

ISSN 1346-7328

国総研資料第668号

平成24年2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.668

February 2012

下水道管路施設に起因する道路陥没の現状

(2006－2009年度)

横田敏宏・深谷 渉・宮本豊尚

The present situation of the road cave in sinkholes caused
by sewer systems (FY2006~FY2009)

Toshihiro YOKOTA, Wataru FUKATANI, Toyohisa MIYAMOTO

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

下水道管路施設に起因する道路陥没の現状 (2006—2009 年度)

横田 敏宏^{*}
深谷 渉^{**}
宮本 豊尚^{***}

The present situation of the road cave in sinkholes caused by sewer systems (FY2006~FY2009)

Toshihiro YOKOTA^{*}
Wataru FUKATANI^{**}
Toyohisa MIYAMOTO^{***}

概要

下水道管きよに起因する道路陥没は全国で年間 4 千件程度発生しており、管きよの老朽化問題が顕在化している。

国総研では、2006 年度より下水道事業を実施する全自治体を対象とし、毎年発生する下水道管きよに起因する道路陥没件数を調査している。

本報告は、国総研が実施した 4 年間の調査結果について、道路陥没の特徴や傾向を整理したものである。

キーワード：下水道管きよ、道路陥没、老朽化

Synopsis

In Japan, about 4,000 road cave in sinkholes are caused occur by sewer systems every year. We have investigated the number of incidents and causes of cave in sinkholes since 2006. This report summarizes the investigation in terms of characteristic and tendency for 4 years.

Key Words : Sewers, Road cave in sinkhole, Superannuation

- * 下水道研究部下水道研究室長
- ** 下水道研究部下水道研究室 主任研究官
- *** 下水道研究部下水道研究室 研究官

〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地

電話：029-864-3343 Fax：029-864-2817 E-mail：gesuidou@nilim.go.jp

下水道管路施設に起因する道路陥没の現状 (2006－2009年度)

目 次

1. 要旨	1
2. 全国道路陥没実態調査	1
2.1 調査の概要	2
2.2 アンケートの内容	2
3. 道路陥没傾向分析	10
3.1 項目別陥没件数単純集計	10
3.1.1 年度別集計	10
3.1.2 陥没発生月別集計	11
3.1.3 道路種類別集計	12
3.1.4 歩車道区分別集計	13
3.1.5 経過年数別集計	14
3.1.6 土被り区分別集計	15
3.1.7 原因施設または陥没位置別集計	16
3.1.8 原因管種別集計	17
3.1.9 原因管径別集計	18
3.1.10 緊急点検調査対象別集計	19
3.1.11 陥没レベル別集計	20
3.1.12 陥没規模(陥没幅×陥没深さ)別集計	22
3.1.13 陥没の主たる原因別集計	24
3.1.14 陥没の主たる原因(直接的原因)別集計	25
3.1.15 陥没の主たる原因(間接的原因)別集計	26
3.1.16 人身事故有無別集計	27
3.1.17 物損事故有無別集計	28
3.1.18 復旧工事費別集計	29
3.1.19 流下機能確保有無別集計	30
3.1.20 通行止め状況別集計	31
3.2 管路延長当陥没件数集計	32
3.2.1 管路延長当陥没件数	32
3.2.2 経過年数別管路延長当陥没件数	33
3.2.3 管種別管路延長当陥没件数	39

3.2.4	本管管種別布設年度別管路延長当陥没件数	44
3.2.5	原因施設別経過年数別管路延長当陥没件数	56
3.2.6	陥没原因と経過年数別管路延長当陥没件数	60
3.3	都市別道路陥没件数	61
3.3.1	都道府県別道路陥没件数	61
3.3.2	都市規模別道路陥没件数	62
3.4	道路陥没規模の要因分析	63
3.4.1	要因分析の方法	63
3.4.2	分析結果	64
3.4.3	目的変数と説明変数のクロス集計	66
3.5	道路陥没件数と降水量・平均気温の相関分析	69
3.5.1	北海道ブロック A 市	69
3.5.2	東北ブロック B 市	70
3.5.3	関東中部ブロック C 市	71
3.5.4	近畿中国ブロック D 市	72
3.5.5	四国九州沖縄ブロック E 市	73
3.5.6	考察	73
3.6	個別都市における道路陥没の特徴	74
3.6.1	東北ブロック A 市	74
3.6.2	東北ブロック B 市	74
3.6.3	関東ブロック C 市	75
4.	下水道管路施設に起因する道路陥没のメカニズム	76
5.	まとめ	88
5.1	道路陥没の傾向	88
5.2	今後の課題	89
6.	おわりに	90

1. 要旨

平成 21 年度末現在、我が国の下水道普及率は 70%を超えるまで整備が進み、道路等に埋設されている下水道管きよの総延長は、地球 10 周分に相当する約 42 万kmに達している。

我が国の近代的な下水道施設は、東京都や横浜市、大阪市などの大都市が明治時代に着手したのが始まりで、布設後 50 年を経過した管きよは約 1 万km、30 年を経過した管きよは 8 万km存在する。一方、道路下に埋設されるというその特質上、異常の発見や補修が困難であるという問題を抱えており、管きよの年間点検調査率は総延長の約 1%と低調な数字になっており、埋められた後の状態が把握されていないのが現状である。

このような状況下、下水道管きよが原因の道路陥没が毎年約 4 千件発生し、市民の安全安心を脅かす社会問題としてクローズアップされている。国総研では、平成 18 年度より、下水道事業を実施する全自治体を対象とし、毎年発生する下水道管きよに起因する道路陥没件数を調査（全国道路陥没実態調査）している。

本報告書は、平成 18～21 年度に発生した道路陥没のデータ（計 1.7 万件）について、その発生傾向を分析した結果を示すものである。

下水道管路施設に起因する道路陥没の傾向（概要）

(1) 下水道が原因の道路陥没は、年間 4000 件程度発生している。(図－3.1 参照)

過去 4 年 (H18-H21) の下水道が原因と考えられる道路陥没は、全国で約 4000 件/年発生しており、横這いもしくは若干の減少傾向にある。

(2) 管きよ延長当たりの陥没件数は、約 1.0 件数/100 km/年である。(図－3.24 参照)

道路陥没件数を管きよ延長当たりに換算すると、約 1.0 件数/100 km/年となる。

(3) 道路陥没発生時期は、夏季及びその前後に集中する傾向にある。(図－3.2 参照)

夏季は、舗装路面の温度上昇に伴いアスファルトが軟化し、舗装が沈下陥没しやすくなるため道路陥没が誘発される。

(4) 管きよの経過年数が長いほど陥没件数は増加する傾向にある。(図－3.34 参照)

管きよの経過年数が 30 年を超えると、道路陥没の割合が顕著に増加する。

(5) 原因施設では、取付管の陥没件数が多い傾向にある。(図－3.7 参照)

下水道管路施設（本管、取付管、桝、人孔等）の内、最も陥没件数の多いのは取付管であり、全体の半分を占める。

(6) 管種では、陶管の陥没が多い傾向にある。(図－3.45 参照)

管きよ 100 km 当たり陥没件数は、陶管がもっと高く約 0.9 件数/100 km/年、次いでコンクリート管 0.4 件数/100 km/年である。

(7) 陥没の規模は総じて小さい。(3.1.12 参照)

道路上の平面的な陥没の大きさ（陥没幅）は、全体（不明を除く）の約 8 割が直径 50 cm 未満の小さな陥没である。また、深さでは、全体（不明を除く）の約 5 割が深さ 20 cm 未満（50 cm 未満は 9 割）の浅い陥没であり、総じて小さな陥没が多いである。

なお、物損事故を伴う陥没は 4 カ年で 79 件（全陥没件数の 1% 未満）であるが、発生している陥没の多くは自動車のタイヤ外径以下の大きさであるため、事故に発展する例が少ないものと推測される。

2. 全国道路陥没実態調査

2.1 調査の概要

本調査は、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実施したもので、下水道事業を実施中または実施済みの全国すべての都道府県、政令指定都市、市町村及び組合を対象として、アンケート形式にて実施した。

本報告書で取り扱うデータは、平成 19 年度（調査初年度）～平成 22 年度に実施した調査データであり、平成 18 年度～平成 21 年度に発生した道路陥没を対象としている。

2.2 アンケートの内容

アンケートの記入要領及び様式は、毎年度、少しずつ改良されている。ここでは、平成 22 年度に実施したアンケートの内容について示す。

なお、自治体に依頼・配布したアンケート記入要領及びアンケート記入様式は、【参考資料 1】を参照のこと。

(1) アンケート項目

アンケートは自治体毎に実施し、道路陥没 1 件毎に以下の項目を記入する形式としている。各項目の記入（選択）上の定義は以下の通りである。

1) 発見月日

- 当該道路陥没を発見した「月日」を記入する。
- 不明の場合は、「不明」とする。

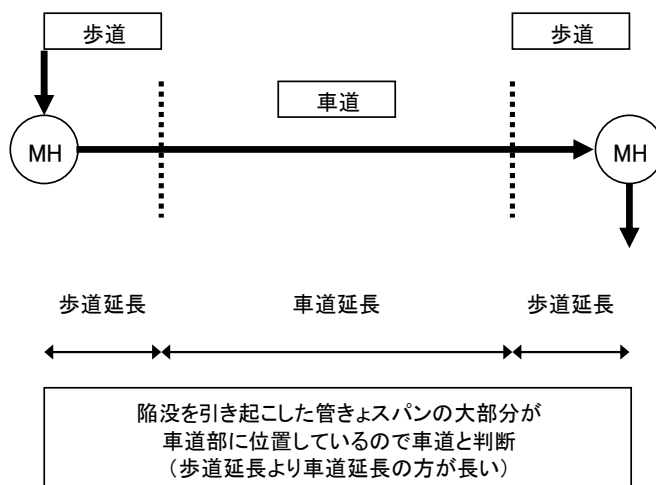
2) 道路種類

- 陥没を引き起こした管きょ（スパン）が埋設されている道路の種類を選択する。
- 選択肢は、「市町村道」「都道府県道」「直轄国道」「一般国道」「私有地」「不明」。
- 複数の道路に跨る場合は、埋設されている割合の高い方の道路種別を選択する。
- 不明の場合は、「不明」を選択する。

3) 歩車道区分

- 陥没を引き起こした管きょ（スパン）が埋設されている道路の歩車道区分を選択する。
- 選択肢は、「歩道」「車道」「その他」「不明」。
- 両者に跨る場合は、埋設されている割合の高い方の区分を選択する（図-2.1 に示す例-1、例-2 参照）。
- 不明の場合は、「不明」を選択する。

<例-1：車道とする場合>



<例-2：歩道とする場合>

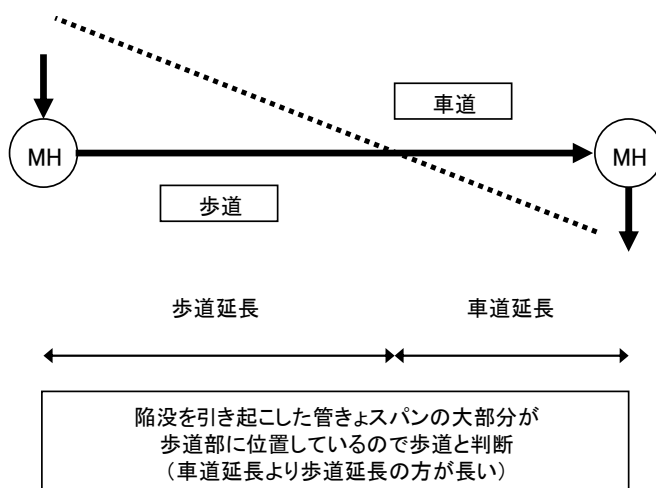


図-2.1 歩車道区分について

4) 布設年度

- 陥没を引き起こした管きよの布設年度について西暦で記入する。
- 西暦は半角数値で入力する。
- 当該管きよが取付管で布設年度が不明な場合は本管と同様として記入する。
- 本管の布設年度が不明の場合は、半角英字で「fumei」と記入する。

5) 土被り

- 陥没を引き起こしたの土被り (m) を半角数値で記入する。
- 不明の場合は、半角英字で「fumei」と記入する。

6) 原因施設または陥没の位置

- 道路陥没の原因となった施設または陥没の位置を選択する (表-2.1)。

表－2.1 原因施設または陥没位置による本管・取付管関連種別

原因施設または陥没位置	種別
本管(圧送管関係を除く)	本管関連
取付管	取付管関連
人孔	本管関連
柵	取付管関連
本管と人孔の接続部	本管関連
本管と取付管の接続部	本管関連
取付管と人孔の接続部	取付管関連
取付管と柵の接続部	取付管関連
圧送管下流の本管	本管関連
圧送管下流の人孔	本管関連
圧送管本体	本管関連
不明	不明

7) 陥没発生した施設状況

- 陥没が発生した施設の状況を、「施工中」「経過中」「不明」から選択する。

8) 管種

- 管種は表－2.2 より選択し、「その他」は施設を構成する主な材質を記入する。
- 原因施設または陥没の位置を「本管」、「人孔」、「本管と人孔の接続部」、「圧送管下流の本管」、「圧送管下流の人孔」、「圧送管本体」で選択した場合は、「本管」の管種を選択する。
- 原因施設または陥没の位置を「取付管」、「柵」、「取付管と人孔の接続部」、「取付管と柵の接続部」で選択した場合は、「取付管」の管種を選択する。
- 原因施設または陥没の位置を「本管と取付管の接続部」で選択した場合は、「本管」、「取付管」の両方の管種を選択する。

表－2.2 管種

管 種	略号
陶管	CP
コンクリート管※ ¹	HP
硬質塩化ビニル管	VU
更生管※ ²	RH
ダクタイル鋳鉄管	DCIP
硬質瀝青管 (Zパイプ・タール管)	ZP
強化プラスチック複合管	FRP
ポリエチレン管	PE
その他	主な材質について端的に記入

※¹：ヒューム管、鉄筋コンクリート管、レジン管、現場打ちコンクリート管、ボックスカルバート、コンクリートセグメントによるシールド管等のコンクリート製管全てを含む。

※²：スパン（マンホール間）単位で、非開削工法により管更生されたもの（自立管、複合管、二層構造管、鞘管工法）。

9) 管径

- 円形の場合は、直径（mm）を半角数値で記入する。
- 矩形・馬蹄渠の場合は、幅（mm）×高さ（mm）を半角数値で記入する。
- 原因施設または陥没の位置を「本管」、「人孔」、「本管と人孔の接続部」、「圧送管下流の本管」、「圧送管下流の人孔」、「圧送管本体」で選択した場合は、「本管」の管径を半角数値で記入する。
- 原因施設または陥没の位置を「取付管」、「柵」、「取付管と人孔の接続部」、「取付管と柵の接続部」で選択した場合は、「取付管」の管径を半角数値で記入する。
- 原因施設または陥没の位置を「本管と取付管の接続部」で選択した場合は、「本管」、「取付管」の両方の管径を半角数値で記入する。
- 不明の場合は、半角英字で「fumei」と記入する。

10) 緊急点検調査対象の有無

- 平成 18 年 9 月 12 日付け事務連絡「下水道管路施設の損傷状況に関する緊急点検及び対策の実施について」（以下「緊急点検事務連絡」という）において調査対象（表－2.3）とされたスパンであるか否か記入する。

表－2.3 緊急点検調査の対象施設

布設場所	経過年数及び布設条件
軌道下	布設後 30 年以上経過した下水道管路施設
	布設後 30 年未満であっても布設条件等により通常以上の損傷が見込まれる下水道管路施設
緊急輸送・避難路	布設後 30 年以上経過した下水道管路施設
	布設後 30 年未満であっても布設条件等により通常以上の損傷が見込まれる下水道管路施設
上記以外の社会的影響の大きい路線下	布設後長期間経過した下水道管路施設または経過年数にかかわらず布設条件等により通常以上の損傷が見込まれる下水道管路施設

※軌道下管路… 鉄道に影響を及ぼさない高架下等の管路を除くものとする。

※緊急輸送路・避難路…災害対策基本法及び同法にもとづき地域防災計画に位置付けられた緊急輸送路及び避難路とする。

※「緊急点検事務連絡」に準ずる。

11) 陥没レベル

- レベルの定義は、表－2.4 の通りとする。

表－2.4 陥没レベルについて

Level I	Level II
管の不具合がない場合の陥没	管の不具合がある場合の陥没 (陥没規模は不問)

※「管の不具合」とは、管の破損、クラック、ズレ・接合不良、浸入水が発生している管きよを意味する。

※「陥没幅」とは路面の陥没の最大幅とする（内部の空洞幅ではない）。

12) 陥没幅および深さ

- 陥没の幅と深さ（cm）を半角数値で記入する。
- 不明の場合は、半角英字で「fumei」と記入する。

13) 陥没の主たる原因

- 陥没の主たる原因は、原因として考えられる直接的な項目と間接的な項目を、表-2.5から選択する。

表-2.5 陥没の主たる原因

陥没の主たる原因
下水工事での埋め戻し土の沈下
他工事での埋め戻し土の沈下
下水道施設に関連する不要・不明施設が存在
破損
クラック
ズレ・接合不良
浸入水
その他

- その他の場合は、「その他」を選択し、「その他」の記入欄に考えられる事項を直接記入して下さい。

14) 人身事故・物損事故発生の有無

- 調査対象の陥没事故において、人身事故もしくは物損事故の有無を選択する。
- 不明の場合は、「不明」を選択して下さい。

15) 工事費用

- 「仮埋め」及び「復旧工事」の概算合計工事費用（舗装工を含む）を記入する。
- 費用は1万円単位とし、直営工事の場合は直営と記入する。
- 金額は半角数値で記入する。
- 不明の場合は、半角英字で「fumei」と記入する。

16) 陥没発生時の流下機能確保

- 調査対象の陥没発生事故において、流下機能確保の有無を選択する。
- 不明の場合は、「不明」を選択して下さい。

17) 通行止め状況

- 通行止めは、「全面」、「片側」、「片側交互通行」、「通行止めなし」から選択する。
- 「全面」とは、陥没により上下線の道路を通行止めした場合を意味する。
- 「片側」は、片側車線を通行止めして迂回道路へまわした場合、及び同方向車線の一部を減少させて通行させた場合を含む。
- 「片側交互通行」は、片側1車線道路が陥没した時に交互通行させた場合を意味する。
- 不明の場合は、「不明」を選択する。

(2) 過年度におけるアンケート項目の対比と分析方針

H19 から H22 の過去 4 年分におけるアンケート項目を表-2.7 に示す。

H20 から H22 の管種、管径については「原因施設または陥没位置」により、本管関連か取付管関連かで種別分けをして、関連管種、管径を抽出する。種別分けの基準を表-2.6 に示す。

また、H19 の対人補償件数、対物補償件数については対人補償の有無、対物補償の有無に変換して分析を行う。

以上により、過去 4 ヶ年の分析可能な共通パラメータを抽出した結果を表-2.8 に示す。

表-2.6 原因施設または陥没位置による本管・取付管関連種別

原因施設または陥没位置	種別
本管(圧送管関係を除く)	本管関連
取付管	取付管関連
人孔	本管関連
柵	取付管関連
本管と人孔の接続部	本管関連
本管と取付管の接続部	本管関連
取付管と人孔の接続部	取付管関連
取付管と柵の接続部	取付管関連
圧送管下流の本管	本管関連
圧送管下流の人孔	本管関連
圧送管本体	本管関連
不明	不明

表-2.7 陥没アンケート帳票項目比較(H19~H22 調査)

H19 項目	H20 項目	H21 項目	H22 項目
NSC 団体コード	id	都道府県コード	都道府県コード番号
都道府県	団体コード	都道府県	都道府県名
NSC 団体名	都道府県	団体コード	団体コード
市町村	団体名	団体名	団体名
月	シート名	No(運番)	No#
日	調査担当者部署	No	発見月
時	電話番号	発見月 日 月	発見日
道路種類	調査担当者氏名	発見月 日 日	道路種類
歩車道区分	陥没対策 回答番号	道路種類	歩車道区分
スパン 管渠 番号	陥没対策 その他	歩車道区分	スパン(管渠)番号
布設年度	対策実施施設 回答番号	スパン(管渠)番号	布設年度(西暦)
原因施設	対策実施施設 その他	布設年度(西暦)	土被り(m)
管径	対策実施範囲 回答番号	土被り(m)	原因施設または陥没位置
管径 mm	対策実施範囲 その他	土被り(m) 備考	陥没が発生した施設状況
緊急点検調査対象の有無	No	原因施設または陥没位置	本管管種 ¹⁾
陥没レベル	発見月	陥没発生した施設状況	本管その他
陥没の主たる原因	発見日	本管管種 ¹⁾	本管断面
その他の場合	道路種類	本管 その他	本管管径 (mm)直径/幅 ¹⁾
仮埋め所要時間 時間	歩車道区分	本管管径(mm) ¹⁾	本管管径 (mm)高さ
本復旧工事所要時間 時間	スパン(管渠)番号	取付管管種 ¹⁾	取付管管種 ¹⁾
工事費用 万円	布設年度(西暦)	取付管 その他	取付管その他
通行止め状況	土被り(m)	取付管 管径 (mm) ¹⁾	取付管管径 (mm) ¹⁾
対人補償 件数 ²⁾	原因施設または陥没位置	緊急点検調査対象の有無	緊急点検調査対象の有無
対物補償 件数 ²⁾	本管管種 ¹⁾	陥没レベル	陥没レベル
対人補償額 万円	本管その他	陥没幅(cm)	陥没幅(cm)
対物補償額 万円	本管管径(mm) ¹⁾	陥没深さ(cm)	陥没深さ(cm)
軽症 人	取付管管種 ¹⁾	陥没深さ(cm)	陥没の主たる原因 直接的原因
重症 人	取付管 その他	陥没深さ(cm) 備考	陥没の主たる原因 その他
死亡 人	取付管 管径(mm) ¹⁾	陥没の主たる原因 直接的原因	陥没の主たる原因 間接的原因
	緊急点検調査対象の有無	陥没の主たる原因 その他	陥没の主たる原因 その他 ¹⁾
	陥没レベル	陥没の主たる原因 間接的原因	陥没事故の程度 人身事故有無
	陥没の主たる原因	陥没の主たる原因 その他	陥没事故の程度 物損事故有無
	陥没の主たる原因 その他	陥没事故の程度 人身事故有無	陥没事故の程度 工事費用(万円)
	原因決定方法	陥没事故の程度 物損事故有無	陥没事故の程度 工事費用(備考)
	原因決定方法 その他	陥没事故の程度 工事費用(万円)	陥没事故の程度 流下機能確保の有無
	陥没事故の程度 人身事故有無	陥没事故の程度 流下機能確保の有無	陥没事故の程度 通行止め状況
	陥没事故の程度 物損事故有無	陥没事故の程度 通行止め状況	原因施設 または 陥没位置 種別
	陥没事故の程度 仮埋め所要時間(時間)		
	陥没事故の程度 本復旧所要日数(日)		
	陥没事故の程度 工事費用(万円)		
	陥没事故の程度 通行止め状況		

1)原因施設の管種、管径をそれぞれ抽出する。

2)対人補償 件数、対物補償 件数を有無に変換する。

表－2.8 陥没データ(H19～H22 調査)

項目	H19	H20	H21	H22
調査年度				
団体コード	○	○	○	○
都道府県名	○	○	○	○
団体名	○	○	○	○
発見月	○	○	○	○
発見日	○	○	○	○
道路種類	○	○	○	○
歩車道区分	○	○	○	○
スパン(管渠)番号	○	○	○	○
布設年度(西暦)	○	○	○	○
土被り(m)		○	○	○
原因施設または陥没位置	○	○	○	○
原因管種	○	○	○	○
原因管径	○	○	○	○
緊急点検調査対象の有無	○	○	○	○
陥没レベル	○	○	○	○
陥没幅(cm)			○	○
陥没深さ(cm)			○	○
陥没の主たる原因	○	○		
陥没の主たる原因_直接的原因			○	○
陥没の主たる原因_間接的原因			○	○
陥没事故の程度_人身事故有無	○	○	○	○
陥没事故の程度_物損事故有無	○	○	○	○
陥没事故の程度_工事費用(万円)	○	○	○	○
陥没事故の程度_流下機能確保の有無			○	○
陥没事故の程度_通行止め状況	○	○	○	○

※アンケート項目及びその内容（定義や選択肢）は、アンケートの調査年度により異なることがある。詳細は、第3章において記述する。

3. 道路陥没傾向分析

全国道路陥没実態調査で得られたデータについて、傾向分析を実施した結果を示す。

なお、データの取り扱いについては、以下に留意されたい。

- ・本報告書で取り扱うデータは、平成 19 年度（調査初年度）～平成 22 年度に実施した調査データであり、陥没の発生実績としては平成 18 年度～平成 21 年度となる。
- ・以降の文章及びグラフ中に表記された年度は、原則、陥没の発生した年度（平成 18 年度～平成 21 年度）を指すこととするが、調査年度を示す場合は「H〇調査」と表記することとする。
- ・下水道管路施設が原因であるかどうかは、現地確認者やアンケート回答者の判断に委ねられており、その因果関係が不明瞭のものも本データには含まれている可能性がある。よって、個別自治体の数値の取り扱いは慎重に行う必要があり、ここでは個別自治体の数値は非公表とする。
- ・傾向分析は、全国的な傾向を見ることを基本とし、全国データを用いたマクロ分析を行う。

3.1 項目別陥没件数単純集計

3.1.1 年度別集計

年度別陥没件数の集計結果を図-3.1 に示す。H19 が 4,769 件で一番多く、H21 が 3,914 件（国土交通省公表値は、速報値ベースで約 3800 件）で一番少ない。

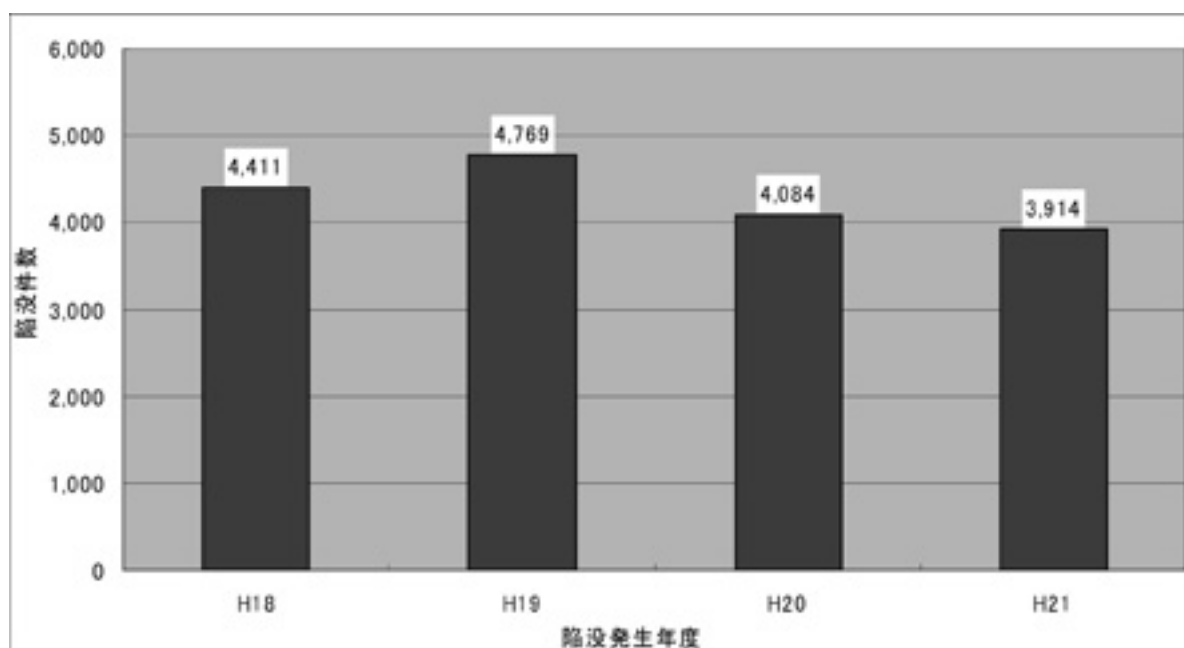


図-3.1 年度別陥没件数推移

3.1.2 陥没発生月別集計

陥没発生月別陥没件数の集計結果を図-3.2に示す。7月(2,770件)及び8月(2,713件)の夏季において陥没の発生件数が多い傾向にある。一方、12～3月の冬季における陥没発生件数は、夏季の1/4程度である。

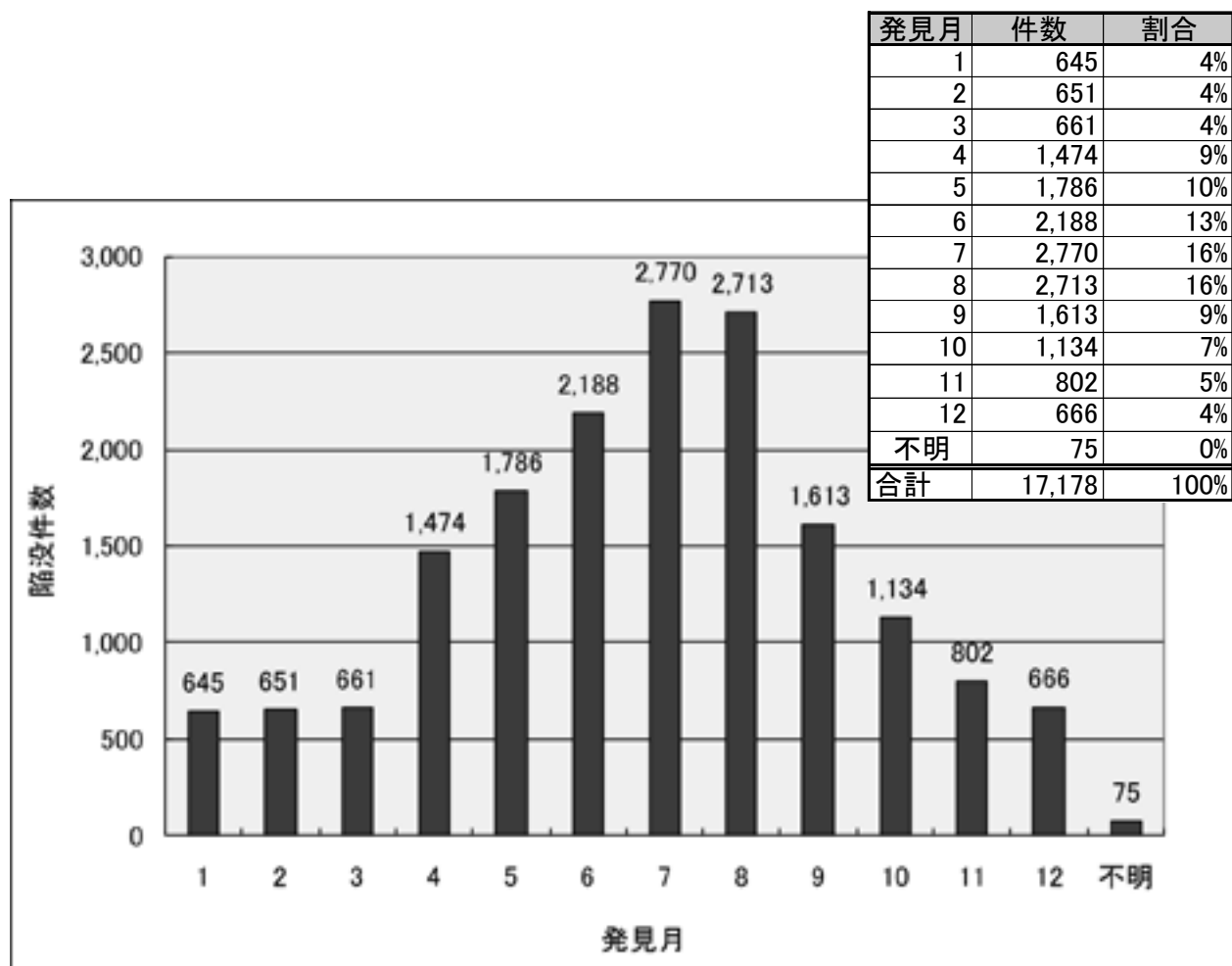


図-3.2 陥没発生月別集計結果(4カ年分)

これは、夏季は気温が高く、舗装路面の温度上昇によりアスファルトが軟化し、舗装が沈下陥没しやすくなるためと考えられる。また、夏季前後の5～6月や、9月も比較的陥没が多いが、これは、前述の気温の上昇の他、梅雨や台風の影響による降雨量の増加により、地下水位の上昇及び急激な変動、管内水量の増加変動が生じ、管きよ不具合部(クラック)への土砂侵入が促進されるとともに、地下空洞の拡大が進むためと考えられる。

3.1.3 道路種類別集計

各年度アンケート帳票の道路種類別の設問における選択肢一覧を表-3.1 に、道路種類別陥没件数及び割合の集計結果を図-3.3 に示す。市町村道が 15,394 件で一番多く全体の 90%を占めている。次いで、都道府県道 864 件で 5%である。

これは、下水道管路施設の多くが、国道や都道府県道を極力避けて布設されるケースが多いことに起因していると考えられる。

表-3.1 道路種類別選択肢一覧

H19 調査	H20 調査	H21 調査	H22 調査
市町村道	市町村道	市町村道	市町村道
都道府県道	都道府県道	都道府県道	都道府県道
国道	国道	直轄国道	直轄国道
私有地	私有地	一般国道	一般国道
		私有地	私有地
		不明	不明

