

ISSN 1346-7328

国総研資料第878号

平成 27 年 12 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of

National Institute for Land and Infrastructure Management

No.878

December 2015

塩化ビニル管に適した異常判定・緊急度診断基準に関する研究

横田敏宏・小川文章・深谷 渉・末久正樹・
宮本豊尚・野澤正裕・賀屋拓郎

Study on developing criteria for abnormality and urgency classification of
polyvinyl chloride pipes

Toshihiro YOKOTA, Fumiaki OGAWA, Wataru FUKATANI, Masaki SUEHISA
Toyohisa MIYAMOTO, Masahiro NOZAWA, Takuro KAYA

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

塩化ビニル管に適した異常判定・緊急度診断基準に関する研究

横田 敏宏¹ 小川 文章² 深谷 渉³ 末久 正樹⁴
宮本 豊尚⁵ 野澤 正裕⁶ 賀屋 拓郎⁷

Study on developing criteria for abnormality and urgency classification of polyvinyl chloride pipes

Toshihiro YOKOTA¹, Fumiaki OGAWA², Wataru FUKATANI³, Masaki SUEHISA⁴
Toyohisa MIYAMOTO⁵, Masahiro NOZAWA⁶, Takuro KAYA⁷

概要

現在、管渠の異常の判定は、剛性管を対象に作られた TV カメラ調査による視覚判定基準および緊急度診断基準に基づいて行っている。しかしながら、全国の布設延長の約 5 割を占める可とう性管の塩化ビニル管は、剛性管と材料・力学特性が異なることから、これに適した判定・診断基準が必要である。

本研究では、塩化ビニル管特有の異常および管体性能の低下状況を解明し、塩化ビニル管の視覚判定基準および緊急度診断基準を提案した。

キーワード：塩化ビニル管、視覚判定基準、緊急度診断基準

Synopsis

Abnormality of rigid pipes is classified based on the criteria of external appearance detected by TV camera, which data are then compiled to be used for urgency classification of the pipes. Polyvinyl chloride pipes which occupy almost the half of the national total pipe length, however, are flexible and differ from the rigid pipes in materials and physical characteristics, therefore, developing appropriate criteria for classification of the state of polyvinyl chloride pipes are required.

In this study, we clarified the state of abnormality and capacity deterioration of the polyvinyl chloride pipes, and proposed criteria for abnormality and urgency classification of the pipes.

Key Words : polyvinyl chloride pipe, visual assessment standards, emergency calculation standards

- 1 (研究当時) 下水道研究部下水道研究室長 (平成 22~24 年度)
- 2 (研究当時) 下水道研究部下水道研究室長 (平成 25 年度)
- 3 (研究当時) 下水道研究部下水道研究室 主任研究官 (平成 22~25 年度)
- 4 (研究当時) 下水道研究部下水道研究室 研究官 (平成 24~25 年度)
- 5 (研究当時) 下水道研究部下水道研究室 研究官 (平成 22~24 年度)
- 6 (研究当時) 下水道研究部下水道研究室 部外研究員 (平成 23~24 年度)
- 7 (研究当時) 下水道研究部下水道研究室 部外研究員 (平成 25 年度)

目 次

1. はじめに	1
1. 1. 研究背景	2
1. 2. 研究目的	3
1. 3. 研究内容	4
1. 4. 用語の定義	7
2. 実態調査	8
2. 1. 下水道管渠調査の視覚判定基準の経緯	9
2. 1. 1. 国内の視覚判定基準	9
2. 1. 2. 視覚判定基準の比較	16
2. 1. 3. 諸外国の視覚判定基準	18
2. 1. 4. 日本の異常項目と諸外国との比較	30
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	33
2. 2. 1. 硬質塩化ビニル管の規格の変遷	33
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	38
2. 3. 塩化ビニル管の異常の実態	47
2. 3. 1. 塩化ビニル管起因の道路陥没の現状	47
2. 3. 2. 塩化ビニル管の異常発生傾向	48
2. 3. 3. 塩化ビニル管特有の異常	56
2. 3. 4. まとめ	64
3. 塩化ビニル管の視覚判定基準の検討	65
3. 1. 検討背景	66
3. 2. 異常項目の影響の把握	66
3. 2. 1. 偏平・変形	66
3. 2. 2. 破損(軸方向クラック)	78
3. 2. 3. 継手ズレ	90
3. 2. 4. 取付管	91
3. 3. 塩化ビニル管の視覚判定基準の提案	102
3. 3. 1. 偏平・変形	102
3. 3. 2. 破損(軸方向クラック)	103
3. 3. 3. 継手ズレ	103
3. 3. 4. その他の異常項目	104
3. 3. 5. 塩化ビニル管視覚判定基準(案)	104
3. 4. 塩化ビニル管の視覚判定基準(案)による再判定結果および異常発生傾向の分析	105
3. 4. 1. 再判定結果	105
3. 4. 2. 異常発生傾向の分析	106
3. 4. 3. 異常項目と各種管属性との関連性の把握	129

3. 5. まとめ	148
4. 塩化ビニル管の緊急度診断基準の検討	149
4. 1. 検討背景	150
4. 2. 偏平試験による歪みと構造的異常の関係把握	150
4. 2. 1. 検討方法	150
4. 2. 2. 検討結果と考察	161
4. 3. 統計的手法による歪みと構造的異常の関係把握	169
4. 3. 1. 解析方法	169
4. 3. 2. 解析結果	177
4. 3. 3. 考察	184
4. 4. 真のクラック先端最大歪みの推定	185
4. 4. 1. 推定方法	185
4. 4. 2. 推定結果と考察	185
4. 5. 塩化ビニル管の緊急度診断基準の提案	188
4. 6. 塩化ビニル管の緊急度診断基準(案)による再診断結果および診断結果の分析	189
4. 6. 1. 再診断結果	189
4. 6. 2. 緊急度ランクと異常項目および異常発生箇所数との関連性分析	190
4. 6. 3. 緊急度と各種管属性との関連性の把握	197
4. 6. 4. 緊急度決定要因と各種管属性との関連性の把握	218
4. 7. まとめ	260
5. おわりに	261
5. 1. まとめ	262
5. 2. 今後の課題	263

1. はじめに

1.1. 研究背景

我が国の下水道管渠ストックは着実に蓄積され、平成25年度末現在で約46万km（地球約11周分）となっており（図1-1）、都市における衛生の確保および生活環境の改善等に貢献してきた。

その一方で、下水道事業に早くから着手した都市では、布設後50年以上を経過した管渠の改築時期を迎えているとともに、管渠の劣化や老朽化による道路陥没等の事故も発生している。

今後も改築を必要とする管渠は、年々増加することが予想され、市民生活を脅かす道路陥没等の事故を未然に防ぐため、予防保全型維持管理が求められている。また、施設の延命化を図るための長寿命化対策が求められており、これら予防保全型維持管理及び長寿命化対策においては、管渠の異常を定期的かつ適切に把握することが極めて重要となっている。

異常の調査方法および異常程度の判定方法については、「下水道維持管理指針 前編—2003年版（社）日本下水道協会」に示されている自走式テレビカメラ等による視覚調査により、腐食やクラック等の異常を程度に応じてA～Cランクに区別した判定基準に基づき判定する方法が一般的である。しかしながらこの判定基準は、主に鉄筋コンクリート管（遠心力鉄筋コンクリート管を含む）および陶管といった剛性管を対象とした基準であり、塩化ビニル管等のプラスチック系可とう管の異常の発生状態が必ずしも考慮されたものではない状況である。

塩化ビニル管は、全国の布設延長の約50%を占める（図1-2）の我が国で使用される主流の管材である。特に中小都市においては大半が小口径の塩化ビニル管であり、塩化ビニル管の異常の発生状態を適切に把握することが、より効果的な予防保全および長寿命化対策の実施に繋がると考えられる。このため、塩化ビニル管の異常の判定に用いる専用の判定基準の作成が急務であり、また今後の塩化ビニル管の改築需要に備え、塩化ビニル管の劣化予測に関する検討が重要となる。

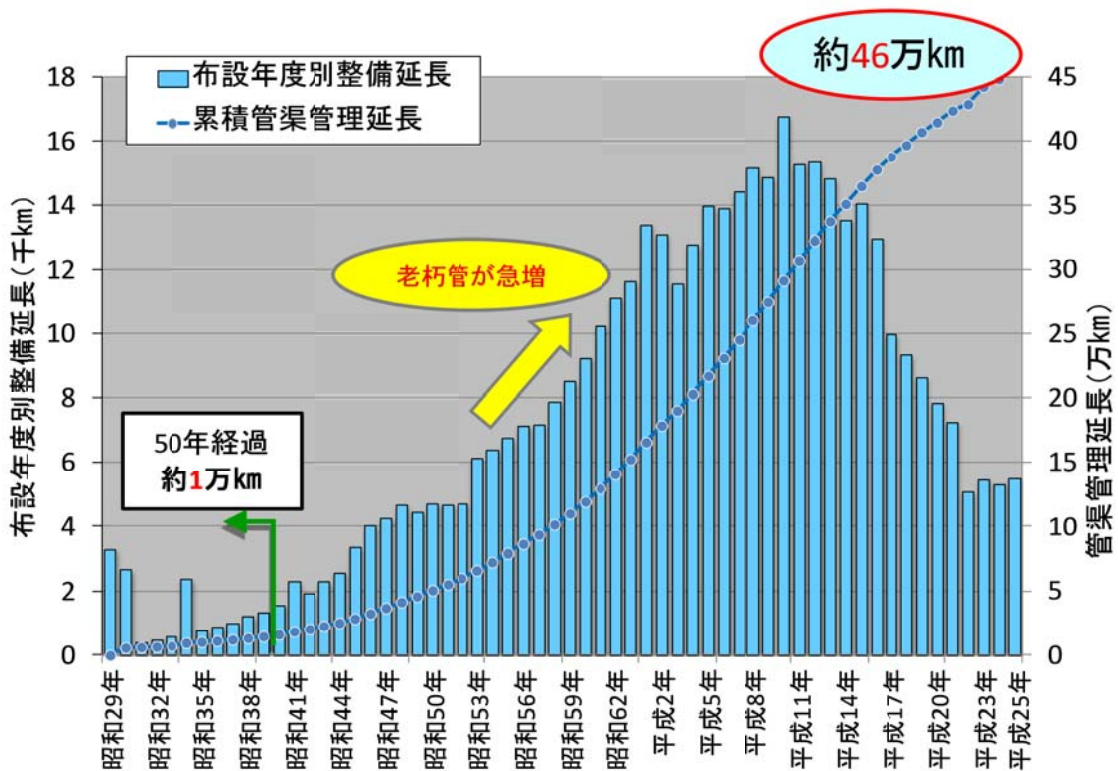


図 1-1 管渠の年度別整備延長と管渠管理延長

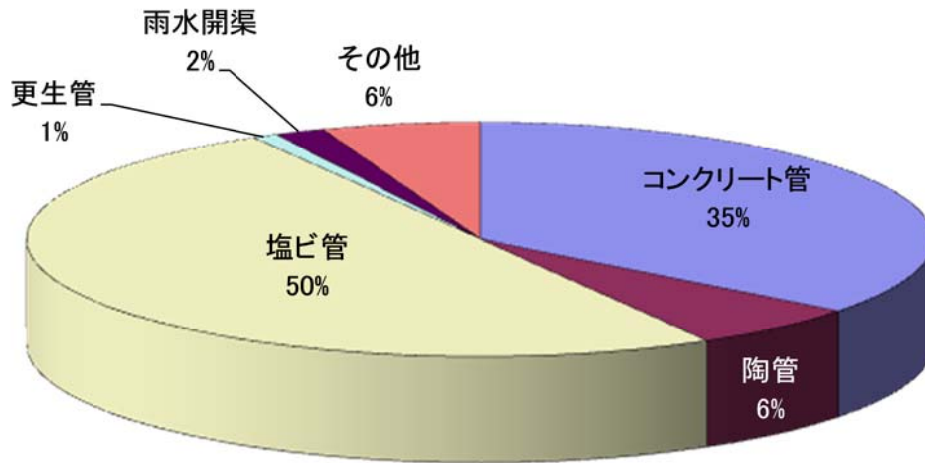
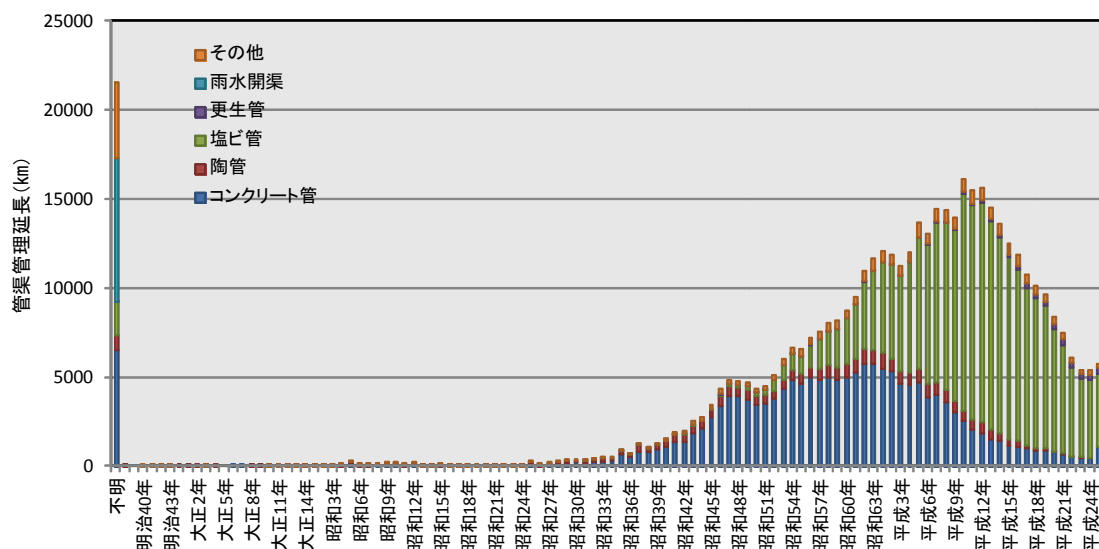


図 1-2 平成 25 年度末 累積管渠管理延長に占める管種割合

1.2. 研究目的

塩化ビニル管は、剛性管にない特性（可とう性）を有している、耐腐食性が高い、また、軽量で施工性が高いことなどから、昭和 49 年の下水道協会規格（JSWAS K-1）制定以降急速に普及した（図 1-3）。また現状では、塩化ビニル管より先行して整備されたコンクリート管や陶管を対象とした老朽化対策が中心であり、これら老朽管の更新時に塩化ビニル管へ管種を変更することにより塩化ビニル管の延長が益々増加することが予想される。今後、塩化ビニル管の高齢化時代は必ず到来し、塩化ビニル管の改築需要が大きくなることが想定される（図 1-4）。

しかし、現時点では塩化ビニル管は他の管種と比べ整備開始からあまり時間が経過していないため、塩化ビニル管の経年劣化や異常に関する知見が少なく、経年劣化のメカニズムや異常発生メカニズム等について不明な点が多い。



※平成26年3月31日時点で管理している、雨水開渠（都市下水路除く）を含む全ての管渠が対象。
 ※流域下水道、公共下水道、特定環境保全公共下水道、特定下水道が対象。
 ※合流式、分流式（汚水、雨水）の区別なし。

図 1-3 布設年度別管渠管理延長

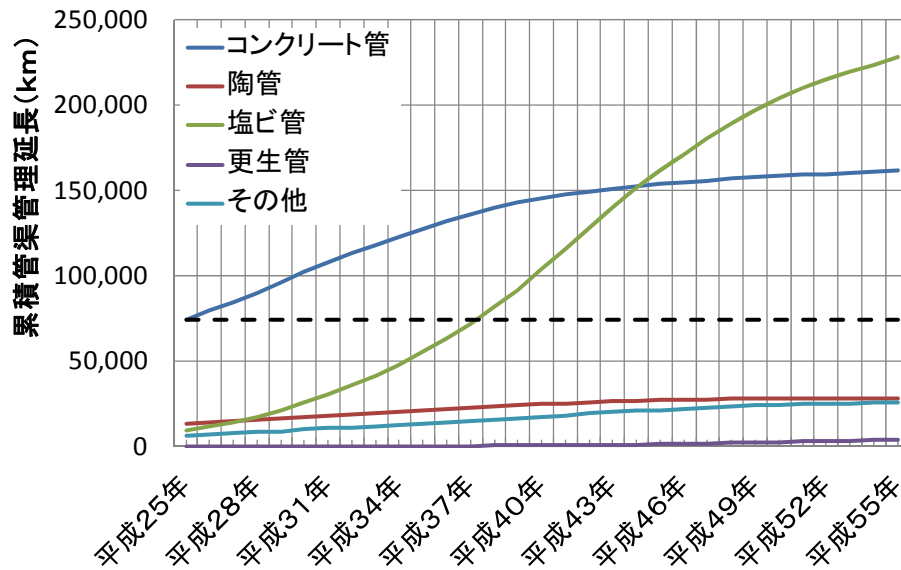


図 1-4 30年以上経過管の累積管渠管理延長の推移

過去の研究事例等では、10年経過した管渠（国土開発技術センター）や16年経過した管渠（国総研（旧土木研究所）下水道研究室）、30・35年経過した管渠（塩化ビニル管・継手協会）に関する物性試験が実施されており、いずれの経年管も新材と同等の物性値を有することが報告されている。しかし、現場において、塩化ビニル管のクラック等の異常は存在しており、これらの異常の程度、異常の進行、異常の発生確率等については、これまであまり議論されてこなかった。

これらを踏まえ、本研究では、今後の塩化ビニル管の急速な高齢化等に備えて、塩化ビニル管の異常程度を適切に判定することを目的とし、塩化ビニル管の視覚判定基準と緊急度診断基準の研究を行った。

1.3. 研究内容

本研究において、下記の4点について調査、検討を行った。研究フローを図 1-5 に示す。

(1) 実態調査（2章）

- ・国内および外国の管渠調査の判定基準を収集し、各々の判定基準の特徴および変遷を整理
- ・塩化ビニル管の劣化・破壊のメカニズムに関する情報について、国内外等の文献等を収集
- ・全国の公共団体に対して塩化ビニル管に関するアンケート調査を実施し、塩化ビニル管起因の道路陥没の発生状態やその原因を整理
- ・TVカメラ調査結果を収集し、発生している異常および発生位置等を整理、また塩化ビニル管特有の異常の整理

(2) 塩化ビニル管の視覚判定基準（3章）

- ・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・変形の判定基準について検討
- ・剛性管と異なる管体材料である塩化ビニル管の破損（軸方向クラック）・クラック（円周方向クラック）の判定基準について検討
- ・剛性管と異なる継手構造である塩化ビニル管の継手ズレについて判定基準について検討
- ・取付管穿孔の下水道本管強度への影響の把握

- ・塩化ビニル管に関して、異常箇所ごとに個々の異常の程度を判定するための、TVカメラによる視覚調査結果に対する視覚判定基準の提案

(3) 塩化ビニル管の緊急度診断基準（4章）

- ・スパン全体において異常が複合的に生じた場合を考慮するため、特有の異常を有する塩化ビニル管に発生するたわみ率と歪みおよび応力の関係を把握するために偏平試験を実施
- ・複合的な異常を有した塩化ビニル管に発生する歪みに対する各異常の影響を解析
- ・塩化ビニル管特有の複合的な異常が発生した場合の緊急度を考慮した、緊急度診断基準の提案

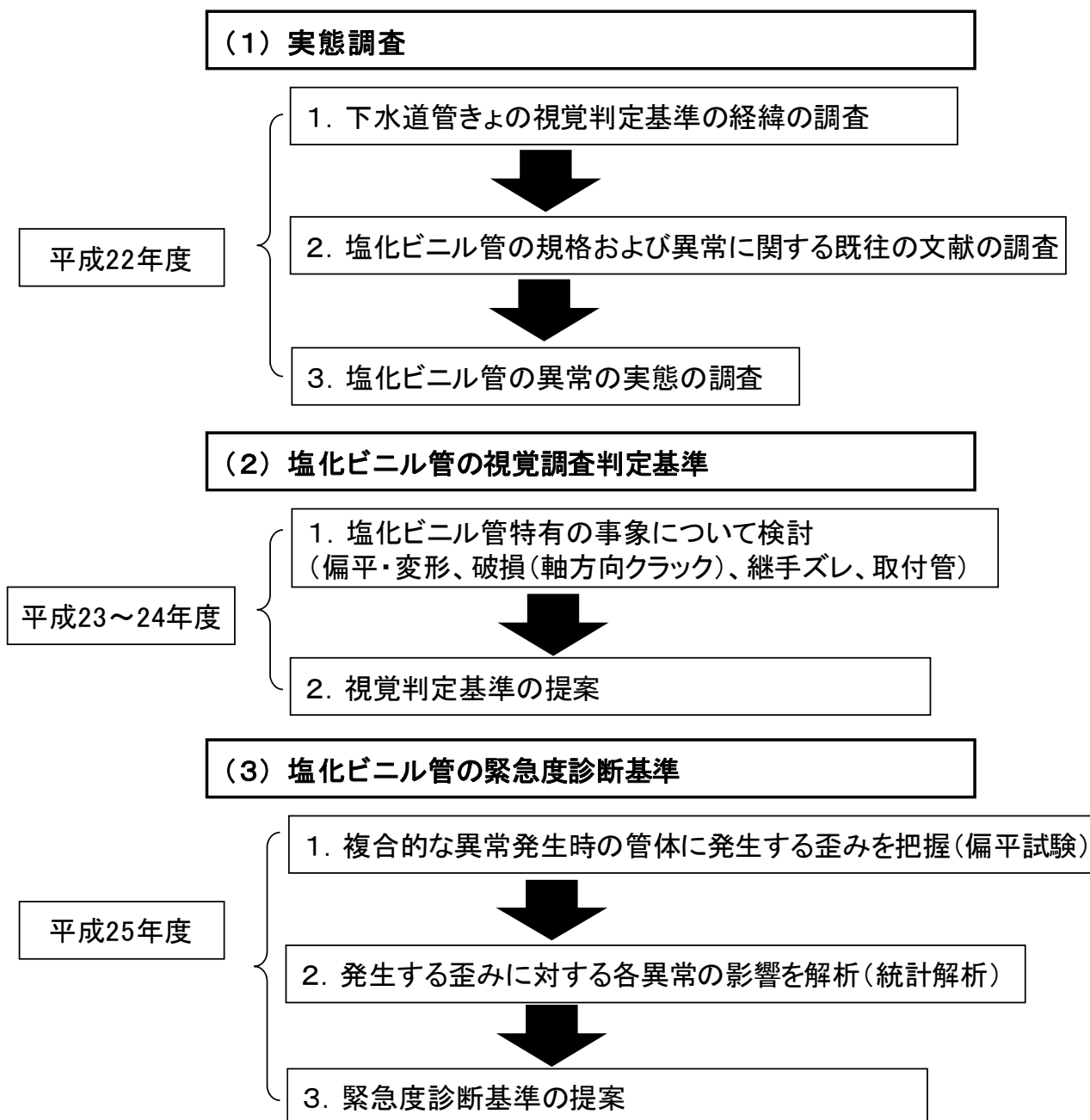


図 1-5 研究フロー

1.4. 用語の定義

本資料における、主な用語の定義は以下の通りである。

①異常

管の劣化度を示す管の破損、偏平、変形等の劣化および、管の流下能力に影響するたるみ、取付管の突出し等を総称したものの。

②劣化

時間経過に伴う化学的・物理的变化により、品質や性能が損なわれること。

- ・物理的劣化：物理的性質の永久変形が起こって性質が低下する現象
- ・化学的劣化：材料の化学的組織構造に有害な変化を起こす現象

③破壊

物に何らかの力や影響が加わることにより、そのものの形状・機能・性質等が失われることであり、固体材料においては、その材料の強度を上回る外力が加わったときのその材料が2つまたはそれ以上の部分に分離すること。

固体材料の破壊は大きく脆性破壊と延性破壊に分けられる。

脆性破壊：荷重あるいは応力を増していくほど材料が伸び（弾性状態）を伴いながら破壊する現象

延性破壊：材料の降伏点を上回り材料にまず大きな塑性変形が見られ、この間、材料内の各所で小さなクラックが発生し、それが成長して破壊する現象

④異常判定項目

視覚調査で把握する管の異常、管の流下能力に影響する異常の項目。

⑤視覚判定基準

視覚調査（目視調査、テレビカメラ調査等）で把握した異常項目のランクを判定するための基準。

⑥緊急度診断基準

視覚判定基準により判定された異常より、通常の維持管理での対応、修繕や改築での対応を診断し、対応時期の緊急性を診断するための基準。

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 1997年版
	2001年	平成13年	下水道管路施設 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 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見ると、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)ー管路施設編ー
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> ・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ー管路施設編ー
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> ・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：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
	陶管	欠落 軸方向のクラックが 管長の1/2以上	軸方向のクラックが 管長の1/2未満	—
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	にじんではいる
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	<ul style="list-style-type: none"> ・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 陶管	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
欠落			軸方向のクラックが 管長の1/2以上	軸方向のクラックが 管長の1/2未満	—
4) 管のクラック	鉄筋コンクリート管等 陶管	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以上	円周方向のクラックで 幅：2mm未満
		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	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 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	鉄筋コンクリート管：70mm未満 陶管：50mm未満
6) 浸 入 水			噴き出ている	流れている	にじんでいる
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	<ul style="list-style-type: none"> ・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、水道開栓と同程度)	流れている状態 (中～小水道ちよちよる)	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は投状となっている	HP小程度2mm以下のものはヘアー 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
取付管突出し	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	擁壁に漏水する	降雨量との関係で漏水するもの	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	運行に支障をきたす	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	運行に支障をきたす	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	がたがた音がある	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
摩耗		足掛金物腐食
破損		マンホールのふたの摩耗
クラック		マンホールの凹凸
変形(可とう性管)		マンホールふたの不整
継ぎ目ずれ		マンホールふたの違い
パッキン外れ		マンホールの埋没
		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	<ul style="list-style-type: none"> ・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1660mm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1660mm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	
		ソケット部	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
	破損		欠落			本管部に準拠	
	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	
継手部		破損	破損・浸入水	離脱(上下のずれ含む)	—	新潟中越基準	
		管軸方向ズレ	脱却	70mm以上	70mm未満	剛性管に準拠	
ソケット部		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	
		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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	<ul style="list-style-type: none"> ・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には管径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	④⑦には管径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 ④⑦には管径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	—	—	—	
バックン外れ	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にはバックン外れの記載なし
	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に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	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3/5以上	内径の1/3以上	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が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	$x \geq 30\%$	$20\% \leq x < 30\%$	$10\% \leq x < 20\%$	$5\% \leq x < 10\%$	$x < 5\%$
2 管の破損 測定、推定：平均φ	AR 取付管に亀裂	$x \geq 10\text{mm}$	$5\text{mm} \leq x < 10\text{mm}$	$2\text{mm} \leq x < 10\text{mm}$	$0.5\text{mm} \leq x < 2\text{mm}$	$x < 0.5\text{mm}$
	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	—	—	—	—
3 腐食	BW 壁面部欠損	$x \geq 25\text{cm}^2$	$x < 25\text{cm}^2$	—	—	—
	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	—	—	—
4 曲げ撓み管の変形 測定、推定：直径変化	CM 目地モルタルの腐食	—	33	32	—	—
	D- 変形	$40\% \leq x$	$20\% < x < 40\%$	$10\% \leq x < 20\%$	$6\% < x < 10\%$	$x \leq 6\%$
5 接続欠陥	F	—	雨水管渠に汚水・尿尿可視	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	$x \geq 50\%$	$35\% < x < 50\%$	$20\% \leq x < 35\%$	$5\% \leq x < 20\%$	$x < 5\%$
	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）	$x \geq 50\%$	$35\% < x < 50\%$	$20\% \leq x < 35\%$	$5\% \leq x < 20\%$	$x < 5\%$
	HE 突き出た排水障害物	$x \geq 50\%$	$35\% < x < 50\%$	$20\% \leq x < 35\%$	$5\% \leq x < 20\%$	$x < 5\%$
	HF 固着堆積物	—	全て	—	—	—
	HG 障害物	$x \geq 30\%$	$20\% < x < 30\%$	$10\% \leq x < 20\%$	$5\% \leq x < 20\%$	$x < 5\%$
	HI 固着物	—	全て	—	—	—
	HP 樹根侵入	$x \geq 30\%$	$20\% < x < 30\%$	$10\% \leq x < 20\%$	$5\% \leq x < 20\%$	$x < 5\%$
	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	他の情報と組み合わせて評価可能				
	LH 水平方向変位	$x \geq 15\% v. \phi$	$x \geq 100\% v. ds^*$	$75\% \leq x < 100\% v. ds^*$	$25\% \leq x < 75\% v. ds^*$	$x < 25\% v. ds^*$
	LL 軸方向変位	$x \geq 15\text{cm}$	$10\text{cm} \leq x < 15\text{cm}$	$5\text{cm} \leq x < 10\text{cm}$	$2\text{cm} \leq x < 5\text{cm}$	$x < 2\text{cm}$
	LV 垂直方向変位	$x \geq 15\% v. \phi$	$x \geq 100\% v. ds^*$	$75\% \leq x < 100\% v. ds^*$	$25\% \leq x < 75\% v. ds^*$	$x < 25\% v. ds^*$
9 亀裂 測定、推定幅	RC 継手域の亀裂	$10\text{mm} \leq x$	$5\text{mm} \leq x < 10\text{mm}$	$2\text{mm} \leq x < 5\text{mm}$	$0.5\text{mm} \leq x < 2\text{mm}$	$x < 5\text{mm}$
	RL 縦方向亀裂	$10\text{mm} \leq x$	$5\text{mm} \leq x < 10\text{mm}$	$2\text{mm} \leq x < 5\text{mm}$	$0.5\text{mm} \leq x < 2\text{mm}$	$x < 5\text{mm}$
	RQ 横方向亀裂	$10\text{mm} \leq x$	$5\text{mm} \leq x < 10\text{mm}$	$2\text{mm} \leq x < 5\text{mm}$	$0.5\text{mm} \leq x < 2\text{mm}$	$x < 5\text{mm}$
	RS 亀甲形成	個別ケースの吟味、少なくともその他の亀裂と同じ				
	RX 網状亀裂	個別ケースの吟味、少なくともその他の亀裂と同じ				
10 取付管 断面部分の毀損	S-D 取付管の詰まり	全て	—	—	—	—
	SE 取付管の突出し	$x \geq 50\%$	$35\% \leq x < 50\%$	$20\% \leq x < 35\%$	$5\% \leq x < 20\%$	$x < 5\%$
	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	$x \geq 30\%$	$20\% \leq x < 30\%$	$10\% \leq x < 20\%$	$5\% \leq x < 10\%$	$x < 5\%$
	SR 取付管に亀裂	$x \geq 10\text{mm}$	$5\text{mm} \leq x < 10\text{mm}$	$2\text{mm} \leq x < 5\text{mm}$	$0.5\text{mm} \leq x < 2\text{mm}$	$x < 0.5\text{mm}$
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				
	VC 物理的磨耗、一般	—	13, 33	12, 22, 32	11, 21	—
13 物理的磨耗 数値コードに依拠	VC 継手部の機械的磨耗	—	13, 33	12, 22, 32	11, 21	—
	W-G その他の損傷	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
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 ≤ 25%	-
		B				25 < X ≤ 50%	-
		C				50 < X ≤ 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 Conditin Assessment And Rehabilitation Of Lage 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 管きよ補修	○	○	○	
	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 ≥ 25cm ²	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 < 25cm ²	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						
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						
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						
浸入水	A	噴き出ている								
	B	流れている		全て						
	C	にじんでいる								
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%		
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%						
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%		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 K6743)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ビカット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。

(3) 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

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。

表 2-27 JIS および公的規格の変遷 (硬質塩化ビニル管)

		硬質塩化ビニル管(農業用)の変遷																																		
項目	年度	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				
JISの制定・改正 (JIS K6741)							制定 1954	改正 1958	改正1960	改正 1965	改正1968							改正1975		改正1984								改正1999								
日本水道協会 (JWWA K-127)																				JWWA K-127 制定1983		改訂1990					改訂1997		改訂2002							
日本下水道協会 (JSWAS)																				制定1976			改訂1981							改訂2002						
塩化ビニル管継手 協会規格(AS24)																																				
管の種類と 設計圧力																																				
試験水圧 (JIS K6741)																																				
接続形式																																				
ゴム輪のJIS種別																																				
管厚さ設計方法																																				

- JWWA : 日本水道協会規格
- JSWAS : 日本下水道協会規格
- AS : 塩化ビニル管継手協会規格

参考として、主な製品規格の変遷について表 2-28 に示す。

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	改正	改正	改正	改正	改正	改正	改正	改正	改正	改正	改正	改正	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		
	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		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																																			
	水道用ゴム輪形耐衝撃性硬質塩化ビニル管	JWWA K-129																																			
下水道規格	下水道用硬質塩化ビニル管	JSWAS K-1																																			
	下水道用リブ付硬質塩化ビニル管	JSWAS K-13																																			
塩化ビニル管・継手協会	硬質塩化ビニル管	AS 20																																			
	水道用硬質塩化ビニル管	AS 31																																			
	水道用ゴム輪形耐衝撃性硬質塩化ビニル管	AS 33																																			
	排水用リサイクル硬質塩化ビニル管(REP)	AS 58																																			
	下水道用リサイクル三層硬質塩化ビニル管(RS-VU)	AS 62																																			

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、後者を溶剤クラックとよぶ。	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。 溶剤クラックの発生は、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。

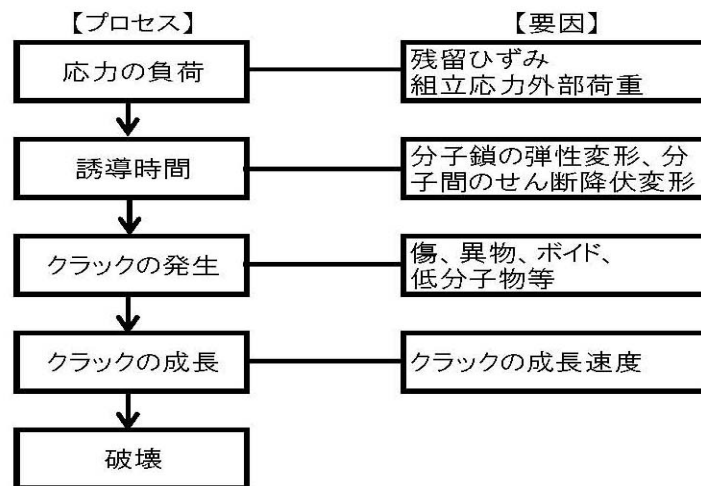


図 2-1 破壊に至るまでのプロセス

- ・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色相変	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溶剤クラックとよぶ。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、溶剤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⁾。

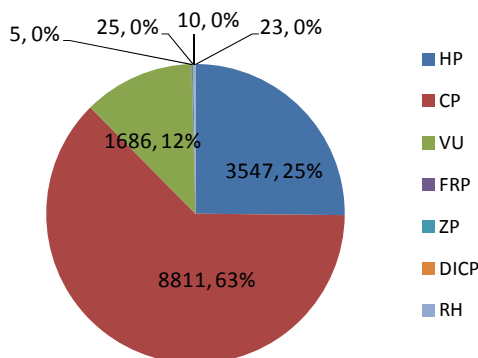
本節では、塩化ビニル管起因で発生した道路陥没の実態についてのアンケート調査と、国総研で自治体から収集した TV カメラ調査データを基に、塩化ビニル管に発生している異常項目・ランクの把握と異常の発生位置等の傾向を整理した結果について述べる。

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。



管種	道路陥没件数	発生割合
HP：コンクリート管	3547	25%
CP：陶管	8811	63%
VU：塩化ビニル管	1686	12%
FRP：強化プラスチック複合管	5	0%
ZP：硬質瀝青管（ゼットパイプ、タール管）	25	0%
DICP：ダクタイル管	10	0%
RH：更生管	23	0%
合計	14107	100%

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」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。

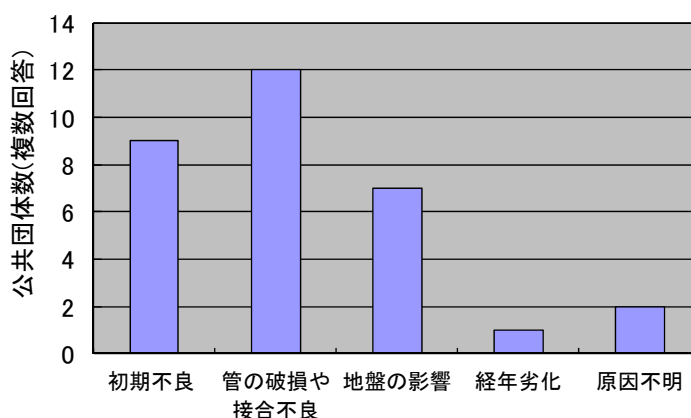


図 2-3 塩化ビニル管起因の道路陥没要因（平成 21 年度）

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)

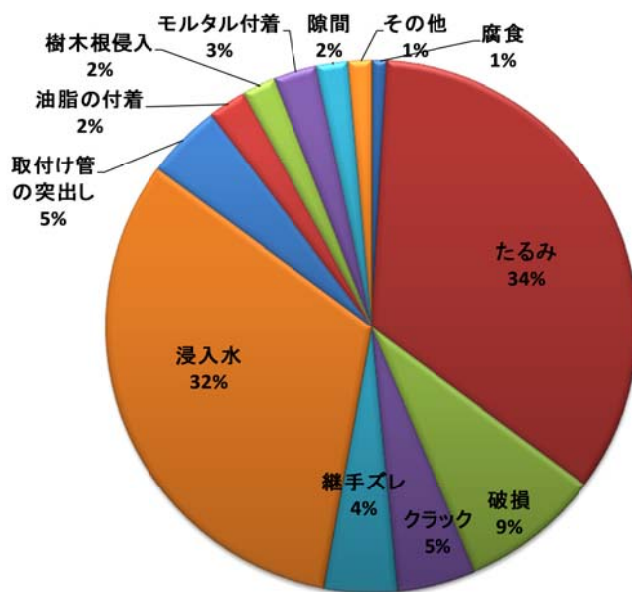


図 2-4 塩化ビニル管の異常割合 (全ランク)

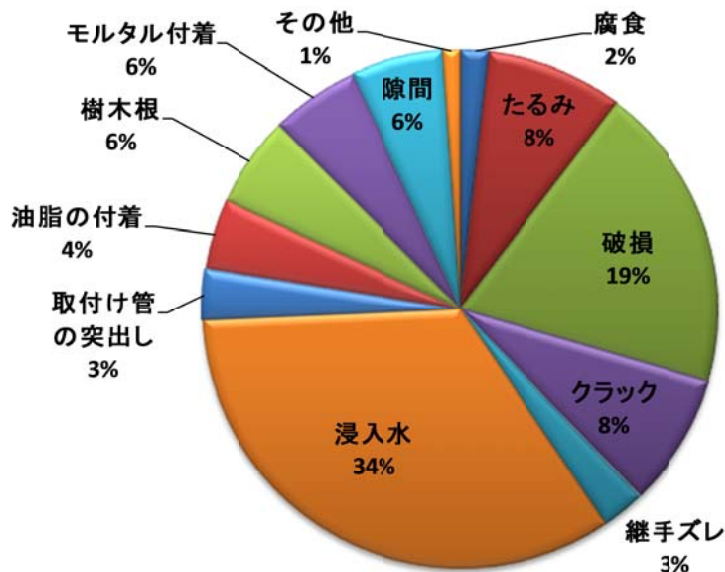


図 2-5 塩化ビニル管の異常割合 (A (a), B (b) ランク)

(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。

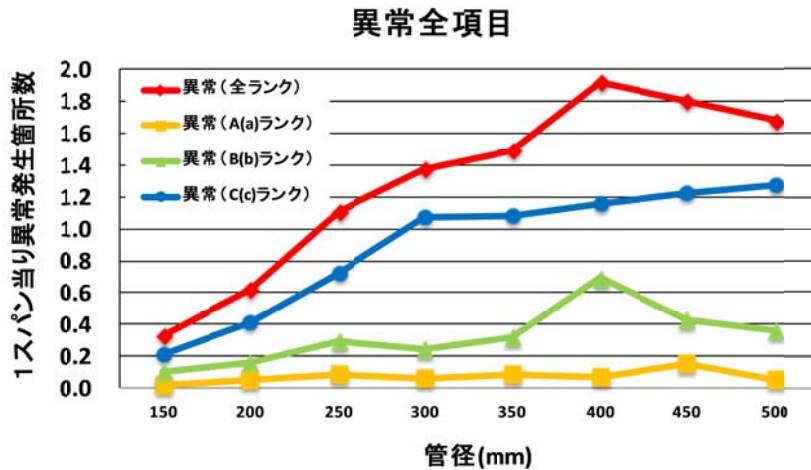


図 2-6 管径別 1 スパン当たりの異常発生箇所数（異常全項目）

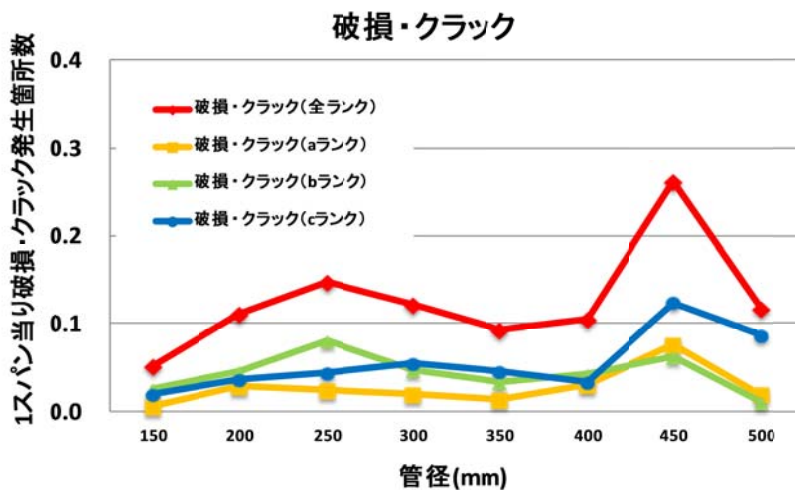


図 2-7 管径別 1 スパン当たりの破損・クラック発生箇所数

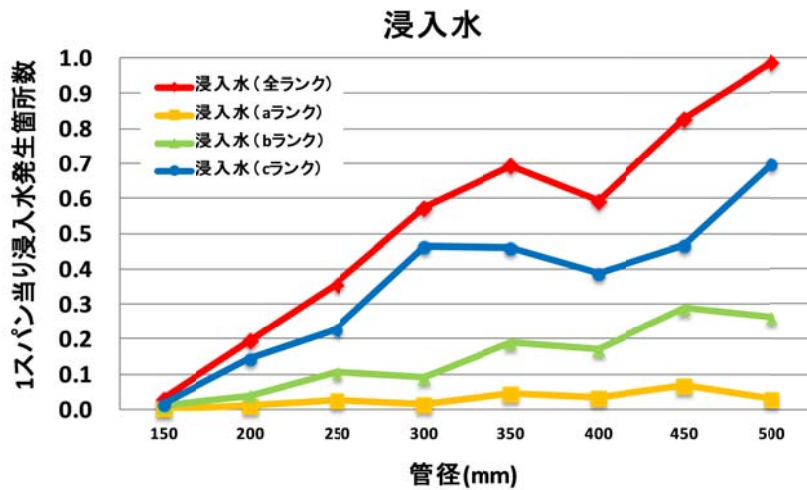


図 2-8 管径別 1 スパン当りの浸入水発生箇所数

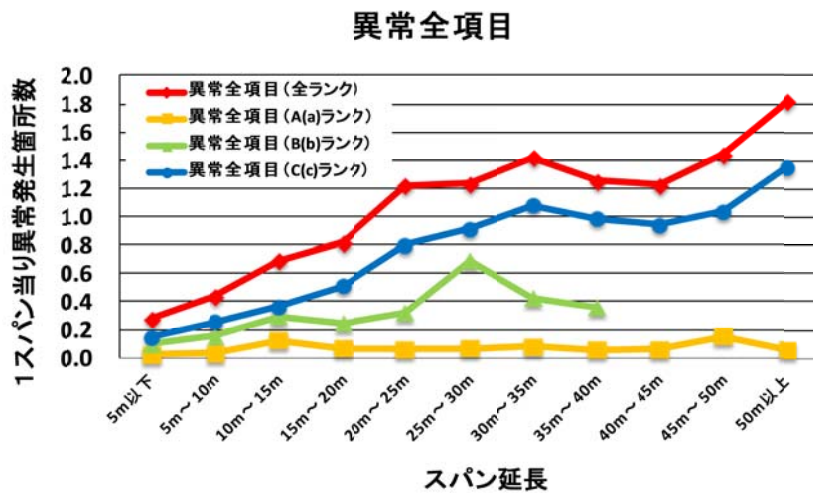


図 2-9 スパン延長別 1 スパン当たりの異常発生箇所数 (異常全項目)

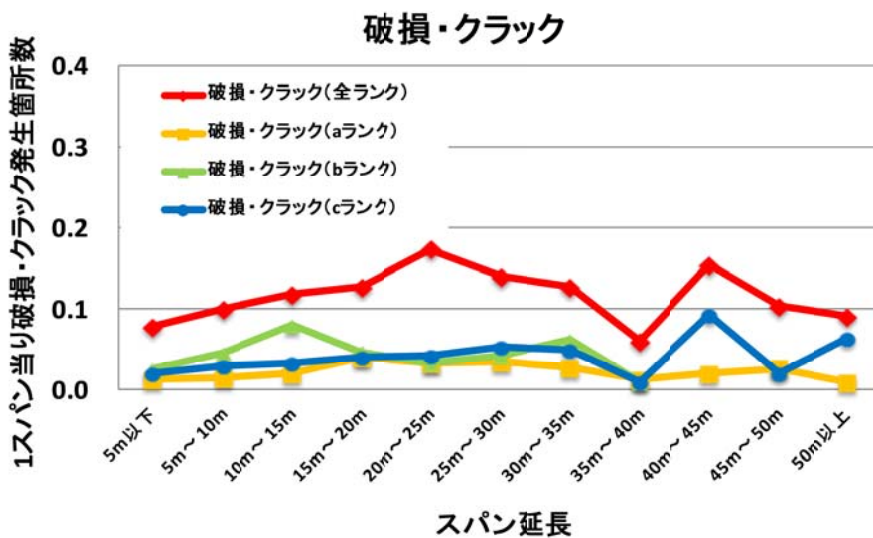


図 2-10 スパン延長別 1 スパン当たりの破損・クラック発生箇所数

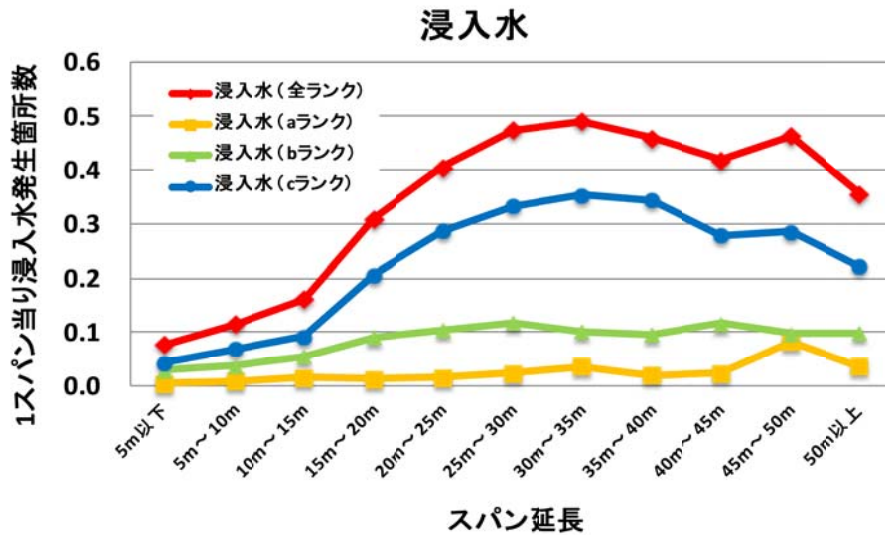


図 2-11 スパン延長別 1 スパン当たりの浸入水発生箇所数

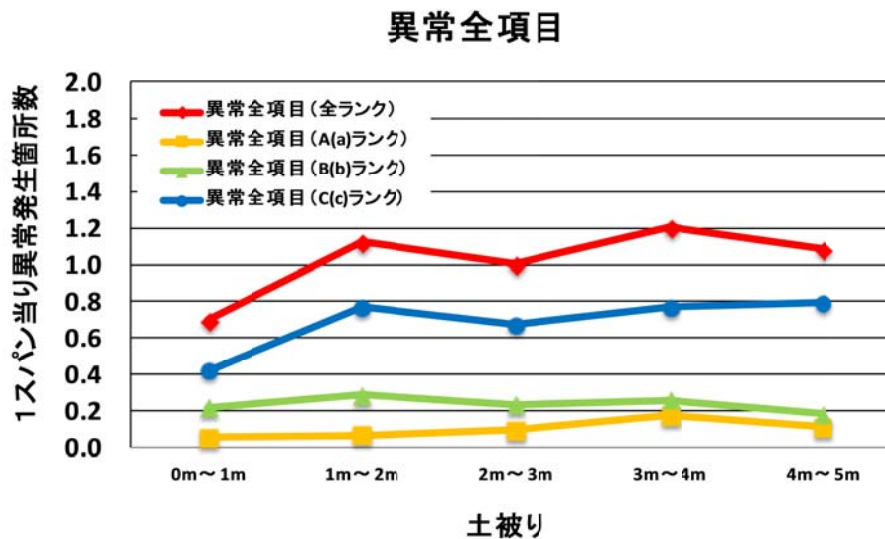


図 2-12 土被り別 1 スパン当たりの異常発生箇所数 (異常全項目)

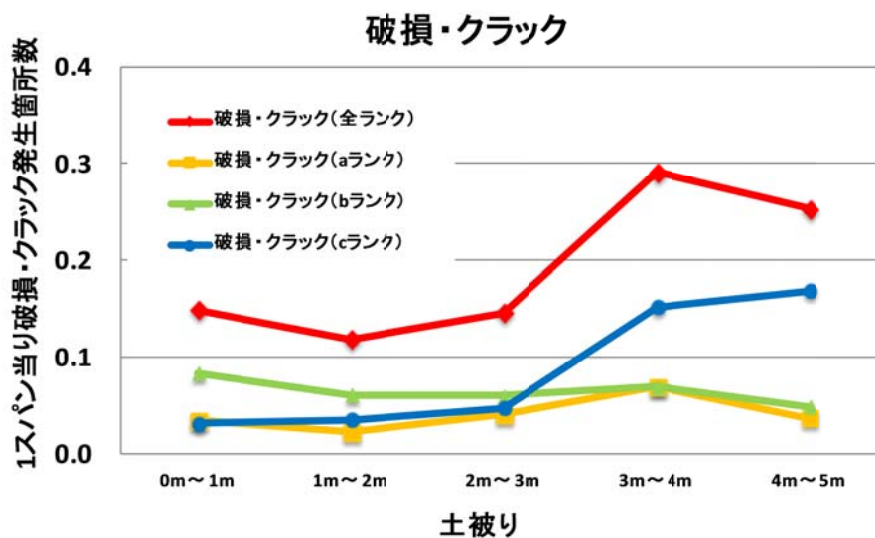


図 2-13 土被り別 1 スパン当たりの破損・クラック発生箇所数

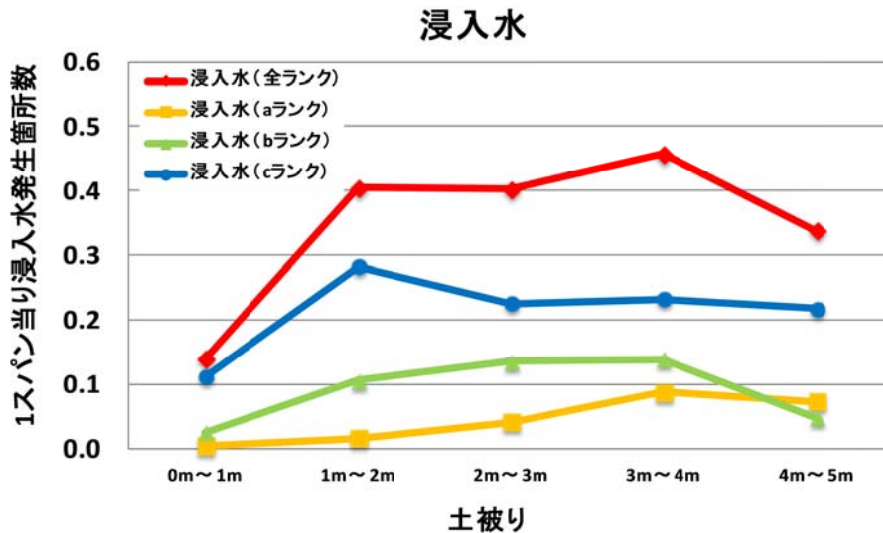


図 2-14 土被り別 1 スパン当たりの浸入水発生箇所数

(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。

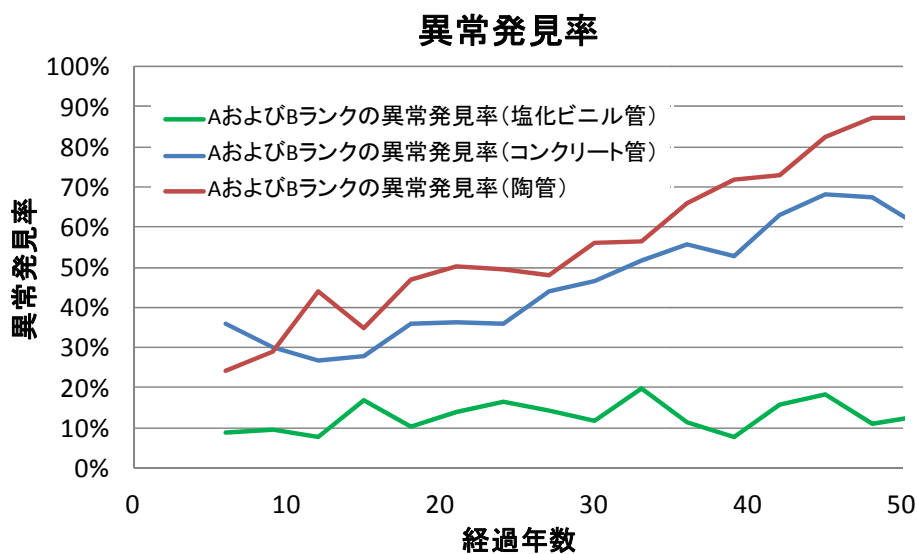


図 2-15 異常発見率の推移

(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）。

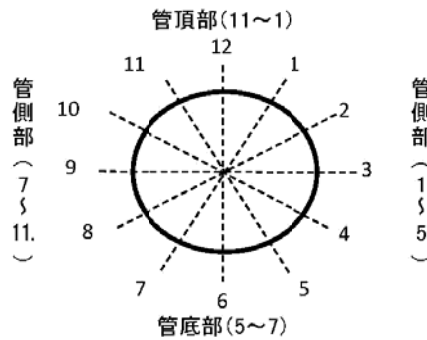


図 2-16 円周方向の異常発生角度の定義

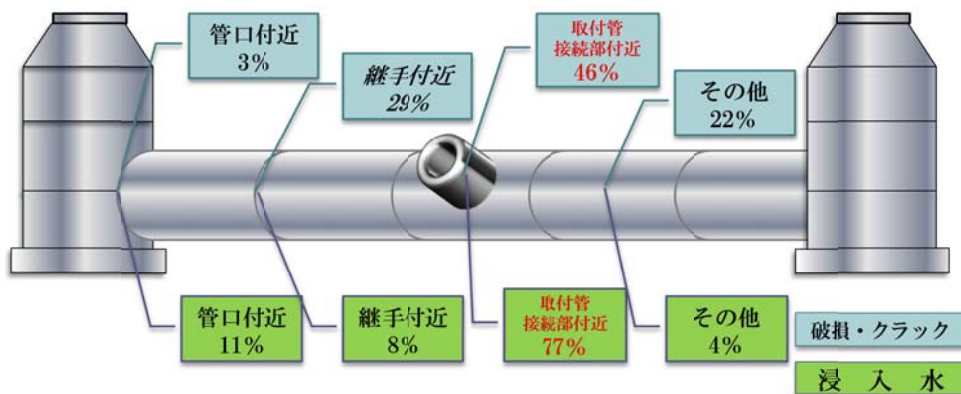


図 2-17 破損・クラック、浸入水の異常発生位置

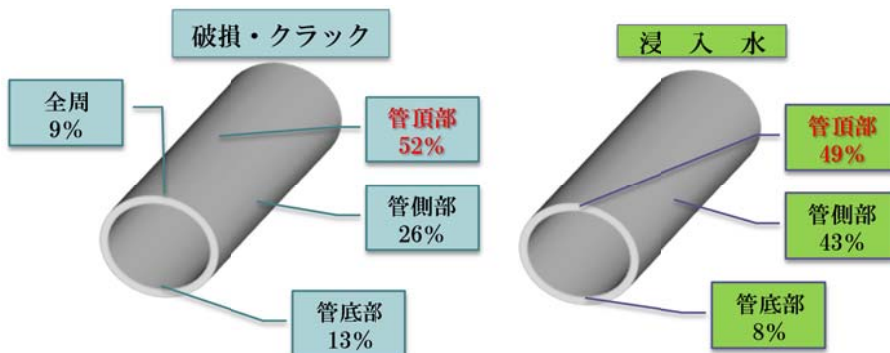


図 2-18 破損・クラック、浸入水の異常発生角度

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 $\phi 200$ と $\phi 250$ 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 $\phi 250$ 、 $\phi 350$ 、 $\phi 400$ 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φ250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φ250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φ250、φ300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。管側部周辺に碎石等が存在し、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 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 $\phi 250\text{mm}$ ～ $\phi 400\text{mm}$ 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。

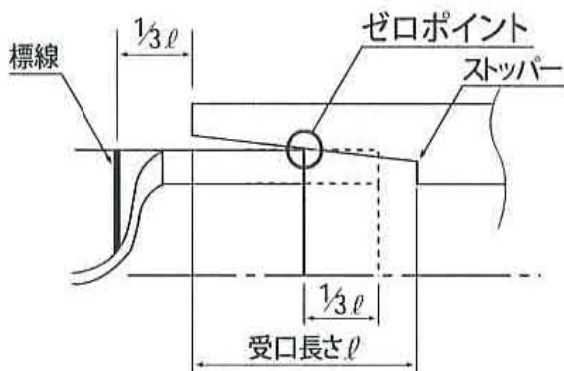


図 2-31 TS 接合の構造

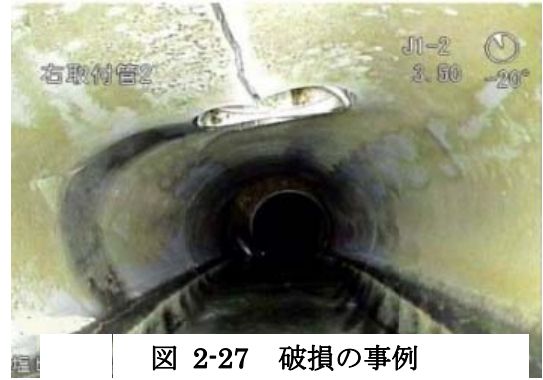


図 2-27 破損の事例

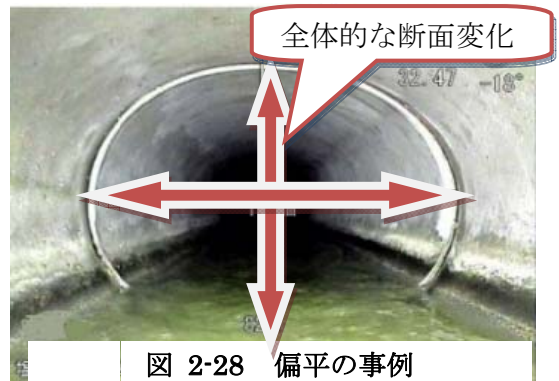


図 2-28 偏平の事例



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、宅内枮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

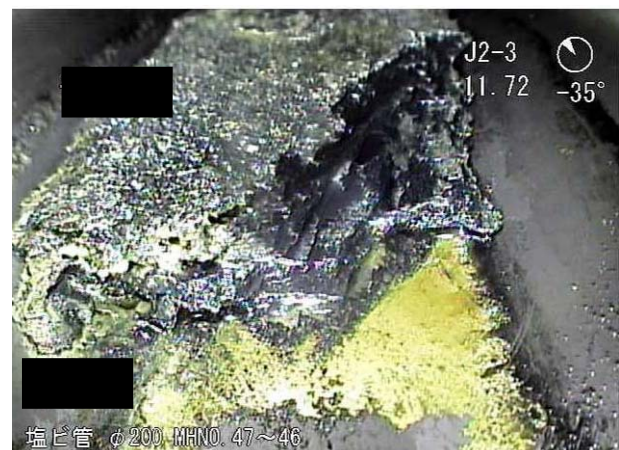


図 2-35 モルタル付着の側視画像

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

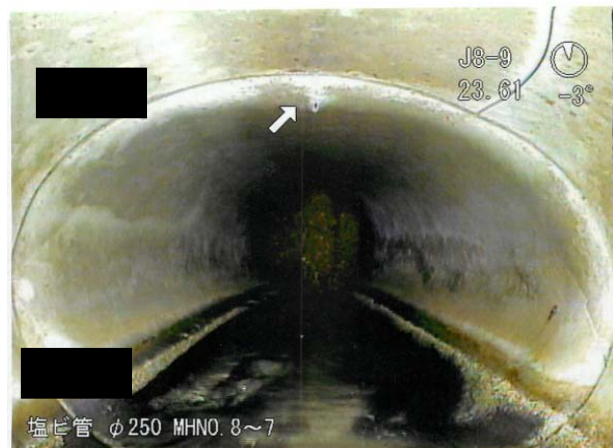


図 2-37 管径φ250：破損の直視画像



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

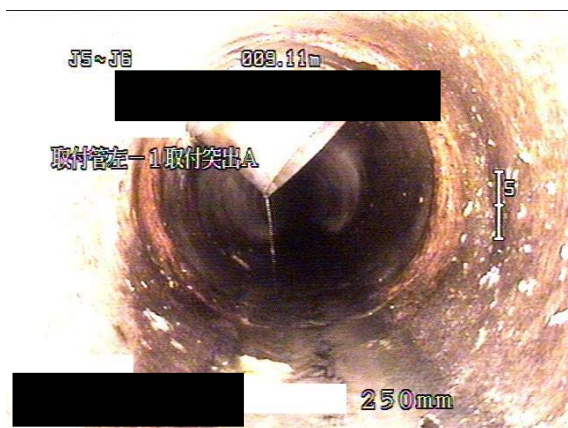


図 2-41 取付け管突出しの直視画像

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市の継手についても同様に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

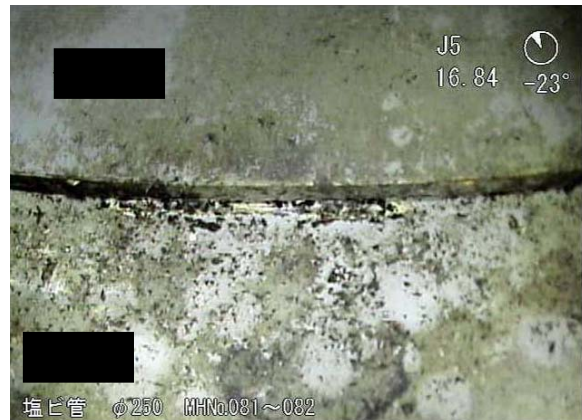


図 2-43 継手ズレの側視画像



図 2-44 クラックの直視画像

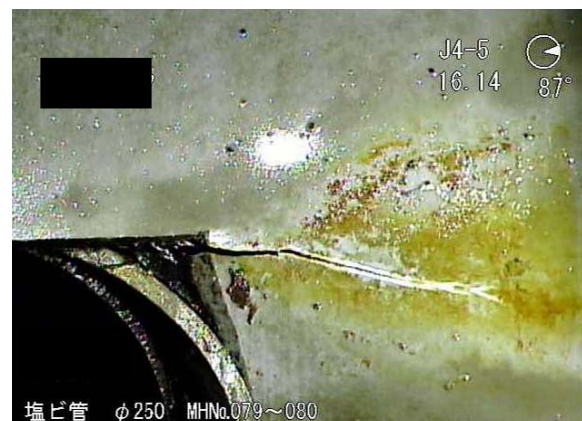


図 2-45 クラックの側視画像



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られる。



図 2-48 浸入水の直視画像

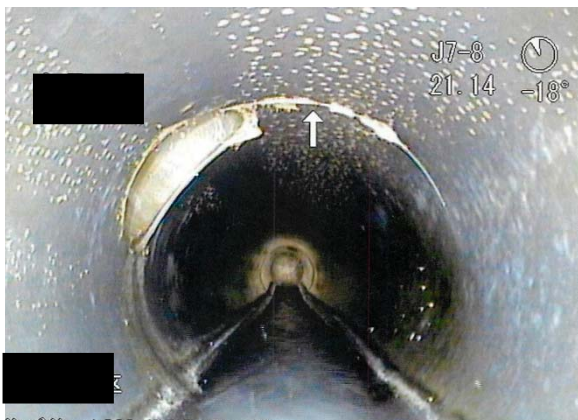


図 2-49. クラックの直視画像

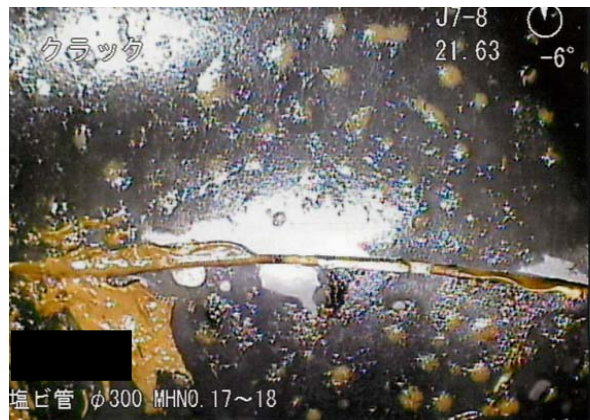


図 2-50 クラックの側視画像



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

各市の異常箇所を集計結果（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で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。

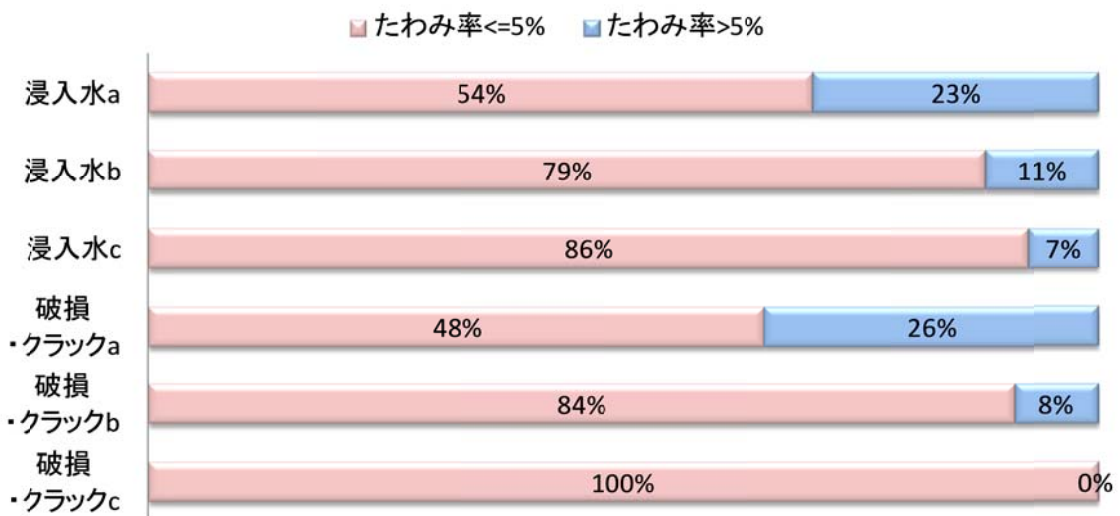


図 2-53 異常とたわみ率の関係

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

3. 塩化ビニル管の視覚判定基準の検討

3.1. 検討背景

「下水道維持管理指針 前編－2003年版－」に記載されている管渠の劣化視覚判定基準は、鉄筋コンクリート管等の剛性管を対象に作られたものである。

一方で、可とう性管特有の構造的異常である塩化ビニル管には、剛性管にはない偏平や変形の劣化傾向がみられる。

さらには、剛性管と同じ劣化項目でも剛性管とは異なる影響を管体に及ぼす破損（軸方向クラック）・クラック（円周方向クラック）、剛性管と異なる継手構造である硬質塩化ビニル管の継手ズレがある。

そのため、偏平・変形、破損（軸方向クラック）・クラック（円周方向クラック）、継手ズレについて判定基準を検討した。

また、異常発生箇所は取付管接続部に多い傾向があるため、取付管接続が管体に及ぼす影響についても検討した。

3.2. 異常項目の影響の把握

3.2.1. 偏平・変形

(1) 検討方法

偏平に関する視覚判定基準を検討するため、図 3-1 に示す偏平試験（JIS K 6741）によりたわみ率と軸方向および円周方向クラックの進行状況の関係を把握した。

偏平試験には、管長が 1.0m の VUφ200 に所定の条件クラック（幅 1mm）を加工した試験体を用い、たわみ量が 100mm になるまで荷重を加えていき、10mm ごとに荷重による塩化ビニル管の状態を観察した。

また、試験体の拘束条件を変えることにより、埋設条件の違いを考慮した。管側部の埋戻し土が十分転圧され十分締め固まっている状態（図 3-2 管体拘束条件（左図））と、管側部の埋戻し土の転圧が不十分で十分締め固まっていない状態（図 3-2 管体非拘束条件（右図））の 2 パターンについて、試験ケースを設定した。

クラックについては、クラックの方向、場所、円周方向の角度を変え加工した。

また、クラックの長さについては、軸方向クラックの場合は 500mm、300mm、100mm、50mm とし、円周方向のクラックの場合は円周の 2/3（約 420mm）、円周の 1/4（約 160mm）とした。クラック条件の定期図を図 3-3 に示す。

なお、ここで表記している「軸方向クラック」とは、「下水道維持管理指針 前編－2003年版－」の「破損」に該当し、また、「円周方向クラック」とは、同指針の「クラック」に該当する。以後、「軸方向クラック」と「円周方向クラック」を明確に区別するため、「破損」を「軸方向クラック」、「クラック」を「円周方向クラック」と表記する。

拘束条件、クラック条件ごとに設定した偏平試験の試験ケースを表 3-1 に示す。

この試験において、偏平の程度と管体の耐荷力の関係について整理した。

また、変形に関しては、TV カメラ調査結果から変形の実態を把握した。



図 3-1 偏平試験



図 3-2 管体拘束条件（左図）、管体非拘束条件（右図）

項目	条件	概要図			
方向	軸方向 円周方向				
場所	中央 端				
長さ	50mm 100mm 300mm 500mm				
角度	0° 45° 90°				

図 3-3 クラック条件の定義

表 3-1 偏平試験ケース

Case	側面拘束	クラック				Case	側面拘束	クラック			
		方向	場所	長さ	角度			方向	場所	長さ	角度
1	非拘束	なし	なし	なし	なし	20	非拘束	軸方向	端	100mm	0°
2	非拘束	軸方向	中央	500mm	90°	21	非拘束	軸方向	端	50mm	0°
3	非拘束	軸方向	中央	300mm	90°	22	非拘束	円周方向	中央	2/3	90°
4	非拘束	軸方向	中央	100mm	90°	23	非拘束	円周方向	中央	1/4	90°
5	非拘束	軸方向	中央	50mm	90°	24	非拘束	円周方向	中央	2/3	45°
6	非拘束	軸方向	中央	300mm	45°	25	非拘束	円周方向	中央	1/4	45°
7	非拘束	軸方向	中央	100mm	45°	26	非拘束	円周方向	中央	2/3	0°
8	非拘束	軸方向	中央	50mm	45°	27	非拘束	円周方向	中央	1/4	0°
9	非拘束	軸方向	中央	300mm	0°	28	拘束	なし	なし	なし	なし
10	非拘束	軸方向	中央	100mm	0°	29	拘束	軸方向	中央	500mm	90°
11	非拘束	軸方向	中央	50mm	0°	30	拘束	軸方向	中央	300mm	90°
12	非拘束	軸方向	端	500mm	90°	31	拘束	軸方向	中央	100mm	90°
13	非拘束	軸方向	端	300mm	90°	32	拘束	軸方向	中央	50mm	90°
14	非拘束	軸方向	端	100mm	90°	34	拘束	軸方向	端	500mm	90°
15	非拘束	軸方向	端	50mm	90°	35	拘束	軸方向	端	300mm	90°
16	非拘束	軸方向	端	300mm	45°	36	拘束	軸方向	端	100mm	90°
17	非拘束	軸方向	端	100mm	45°	37	拘束	軸方向	端	50mm	90°
18	非拘束	軸方向	端	50mm	45°	38	拘束	軸方向	端	50mm	45°
19	非拘束	軸方向	端	300mm	0°	39	拘束	軸方向	端	50mm	0°

(2) 検討結果及び考察

1) 偏平試験結果による検討結果

偏平試験結果を基に、偏平の生じやすさや管体の耐荷性の埋設条件に対する差異について整理した。

クラックが加工されていない Case1（非拘束）と Case28（拘束）を比較したグラフを図 3-4 に示す。

拘束条件においては、非拘束条件と比較し、ある一定のたわみ率までは偏平するために必要な荷重が大きいことが分かる。つまり、拘束条件下では非拘束条件と比較し偏平しにくいことが分かる。

しかし、拘束条件においては、ある一定のたわみ率を超えると試験中の載荷重が下がる事象が確認された。これは、材料が座屈し管体の耐荷性が下がったことによるものと考えられる（図 3-5）。

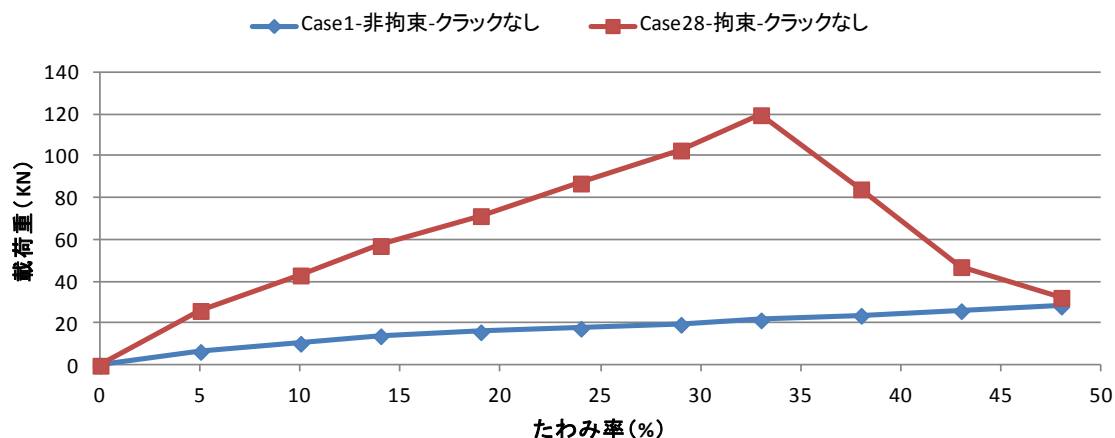


図 3-4 拘束条件と非拘束条件の比較

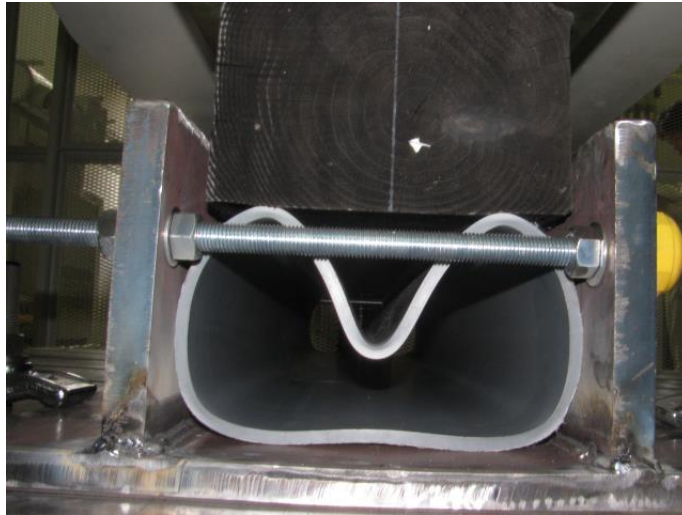


図 3-5 たわみ率 33%時点の試験状況 (Case28)

クラックの加工を施していない Case1 (非拘束-クラックなし) または Case28 (拘束-クラックなし) のたわみ率ごとの載荷重を 1 とし、各クラック条件のたわみ率ごとの載荷重について載荷重比を算出し、クラック条件ごとの耐荷性の差異を示す (図 3-6～図 3-15)。

Case1、Case 28 と比較し各 Case の載荷重が 1 以下となることは、同じたわみ率を発生させるために必要な荷重が小さいことである。

つまり、試験体が扁平しやすい状態にあることであり管の耐荷性が低下したことを示す。

軸方向クラックのクラック角度による耐荷性の差異を図 3-6、図 3-7 に示す。

図 3-6 の縦軸は、各 Case の載荷重の Case1 の載荷重に対する比率を表し、非拘束条件では、クラック角度 90 度の条件の耐荷性が最も低いと言える。

図 3-7 の縦軸は、各 Case の載荷重の Case28 の載荷重に対する比率を表し、拘束条件では、クラック角度に関わらずたわみ率 20%程度から耐荷性が低下し始める傾向がみられ、その後、たわみ率 35%程度から耐荷性が向上する。

これは、拘束条件である側壁に沿って管体形状が変形 (側土圧が上昇) したことにより、鉛直荷重に対する耐荷力が増加したものと考える (図 3-7)。

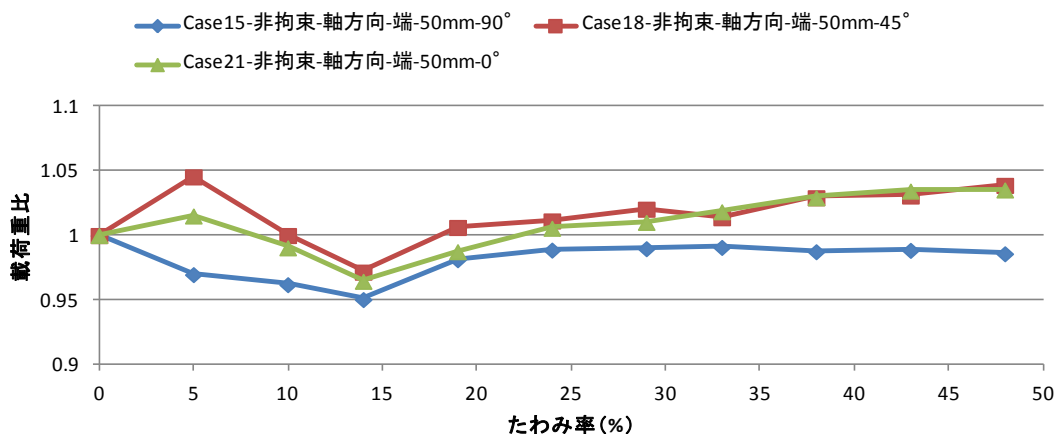


図 3-6 クラック角度と耐荷性の関係 (非拘束条件・軸方向クラック)

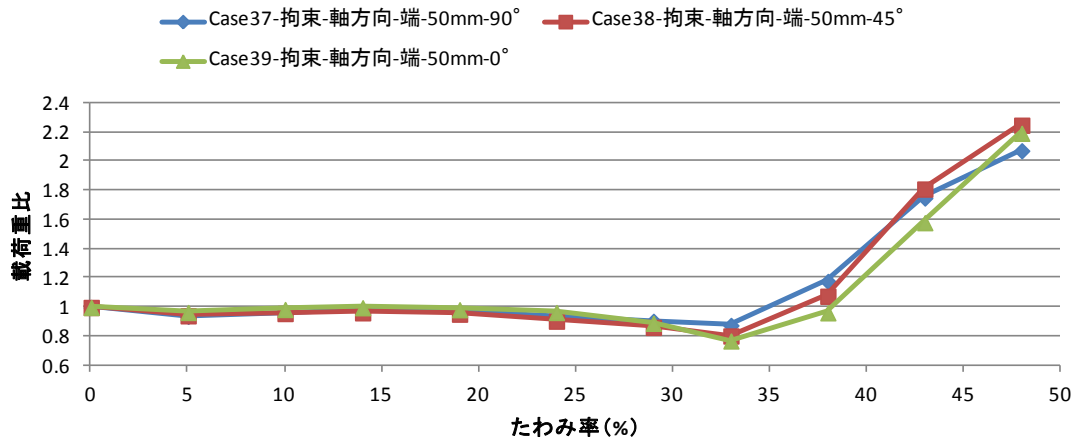


図 3-7 クラック角度と耐荷性の関係 (拘束条件・軸方向クラック)



図 3-8 Case39 たわみ率 33%の試験状況

次に、軸方向クラックのクラック長さによる耐荷性の差異を図 3-9、図 3-10 に示す。

図 3-9 の縦軸は、各 Case の載荷重の Case1 (非拘束-クラックなし) の載荷重に対する比率を表す。

図 3-10 の縦軸は、各 Case の載荷重の Case28 (拘束-クラックなし) の載荷重に対する比率を表す。

クラックの長さによる耐荷性については、拘束条件に関わらずクラック長さが長い程、管の耐荷性が低いと言える。

拘束条件である Case34、35 については、たわみ率 30%程度の時点で破壊したため、それ以降のデータは計測されていない。

また Case36、37 はたわみ率 35%程度の時点から載荷重が向上している。この事象は前述、図 3-7 であげた事象と同様と考える。

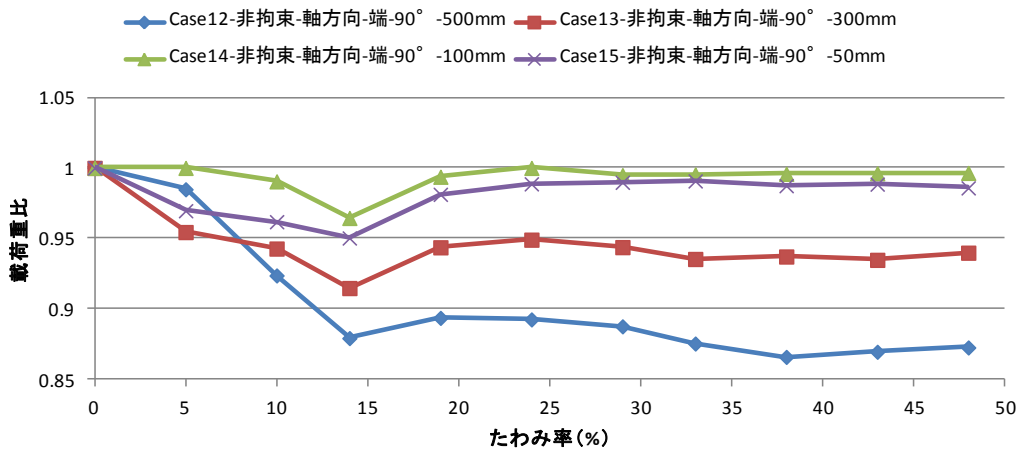


図 3-9 クラック長さとの耐荷性の関係 (非拘束条件・軸方向クラック)

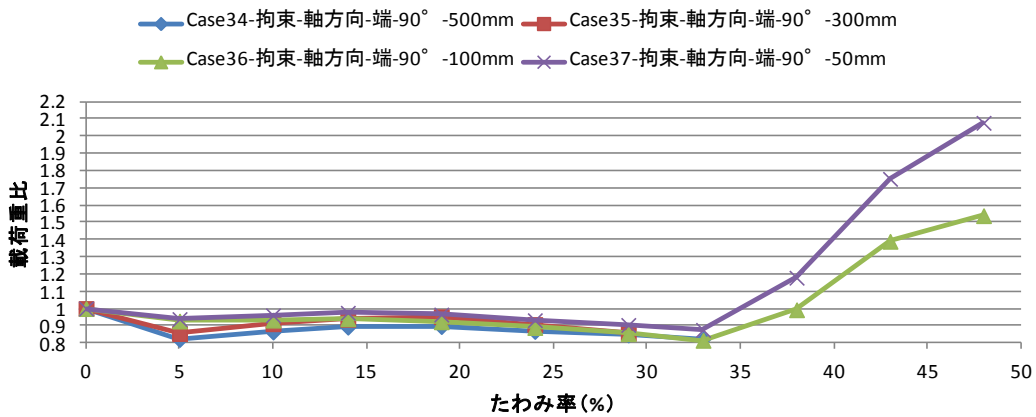


図 3-10 クラック長さとの耐荷性の関係 (拘束条件・軸方向クラック)

次に、軸方向クラックのクラック場所による耐荷性の差異を図 3-11、図 3-12 に示す。

図 3-11 の縦軸は、各 Case の載荷重の Case1 (非拘束-クラックなし) の載荷重に対する比率を表す。

図 3-12 の縦軸は、各 Case の載荷重の Case28 (拘束-クラックなし) の載荷重に対する比率を表す。

拘束条件、非拘束条件ともに、クラック場所が耐荷性へ与える影響は、その他の条件と比較し一様な傾向は見られない。

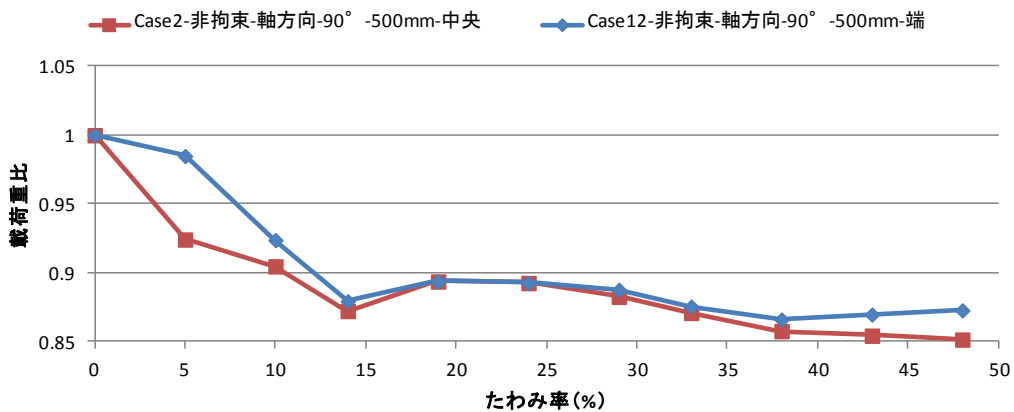


図 3-11 クラック場所との耐荷性の関係 (非拘束条件・軸方向クラック)

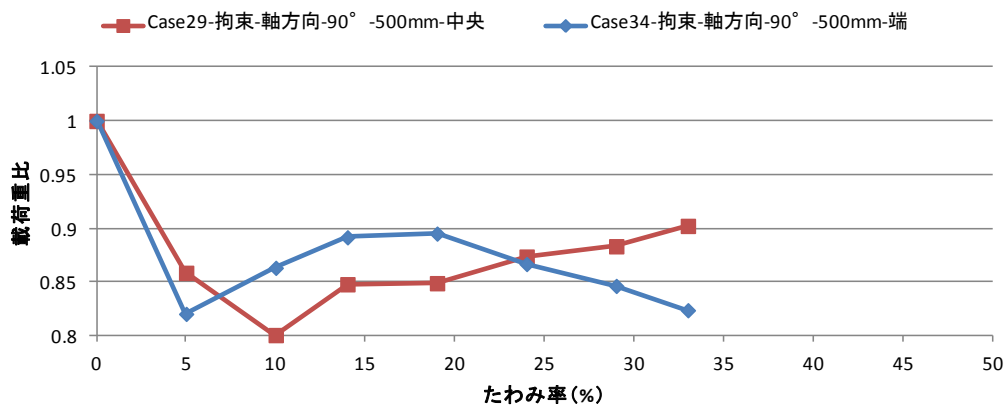


図 3-12 クラック場所と耐荷性の関係（拘束条件・軸方向クラック）

次に、クラック方向による耐荷性の差異を図 3-13 に示す。

縦軸は、各 Case の載荷重の Case1（非拘束-クラックなし）の載荷重に対する比率を表す。

軸方向クラックは、耐荷力が低下する傾向であることがいえるが、円周方向クラックは耐荷性への影響は小さい。

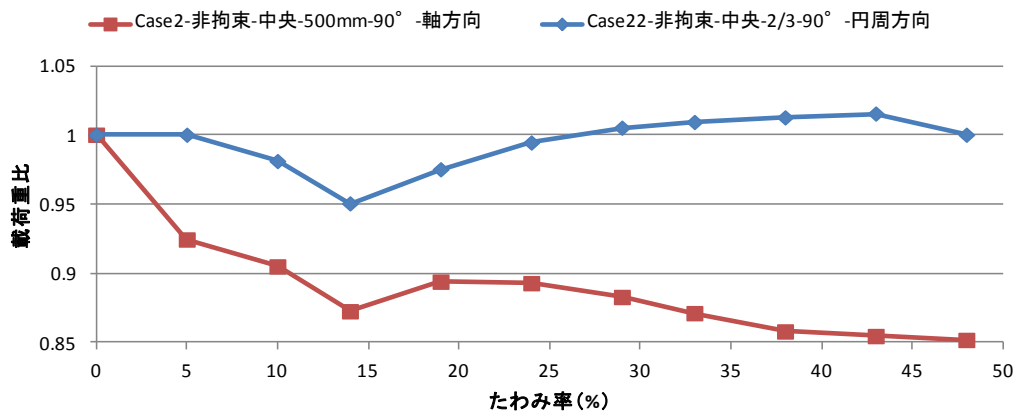


図 3-13 クラック方向と耐荷性の関係（非拘束条件）

次に、円周方向クラックのクラック角度による耐荷性の差異を図 3-14 に示す。

縦軸は、各 Case の載荷重の Case1（非拘束-クラックなし）の載荷重に対する比率を表す。

円周方向クラックにおいては、クラック角度による耐荷性へ与える影響に様な傾向は見られず、また Case1 との差も僅かである。

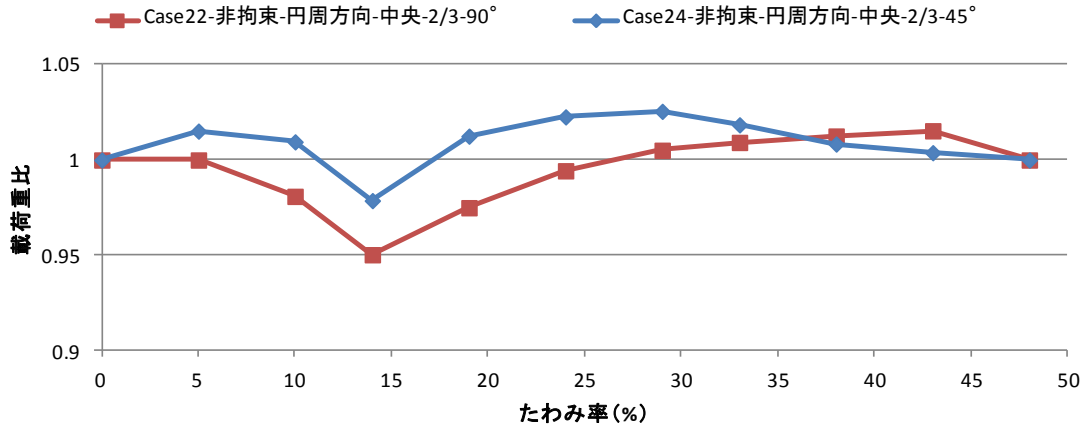


図 3-14 クラック角度と耐荷性の関係（非拘束条件・円周方向クラック）

次に、円周方向クラックのクラック長さによる耐荷性の差異を図 3-15 に示す。

縦軸は、各 Case の載荷重の Case1（非拘束-クラックなし）の載荷重に対する比率を表す。

円周方向クラックにおいては、クラック長さによる耐荷性へ与える影響に様な傾向は見られず、また Case1 との差も僅かである。

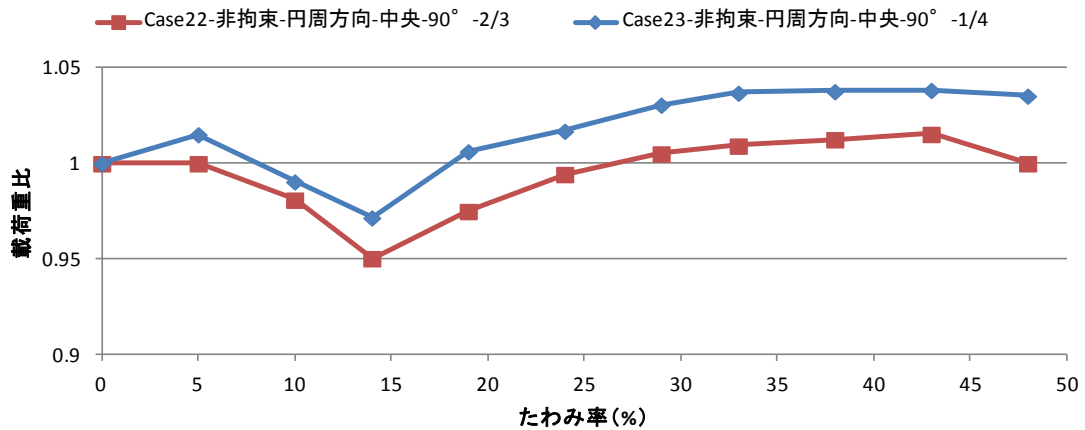


図 3-15 クラック長さと耐荷性の関係（非拘束条件・円周方向クラック）

偏平試験の載荷中に管体の破壊が生じた Case を一覧を表 3-2 に示す。

偏平試験の結果から、クラック方向条件が軸方向の場合、たわみ率が 15% を 超えると管体が破壊に至る事象が拘束・非拘束条件ともに確認された。その他、偏平試験中に管体に生じた視覚情報を表 3-3 にまとめた。

