表面損傷—剥離	BAF (BorJ)	SSS	小(表面の荒れ)	10
	BAF (C-E)	SSM	中(骨材)	40
	BAF (F-H)	SSL	大(空隙)	120
表面損傷—摩耗	BAF (AorB)	SWS	小(表面の荒れ)	10
	BAF (AorB) C-E	SWM	中(骨材)	40
	BAF (ForH) A	SWL	大(空隙)	120
表面クラック	BAB.A.A		軸方向	2
	BAB.A.B		円周方向	2
	BAB.A.C		複雑な	2
	BAB.A.D		螺旋系の	2
クラック	BAB B A	CL	軸方向	20
	BAB B B	CC	円周方向	20
	BAB B C		複雑な	
	BAB B D		螺旋系の	
曲げ／折れ	BAB C A	FL	軸方向	120
	BAB C B	FC	円周方向	120
	BAB C C		複雑な	
	BAB C D		螺旋系の	
インバートの沈下 崩壊	BAD C	DI		80
	BAD D	X		165
天板のクラック			横	20
			縦	80
天板の曲げ／折れ			横	40
			縦	120
変形 垂直 水平		D	0-5%	20
	BAA A		6-10%	40
	BAA B		10+%	60

表 2-17 異常の得点化（陶管・コンクリート管・プラスチック管）：イギリス

欠陥	EN13508-2 コード	MSCC コード	記述	スコア
軸方向の継手ズレ ／脱却	BAJ A	OJM	中：管厚の1～1.5	1
		OJL	大：管厚の1.5以上	2
			土壌が見える、穴として等級別	See hole
鉛直方向の継手ズレ		JDM	中：管厚の1～1.5	1
		JDL	大：管厚の1.5以上	2
			>直径10%、土壌が見える	80
表面クラック	BAB.A.A		軸方向	2
	BAB.A.B		円周方向	2
	BAB.A.C		複雑な	2
	BAB.A.D		螺旋系の	2
クラック	BAB B A	CL	軸方向	10
	BAB B B	CC	円周方向	10
	BAB B C		複雑な	40
	BAB B D		螺旋系の	40
		CM		
曲げ／折れ	BAB C A	FL	軸方向	40
	BAB C B	FC	円周方向	40
	BAB C C		複雑な	80
	BAB C D		螺旋系の	80
		FM		
損傷	BAC A	B		80
穴	BAC B	H	半径の<1/4	80
			半径の1/4+	165
崩壊	BAC C	X		165
剥離	BAF B	SSS	軽度	5
		SSM	中度	20
		SSL	重度	120
摩耗	BAF B	SWS	軽度	5
		SWM	中度	20
		SWL	重度	120
浸入水	BAI A			120
不完全な修復	BAL.A		半径の<1/4	80
			半径の1/4+	165
接合不良 (プラスチック管)	BAM A		軸方向	40
	BAM B		円周方向	40
	BAM C		螺旋系	80
接合不良 (金属管)	BAM A		軸方向	10
	BAM B		円周方向	10
	BAM C		螺旋系	40
変形	BAA	D	0-5%	20
	BAA A		6-10%	80
	BAA B		10+%	165

(3) イタリアの視覚判定基準

イタリアの視覚判定基準は、「LINEE GUIDA NAZIONALI PER LA VIDEOISPEZIONE E CODIFICA CONDIZIONI RETI FOGNARIE 2008. 4 ASPI」(ASPI: Associazione Nazionale manutenzione e spurgo delle rebi fognarie e idriche) を基に、以下に示す通り整理する。

イタリアにおける視覚判定基準を表 2-18 に示す。また、異常の程度を評価するランクは 5 段階評価であり、表 2-19 は異常のランクと得点の関係を示している。

表 2-18 視覚判定基準：イタリア

コード	説明	分類 1	分類 1・説明	分類 2	分類 2・説明	定量化	得点
BAA	変形	A	垂直方向			0-5%	20
						6-15%	40
						16-30%	80
						>30%	165
		B	水平方向			0-5%	20
						6-15%	40
BAB	クラック	A	損傷（表面上に見えるひび）	A	延長方向		10
				B	円周方向		10
				C	複合的		40
		B	破壊（管壁上にひびが見え、小片/破片がある）	A	延長方向		20
				B	円周方向		20
				C	複合的		60
BAC	破損/崩壊	A	破損（明らかな変形、欠落がある）※<1000mm				80
		C	崩壊（構造的な完全性が無い）※>1000mm				165
BAD	欠陥があるレンガ造り	A	ズレ				20
		B	所在不明のレンガがある				60
		C	底が落ちる				80
		D	崩壊				165
BAF	表面の損傷	A	荒れている				5
		B	剥離				10
		C	腐食				40
		E	資材が欠けている				80
BAG	取付管突き出し	A				$X \leq 25\%$	-
		B				$25 < X \leq 50\%$	-
		C				$50 < X \leq 75\%$	-
		D				$X > 75\%$	-
BAH	取付管不良	A	取付位置の間違い				-
		B	取付管が届いてない				-
		D	取付管の損傷				-
		E	接続できてない				-
		F	接続できない				-
							-
BAI	継手不良	A	シール材の不良				-
		B	侵入物による閉塞				-
		C	不完全な接合				-
BAJ	継手ズレ	A	延長方向			<5cm	5
						>5cm	10
		B	直径方向			<5cm	5
						>5cm	10
		C	角度			軽微	5
						重大	10
BAK	管更正の欠陥	A	不完全なコーティング				-
		F					-
		G					-
BAL	不完全な修復	A	壁の欠落				80
		B	壁孔修繕部の劣化				40
		C	溶接欠陥				40
BAN	配管突き抜け						10
BAO	欠陥を通して土壌が見える						10
BAP	欠陥を通して空隙が見える						10

表 2-19 異常のランクと得点：イタリア

ランク	説明	得点
1	構造的に許容できる	0-10
2	僅かな損傷の発生可能性がある	11-40
3	損傷の可能性はある	41-80
4	中期的対応	81-165
5	即座に対応	>165

(4) カナダの視覚判定基準

カナダにおける管渠の視覚判定基準は、「Guidelines For Condition Assessment And Rehabilitation Of Large Sewers NRC・CNRC」を基に、以下に示す通り整理する。

カナダの視覚判定基準においては、構造的異常（破損など）と機能的異常（木根侵入など）に分けて評価される。これらの異常の程度は共に 5 段階評価であり、表 2-20 は異常のランクと対応の優先度の関係を示している。構造的異常ランクと機能的異常ランクの両方を基に対応の優先度を定めている。例えば、構造的異常がランク 4 であり、かつ、機能的異常がランク 5 であるならば、「即時対応」と判断される。一方、構造的異常がランク 4 であり、かつ、機能的異常がランク 1～4 であるならば、「緊急性は高い」と判断される。

表 2-20 異常のランクと対応の優先度：カナダ

構造的異常 ランク	機能的異常 ランク	対策の優先度
5	1～5	即時対応
4	5	即時対応
	1～4	緊急性が高位
3	≥4	緊急性は中位
	<4	緊急性は低位
2	1～5	緊急性は低位
0 or 1	1～5	緊急性なし

カナダの視覚判定基準は、表 2-22 に示す通り、異常の程度ごとに得点化されている。構造的異常ランクおよび機能的異常ランクは表 2-21 に示す通り、管渠 1m ごとに最も大きい得点のスコア（ピークスコア）を基にランクを定めている。

なお、カナダでは、管種と管渠の異常項目の関係を分類しており、分類表を表 2-23 に示す。

表 2-21 異常のランクとピークスコア

ピークスコア	構造的異常 ランク	ピークスコア	機能的異常 ランク
0 - 4	1	0 - 2	1
5 - 9	2	3 - 4	2
10 - 14	3	5 - 6	3
15 - 19	4	7 - 8	4
20	5	9 - 10	5

表 2-22 視覚判定基準：カナダ

欠陥タイプ	コード	単位	重み
延長方向の割れ/折れ (FL)			
軽度 (幅10mm未満)	FLL	metre	5
中程度 (幅10～25mm か 亀裂 2～4)	FLM	metre	10
重大 (幅25mm超 か 亀裂5以上)	FLS	metre	15
円周方向の割れ/折れ (FC)			
軽度 (幅10mm未満)	FCL	metre	5
中程度 (幅10～25mm か 亀裂 2～4)	FCM	metre	10
重大 (幅25mm超 か 亀裂5以上)	FCS	metre	15
斜め方向の割れ/折れ (FD)			
軽度 (幅10mm未満)	FDL	metre	5
中程度 (幅10～25mm か 亀裂 2～4)	FDM	metre	10
重大 (幅25mm超 か 亀裂5以上)	FDS	metre	15
複合的な割れ/折れ (FM)	FM	metre	20
延長方向のクラック (CL)			
軽度 (3まで、漏水無し)	CLL	metre	3
中程度 (3超、漏水あり)	CLM	metre	5
円周方向のクラック (CC)			
軽度 (3まで、漏水無し)	CCL	metre	3
中程度 (3超、漏水あり)	CCM	metre	5
斜め方向のクラック (CD)			
軽度 (3まで、漏水無し)	CDL	metre	3
中程度 (3超、漏水あり)	CDM	metre	5
ひどいクラック (CS)			
重大 (複合的なクラック、漏水)	CS	metre	10
変形 (D)			
軽度 (直径の5%未満の変形)	DL	metre	5
中程度 (直径の5～10%の変形)	DM	metre	10
重大 (直径の11～25%の変形)	DS	metre	15
崩壊 (X)			
管きょ断面が構造的に崩壊している、あるいは直径の25%を超える変形をしている。	X	each	20
破損 (B)			
(直径で100 mmか範囲で100×100 mmの面積 (あるいは同程度) を超える。	B	each	15
継手ズレ：垂直方向 (JD)			
軽度 (管厚の1/4未満)	JDL	each	3
中程度 (管厚の1/4～1/2)	JDM	each	10
重大 (管厚の1/2超)	JOS	each	15
継手ズレ：軸方向 (JO)			
軽度 (10mm未満、止水ゴムが納っている)	JOL	each	3
中程度 (10～50mm、止水ゴムが納っていない)	JOM	each	10
重大 (50mm超、土壌が見える、漏水あり)	JOS	each	15
表面の損傷 (II)			
軽度 (管壁の5mm未満の摩耗、わずかな剥離・摩耗、金属管のへこみ)	HL	metre	3
中程度 (管壁の5～10mmの摩耗、補強材・骨材の露出、金属管の広範囲の腐食)	HM	metre	10
重大 (管壁の10mm超の摩耗、補強材の腐食、金属管の全体の腐食)	HS	metre	15
たるみ (S)			
軽度 (50 mm未満)	SL	metre	4
中程度 (50 ～ 100 mm)	SM	metre	10
重大 (100 mmを超える)	SS	metre	15

表 2-23 管種と管渠の異常項目

異常項目		管種		
		剛性管	プラスチック管	金属管
割れ／折れ (F)		○	○	○
クラック (C)		○	○	
変形 (D)		○	○	○
崩壊 (X)		○	○	○
破損 (B)		○	○	○
継手ズレ：垂直方向 (JD)		○	○	○
継手ズレ：軸方向 (JO)				
表面の損傷 (Ⅱ)	局部座屈		○	○
	腐食			○
	剥離	○		
	摩耗	○	○	○
たるみ (S)		○	○	○

2.1.4. 日本の異常項目と諸外国との比較

日本における管渠の異常項目（代表例として「下水道維持管理指針 前編－2003 年版－」）と諸外国の視覚判定基準について比較を行った。表 2-24 に日本と諸外国の異常項目の比較表、表 2-25 に日本と諸外国の判定基準比較表を示す。

表 2-24 日本と諸外国の異常判定項目比較表

			ドイツ	イギリス	イタリア	カナダ
日本の異常項目	①	管の腐食	○	△	△	○
	②	上下方向のたるみ	○	△		○
	③	管の破損	○	○	○	○
	④	管のクラック	○	○	○	○
	⑤	管の継手ズレ	○	○	○	○
	⑥	浸入水	○	○		
	⑦	取付管の突出し	○		○	
	⑧	油脂の付着	○			
	⑨	樹木根の侵入	○			
	⑩	モルタル付着	○			
諸外国に見られる異常項目	a	取付管不良	○		○	
	b	継手不良			○	
	c	接続欠陥	○			
	d	管きょ補修	○	○	○	
	e	管更生			○	
	f	物理的な摩耗	○			
	g	漏水	○			
	h	穴		○		
	i	崩壊		○		○
	j	変形	○	○	○	○
	k	金属管、レンガ造り		○	○	