※分析方法：直轄国道、一般国道を「国道」としてまとめて分析。

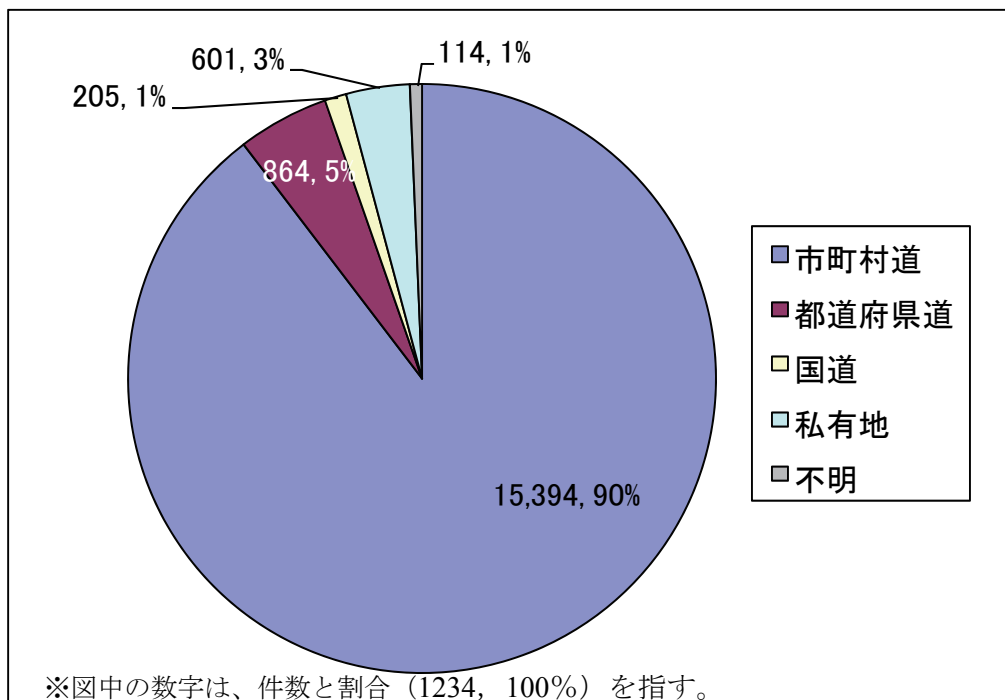


図-3.3 道路種類別集計結果(4力年分)

3.1.4 歩車道区分別集計

各年度アンケート帳票の歩車道区分別の設問における選択肢一覧を表-3.2 に、歩車道区分別陥没件数の集計結果を図-3.4 に示す。車道が 14,573 件で一番多く、歩道が 2,305 件で続いている。

表-3.2 歩車道区分選択肢一覧

H19 調査	H20 調査	H21 調査	H22 調査
車道	車道	車道	車道
歩道	歩道	歩道	歩道
その他	その他	その他	その他
		不明	不明

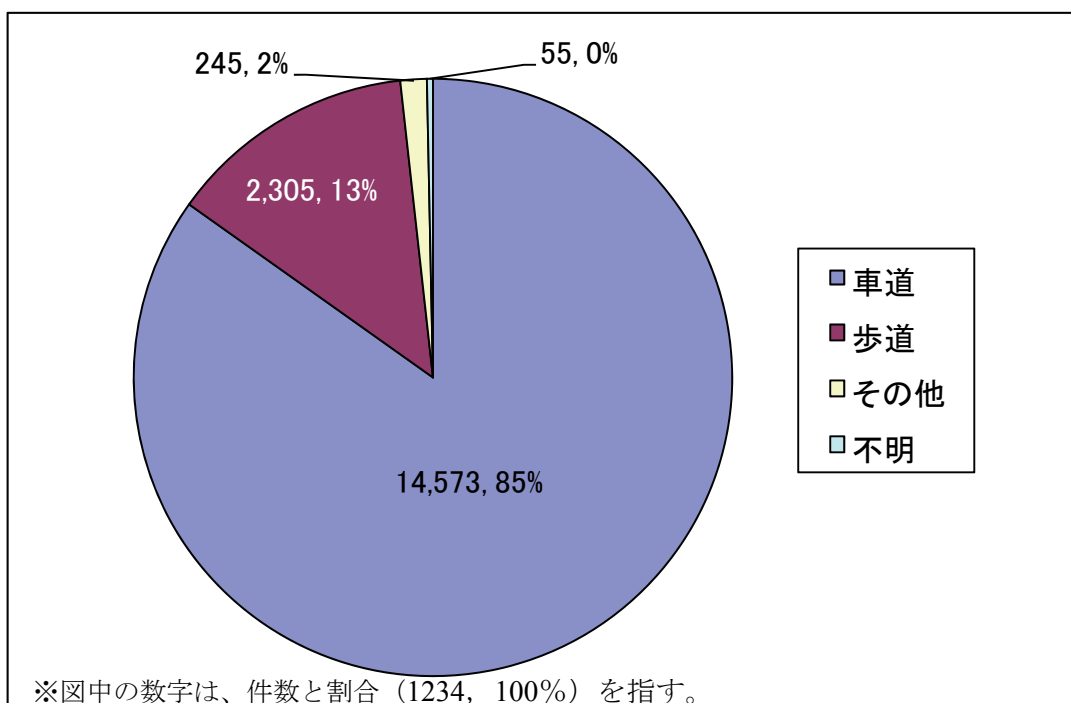
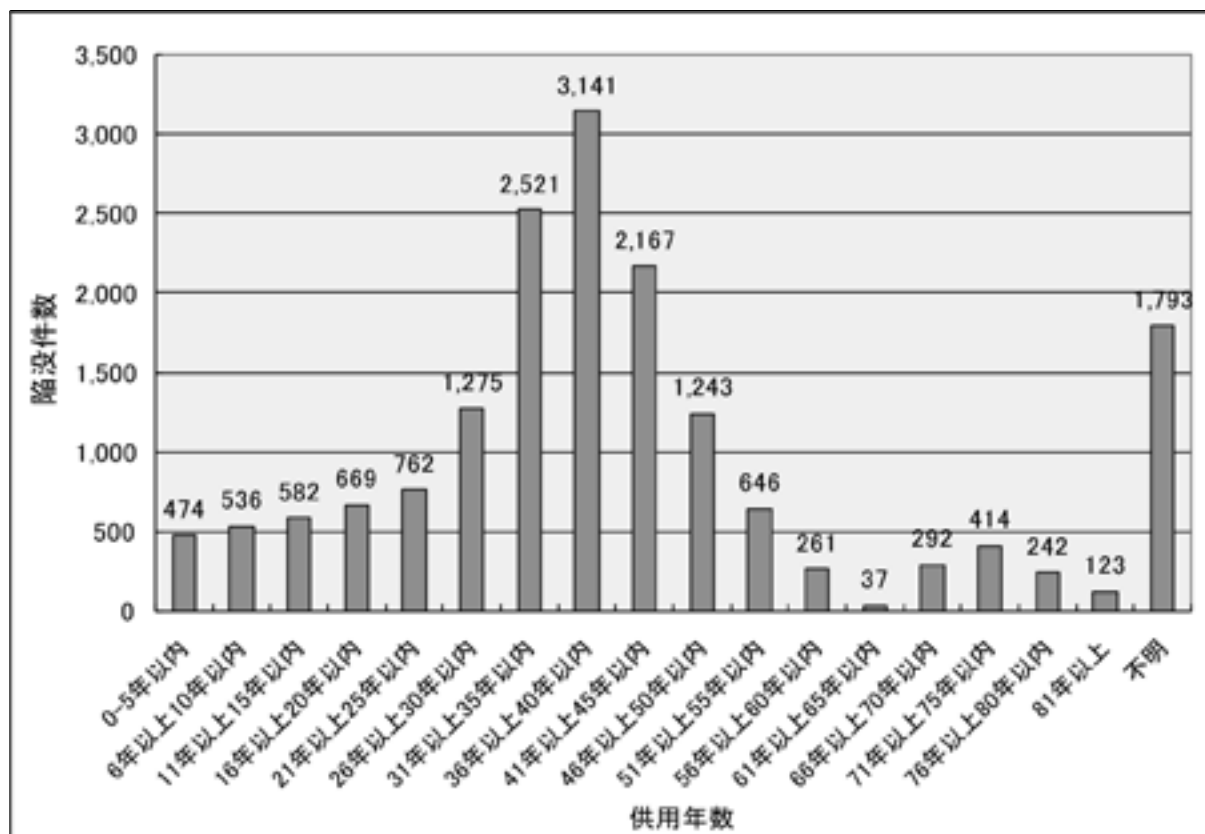


図-3.4 歩車道区分別集計結果(H18~H21)

3.1.5 経過年数別集計

経過年数別陥没件数の集計結果を図-3.5に示す。「36年以上40年以内」が3,141件で一番多く、「31年以上35年以内」が2,521件で続いている。



供用年数	陥没件数	割合
0-5年以内	474	3%
6年以上10年以内	536	3%
11年以上15年以内	582	3%
16年以上20年以内	669	4%
21年以上25年以内	762	4%
26年以上30年以内	1,275	7%
31年以上35年以内	2,521	15%
36年以上40年以内	3,141	18%
41年以上45年以内	2,167	13%
46年以上50年以内	1,243	7%
51年以上55年以内	646	4%
56年以上60年以内	261	2%
61年以上65年以内	37	0%
66年以上70年以内	292	2%
71年以上75年以内	414	2%
76年以上80年以内	242	1%
81年以上	123	1%
不明	1,793	10%
合計	17,178	100%

図-3.5 経過年数別集計結果(H18~H21)

3.1.6 土被り区分別集計

土被り区分別陥没件数の集計結果を図-3.6に示す。「1m以上2m未満」が6,367件で一番多く、「0m以上1m未満」が1,397件で続いている。

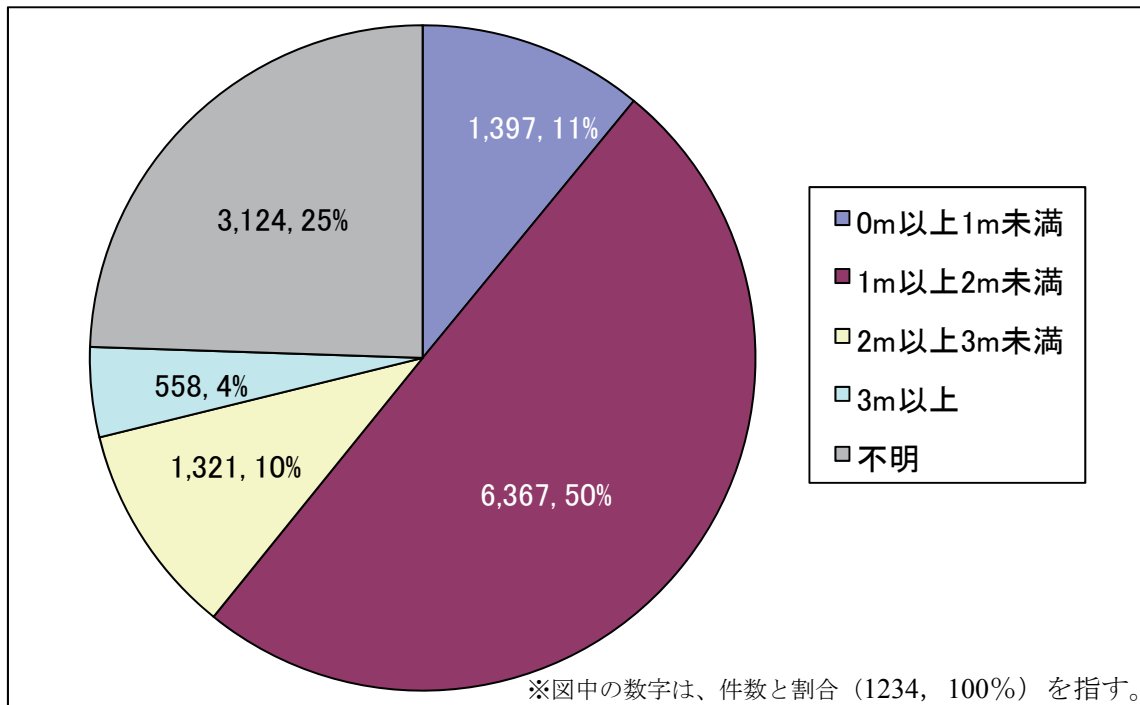


図-3.6 土被り区分別集計結果(H19~H21)

3.1.7 原因施設または陥没位置別集計

各年度アンケート帳票の原因施設または陥没位置別の設問における選択肢一覧を表-3.3 に、原因施設または陥没位置別陥没件数の集計結果を図-3.7 に示す。取付管が9,109件で一番多く、本管が2,659件で続いている。

表-3.3 原因施設または陥没位置別選択肢一覧

H19 調査	H20 調査	H21 調査	H22 調査
本管	本管	本管	本管
取付管	取付管	取付管	取付管
人孔	人孔	人孔	人孔
柵	柵	柵	柵
本管と人孔の接続部	本管と人孔の接続部	本管と人孔の接続部	本管と人孔の接続部
本管と取付管の接続部	本管と取付管の接続部	本管と取付管の接続部	本管と取付管の接続部
取付管と人孔の接続部	取付管と人孔の接続部	取付管と人孔の接続部	取付管と人孔の接続部
取付管と柵の接続部	取付管と柵の接続部	取付管と柵の接続部	取付管と柵の接続部
	圧送管下流	圧送管下流の本体	圧送管下流の本体
	圧送管本体	圧送管下流の人孔	圧送管下流の人孔
		圧送管本体	圧送管本体
		不明	不明

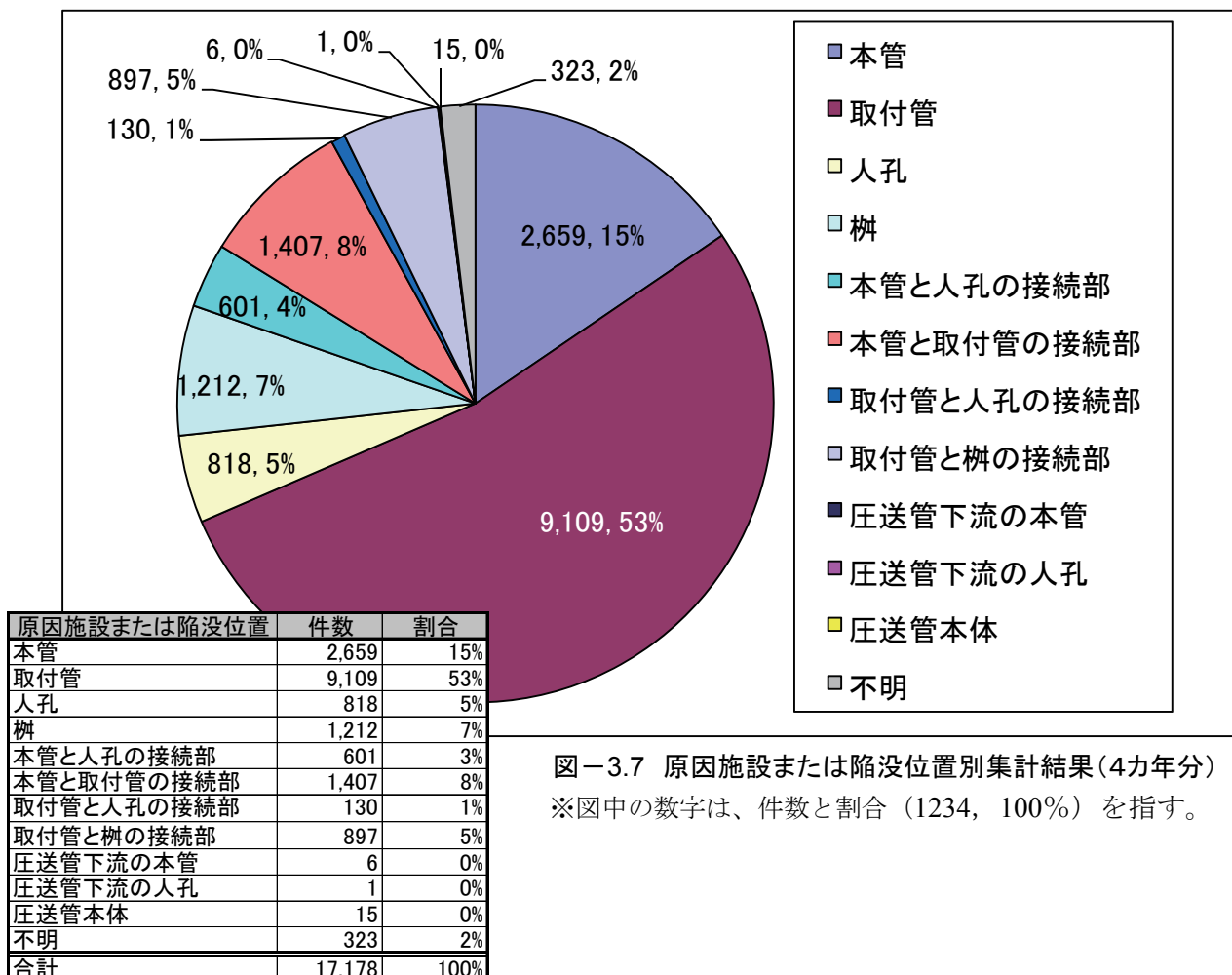


図-3.7 原因施設または陥没位置別集計結果(4年分)

※図中の数字は、件数と割合(1234, 100%)を指す。

3.1.8 原因管種別集計

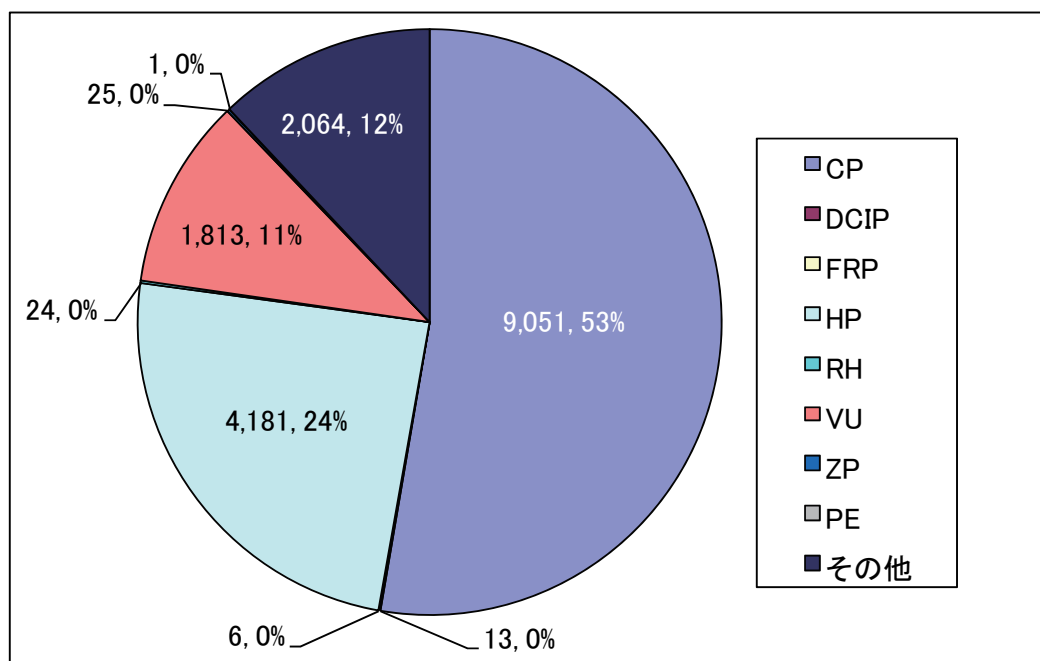
各年度アンケート帳票の原因管種別の設問における選択肢一覧を表-3.4 に、原因管種別陥没件数の集計結果を図-3.8 に示す。なお、ここでいう原因管種は、表-2.6 に示す原因施設に基づいて本管・取付管関連の種別分けを実施し、本管管種と取付管種のいずれかを選択した。

この結果、CP が 9,051 件で一番多く、HP が 4,181 件で続いている。

表-3.4 原因管種別選択肢一覧

H19 調査	H20 調査	H21 調査	H22 調査
CP	CP	CP	CP
HP	HP	HP	HP
VU	VU	VU	VU
RH	RH	RH	RH
その他	DCIP	DCIP	DCIP
	ZP	ZP	ZP
	FRP	FRP	FRP
	PE その他	PE その他	PE その他

※管種の略称については、P4 の表-2.2 を参照。



原因管種	件数	割合
CP	9,051	53%
DCIP	13	0%
FRP	6	0%
HP	4,181	24%
RH	24	0%
VU	1,813	11%
ZP	25	0%
PE	1	0%
その他	2,064	12%
合計	17,178	100%

図-3.8 原因管種別集計結果(H18~H21)

3.1.9 原因管径別集計

原因管径別陥没件数の集計結果を図-3.9 に示す。なお、ここでいう原因管径は、表-2.6 に示す原因施設に基づいて本管・取付管関連の種別分けを実施し、本管管径と取付管管径のいずれかを選択した。

この結果、「0-150mm 以下」が 9,738 件で一番多く、「150mm を超え 300mm 以下」が 3,754 件で続いている。

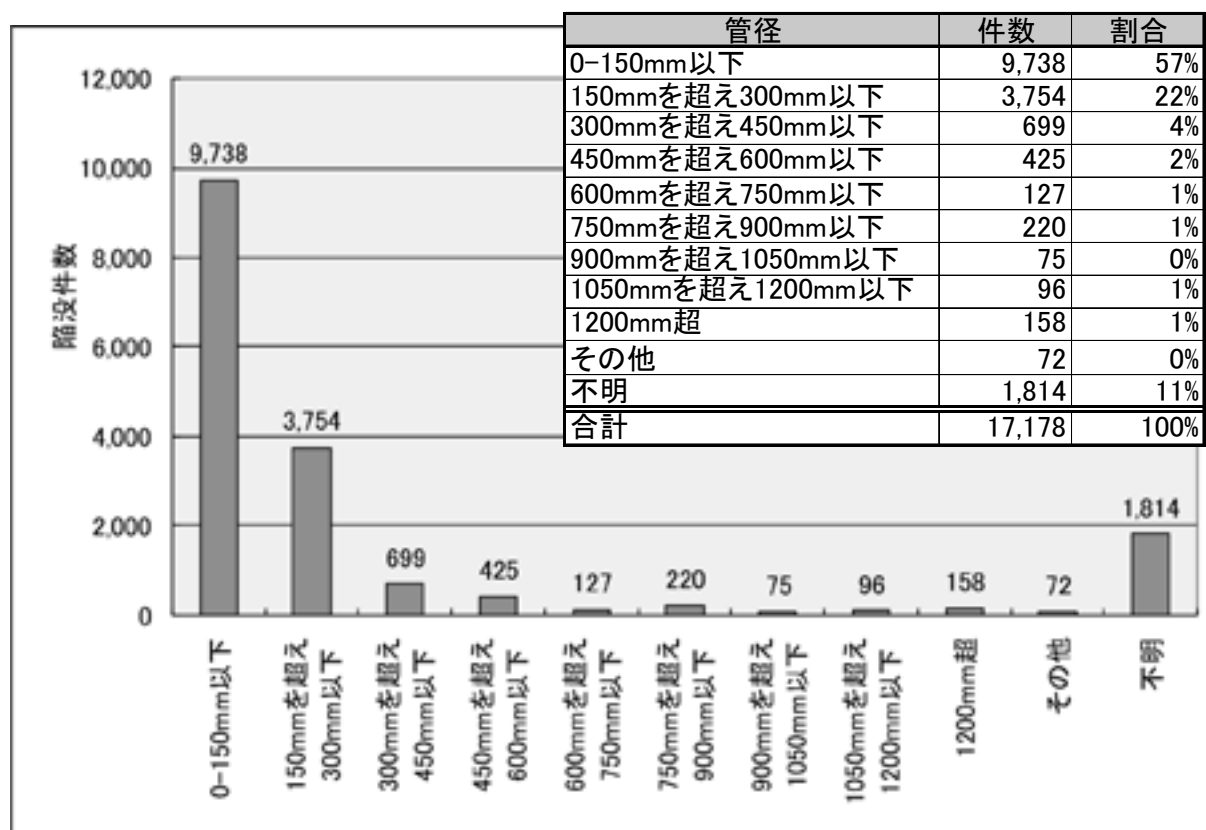


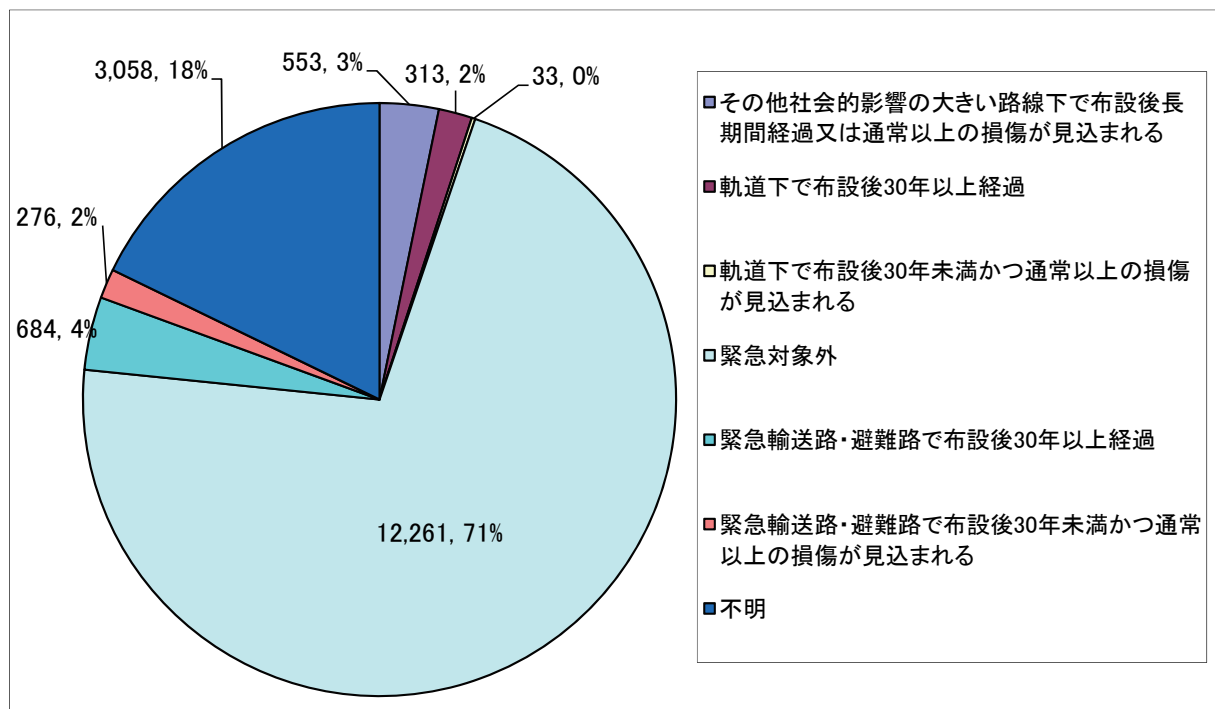
図-3.9 原因管径別集計結果(H18~H21)

3.1.10 緊急点検調査対象別集計

各年度アンケート帳票の緊急点検調査対象別の設問における選択肢一覧を表-3.5 に、緊急点検調査対象別陥没件数の集計結果を図-3.10 に示す。「緊急対象外」が 12,261 件で一番多く、「不明」が 2,887 件で続いている。

表-3.5 緊急点検調査対象別選択肢一覧

H19 調査	H20 調査	H21 調査	H22 調査
軌道下で布設後 30 年以上経過	同 左	同 左	同 左
軌道下で布設後 30 年未満かつ通常以上の損傷が見込まれる	同 左	同 左	同 左
緊急輸送路・避難路で布設後 30 年未満かつ通常以上の損傷が見込まれる	同 左	同 左	同 左
その他社会的影響の大きい路線下で布設後長期間経過又は通常以上の損傷が見込まれる	同 左	同 左	同 左
緊急対象外(取付管、マスはここに含まれる)	同 左	同 左	同 左
—	—	不 明	不 明



緊急点検調査対象の有無	件数	割合
その他社会的影響の大きい路線下で布設後長期間経過又は通常以上の損傷が見込まれる	553	3%
軌道下で布設後30年以上経過	313	2%
軌道下で布設後30年未満かつ通常以上の損傷が見込まれる	33	0%
緊急対象外	12,261	71%
緊急輸送路・避難路で布設後30年以上経過	684	4%
緊急輸送路・避難路で布設後30年未満かつ通常以上の損傷が見込まれる	276	2%
不明	3,058	18%
合計	17,178	100%

図-3.10 緊急点検調査対象別集計結果(H18~H21)

3.1.11 陥没レベル別集計

各年度アンケート帳票の陥没レベル別の設問における選択肢一覧を表-3.6に示す。レベルの定義がH19・H20とH21・H22で大きく異なるため、別々に集計する。

表-3.6 陥没レベル別選択肢一覧

H19 調査	H20 調査	H21 調査	H22 調査
Level I	Level I	Level I	Level I
Level II	Level II	Level II	Level II
Level III	Level III	不明	不明

※分析方法：レベルの定義がH19調査・H20調査とH21調査・H22調査で異なるため、H19・20調査分とH21・22調査分で分けて集計。

a) 陥没レベル別集計（H19・H20 調査分）

陥没レベル（H19・H20 調査分）の定義を表-3.7に、陥没レベル（H19・H20 調査分）別陥没件数の集計結果を図-3.11に示す。Level IIIが3,990件で一番多く、Level Iが2,624件で続いている。

表-3.7 陥没レベル定義(H19・H20 調査分)

Level I	Level II	Level III
管が破損していない場合 において 陥没幅 10cm 未満 または 陥没深 10cm 未満	管が破損していない場合 において 陥没幅 10cm 以上 かつ 陥没深 10cm 以上	管が破損している場合 (陥没規模は不問)

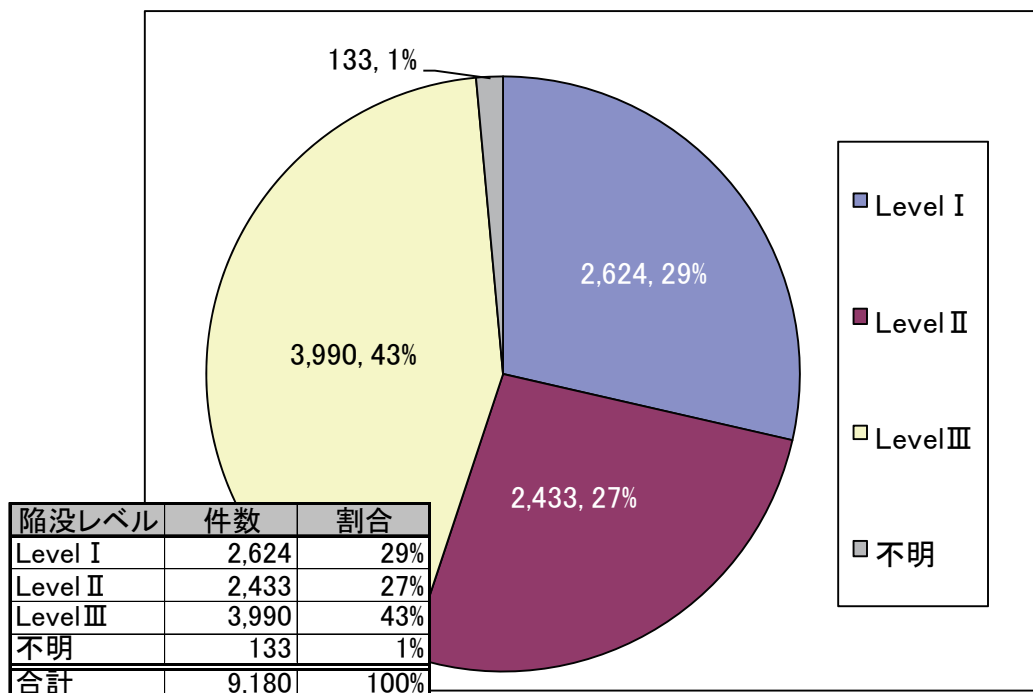


図-3.11 陥没レベル別集計結果(H18・H19 実績)

※図中の数字は、件数と割合（1234, 100%）を指す。

b) 陥没レベル別集計（H21・H22 調査）

陥没レベル（H21・H22 調査分）の定義を表-3.8 に、陥没レベル（H21・H22 調査分）別陥没件数の集計結果を図-3.12 に示す。Level II が 6,035 件で一番多く、Level I が 1,730 件で続いている。

表-3.8 陥没レベル定義(H21・H22 調査)

Level I	Level II
管の不具合がない場合の陥没	管の不具合がある場合の陥没 (陥没規模は不問)