また、管体の破壊時の写真を図 3-20～図 3-21 に示す。

表 3-2 管体が破壊した条件の一覧

Case	側面 拘束条件	クラック				破壊時の たわみ率
		方向	場所	長さ	角度	
12	非拘束	軸方向	端	500 mm	90°	15%
13	非拘束	軸方向	端	300 mm	90°	30%
29	拘束	軸方向	中央	500 mm	90°	15%
30	拘束	軸方向	中央	300 mm	90°	20%
34	拘束	軸方向	端	500 mm	90°	15%
35	拘束	軸方向	端	300 mm	90°	25%
38	拘束	軸方向	端	50mm	45°	35%

以上の結果、軸方向クラックにおいては、拘束条件、クラック角度・長さ・場所の条件の違いによる耐荷性の差異や破壊の発生有無への影響が確認された。しかし、外的影響（周辺工事）等による突発的な軸方向クラック発生条件の確認は困難である。よって、たわみ率 15%以上においては、突発的な軸方向クラックの発生により即座に破壊に至る可能性が示唆される。

円周方向クラックにおいては、図 3-13～図 3-15 より、クラック場所・長さ・角度やたわみ率により耐荷性への差異がほぼ見られないことが分かる。つまり、円周方向クラックは耐荷性に影響が小さいことが確認された。

2) 変形の検討結果

実態調査において、白化かつ本管内径の 1/10 程度の突出しが確認された。変形は、砕石等による一定歪みが管体に生じている状態と想定される。白化の事象は塑性域で生じており、また一定歪み下で応力が発生しているため、応力緩和過程でストレスクラックが発生する可能性があると考えられる。



図 3-16 変形の調査状況

表 3-3 偏平試験中の視覚情報

Case	側面拘束	クラック				偏平量11mm時の結果 (5%偏平時)		偏平量100mm時の結果 (50%偏平時)	
		方向	場所	長さ	角度	荷重(kN)	クラック(外観)の変化	荷重(kN)	クラック(外観)の変化
1	非拘束	なし	なし	なし	なし	6.6	全て変化なし	28.3	側面が白化
2	非拘束	軸方向	中央	500mm	90°	6.1	全てクラックの変化なし	24.1	クラックの両端部より白化、管端部に向かって広がる
3	非拘束	軸方向	中央	300mm	90°	6.6	全てクラックの変化なし	27.0	クラックの両端部より白化、管端部に向かって広がる
4	非拘束	軸方向	中央	100mm	90°	6.6	全てクラックの変化なし	27.9	クラックの両端部より白化、管端部に向かって広がる
5	非拘束	軸方向	中央	50mm	90°	6.8	全てクラックの変化なし	28.6	クラックの両端部より白化、管端部に向かって広がる
6	非拘束	軸方向	中央	300mm	45°	6.5	クラックの中央付近がくぼむ	29.5	クラックの中央付近がくぼむ
7	非拘束	軸方向	中央	100mm	45°	6.5	クラックの変化なし	29.1	クラックの変化なし
8	非拘束	軸方向	中央	50mm	45°	6.6	クラックの変化なし	29.3	クラックの変化なし
9	非拘束	軸方向	中央	300mm	0°	6.2	載荷板に隠れて確認できず	28.6	クラックの中央付近がくぼむ
10	非拘束	軸方向	中央	100mm	0°	6.7	載荷板に隠れて確認できず	29.6	管の内面側に湾曲
11	非拘束	軸方向	中央	50mm	0°	6.6	載荷板に隠れて確認できず	29.7	管の内面側に湾曲
12	非拘束	軸方向	端	500mm	90°	6.5	クラックの変化なし	24.7	載荷の途中で破壊
13	非拘束	軸方向	端	300mm	90°	6.3	クラックの変化なし	26.6	載荷の途中で破壊
14	非拘束	軸方向	端	100mm	90°	6.6	クラックの変化なし	28.2	クラックの端部より白化、管端部に広がる傾向
15	非拘束	軸方向	端	50mm	90°	6.4	クラックの変化なし	27.9	クラックの端部より白化、管端部に広がる傾向
16	非拘束	軸方向	端	300mm	45°	6.4	クラックが管の内側に巻き込むように変形	28.5	クラックが管の内側に巻き込むように変形
17	非拘束	軸方向	端	100mm	45°	6.8	クラックが管の内側に巻き込むように変形	28.8	クラックが管の内側に巻き込むように変形
18	非拘束	軸方向	端	50mm	45°	6.9	クラックの変化なし	29.4	クラックが管の内側に巻き込むように変形
19	非拘束	軸方向	端	300mm	0°	6.0	クラックが管の内側に巻き込むように変形	28.8	管の内面側に湾曲
20	非拘束	軸方向	端	100mm	0°	6.5	クラックの変化なし	28.9	管の内面側に湾曲
21	非拘束	軸方向	端	50mm	0°	6.7	クラックの変化なし	29.3	管の内面側に湾曲
22	非拘束	円周方向	中央	2/3	90°	6.6	クラックの変化なし	28.3	クラックの変化なし
23	非拘束	円周方向	中央	1/4	90°	6.7	クラックの変化なし	29.3	クラックの変化なし
24	非拘束	円周方向	中央	2/3	45°	6.7	クラックの変化なし	28.3	クラックの変化なし
25	非拘束	円周方向	中央	1/4	45°	6.6	クラックの変化なし	28.7	クラックの変化なし
26	非拘束	円周方向	中央	2/3	0°	6.9	クラックの変化なし	28.6	クラックの変化なし
27	非拘束	円周方向	中央	1/4	0°	6.8	クラックの変化なし	28.4	クラックの変化なし
28	拘束	なし	なし	なし	なし	26.2	治具に隠れて確認できず	32.5	側面が白化
29	拘束	軸方向	中央	500mm	90°	22.5	治具に隠れて確認できず	—	載荷の途中で破壊
30	拘束	軸方向	中央	300mm	90°	23.2	治具に隠れて確認できず	—	載荷の途中で破壊
31	拘束	軸方向	中央	100mm	90°	23.9	治具に隠れて確認できず	43.1	クラックが管端部まで拡大
32	拘束	軸方向	中央	50mm	90°	24.7	治具に隠れて確認できず	51.2	クラックの変化なし
33	拘束	軸方向	端	500mm	90°	21.5	治具に隠れて確認できず	—	載荷の途中で破壊
34	拘束	軸方向	端	300mm	90°	22.4	治具に隠れて確認できず	—	載荷の途中で破壊
35	拘束	軸方向	端	100mm	90°	24.3	治具に隠れて確認できず	50.0	クラックの端部が白化、白化の広がりはなし
36	拘束	軸方向	端	50mm	90°	24.6	治具に隠れて確認できず	67.5	クラックの端部が白化、白化の広がりはなし
37	拘束	軸方向	端	50mm	45°	24.7	治具に隠れて確認できず	73.2	載荷の途中で破壊
38	拘束	軸方向	端	50mm	0°	25.3	クラックの変化なし	71.4	外面同士が接触するほど湾曲

<表内のクラックの変化に関する定義について>

- ・巻き込み (図 3-17) : 載荷によりクラック部の管が内側と外側にズレて巻き込む様子。
- ・湾曲 (図 3-18) : 荷重によりクラック面が突き合ったままズレることなく内側に入り込む様子。
- ・くぼみ (図 3-19) : 荷重によりクラックの直角方向にクラック部がくぼむ様子。



図 3-17 巻き込み

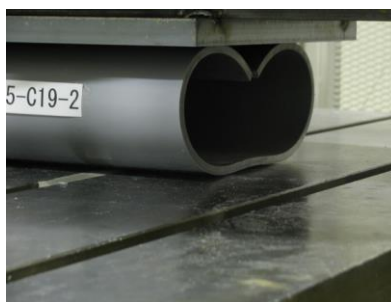


図 3-18 湾曲



図 3-19 くぼみ



Case 12 破壊前



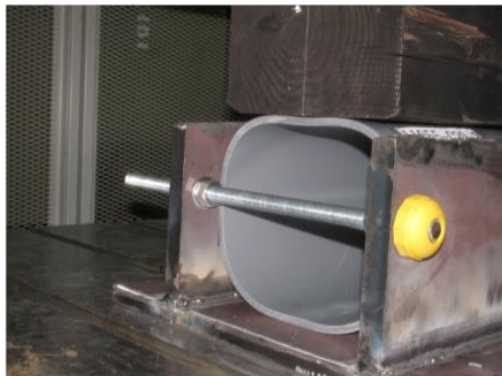
Case 12 破壊後



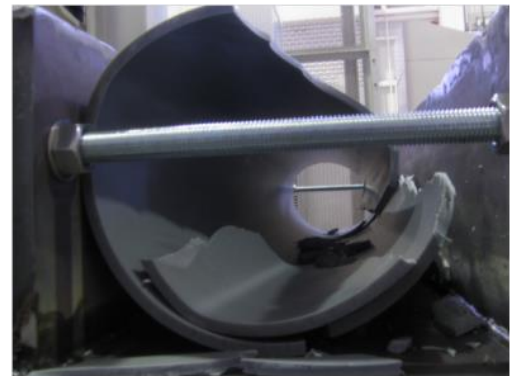
Case 13 破壊前



Case 13 破壊後



Case 29 破壊前



Case 29 破壊後



Case 30 破壊前



Case 30 破壊後

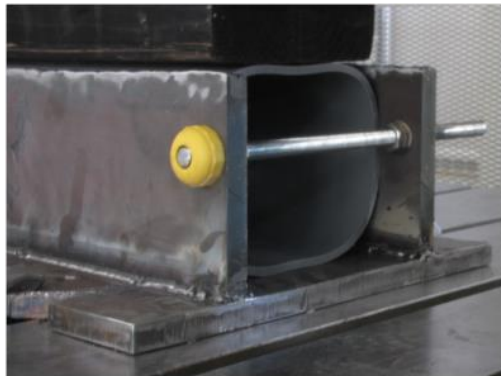
図 3-20 破壊時の写真 (Case12、13、29、30)



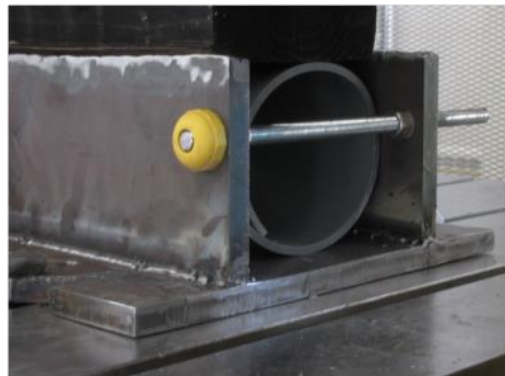
Case 34 破壊前



Case 34 破壊後



Case 35 破壊前



Case 35 破壊後



Case 38 破壊前



Case 38 破壊後

図 3-21 破壊時の写真 (Case34、35、38)

3.2.2. 破損（軸方向クラック）

(1) 検討方法

塩ビ管に発生するたわみ率は、軸方向クラックのランクが大きい程値が大きくなる傾向がある（図2-53）。

このため、軸方向クラックに対する視覚判定基準を策定することを目的とし、二次元非線形静的解析（CAE解析）を用いて、扁平による軸方向クラック幅および発生する歪みの推移を把握し、軸方向クラックの視覚判定基準を検討した。

解析は、たわみ率とクラック深さによる条件設定を行い行った。

(2) 解析内容

1) 使用ソフト

Abaqus (Standard 6.11)

2) 解析種類

2次元非線形解析

3) 解析に使用する用語

① CAE

CAE (computer Aided Engineering) とは、コンピュータ技術を活用しての製品の設計、製造や工程設計の事前検討の支援を行うこと、またはそれを行うツール。代表的な解析の手法として、「有限要素法」、「有限差分法」、「境界要素法」等がある。

② ポアソン比

ポアソン比は、弾性限界内で、例えば引張を加えた時に荷重方向の伸び（歪み%）と、荷重に直角方向の寸法の縮み（歪み%）の比をいう。

③ ヤング率

ヤング率は、弾性範囲で単位歪み当たり、どれだけ応力が必要かの値を決める定数。一方向の引張または圧縮応力の方向に対する歪み量の関係から求めるもので、縦軸に応力、横軸に歪みをとった応力歪み曲線の直線部の傾きに相当する。

④ 公称応力

公称応力とは、引張試験や圧縮試験で、試験片にかかる荷重を試験片の断面積で割った値のこと。荷重による断面積の変化（増減）は、計算上の公称応力では無視される。

⑤ 真応力

真応力とは、かけられた荷重を荷重が作用する実際の断面積で割った値のこと。荷重の変化に伴う断面積の変化も考慮に入れた値。

⑥ 公称歪み

公称歪みとは、引張試験や圧縮試験で、試験片の長さの変化量を変形前の長さで割った値。単位当たりの変化量ということができ、荷重が作用して試験片が変形しても、変形前の長さを基準にしている。

⑦ 真歪み

真歪みとは、基本的には公称歪みと同じように長さの変化分を元の長さで割ったものであるが、公称歪みとは元の長さの基準が異なる。真歪みの場合では、変形の仮定を想定し、長さの変化分をその直前の長さで割ったもの。その時々で計算した歪みを、変形前の長さから変形後の長さまで総和をとることで全体の歪みを求める（変形前の長さから変形後の長さまでを積分して歪みを算出する）。

⑧ 塑性歪み

塑性歪みは、荷重を加えて物質を変形させた後、荷重を完全に取り除いた後に残る歪み（伸び、縮み）のことをいい、永久歪みあるいは残留歪みともいう。

⑨ 破断歪み

破断する直前の材料が耐えうる最大の引張応力を与えたときの歪みをいう。

4) モデル形状

・管径

VU ϕ 200 : 外径 216 mm (実内径 202 mm 管厚 7 mm)

VU ϕ 400 : 外形 420 mm (実内径 394.8 mm 管厚 12.6 mm)

2次元の管断面をモデル化し、管軸方向に十分長いことを想定した平面歪み要素を用いる。管頂の内面に軸方向の非貫通クラックを想定し、後述する対象境界条件により処理する。対称性より右半分のみモデル化を行う。

また、管頂の内面の非貫通クラックの大きさを、クラック深さの管厚に対する割合として複数パターン（0%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%）設定する。

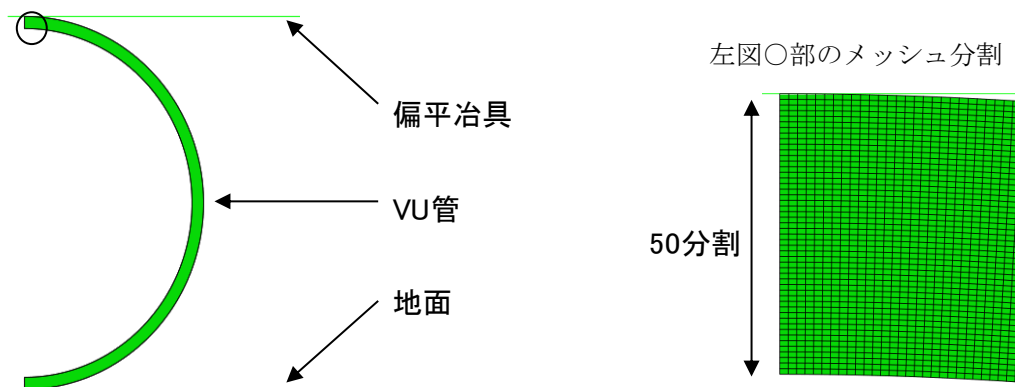


図 3-22 モデルの形状

5) 境界条件

前述の境界条件を表 3-4 に示す。

表 3-4 境界条件

固定条件	地面：完全固定（全方向固定）
	偏平治具：鉛直方向以外を固定
	管の左右対称面：法線方向（左右方向）を固定 ※注）クラック想定部分には境界を設定しない（図 3-23）
载荷条件	偏平治具：鉛直真下方向に強制変位
接触条件	管と地面（摩擦係数 0.1）
	管と偏平治具（摩擦係数 0.1）

※注）クラック想定部分（黄色）：右方向に変形可能
通常部（青色）：左右方向に固定

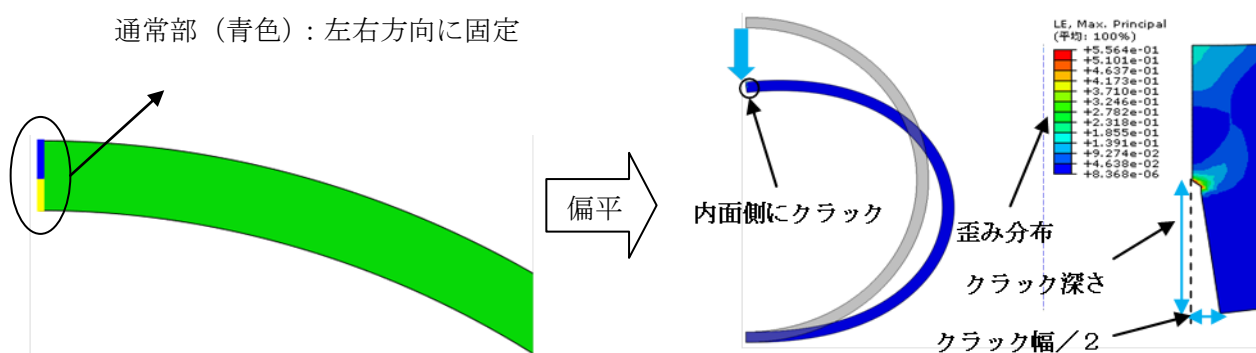


図 3-23 境界条件と解析イメージ

6) 材料物性値の設定

①ポアソン比

塩化ビニル管の一般値 0.38

引用文献：塩化ビニル管・継手協会「水道用硬質ポリ塩化ビニル管 [技術資料] <規格・設計編> P. 50

②ヤング率 (MPa)、引張強度 (MPa) <公称応力>、破断歪み (%) <公称歪み・真歪み>

塩化ビニル管の新管、布設後 10 年経過管、布設後 39 年経過管を採取し、これらの管渠を用いて実施した引張試験結果を使用する。

解析に使用する材料物性値を表 3-5 に示す。

表 3-5 材料物性値

材料	ヤング率 (MPa)	ポアソン比	引張強度 (MPa)		
			公称応力	公称歪み	真歪み
塩化ビニル管 (新管)	2,674.3	0.38	52.0	26.4	23.5
塩化ビニル管 (10 年経過管)	2,618.5	0.38	56.0	18.4	16.9
塩化ビニル管 (39 年経過管)	2,570.9	0.38	53.5	16.2	15.0

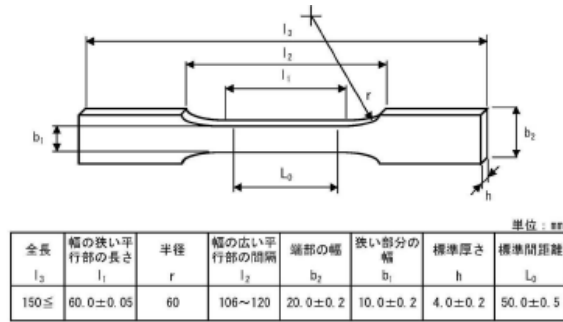
7) 経年管の材料データ抽出

経年管の CAE を用いた解析を行うためには、管材料の応力-歪み曲線（破断までの引張データから算出）およびポアソン比が必要となる。

そのため、経年管を用いた引張試験を行い、材料データの抽出を行う。

① 試験概要

- ・試験ケース：3 ケース（新管、10 年経過管、38 年経過管）
- ・供試体：1 体（新管）、5 体/ケース（経年管）
- ・寸法規格：図 3-24 参照



18形試験片 (JIS K 7162¹⁹⁹⁴に準拠)

図 3-24 寸法規格

② 試験結果

引張試験結果による応力-歪み曲線を、新管、10 年経過管、38 年経過管ごとに示す。

なお、経年管の試験結果の採用値は、新管との違いを明確にするため、管材の応力-歪み曲線から歪みの値が最も小さい曲線を採用した。

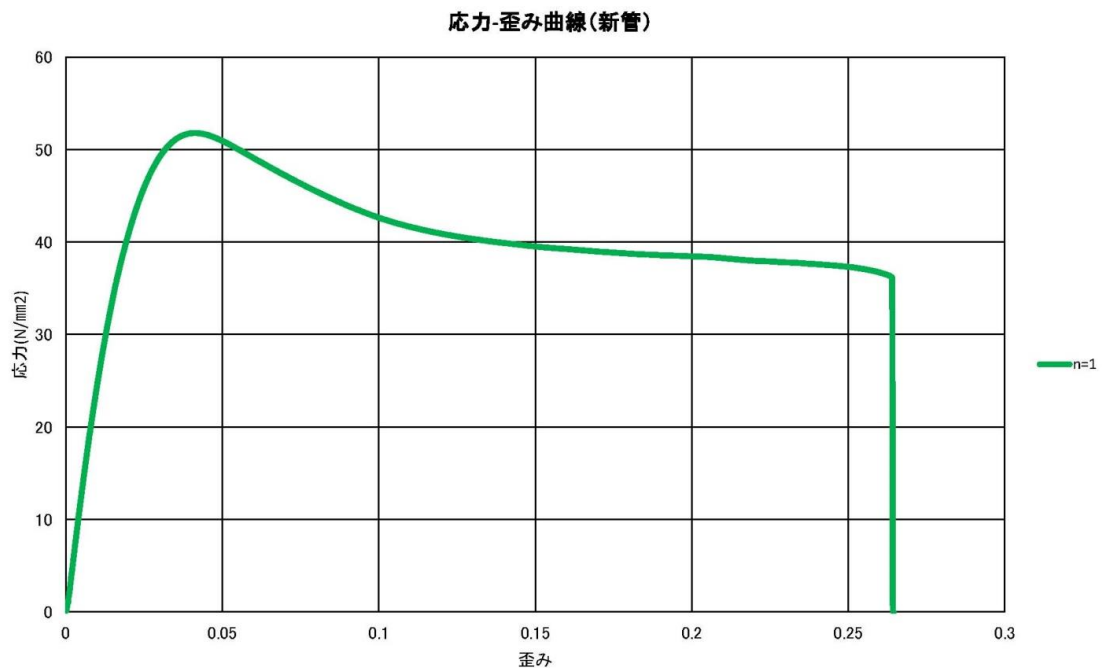


図 3-25 応力-歪み曲線（新管）

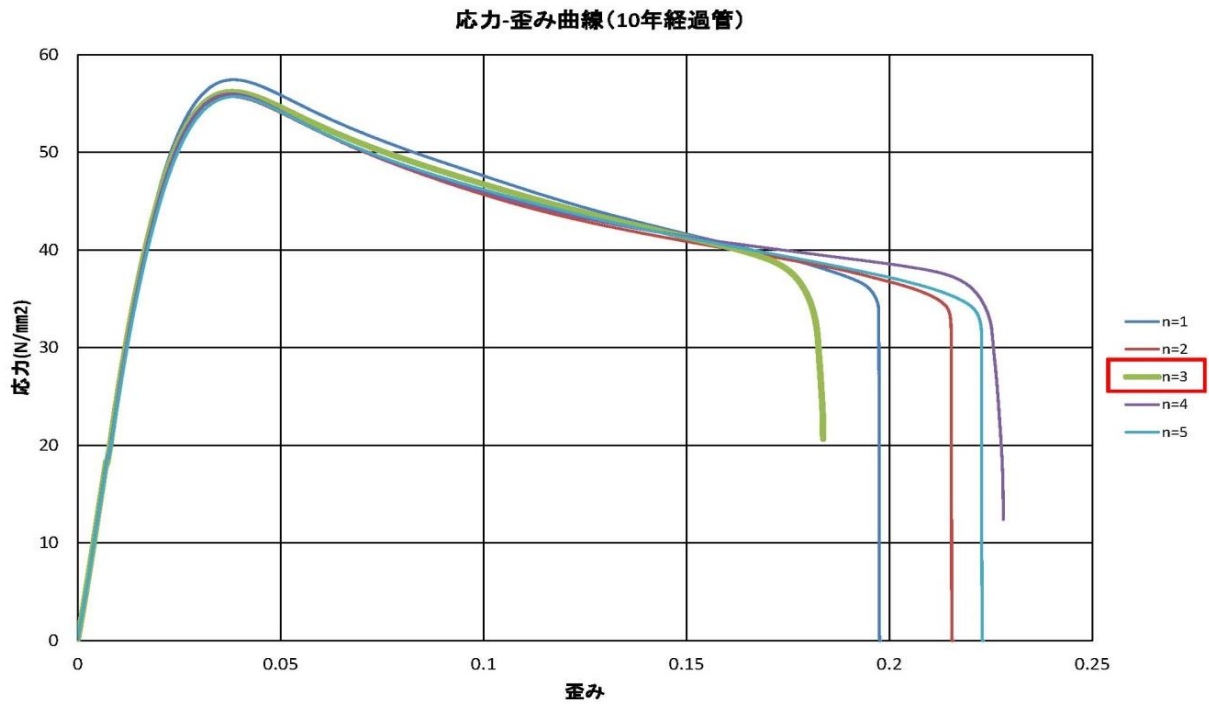


図 3-26 応力-歪み曲線 (10年経過管)

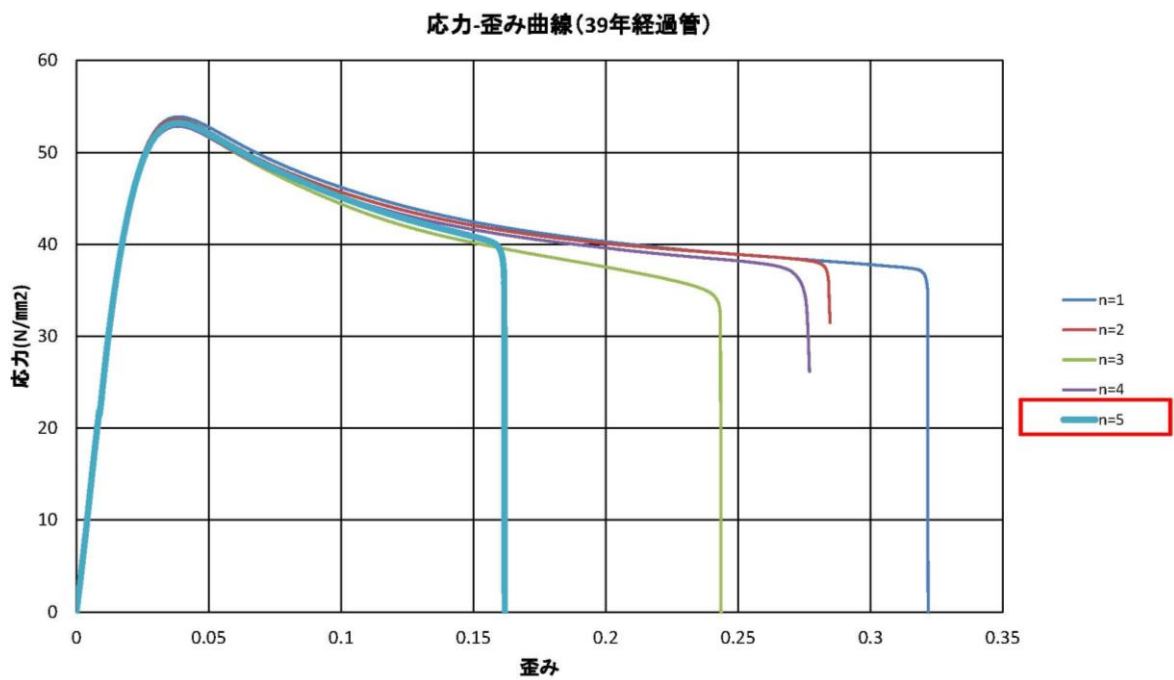


図 3-27 応力-歪み曲線 (39年経過管)

③ 物性値の作成

CAE 解析実施に当たり、前述の応力-歪み曲線データを、解析用物性値データ（表 3-6、表 3-7）に編集した。編集手順を下記に示す。

なお、下記に示す行・列（例：ABC 列）は、表 3-6 に示すエクセルにおける行列名を示している。

【編集手順】

手順 1：応力が増加していない 3～10 行を破棄する（EF 列）。

手順 2：引張強度の 1/3 までのデータで線形式を求める。

$$\text{公称応力 max} / 3 = 52.0 / 3 \approx 17.3 \text{ N/mm}^2$$

手順 3：求めた線形式（近似式）の傾きをヤング率とする（2674.3MPa）。

手順 4：近似式の y 軸方向のズレを 0 に修正する（HI 列）。

手順 5：引張強度以降の応力を引張強度に変更する。

手順 6：HI 列でのグラフに合うように、KL 列を作成する。

手順 7：公称応力-公称歪みの関係であるため、これを真応力-真歪みの関係に変換（NO 列）。

$$\text{真応力} = \text{公称応力} \times (1 + \text{公称歪み})$$

$$\text{真歪み} = \ln(1 + \text{公称歪み})$$

手順 8：真応力-真歪みの関係を、塑性応力-塑性歪みの関係に変換（QRS 列）。

$$\text{塑性歪み} = \text{真歪み} - \text{真応力} / \text{ヤング率}$$

手順 9：この QRS 列のデータを用いて CAE 解析を行う。

表 3-6 解析用物性値データ (その 1)

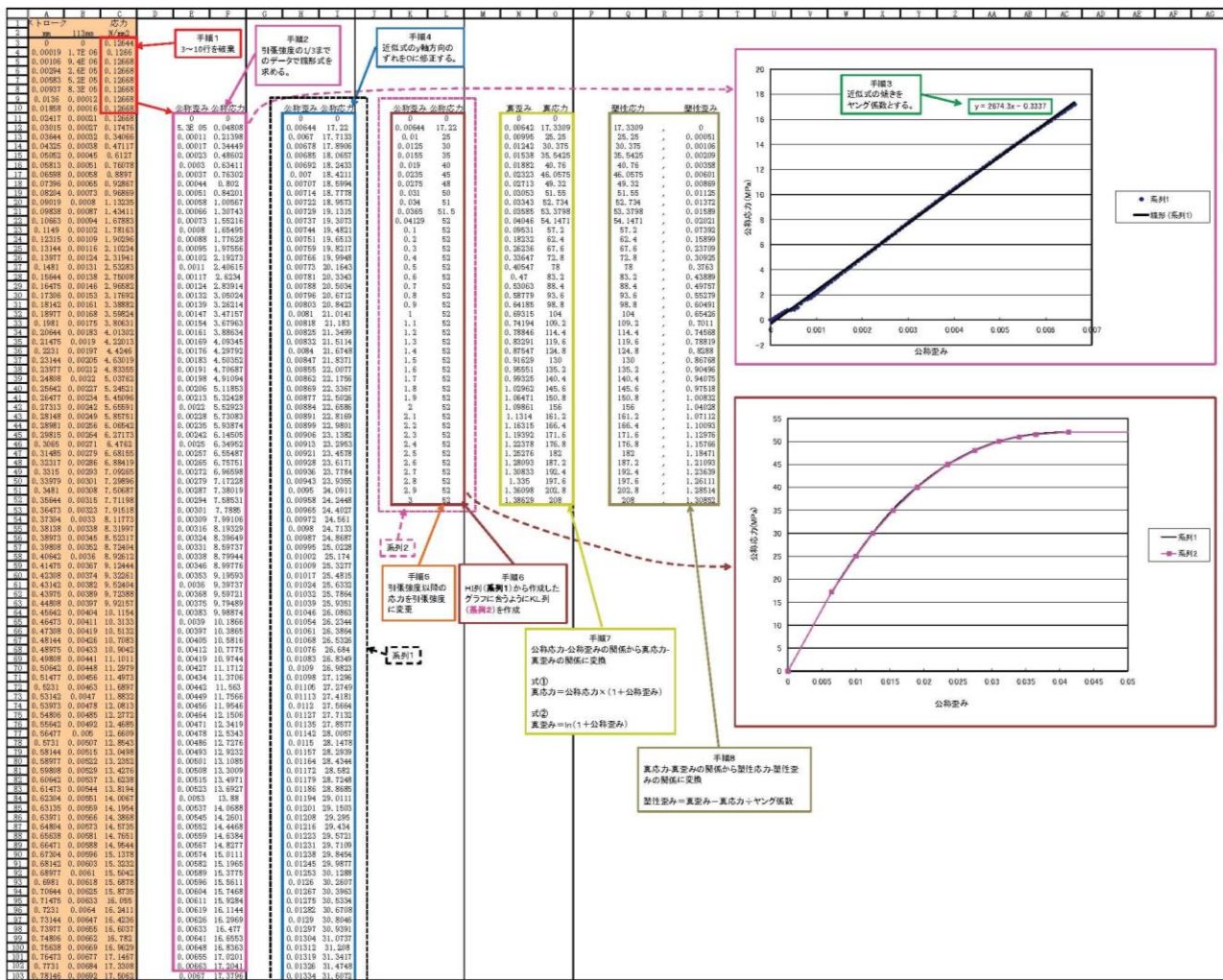


表 3-7 解析用物性値データ（その 2）

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
4115	0.58813	0.03	46.591	0.02978	46.0804	0.03642	61.6336																								
4116	0.5891	0.03007	49.5493	0.02986	46.1196	0.03649	61.6408																								
4117	0.59044	0.03013	46.5281	0.03003	46.1294	0.03657	61.6501																								
4118	0.41477	0.03022	49.3149	0.03001	46.1383	0.03664	61.6647																								
4119	0.4231	0.03028	49.3813	0.03009	46.2049	0.03672	61.6778																								
4120	0.43142	0.03037	49.5911	0.03015	46.2644	0.03679	61.6888																								
4121	0.43976	0.03044	49.4263	0.03023	46.2988	0.03686	61.6998																								
4122	0.44809	0.03051	49.4639	0.03032	46.3377	0.03694	61.7099																								
4123	0.45642	0.03059	49.4982	0.03037	46.3715	0.03701	61.7192																								
4124	0.46475	0.03066	49.5349	0.03046	46.4079	0.03708	61.7313																								
4125	0.47308	0.03074	49.5736	0.03052	46.4469	0.03716	61.7377																								
4126	0.48144	0.03081	49.6149	0.03056	46.4785	0.03723	61.7431																								
4127	0.48977	0.03088	49.6586	0.03061	46.5139	0.03731	61.7503																								
4128	0.49808	0.03096	49.6704	0.03074	46.5437	0.03738	61.7608																								
4129	0.50642	0.03103	49.7069	0.03082	46.5781	0.03745	61.7708																								
4130	0.51475	0.03111	49.7359	0.03089	46.6088	0.03753	61.7843																								
4131	0.52313	0.03119	49.7791	0.03096	46.6434	0.03761	61.7989																								
4132	0.53146	0.03126	49.8204	0.03104	46.6737	0.03767	61.8093																								
4133	0.53979	0.03133	49.8501	0.03111	46.7034	0.03775	61.8136																								
4134	0.54813	0.03141	49.8887	0.03119	46.736	0.03782	61.8213																								
4135	0.55646	0.03147	49.8681	0.03126	46.7714	0.03789	61.83																								
4136	0.56479	0.03155	49.9312	0.03133	46.8046	0.03797	61.8385																								
4137	0.57313	0.03162	49.9637	0.03141	46.8371	0.03804	61.8466																								
4138	0.58146	0.03169	49.9649	0.03148	46.8681	0.03812	61.8531																								
4139	0.58979	0.03177	50.0194	0.03155	46.8977	0.03819	61.8618																								
4140	0.59813	0.03184	50.0489	0.03163	46.9221	0.03826	61.8699																								
4141	0.60646	0.03192	50.0813	0.03171	46.9647	0.03834	61.8778																								
4142	0.61479	0.03199	50.1114	0.03178	46.9849	0.03841	61.8843																								
4143	0.62313	0.03206	50.1427	0.03186	46.9161	0.03849	61.8894																								
4144	0.63146	0.03214	50.1727	0.03192	46.946	0.03856	61.8991																								
4145	0.63979	0.03221	50.1889	0.03199	46.9749	0.03863	61.9096																								
4146	0.64813	0.03228	50.2281	0.03207	46.9995	0.03871	61.9199																								
4147	0.65646	0.03236	50.2641	0.03214	46.9274	0.03878	61.9149																								
4148	0.66479	0.03243	50.2921	0.03222	46.9383	0.03886	61.9179																								
4149	0.67313	0.03251	50.3189	0.03229	46.9491	0.03893	61.925																								
4150	0.68146	0.03258	50.3319	0.03236	46.9595	0.039	61.9346																								
4151	0.68979	0.03265	50.3828	0.03244	46.9736	0.03908	61.9344																								
4152	0.69813	0.03273	50.3885	0.03251	46.9839	0.03915	61.9427																								
4153	0.70646	0.03281	50.4189	0.03259	46.9898	0.03922	61.9486																								
4154	0.71479	0.03287	50.4431	0.03266	46.9165	0.0393	61.9538																								
4155	0.72313	0.03295	50.4722	0.03273	46.9459	0.03937	61.9564																								
4156	0.73146	0.03302	50.494	0.03281	46.9673	0.03945	61.9604																								
4157	0.73979	0.0331	50.5136	0.03288	46.9869	0.03952	61.9637																								
4158	0.74813	0.03317	50.5389	0.03295	46.9131	0.03959	61.9633																								
4159	0.75646	0.03324	50.5688	0.03303	46.9392	0.03967	61.9685																								
4160	0.76479	0.03332	50.6023	0.03311	46.9657	0.03974	61.9746																								
4161	0.77313	0.03339	50.6198	0.03318	46.9892	0.03981	61.9811																								
4162	0.78146	0.03346	50.638	0.03325	46.9114	0.03989	61.9822																								
4163	0.78979	0.03354	50.6697	0.03332	46.9333	0.03996	61.9831																								
4164	0.79813	0.03361	50.6935	0.0334	46.9569	0.04004	61.9841																								
4165	0.80646	0.03369	50.7089	0.03347	46.9791	0.04011	61.9852																								
4166	0.81479	0.03376	50.7287	0.03355	46.902	0.04018	61.9887																								
4167	0.82313	0.03383	50.7584	0.03362	46.9267	0.04026	61.9927																								
4168	0.83146	0.03391	50.7812	0.03369	46.9546	0.04033	61.9907																								
4169	0.83979	0.03398	50.813	0.03377	46.9764	0.0404	61.9927																								
4170	0.84813	0.03405	50.8291	0.03384	46.9981	0.04048	61.9931																								
4171	0.85646	0.03413	50.8424	0.03391	46.9157	0.04055	61.9939																								
4172	0.86479	0.03421	50.8649	0.03398	46.9379	0.04062	61.9953																								
4173	0.87313	0.03427	50.8881	0.03405	46.9614	0.0407	61.9964																								
4174	0.88146	0.03435	50.917	0.03413	46.983	0.04078	61.9964																								
4175	0.88979	0.03442	50.9389	0.03421	46.9049	0.04085	61.9992																								
4176	0.89813	0.03449	50.9591	0.03428	46.9243	0.04092	62.0015																								
4177	0.90646	0.03457	50.9663	0.03436	46.9396	0.0																									

(3) 解析結果および考察

解析結果は、塩化ビニル管に初期にあるクラック深さのクラックが存在するものとし、たわみ率 0% から順に強制的に扁平させ、その際に発生する真歪みおよびクラック幅を算出する。

各管材（新管、10年経過管、38年経過管）および管径（200mm、400mm）の解析結果を表 3-8～表 3-13 に示す。

解析結果表の行はクラック深さ（管厚に対する割合）、列はたわみ率を表している。

各表の上表は、各たわみ率およびクラック長さにおけるクラック幅(mm)、下表は、各たわみ率およびクラック深さにおける真歪み(%)の算出値を示している。

1) 新管

表 3-8 新管（管径 200mm）の解析結果

VU 200	クラック幅(mm)		扁平率(%)					
	クラック 深さ (%)		5	10	20	30	40	50
			0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		10	0.03	0.05	0.12	0.15	0.16	0.16
		20	0.06	0.12	0.25	0.34	0.38	0.41
		30	0.10	0.21	0.44	0.66	0.83	0.96
		40	0.16	0.33	0.78	1.22	1.61	1.92
		50	0.24	0.53	1.32	2.01	2.64	3.22
		60	0.37	0.86	1.99	2.94	3.85	4.71
		70	0.56	1.30	2.73	3.94	5.10	6.22
		80	0.82	1.75	3.46	4.91	6.26	7.59
		90	1.07	2.13	4.07	5.71	7.23	8.71
	真歪み(%)		扁平率(%)					
			5	10	20	30	40	50
		0	0.68	1.36	2.77	3.40	3.68	6.82
		10	1.63	3.63	10.19	13.61	14.21	14.40
		20	2.29	5.60	14.88	22.05	25.56	27.34
		30	2.94	7.74	22.94	38.89	51.17	59.19
		40	3.74	10.26	36.99	63.42	81.13	92.84
		50	4.72	15.18	55.64	81.44	99.89	114.00
		60	5.93	22.81	65.15	88.88	107.70	123.10
		70	7.51	26.40	64.17	86.86	105.10	120.90
		80	8.02	23.30	52.98	74.00	90.16	104.60
		90	6.30	16.44	35.63	50.85	63.51	75.93

 破断歪みの50%以下
 破断歪みの50%以上
 破断歪み以上

表 3-9 新管（管径 400mm）の解析結果

VU 400	クラック幅(mm)		扁平率(%)					
	クラック 深さ (%)		5	10	20	30	40	50
			0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		10	0.04	0.09	0.19	0.25	0.26	0.26
		20	0.10	0.20	0.40	0.55	0.61	0.64
		30	0.16	0.34	0.71	1.05	1.31	1.50
		40	0.26	0.54	1.26	1.99	2.63	3.14
		50	0.41	0.87	2.20	3.39	4.47	5.44
		60	0.62	1.44	3.42	5.08	6.66	8.16
		70	0.97	2.24	4.80	6.95	8.98	10.97
		80	1.44	3.09	6.16	8.77	11.18	13.54
		90	1.91	3.82	7.31	10.29	12.99	15.64
	真歪み(%)		扁平率(%)					
			5	10	20	30	40	50
		0	0.63	1.25	2.52	3.13	3.31	5.76
		10	1.47	3.22	8.72	11.85	12.34	12.49
		20	2.06	4.94	12.90	18.86	21.50	22.74
		30	2.65	6.81	19.08	32.64	42.77	49.50
		40	3.36	8.99	32.51	56.48	73.48	84.32
		50	4.26	12.92	49.55	75.60	92.73	106.40
		60	5.41	19.54	60.64	83.96	101.90	117.20
		70	6.96	24.09	61.03	82.97	100.30	115.80
		80	7.65	22.01	50.44	71.13	86.83	100.50
		90	6.21	16.01	34.96	50.67	63.46	75.58

 破断歪みの50%以下
 破断歪みの50%以上
 破断歪み以上

新管の解析結果から以下のことが言える

- 管径 200mm と 400mm を比較すると、たわみ率およびクラック深さが等しい場合、管径 400mm のクラック幅は 1.6～1.8 倍程度大きい。
- クラック深さが同じ場合、たわみ率が大きい程クラック幅および真歪みは大きくなる。
- たわみ率が同じ場合は、クラック深さが大きい程、クラック幅は大きい。一方、真歪みはクラック深さが 60～80% で最大となり、以降は小さくなる。クラック深さがある値よりも大きくなると、歪み最大値の発生箇所がクラック先端から管頂に移動することにより、クラック先端への歪み集中が低減したものと考える (図 3-28)。

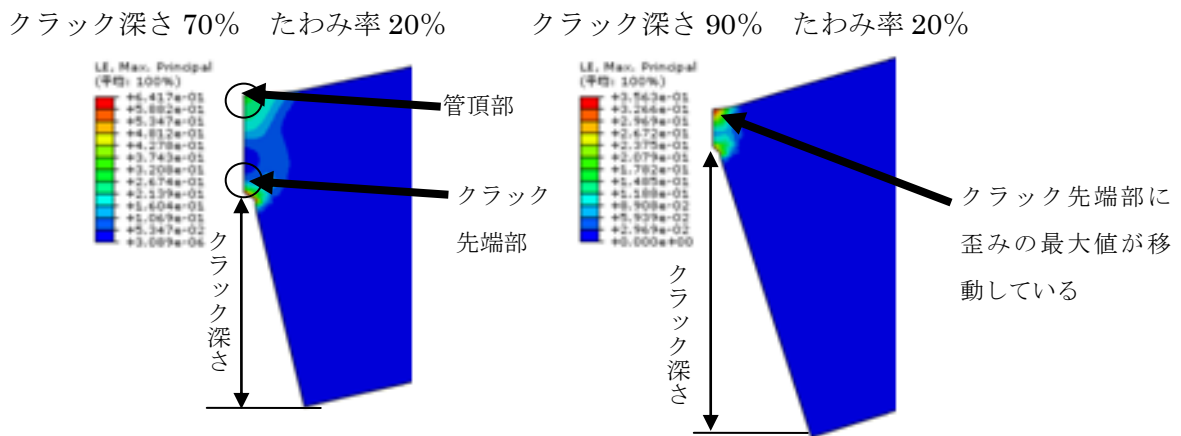


図 3-28 クラック深さと歪みの最大値の発生箇所

2) 経過管

表 3-10 布設後 10 年経過管 (管径 200mm) の解析結果

VU 200	クラック幅(mm)	偏平率(%)					
		5	10	20	30	40	50
		0	10	20	30	40	50
クラック 深さ (%)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.03	0.05	0.12	0.16	0.16	0.17
	20	0.06	0.11	0.24	0.34	0.39	0.42
	30	0.10	0.20	0.42	0.65	0.84	0.97
	40	0.15	0.31	0.73	1.19	1.59	1.91
	50	0.23	0.49	1.25	1.95	2.58	3.15
	60	0.35	0.80	1.93	2.87	3.76	4.59
	70	0.54	1.24	2.69	3.90	5.03	6.12
	80	0.80	1.72	3.44	4.91	6.24	7.53
90	1.06	2.12	4.08	5.74	7.24	8.69	
クラック 深さ (%)	0	0.68	1.32	2.65	3.40	3.61	6.76
	10	1.57	3.39	9.81	14.13	14.88	15.11
	20	2.18	5.18	14.38	22.54	26.66	28.70
	30	2.78	7.08	21.75	38.76	52.06	60.66
	40	3.51	9.19	34.57	62.65	81.21	93.25
	50	4.37	13.14	53.18	80.26	99.06	113.30
	60	5.42	19.40	63.29	87.96	106.80	122.00
	70	6.91	25.09	63.76	86.78	104.80	120.30
	80	7.62	22.83	53.08	74.51	90.50	104.70
90	6.07	16.11	35.45	50.72	63.05	75.08	

 破断歪みの50%以下
 破断歪みの50%以上
 破断歪み以上

表 3-11 布設後 10 年経過管（管径 400mm）の解析結果

VU 400	クラック幅(mm)	偏平率(%)					
		5	10	20	30	40	50
	クラック 深さ (%)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10		0.04	0.09	0.18	0.25	0.26	0.27
20		0.10	0.19	0.39	0.54	0.62	0.65
30		0.16	0.32	0.68	1.03	1.31	1.50
40		0.26	0.49	1.18	1.93	2.58	3.11
50		0.40	0.81	2.07	3.27	4.35	5.30
60		0.60	1.34	3.29	4.94	6.49	7.94
70		0.93	2.14	4.70	6.85	8.85	10.76
80		1.40	3.03	6.12	8.76	11.13	13.40
90		1.90	3.80	7.32	10.34	13.01	15.61
真歪み(%)	偏平率(%)						
	5	10	20	30	40	50	
クラック 深さ (%)	0	0.63	1.22	2.41	3.13	3.23	5.75
	10	1.43	3.00	8.31	12.23	12.86	13.05
	20	1.97	4.57	12.35	19.14	22.26	23.68
	30	2.51	6.23	17.88	32.30	43.31	50.55
	40	3.16	8.10	29.91	55.13	73.06	84.37
	50	3.97	11.22	46.59	74.04	91.69	105.50
	60	4.96	17.16	58.65	82.77	100.70	115.70
	70	6.38	22.62	60.40	82.77	99.94	115.10
	80	7.24	21.53	50.41	71.55	87.10	100.60
	90	5.98	15.66	34.72	50.59	63.05	74.77

 破断歪みの50%以下
 破断歪みの50%以上
 破断歪み以上

表 3-12 布設後 39 年経過管（管径 200mm）の解析結果

VU 200	クラック幅(mm)	偏平率(%)					
		5	10	20	30	40	50
	クラック 深さ (%)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10		0.03	0.05	0.12	0.16	0.16	0.17
20		0.06	0.11	0.24	0.34	0.40	0.42
30		0.10	0.20	0.43	0.67	0.86	0.99
40		0.15	0.31	0.75	1.22	1.62	1.94
50		0.24	0.50	1.28	1.98	2.62	3.19
60		0.36	0.81	1.95	2.90	3.79	4.63
70		0.54	1.26	2.71	3.92	5.05	6.15
80		0.80	1.73	3.45	4.91	6.25	7.55
90		1.06	2.13	4.08	5.74	7.24	8.70
真歪み(%)	偏平率(%)						
	5	10	20	30	40	50	
クラック 深さ (%)	0	0.68	1.33	2.68	3.40	3.66	6.89
	10	1.58	3.44	10.08	14.22	14.91	15.13
	20	2.20	5.27	14.74	22.96	27.03	29.07
	30	2.82	7.22	22.54	39.98	53.41	62.06
	40	3.56	9.44	35.93	64.03	82.39	94.45
	50	4.44	13.69	54.42	81.16	99.89	114.10
	60	5.54	20.20	64.01	88.53	107.30	122.50
	70	7.06	25.59	64.13	87.03	105.10	120.60
	80	7.74	23.04	53.18	74.47	90.49	104.70
	90	6.17	16.27	35.61	50.84	63.25	75.37

 破断歪みの50%以下
 破断歪みの50%以上
 破断歪み以上

表 3-13 布設後 39 年経過管（管径 400mm）の解析結果

VU 400	クラック幅(mm)	偏平率(%)					
		5	10	20	30	40	50
	クラック 深さ (%)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.04	0.09	0.19	0.25	0.26	0.27	
20	0.10	0.19	0.39	0.55	0.62	0.66	
30	0.16	0.33	0.69	1.06	1.34	1.54	
40	0.26	0.52	1.21	1.97	2.64	3.17	
50	0.40	0.82	2.11	3.32	4.41	5.38	
60	0.61	1.36	3.34	5.00	6.55	8.02	
70	0.94	2.17	4.73	6.90	8.90	10.83	
80	1.41	3.05	6.14	8.77	11.16	13.46	
90	1.90	3.81	7.33	10.34	13.01	15.62	
真歪み(%)	クラック 深さ (%)	偏平率(%)					
		5	10	20	30	40	50
0	0.63	1.22	2.42	3.13	3.27	5.83	
10	1.43	3.05	8.53	12.35	12.95	13.12	
20	1.99	4.65	12.65	19.52	22.64	24.07	
30	2.54	6.36	18.51	33.42	44.66	52.06	
40	3.21	8.29	31.17	56.68	74.42	85.72	
50	4.03	11.66	47.73	74.90	92.49	106.30	
60	5.06	17.89	59.52	83.40	101.40	116.40	
70	6.53	23.18	60.78	83.04	100.20	115.40	
80	7.37	21.73	50.53	71.56	87.12	100.60	
90	6.08	15.81	34.89	50.73	63.26	75.08	

 破断歪みの50%以下
 破断歪みの50%以上
 破断歪み以上

材料の経年変化に対する影響については、以下のことが言える。

- ・新管および掘り起こし採取した布設後経過管の材料データを比較すると、ヤング率や引張強度とも相違が少ない。そのため、解析により算出された管体に発生する歪みやクラック幅は材料による差異は少なく、材料の経年変化の影響は小さい。
- ・新管および掘り起こし採取した布設後経過管の材料データを比較すると、破断歪みは経過年数とともに小さくなる傾向にある。そのため、表の赤枠の領域に差異が現れ、経過年数が大きい材料ほど、小さいたわみ率または小さいクラック深さにおいて、破断歪みに至る。
- ・たわみ率 5% を超えると、クラック深さ 60% 以上の非貫通クラックに発生する歪みは、破断歪みに達しする。そのため、非貫通クラックが貫通クラックに進行する可能性がある。その際のクラック幅は 1mm 未満である。

以上より、新管と経過管ともに軸方向クラック幅が 1mm 未満において破断歪みに達している可能性はある。

しかしながら、現状の TV カメラ調査等の視覚調査技術においては、クラック深さを正確に計測することや、1mm 未満のクラック幅を正確に計測することは困難である。

そのため、クラック深さやクラック幅の規定値を定めたとしても、正確に計測を行い異常程度の判定をすることは、困難であると考ええる。

3.2.3. 継手ズレ

(1) 検討方法

塩化ビニル管と鉄筋コンクリート管・陶管では、図 3-29 に示すように継手の構造が異なるため、一様な基準を適用することは不適當である。また、管種だけでなく、管径によっても継手の受け口寸法が異なる。ここでは、継手の抜き出し量に伴う水密性に着目して検討する。

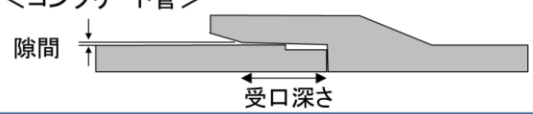

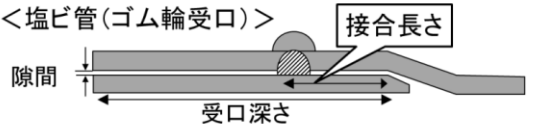
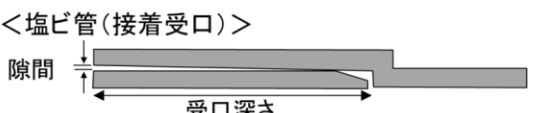
<p><コンクリート管></p>  <p>隙間 受口深さ</p>	<p>φ150 B形</p> <p>受口深さ : 65mm 隙間 : 2mm</p>
<p><陶管></p>  <p>隙間 受口深さ</p>	<p>φ150</p> <p>受口深さ : 60mm 隙間 : 17mm</p>
<p><塩ビ管(ゴム輪受口)></p>  <p>隙間 受口深さ 接合長さ</p>	<p>φ150</p> <p>受口深さ : 165mm 接合長さ : 53mm 隙間 : 0.45mm</p>
<p><塩ビ管(接着受口)></p>  <p>隙間 受口深さ</p>	<p>φ150</p> <p>受口深さ : 80mm 隙間 : 0.7mm</p>

図 3-29 管種別における継手構造

(2) 検討結果

塩化ビニル管の継手の抜き出しによる水密性は、採用実績の多いゴム輪受け口を基本に考える。

ゴム輪受け口タイプの塩化ビニル管の水密性は、ゴム輪による止水機能に依存しており、接合長さによって決まる。

「下水道施設耐震計算例—管路施設編—前編（(社)日本下水道協会）」では、レベル1地震動の使用限界状態とレベル2地震動の終局限界状態の抜け出し量が規定されている（表 3-14）。

抜け出し量が多いほど接合長さが短くなり水密性が低下する。

したがって、継手ズレは抜け出し量を基準に判定ランクの設定が必要と考える。

表 3-14 塩化ビニル管継手の使用限界・終局限界の抜け出し量

管径	JSWAS K-1 JSWAS K-7		JSWAS K-13	
	使用限界	終局限界	使用限界	終局限界
φ 150	26mm	53mm	30mm	61mm
φ 200	27mm	54mm	30mm	61mm
φ 250	28mm	57mm	34mm	69mm
φ 300	31mm	62mm	38mm	77mm
φ 350	33mm	67mm	38mm	77mm
φ 400	36mm	72mm	51mm	103mm
φ 450	38mm	77mm	51mm	103mm
φ 500	41mm	82mm	51mm	103mm
φ 600	46mm	93mm	—	—

3.2.4. 取付管

前章で述べた通り、破損・クラックは取付管接続付近で発生する傾向がある。そこで、本節において、取付管穿孔の下水道本管強度への影響を把握する。

(1) 検討方法

1) 試験概要

試験方法は、日本下水道協会規格「JSWAS K-1 下水道用硬質塩化ビニル管」の偏平試験方法に準じて試験を実施し、線荷重（管の単位長さ当たりの偏平荷重）を測定した。

塩化ビニル管への取付管の設置は、図 3-30 に示す 5 ケース（ブランク含む）とし、供試体は各ケース 3 体とした。載荷位置は、図 3-31 に示す 3 パターンの載荷位置と取付管の位置関係とする。また、取付管 2 箇所設置のケースは、図 3-32 のような配置とする。

下水道用硬質塩化ビニル管との比較のため、下水道用鉄筋コンクリート管についても「JSWAS A-1 下水道用鉄筋コンクリート管」の外圧試験方法に準じ、試験を実施した。

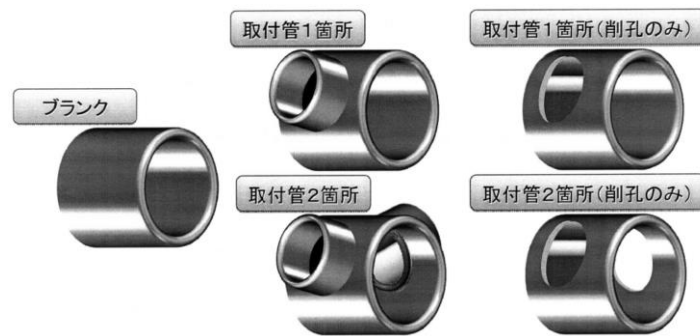


図 3-30 実験ケース

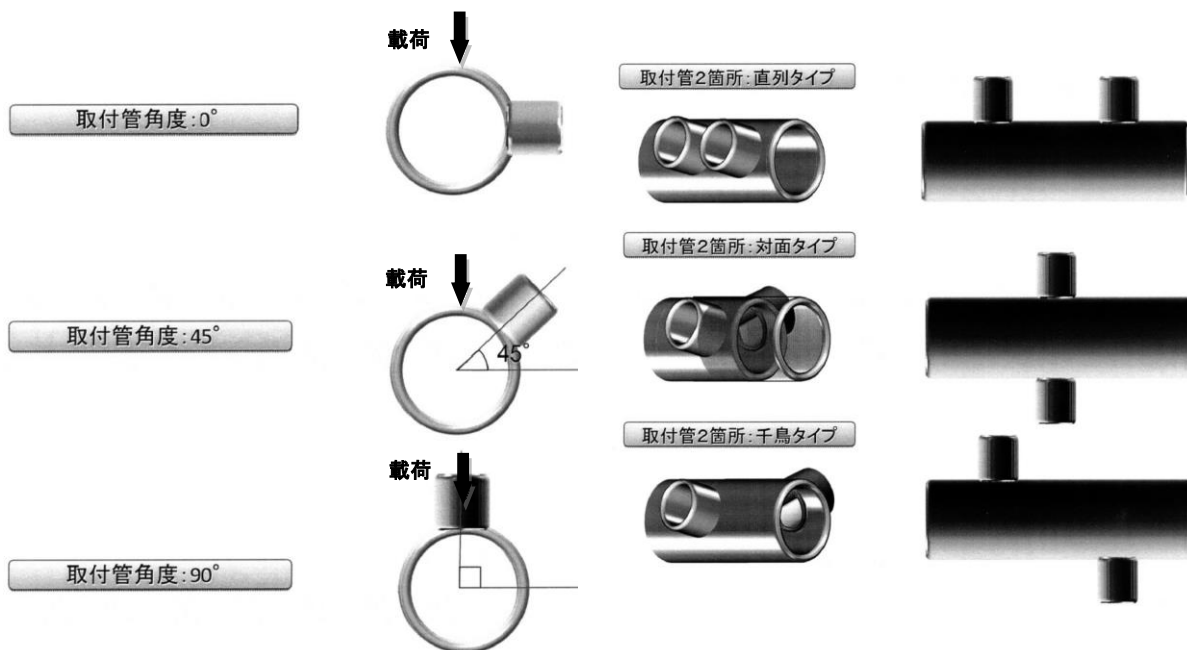


図 3-31 載荷位置

図 3-32 取付管 2 箇所の配置

2) 供試体概要

供試体の規格、供試験体作成過程、穿孔間隔および供試体数量一覧を示す。

① 管および支管の規格・仕様

- ・硬質塩化ビニル管：VUφ150
- ・硬質塩化ビニル製支管：SVRφ150×100（但し、载荷を阻害しないようくら部のみ使用する）
※管、支管ともに JSWAS K-1 下水道用硬質塩化ビニル管 規格品
- ・鉄筋コンクリート管：B型1種管φ250 有効長1000mm
※JSWAS A-1 下水道用鉄筋コンクリート管 規格品

② 供試体製作過程

- ・硬質塩化ビニル管：

メーカーより購入した硬質塩化ビニル管（以下、塩化ビニル管という）を所定長さに切断後に、ホルソーにて塩化ビニル管用φ100の孔を穿孔する。支管（くら部のみ、図3-34）にエポキシ樹脂系支管接合剤を塗布後に管に取り付け、番線にて支管2箇所を締上げて固定、常温にて24時間以上静置養生する（図3-36）。試験時に载荷の障害となる番線を、養生後に除去する。また、取付管角度が45度（直列・千鳥形式）で载荷する供試体は、支管の一部が载荷の障害となるため、これを切り欠くものとする（図3-37）。



図 3-33 塩化ビニル管 VU150（穿孔後）



図 3-34 支管くらぶ（φ150mm×100mm）



図 3-35 支管へのエポキシ樹脂接合剤塗布



図 3-36 番線による支管の固定



図 3-37 取付管角度 45 度位置での載荷を行う供試体の加工

- ・鉄筋コンクリート管：メーカー工場にて穿孔加工したものを購入し使用した。

③ 穿孔間隔

支管の千鳥配置または直列配置で管に 2 箇所穿孔を行う場合は、供試体管軸方向の中心と削孔部中心を合わせ、削孔間隔を 700mm とした。

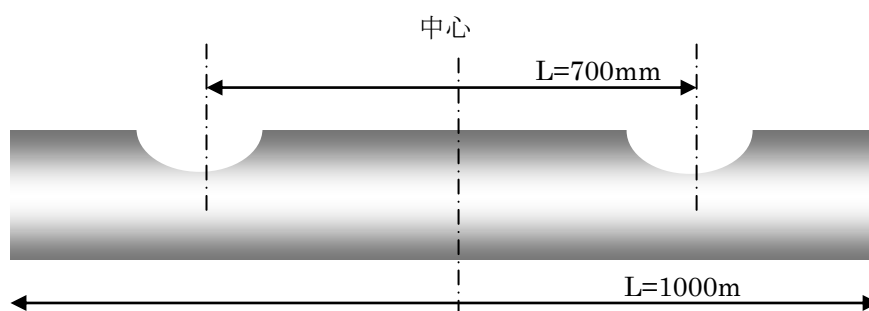


図 3-38 穿孔位置

④ 試験ケースおよび供試体数量

本試験における検討ケースおよび供試体数量を表 3-15 に示す。

表 3-15 検討ケースおよび供試体数量

	供試体名	供試体長さ	本管		取付管			支管設置形式	試験数量	
			管種	呼び径	呼び径	角度	個数			支管配置形式
塩ビ管	ブランク150	500mm	VU	150	—	—	—	—	—	3
	15-10-0-1-0	500mm			100	0°	1	—	せん孔のみ	3
	15-10-45-1-0	500mm				45°	1	—	せん孔のみ	3
	15-10-90-1-0	500mm				90°	1	—	せん孔のみ	3
	15-10-0-1-1	500mm			100	0°	1	—	支管接合	3
	15-10-45-1-1	500mm				45°	1	—	支管接合	3
	15-10-90-1-1	500mm				90°	1	—	支管接合	3
	15-10-0-2-0	1,000mm			100	0°	2	対面	せん孔のみ	3
	15-10-0-2-0	1,000mm				0°	2	千鳥	せん孔のみ	3
	15-10-0-2-0	1,000mm				0°	2	直列	せん孔のみ	3
	15-10-45-2-0	1,000mm			100	45°	2	千鳥	せん孔のみ	3
	15-10-45-2-0	1,000mm				45°	2	直列	せん孔のみ	3
	15-10-90-2-0	1,000mm				90°	2	直列	せん孔のみ	3
	15-10-0-2-1	1,000mm			100	0°	2	対面	支管接合	3
	15-10-0-2-1	1,000mm				0°	2	千鳥	支管接合	3
	15-10-0-2-1	1,000mm				0°	2	直列	支管接合	3
	15-10-45-2-1	1,000mm			100	45°	2	千鳥	支管接合	3
	15-10-45-2-1	1,000mm				45°	2	直列	支管接合	3
	15-10-90-2-1	1,000mm				90°	2	直列	支管接合	3
	合計									57
HP	ブランク250	1,000mm	HP	250	—	—	—	—	—	3
	25-10-0-1-0	1,000mm			100	0°	1	—	せん孔のみ	3
	25-10-45-1-0	1,000mm				45°	1	—	せん孔のみ	3
	25-10-90-1-0	1,000mm				90°	1	—	せん孔のみ	3
	合計									12

※表中の HP とは鉄筋コンクリート管を示す

3) 試験設備

① 塩化ビニル管試験用

テンシロン圧縮試験機 UCT-10T (能力 100kN) を使用し、上部載荷板に幅 50mm×長さ 1050mm のH鋼を固定し、下部に支持台としてH鋼を設けたものを試験装置とする (図 3-39)。

② 鉄筋コンクリート管試験用

圧縮能力確保および供試体飛散時の安全確保のために、塩化ビニル管用と異なるテンシロン圧縮試験機 (能力 300kN) を使用する。塩化ビニル管用と同様に幅 50mm×長さ 1050mm のH鋼を上部載荷板に固定したもの試験装置とする (図 3-40)。

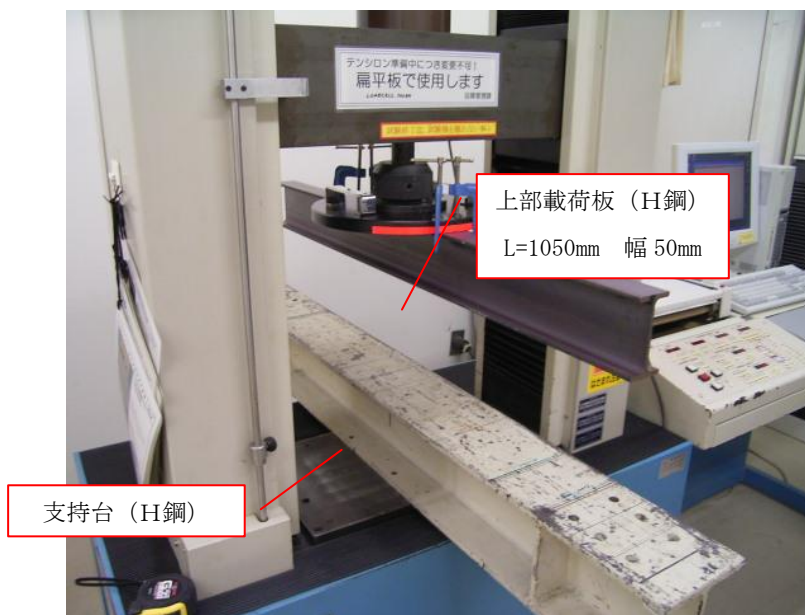


図 3-39 塩化ビニル管に使用する、テンシロン圧縮試験機 (100 k N)



図 3-40 鉄筋コンクリート管に使用する、テンシロン圧縮試験機 (300 k N)

4) 試験方法

試験方法は、日本下水道協会規格「JSWAS K-1-2010 下水道用硬質塩化ビニル管」の偏平試験方法および「JSWAS A-1-2003 下水道用鉄筋コンクリート管」の外圧試験に準じる。

塩化ビニル管の偏平圧縮量については JSWAS K-1 に準拠し、呼び径 150 : 8mm とする。供試体の上下のH鋼の間隔の初期状態（供試体をセットした状態を示す。後述）から 8mm 圧縮された状態を偏平圧縮量 8mm とする。なお、支管（くら部のみ）を設置した供試体についても同様に扱うものとする。

※塩化ビニル管の試験載荷時の留意点

支管を 2 箇所配置している供試体は、支管くら部での外径が供試体毎に異なる。これは、塩化ビニル管と支管くら部の間に充填する接合剤の厚さを供試体毎に一樣にするのが困難なためである。そのため、支管くら部の外径に載荷板（上部H鋼）が接する圧縮載荷の開始の際に、ひとつの供試体の 2 箇所の支管のうち 1 箇所のみが載荷板と接触する状態が生じる場合がある。

そのため、本試験では 2 箇所の支管に載荷板が接触する位置までわずかに載荷し、この状態を基準（初期状態）として、これより圧縮変位 8mm の荷重を測るものとする。

一方、鉄筋コンクリート管の試験方法は JSWAS A-1 に準拠するが、荷重測定については、図 3-41 に示す鉄筋コンクリート管の圧縮試験時の荷重－変位曲線における、荷重の変化点Aの荷重を測定する。載荷速度は試験開始時より一定速度の 1mm/min とした。なお、各試験条件について 3 体ずつ試験を行い、測定結果の平均値を整理する。

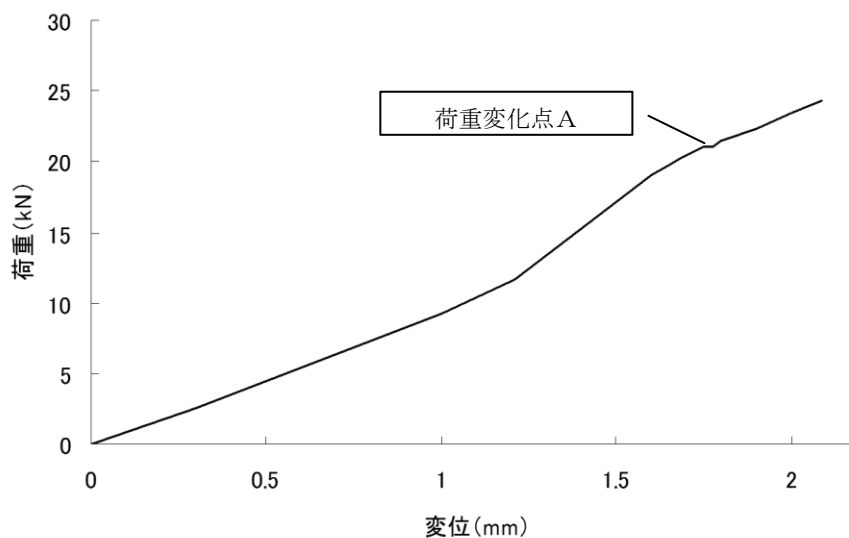


図 3-41 鉄筋コンクリート管の圧縮偏平試験 荷重－変位曲線（モデル）

(2) 検討結果及び考察

1) 塩化ビニル管試験結果

塩化ビニル管の試験結果を表 3-16～表 3-18 に示し、条件毎の平均値のみをまとめたグラフを図 3-42 に示す。

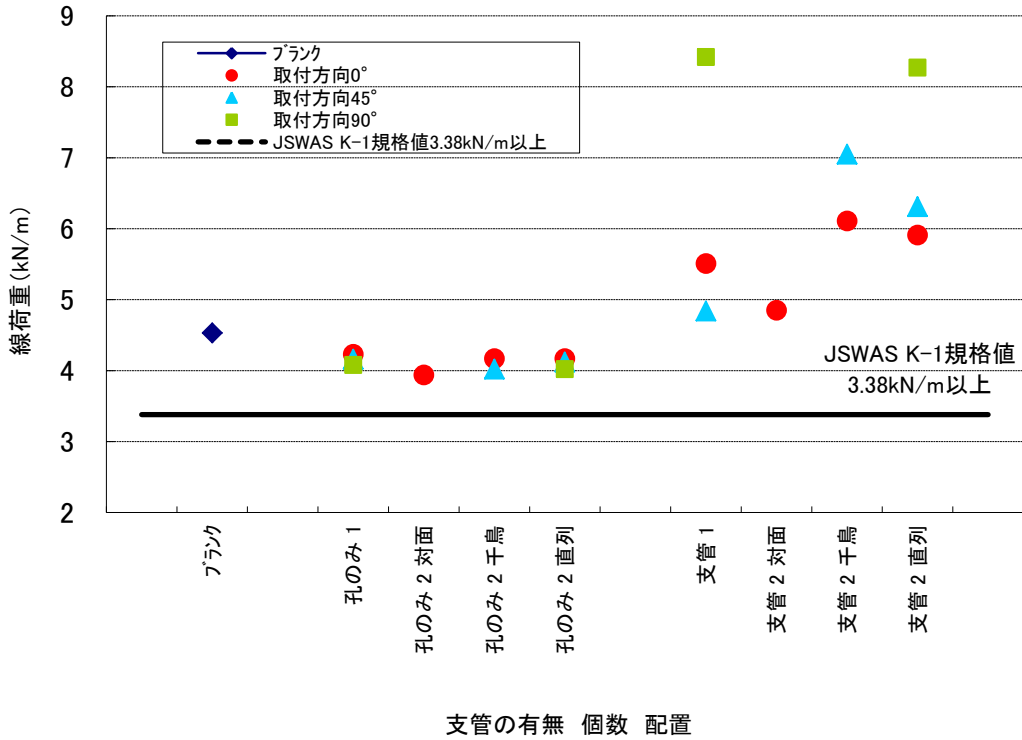


図 3-42 塩化ビニル管 試験結果

① ブランクと取付管 1 箇所の供試体試験結果の比較

穿孔 1 箇所のみ供試体の線荷重値は、載荷角度 0° ～90° の範疇では、ブランクの値に対し 90.1% ～93.4% となり、穿孔による扁平強度低下がみられる。載荷角度による差異はわずかであるが、各載荷角度条件での各 3 つずつのデータのバラツキを考慮すると、図 3-43 に示すように 0°、45°、90° の順で強度低下がみられる。

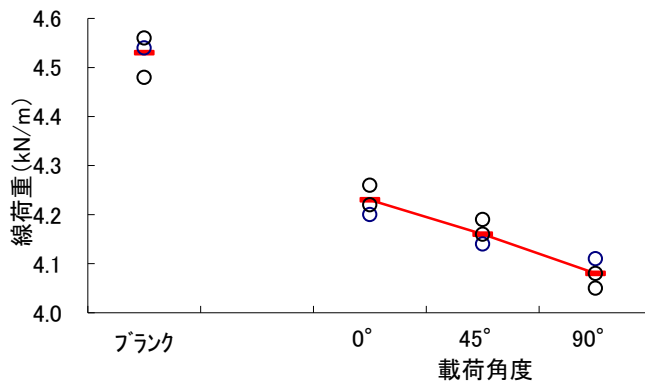


図 3-43 穿孔のみの 試験結果 (○は n=3 個々のデータ、赤線は平均値)

支管1箇所接合した供試体の線荷重値は、載荷角度 0° ～ 90° の範囲では、ブランクの値に対し106.8% (45°)～185.9% (90°)となり、支管設置による偏平強度上昇がみられる。載荷角度による差異は大きく、各載荷角度条件での各3つずつのデータのバラツキを考慮しても、図3-44に示すように顕著に差異がみられる。

穿孔のみと異なり、載荷角度 90° 、 0° 、 45° の順で強度低下がみられる。支管設置により事実上VU150の管厚が増加したことによる偏平強度上昇であるが、載荷位置と管厚増加部の位置関係による供試体の剛性による差異と、 45° 供試体の一部を切欠いて載荷していることによる載荷方法の差異とも考えられる。

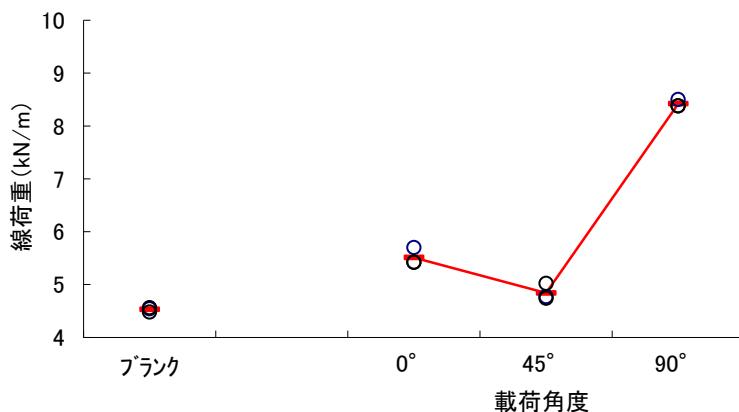


図 3-44 支管 1 箇所設置 試験結果 (○は個々のデータ、赤線は平均値)

② 取付管 2 箇所と取付管 1 箇所の供試体試験結果の比較

載荷角度 0° での穿孔のみ2箇所(対面・千鳥・直列配置)と穿孔のみ1箇所の供試体の線荷重値を比較する。

穿孔のみ2箇所の千鳥配置と直列配置は、穿孔のみ1箇所の供試体の形状と管の長さ方向に相似であるため、1m当たりの線荷重値はほぼ同等の結果と予測され、結果としても、(穿孔のみ1箇所:4.23kN/m)および(穿孔のみ2箇所 千鳥配置・直列配置:4.17kN/m)であった。

穿孔のみ2箇所の対面配置である供試体では3.94kN/mの結果であり、長さ方向に分散して2箇所配置がある千鳥や直列と比較して、局所的に弱い構造部となり低い偏平強度なっていると考えられる。

穿孔のみ2箇所の供試体の載荷角度 45° および 90° の結果を、穿孔のみ1箇所の供試体の結果と比較する。穿孔のみ2箇所の結果は、

45° : 4.16kN/m (45° 穿孔1箇所) > 4.12kN/m (45° 直列) > 4.02kN/m (45° 千鳥)

90° : 4.08kN/m (90° 穿孔1箇所) > 4.02kN/m (90° 直列)

であり、載荷角度 0° の結果と同様に穿孔1箇所と2箇所の大差はない。

支管を設置した供試体の結果では、支管1箇所の結果と同様に載荷角度 90° での結果が最も高く8.27kN/mとなっているが、 0° の結果(6.11kN/m(千鳥)および5.90kN/m(直列))と、 45° の結果(7.05kN/m(千鳥)および6.31kN/m(直列))が支管1箇所の結果と異なる。これも 45° 供試体の一部を切欠いて載荷していることによる載荷条件の差異とも考えられ、本試験全般に載荷角度 45° の試験結果の取り扱いに留意が必要と考える。

2) 鉄筋コンクリート管試験結果

鉄筋コンクリート管の試験結果を表 3-19 に示し、条件毎の平均値をまとめたグラフを図 3-45、図 3-46 に示す。

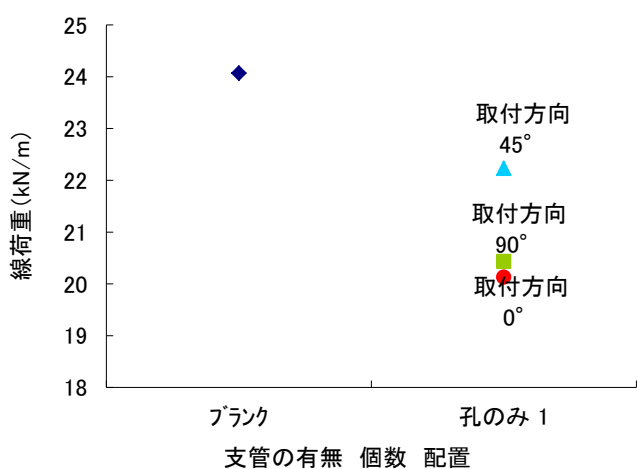


図 3-45 鉄筋コンクリート管 試験結果

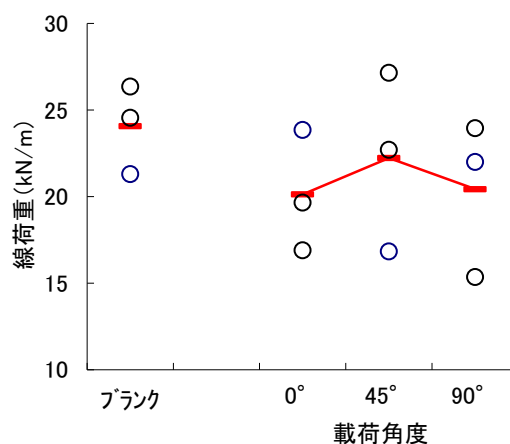


図 3-46 穿孔のみの 試験結果

(○は個々のデータ、赤線は平均値)

① ブランクと取付管 1 箇所での供試体試験結果の比較

穿孔 1 箇所でのみの供試体の線荷重値の平均値は、 0° ~ 90° の載荷角度の範疇では、ブランクの線荷重平均値に対し 83.6%~92.4%となり、扁平強度低下がみられる。しかしどの載荷角度においても個々の線荷重値のバラツキが大きく、ブランクに対して明確に差異が認められるとは判断しにくい結果である。しかし、どの供試体においても、試験後には管頂部と管底部に、図 3-47 に示すような亀裂が生じていたことが認められた。

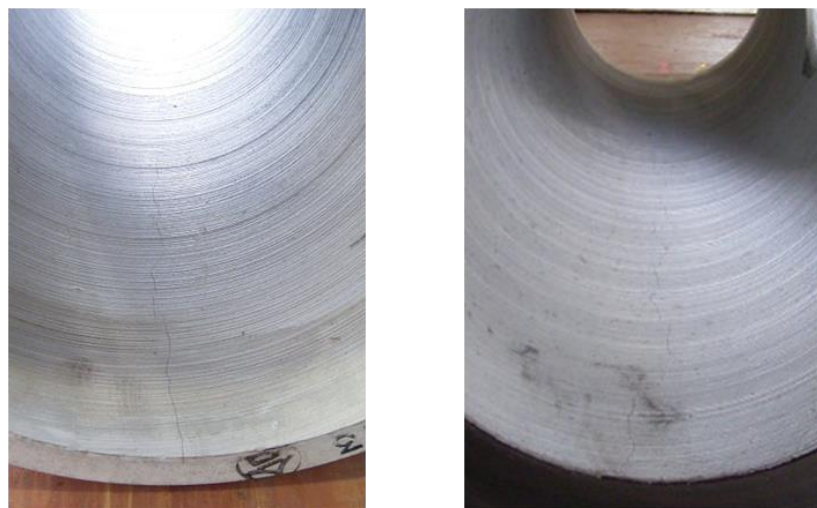


図 3-47 試験後の供試体亀裂 (左側 差し口管底部 右側 受口管底部)

以上より、塩化ビニル管の穿孔 1 箇所でのみの場合、ブランクの約 9 割程度の線荷重値を示し、穿孔による影響が認められる。また、塩化ビニル管の穿孔 2 箇所の場合に関しても、同様にブランクの約 9 割程度の線荷重値を示し、穿孔 1 箇所との差異はほぼ見られない。しかし、どのケースも規格値以上の線荷重値を示しており、穿孔による影響は、強度上は問題ないと考えられる。

表 3-16 塩化ビニル管の試験結果（その1）

供試体名	本管		取付管				支管設置形式	試験番号	供試体長さ (m)	扁平荷重値 (kN)	線荷重		試験後の管破損・支管の剥離等の有無
	管種	呼び径	呼び径	角度	個数	支管配置形式					(kN/m)	フランクに対する比率	
ブランク150	VU	150	-	-	-	-	-	1	0.500	2.27	4.54		異常なし
								2	0.500	2.28	4.56		異常なし
								3	0.500	2.24	4.48		異常なし
								平均			4.53	—	
15-10-0-1-0	VU	150	100	0°	1	-	せん孔のみ	1	0.500	2.10	4.20		異常なし
								2	0.500	2.11	4.22		異常なし
								3	0.500	2.13	4.26		異常なし
								平均			4.23	93.4%	
15-10-45-1-0	VU	150	100	45°	1	-	せん孔のみ	1	0.500	2.07	4.14		異常なし
								2	0.501	2.10	4.19		異常なし
								3	0.500	2.08	4.16		異常なし
								平均			4.16	91.8%	
15-10-90-1-0	VU	150	100	90°	1	-	せん孔のみ	1	0.501	2.06	4.11		異常なし
								2	0.501	2.03	4.05		異常なし
								3	0.500	2.04	4.08		異常なし
								平均			4.08	90.1%	
15-10-0-1-1	VU	150	100	0°	1	-	支管接合	1	0.500	2.85	5.70		異常なし
								2	0.500	2.71	5.42		異常なし
								3	0.500	2.71	5.42		異常なし
								平均			5.51	121.6%	
15-10-45-1-1	VU	150	100	45°	1	-	支管接合	1	0.501	2.39	4.77		異常なし
								2	0.500	2.51	5.02		異常なし
								3	0.500	2.37	4.74		異常なし
								平均			4.84	106.8%	
15-10-90-1-1	VU	150	100	90°	1	-	支管接合	1	0.501	4.26	8.50		異常なし
								2	0.500	4.19	8.38		異常なし
								3	0.500	4.19	8.38		異常なし
								平均			8.42	185.9%	

※備考 表中の扁平荷重値は、圧縮初期状態から 8mm 扁平した荷重値を示す。

表 3-17 塩化ビニル管の試験結果（その2）

供試体名	本管		取付管				支管設置形式	試験番号	供試体長さ (m)	扁平荷重値 (kN)	線荷重		試験後の管破損・支管の剥離等の有無
	管種	呼び径	呼び径	角度	個数	支管配置形式					(kN/m)	フランクに対する比率	
15-10-0-2-0	VU	150	100	0°	2	対面	せん孔のみ	1	1.000	3.91	3.91		異常なし
								2	1.000	4.03	4.03		異常なし
								3	1.001	3.87	3.87		異常なし
								平均			3.94	87.0%	
15-10-0-2-0	VU	150	100	0°	2	千鳥	せん孔のみ	1	1.000	4.14	4.14		異常なし
								2	1.000	4.14	4.14		異常なし
								3	1.000	4.22	4.22		異常なし
								平均			4.17	92.1%	
15-10-0-2-0	VU	150	100	0°	2	直列	せん孔のみ	1	1.000	4.18	4.18		異常なし
								2	1.000	4.16	4.16		異常なし
								3	1.000	4.18	4.18		異常なし
								平均			4.17	92.1%	
15-10-45-2-0	VU	150	100	45°	2	千鳥	せん孔のみ	1	1.000	3.89	3.89		異常なし
								2	1.001	4.09	4.09		異常なし
								3	1.000	4.09	4.09		異常なし
								平均			4.02	88.7%	
15-10-45-2-0	VU	150	100	45°	2	直列	せん孔のみ	1	1.000	4.11	4.11		異常なし
								2	1.001	4.14	4.14		異常なし
								3	1.000	4.11	4.11		異常なし
								平均			4.12	90.9%	
15-10-90-2-0	VU	150	100	90°	2	直列	せん孔のみ	1	1.000	4.00	4.00		異常なし
								2	1.000	4.03	4.03		異常なし
								3	1.000	4.03	4.03		異常なし
								平均			4.02	88.7%	

※備考 表中の扁平荷重値は、圧縮初期状態から 8mm 扁平した荷重値を示す。

表 3-18 塩化ビニル管の試験結果 (その3)

供試体名	本管		取付管				支管設置形式	試験番号	供試体長さ (m)	扁平荷重値 (kN)	線荷重		試験後の管破損・支管の剥離等の有無
	管種	呼び径	呼び径	角度	個数	支管配置形式					(kN/m)	フランクに対する比率	
15-10-0-2-0	VU	150	100	0°	2	対面	支管接合	1	1.001	5.20	5.19		異常なし
								2	1.000	4.26	4.26		異常なし
								3	1.000	5.08	5.08		異常なし
								平均			4.84	106.8%	
15-10-0-2-0	VU	150	100	0°	2	千鳥	支管接合	1	1.000	5.74	5.74		異常なし
								2	1.000	6.51	6.51		異常なし
								3	1.000	6.07	6.07		異常なし
								平均			6.11	134.9%	
15-10-0-2-0	VU	150	100	0°	2	直列	支管接合	1	1.001	5.26	5.25		異常なし
								2	1.000	6.25	6.25		異常なし
								3	1.000	6.21	6.21		異常なし
								平均			5.90	130.2%	
15-10-45-2-0	VU	150	100	45°	2	千鳥	支管接合	1	1.000	7.27	7.27		異常なし
								2	1.000	7.10	7.10		異常なし
								3	1.000	6.78	6.78		異常なし
								平均			7.05	155.6%	
15-10-45-2-0	VU	150	100	45°	2	直列	支管接合	1	1.000	5.95	5.95		異常なし
								2	1.000	6.16	6.16		異常なし
								3	1.000	6.83	6.83		異常なし
								平均			6.31	139.3%	
15-10-90-2-0	VU	150	100	90°	2	直列	支管接合	1	1.000	8.47	8.47		異常なし
								2	1.001	8.26	8.25		異常なし
								3	1.000	8.08	8.08		異常なし
								平均			8.27	182.6%	

※備考 表中の扁平荷重値は、圧縮初期状態から 8mm 扁平した荷重値を示す。

表 3-19 鉄筋コンクリート管の試験結果

供試体名	本管		取付管				支管設置形式	試験番号	供試体長さ (m)	扁平荷重値 (kN)	線荷重		試験後の管破損・支管の剥離等の有無
	管種	呼び径	呼び径	角度	個数	支管配置形式					(kN/m)	フランクに対する比率	
ブランク250	HP	250	-	-	-	-	-	1	1.000	21.30	21.30		管頂部および底部に亀裂
								2	1.000	24.55	24.55		管頂部および底部に亀裂
								3	1.000	26.35	26.35		管頂部および底部に亀裂
								平均			24.07	-	
25-10-0-1-0	HP	250	100	0°	1	-	せん孔のみ	1	1.000	23.85	23.85		管頂部および底部に亀裂
								2	1.001	19.65	19.63		管頂部および底部に亀裂
								3	1.000	16.90	16.90		管頂部および底部に亀裂
								平均			20.13	83.6%	
25-10-45-1-0	HP	250	100	45°	1	-	せん孔のみ	1	1.001	16.85	16.83		管頂部および底部に亀裂
								2	1.000	22.70	22.70		管頂部および底部に亀裂
								3	1.000	27.15	27.15		管頂部および底部に亀裂
								平均			22.23	92.4%	
25-10-90-1-0	HP	250	100	90°	1	-	せん孔のみ	1	1.000	22.00	22.00		管頂部および底部に亀裂
								2	1.000	15.35	15.35		管頂部および底部に亀裂
								3	1.000	23.95	23.95		管頂部および底部に亀裂
								平均			20.43	84.9%	

※備考 表中の扁平荷重値は、荷重変化点 A の荷重値を示す。

3.3. 塩化ビニル管の視覚判定基準の提案

前述の通り、「下水道維持管理指針 前編 -2003年版-」に記載のある現行の視覚判定基準は、剛性管である鉄筋コンクリート管及び陶管等の異常判定には適しているものの、塩化ビニル管等の可とう管の異状の発生状況が必ずしも考慮された視覚判定基準とはなっていない。しかしながら、現状では、塩化ビニル管のための視覚判定基準が存在しないため、現行の鉄筋コンクリート管等の剛性管の視覚判定基準を適用している事例が大半である。そのため、塩化ビニル管をTVカメラ調査により異常を適正に判定できていない。図3-48を例にとってみると、軸方向のクラックは、クラック幅を計測すると幅が2mm以下であるため、剛性管の判定基準においては、cランクと判定される。しかし、塩化ビニル管には鉄筋等の補強材は入っておらず、管体の破断が懸念される。また、現行の剛性管の視覚判定基準には記載のない偏平や変形などの可とう管特有の異常が確認されており、視覚判定基準への反映が必要と考える。継手ズレに関しても、管種により継手構造が異なるため、管種ごとに視覚判定基準が定められる必要があると考える。

以下に、各異常項目の視覚判定基準（案）を示す。



図 3-48 破損（軸方向クラック） 左図：直視画像、右図：側視画像

3.3.1. 偏平・変形

国総研で収集した既存のデータを整理した結果、偏平・変形は可とう管特有の異常として確認された。そのため、剛性管の視覚判定基準にある異常項目に加え、これらの2つの項目を記載すべきと考える。判定ランクについては、偏平試験の結果から、たわみ率15%以上では軸方向クラックが生じた際に管体破壊に至る可能性があるためaランクとし、また、JSWAS K-1規格でたわみ率5%未満を許容たわみ率としていることから、たわみ率5%以上をbランクとした（表3-20）。

表 3-20 偏平の判定ランク（塩化ビニル管における基準）

項目 \ ランク	a	b	c
偏平	たわみ率 15%以上	たわみ率 5%以上	—

変形の実態調査において、白化かつ本管内径の 1/10 程度の突出しが確認されている。本事象では、白化が生じているため、一定歪み状況下での塑性変形と考える。そのため、応力緩和過程でストレスクラックが生じる可能性がある。よって、変形の判定ランクについては、本管内径の 1/10 以上の内面突出しを a ランク、本管内径の 1/10 未満を b ランクとした（表 3-21）。

表 3-21 変形の判定ランク（塩化ビニル管における基準）

項目 \ ランク	a	b	c
変形	本管内径の1/10以上の内面に突出し	本管内径の1/10未満の内面に突出し	—

3.3.2. 破損（軸方向クラック）

「下水道維持管理指針 前編—2003 年版—」に記載のある視覚判定基準においては、「破損」は軸方向クラック、「クラック」は円周方向クラックを表している。非線形解析結果から、軸方向クラック幅が 1 mm 未満においても破断歪みに達している可能性があると言えるが、幅が 1 mm 未満のクラックを TV カメラ調査等の視覚調査により正確に計測し判定することは困難であると考え。よって、軸方向クラックの判定ランクについては、視覚調査により軸方向クラックと判別された時点で管体破損の可能性が有ると考え、a ランクとした。また、軸方向だけでなく、多方向にクラックが発生している（以下、「亀甲状に割れている」）ケースも存在し、本ケースも軸方向クラックと同等の危険性があると考え、a ランクとした。（表 3-22）