表 2-25 日本と諸外国の視覚判定基準比較表

項目	日本		ドイツ		イギリス		イタリア		カナダ	
管の腐食	A	鉄筋露出状態	1	骨材欠落、継手部モルタル欠落						表面の損傷の1要因として計上
	B	骨材露出状態	2	骨材突出、鉄筋の一部が欠落している・突出、継手部モルタル一部欠落						
	C	表面が荒れた状態	3	骨材露出、腐食による鉄筋露出						
上下方向のたるみ	A	内径以上			4	重大なたるみ			重大	100mmを超える
	B	内径の1/2以上			3	小さいたるみ			中程度	50～100mm
	C	内径の1/2未満							軽度	50mm未満
管の破損	A	欠落、軸方向のクラックで幅5mm以上	状態等級0	縦7777:10mm≦x、破損:x≧25cm2	5	既に崩壊している	A	明らかな変形、欠落がある) <100mm	中程度	軸方向の7777:3まで、漏水あり
	B	軸方向のクラックで幅2mm以上	状態等級1	縦7777:5mm≦x<10mm、破損:x<25cm2	4	壊れている			軽度	軸方向の7777:3超で、漏水なし
	C	軸方向のクラックで幅2mm未満	状態等級2	縦7777:2mm≦x<5mm					破損B	直径で100mmか範囲で100×100mmの面積(あるいは同程度)を超える。
			状態等級3	縦7777:0.5mm≦x<2mm						
			状態等級4	縦7777:x<0.5mm						
管のクラック	A	円周方向のクラックで幅5mm以上	状態等級0	10mm≦x	4	複合の亀裂	A	表面上に見えるひび	重大	ひどいクラック:複合的なクラック、漏水
	B	円周方向のクラックで幅2mm以上	状態等級1	5mm≦x<10mm	3	軸方向・複数のクラック	B	管壁上にひびが見え、小片破片がある	中程度	円周方向のクラック:3超で、漏水あり
	C	円周方向のクラックで幅2mm未満	状態等級2	2mm≦x<5mm	2	円周方向のクラック			軽度	円周方向のクラック:3まで、漏水無し
			状態等級3	0.5mm≦x<2mm						
			状態等級4	x<5mm						
管の継手ズレ	A	脱却	状態等級0	x≧15cm	4	軸方向 >50mm 段差 >直径の25%	AA	延長方向 >5cm	重大	50mm超、土壌が見える、漏水あり
	B	70mm以上	状態等級1	10cm≦x<15cm	3	ひどい継手の欠陥	AB	延長方向 <5cm	中程度	10～50mm、止水ゴムが納っていない
	C	70mm未満	状態等級2	5cm≦x<10cm	2	中程度の継手の問題			軽度	10mm未満、止水ゴムが納っている
			状態等級3	2cm≦x<5cm						
			状態等級4	x<2cm						
浸入水	A	噴き出ている								
	B	流れている		全て						
	C	にじんではいる								
取付管の突出し	A	本管内径の1/2以上	状態等級0	x≧50%			A	X≦25%		
	B	本管内径の1/10以上	状態等級1	35%≦x<50%			B	25<X≦50%		
	C	本管内径の1/10未満	状態等級2	20%≦x<35%			C	50<X≦75%		
			状態等級3	5%≦x<20%			D	X>75%		
			状態等級4	x<5%						
油脂の付着	A	内径の1/2以上閉塞								
	B	内径の1/2未満閉塞		全て						
	C	—								
樹木根侵入	A	内径の1/2以上閉塞	状態等級0	x≧30%						
	B	内径の1/2未満閉塞	状態等級1	20%<x<30%						
	C	—	状態等級2	10%≦x<20%						
			状態等級3	5%≦x<20%						
			状態等級4	x<5%						
モルタル付着	A	内径の3割以上								
	B	内径の1割以上		全て						
	C	内径の1割未満								
撓み管の変形			状態等級0	x≧40%	5	変形>10%以上で壊れている	A	>30%	重大	直径の11～25%以上の変形
			状態等級1	20%<x<40%		変形>10%により亀裂が見られる	B	16～30%	中程度	直径の5～10%未満の変形
			状態等級2	10%≦x<20%	4	変形10%までで壊れている	C	6～15%	軽度	直径の5%未満の変形
			状態等級3	6%<x<10%		変形6%～10%までで亀裂が生じている	D	0～5%		
			状態等級4	x≦6%	3	変形していないが、8%未満の変形により亀裂が生じている				

日本と諸外国の異常判定項目ならびに視覚判定基準を比較すると、以下の通り整理できる。

- ・ 諸外国の異常判定項目は、プラスチック管（可とう性管）特有の異常を対象とした判定項目がある。
- ・ 諸外国の異常判定項目は、コード化され、重みづけ（得点化）されている。
- ・ 各異常の階級数（ランク数）は、日本と比較して多い。
- ・ 日本の異常判定項目は、ドイツの異常判定項目とほぼ同様な設定をしている。
- ・ 諸外国の異常判定項目は、補修箇所および管更生を実施した管渠に対する異常判定項目がある。
- ・ 諸外国の異常判定項目には、変形が含まれている。

2.2. 塩化ビニル管の規格および異常に関する既往の文献

2.2.1. 硬質塩化ビニル管の規格の変遷

硬質塩化ビニル管（以下、「塩化ビニル管」）の歴史をまとめた一覧を表 2-26 に示す。

表 2-26 塩化ビニル管の歴史

年	事 項
昭和11年(1936)	ドイツで初めて硬質塩化ビニル管を生産
昭和16年(1941)	硬質塩化ビニル管のドイツ規格DIN(8061,8062)が制定
昭和26年(1951)	日本(東亜合成化学工業株式会社)で初めて硬質塩化ビニル管を生産
昭和27年(1952)	無可塑塩ビ継手の射出成形に成功
昭和29年(1954)	日本工業規格:硬質塩化ビニル管(JIS K 6741)、塩化ビニル電線管(JIS C 8430)が制定
昭和31年(1956)	水道用途がJIS K 6742に分離(以後数回改正) 水道用硬質塩化ビニル管・継手(JIS K 6743)制定
昭和33年(1958)	硬質塩化ビニル管(JIS K 6741)改正:呼びが6インチまで拡張
昭和35年(1960)	硬質塩化ビニル管(JIS K 6741)改正:呼びがmm表示となる
昭和38年(1963)	水道用硬質塩化ビニル管・継手(JIS K 6743)改正:TS式冷間接着継手追加
昭和40年(1965)	給排水設備基準(HASS 206)制定
昭和42年(1967)	塩ビ排水管継手規格(HASS 207)制定
昭和47年(1972)	排水用硬質塩化ビニル管継手(JIS K 6739)制定 水道用耐衝撃性硬質塩化ビニル管継手(JWWA K118・119)制定
昭和49年(1974)	日本下水道協会規格「下水道用硬質塩化ビニル管」(JSWAS K-1)制定
昭和54年(1979)	水道用硬質塩化ビニル管・継手(JIS K 6743)改正:TS継手75以上の仕様変更
昭和58年(1983)	「下水道用硬質塩化ビニル管道路埋設指針」発行 建設省が下水道用硬質塩化ビニル管の国道下埋設を認可
昭和59年(1984)	硬質塩化ビニル管(JIS K 6741)改正:「呼び」を「呼び径」とし、受口加工をした片受直管を付図として規定
昭和60年(1985)	耐熱性硬質塩化ビニル管(JIS K 6776)および耐熱性硬質塩化ビニル管継手(JIS K 6777)制定
昭和62年(1987)	日本道路協会「道路土工・擁壁工・カルバート工・仮設構造物工指針および排水工指針」に硬質塩化ビニル管が追加
平成5年(1993)	水道用硬質塩化ビニル管(JIS K 6742)、水道用硬質塩化ビニル管継手(JIS K 6743)改正:耐衝撃性硬質塩化ビニル管および継手が追加
平成6年(1994)	建設省道路局「硬質塩化ビニル管等の占用許可取扱」のガイドラインを発表
平成7年(1995)	日本下水道協会規格「下水道推進工法用硬質塩化ビニル管」(JSWAS K-6)制定
平成11年(1999)	建設省道路局「道路占用基準の浅層埋設に関する改正」を通達
平成16年(2004)	日本下水道協会認定適用資器材Ⅱ類に「下水道用リサイクル三層硬質塩化ビニル管(RS-VU)」を登録
平成18年(2006)	リサイクル硬質ポリ塩化ビニル三層管(JIS K 9797)制定 リサイクル硬質ポリ塩化ビニル発泡三層管(JIS K 9798)制定
平成19年(2007)	硬質ポリ塩化ビニル管(JIS K 6741)改正:耐衝撃性硬質塩化ビニル管を追加
平成22年(2010)	日本下水道協会規格「下水道用硬質塩化ビニル管」(JSWAS K-1)改正

わが国における塩化ビニル管は、その優れた耐薬品性、電気絶縁性、機械的強度などによって主に工業用途を中心に昭和 26 年(1951)頃から使用され、需要の増加および使用者要求から、昭和 29 年(1954)に「JIS K6741 (硬質塩化ビニル管)」が制定されて以降、水道管、電線管などの別途規格化および農水・下水用途の大口径化を経て 60 年程度経過した管材である。現在では、様々な規格の制定、改正および廃止を経て現在に至っており、JIS 規格の他、日本水道協会規格(JWWA)、日本下水道協会規格(JSWAS)、塩化ビニル管・継手協会規格(AS)等が制定されている。昭和 49 年(1974)に日本下水道協会規格(JSWAS)が制定されて以降、塩化ビニル管を急速に普及したと考えられる。

(1) 日本工業規格(JIS 規格)

まず、最も基本となっている JIS K6741 (硬質塩化ビニル管) の変遷について記載する。

- ・昭和 26 年(1954) 年制定 (JIS 制定)

口径はインチ設定で 3/8、1/2、3/4、1、1 1/4、1 1/3、2、2 1/2、3、4 を設定し当時の技術段階において最良の試験方法を取り入れた。

- ・昭和 32 年(1957) 改正

口径のインチ拡大で 5、6 を追加した。

- ・昭和 33 年(1958) 年改正

試験方法の追加を行った。

- ・昭和 35 年(1960) 改正

インチ呼びをミリメートル呼び 13、16、20、28、35、41、52、67、78、100、125、148 に改正した。

- ・昭和 40 年(1965) 改正

①口径 200～300 の管を追加

②薄肉管として VU 管(口径 10、13、16、20、25、28、35、40、45、50、65、75、100、125、150、200、250、300)を追加し、既存の種類を VP 管(口径 10、13、16、20、25、30、35、40、45、50、65、75、100、125、150、200、250、300))とした。

- ・昭和 48 年(1968) 改正

①口径の削除(呼び 28、35)

②VU 管に呼び 300、350、400、450、500 を追加した。

③厚さの許容差を ISO 規格と同じく +X、-0 の形にした。

- ・昭和 50 年(1975) 年改正

①VP10 を削除し、VU600、700 及び 800 を追加した。また、VP200、250 の従来管は呼び圧力 10kgf/cm² に満たないのでこれを厚くし、かつ、VP300 を追加した。

②片受直管を規定した。

- ・昭和 59 年（1984）改正
 - ①ビカッ軟化温度試験を新たに規定した。
 - ②受口を圧力輸送及び無圧輸送用のゴム輪受口および接着受口に分け、寸法を付図に示した。
- ・平成 11 年（1999）改正
 - ①国際単位系（SI）を JIS に導入するために行った改正であり、SI 単位系を規格値とし従来単位を参考として（ ）付で付記した。
 - ②UM 管（呼び 350、400、450、500）を追加した。
- ・平成 16 年（2004）改正
 - ①従来からの 5 年定期見直しを契機として、旧規格発行後に改正された ISO/IEC Guide21：1999（国家規格への国際規格の採用）の編集方針に基づき、国際規格との整合化を図った。
 - ②IS03633 および IS04435 を対応規格としてきたが、この規格製品は、圧送用としても使用されることから、IS04422-2 の水道用途以外の部分を新たに追加した。
 - ③呼び径 800 は、1975 年規格制定以来生産実績が無く、他のプラスチック管の代替が可能であるため削除した。
 - ④管の種類に ISO 規格に規定のある IDVP、ISVP、IWVP を追加した。
- ・平成 19 年（2007）改正

ISO 規格との整合化をより高めた規定内容とし、2004 年に改正された。特に規格票の様式およびその作成方法は、従来から JIS Z 8301（規格票の様式および作成方法）に基づき実施されてきたが、この JIS Z 8301 は ISO/IEC Directives-Part2 との整合化を図るため 2005 年に大規模な改正が行われた。旧規格に関する規定内容の変更は前に述べているが、編集上変更が多岐にわたってなされている。特に今回の改正は、硬質塩化ビニル管および継手の 6 規格の改正を同時に実施したため、材質およびその他特性並びに形状印字に関する以外の規定については内容の共通化を図り、検査又は適合性評価が適切に行えるようにした。

(2) 日本下水道協会規格（JSWAS 規格）

次に、JSWAS K-1 規格の変遷について記載する。

- ・昭和 49 年（1974）制定

「JIS K 6741（硬質塩化ビニル管）」を基本とし、下水道用管として呼び径 100～800 までの範囲を対象とした直管のおよび取付け管等異形管の規格化について、種々の実験ならびに製造、加工の視察などを行い制定される。
- ・昭和 60 年（1985）改正

本規格の関連規格である硬質塩化ビニル管（JIS K 6741）が前年改正され、早急に整合を図る必要も生じてきたため、本規格の改正を行うこととなった。主要な改正点は以下の通りである。