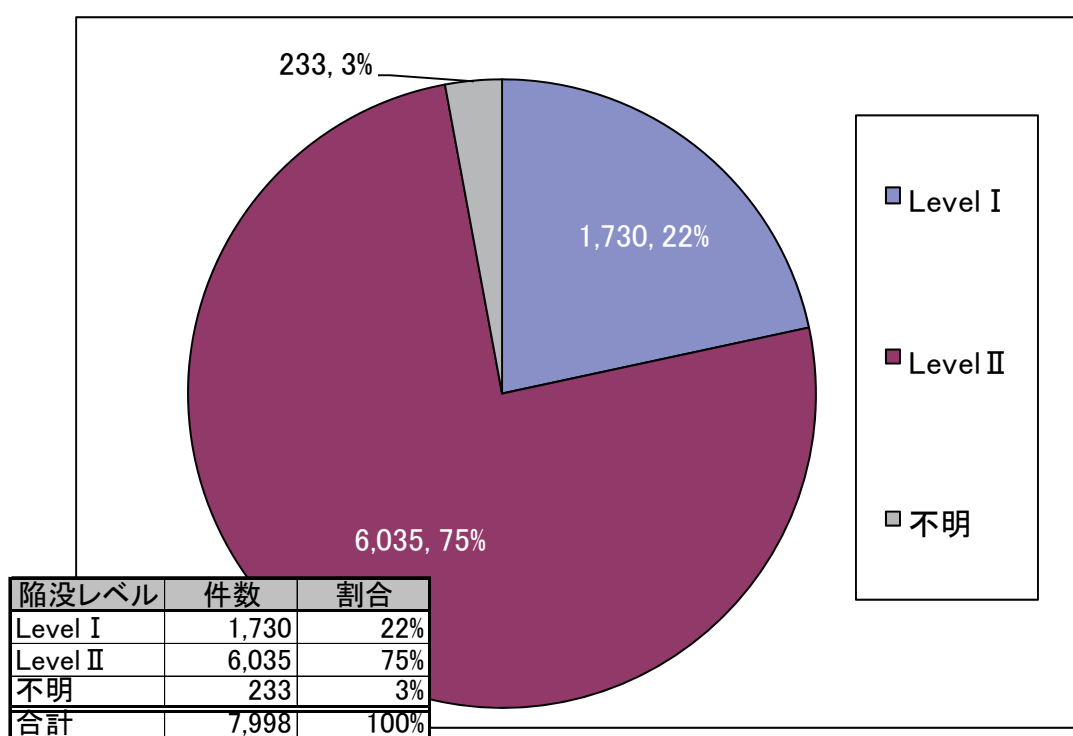
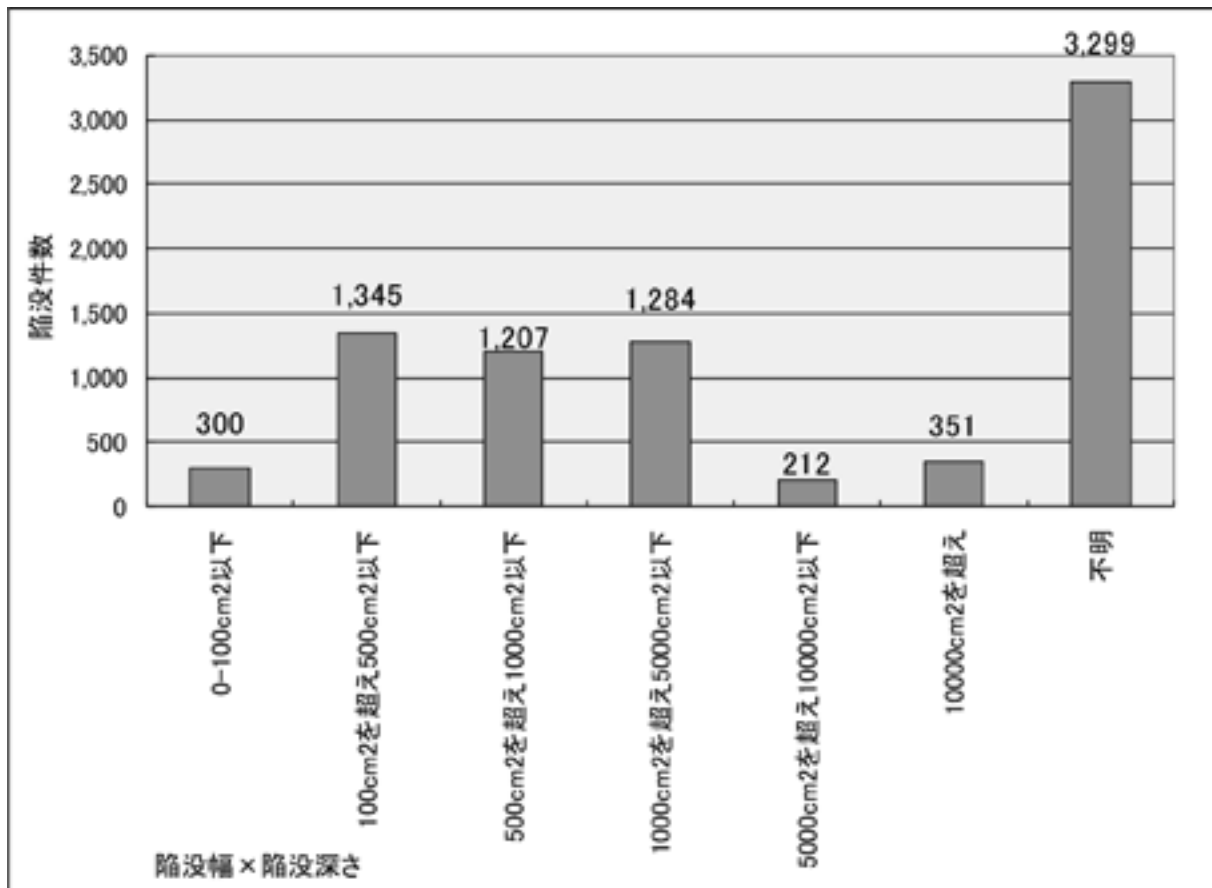


図-3.12 陥没レベル別集計結果(H20・H21 実績)

※図中の数字は、件数と割合（1234，100%）を指す。

3.1.12 陥没規模(陥没幅×陥没深さ)別集計

陥没規模(陥没幅×陥没深さ) 陥没件数の集計結果を図-3.13 に示す。「不明」を除けば「100cm²を超え500cm²以下」が1,345件で一番多く、「1000cm²を超え5000cm²以下」が1,284件で続いている。



陥没幅×深さ	件数	割合
0-100cm ² 以下	300	4%
100cm ² を超え500cm ² 以下	1,345	17%
500cm ² を超え1000cm ² 以下	1,207	15%
1000cm ² を超え5000cm ² 以下	1,284	16%
5000cm ² を超え10000cm ² 以下	212	3%
10000cm ² を超え	351	4%
不明	3,299	41%
合計	7,998	100%

図-3.13 陥没規模(陥没幅×陥没深さ)別集計結果(H20・H21)

ここで、陥没レベル別に陥没規模及び、陥没深さと幅の関係を見てみると、表-3.9 及び図-3.14、図-3.15 となる。

表-3.9 陥没レベル別の陥没件数及び陥没規模

陥没規模	Level I		Level II	
	件数	割合	件数	割合
0-100cm ² 以下	102	8%	198	6%
100 超え-500cm ² 以下	389	32%	956	27%
500 超え-1000cm ² 以下	300	25%	907	26%
1000 超え-5000cm ² 以下	234	19%	1050	30%
5000 超え-10000cm ² 以下	22	2%	190	5%
10000cm ² 超え	165	14%	186	5%
小 計	1212		3487	
不明	3299			

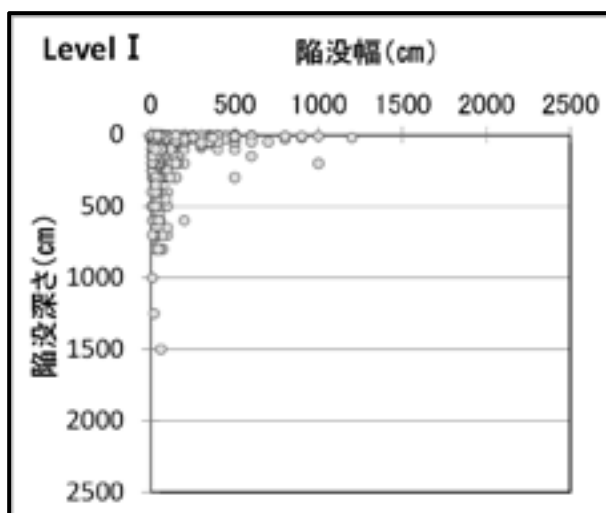


図-3.14 Level I における陥没深さと幅の関係

※Level I = 管の不具合がない場合の陥没

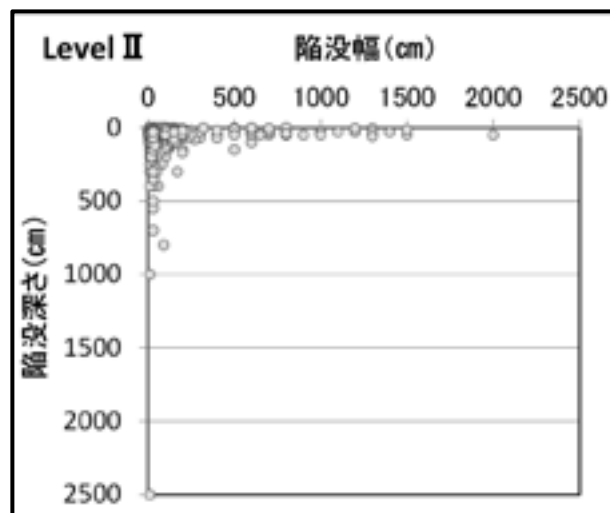


図-3.15 Level II における陥没深さと幅の関係

※Level II = 管の不具合がある場合の陥没

管の不具合有無で比較すると、不具合有りのケースでは陥没幅の大きな陥没（幅 1m 以上）が比較的多く発生しており、不具合なしのケースでは陥没深さの大きな陥没（深さ 50 cm 以上）が多く発生している。また、不具合有りの陥没は、不具合なしに比べて 3 倍近い発生件数となっている。

なお、道路上の平面的な陥没の大きさ（陥没幅）に注目すると、全体（不明を除く）の約 8 割が直径 50 cm 未満（20 cm 未満は 3 割）の小さな陥没である。また、深さのみに注目すると、全体（不明を除く）の約 5 割が深さ 20 cm 未満（50 cm 未満は 9 割）の浅い陥没である。

3.1.13 陥没の主たる原因別集計

各年度アンケート帳票の陥没の主たる原因別の設問における選択肢一覧を表-3.10 に、陥没の主たる原因別陥没件数の集計結果を図-3.16 に示す。「管のズレ、接合不良」が4,078件で一番多く、「老朽化」が1,665件で続いている。

なお、陥没の主たる原因別の設問における選択肢が、H19・H20 調査分と H21・H22 調査分で異なるため、ここでは H19・20 調査分の集計を示す。

表-3.10 陥没の主たる原因別選択肢一覧

H19 調査	H20 調査
管のズレ、接合不良	管のズレ、接合不良
開削工により下水管を埋設したが埋め戻し不良	開削工により下水管を埋設したが埋め戻し不良
推進・シールド工事による余掘りが発生した	他工事の埋め戻し不良
老朽化	推進・シールド工事による余掘りが発生した
硫化水素発生	地震動、地盤液状化
道路荷重超過	残置・不要・不明施設の影響
他工事（ガス・水道・NTT 等）により破損	据付け等の施工不良
原因不明	地盤の不等沈下
その他	地下水の流れによる管渠周辺地盤の流出
	老朽化
	硫化水素発生
	道路荷重超過
	他工事（ガス・水道・NTT 等）により破損

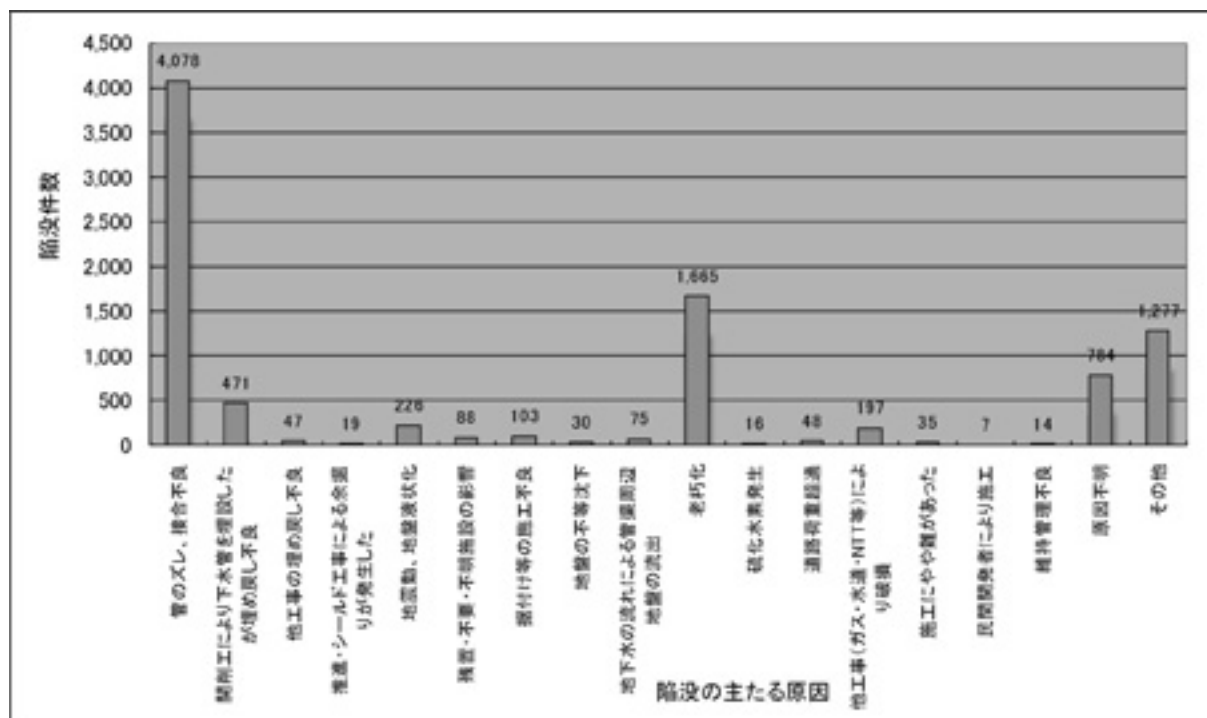


図-3.16 陥没の主たる原因別集計結果(H18・H19)

3.1.14 陥没の主たる原因(直接的原因)別集計

平成 20・21 年度アンケート帳票の陥没の主たる原因（直接的原因）別の設問における選択肢一覧を図-3.11 に、陥没の主たる原因（直接的原因）別陥没件数の集計結果を図-3.17 に示す。「ズレ・接合不良」が 3,284 件で一番多く、「破損」が 1,921 件で続いている。

表-3.11 陥没の主たる原因(直接的原因)別選択肢一覧

H21 調査	H22 調査
下水工事での埋め戻し土の沈下	下水工事での埋め戻し土の沈下
他工事での埋め戻し土の沈下	他工事での埋め戻し土の沈下
シールド・推進工事による余堀の発生	シールド・推進工事による余堀の発生
下水道施設に関連する不要・不明施設が存在	下水道施設に関連する不要・不明施設が存在
破損	破損
クラック	クラック
ズレ・接合不良	ズレ・接合不良
浸入水	浸入水
その他	その他

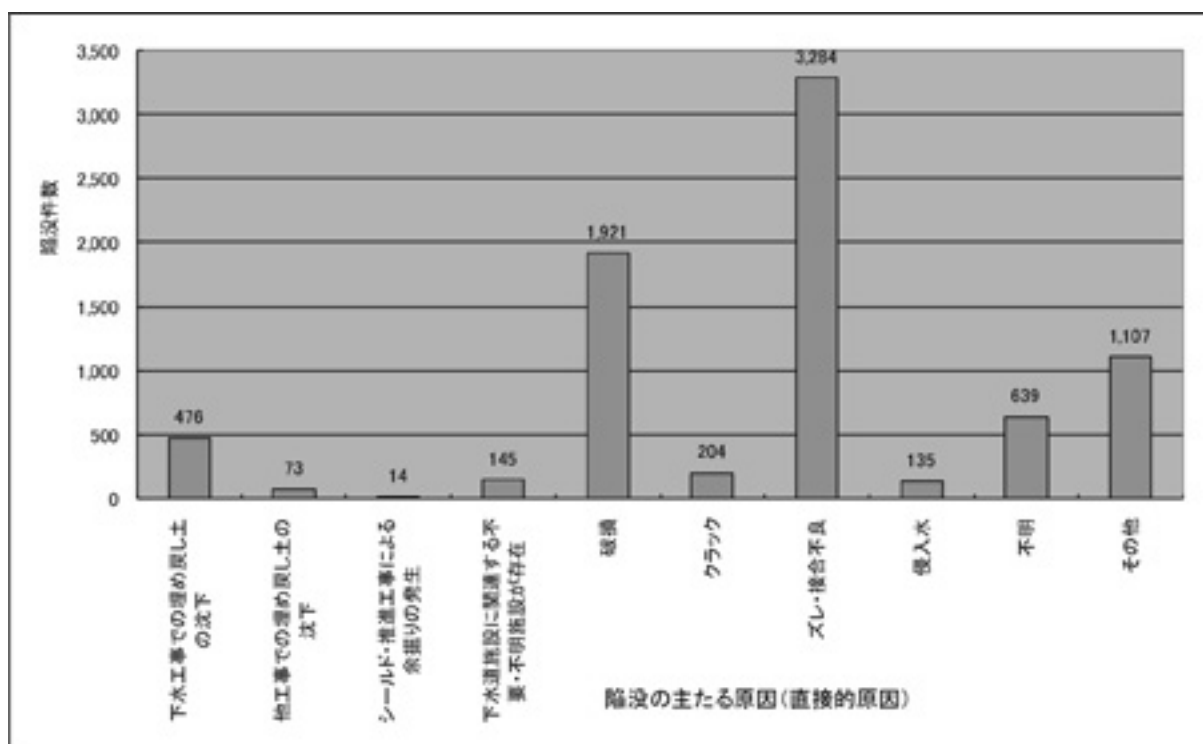


図-3.17 陥没の主たる原因(直接的原因)別集計結果(H20・H21)

3.1.15 陥没の主たる原因(間接的原因)別集計

平成 20・21 年度アンケート帳票の陥没の主たる原因（間接的原因）別の設問における選択肢一覧を表-3.12 に、陥没の主たる原因（間接的原因）別陥没件数の集計結果を図-3.18 に示す。「老朽化」が 3,994 件で一番多く、「不明」が 2,458 件で続いている。

表-3.12 陥没の主たる原因(間接的原因)別選択肢一覧

H21 調査	H22 調査
老朽化	老朽化
腐食	腐食
樹木根浸入	樹木根浸入
下水工事の施工上の問題	下水工事の施工上の問題
他企業管工事	他企業管工事
設計道路荷重超過	設計道路荷重超過
下水道工事の地下施設の残置	下水道工事の地下施設の残置
地震動・液状化	地震動・液状化
不明	不明
その他	その他

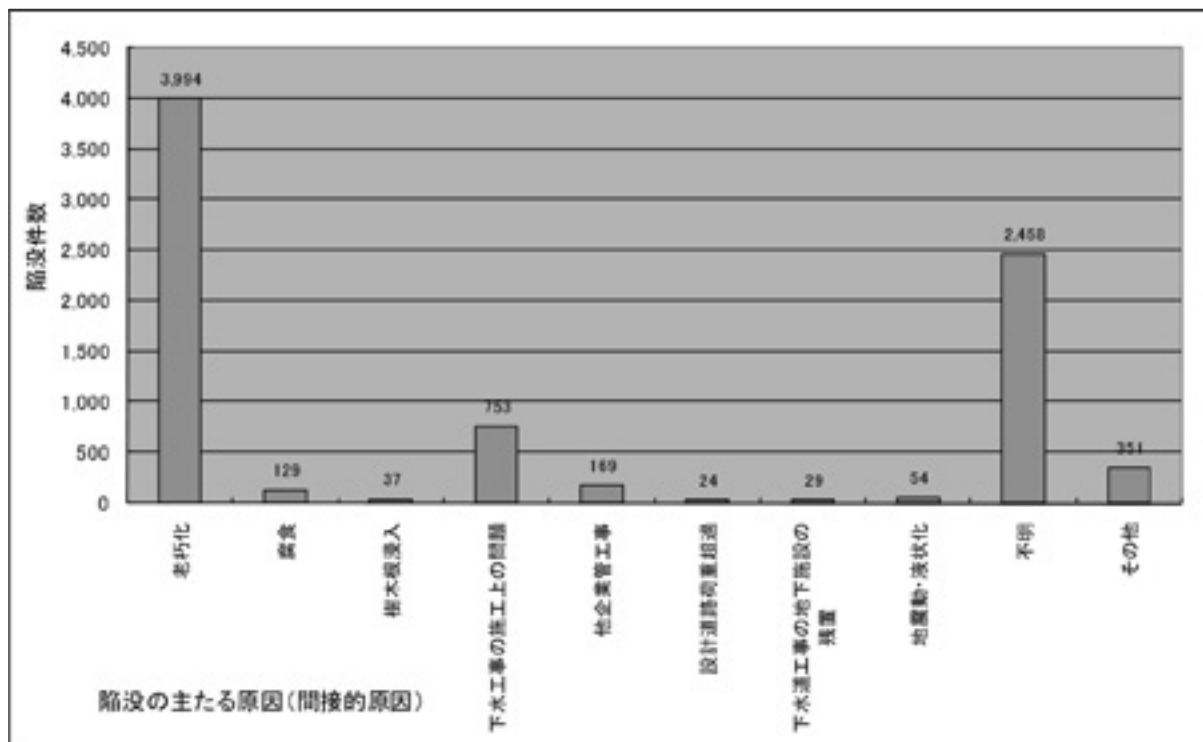


図-3.18 陥没の主たる原因(間接的原因)別集計結果(H20・H21)

3.1.16 人身事故有無別集計

各年度アンケート帳票の人身事故有無別の設問における選択肢一覧を表-3.13 に、人身事故有無別陥没件数の集計結果を図-3.19 に示す。「無」が 15,257 件で大半を占めている。これは、陥没の多くは車道で発生（3.1.4 参照）していることと、陥没の大きさが小さい（3.1.12、3.1.17 参照）ためと推測される。

表-3.13 人身事故有無別選択肢一覧

H19 調査	H20 調査	H21 調査	H22 調査
	有	有	有
	無	無	無
		不明	不明

※分析方法：H19 調査の対人補償件数を対人補償の有無に変換し、4 カ年分を集計した。

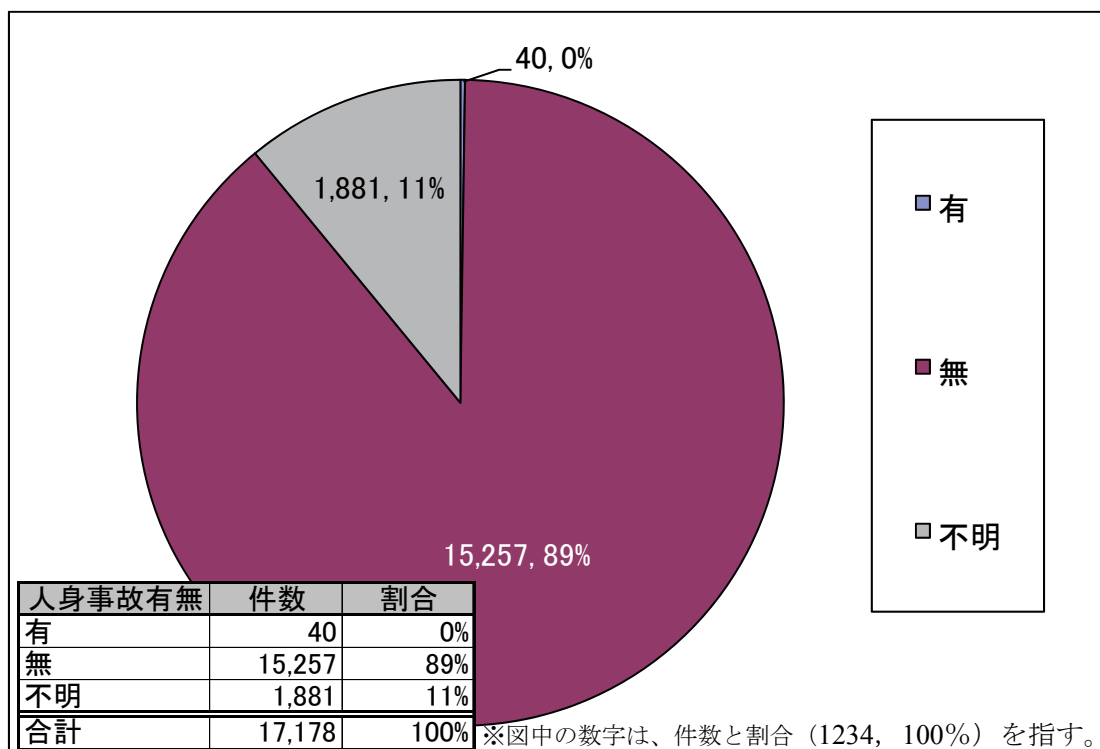


図-3.19 人身事故有無別集計結果(H18~H21)

3.1.17 物損事故有無別集計

各年度アンケート帳票の物損事故有無別の設問における選択肢一覧を表-3.14 に、物損事故有無別陥没件数の集計結果を図-3.20 に示す。「無」が 15,215 件で大半を占めている。

なお物損事故件数は、道路上の平面的な陥没の大きさ（3.1.12 参照）と密接な関係があると考えられる。コンパクトカー（1000-1300CC クラス）のタイヤ外径を約 60 cm（165/70R14）とすると、陥没の多くは直径 50 cm 未満の小さな陥没であることから、物損事故に発展する事例が少ないと推測される。

表-3.14 物損事故有無別選択肢一覧

H19 調査	H20 調査	H21 調査	H22 調査
	有	有	有
	無	無	無
		不明	不明

※分析方法：H19 調査の対物補償件数を対物補償の有無に変換し、4 カ年分を集計した。

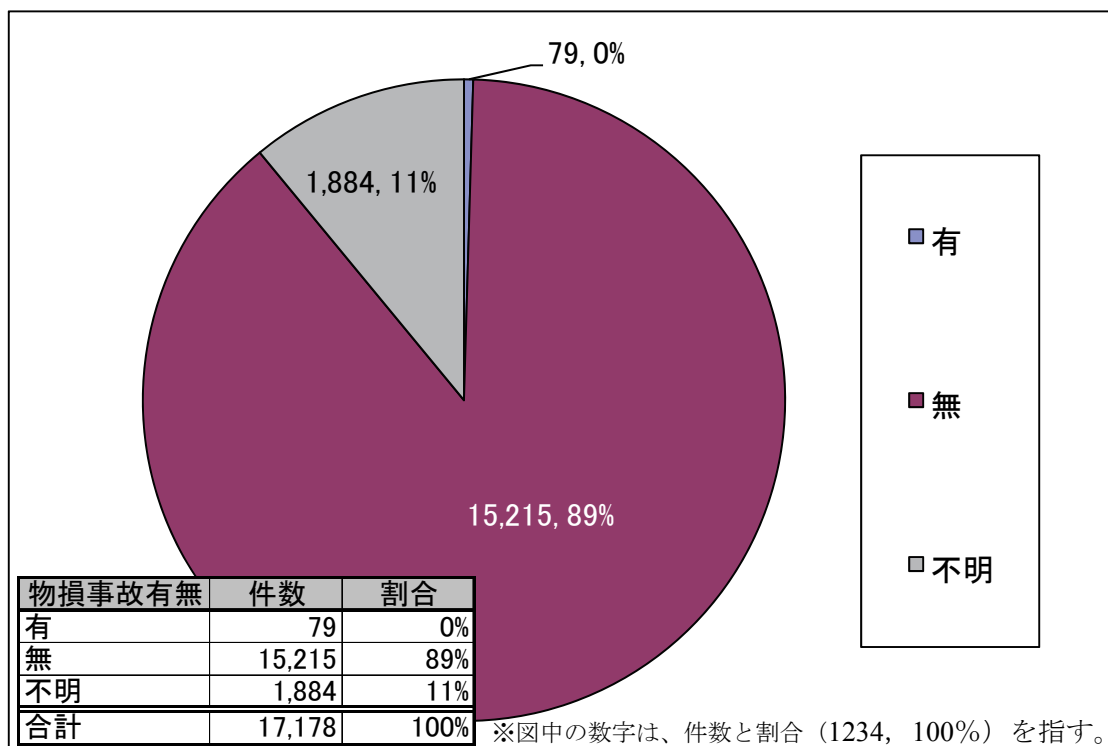
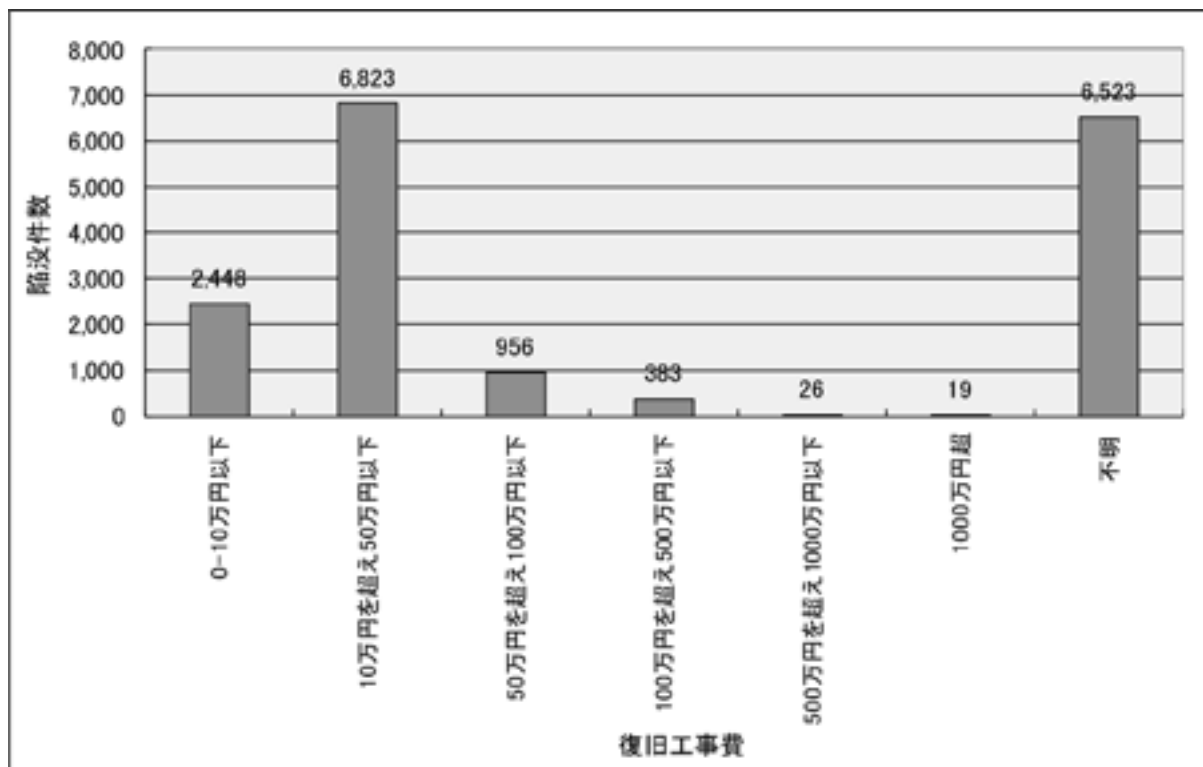


図-3.20 物損事故有無別集計結果(H18~H21)

3.1.18 復旧工事費別集計

復旧工事費別陥没件数の集計結果を図-3.21 に示す。「不明」を除けば「10万円を超え50万円以下」が6,823件で一番多く、「0-10万円以下」が2,448件で続いている。



復旧工事費	件数	割合
0-10万円以下	2,448	14%
10万円を超え50万円以下	6,823	40%
50万円を超え100万円以下	956	6%
100万円を超え500万円以下	383	2%
500万円を超え1000万円以下	26	0%
1000万円超	19	0%
不明	6,523	38%
合計	17,178	100%

図-3.21 復旧工事費別集計結果(H18~H21)