表 3-22 破損の判定ランク（塩化ビニル管における基準）

項目 \ ランク	a	b	c
管の破損	亀甲状に割れている	—	—
	軸方向クラック		

3.3.3. 継手ズレ

管種により、継手構造は異なる。そこで、塩化ビニル管における継手ズレの判定ランクについては、JSWAS K-1 規格を基に、終局限界状態にある脱却および水密性が失われる使用限界状態である接合長さの 1/2 の継手拔出しを基準とする。そこで、道路陥没を引き起こす危険性の高い脱却については、「下水道維持管理指針 前編—2003 年版—」に記載のある剛性管の視覚判定基準と同様に a ランク、接合長さの 1/2 以上を b ランク、および接合長さの 1/2 未満を c ランクとした（表 3-23）。

表 3-23 継手ズレの判定ランク（塩化ビニル管における基準）

項目 \ ランク	a	b	c
管の継手ズレ	脱却	接合長さの1/2以上	接合長さの1/2未満

3.3.4. その他の異常項目

塩化ビニル管・継手協会が実施された 35 年経過管の追跡調査における材料物性試験、耐薬品試験等の結果が新管の規格値と比較し遜色なく、性能低下は認められなかったとされている。そこで、塩化ビニル管の腐食について考慮する必要性が低いと考える。たるみは、土砂の堆積を誘発する異常であり、たるみの大きさと土砂堆積の生じやすさの関係は、管種により差-異は小さいと考え、塩化ビニル管の基準に剛性管の視覚判定基準を準用することとする。クラック（円周方向クラック）に関しては、扁平試験の結果から耐荷性にはほぼ影響がないと言える。しかし、円周方向クラックからの土砂流入等の観点から「下水道維持管理指針 前編-2003 年版-」に記載の視覚判定基準と同様に、クラック幅の基準を設けることとする¹⁾。また、浸入水・取付管突出し・油脂付着・木根侵入・モルタル付着に関しては、管種により異なる現象ではないと考えるため、「下水道維持管理指針 前編-2003 年版-」に記載の視覚判定基準を準用する。

3.3.5. 塩化ビニル管視覚判定基準（案）

前述で設定した塩化ビニル管の視覚判定基準（案）の一覧を表 3-24 に示す。

塩化ビニル管の異常を適正に判定するため、青枠に囲まれる範囲が「下水道維持管理指針 前編-2003 年版-」の視覚判定基準から追記・修正された箇所である。

表 3-24 塩化ビニル管の視覚判定基準（案）

スパン全体	ランク		A	B	C
	項目	適用	内径以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満
	上下方向のたるみ	管きよ内径700mm未満			
管1本ごとに評価	ランク		a	b	c
	項目				
	管の破損及び軸方向クラック	亀甲状に割れている	—	—	
		軸方向のクラック			
	管の円周方向クラック	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	
	管の継手ズレ	脱 却	接合長さの1/2以上	接合長さの1/2未満	
	扁平	たわみ率15%以上の扁平	たわみ率5%以上の扁平	—	
	変形※ (内面に突出し)	本管内径の1/10以上内面に突出し	本管内径の1/10未満内面に突出し	—	
	浸入水	噴き出ている	流れている	にじんている	
	取付け管の突出し	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未満	
	油脂の付着	内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—	
樹木根侵入	内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—		
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		

※材料の白化を伴う変形は、aランクとする。

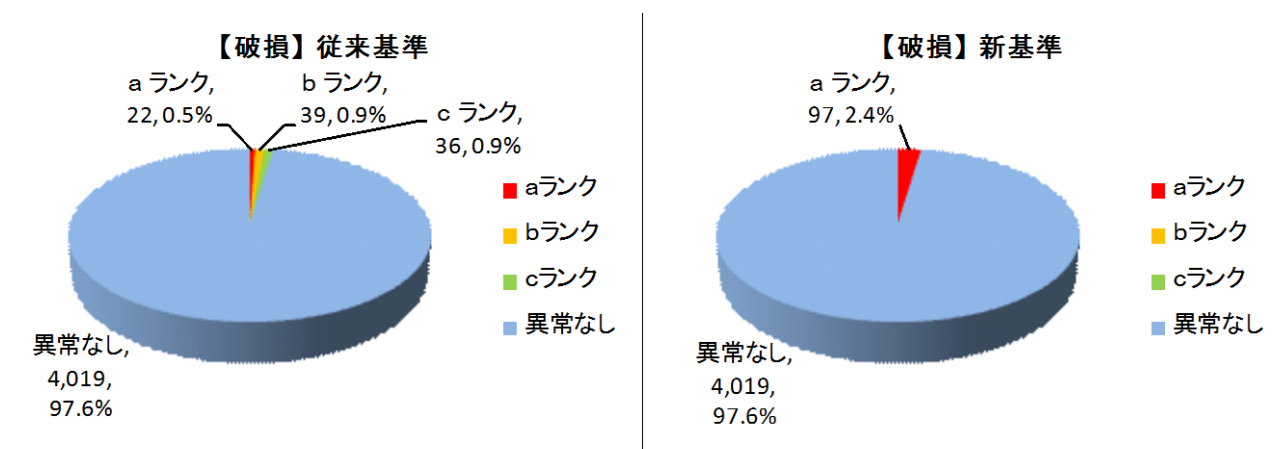
3.4. 塩化ビニル管の視覚判定基準（案）による再判定結果および異常発生傾向の分析

各自治体から収集したTVカメラ調査データ※を前節3.3にて提案した塩化ビニル管の視覚判定基準（案）に基づき再判定を実施し、また、再判定した結果から各種管属性、各異常項目、各異常項目ランク、ならびに異常発生傾向の関係を把握する。

※平成22、23年度に12自治体（政令市3、中小都市9）より、4,116スパンのTVカメラ動画映像、調査記録表、調査集計表のデータを収集

3.4.1. 再判定結果

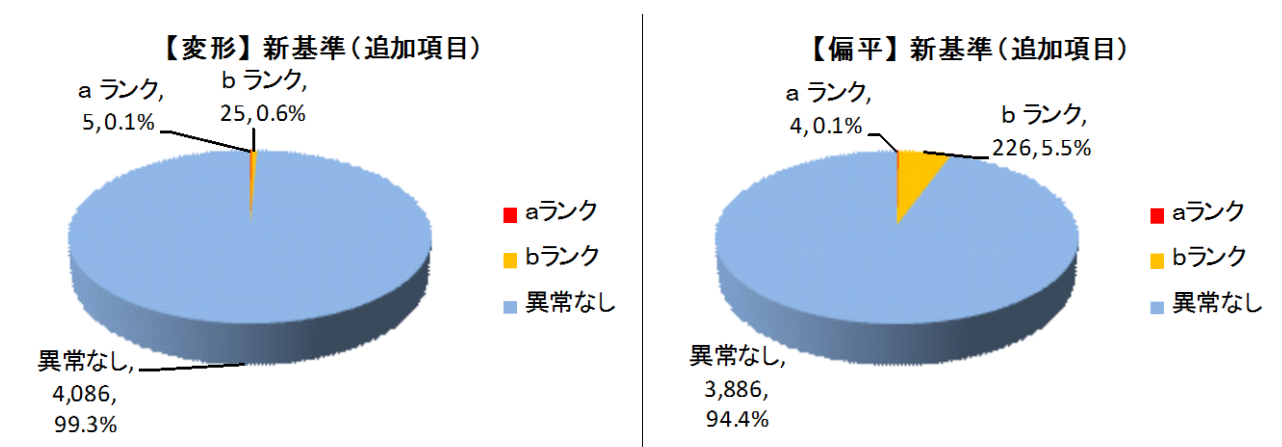
破損に関しては、「下水道維持管理指針 前編-2003年版-」の視覚判定基準（以下、「従来基準」）と再判定したスパン数の集計結果を横並びに示す（図3-49）。また、塩化ビニル管の視覚判定基準に追加した、変形と偏平の判定結果を図3-50に示す。



従来基準	破損				総計
	aランク	bランク	cランク	異常なし	
集計	22	39	36	4,019	4,116

新基準	破損				総計
	aランク	bランク	cランク	異常なし	
集計	97	0	0	4,019	4,116

図 3-49 異常ランク別スパン数の集計（破損）



新基準	変形				総計
	aランク	bランク	cランク	異常なし	
集計	5	25	-	4,086	4,116

新基準	偏平				総計
	aランク	bランク	cランク	異常なし	
集計	4	226	-	3,886	4,116

図 3-50 異常ランク別スパン数の集計（左図：変形、右図：偏平）

再判定結果を以下にまとめる。

- ・破損は、従来基準の b および c ランクは新基準においては a ランクとなる。そのため、新基準においては、a ランクが全スパンのうち 2.4% で発生している。なお、新基準の a ランクの箇所数は従来基準による a～b ランクの合計と同じである。
- ・変形は全スパンのうち 0.7%、偏平は全スパンのうち 5.6% で発生している。
- ・構造的異常のうち、変形および偏平は従来基準に追加された項目であり、全体の異常箇所数が増えることから、新基準に基づく緊急度に影響を与える異常である可能性が示唆される。

3.4.2. 異常発生傾向の分析

異常項目ごとの発生箇所数を異常発生部位、異常項目ごとの管口からの発生距離（以下、「異常発生距離」）、および異常項目ごとの発生位置（以下、「異常発生位置」）について整理し、異常発生傾向を把握する。図 3-51～図 3-53 に、異常発生部位、異常発生距離および異常発生位置の概念図を示す。

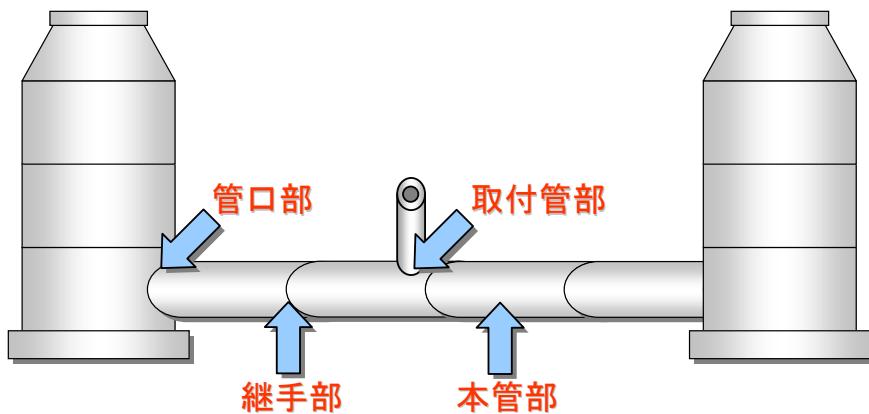


図 3-51 異常発生部位（概念図）

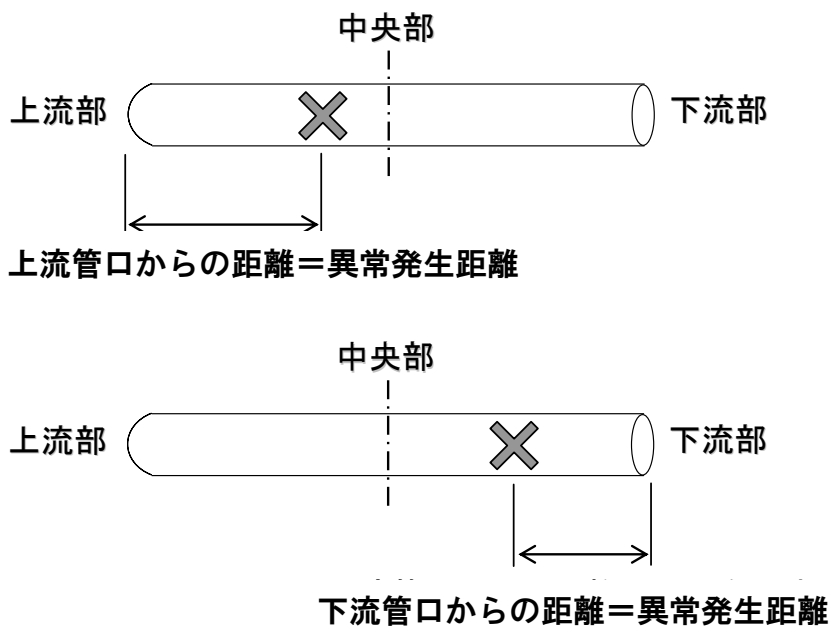


図 3-52 異常発生距離（概念図）

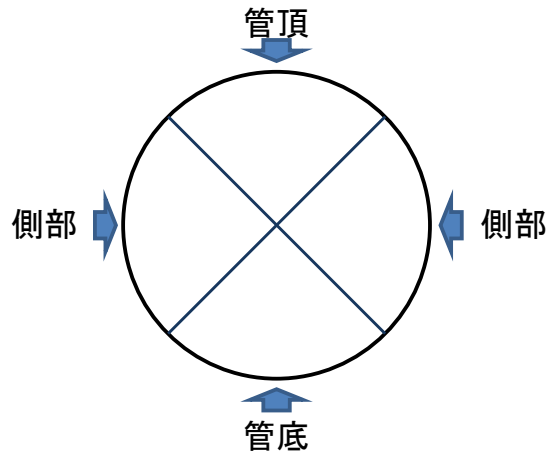


図 3-53 異常発生位置 (概念図)

異常項目ごとの発生箇所数を異常発生部位、異常発生距離および異常発生位置について整理するにあたり、対象とする異常項目は、構造的異常である「破損」・「クラック」・「偏平」・「変形」、機能的異常（水密性）である「浸入水」、ならびに機能的異常（流下性能）「木根侵入」とする。「たるみ」に関しては、スパン全体で判定するため発生箇所数の整理の対象外とする、また、「モルタル付着」および「油脂の付着」についても人為的な異常であるため傾向把握しがたいと考え、対象外とする。

表 3-25 は、視覚判定基準の異常項目ごとのランク別発生箇所数の一覧を示したものである。また、異常項目ごとのランク別発生箇所数の積み上げグラフを図 3-54 に、また異常項目ごとのランク別発生箇所数の構成比を図 3-55 に示す。

表 3-25 異常項目ごとのランク別発生箇所数

異常項目		ランク			総計
		a	b	c	
破損	箇所数	118	-	-	118
	割合(%)	100.0	0.0	0.0	100.0
クラック	箇所数	6	9	11	26
	割合(%)	23.1	34.6	42.3	100.0
継手ズレ	箇所数	2	99	73	174
	割合(%)	1.1	56.9	42.0	100.0
浸入水	箇所数	51	168	594	813
	割合(%)	6.0	21.0	73.0	100.0
木根侵入	箇所数	19	35	-	54
	割合(%)	35.2	64.8	0.0	100.0
変形	箇所数	6	48	-	54
	割合(%)	11.1	88.9	0.0	100.0
偏平	箇所数	5	494	-	499
	割合(%)	1.0	99.0	0.0	100.0
総計(箇所数)		207	853	678	1,738

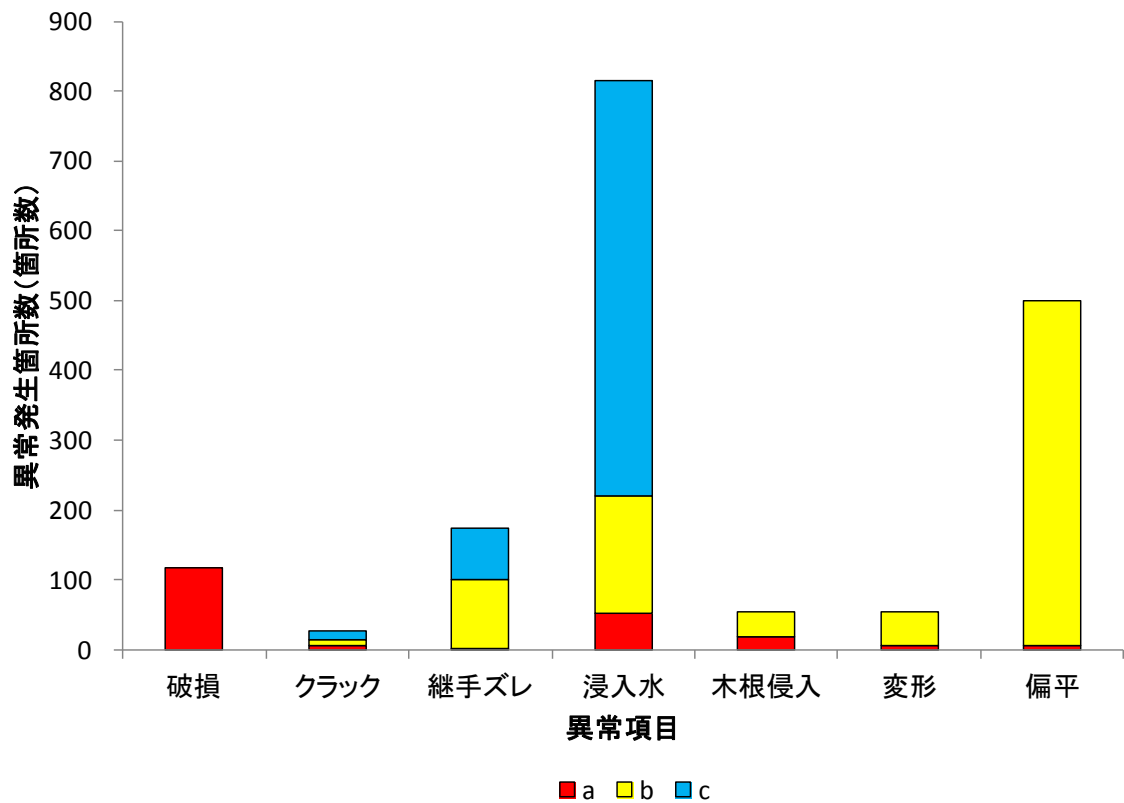


図 3-54 異常項目別ごとのランク別異常発生箇所数

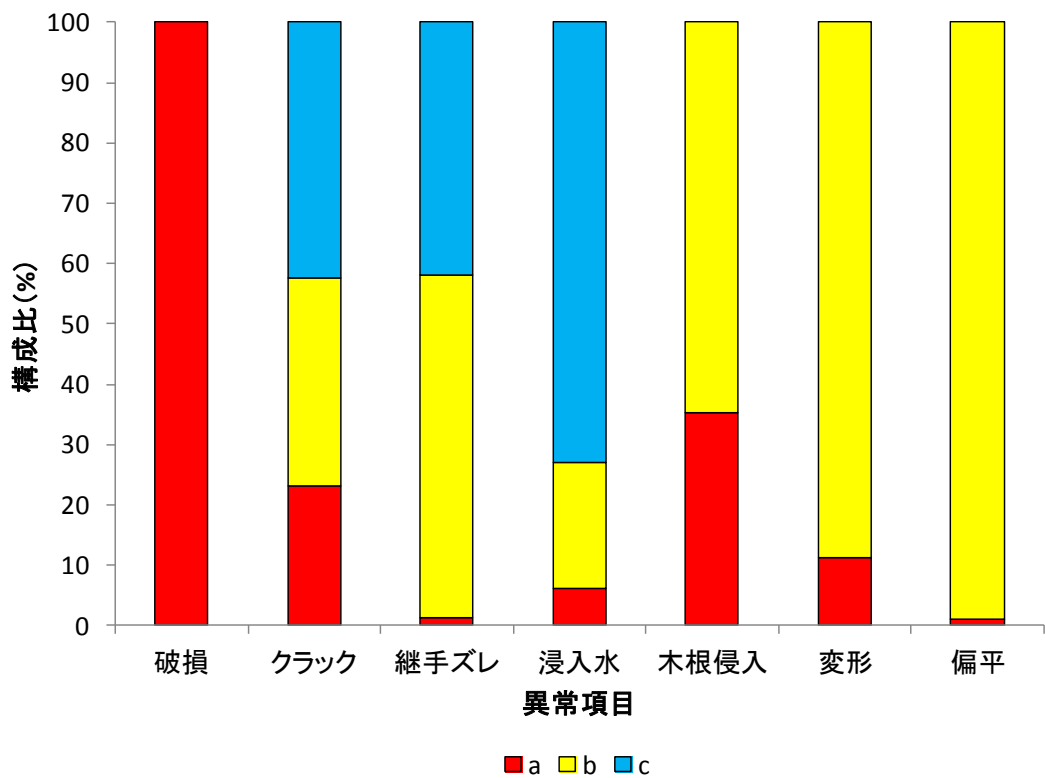


図 3-55 異常項目ごとのランク別異常発生箇所数の構成比

(1) 異常発生部位

管渠の部位別に異常項目ごとの発生しやすさを把握するため、異常項目ごとの発生箇所数を異常発生部位別に集計を行った。集計にあたり、「管口部」は、マンホールと管渠の継手部の異常と、本管部のうち管口より 0.5m 以下にある異常を対象として集計した。

異常項目別異常発生部位ごとの異常発生箇所数の一覧を表 3-26 に示す。異常項目別異常発生部位ごとの異常発生箇所数を図 3-56 に示し、異常項目別異常発生部位ごとの異常発生箇所数の構成比を図 3-57 に示す。

また、偏平は継手部および管口で計測しており、継手ズレは継手部のみで発生する。異常発生部位が継手部と管口部に限られるため、図 3-56 と図 3-57 の整理対象から外す。

表 3-26 異常項目別異常発生部位ごとの異常発生箇所数

異常項目	異常発生部位	異常発生箇所数 (箇所数)	割合 (%)
破損	管口部	24	20.3
	継手部	7	5.9
	取付管部	0	0.0
	本管部	87	73.7
破損総計		118	100.0
クラック	管口部	1	3.8
	継手部	0	0.0
	取付管部	1	3.8
	本管部	24	92.3
クラック総計		26	100.0
継手ズレ	管口部	0	0.0
	継手部	174	100.0
	取付管部	0	0.0
	本管部	0	0.0
継手ズレ総計		174	100.0
浸入水	管口部	215	26.4
	継手部	143	17.6
	取付管部	428	52.6
	本管部	27	3.3
浸入水総計		813	100.0
木根侵入	管口部	19	35.2
	継手部	1	1.9
	取付管部	30	55.6
	本管部	4	7.4
木根侵入総計		54	100.0
変形	管口部	0	0.0
	継手部	1	1.9
	取付管部	0	0.0
	本管部	53	98.1
変形総計		54	100.0
偏平	管口部	30	6.0
	継手部	469	94.0
	取付管部	0	0.0
	本管部	0	0.0
偏平総計		499	100.0
総計		1,738	-

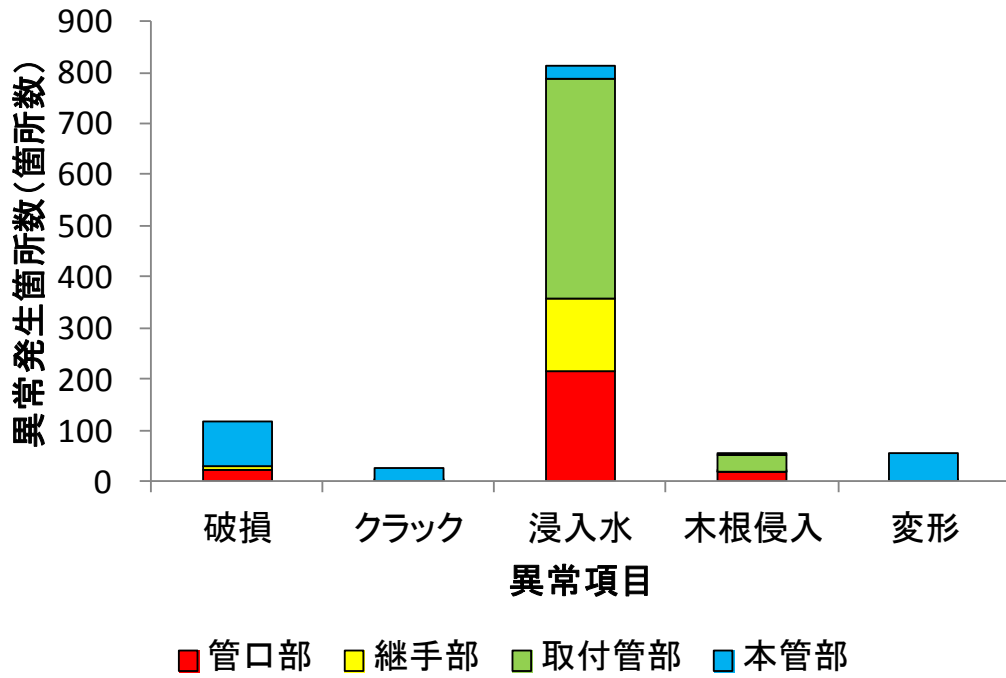


図 3-56 異常項目別異常発生部位ごとの異常発生箇所数

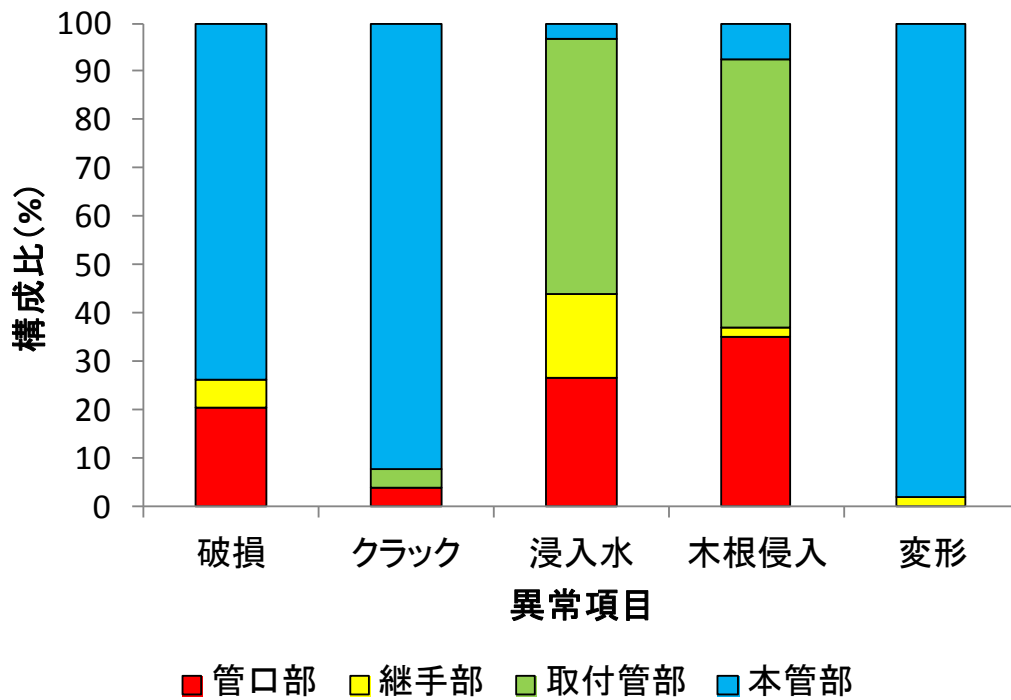


図 3-57 異常項目別異常発生部位ごとの異常発生箇所数の構成比

図 3-56 と図 3-57 より明らかになったことを以下にまとめる。

- ・破損、クラックおよび変形は、本管部で発生する割合が大きい（破損：74%、クラック：92%、変形：98%）。
- ・破損は、本管部の次に管口部で発生する割合（20%）が大きく、管口部発生割合は他の 2 つの構造的異常（クラック・変形）と比較し大きい。
- ・浸入水及び木根侵入は、取付管部で最も発生している（浸入水：53%、木根侵入：56%）。一方、本管部では発生していないことから、破損やクラック箇所から浸入水や木根侵入が発生するよりも、継手部、管口部、取付管部から浸入水や木根侵入が生じることが圧倒的に多い。

次に、異常発生部位別に異常発生項目ごとの発生箇所数を整理する。異常発生部位別異常項目ごとの異常発生箇所数の数量一覧を表 3-27 に示す。異常発生部位別異常項目ごとの異常発生箇所数を図 3-58 に示し、その構成比を図 3-59 に示す。

図 3-58 と図 3-59 より明らかになったことを以下にまとめる。

- ・管口部および取付管部に発生する異常は、浸入水の割合が大きい（管口部：74%、取付管部：93%）。
- ・本管部に発生する異常は、破損（45%）、変形（27%）、クラック（12%）の順に発生割合が大きく、構造的異常が大半（84%）を占める。

表 3-27 異常発生部位別異常項目ごとの異常発生箇所数

異常項目	異常発生部位	異常発生箇所数 (箇所数)	割合 (%)
管口部	破損	24	8.3
	クラック	1	0.3
	継手ズレ	0	0.0
	浸入水	215	74.4
	木根侵入	19	6.6
	変形	0	0.0
	偏平	30	10.4
管口部総計		289	100.0
継手部	破損	7	0.9
	クラック	0	0.0
	継手ズレ	174	21.9
	浸入水	143	18.0
	木根侵入	1	0.1
	変形	1	0.1
	偏平	469	59.0
継手部総計		795	100.0
取付管部	破損	0	0.0
	クラック	1	0.2
	継手ズレ	0	0.0
	浸入水	428	93.2
	木根侵入	30	6.5
	変形	0	0.0
	偏平	0	0.0
取付管部総計		459	100.0
本管部	破損	87	44.6
	クラック	24	12.3
	継手ズレ	0	0.0
	浸入水	27	13.8
	木根侵入	4	2.1
	変形	53	27.2
	偏平	0	0.0
本管部総計		195	100.0
総計		1,738	-

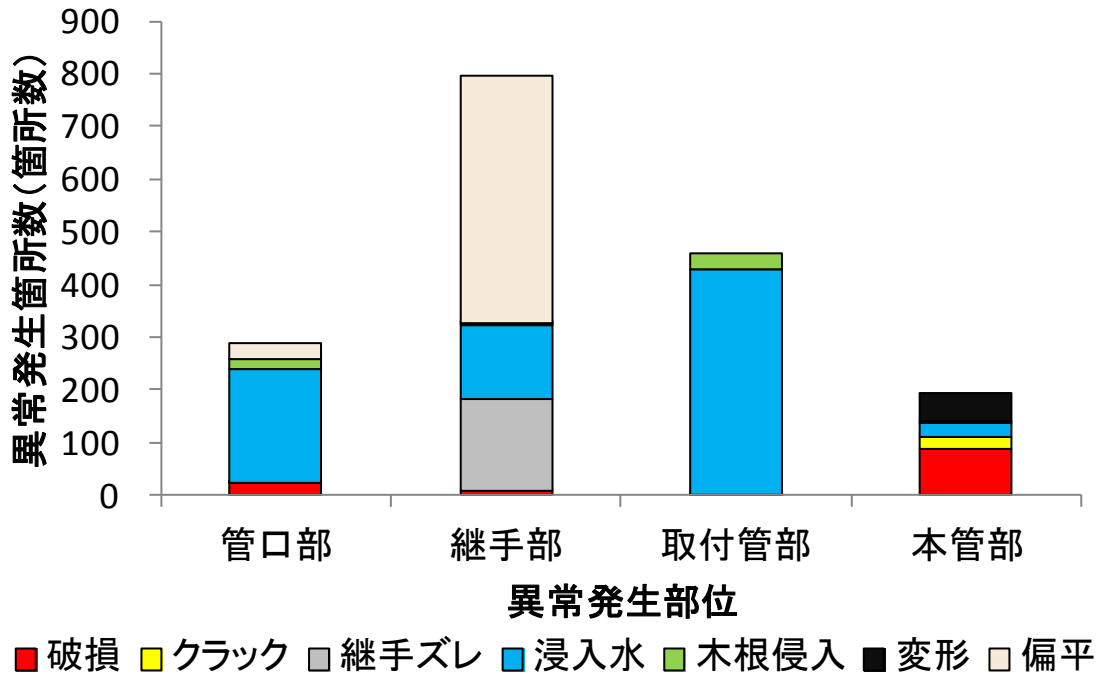


図 3-58 異常発生部位別異常項目ごとの異常発生箇所数

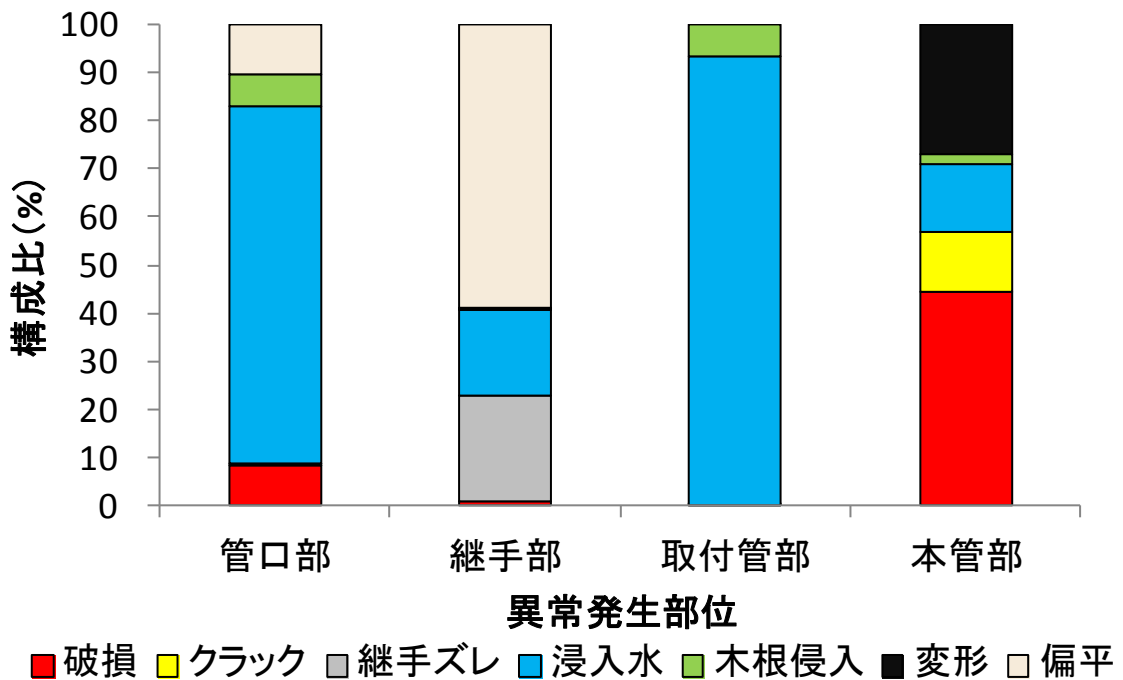


図 3-59 異常発生部位別異常項目ごとの異常発生箇所数の構成比

(2) 異常発生距離

1) 異常発生距離

管口からの距離別に異常の発生しやすさを把握するために、管口からの距離を 5m 間隔に区分し、各距離区分別に異常発生箇所数を集計した。集計結果を以下に示す。

表 3-28 異所発生距離別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【破損】

異常発生距離区分 (m以上-m未満)	スパン延長(m以上-m未満)													総計 (箇所数)	距離別異常 発生割合(%)
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60m以上		
45-50													1	1	1.0
40-45													0	0	0.0
35-40													0	0	0.0
30-35													4	4	3.0
25-30											1	0	0	1	1.0
20-25									0	1	1	0	2	4	3.0
15-20							4	1	2	2	0	0	1	10	8.0
10-15					2	1	3	2	3	2	0	0	2	15	13.0
5-10			0	2	9	3	1	1	2	1	1	0	1	21	18.0
0-5	2	10	9	5	11	9	2	4	3	3	1	1	2	62	53.0
総計	2	10	9	7	22	13	10	8	10	9	4	1	13	118	100.0
延長区分別データ割合(%)	2.0	8.0	8.0	6.0	19.0	11.0	8.0	7.0	8.0	8.0	3.0	1.0	11.0	100.0	-

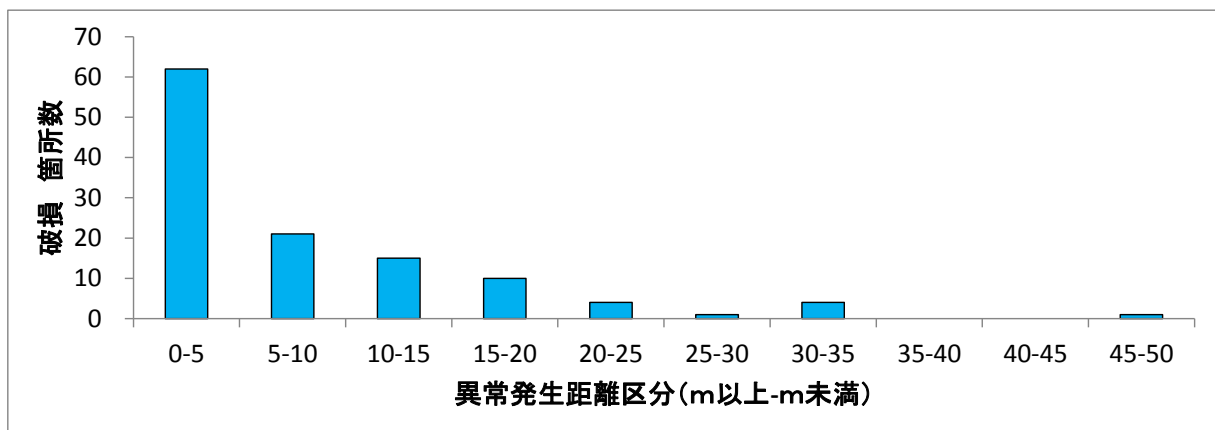


図 3-60 異常発生距離区分別異常発生箇所数【破損】

表 3-29 異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【クラック】

異常発生距離区分 (m以上-m未満)	スパン延長(m以上-m未満)													総計 (箇所数)	距離別異常 発生割合(%)
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60m以上		
45-50													0	0	0.0
40-45													0	0	0.0
35-40													0	0	0.0
30-35													0	0	0.0
25-30											0	0	0	0	0.0
20-25									0	0	0	0	0	0	0.0
15-20							0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
10-15					0	3	0	0	1	0	0	0	0	4	15.0
5-10			0	0	1	3	0	2	0	3	0	0	0	9	35.0
0-5	0	1	1	1	1	2	0	3	0	1	0	1	2	13	50.0
総計	0	1	1	1	2	8	0	5	1	4	0	1	2	26	100.0
延長区分別データ割合(%)	0.0	4.0	4.0	4.0	8.0	31.0	0.0	19.0	4.0	15.0	0.0	4.0	8.0	100.0	-

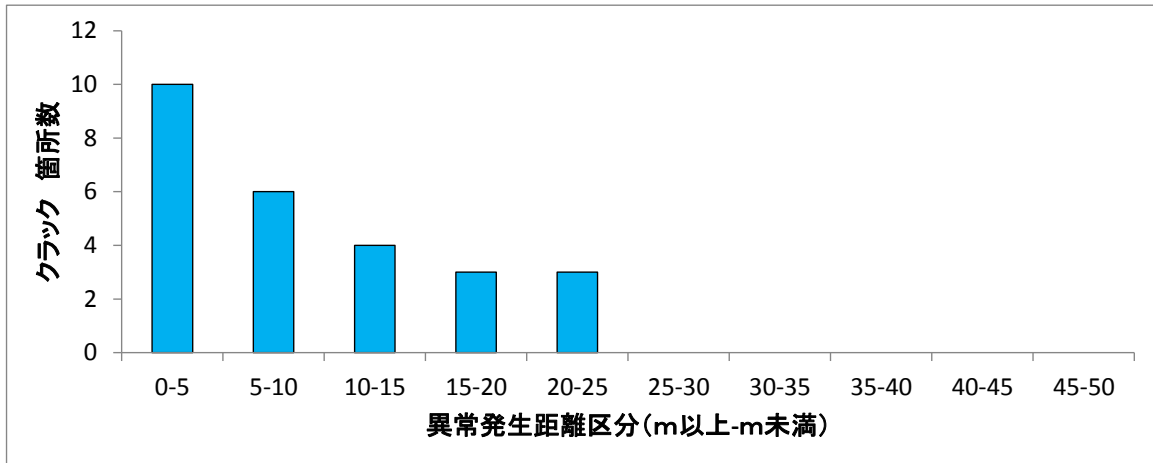


図 3-61 異常発生距離区分別異常発生箇所数【クラック】

表 3-30 異常発生距離区分別スパン長ごとの異常発生箇所数【継手ズレ】

異常発生距離区分 (m以上-m未満)	スパン延長(m以上-m未満)													総計 (箇所数)	距離別異常 発生割合(%)	
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60m以上			
45-50														0	0	0.0
40-45														0	0	0.0
35-40														3	3	2.0
30-35														2	2	1.0
25-30											1	0		3	4	2.0
20-25									0	1	1	0		2	4	2.0
15-20							3	2	1	0	0	0		2	8	5.0
10-15					2	3	5	1	1	0	0	0		1	13	7.0
5-10			2	12	11	2	7	1	0	2	3	0		0	40	23.0
0-5	1	20	10	21	16	4	8	2	1	3	2	7	5	5	100	57.0
総計	1	20	12	33	29	9	23	6	3	6	7	7	18	174	100.0	
延長区分別データ割合(%)	1.0	11.0	7.0	19.0	17.0	5.0	13.0	3.0	2.0	3.0	4.0	4.0	10.0	100.0	-	

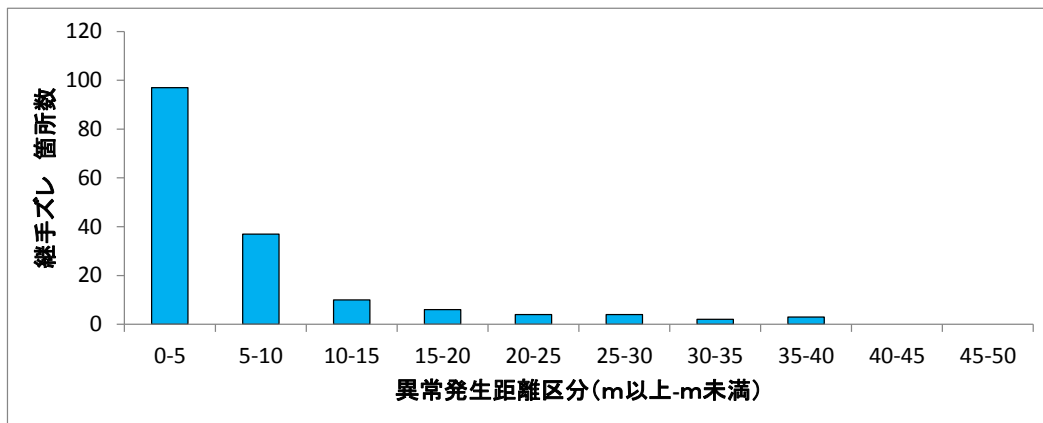


図 3-62 異常発生距離区分別異常発生箇所数【継手ズレ】

表 3-31 異常発生距離区分別スパン長ごとの異常発生箇所数【木根侵入】

異常発生距離区分 (m以上-m未満)	スパン延長(m以上-m未満)													総計 (箇所数)	距離別異常 発生割合(%)	
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60m以上			
45-50														0	0	0.0
40-45														4	4	0.0
35-40														9	9	1.0
30-35														11	11	1.0
25-30											2	4		15	21	3.0
20-25									6	14	12	10		8	50	6.0
15-20							3	9	22	16	7	10		10	77	9.0
10-15					6	12	16	12	23	15	4	12		6	106	13.0
5-10		0	5	22	27	15	10	14	16	21	3	7		3	143	18.0
0-5	18	38	46	56	43	39	41	23	33	24	6	10	15	392	48.0	
総計	18	38	51	78	76	66	70	58	100	90	34	53	81	813	100.0	
延長区分別データ割合(%)	2.0	5.0	6.0	10.0	9.0	8.0	9.0	7.0	12.0	11.0	4.0	7.0	10.0	100.0	-	

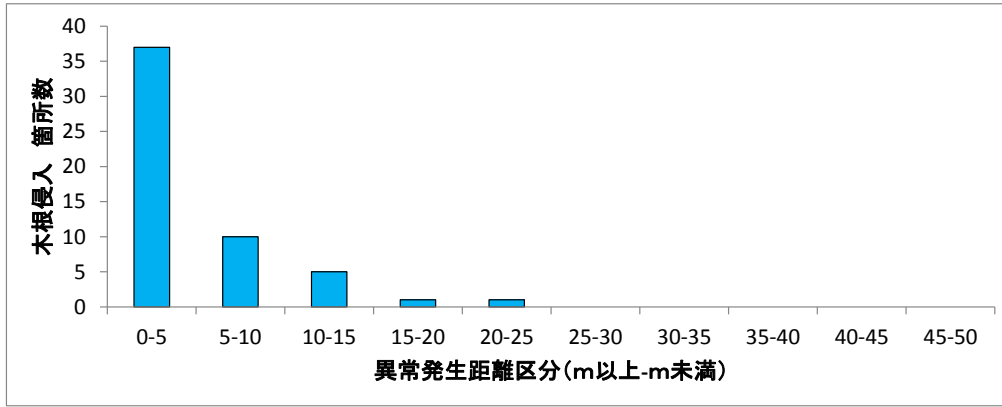


図 3-63 異常発生距離区分別異常発生箇所数【木根侵入】

表 3-32 異常発生距離区分別スパン長ごとの別異常発生箇所数【変形】

異常発生距離区分 (m以上-m未満)	スパン延長(m以上-m未満)													総計 (箇所数)	距離別異常 発生割合(%)	
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60m以上			
45-50														0	0	0.0
40-45														0	0	0.0
35-40														0	0	0.0
30-35														0	0	0.0
25-30											0	0	1	1	2	2.0
20-25									0	1	2	0	0	3	3	6.0
15-20						0	1	1	3	2	2	2	0	9	9	17.0
10-15				0	2	1	4	0	1	2	2	1	1	13	13	24.0
5-10		0	0	0	2	4	1	0	1	0	1	1	0	10	10	19.0
0-5	0	3	3	3	2	2	0	0	2	1	2	0	0	18	18	33.0
総計	0	3	3	3	4	8	2	5	4	6	9	5	2	54	54	100.0
延長区分別データ割合(%)	0.0	6.0	6.0	6.0	7.0	15.0	4.0	9.0	7.0	11.0	17.0	9.0	4.0	100.0	-	-

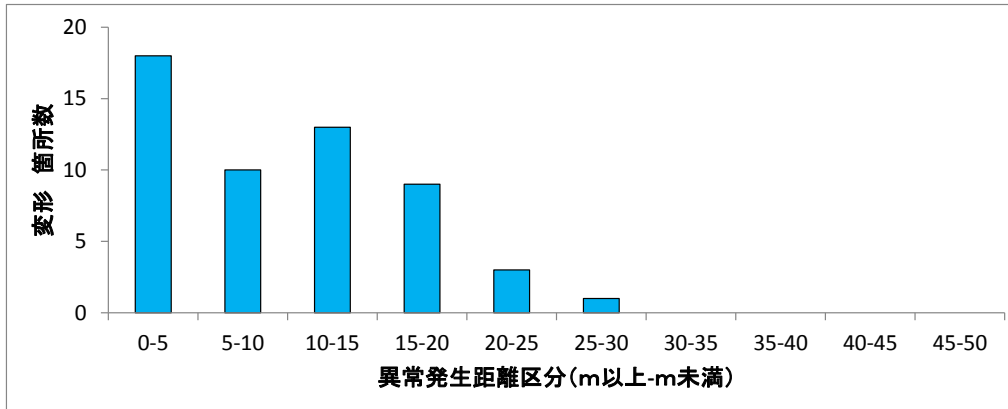


図 3-64 異常発生距離区分別異常発生箇所数【変形】

表 3-33 異常発生距離区分別スパン長区分ごとの発生箇所数【偏平】

異常発生距離区分 (m以上-m未満)	スパン延長(m以上-m未満)													総計 (箇所数)	距離別異常 発生割合(%)	
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60m以上			
45-50														0	0	0.0
40-45														2	2	0.0
35-40														7	7	1.0
30-35														5	5	1.0
25-30											0	0	13	13	3.0	
20-25									7	15	3	0	9	34	7.0	
15-20							1	4	20	15	4	0	10	54	11.0	
10-15					3	5	9	11	19	21	3	1	11	83	17.0	
5-10		0	4	17	24	17	13	12	15	17	2	1	14	136	27.0	
0-5	3	6	18	17	24	16	19	11	9	18	4	5	15	165	33.0	
総計	3	6	22	34	51	38	42	38	70	86	16	7	86	499	100.0	
延長区分別データ割合(%)	1.0	1.0	4.0	7.0	10.0	8.0	8.0	8.0	14.0	17.0	3.0	1.0	17.0	100.0	-	-

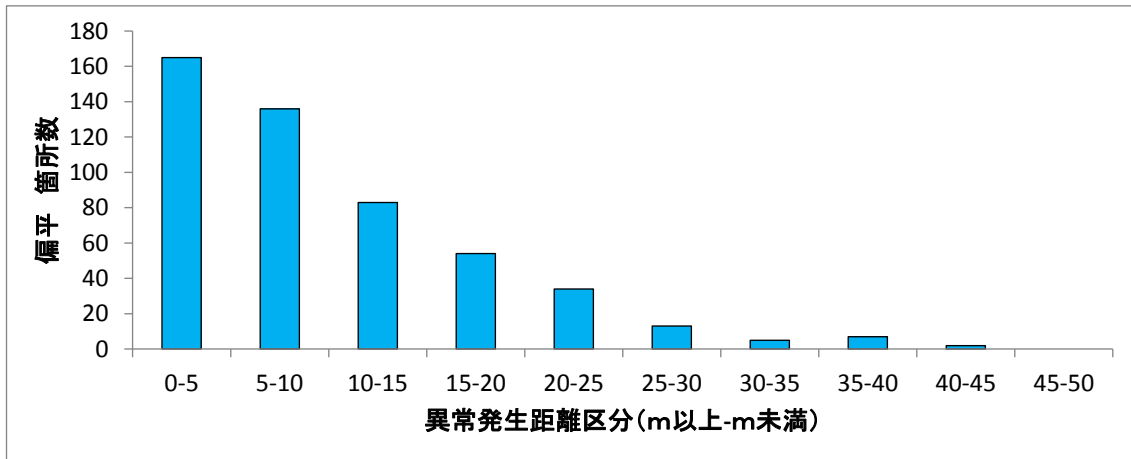


図 3-65 異常発生距離区分別異常発生箇所数【偏平】

2) 相対的異常発生距離

異常発生距離をスパン長で除して、相対的な異常発生距離を求め（0%が管口、50%がスパンの中央を表す）、相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの集計を行った。集計結果を以下に示す。

表 3-34 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【破損】

相対的異常発生距離区分 (%以上-%未満)	スパン延長区分(m以上-m未満)							総計 (箇所数)
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60以上	
0%	3	6	9	1	0	1	2	22
0-10%	1	3	8	2	6	1	1	22
10-20%	2	3	3	3	1	1	2	15
20-30%	1	1	3	3	6	0	2	16
30-40%	2	2	8	3	3	0	3	21
40-50%	3	1	4	6	3	2	3	22
総計(箇所数)	12	16	35	18	19	5	13	118

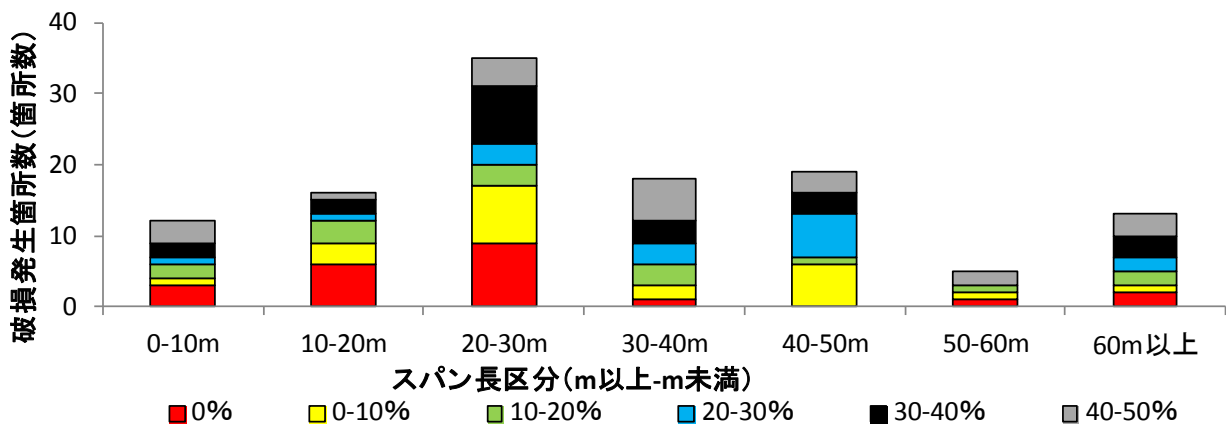


図 3-66 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【破損】

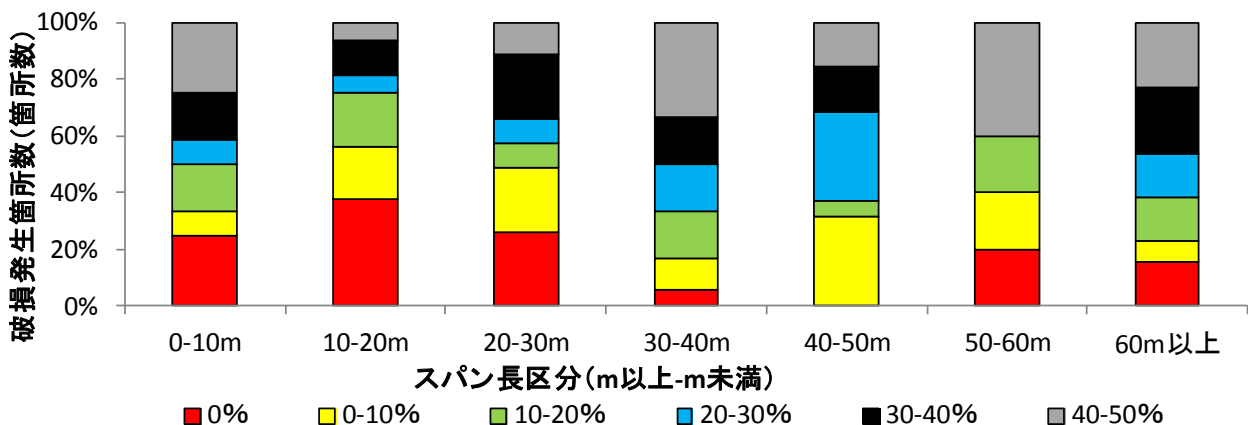


図 3-67 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの構成比【破損】

表 3-35 相対的異常発生距離区別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【クラック】

相対的異常発生距離区分 (%以上-%未満)	スパン延長区分(m以上-m未満)							総計 (箇所数)
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60以上	
0%	0	0	0	1	0	0	0	1
0-10%	0	1	0	2	0	1	0	4
10-20%	0	1	5	0	0	0	0	6
20-30%	1	0	0	2	0	0	0	3
30-40%	0	0	2	0	4	0	2	8
40-50%	0	0	3	0	1	0	0	4
総計(箇所数)	1	2	10	5	5	1	2	26

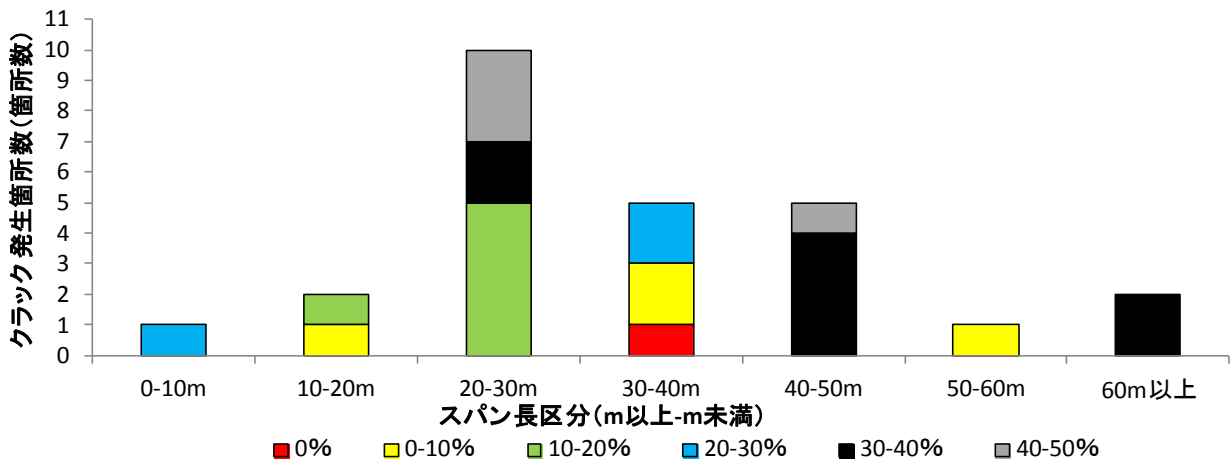


図 3-68 相対的異常発生距離区別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【クラック】

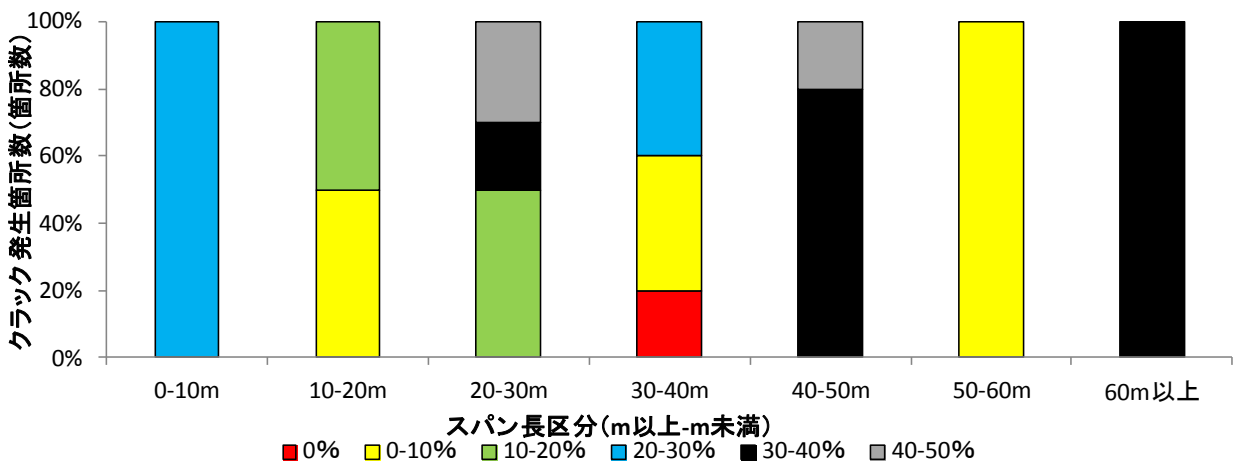


図 3-69 相対的異常発生距離区別スパン長区分ごとの構成比【クラック】

表 3-36 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【継手ズレ】

相対的異常発生距離区分 (%以上-%未満)	スパン延長区分(m以上-m未満)							総計 (箇所数)
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60以上	
0%	0	0	0	0	0	0	0	0
0-10%	7	16	9	5	3	9	5	54
10-20%	2	4	10	7	3	3	1	30
20-30%	3	9	6	6	0	0	2	26
30-40%	4	7	5	5	1	1	2	25
40-50%	5	9	8	6	2	1	8	39
総計(箇所数)	21	45	38	29	9	14	18	174

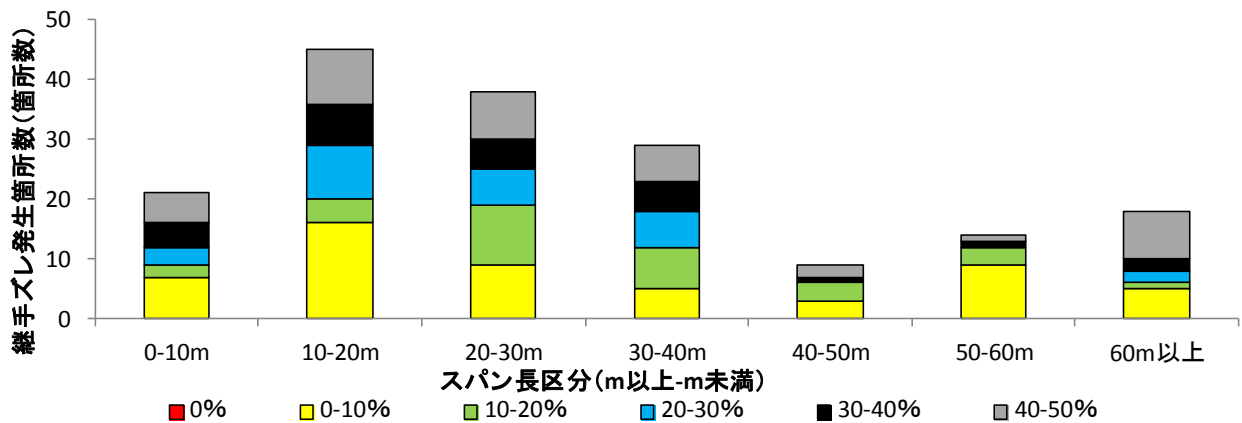


図 3-70 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【継手ズレ】

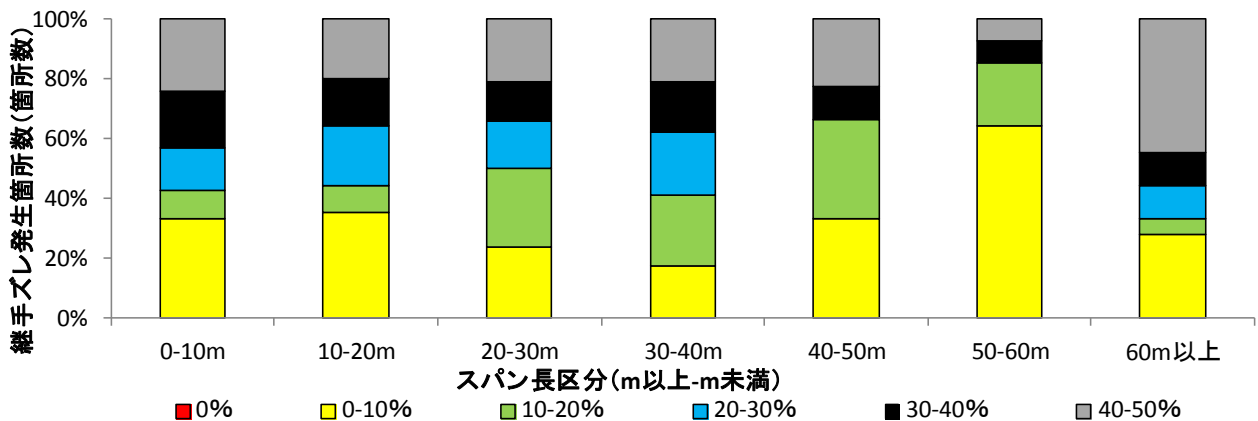


図 3-71 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの構成比【継手ズレ】

表 3-37 相対的異常発生距離区別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【浸入水】

相対的異常発生距離区分 (%以上-%未満)	スパン延長区分(m以上-m未満)							総計 (箇所数)
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60以上	
0%	38	50	43	35	34	3	2	205
0-10%	1	20	17	24	19	13	14	108
10-20%	8	15	21	13	31	13	8	109
20-30%	2	15	20	18	31	19	13	118
30-40%	5	14	24	19	37	17	15	131
40-50%	2	15	17	19	38	22	29	142
総計(箇所数)	56	129	142	128	190	87	81	813

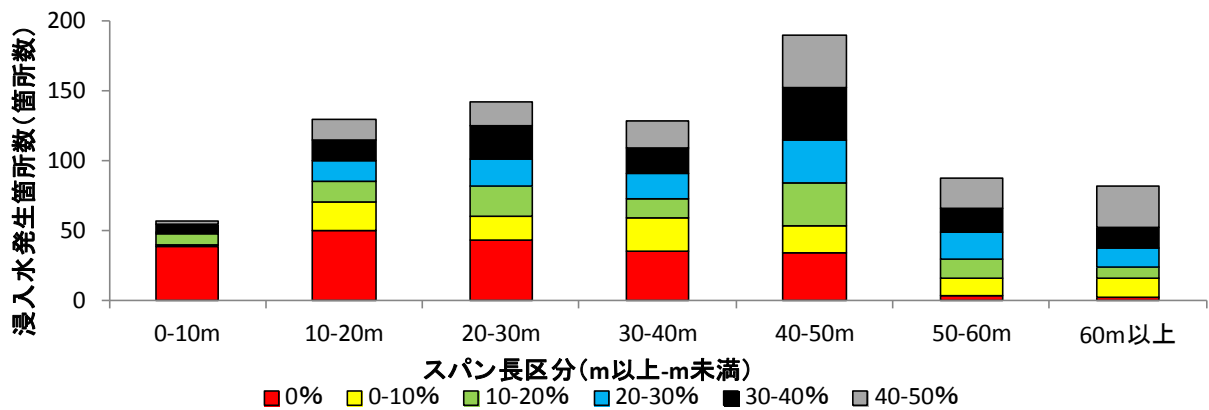


図 3-72 相対的異常発生距離区別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【浸入水】

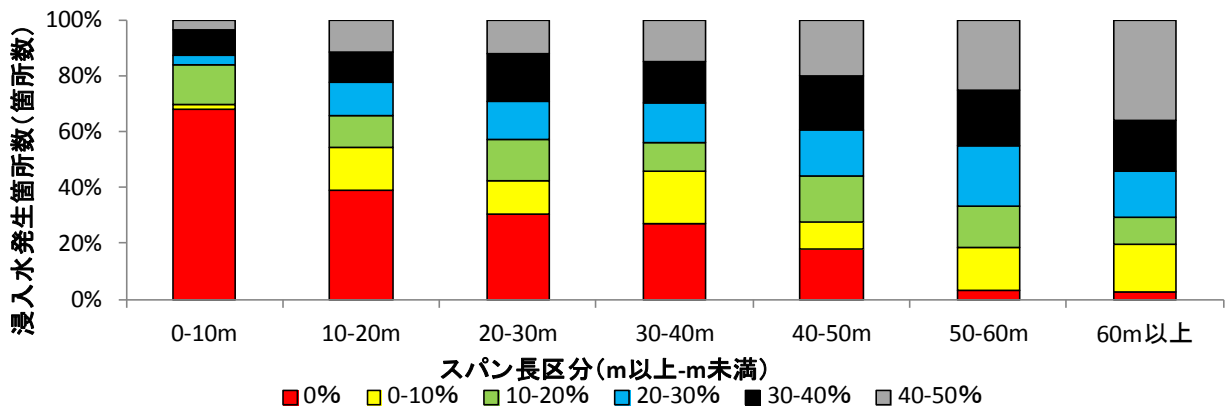


図 3-73 相対的異常発生距離区別スパン長区分ごとの構成比【浸入水】

表 3-38 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【木根侵入】

相対的異常発生距離区分 (%以上-%未満)	スパン延長区分(m以上-m未満)							総計 (箇所数)
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60以上	
0%	3	8	8	0	0	0	0	19
0-10%	0	3	3	0	3	0	0	9
10-20%	0	2	4	1	0	0	0	7
20-30%	0	2	1	1	0	0	0	4
30-40%	1	2	2	2	0	0	0	7
40-50%	0	3	3	0	2	0	0	8
総計(箇所数)	4	20	21	4	5	0	0	54

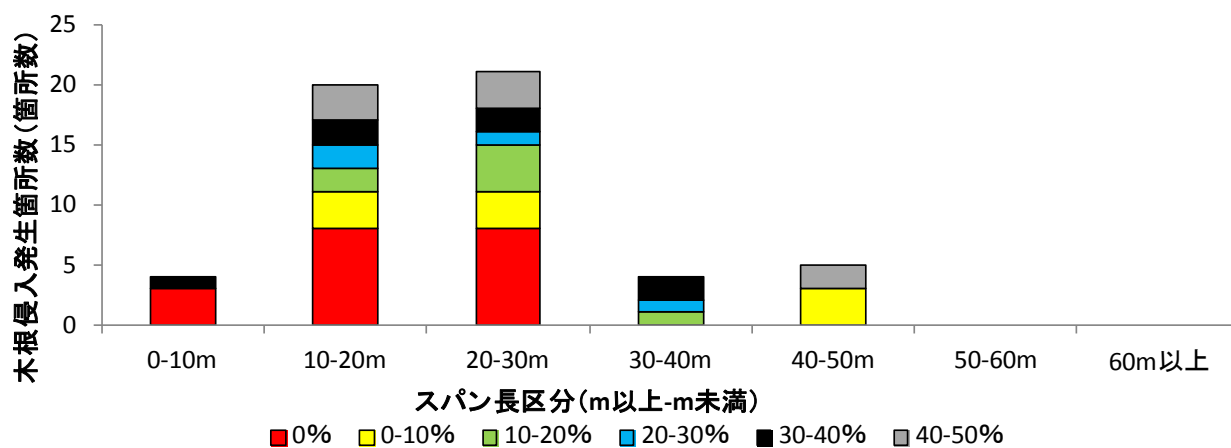


図 3-74 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【木根侵入】

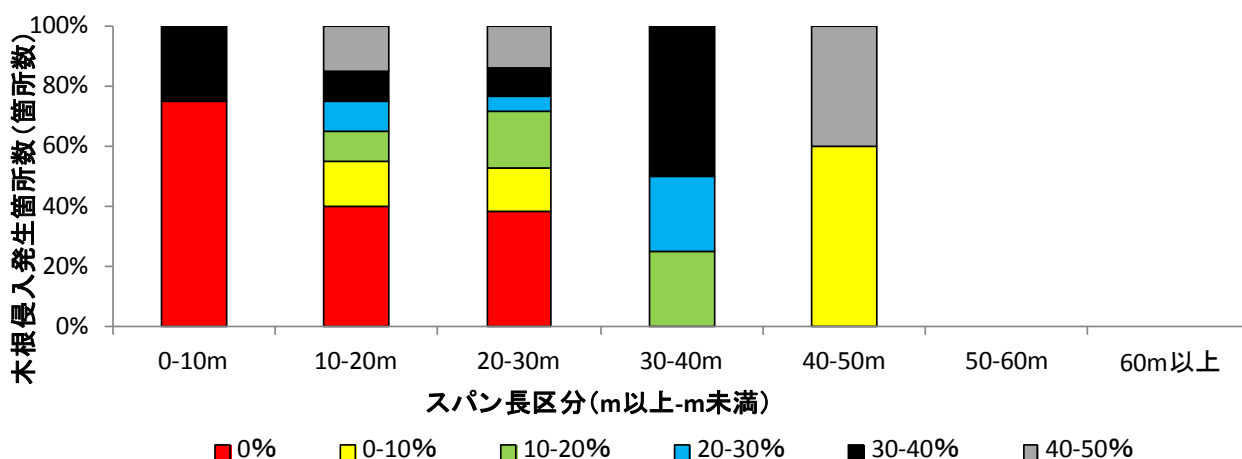


図 3-75 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの構成比【木根侵入】

表 3-39 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【変形】

相対的異常発生距離区分別 (%以上-%未満)	スパン延長区分(m以上-m未満)							総計 (箇所数)
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60以上	
0%	0	0	0	0	0	0	0	0
0-10%	0	2	2	0	3	2	0	9
10-20%	0	2	3	0	0	2	1	8
20-30%	1	2	3	3	2	5	0	16
30-40%	1	0	2	3	1	4	0	11
40-50%	1	0	2	1	4	1	1	10
総計(箇所数)	3	6	12	7	10	14	2	54

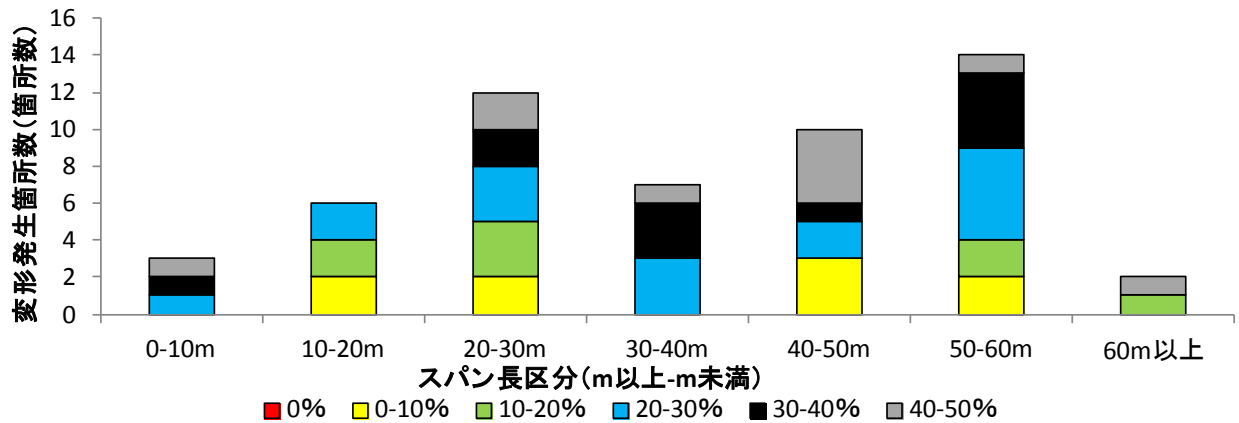


図 3-76 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【変形】

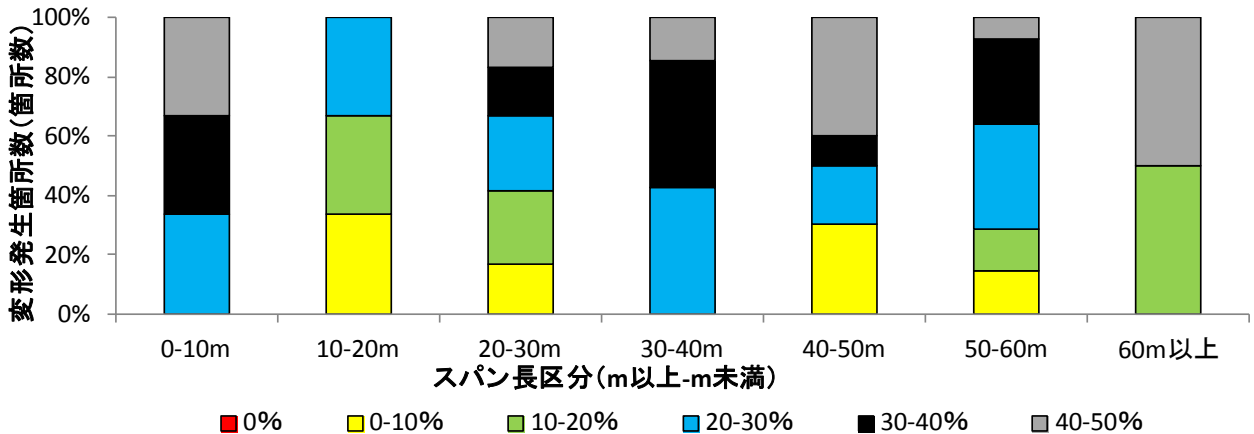


図 3-77 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの構成比【変形】

表 3-40 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【偏平】

相対的異常発生距離区分 (%以上-%未満)	スパン延長区分(m以上-m未満)							総計 (箇所数)
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60以上	
0%	4	11	3	6	3	4	0	31
0-10%	0	7	9	18	21	5	22	82
10-20%	2	3	24	16	27	4	22	98
20-30%	2	10	22	16	34	3	16	103
30-40%	1	14	17	10	38	4	12	96
40-50%	0	11	14	14	33	3	14	89
総計(箇所数)	9	56	89	80	156	23	86	499

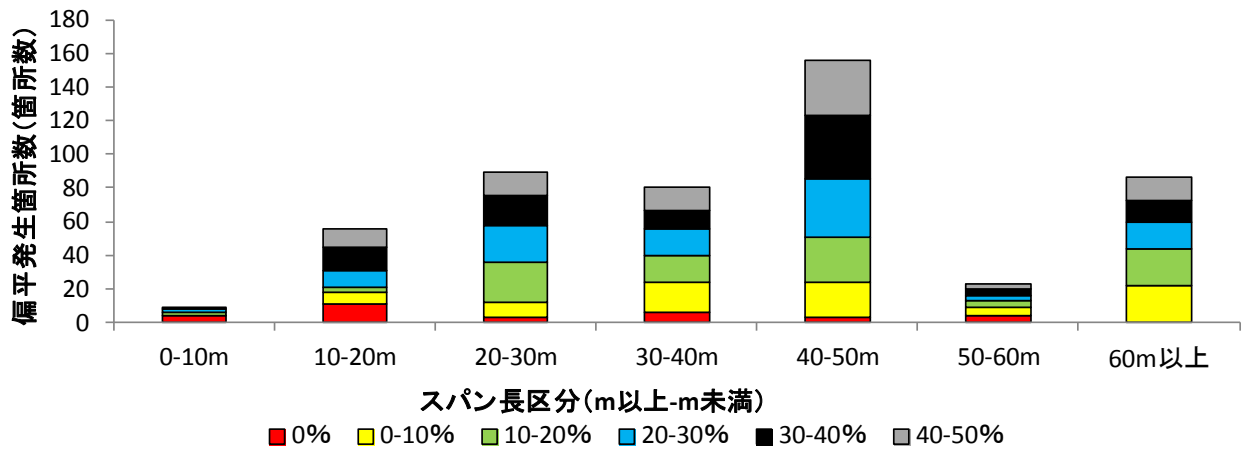


図 3-78 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの異常発生箇所数【偏平】

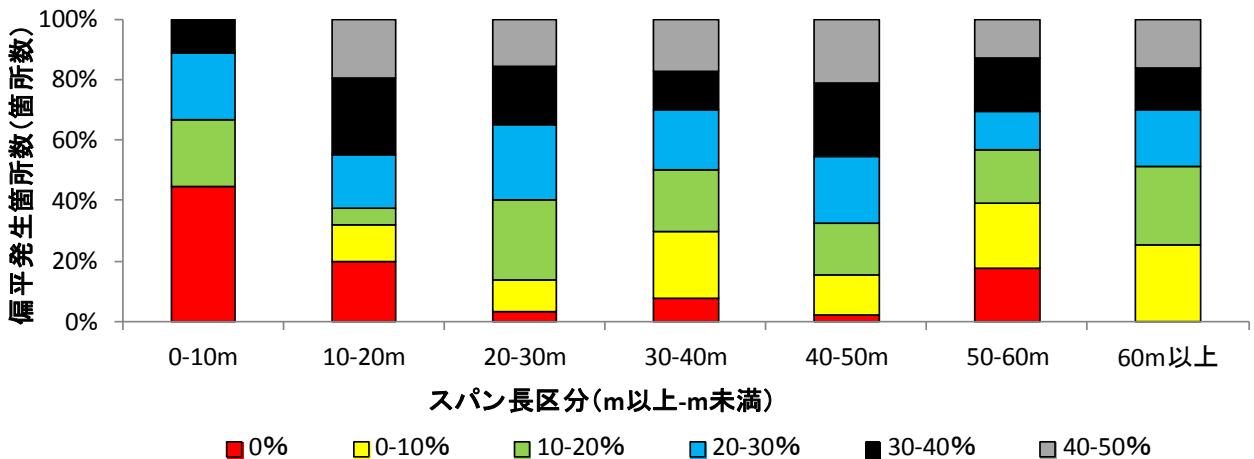


図 3-79 相対的異常発生距離区分別スパン長区分ごとの構成比【偏平】

前述より、以下のことが言える。

- ・破損、浸入水、木根侵入は、管口付近（相対的異常発生距離 0%および 0-10%）で発生している割合が大きい。
- ・継手ズレ、偏平は相対的異常発生距離に顕著な傾向は見られない。
- ・クラック、変形、異常発生箇所数がその他の異常と比較し少なく標本数が小さいため、相対的異常発生距離のバラツキが大きく、適切に傾向を把握することは難しい。

(3) 異常発生位置

異常発生位置別に異常項目ごとの発生しやすさを把握するため、異常項目ごとの発生箇所数を異常発生位置別に集計を行った。異常項目の「継手ズレ」、「偏平」は異常発生位置（図 3-53）を分類できないため、集計から除外する。また、TVカメラ調査の動画データの無い異常についても異前項集計から除外し整理する。

表 3-41 異常項目別異常発生位置ごとの異常発生箇所数および割合

異常項目		異常発生位置			小計	動画データなし	総計
		管頂	管底	側部			
破損	箇所数	41	24	52	117	1	118
	割合(%)	35.0	20.5	44.4	100.0	-	-
クラック	箇所数	10	3	12	25	1	26
	割合(%)	40.0	12.0	48.0	100.0	-	-
浸入水	箇所数	224	57	525	806	7	813
	割合(%)	27.8	7.1	65.1	100.0	-	-
木根侵入	箇所数	18	6	29	53	1	54
	割合(%)	34.0	11.3	54.7	100.0	-	-
変形	箇所数	18	33	3	54	0	54
	割合(%)	33.3	61.1	5.6	100.0	-	-
総計		311	123	621	1,055	10	1,055
割合(%)		29.5	11.7	58.9	100.0	-	-

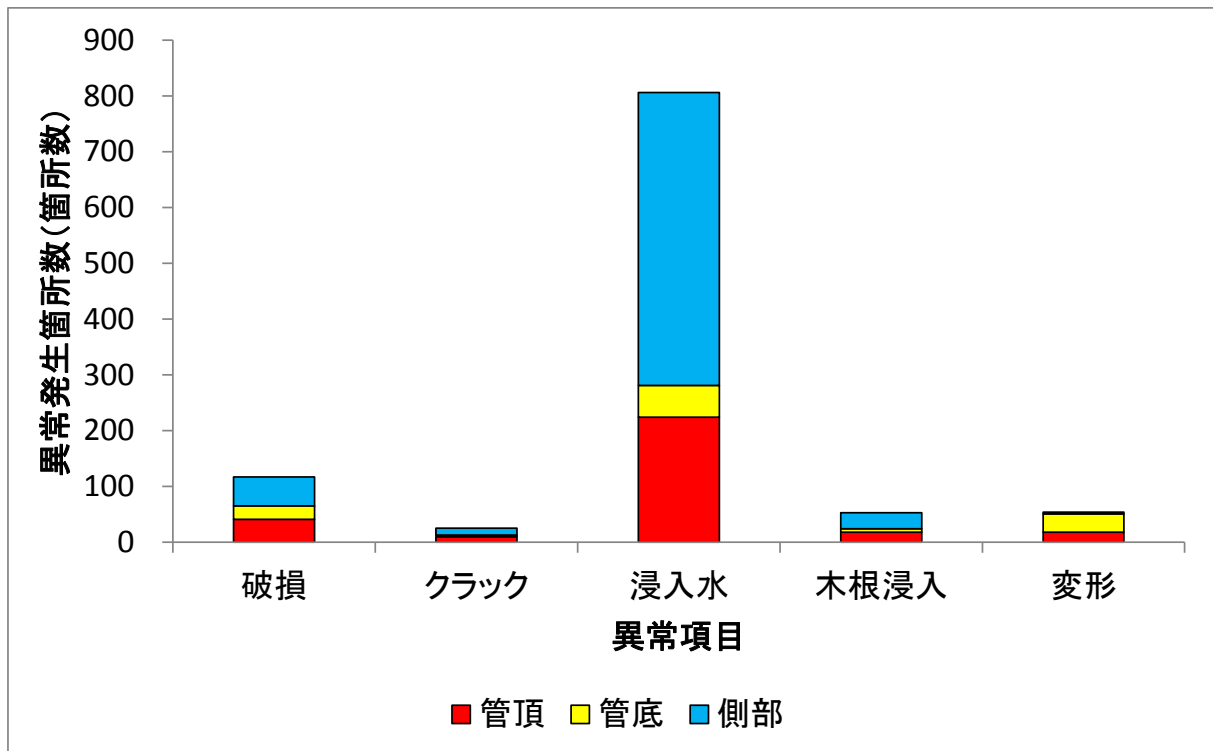


図 3-80 異常項目別異常発生位置ごとの異常発生箇所数

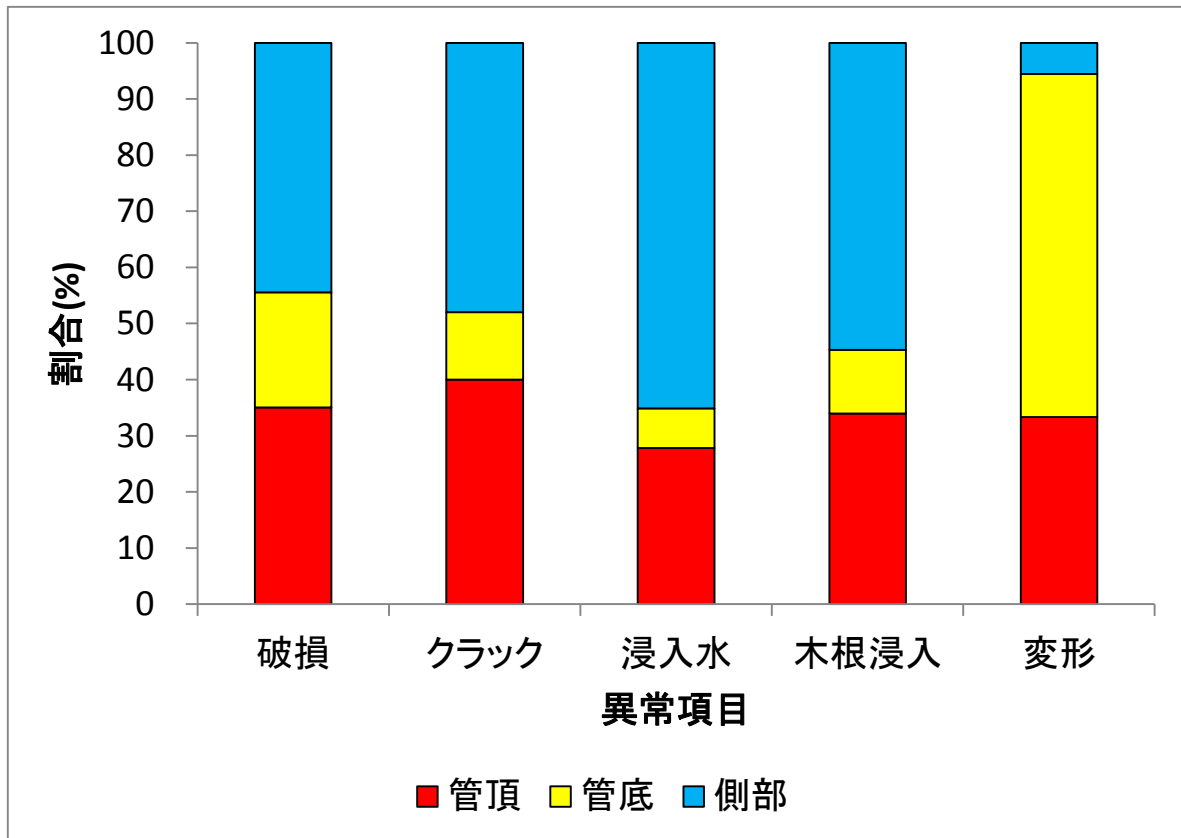


図 3-81 異常項目別異常発生位置ごとの異常発生箇所数の割合

変形以外の異常項目については、側部での発生割合が最も大きい（破損：44%、クラック：48%、浸入水：65%、木根侵入：55%）結果となった。

変形は管底での発生割合が最も大きい（61%）結果となった。

(4) 水深との関連性

本節 3.4 にて対象とした異常について、水深との関連性をまとめた。

管内の水深は次式により求める。

また、水深の計測例を図 3-82 に示す。

$$\text{水深(\%)} = \frac{\text{水深(mm)}}{\text{垂直方向の直径(mm)}} \times 100$$

異常項目ごとに水深区分別異常発生数を表 3-42 に示す。

異常項目別水深区分別異常発生箇所数より、異常が発生しているスパンの管内の水深（%）は、10%未満のものが約 96%である。

以上より、水深の影響をほぼ受けていない調査結果である。

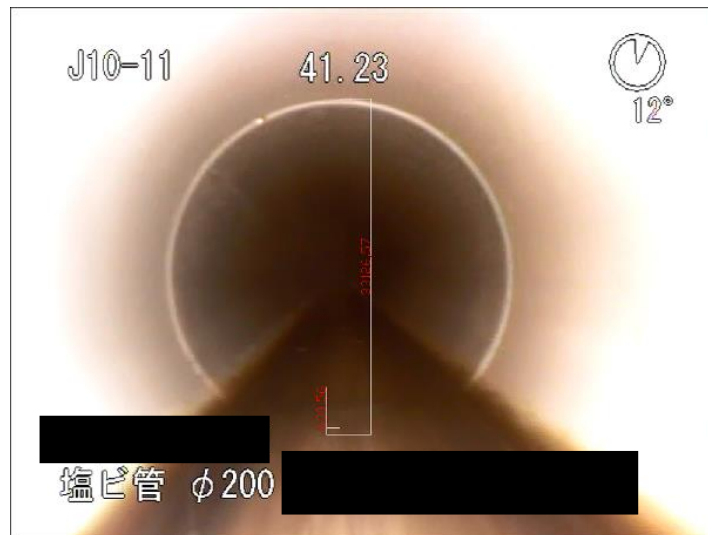


図 3-82 水深の測定例

表 3-42 異常項目別水深区分別異常発生箇所数

異常項目	水深(%以上-%未満)					動画データなし	総計	割合(%)
	2%未満	2-10%	10-15%	15-20%	20%以上			
クラック	9	16	0	0	0	1	26	1.5
継手ズレ	80	89	2	2	0	1	174	10.0
浸入水	265	520	13	5	2	8	813	46.8
破損	55	60	1	0	1	1	118	6.8
変形	33	21	0	0	0	0	54	3.1
木根侵入	33	19	0	1	0	1	54	3.1
偏平	156	314	21	2	6	0	499	28.7
総計	631	1039	37	10	9	12	1738	100.0
割合(%)	36.3	59.8	2.1	0.6	0.5	0.7	100.0	-

3.4.3. 異常項目と各種管属性との関連性の把握

本項では、前項で検討の対象とした構造的異常である「破損」・「クラック」・「偏平」・「変形」、機能的異常（水密性）である「浸入水」、ならびに機能的異常（流下性能）「木根侵入」と、管径・土被り等の施設属性、埋設環境との関連性について分析を行う。

(1) 管径別異常発生箇所数の整理

管径別異常項目別に異常発生箇所数を集計した。また、異常発生箇所数を各管径のスパン総延長で除して、1kmあたりの異常発生箇所数としての集計も行った。

管径別のスパン総延長と管径別異常項目ごとの異常発生箇所数を表 3-43 に示す。また、管径別異常項目ごとの1kmあたりの異常発生箇所数を表 3-44 に示す。

なお、管径が150mm未満と300mm以上に関しては、管径別スパン総延長が1kmあたりの異常発生箇所数に対して小さいため、1kmあたりの異常発生箇所数の集計から除外した。

表 3-43 管径別異常項目ごとの異常発生箇所数

管径 (mm)	スパン総延長 (m)	異常項目							総計
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
100	22	0	0	0	0	0	0	0	0
125	11	0	0	0	0	0	0	0	0
150	37,260	49	9	45	279	1	17	35	435
200	42,545	40	4	90	184	33	9	151	511
250	29,655	23	10	26	303	19	28	271	680
300	3,277	4	3	13	23	1	0	23	67
350	1,063	1	0	0	0	0	0	2	3
400	569	1	0	0	19	0	0	14	34
450	178	0	0	0	5	0	0	3	8
総計	114,579	118	26	174	813	54	54	499	1738

表 3-44 管径別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

管径 (mm)	スパン総延長 (m)	異常項目							総計 (箇所数/km)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
150	37,260	1.32	0.24	1.21	7.49	0.03	0.46	0.94	11.67
200	42,545	0.94	0.09	2.12	4.32	0.78	0.21	3.55	12.01
250	29,655	0.78	0.34	0.88	10.22	0.64	0.94	9.14	22.93
平均	-	1.01	0.22	1.40	7.34	0.48	0.54	4.54	15.54

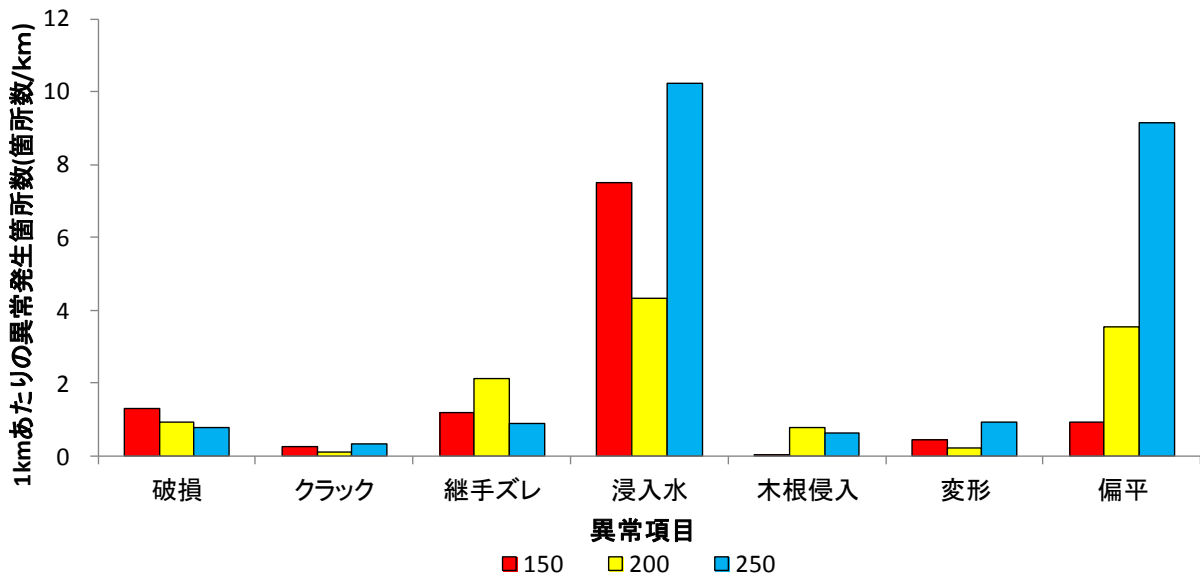


図 3-83 管径別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

管径別異常項目を整理した結果以下の傾向がみられた。

- ・ 偏平は、管径が大きいほど 1km あたりの異常発生箇所数が増加する傾向が見られた。これは、埋設強度計算においては管径が小さい方がたわみに対して強く、理論と TV カメラ調査の実態との整合がとれていると考える。
- ・ 浸入水は、管径に関わらずその他の異常と比較し 1km あたりの発生箇所数は多い。
- ・ 偏平、浸入水以外の異常項目については、管径別での差異は少ない。