 - ①プレーンエンド直管に、排水設備での使用実態から呼び径 75 を追加した。

- ②片受け直管、支管、カラーについて、使用実績を考慮して規格を整備した。
- ③両受け直管および 15 度、60 度曲管を新しく規格化した。
- ④マンホール継手、ます取付継手について、浸入水防止と安全性の観点から、規格を整備した。
- ⑤試験方法について、ビカット軟化温度試験を新たに追加するなど上記 JIS の規定にあわせた。
- ⑥検査、表示等の項目を追加した。

・平成 14 年（2002）改正

下水道用事業の拡大とともに下水道事業者から製品の多様化による規格の改正を求める要望が強くなってきた。一方で、本規格の関連規格である JIS K 6741 が改正となり、また計量法による SI 単位の移行があったため、早急に整合化を図る必要が生じてきたため、改正を行うこととなった。今回の主な改正事項は、下記の通りである。

- ①普及が進み、すでに汎用化した自在曲管、自在支管を追加するとともに、使用実績がほとんどない本管の呼び径 700 および 800、並びに鉄筋コンクリート管用と陶管用の A 形 60 度支管および B 形支管を削除した。また、併せて JSWAS K-9 の付属書から硬質塩化ビニル製小型マンホール用継手を 3 種類追加した。
- ②形状・寸法については、流量計算等に使用する直管の内径を計算内径で規格表に示し、また、従来の 60 度支管については管軸 60 度支管に名称変更し、管周方向ではなく管軸方向に対して 60 度支管に名称変更し、管周方向ではなく管軸方向に対して 60 度の取付であることが分かるように、実情に合わせるとともにわかりやすいように整備した。
- ③製造方法の進歩を阻害しないように成形方法ごとの寸法の規定を外した。
- ④SI 単位を導入するとともに、性能については、引張強さを JIS K 6741 の最大荷重から求めるのではなく、世界各国で用いられている引張降伏強さで規定した。また、偏平強さ荷重は、 $E=2942\text{MPa}$ を使用して再計算し、規定した。
- ⑤下水道管渠として必要な耐薬品性を検討し、見直した。
- ⑥自在継手を追加したことから、自在性の確認方法の試験について規定した。

・平成 22 年（2010）改正

本規格の関連規格 JIS K 6741 およびプラスチックの試験方法に関する JIS が改正となり、早急に整合性を図る必要性が生じたために、本規格の改正を行うこととなった。今回の主な改正事項は、下記の通りである。

- ①規格の標準値、参考値の扱いを明記した。
- ②下流用マンホール継手呼び径 300、350 の L 寸法を、施工を考慮した寸法に変更した。
- ③コンクリート製品との取り合いに使用する製品について、可とうマンホール継手の対応も考え「砂付け又はシボ加工をすることができる」とした。
- ④性能については、引張降伏強さの規格値を JIS K 6741 : 2007 に合わせ「23℃における引張降伏強さは 45MPa 以上」とした。
- ⑤試験方法については、引張試験を JIS K 6741:2007 に準拠した方法に変更し、ビカット軟化温度試験は、JIS K 6816:2008 に準拠した方法に変更した。

硬質塩化ビニル管における JIS 規格および公的規格の変遷を表 2-27 に示す。

[illegible]

AS : 塩化ビニル管継手協会規格

表 2-28 主な製品規格の変遷

			主な製品規格の変遷																																						
			20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24					
JIS規格	硬質ポリ塩化ビニル管	JIS K6741								制定	改正	改正		改正			改正					改正					改正	改正			改正										
	水道用硬質ポリ塩化ビニル管	JIS K6742								制定		改正			改正		改正	改正					改正	改正	改正	改正	改正			改正											
	耐熱性硬質ポリ塩化ビニル管	JIS K6776																							制定				改正	改正	改正	改正									
	リサイクル硬質ポリ塩化ビニル三層管	JIS K9797																												制定											
	リサイクル硬質ポリ塩化ビニル発泡三層管	JIS K9798																												制定											
	硬質塩化ビニル電線管	JIS C8430								制定	改正	改正			改正	改正				改正																					
日本協規格	水道用ゴム輪形硬質塩化ビニル管	JWWA K-127																				制定		改正	改正	改正															
	水道用ゴム輪形耐衝撃性硬質塩化ビニル管	JWWA K-129																				制定		改正	改正	改正															
下水協規格	下水道用硬質塩化ビニル管	JSWAS K-1																				制定				改正				改正				改正	改正						
	下水道用リブ付硬質塩化ビニル管	JSWAS K-13																														制定		改正							
塩ビ管・継手協会	硬質塩化ビニル管	AS 20																				制定				改正				改正											
	水道用硬質塩化ビニル管	AS 31																				制定				改正				改正											
	水道用ゴム輪形耐衝撃性硬質塩化ビニル管	AS 33																				制定				改正				改正											
	排水用リサイクル硬質塩化ビニル管(REP)	AS 58																												制定											
	下水道用リサイクル三層硬質塩化ビニル管(RS-VU)	AS 62																												制定											

2.2.2. プラスチック系管渠の劣化・破壊のメカニズムについて

国内外にある文献等を基にプラスチック系管渠（塩化ビニル管等）の劣化・破壊のメカニズムについて収集を行った。

プラスチック系管渠の劣化・破壊に関するメカニズムの類型化、判定指標の候補の抽出の観点から、プラスチック系材料の性能（Performance）および供用段階（Practice）における情報の2つの側面から文献を調査した。これらの調査方針からの情報収集にあたり、プラスチック系管渠（塩化ビニル管等）の劣化・破壊に関するキーワードについて整理したものを表2-29に示す。

表 2-29 プラスチック系管渠の劣化・破壊に関するキーワード

情報の種類		説明
劣化		物理的劣化：物理的性質の永久変化が起こって性質が低下する現象 化学的劣化：材料の化学的組成構造に有害な変化を起こす現象
破壊		延性破壊：材料が伸びを伴いながら破壊する現象 脆性破壊：伸びを示さずクラックが発生しそれが成長して破壊する現象 クリープ破壊：引張力を継続的に維持し続けると、材料が切れる現象
性能		適切な供用を前提とした場合、プラスチック系材料の劣化・破壊に対する性能が記載されたもの
供用段階	埋設環境	埋設する地盤特性や管内の流下特性など、埋設環境が関連した場合、プラスチック系材料に与える影響が記載されたもの
	人的過失	成型品の欠陥や誤った施工・設計など人的喪失が、プラスチック系材料に影響を与えていると記載されたもの

上表のキーワードを基に、劣化・破壊に関することについて情報収集を行った。収集した文献は以下の通りである（表2-30）。また、これらの文献に基づき、下水道管路内点検項目や性能の評価判定に利用するための判定指標として想定される項目を表2-31に整理した。

表 2-30 収集した文献

No.	名称	分野
文献 1	石川浩（クボタシーアイ株式会社）：合成樹脂材料の劣化、空気調和・衛生工学会、2005	水道、衛生
文献 2	本間精一（本間技術士事務所所長）：プラスチック製品の強度設計とトラブル対策、2009	材料
文献 3	Paul Davis (CSIRO) : Long-Term Performance Prediction for PE Pipes, Water Intelligence, IWA , 2009	水道、ガス
文献 4	Mehdi Farshad : Plastic Pipe Systems Failure Investigation And Diagonosis, Butterworth-Heinemann, 2006	材料
文献 5	J. Breen, A. Boersma : Long term performance of existing PVC water distribution systems, 9th Int. Conf. PVC, Brighton, 2005	水道
文献 6	藤田雅志（堺市上下水道局）：硬質塩化ビニル管の劣化度調査について（その2）、日本水道協会関西地方支部、2007	水道

表 2-31 情報収集結果と下水道管渠の異常状態評価において想定される判定指標

情報の種類		情報収集結果	想定される判定指標
発生原因	劣化	物理的な劣化は、管の材料の許容応力以上の外部的な荷重によって、クラックが発生し、最終的には管が破壊することである。 化学的な劣化は、熱、紫外線、薬品等の影響により、管の変形（たわみ、寸法の収縮）、変色（白化等）することで、管の脆化につながることである。	①変色 ②変形
	破壊	延性破壊や脆性破壊は、応力の負荷時間、ひずみ速度、温度の影響により、いずれかの破壊が発生し、その破壊形状が異なる。 クリープ破壊は、管に内圧をかけたとき、円周方向に引張応力が作用し、この負荷が長期間におよぶと塑性変形して破壊する。	①破損の形状
性能種別		プラスチック樹脂を劣化させる太陽光の波長は、400nm 以下であり、管の材料によって異なる。 プラスチック系材料は、低温では脆化し、高温では変形や溶解する。 物理的な力と化学的影響では、クラックの形状が異なり、前者をストレスクラック、後者をソルベントクラックとよぶ。	①紫外線 ②露出管 ③クラックの形状
埋設環境		管内の水圧、水温の影響による強度の低下、残留ひずみの拡大によってクラックが発生する。 埋設場所の地盤条件（砂礫や軟弱な粘土層）および道路下の荷重が起因する不具合の発生がある。	①水温 ②残留ひずみ ③地盤条件
人的過失		管の成形、保管、運搬、施工、管理段階において人的過失の発生リスクが存在し、これらが管の劣化・破壊を促進することが多い。 ソルベントクラックの発生は、溶剤（接着剤）や防腐剤の過剰な塗布に起因する。	①作業の技能 ②保管条件 ③施工方法 ④メーカー ⑤管の表面処理法

各文献から収集された劣化・破壊のメカニズムについての概要は次の通りである。

<文献 1>

【発生原因】

1. キーワード

①熱 ②紫外線 ③化学薬品 ④塩素水 ⑤応力（クリープ、ストレスクラック、ソルベントクラック）

2. 概説

- ・塩ビ等の非晶性ポリマーでは、ガラス転移温度に近い温度で熱劣化すると、密度の増加、引張強さの増大と引張伸びの低下、衝撃強さの低下、荷重たわみ温度の上昇、寸法の収縮などの現象が起きる。
- ・化学薬品による物性変化は、膨潤、溶解があり、管の材料と化学薬品の種類による溶解度パラメータ（SP 値）で評価される。
- ・クリープ現象は、パイプ材料の分子量が大きいほど小さい。
- ・ストレスクラックは、結晶性より非結晶性プラスチックの方が発生しやすい。
- ・ソルベントクラックは、樹脂成形品の中に溶剤等が浸透し、分子が溶剤により動きやすくなり、局部的にひずみが緩和されることでクラックが発生する。

【物理化学的条件】

1. キーワード

①酸化防止剤 ②紫外線吸収剤 ③光安定剤 ④光遮蔽剤

2. 概説

- ・樹脂を劣化させる光の波長は、塩化ビニル（PVC）では 320nm、ポリエチレン（PE）では 300nm である。
- ・ソルベントクラックの発生原因は、5℃以下の低温、薬品の浸透による急速な応力解放等である。

<文献 2>

【発生要因】

1. キーワード

①延性破壊 ②脆性破壊 ③熱劣化 ④加水分解 ⑤紫外線 ⑥放射線照射 ⑦オゾン劣化 ⑧微生物

2. 概略

- ・プラスチック材料の破壊に至るプロセスを図 2-1 に示す。

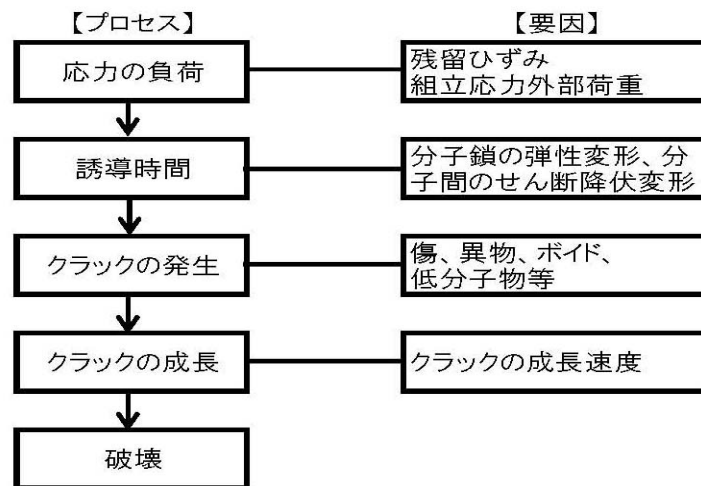


図 2-1 破壊に至るまでのプロセス

- ・ポリマー分子の熱劣化は、自動酸化反応によって進行し、最終的には成形品が脆化し表面に微細なクラックが発生。
- ・ポリカーボネイト、ポリブチレン・テレフタレート、ポリエチレン・テレフタレート、ポリアリレート、液晶ポリエステルなどの分子骨格にエステル結合を有するポリマーは加水分解を起こす。
- ・紫外線によって分子量が低下することで架橋化して脆化し、表面から微細なクラックが発生。同時に脆化した表面がチョーキング、白化、黄変などが発生する。
- ・放射線によるプラスチック材料の劣化メカニズムは紫外線と同様である。
- ・自然環境でのオゾンは、微量な量であるため、劣化は二重結合を有するゴムのようなポリマーに限られる。
- ・一般のプラスチックは微生物の酵素によって劣化することはない。環境負荷の低減の観点から、微生物による分解を意図的に起こすポリマーの開発がすすめられている。