3.1.19 流下機能確保有無別集計

流下機能確保有無別陥没件数の集計結果を図-3.22 に示す。「無」が 5,037 件で一番多い。

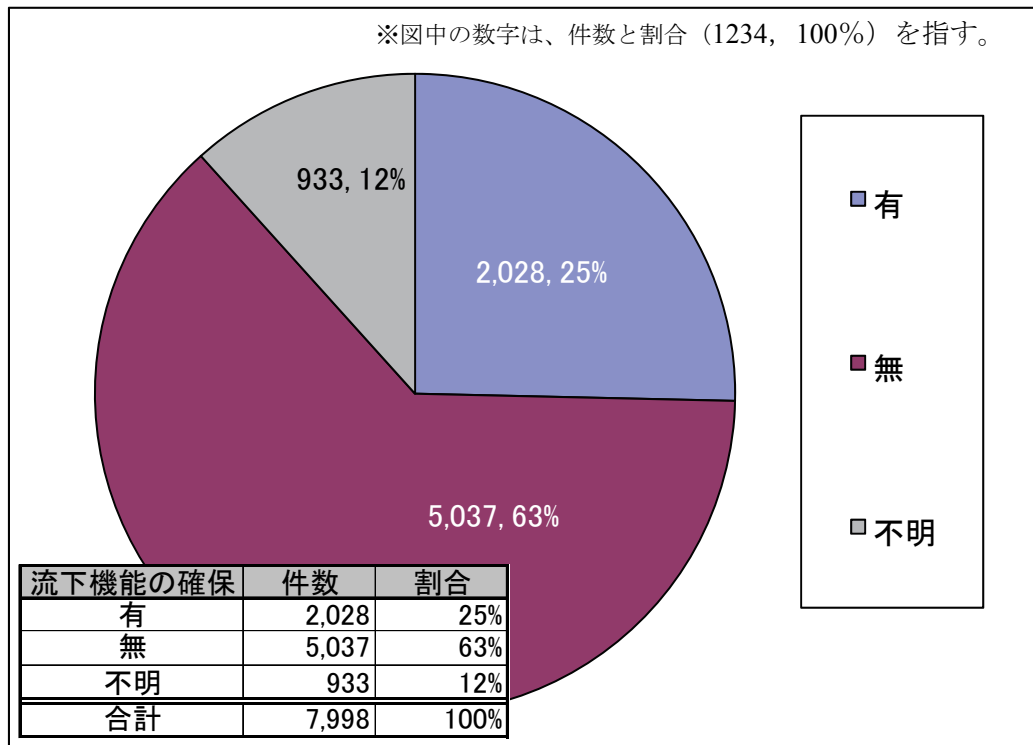


図-3.22 流下機能確保有無別集計結果(H20・H21)

3.1.20 通行止め状況別集計

各年度アンケート帳票の通行止め状況別の設問における選択肢一覧を表-3.15 に、通行止め状況別陥没件数の集計結果を図-3.23 に示す。片側交互が 3,975 件で一番多く、片側が 3,683 件で続いている。

表-3.15 通行止め状況別選択肢一覧

H19 調査	H20 調査	H21 調査	H22 調査
全面	全面	全面	全面
片側	片側	片側	片側
	片側交互	片側交互	片側交互
		通行止め無し	通行止め無し
		不明	不明

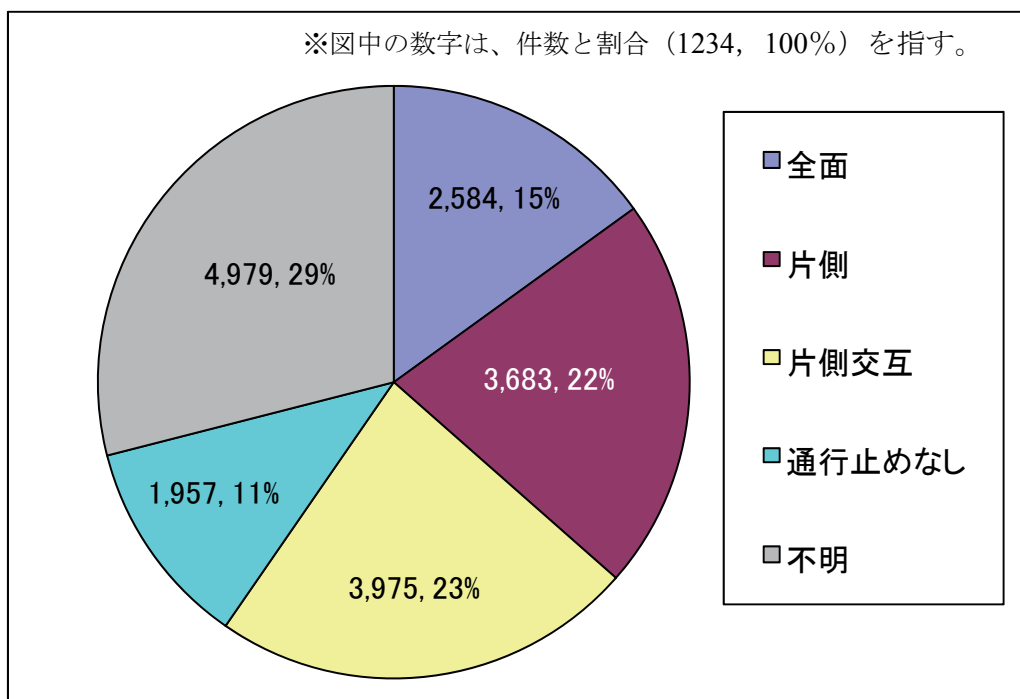


図-3.23 通行止め状況別集計結果(H18~H21)

3.2 管路延長当陥没件数集計

3.2.1 管路延長当陥没件数

各年度の全国陥没件数を全国の管路延長で除し、管路延長 100 km 当たり陥没件数を算出した結果を図-3.24 に示す。

この結果、管路延長 100 km 当たり陥没件数は 1.0 件前後で推移している。また、総陥没件数が減少傾向にあることから、管路延長当たり陥没件数も追従して若干の減少傾向が見られる。

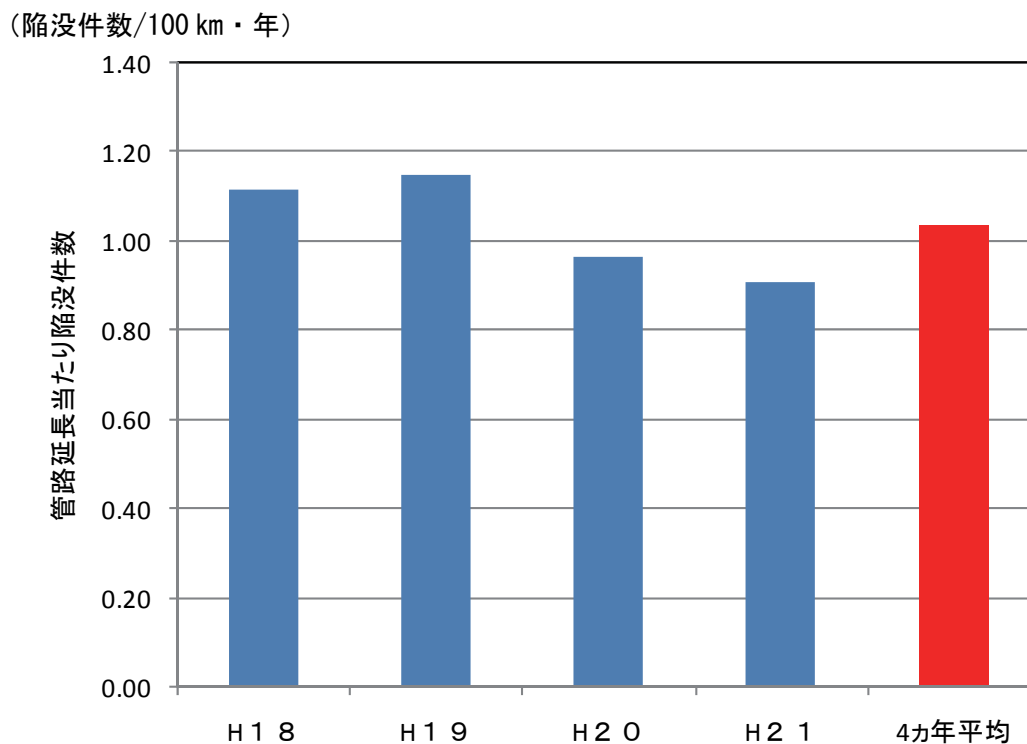


図-3.24 管路延長 100 km 当たり陥没件数の推移

3.2.2 経過年数別管路延長当陥没件数

a) H18 陥没・管路延長データ集計・分析

管渠布設後の経過年数別 H18 発生陥没件数及び H18 年度末の布設年度別管路延長を図-3.25 に、それを基に算出した経過年数別の 100km 当り道路陥没件数/年を図-3.26 に示す。

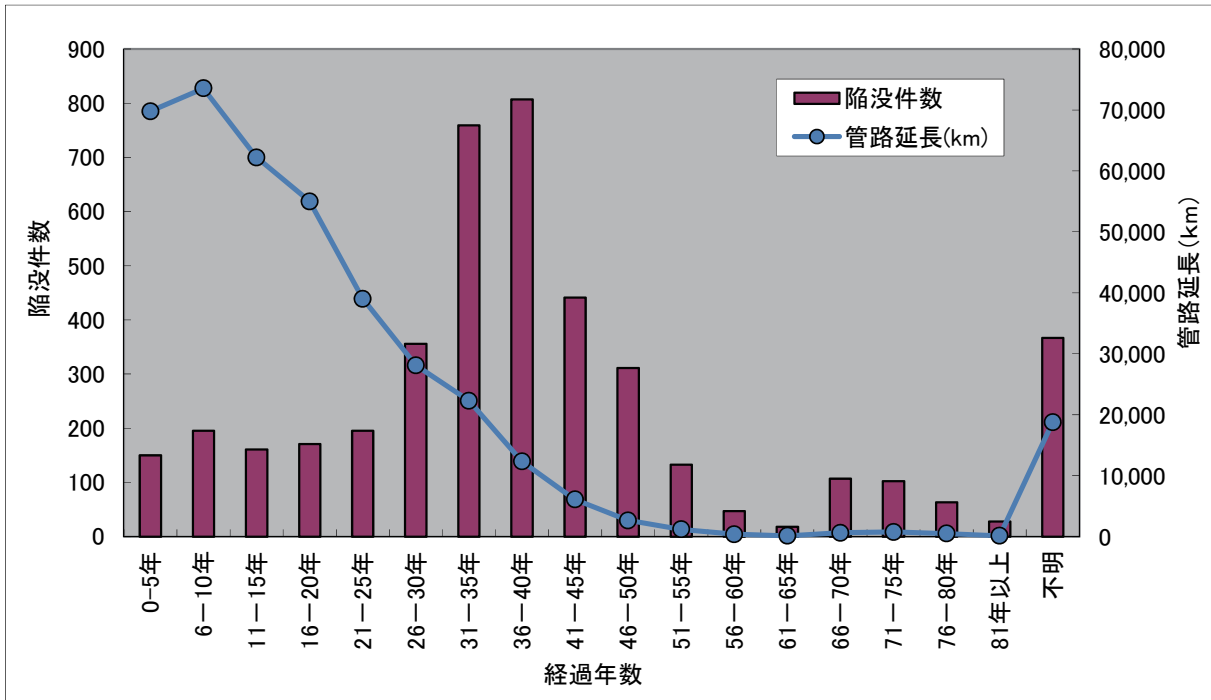


図-3.25 H18 経過年数別陥没件数・布設年度別管路管理延長

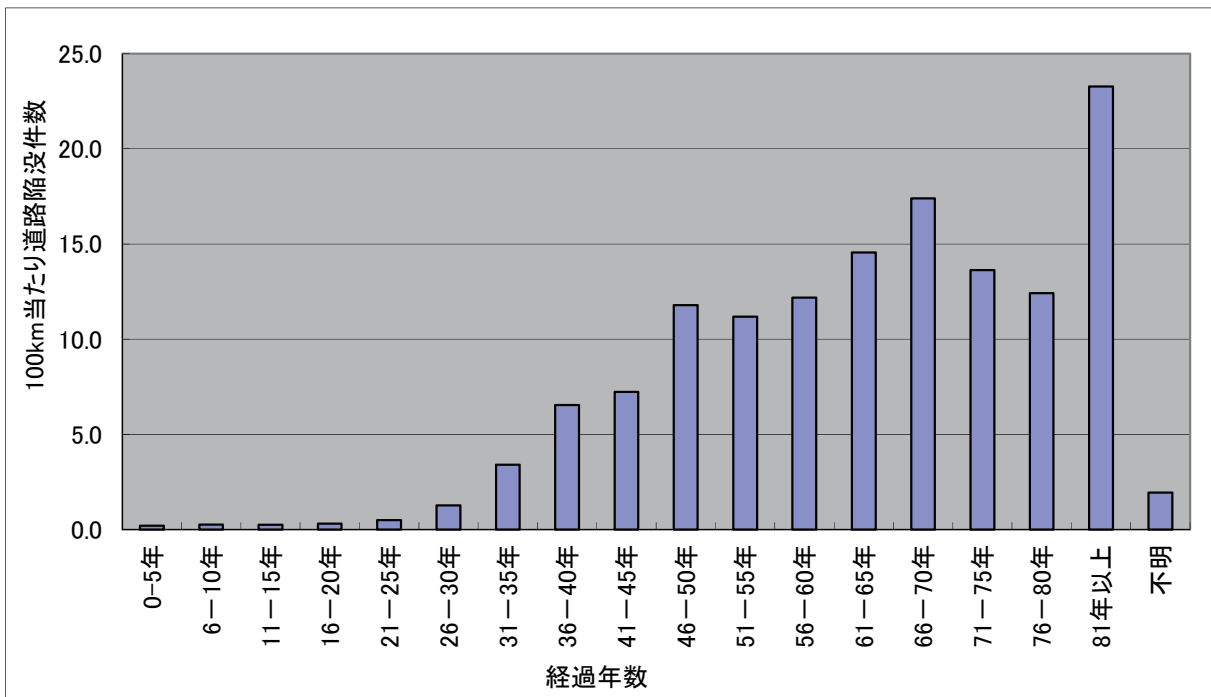


図-3.26 経過年数別管路延長 100km 当り陥没件数(H18)

b) H19 陥没・管路延長データ集計・分析

経過年数別の H19 発生陥没件数及び H19 年度末の布設年度別管路延長を図-3.27 に、それを
基に算出した経過年数別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.28 に示す。

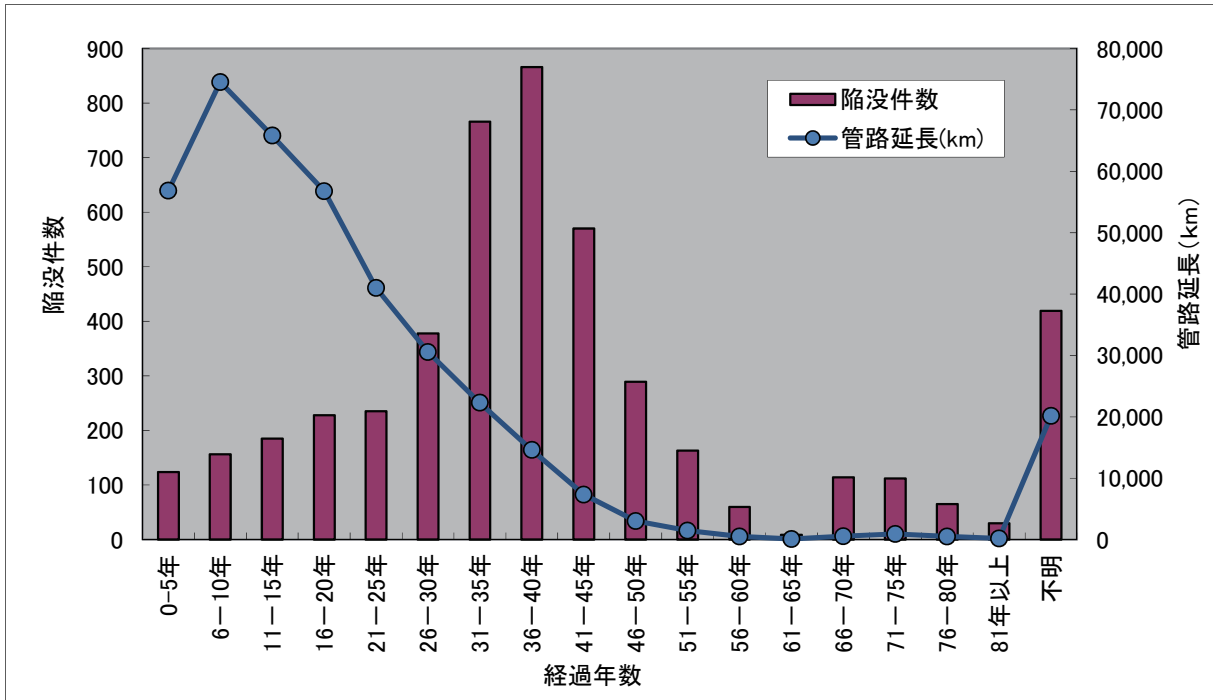


図-3.27 H19 経過年数別陥没件数・布設年度別管路管理延長

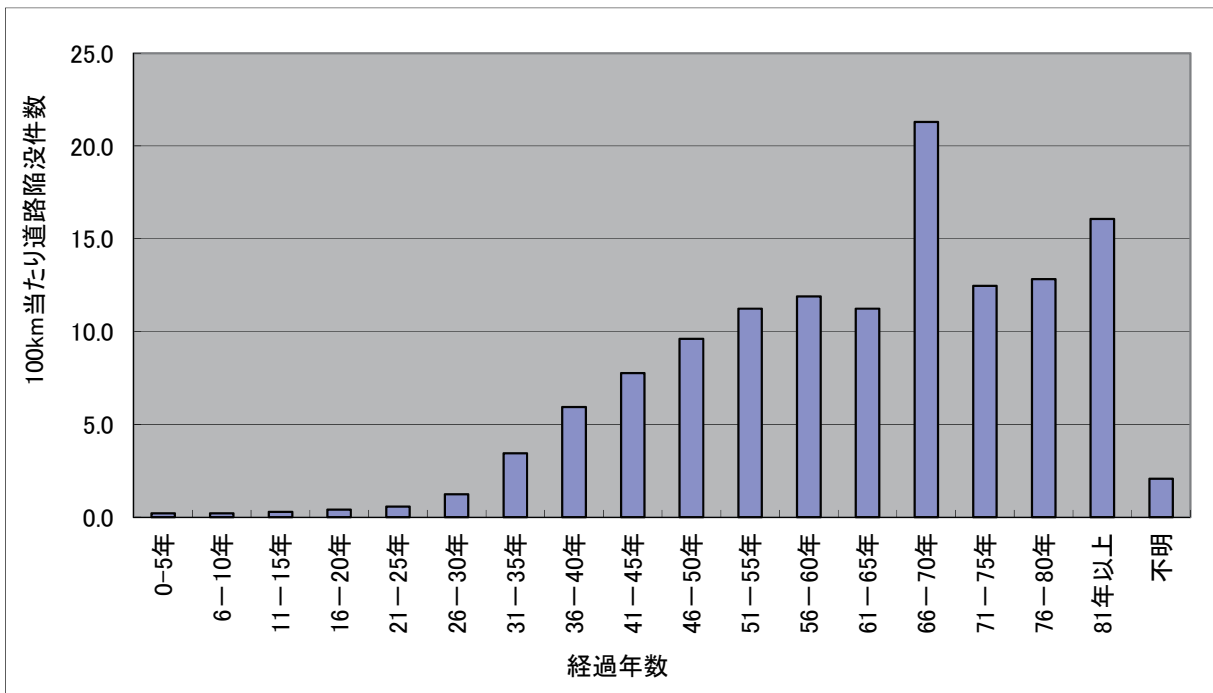


図-3.28 経過年数別管路延長 100km 当り陥没件数(H19)

c) H20 陥没・管路延長データ集計・分析

経過年数別の H20 発生陥没件数及び H20 年度末の布設年度別管路延長を図-3.29 に、それを
 基に算出した経過年数別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.30 に示す。

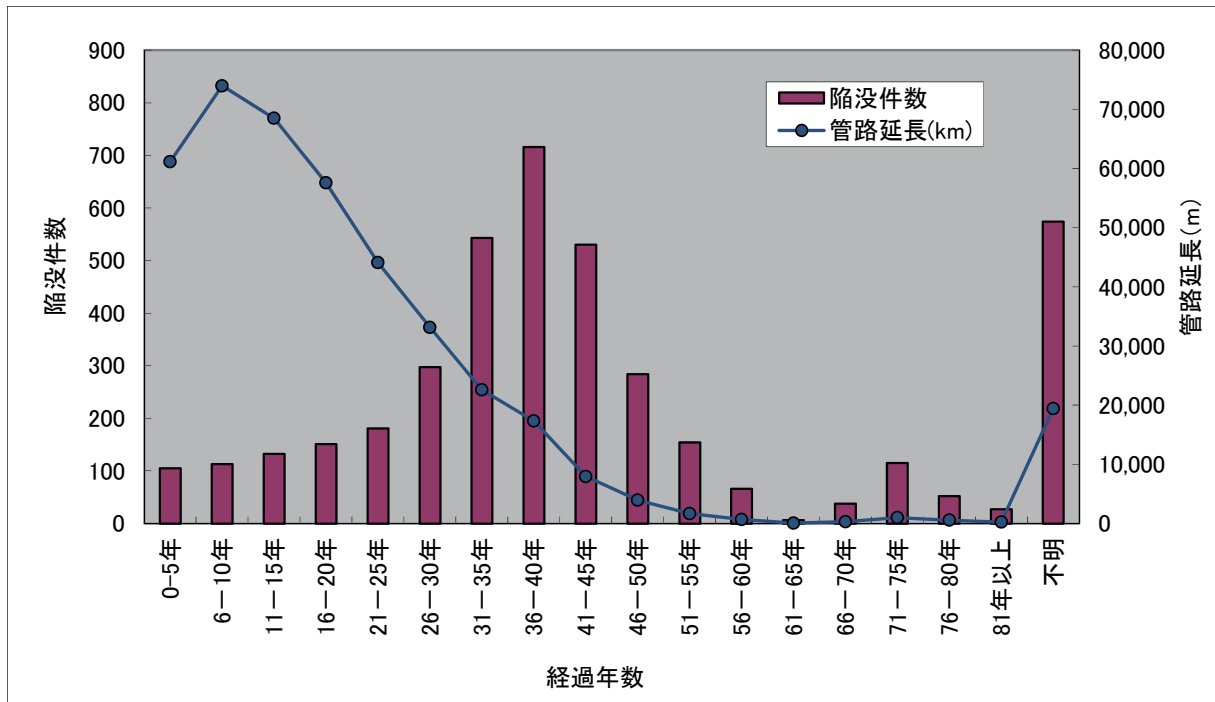


図-3.29 H20 経過年数別陥没件数・布設年度別管路管理延長

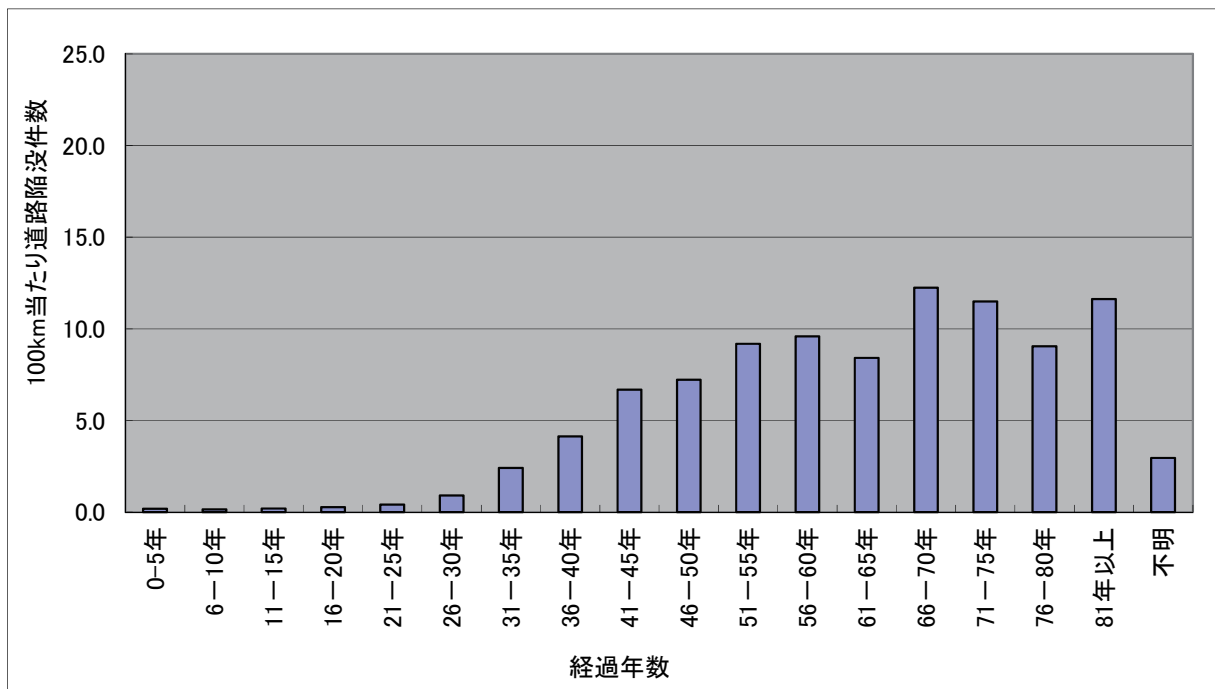


図-3.30 経過年数別管路延長 100km 当り陥没件数(H20)

d) H21 陥没・管路延長データ集計・分析

経過年数別の H21 発生陥没件数及び H21 年度末の布設年度別管路延長を図-3.31 に、それを
 基に算出した経過年数別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.32 に示す。

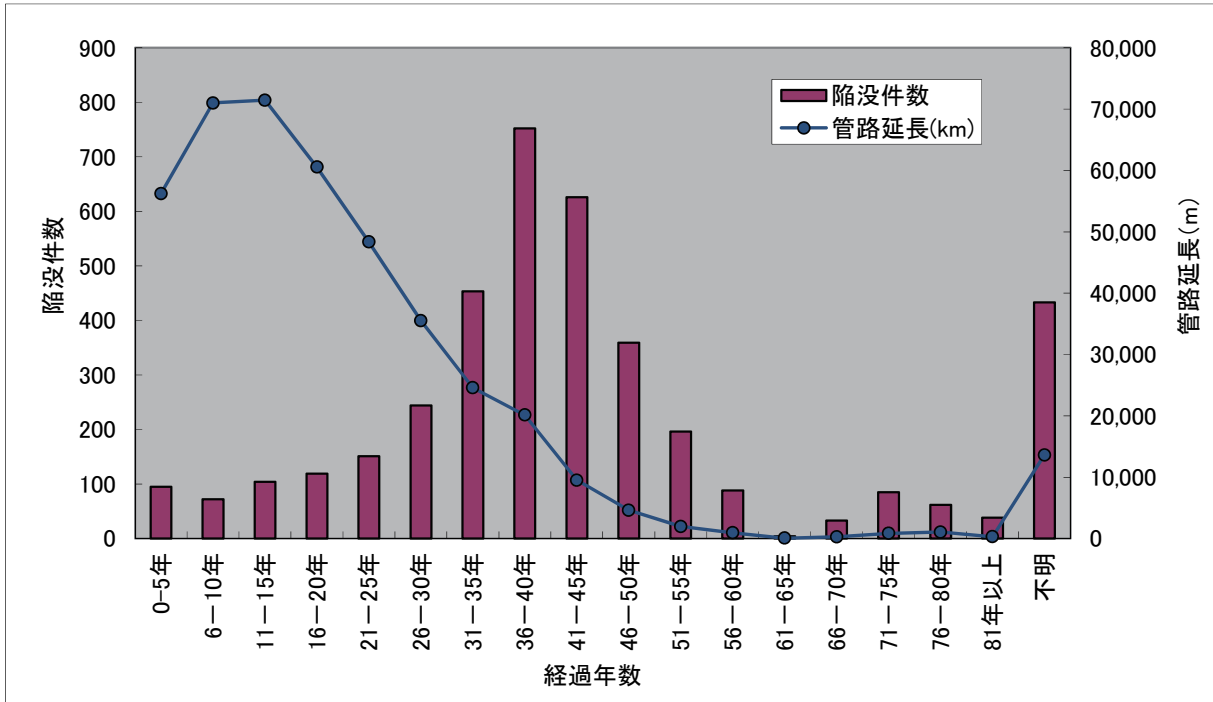


図-3.31 H21 経過年数別陥没件数・布設年度別管路管理延長

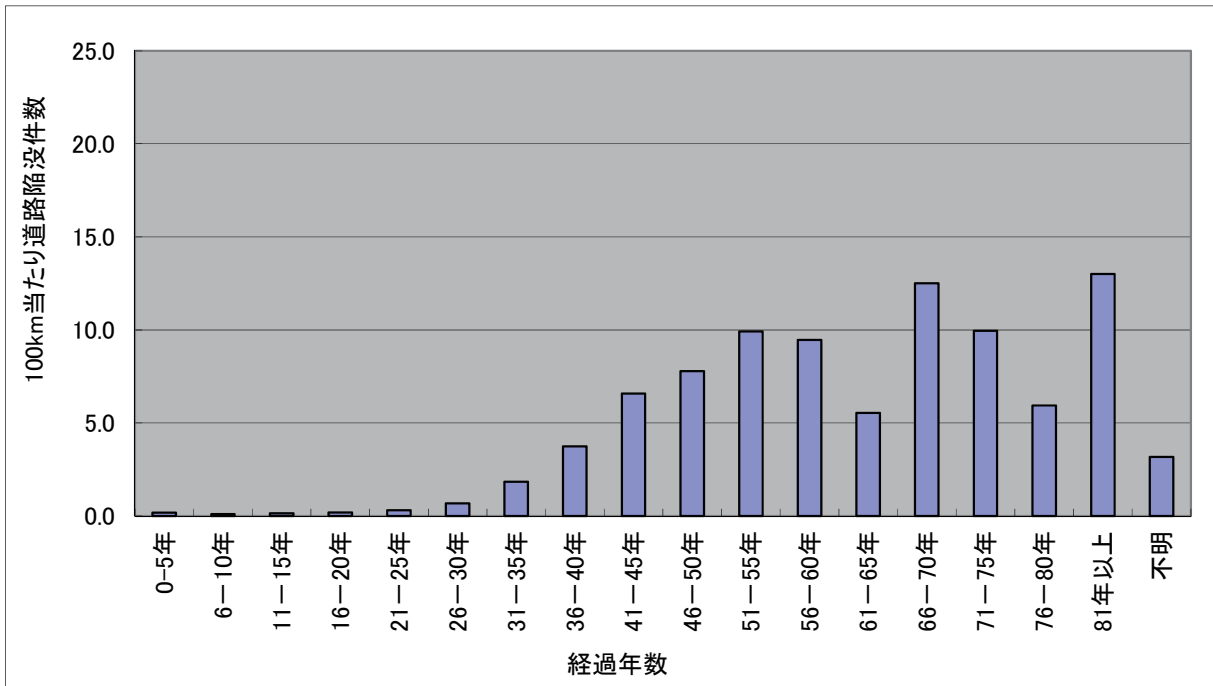


図-3.32 経過年数別管路延長 100km 当り陥没件数(H21)

e) H18～H21 陥没・管路延長データ集計・分析

経過年数別の H18～H21 発生陥没件数及び H18～H21 年度末の布設年度別管路延長の平均値を図-3.33 に、それを基に算出した経過年数別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.34 に示す。