上述の整理に加え、異常ランク別の集計を行った。

集計結果を表 3-45～表 3-50、図 3-84～図 3-86 に示す。

なお、破損に関しては a ランクのみ判定基準があり、木根侵入、変形、偏平に関しては a および b ランクのみ判定基準があるため、基準がないランクについては集計の対象外とする。

集計結果より以下の傾向がみられた。

- ・ 浸入水に関しては、異常ランクに関わらず、その他の異常と比較し異常発生箇所数が多い傾向がある。
- ・ 偏平に関しては、b ランクが約 99% を占めており、異常ランクごとの管径による異常発生箇所数の傾向を把握することは難しい。

表 3-45 管径別異常項目ごとの a ランク異常発生箇所数

管径 (mm)	スパン総延長 (m)	異常項目							総計
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
100	22	0	0	0	0	0	0	0	0
125	11	0	0	0	0	0	0	0	0
150	37,260	49	1	0	22	0	1	0	73
200	42,545	40	2	1	12	14	1	0	70
250	29,655	23	3	1	13	4	4	5	53
300	3,277	4	0	0	0	1	0	0	5
350	1,063	1	0	0	0	0	0	0	1
400	569	1	0	0	4	0	0	0	5
450	178	0	0	0	0	0	0	0	0
総計	114,579	118	6	2	51	19	6	5	207

表 3-46 管径別異常項目ごとの 1km あたりの a ランク異常発生箇所数

管径 (mm)	スパン総延長 (m)	異常項目							総計 (箇所数/km)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
150	37,260	1.32	0.03	0.00	0.59	0.00	0.03	0.00	1.96
200	42,545	0.94	0.05	0.02	0.28	0.33	0.02	0.00	1.65
250	29,655	0.78	0.10	0.03	0.44	0.13	0.13	0.17	1.79
平均	-	1.01	0.06	0.02	0.44	0.15	0.06	0.06	1.80

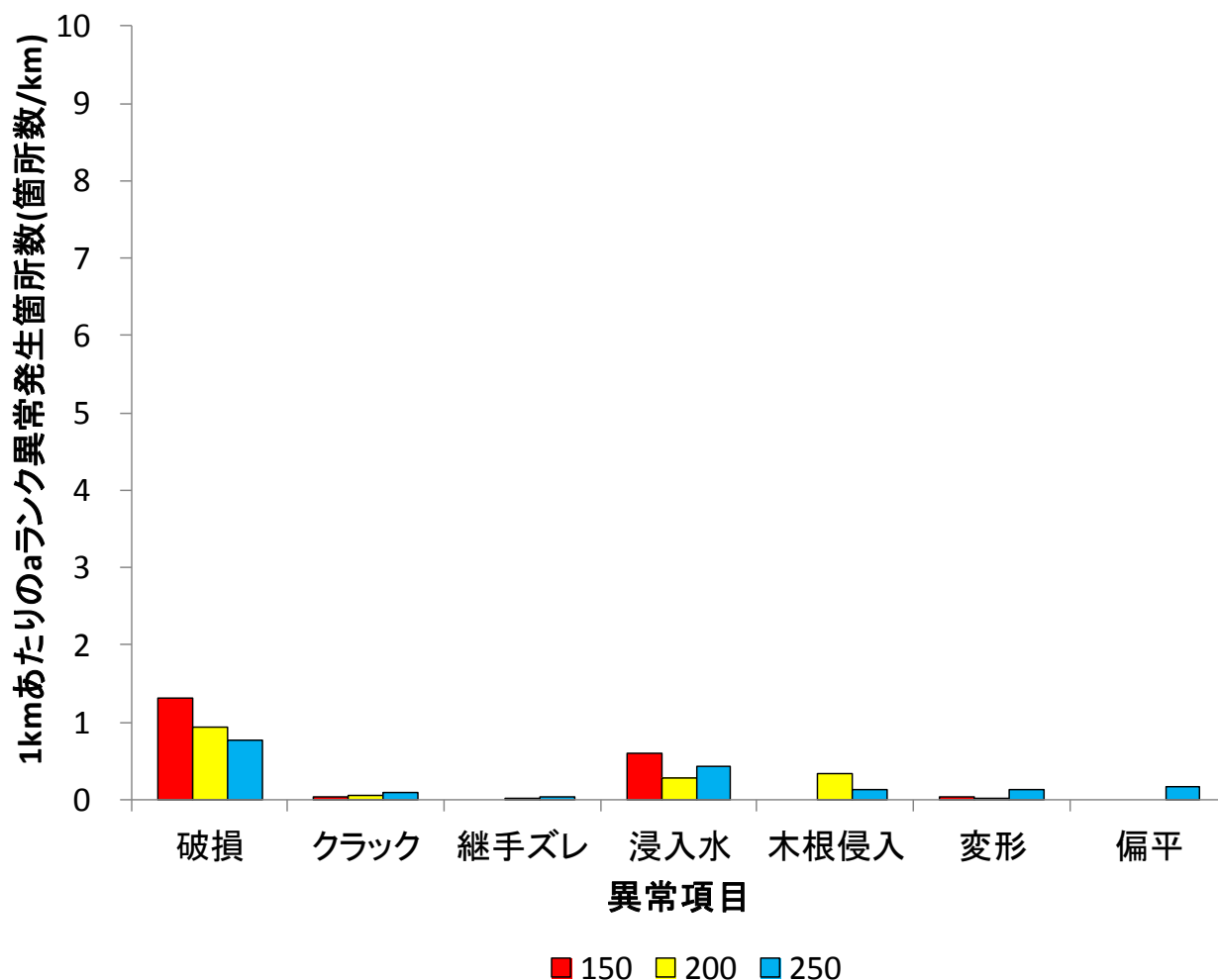


図 3-84 管径別異常項目ごとの 1km あたりの a ランク異常発生箇所数

表 3-47 管径別異常項目ごとのbランク異常発生箇所数

管径 (mm)	スパン総延長 (m)	異常項目							総計
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
100	22	0	0	0	0	0	0	0	0
125	11	0	0	0	0	0	0	0	0
150	37,260	0	2	17	55	1	16	35	126
200	42,545	0	2	56	40	19	8	151	276
250	29,655	0	2	16	60	15	24	266	383
300	3,277	0	3	10	7	0	0	23	43
350	1,063	0	0	0	0	0	0	2	2
400	569	0	0	0	3	0	0	14	17
450	178	0	0	0	3	0	0	3	6
総計	114,579	0	9	99	168	35	48	494	853

表 3-48 管径別異常項目ごとの1kmあたりのbランク異常発生箇所数

管径 (mm)	スパン総延長 (m)	異常項目							総計 (箇所数/km)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
150	37,260	0.00	0.05	0.46	1.48	0.03	0.43	0.94	3.38
200	42,545	0.00	0.05	1.32	0.94	0.45	0.19	3.55	6.49
250	29,655	0.00	0.07	0.54	2.02	0.51	0.81	8.97	12.92
平均	-	0.00	0.06	0.77	1.48	0.33	0.48	4.49	7.59

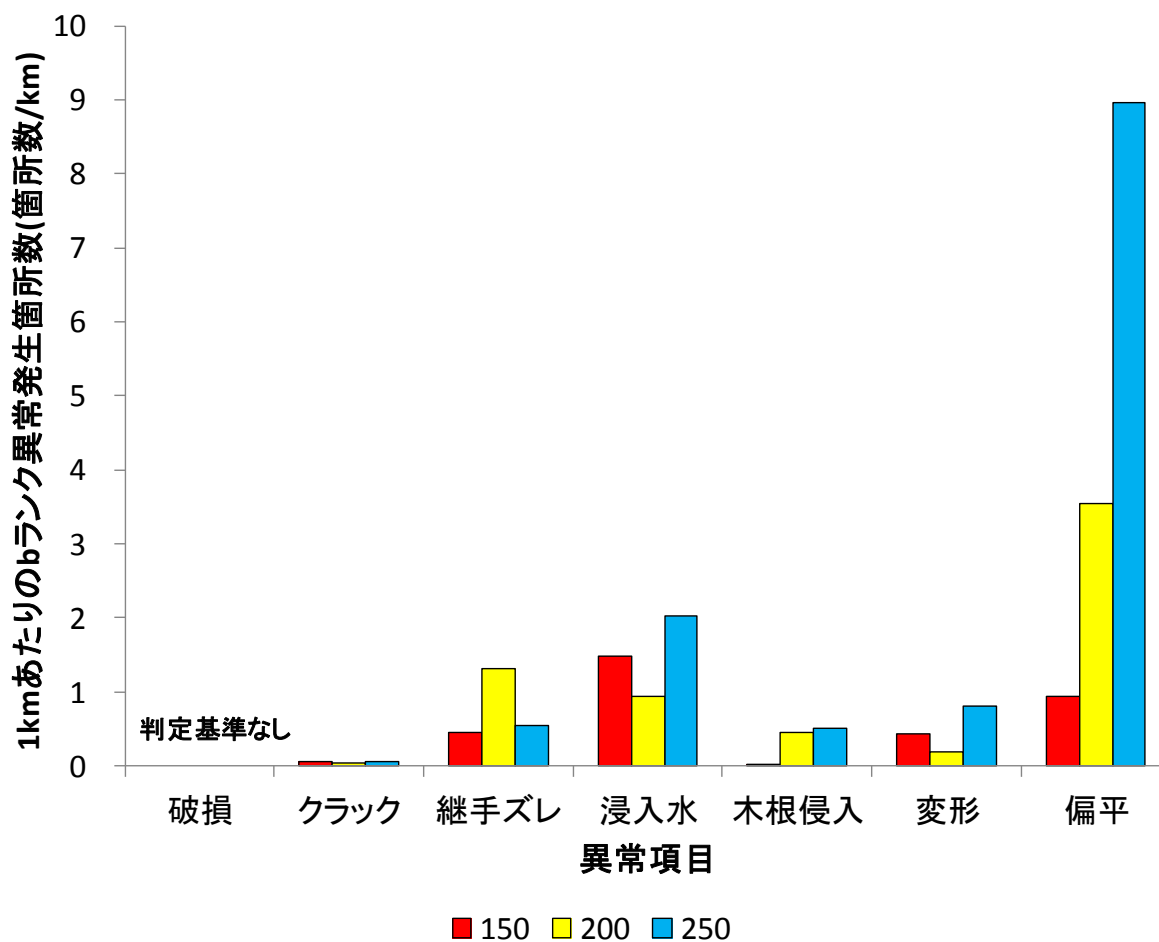


図 3-85 管径別異常項目ごとの1kmあたりのbランク異常発生箇所数

表 3-49 管径別異常項目ごとの c ランク異常発生箇所数

管径 (mm)	スパン総延長 (m)	異常項目							総計	割合 (%)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平		
100	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
125	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
150	37,260	0	6	28	202	0	0	0	236	34.8
200	42,545	0	0	33	132	0	0	0	165	24.3
250	29,655	0	5	9	230	0	0	0	244	36.0
300	3,277	0	0	3	16	0	0	0	19	2.8
350	1,063	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
400	569	0	0	0	12	0	0	0	12	1.8
450	178	0	0	0	2	0	0	0	2	0.3
総計	114,579	0	11	73	594	0	0	0	678	100.0

表 3-50 管径別異常項目ごとの 1km あたりの c ランク異常発生箇所数

管径 (mm)	スパン総延長 (m)	異常項目							総計 (箇所数/km)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
150	37,260	0.00	0.16	0.75	5.42	0.00	0.00	0.00	0.91
200	42,545	0.00	0.00	0.78	3.10	0.00	0.00	0.00	0.78
250	29,655	0.00	0.17	0.30	7.76	0.00	0.00	0.00	0.47
平均	-	0.00	0.11	0.61	5.43	0.00	0.00	0.00	6.15

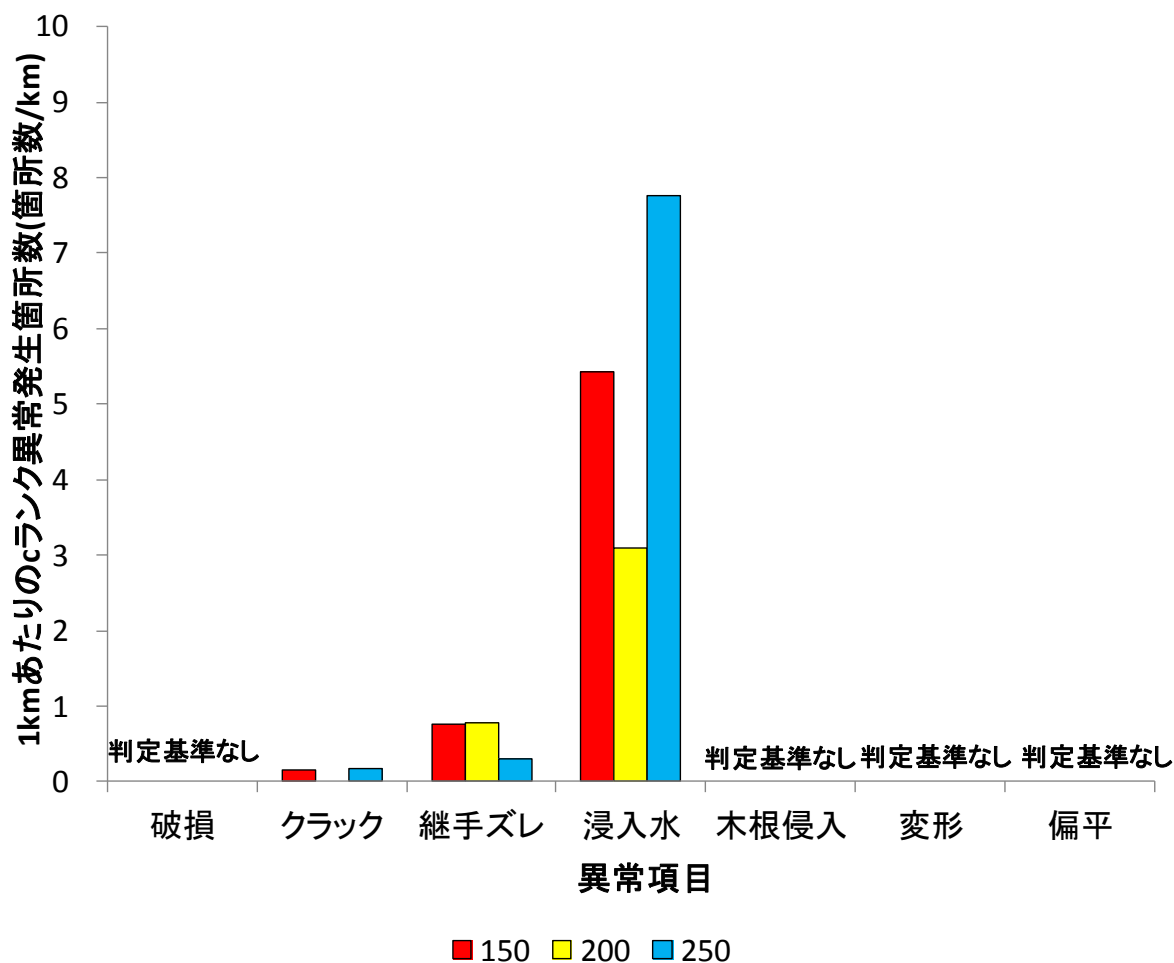


図 3-86 管径別異常項目ごとの 1km あたりの c ランク異常発生箇所数

(2) スパン長区分別異常発生箇所数の整理

スパン延長区分別異常項目別に異常発生箇所数を集計した。また、異常発生箇所数を各スパン延長区分のスパン総延長で除して、1kmあたりの異常発生箇所数としての集計を行った。集計結果を表 3-51、表 3-52 に示す。

スパン延長区分別の集計の結果以下の傾向がみられた。

- ・破損、継手ズレ、浸入水はスパン長が短いほど 1km あたりの異常発生箇所数が多い傾向がみられる。
- ・偏平は、スパン長に関わらず発生の割合は同等程度である。
- ・クラック、木根侵入、変形については、上記異常項目と比較し、発生箇所数も少なく顕著な傾向はみられない。

表 3-51 スパン長区分別異常項目ごとの異常発生箇所数

スパン長区分 (m以上-m未満)	スパン総延長 (m)	異常項目							総計
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
0-10m	3,983	12	1	21	56	4	3	9	106
10-20m	12,948	16	2	45	129	20	6	56	274
20-30m	22,307	35	10	38	142	21	12	89	347
30-40m	23,956	18	5	29	128	4	7	80	271
40-50m	22,908	19	5	9	190	5	10	156	394
50-60m	10,268	5	1	14	87	0	14	23	144
60m以上	18,209	13	2	18	81	0	2	86	202
総計	114,579	118	26	174	813	54	54	499	1738

表 3-52 スパン長区分別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

スパン長区分 (m以上-m未)	スパン総延長 (m)	異常項目							総計 (箇所数/km)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
0-10m	3,983	3.01	0.25	5.27	14.06	1.00	0.75	2.26	26.62
10-20m	12,948	1.24	0.15	3.48	9.96	1.54	0.46	4.33	21.16
20-30m	22,307	1.57	0.45	1.70	6.37	0.94	0.54	3.99	15.56
30-40m	23,956	0.75	0.21	1.21	5.34	0.17	0.29	3.34	11.31
40-50m	22,908	0.83	0.22	0.39	8.29	0.22	0.44	6.81	17.20
50-60m	10,268	0.49	0.10	1.36	8.47	0.00	1.36	2.24	14.02
60m以上	18,209	0.71	0.11	0.99	4.45	0.00	0.11	4.72	11.09
平均	-	1.23	0.21	2.06	8.14	0.55	0.57	3.96	16.71

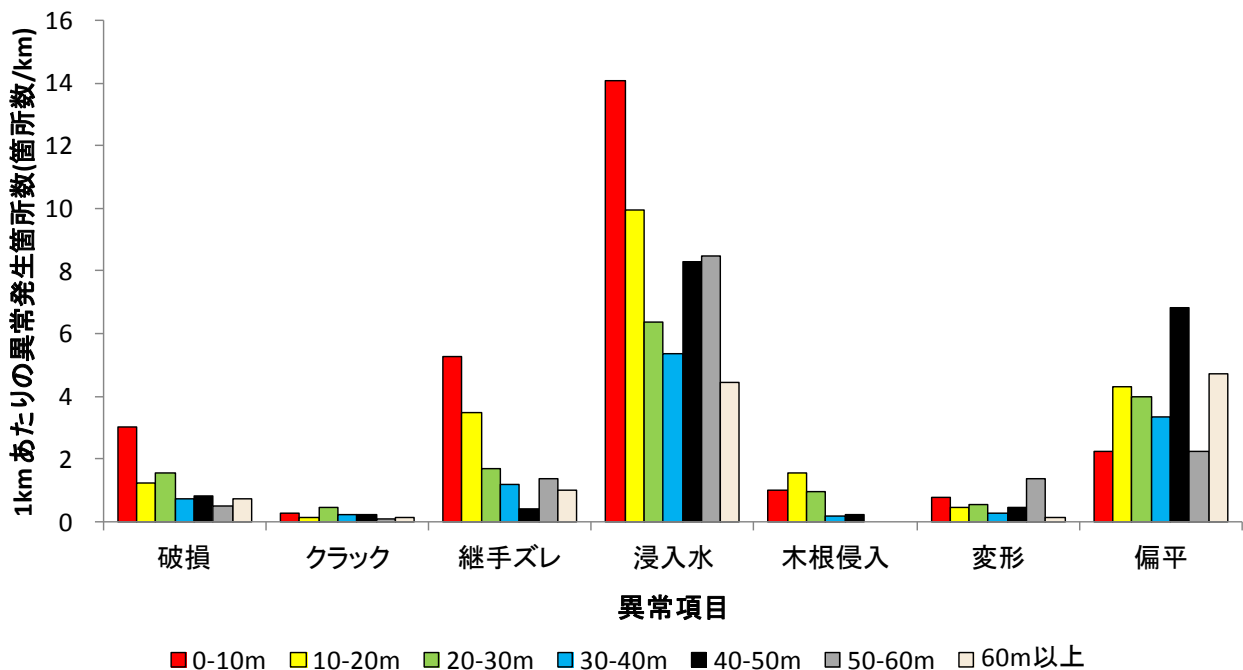


図 3-87 スパン長区分別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

(3) 管本数別異常発生箇所数の整理

管本数別異常項目ごとの異常発生箇所数の集計を行った。

また、異常発生箇所数を各管本数のスパン総延長で除して、1km あたりの異常発生箇所数としての集計も合わせて行った。

管本数別異常項目ごとの異常発生箇所数を表 3-53、管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数を表 3-54 に示す。

管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数の集計において、管本数が 25 本以上の場合、異常発生箇所数が少なく、管本数別の分析を行うには標本数が少ないと考える。

したがって、管本数が 24 本以下における異常発生箇所数において管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数の集計を行った。

管本数別異常発生箇所数の整理より以下の傾向が見られた。

- ・破損、継手ズレ、浸入水は管本数が少ない程 1km あたりの異常発生箇所数が多い。これは、スパン長区分別集計における傾向と同じであり、管本数が少ない程スパン延長が短いことと管径があると考えられる。
- ・破損、継手ズレ、浸入水以外の異常項目については、管本数による異常発生箇所数に対して顕著な傾向は見られない。
- ・管本数別による異常発生数の傾向について、スパン延長との相関以外に管本数別における顕著な傾向は見られない。

表 3-53 管本数別異常項目ごとの異常発生箇所数

管本数 (本)	スパン延長 (m)	スパン数 (スパン)	異常項目							総計
			破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
1	360	114	0	0	0	4	0	0	2	6
2	1,471	275	6	0	0	14	2	0	0	22
3	2,025	243	6	0	10	20	0	1	5	42
4	3,752	320	8	1	14	38	9	6	19	95
5	5,057	324	1	1	7	48	3	1	29	90
6	6,568	343	11	2	19	69	14	1	29	145
7	7,668	335	12	0	27	45	8	9	27	128
8	9,099	347	7	1	20	53	8	2	25	116
9	8,443	278	8	4	15	42	1	0	26	96
10	8,473	255	6	0	3	60	1	1	39	110
11	7,638	205	10	3	8	36	1	6	78	142
12	9,012	220	6	1	1	50	3	7	47	115
13	6,397	152	3	8	6	56	3	2	38	116
14	3,861	92	0	0	2	25	0	9	28	64
15	4,120	89	2	2	0	19	1	0	12	36
16	3,090	68	3	1	3	16	0	0	4	27
17	2,544	49	2	0	6	10	0	2	1	21
18	1,795	32	2	0	3	6	0	0	6	17
19	2,595	45	2	0	2	12	0	0	19	35
20	2,104	35	0	0	2	10	0	5	4	21
21	1,876	32	2	0	1	20	0	0	11	34
22	1,996	33	3	0	1	30	0	0	4	38
23	1,650	25	0	0	2	11	0	0	17	30
24	1,659	27	2	0	2	12	0	0	17	33
25	861	14	0	0	1	0	0	1	0	2
26	1,053	16	0	0	0	6	0	0	7	13
27	729	11	2	0	2	8	0	1	1	14
28	1,216	18	0	0	1	12	0	0	3	16
29	1,068	17	2	2	2	32	0	0	0	38
30	468	8	0	0	1	4	0	0	0	5
31	499	8	0	0	2	2	0	0	0	4
32	947	14	5	0	5	8	0	0	0	18
33	583	9	0	0	1	4	0	0	0	5
34	234	3	0	0	2	5	0	0	0	7
35	515	8	1	0	1	4	0	0	0	6
36	285	4	0	0	0	1	0	0	0	1
37	422	6	0	0	0	3	0	0	0	3
38	392	6	0	0	0	0	0	0	0	0
39	252	3	1	0	0	3	0	0	0	4
40	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
41	223	3	1	0	0	0	0	0	0	1
42	175	3	0	0	0	1	0	0	0	1
43	43	1	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	404	8	2	0	1	4	0	0	1	8
46	90	2	0	0	1	1	0	0	0	2
47	78	2	0	0	0	2	0	0	0	2
48	48	1	0	0	0	0	0	0	0	0
49	136	3	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	52	1	0	0	0	2	0	0	0	2
53	43	1	1	0	0	0	0	0	0	1
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	104	2	0	0	0	4	0	0	0	4
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	49	1	1	0	0	1	0	0	0	2
60	60	1	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	125	2	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	70	1	0	0	0	0	0	0	0	0
総計	114,579	4116	118	26	174	813	54	54	499	1738

表 3-54 管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

管本数 (本)	スパン延長 (m)	スパン数 (スパン)	異常項目							総計 (箇所数/km)
			破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
1	360	114	0.00	0.00	0.00	11.11	0.00	0.00	5.56	16.67
2	1,471	275	4.08	0.00	0.00	9.52	1.36	0.00	0.00	14.96
3	2,025	243	2.96	0.00	4.94	9.88	0.00	0.49	2.47	20.74
4	3,752	320	2.13	0.27	3.73	10.13	2.40	1.60	5.06	25.32
5	5,057	324	0.20	0.20	1.38	9.49	0.59	0.20	5.73	17.80
6	6,568	343	1.67	0.30	2.89	10.51	2.13	0.15	4.42	22.08
7	7,668	335	1.57	0.00	3.52	5.87	1.04	1.17	3.52	16.69
8	9,099	347	0.77	0.11	2.20	5.82	0.88	0.22	2.75	12.75
9	8,443	278	0.95	0.47	1.78	4.97	0.12	0.00	3.08	11.37
10	8,473	255	0.71	0.00	0.35	7.08	0.12	0.12	4.60	12.98
11	7,638	205	1.31	0.39	1.05	4.71	0.13	0.79	10.21	18.59
12	9,012	220	0.67	0.11	0.11	5.55	0.33	0.78	5.22	12.76
13	6,397	152	0.47	1.25	0.94	8.75	0.47	0.31	5.94	18.13
14	3,861	92	0.00	0.00	0.52	6.47	0.00	2.33	7.25	16.57
15	4,120	89	0.49	0.49	0.00	4.61	0.24	0.00	2.91	8.74
16	3,090	68	0.97	0.32	0.97	5.18	0.00	0.00	1.29	8.74
17	2,544	49	0.79	0.00	2.36	3.93	0.00	0.79	0.39	8.25
18	1,795	32	1.11	0.00	1.67	3.34	0.00	0.00	3.34	9.47
19	2,595	45	0.77	0.00	0.77	4.62	0.00	0.00	7.32	13.49
20	2,104	35	0.00	0.00	0.95	4.75	0.00	2.38	1.90	9.98
21	1,876	32	1.07	0.00	0.53	10.66	0.00	0.00	5.87	18.13
22	1,996	33	1.50	0.00	0.50	15.03	0.00	0.00	2.00	19.03
23	1,650	25	0.00	0.00	1.21	6.67	0.00	0.00	10.30	18.18
24	1,659	27	1.21	0.00	1.21	7.23	0.00	0.00	10.24	19.89
総計	-	-	1.06	0.16	1.40	7.33	0.41	0.47	4.64	15.47

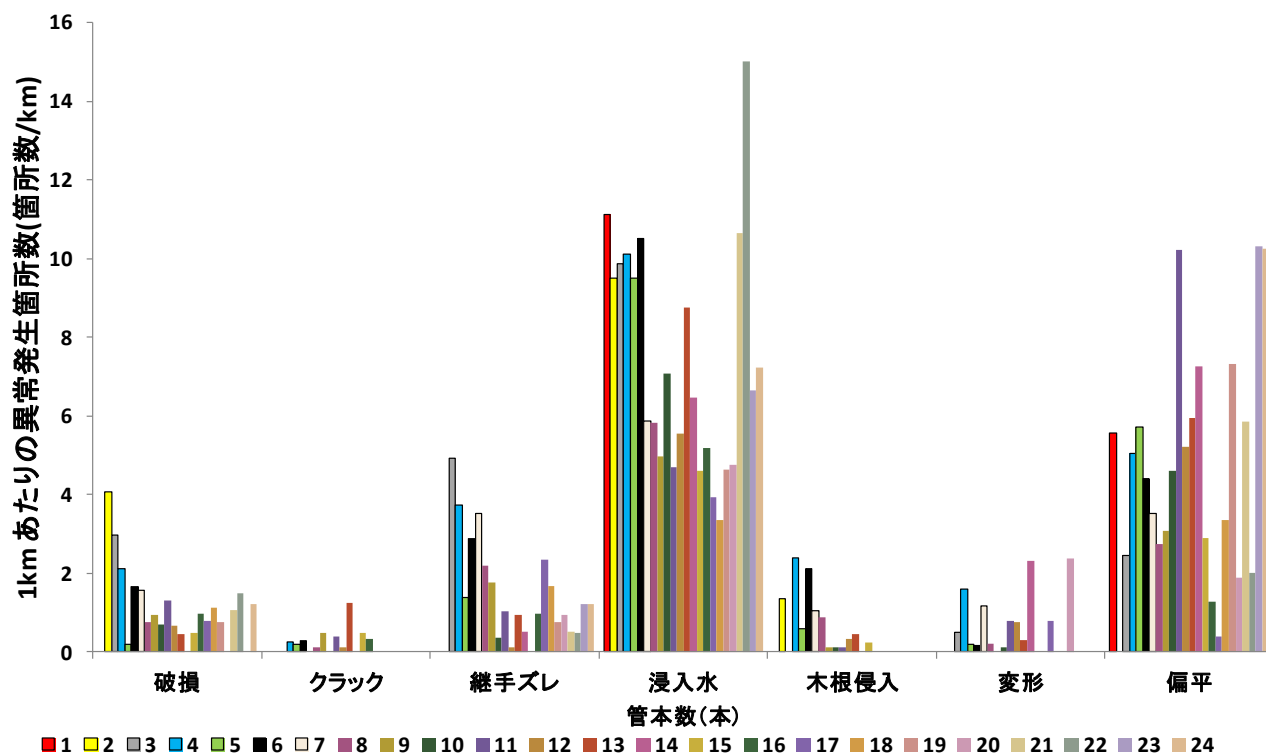


図 3-88 管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

(4) 取付管本数別異常発生箇所数の整理

取付管本数別異常項目ごとの異常発生箇所数の集計を行った。

また、異常発生箇所数を各取付管本数のスパン総延長で除して、1km あたりの異常発生箇所数としての集計も行った。

取付管本数別異常項目ごとの異常発生箇所数を表 3-55、取付管本数別異常項目ごとの集計結果を表

3-57 に示す。

取付管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数の集計において、取付管本数が 9 本以上の場合、異常発生箇所数が少なく、取付管本数別の分析を行うには標本数が少ないと考える。

したがって、取付管本数が 8 本以下における異常発生箇所数において管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数の集計を行った。

取付管本数別異常発生箇所数の整理より以下の傾向が見られた。

- ・ 浸入水と木根侵入の 1km あたりの発生箇所数は、取付管本数が大きい程大きくなる傾向が見られる。これは、取付管口では隙間が生じやすく、そこから浸入水や木根侵入が生じているためと考えられる。「3.4.2 異常発生部位の検討」における検討結果からも取付管口における異常の割合が浸入水と木根侵入が大半を占めていることが分かっており、本集計結果と整合が取れていると考える。
- ・ 浸入水と木根侵入以外の異常項目に関しては、異常発生箇所数と取付管本数の間に明確な関連性は見られない。

表 3-55 取付管本数別異常項目ごとの異常発生箇所数

取付管本数 (本)	スパン延長 (m)	スパン数 (スパン)	異常項目							総計
			破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
0	34,320	1629	38	4	46	245	7	15	247	602
1	18,227	730	14	0	18	89	5	7	63	196
2	16,272	551	15	3	22	98	5	3	58	204
3	13,192	405	12	7	42	96	11	8	37	213
4	9,719	272	9	5	23	73	10	2	19	141
5	7,261	188	13	3	3	67	3	1	25	115
6	4,771	117	9	1	3	48	9	13	23	106
7	3,296	74	2	0	8	26	0	2	15	53
8	2,697	55	0	2	5	29	2	0	8	46
9	1,469	29	4	0	1	15	0	0	2	22
10	1,380	27	2	1	2	4	1	3	0	13
11	752	14	0	0	1	1	1	0	2	5
12	607	11	0	0	0	2	0	0	0	2
13	170	3	0	0	0	0	0	0	0	0
14	178	4	0	0	0	0	0	0	0	0
15	75	2	0	0	0	0	0	0	0	0
16	66	2	0	0	0	0	0	0	0	0
17	30	1	0	0	0	0	0	0	0	0
18	96	2	0	0	0	20	0	0	0	20
総計	114,579	4116	118	26	174	813	54	54	499	1738

表 3-56 取付管本数別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

取付管本数 (本)	スパン延長 (m)	スパン数 (スパン)	異常項目							総計 (箇所数/km)
			破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
0	34,320	1629	1.11	0.12	1.34	7.14	0.20	0.44	7.20	17.54
1	18,227	730	0.77	0.00	0.99	4.88	0.27	0.38	3.46	10.75
2	16,272	551	0.92	0.18	1.35	6.02	0.31	0.18	3.56	12.54
3	13,192	405	0.91	0.53	3.18	7.28	0.83	0.61	2.80	16.15
4	9,719	272	0.93	0.51	2.37	7.51	1.03	0.21	1.95	14.51
5	7,261	188	1.79	0.41	0.41	9.23	0.41	0.14	3.44	15.84
6	4,771	117	1.89	0.21	0.63	10.06	1.89	2.72	4.82	22.22
7	3,296	74	0.61	0.00	2.43	7.89	0.00	0.61	4.55	16.08
8	2,697	55	0.00	0.74	1.85	10.75	0.74	0.00	2.97	17.05
平均	-	-	0.99	0.30	1.62	7.86	0.63	0.59	3.86	15.85

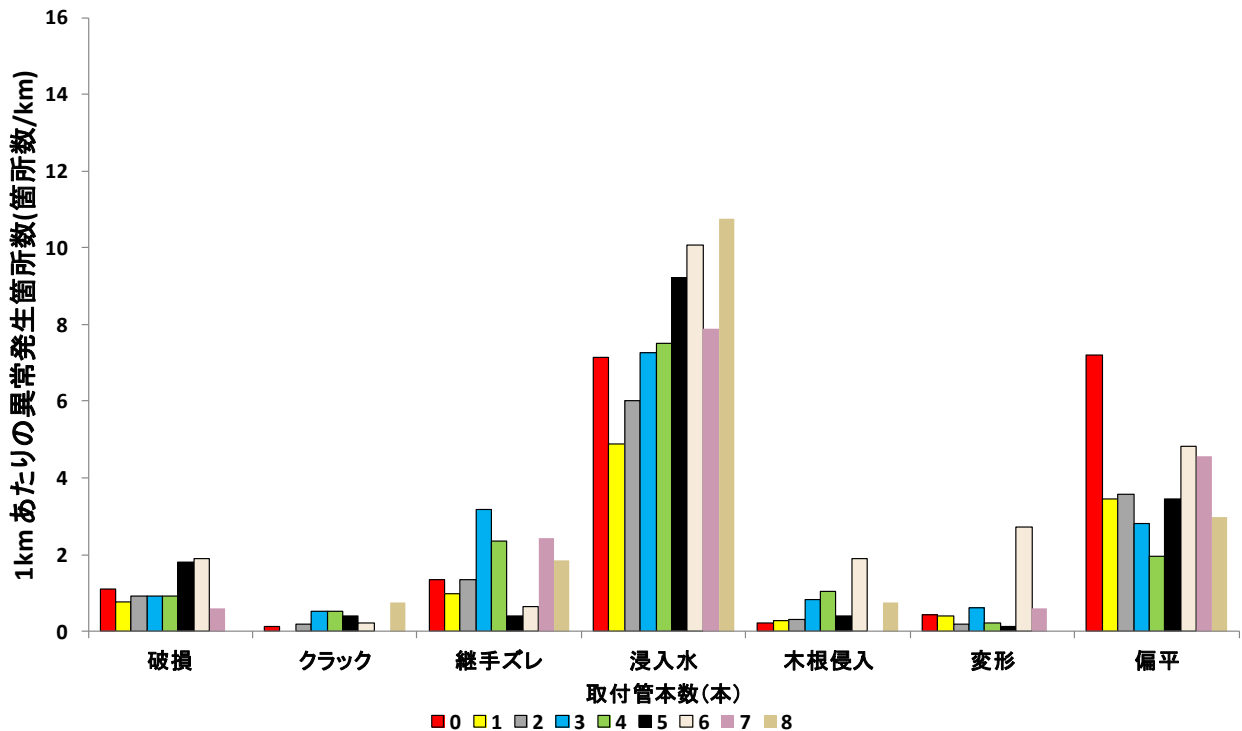


図 3-89 取付管本数別異常項目ごとの異常発生箇所数の割合

(5) 土被り区分別異常発生箇所数の整理

土被り区分別異常項目ごとに異常発生箇所および割合を集計した。

土被り区分別異常項目ごとに異常発生箇所数を表 3-57 に示し、また、異常発生箇所数を各土被りのスパン総延長で除して、1km あたりの異常発生箇所数としての集計結果を表 3-58 と図 3-90 に示す。

土被り別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数の集計において、土被りが 4m 以上の場合、異常発生箇所数が少なく、土被り別の分析を行うには標本数がすくないと考える。

したがって、土被り 4m 以上は統合し集計を行い、土被りが不明なデータについては集計には含めずに土被り別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数の集計を行った。

土被り別異常発生箇所数の整理より以下の傾向が見られた。

- ・破損は、土被りが小さいほど 1km あたりの異常発生箇所数が増加する傾向が見られた。これは、土被りが活荷重による繰り返し荷重による振動により破壊が生じた可能性、あるいは近接する水道管やガス管等の工事による影響の可能性が考えられる。
- ・継手ズレは、土被りが小さいほど 1km あたりの異常発生箇所数が増加する傾向が見られた。これは、土被りが活荷重による繰り返し荷重による振動により継手ズレが生じた可能性がある。
- ・浸入水は、土被り 4m 以上の場合の 1km あたりの異常発生箇所数が顕著に多い。これは、土被り大きいほど地下水位との水頭差が大きくなり、浸入水が生じやすくなったと考える。
- ・木根侵入は、土被りが小さいほど 1km あたりの異常発生箇所数が増加する傾向が見られた。これは、街路樹の木根は、土被り 1m 未満において最も成長している可能性によるものと考えられる。
- ・偏平は、土被りが大きいほど 1km あたりの異常発生箇所数が増加する傾向が見られた。これは、

土被りが大きいほど土圧が大きくなるためだと考える。

- ・クラック、変形に関しては、異常発生箇所数が小さいため、土被りの異常発生箇所数への影響を把握することは難しいと考える。

表 3-57 土被り区分別異常項目ごとの異常発生箇所数

土被り区分 (m以上-m未満)	スパン総延長(m)	異常項目								総計	割合 (%)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平			
1m未満	5,814	20	0	45	27	25	3	8	128	7.4	
1-2m	64,541	67	10	97	378	20	23	139	734	42.2	
2-3m	18,612	12	6	13	107	2	8	60	208	12.0	
3-4m	5,018	4	0	2	30	0	0	26	62	3.6	
4-5m	1,636	3	1	0	59	0	1	18	82	4.7	
5-6m	588	1	0	1	35	0	0	1	38	2.2	
6-7m	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	
7-8m	113	0	0	0	2	0	0	0	2	0.0	
不明	18,232	11	9	16	175	7	19	247	484	27.8	
総計	114,579	118	26	174	813	54	54	499	1738	100.0	
割合(%)	-	6.8	1.5	10.0	46.8	3.1	3.1	28.7	100.0	-	

表 3-58 土被り区分別異常項目ごとの 1kmあたりの異常発生箇所数

土被り区分 (m以上-m未満)	スパン総延長(m)	異常項目								総計 (箇所数/km)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平		
1m未満	5,814	3.44	0.00	7.74	4.64	4.30	0.52	1.38	22.02	
1-2m	64,541	1.04	0.15	1.50	5.86	0.31	0.36	2.15	11.37	
2-3m	18,612	0.64	0.32	0.70	5.75	0.11	0.43	3.22	11.18	
3-4m	5,018	0.80	0.00	0.40	5.98	0.00	0.00	5.18	12.36	
4m以上	2,363	1.69	0.42	0.42	40.62	0.00	0.42	8.04	51.62	
平均	-	1.52	0.18	2.15	12.57	0.94	0.35	3.99	21.71	
総計	88,966	7.61	0.90	10.76	62.85	4.72	1.73	19.97	108.54	

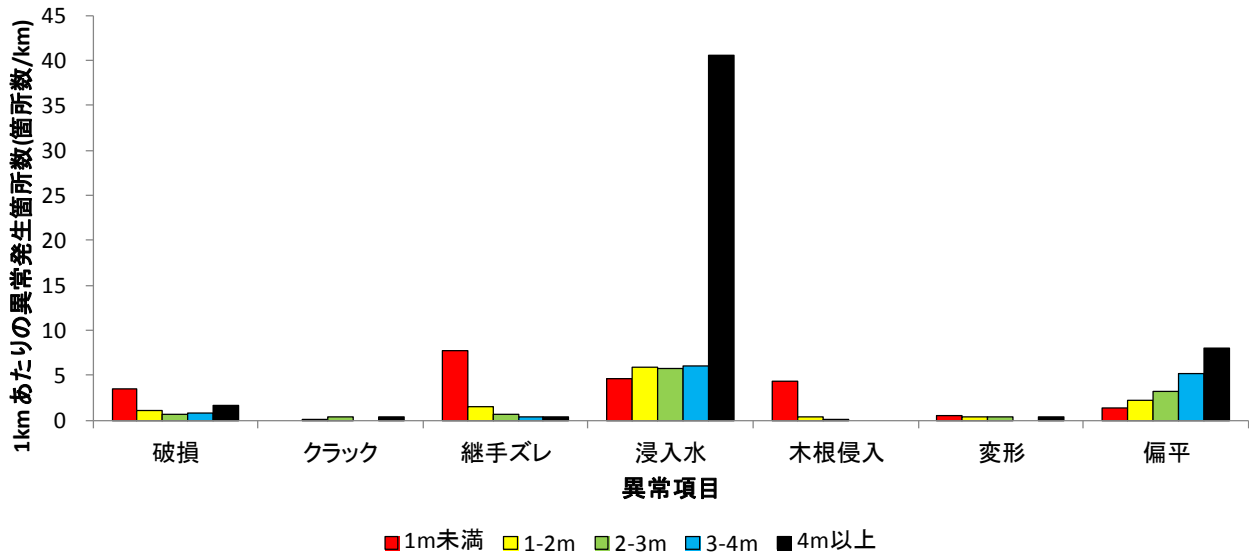


図 3-90 土被り区分別異常項目ごとの 1kmあたりの異常発生箇所数

(6) 道路区分別異常発生箇所数の整理

道路区分別異常項目ごとに異常発生箇所数及び割合を集計した。

道路区分別異常項目ごとに異常発生箇所数を表 3-59 に示し、また、異常発生箇所数を各道路区分のスパン総延長で除して、1kmあたりの異常発生箇所数としての集計を表 3-60 と図 3-91 に示す。

なお、道路区分が私道のスパン総延長は他と比較し小さいため、集計から除外した。また、不明についても集計から除外した。

市町村道の各異常項目の1kmあたりの異常発生箇所数は、0.04 (クラック) ~0.65 (浸入水) であり、1kmあたりの異常発生箇所数が少ないものは、25kmあたりに1箇所程度しか発生しない。つまり、都道府県道と国道はそれぞれ約5km、2km程度しかデータがないため、適切に道路区分別の1kmあたりの異常発生箇所数の傾向を把握することは難しいと考える。

表 3-59 道路区分別異常項目ごとの異常発生箇所数

道路区分	スパン総延長 (m)	異常項目							総計	割合 (%)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平		
市町村道	96,851	101	22	160	634	34	48	398	1397	80.4
都道府県道	4,871	1	0	8	59	0	1	10	79	4.5
国道	1,892	0	2	2	11	0	1	1	17	1.0
私道	339	9	0	2	6	18	2	3	40	2.3
不明	10,625	7	2	2	103	2	2	87	205	11.8
総計	114,579	118	26	174	813	54	54	499	1738	100.0
割合 (%)	-	6.8	1.5	10.0	46.8	3.1	3.1	28.7	100.0	-

表 3-60 道路区分別異常項目ごとの1kmあたりの異常発生箇所数

道路区分	スパン総延長 (m)	異常項目							総計 (箇所数/km)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
市町村道	96,851	0.10	0.02	0.17	0.65	0.04	0.05	0.41	1.44
都道府県道	4,871	0.02	0.00	0.16	1.21	0.00	0.02	0.21	1.62
国道	1,892	0.00	0.11	0.11	0.58	0.00	0.05	0.05	0.90
平均	-	0.04	0.04	0.15	0.82	0.01	0.04	0.22	1.32

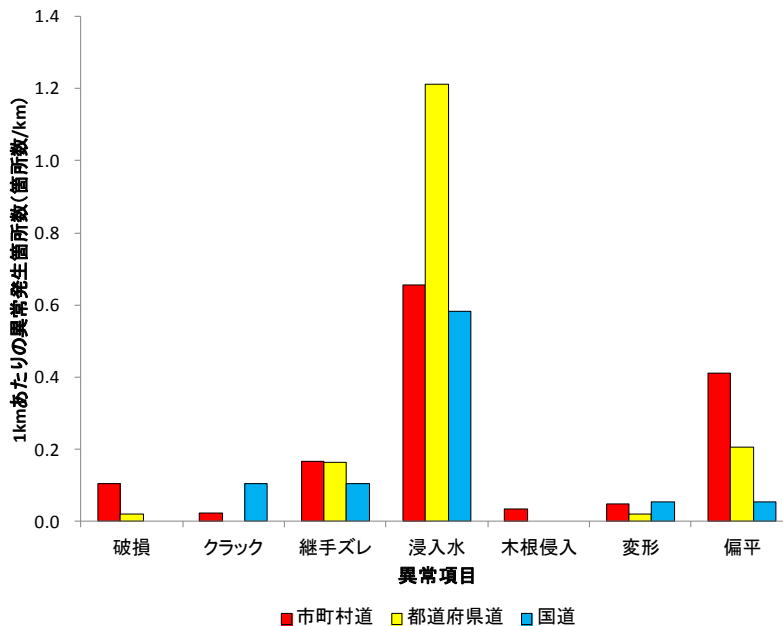


図 3-91 道路区分別異常項目ごとの1kmあたりの異常発生箇所数

(7) 歩車道区分別異常発生箇所数の整理

歩車道区分別異常項目ごとに異常発生箇所数及び割合を集計した。

歩車道区分別異常項目ごとに異常発生箇所数を表 3-61 に示し、また、異常発生箇所数を各歩車道区分のスパン総延長で除して、1kmあたりの異常発生箇所数としての集計を表 3-62 と図 3-92 に示す。

なお、歩車道区分が市有地のスパン総延長は他と比較し小さいため、集計から除外した。また、不明についても集計から除外した。

歩車道区分別異常発生箇所数の整理より以下の傾向が見られた。

- ・ 木根侵入は歩道の方が 1km あたりの異常発生箇所数が多い。これは、歩道には街路樹があり、街路樹に近接して埋設されていることが原因と考える。

表 3-61 歩車道区分別異常項目ごとの異常発生箇所数

歩車道区分	スパン総延長 (m)	異常項目							総計	割合 (%)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平		
車道	72,897	67	14	131	532	21	28	309	1102	63.4
歩道	7,708	13	1	13	24	16	11	31	109	6.3
市有地	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
不明	33,925	38	11	30	257	17	15	159	527	30.3
総計	114,579	118	26	174	813	54	54	499	1738	100.0
割合 (%)	-	6.8	1.5	10.0	46.8	3.1	3.1	28.7	100.0	-

表 3-62 歩車道区分別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

歩車道区分	スパン総延長 (m)	異常項目							総計 (箇所数/km)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
車道	72,897	0.92	0.19	1.80	7.30	0.29	0.38	4.24	15.12
歩道	7,708	1.69	0.13	1.69	3.11	2.08	1.43	4.02	14.14
平均	-	1.30	0.16	1.74	5.21	1.18	0.91	4.13	14.63

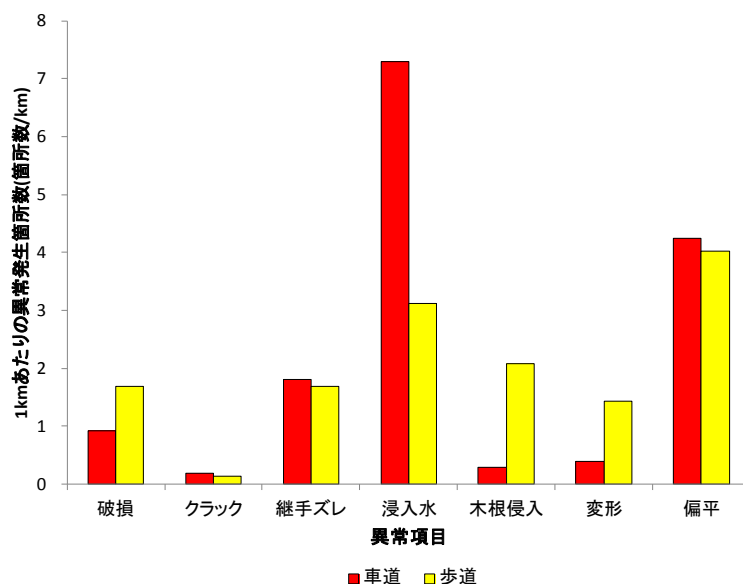


図 3-92 歩車道区分別異常項目ごとの 1km あたりの異常発生箇所数

(8) 施工方法別異常発生箇所数の整理

施工方法別異常項目ごとに異常発生箇所数及び割合を集計した。

施工方法別異常項目ごとに異常発生箇所数を表 3-63 に示し、また、異常発生箇所数を各施工方法のスパン総延長で除して、1km 当たりの異常発生箇所数としての集計を表 3-64 と図 3-93 に示す。

なお、施工方法が不明な場合は、土被りが 3m 以下のものを開削工法と想定し、3m 以上のものを推進工法と想定して集計を行った。施工方法が不明かつ土被りが不明だった 476 箇所の異常項目については、集計から除外した。

施工法区分別異常発生箇所数の整理より以下の傾向が見られた。

- ・ 浸入水、偏平は推進工法の方が 1km あたりの異常発生箇所数が多い。これは、推進工法は概ね土被りが 4m 以上の場合に適用されるため、土被り別の異常発生箇所数と同じ傾向が見られる。

表 3-63 施工方法別異常項目ごとの異常発生箇所数

施工方法	スパン総延長 (m)	異常項目							総計	割合 (%)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平		
開削(開削想定含む)	91,325	102	16	156	526	50	35	210	1095	63.0
推進(推進想定含む)	5,191	5	1	2	115	0	1	43	167	9.6
不明	18,063	11	9	16	172	4	18	246	476	27.4
総計	114,579	118	26	174	813	54	54	499	1738	100.0
割合(%)	-	6.8	1.5	10.0	46.8	3.1	3.1	28.7	100.0	-

表 3-64 施工方法別異常項目ごとの 1km あたり異常発生箇所数

施工方法	スパン総延長 (m)	異常項目						総計 (箇所数/km)	
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形		偏平
開削(開削想定含む)	91,325	1.12	0.18	1.71	5.76	0.55	0.38	2.30	11.99
推進(推進想定含む)	5,191	0.96	0.19	0.39	22.15	0.00	0.19	8.28	32.17
平均	-	1.04	0.18	1.05	13.96	0.27	0.29	5.29	22.08

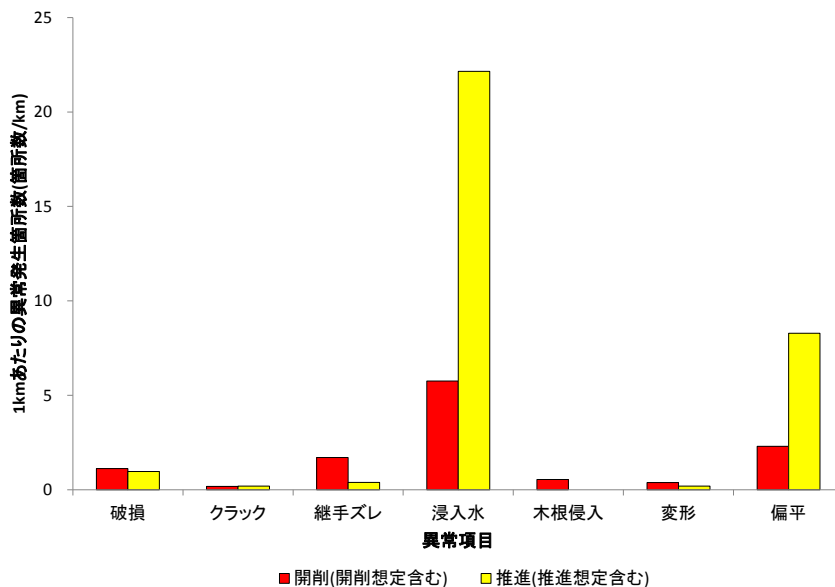


図 3-93 施工方法別異常項目ごとの 1km あたり異常発生箇所数

(9) 排除区分別異常発生箇所数の整理

排除区分別異常項目ごとに異常発生箇所数及び割合を集計した。

排除区分別異常項目ごとに異常発生箇所数を表 3-65 に示す。また、異常発生箇所数を各排除区分のスパン総延長で除して、1kmあたりの異常発生箇所数としての集計を表 3-66 と図 3-94 に示す。

なお、排除区分が分流雨水である異常発生箇所数は他と比較しスパン総延長が少ないため集計から除外した。また、排除区分が不明な異常箇所数は集計から除外した。

排水区分別異常発生箇所数の整理より、破損、継手ズレ、木根侵入は、合流の方が1kmあたりの異常発生箇所数は大きい。一方で、偏平、変形は排水区別の異常発生箇所数に顕著な差は見られない。これは、硬質塩化ビニル管が使用され始めてからは、合流、分流汚水の整備率の割合が同程度であるため、排除区分別による異常発生傾向は見られないと考える。

表 3-65 排除区分別異常項目ごとの異常発生箇所数

排除区分	スパン総延長 (m)	異常項目							総計	割合 (%)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平		
合流	4,474	21	3	38	31	21	2	24	140	8.1
分流汚水	83,763	97	21	136	768	32	50	470	1574	90.6
分流雨水	352	0	2	0	10	0	0	2	14	0.8
不明	17,298	0	0	0	4	1	2	3	10	0.6
総計	105,886	118	26	174	813	54	54	499	1738	100.0
割合(%)	-	6.8	1.5	10.0	46.8	3.1	3.1	28.7	100.0	-

表 3-66 排除区分別異常項目ごとの1kmあたりの異常発生箇所数

排除区分	スパン総延長 (m)	異常項目							総計 (箇所数/km)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
合流	4,474	4.69	0.67	8.49	6.93	4.69	0.45	5.36	31.29
分流汚水	83,763	1.16	0.25	1.62	9.17	0.38	0.60	5.61	18.79
平均	-	2.93	0.46	5.06	8.05	2.54	0.52	5.49	25.04

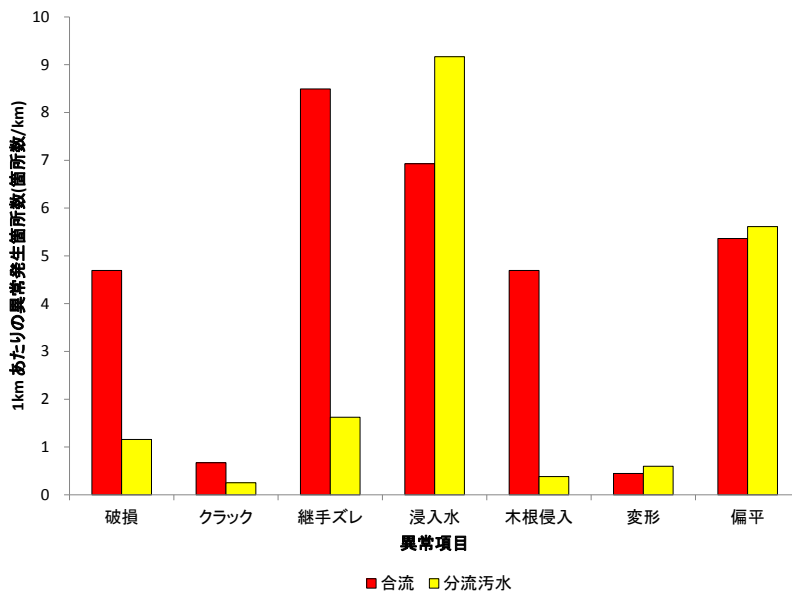


図 3-94 異常項目別排除区分ごとの1kmあたりの異常発生箇所数

(10) 経過年区分別異常発生箇所数の整理

経過年数区分別異常項目ごとに異常発生箇所数および割合を集計した。

経過年数区分別異常項目ごとに異常発生箇所数を表 3-67 に示す。また、異常発生箇所数を各経過年数区分のスパン総延長で除して、1kmあたりの異常発生箇所数としての集計を表 3-68 と図 3-95 に示す。

なお、管渠を調査後に布設替えしたスパンと経過年数区分が不明なスパンは集計から除外した。また、経過年数区分が 40 年以上のスパンはスパン延長が他と比較し小さいため、1km あたりの異常発生箇所数の集計から除外した。

経過年区分別異常発生箇所数の整理より以下の傾向が見られた。

- ・破損、クラック、継手ズレ、木根侵入、偏平は、経過年数 30-40 年の区分で 1km あたりの異常発生箇所数は他の経過年数区分より 2 倍以上である。破損・クラック・継手ズレ・偏平に関しては、活荷重による繰り返し荷重により経年的に疲労が溜まり異常が発生した可能性が考えられる。また、木根侵入は街路樹の経年的な成長が関わっていると考えられる。
- ・浸入水は経過年数によらず、異常発生箇所数がその他の異常よりも大きい。これは、経年的な疲労等ではなく、地下水位と土被りなどの埋設条件との関係が強いと考えられる。
- ・変形は、経過年数との間に明確な関係性は見られない。変形は、異常発生箇所数もその他の異常と比較し少ないため、初期の施工不良により偶発的に生じたものが TV カメラ調査時に発見された可能性が考えられる。

表 3-67 経過年数区分別異常項目ごとの異常発生箇所数

経過年数区分 (年以上-年未満)	スパン総延長 (m)	異常項目							総計	割合 (%)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平		
10年未満	44,846	47	11	51	296	0	19	121	545	31.4
10-20年	24,628	24	5	34	155	3	4	62	287	16.5
20-30年	25,436	7	1	6	223	8	11	139	395	22.7
30-40年	14,031	38	7	80	118	39	7	174	463	26.6
40-50年	483	2	0	2	3	0	0	0	7	0.4
50-60年	444	0	0	0	0	1	1	1	3	0.2
60年以上	42	0	0	0	1	0	0	0	1	0.1
調査後布設替	159	0	0	1	3	0	0	1	5	0.3
不明	4,510	0	2	0	14	3	12	1	32	1.8
総計	114,579	118	26	174	813	54	54	499	1,738	100.0
割合(%)	-	6.8	1.5	10.0	46.8	3.1	3.1	28.7	100.0	-

表 3-68 経過年数区分別異常項目ごとの 1km あたり異常発生箇所数

経過年数区分 (年以上-年未満)	スパン総延長 (m)	異常項目							総計 (箇所数/km)
		破損	クラック	継手ズレ	浸入水	木根侵入	変形	偏平	
10年未満	44,846	1.05	0.25	1.14	6.60	0.00	0.42	2.70	12.15
10-20年	24,628	0.97	0.20	1.38	6.29	0.12	0.16	2.52	11.65
20-30年	25,436	0.28	0.04	0.24	8.77	0.31	0.43	5.46	15.53
30-40年	14,031	2.71	0.50	5.70	8.41	2.78	0.50	12.40	33.00
平均	-	1.25	0.25	2.11	7.52	0.80	0.38	5.77	18.08

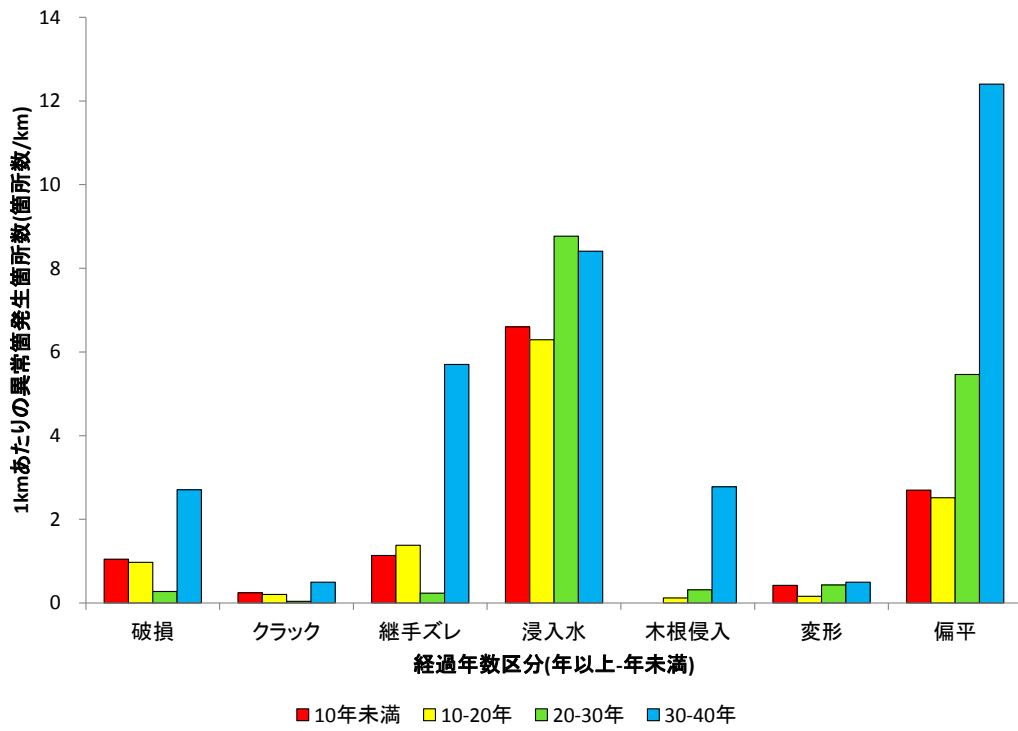


図 3-95 経過年数区分別異常項目ごとの 1km あたり異常発生箇所数

3.5. まとめ

1) 塩化ビニル管の視覚判定基準の提案

- ・塩化ビニル管の視覚判定基準（案）は、従来基準である「下水道維持管理指針 前編－2003年版－」に対して、破損（軸方向クラック）および継手ズレの基準を変更、並びに可とう性管特有の偏平および変形の基準を追加した基準とする。

2) 塩化ビニル管の視覚判定基準（案）に基づく TV カメラ調査データの再判定結果

- ・偏平は全スパンのうち 5.6%で発生している。
- ・偏平は、従来基準に追加された項目であり、また浸入水に次いで発生箇所数が多い（図 3-54）。つまり、新基準に基づく緊急度診断に影響を与える異常である可能性が示唆される。

3) 塩化ビニル管の異常発生傾向の分析

- ・異常発生部位、相対的異常発生距離および異常発生位置により、異常項目ごとの発生しやすさは異なる。
- ・異常項目ごとの異常発生箇所数/km は、管種属性によって異なる。管径、スパン長、取付管本数、土被り、歩車道区分、施工方法、排除区分、ならびに経過年数が異常項目の発生傾向に影響を与えている可能性があることを確認した。

これより、4 章で検討する緊急度を定める要因となる異常と各管属性との関連性を適切に把握する必要性があると考えられる。

【参考文献】

- 1) 藤生和也ほか、「下水道管渠の適正な管理手法に関する研究」『国総研資料』第 438 号、2007、国土交通省国土技術政策総合研究所

4. 塩化ビニル管の緊急度診断基準の検討

4.1. 検討背景

下水道管渠の維持管理を実施するにあたり、「下水道維持管理指針 前編－2003 年度版－」においては、スパン全体の緊急度判定を行うに当たり、管 1 本ごとの異常項目による評価を基にしてスパン全体に対する評価項目として使用している。スパン全体の評価は管 1 本ごとの評価ランクごとから算出する不良発生率を基にスパン全体の評価ランクを判定している。なお、特定の劣化（破損 a、継手ズレ a）に対しては、道路陥没等の社会的影響が想定されることから、不良発生率に関係することなくスパン全体の評価ランクを A としている。

3 章で提案された塩化ビニル管特有の異常項目ごとの視覚判定基準として、扁平と変形が加えられ、破損（軸方向クラック）の判定基準が変更となった。

したがって、新たに加えられた上記の判定項目が他の以上項目と同時に複合的に発生した場合に管体に対する影響を明確にする必要がある。そこで、複数の構造的異常が管体に発生し、管体材料が降伏歪みに達している場合は、緊急度が高いと考え、塩化ビニル管を対象とした新たに視覚判定基準に追加する「扁平」と「変形」を考慮し、構造的異常と発生する歪みの関係を扁平試験により明らかにした。

さらに、統計解析手法を用いて、歪みに対して影響力の高い構造的異常を判別し、構造的異常が併発した場合の歪みの値を予測することにより、降伏歪みに達する構造的異常の組み合わせを検討した。

4.2. 扁平試験による歪みと構造的異常の関係把握

4.2.1. 検討方法

(1) 試験概要

管体に発生している構造的異常とたわみ率と歪みおよび応力の関係を把握するため、「JIS K 6741 硬質ポリ塩化ビニル管」の扁平試験に準拠し、VUφ200 の管長 400 mm に幅 1mm のクラックおよび変形形状を管体中央部に所定の条件に基づき加工した供試体を用い試験を実施した。


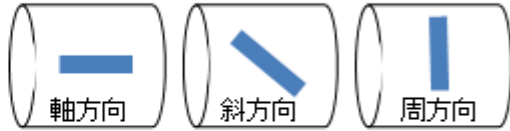
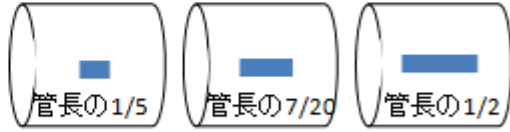
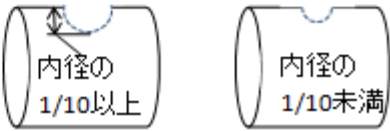
供試体条件を定める上で、複合的に発生する構造的異常が与える影響を考慮し以下の項目について条件を設定し、3次元非線形静的解析により予備解析を実施した。

- ・クラック長さの管長に対する比率
- ・クラック先端の形状
- ・クラックの円周方向位置
- ・クラックの方向
- ・変形形状

クラックおよび変形条件の概要を、表 4-1 に示す。

これらの条件の組み合わせにより、25 ケース（ブランク含む）を設定し、各ケースとも N=3 の供試体について試験を実施し、線荷重（管の単位長さあたりの扁平荷重）、歪みゲージによる管体に発生する歪み、扁平量を測定した。

表 4-1 クラック・変形条件の概要

項目	条件	概要図
クラック 周方向位置	管頂部、中間部、管側部	
クラック方向	軸方向、斜方向、周方向	
クラック長さ	管長の1/5、7/20、1/2	
変形形状	内径の1/10以上の凸形状 内径の1/10未満の凸形状	

(2) 予備解析

クラック長さの管長に対する比率、クラック先端の形状の条件が歪みへ与える影響を把握するため、塩ビ管に初期クラックが存在した場合に扁平（たわみ）によって発生する歪みを算出した。また、歪みが周方向に発生するか、軸方向に発生するかを確認した。解析方法は、3次元非線形静解析（CAE解析）であり、解析ソフトはAbaqus/Standard6.12である。

1) モデルの形状

- ・管長は 200mm、400mm、600mm、1000mm の 4 ケース
- ・クラック位置は、管頂の中央に管軸方向
- ・クラック長さは、100mm
- ・クラック形状は、四角、鋭角、幅 0 の 3 ケース
- ・塩ビ管 φ200mm（外径 216mm、標準管厚 7mm）
- ・CAE モデルとしては対称性から 1/4 モデル

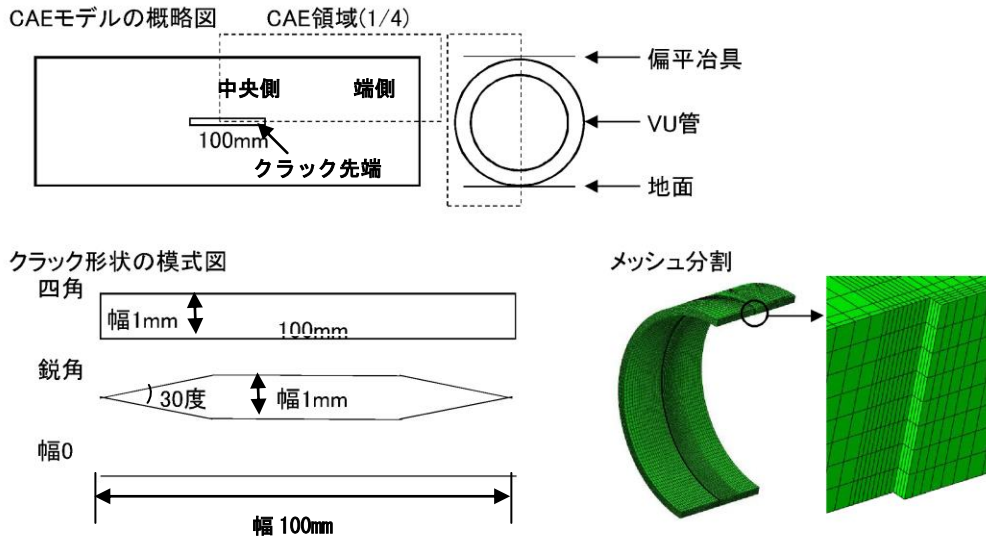


図 4-1 予備解析で用いたCAEモデルの概略図とクラック形状の模式図

2) 境界条件

3次元非線形静的解析の境界条件を表 4-2 に示す。

表 4-2 境界条件

条件	内容
固定条件	地面 : 完全固定(全方向固定) 偏平治具 : 鉛直方向以外を固定 管の対称面 : 法線方向を固定(対称境界のルール)
負荷条件	偏平治具 : 鉛直真下方向に強制変位(偏平5%、10%、15%)
接触条件	管と地面(摩擦係数0.1) 管と偏平治具(摩擦係数0.1)

3) 材料物性値

材料物性値は、前章表 3-5 で示した新管データを用いる (表 4-3)。

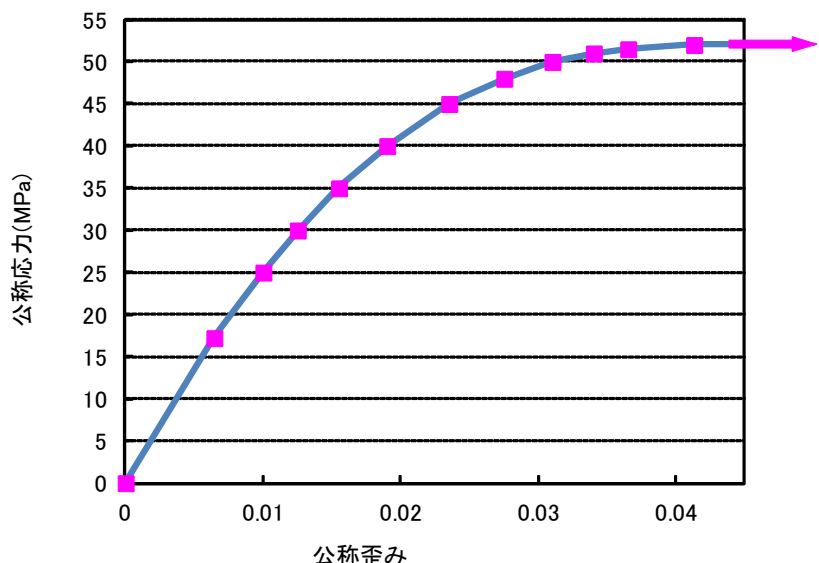
図 4-2 の応力-歪み曲線より、歪みが 4.0%を超えるとこれ以上の応力の上昇は見られない状態となっていることから、ピーク歪みを 4.0%と設定する。

表 4-3 材料物性値

材料	弾性率 ^{※1} (MPa)	ポアソン比 ^{※2}	ピーク歪み ^{※1}	破断歪み ^{※1}
			真歪み(%)	
PVC(新管)	2,674.3	0.38	4.0	23.5

※1: 新管の提供データより計算。

※2: 水道用硬質ポリ塩化ビニル管技術資料<規格・設計偏>塩化ビニル管・継手協会p50



※新管の公称応力-公称歪みを、以下の式により真応力-真歪みに換算

$$\begin{aligned} \text{真応力} &= \text{公称応力} \times (1 + \text{公称歪み}) \\ \text{真歪み} &= \text{Ln}(1 + \text{公称歪み}) \end{aligned}$$

図 4-2 新管の応力-歪み曲線

4) 解析結果・考察

①最大主歪みの解析結果

最大主歪みの解析結果を表 4-4 に示す。

表 4-4 最大主歪みの解析結果

予備解析ケース	クラック 深さ	クラック 形状	管長 (mm)	たわみ率(%)		
				5%	10%	15%
3次元	貫通	線(幅0)	200	14.52	38.26	62.13
		鋭角		12.19	35.41	62.09
		四角 (幅1mm)	1000	6.74	18.79	34.95
			600	6.86	19.19	35.77
			400	7.06	19.81	37.06
			200	8.37	24.48	44.67

- : 破断歪み以上(23.5%以上)
- : 破断歪み~ピーク歪み(4.0%以上23.5%未満)
- : ピーク歪み以下(4.0%未満)

②歪み発生方向の解析結果

ケース1のたわみ率5%時の最大主歪み分布図を以下に示す(数値は%換算していない値($\mu(\epsilon)$))。歪みは、管内側のクラック端に局所集中しており、クラック先端近傍の内面に発生している歪みは、周方向が支配的であることが分かる。図 4-3 は、図 4-1 の CAE モデルの概略図の CAE 領域 1/4 をさらに管頂から 1/5 程度切り出した箇所の歪み分布を示している。

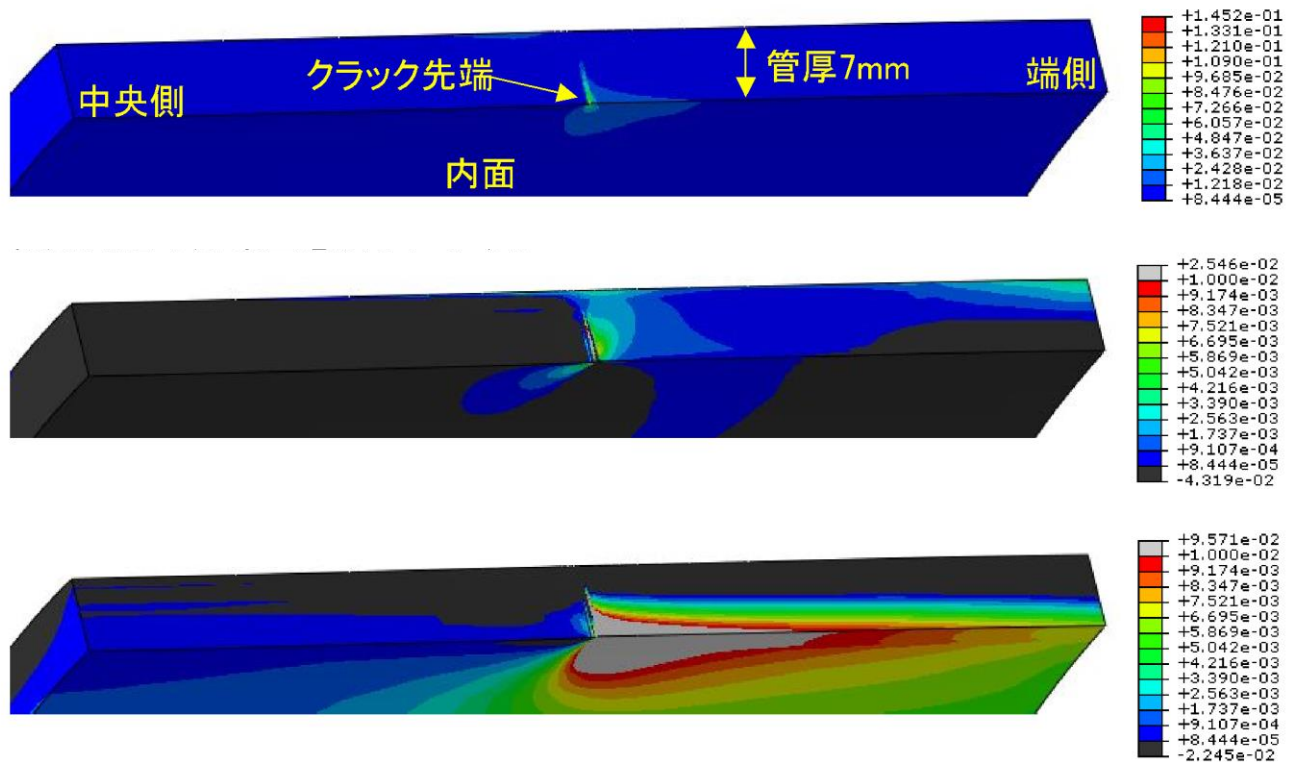


図 4-3 歪み分布の概略図（上図）、軸方向歪み分布（中図）、周方向歪み分布（下図）

①クラックの形状に関する試験条件および歪み計測位置に関する考察

- ・クラック長さの管長に対する比率

クラック長さ 100mm に対して、管長が 200mm のモデルが他と比較し歪みが大きく発生しており、管長 400mm、600mm、1000mm はほぼ同等であった。クラック長さに対して、4 倍以上の管長があれば、管長の影響は小さいと考えられる。そこで、試験条件は管長の影響を受ける場合と受けない場合の条件を含める必要があると考えられる。

- ・クラック先端の形状

四角と比較し幅 0、鋭角は歪みが発生しやすい。実際に管体に発生するクラック先端の形状は幅が限りなく 0 に近いと考えられる。しかし、供試体にクラックを人工的に一定の加工をするには、クラック先端を四角にする必要がある。そのため、供試体のクラックに発生する歪みの計測値と実際のクラックに発生する歪みとの差異が生じると考えられる。そこで、本項「4.1 検討背景」では供試体作成の都合上、クラック先端の形状「四角」を選択するが、実現象に合わせるため 4.4 では、CAE 解析により試験により計測したクラック先端に発生する歪みを補正することにより、試験と実現象の差異を補間することとする。

- ・歪みの計測位置

周方向歪みが支配的であるため、周方向歪みを計測可能な位置に歪みゲージを貼付ける必要がある。

(3) 供試体概要

1) 管の仕様

- ・ 硬質塩化ビニル管：VU200
- ・ 管長：400mm

2) 供試体作成方法

①クラックのケース

以下のクラックの条件を基にして、供試体を作成する。

・クラック形状

クラックの形状は幅 1mm の貫通クラックとする。クラック幅を一定とするため、切削刃を統一し、切削幅を均一にする。クラック先端は「四角」(図 4-1) とする

・クラック長さ

予備解析結果より、クラック長さに対して 4 倍以上の管長があれば管長の影響は小さいと想定されることから、管長の影響を受ける条件と受けない条件の供試体を作成する。クラック長さは、管長の 1/5 となるクラック長さ 80mm を最小とし、管長の 1/2 となるクラック長さ 200mm を最大とし、さらに、80mm と 200mm の中間を取って 140mm の 3 ケースを作成する。

・クラック位置

クラックの軸方向位置は、全ての供試体においてクラック長さの中心を管長に対して中央とする。また、クラックの周方向位置は、表 4-1 に示す通り、0 度 (管頂部)、45 度 (中間部)、90 度 (管側部) とする。

・クラック方向

クラック方向は、表 4-1 に示すとおり、0 度 (軸方向)、45 度 (斜方向)、90 度 (周方向) とする。

②変形のケース

以下の変形の条件を基にして、供試体を作成する。

・変形形状

凸部の作成については、ヒートガン等で局所的に加熱し、直径 20mm (管径 1/10)、および直径 40mm (管径 1/5) の金属球体を押し付けることで形成するものとし、内面凸部の曲率は、図 4-4 に示すように、球体の曲率にそった形状にする。

・変形位置

管内方向への凸変形の中心をクラック同様に管長に対して中央とする。

熱加工での変形は、塩化ビニル管のような熱可塑性の樹脂管においては応力緩和がおこり、変形させてもその部分にほとんど応力を持たない状態となる。これは、実現象における常温での変形により管体に残存する応力と差異はあるが、本試験の目的は、変形形状がたわみ率の変化による歪みの発生に与える影響を把握することであるため、残存応力の影響は小さいと判断し、熱加工で均一に変形形状を形成するものとした。

内面凸部の曲率は実際現象と差異はあるが、本試験においては、内面凸部の形状の大小の違いによる、歪みの発生の差異を把握することを目的とするため、曲率が異なる球体を用いることで形状の差異を考慮し検討した。

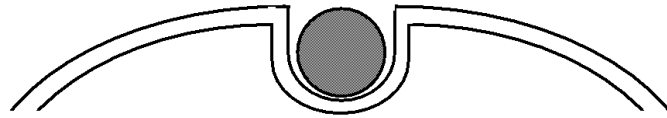


図 4-4 変形形状の概略図（断面）

(4) 供試体数量

本試験に供する供試体数量を表 4-5 に示す。

表 4-5 供試体一覧

ケース	クラック 周方向位置	クラック方向	異常模式図	クラック 幅・形状	クラック長さ	変形形状 方向	備考	試験数量
1			なし				ブランク	3
2	管頂部 (0°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)			3
3		斜方向 (45°)					3	
4		周方向 (90°)					3	
5	中間部 (45°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)			3
6		斜方向 (45°)					3	
7		周方向 (90°)					3	
8	管側部 (90°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)			3
9		斜方向 (45°)					3	
10		周方向 (90°)					3	
11	管側部 (90°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の1/2 (200mm)			3
12		斜方向 (45°)					3	
13		軸方向(0°)	変形			管径1/10以上の 凸形状 (φ 30mm凹み)		3
14		斜方向 (45°)				管径1/10未満 の凸形状 (φ 20mm凹み)		3
15						管径1/10以上の 凸形状 (φ 30mm凹み)		3
16	管頂部 (0°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の7/20 (140mm)			2
17		斜方向 (45°)					2	
18	管頂部 (0°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の1/2 (200mm)			3
19		斜方向 (45°)					3	
20	中間部 (45°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の7/20 (140mm)			2
21		斜方向 (45°)					2	
22	中間部 (45°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の1/2 (200mm)			3
23		斜方向 (45°)					3	
24	管側部 (90°)	軸方向 (0°)		貫通 幅1mm (四角)	管長の7/20 (140mm)			2
25		斜方向 (45°)					2	

(5) 試験方法

試験前に、供試体長さ (L)、管外径 (D1)、管肉厚 (T1~T8)、管内径 (D2) を図 4-5 に従い測定した。

偏平試験は、図 4-6 に示す様に、平らな台上に置き、管頂部および管底部に厚さ約 10mm のゴム板を当て、荷重を供試体の長さ方向にほぼ均等になるように徐々に加えて、供試体が破壊するまで試験を行い、2.0sec 間隔で変位量、載荷重 (N) および最大歪みを計測した。なお載荷重速度は、「JIS K 6741 (硬質ポリ塩化ビニル管)」の管偏平試験に準拠し、10mm/min±2mm/min とした。

計測は、試験ケース毎に全 3 回ないし 2 回ずつ実施した。

歪みを計測するための歪みゲージ貼付け位置については後述する。

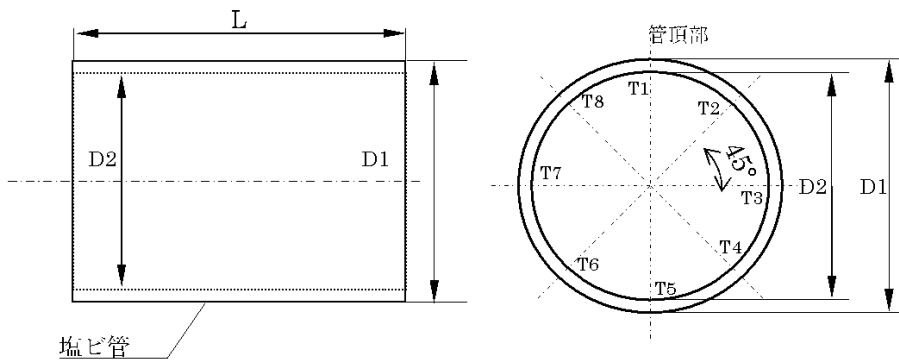


図 4-5 供試体寸法測定位置

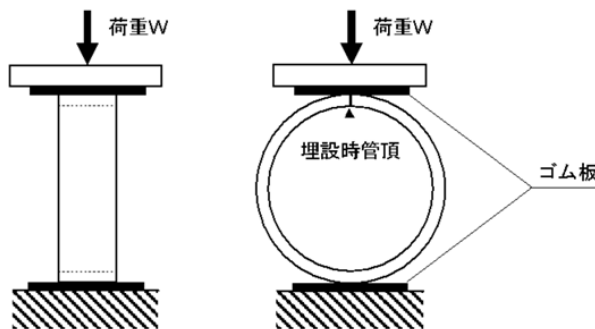


図 4-6 偏平試験概略図



図 4-7 偏平試験状況

1) クラックのケースにおける歪みゲージ貼付け位置および歪みゲージ番号

クラック先端に発生する歪みを計測するため、クラック先端付近に歪みゲージを貼付け、また、管体全体に発生する歪みを計測するため、管体断面の周方向に歪みゲージを貼付けた。

歪みゲージの貼付け位置および各歪みゲージ番号を、図 4-9～図 4-11 に示す。

クラック先端付近の歪みゲージの貼付け位置は、クラック先端およびクラック延長線上 25mm の内外面とする（図 4-8）。

貼付け箇所数は、载荷する管体断面に対して非対称なクラック（ケース 6、7、21、23）においてはクラック両端部の内外面の計 8 箇所（表 4-5）、それ以外の対称なクラックにおいてはクラック片端部の内外面の計 4 箇所とする。なお、歪みゲージは、クラックに対して軸方向かつ周方向の 2 軸において歪みを計測可能である（図 4-9～図 4-11）。

管体断面の周方向の歪みゲージの貼付け位置は、クラック中心から周方向に管断面を 8 等分した箇所とした。8 等分した箇所のうち、クラックが加工された箇所を除く計 7 箇所（ブランク管は計 8 箇所）において歪みゲージを貼付けた（図 4-12）。

周方向の歪みゲージは、各ケースの最初の試験（n=1）のみにおいて貼付け、クラック先端付近の歪みゲージは全ケースにおいて貼付けることとする。

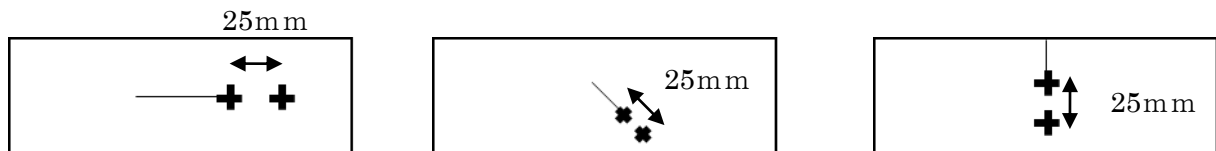


図 4-8 クラック先端付近の歪みゲージ貼付け位置(左図：軸方向、中央：斜方向、右図：軸方向)

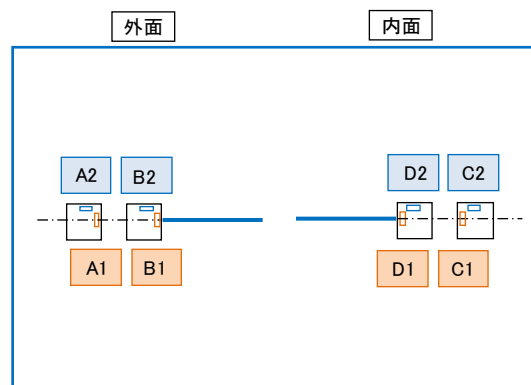


図 4-9 クラック先端付近の歪みゲージ番号（クラック方向：軸方向）

<ケース 2、5、8、11、16、18、20、22、24>

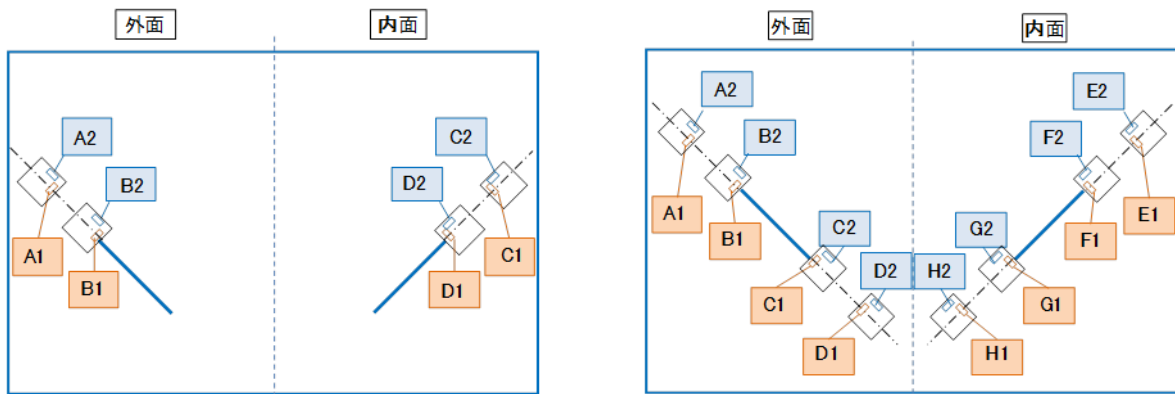


図 4-10 クラック先端付近の歪みゲージ番号（クラック方向：斜方向）

左図<ケース 3、9、12、17、19、25>、右図<ケース 6、21、23>

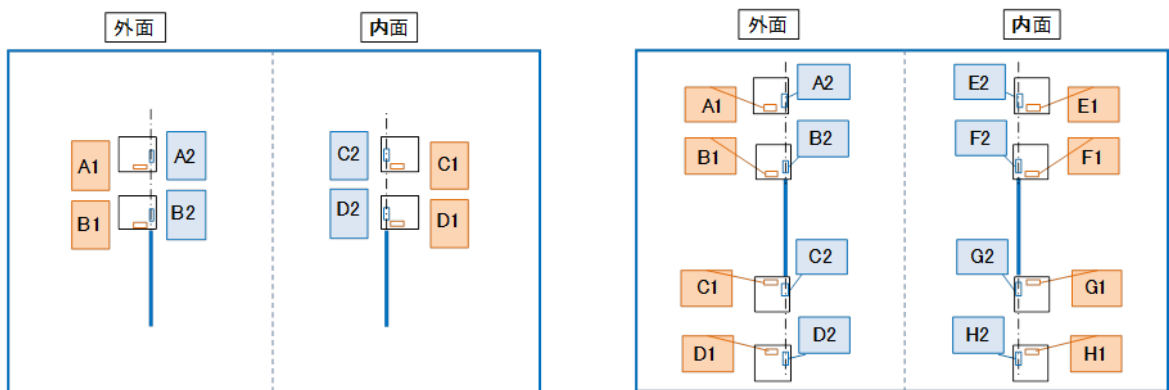


図 4-11 クラック先端付近の歪みゲージ番号（クラック方向：周方向）

左図<ケース 4、10>、右図<ケース 7>

周方向の歪みゲージの貼付け位置

- ・管内面
- ・クラックが加工された箇所を除く計7箇所（ブランク管は計8箇所）
- ・各ケースの最初の試験（n=1）のみ周方向の歪みゲージを設置

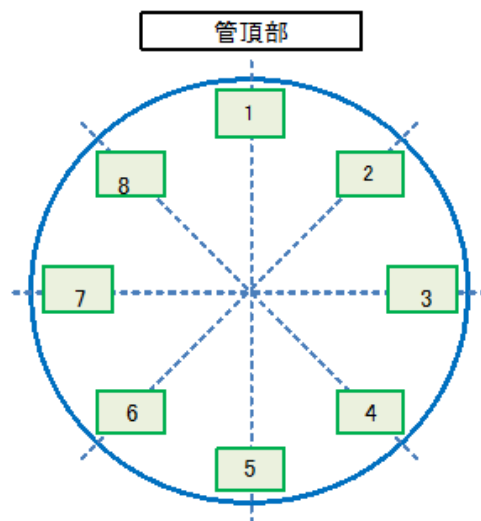


図 4-12 周方向の歪みゲージ貼付け位置と歪みゲージ番号<全ケース>

2) 変形のケースにおける歪みゲージ貼付け位置および歪みゲージ番号

クラックのケースと同様に、変形付近に発生する歪みと管体全体に発生する歪みを計測するために管体断面の周方向に歪みゲージを貼付けた。

各歪みゲージの貼付け位置および各歪みゲージ番号を図 4-14～図 4-15 に示す。

変形付近の歪みゲージの貼付け位置は、変形が管径の 1/10 の場合は変形の中心から軸方向に 40mm と周方向に 40mm 離れた位置、また、変形が管径の 1/5 の場合は変形の中心から軸方向に 50mm と周方向に 40mm 離れた位置とした (図 4-13)。貼付け箇所数は、管の内外面に片面各 2 箇所計 4 箇所に貼付けた (図 4-14)。