【物理化学的条件】

- ・設計、環境条件における各劣化要因に対する現象、影響を表 2-32 に示す。

表 2-32 プラスチックの劣化要因と劣化現象及び影響

	要因	現象	劣化による影響
設計条件	応力	クラックの発生	①応力集中による伸びの低下
	時間	他の条件との関係による	(温度との関係で決まる)
環境条件	熱	①熱分解による分子切断、②架橋化、③クラック(熱との共同作用)、④色	①強度や伸びの低下、②硬化による強度の低下、③応力集中による強度の低下、④黄変
	酵素オゾン	①分解による分子切断、②架橋化、③クラック(熱との共同作用)、④色相変	①強度や伸びの低下、②応力集中による強度の低下、③黄変
	水	①加水分解、②クラック、③色相変化	①分子量低下による強度低下、②応力集中による強度の低下、③白
	紫外線	①分解による分子切断、②架橋化、③クラック、④色相変化、⑤表面粗れ	①分子量低下による強度低下、②応力集中による強度の低下、③黄変、④チョーキング
	薬品	①加水分解(アルカリ薬品や酸化劣化の促進、②ソルベントクラック、③色相変	①分子量低下による強度低下、②応力集中による強度低下、③黄変、④白化、⑤膨潤、⑥溶解
	放射線	①分子切断、②架橋化、③色相変化	①分子量低下による強度低下、②応力集中による強度の低下、③黄
	微生物	加水分解酵素による分解	生分解性ポリマーへの利用

【人的損失】

1. キーワード

①材料選定 ②設計ミス ③成形ミス

2. 概略

- ・プラスチックの種類と品種の選択ミスにより割れトラブルが発生する。
- ・設計ミスは、①許容応力の設定、②成型加工における強度低下要因の配慮、③使用上の配慮が適切でないことが挙げられる。
- ・成形段階における人的ミスとして、不適切な条件下で成形したため熱分解・加水分解による、①強度の低下、②気泡の発生、③残留ひずみの拡大が挙げられる。
- ・不適切な再生材の混入率や再生材に異物が混入するミスがある。
- ・設計者が想定した以上の外力、温度で使用した場合や、薬品との接触により割れトラブルが発生する。

<文献3>

【発生要因】

1. キーワード

①結合 ②接合 ③クラック ④クラックの成長(圧力管、管材)

2. 概略

- ・管渠の表面処理や設置が弱いと、ポリエチレン管における電氣的融合を機能しなくなる。
- ・不具合事例の写真を考察すると、共通した不具合要因として、管渠の結合部分と外面の間で発生する蒸気による膨張が挙げられる。
- ・ポリエチレン管の不具合原因は、ポリエチレン管の性能に関するものよりむしろ、管渠の施工の質が起因している。

【埋設環境】

1. キーワード

①埋設土壌 ②砂利 ③紫外線

2. 概略

・ポリエチレン管に影響する不具合要因として以下の4点を挙げる。

- ①砂利上の土壌における集中荷重に関する応力
- ②布設ミスや異なる埋設土壌における過剰な曲げ力
- ③誤った結合設計による管渠の変形
- ④布設年度が古い一部のポリエチレン管による紫外線による劣化

【人的損失】

1. キーワード

①埋設施工

2. 概略

・ポリエチレン管の「破損」は、通常の運用状況では発生せず、不適切な埋設施工が関係して発生する。

<文献4>

【発生原因】

1. キーワード

①物理的劣化 ②熱による劣化 ③化学的劣化 ④脆性・延性破壊

2. 概略

- ・物理的劣化は、管の材料の最大許容応力以上外部的な負荷が発生した場合、クラック、破壊、破損等が発生する。また、劣化の発生は短期間の場合や、長期間の場合もある。
- ・プラスチック系材料は、低温では脆くなる性質があり、一方、高温では変形、溶解、燃焼することもある。
- ・ポリマー系材料の製品は、紫外線、湿気、微生物、オゾン、溶剤、油の影響を受けやすく、これらの影響は、変色、クラック、ひび割れにつながる。
- ・プラスチック系材料は、常温や緩やかな荷重では一般的には延性のある材料である。しかし、低い温度や急激な荷重の変化に対して、脆くなる傾向があり、クラックの発生につながる。

【物理的・化学的条件】

1. キーワード

①変形 ②溶解 ③収縮 ④腐食 ⑤変色

2. 概略

プラスチック材料の劣化に関する影響をまとめたものを表 2-33 に示す。

表 2-33 プラスチック材料の劣化に関する影響

影響	メカニズム	現象	外見
物理的な力	分子バランスが崩れる	結晶質のポリマーが伸びる	変形
温度	熱可塑性の材料において高温化で、分子結合の脆化	プラスチックの変形	溶解
化学的影響	溶剤が浸透することでポリマーが膨張	ひび割れ形成	収縮
経年劣化	熱劣化、荷重により腐食	変色	

【埋設条件】

1. キーワード

①管内の水圧 ②道路荷重 ③土圧 ④海水

2. 概略

埋設環境と故障状態の関係における代表事例を表 2-34 に示す。

表 2-34 埋設環境と故障の関係

事例	管の種類	埋設環境	故障状態
1	PVCの水道圧送管	①内水圧、②土圧、③道路下の荷重、④枕木	管の縦方向に長いクラックが発生
2	GFRPのトンネル排水管	トンネル下のアルカリ性の地下水が存在する土壌	クラックの発生
3	ポリエチレン管	①海面下②海水を排水	管が破損して、部分的に崩壊

【人的損失】

1. キーワード

①不適切な運搬、保管及び設置 ②第三者による損傷

2. 概略

- ・不適切な保管は、紫外線による影響を受けやすく施工前に劣化する。
- ・建物の建築や、道路の舗装整備による採掘工事は、管の損傷につながる。

<文献 5>

【発生原因】

1. キーワード

①化学的劣化 ②物理的劣化 ③力学的な劣化

2. 概略

- ・横軸に経過年数、縦軸に応力をとった場合、塩化ビニル管の降伏応力、ひび割れ発生曲線、脆性劣化曲線は、経過年数に依存して、対数挙動を示す。経過年数が長いほど、より小さい応力でひび割れ・脆化が発生する。
- ・塩化ビニル管における劣化の種類と要因を表 2-35 に示す。

表 2-35 劣化の種類と要因

劣化種類	原因
化学的劣化	脱塩化水素、酸化作用、光酸化作用による劣化
物理的劣化	経年劣化が最も大きな要因
力学的な劣化	ひび割れ、クラック、傷、微小傷による劣化

【物理的・化学的条件】

1. キーワード

①鉛安定剤 ②凍結 ③ひび割れ発生 ④疲労発生 ⑤経年変化

2. 概略

- ・実際に供用していた塩化ビニル管（供用年 1950～2002）を掘り起こし、各要因別に劣化状態を調査した。調査結果を表 2-36 に示す。

表 2-36 劣化調査の結果

要因	経年変化による劣化傾向
安定剤の消費	調査した塩化ビニル管路では、経年変化による鉛安定剤の消費量に関連性は認められない。
凍結	低い凍結程度は、ひび割れ発生を抑制する。これらは突発的な状況（管路延長工事、ウォーターハンマー、道路荷重）で劣化する傾向がある。
ひび割れの発生	経年変化によるひび割れ発生が増加する分布傾向を確認した。
疲労の発生	ひび割れ発生と同様の経年劣化の傾向分布を確認した。

<文献 6>

【物理的・化学的条件】

1. キーワード

①疲労寿命 ②引張 ③靱性

2. 概略

- ・掘上管における布設年度と劣化度（製造時の伸びの規格値を下回る面積の割合）の傾向分析を行った結果、相関係数が 0.802 であり、相関関係が確認できた。
- ・破壊靱性値は、埋設年数が経過するほど低下する傾向が認められた。

【埋設環境】

1. キーワード

①砂礫台地 ②段丘 ③人工改変地

2. 概略

- ・過去に発生した硬質塩化ビニル管について、単位布設延長当りの事故率と埋設環境の特徴を整理すると、砂礫台地、段丘、人工改変地は他の地盤分類と比較して事故率は高い。

これらの文献より得られた情報をまとめると次のことが言える。

【物理的要因】

1. 全般

物理的な力によるクラックをストレスクラックとよぶ。

2. 外部からの荷重

許容応力以上の荷重によりクラックが発生し、管が破壊することがある。

3. 内水圧

円周方向の引張応力が長期間に及ぶと塑性変形してクリープ破壊が起こる。

4. 残留ひずみ

残留ひずみが拡大するとクラックが発生する。

【化学的要因】

1. 全般

化学的影響によるクラックをソルベントクラックとよぶ。化学的な劣化は、管の脆化、変形（たわみ、収縮）、変色（白化）となって現れる。

2. 熱（水温）

低温では脆化し、高温では変化や溶解が起こる。

3. 紫外線

波長 400nm 以下の太陽光で劣化する。

4. 薬品

溶剤（接着剤）や防腐剤の過剰な塗布により、ソルベントクラックが発生することがある。

また、その他の要因として地盤条件および荷重条件等の埋設環境や、管の成形・保管・運搬・施工・管理段階における人的過失によっても影響を受けていることが多いことも判明した。

2.3. 塩化ビニル管の異常の実態

下水道では鉄筋コンクリート管や陶管等の剛性管と塩化ビニル管等のプラスチック系可とう管が主に使用されており、両者は構造及び材質が大きく異なるため、発生する異常の特徴も異なる。例えば、鉄筋コンクリート管は高強度だが、材質変化し易く、塩化ビニル管は材質変化し難いが形状変化し易い。つまり、管体の構造および材質を考慮した上で、埋設管に必要とされる管体性能を有しているか否かを定量的に判定する基準が必要となる。ここであげる管体性能とは、主として構造的異常に関する安定性（耐荷性等）・機能的異常に関する水密性・流下性能を示すこととする¹⁾。

本節では、塩化ビニル管起因で発生した道路陥没の実態についてのアンケート調査と、国総研で自治体から収集した TV カメラ調査データを基に、塩化ビニル管に発生している異常項目・ランクの把握と異常の発生位置等の傾向を整理した結果について述べる。

2.3.1. 塩化ビニル管起因の道路陥没の現状

全国の下水道管路施設に起因する道路陥没の原因や規模の実態把握を目的として、下水道事業を実施中または実施済みの全国全ての都道府県、政令指定都市、市町村及び組合を対象としてアンケート形式で実態調査を実施した²⁾。アンケート調査は、平成 19 年度～平成 22 年度の 4 箇年で、各調査年度の前年度に発生した下水道管路施設に起因する道路陥没を対象に実施したものである。

ここでは、塩化ビニル管起因で発生した道路陥没を対象に実態を整理した結果を示す。

図 2-2 は、アンケート調査結果における本管・取付管起因の管種別の道路陥没件数と割合を示している。塩化ビニル管起因で発生した道路陥没件数は陶管、コンクリート管に次いで 3 番目に多い事が実態調査から分かった。塩化ビニル管の布設延長は、平成 25 年度時点において下水道管渠の全布設延長の約 50%を占めており、今後、塩化ビニル管起因の道路陥没件数が相対的に多くなると考える。

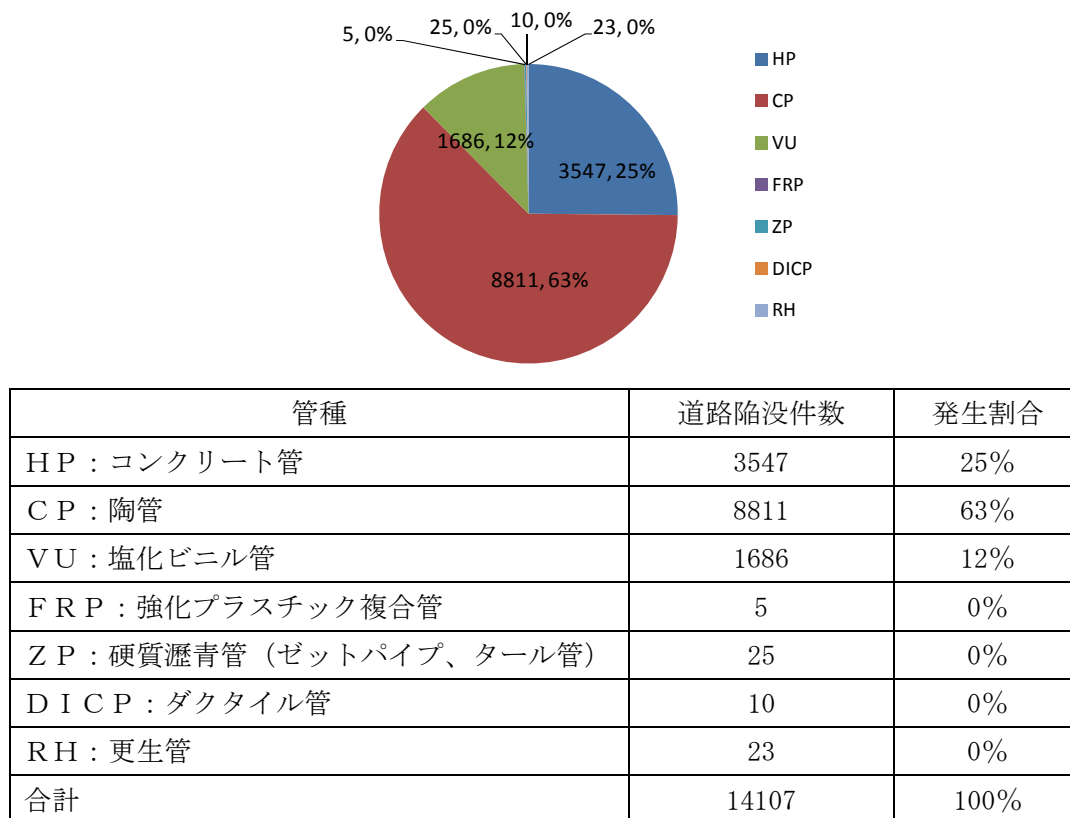


図 2-2 管種別道路陥没件数（平成 19 年度～平成 22 年度調査合計）

また、塩化ビニル管において発生した陥没や閉塞の実態について調査するため、都道府県及び市町村組合を対象としたアンケートを平成 22 年度に実施した。回答を得られた 1444 の団体のうち、平成 21 年度に塩化ビニル管の本管（取付管は除く）起因の陥没が発生した団体は 25 団体であった。図 2-3 は、塩化ビニル管の本管起因の想定される陥没要因ごとの団体数である。これより、陥没の主要因は、転圧不足等の「初期不良」、「管の破損や接合不良」、地盤沈下や軟弱地盤等の「地盤の影響」とであると分かった。