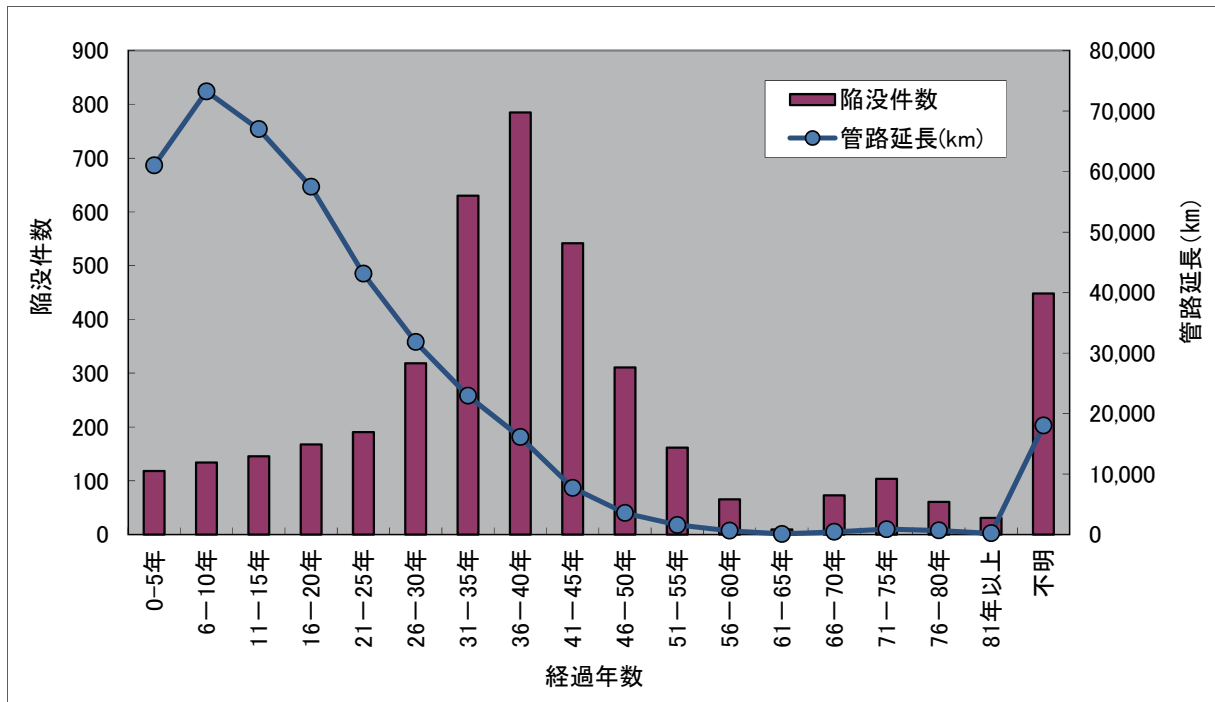


図-3.33 H18～H21 経過年数別陥没件数・布設年度別管路管理延長

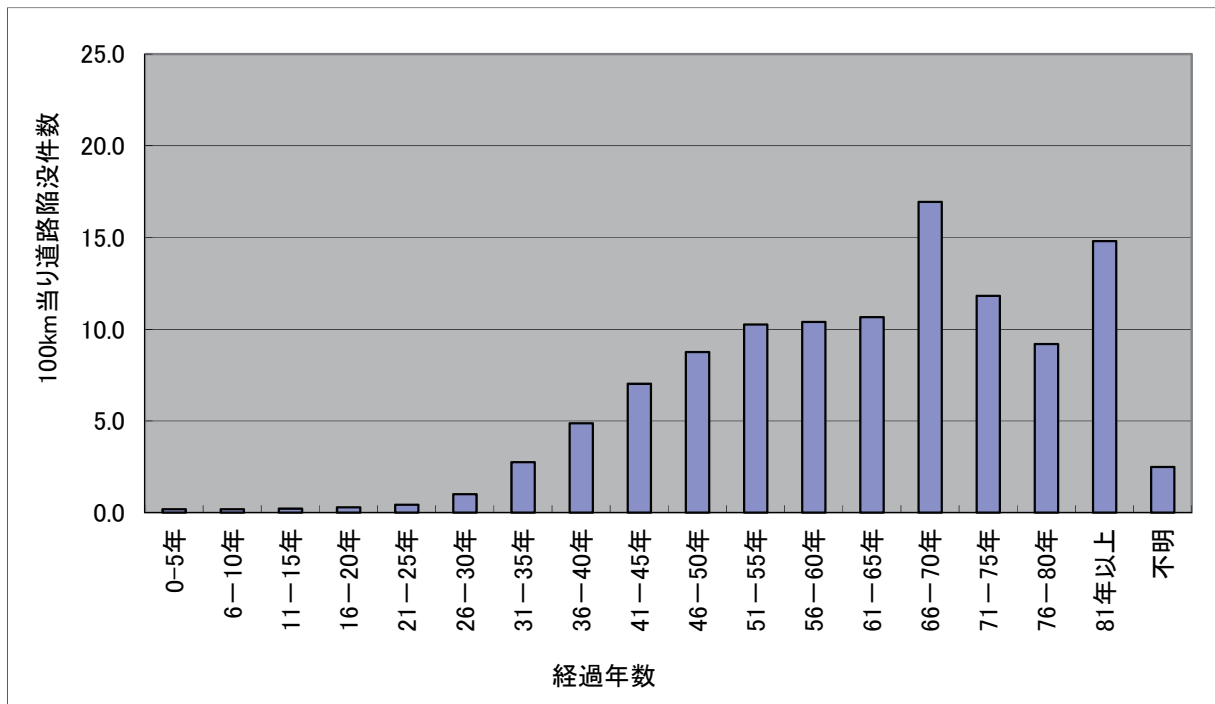


図-3.34 経過年数別管路延長 100km 当り陥没件数(H18～H21)

f) トレンド推計

図-3.34 に示す H18～H21 管路延長 100km 当り陥没件数を基にトレンド推計を行う。

まず、x 軸である経過年数については、ヒストグラムの中央値を採用する (3、8、13、18、...)。y 軸である管渠延長 100km 当り陥没件数は、図-3.34 では 5 年刻み (例：6 年以上 10 年以下＝5 年分) の合計値となっているため、5 で割って 1 年分の値に換算して分析する。推計式型については、分布の形状から比較的適合性が高いロジスティック式を採用する。

トレンド推計の結果は図-3.35 に示すとおりであり、決定係数は 0.87 と当てはまり具合は良い。

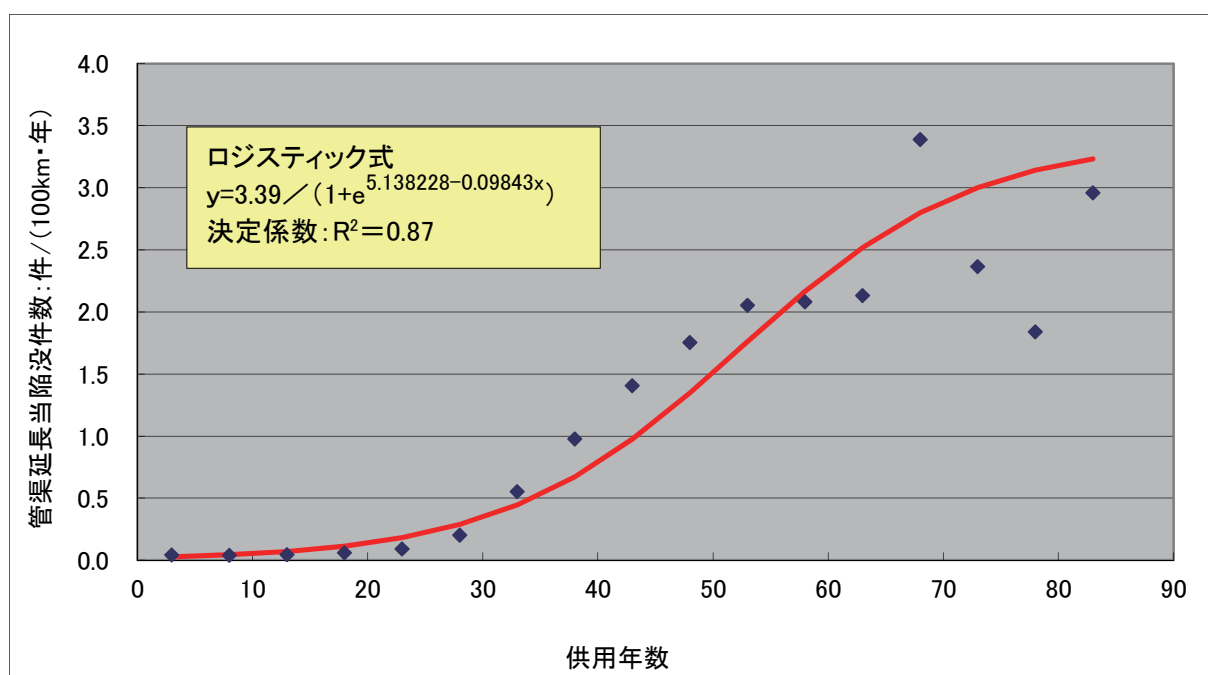


図-3.35 経過年数別管路延長 100km 当り陥没件数トレンド推計

g) まとめ

布設年度別に示した陥没件数を見ると、経過年数 30 年～45 年における陥没発生が比較的多い。布設延長 (整備延長) は毎年異なるため、布設年度別の陥没延長を各年度の布設延長 (管きょ 100 km) で割り戻すと、図-3.34 に示したように、管きょが古くなるとともに陥没割合が高くなる傾向が見られる。

特に、経過年数が 30 年を超えると、道路陥没の割合が顕著に増加する傾向が見られる。下水道維持管理指針 2003 年版 (下水道協会) において、点検調査の頻度が 30 年を境に変わるのは、この傾向に基づくものである。

3.2.3 管種別管路延長当陥没件数

管種別延長は、本管延長のみを対象としているため、陥没についても本管種別のもののみを抽出して分析する。

a) H18 陥没・管路延長データ集計・分析

管種別の H18 発生陥没件数及び H18 年度末管路延長を図-3.36 に、それを基に算出した管種別の管路延長 100km 当り道路陥没件数を図-3.37 に示す。

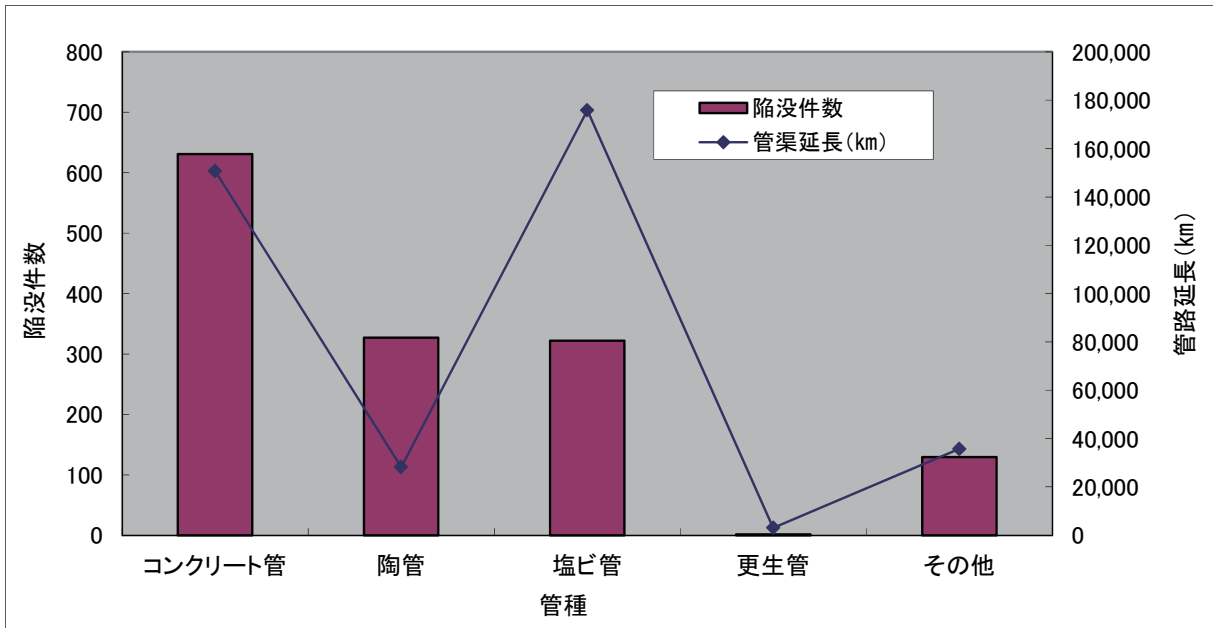


図-3.36 管種別陥没件数・管路管理延長(H18)

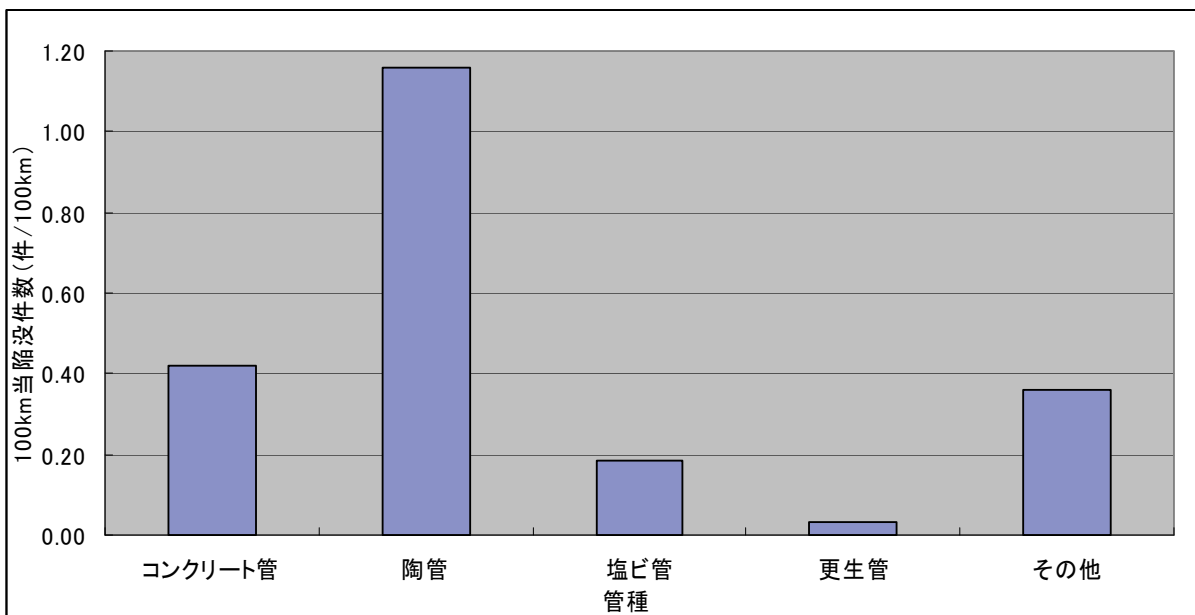


図-3.37 管種別管路延長 100km 当り陥没件数/年(H18)

b) H19 陥没・管路延長データ集計・分析

管種別の H19 発生陥没件数及び H19 年度末管路延長を図-3.38 に、それを基に算出した管種別の管路延長 100km 当り道路陥没件数を図-3.39 に示す。

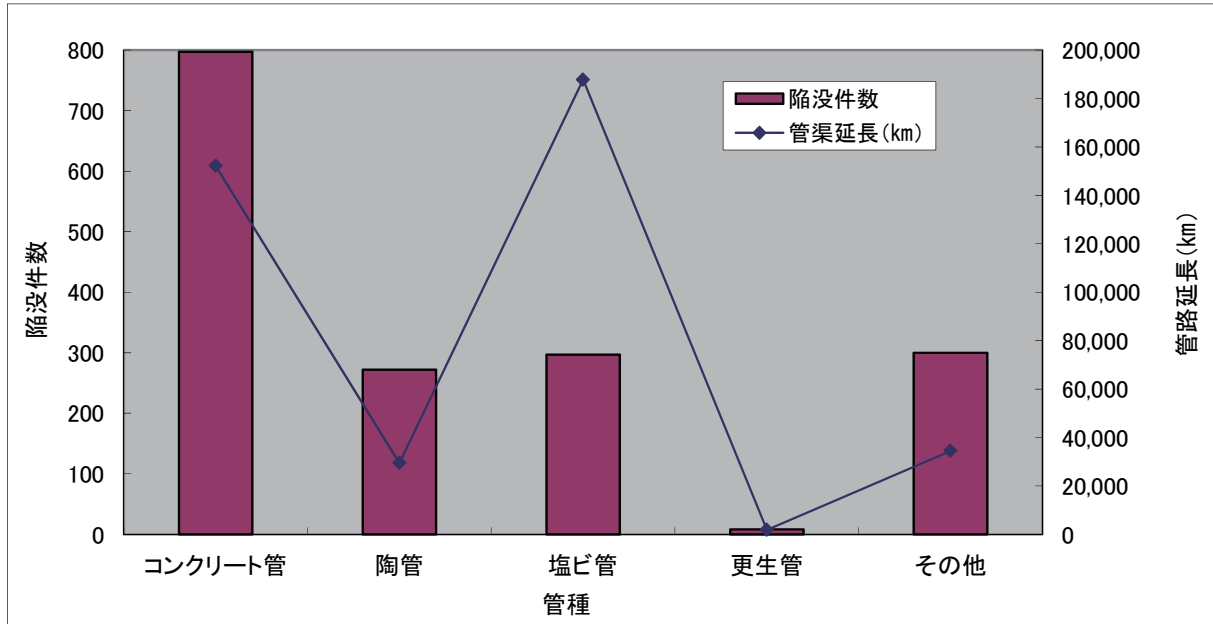


図-3.38 管種別陥没件数・管路管理延長(H19)

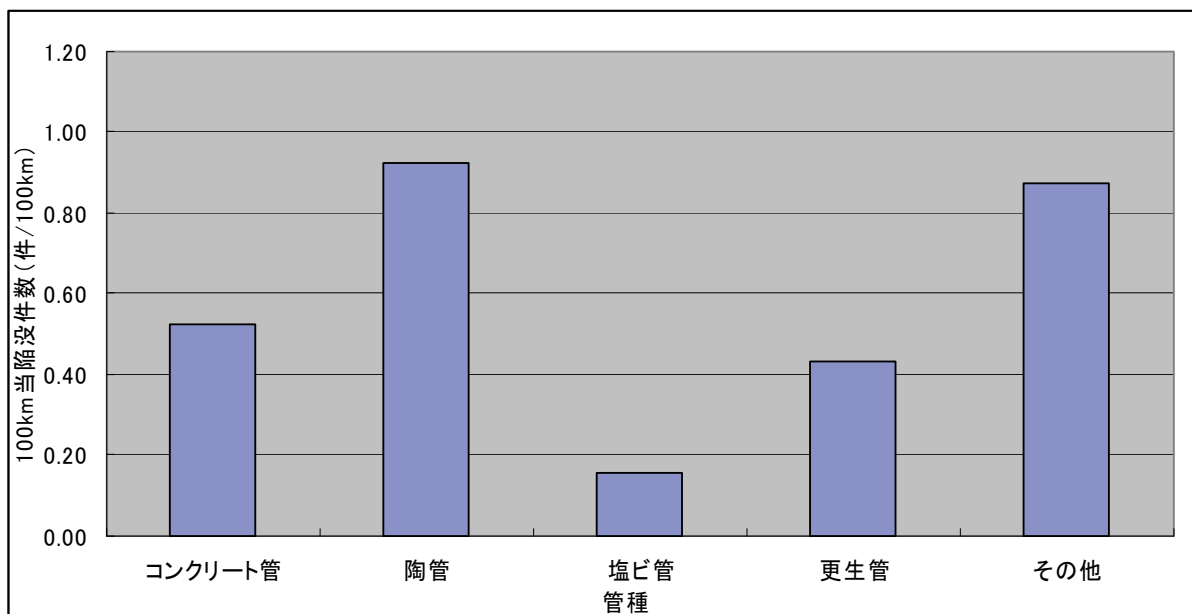


図-3.39 管種別管路延長 100km 当り陥没件数/年(H19)

c) H20 陥没・管路延長データ集計・分析

管種別の H20 発生陥没件数及び H20 年度末管路延長を図-3.40 に、それを基に算出した管種別の管路延長 100km 当り道路陥没件数を図-3.41 に示す。

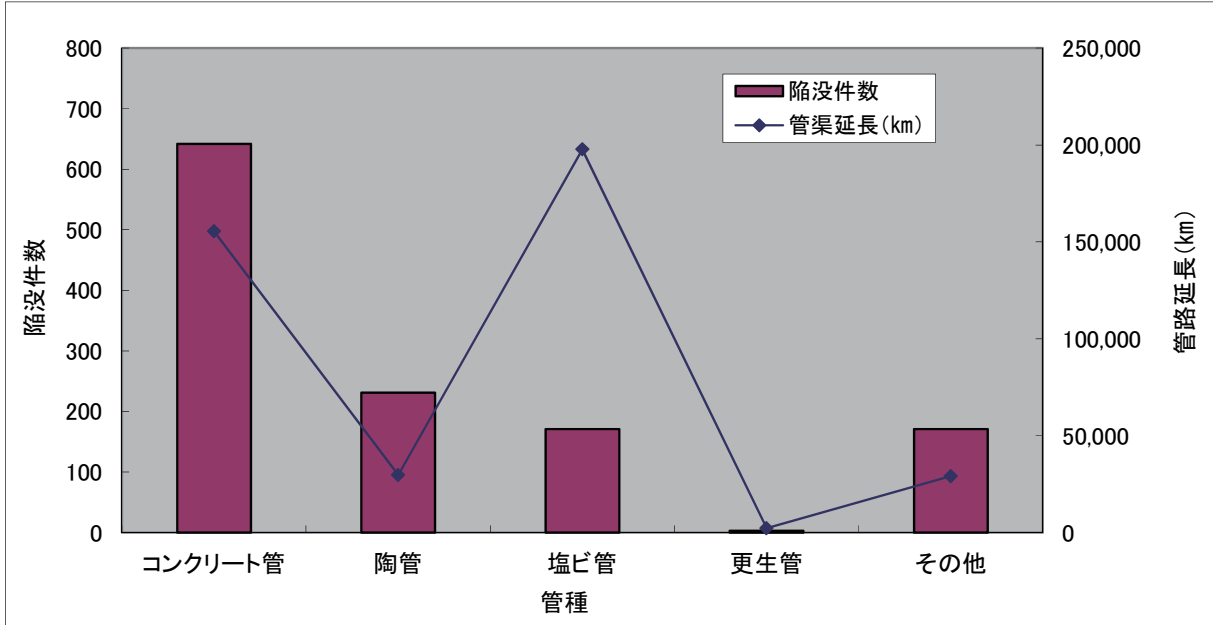


図-3.40 管種別陥没件数・管路管理延長(H20)

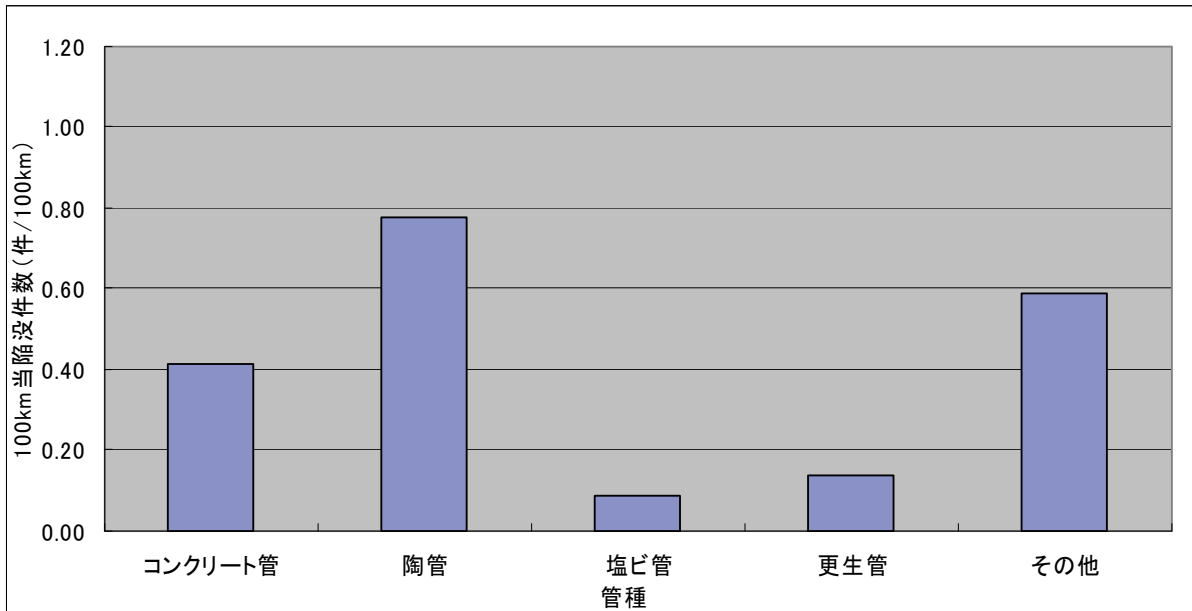


図-3.41 管種別管路延長 100km 当り陥没件数/年(H20)

d) H21 陥没・管路延長データ集計・分析

管種別の H21 発生陥没件数及び H21 年度末管路延長を図-3.42 に、それを基に算出した管種別の管路延長 100km 当り道路陥没件数を図-3.43 に示す。

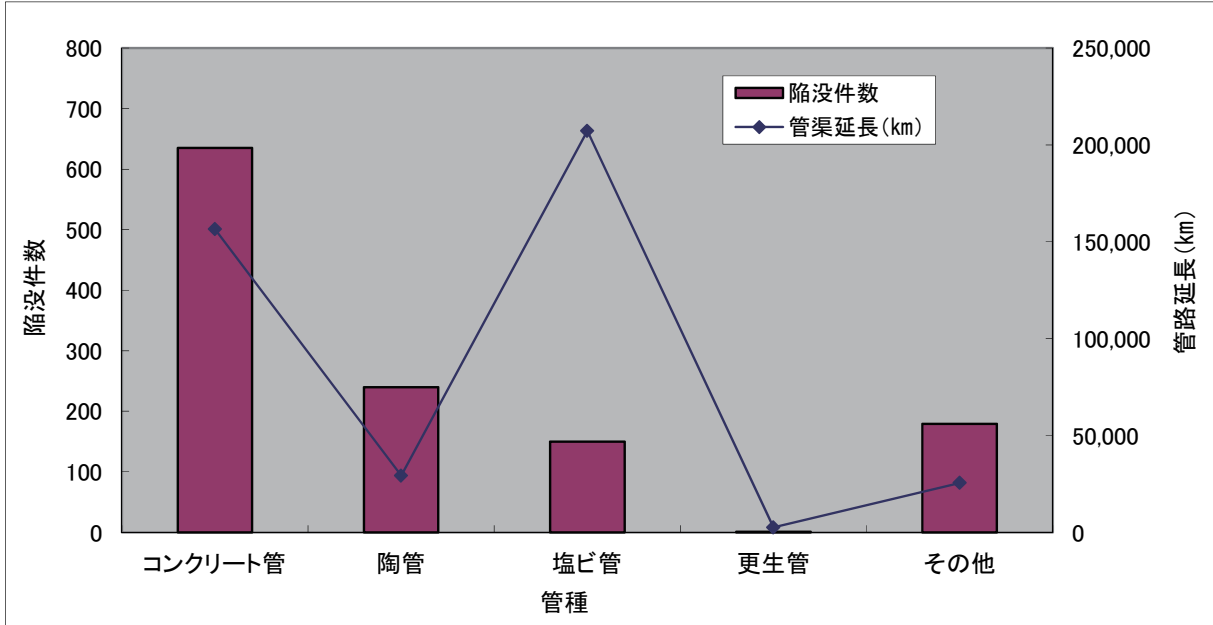


図-3.42 管種別陥没件数・管路管理延長(H21)

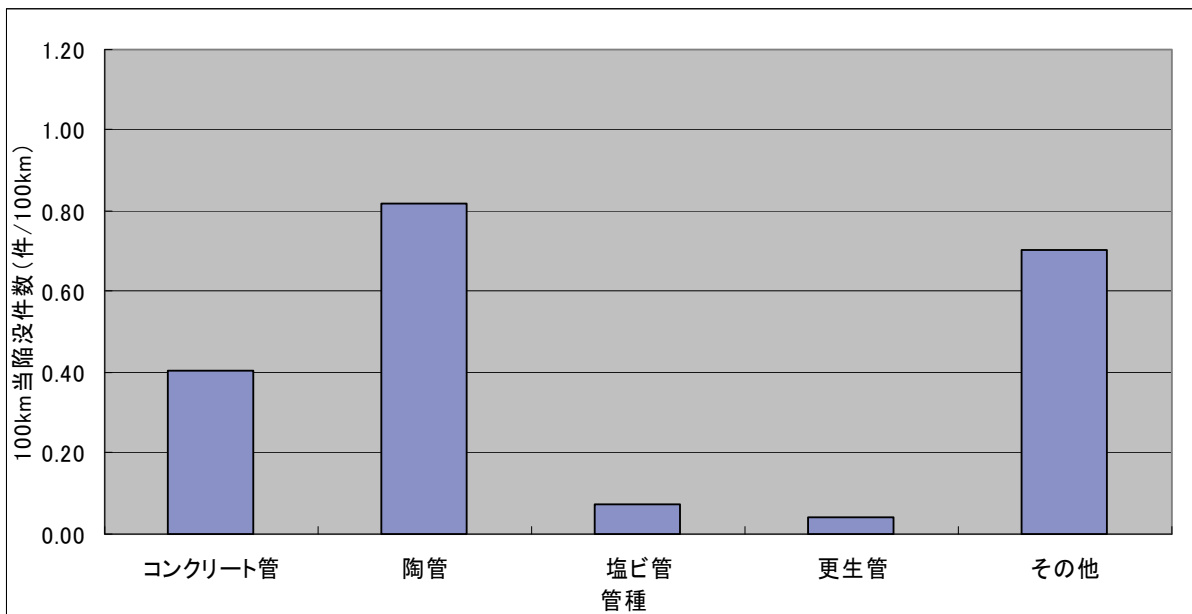


図-3.43 管種別管路延長 100km 当り陥没件数/年(H21)

e) H18～H21 陥没・管路延長データ集計・分析

管種別の H18～H21 発生陥没件数及び H18～H21 年度末管路延長の平均値を図-3.44 に、それを基に算出した管種別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.45 に示す。

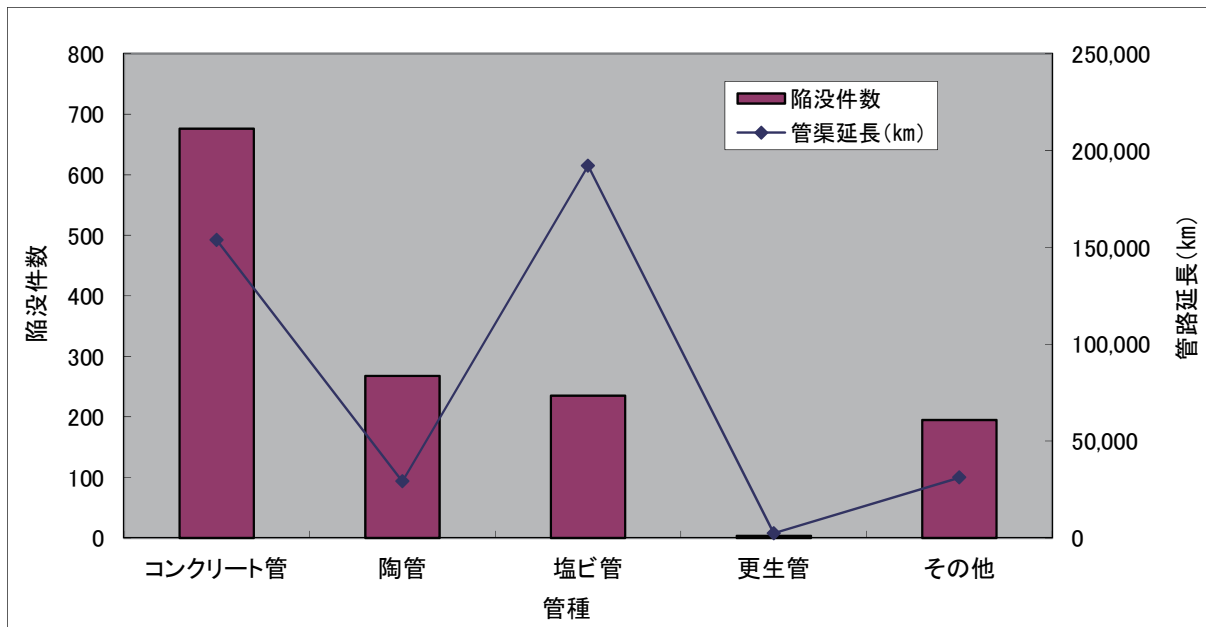


図-3.44 管種別陥没件数・管路管理延長(H18～H21)

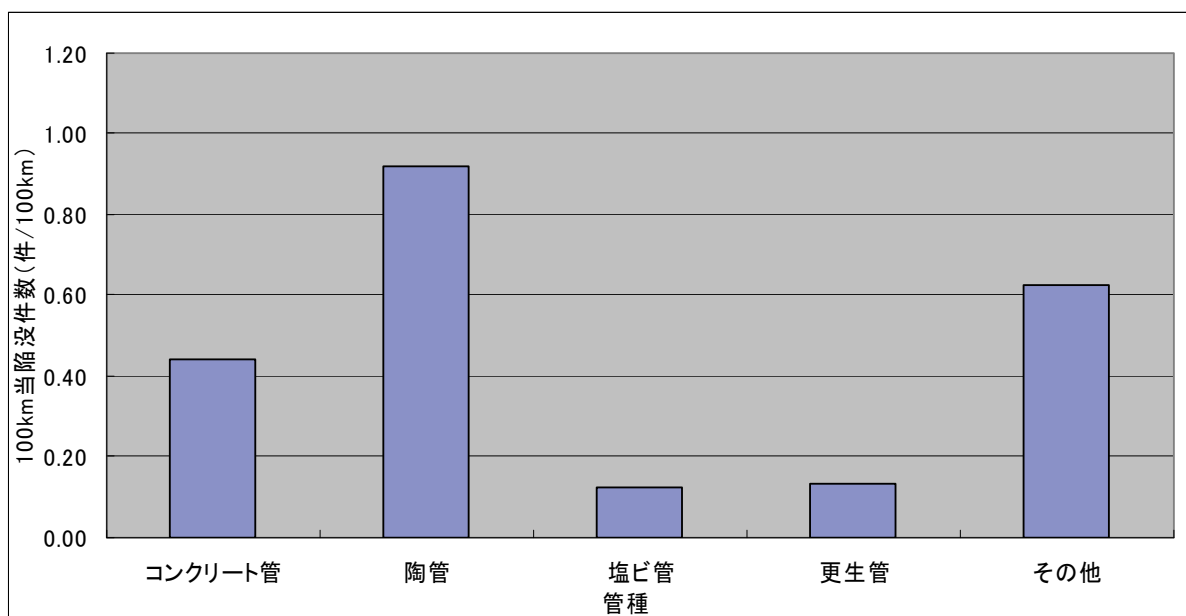


図-3.45 管種別管路延長 100km 当り陥没件数/年(H18～H21)

f) まとめ

管種による陥没の発生しやすさについて、その傾向を示した。この結果、管きょ 100 km 当たり陥没件数は、陶管がもっと高く約 0.9 件数/100 km/年、次いでコンクリート管 0.4 件数/100 km/年であり、コンクリート管に比べ陶管の方が陥没の発生する可能性が約 2 倍高い結果となった。

3.2.4 本管管種別布設年度別管路延長当陥没件数

HP と CP の 2 種類について、本管種別の陥没件数を抽出して布設年度別の管路延長当陥没件数を算出する。

a) HP (ヒューム管)