管体断面の周方向の歪みゲージの貼付け位置は、変形中心から周方向に管断面を 8 等分した箇所とする。8 等分した箇所のうち、変形が加工された箇所を除く計 7 箇所 (ブランク管は全 8 箇所) において歪みゲージを貼付けることとする (図 4-15)。

周方向の歪みゲージは、各ケースの最初の試験 (n=1) のみにおいて貼付け、変形付近の歪みゲージは全ケースにおいて貼付けた。



図 4-13 変形付近の歪みゲージ貼付け位置

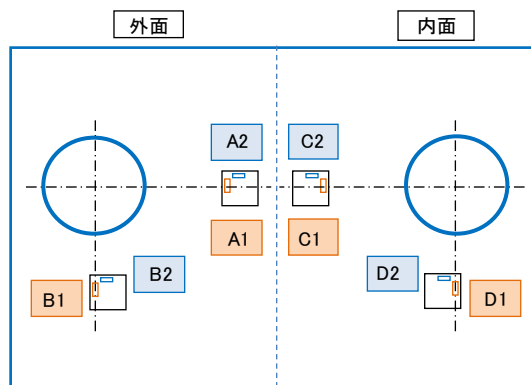


図 4-14 変形付近の歪みゲージ番号

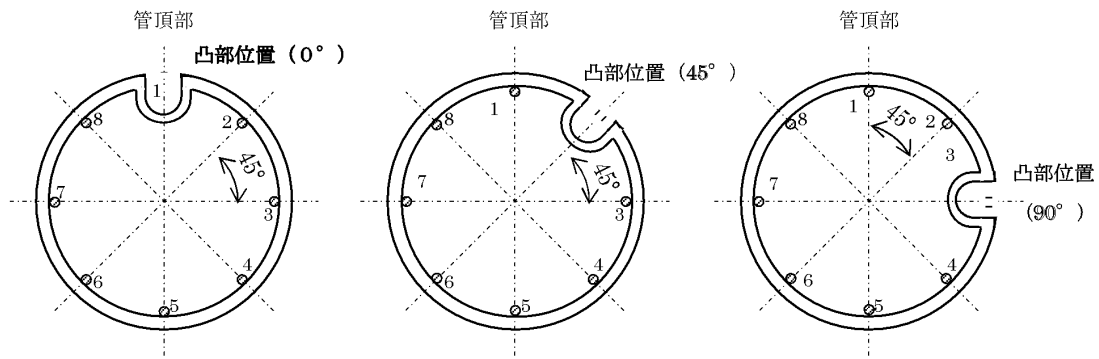


図 4-15 周方向の歪みゲージ貼付け位置と歪みゲージ番号

4.2.2. 検討結果と考察

たわみ率 5%毎の歪み並びに偏平試験 ($n=1\sim n=3$) 別測定結果を (表 4-6) に示す。なお、一部の試験において歪みの計測許容を超えた場合などの歪みゲージの剥がれ等による未計測が生じた。そのため、平均値を用いず、たわみ率 5%の時点で最も大きな歪みを記録した試験 ($n=1\sim n=3$) のクラック先端付近および変形付近の歪みゲージ、並びに周方向の歪みゲージにより計測された最大歪みを用いて、考察を行った。また、周方向の歪みゲージによる計測は、最初の試験 ($n=1$) のみで実施 (ただし、ブランク (ケース 1) を除く) しており、測定結果をそのまま用いた。

なお、偏平試験の最大歪みの計測結果は、歪みゲージの貼付け位置の制約上、クラック先端から数 mm 離れた位置に発生する歪みの計測結果である。クラック先端に発生している実際の最大歪み (以下、「真の最大歪み」) についての検討は、4.4 で行うこととする。

表 4-6 偏平試験結果

ケース	クラック 周方向位置	クラック方向	クラック幅 形状	クラック長さ	たわみ率	載荷重 (N)	最大歪み(%) (μ / 10 ⁶)×100			最大歪み クラック発生付近-変形付近 歪みゲージ番号	最大歪み(%) (μ / 10 ⁶)×100			最大歪み 周方向 歪みゲージ番号							
							クラック先端付近-変形付近				周方向			周方向							
							n=1	n=2	n=3		n=1	n=2	n=3	n=1	n=2	n=3					
1	-	-	-	-	0%	5	3	4	-	-	-	-	0.00	0.01	0.00	5	5	2			
					5%	2.97	1.63	1.88	-	-	-	-	-	-	-	0.88	0.48	0.58	1	5	5
					10%	3.14	3.51	3.99	-	-	-	-	-	-	-	1.33	1.09	1.23	5	5	5
					15%	4.96	4.85	4.89	-	-	-	-	-	-	-	2.10	1.73	1.93	5	5	5
					20%	5.65	5.98	5.85	-	-	-	-	-	-	-	2.12	2.41	2.12	5	5	5
					50%	10.535	10.720	10.618	-	-	-	-	-	-	-	2.12	4.48	2.12	5	5	5
2	管頂部 (0°)	軸方向 (0°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	0%	3	1	0	0.00	0.00	0.00	D2	D2	D2	0.00	-	-	8	-		
					5%	1.693	1.572	1.603	1.14	0.98	0.95	D1	D1	D1	0.49	-	-	5	-		
					10%	3.295	3.248	3.211	1.12	1.22	2.85	C1	D1	D1	1.10	-	-	5	-		
					15%	4.505	4.558	4.458	1.32	6.00	5.31	C1	D1	D1	1.72	-	-	5	-		
					20%	5.415	5.554	5.388	2.85	10.32	3.02	C1	D1	D1	2.39	-	-	5	-		
					50%	10.555	10.946	10.612	7.04	0.94	1.21	C1	B2	B2	4.83	-	-	5	-		
3	管頂部 (0°)	斜方向 (45°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	0%	2	2	0	0.00	0.00	0.00	D2	D2	D2	0.00	-	-	8	-		
					5%	1.874	1.631	1.841	0.49	0.37	0.33	D1	D1	D1	0.51	-	-	5	-		
					10%	3.584	3.358	3.528	1.19	0.89	0.72	D1	D1	D1	1.13	-	-	5	-		
					15%	4.885	4.726	4.588	2.78	3.89	1.41	D1	D1	D1	2.45	-	-	5	-		
					20%	5.415	5.554	5.388	2.85	10.32	3.02	C1	D1	D1	2.39	-	-	5	-		
					50%	10.555	10.946	10.612	7.04	0.94	1.21	C1	B2	B2	4.83	-	-	5	-		
4	管頂部 (0°)	周方向 (90°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	0%	2	2	0	0.00	0.00	0.00	D2	D2	D2	0.00	-	-	8	-		
					5%	1.844	1.778	1.808	0.99	0.11	0.11	D2	D2	D2	0.51	-	-	5	-		
					10%	3.535	3.471	3.515	0.18	0.21	0.22	D2	D2	D2	1.13	-	-	5	-		
					15%	4.882	4.788	4.845	0.26	0.30	0.32	D2	D2	D2	1.78	-	-	5	-		
					20%	5.831	5.773	5.840	0.32	0.37	0.39	D2	D2	D2	2.49	-	-	5	-		
					50%	10.990	10.611	10.852	1.43	1.32	1.54	D2	D2	D2	4.21	-	-	5	-		
5	中間部 (45°)	軸方向 (0°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	0%	2	2	6	0.00	0.00	0.00	D1	D2	D2	0.00	-	-	3	-		
					5%	1.902	1.772	1.817	0.14	0.14	0.07	B1	B1	D2	0.53	-	-	1	-		
					10%	3.590	3.305	3.242	0.30	0.42	0.16	B1	D2	D2	1.15	-	-	5	-		
					15%	4.901	4.862	4.553	0.44	0.45	0.25	B1	D2	D2	1.77	-	-	5	-		
					20%	5.878	5.878	5.564	0.58	0.59	0.33	B1	D2	D2	2.44	-	-	5	-		
					50%	10.598	10.598	9.855	0.58	0.78	0.38	D2	D2	D2	4.14	-	-	5	-		
6	中間部 (45°)	斜方向 (45°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	0%	4	0	0	0.00	0.00	0.00	H2	H2	H2	0.00	-	-	8	-		
					5%	1.718	1.674	1.742	0.19	0.22	0.20	H2	B1	B1	0.51	-	-	1	-		
					10%	3.424	3.407	3.411	0.39	0.46	0.40	H2	B1	B1	1.10	-	-	5	-		
					15%	4.825	4.788	4.745	0.59	0.72	0.58	H2	B1	B1	1.75	-	-	5	-		
					20%	5.817	5.785	5.730	0.76	0.96	0.79	H2	B1	B1	2.45	-	-	5	-		
					50%	10.834	10.542	10.652	3.15	2.24	2.59	G1	B1	G1	4.50	-	-	5	-		
7	中間部 (45°)	周方向 (90°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	0%	2	1	0	0.00	0.00	0.00	H1	H1	H1	0.00	-	-	8	-		
					5%	1.646	1.677	1.657	0.31	0.42	0.46	H2	H2	H2	0.36	-	-	5	-		
					10%	3.376	3.378	3.395	0.72	0.95	1.02	H2	H2	H2	0.90	-	-	5	-		
					15%	4.733	4.676	4.738	1.15	1.44	1.59	H2	H2	H2	1.44	-	-	5	-		
					20%	5.790	5.710	5.791	1.59	2.00	2.22	H2	H2	H2	2.02	-	-	5	-		
					50%	10.862	10.784	10.521	3.92	4.45	4.61	H2	A2	A2	4.31	-	-	5	-		
8	管側部 (90°)	軸方向 (0°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	0%	2	3	1	0.00	0.00	0.00	D2	B1	D2	0.00	-	-	6	-		
					5%	1.655	1.848	1.654	0.48	0.67	0.68	B1	B1	D2	0.48	-	-	5	-		
					10%	3.354	3.467	3.253	1.45	1.59	1.74	B1	B1	B1	1.09	-	-	5	-		
					15%	4.629	4.715	4.488	2.64	2.65	3.16	B1	B1	B1	1.73	-	-	5	-		
					20%	5.808	5.846	5.417	4.14	3.92	3.11	B1	B1	B1	2.44	-	-	5	-		
					50%	10.100	10.246	9.422	2.64	7.87	9.87	D2	A1	A1	4.60	-	-	5	-		
9	管側部 (90°)	斜方向 (45°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	0%	0	4	1	0.00	0.00	0.00	D2	B1	D2	0.00	-	-	8	-		
					5%	1.838	1.765	1.864	0.17	0.27	0.40	B1	B1	B1	0.52	-	-	1	-		
					10%	3.482	3.418	3.450	0.60	0.63	0.68	B1	B1	B1	1.11	-	-	5	-		
					15%	4.802	4.716	4.864	1.06	1.00	1.38	B1	B1	B1	1.75	-	-	5	-		
					20%	5.789	5.687	5.845	1.49	1.36	1.87	B1	B1	B1	2.41	-	-	5	-		
					50%	10.673	10.636	10.842	2.57	2.42	3.22	B2	B2	B2	4.17	-	-	5	-		
10	管側部 (90°)	周方向 (90°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/5 (80mm)	0%	2	2	0	0.00	0.00	0.00	D2	B2	D2	0.00	-	-	8	-		
					5%	1.858	1.877	1.839	0.09	0.18	0.18	B2	B2	B2	0.55	-	-	1	-		
					10%	3.521	3.536	3.537	0.30	0.47	0.38	B2	B2	B2	1.18	-	-	1	-		
					15%	4.982	4.927	4.959	0.52	0.66	0.67	B2	B2	B2	1.88	-	-	5	-		
					20%	5.842	5.802	5.849	0.71	0.74	0.74	B2	B2	B2	2.61	-	-	5	-		
					50%	10.851	10.813	11.053	1.33	1.27	1.22	B2	B2	B2	4.56	-	-	5	-		
11	管側部 (90°)	軸方向 (0°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/2 (200mm)	0%	2	3	0	0.00	0.00	0.00	D1	B1	D1	0.00	-	-	6	-		
					5%	1.604	1.602	1.620	0.81	1.00	0.89	B1	B1	B1	0.48	-	-	1	-		
					10%	3.027	3.030	3.051	2.00	2.42	2.17	B1	B1	B1	1.06	-	-	5	-		
					15%	4.132	4.106	4.148	3.40	4.26	3.71	B1	B1	B1	1.69	-	-	5	-		
					20%	4.958	4.811	4.981	3.19	3.96	3.68	B1	B1	B1	2.38	-	-	5	-		
					50%	8.534	8.445	8.531	9.88	1.66	10.36	A1	D2	A1	4.70	-	-	1	-		
12	管側部 (90°)	斜方向 (45°)	貫通 幅1mm (四角)	管長の1/2 (200mm)	0%	2	3	2	0.00	0.00	0.00	B1	D1	B1	0.00	-	-	6	-		
					5%	1.714	1.780	1.730	0.16	0.23	0.19	B1	B1	B1	0.50	-	-	1	-		
					10%	3.266	3.385	3.309	0.38	0.48	0.42	B1	B1	B1	1.09	-	-	1	-		
					15%	4.481	4.588	4.541	0.61	0.67	0.58	B1	B1	B1	1.71	-	-	1	-		
					20%	5.390	5.523	5.502	0.80	0.83	0.70	B1	B1	B1	2.39	-	-	1	-		
					50%	10.174	10.336	10.294	1.61	1.59	1.46	H2	D1	D1	4.15	-	-	5	-		
13	管頂部 (0°)	-	貫通 幅1mm (四角)	管径1/10以上 の凸形状 (φ 30mm凸み)	0%	6	4	0	0.00	0.00	0.00	D2	C2	D1	0.00	-	-	8	-		
					5%	1.814	1.851	1.830	0.32	0.39	0.43	D1	D1	D1	0.51	-	-	5	-		
					10%	3.548	3.554	3.588	0.68	0.84	0.84	D1	D1	D1	1.13	-	-	5	-		
					15%	4.911	4.876	4.960	1.02	1.25	1.45	D1	D1	D1	1.81	-	-	5	-		
					20%	5.904	5.883	5.885	1.26	1.61	1.86	D1	D1	D1	2.53	-	-	5	-		
					50%	10.914	10.680	10.902	2.39	2.88	3.16	D1	D1	D1	4.40	-	-	5	-		
14	管頂部 (0°)	-	貫通 幅1mm (四角)	管径1/10未満 の凸形状 (φ 20mm凸み)	0%	2	2	0	0.00	0.00	0.00	A2	D2	D2	0.00	-	-	8	-		
					5%	1.722	1.753	1.757	0.38	0.39	0.39	D1	D1	D1	0.47	-	-	5	-		
					10%	3.271	3.442	3.379	0.89	0.88	0.85	D1	D1	D1	1.08	-	-	5	-		
					15%	4.687	4.752	4.685	1.41	1.33	1.30	D2	D2	D1	1.76	-	-	5	-		

(1) 結果

1) クラック

図 4-16 は、クラック周方向位置を管頂部、クラック長さを管長の 1/5 として、クラック方向を軸方向・周方向・斜方向に加工した各供試体（3 ケース）に発生する歪み（縦軸）の傾向をたわみ率（横軸）ごとに示しており、クラック先端のおよび周方向の歪みゲージ（図 4-9～図 4-12）のうち、たわみ率 5% の時点で最大値を記録した歪みゲージの測定結果をプロットしたグラフである。

なお、最大値を記録する歪みゲージ番号が偏平試験過程で変わる場合は、最初に応力集中が生じていた箇所が降伏し、応力集中が別の箇所に移行したと考えられる。そのため、最初の応力集中が生じている箇所が降伏する前のたわみ率における計測値を用いた。

①クラック周方向位置：管頂部

クラック長さ別にクラック方向ごとの歪みゲージの計測値を図 4-16～図 4-18 に示す。

クラック周方向位置が管頂部である供試体において、各クラック方向の歪み測定結果を比較すると、軸方向に加工した供試体のみがたわみ率の増加と共にクラック先端の歪みが急激に上昇していることが分かる（図 4-16）。また、各供試体およびブランクの周方向歪みゲージによる測定結果を比較すると、最大歪みの発生箇所はゲージ番号 5（管頂）であった。さらに、周方向クラック先端の歪みおよび斜方向クラック先端の歪みはブランクに発生した歪みよりも小さかった。

これらの傾向は、クラック長さに関わらず同じ傾向が見られ、軸方向クラック以外は管体の耐荷性能への影響が小さいと考えられる。

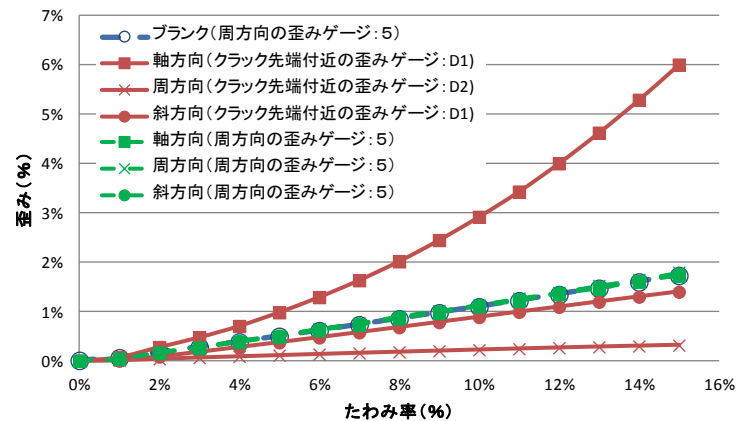


図 4-16 クラック方向と歪みの関係（クラック周方向位置：管頂部、クラック長さ：管長の 1/5）
ケース 2、3、4

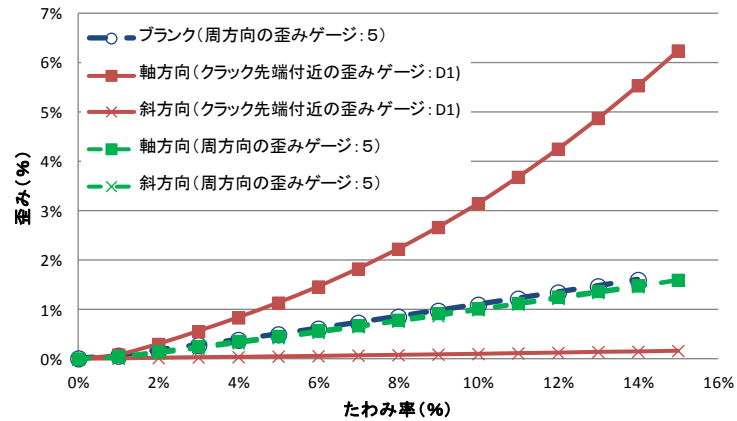


図 4-17 クラック方向と歪みの関係（クラック周方向位置：管頂部、クラック長さ：管長の 7/20）
ケース 16、17

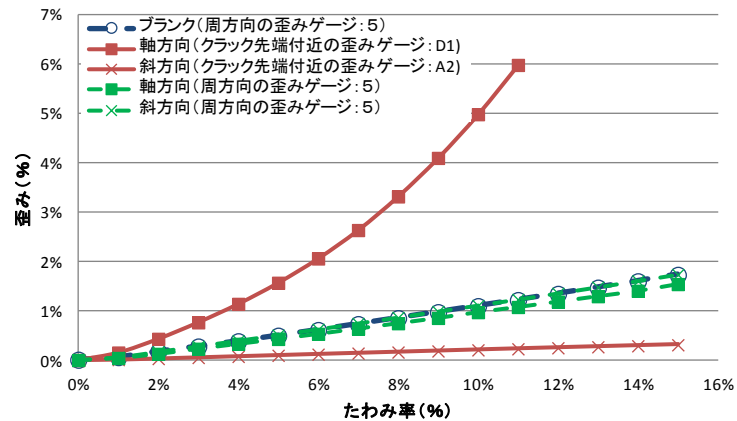


図 4-18 クラック方向と歪みの関係（クラック周方向位置：管頂部、クラック長さ：管長の 1/2）
ケース 18、19

②クラック周方向位置：管側部

クラック長さ別にクラック方向ごとの歪みゲージの計測値を図 4-19～図 4-21 に示す。

クラック周方向位置が管頂部の場合と同様に、各クラック方向の歪み測定結果を比較すると、軸方向に加工した供試体のみがたわみ率の増加と共にクラック先端の歪みが急激に上昇していることが分かる（図 4-19）。また、各供試体およびブランクの周方向歪みゲージによる測定結果を比較すると、最大歪みの発生箇所はゲージ番号 5（管頂）または、ゲージ番号 5 と対象の位置にあるゲージ番号 1（管底）であった。さらに、周方向クラック先端の歪みおよび斜方向クラック先端の歪みはブランクに発生した歪みよりも小さかった。

これらの傾向は、クラック長さに関わらず同じ傾向が見られ、軸方向クラック以外は管体の耐荷性能への影響が小さいと考えられる。

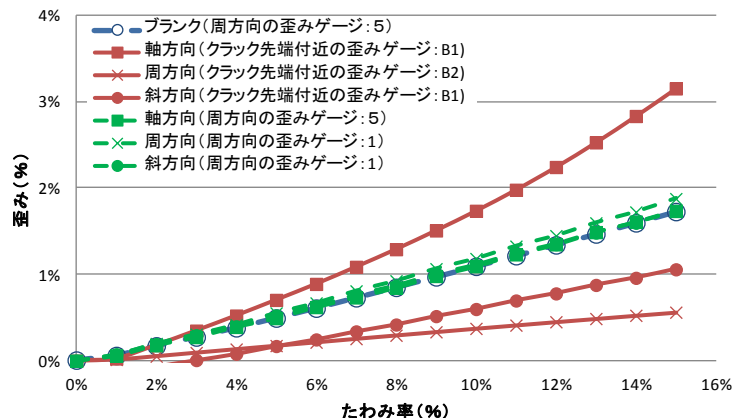


図 4-19 クラック方向と歪みの関係 (クラック周方向位置: 管側部、クラック長さ: 管長の 1/5)
ケース 8、9、10

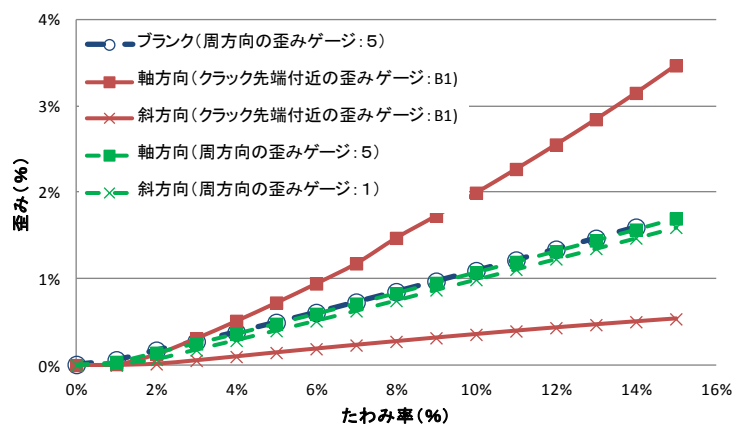


図 4-20 クラック方向と歪みの関係 (クラック周方向位置: 管側部、クラック長さ: 管長の 7/20)
ケース 24、25

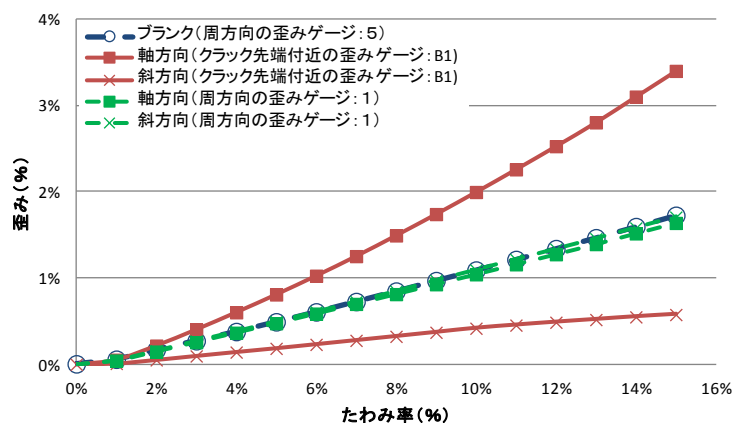


図 4-21 クラック方向と歪みの関係 (クラック周方向位置: 管側部、クラック長さ: 管長の 1/2)
ケース 11、12

③クラック周方向位置：中間部

クラック長さ別にクラック方向ごとの歪みゲージの計測値を図 4-22～図 4-24 に示す。

クラック周方向位置が中間部の場合、ブランクの周方向歪みゲージによる測定結果と比較すると、クラック先端付近の歪みゲージの計測値は、ブランクの計測値より小さい。

この傾向は、クラック長さに関わらず同じ傾向が見られた。中間部に位置するクラックは管体の耐荷性能への影響が小さいと考えられる。

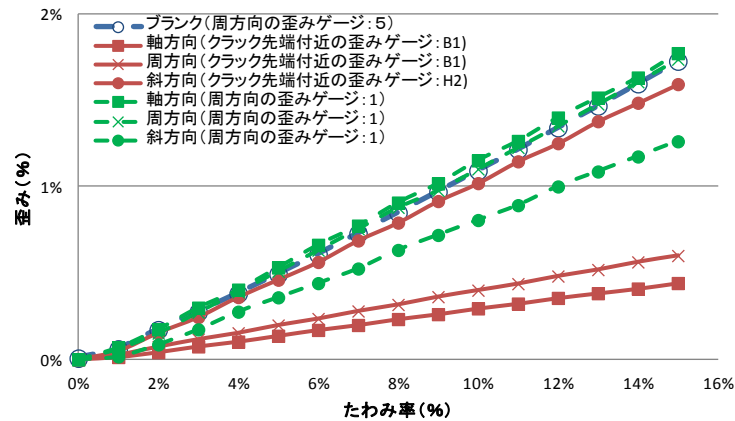


図 4-22 クラック方向と歪みの関係 (クラック周方向位置：中間部、クラック長さ：管長の 1/5)
ケース 5、6、7

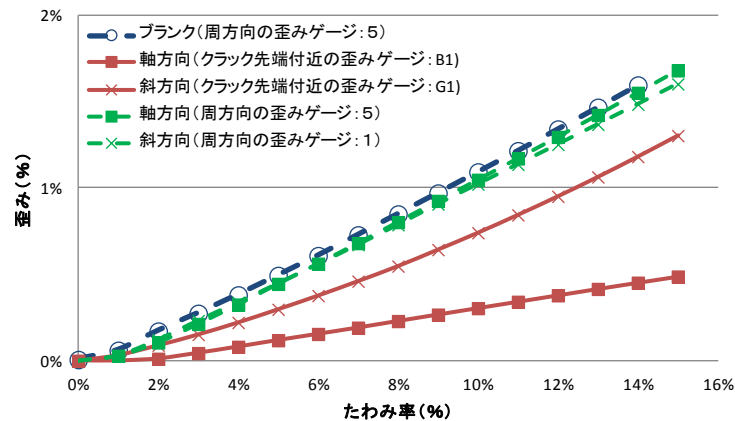


図 4-23 クラック方向と歪みの関係 (クラック周方向位置：中間部、クラック長さ：管長の 7/20)
ケース 20、21

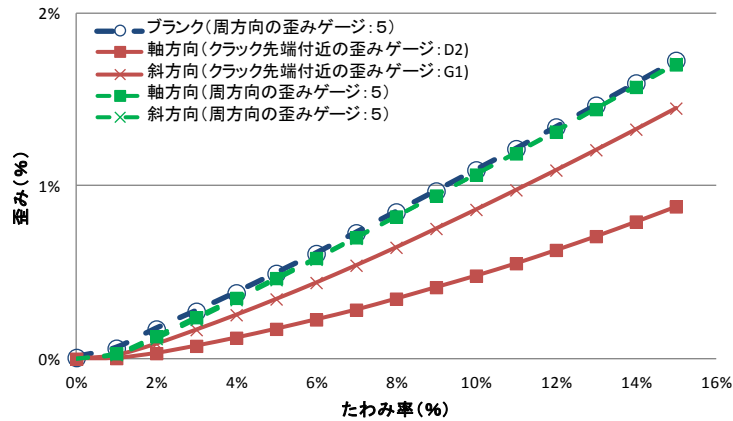


図 4-24 クラック方向と歪みの関係 (クラック周方向位置：中間部、クラック長さ：管長の 1/2)
ケース 22、23

2) 変形

本偏平試験において、内面凸部の形状の大小の違いによる歪みの発生の差異を把握し、変形形状がたわみ率の変化による歪みの発生に与える影響を確認した。

図 4-25 は、変形形状および周方向位置を変えた 3 ケースの供試体における発生歪みを前述の図 4-16～図 4-24 と同様に示している。

変形付近の歪みゲージによる測定結果はブランクにおける歪み測定結果よりも概ね小さい。また、各供試体およびブランクにおける周方向の歪みゲージの測定結果を比較すると、歪み最大値の発生箇所および値はほぼ同じであった。

これより、変形に関しては変形形状および周方向位置に関わらず、たわみ率と歪みの発生傾向に対して影響は概ね無いと考えられる。

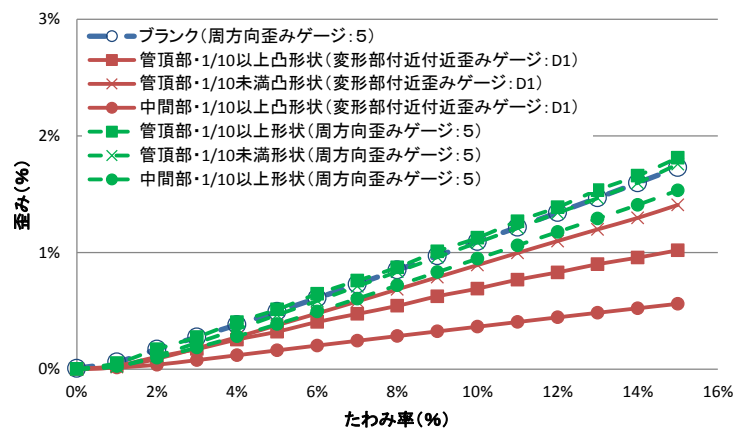


図 4-25 変形と歪みの関係 ケース 13、14、15

(2) 考察

偏平試験の結果、クラックと偏平が併発している場合においてクラックの条件によっては、ブランクにおける歪み測定結果を大きく超えるケースが確認された。

一方、変形と偏平が併発している場合において、変形形状の大小および円周方向の変形位置の条件に関わらず、ブランクにおける歪み測定結果を超えるケースは確認されなかった。

つまり、変形部への歪みは変形部に集中しにくく、変形が歪みへ与える影響は小さいと考えられる。

また、本検討は、偏平試験の都合上、実験条件（表 4-1）の全組み合わせにおいて試験を実施していない。実験条件の組み合わせにより、発生する最大歪みは異なると考えられるため、実験条件の組み合わせごとのたわみ率別の発生する最大歪みを把握し、クラックが管体の破断または降伏の可能性の有無を捉える必要がある。

したがって、次項では、統計的手法により歪みに対して影響力の高い構造的異常を判別し、構造的異常が併発した場合の歪みの値を予測することで、降伏または破断に達する構造的異常の組み合わせを検討する。

なお、変形に関しては、変形形状および変形位置はたわみ率ごとの歪みの発生に対する影響が小さいと考えられることから、次項の検討対象から外すこととする。

4.3. 統計的手法による歪みと構造的異常の関係把握

偏平試験結果より、変形と偏平が併発した場合においては、変形部への歪みが集中しないことを確認した。一方、クラックと偏平が併発している事象は、歪みの発生傾向に大きく影響を与えていると考えられる。

前項の偏平試験では試験の都合上、実験条件の全ての組み合わせについて検討していない。そこで、前項の偏平試験において計測した歪みのデータを用いて、統計的手法により歪みに対して影響力の高い構造的異常を判別し、構造的異常が併発した場合の歪みの値を予測することで、降伏または破断に達する構造的異常の組み合わせを検討した。

本項では、各条件のクラックと偏平が併発した際に発生する歪みを対象にした解析を行った。

歪みと各属性（たわみ率、クラック周方向位置、クラック方向、クラック長さ）との関係を見るために、偏平試験で得た歪みのデータを基に、統計解析手法（数量化Ⅰ類）を用いて、発生する歪みに対する各属性の関係度合い（カテゴリーレンジ・カテゴリースコア）を算定し、これらの大小関係や増減関係から、歪みと各属性との関係性を把握する。

4.3.1. 解析方法

(1) 解析概要

本解析では複数の構造的異常が併発した場合に発生する歪みについて検討するため、複数の変数を扱うことができる多変量解析を実施した。多変量解析手法には様々な手法があり、その選定表を表 4-7 に示す。

本解析では、降伏または破断の可能性の有無を判別するための閾値を検討するため、目的変数を歪み（%）とし、数量データ（表 4-8）として扱う。また、構造的異常の組み合わせごとの歪み（%）の値を予測することを目的とするため、説明変数をクラック周方向位置、クラック方向、クラック長さ、たわみ率とし、カテゴリーデータ（表 4-8）として扱うこととした。これより、本解析においては偏平試験で得た歪みのデータを基に、統計解析手法（数量化Ⅰ類）を用いて解析を実施した。

表 4-7 選定表（多変量解析手法とデータ形態）

目的変数の有無	データ形態		解析手法	
	目的変数 ¹⁾	説明変数 ²⁾		
ある場合	数量データ	数量データ	重回帰分析 正準相関分析	
	数量データ	カテゴリーデータ	数量化Ⅰ類	
	カテゴリーデータ	数量データ	判別分析	
	カテゴリーデータ	カテゴリーデータ	数量化Ⅱ類	
ない場合	X		数量データ	主成分分析 因子分析 数量化Ⅳ類
			カテゴリーデータ	数量化Ⅲ類

1) 目的変数：「歪み」

2) 説明変数：「クラック周方向位置」、「クラック方向」、「クラック長さ」、「たわみ率」

表 4-8 数量データとカテゴリーデータの違い

分類	数量データ		カテゴリーデータ	
	比率尺度	間隔尺度	順序尺度	名義尺度
内容	・絶対ゼロを基準とした計測値(基準がある) ・加減乗除可能	・絶対ゼロを定めない量(基準がない) ・演算は加減のみ	・順序性がある ・基本的に演算は不可	・単純な区別、分類 ・演算は不可
具体例	・実験データ	・℃(摂氏) ・カレンダー月	・アンケート回答 ①はい ②どちらでもない ③いいえ	・性別 ① 男 ② 女

(2) 変数、解析ケース、入力データおよび解析ソフトウェア

1) 変数

解析にあたり、目的変数および説明変数は下記の通りとする。また前述の通り、目的変数を数量データ、説明変数をカテゴリーデータとする。

①目的変数

クラック先端の最大歪み (%)

②説明変数

たわみ率：0%、1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、9%、10%、11%、12%、13%、14%、15%

クラック周方向位置：管頂部、管側部、中間部

クラック方向：軸方向、周方向、斜方向

クラック長さ：管長の 1/5、管長の 7/20、管長の 1/2

2) 解析ケース

前項において、各ケースの周方向の歪みゲージにより計測された値は、ブランク（ケース 1）の周方向の歪みゲージにより計測された値とほぼ等しく、クラックの影響を受けないことが分かった。

塩化ビニル管の弾性域は歪みが 1.2%程度まで、降伏点の歪みは 4.0%程度と想定され（図 4-2）、弾性域と塑性域では応力と歪みの関係が異なる可能性があると考えられる。そこで、本解析では、弾性域と塑性域両方（解析ケース 1）、弾性域のみ<歪み 1.2%以下>（解析ケース 2）、塑性域のみ<歪み 1.2%より大きい>（解析ケース 3）を解析対象とした。

3) 入力データ

目的変数であるクラック先端の最大歪みの値は、前項の偏平試験の結果（試験(n=1~n=3)のうち、設計許容たわみ率 5%の時点でクラック先端付近の歪みゲージに最も大きな歪みを記録した試験の結果）を用いる。また、クラック先端付近の歪みゲージ（図 4-9~図 4-11）のうち、たわみ率 5%の時点で最大値を記録する歪みゲージ番号の測定結果を用いる。たわみ率が 15%より大きい場合、最大値を記録する歪みゲージ番号が変わる事象が生じている。つまり、前述の通り、材料の降伏等が生じ別の挙動を示し始めたと考えられるため、本解析では、たわみ率 15%までの偏平試験の結果を用いることとする（4.2.2 参照）。

入力データ一覧をに示す。

解析ケース 1 においては、弾性域と塑性域両方を解析対象とするため、の全歪みデータを用いる。

解析ケース 2 においては弾性領域のみを解析対象とするため、の赤色セルの歪データを用いる。

解析ケース 3 においては弾性領域のみを解析対象とするため、の青色セルの歪データを用いる。

4) 解析ソフトウェア

College Analysis Ver. 5.8 を用いる。

表 4-9 入力データ一覧 (1)

計測データ情報			説明変数				
ケース	試験番号(n)	歪みゲージ番号	目的変数	たわみ率	クラック周方向位置	クラック方向	クラック長さ
2	2	D1	0.00	0%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			0.07	1%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			0.28	2%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			0.47	3%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			0.70	4%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			0.98	5%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			1.29	6%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			1.63	7%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			2.02	8%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			2.45	9%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			2.92	10%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			3.43	11%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			4.00	12%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			4.62	13%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			5.29	14%	管頂部	軸方向	管長の1/5
3	2	D1	6.00	15%	管頂部	軸方向	管長の1/5
			0.00	0%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.01	1%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.08	2%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.18	3%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.27	4%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.37	5%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.47	6%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.57	7%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.68	8%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.78	9%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.89	10%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.99	11%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			1.09	12%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			1.20	13%	管頂部	斜方向	管長の1/5
4	3	D2	1.30	14%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			1.40	15%	管頂部	斜方向	管長の1/5
			0.00	0%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.01	1%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.04	2%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.06	3%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.09	4%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.11	5%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.13	6%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.16	7%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.18	8%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.20	9%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.22	10%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.24	11%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.26	12%	管頂部	周方向	管長の1/5
5	1	B1	0.28	13%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.30	14%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.32	15%	管頂部	周方向	管長の1/5
			0.00	0%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.01	1%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.04	2%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.08	3%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.10	4%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.14	5%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.17	6%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.20	7%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.23	8%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.26	9%	中間部	軸方向	管長の1/5
			0.30	10%	中間部	軸方向	管長の1/5
			6	3	B1	0.32	11%	中間部	軸方向	管長の1/5
0.36	12%	中間部				軸方向	管長の1/5
0.38	13%	中間部				軸方向	管長の1/5
0.41	14%	中間部				軸方向	管長の1/5
0.44	15%	中間部				軸方向	管長の1/5
0.00	0%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.03	1%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.07	2%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.12	3%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.15	4%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.20	5%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.24	6%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.28	7%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.32	8%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.36	9%	中間部				斜方向	管長の1/5
0.40	10%	中間部	斜方向	管長の1/5			
0.44	11%	中間部	斜方向	管長の1/5			
0.48	12%	中間部	斜方向	管長の1/5			
0.52	13%	中間部	斜方向	管長の1/5			
0.56	14%	中間部	斜方向	管長の1/5			
0.60	15%	中間部	斜方向	管長の1/5			

表 4-9 入力データ一覧 (2)

計測データ情報			目的変数		説明変数		
ケース	試験番号(n)	歪みゲージ番号	歪み%	たわみ率	クラック周方向位置	クラック方向	クラック長さ
7	3	H2	0.00	0%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.05	1%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.15	2%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.24	3%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.36	4%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.46	5%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.56	6%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.69	7%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.79	8%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.92	9%	中間部	周方向	管長の1/5
			1.02	10%	中間部	周方向	管長の1/5
			1.15	11%	中間部	周方向	管長の1/5
			1.25	12%	中間部	周方向	管長の1/5
			1.38	13%	中間部	周方向	管長の1/5
			1.49	14%	中間部	周方向	管長の1/5
8	3	B1	1.59	15%	中間部	周方向	管長の1/5
			0.00	0%	管側部	軸方向	管長の1/5
			0.03	1%	管側部	軸方向	管長の1/5
			0.18	2%	管側部	軸方向	管長の1/5
			0.35	3%	管側部	軸方向	管長の1/5
			0.52	4%	管側部	軸方向	管長の1/5
			0.70	5%	管側部	軸方向	管長の1/5
			0.89	6%	管側部	軸方向	管長の1/5
			1.09	7%	管側部	軸方向	管長の1/5
			1.29	8%	管側部	軸方向	管長の1/5
			1.51	9%	管側部	軸方向	管長の1/5
			1.74	10%	管側部	軸方向	管長の1/5
			1.98	11%	管側部	軸方向	管長の1/5
			2.24	12%	管側部	軸方向	管長の1/5
			2.53	13%	管側部	軸方向	管長の1/5
9	1	B1	2.84	14%	管側部	軸方向	管長の1/5
			3.16	15%	管側部	軸方向	管長の1/5
			-0.20	0%	管側部	斜方向	管長の1/5
			-0.15	1%	管側部	斜方向	管長の1/5
			-0.07	2%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.01	3%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.08	4%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.17	5%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.25	6%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.34	7%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.42	8%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.52	9%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.60	10%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.70	11%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.78	12%	管側部	斜方向	管長の1/5
10	2	B2	0.88	13%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.96	14%	管側部	斜方向	管長の1/5
			1.06	15%	管側部	斜方向	管長の1/5
			0.00	0%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.01	1%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.05	2%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.09	3%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.13	4%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.18	5%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.21	6%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.26	7%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.30	8%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.33	9%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.37	10%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.41	11%	管側部	周方向	管長の1/5
11	1	B1	0.45	12%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.49	13%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.53	14%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.56	15%	管側部	周方向	管長の1/5
			0.00	0%	管側部	軸方向	管長の1/2
			0.05	1%	管側部	軸方向	管長の1/2
			0.22	2%	管側部	軸方向	管長の1/2
			0.41	3%	管側部	軸方向	管長の1/2
			0.60	4%	管側部	軸方向	管長の1/2
			0.81	5%	管側部	軸方向	管長の1/2
			1.03	6%	管側部	軸方向	管長の1/2
			1.26	7%	管側部	軸方向	管長の1/2
			1.49	8%	管側部	軸方向	管長の1/2
			1.74	9%	管側部	軸方向	管長の1/2
			2.00	10%	管側部	軸方向	管長の1/2
2.26	11%	管側部	軸方向	管長の1/2			
2.53	12%	管側部	軸方向	管長の1/2			
2.81	13%	管側部	軸方向	管長の1/2			
3.10	14%	管側部	軸方向	管長の1/2			
3.40	15%	管側部	軸方向	管長の1/2			

表 4-9 入力データ一覧 (3)

計測データ情報			説明変数				
ケース	試験番号(n)	歪みゲージ番号	目的変数	たわみ率	クラック周方向位置	クラック方向	クラック長さ
12	3	B1	0.00	0%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.01	1%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.05	2%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.10	3%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.14	4%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.19	5%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.23	6%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.28	7%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.33	8%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.37	9%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.42	10%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.46	11%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.49	12%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.52	13%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.55	14%	管側部	斜方向	管長の1/2
16	2	D1	0.58	15%	管側部	斜方向	管長の1/2
			0.00	0%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			0.08	1%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			0.30	2%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			0.56	3%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			0.84	4%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			1.14	5%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			1.46	6%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			1.83	7%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			2.23	8%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			2.67	9%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			3.15	10%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			3.69	11%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			4.26	12%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			4.88	13%	管頂部	軸方向	管長の7/20
17	1	D1	5.54	14%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			6.25	15%	管頂部	軸方向	管長の7/20
			0.00	0%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.01	1%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.02	2%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.03	3%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.04	4%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.05	5%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.06	6%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.07	7%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.08	8%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.09	9%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.10	10%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.12	11%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.13	12%	管頂部	斜方向	管長の7/20
18	2	D1	0.14	13%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.15	14%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.17	15%	管頂部	斜方向	管長の7/20
			0.00	0%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			0.15	1%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			0.43	2%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			0.77	3%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			1.14	4%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			1.57	5%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			2.06	6%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			2.64	7%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			3.32	8%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			4.10	9%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			4.99	10%	管頂部	軸方向	管長の1/2
			5.98	11%	管頂部	軸方向	管長の1/2
19	1	A2	0.00	0%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.01	1%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.03	2%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.05	3%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.07	4%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.10	5%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.12	6%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.14	7%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.16	8%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.18	9%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.21	10%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.23	11%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.25	12%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.27	13%	管頂部	斜方向	管長の1/2
			0.29	14%	管頂部	斜方向	管長の1/2
0.31	15%	管頂部	斜方向	管長の1/2			

表 4-9 入力データ一覧 (4)

計測データ情報			目的変数		説明変数		
ケース	試験番号(n)	歪みゲージ番号	歪み%	たわみ率	クラック周方向位置	クラック方向	クラック長さ
20	1	B1	0.00	0%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.00	1%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.01	2%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.04	3%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.08	4%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.12	5%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.16	6%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.19	7%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.23	8%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.27	9%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.30	10%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.34	11%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.38	12%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.42	13%	中間部	軸方向	管長の7/20
			0.45	14%	中間部	軸方向	管長の7/20
21	1	G1	0.00	0%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.03	1%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.09	2%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.15	3%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.22	4%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.30	5%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.38	6%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.46	7%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.55	8%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.64	9%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.74	10%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.84	11%	中間部	斜方向	管長の7/20
			0.95	12%	中間部	斜方向	管長の7/20
			1.06	13%	中間部	斜方向	管長の7/20
			1.18	14%	中間部	斜方向	管長の7/20
1.30	15%	中間部	斜方向	管長の7/20			
22	2	D2	0.00	0%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.00	1%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.03	2%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.07	3%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.12	4%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.17	5%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.23	6%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.28	7%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.35	8%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.41	9%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.48	10%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.55	11%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.63	12%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.71	13%	中間部	軸方向	管長の1/2
			0.79	14%	中間部	軸方向	管長の1/2
0.88	15%	中間部	軸方向	管長の1/2			
23	1	G1	0.00	0%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.02	1%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.09	2%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.17	3%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.25	4%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.35	5%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.44	6%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.54	7%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.65	8%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.75	9%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.86	10%	中間部	斜方向	管長の1/2
			0.98	11%	中間部	斜方向	管長の1/2
			1.09	12%	中間部	斜方向	管長の1/2
			1.21	13%	中間部	斜方向	管長の1/2
			1.33	14%	中間部	斜方向	管長の1/2
1.45	15%	中間部	斜方向	管長の1/2			
24	2	B1	0.00	0%	管側部	軸方向	管長の7/20
			0.01	1%	管側部	軸方向	管長の7/20
			0.13	2%	管側部	軸方向	管長の7/20
			0.31	3%	管側部	軸方向	管長の7/20
			0.51	4%	管側部	軸方向	管長の7/20
			0.72	5%	管側部	軸方向	管長の7/20
			0.95	6%	管側部	軸方向	管長の7/20
			1.18	7%	管側部	軸方向	管長の7/20
			1.47	8%	管側部	軸方向	管長の7/20
			1.73	9%	管側部	軸方向	管長の7/20
			2.00	10%	管側部	軸方向	管長の7/20
			2.27	11%	管側部	軸方向	管長の7/20
			2.56	12%	管側部	軸方向	管長の7/20
			2.85	13%	管側部	軸方向	管長の7/20
			3.15	14%	管側部	軸方向	管長の7/20
3.47	15%	管側部	軸方向	管長の7/20			

表 4-9 入力データ一覧 (5)

計測データ情報			目的変数		説明変数		
ケース	試験番号(n)	歪みゲージ番号	歪み%	たわみ率	クラック周方向位置	クラック方向	クラック長さ
25	2	B1	0.00	0%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.00	1%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.01	2%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.05	3%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.10	4%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.14	5%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.19	6%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.23	7%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.27	8%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.32	9%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.36	10%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.39	11%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.43	12%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.47	13%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.50	14%	管側部	斜方向	管長の7/20
			0.54	15%	管側部	斜方向	管長の7/20

4.3.2. 解析結果

各解析ケースのカテゴリースコア、カテゴリーレンジ、分析精度、実測値と予測値との比較を以下に示す。

カテゴリースコアとは、各属性のカテゴリー（例：たわみ率 15%、軸方向、管側部など）のスコアを表し、各カテゴリーが歪みに対して与える影響の大きさを示す。カテゴリーレンジは、各属性の最大カテゴリースコアと最小カテゴリースコアの差であり、この値が大きい程、歪みに対する影響が大きい属性と判断する。分析精度として、重相関係数と寄与率を示す。寄与率とは、重相関係数の累乗であり、解析結果の確からしさを表しており、1 に近いほど確かと判断する。

(1) 解析ケース 1（全データ）

1) カテゴリースコア

基準化したカテゴリースコアをグラフ化したものを図 4-26 に示す。

クラック長さについては、値が小さいことからクラックの長さの歪みへの影響は小さいと言える。また、クラック方向については、軸方向の場合の値は大きく、周方向、斜方向の値は小さいことから、軸方向のクラックの歪みへの影響が大きいと言える。同様に、クラック周方向位置については、管頂部の場合の値は大きく、管側部、中間部の値は小さいことから、管長部のクラックの歪みへの影響が大きいと言える。

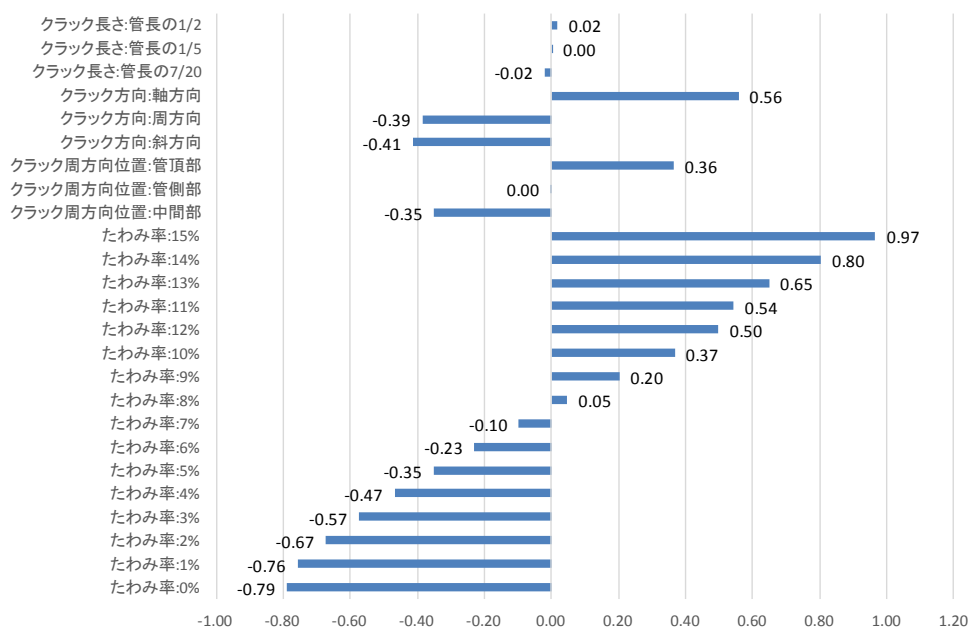


図 4-26 カテゴリースコア（解析ケース 1）

2) カテゴリーレンジ

各カテゴリーのカテゴリーレンジをグラフ化したものを図 4-27 に示す。

カテゴリーレンジとは、各カテゴリーの最大カテゴリースコアと最小カテゴリースコアの差を表しており、カテゴリーレンジが大きいカテゴリーほど歪みへの影響が大きいカテゴリーであると判断する。

つまり、当ケースにおいては歪みへの影響が最も大きいカテゴリーは、たわみ率であり、その次にクラック方向が影響していると言える。

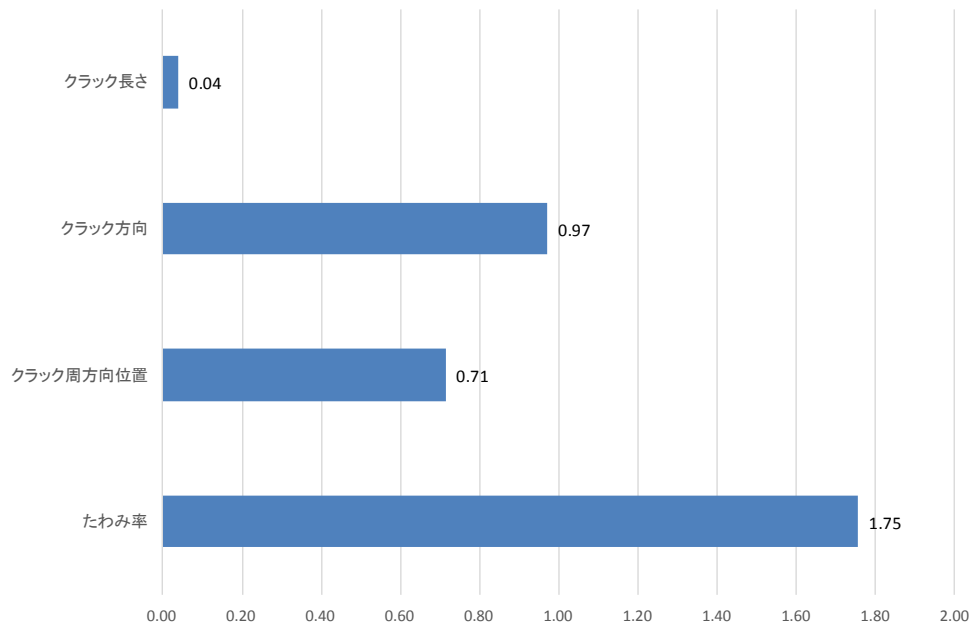


図 4-27 カテゴリーレンジ (解析ケース 1)

3) 分析精度

自由度調整前および調整済の寄与率と重相関係数を表 4-10 に示す。

表 4-10 分析精度 (解析ケース 1)

	自由度調整前	自由度調整済
重相関係数	0.698	0.6726
寄与率	0.4871	0.4524

4) 実績値と予測値との比較

実績値と予測値をプロットしたものを図 4-28 に示す。横軸は実測値、縦軸は予測値を表す。

塑性域である歪みが 1.2%以上の実測値と予測値に大きな差がでている。つまり、塑性域での歪みの発生傾向は、弾性域での歪みの発生傾向と異なると考えられる。

そこで、解析ケース 2・3 では、解析ケース 1 の入力データを弾性域である「歪み 1.2%以下」と塑性域である「歪み 1.2%より大きい」に分けて解析を実施することとする。

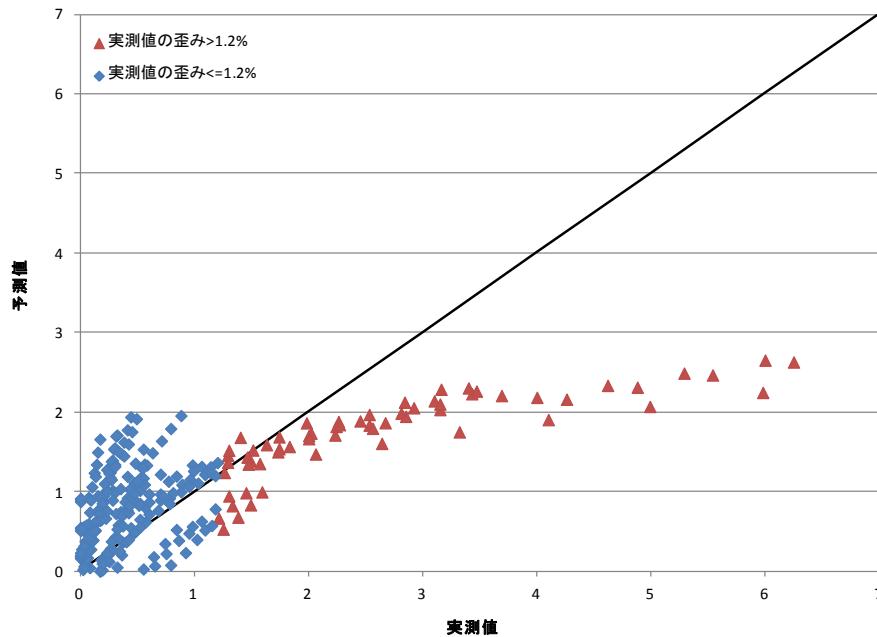


図 4-28 歪みの実測値と予測値の比較（解析ケース 1）

(2) 解析ケース 2（歪み 1.2%以下）

1) カテゴリースコア

基準化したカテゴリースコアをグラフ化したものを図 4-29 に示す。

たわみ率が大きくなるにつれて歪みへの影響は大きくなり、たわみ率が 10%より大きくなると歪みへの影響はほぼ一定となる。クラック方向に関しては、クラック軸方向のみが歪みへの影響している。クラック長さに関しては、クラック長さが短い管長の 1/5 の方が、管長の 1/2 より歪みへの影響が大きい。つまり、管長の長さは歪みへの影響が小さいと考えられる。

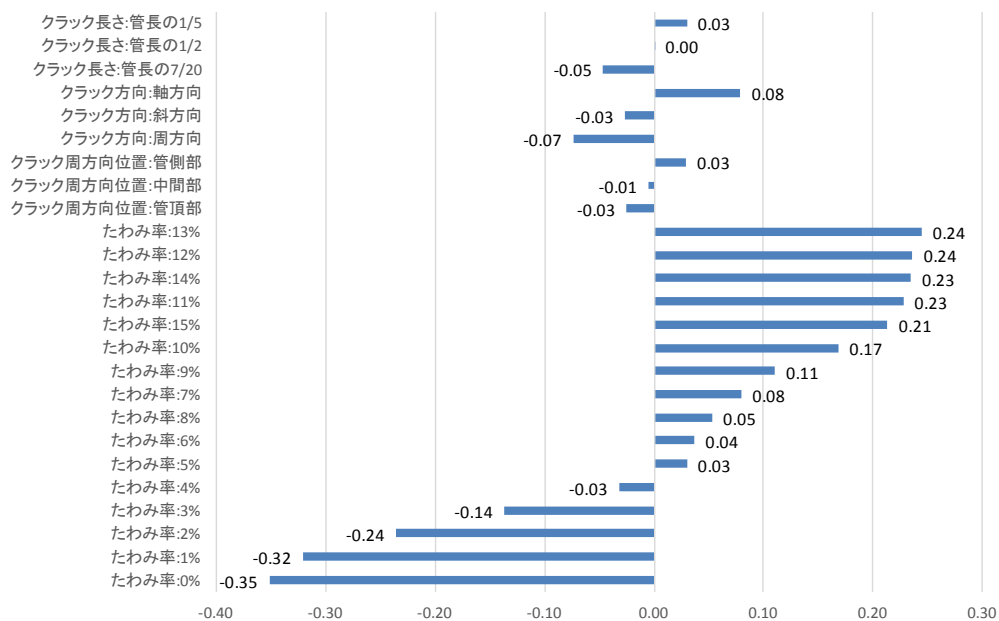


図 4-29 カテゴリースコア（解析ケース 2）

2) カテゴリーレンジ

各カテゴリーのカテゴリーレンジをグラフ化したものを図 4-30 に示す。
たわみ率が他のカテゴリーと比較し、歪みへ影響は大きい。

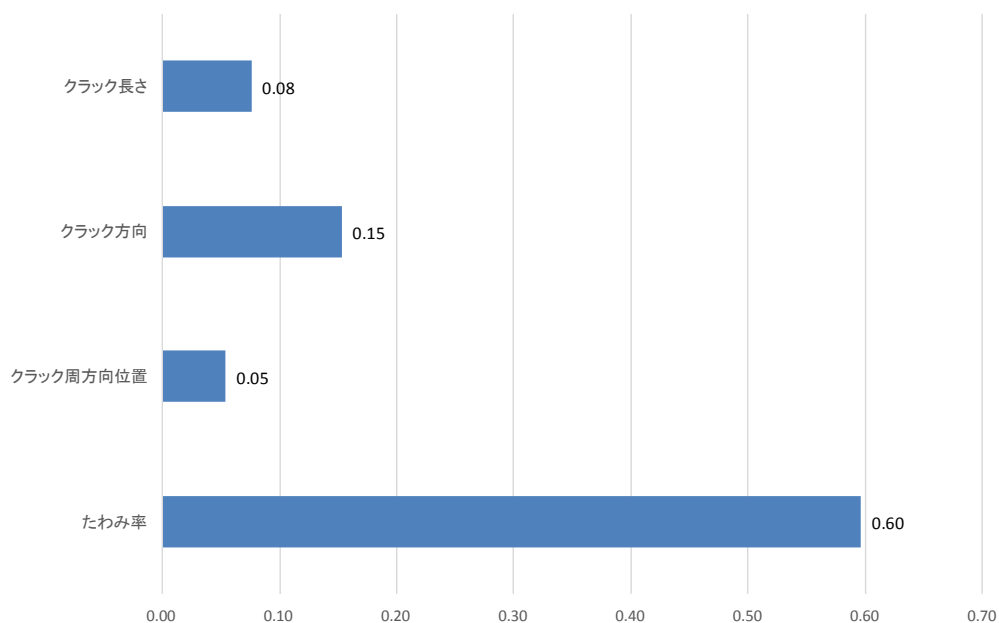


図 4-30 カテゴリーレンジ (解析ケース 2)

3) 分析精度

自由度修正前および修正済みの寄与率と重相関係数を表 4-11 に示す。

表 4-11 分析精度 (解析ケース 2)

	自由度調整前	自由度調整済
重相関係数	0.6454	0.6059
寄与率	0.4166	0.3671

4) 実績値と予測値との比較

実績値と予測値をプロットしたものを図 4-31 に示す。横軸は実測値、縦軸は予測値を表す。赤のプロットはクラック方向が軸方向、青のプロットはクラック方向が周方向並びに斜方向であるものを示す。

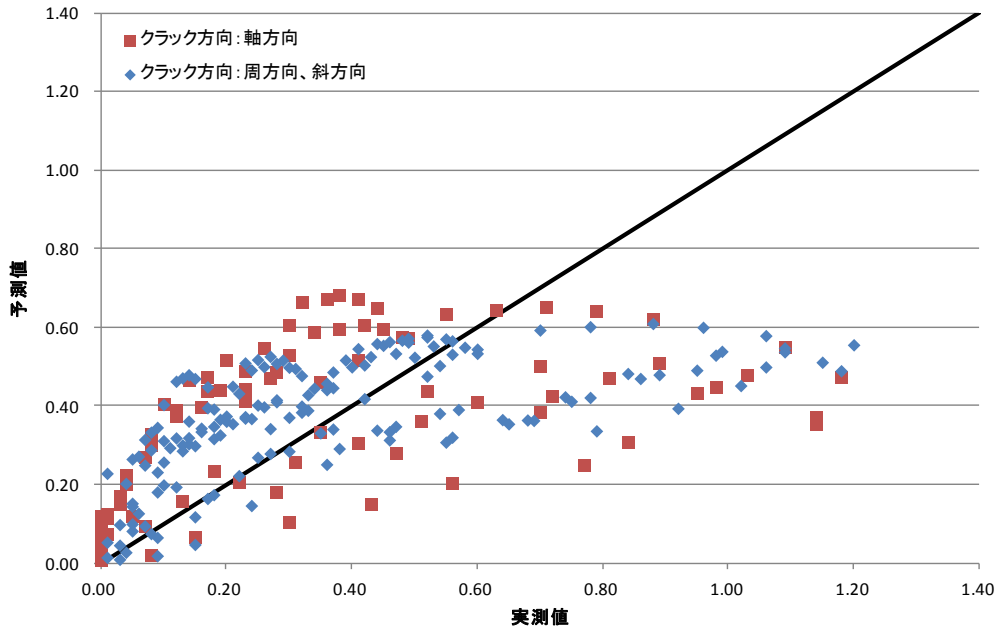


図 4-31 歪みの実測値と予測値の比較 (解析ケース 2)

(3) 解析ケース 3 (歪み 1.2%より大きい)

1) カテゴリースコア

基準化したカテゴリースコアをグラフ化したものを図 4-32 に示す。

表 4-8 の入力データより、たわみ率が 5%を超えると歪み 1.2%を超える事象が出てくる。

クラック方向に関しては、クラック軸方向は周方向と斜方向と比較し、歪みへの影響が大きい。

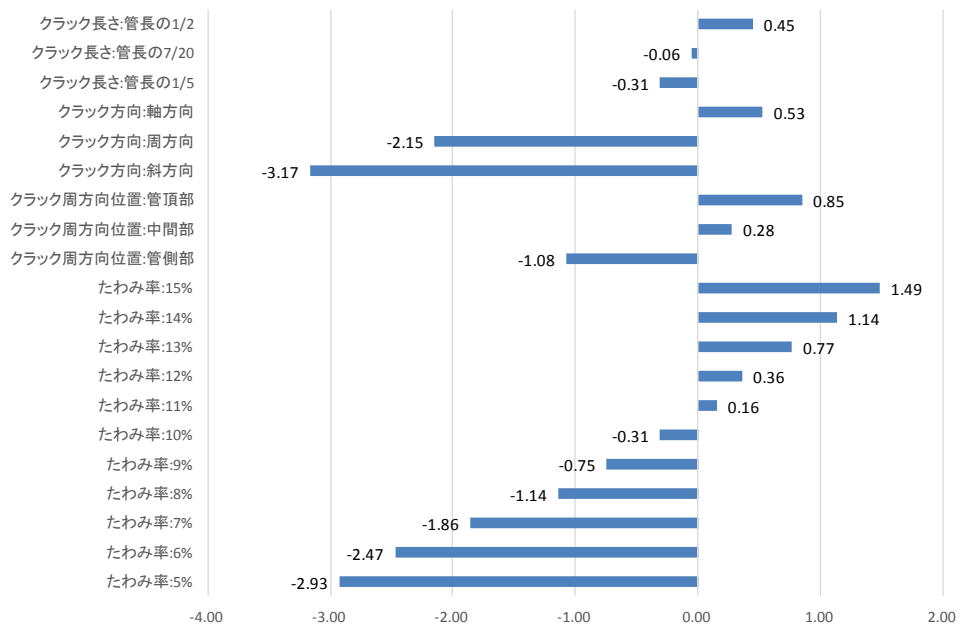


図 4-32 カテゴリースコア (解析ケース 3)

2) カテゴリーレンジ

各カテゴリーのカテゴリーレンジをグラフ化したものを図 4-33 に示す。カテゴリーレンジとは、各カテゴリーの最大カテゴリースコアと最小カテゴリースコアの差を表しており、カテゴリーレンジが大きいカテゴリーほど歪みへの影響が大きいカテゴリーであると判断する。

たわみ率の値が大きいのは、他のケースと同じであるが、他のケースと比較し、クラック方向についての歪み絵の影響が、他のカテゴリー（クラック長さ・クラック周方向位置）と比較し歪みへの影響が大きくなっていることが言える。

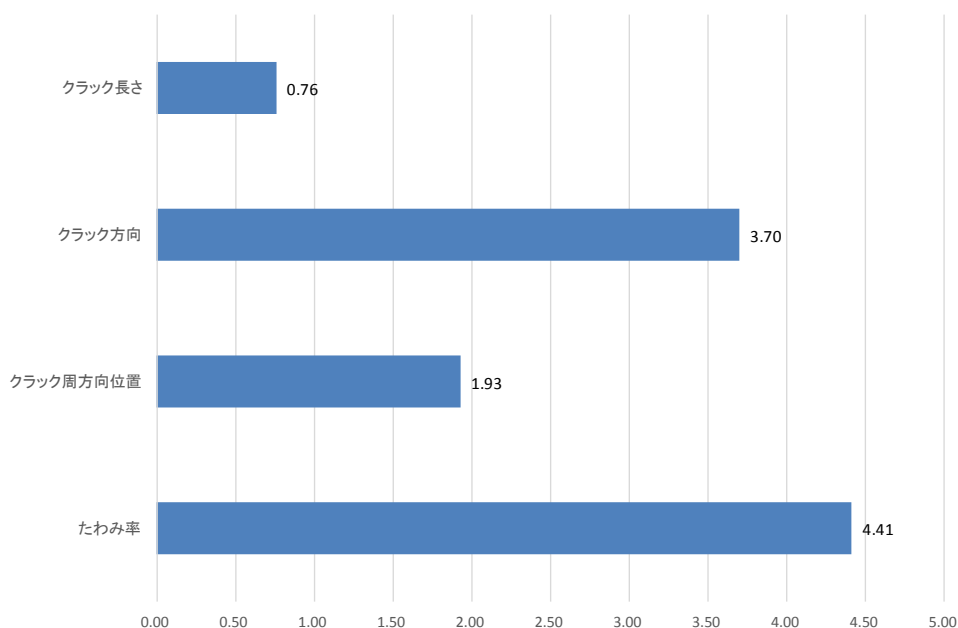


図 4-33 カテゴリーレンジ（解析ケース 3）

3) 分析精度

自由度修正前および修正済みの寄与率と重相関係数を表 4-12 に示す。

表 4-12 分析精度（解析ケース 3）

	自由度調整前	自由度調整済
重相関係数	0.9535	0.9364
寄与率	0.9091	0.8768

4) 実績値と予測値との比較

実績値と予測値をプロットしたものを図 4-34 に示す。横軸は実測値、縦軸は予測値を表す。

塑性域での歪みの予測は、上述の分析精度に記載の通り、寄与率は約 0.91 であり、妥当であると考えられる。なお、一般的には分析精度の妥当性は表 4-13 のように考えられている。

表 4-13 分析精度の妥当性

分析精度	寄与率	重相関係数
非常に良い	0.8 以上	0.9 以上
やや良い	0.5 以上	0.7 以上
悪い	0.5 未満	0.7 未満

各カテゴリースコアに基づき予測したたわみ率と歪みの関係を図 4-35 に示す。
軸方向クラックが発生している場合はたわみ率が 9% 以上で歪みが 4% 以上になると推定される。

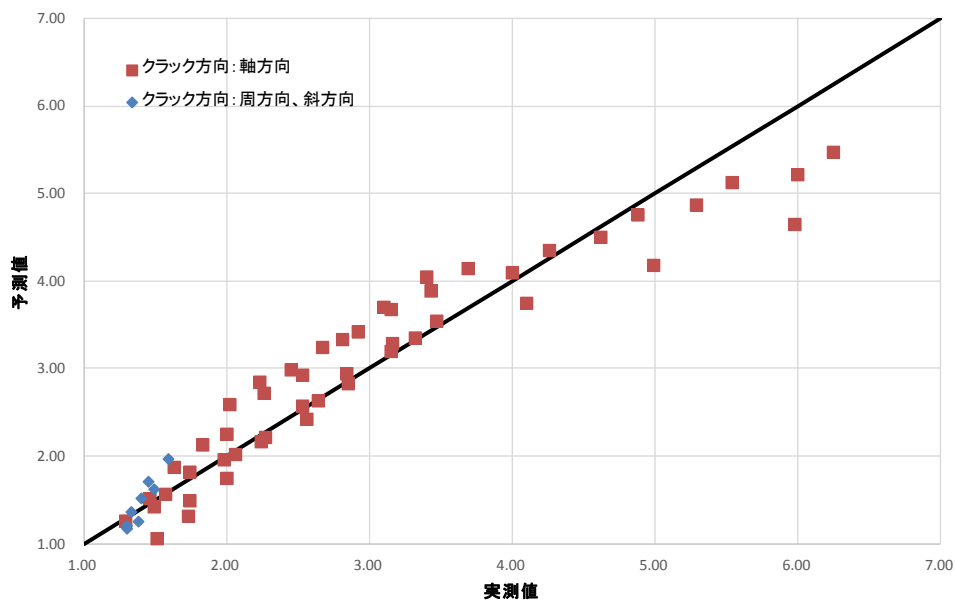


図 4-34 歪みの実測値と予測値の比較 (解析ケース 3)

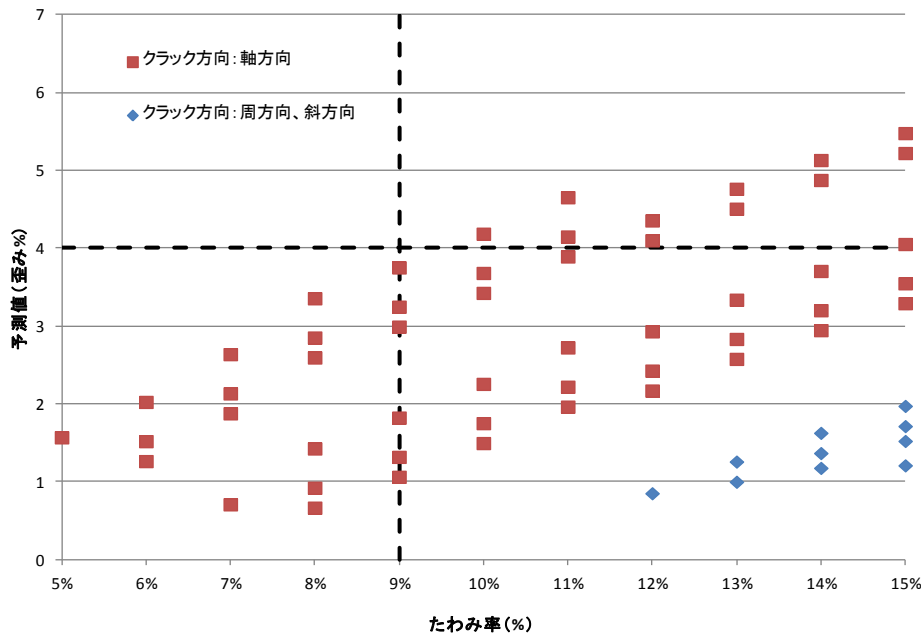


図 4-35 たわみ率と歪み (予測値)

4.3.3. 考察

塑性域と弾性域とでは、歪みの発生傾向が異なる (図 4-28)。そのため、塑性域 (歪み 1.2%より大きい) と弾性域 (1.2%以下) に分類し、歪みとクラック形状 (クラック長さ、クラック周方向位置、クラック方向) およびたわみ率の関係を分析した。弾性域ではたわみ率のカテゴリーレンジが、その他のカテゴリーと比較し大きい (図 4-30)。また次に大きいクラック方向において分類して実測値と予測値を予測した値を示した図 4-31 からも歪みに対して顕著な影響がないことが分かる。

以上より、弾性域では歪みに対してクラック形状 (クラック長さ、クラック周方向位置、クラック方向) の影響は小さいと考えられる。

一方、塑性域では、クラック方向カテゴリーレンジが大きくなっている (図 4-33)。クラック方向の条件にある軸方向、周方向および斜方向のカテゴリースコアを比較すると、軸方向と周方向および斜方向とに大きな差があり、これは周方向および斜方向と比較し、軸方向が歪みへの影響が大きいと考えられる。

次に、たわみ率がどのような条件の際に、材料に発生する歪みがピーク (4%) に達するかを推定する必要がある。図 4-35 に示す通り、軸方向クラックが発生している場合はたわみ率が9%以上で歪みが4%以上になり材料の降伏等が生じる可能性あると考えられる。

ここでの考察の留意点として、上記の考察は、供試体に貼付けた歪みゲージによる計測値を用いている。しかし、歪みゲージの貼付け位置の制約上、クラックの最先端から数 mm 離れた位置に貼付けているため、クラックの最先端に発生している実際の最大歪み (以下、「真の最大歪み」) を捉えていない。そのため、歪みゲージによる計測値は、真の最大歪み値を表していない。

そこで、次項において、二次元非線形静的解析 (CAE 解析) を用いることで、真の最大歪みを推定する。

4.4. 真のクラック先端最大歪みの推定

前項で述べた通り、歪みゲージの貼付け位置の制約上、クラックの最先端から数 mm 離れた位置に貼付けているため、クラックの最先端に発生している実際の最大歪み（以下、「真の最大歪み」）を捉えていない。そのため、歪みゲージによる計測値は、真の最大歪み値を表していない。

そこで、本項では、二次元非線形静的解析（CAE 解析）を用いることで、クラック先端に生じている真の最大歪みを推定する。

4.4.1. 推定方法

4.2 および 4.3 の検討結果から周方向、斜方向クラックおよび変形は、真の最大歪みへの影響は小さいと考えられる。そのため、当検討は軸方向クラックのみ着目し検討を行う。また、クラック周方向位置に関しては、クラックが中間部にある場合の歪みの発生はブランクの時と同等以下であったため（図 4-22～図 4-24）、管頂部と管側部のみの検討を行う。クラック長さに関しては、4.3 の結果から歪みに対する影響が小さいと判断し、クラック長さは一定として管長の 1/5 のみを検討の対象とする。よって、本項では、表 4-5 におけるケース 2 とケース 8 を検討対象とする（表 4-14）。CAE 解析による歪みゲージ貼付け位置における歪み（以下、「②歪みゲージ部歪み（解析値）」）と 4.2 の検討結果を比較した上で、真の最大歪みを推定する。なお、CAE 解析の方法は 4.2.1 で実施した予備解析と同様である。

表 4-14 検討ケースのクラック形状

ケース	クラック周方向位置	クラック方向	クラック長さ
2	管頂部	軸方向	管長の 1/5
8	管側部	軸方向	管長の 1/5

4.4.2. 推定結果と考察

各たわみ率における、CAE 解析による歪みゲージ部歪み（解析値）と実験による歪みゲージが計測した最大歪み（以下、「①最大歪み（計測値）」）を比較した。ケース 2 においては、「最大歪み（計測値）」を記録する歪みゲージは D1 であったため、D1 の計測値と歪みゲージ番号 D1 の位置に発生する「②歪みゲージ部歪み（解析値）」を比較した（図 4-36）。ケース 8 においては、「①最大歪み（計測値）」を記録する歪みゲージは B1 であったため、B1 の計測値と歪みゲージ番号 B1 の位置に発生する「②歪みゲージ部歪み（解析値）」を比較した（図 4-37）。これより、歪みゲージ部歪み（解析値）と最大歪み（計測値）の比率 $\langle \text{②歪みゲージ部歪み（解析値）} / \text{①最大歪み（計測値）} \rangle$ は、1.2 程度（以下、「補正係数」）になることが分かった。

「①最大値（計測値）」と真の最大歪みとの乖離を考慮するため、CAE 解析により算出した真の最大歪み（以下、「③真の最大歪み（解析値）」）を前述の補正係数 1.2 で除すことにより補正し、真の最大歪みを推定した（以下、「④真の最大歪み（推定値）」）。推定結果を下記の表 4-16 に示す。

なお、上述の「①最大歪み（計測値）」、「②歪みゲージ部（解析値）」、「③真の最大歪み（解析値）」、「④真の最大歪み（推定値）」の定義について整理した。

表 4-15 実験および CAE 解析における各歪みの定義

	データ種別	歪み位置	値
①	実験	歪みゲージ貼付け位置	最大歪み (計測値)
②	CAE 解析	歪みゲージ貼付け位置	歪みゲージ部歪み (解析値)
③	CAE 解析	クラック先端	真の最大歪み (解析値)
④	推定	クラック先端	真の最大歪み (推定値)

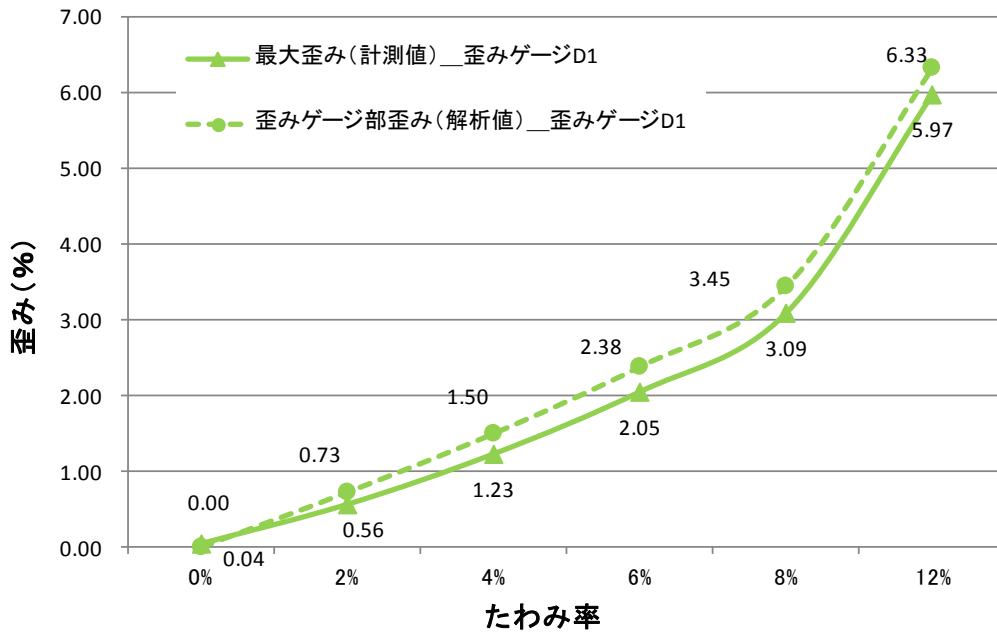


図 4-36 ①最大歪み (計測値) と②歪みゲージ部歪み (解析値) との比較 (ケース 2)

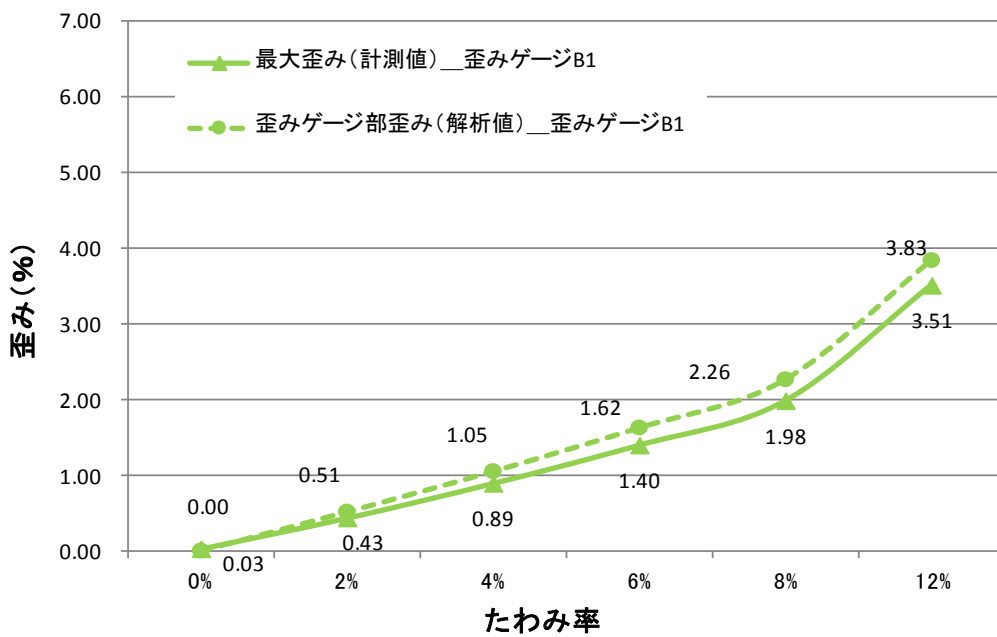


図 4-37 ①最大歪み (計測値) と②歪みゲージ部歪み (解析値) との比較 (ケース 8)

表 4-16 ①最大歪み（計測値）と④真の最大歪み（推定値）との関係

ケース	たわみ率	①最大歪み (計測値) %	③真の最大歪み (解析値) %	④真の最大歪み (推定値) % =真の最大歪み (解析値) %/1.2	比率 (④/①)
2	4%	1.2	7.0	5.8	4.7
	8%	3.1	18.2	15.2	4.9
	12%	6.0	31.6	26.3	4.4
8	4%	0.9	5.0	4.2	4.7
	8%	2.0	13.6	11.3	5.7
	12%	3.5	24.0	20.0	5.7

「①最大歪み（計測値）」と「④真の最大歪み（推定値）」との比率は 4.7～5.7 程度であった。真の最大歪みの危険側（上限）を考慮し、前述の比率を一律 5.7 とし、この比率を図 4-35 で検討した歪み（予測値）に乗ずることにより、たわみ率と真の最大歪み（推定値）の関係を検討した（図 4-38）。国総研で行った硬質塩化ビニルの物性試験において、破断歪みは 23.5% であり（表 4-3）、図 4-38 よりたわみ率 9% 以上において真の最大歪みが 23.5% を超えると推定されることから、軸方向クラックとたわみ率 9% 以上が併発している状況においては、破断歪みに達し、軸方向クラックがさらに進行し、管体の破壊を引き起こす可能性があると考えられる。

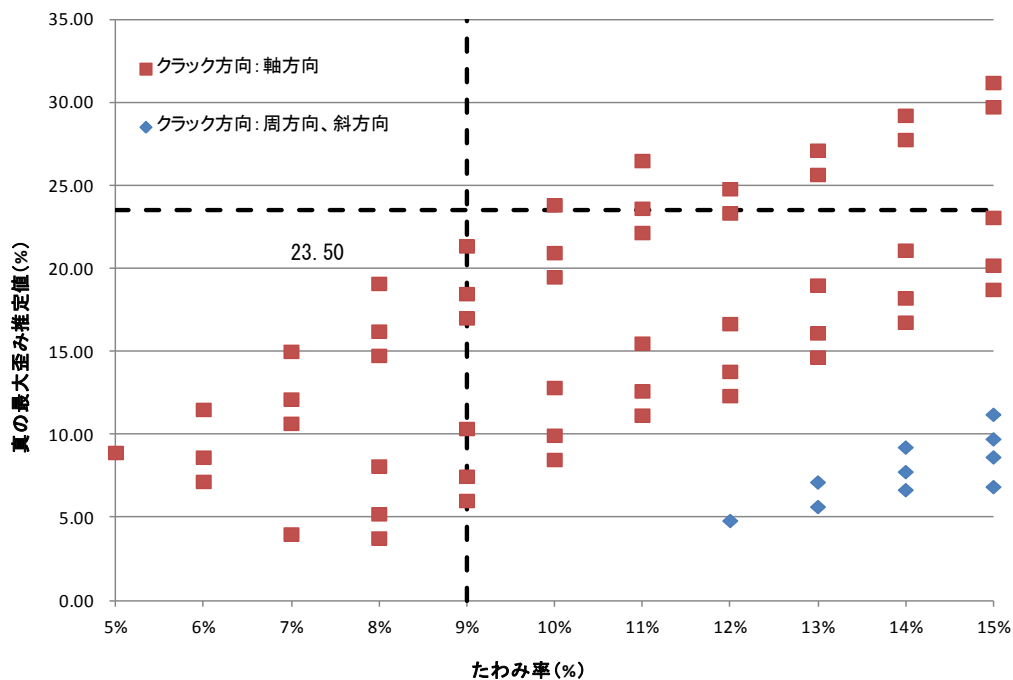


図 4-38 真の最大歪み（推定値）とたわみ率

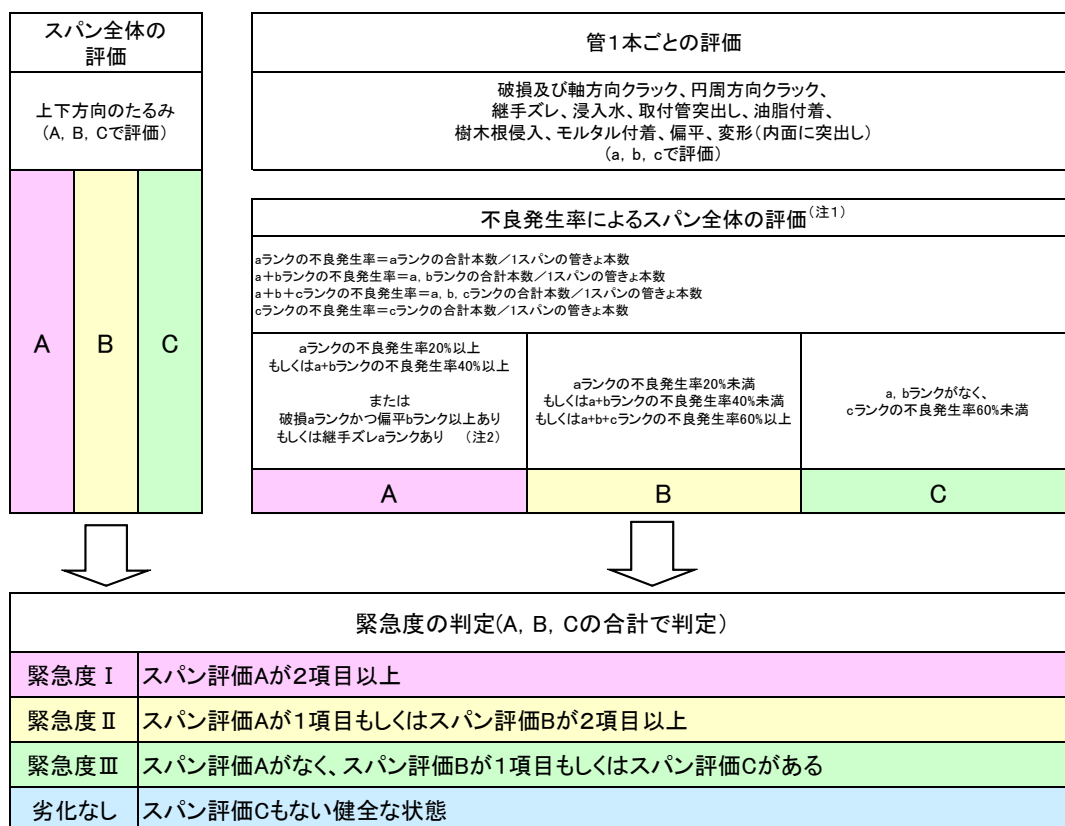
4.5. 塩化ビニル管の緊急度診断基準の提案

前節より、軸方向クラックが発生している場合、たわみ率が9%以上で発生歪みが20%以上となり管体の破壊を引き起こす可能性が考えられる。よって、3章で提示した偏平の判定基準に基づき、偏平のbランク以上と軸方向クラック（破損a）が併発している場合は管の劣化に対する影響が高いと考え、スパン全体に対する評価ランクをAランクとした。

以上より、「下水道維持管理指針 前編-2003年度版-」の緊急度診断基準に塩ビ管の劣化特性である以下の項目を追記する。

「塩化ビニル管の判定の際には、『偏平のbランク以上』と『軸方向クラック』が併発している場合は、道路陥没等の社会的影響が想定されることから、スパン全体においてAランクとする」

塩化ビニル管を対象とした緊急度診断フローを図 4-39 に示す。



(注1) 同一箇所でも複数の不良が発生している場合には、最上位の評価ランクのみをカウントする
(例:「管のクラックa」と「浸入水b」があった場合には、最上位の評価「管のクラックa」のみをカウントする)。

・破損aかつ偏平bランク以上が同時にあった場合、既に管体材料は降伏していると判断し、不良発生率による判定とは別にスパン評価をAランクとする。
(注2) ・継手ズレaランクが1箇所以上ある場合、周辺地山の管内への流入による道路陥没等、社会的影響の大きい不具合が想定されることから、不良発生率による判定とは別にスパン評価をAランクとする。

図 4-39 緊急度診断基準 (案)

緊急度は、対策が必要とされたスパンについて、その補修などの時期を定めるものであり、スパン全体の3つの評価項目（管の腐食、上下方向のたわみ、管1本ごとの評価から算定する不良発生率※塩化ビニル管に関しては、管の腐食は管の材料と癖異常考えられにくいいため該当しないため、2つの評価項目となる）における各ランクの数から判定される。

4.6. 塩化ビニル管の緊急度診断基準（案）による再診断結果および診断結果の分析

各自治体から収集したTVカメラ調査データ（映像、調査記録表、集計表<4,116スパン、約115km>）を前章で提案した塩化ビニル管の視覚判定基準（案）および前節で提案した緊急度診断基準に基づき、再診断を実施した結果を示す。また、再診断した結果から、各種管属性、各異常項目、各異常ランク、ならびに異常発傾向の関係を把握する。

4.6.1. 再診断結果

「下水道維持管理指針 前編-2003年度版-」の緊急度診断基準（以下、「従来基準」）と塩化ビニル管の緊急度診断基準（以下、「新基準」）により再診断した結果を示す（図4-40～図4-41）。