これより、整備開始からの経過年数が少ない塩化ビニル管においても、破損や接合不良等の管体の異常から土砂や地下水が管内に浸入し、道路陥没が生じている可能性がある。今後、塩化ビニル管の異常の発生要因の解明、塩化ビニル管の異常の程度の判定、および塩化ビニル管の異常の発生予測を明確に行う必要性が高まると考える。

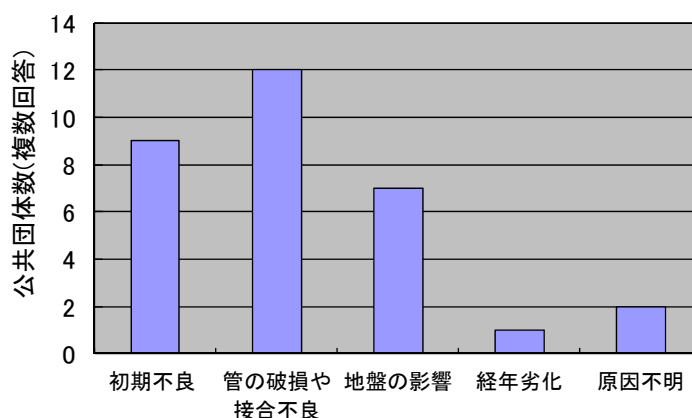


図 2-3 塩化ビニル管起因の道路陥没要因（平成 21 年度）

2.3.2. 塩化ビニル管の異常発生傾向

(1) 塩化ビニル管で確認された異常事例

塩化ビニル管に関する異常について整理された情報は皆無であったため、TV カメラ調査により塩化ビニル管の異常を記録した視覚判定結果を自治体から収集し、異常の発生傾向の整理および、注視すべき異常の抽出を行った。表 2-37 は、国総研が平成 21 年度より公開している管渠劣化データベース（以下、「劣化 DB」）および、その後の平成 22、23 年度に自治体から新たに収集した TV カメラ調査データに基づく、異常別の発生箇所数の集計表である。自治体数は、劣化 DB は全国 11 都市（政令市 7、中小都市 4）、平成 22、23 年度に収集した都市は 12 都市（政令市 3、中小都市 9）である。なお、TV カメラ調査による異常の判定は、「下水道維持管理指針 前編－2003 年版－」に準拠して実施されたものである。表 2-37 において異常項目の「その他」は、パッキン外れや土砂堆積など「下水道維持管理指針 前編－2003 年版－」に記載されていない異常項目を示すこととする。

塩化ビニル管で発生している異常のうち、道路陥没の発生要因となりうる破損と浸入水は、ほぼ全ての自治体で発生しており、塩化ビニル管における代表的な異常項目と言える。

異常項目の割合を見ると、たるみ・浸入水が異常の大半（66%）を占めており、構造的異常である破損・クラックが次いで（14%）発生している（図 2-4）。

また、図 2-4 より A（a）および B（b）ランクの異常のみを取り出した場合、発生している異常のうち、破損・クラック・継手ズレ・浸入水といった道路陥没の発生要因となりうる異常が約 64% 占めており、たるみは C ランクが大半であった（図 2-5）。

表 2-37 塩化ビニル管の異常別の発生箇所数

自治体	塩ビ管 使用開始 年度	布設 年度 ※1	スパン 数	集計表(異常箇所数の集計)											
				腐食	たるみ ※2	破損	クラック	継手ズレ	浸入水	取付け管の 突出し	油脂の付着	樹木根侵入	モルタル付着	隙間	その他
A市	1977年	—	151	0	42	0	3	1	14	17	0	0	0	0	17
B市	1983年	—	59	0	41	21	3	13	16	3	0	36	2	0	4
C市	1965年	1980年	150	0	70	6	1	3	1	1	9	0	0	0	0
D市	1978年	—	171	0	10	11	0	6	110	3	0	0	6	0	27
E市	1966年	—	148	0	464	3	1	0	88	0	0	0	1	34	5
F市	1980年	—	279	0	98	12	1	6	164	23	5	0	1	0	7
G市	1970年	1977年	306	0	379	132	2	0	199	1	0	0	3	0	0
H市	1986年	2006年	803	0	1	3	0	0	87	0	0	0	0	0	0
I市	1993年	—	347	0	517	10	1	29	39	14	0	0	2	0	15
J市	1956年	—	48	3	8	1	0	1	3	5	1	0	7	0	0
K市	1971年	1974年	653	0	362	51	6	34	246	194	7	40	26	132	84
L市	1964年	1974年	31	0	5	2	0	4	1	5	0	8	5	49	0
M市	1959年	1976年	33	0	0	6	1	0	0	7	0	0	0	1	0
N市	1956年	1981年	36	0	0	0	1	0	14	0	0	0	0	0	2
劣化DB	—	—	8,506	98	1,866	693	522	403	2,648	241	239	142	243	0	0
合計			11,721	101	3,863	951	542	500	3,630	514	261	226	296	216	161

※1 - 敷設年度が不明

※2 たるみは変状箇所ではなく、変状区間の本数を記載

※3 劣化DBの自治体数は、11都市(政令市7、中小都市4)

※4 平成22、23年度に収集した自治体数はA～Nの12都市(政令市3、中小都市8)

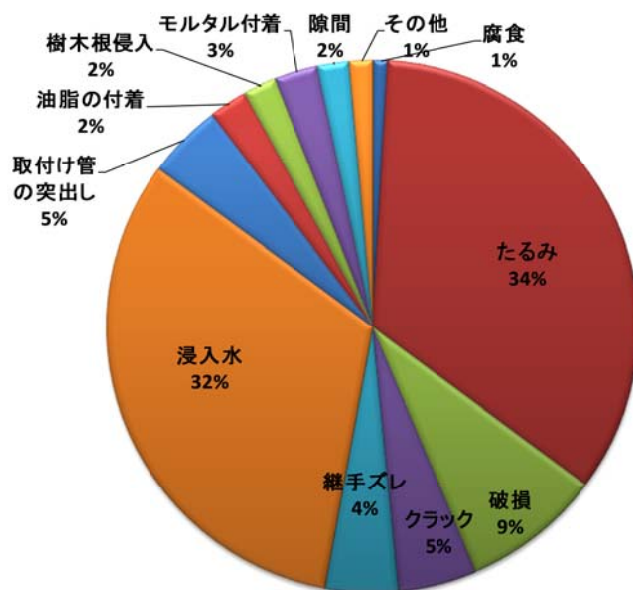


図 2-4 塩化ビニル管の異常割合 (全ランク)

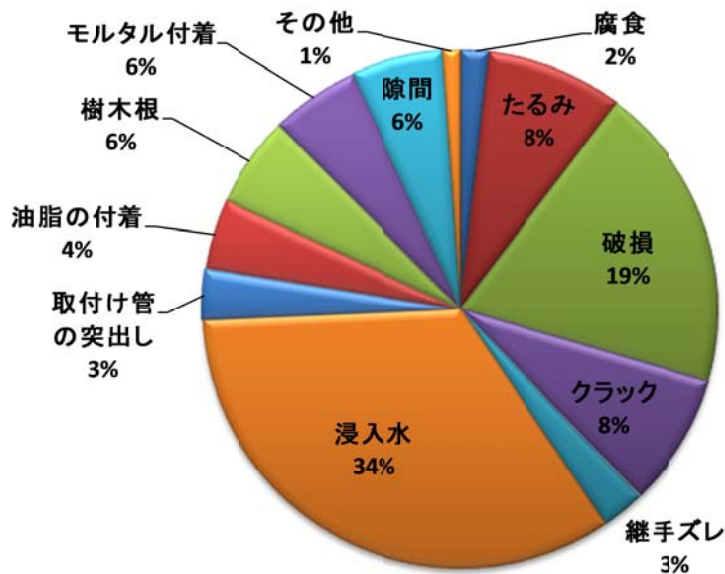


図 2-5 塩化ビニル管の異常割合 (A (a), B (b) ランク)

(2) 管径、スパン長、土被り別 1 スパン当たりの異常発生箇所数

前述の劣化 DB および収集した TV カメラ調査結果を用いて、管渠属性（管径、スパン延長、土被り）の違いによる異常発生箇所数の違いを整理した。

1) 管径別による異常箇所発生箇所数

管径別 1 スパン当たりの異常発生箇所数を図 2-6 に示す。

全ての異常を考慮し整理した場合、管径が大きくなるにつれて、1 スパン当たりの異常発生箇所数は増加する傾向がみられた。

また、ランク別に整理した場合、C (c) ランクと比較し、A (a) ランクおよび B (b) ランクの 1 スパン当たりの異常発生箇所数と管径の大きさに対しての増加傾向は確認されなかった。

異常項目のうち、道路陥没の起因となりうる主要な異常項目（破損・クラック、浸入水）について 1 スパン当たり異常発生箇所数を整理した。

破損・クラックについては、異常ランクと管径の大きさの関係性は確認できなかった（図 2-7）。

浸入水については、管径が大きくなるにつれて、1 スパン当たりの異常発生箇所数の増加傾向を確認できる。特に、c ランクの 1 スパン当たりの異常発生箇所数の増加傾向は顕著である（図 2-8）。

2) スパン延長別による異常箇所発生箇所数

スパン延長別 1 スパン当たりの異常発生箇所数を図 2-9～図 2-11 に示す。

1 スパン当たりの異常発生箇所数（全項目）については、スパン延長が長くなるにつれて増加する傾向がみられた（図 2-9）。

管径別と同じく、破損・クラック、浸入水ごとに整理した。

破損・クラック発生箇所数に関しては、1 スパン当たりの異常発生箇所数の増加傾向は見られない（図 2-10）。

浸入水発生箇所数に関して 1 スパン当たりの異常発生箇所数は、破損・クラックと比較し C (c) ランクについては、増加傾向が大きいと言える（図 2-11）。

3) 土被り別による異常箇所発生箇所数

土被り別 1 スパン当たりの異常発生箇所数を図 2-12～図 2-14 に示す。

1 スパン当たりの異常発生箇所数（全項目）は、土被りが深くなるにつれて増加する傾向にある。

しかし、スパン延長や管径と 1 スパン当たりの異常発生箇所数（全項目）の関係性と比較し、その傾向は小さい。

破損・クラック、浸入水別で見た場合、1 スパン当たりの破損・クラック発生箇所数に対しては、スパン延長や管径と比較し、土被りの影響は大きいと考えられる。一方、1 スパン当たりの浸入水発生箇所数に対しては、スパン延長や管径と比較し、土被りの影響は小さいと考えられる。