1) H18 陥没・管路延長データ集計・分析

布設年度別の H18 発生陥没件数及び H18 年度末管路延長を図-3.46 に、それを基に算出した布設年度別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.47 に示す。

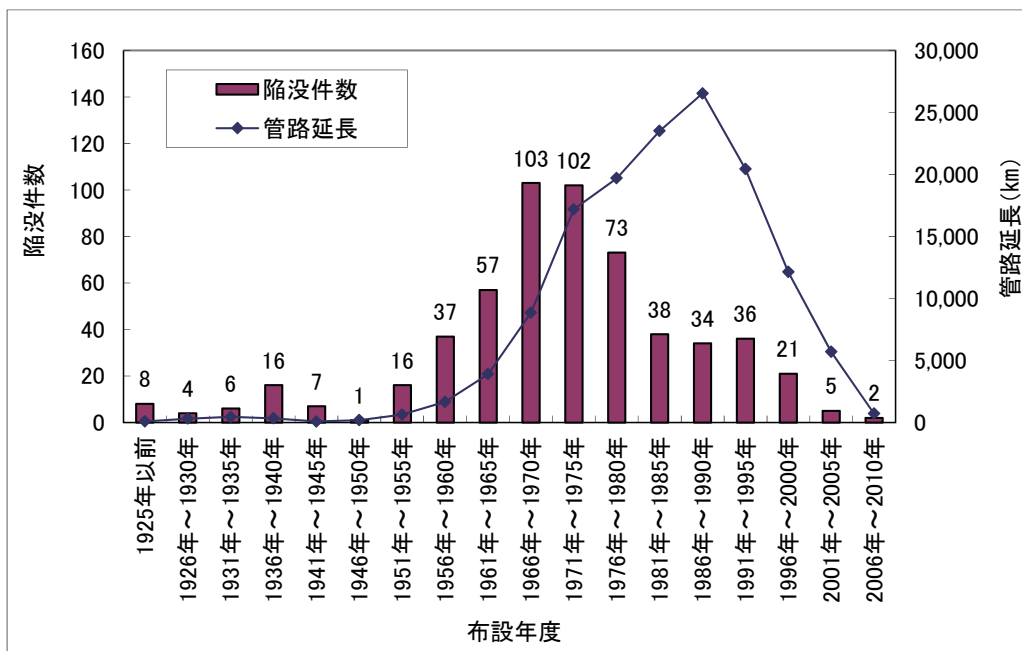


図-3.46 布設年度別陥没件数・管路管理延長(HP、H18)

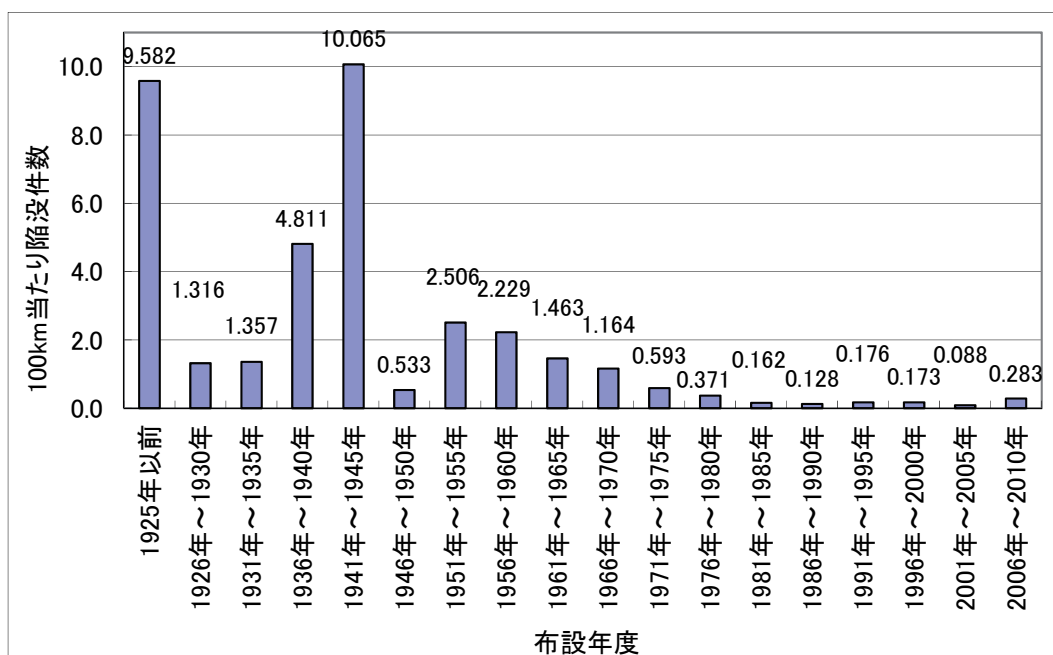


図-3.47 布設年度別管路延長 100km 当り陥没件数(HP、H18)

2) H19 陥没・管路延長データ集計・分析

布設年度別の H19 発生陥没件数及び H19 年度末管路延長を図-3.48 に、それを基に算出した布設年度別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.49 に示す。

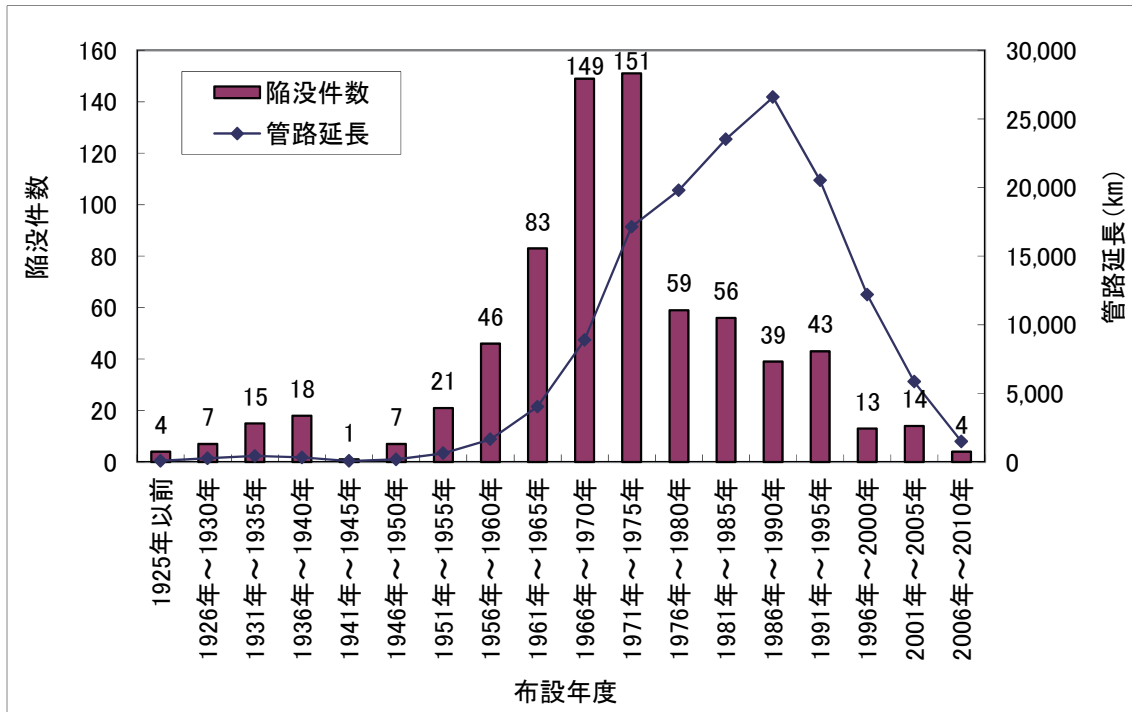


図-3.48 布設年度別陥没件数・管路管理延長(HP、H19)

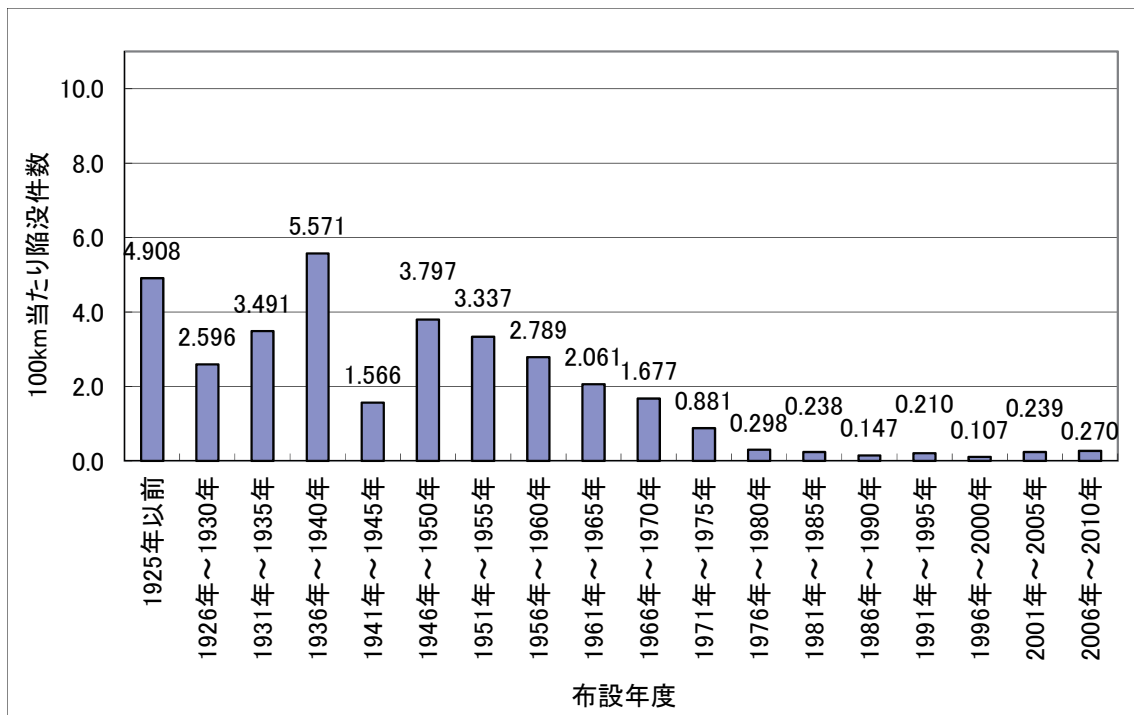


図-3.49 布設年度別管路延長 100km 当り陥没件数(HP、H19)

3) H20 陥没・管路延長データ集計・分析

布設年度別の H20 発生陥没件数及び H20 年度末管路延長を図-3.50 に、それを基に算出した布設年度別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.51 に示す。

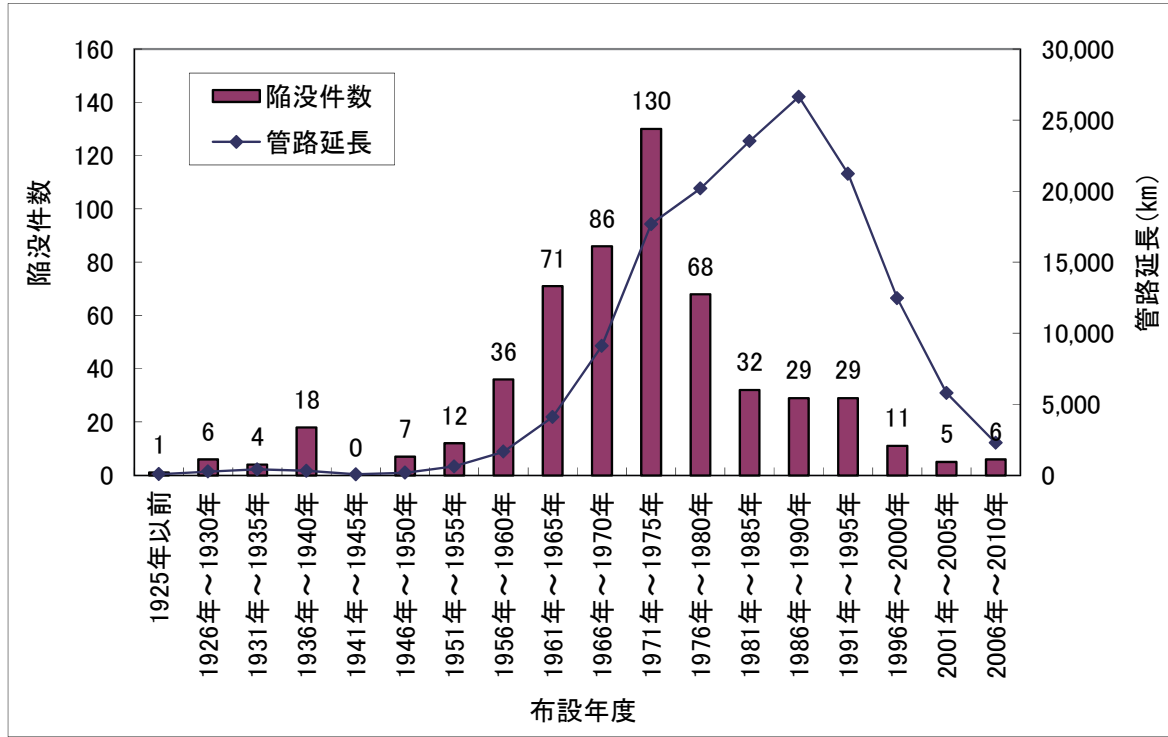


図-3.50 布設年度別陥没件数・管路管理延長(HP、H20)

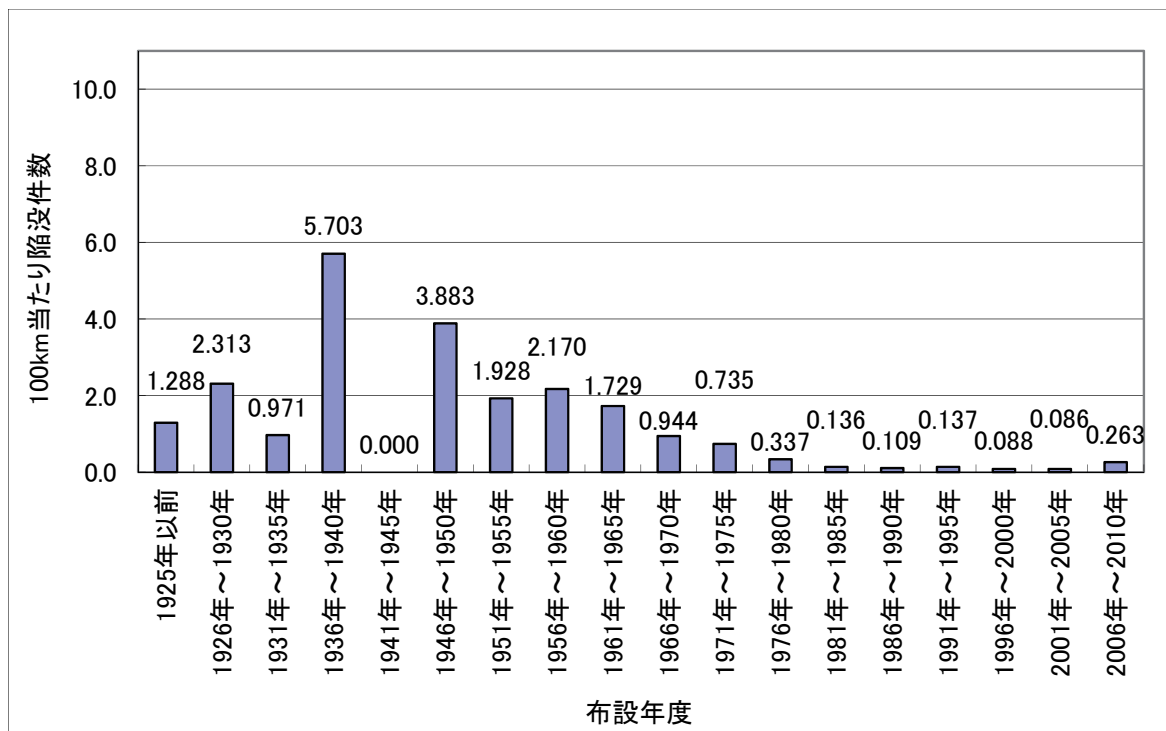


図-3.51 布設年度別管路延長 100km 当り陥没件数(HP、H20)

4) H21 陥没・管路延長データ集計・分析

布設年度別の H21 発生陥没件数及び H21 年度末管路延長を図-3.52 に、それを基に算出した布設年度別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.53 に示す。

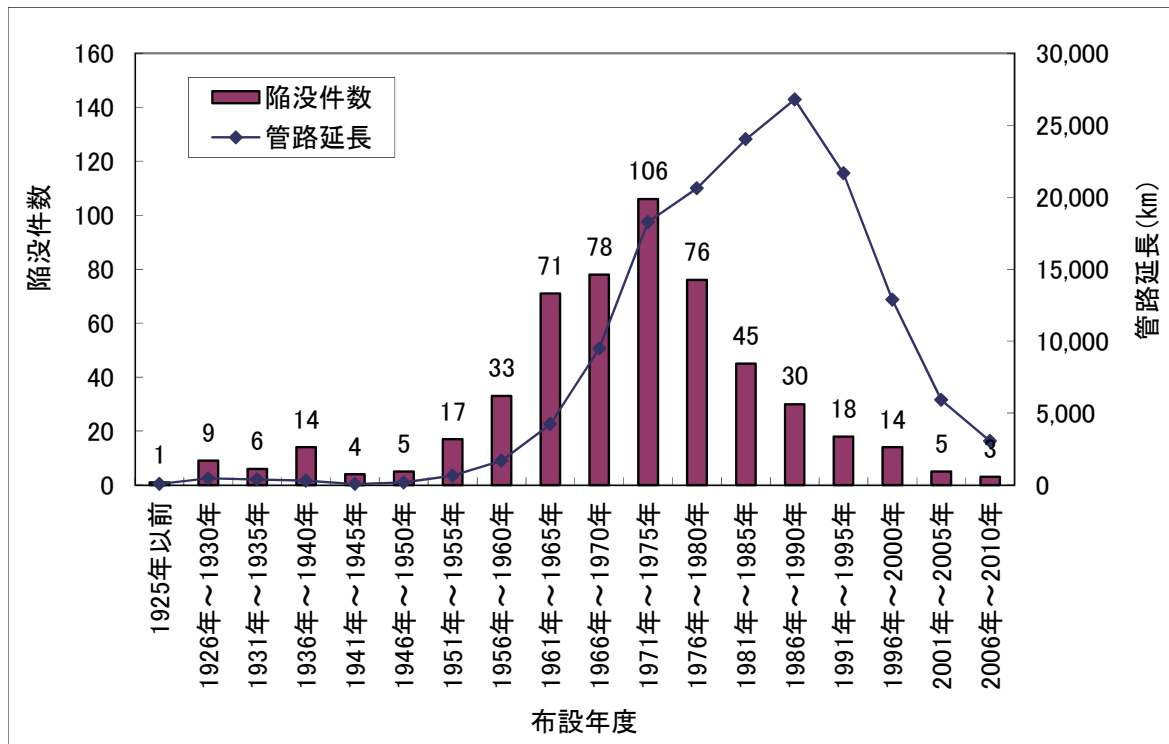


図-3.52 布設年度別陥没件数・管路管理延長(HP、H21)

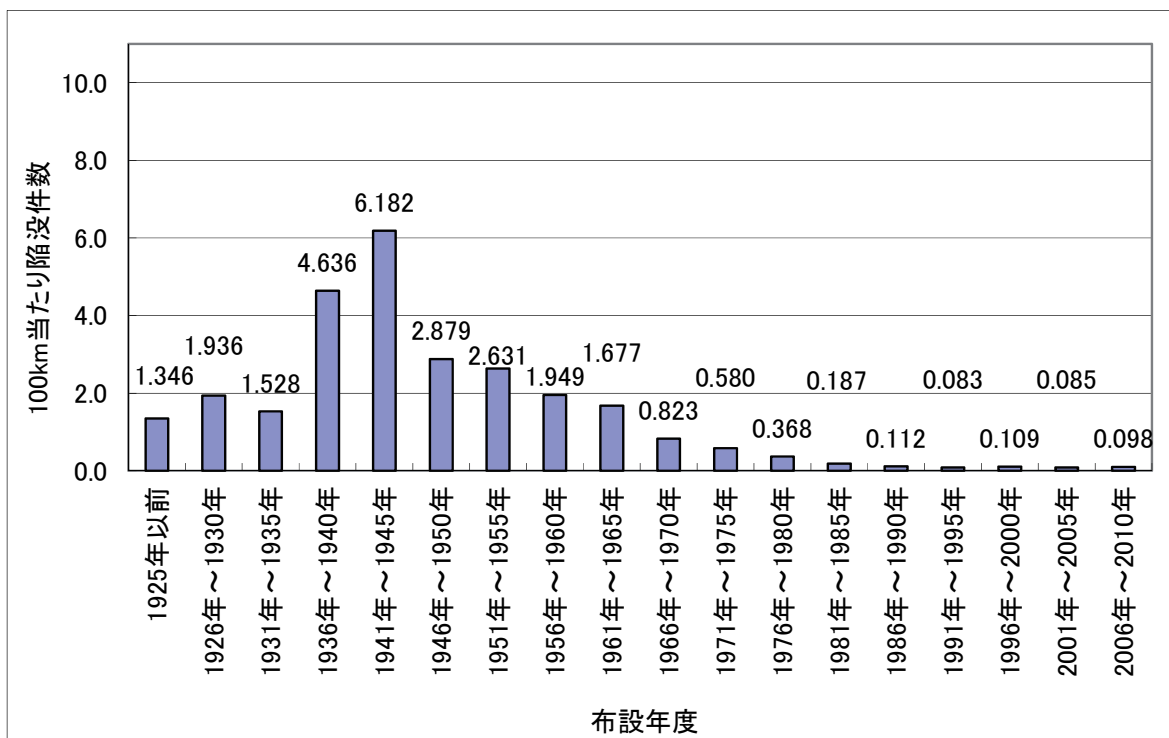


図-3.53 布設年度別管路延長 100km 当り陥没件数(HP、H21)

5) H18～H21 陥没・管路延長データ集計・分析

布設年度別の H18～H21 発生陥没件数及び H18～H21 年度末管路延長の平均値を図-3.54 に、それを基に算出した布設年度別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.55 に示す。

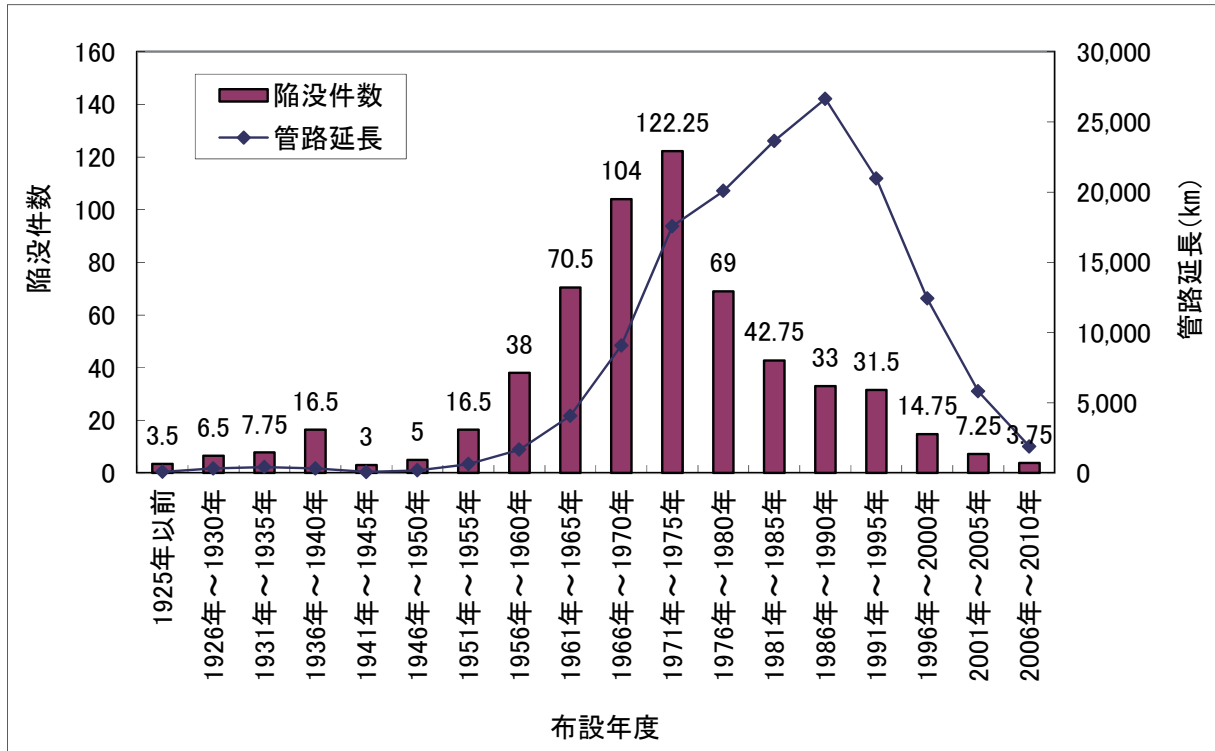


図-3.54 布設年度別陥没件数・管路管理延長(HP、H18～H21)

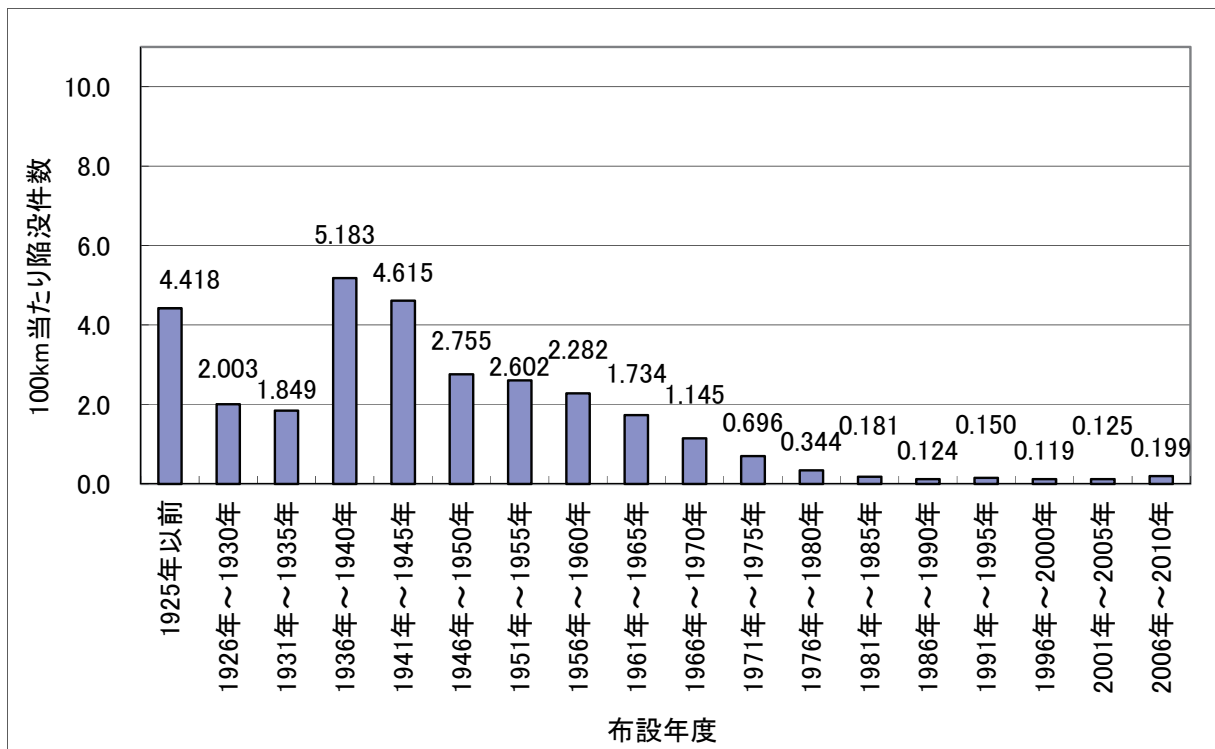


図-3.55 布設年度別管路延長 100km 当り陥没件数/年(HP、H18～H21)

6) まとめ

HP の布設年度別管きょ延長当たり陥没件数（陥没発生割合）を整理した結果、管きょが古くなるに従い、徐々に陥没の発生割合が大きくなる傾向にあった。

また、陥没発生割合のピークが 1930 年代後半から 1950 年代にかけて見られる。この時期は、太平洋戦争の前及び戦災復興の一環として実施された下水道整備の時期と一致する。『日本下水道史（技術編）』（日本下水道協会発行、1988.5）によると、この当時は「資材及び資金不足」との記述があり、特に戦後は、既設管の再利用等で不足分を補っていた旨の記述があり、低品質の材料が使用されていた可能性も否定できない。

b) CP (陶管)

1) H18 陥没・管路延長データ集計・分析

布設年度別の H18 発生陥没件数及び H18 年度末管路延長を図-3.56 に、それを基に算出した布設年度別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.57 に示す。

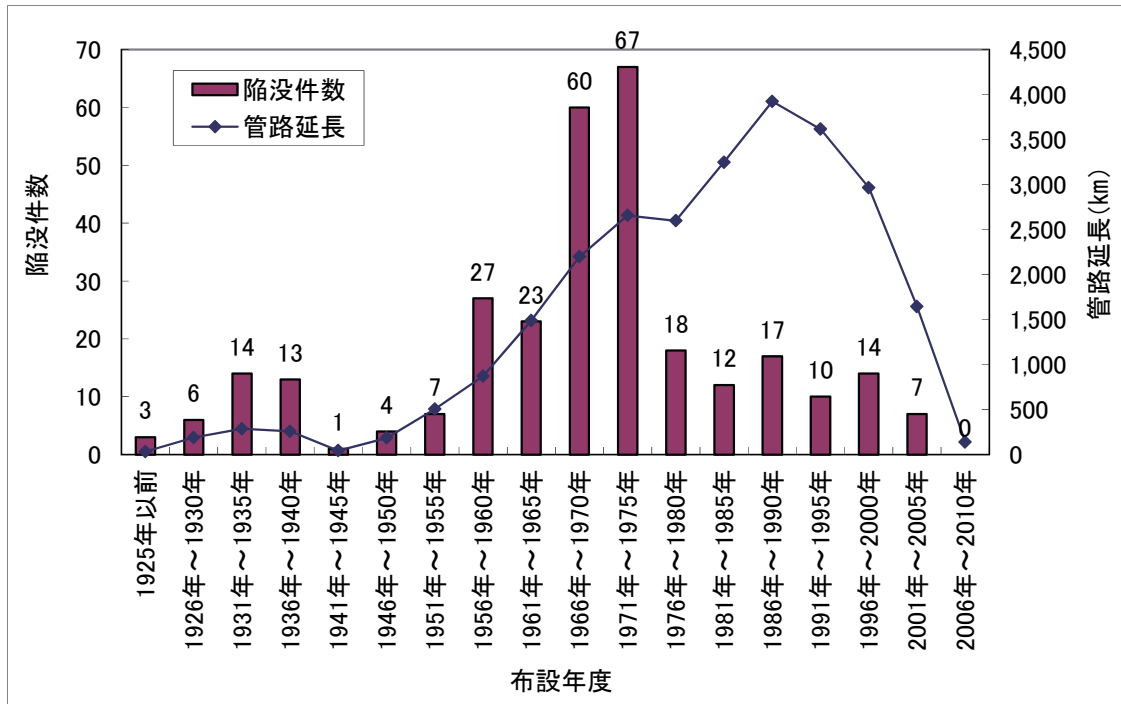


図-3.56 布設年度別陥没件数・管路管理延長(CP、H18)

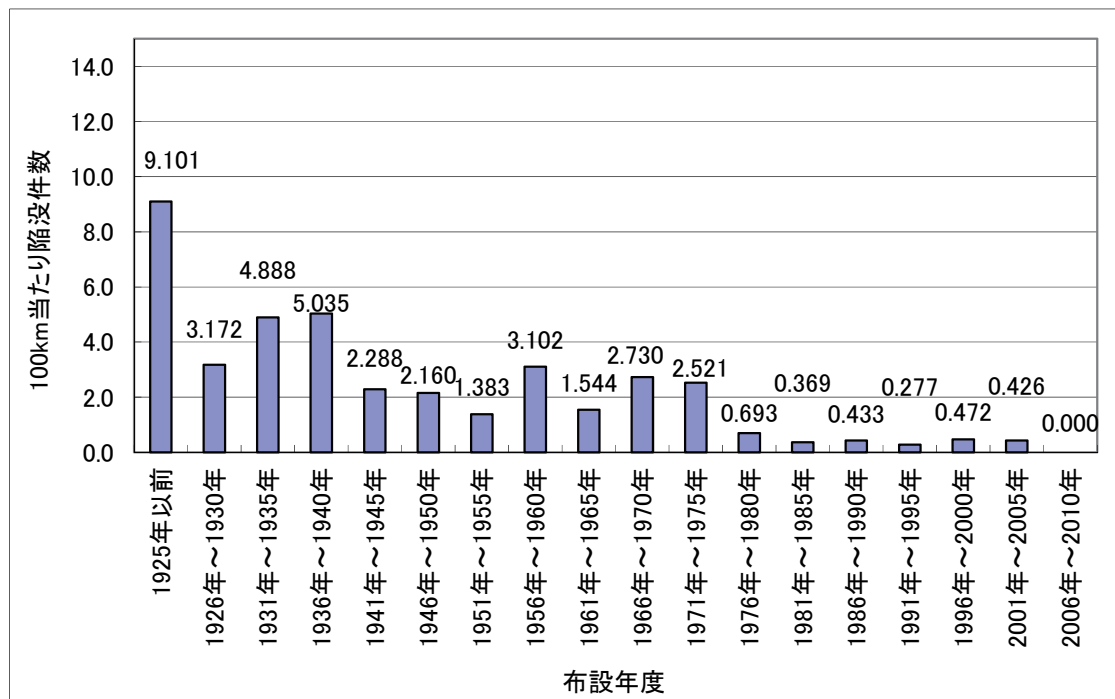


図-3.57 布設年度別管路延長 100km 当り陥没件数(CP、H18)