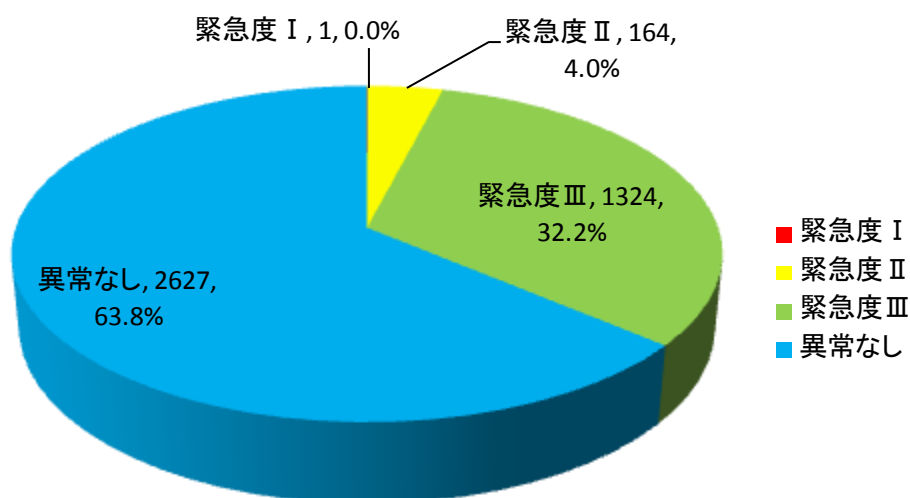


図 4-40 緊急度ランクの集計（旧基準）

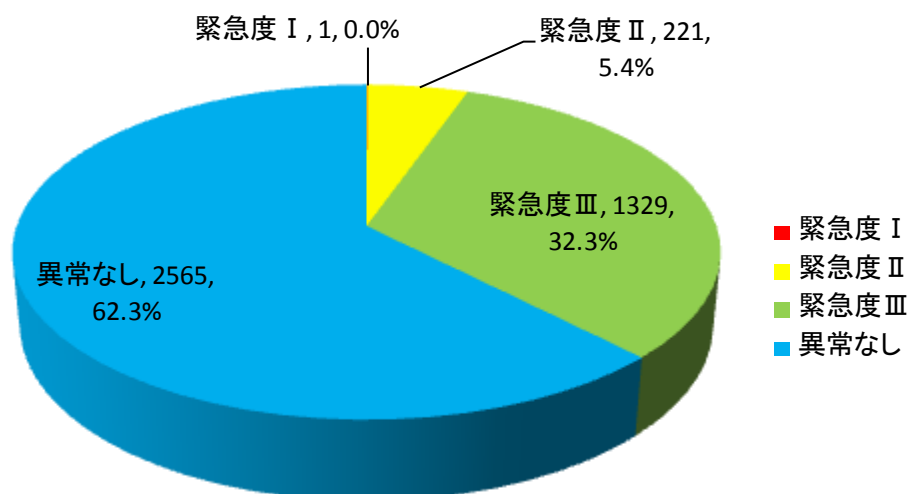


図 4-41 緊急度ランクの集計（新基準）

新基準にて再診断した結果、緊急度Ⅱの割合が約1.4%増えた。また、異常なしのスパンは約1.5%減った。これは、塩化ビニル管の視覚判定基準（案）に偏平および変形が追加されたことにより、不良発生率が高くなり緊急度Ⅱとなるスパンが増えた。

4.6.2. 緊急度ランクと異常項目および異常発生箇所数との関連性分析

本項では、緊急度診断結果と、緊急度診断に寄与する異常項目および異常発生箇所数との関連性について分析を行う。

(1) 緊急度ランク別異常項目ランクごとの異常発生箇所数

緊急度ランク別異常項目ランクごとの異常発生箇所数を集計した（表 4-17、図 4-42）。また、異常発生箇所数を各緊急度ランクのスパン総延長で除して、1km あたりの異常発生箇所数としての集計も行った（表 4-18、図 4-43）。なお、緊急度Ⅰのスパン数は1スパンのみであり、その他の緊急度と比較しスパン総延長が小さいため、図 4-42、図 4-43 からは除外した。

緊急度Ⅱと診断される場合、1km あたりの異常発生箇所数が多かった上位 3 つの異常項目は上位から順に、偏平 b ランク、継手ズレ b ランク、次いで破損 a ランクであった。

緊急度Ⅲと診断される場合、1km あたりの異常発生箇所数が多かった上位 3 つの異常項目は上位から順に、浸入水 c ランク、偏平 b ランク、浸入水 b ランクであった。

表 4-17 緊急度ランク別異常項目ランクごとの異常発生箇所数

緊急度ランク	スパン 総延長 (m)	異常項目																		統計	割合 (%)							
		破損a	クラックa	クラックb	クラックc	偏平ズレa	偏平ズレb	偏平ズレc	浸入水a	浸入水b	浸入水c	取付け管 の突出しa	取付け管 の突出しb	取付け管 の突出しc	当座の付着	当座の付着b	木製橋入a	木製橋入b	モルタル 付着a			モルタル 付着b	モルタル 付着c	変形a	変形b	偏平a	偏平b	
緊急度Ⅰ	21	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.1
緊急度Ⅱ	5,916	57	3	1	2	2	65	16	14	55	46	5	12	10	0	18	13	21	4	10	2	4	20	5	229	614	35.3	
緊急度Ⅲ	45,574	60	3	8	9	0	34	57	37	112	548	6	24	69	0	4	6	15	1	6	19	2	28	0	265	1313	75.5	
総計	51,511	118	6	9	11	2	99	73	51	168	594	11	36	79	0	22	19	36	5	16	21	6	48	5	494	1929	110.9	
割合 (%)	-	6.8	0.3	0.5	0.6	0.1	5.7	4.2	2.9	9.7	34.2	0.6	2.1	4.5	0.0	1.3	1.1	2.1	0.3	0.9	1.2	0.3	2.8	0.3	28.4	110.9	-	

表 4-18 緊急度ランク別異常項目ランクごとの 1km あたりの異常発生箇所数

緊急度ランク	スパン総延 長 (m)	異常項目																		統計 (箇所数 /km)							
		破損a	クラックa	クラックb	クラックc	偏平ズレa	偏平ズレb	偏平ズレc	浸入水a	浸入水b	浸入水c	取付け管 の突出しa	取付け管 の突出しb	取付け管 の突出しc	当座の付着	当座の付着b	木製橋入a	木製橋入b	モルタル 付着a		モルタル 付着b	モルタル 付着c	変形a	変形b	偏平a	偏平b	
緊急度Ⅰ	21	48.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.56
緊急度Ⅱ	5,916	9.63	0.51	0.17	0.34	0.34	10.99	2.70	2.37	9.30	7.77	0.85	2.03	1.69	0.00	3.04	2.20	3.55	0.68	1.69	0.34	0.68	3.38	0.85	38.71	103.78	
緊急度Ⅲ	45,574	1.32	0.07	0.18	0.20	0.00	0.75	1.25	0.81	2.46	12.02	0.13	0.53	1.51	0.00	0.09	0.13	0.33	0.02	0.13	0.42	0.04	0.61	0.00	5.81	28.81	
総計	51,511	59.731	0.573	0.345	0.536	0.338	11.732	3.955	3.178	60.534	19.799	0.977	2.555	3.204	0.000	3.130	2.329	3.879	0.698	1.822	0.755	0.720	3.995	0.845	44.520	230.150	

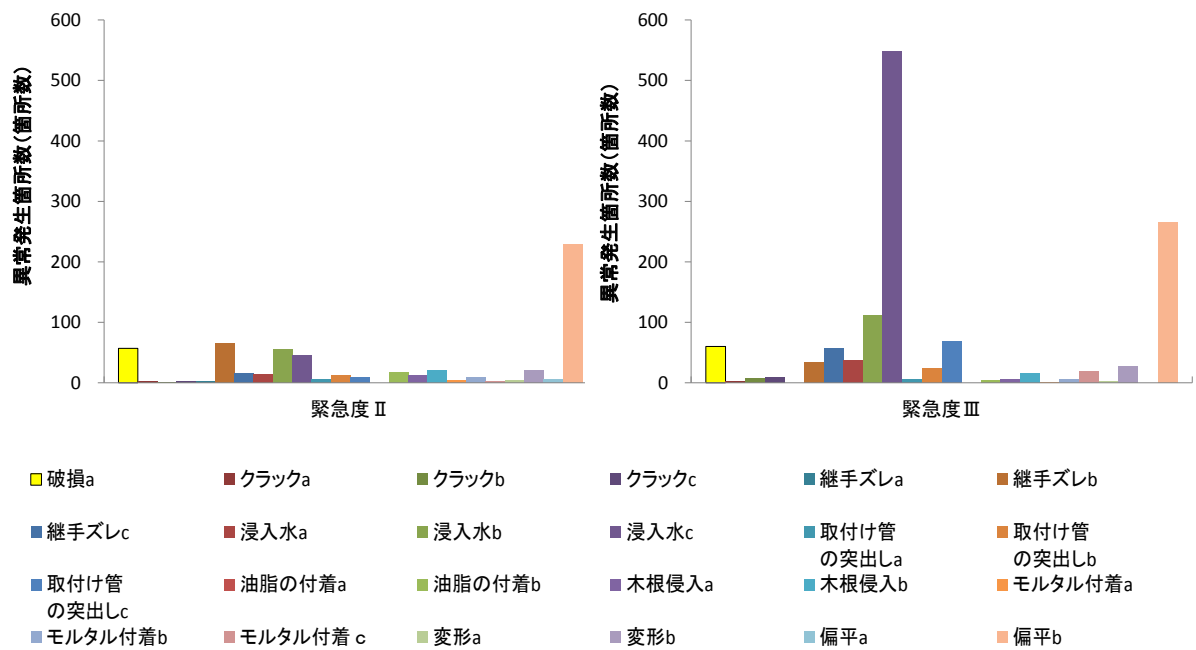


図 4-42 緊急度ランク別異常項目ランクごとの異常発生箇所数

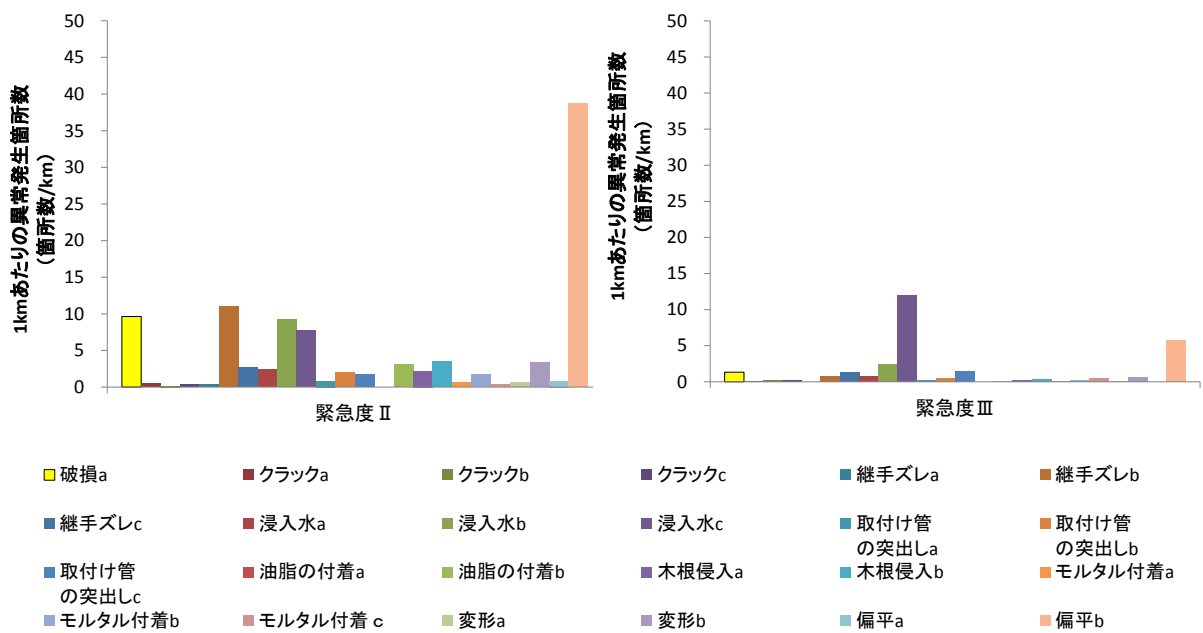


図 4-43 緊急度ランク別異常項目ランクごとの 1km あたりの異常発生箇所数 (緊急度 I 除く)

(2) 緊急度決定要因別の緊急度診断への寄与率

緊急度を決定する要因（以下、「緊急度決定要因」）としては、図 4-39 に示すとおり、第一評価項目として、上下方向のたるみ（A、B、C）があり、第二評価項目として、破損、クラック、継手ズレ、浸入水、取付管突出し、油脂付着、木根侵入、モルタル付着、変形、偏平の不良発生率（A、B、C）がある。

緊急度決定要因別に緊急度ランクごとのスパン数を集計（表 4-19）し、寄与率を求めた。

なお、寄与率は下式の通りとする。

$$\text{寄与率 (\%)} = \frac{\text{緊急度決定要因別緊急度ランクごとのスパン数 (スパン)}}{\text{緊急度ランクごとのスパン数 (スパン)}} \times 100$$

表 4-19 緊急度決定要因別緊急度ごとのスパン数

緊急度決定要因	緊急度ランク		
	緊急度 I	緊急度 II	緊急度 III
たるみA+不良A	1	0	0
たるみA+不良B	0	12	0
たるみA+不良C	0	8	0
たるみB+不良A	0	5	0
たるみB+不良B	0	15	0
たるみB+不良C	0	0	20
たるみC+不良A	0	29	0
たるみC+不良B	0	0	153
たるみC+不良C	0	0	73
たるみAのみ	0	44	0
たるみBのみ	0	0	100
たるみCのみ	0	0	517
不良Aのみ	0	108	0
不良Bのみ	0	0	279
不良Cのみ	0	0	187
総計(スパン)	1	221	1329

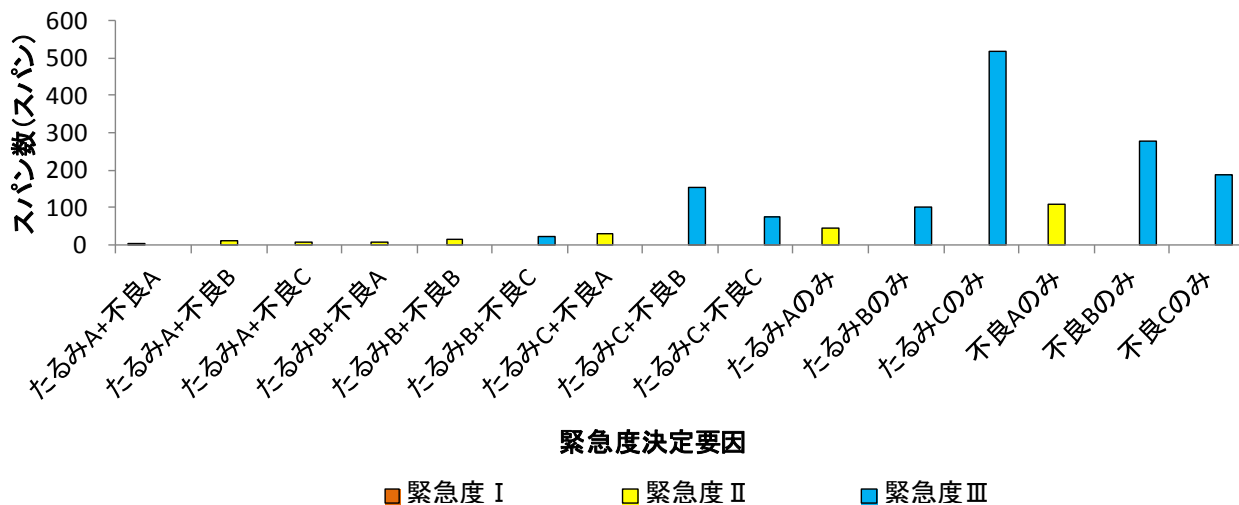


図 4-44 緊急度決定要因別緊急度ごとのスパン数

表 4-20 緊急度決定要因別緊急度ごとの寄与率

緊急度決定要因	緊急度Ⅰと診断する 場合の寄与率(%)	緊急度Ⅱと診断する 場合の寄与率(%)	緊急度Ⅲと診断する 場合の寄与率(%)
たるみA+不良A	100.0	0.0	0.0
たるみA+不良B	0.0	5.4	0.0
たるみA+不良C	0.0	3.6	0.0
たるみB+不良A	0.0	2.3	0.0
たるみB+不良B	0.0	6.8	0.0
たるみB+不良C	0.0	0.0	1.5
たるみC+不良A	0.0	13.1	0.0
たるみC+不良B	0.0	0.0	11.5
たるみC+不良C	0.0	0.0	5.5
たるみAのみ	0.0	19.9	0.0
たるみBのみ	0.0	0.0	7.5
たるみCのみ	0.0	0.0	38.9
不良Aのみ	0.0	48.9	0.0
不良Bのみ	0.0	0.0	21.0
不良Cのみ	0.0	0.0	14.1
総計(%)	100.0	100.0	100.0

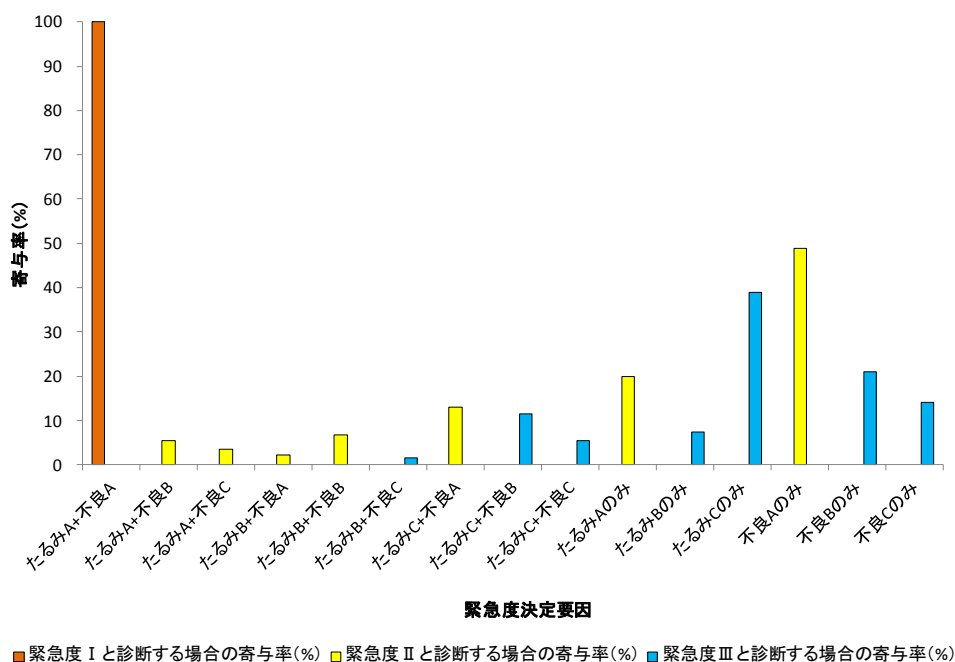


図 4-45 緊急度決定要因別緊急度ごとの寄与率

緊急度Ⅱの主な決定要因は、不良発生率Aであり、約64%の寄与率である（たるみB+不良発生率A：2.3%、たるみC+不良発生率A：13.1%、不良発生率A：48.9%）。なお、たるみAの割合は約29%（たるみA+不良発生率B：5.4%、たるみA+不良発生率C：3.6%、たるみA：19.9%）である。

緊急度Ⅲ決定要因に関しては、たるみBまたはCが影響している場合が約65%の寄与率であり（たるみB+不良発生率C：1.5%、たるみC+不良発生率B：11.5%、たるみC+不良発生率C：5.5%、たるみB：7.5%、たるみC：38.9%）、また、不良発生率BまたはCが影響している場合が約54%の寄与率である（たるみB+不良発生率C：1.5%、たるみC+不良発生率B：11.5%、たるみC+不良発生率C：5.5%、不良発生率B：21.0%、不良発生率C：14.1%）。

(3) 異常項目ランク別の緊急度診断への寄与率

緊急度決定要因の一つである不良発生率は、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、木根侵入、モルタル付着、変形、偏平の異常項目の発生割合により算出される。

そこで、異常項目ランク別に緊急度ランクごとのスパン数を集計し、寄与率を求めた。なお、寄与率は下式の通りとする。

$$\text{寄与率(\%)} = \frac{\text{異常項目ランク別緊急度ランクごとのスパン数 (スパン)}}{\text{緊急度ランクごとのスパン数 (スパン)}} \times 100$$

表 4-21 異常項目ランク別緊急度ごとのスパン数

異常項目ランク	緊急度ランク		
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ
破損a	1	42	54
クラックa	0	1	3
クラックb	0	1	7
クラックc	0	2	5
継手ズレa	0	2	0
継手ズレb	0	26	32
継手ズレc	0	13	51
浸入水a	0	11	35
浸入水b	1	38	100
浸入水c	0	31	333
取付け管の突出しa	0	3	6
取付け管の突出しb	0	10	21
取付け管の突出しc	0	5	53
油脂の付着a	0	0	0
油脂の付着b	0	5	4
油脂の付着c	0	0	0
木根侵入a	0	7	6
木根侵入b	0	13	13
モルタル付着a	0	2	1
モルタル付着b	0	6	6
モルタル付着c	0	2	14
変形a	0	3	2
変形b	0	8	19
偏平a	0	4	0
偏平b	0	74	155
総計(スパン)	2	309	920
緊急度ランク別総スパン数(スパン)	1	221	1329

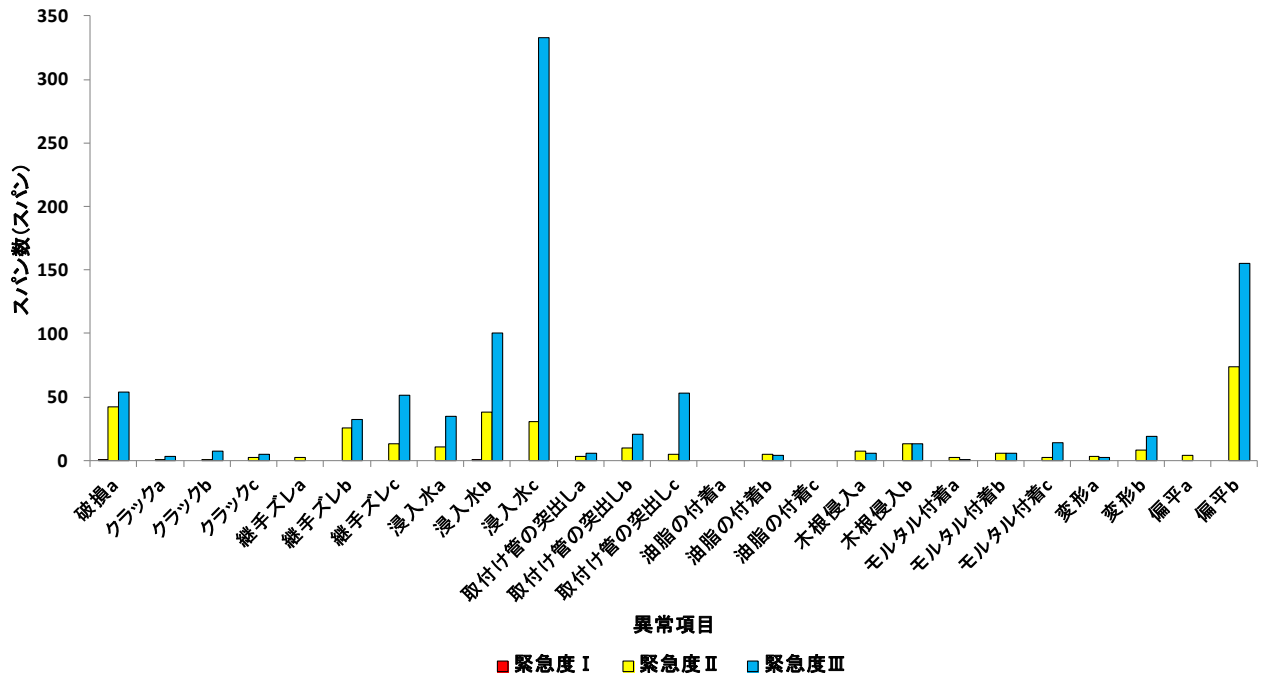


図 4-46 異常項目ランク別緊急度ごとのスパン数

表 4-22 異常項目ランク別緊急度ごとの寄与率

異常項目ランク	緊急度 I と診断する 場合の寄与率 (%)	緊急度 II と診断する 場合の寄与率 (%)	緊急度 III と診断する 場合の寄与率 (%)
破損a	100.0	19.0	4.1
クラックa	0.0	0.5	0.2
クラックb	0.0	0.5	0.5
クラックc	0.0	0.9	0.4
継手ズレa	0.0	0.9	0.0
継手ズレb	0.0	11.8	2.4
継手ズレc	0.0	5.9	3.8
浸入水a	0.0	5.0	2.6
浸入水b	100.0	17.2	7.5
浸入水c	0.0	14.0	25.1
取付け管の突出しa	0.0	1.4	0.5
取付け管の突出しb	0.0	4.5	1.6
取付け管の突出しc	0.0	2.3	4.0
油脂の付着a	0.0	0.0	0.0
油脂の付着b	0.0	2.3	0.3
油脂の付着c	0.0	0.0	0.0
木根侵入a	0.0	3.2	0.5
木根侵入b	0.0	5.9	1.0
モルタル付着a	0.0	0.9	0.1
モルタル付着b	0.0	2.7	0.5
モルタル付着c	0.0	0.9	1.1
変形a	0.0	1.4	0.2
変形b	0.0	3.6	1.4
偏平a	0.0	1.8	0.0
偏平b	0.0	33.5	11.7

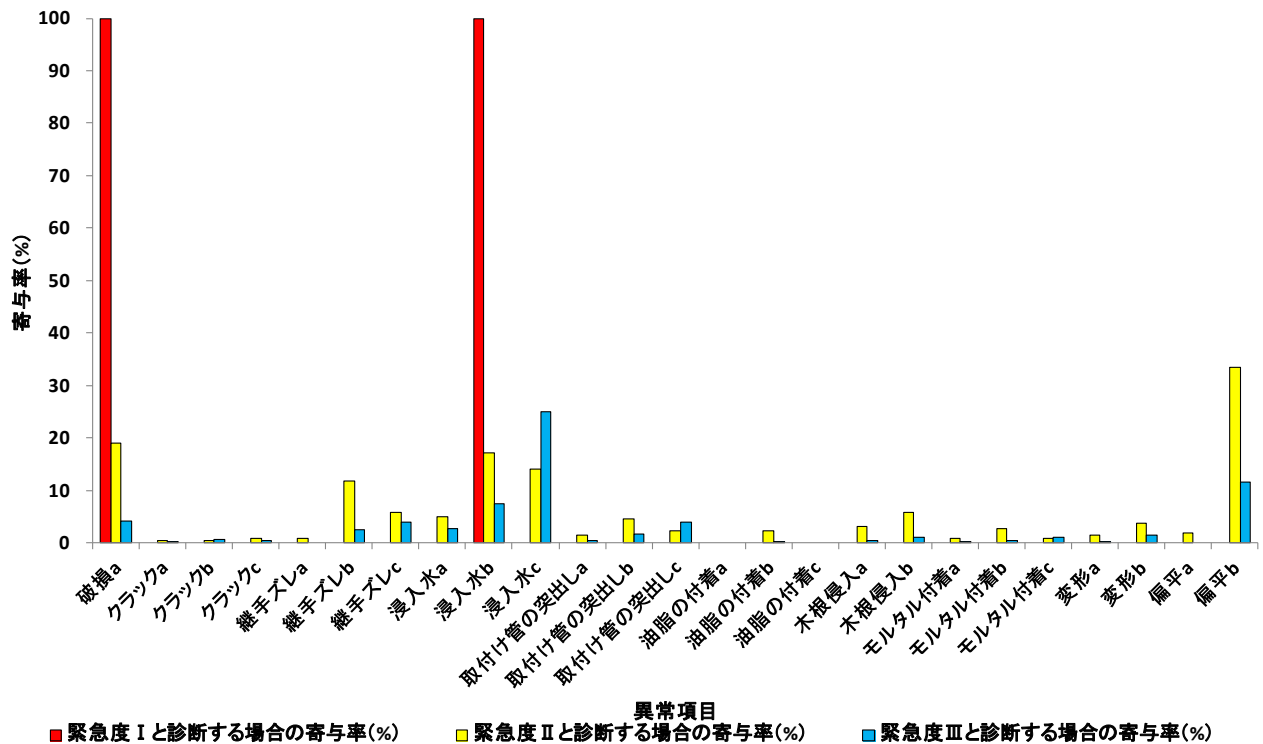


図 4-47 異常項目ランク別緊急度ごとの寄与率

緊急度 II と診断する場合の異常項目ランク別の寄与率上位 3 つは、上から順に偏平 b、破損 a、浸入水 b であった (図 4-47)。緊急度 II の決定要因の寄与率へは、不良発生率 A が大きく影響していることから (図 4-45)、緊急度 II と管種属性の関係について検討する際には、3 章で検討した偏平、破損、浸入水と管種属性の関係を考慮する必要があると考えられる。

緊急度 III と診断する場合の異常項目ランク別の寄与率上位 3 つは、上から順に浸入水 c、偏平 b、浸入水 b であった (図 4-47)。緊急度 III 決定要因の寄与率に対し、若干の差はあるがたるみおよび不良発生率ともに影響していると考えられる (図 4-45)。そのため、緊急度 III と管種属性の関係について検討する際には、緊急度 II と同様に 3 章で検討した偏平、浸入水と管種属性の関係を考慮するとともに、たるみと管種属性の関係についても考慮する必要があると考えられる。

4.6.3. 緊急度と各種管属性との関連性の把握

本項では、前項 4.6.2 で検討の対象とした緊急度ランクと、管径・土被り等の施設属性、埋設環境との関連性について分析を行う。

(1) 管径別緊急度ランクごとのスパン数の整理

管径別緊急度ランクごとのスパン数を集計した。なお、管径が 150mm 未満と 350mm 以上に関しては、スパン数が他と比較し小さいため、表 4-24 の集計から除外した。

表 4-23 管径別緊急度ランクごとのスパン数

管径 (mm)	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	劣化なし	
100	0	0	1	0	1
125	0	1	0	0	1
150	1	53	615	503	1172
200	0	75	312	1226	1613
250	0	75	328	722	1125
300	0	12	40	93	145
350	0	0	18	10	28
400	0	4	12	8	24
450	0	1	3	3	7
総計	1	221	1329	2565	4116

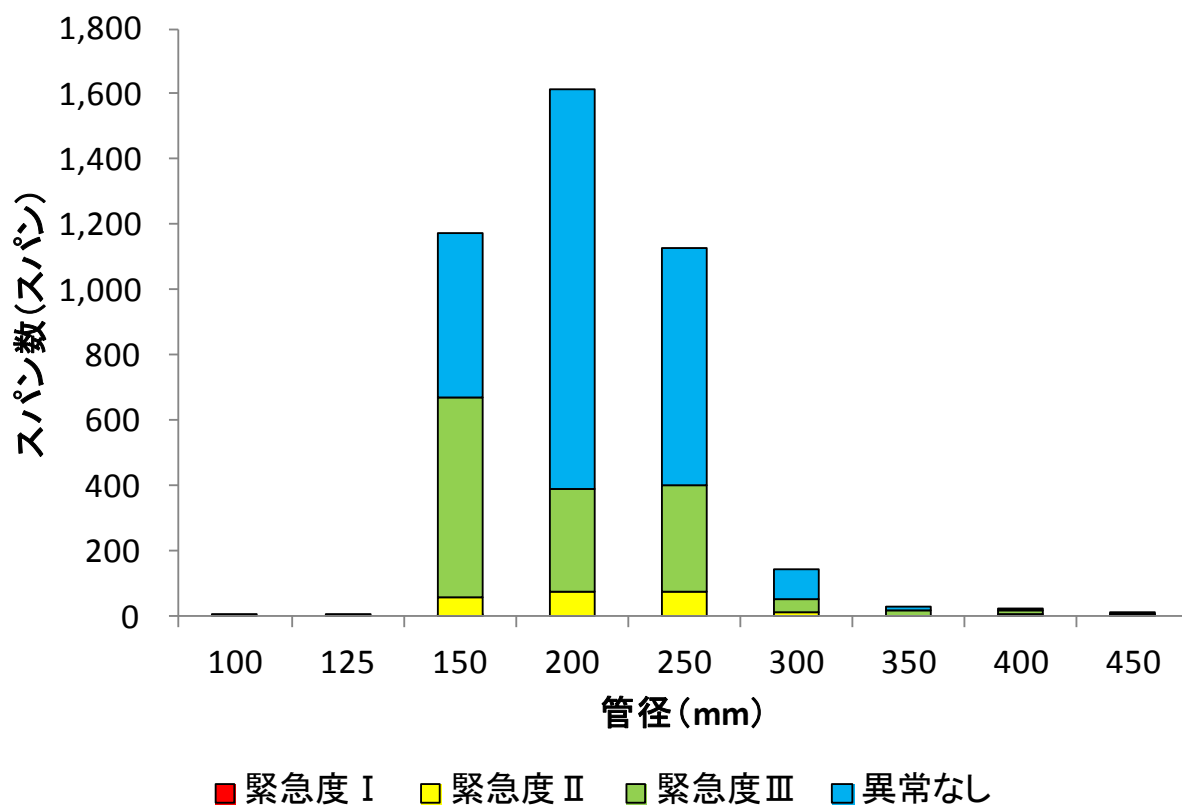


図 4-48 管径別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-24 管径別緊急度ランクごとのスパン数の割合

管径 (mm)	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
150	1,172	0.1	4.5	52.5	42.9	100.0
200	1,613	0.0	4.6	19.3	76.0	100.0
250	1,125	0.0	6.7	29.2	64.2	100.0
300	145	0.0	8.3	27.6	64.1	100.0
平均	1,014	0.0	6.0	32.1	61.8	100.0

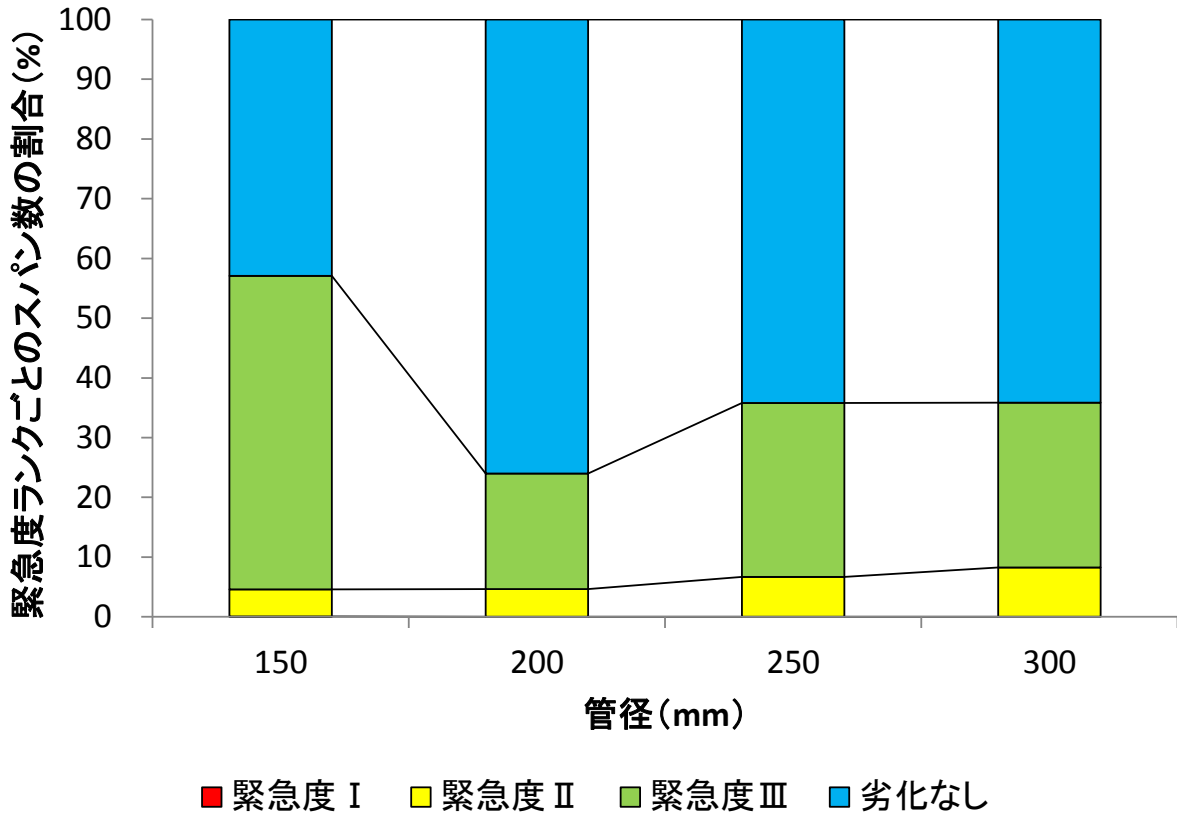


図 4-49 管径別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱの割合は管径が大きいく程大きくなる。前項 4.6.2 で述べた通り、緊急度Ⅱの主な決定要因は不良発生率 A であり、さらには扁平の寄与率が大きいため、扁平と管径の関係が影響していると考えられる (3章7節参照)。

一方、緊急度Ⅲの割合と管径との関係に一樣な傾向が見られない。緊急度Ⅲの決定要因はたるみ B または C と不良発生率 B または C が同等であることより、たるみと管径の関係と不良発生率と管径の関係が同様な傾向を示していない可能性が示唆される。

(2) スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数の整理

スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数を集計した。

スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-25 と図 4-50 に示す。また、スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-26 と図 4-51 に示す。

表 4-25 スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数

スパン長区分 (m以上-m未満)	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
0-10m	0	37	133	534	704
10-20m	0	50	215	595	860
20-30m	1	52	272	578	903
30-40m	0	30	242	424	696
40-50m	0	32	220	262	514
50-60m	0	11	90	89	190
60m以上	0	9	157	83	249
総計	1	221	1329	2565	4116

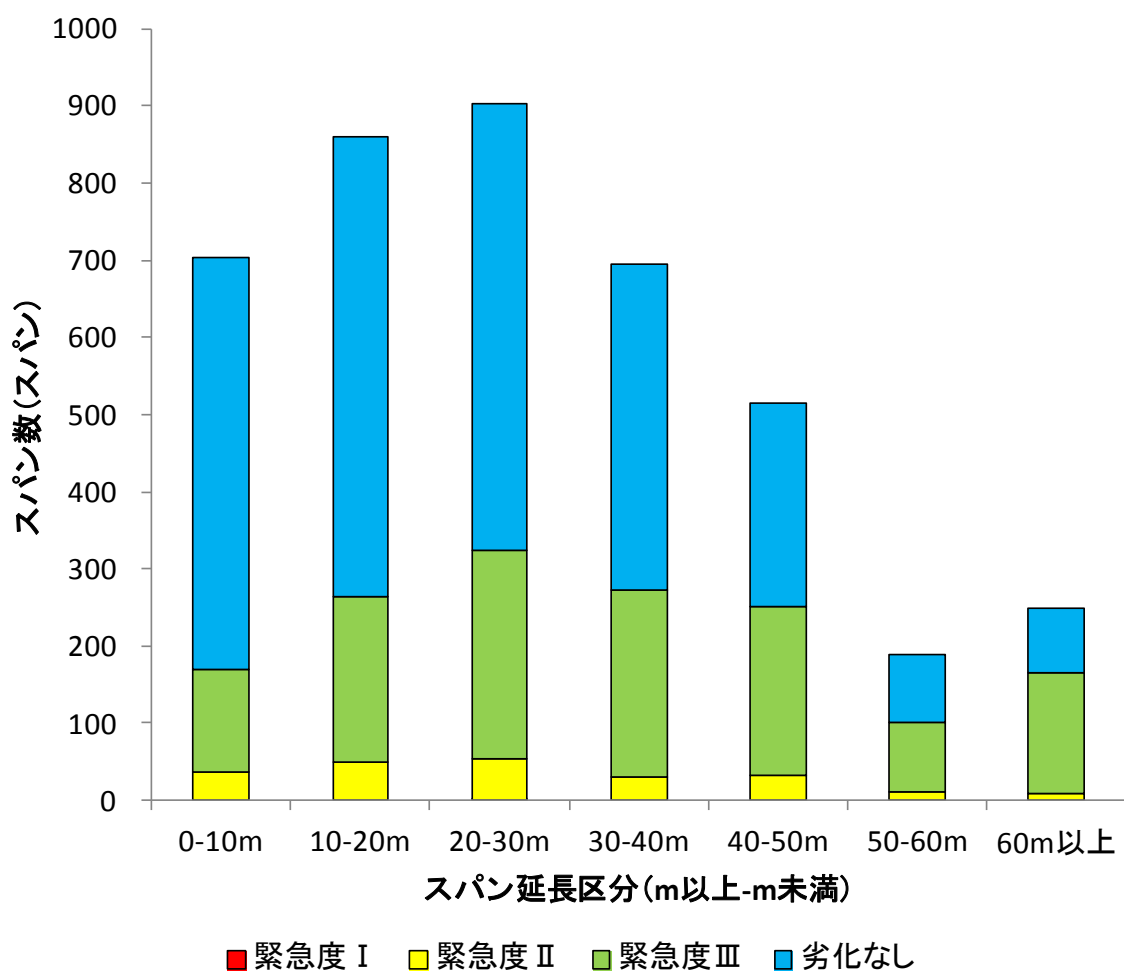


図 4-50 スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-26 スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

スパン長区分 (m以上-m未満)	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
0-10m	704	0.0	5.3	18.9	75.9	100.0
10-20m	860	0.0	5.8	25.0	69.2	100.0
20-30m	903	0.1	5.8	30.1	64.0	100.0
30-40m	696	0.0	4.3	34.8	60.9	100.0
40-50m	514	0.0	6.2	42.8	51.0	100.0
50-60m	190	0.0	5.8	47.4	46.8	100.0
60m以上	249	0.0	3.6	63.1	33.3	100.0
平均	588	0.0	5.3	37.4	57.3	100.0

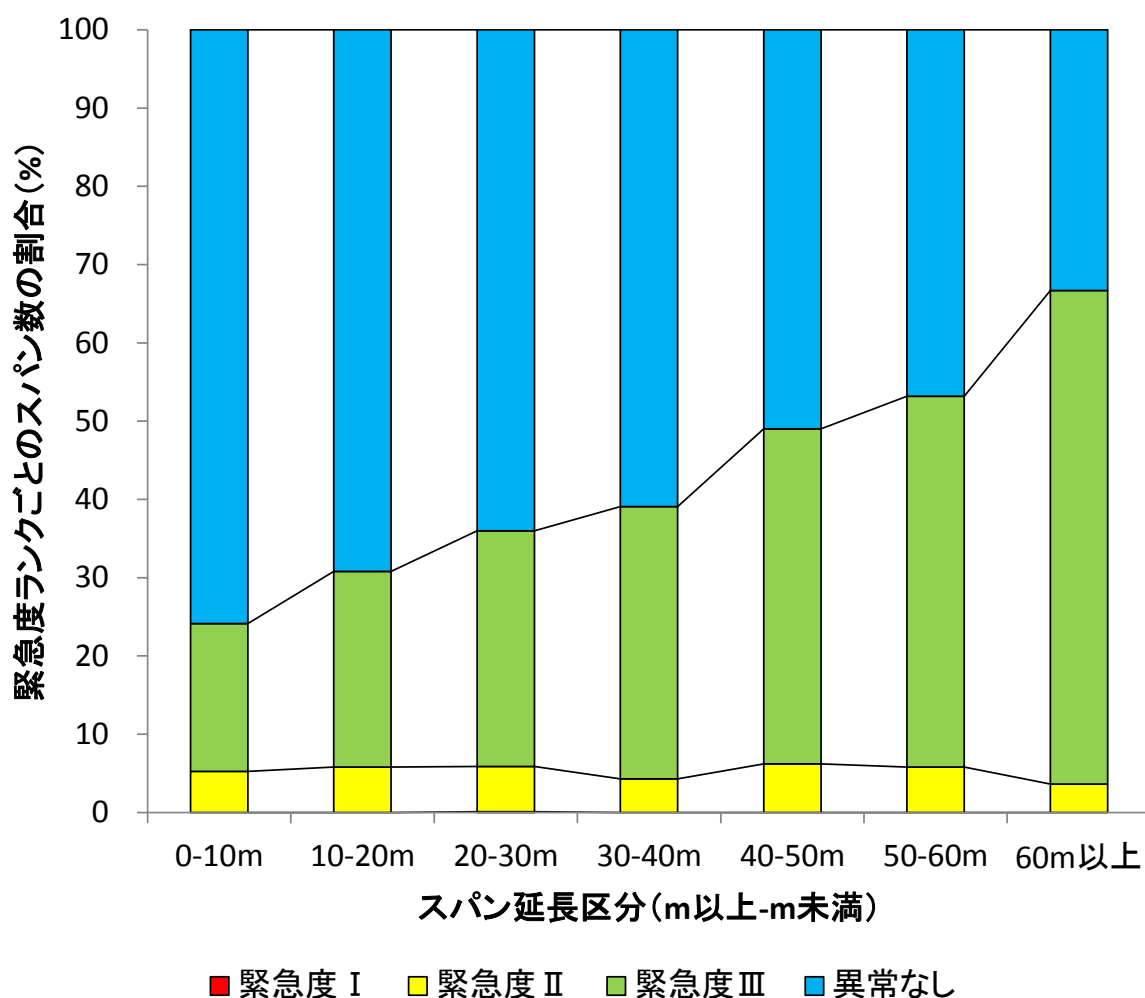


図 4-51 スパン長区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱの割合は緊急度Ⅲと比較しスパン長の影響を受けていないといえる。前項 4.6.2 で述べた通り、緊急度Ⅱの主な決定要因は不良発生率Aであり、さらには偏平の寄与率が大きいため、偏平とスパン長の関係に一樣な線形的な傾向が見られないことが影響していると考えられる（3章5節参照）。

一方、緊急度Ⅲの割合はスパン長が大きい程大きくなる。これは、スパン長が大きい程1スパン内に異常発生する可能性が上がること、また、スパン長が大きい程たるみやすい可能性が示唆される。

(3) 管本数別緊急度ランクごとのスパン数の整理

管本数別緊急度ランクごとのスパン数を集計した。

管本数別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-27 と図 4-52 に示す。また、管本数別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-28 と図 4-53 に示す。

表 4-27 管本数別緊急度ランクごとのスパン数

管本数 (本)	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
1	0	5	15	94	114
2	0	20	50	205	275
3	0	15	44	184	243
4	0	20	75	225	320
5	1	21	78	224	324
6	0	21	82	240	343
7	0	17	92	226	335
8	0	14	101	232	347
9	0	16	86	176	278
10	0	14	91	150	255
11	0	13	75	117	205
12	0	8	81	131	220
13	0	9	66	77	152
14	0	4	33	55	92
15	0	2	50	37	89
16	0	5	36	27	68
17	0	3	22	24	49
18	0	1	15	16	32
19	0	0	29	16	45
20	0	1	23	11	35
21	0	1	21	10	32
22	0	0	22	11	33
23	0	1	17	7	25
24	0	1	19	7	27
25	0	1	6	7	14
26	0	1	8	7	16
27	0	2	7	2	11
28	0	0	15	3	18
29	0	0	15	2	17
30	0	0	4	4	8
31	0	0	5	3	8
32	0	2	8	4	14
33	0	0	4	5	9
34	0	0	2	1	3
35	0	0	4	4	8
36	0	0	1	3	4
37	0	1	5	0	6
38	0	0	1	5	6
39	0	0	2	1	3
40	0	0	1	0	1
41	0	0	1	2	3
42	0	0	2	1	3
43	0	0	0	1	1
44	0	0	0	0	0
45	0	1	3	4	8
46	0	0	2	0	2
47	0	0	2	0	2
48	0	0	0	1	1
49	0	0	1	2	3
50	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0
52	0	0	1	0	1
53	0	0	1	0	1
54	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0
57	0	0	2	0	2
58	0	0	0	0	0
59	0	1	0	0	1
60	0	0	1	0	1
61	0	0	0	0	0
62	0	0	2	0	2
63	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0
70	0	0	0	1	1
総計	1	221	1329	2565	4116

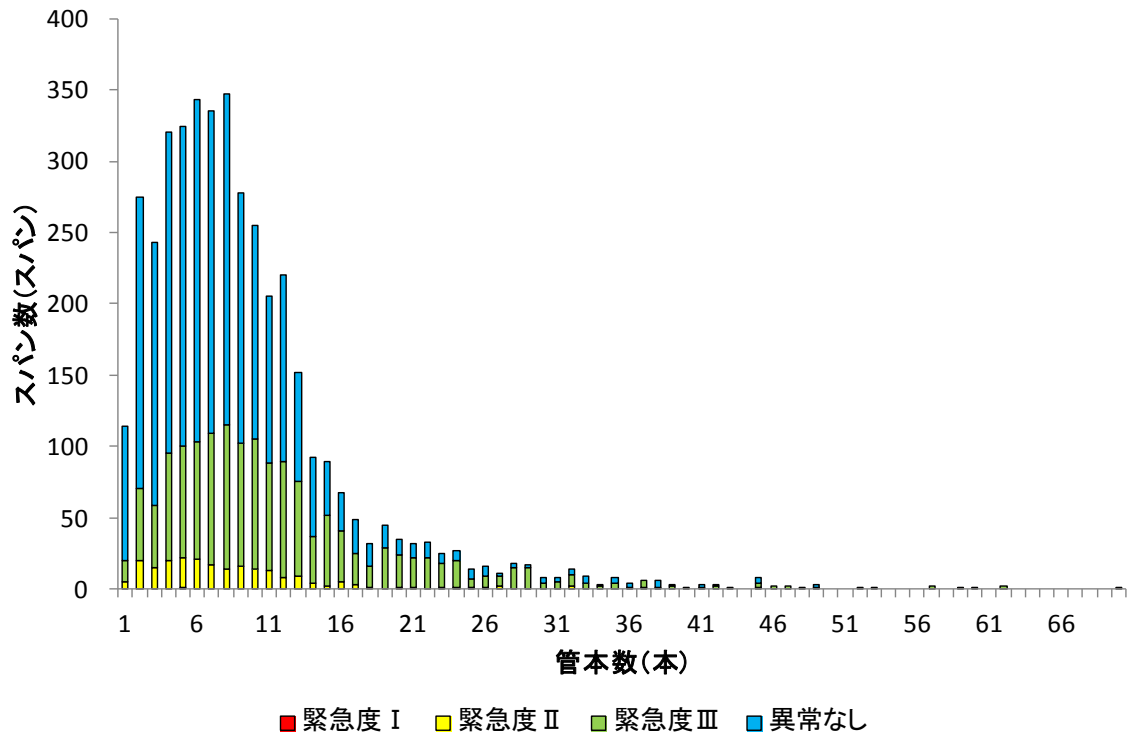


図 4-52 管本数別緊急度ランクごとのスパン数

管本数が 25 本以上のスパン数は小さく、管本数別の分析を行うには標本数が小さいと考え、次表 4-28 の集計から除外した。

表 4-28 管本数別緊急度ランクごとのスパン数の割合

管本数 (本)	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
1	114	0.0	4.4	13.2	82.5	100.0
2	275	0.0	7.3	18.2	74.5	100.0
3	243	0.0	6.2	18.1	75.7	100.0
4	320	0.0	6.3	23.4	70.3	100.0
5	324	0.3	6.5	24.1	69.1	100.0
6	343	0.0	6.1	23.9	70.0	100.0
7	335	0.0	5.1	27.5	67.5	100.0
8	347	0.0	4.0	29.1	66.9	100.0
9	278	0.0	5.8	30.9	63.3	100.0
10	255	0.0	5.5	35.7	58.8	100.0
11	205	0.0	6.3	36.6	57.1	100.0
12	220	0.0	3.6	36.8	59.5	100.0
13	152	0.0	5.9	43.4	50.7	100.0
14	92	0.0	4.3	35.9	59.8	100.0
15	89	0.0	2.2	56.2	41.6	100.0
16	68	0.0	7.4	52.9	39.7	100.0
17	49	0.0	6.1	44.9	49.0	100.0
18	32	0.0	3.1	46.9	50.0	100.0
19	45	0.0	0.0	64.4	35.6	100.0
20	35	0.0	2.9	65.7	31.4	100.0
21	32	0.0	3.1	65.6	31.3	100.0
22	33	0.0	0.0	66.7	33.3	100.0
23	25	0.0	4.0	68.0	28.0	100.0
24	27	0.0	3.7	70.4	25.9	100.0
平均	164	0.0	4.6	41.6	53.8	100.0

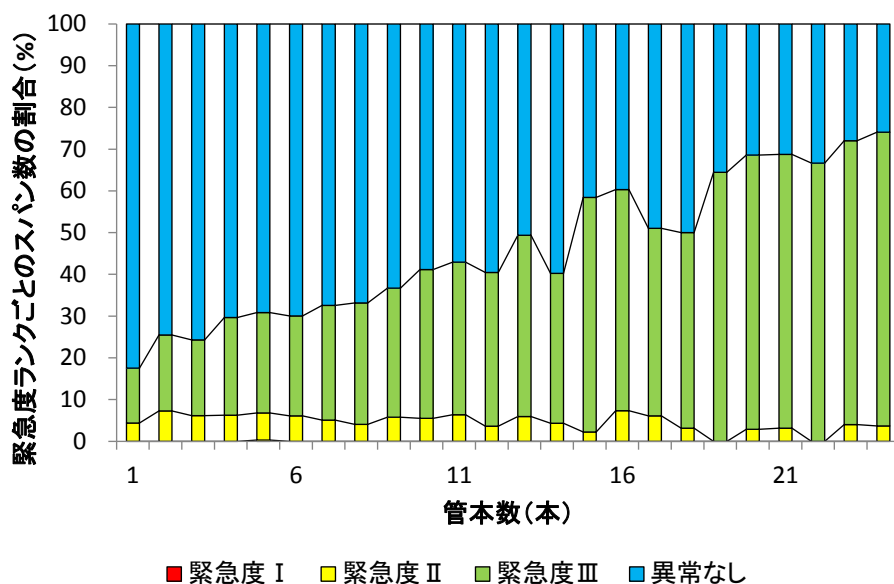


図 4-53 管本数別緊急度ランクごとのスパン数の割合

管本数と緊急度の関係は、スパン長と緊急度の関係（図 4-51 参照）と類似している。これは、管本数が多ければスパン長も長くなるため、同様の傾向を示していると考えられる。

(4) 取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数の整理

取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数および割合を集計した。

取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-29 と図 4-54 に示す。また、は取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-30 と図 4-55 に示す。

表 4-29 取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数

取付管本数 (本)	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	劣化なし	
0	1	91	492	1045	1629
1	0	42	214	474	730
2	0	24	166	361	551
3	0	19	152	234	405
4	0	13	94	165	272
5	0	8	75	105	188
6	0	9	43	65	117
7	0	7	29	38	74
8	0	2	28	25	55
9	0	4	11	14	29
10	0	0	12	15	27
11	0	1	5	8	14
12	0	0	6	5	11
13	0	0	0	3	3
14	0	1	0	3	4
15	0	0	0	2	2
16	0	0	0	2	2
17	0	0	0	1	1
18	0	0	2	0	2
総計	1	221	1329	2565	4116

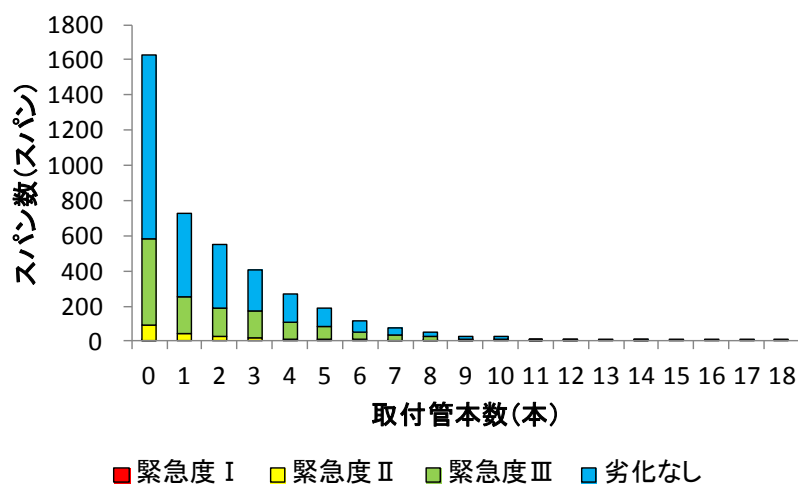


図 4-54 取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数

取付管本数が9本以上はスパン数が小さく、取付管本数別の分析を行うには標本数が小さいと考え、次表 4-30 の集計から除外した。

表 4-30 取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数の割合

取付管本数 (本)	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	劣化なし	
0	1,629	0.1	5.6	30.2	64.1	100.0
1	730	0.0	5.8	29.3	64.9	100.0
2	551	0.0	4.4	30.1	65.5	100.0
3	405	0.0	4.7	37.5	57.8	100.0
4	272	0.0	4.8	34.6	60.7	100.0
5	188	0.0	4.3	39.9	55.9	100.0
6	117	0.0	7.7	36.8	55.6	100.0
7	74	0.0	9.5	39.2	51.4	100.0
8	55	0.0	3.6	50.9	45.5	100.0
平均	447	0.0	5.6	36.5	57.9	100.0

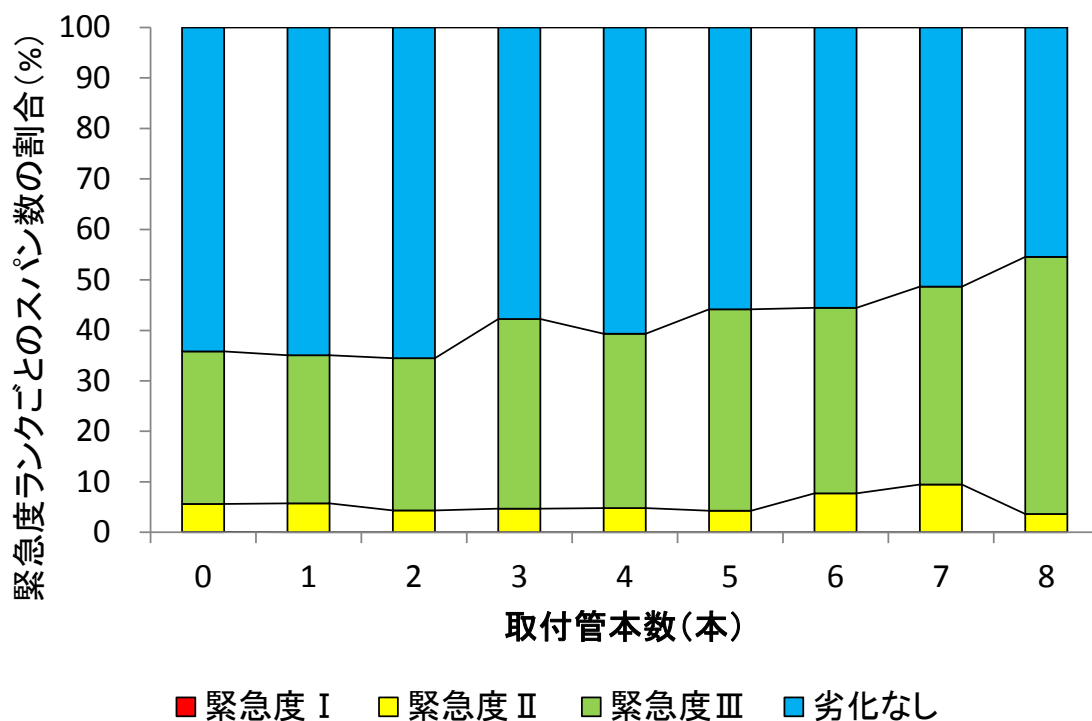


図 4-55 取付管本数別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱと緊急度Ⅲの割合はともに、取付管本数の影響を受けていないと考えられる。これは、扁平と取付管本数や浸入水と取付管本数の関係に一樣な傾向が見られないことが関係していると考えられる(3章7節参照)。

また、同様に、たるみと取付管の関係にも一樣な傾向がないことが示唆される。

(5) 土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数の整理

土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数および割合を集計した。

土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-31 と図 4-56 に示す。また、土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-32 と図 4-57 に示す。なお、土被りが4m以上は標本数が少ないため統合し、また、土被りが不明のものは集計から除外した。

表 4-31 土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数

土被り区分 (m以上-m未満)	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	劣化なし	
1m未満	0	29	36	273	338
1-2m	0	96	726	1370	2192
2-3m	0	34	256	355	645
3-4m	1	14	73	67	155
4-5m	0	8	25	17	50
5-6m	0	1	10	4	15
6-7m	0	0	0	1	1
7-8m	0	0	3	0	3
不明	0	39	200	478	717
総計	1	221	1,329	2,565	4116

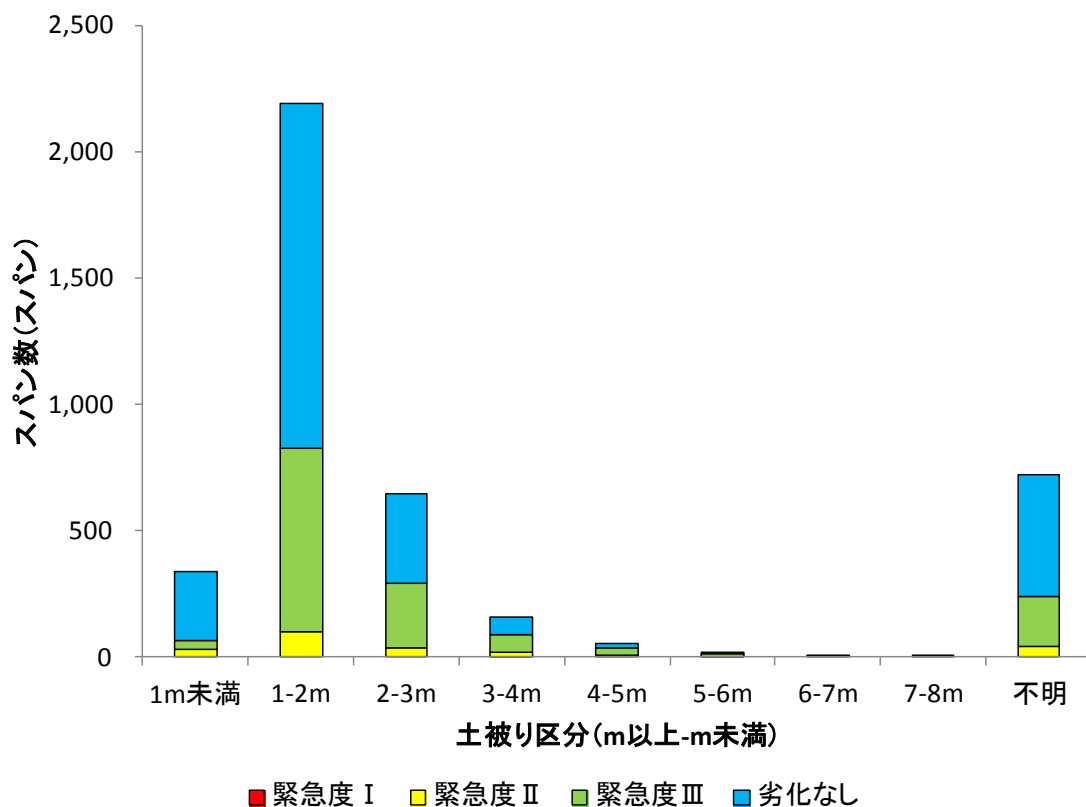


図 4-56 土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-32 土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

土被り区分 (m以上-m未満)	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	劣化なし	
1m未満	338	0.0	8.6	10.7	80.8	100.0
1-2m	2,192	0.0	4.4	33.1	62.5	100.0
2-3m	645	0.0	5.3	39.7	55.0	100.0
3-4m	155	0.6	9.0	47.1	43.2	100.0
4m以上	69	0.0	13.0	55.1	31.9	100.0
平均	680	0.1	8.1	37.1	54.7	100.0

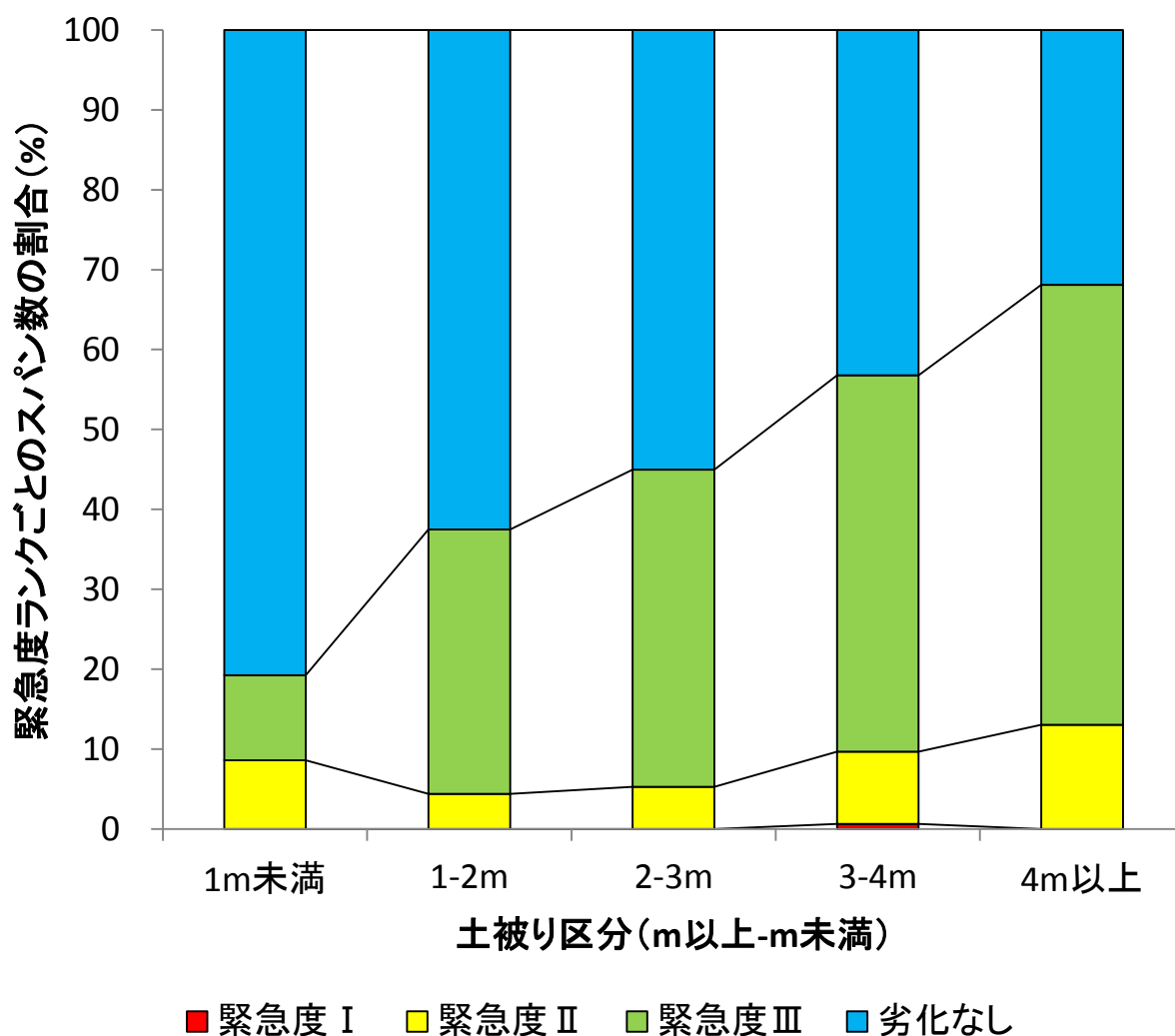


図 4-57 土被り区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱの割合は土被り 1m未満において大きく、また 1m以上では線形的に割合が大きくなる傾向が見られる。これは、破損と土被り 1m未満の関係が影響し、かつ、土被りが大きくなるに連れて偏平と浸入水の異常箇所数が大きくなる傾向が影響していると考えられる (3章7節参照)。

緊急度Ⅲの割合は土被りが大きくなる程大きくなる傾向が見られる。これは、土被りが大きくなるに連れて偏平と浸入水の異常発生箇所数/kmが多くなる傾向が影響していると考えられる(3章7節参照)。

(6) 道路区分別緊急度ランクごとのスパン数の整理

道路区分別緊急度ランクごとのスパン数および割合を集計した。

道路区分別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-33 と図 4-58 に示す。また、道路区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-34 と図 4-59 に示す。なお、道路区分が私道のスパン数は他と比較し小さいため、集計から除外した。また、不明についても集計から除外した。

表 4-33 道路区分別緊急度ランクごとのスパン数

道路区分	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
市町村道	1	170	1043	2281	3495
都道府県道	0	14	64	104	182
国道	0	7	28	37	72
私道	0	12	5	3	20
不明	0	18	189	140	347
総計	1	221	1329	2565	4116

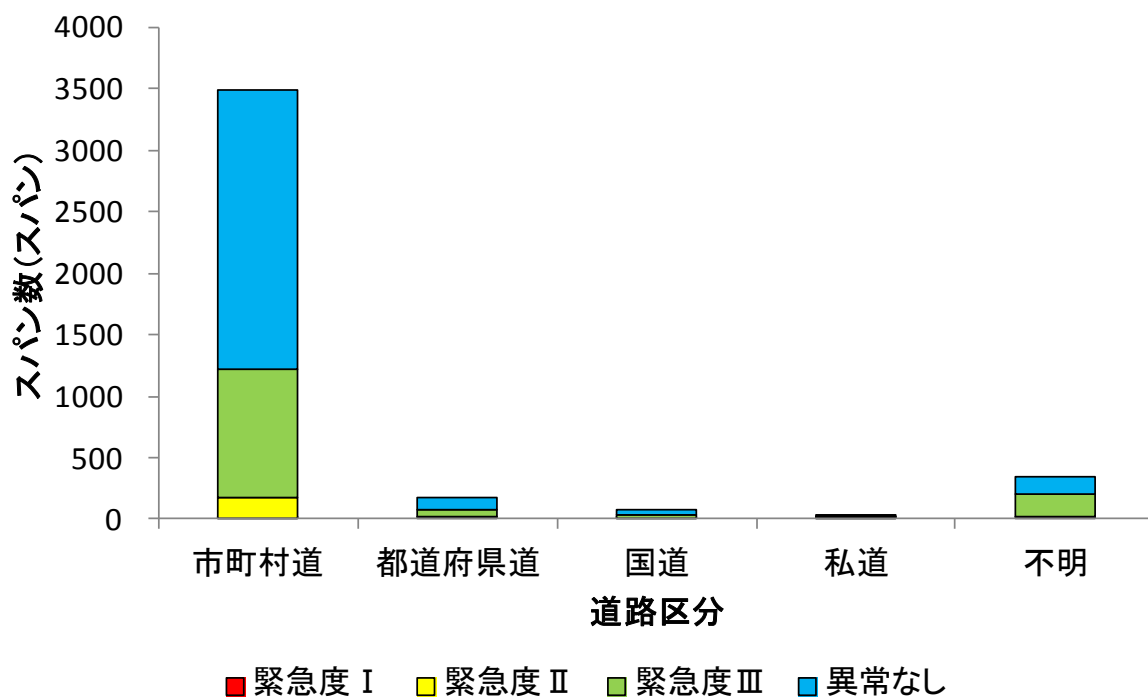


図 4-58 道路区分別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-34 道路区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

道路区分	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
市町村道	3,495	0.0	4.9	29.8	65.3	100.0
都道府県道	182	0.0	7.7	35.2	57.1	100.0
国道	72	0.0	9.7	38.9	51.4	100.0
平均	1,250	0.0	7.4	34.6	57.9	100.0

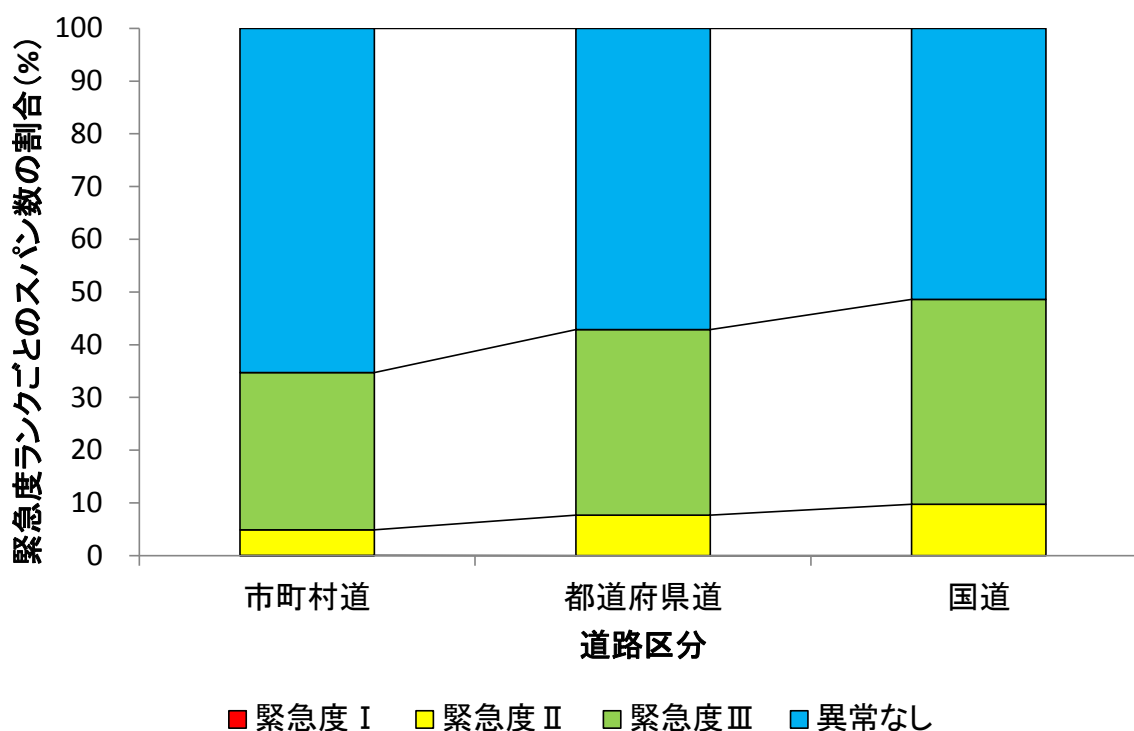


図 4-59 道路区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱと緊急度Ⅲの割合はともに、国道、都道府県道、市町村道の順に大きくなっている。国道が最も車両交通量が多く、また市町村道が最も少ないため、緊急度Ⅱと緊急度Ⅲの割合の大小は車両交通量の大小による活荷重の影響を受けている可能性が示唆される。

ただし、3章7節で述べた通り、道路区分が国道および都道府県道のスパン数が少ないため適切に傾向を把握しているとは言い難い。

(7) 歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数の整理

歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数および割合を集計した。

歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-35 と図 4-60 に示す。また、歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-36 と図 4-61 に示す。

なお、歩車道区分が市有地のスパン数は他と比較し少ないため、集計から除外した。また、不明についても集計から除外した。

表 4-35 歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数

歩車道区分	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
車道	1	141	716	1783	2641
歩道	0	18	53	259	330
市有地	0	0	2	1	3
不明	0	62	558	522	1142
総計	1	221	1329	2565	4116

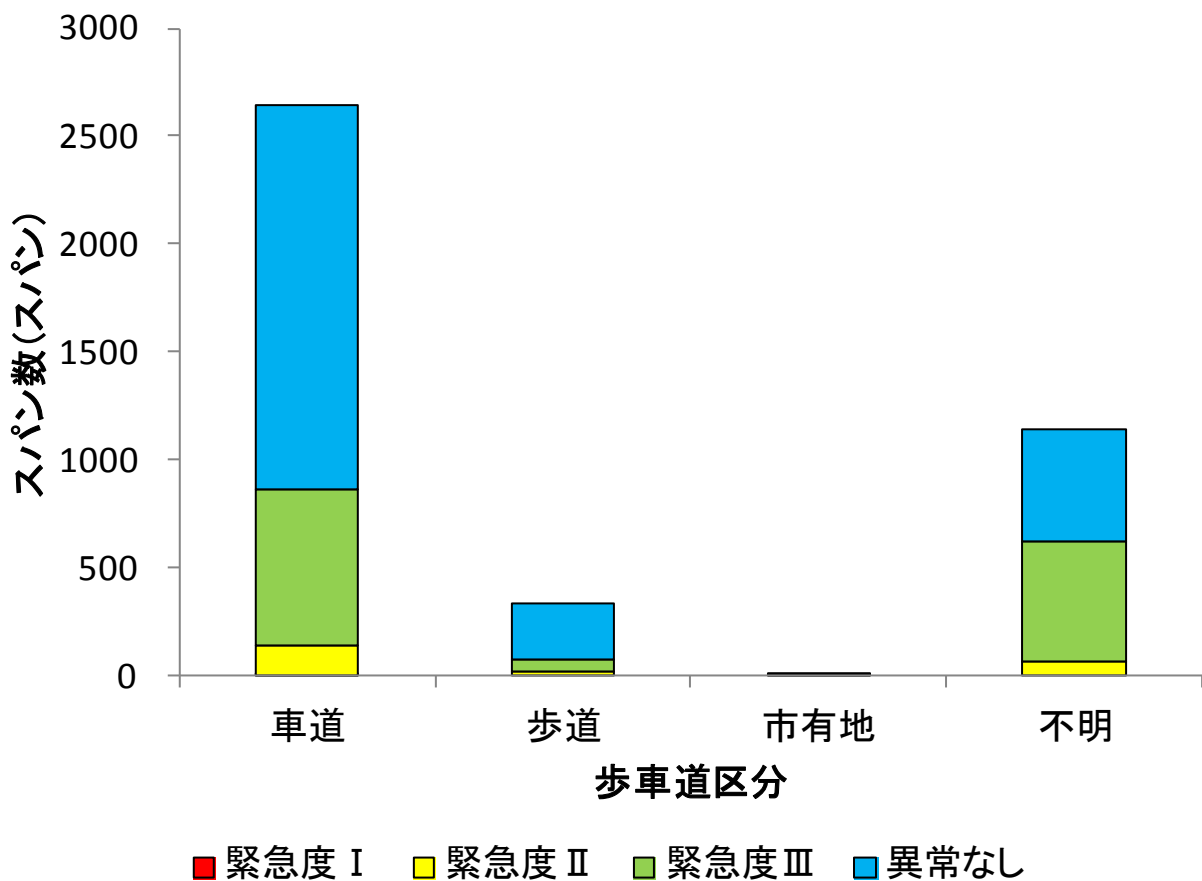


図 4-60 歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-36 歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

歩車道区分	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
車道	2,641	0.0	5.3	27.1	67.5	100.0
歩道	330	0.0	5.5	16.1	78.5	100.0
平均	1,486	0.0	5.4	21.6	73.0	100.0

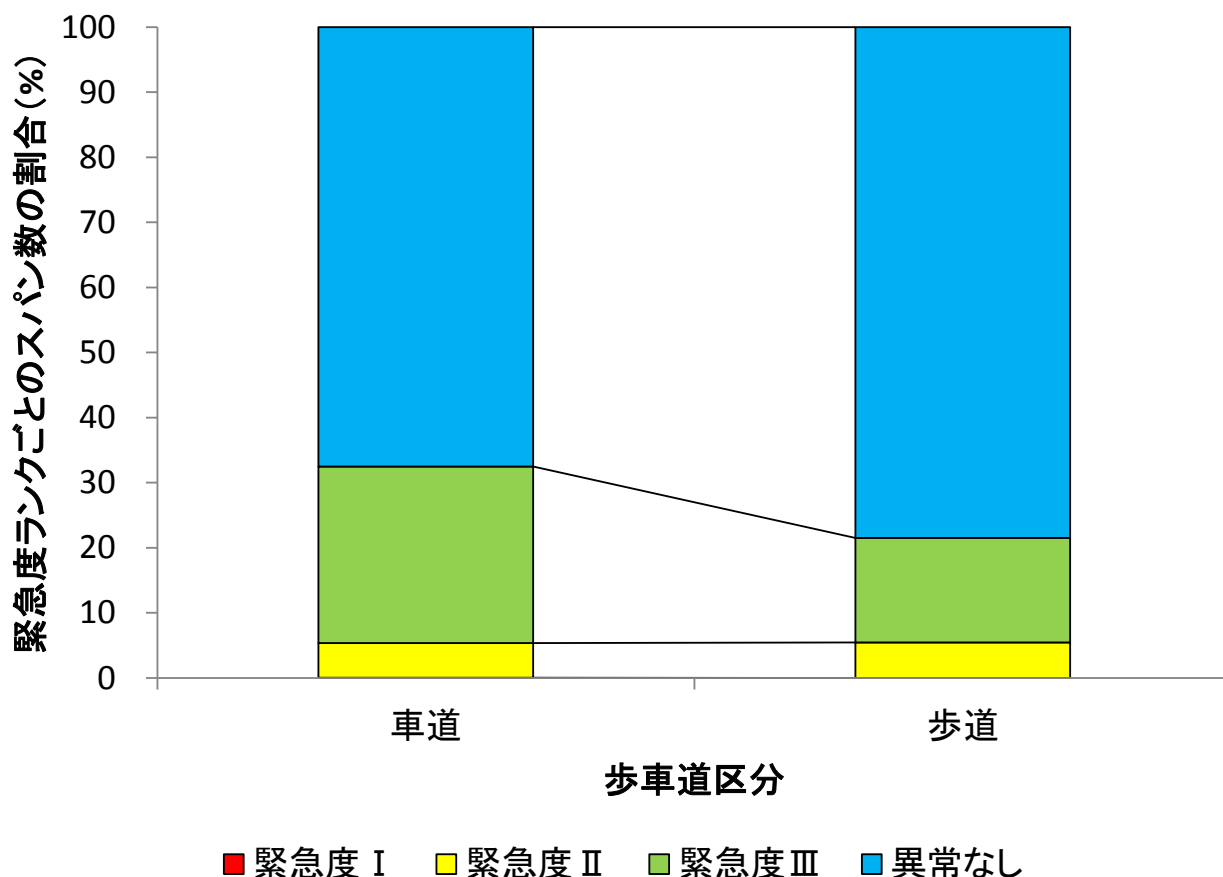


図 4-61 歩車道区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱの割合について、歩車道別の影響は小さい。前項 4.6.2 で述べた通り、緊急度Ⅱの主な決定要因は不良発生率 A であり、さらには偏平の寄与率が大きいため、偏平と歩車道区分の関係に一樣な線形的な傾向が見られないことが影響していると考えられる (3章7節参照)。

一方、緊急度Ⅲの割合は車道の方が大きい。これは、緊急度Ⅲ判定条件が「スパン評価 A がなく、スパン評価 B が 1 項目もしくはスパン評価 C がある」となっており、「破損 a + 偏平 b」、「継手ズレ a」以外で、浸入水の寄与率が高いことが影響していると考えられる。

浸入水の異常発生箇所数/km は車道の方が高い傾向は 3章5節でも現れており、同じ傾向であることが言える。

(8) 施工方法別緊急度ランクごとのスパン数の整理

施工方法別緊急度ランクごとのスパン数および割合を集計した。

施工方法別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-37 と図 4-62 に示す。また、施工方法別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-38 と図 4-63 に示す。なお、施工方法が不明なスパンについては、土被りが 3m以下のものを開削工法と想定し、3m以上のものを推進工法と想定して集計を行った。施工方法が「その他」または「不明」、かつ土被りが「不明」だった 705 スパンについては、表 4-38 の集計から除外した。

表 4-37 施工方法別緊急度ランクごとのスパン数

施工方法	緊急度ランク				総計
	緊急度 I	緊急度 II	緊急度 III	異常なし	
開削	1	62	405	296	764
開削想定	0	110	654	1719	2483
推進	0	0	9	8	17
推進想定	0	11	64	72	147
その他	0	0	2	4	6
不明	0	38	195	466	699
総計	1	221	1329	2565	4116

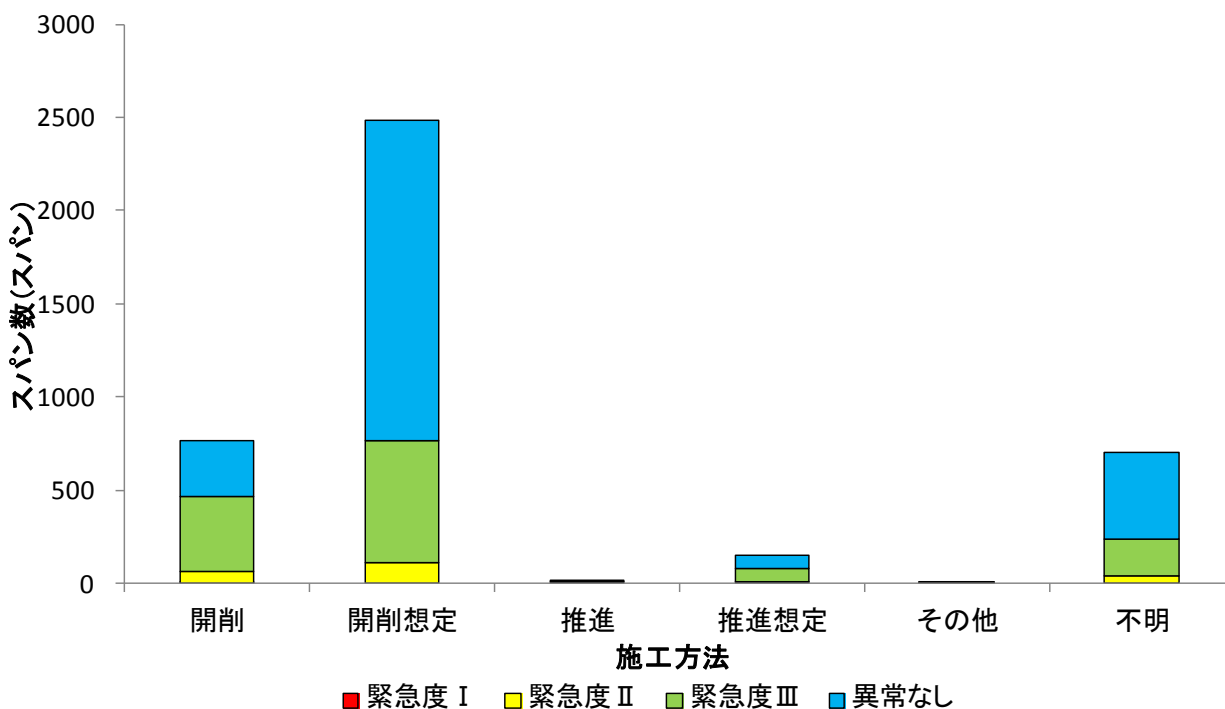


図 4-62 施工方法別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-38 施工方法別緊急度ランクごとのスパン数の割合

施工方法	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
開削(想定含む)	3,247	0.0	5.3	32.6	62.1	100.0
推進(想定含む)	164	0.0	6.7	44.5	48.8	100.0
平均	1,706	0.0	6.0	38.6	55.4	100.0

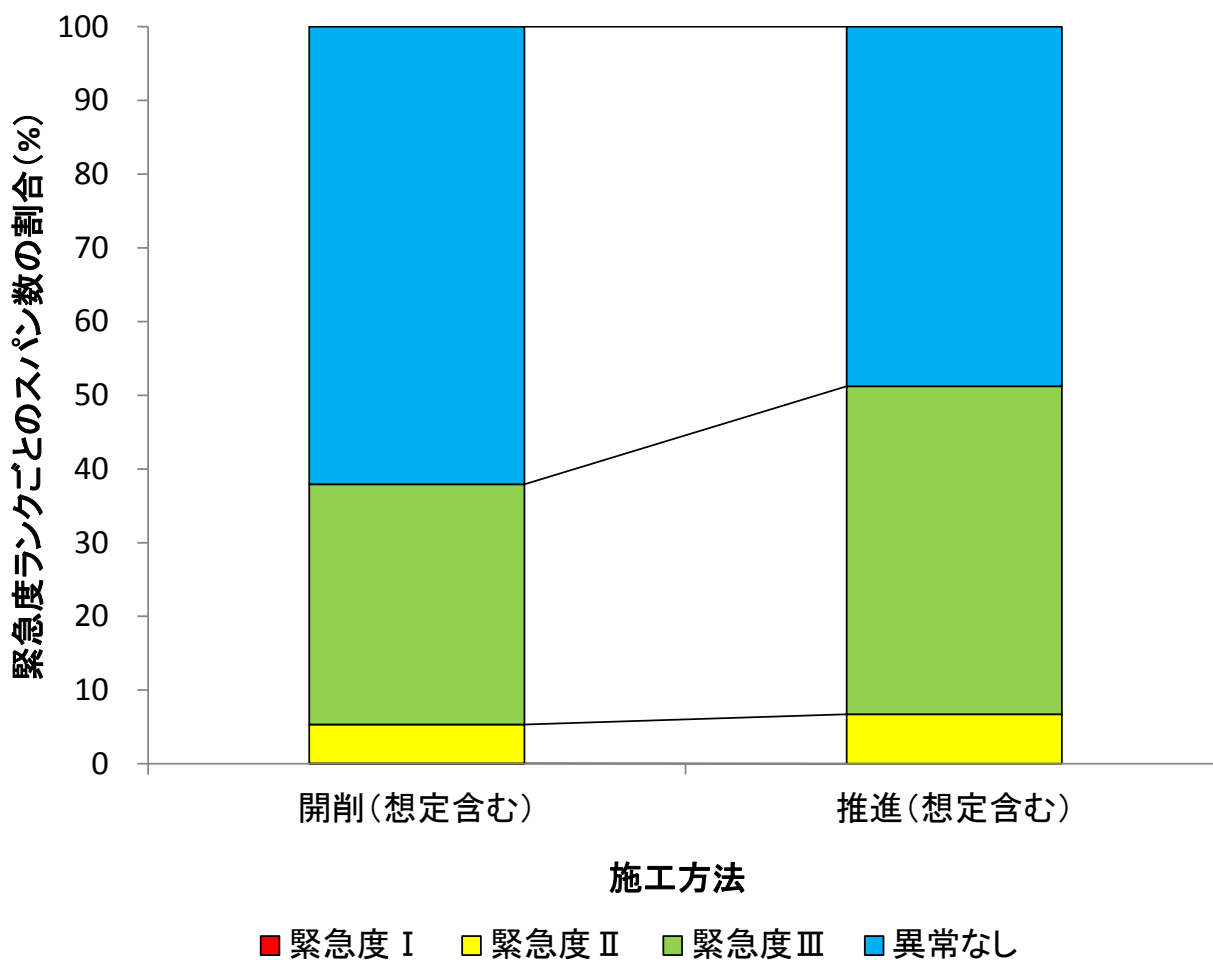


図 4-63 施工方法別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱおよび緊急度Ⅲの割合は、推進工法の方が大きい。これは、一般的に推進工法は土被りが大きい、土被りが大きい程偏平と浸入水の異常箇所数が大きくなる傾向が影響していると考えられる(3章7節参照)。

(9) 排除区分別緊急度ランクごとのスパン数の整理

排除区分別緊急度ランクごとのスパン数および割合を集計した。

排除区分別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-39 と図 4-64 に示し、また、排除区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-40 と図 4-65 に示す。なお、排除区分が分流雨水であるスパン数は他と比較し小さいため表 4-40 の集計から除外した。また、排除区分が不明なスパンも表 4-40 の集計から除外した。

表 4-39 排除区分別緊急度ランクごとのスパン数

排除区分	緊急度ランク				総計	割合 (%)
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし		
分流汚水	1	187	1260	2392	3840	93.3
分流雨水	0	1	5	25	31	0.8
合流	0	32	58	135	225	5.5
不明	0	1	6	13	20	0.5
総計	1	221	1329	2565	4116	100.0

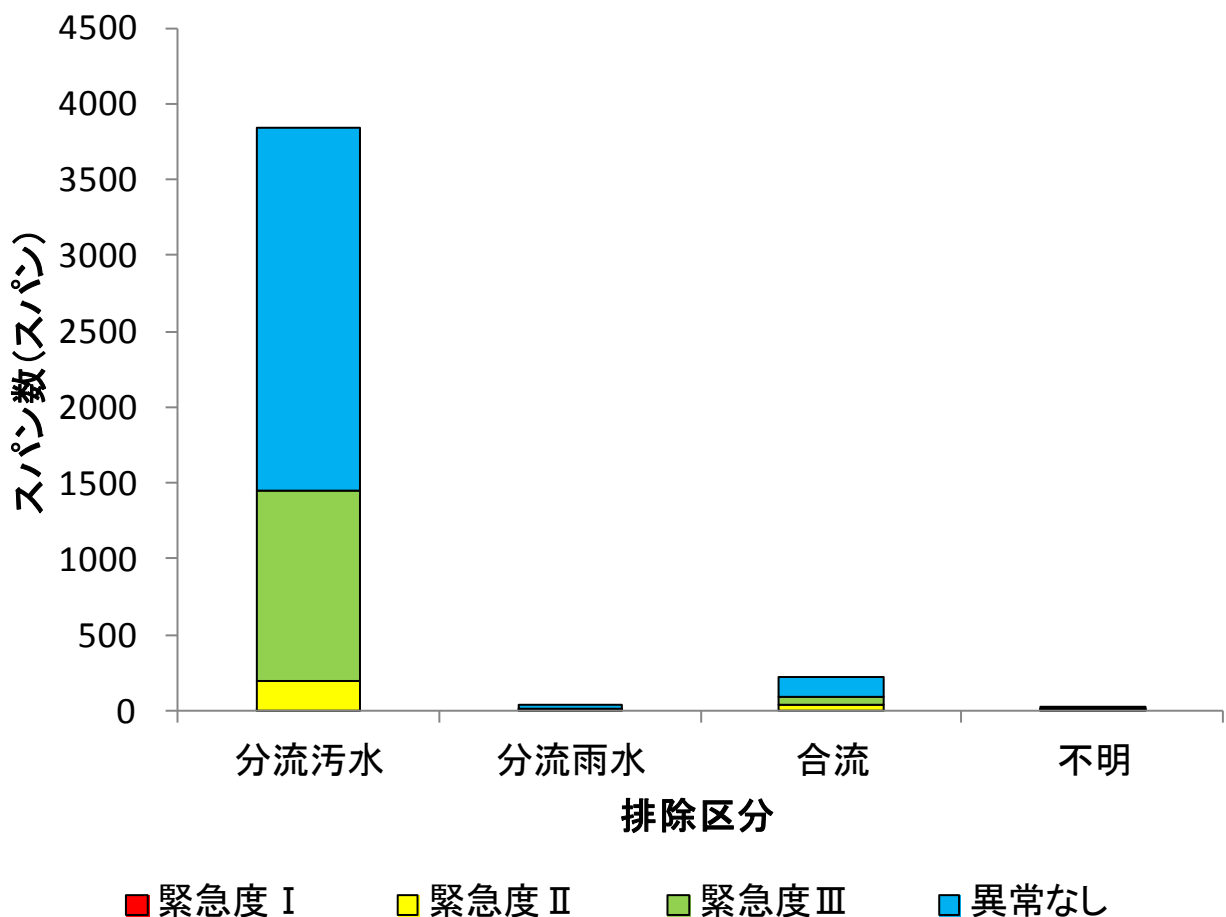


図 4-64 排除区分別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-40 排除区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