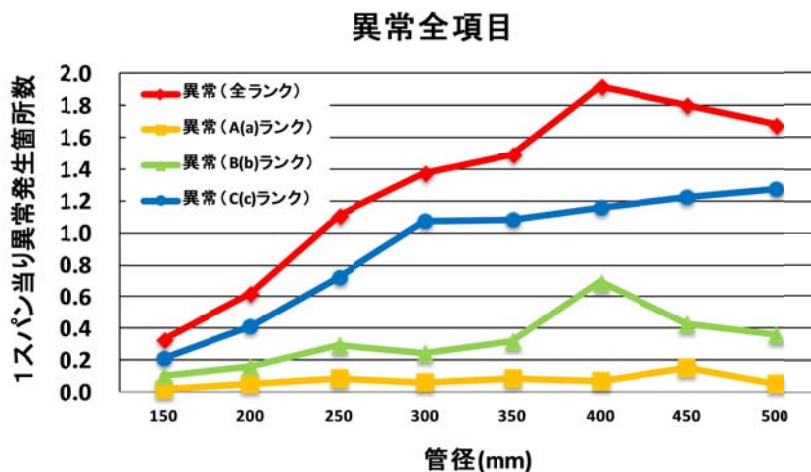


図 2-6 管径別 1 スパン当たりの異常発生箇所数（異常全項目）

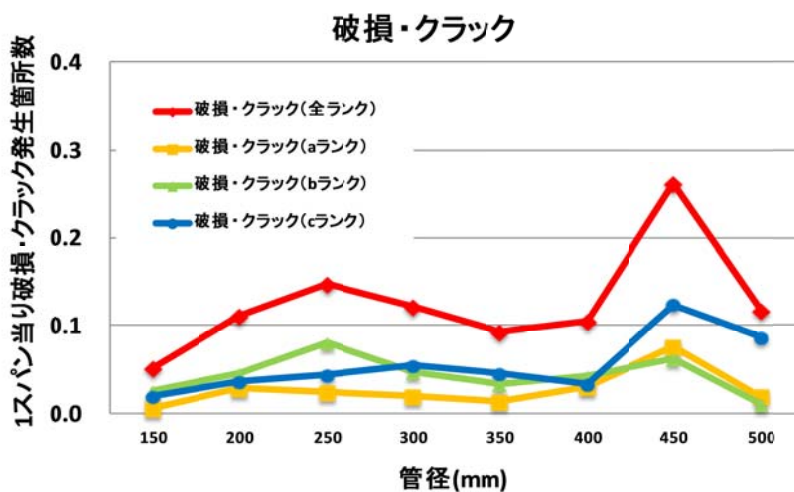


図 2-7 管径別 1 スパン当たりの破損・クラック発生箇所数

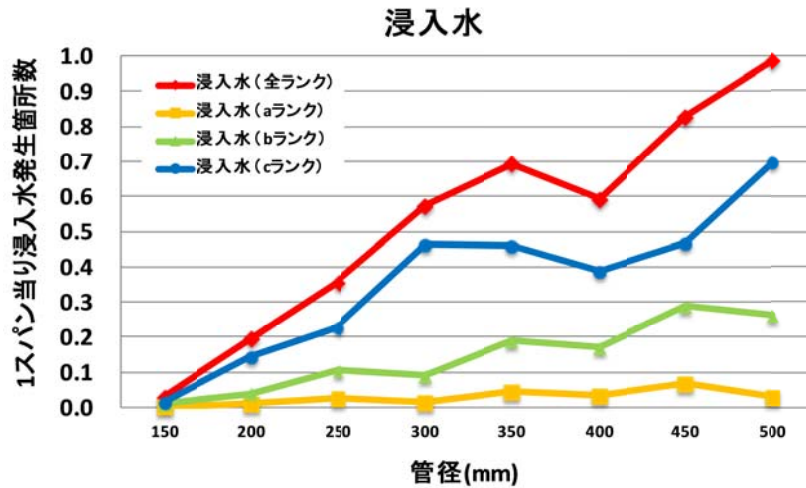


図 2-8 管径別 1 スパン当りの浸入水発生箇所数

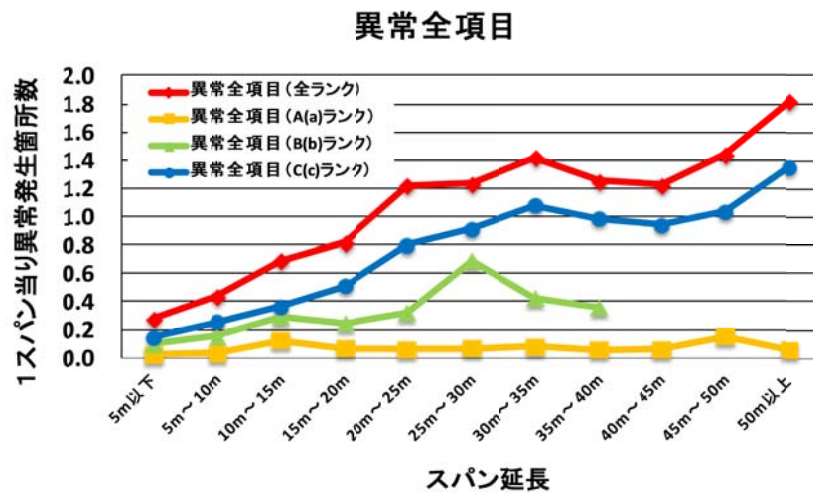


図 2-9 スパン延長別 1 スパン当たりの異常発生箇所数（異常全項目）

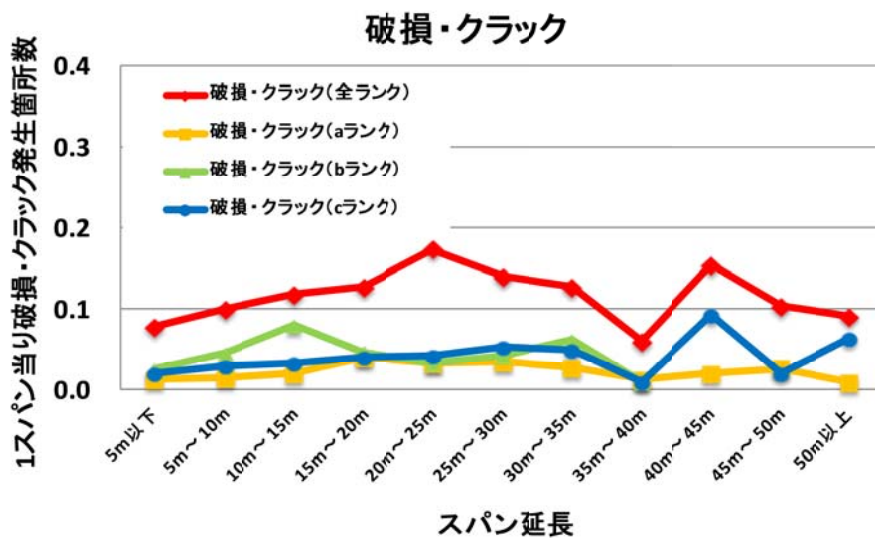


図 2-10 スパン延長別 1 スパン当たりの破損・クラック発生箇所数

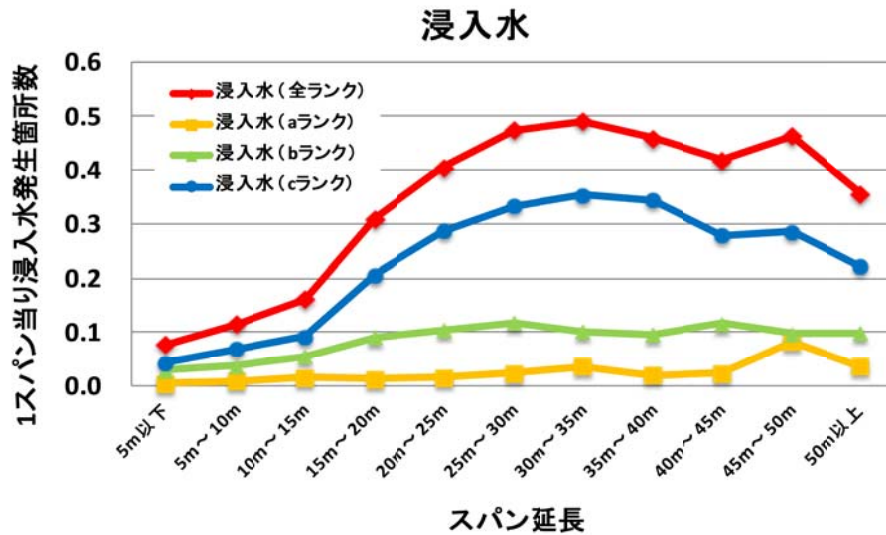


図 2-11 スパン延長別 1 スパン当たりの浸入水発生箇所数

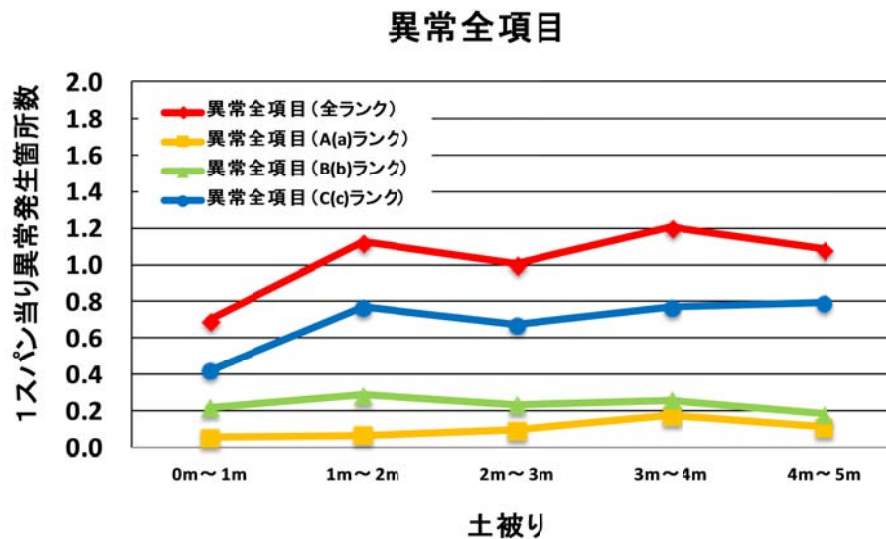


図 2-12 土被り別 1 スパン当たりの異常発生箇所数 (異常全項目)

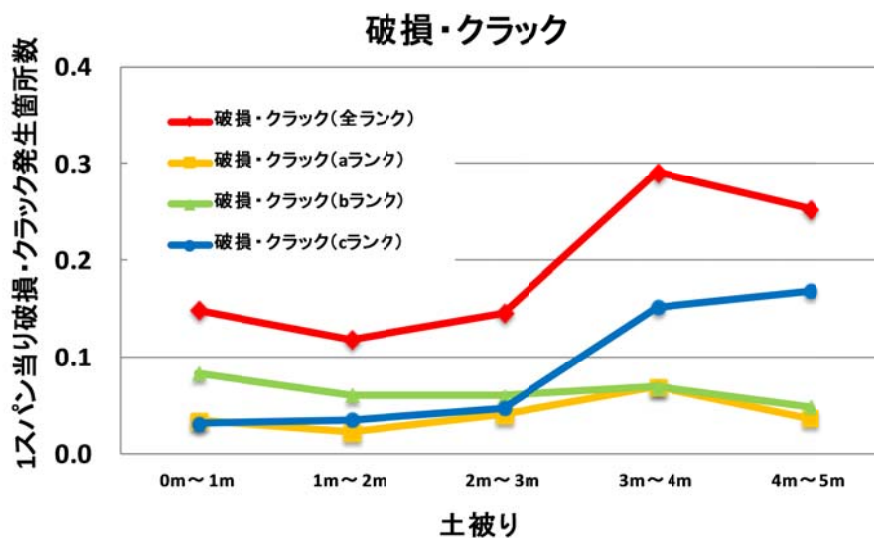


図 2-13 土被り別 1 スパン当たりの破損・クラック発生箇所数

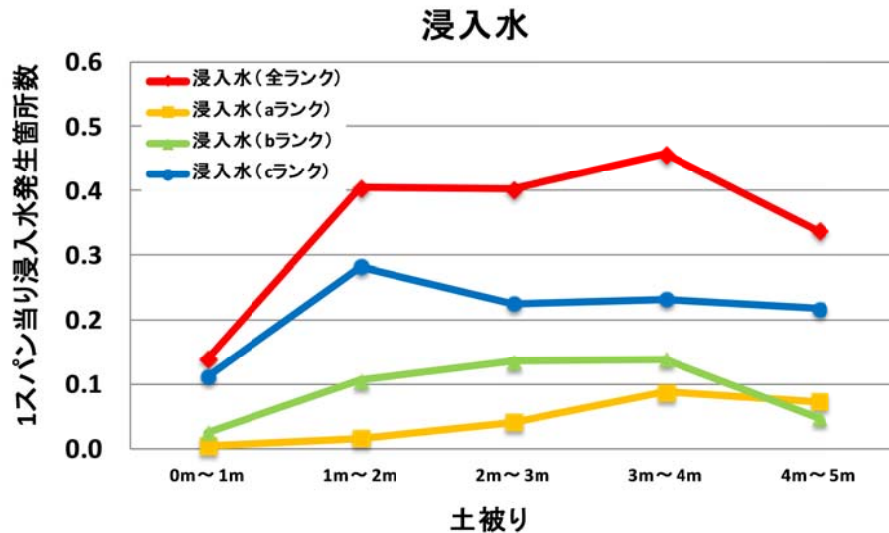


図 2-14 土被り別 1 スパン当たりの浸入水発生箇所数

(3) 主な異常と布設経過年数

塩化ビニル管に生じる異常項目の割合（図 2-4）のうち、発生割合上位 5 位の異常（たるみ・破損・クラック・継手ズレ・浸入水・取付け管突出し）について、調査したスパンのうち A および B ランクの異常を有するスパン数を調査した全スパン数で除した異常発見率と布設経過年数との関係について、管種ごとに整理した（図 2-15）。