2) H19 陥没・管路延長データ集計・分析

布設年度別の H19 発生陥没件数及び H19 年度末管路延長を図-3.58 に、それを基に算出した布設年度別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.59 に示す。

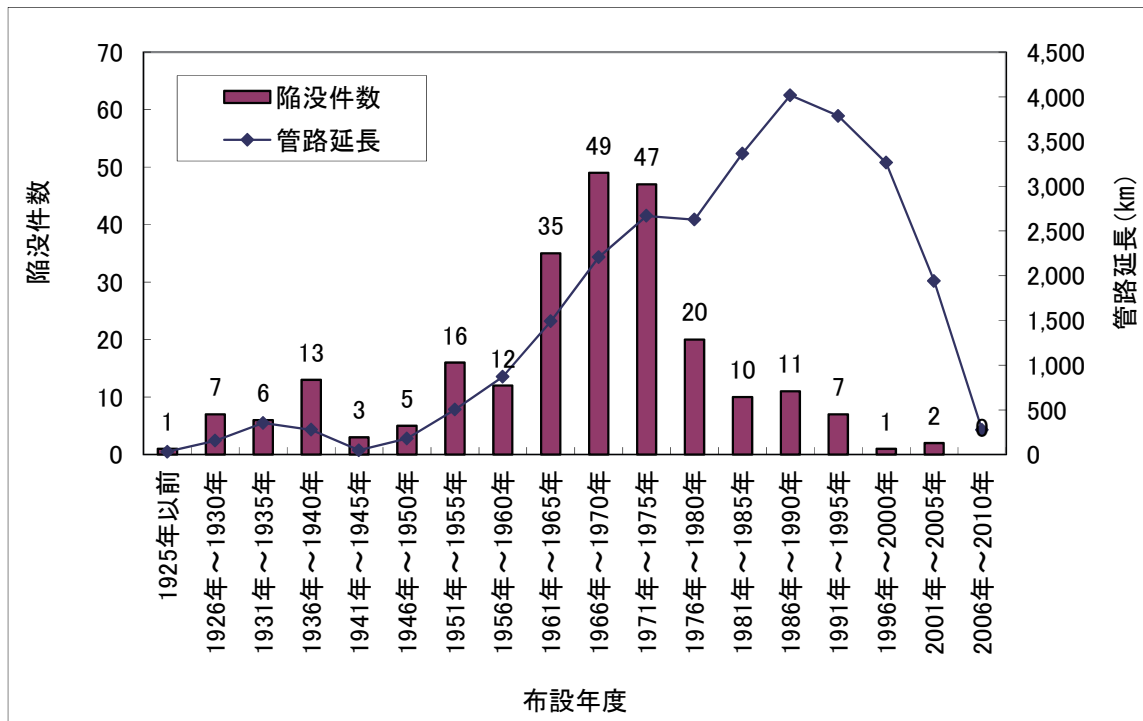


図-3.58 布設年度別陥没件数・管路管理延長(CP、H19)

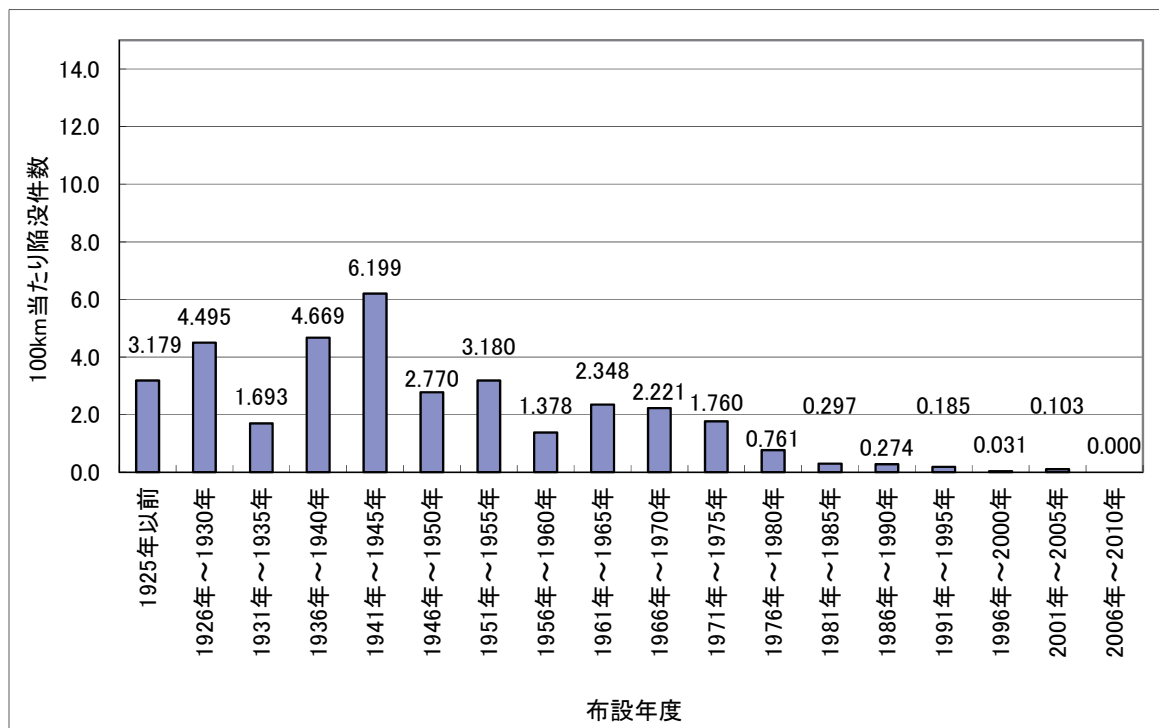


図-3.59 布設年度別管路延長 100km 当り陥没件数(CP、H19)

3) H20 陥没・管路延長データ集計・分析

布設年度別の H20 発生陥没件数及び H20 年度末管路延長を図-3.60 に、それを基に算出した布設年度別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.61 に示す。

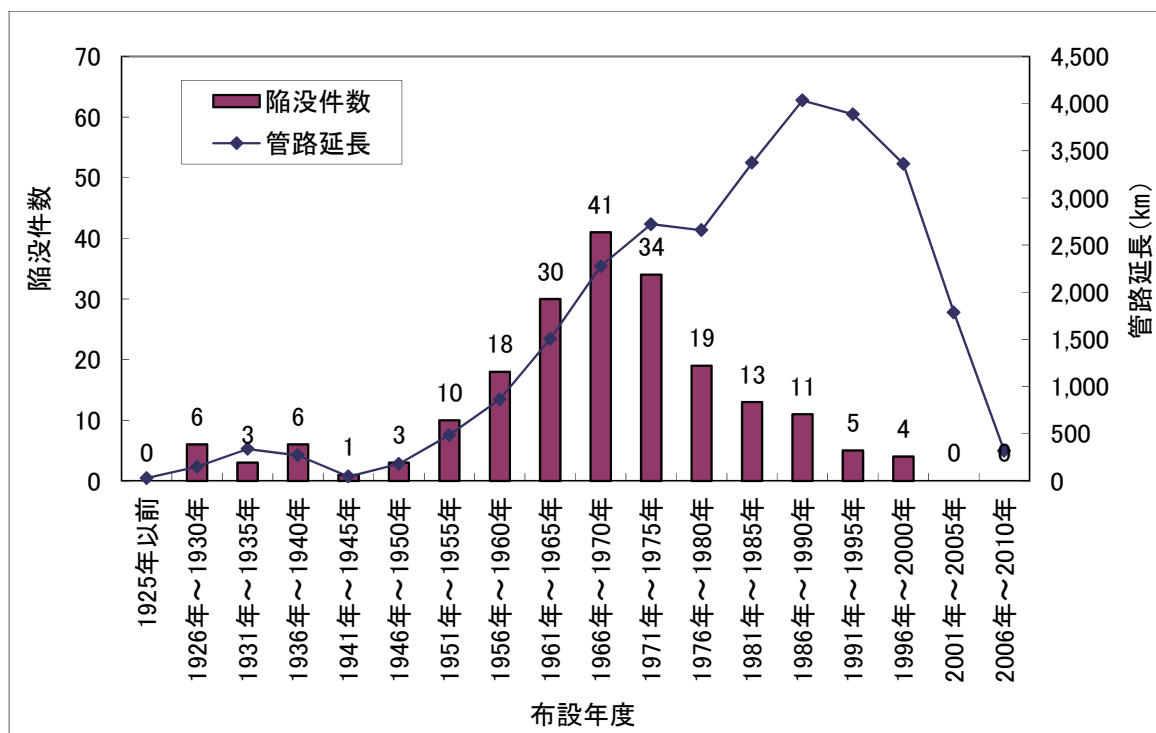


図-3.60 布設年度別陥没件数・管路管理延長(CP、H20)

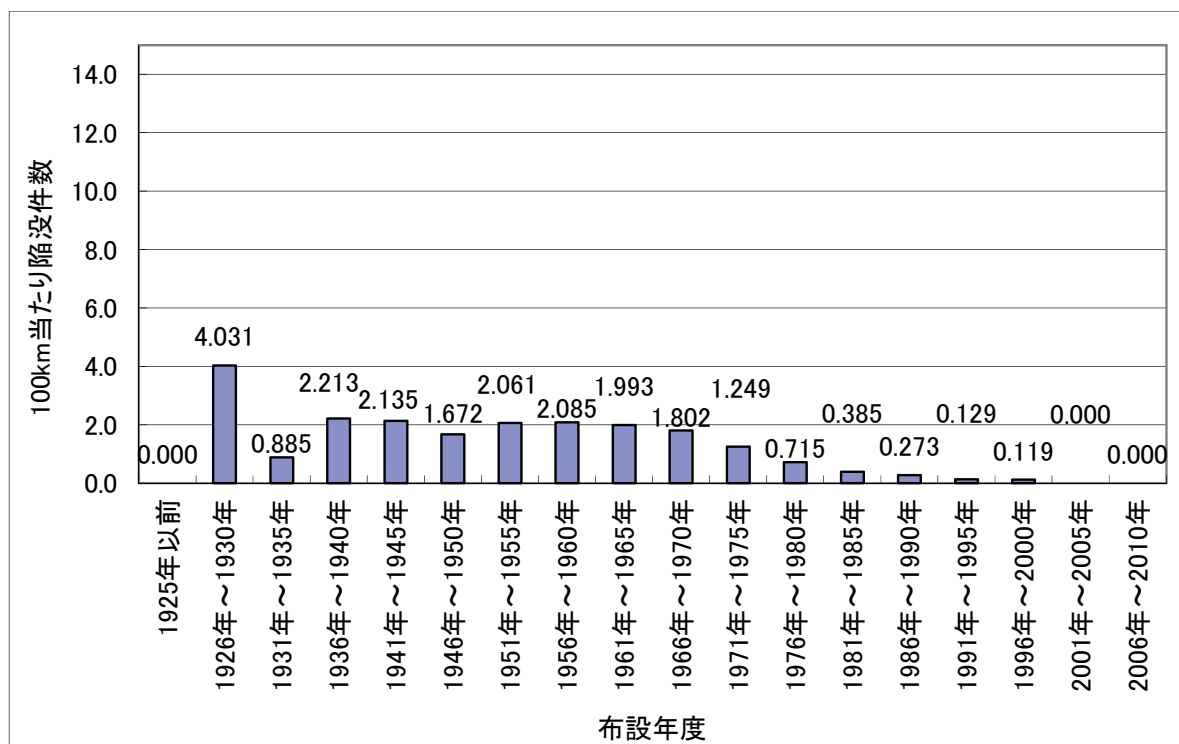


図-3.61 布設年度別管路延長 100km 当り陥没件数(CP、H20)

4) H21 陥没・管路延長データ集計・分析

布設年度別の H21 発生陥没件数及び H21 年度末管路延長を図-3.62 に、それを基に算出した布設年度別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.63 に示す。

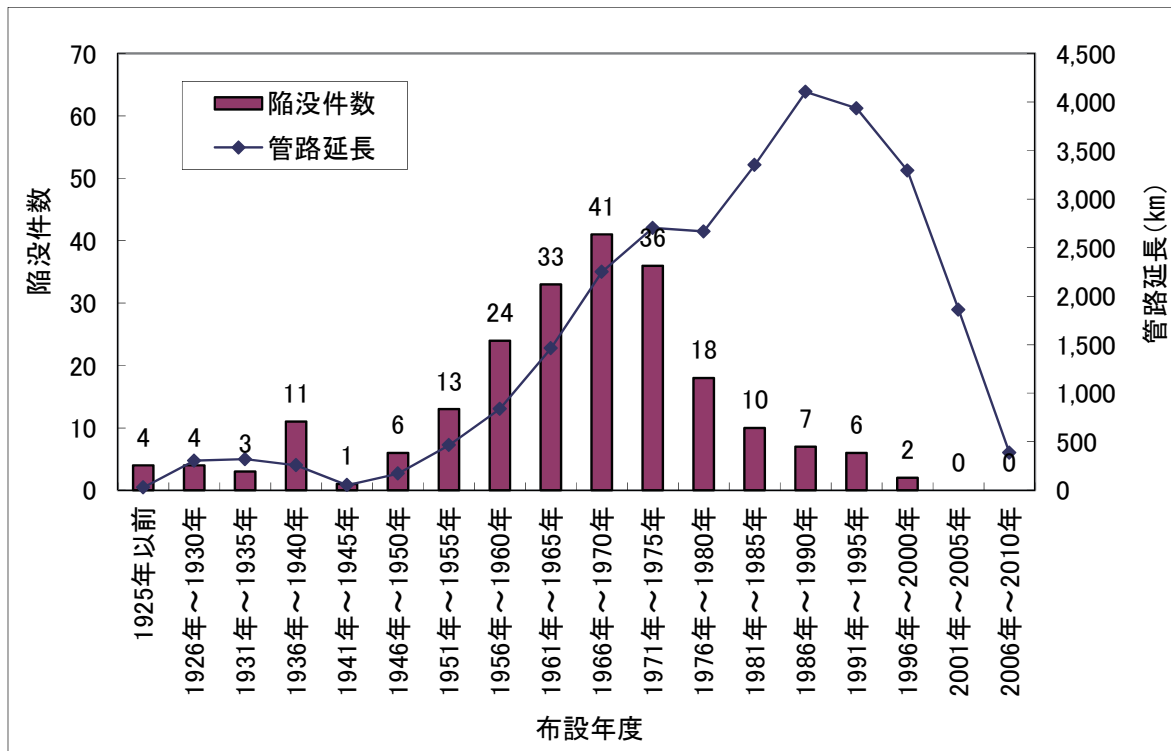


図-3.62 布設年度別陥没件数・管路管理延長(CP、H21)

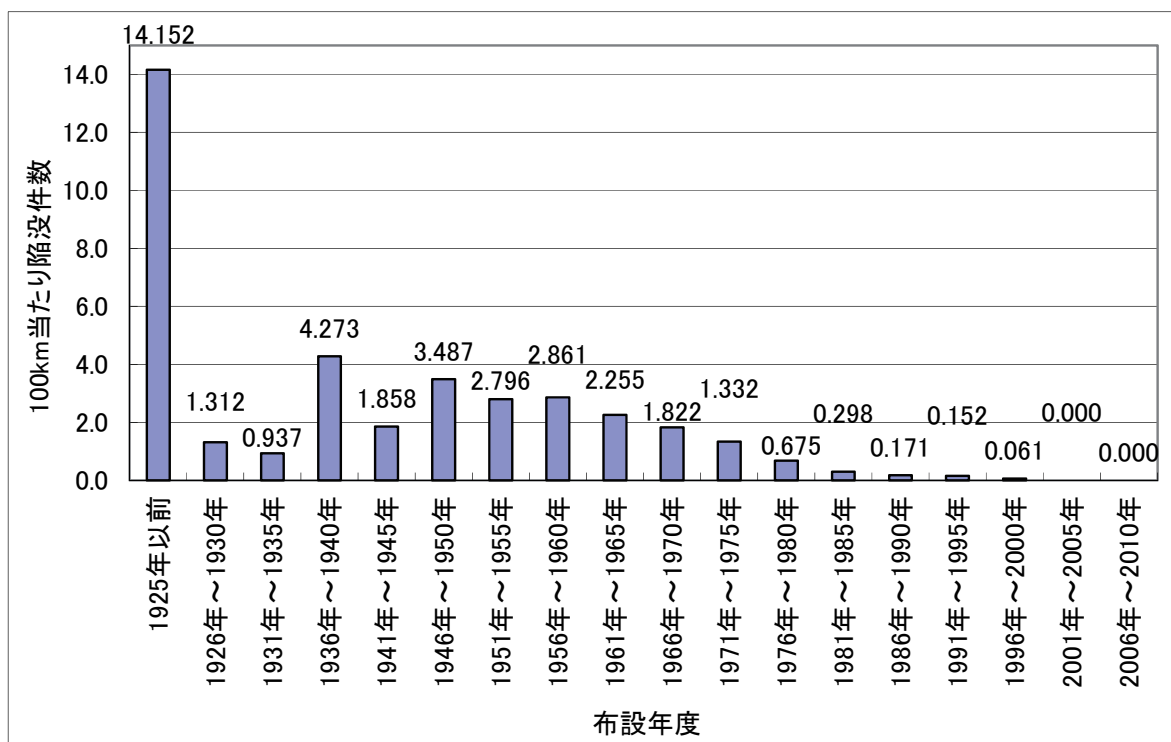


図-3.63 布設年度別管路延長 100km 当り陥没件数(CP、H21)

5) H18～H21 陥没・管路延長データ集計・分析

布設年度別の H18～H21 発生陥没件数及び H18～H21 年度末管路延長の平均値を図-3.64 に、それを基に算出した布設年度別の 100km 当り道路陥没件数を図-3.65 に示す。

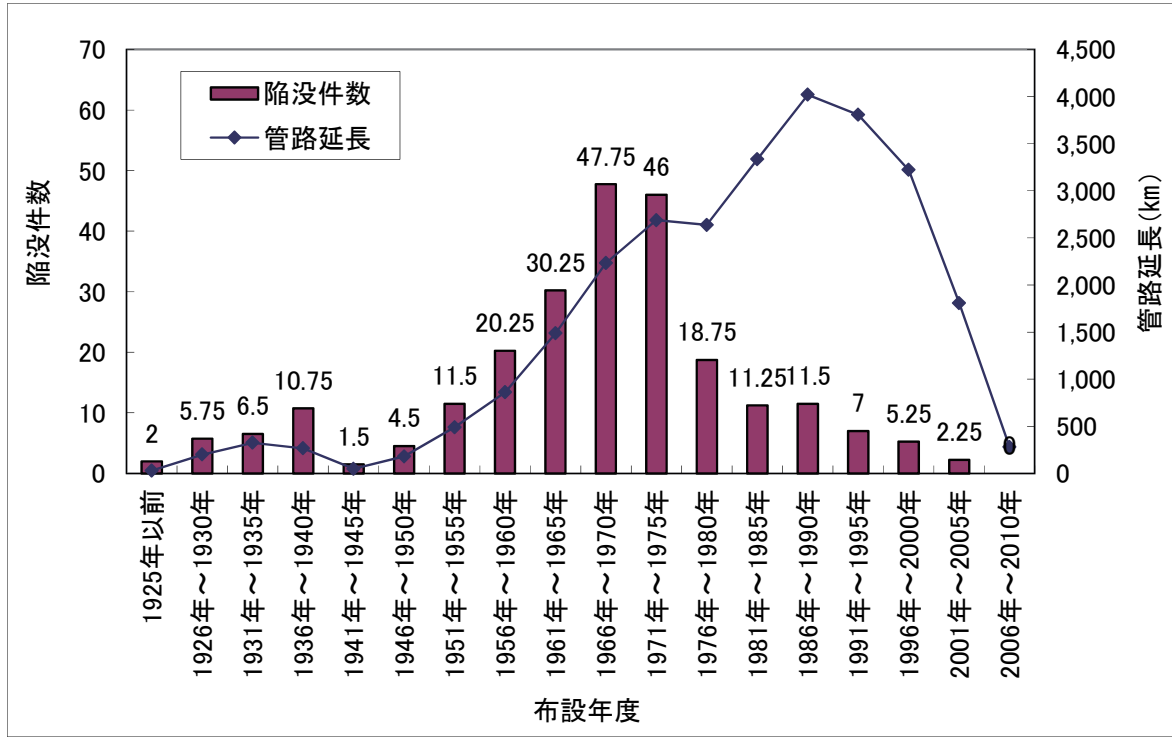


図-3.64 布設年度別陥没件数・管路管理延長(CP、H18～H21)

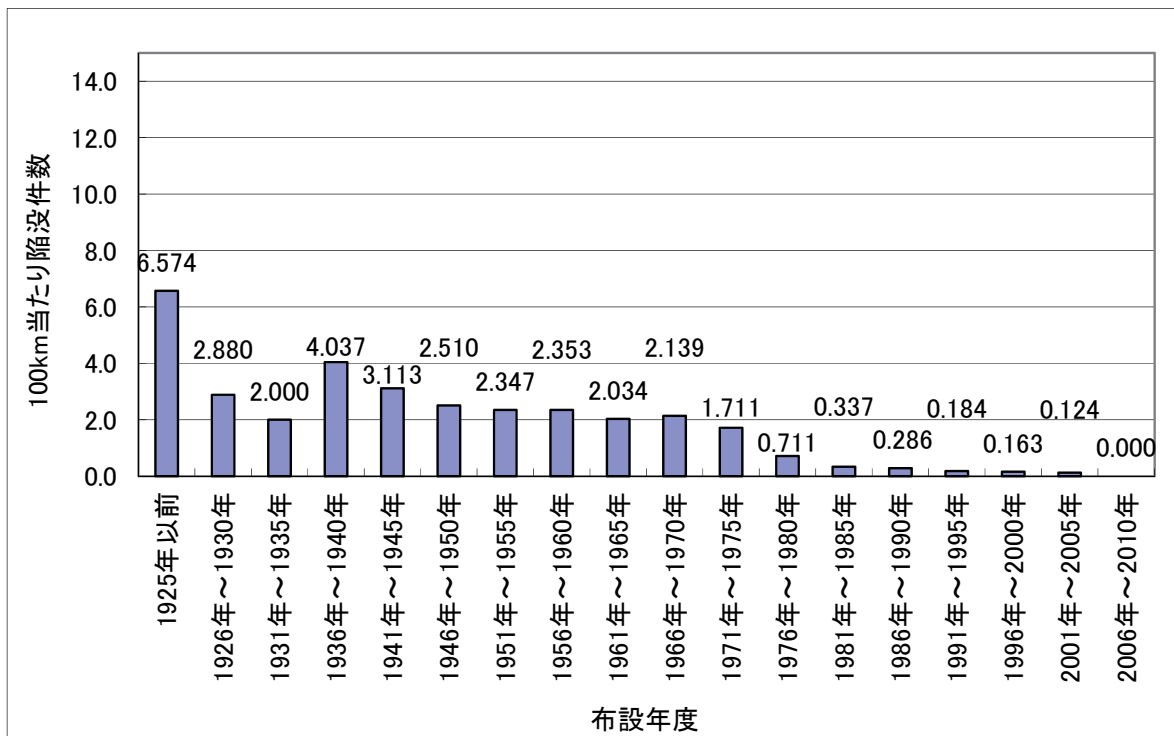


図-3.65 布設年度別管路延長 100km 当り陥没件数(CP、H18～H21)

6) まとめ

CP の布設年度別管きょ延長当たり陥没件数（陥没発生割合）を整理した結果、管きょが古くなるに従い、徐々に陥没の発生割合が大きくなる傾向にあった。

また、陥没発生割合の変化点が 1970 年代に、ピークが 1930 年代後半頃に見られる。

これは、1973 年以前の陶管が、製造技術の著しく進歩した現在の製品強度の半分程度の強度であったこと（『地球にやさしいパイプ』、全国セラミックパイプ工業組合）や、先述の HP で触れた太平洋戦争の影響によるものと推察される。

3.2.5 原因施設別経過年数別管路延長当陥没件数

原因施設別経過年数別管路延長当り陥没件数を算出する。まず原因施設についてアンケート帳票における選択肢を本管関連、取付管関連、人孔関連、柵関連の4つに分類する（表-3.16 参照）。そして、分類別に布設経過年数別の100km 当り道路陥没件数を算出する。なお、布設経過年数は75年までとする。

表-3.16 原因施設または陥没位置の分類

原因施設または陥没位置	原因施設種別
圧送管下流	本管関連
圧送管下流の人孔	人孔関連
圧送管下流の本管	本管関連
圧送管本体	本管関連
取付管	取付管関連
取付管と人孔の接続部	取付管関連
取付管と柵の接続部	取付管関連
人孔	人孔関連
不明	不明
本管	本管関連
本管(圧送管関係を除く)	本管関連
本管と取付管の接続部	本管関連
本管と人孔の接続部	本管関連
柵	柵関連

a) H18 分析

H18 における原因施設別布設年数別管路延長 100km あたりの陥没発生頻度を図-3.66 に示す。

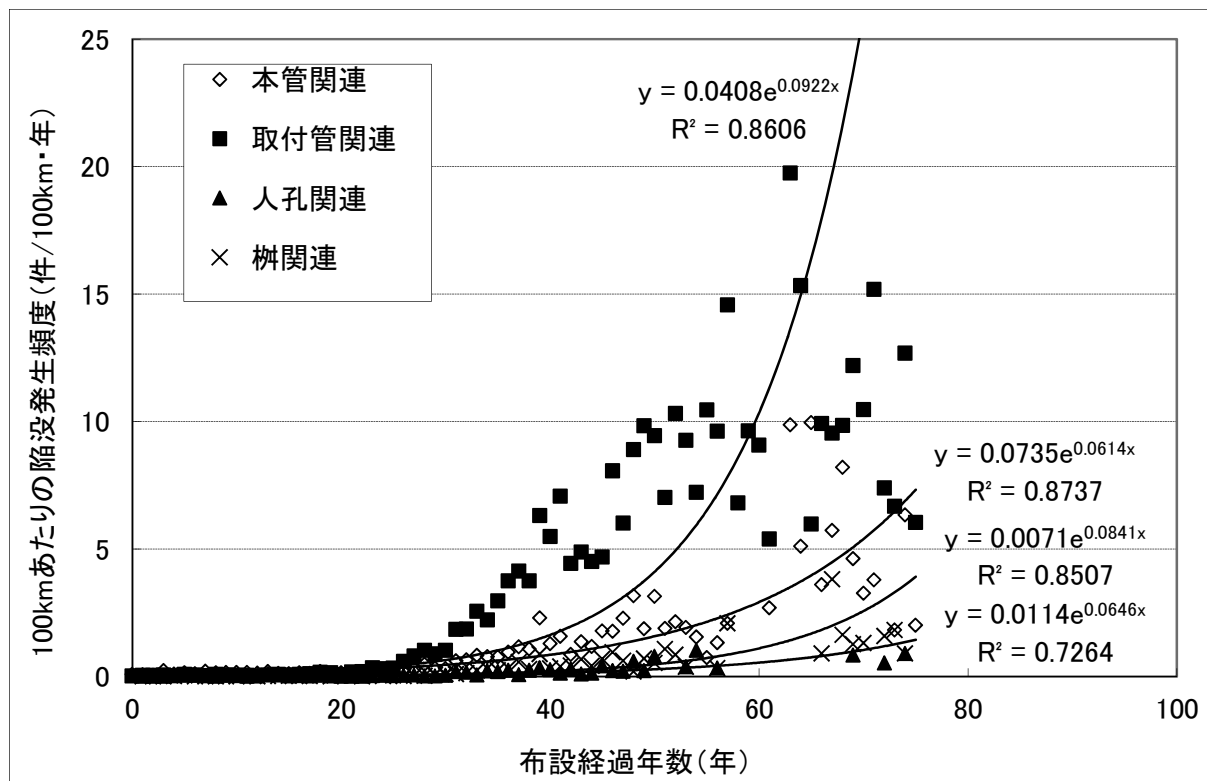


図-3.66 原因施設別布設年数別管路延長 100km あたりの陥没発生頻度(H18)

b) H19 分析

H19 における原因施設別布設年数別管路延長 100km あたりの陥没発生頻度を図-3.67 に示す。

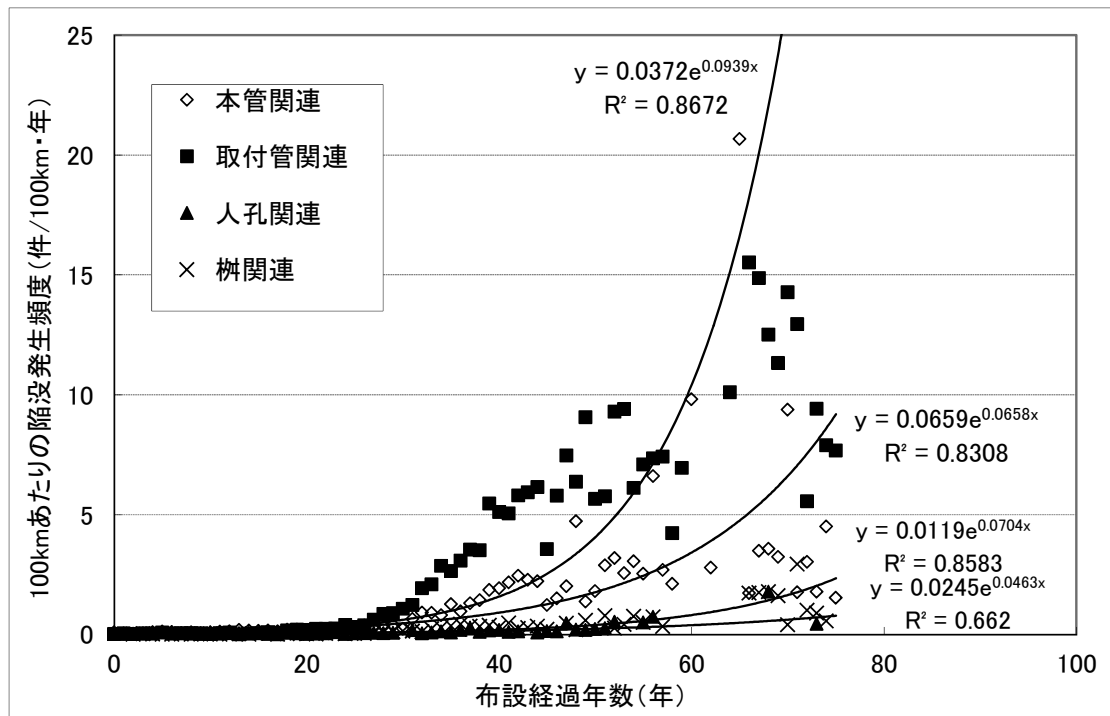


図-3.67 原因施設別布設年数別管路延長 100km あたりの陥没発生頻度(H19)

c) H20 分析

H20 における原因施設別布設年数別管路延長 100km あたりの陥没発生頻度を図-3.68 に示す。

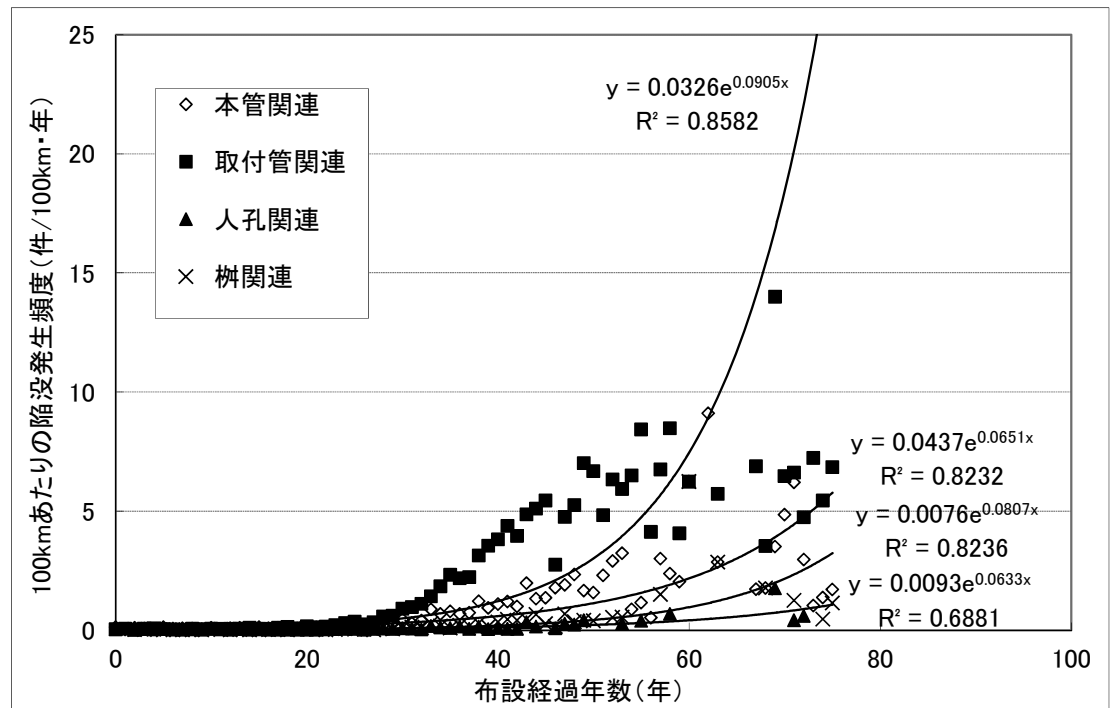


図-3.68 原因施設別布設年数別管路延長 100km あたりの陥没発生頻度(H20)