排除区分	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
分流汚水	3,840	0.0	4.9	32.8	62.3	100.0
合流	225	0.0	14.2	25.8	60.0	100.0
平均	2,033	0.0	9.5	29.3	61.1	100.0

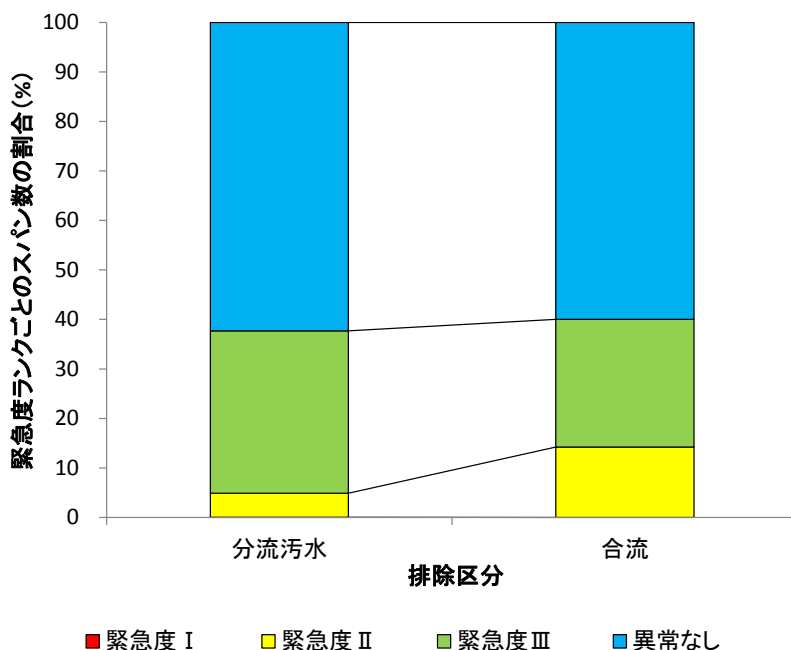


図 4-65 排除区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱの割合は合流の方が大きい。早くから下水道整備に着手している自治体は合流が多く、そのため、経過年数が大きいことが影響している可能性がある（3章7節参照）。なお、合流の平均経過年数は35年に対し、分流汚水の平均経過年数は16年であった。

緊急度Ⅲの割合は分流汚水の方が大きい。経過年数が比較的小さい場合、スパン評価Aとなる「たるみA」、「破損a + 偏平b」および「継手ズレa」の割合が少ない傾向にある可能性が示唆される。

(10) 経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数の整理

経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数および割合を集計した。

経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数を表 4-41 と図 4-66 に示す。また、経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合を表 4-42 と図 4-67 に示す。なお、管渠を調査後に布設替えしたスパンと経過年数区分が不明なスパンは表 4-42 の集計から除外した。また、経過年数区分が 40 年以上のスパンはスパン数が他と比較し少ないため、表 4-42 の集計から除外した。

表 4-41 経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数

経過年数区分 (年以上-年未満)	緊急度ランク				総計
	緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
10年未満	0	49	682	582	1313
10-20年	1	46	245	615	907
20-30年	0	44	169	828	1041
30-40年	0	73	211	266	550
40-50年	0	0	4	20	24
50-60年	0	1	3	18	22
60年以上	0	0	1	3	4
調査後布設替	0	3	0	0	3
不明	0	5	14	233	252
総計	1	221	1329	2565	4116

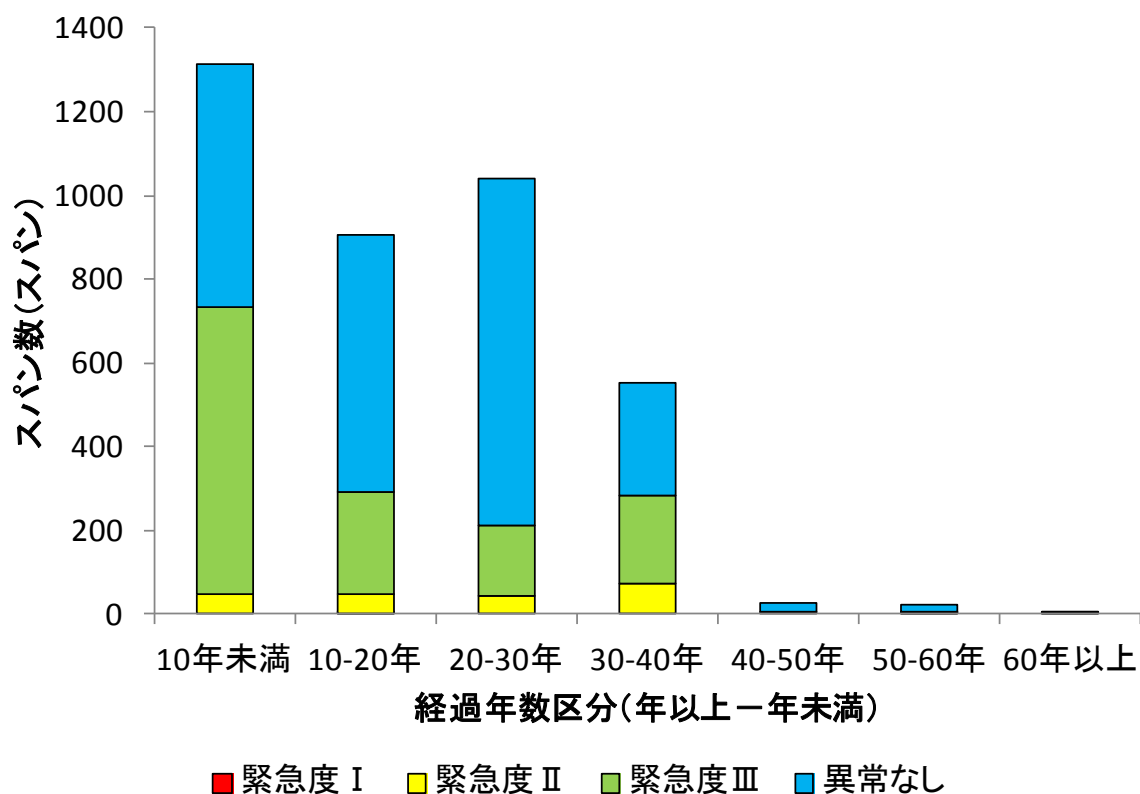


図 4-66 経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数

表 4-42 経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

経過年数区分 (年以上-年未満)	スパン数 (スパン)	緊急度ランク				総計 (%)
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	異常なし	
10年未満	1313	0.0	3.7	51.9	44.3	100.0
10-20年	907	0.1	5.1	27.0	67.8	100.0
20-30年	1041	0.0	4.2	16.2	79.5	100.0
30-40年	550	0.0	13.3	38.4	48.4	100.0
平均	953	0.0	6.6	33.4	60.0	100.0

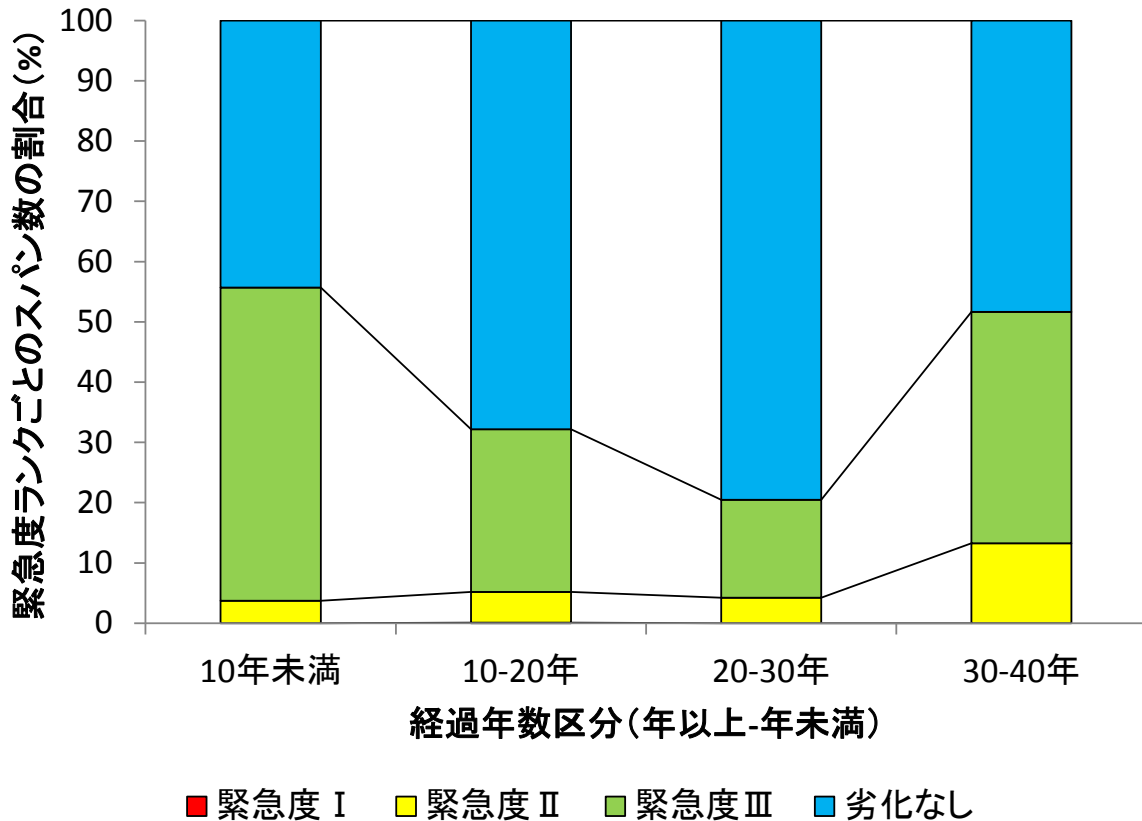


図 4-67 経過年数区分別緊急度ランクごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱの割合は経過年数が大きい程大きくなる。前項 4.6.2 で述べた通り、緊急度Ⅱの主な決定要因は不良発生率 A であり、さらには偏平の寄与率が大きいため、偏平と経過年数の関係が影響していると考えられる (3章7節参照)。

一方、緊急度Ⅲの割合と経過年数との関係に一樣な傾向が見られない。緊急度Ⅲの決定要因はたるみ B または C とスパン評価ランク B または C が同等であるため、たるみと経過年数の関係と不良発生率と経過年数の関係が同様な傾向を示していない可能性が示唆される。また、緊急度Ⅲの要因として初期不良と経年的変化による異常の発生が混在している可能性も示唆される。

4.6.4. 緊急度決定要因と各種管属性との関連性の把握

(1) 緊急度Ⅱ決定要因と各種管属性との関連性の把握

1) 管径別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

管径別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を集計した。なお、管径が150mm未満と300mm以上に関しては、スパン数が他と比較し小さいため、表4-44の集計から除外した。

表 4-43 管径別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

管径 (mm)	緊急度Ⅱ決定要因							総計
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
100	0	0	0	0	0	0	0	0
125	0	0	0	0	0	0	1	1
150	2	4	10	4	4	8	21	53
200	1	5	3	4	11	38	13	75
250	2	1	2	0	12	50	8	75
300	0	0	0	0	2	9	1	12
350	0	0	0	0	0	0	0	0
400	0	2	0	0	0	2	0	4
450	0	0	0	0	0	1	0	1
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

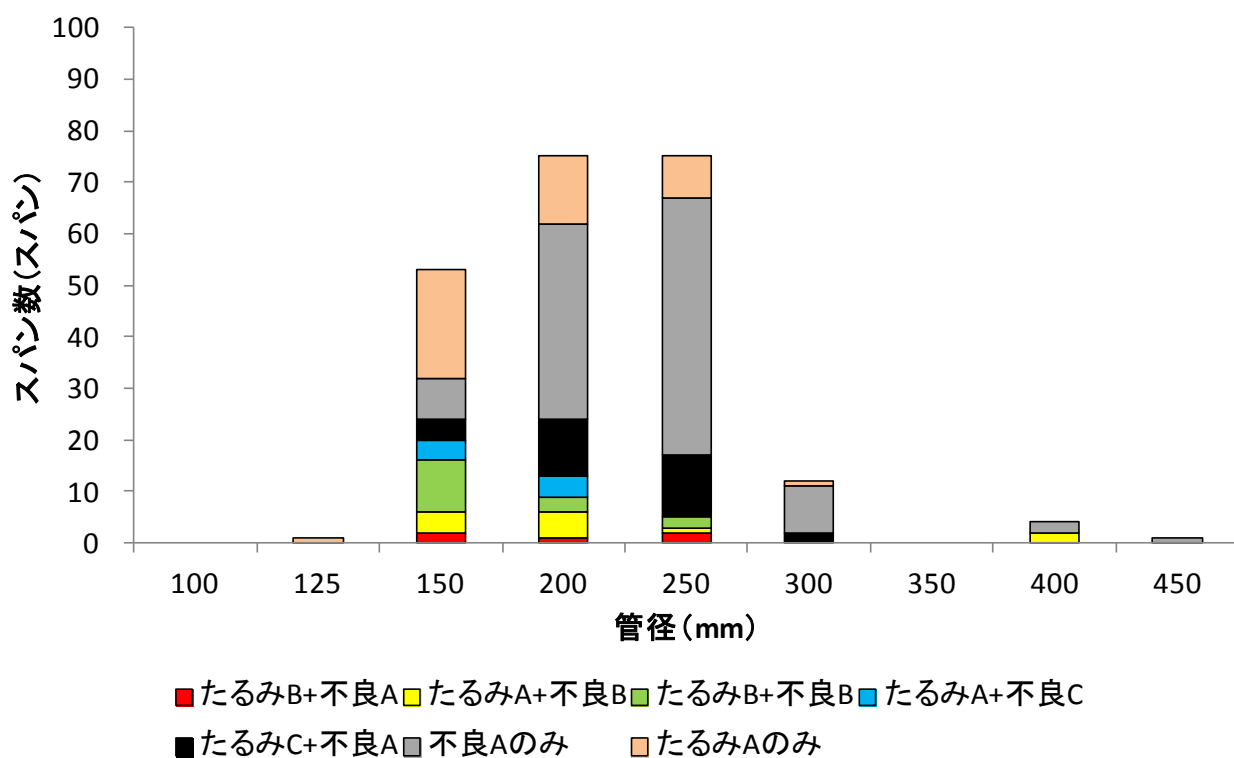


図 4-68 管径別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-44 管径別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

管径 (mm)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
150	53	3.8	7.5	18.9	7.5	7.5	15.1	39.6	100.0
200	75	1.3	6.7	4.0	5.3	14.7	50.7	17.3	100.0
250	75	2.7	1.3	2.7	0.0	16.0	66.7	10.7	100.0
平均	68	2.6	5.2	8.5	4.3	12.7	44.1	22.5	100.0

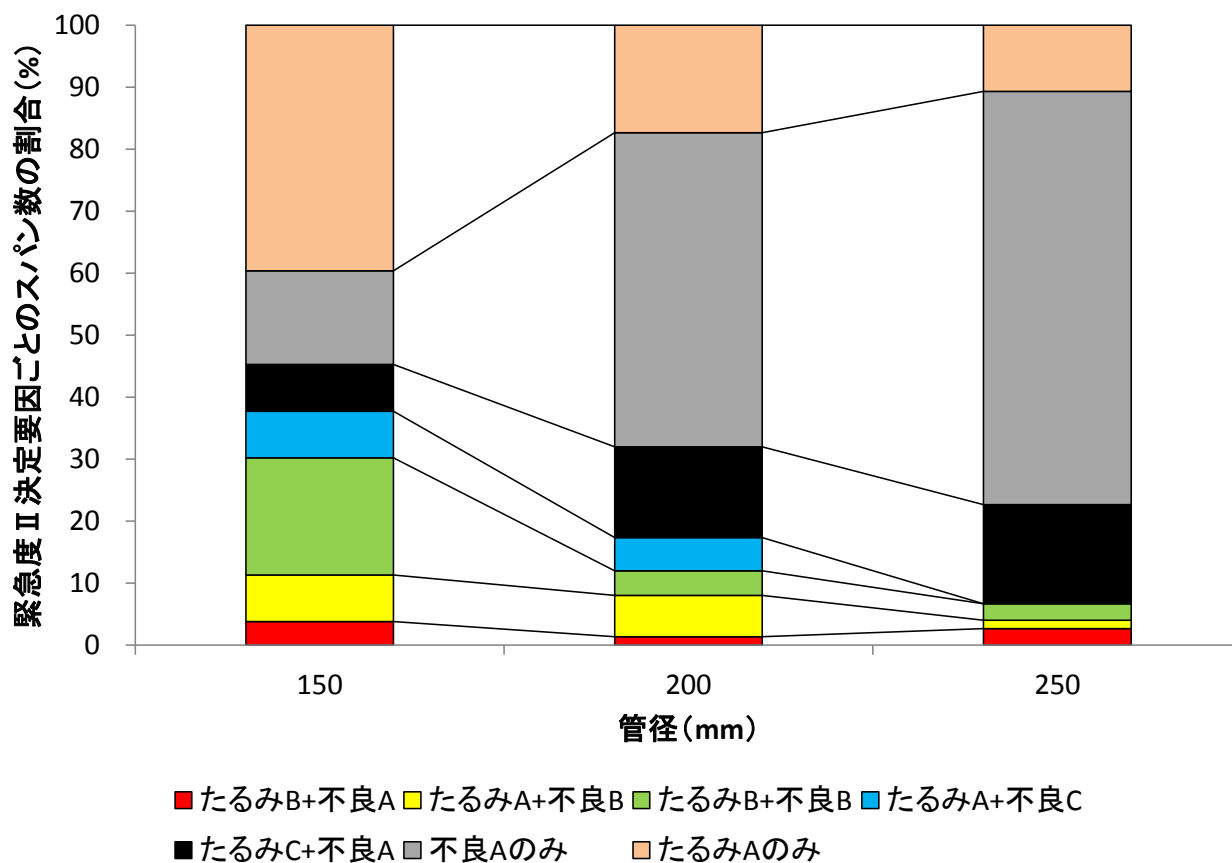


図 4-69 管径別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱのうち、たるみAが決定要因である割合は管径が小さい程大きくなる。これは、管断面積が大きい方がたるみにくいことが影響していると考えられる。一方、不良発生率Aが決定要因である割合は、管径が大きい程大きくなる。これは、偏平と管径の間係が影響していると考えられる（3章7節参照）。

たるみAと不良発生率Aは逆の傾向にあるが、不良発生率Aの割合の変動の影響の方が大きいため、管径が大きい程、緊急度Ⅱの割合が大きくなる傾向が見られると考えられる（図4-49）。

2) スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を集計した。

スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-45 と図 4-70 に示す。また、スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-46 と図 4-71 に示す。なお、スパン長が 50m 以上に
 関しては、スパン数が他と比較し少ないため、表 4-46 の集計から除外した。

表 4-45 スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

スパン長区分 (m以上-m未満)	緊急度Ⅱ決定要因						総計	
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ		たるみAのみ
0-10	0	0	0	0	2	30	5	37
10-20	3	1	0	2	7	30	7	50
20-30	1	2	2	2	9	24	12	52
30-40	1	1	3	2	3	13	7	30
40-50	0	3	4	1	7	9	8	32
50-60	0	4	1	0	1	2	3	11
60以上	0	1	5	1	0	0	2	9
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

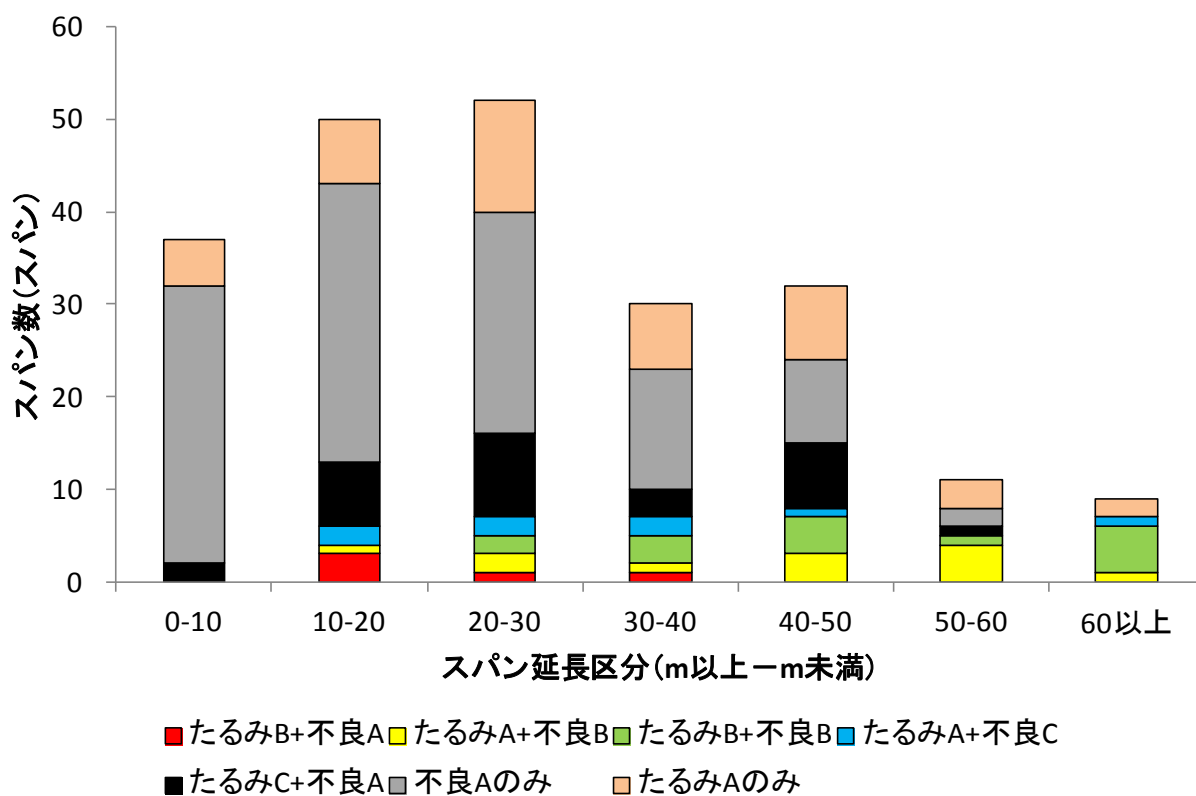


図 4-70 スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-46 スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

スパン長区分 (m以上-m未満)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
0-10	37	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	81.1	13.5	100.0
10-20	50	6.0	2.0	0.0	4.0	14.0	60.0	14.0	100.0
20-30	52	1.9	3.8	3.8	3.8	17.3	46.2	23.1	100.0
30-40	30	3.3	3.3	10.0	6.7	10.0	43.3	23.3	100.0
40-50	32	0.0	9.4	12.5	3.1	21.9	28.1	25.0	100.0
平均	40	2.3	3.7	5.3	3.5	13.7	51.7	19.8	100.0

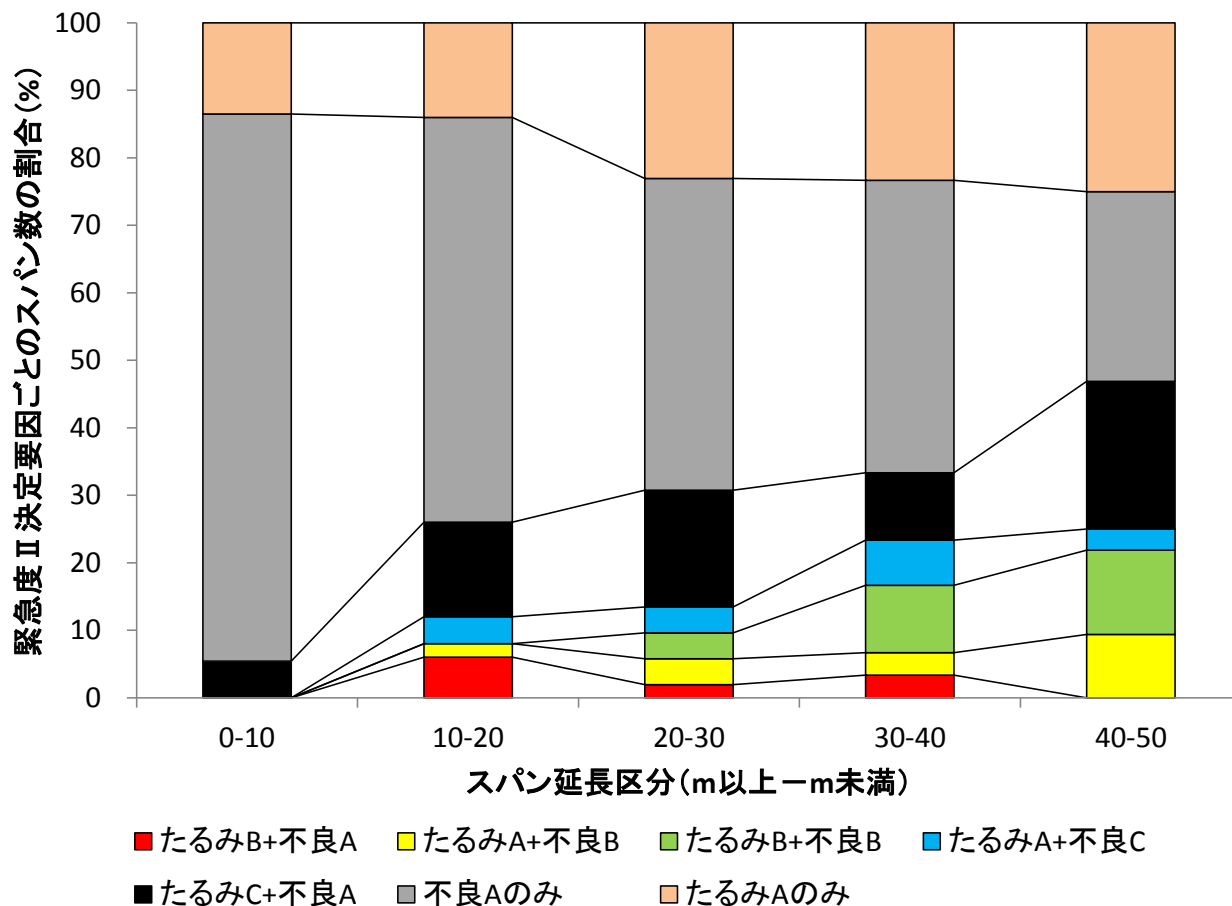


図 4-71 スパン長区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

緊急度Ⅱのうち、たるみAが決定要因である割合はスパン長が大きい程大きくなる。一方、不良発生率Aが決定要因である割合は、スパン長が小さい程大きくなる。これは、破損の異常発生箇所数/kmはスパン長が小さい程小さいことが影響していると考えられる（3章7節参照）。

たるみAと不良発生率Aは逆の傾向にあるが、不良発生率Aの割合の変動とたるみAの割合の変動がほぼ同等であるため、緊急度Ⅱの割合の変動が小さい傾向が見られると考えられる（図4-51）。

3) 管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を集計した。

管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-47 と図 4-72 に示す。また、管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-48 と図 4-73 に示す。

表 4-47 管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

管本数 (本)	緊急度Ⅱ決定要因							総計
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
1	0	0	0	0	1	4	0	5
2	0	0	0	0	1	15	4	20
3	1	0	0	0	1	12	1	15
4	1	1	0	1	3	12	2	20
5	1	0	0	1	2	11	6	21
6	1	2	0	0	3	12	3	21
7	0	0	1	1	4	9	2	17
8	0	0	1	1	0	6	6	14
9	1	0	0	1	4	7	3	16
10	0	1	0	0	2	5	6	14
11	0	1	2	1	3	4	2	13
12	0	0	1	0	2	3	2	8
13	0	3	0	0	1	4	1	9
14	0	0	0	1	2	1	0	4
15	0	1	1	0	0	0	0	2
16	0	1	1	1	0	1	1	5
17	0	0	1	0	0	0	2	3
18	0	0	0	0	0	0	1	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	1	0	0	0	0	1
21	0	0	0	0	0	0	1	1
22	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	1	0	0	0	0	1
24	0	0	0	0	0	1	0	1
25	0	0	0	0	0	0	1	1
26	0	0	1	0	0	0	0	1
27	0	1	1	0	0	0	0	2
28	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	1	1	0	0	0	0	2
33	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	1	0	0	0	0	1
38	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	1	0	1
46	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	1	0	0	0	0	1
60	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

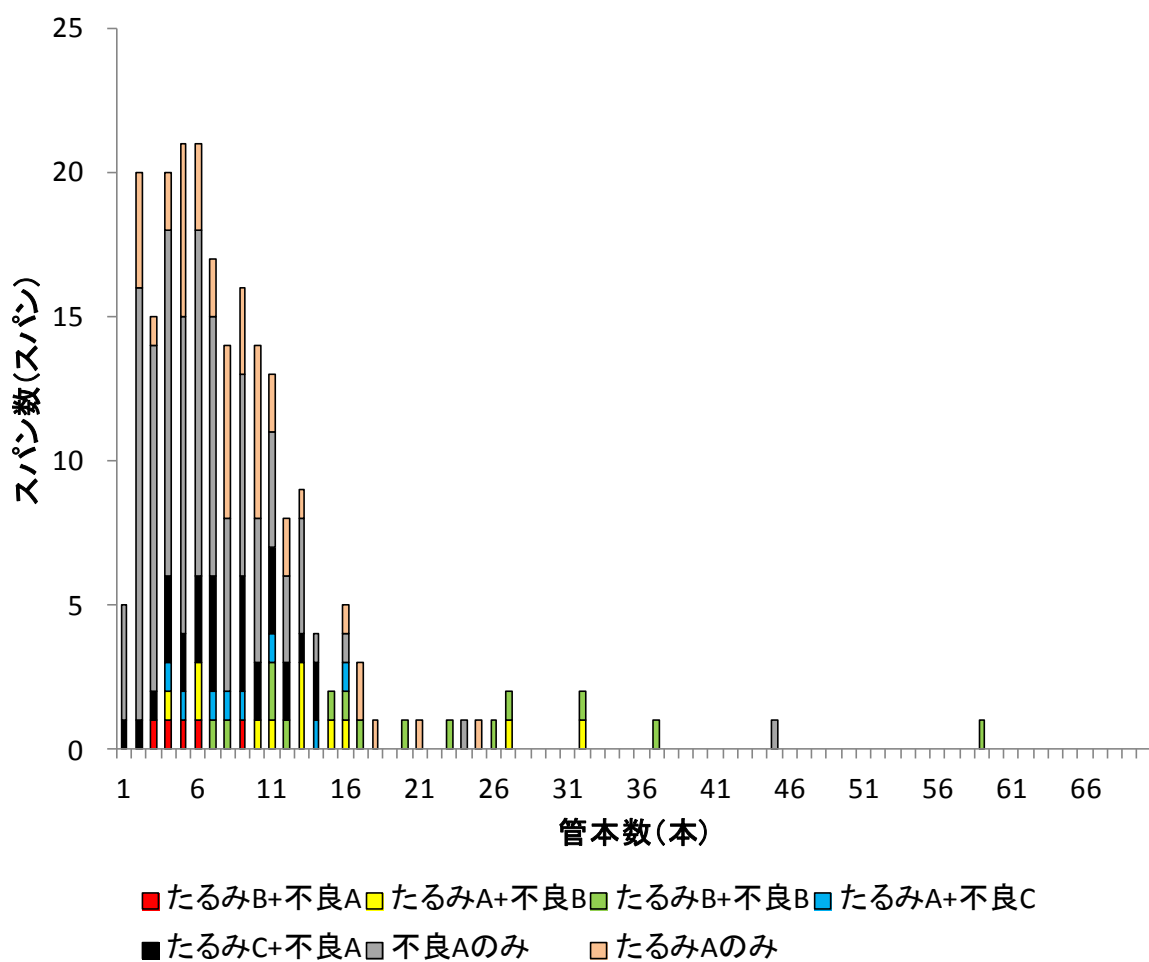


図 4-72 管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

管本数が 12 本以上のスパン数は少なく、管本数別の分析を行うには標本数が少ないと考え、管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合の集計項目から除外した。

表 4-48 管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

管本数 (本)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
1	5	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	80.0	0.0	100.0
2	20	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	75.0	20.0	100.0
3	15	6.7	0.0	0.0	0.0	6.7	80.0	6.7	100.0
4	20	5.0	5.0	0.0	5.0	15.0	60.0	10.0	100.0
5	21	4.8	0.0	0.0	4.8	9.5	52.4	28.6	100.0
6	21	4.8	9.5	0.0	0.0	14.3	57.1	14.3	100.0
7	17	0.0	0.0	5.9	5.9	23.5	52.9	11.8	100.0
8	14	0.0	0.0	7.1	7.1	0.0	42.9	42.9	100.0
9	16	6.3	0.0	0.0	6.3	25.0	43.8	18.8	100.0
10	14	0.0	7.1	0.0	0.0	14.3	35.7	42.9	100.0
11	13	0.0	7.7	15.4	7.7	23.1	30.8	15.4	100.0
平均	16	2.5	2.7	2.6	3.3	14.2	55.5	19.2	100.0

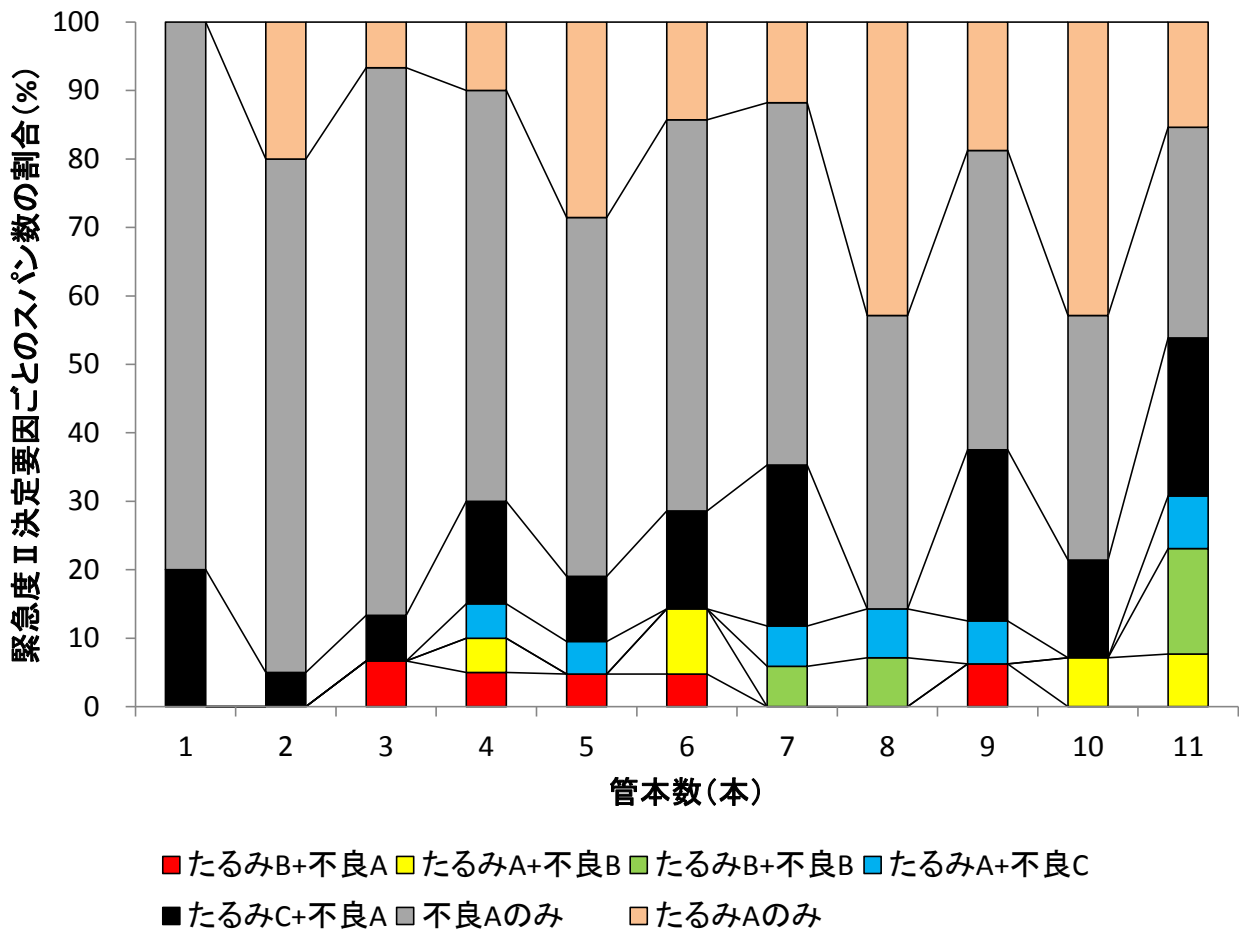


図 4-73 管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

管本数が多い程スパン長は大きくなるため、「スパン延長と緊急度Ⅱ決定要因」、「管本数と緊急度Ⅱ決定要因」の間係は同様の傾向がある。

4) 取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-49 と図 4-74 に示す。また、取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-50 と図 4-75 に示す。

なお、取付管本数が5本以上のスパン数は少なく、取付管本数別の分析を行うには標本数が少ないと考え、次表 4-50 の集計から除外した。

表 4-49 取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

取付管本数 (本)	緊急度Ⅱ決定要因							総計
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
0	1	4	4	3	14	44	21	91
1	1	3	4	2	5	16	11	42
2	0	1	1	1	4	13	4	24
3	0	1	2	1	0	14	1	19
4	1	0	0	0	0	10	2	13
5	1	1	0	0	2	2	2	8
6	1	0	2	0	2	3	1	9
7	0	1	1	0	1	3	1	7
8	0	1	0	0	1	0	0	2
9	0	0	1	1	0	2	0	4
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	1	0	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

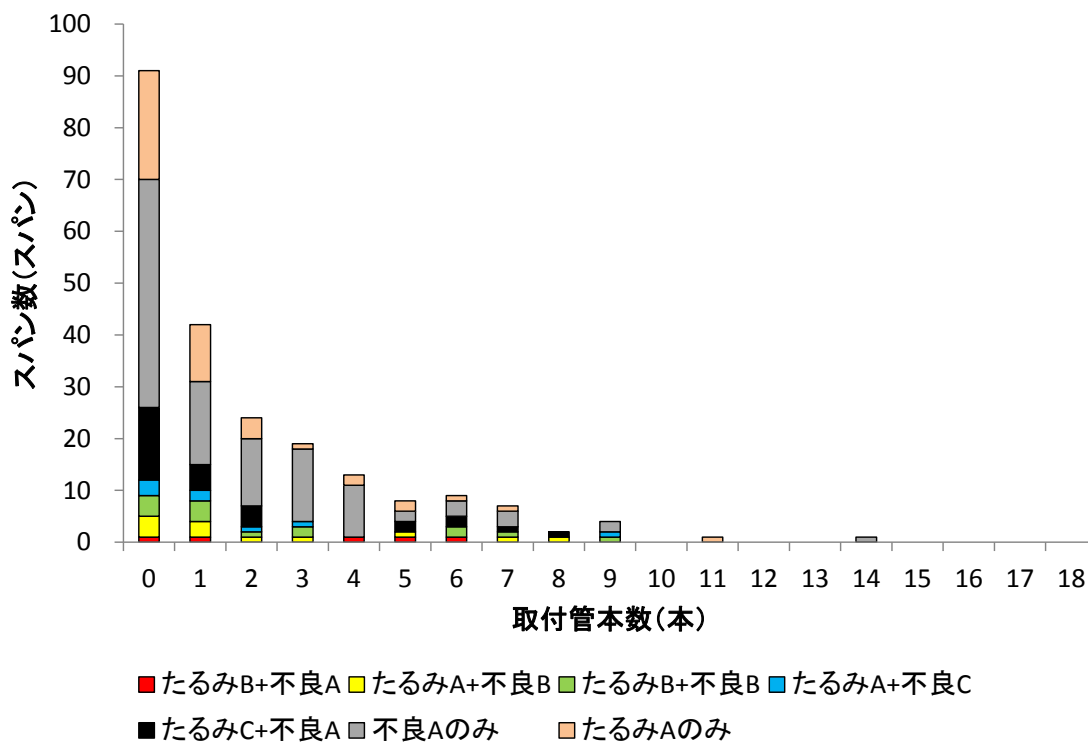
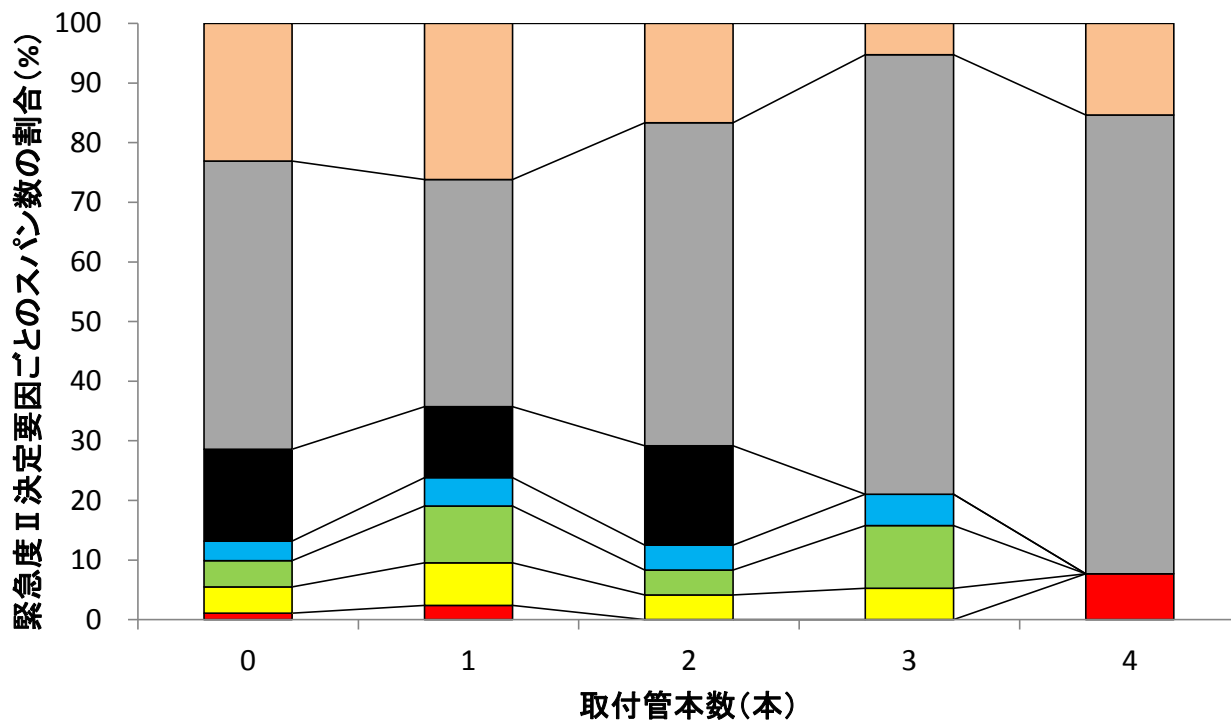


図 4-74 取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-50 取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

取付管本数 (本)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
0	91	1.1	4.4	4.4	3.3	15.4	48.4	23.1	100.0
1	42	2.4	7.1	9.5	4.8	11.9	38.1	26.2	100.0
2	24	0.0	4.2	4.2	4.2	16.7	54.2	16.7	100.0
3	19	0.0	5.3	10.5	5.3	0.0	73.7	5.3	100.0
4	13	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	76.9	15.4	100.0
平均	38	2.2	4.2	5.7	3.5	8.8	58.2	17.3	100.0



■たるみB+不良A ■たるみA+不良B ■たるみB+不良B ■たるみA+不良C
■たるみC+不良A ■不良Aのみ ■たるみAのみ

図 4-75 取付管本数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ A が決定要因である割合と不良発生率 A が決定要因である割合はともに、取付管本数の影響による一様な変動は見られないため、取付管本数の影響は小さいと考えられる。

5) 土被り別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

土被り区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

土被り区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-51 と図 4-76 に示す。また、土被り区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-52 と図 4-77 に示す。なお、土被りが4m以上または、不明のスパンは集計から除外する。

表 4-51 土被り別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

土被り区分 (m以上-m未満)	緊急度Ⅱ決定要因							総計
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
1m未満	1	0	0	0	4	23	1	29
1-2	3	5	10	5	10	44	19	96
2-3	1	3	2	2	2	10	14	34
3-4	0	0	1	0	2	4	7	14
4-5	0	2	1	1	0	3	1	8
5-6	0	1	0	0	0	0	0	1
6-7	0	0	0	0	0	0	0	0
7-8	0	0	0	0	0	0	0	0
不明	0	1	1	0	11	24	2	39
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

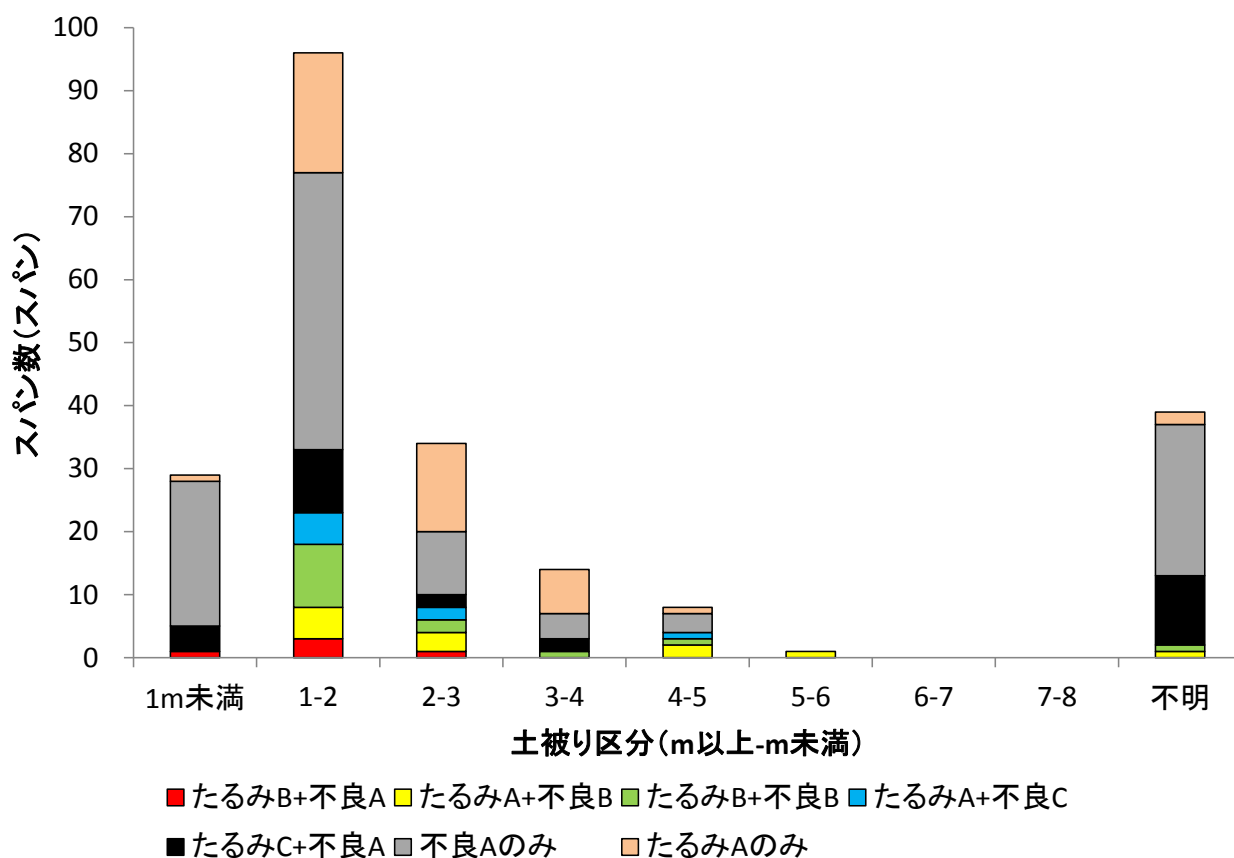


図 4-76 土被り別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-52 土被り別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

土被り区分 (m以上-m未満)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
1m未満	29	3.4	0.0	0.0	0.0	13.8	79.3	3.4	100.0
1-2	96	3.1	5.2	10.4	5.2	10.4	45.8	19.8	100.0
2-3	34	2.9	8.8	5.9	5.9	5.9	29.4	41.2	100.0
3-4	14	0.0	0.0	7.1	0.0	14.3	28.6	50.0	100.0
平均	43	2.4	3.5	5.9	2.8	11.1	45.8	28.6	100.0

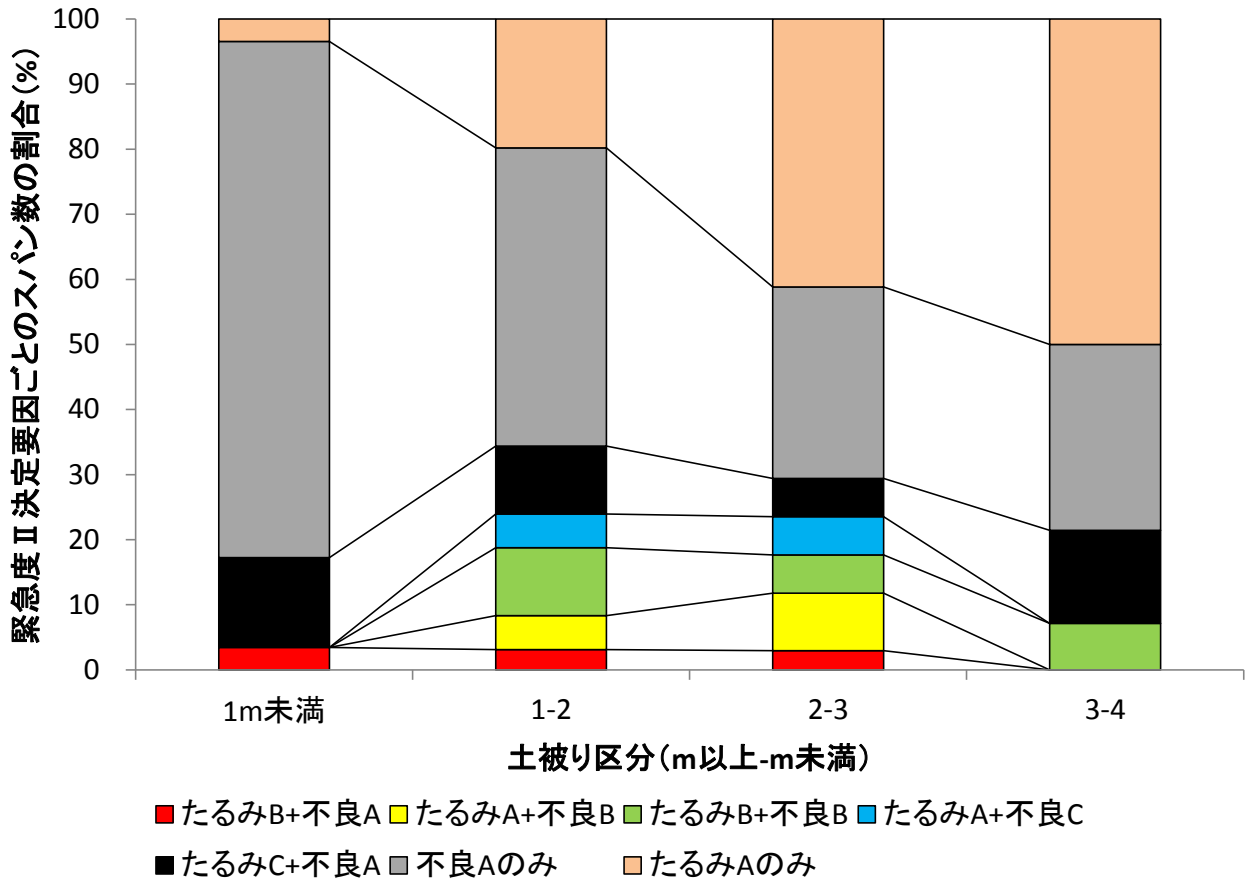


図 4-77 土被り別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ A が決定要因である割合は土被りが大きい程大きくなる。一方、不良発生率 A が決定要因である割合は、破損の異常発生箇所数/km の影響を受けて土被り 1m未満で最も大きく、また偏平の異常発生箇所数/km の影響を受けて土被りが大きくなる程大きくなっていると考えられる (3章7節参照)。

土被りが大きい程、たるみ A と不良発生率 A はともに緊急度Ⅱ決定要因となる割合が大きくなるため、緊急度Ⅱの割合が大きくなる (図 4-57)。

6) 道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-53 と図 4-78 に示す。また、道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-54 と図 4-79 に示す。なお、道路区分が国道または私道のスパン数は他と比較が少ないため、集計から除外した。また、不明についても集計から除外した。

表 4-53 道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

道路区分	緊急度Ⅱ決定要因								総計
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ		
市町村道	4	10	14	6	20	93	23	170	
都道府県道	0	0	1	0	1	3	9	14	
国道	0	2	0	0	0	0	5	7	
私道	1	0	0	0	3	7	1	12	
不明	0	0	0	2	5	5	6	18	
総計	5	12	15	8	29	108	44	221	

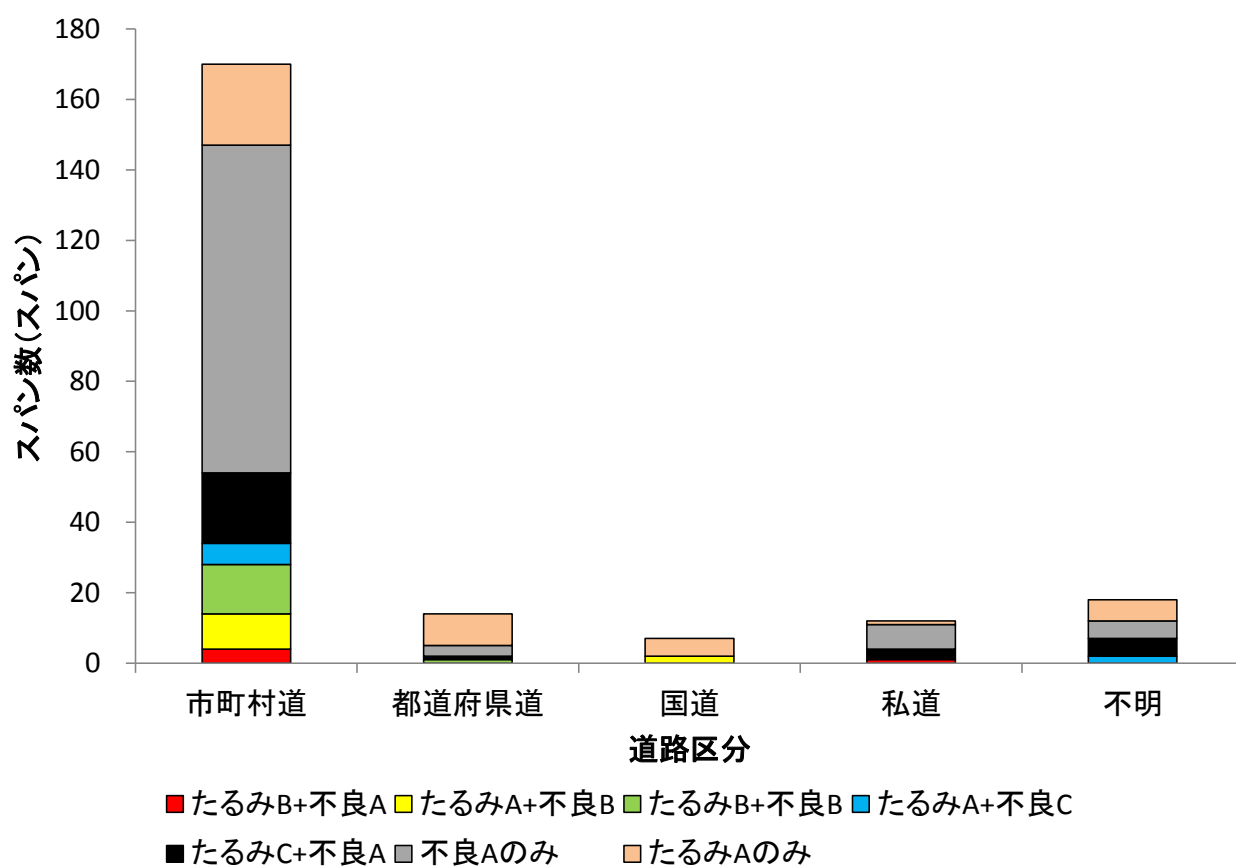


図 4-78 道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-54 道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

道路区分	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
市町村道	170	2.4	5.9	8.2	3.5	11.8	54.7	13.5	100.0
都道府県道	14	0.0	0.0	7.1	0.0	7.1	21.4	64.3	100.0
平均	92	1.2	2.9	7.7	1.8	9.5	38.1	38.9	100.0

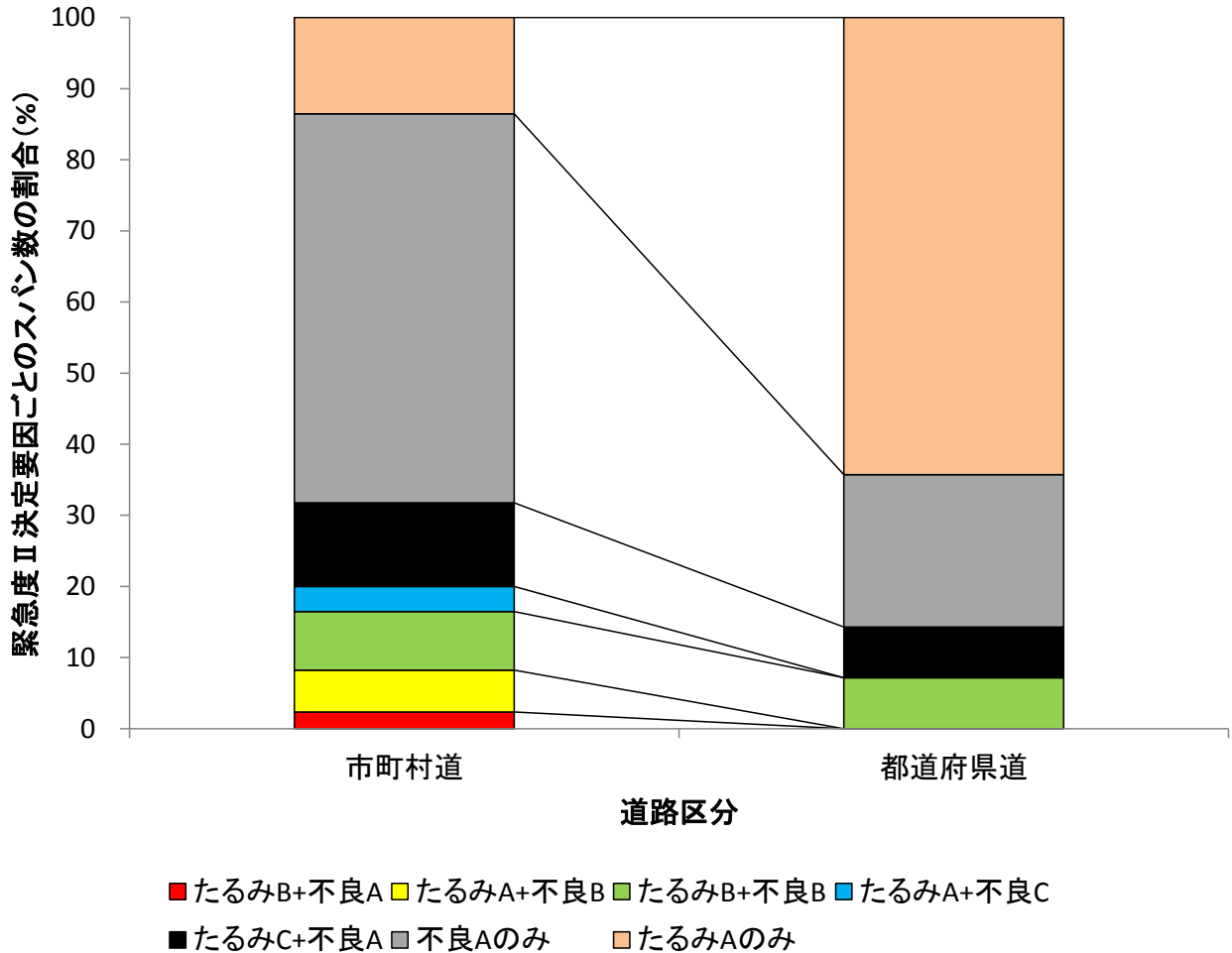


図 4-79 道路区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ A が決定要因である割合は都道府県道の方が大きく、一方、不良発生率 A が決定要因である割合は、都道府県道の方が小さい。ただし、前節 4.6.3(6) で述べた通り、道路区分が国道あるいは都道府県道のスパン数が少ないため適切に傾向を把握しているとは言い難い。

7) 歩車道区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

歩車道区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

歩車道区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-55 と図 4-80 に示す。また、歩車道区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-56 と図 4-81 に示す。なお、歩車道区分が市有地のスパン数は他と比較が少ないため集計から除外した。また、不明についても集計から除外した。

表 4-55 歩車道区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

歩車道区分	緊急度Ⅱ決定要因						総計	
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ		たるみAのみ
車道	1	6	12	4	13	74	31	141
歩道	1	0	0	0	2	13	2	18
市有地	0	0	0	0	0	0	0	0
不明	3	6	3	4	14	21	11	62
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

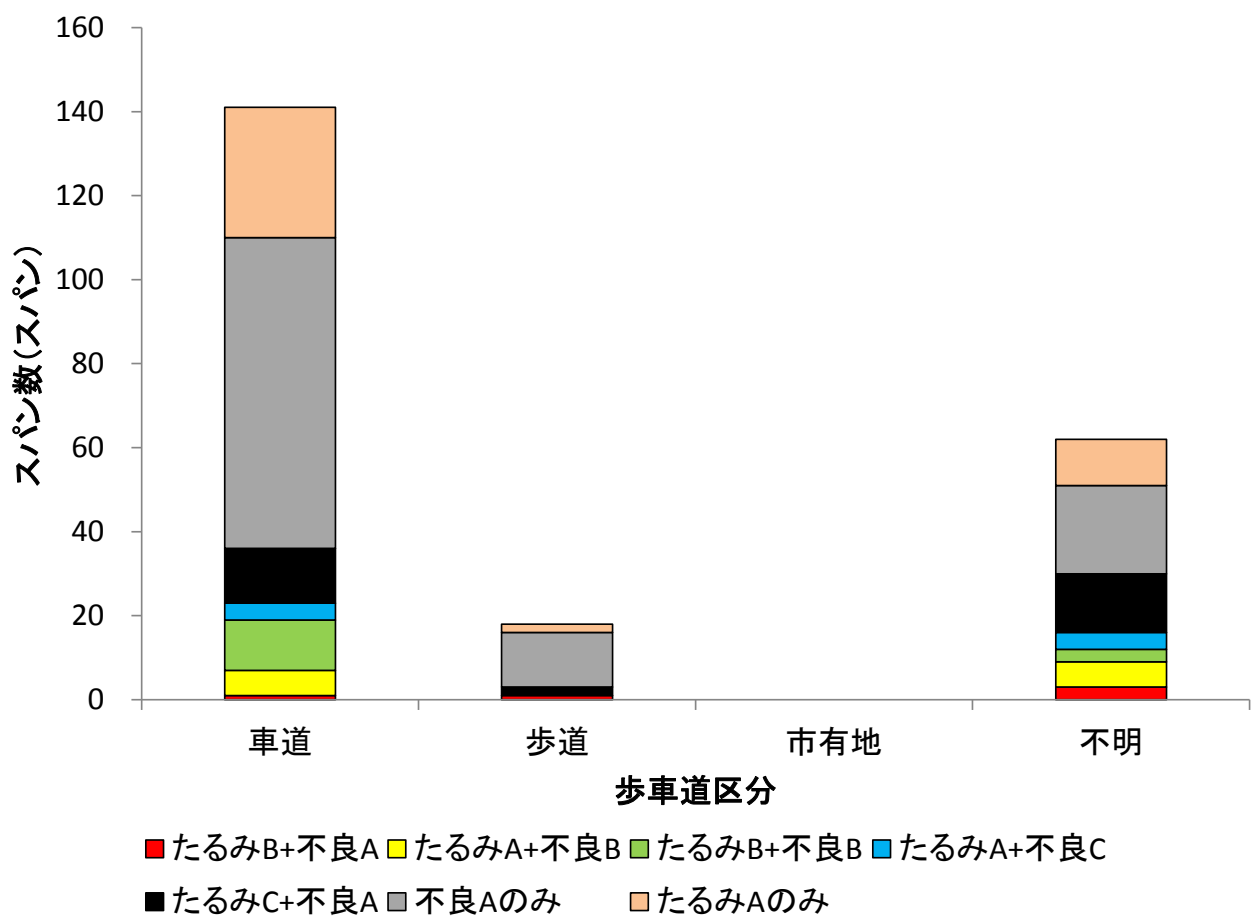


図 4-80 歩車道区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-56 歩車道区別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

歩車道区分	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
車道	141	0.7	4.3	8.5	2.8	9.2	52.5	22.0	100.0
歩道	18	5.6	0.0	0.0	0.0	11.1	72.2	11.1	100.0
平均	80	3.1	2.1	4.3	1.4	10.2	62.4	16.5	100.0

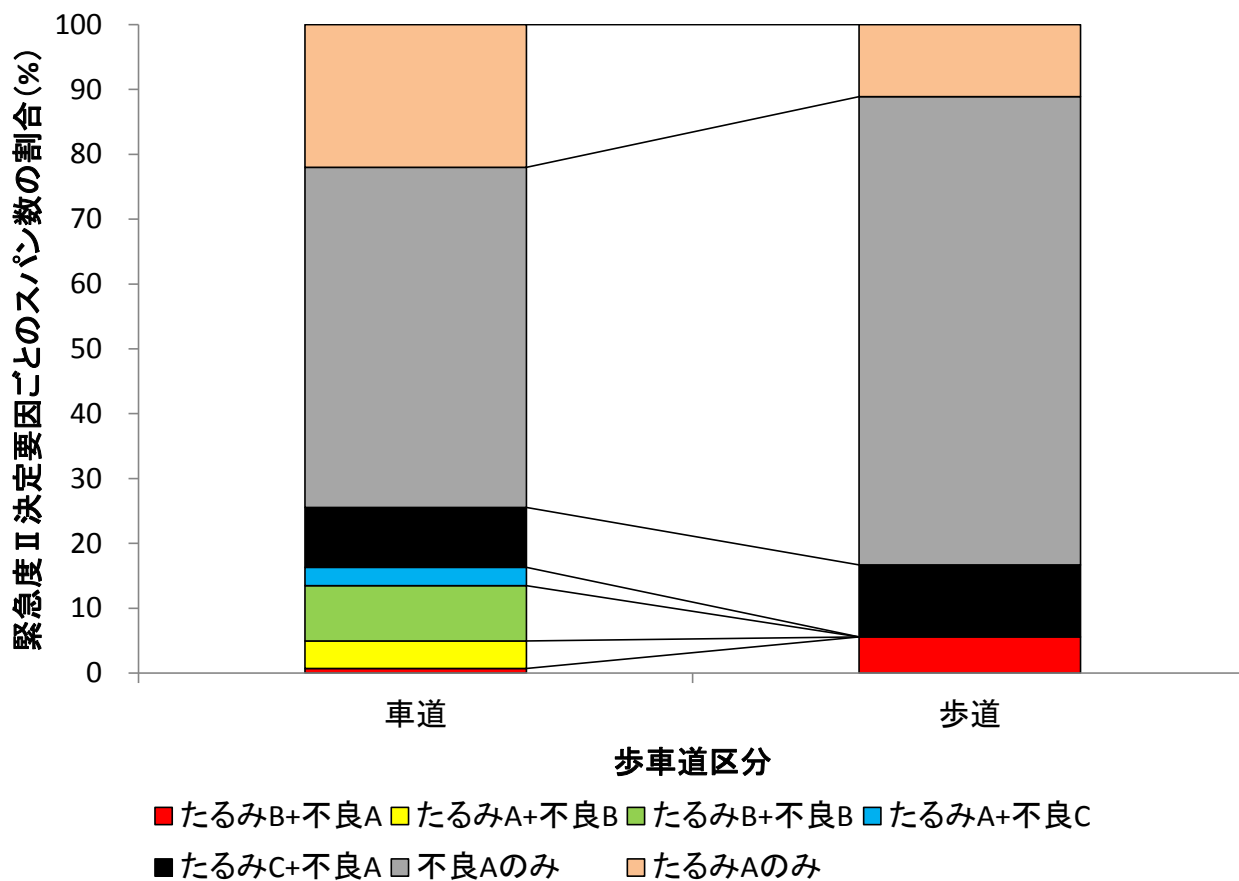


図 4-81 歩車道区別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ A が決定要因である割合は車道の方が大きい。一方、不良発生率 A が決定要因である割合は、歩道の方が大きい。

ただし、歩車道区分が歩道のスパン数が小さいため適切に傾向を把握しているとは言い難い。

8) 施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

表 4-57 と図 4-82 は施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を示し、また、表 4-58 と図 4-83 は施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を示す。なお、施工方法が不明なスパンについては、土被りが 3m以下のものを開削工法と想定し、3m以上のものを推進工法と想定して集計を行った。施工方法が「不明」、かつ土被りが「不明」だった 38 スパンについては、表 4-58 の集計から除外した。

表 4-57 施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

施工方法	緊急度Ⅱ決定要因							総計
	たるみB+不良	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
開削	1	6	10	5	0	8	29	59
開削想定	4	4	2	3	16	71	12	112
推進	0	0	0	0	0	0	0	0
推進想定	0	1	2	0	2	6	1	12
不明	0	1	1	0	11	23	2	38
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

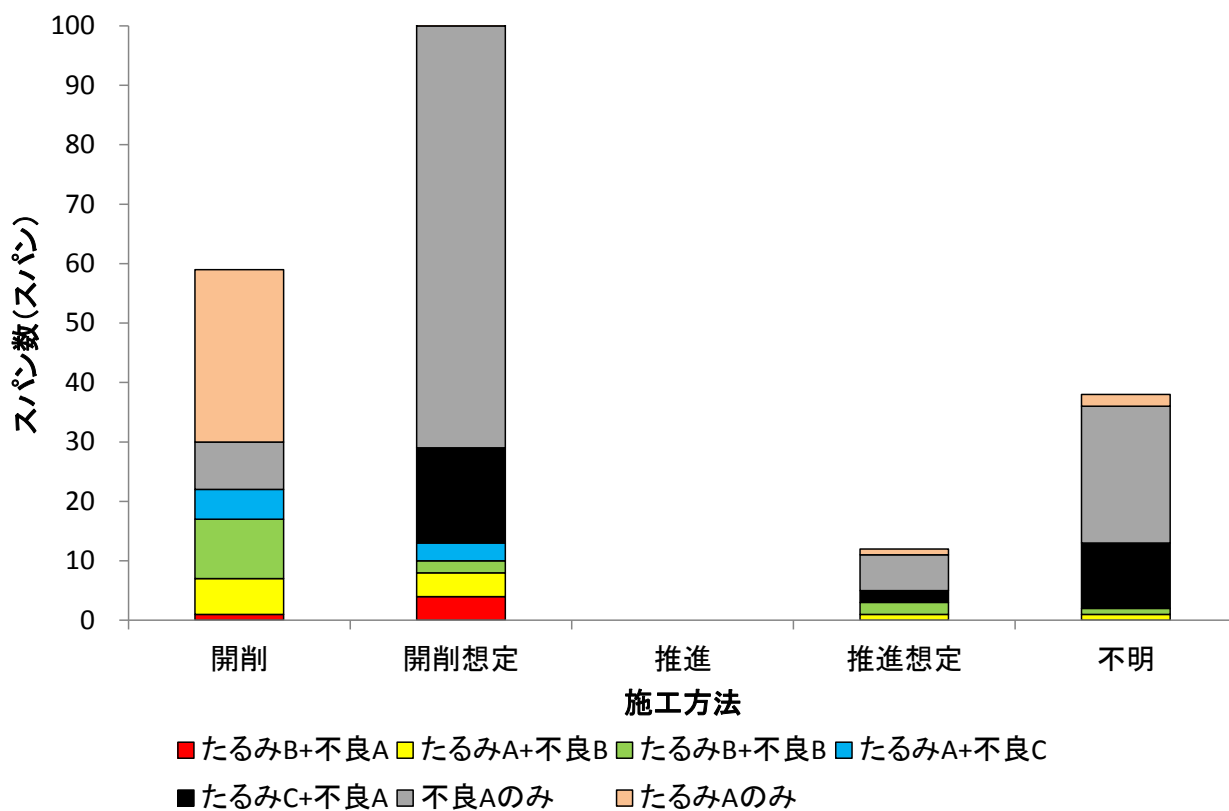


図 4-82 施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-58 施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

施工方法	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
開削(想定含む)	171	2.9	5.8	7.0	4.7	9.4	46.2	24.0	100.0
推進(想定含む)	12	0.0	8.3	16.7	0.0	16.7	50.0	8.3	100.0

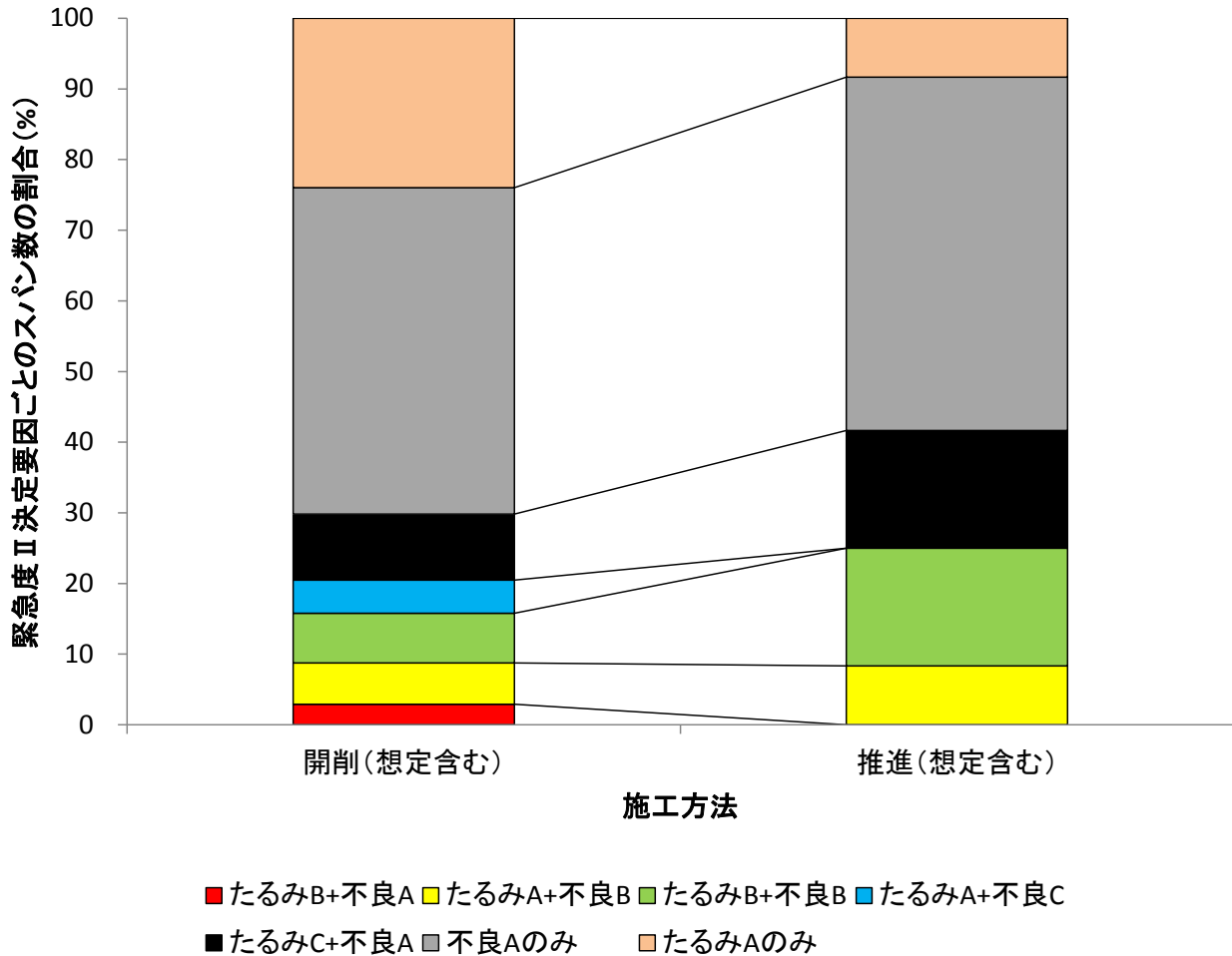


図 4-83 施工方法別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ A が決定要因である割合は開削の方が大きい。一方、不良発生率 A が決定要因である割合は、開削と推進とほぼ同等である。ただし、推進工法でのスパン数が少ないため適切に傾向を把握しているとは言い難い。

9) 排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-59 と図 4-84 に示す。また、排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-60 と図 4-85 に示す。なお、排除区分が分流雨水であるスパン数は他と比較が少ないため表 4-60 の集計から除外した。また、排除区分が不明なスパンも表 4-60 の集計から除外した。

表 4-59 排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

排除区分	緊急度Ⅱ決定要因							総計
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
分流汚水	4	11	15	8	26	80	43	187
分流雨水	0	0	0	0	0	1	0	1
合流	1	1	0	0	3	26	1	32
不明	0	0	0	0	0	1	0	1
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

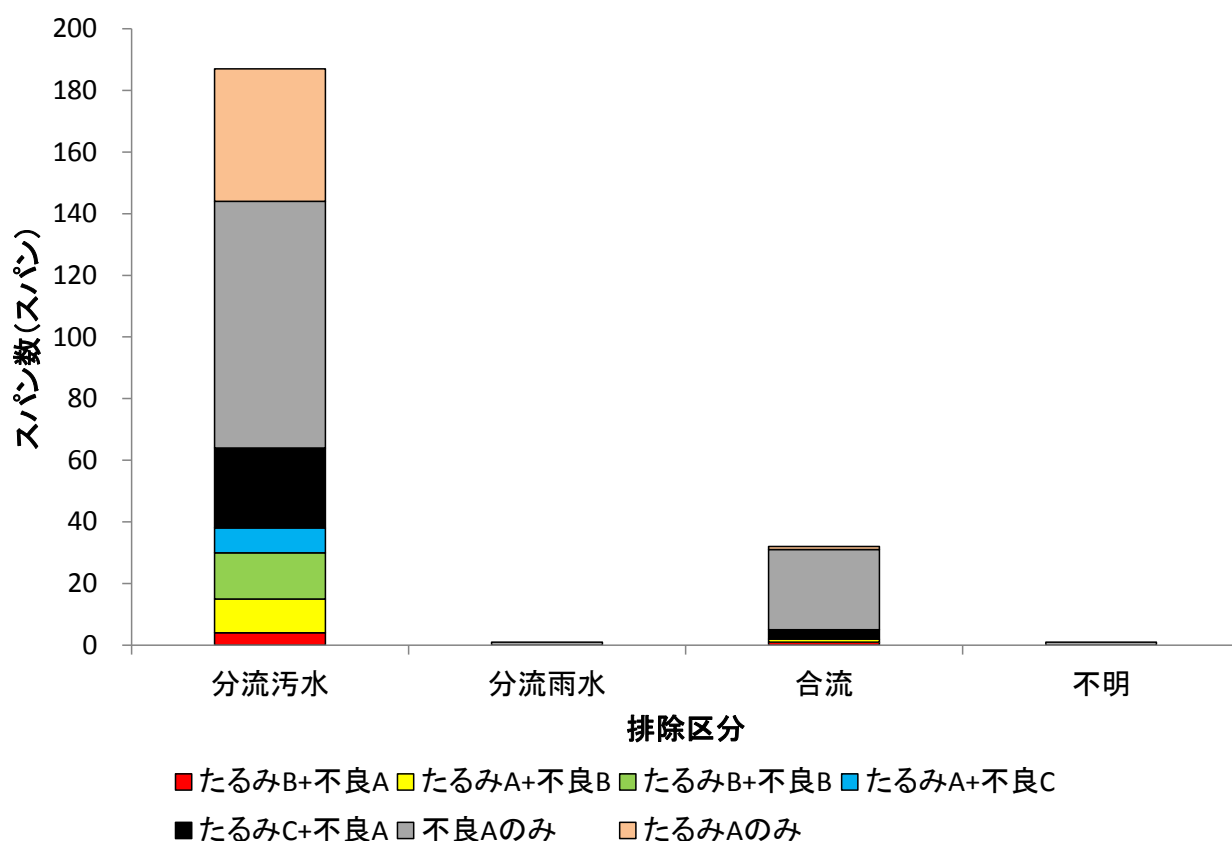


図 4-84 排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-60 排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

排除区分	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
分流汚水	187	2.1	5.9	8.0	4.3	13.9	42.8	23.0	100.0
合流	32	3.1	3.1	0.0	0.0	9.4	81.3	3.1	100.0
平均	110	2.6	4.5	4.0	2.1	11.6	62.0	13.1	100.0

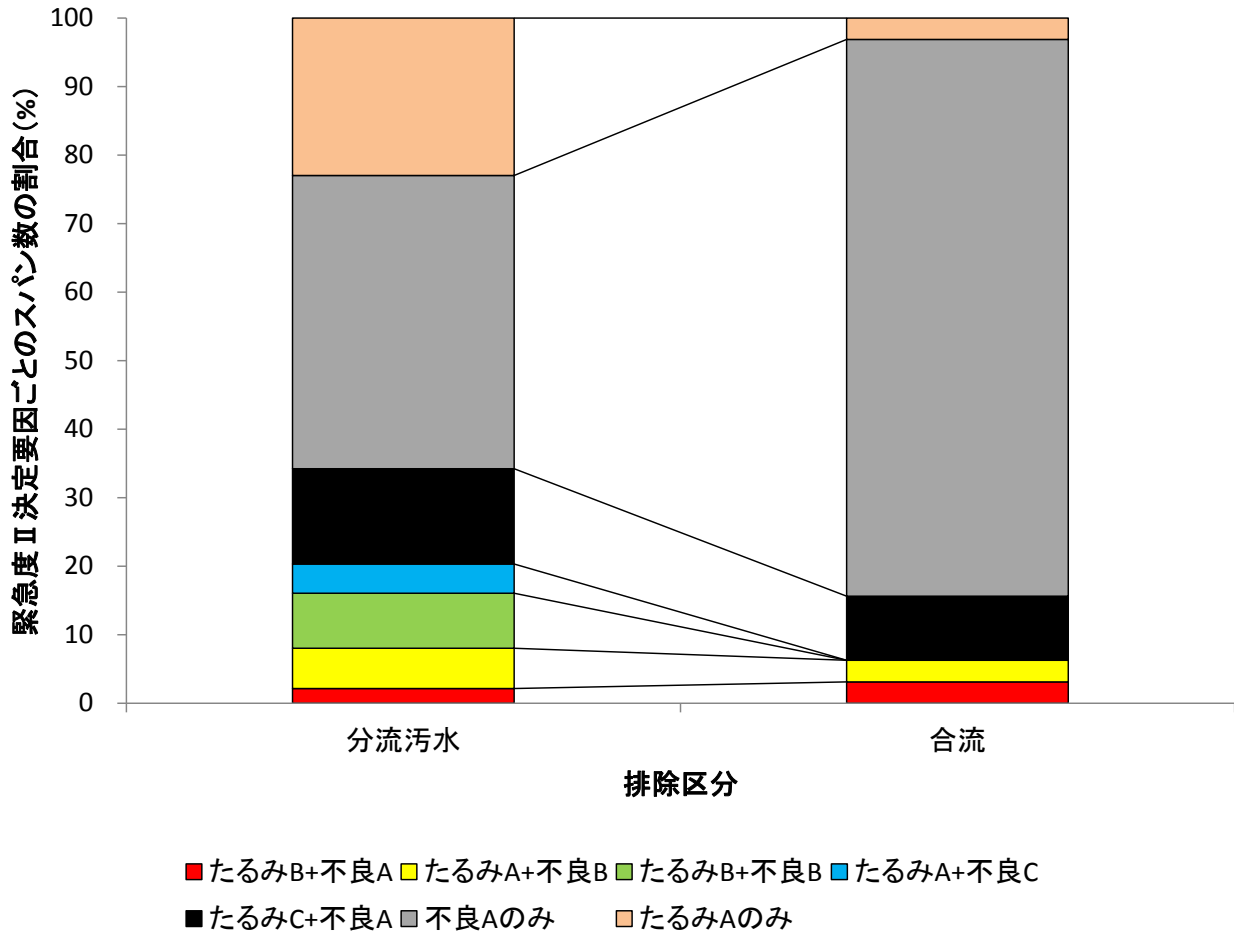


図 4-85 排除区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ A が決定要因である割合は分流汚水の方が大きい。一方、不良発生率 A が決定要因である割合は、合流の方が大きい。分流汚水は経過年数が短く、合流は経過年数が長い管渠が多いことが関係していると考えられる。そのため、経過年数とたるみ A、経過年数と不良発生率 A の割合の関係とともに次項 10) で言及することとする。

10) 経過年数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の整理

経過年数区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

経過年数区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数を表 4-61 と図 4-86 に示す。また、経過年数区分別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-62 と図 4-87 に示す。

なお、管渠を調査後に布設替えしたスパンと経過年数区分が不明なスパンは表 4-62 の集計から除外した。また、経過年数区分が40年以上のスパンはスパン数が他と比較し少ないため、表 4-62 の集計から除外した。

表 4-61 経過年数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

経過年数区分 (年以上-年未満)	緊急度Ⅱ決定要因							総計
	たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
10年未満	2	4	11	4	8	6	14	49
10-20	1	5	2	3	3	11	21	46
20-30	0	0	1	0	6	34	3	44
30-40	2	1	0	0	11	54	5	73
40-50	0	0	0	0	0	0	0	0
50-60	0	0	0	0	0	1	0	1
60年以上	0	0	0	0	0	0	0	0
調査後布設替	0	2	0	1	0	0	0	3
不明	0	0	1	0	1	2	1	5
総計	5	12	15	8	29	108	44	221

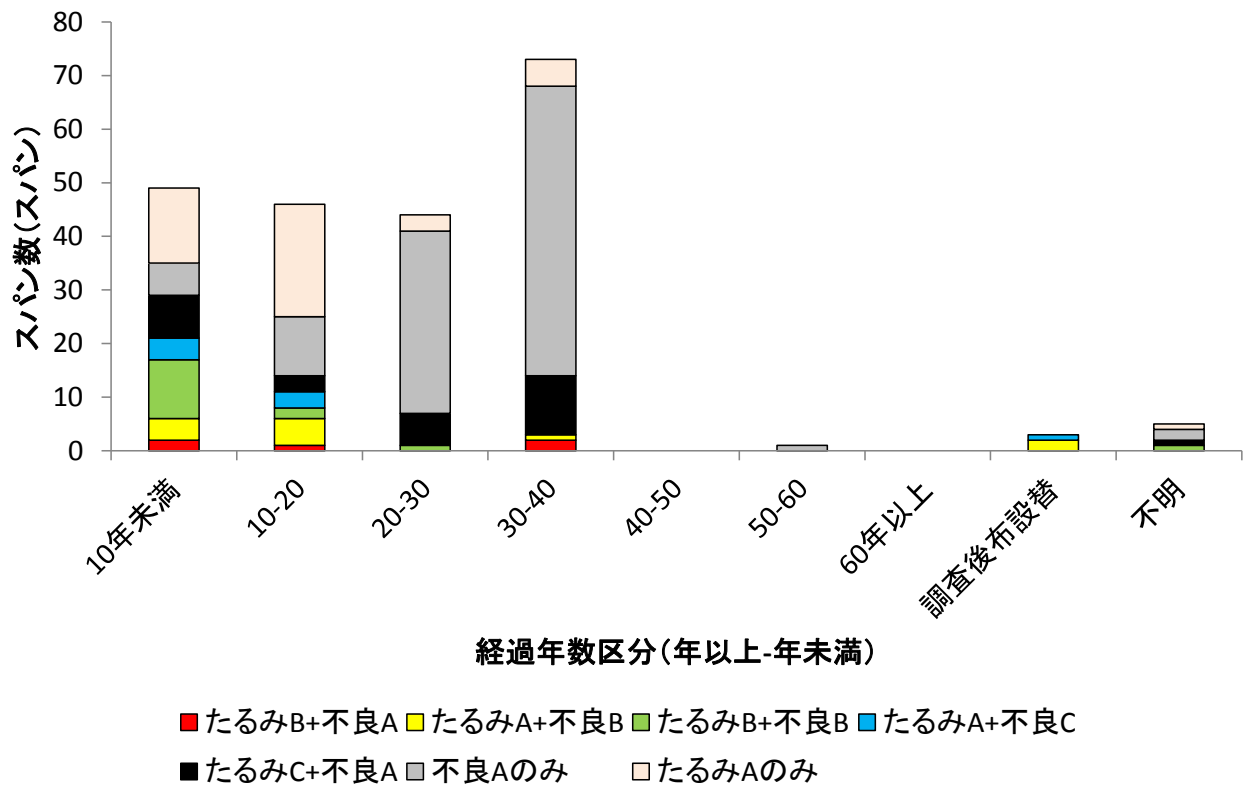


図 4-86 経過年数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数

表 4-62 経過年数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

経過年数区分 (年以上-年未満)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅱ決定要因							総計 (%)
		たるみB+不良A	たるみA+不良B	たるみB+不良B	たるみA+不良C	たるみC+不良A	不良Aのみ	たるみAのみ	
10年未満	49	4.1	8.2	22.4	8.2	16.3	12.2	28.6	100.0
10-20	46	2.2	10.9	4.3	6.5	6.5	23.9	45.7	100.0
20-30	44	0.0	0.0	2.3	0.0	13.6	77.3	6.8	100.0
30-40	73	2.7	1.4	0.0	0.0	15.1	74.0	6.8	100.0
平均	53	2.2	5.1	7.3	3.7	12.9	46.9	22.0	100.0

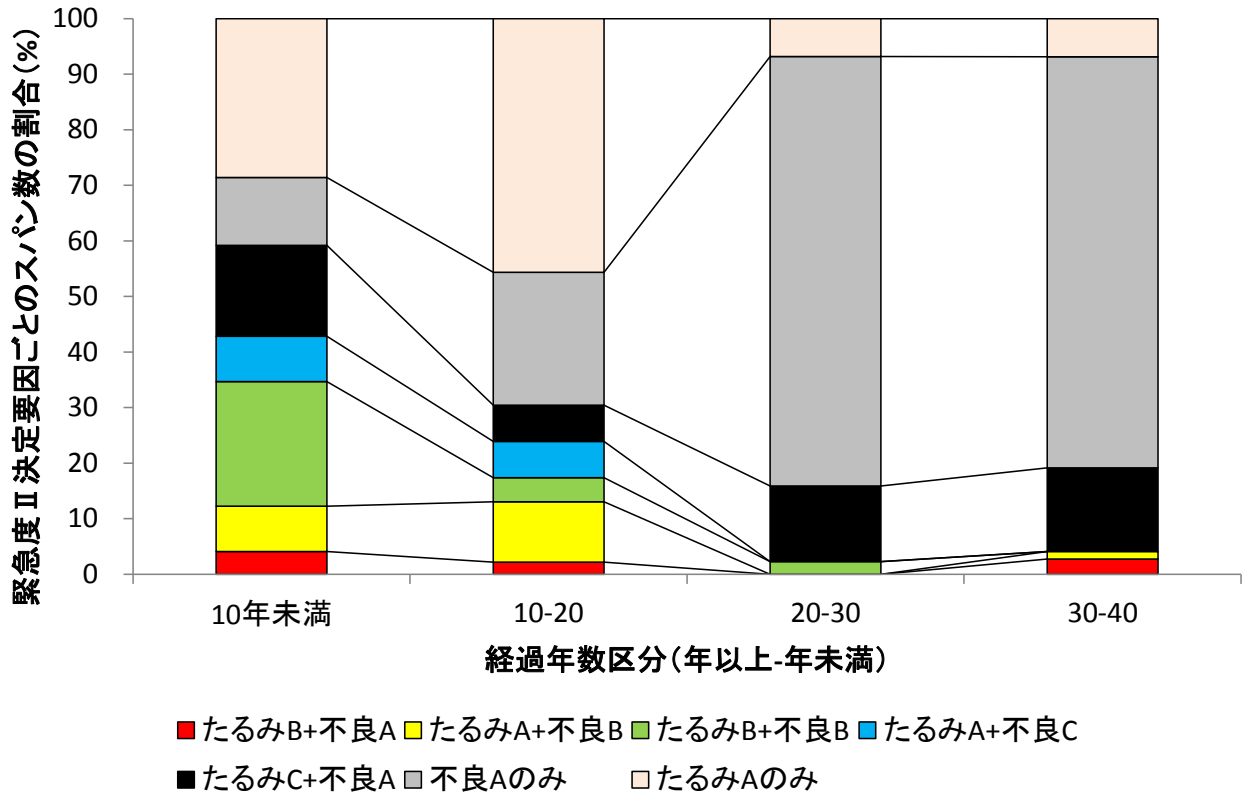


図 4-87 経過年数別緊急度Ⅱ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ A が決定要因である割合は経過年数 20 年未満と 20 年以上で大きく差がある。一方、不良発生率 A が決定要因である割合は、経過年数が大きい程大きい。これは、たるみ A は地盤等の埋設環境により発現するまでの時間が大きく異なることが考えられ、たるみ A が発現の有無は、地盤等の埋設環境により経過年数が小さい時期に発現するかまたは、発現しないかの 2 極化している可能性が示唆される。不良発生率 A に関しては、偏平の異常発生箇所数/km は経過年数が大きい程が大きいことが影響していると考えられる。偏平は活荷重や土圧により経年的に徐々に発現すると考えられる。