図中の縦軸は異常発見率、横軸は布設年度から調査年度までの経過年数を示す。

管種別の異常発見率を比較すると、コンクリート管および陶管は経過年数による異常発見率の上昇傾向および異常発見率の値が大きい。それに対し、塩化ビニル管では異常発見率の値が小さく、経過年数による上昇傾向も小さいことが分かる。この結果は、塩化ビニル管の経年劣化の影響が小さい、あるいは現行の視覚判定基準では塩化ビニル管の異常を捉えきれていないことを示唆している。

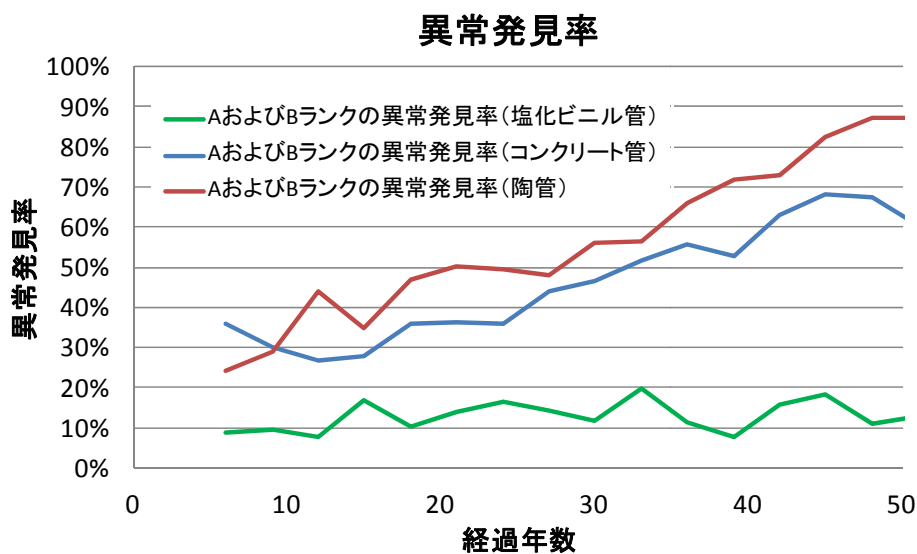


図 2-15 異常発見率の推移

(4) 塩化ビニル管の異常箇所の整理

道路陥没の要因となる破損・クラックや浸入水といった異常の発生条件等を精査するために、国総研で収集したデータを基に、異常発生位置（取付け管接続部・管口・本管・継手等）、円周方向の異常発生角度の整理を行った。

円周方向の異常発生角度の定義を図 2-16 に示す。

異常の発生位置については、破損・クラックおよび浸入水ともに、取付け管接続部付近で最も発生していた（図 2-17）。なお、破損・クラックに関しては、約 22%は接続部以外のその他（本管中心部）にも発生している傾向があった。

発生角度は、各異常ともに取付け管の接続がある管頂部および管側部に多く発生していた（図 2-18）。

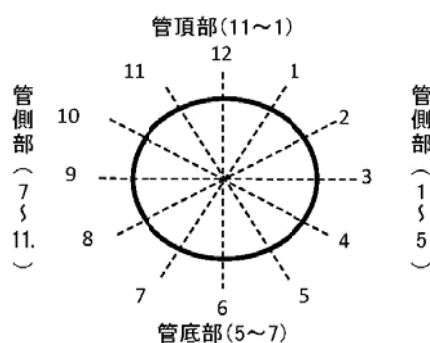


図 2-16 円周方向の異常発生角度の定義

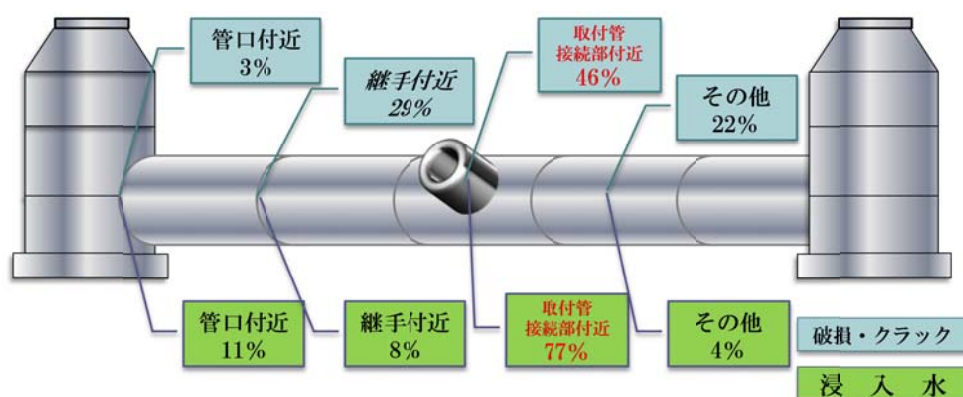


図 2-17 破損・クラック、浸入水の異常発生位置

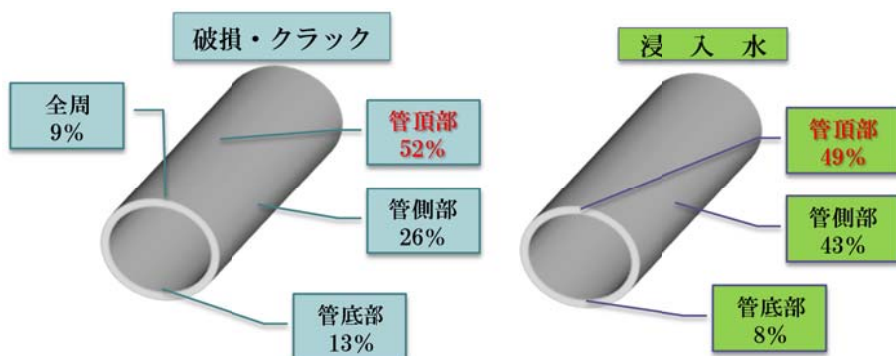


図 2-18 破損・クラック、浸入水の異常発生角度

2.3.3. 塩化ビニル管特有の異常

前節の異常発生傾向の整理に用いたデータは、比較的新しい管渠を対象としたものが多く、また「下水道維持管理指針 前編－2003年版－」に基づき集計されたデータであったため、塩化ビニル管特有の異常の実態は考慮されていない。そこで、塩化ビニル管が普及し始めた時期（1970～1980年頃）に布設された管渠 2.4km（4都市、115スパン）を対象に TV カメラ調査を実施し、塩化ビニル管特有の異常の実態を把握した。以下に、塩化ビニル管で確認された異常の事例を報告する。

(1) 調査都市の概要

1) A市

A市（近畿地方）は、1962年に下水道事業に着手し、塩化ビニル管を最初に採用したのは1964年である。当該調査箇所は、住宅街の奥まった路地に埋設された末端管渠であり、分流式汚水と合流式が混在している。調査対象の管径はφ200とφ250で、布設年度は1974年である。



図 2-19 A市現地状況①



図 2-20 A市現地状況②

2) B市

B市（近畿地方）は、1959年に初めて塩化ビニル管を採用した。当該調査箇所は、閑静な住宅街であり、大型車の通行可能な道路に埋設されている。調査対象は、末端管渠及び幹線に接続する枝線管渠で分流式汚水である。管径はφ250、φ350、φ400で、布設年度は1976年である。



図 2-21 B市現地状況①



図 2-22 B市現地状況②

3) C市

C市（近畿地方）は、1951年に浸水対策として下水道事業に着手した。塩化ビニル管を最初に採用したのは1971年である。当該調査箇所は、住宅地および商店街であり、大型車両の通行可能な道路および歩道に管渠が埋設されている。調査対象は末端管渠で合流式である。管径は $\phi 250$ であり、布設年度は1974年である。



図 2-23 C市現地状況①



図 2-24 C市現地状況②

4) D市

D市（近畿地方）で、塩化ビニル管を最初に採用したのは1956年である。調査箇所は2箇所に分かれており、1つめは市街地のオフィス街で、阪神淡路大震災時に被害が大きかった区域である。管径は $\phi 250$ で、分流式の汚水である。2つめは、住宅街で山を切り開いて開発された区域であり、管径は $\phi 250$ 、 $\phi 300$ で、分流式汚水である。布設年度は、1981年である。



図 2-25 D市現地状況①



図 2-26 D市現地状況②

(2) TV カメラ調査結果

以下に、本調査において確認された、塩化ビニル管の異常例を報告する。

図 2-27 は、破損の事例である。取付け管を接続するために本管を削孔した際に生じた微少の亀裂が、管軸方向に進行したと推測される。

図 2-28 は、全体的な断面変化の事例である。布設後の重車両交通の増加や、管渠布設時の転圧不足、矢板引抜きによる土圧の増大等により、管体に設計耐力以上の荷重がかかり、管体全体に断面変化が生じた例と考える。

図 2-29 は、局所的な断面変化の事例である。管側部周辺に砕石等が存在し、施工時の転圧により応力集中が生じたことによる局所的な断面変化と推測される。このように可とう管特有の異常事例と考えられる全体的な断面変化や局所的な断面変化が確認された。以降、全体的な断面変化を「偏平」、局所的な断面変化を「変形」と定義する。

図 2-30 は継手ズレの事例である。継手ズレの大きさは一様に 10～15mm 程度見られた。現在の塩化ビニル管継手の大半がゴム輪受け口であるのに対し、今回の調査対象は、日本下水道協会規格の制定前後に布設されたものであり、塩化ビニル管の普及初期に多く用いられていた、受口が長い接着接合（TS 接合）であったと推測される（図 2-31）。

TS 接合においては、ゼロポイント（管の挿入時に管外径と受口内径の寸法が一致する点）から受口長さの $\frac{1}{3}$ まで挿入すれば、実用上十分な耐水圧強度が得られる構造となっており、今回の調査対象の管径 $\phi 250\text{mm} \sim \phi 400\text{mm}$ では、受口長さは 100mm～150mm 程度であることから継手ズレは生じているが水密性は確保されていると考える。

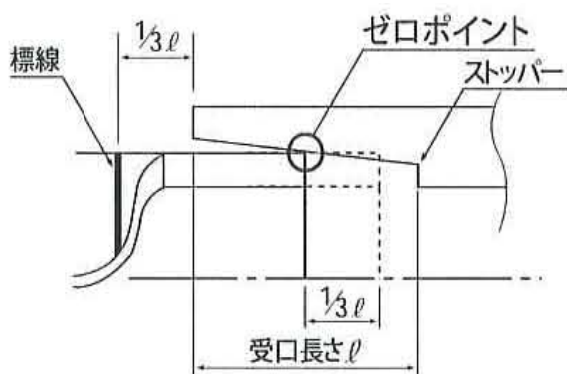


図 2-31 TS 接合の構造

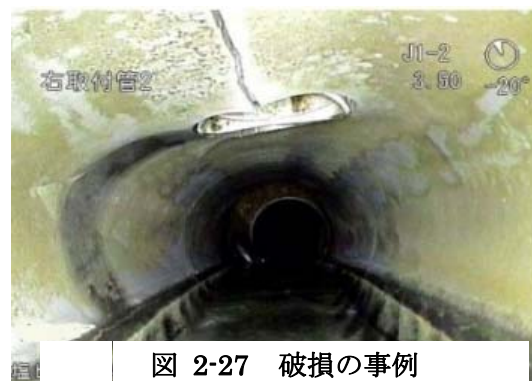


図 2-27 破損の事例

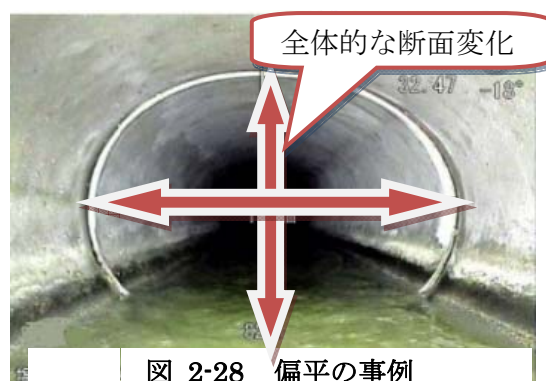


図 2-28 偏平の事例



図 2-29 変形の事例



図 2-30 継手ズレの事例

次に、各都市の調査結果に基づき異常と発生箇所について整理し報告する。

1) A市

A市で最も多く見られた異常は、「継手ズレ」であった（図 2-32、図 2-33）。前述した通り、当市の調査対象は日本下水道協会規格の制定前後に布設されたものであり、継手はTS 接合であったと考える。

また、塩化ビニル管特有の事象ではないが、モルタル付着が確認された。モルタルが付着されていた付近の取付け管の中を確認すると、取付け管内にモルタルが付着しており、宅内枳から取付け管内へ投棄されたと考えられる。