(2) 緊急度Ⅲ決定要因と各種管属性との関連性の把握

1) 管径別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

管径別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を集計した。なお、管径が 150mm 未満と 350mm 以上に関しては、スパン数が他と比較し小さいため、表 4-64 の集計から除外した。

表 4-63 管径別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

管径 (mm)	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
100	0	0	0	0	1	0	0	1
125	0	0	0	0	0	0	0	0
150	60	42	16	52	39	77	329	615
200	53	15	2	92	46	6	98	312
250	37	15	2	106	84	10	74	328
300	2	1	0	15	14	2	6	40
350	1	0	0	2	0	5	10	18
400	0	0	0	10	2	0	0	12
450	0	0	0	2	1	0	0	3
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

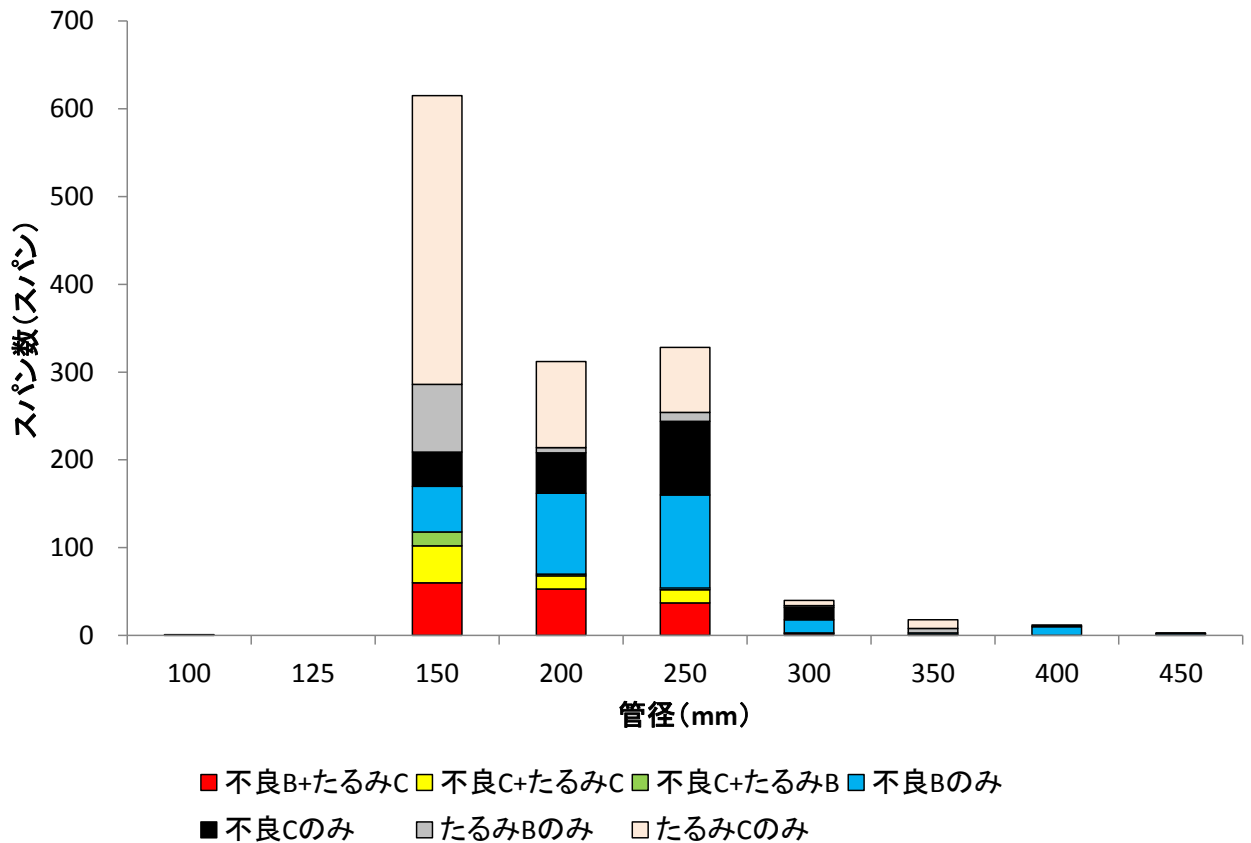


表 4-64 管径別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

管径 (mm)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因							総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
150	615	9.8	6.8	2.6	8.5	6.3	12.5	53.5	100.0
200	312	17.0	4.8	0.6	29.5	14.7	1.9	31.4	100.0
250	328	11.3	4.6	0.6	32.3	25.6	3.0	22.6	100.0
300	40	5.0	2.5	0.0	37.5	35.0	5.0	15.0	100.0
平均	324	10.8	4.7	1.0	26.9	20.4	5.6	30.6	100.0

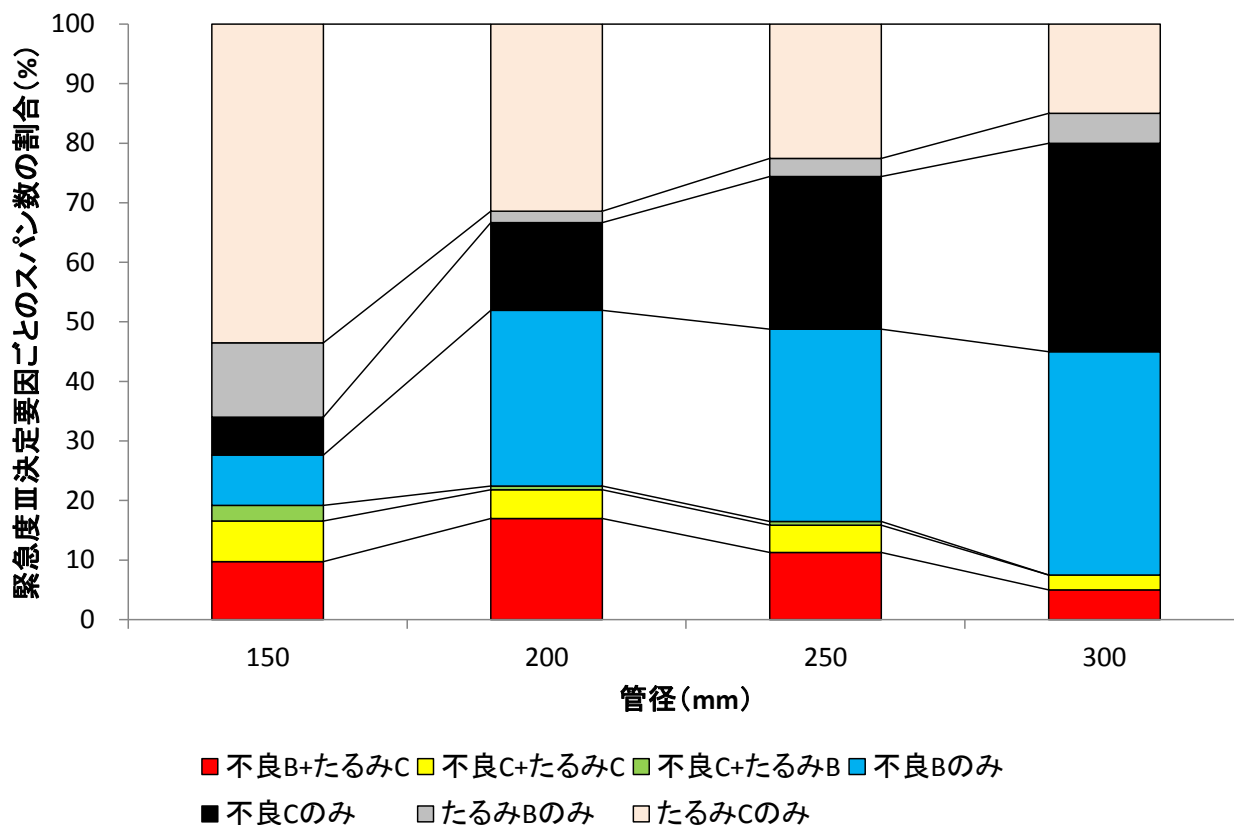


図 4-89 管径別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみBまたはCが決定要因である割合は管径が小さい程大きくなる。これは、管断面積が大きい方がたるみにくいことが影響していると考えられる。一方、不良発生率BまたはCが決定要因である割合は、管径が大きい程大きくなる。これは、偏平と管径の間係が影響していると考えられる（3章7節参照）。

たるみと不良発生率の割合は逆の傾向にあるため、管径と緊急度Ⅲの割合は、線形的な一様な関係が見られないと考えられる。

2) スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を集計した。

スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-65 と図 4-88 に示す。また、スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-66 と図 4-89 に示す。

表 4-65 スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

スパン長区分 (m以上-m未満)	緊急度Ⅲ決定要因						総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ		たるみCのみ
0-10	5	3	1	22	12	10	80
10-20	13	8	1	46	33	13	101
20-30	26	14	2	62	56	24	88
30-40	19	21	4	54	39	17	88
40-50	29	11	6	52	31	17	74
50-60	24	3	2	22	6	5	28
60以上	37	13	4	21	10	14	58
総計	153	73	20	279	187	100	517

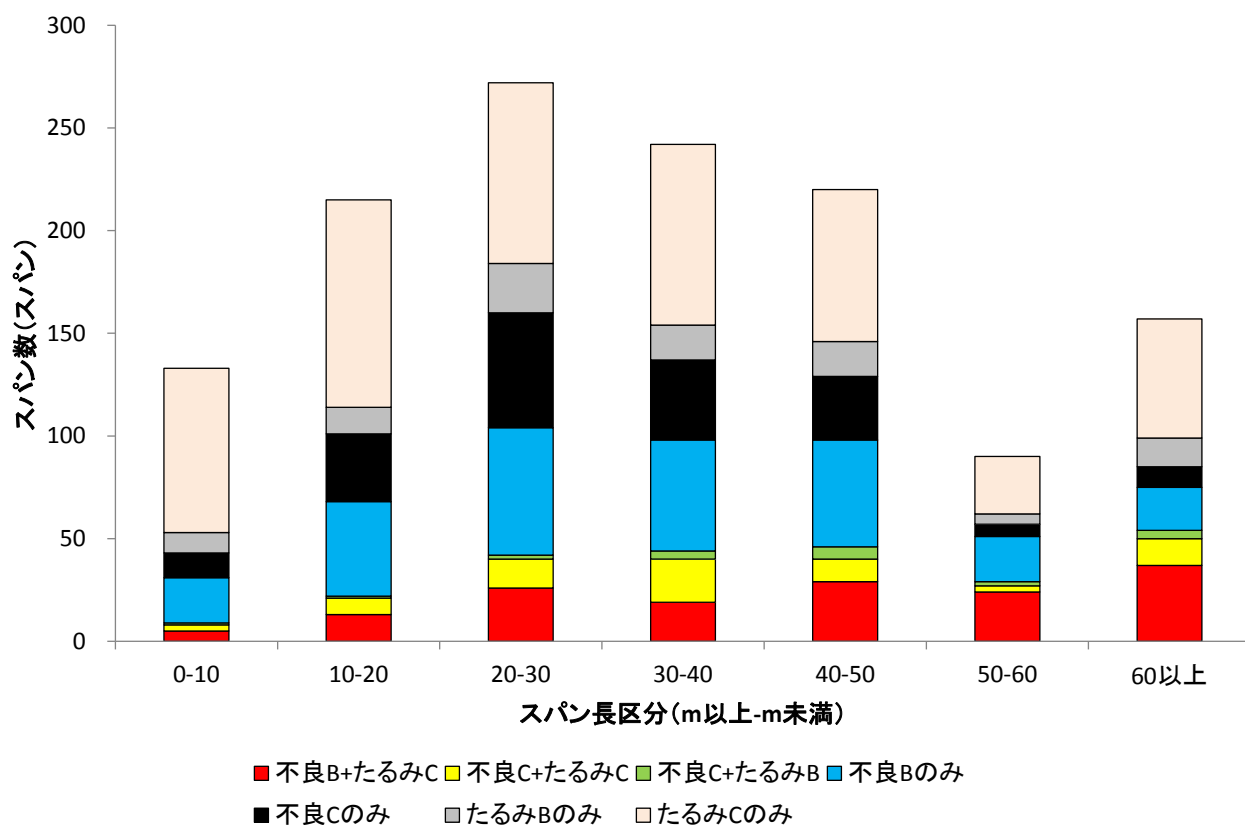


図 4-90 スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-66 スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

スパン長区分 (m以上-m未満)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因							総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
0-10	133	3.8	2.3	0.8	16.5	9.0	7.5	60.2	100.0
10-20	215	6.0	3.7	0.5	21.4	15.3	6.0	47.0	100.0
20-30	272	9.6	5.1	0.7	22.8	20.6	8.8	32.4	100.0
30-40	242	7.9	8.7	1.7	22.3	16.1	7.0	36.4	100.0
40-50	220	13.2	5.0	2.7	23.6	14.1	7.7	33.6	100.0
50-60	90	26.7	3.3	2.2	24.4	6.7	5.6	31.1	100.0
60以上	157	23.6	8.3	2.5	13.4	6.4	8.9	36.9	100.0
平均	190	12.9	5.2	1.6	20.6	12.6	7.4	39.6	100.0

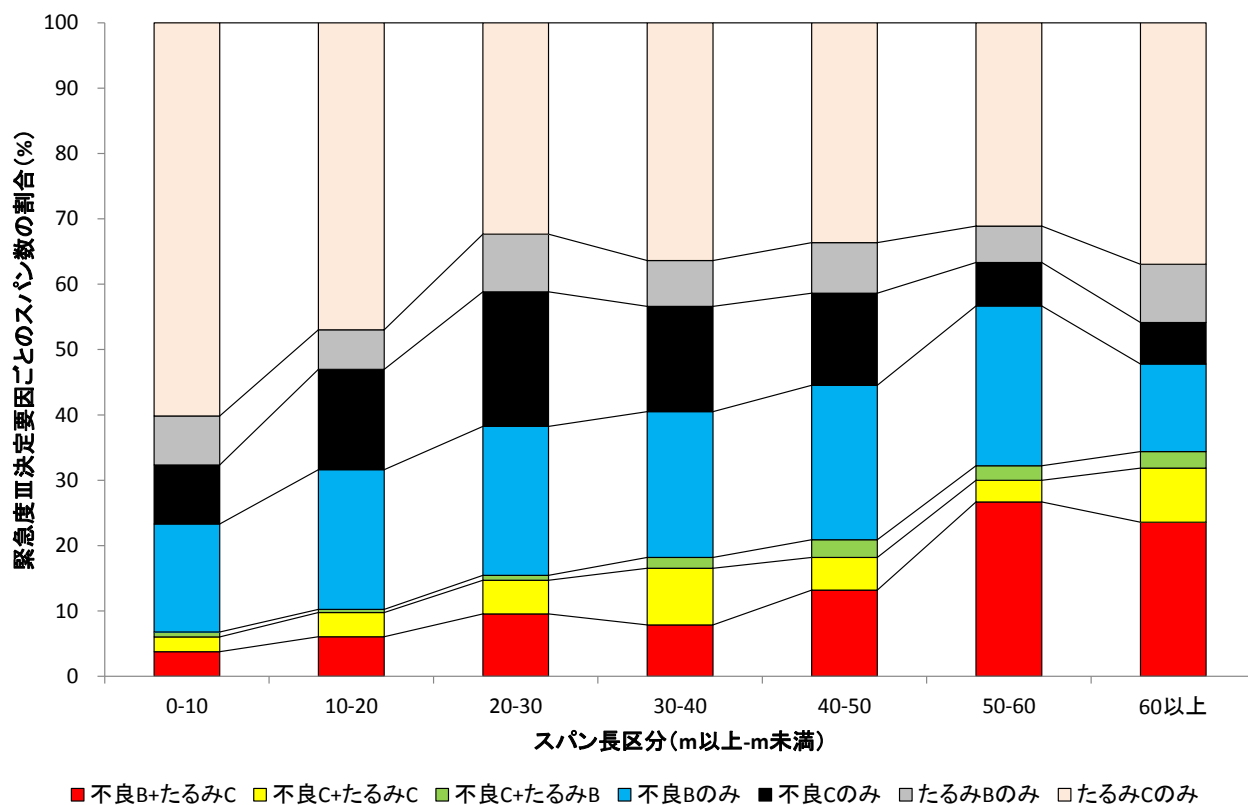


図 4-91 スパン長区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ B が決定要因である割合はスパン長に関わらずほぼ等しいが、たるみ C が決定要因である割合はスパン長が短いほうが大きい。緊急度Ⅱの場合は、たるみ A が決定要因である割合はスパン長が長いほうが大きく、上記と逆の傾向にあるが、これは、スパン延長が長いほど大きなたるみに発展し、スパン延長が短い場合は、小規模なたるみで収まることが言えると考えられる。

3) 管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を集計した。

管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-67 と図 4-92 に示す。また、管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-68 と図 4-93 に示す。

管本数が 25 本以上のスパン数は小さく、管本数別の分析を行うには標本数が小さいと考え、表 4-68 の集計から除外した。

表 4-67 管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

管本数 (本)	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
1	1	0	0	2	0	1	11	15
2	0	2	1	1	2	5	39	50
3	1	1	0	5	6	2	29	44
4	5	1	1	20	8	6	34	75
5	4	2	0	14	17	9	32	78
6	5	4	0	23	19	4	27	82
7	11	3	0	20	17	9	32	92
8	13	7	0	21	25	5	30	101
9	5	5	2	25	13	3	33	86
10	9	5	0	21	21	8	27	91
11	10	6	0	18	8	5	28	75
12	11	3	0	29	10	5	23	81
13	7	3	4	14	8	5	25	66
14	1	3	0	9	1	2	17	33
15	8	1	0	9	3	4	25	50
16	5	4	3	2	0	3	19	36
17	2	2	2	4	4	4	4	22
18	4	0	0	3	1	0	7	15
19	6	1	1	6	4	3	8	29
20	2	0	1	3	4	4	9	23
21	6	2	1	2	2	2	6	21
22	5	2	0	5	2	1	7	22
23	5	2	0	4	1	0	5	17
24	5	4	2	2	0	0	6	19
25	1	0	0	1	0	2	2	6
26	2	1	0	1	1	2	1	8
27	3	0	0	2	0	0	2	7
28	4	1	1	0	1	2	6	15
29	5	3	0	3	0	0	4	15
30	1	0	1	0	0	0	2	4
31	0	0	0	1	1	2	1	5
32	3	1	0	2	0	0	2	8
33	1	0	0	0	1	0	2	4
34	1	0	0	0	0	0	1	2
35	0	1	0	1	1	0	1	4
36	0	0	0	1	0	0	0	1
37	0	0	0	1	0	2	2	5
38	0	0	0	0	0	0	1	1
39	0	1	0	1	0	0	0	2
40	0	0	0	0	0	0	1	1
41	0	0	0	1	0	0	0	1
42	0	0	0	0	1	0	1	2
43	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0
45	1	1	0	0	0	0	1	3
46	0	0	0	1	1	0	0	2
47	0	1	0	0	1	0	0	2
48	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	1	1
50	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	1	0	0	1
53	0	0	0	1	0	0	0	1
54	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	2	0	0	2
58	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	1	1
61	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	2	2
63	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

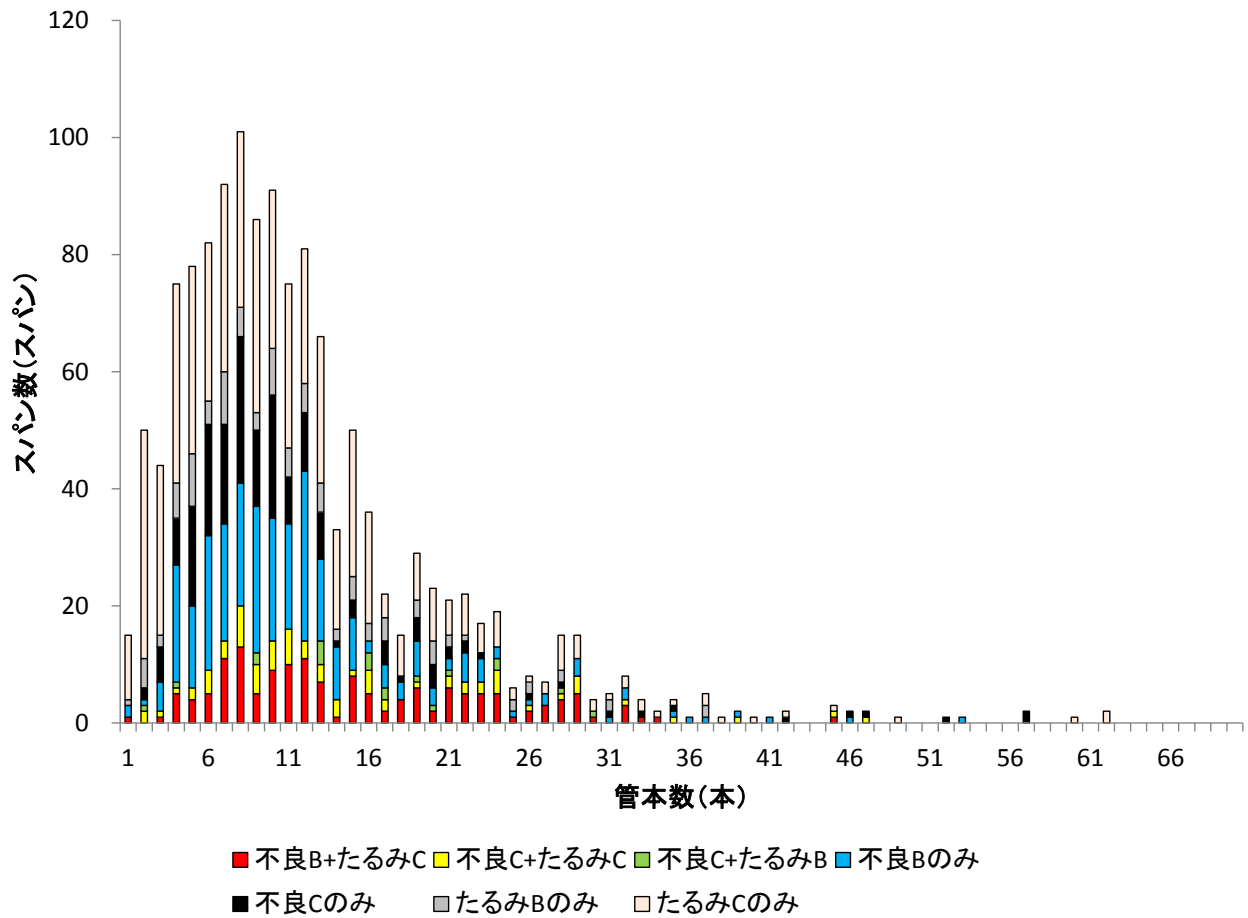


図 4-92 管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-68 管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

管本数 (本)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因								総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ		
1	15	6.7	0.0	0.0	13.3	0.0	6.7	73.3	100.0	
2	50	0.0	4.0	2.0	2.0	4.0	10.0	78.0	100.0	
3	44	2.3	2.3	0.0	11.4	13.6	4.5	65.9	100.0	
4	75	6.7	1.3	1.3	26.7	10.7	8.0	45.3	100.0	
5	78	5.1	2.6	0.0	17.9	21.8	11.5	41.0	100.0	
6	82	6.1	4.9	0.0	28.0	23.2	4.9	32.9	100.0	
7	92	12.0	3.3	0.0	21.7	18.5	9.8	34.8	100.0	
8	101	12.9	6.9	0.0	20.8	24.8	5.0	29.7	100.0	
9	86	5.8	5.8	2.3	29.1	15.1	3.5	38.4	100.0	
10	91	9.9	5.5	0.0	23.1	23.1	8.8	29.7	100.0	
11	75	13.3	8.0	0.0	24.0	10.7	6.7	37.3	100.0	
12	81	13.6	3.7	0.0	35.8	12.3	6.2	28.4	100.0	
13	66	10.6	4.5	6.1	21.2	12.1	7.6	37.9	100.0	
14	33	3.0	9.1	0.0	27.3	3.0	6.1	51.5	100.0	
15	50	16.0	2.0	0.0	18.0	6.0	8.0	50.0	100.0	
16	36	13.9	11.1	8.3	5.6	0.0	8.3	52.8	100.0	
17	22	9.1	9.1	9.1	18.2	18.2	18.2	18.2	100.0	
18	15	26.7	0.0	0.0	20.0	6.7	0.0	46.7	100.0	
19	29	20.7	3.4	3.4	20.7	13.8	10.3	27.6	100.0	
20	23	8.7	0.0	4.3	13.0	17.4	17.4	39.1	100.0	
21	21	28.6	9.5	4.8	9.5	9.5	9.5	28.6	100.0	
22	22	22.7	9.1	0.0	22.7	9.1	4.5	31.8	100.0	
23	17	29.4	11.8	0.0	23.5	5.9	0.0	29.4	100.0	
24	19	26.3	21.1	10.5	10.5	0.0	0.0	31.6	100.0	
平均	51	12.9	5.8	2.2	19.3	11.6	7.3	40.8	100.0	

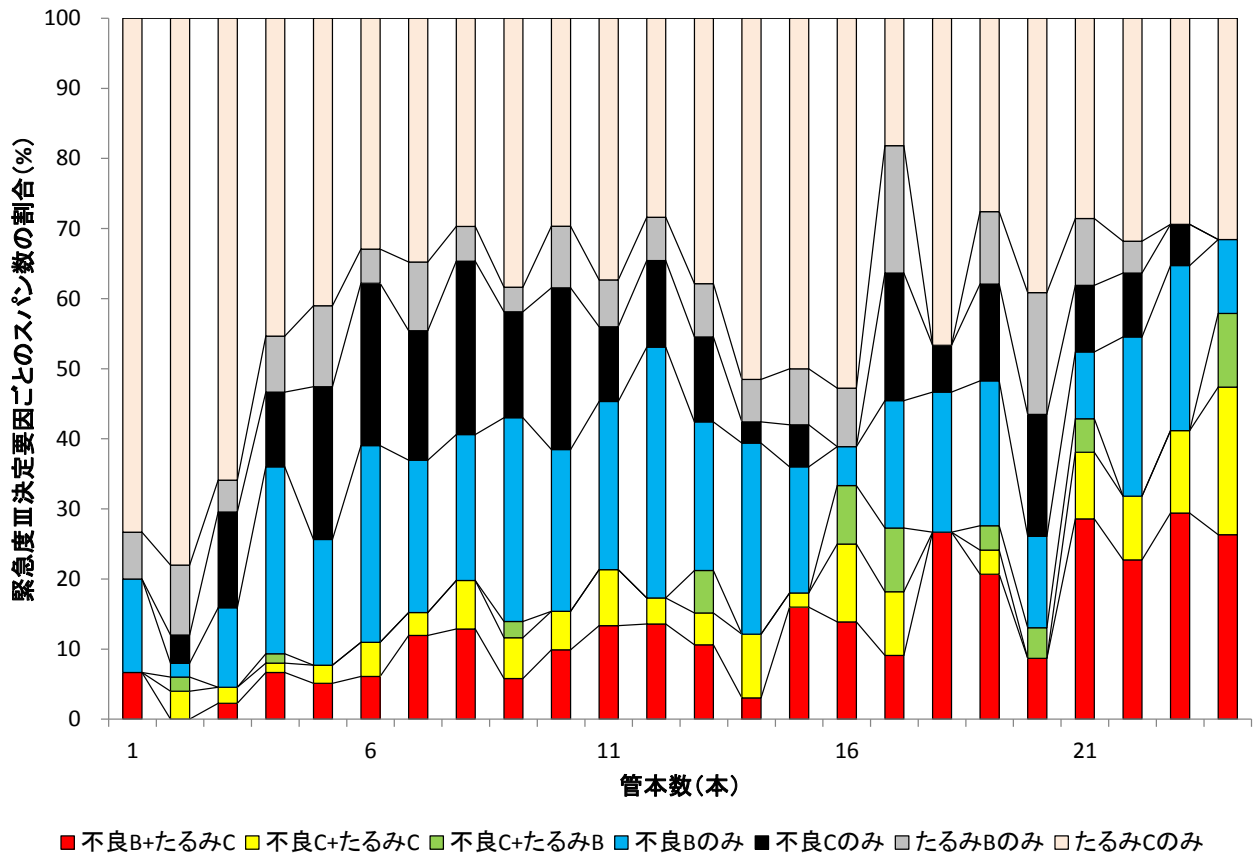


図 4-93 管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

管本数が多い程スパン長は大きくなるため、若干のばらつきはあるものの、スパン延長の場合の傾向と管本数と緊急度Ⅲ決定要因の間係は同様の傾向があると考えられる。

4) 取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-69 と図 4-94 に示す。また、取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-70 と図 4-95 に示す。

なお、取付管本数が9本以上のスパン数は小さく、取付管本数別の分析を行うには標本数が少ないと考え表 4-70 の集計から除外した。

表 4-69 取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

取付管本数 (本)	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
0	52	21	6	80	49	38	246	492
1	23	9	2	27	30	21	102	214
2	20	10	4	40	25	14	53	166
3	14	13	3	42	22	7	51	152
4	7	7	2	28	18	7	25	94
5	15	5	1	16	17	5	16	75
6	12	2	1	18	4	2	4	43
7	3	1	0	11	5	2	7	29
8	4	4	1	5	9	3	2	28
9	2	0	0	2	3	0	4	11
10	0	1	0	6	2	0	3	12
11	0	0	0	2	1	0	2	5
12	1	0	0	0	2	1	2	6
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	2	0	0	0	2
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

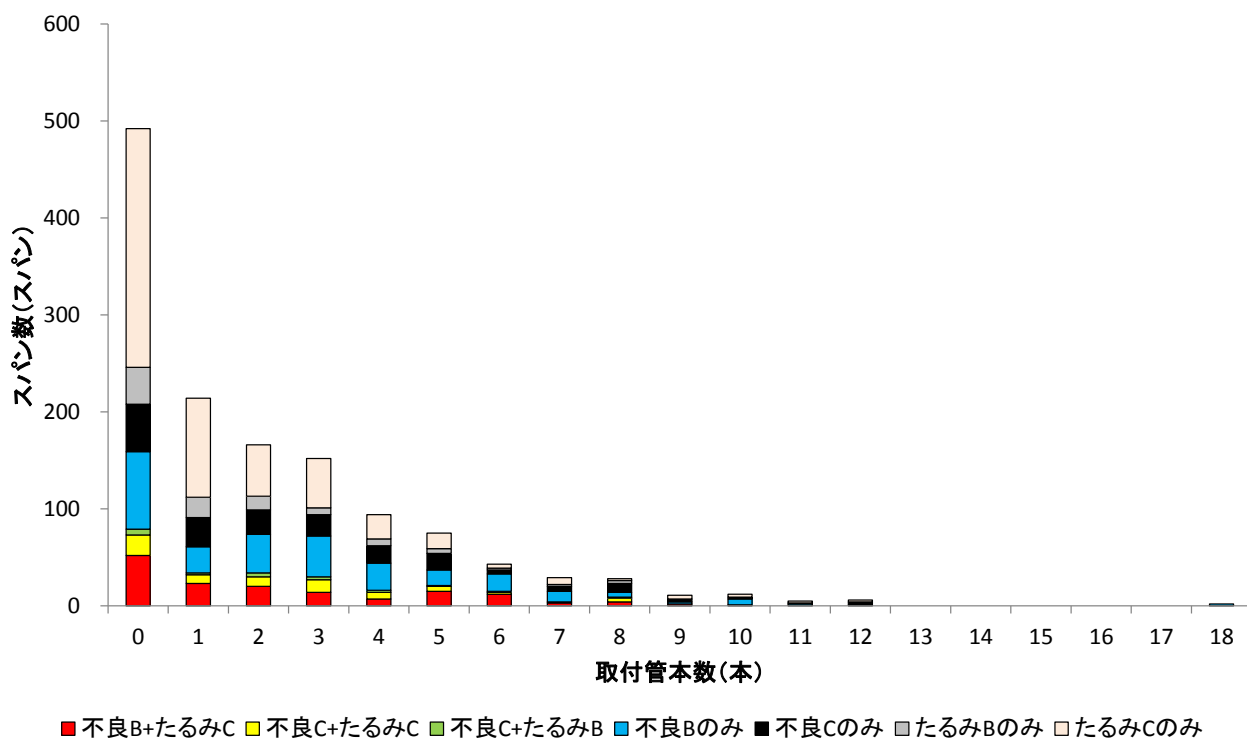


図 4-94 取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-70 取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

取付管本数 (本)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因							総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
0	492	10.6	4.3	1.2	16.3	10.0	7.7	50.0	100.0
1	214	10.7	4.2	0.9	12.6	14.0	9.8	47.7	100.0
2	166	12.0	6.0	2.4	24.1	15.1	8.4	31.9	100.0
3	152	9.2	8.6	2.0	27.6	14.5	4.6	33.6	100.0
4	94	7.4	7.4	2.1	29.8	19.1	7.4	26.6	100.0
5	75	20.0	6.7	1.3	21.3	22.7	6.7	21.3	100.0
6	43	27.9	4.7	2.3	41.9	9.3	4.7	9.3	100.0
7	29	10.3	3.4	0.0	37.9	17.2	6.9	24.1	100.0
8	28	14.3	14.3	3.6	17.9	32.1	10.7	7.1	100.0
平均	144	13.6	6.6	1.8	25.5	17.1	7.4	28.0	100.0

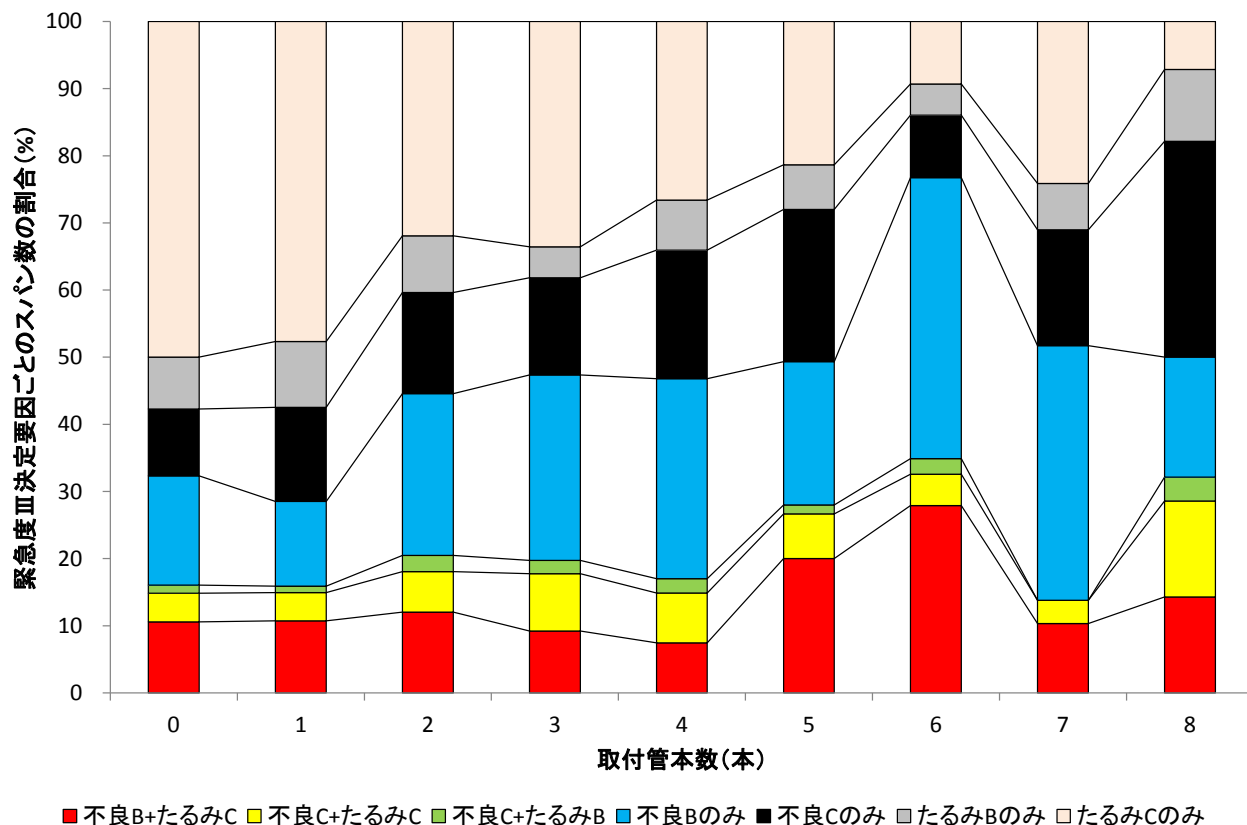


図 4-95 取付管本数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみBまたはCが決定要因である割合は、取付管本数が大きい程小さくなり、一方、不良発生率BまたはCが決定要因である割合が大きい。これは、取付管本数が大きい程、取り付け管の接合不良の割合も大きくなり、それに付随して浸入水や木根侵入の発生数が大きくなる（3章7節参照）ため、不良発生率BまたはCが決定要因である割合が取付管本数が大きい程大きくなると考えられる。

5) 土被り別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

土被り区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

土被り区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-71 と図 4-96 に示す。また、土被り区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-72 と図 4-97 に示す。なお、土被りが 4m 以上、または、不明のスパンは集計から除外する。

表 4-71 土被り別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

土被り区分 (m以上-m未満)	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
1m未満	3	1	0	16	10	1	5	36
1-2	83	44	9	122	98	49	321	726
2-3	26	16	6	44	20	32	112	256
3-4	8	3	1	11	3	12	35	73
4-5	2	2	3	6	3	2	7	25
5-6	0	2	0	3	3	0	2	10
7-8	0	1	1	1	0	0	0	3
不明	31	4	0	76	50	4	35	200
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

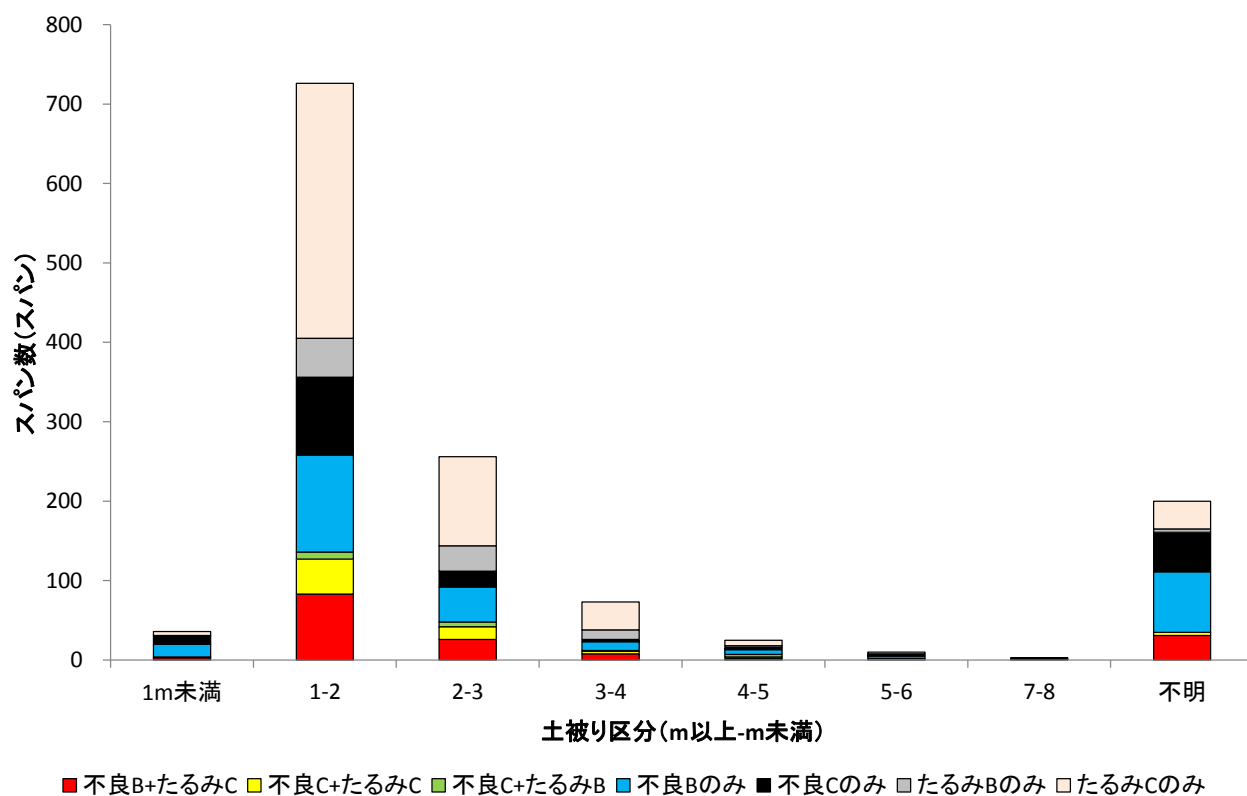


図 4-96 土被り別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-72 土被り別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

土被り区分 (m以上-m未満)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因							総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
1m未満	36	8.3	2.8	0.0	44.4	27.8	2.8	13.9	100.0
1-2	726	11.4	6.1	1.2	16.8	13.5	6.7	44.2	100.0
2-3	256	10.2	6.3	2.3	17.2	7.8	12.5	43.8	100.0
3-4	73	11.0	4.1	1.4	15.1	4.1	16.4	47.9	100.0
4m以上	38	5.3	13.2	10.5	26.3	15.8	5.3	23.7	100.0
平均	226	9.2	6.5	3.1	24.0	13.8	8.7	34.7	100.0

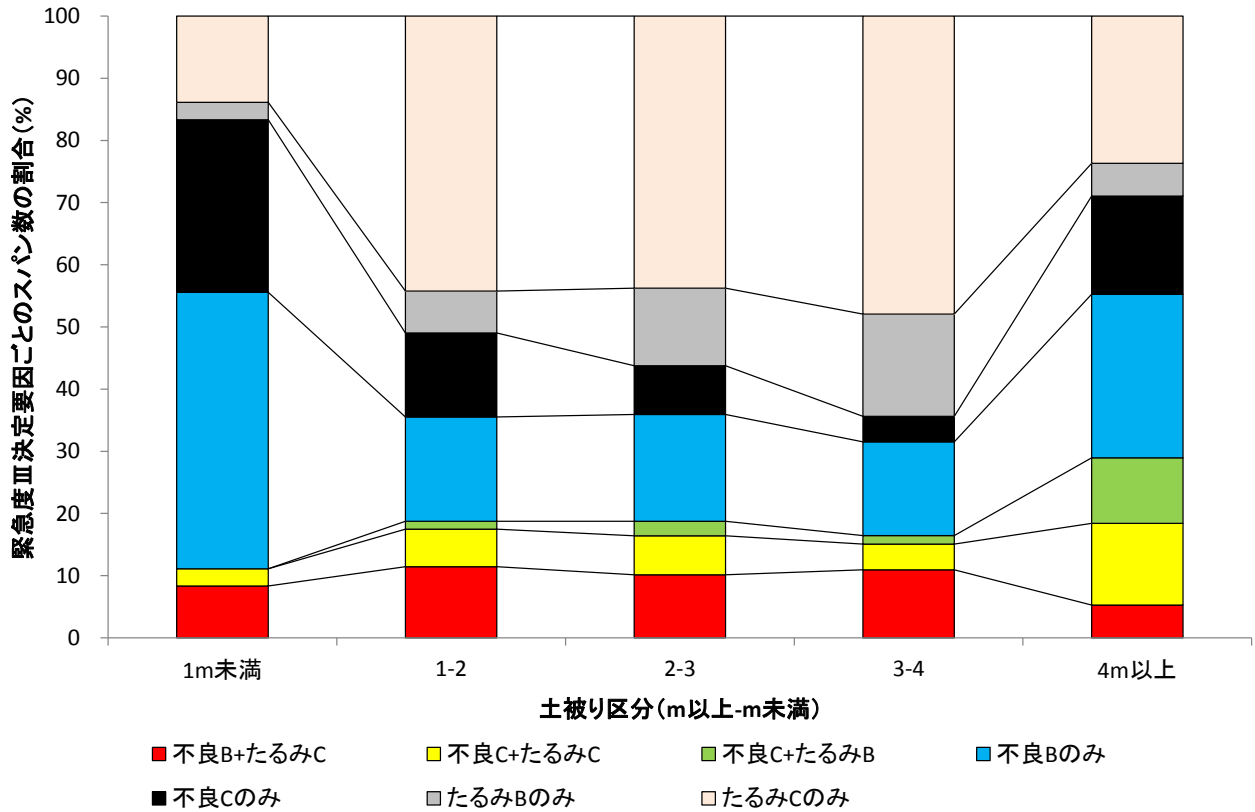


図 4-97 土被り別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ B または C が決定要因である割合は、たるみ A と同様に土被りが大きい程大きい。一方、不良発生率 B または C が決定要因である割合は、破損の異常発生箇所数/km の影響を受けて土被り 1m 未満で最も大きく、また偏平と浸入水の異常発生箇所数/km の影響を受けて土被りが 4m 以上で再び大きくなる (3 章 7 節参照)。土被り 4m 以上でたるみ B またはたるみ C が決定要因となる割合が小さくなるのは、土被りが大きい程たるみ A の発生する割合が大きくなるためと考えられる。

6) 道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-73 と図 4-98 に示す。また、道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-74 と図 4-99 に示す。

なお、道路区分が私道のスパン数は他と比較し小さいため、集計から除外した。また、不明についても集計から除外した。

表 4-73 道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

道路区分	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
市町村道	117	54	15	245	146	82	384	1043
都道府県道	4	1	2	11	14	6	26	64
国道	1	4	0	4	3	1	15	28
私道	1	1	0	1	0	1	1	5
不明	30	13	3	18	24	10	91	189
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

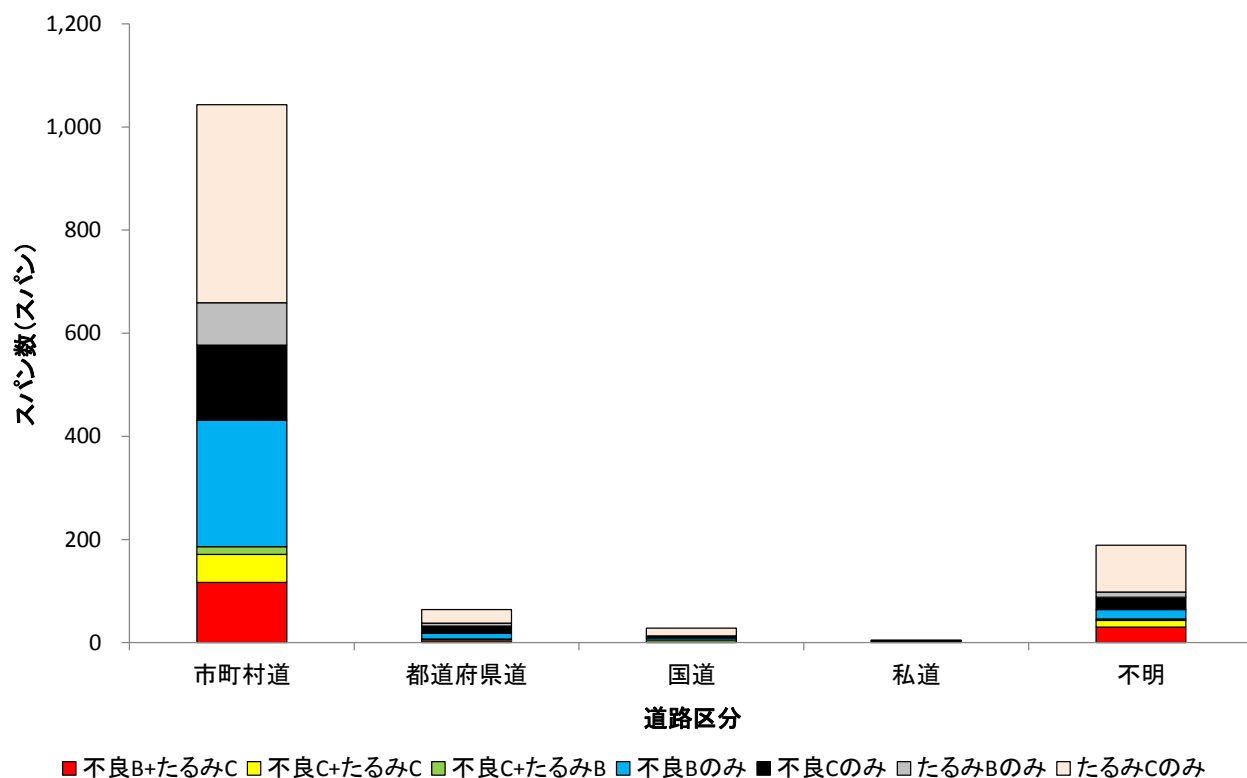


図 4-98 道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-74 道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

道路区分	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因								総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ		
市町村道	1043	11.2	5.2	1.4	23.5	14.0	7.9	36.8	100.0	
都道府県道	64	6.3	1.6	3.1	17.2	21.9	9.4	40.6	100.0	
国道	28	3.6	14.3	0.0	14.3	10.7	3.6	53.6	100.0	
平均	378	7.0	7.0	1.5	18.3	15.5	6.9	43.7	100.0	

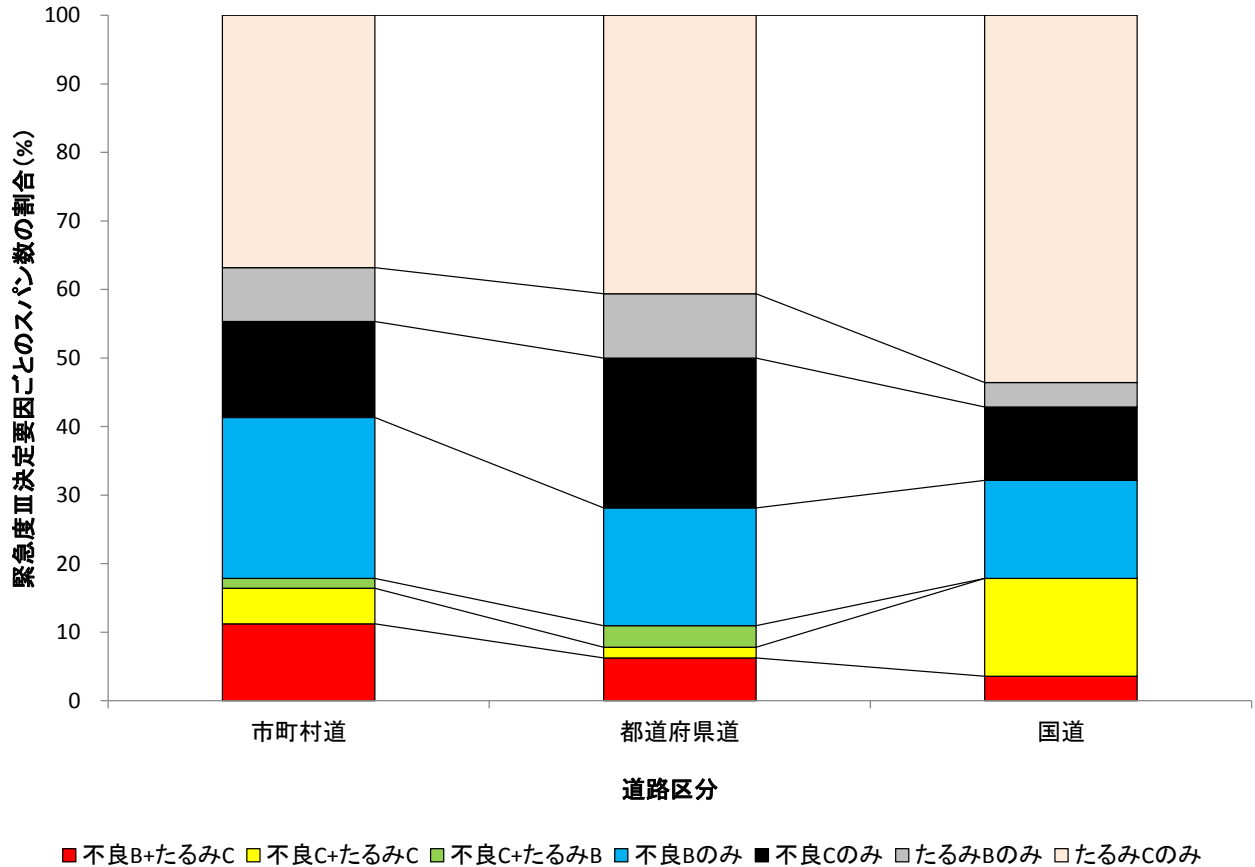


図 4-99 道路区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみBまたCが決定要因である割合は国道、都道府県道、市町村道の順に大きい。一方、不良発生率BまたはCが決定要因である割合は、市町村道、都道府県道、国道の順に大きい。ただし、前節4.6.3(6)で述べた通り、これらの傾向については、道路区分がに国道および都道府県道のスパン数が少ないため適切に傾向を把握しているとは言い難い。

7) 歩車道区別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

歩車道区別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

表 4-75 と図 4-100 は歩車道区別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を示し、また、表 4-76 と図 4-101 は歩車道区別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を示す。なお、歩車道区分が市有地のスパン数は他と比較し小さいため、集計から除外した。また、不明についても集計から除外した。

表 4-75 歩車道区別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

歩車道区分	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
車道	95	26	10	197	110	48	230	716
歩道	3	3	0	18	11	2	16	53
市有地	0	0	0	0	0	1	1	2
不明	55	44	10	64	66	49	270	558
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

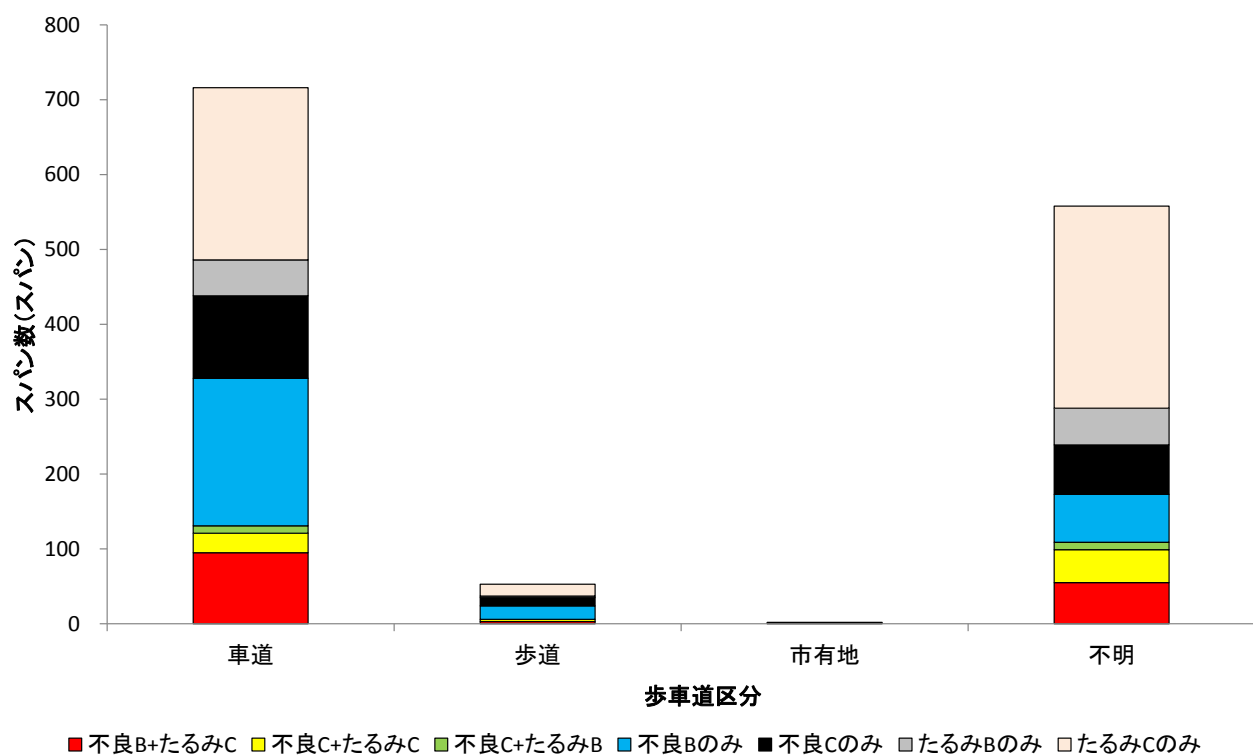


図 4-100 歩車道区別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-76 歩車道区別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

歩車道区分	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因							総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
車道	716	13.3	3.6	1.4	27.5	15.4	6.7	32.1	100.0
歩道	53	5.7	5.7	0.0	34.0	20.8	3.8	30.2	100.0
平均	385	9.5	4.6	0.7	30.7	18.1	5.2	31.2	100.0

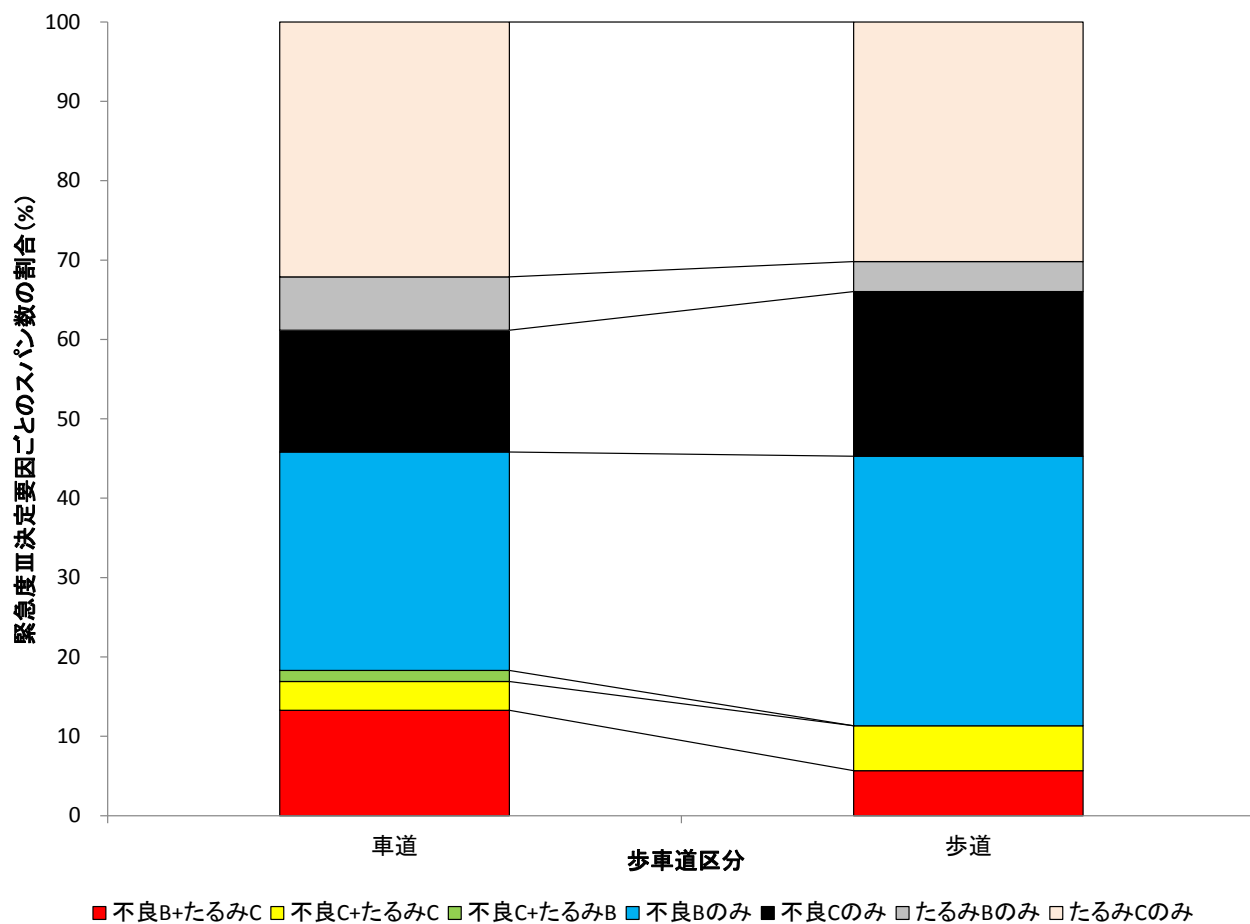


図 4-101 歩車道区別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ B または C が決定要因である割合は車道の方が大きい。一方、不良発生率 B または C が決定要因である割合は、歩道の方が大きい。

ただし、歩車道区分が歩道のスパン数が小さいため適切に傾向を把握しているとは言い難い。

8) 施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-77 と図 4-102 に示す。また、施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-78 と図 4-103 に示す。

なお、施工方法が不明なスパンについては、土被りが3m以下のものを開削工法と想定し、3m以上のものを推進工法と想定して集計を行った。施工方法が「その他」または「不明」、かつ土被りが「不明」だった197スパンについては、表 4-79 の集計から除外した。

表 4-77 施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

施工方法	緊急度Ⅲ決定要因						総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ		たるみCのみ
開削	34	22	9	33	21	66	220
開削想定	82	38	7	152	109	27	239
推進	0	3	0	0	1	0	5
推進想定	8	6	4	19	8	2	17
その他	0	0	0	0	0	1	1
不明	29	4	0	75	48	4	35
総計	153	73	20	279	187	100	517

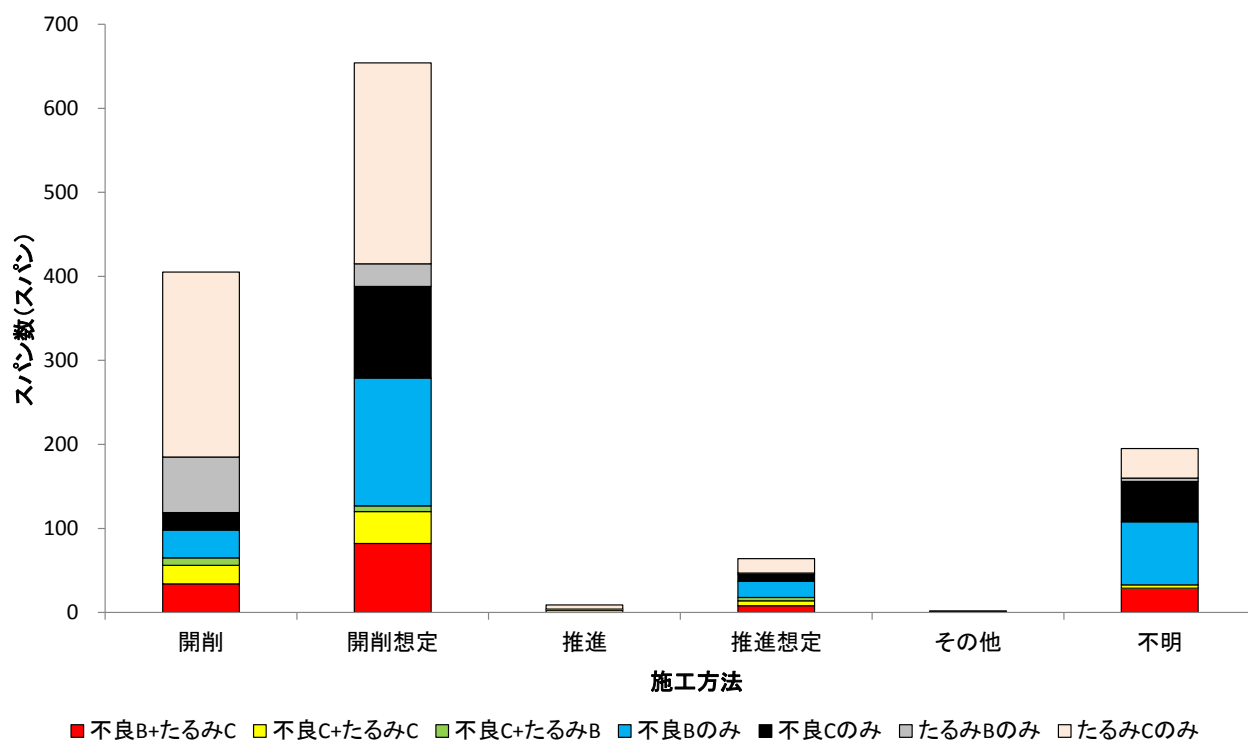


図 4-102 施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-78 施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

施工方法	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因							総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
開削(想定含む)	1059	11.0	5.7	1.5	17.5	12.3	8.8	43.3	100.0
推進(想定含む)	73	11.0	12.3	5.5	26.0	12.3	2.7	30.1	100.0
平均	566	11.0	9.0	3.5	21.7	12.3	5.8	36.7	100.0

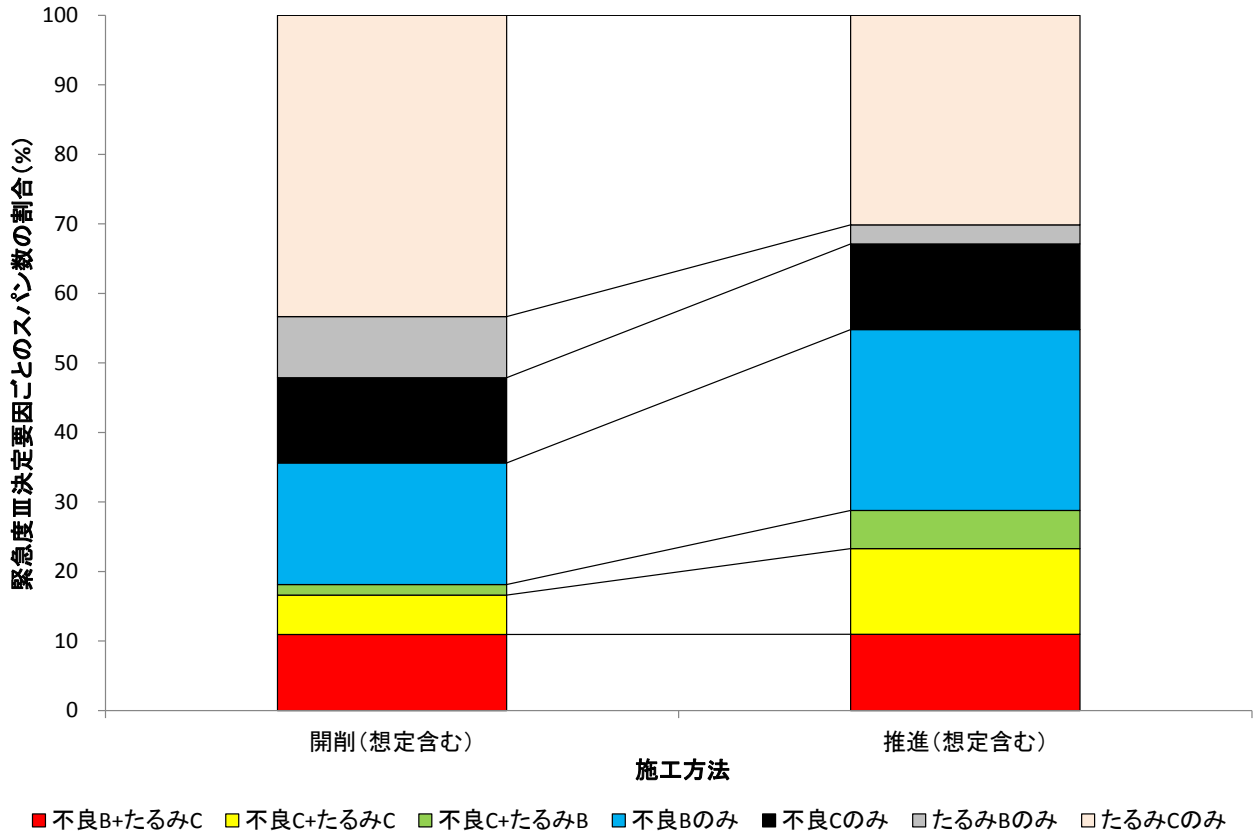


図 4-103 施工方法別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみBまたはCが決定要因である割合は開削の方が大きい。一方、不良発生率BまたはCが決定要因である割合は、開削の方が大きい。ただし、施工方法が推進のスパン数が少ないため適切に傾向を把握しているとは言い難い。

9) 排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-79 と図 4-104 に示す。また、排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-80 と図 4-105 に示す。なお、排除区分が分流雨水であるスパン数は他と比較し小さいため表 4-80 の集計から除外した。また、排除区分が不明なスパンも表 4-80 の集計から除外した。

表 4-79 排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

排除区分	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
分流汚水	147	71	20	244	165	100	513	1260
分流雨水	1	0	0	2	2	0	0	5
合流	4	2	0	32	17	0	3	58
不明	1	0	0	1	3	0	1	6
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

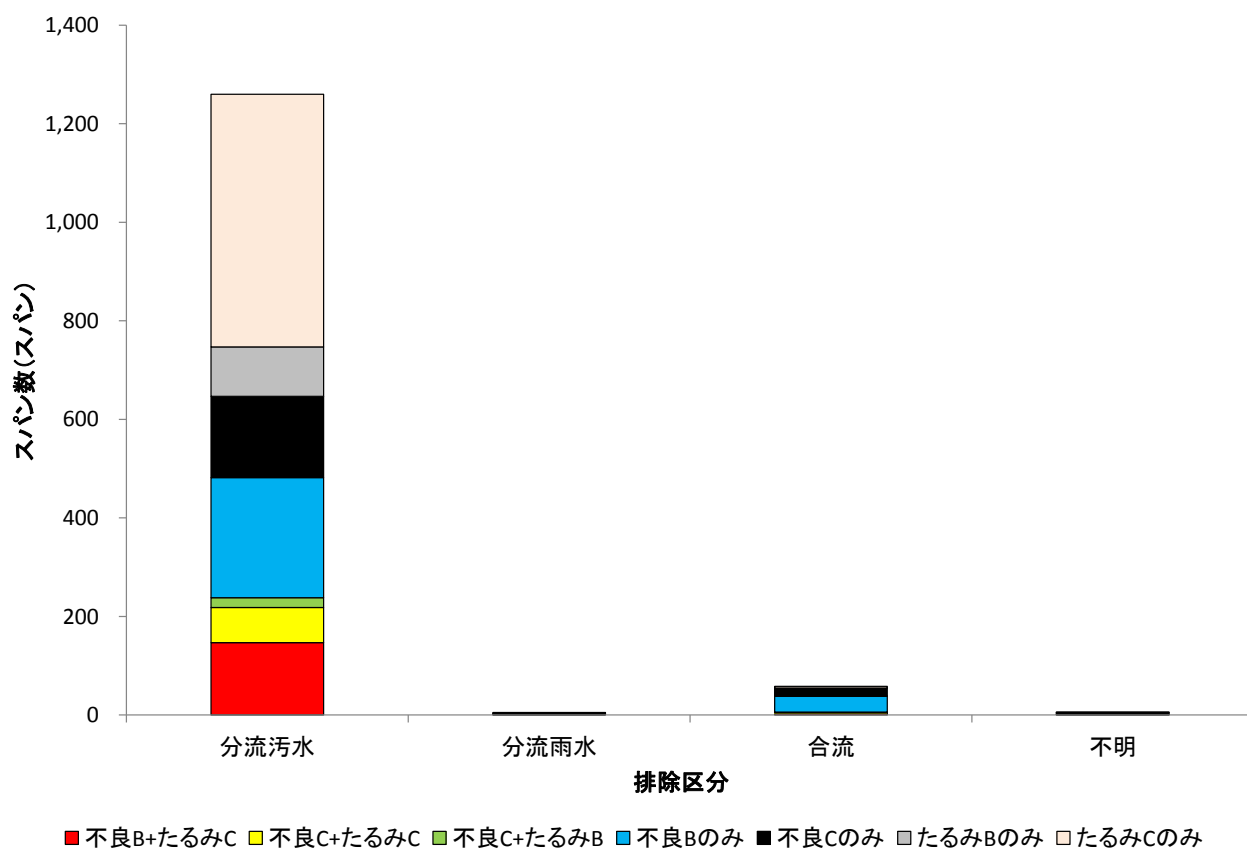


図 4-104 排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-80 排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

排除区分	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因						総計 (%)	
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ		たるみCのみ
分流汚水	1260	11.7	5.6	1.6	19.4	13.1	7.9	40.7	100.0
合流	58	6.9	3.4	0.0	55.2	29.3	0.0	5.2	100.0
平均	659	9.3	4.5	0.8	37.3	21.2	4.0	22.9	100.0

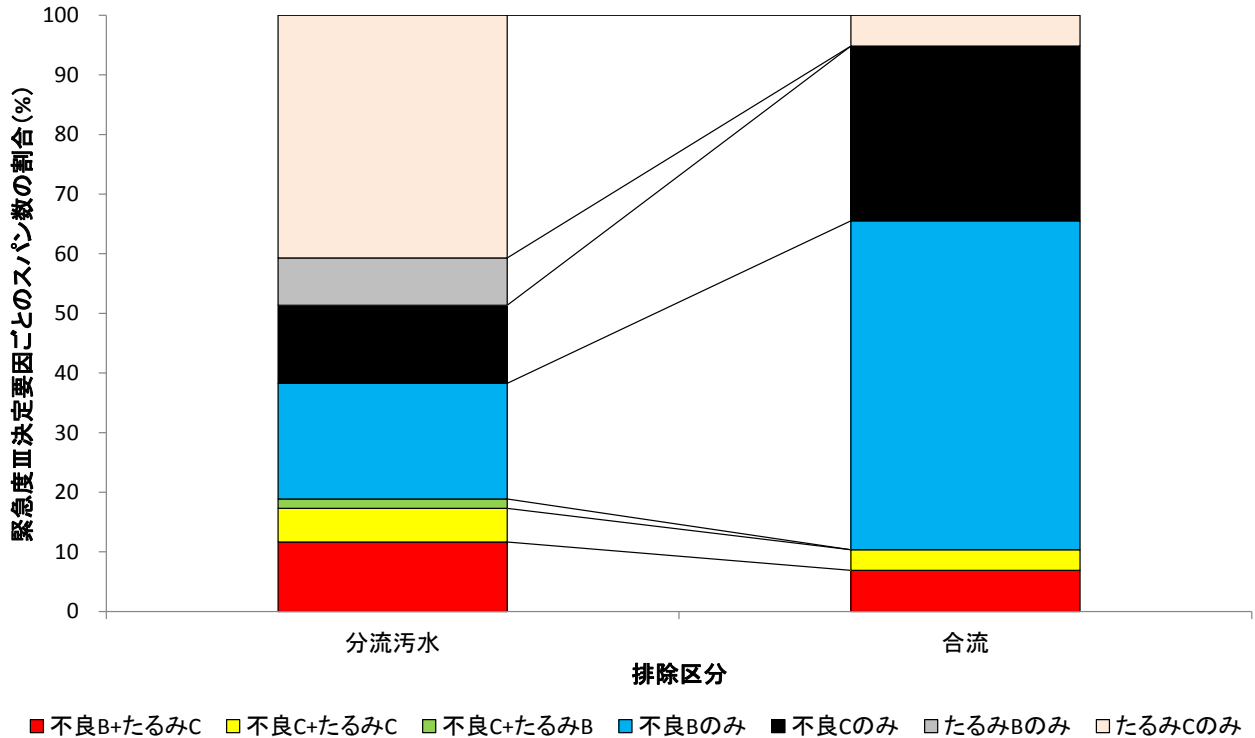


図 4-105 排除区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

たるみ B または C が決定要因である割合は分流汚水の方が大きい。一方、不良発生率 B または C が決定要因である割合は、合流の方が大きい。分流汚水は経過年数が短く、合流は経過年数が長い管渠が多いことが関係していると考えられる。そのため、経過年数とたるみ B または C、経過年数と不良発生率 B または C の割合の関係とともに次項 10) で言及することとする。

10) 経過年数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の整理

経過年数区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数および割合を集計した。

経過年数区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数を表 4-81 と図 4-106 に示す。また、経過年数区分別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合を表 4-82 と図 4-107 に示す。

なお、管渠を調査後に布設替えしたスパンと経過年数区分が不明なスパンは表 4-82 の集計から除外した。また、経過年数区分が 40 年以上のスパンはスパン数が他と比較し少ないため、表 4-82 の集計から除外した。

表 4-81 経過年数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

経過年数区分 (年以上-年未満)	緊急度Ⅲ決定要因							総計
	不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
10年未満	78	46	16	63	51	72	356	682
10-20	36	10	4	70	35	12	78	245
20-30	14	2	0	72	52	6	23	169
30-40	23	15	0	67	43	8	55	211
40-50	0	0	0	1	1	0	2	4
50-60	1	0	0	1	1	0	0	3
60年以上	0	0	0	0	1	0	0	1
調査後布設替	0	0	0	0	0	0	0	0
不明	1	0	0	5	3	2	3	14
総計	153	73	20	279	187	100	517	1329

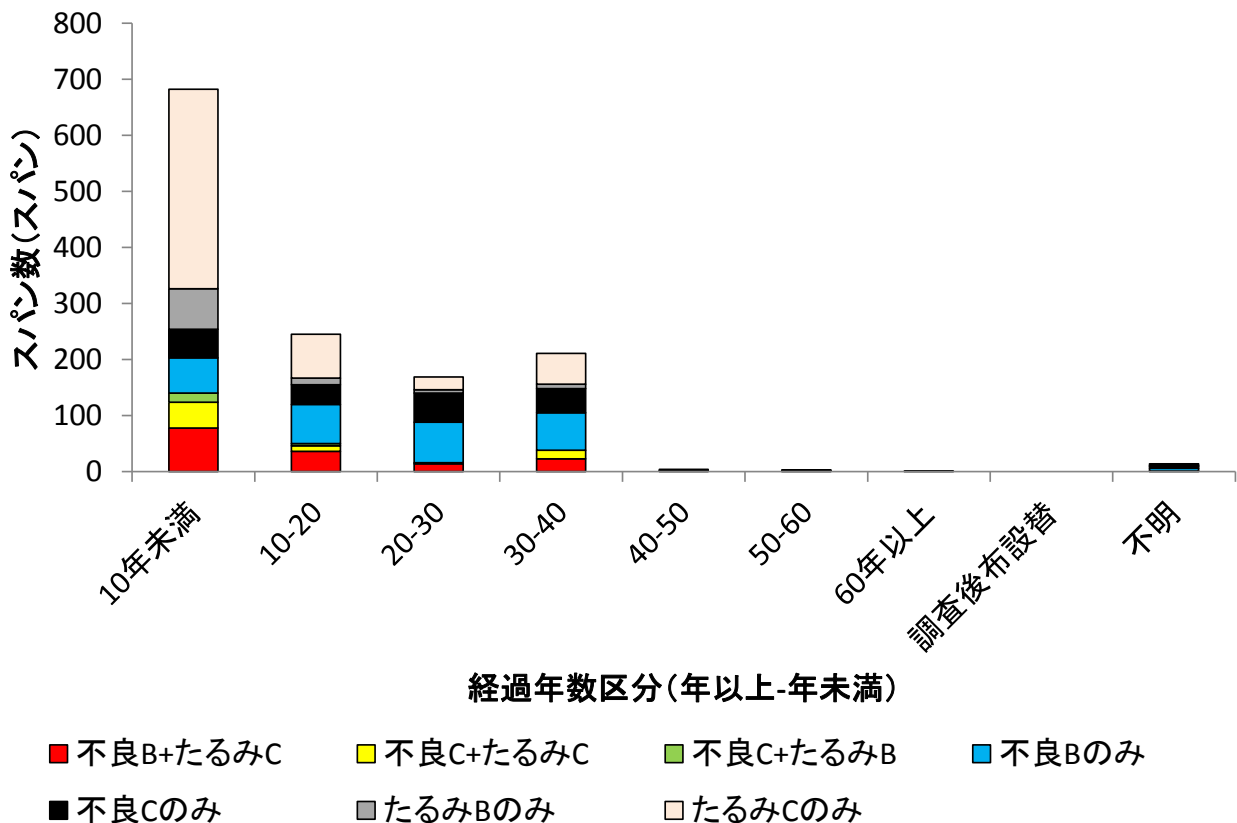


図 4-106 経過年数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数

表 4-82 経過年数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

経過年数区分 (年以上-年未満)	スパン数 (スパン)	緊急度Ⅲ決定要因							総計 (%)
		不良B+たるみC	不良C+たるみC	不良C+たるみB	不良Bのみ	不良Cのみ	たるみBのみ	たるみCのみ	
10年未満	682	11.4	6.7	2.3	9.2	7.5	1.1	52.2	100.0
10-20	245	14.7	4.1	1.6	28.6	14.3	4.9	31.8	100.0
20-30	169	8.3	1.2	0.0	42.6	30.8	3.6	13.6	100.0
30-40	211	10.9	7.1	0.0	31.8	20.4	3.8	26.1	100.0
平均	327	11.3	4.8	1.0	28.0	18.2	5.7	30.9	100.0

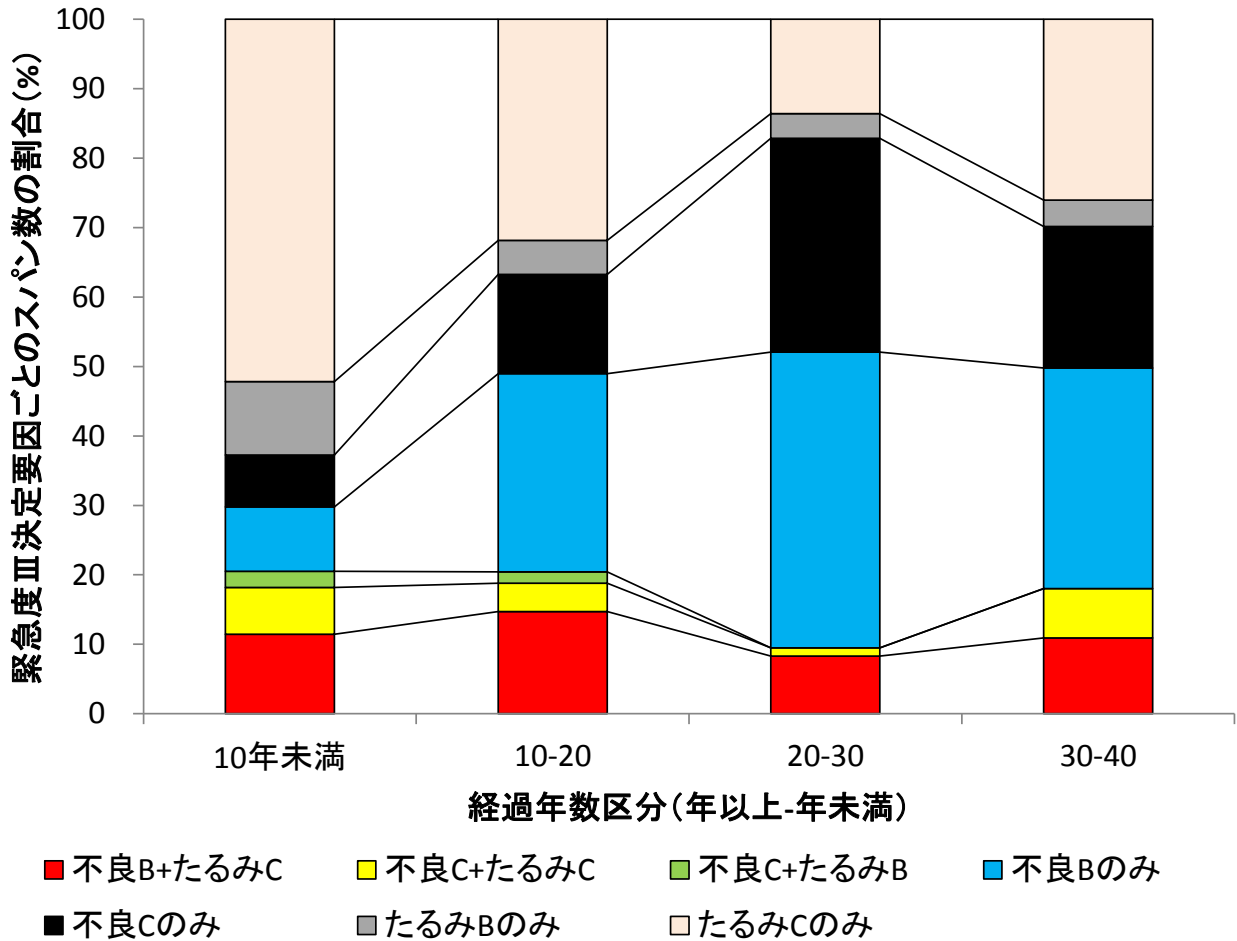


図 4-107 経過年数別緊急度Ⅲ決定要因ごとのスパン数の割合

緊急度ⅢのうちたるみBまたはCが決定要因である割合は経過年数10年未満が最も大きく、一方、緊急度Ⅲのうち不良発生率BまたはCが決定要因である割合は、たるみBまたはCとは逆の傾向を示す。前節4.6.3(10)で示した通り、緊急度Ⅲの割合は、10年未満が最も大きく、次いで30年以上40年未満が大きいのは(図4-67)、たるみBまたはCについても地盤等の埋設環境により経過年数が小さい時期に発現する場合と、または、経年的変化により徐々に発現する場合を示していると考えられる。

4.7. まとめ

1) 塩化ビニル管の緊急度診断基準の提案

- ・塩化ビニル管の緊急度診断基準（案）は、「下水道維持管理指針前編 前編－2003年版－」の緊急度診断基準に対して、破損と偏平が併発する場合に管に与える影響が大きいことを考慮し、「破損 a ランクかつ偏平 b ランク以上」が複合的に生じた場合、スパン全体の評価ランクを A とする基準を設けた。

2) 緊急度と異常項目ランクの関係

- ・緊急度Ⅱに寄与している異常項目ランクは、上位から偏平 b、破損 a、浸入水 b である。
- ・緊急度Ⅲに寄与している異常項目ランクは、上位から浸入水 c、偏平 b、浸入水 b である。

3) 緊急度Ⅱの決定要因と管種属性の関係

- ・緊急度Ⅱ決定要因は、不良発生率 A が最も大きく、緊急度Ⅱのうち約 64% である。一方たるみ A は約 29% である。
- ・緊急度Ⅱ決定要因と管種属性の関係は、偏平 b や破損 a と管種属性との関係の影響を大きく受けている。緊急度Ⅱ決定要因と土被りの関係は一様な線形的な傾向は見られない。これは、偏平 b と破損 a の異常発生箇所数/km と土被りの関係は逆の傾向にあるためと考えられる。
- ・その他の管属性と偏平 b と破損 a の異常発生箇所数/km との関係はほぼ同じ傾向にあるため、緊急度Ⅱ決定要因とその他の管属性の関係は一様な線形的な傾向にある。

4) 緊急度Ⅲの決定要因と管種属性の関係

- ・緊急度Ⅲ決定要因は、不良発生率 B または C が緊急度Ⅲのうち約 54% であり、一方たるみ B または C は約 64% であり、不良発生率とたるみはほぼ同等の緊急度Ⅲ決定要因である。
- ・緊急度Ⅲ決定要因と管種属性の関係は、たるみ B または C と不良発生率 B または C と管種属性との関係が複合的に影響している。管径と緊急度Ⅲとの関係、経過年数と緊急度Ⅲとの関係は一様な線形的な傾向が見られない。これは、たるみ B または C と不良発生率 B または C が管種属性に対して逆の傾向を示すこと、また、地盤等の埋設環境や初期不良等による経過年数の小さい時点での異常の発生等、本検討に用いるデータには考慮されていない、管種属性の影響を受けている可能性がある。
- ・緊急度決定要因と管種属性に関する指標として、本検討に用いたデータ量では道路区分、歩車道区分、施工法区分、排除区分に関する標本数が少ないため、これらの属性と緊急度決定要因との関係性を適切に把握することができないと考えられる。

5. おわりに

5.1. まとめ

本研究では、現在わが国の下水道整備において使用されている主流の管材である硬質塩化ビニル管について、経年劣化のメカニズムや異常発生のメカニズムの研究および、管内 TV カメラ調査における視覚判定基準、緊急度診断基準の策定を行った。

視覚判定基準は、可とう性管特有の構造的異常である偏平・変形、剛性管と異なる管体材料となる破損（軸方向クラック）、クラック（円周方向クラック）ならびに、構造の異なる継手ズレについて判定基準を検討した。

偏平・変形については、軸方向クラック、円周方向クラックを加工した供試体にて偏平試験を行った結果、軸方向クラックを加工した Case では、クラックを加工していない Case に比べ耐荷力が減少し、Case によってはたわみ率 15%以上で破壊した。なお、円周方向クラックを加工した Case では、耐荷性に影響はほとんど見られなかった。また、二次元非線形静的解析（CAE 解析）の結果、軸方向クラック幅は 1mm 未満のクラックでも、破断歪みに至る可能性があるという結果であった。

以上のことを踏まえ、「下水道維持管理指針 前編－2003 年版－」の視覚判定基準に追記、修正を行い、塩化ビニル管の視覚判定基準（案）を作成した（表 5-1）。

表 5-1 塩化ビニル管の視覚判定基準（案）

スパン全体	ランク		A	B	C
	項目	適用			
	上下方向のたるみ	管きよ内径 700mm未満	内径以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満
管1本ごとに評価	ランク		a	b	c
	項目				
	管の破損及び軸方向クラック		亀甲状に割れている 軸方向のクラック	—	—
	管の円周方向クラック		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
	管の継手ズレ		脱 却	接合長さの1/2以上	接合長さの1/2未満
	偏平		たわみ率15%以上の偏平	たわみ率5%以上の偏平	—
	変形* (内面に突出し)		本管内径の1/10以上内面に突出し	本管内径の1/10未満内面に突出し	—
	浸 入 水		噴き出ている	流れている	にじんでいる
	取付け管の突出し		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未満
	油脂の付着		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
	樹木根侵入		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
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	

※材料の白化を伴う変形は、aランクとする。

次に、緊急度判定基準は、偏平試験より軸方向クラックが管体の歪みに大きく影響することが考えられたため、偏平試験にて計測した歪みデータを用いて、統計的手法により歪みに対して影響力の高い構造以上を判別し、その場合の歪み値を予測することで降伏または破断に達する構造的異常の組み合わせを検討した。

検討の結果、周方向、斜方向に比べ軸方向のクラックが歪みへ与える影響が最も大きいことがわかり、軸方向クラックが発生している場合は、たわみ率 9%以上で材料に発生するひずみがピーク歪みの 4%以上となり材料の降伏等が生じる可能性がある結果となった。

以上の結果を踏まえ、「偏平 b ランク以上+軸方向クラック a ランク以上」の場合には、不良発生率によるスパン全体の評価ランクを A とすることを追記し、緊急度診断基準（案）を提案した（図 5-1）。

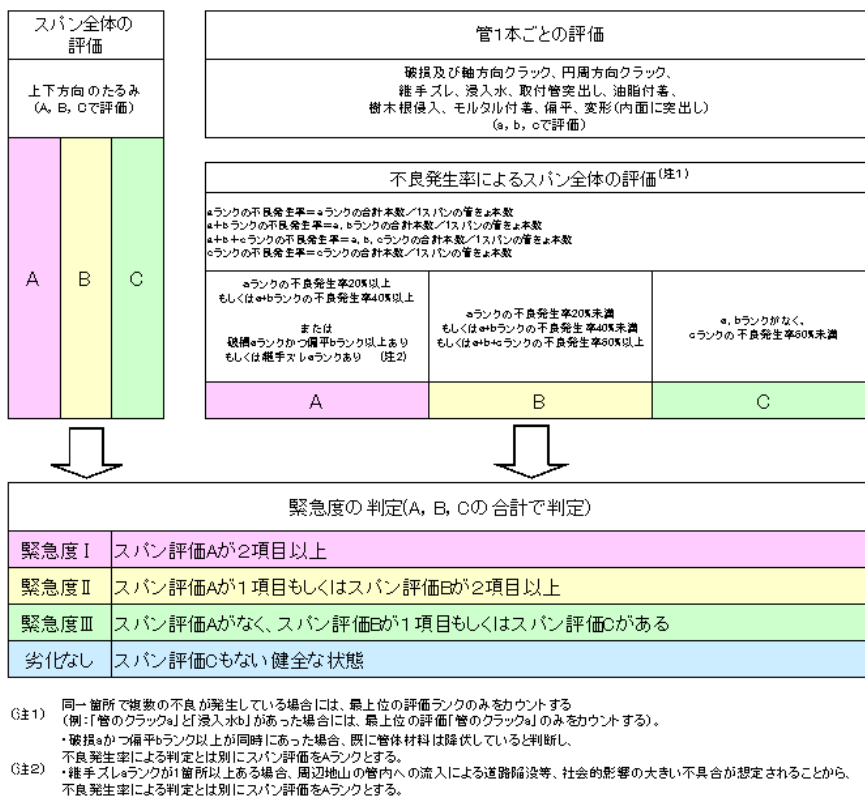


図 5-1 緊急度診断基準 (案)

5.2. 今後の課題

今回、「塩化ビニル管の視覚判定基準 (案)」および「塩化ビニル管の緊急度診断基準 (案)」を提案した。

また、下水道管渠の効率的な維持管理計画および改築計画を実施する際には、前述の基準に基づいて判定された緊急度を基に、健全率予測式を活用することが有効である。

現在、公表されている健全率予測式は、健全率予測式を作成するために使用した管渠劣化診断データが鉄筋コンクリート管や陶管に代表される剛性管であり、これらの健全率曲線となっている。

本研究において、可とう性管である塩化ビニル管独自の劣化傾向が見られることがわかった。

そのため、今後の課題として塩化ビニル管の健全率予測式を作成する必要がある。

.....

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

No.878 December 2015

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

.....

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675