図 2-32 継手ズレの直視画像

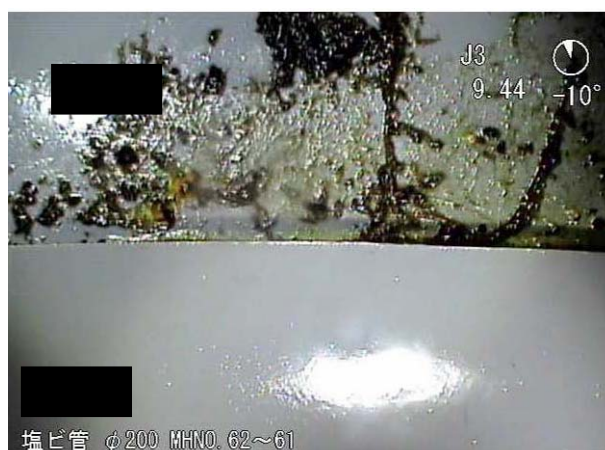


図 2-33 継手ズレの側視画像



図 2-34 モルタル付着の直視画像

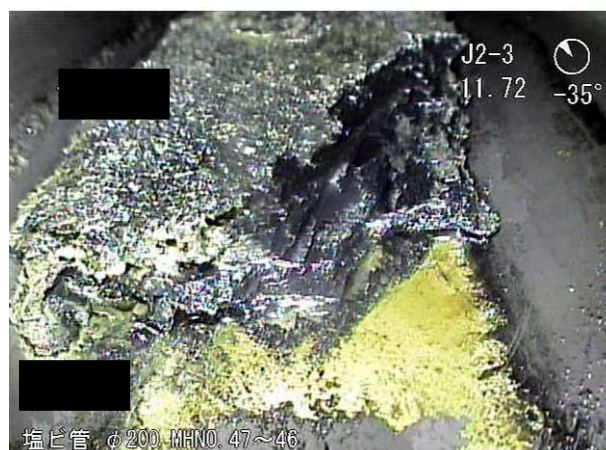


図 2-35 モルタル付着の側視画像

2) B市

B市では、塩化ビニル管の破損が確認された（図 2-36、図 2-37）。2箇所でも破損が確認されたが、どちらも同じ人孔付近であった。埋戻しの際、転圧が緩く十分な締固めができなかったことにより、埋設管にかかる土圧が増大し、破損に至った、また、塩化ビニル管のそばに碎石がありその部分に荷重がかかり塩化ビニル管が破損に至ったのではないかと考えられる。

偏平の事例を図 2-39 に示す。舗装の凹みから、布設後の重車両交通の増加、管渠布設時の締め固め不足、矢板引抜きによる土圧の増大等が、偏平の要因として考えられる。

取付け管突出しの事例を図 2-41 に示す。

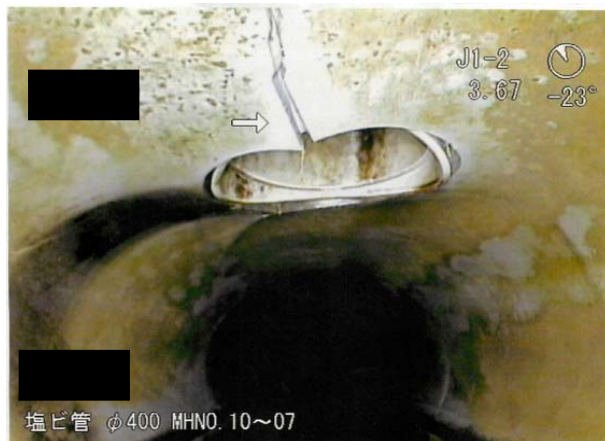


図 2-36 管径φ400：破損の直視画像



図 2-37 管径φ250：破損の直視画像



図 2-38 破損箇所の地上の状況



図 2-39 偏平の直視画像



図 2-40 偏平箇所の地上状況

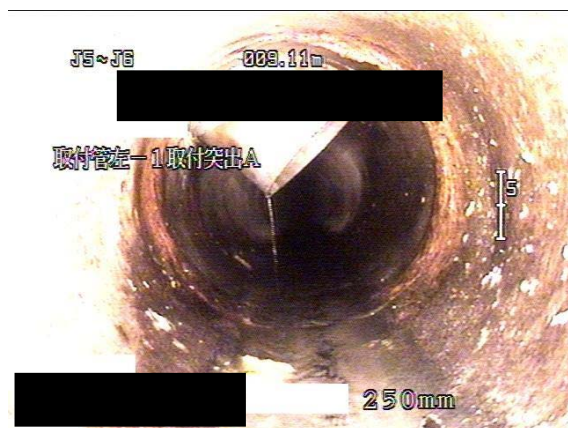


図 2-41 取付け管突出しの直視画像

3) C市

C市で最も多く見られた異常は、A市と同様に継手ズレであった。共通点は、1974年に布設されたことである。C市の継手に関しても同様にTS接合であったと考える。

図 2-44、図 2-45 は、クラックの事例である。取付け管布設時に本管を削孔した際に切り欠きが入り、その部分に何らかの外力が作用することによってクラックが発生したと考える。

また、C市においては樹木根侵入が確認された。樹木根侵入の箇所は、汚水桝または取付け管の付近に樹木があり、水を求めて根が侵入したと考える。



図 2-42 継手ズレの直視画像



図 2-43 継手ズレの側視画像



図 2-44 クラックの直視画像

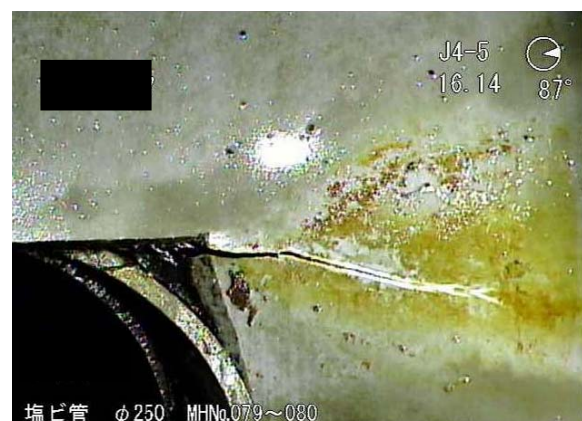


図 2-45 クラックの側視画像



図 2-46 樹木根侵入の直視画像



図 2-47 樹木根侵入の側視画像

D市

D市においては、他都市と比較し浸入水が多く確認された。そのうち、管口部で浸入水が発生している場合が大半を占めていた。

クラックの事例を図 2-49、図 2-50、に示す。図 2-46 同様に取付け管口の切断面に外力が作用することにより、円周方向にクラックが入ったのではないかと考える。

変形の事例を図 2-51、図 2-52 に示す。当異常は、塩化ビニル管の上部に碎石のようなものが存在し、何らかの外力より徐々に碎石が管の内側に突出し生じたものと考ええる。



図 2-48 浸入水の直視画像

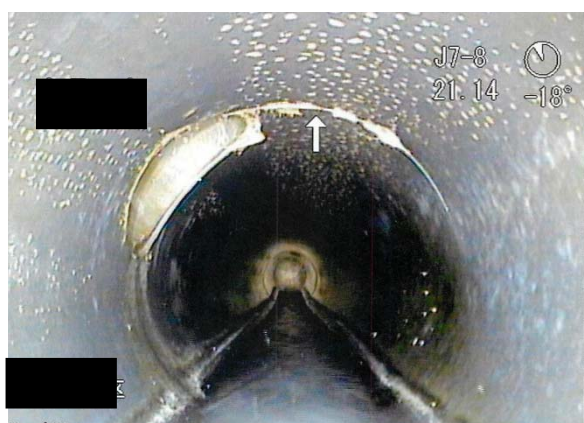


図 2-49. クラックの直視画像



図 2-50 クラックの側視画像



図 2-51 変形の直視画像



図 2-52 変形の側視画像

(3) TV カメラ調査結果まとめ

各市の異常箇所集計結果（従来の異常項目に、偏平と変形を追加）を表 2-38 に示す。

表 2-38 各市の異常箇所数

自治体	布設年度	スパン数	異常箇所数												1スパン 当り 異常 箇所数 (異常全 項目)	1スパン 当り 異常 箇所数 (偏平・ 変形除く)
			腐食	たるみ	破損	クラック	継手ズレ	浸入水	取付け管の突出し	油脂の付着	樹木根侵入	モルタル付着	偏平	変形		
A市	1974年	16	0	0	0	0	49	0	2	0	2	3	0	0	3.5	3.5
B市	1976年	33	0	0	6	1	1	0	7	0	0	0	12	0	0.8	0.5
C市	1974年	30	0	6	1	3	118	8	1	0	6	0	4	1	4.9	4.8
D市	1981年	36	0	1	0	1	0	14	0	0	0	0	1	3	0.6	0.4
合計		115	0	7	7	5	168	22	10	0	8	3	17	4	2.2	2.0

※たるみ、腐食は異常箇所数ではなく、異常が発生している管体本数を記載

※偏平は異常箇所数ではなく、偏平が発生しているスパン数を記載

発生箇所数の上位3位は、継手ズレ、浸入水、偏平であった。破損は、前節の図 2-27 に見られるように、偏平が見られる箇所が発生している場合があった。

そこで、当調査とは別に国総研が自治体から収集した塩化ビニル管の TV カメラ調査データのうち、偏平と関係性があると考えられる構造的異常（破損・クラック・浸入水）を 800 箇所程度抽出し、偏平と併発する箇所数の割合を確認した（図 2-53）。設計許容たわみ率 5%を超えている場合を偏平とした。たわみ率とは鉛直荷重により管体が偏平した際のたわみ量を管厚中心半径で除した値を言う³⁾。

この結果、異常のランクが大きい場合は偏平も同時に生じている傾向が見られた。

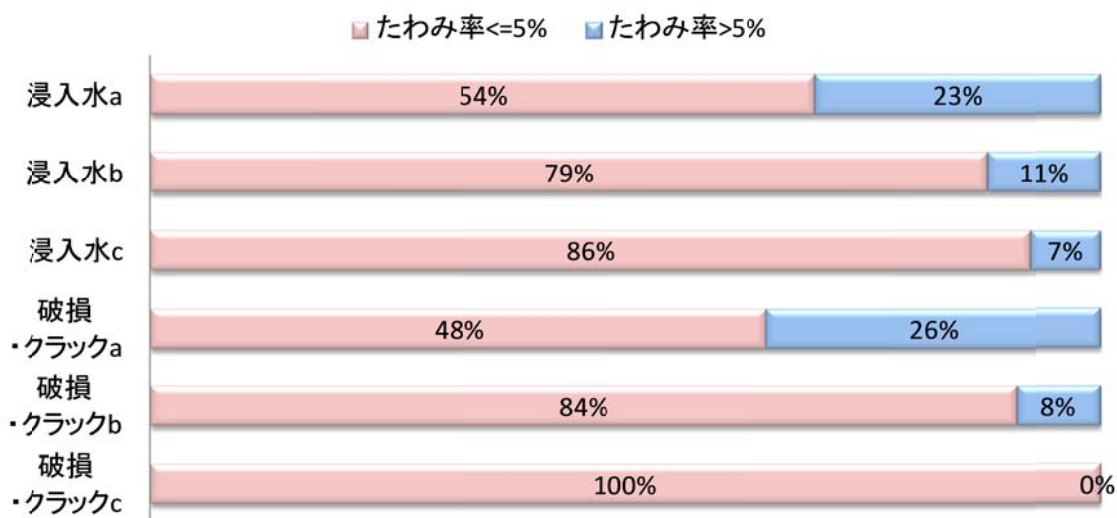


図 2-53 異常とたわみ率の関係

2.3.4. まとめ

劣化 DB および TV カメラ調査等から分かった塩化ビニル管の実態を以下にまとめる。

- 1) 整備開始からの経過年数が少ない塩化ビニル管においても、破損や接合不良等の管体の異常から土砂や地下水が管内に浸入し、道路陥没が生じている可能性がある。
- 2) 可とう管特有の異常である変形および偏平は、その他の異常と併発している場合が多い。

以上を踏まえ、今後、高齢化した塩化ビニル管が増大することに備え、異常を正確に把握しかつ適切な維持管理をしていくためには、塩化ビニル管を対象とした新たな基準が必要と考える。

そこで、国総研では塩化ビニル管の視覚判定基準（3 章）、緊急度診断基準（4 章）の提案を目的に研究を行った。その際に、下記の 4 点に着目し検討した。

- ① 可とう性管特有の構造的異常である、塩化ビニル管の偏平・変形
- ② 剛性管と異なる構造である、塩化ビニル管の破損・クラック
- ③ 剛性管と異なる構造である、塩化ビニル管の継手ズレ
- ④ 塩化ビニル管の取付け管穿孔の本管強度への影響
- ⑤ 偏平とその他異常の併発

【参考文献】

- 1) 「下水道維持管理指針 前編－2003 年版－」、社団法人日本下水道協会、2003
- 2) 横田敏宏ほか (2012) 「下水道管路施設に起因する道路陥没の現状 (2006-2009 年度)」、「国総研資料」第 668 号、国土交通省国土技術政策総合研究所、2012
- 3) 「下水道硬質塩化ビニル管 技術資料」、塩化ビニル管・継手協会、2012