d) H21 分析

H21 における原因施設別布設年数別管路延長 100km あたりの陥没発生頻度を図-3.69 に示す。

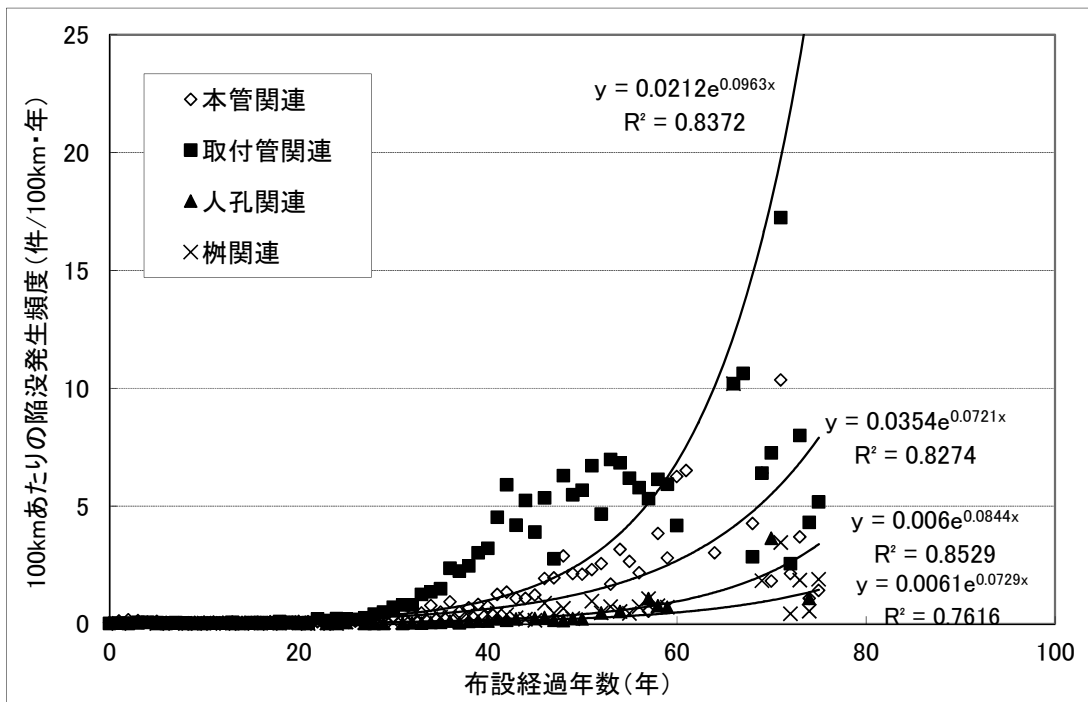


図-3.69 原因施設別布設年数別管路延長 100km あたりの陥没発生頻度 (H21)

e) H18~H21 分析

H18~H21 における原因施設別布設年数別管路延長 100km あたりの陥没発生頻度を平均した結果を図-3.70 に示す。

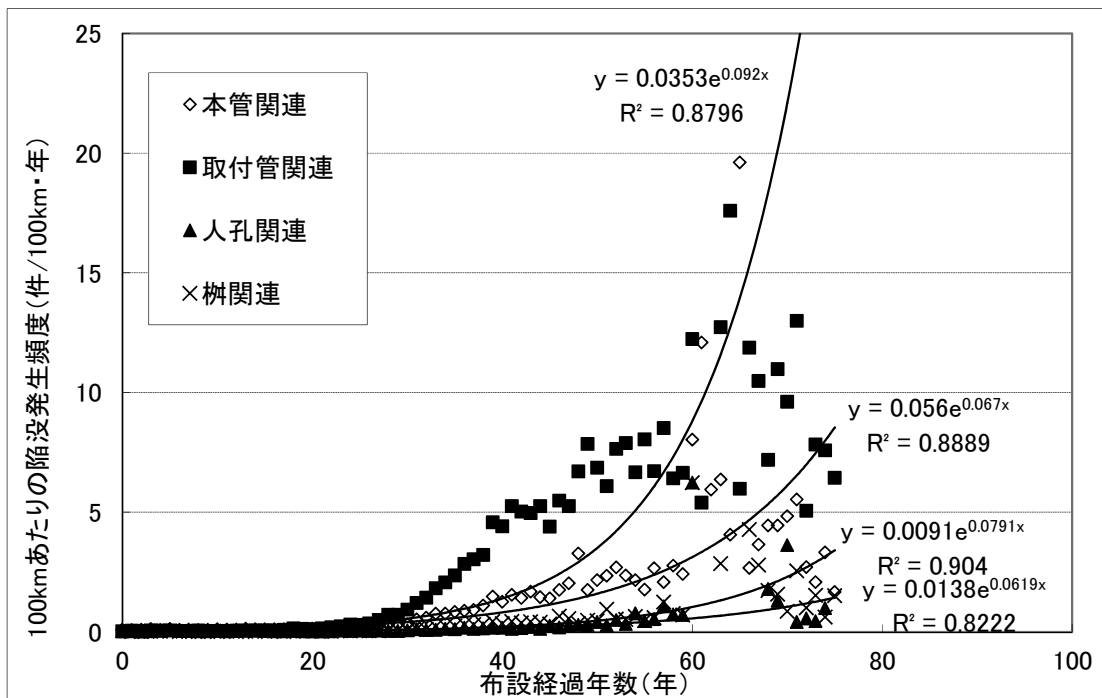


図-3.70 原因施設別布設年数別管路延長 100km あたりの陥没発生頻度 (H18~H21)

原因施設ごとの陥没発生頻度と布設経過年数の関係を a)～e)に示した。

原因施設としては、取付管関連の陥没発生頻度が最も高く、次いで本管関連となっている。

指数近似式の相関係数は、柵関連を除き概ね 0.8 以上となっており、原因施設ごとの陥没発生頻度と本管の布設経過年数は指数関数的に増加する傾向が見られる。

また、本管の布設経過年数が 30 年を越えると、原因施設ごとの発生頻度に差が生じ、特に取付管は、他の原因施設よりも顕著な増加傾向があることが分かる。

H18～H21 における原因施設別布設年数別管路延長 100km あたりの陥没発生頻度（平均）近似式を下記に示す。

本管関連	$Y=0.035 e^{0.092X}$	$(R^2=0.879)$
------	----------------------	---------------

取付管関連	$Y=0.056 e^{0.067X}$	$(R^2=0.888)$
-------	----------------------	---------------

人孔関連	$Y=0.009 e^{0.079X}$	$(R^2=0.904)$
------	----------------------	---------------

柵関連	$Y=0.013 e^{0.061X}$	$(R^2=0.822)$
-----	----------------------	---------------

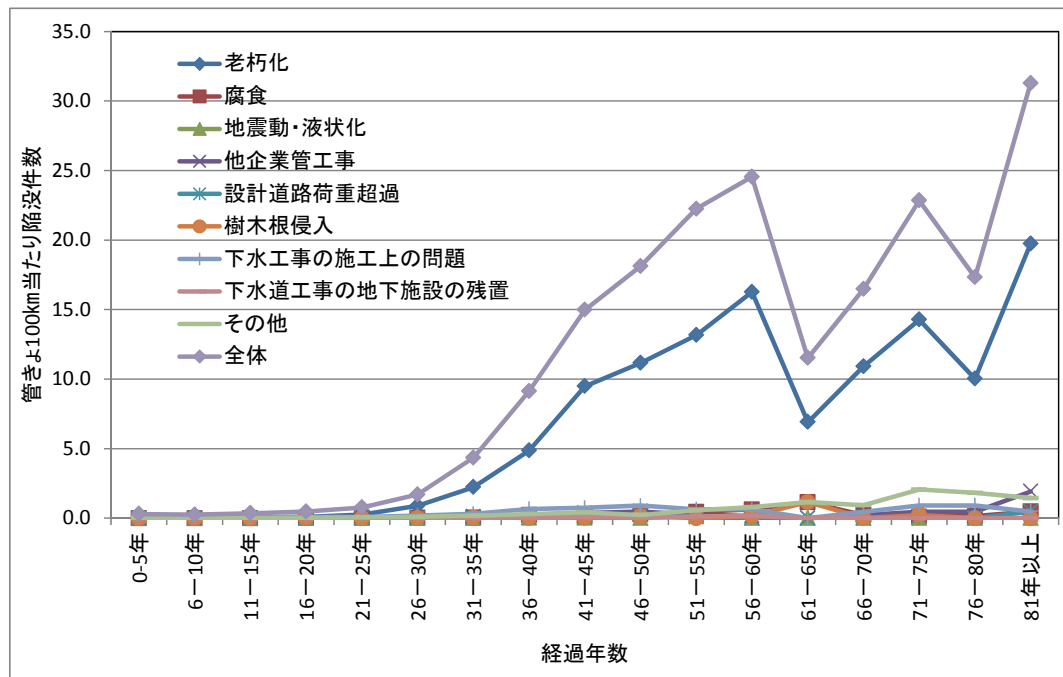
ここで、

Y：管きょ 100 km 当たりの陥没発生頻度（件／100 km・年）

X：本管の布設経過年数

3.2.6 陥没原因と経過年数別管路延長当陥没件数

3.2.2において、経過年数と管路延長当り陥没件数の関係を整理し、管きよが古くなるに従い陥没が発生しやすくなる傾向を示した。ここでは、H20とH21年度に発生した陥没データを用いて、種々の陥没原因と経過年数の関係を分析する。この結果を、図-3.71(1)と図-3.71(2)に示す。



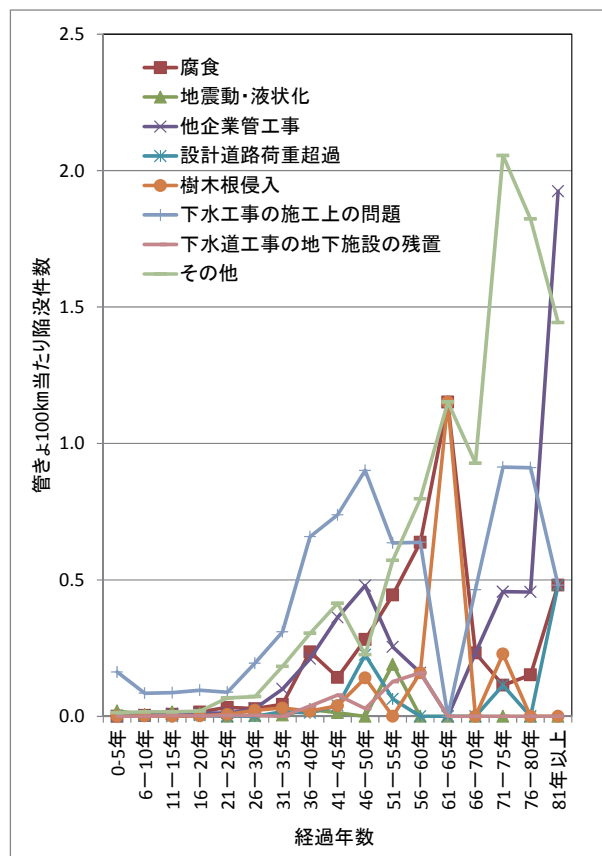
↑ 図-3.71(1) 原因別陥没発生頻度(H20~H21)

図-3.71(2) 原因別陥没発生頻度(老朽化以外) →

間接的原因の多くを占める「老朽化」の布設年数別管路延長100kmあたり陥没件数は、経過年数30年を境に顕著に増加する傾向がある。

「老朽化」以外の原因について、経過年数との関係が見られるのが、「腐食」と「下水工事の施工上の問題」である。「腐食」は早いものでは経過年数10年程度で陥没が生じている。「下水工事の施工上の問題」は、施工直後においても陥没が発生する傾向にある。

他の原因については、経過年数との明確な関係は見られず、突発的な外的要因による影響が大きいものと考えられる。



3.3 都市別道路陥没件数

全国道路陥没実態調査では、下水道事業者である都道府県及び市町村組合からデータを入力しており、ここでは都道府県別及び都市規模別に道路陥没件数及び管路延長当たり道路陥没件数を集計する。

ただし、3章の前段で述べたとおり、本調査における陥没の判断基準が自治体毎に異なることから、個別自治体の数字は非公表扱いとしており、ここで扱う各種図表は、あくまで傾向を見るための参考として示すものである。

3.3.1 都道府県別道路陥没件数

都道府県別に道路陥没件数及び管路延長当たり道路陥没件数を集計すると（図-3.72、図-3.73）、陥没件数は、政令都市を抱える都道府県で大きくなる傾向にあるとともに、管きよの平均年齢と陥没件数の間に相関関係が見て取れる。

管路延長当たり陥没件数で見ると、秋田県で突出した値となるほか、政令都市を抱えない福井県や山口県でも比較的高い値となっている。

また、陥没件数が非常に少ない（10以下）県がいくつか存在する。これは、道路陥没を道路管理者が補修している場合など、本調査データとして計上されないケースがあると考えられ、総じて陥没が少ないと解釈するのは早計である。

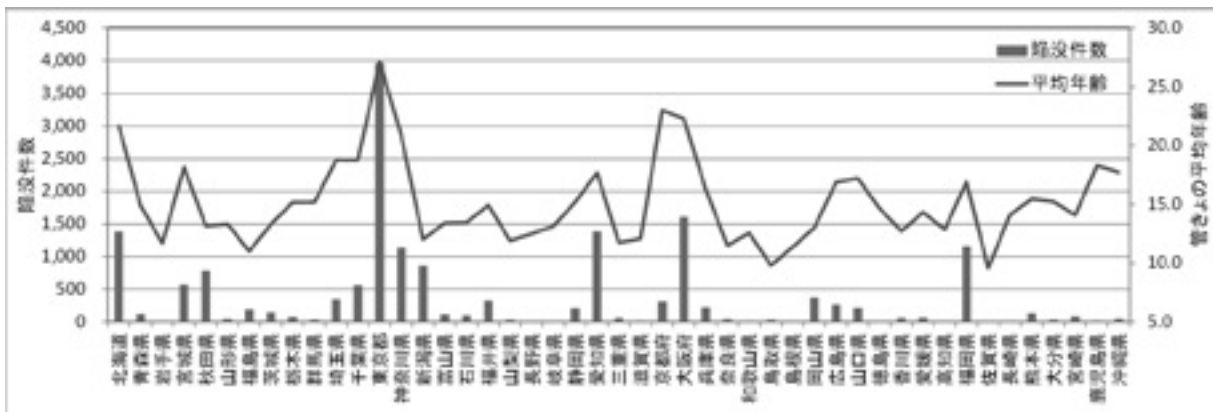


図-3.72 【参考】都道府県別道路陥没件数(4力年合計)

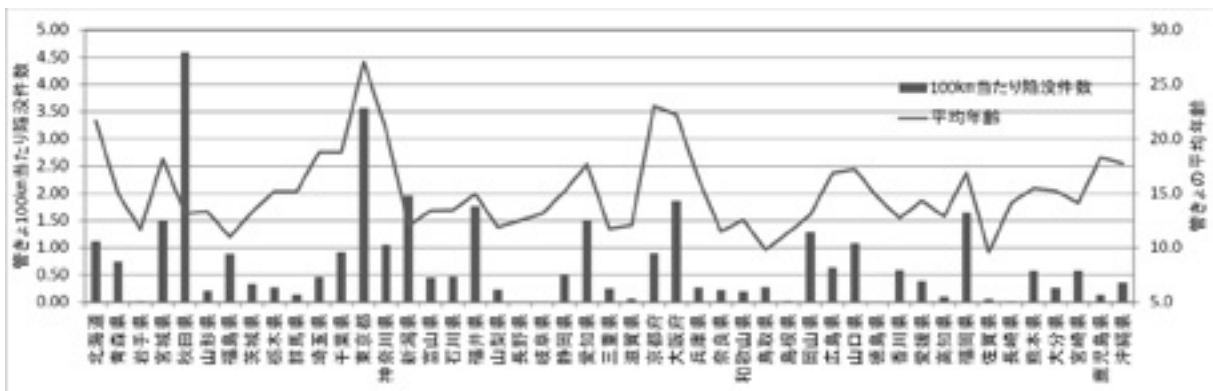


図-3.73 【参考】都道府県別管路延長 100 km当たり道路陥没件数(4力年平均)

3.3.2 都市規模別道路陥没件数

ここでは、都市規模（行政区分）別で陥没件数及び管路延長当たり陥没件数の集計を行う（表-3.17、図-3.74 参照）。

1 都市当たり陥没件数及び管路 100 km 当たり陥没件数において、政令市が一般市より大きな値となっている。

ここで、1 都市当たり陥没件数では、政令市と一般市の比率が 60 : 1 と大きな差があるのに対し、管路 100 km 当たり陥没件数の同比率は 4 : 1 である。

1 都市当たり陥没件数が大きく異なるのは、政令市 1 都市当たり平均管路延長約 5,400 km に対し、一般市では約 400 km と短く（比率 14 : 1）、保有する管きよストックがそもそも大きく異なるからである。

また、管路 100 km 当たり陥没件数に関して言えば、政令市の管きよ平均年齢が 24.6 歳に対し、一般市他（市・町・村・組合）が 14.9 歳であり、政令市の保有する管きよの高齢化が進んでいるとともに、政令市における過酷な交通事情等が大きく影響しているものと考えられる。

表-3.17 都市規模別道路陥没件数

都市規模	4 年 陥没件数	対象 都市	1 都市当たり 陥没件数/年	総管路延長 km	管路 100km 当たり 陥没件数/年	平均年齢
政令市	10427	19	130.3	102,503	2.54	24.6
市	6230	712	2.2	270,539	0.58	14.9
町村組合	206	667	0.1	41,722	0.12	

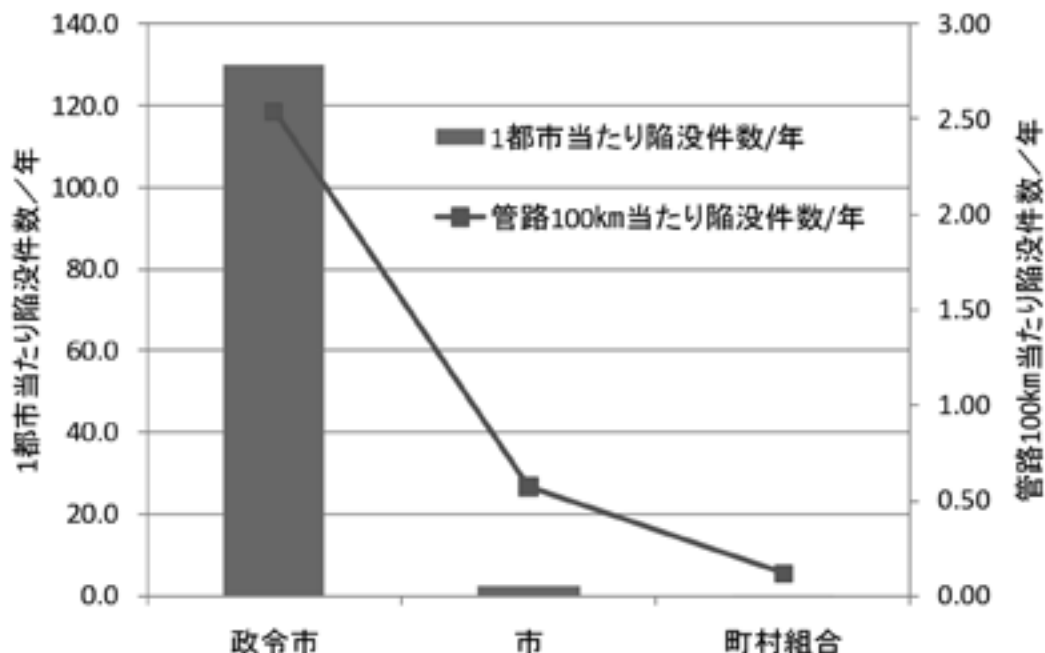


図-3.74 都市規模別の道路陥没件数(4 力年平均)と管路延長当たり陥没件数

3.4 道路陥没規模の要因分析

3.4.1 要因分析の方法

道路陥没規模（道路陥没幅×深さ）について、数量化Ⅱ類を適用しその要因分析を試みる。目的変数と説明変数の内訳は以下のとおりである。

目的変数：道路陥没規模（道路陥没幅×深さ）

①1,000cm²以下、②1,000cm²超

説明変数：1) 道路種類区分

①市町村道、②都道府県道、③国道、④私有地

2) 歩車道区分

①車道、②歩道、③その他

3) 原因管種

①CP、②HP、③VU、④その他

4) 原因管径

①0-150mm以下、②150mmを超え300mm以下、

③300mmを超え600mm以下、④600mmを超え900mm以下

⑤900mm超、⑥その他

5) 経過年数区分

①0-10年以下、②11年以上20年以下、③21年以上30年以下、

④31年以上40年以下、⑤41年以上50年以下、⑥51年以上

6) 土被り区分

①0m以上1m未満、②1m以上2m未満、③2m以上3m未満、

④3m以上

7) 原因施設または陥没位置

①本管（圧送管関係を除く）、②取付管、③人孔、④柵、

⑤本管と人孔の接続部、⑥本管と取付管の接続部

⑨圧送管下流の本管、⑩圧送管本体

⑦取付管と人孔の接続部、⑧取付管と柵の接続部

道路陥没規模（道路陥没幅×深さ）は、H19・20調査のアンケート帳票には項目として入っていないため、H21・H22調査のアンケート結果のデータを分析に用いる。また、道路陥没規模（道路陥没幅×深さ）が不明なもの、もしくは説明変数のいずれかが不明なものについては、欠損データとして分析から除外する。

3.4.2 分析結果

分析した結果、目的変数の判別式は以下ようになる。

$$\begin{aligned}
 \text{サンプルスコア} = & \left(\begin{array}{ll} \text{道路種類} & \\ \text{① 市町村道} & -0.010 \\ \text{② 都道府県道} & 0.556 \\ \text{③ 国道} & -0.051 \\ \text{④ 私有地} & -0.235 \end{array} \right) + \left(\begin{array}{ll} \text{歩車道区分} & \\ \text{① 車道} & 0.044 \\ \text{② 歩道} & -0.169 \\ \text{③ その他} & -0.702 \end{array} \right) + \left(\begin{array}{ll} \text{原因管種} & \\ \text{① CP} & -0.477 \\ \text{② HP} & 0.380 \\ \text{③ VU} & 0.673 \\ \text{④ その他} & 0.779 \end{array} \right) \\
 & + \left(\begin{array}{ll} \text{原因管径} & \\ \text{① 0-150mm以下} & -0.024 \\ \text{② 150mmを超え300mm以下} & 0.267 \\ \text{③ 300mmを超え600mm以下} & -0.206 \\ \text{④ 600mmを超え900mm以下} & -0.204 \\ \text{⑤ 900mm超} & -1.200 \\ \text{⑥ その他} & -0.537 \end{array} \right) + \left(\begin{array}{ll} \text{供用年数区分} & \\ \text{① 0-10年以下} & 1.065 \\ \text{② 11年以上20年以下} & 0.442 \\ \text{③ 21年以上30年以下} & 0.073 \\ \text{④ 31年以上40年以下} & -0.291 \\ \text{⑤ 41年以上50年以下} & -0.001 \\ \text{⑥ 51年以上} & -0.175 \end{array} \right) \\
 & + \left(\begin{array}{ll} \text{土被り区分} & \\ \text{① 0m以上1m未満} & 1.038 \\ \text{② 1m以上2m未満} & -0.078 \\ \text{③ 2m以上3m未満} & -0.354 \\ \text{④ 3m以上} & -0.857 \end{array} \right) + \left(\begin{array}{ll} \text{原因施設または陥没位置} & \\ \text{① 本管 (圧送管関係を除く)} & -1.197 \\ \text{② 取付管} & 0.421 \\ \text{③ 人孔} & 0.440 \\ \text{④ 柵} & 1.044 \\ \text{⑤ 本管と人孔の接続部} & -0.836 \\ \text{⑥ 本管と取付管の接続部} & -0.603 \\ \text{⑦ 取付管と人孔の接続部} & -1.254 \\ \text{⑧ 取付管と柵の接続部} & 0.435 \\ \text{⑨ 圧送管下流の本管} & -3.540 \\ \text{⑩ 圧送管本体} & -1.727 \end{array} \right)
 \end{aligned}$$

サンプルスコアの判定基準

サンプルスコア ≥ -0.1883 : 道路陥没規模 1,000cm² 以下

サンプルスコア < -0.1883 : 道路陥没規模 1,000cm² 超

サンプルスコアの的中率 (実績値との整合の割合) は 61.0% (図-3.75) であり決して高くはない。

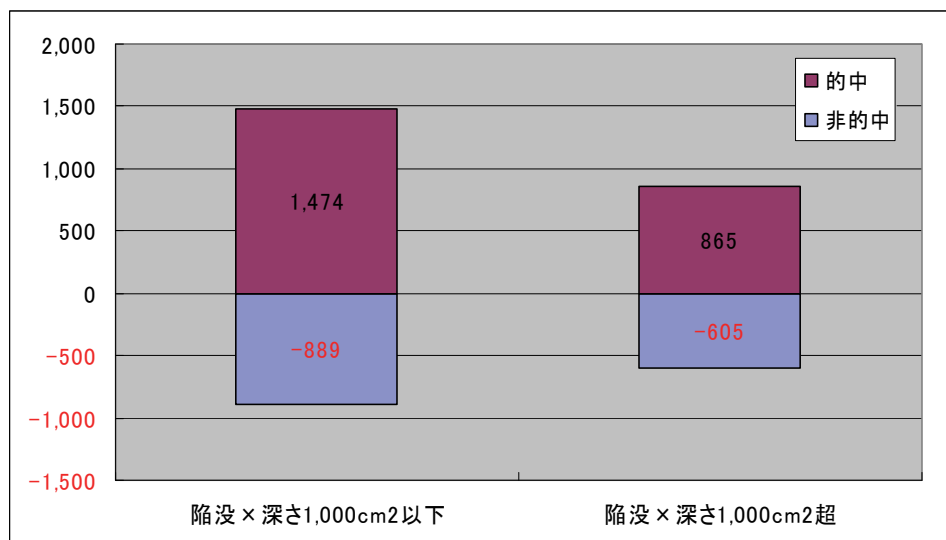


図-3.75 サンプルスコアの的中状況

カテゴリースコアを比較すると図-3.76 となる。値が負であれば目的変数「②道路陥没規模 1,000cm²超」に貢献し、値が正であれば目的変数「①道路陥没規模 1,000cm²以下」に貢献する。

比較的規模の大きい陥没の要因となるカテゴリースコアがマイナス 1 以上のものを列挙すると以下のとおりである。ただし、g) に後述するとおり、原因施設また陥没位置の圧送管関係についてはサンプル自体が少ないため、取り扱いに注意する必要がある。

- 原因管径区分_⑤900mm 超はマイナス 1 未満
- 土被り区分_④3m 以上はマイナス 1 未満
- 原因施設または陥没位置_⑦取付管と人孔の接続部はマイナス 1 未満
- 原因施設また陥没位置の⑨圧送管下流の本管はマイナス 3 未満
- 原因施設また陥没位置の⑩圧送管本体はマイナス 1 未満

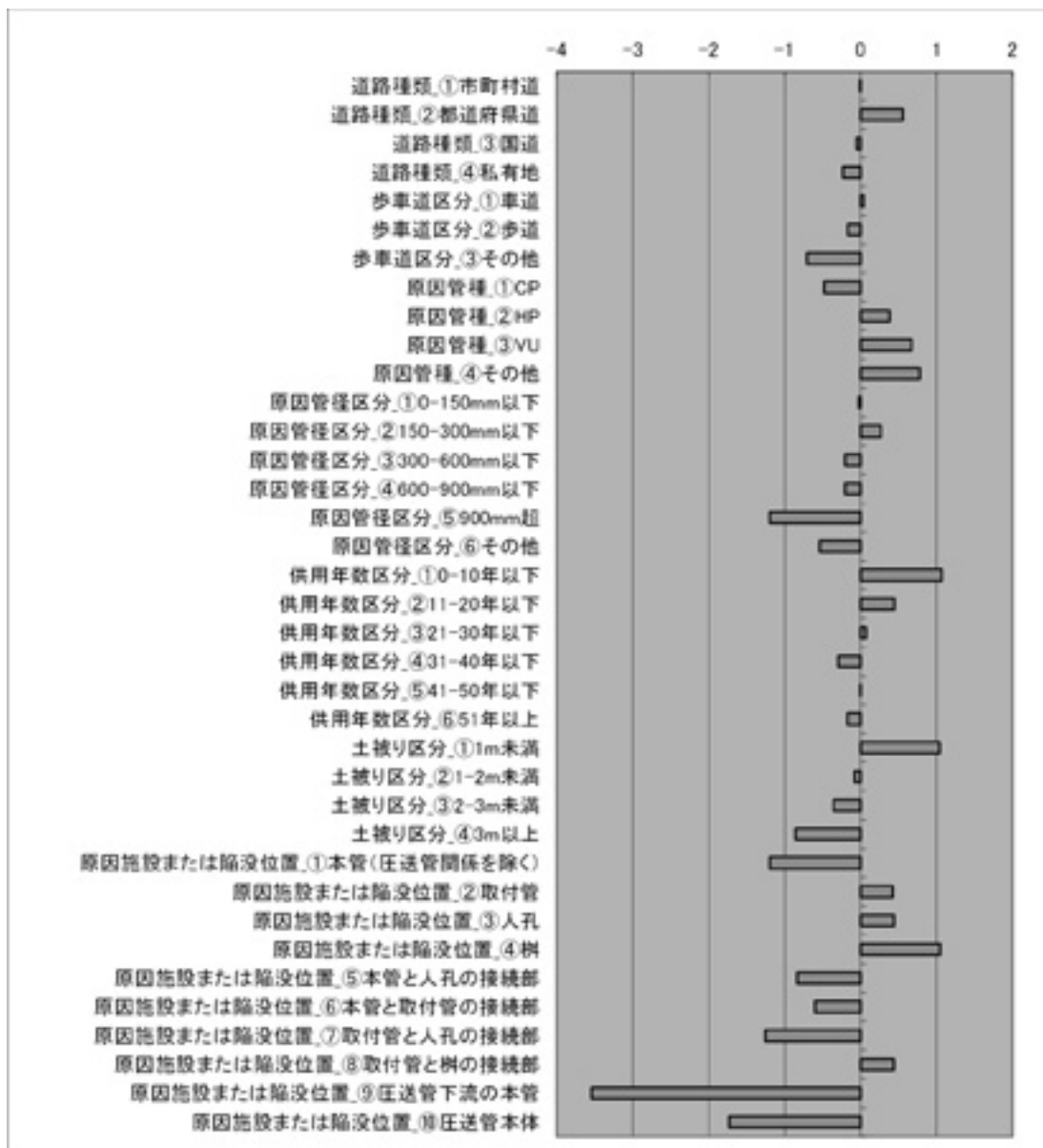


図-3.76 カテゴリースコア一覧

3.4.3 目的変数と説明変数のクロス集計

分析結果の検証のため、各説明変数と目的変数のクロス集計を行う。

a) 道路種類区分・陥没規模クロス集計

道路種類区分別の陥没規模を整理した結果は、表-3.18 に示す通りであり、道路種類区分による陥没規模の大きな偏りは見られない。

表-3.18 道路種類区分・陥没規模クロス集計

道路種類区分	陥没幅×陥没深区分				総計	
	0-1,000cm ² 以下		1,000cm ² 超			
1 市町村道	2,604	61%	1,696	39%	4,300	100%
2 都道府県道	98	63%	57	37%	155	100%
3 国道	30	61%	19	39%	49	100%
4 私有地	111	64%	63	36%	174	100%
5 不明	9	43%	12	57%	21	100%
総計	2,852	61%	1,847	39%	4,699	100%

b) 歩車道区分・陥没規模クロス集計

歩車道区分別の陥没規模を整理した結果は、表-3.19 に示す通りであり、歩車道区分による陥没規模の大きな偏りは見られない。

表-3.19 道路種類区分・陥没規模クロス集計

歩車道区分	陥没幅×陥没深区分				総計	
	0-1,000cm ² 以下		1,000cm ² 超			
1 車道	2,371	60%	1,549	40%	3,920	100%
2 歩道	424	62%	261	38%	685	100%
3 その他	47	59%	33	41%	80	100%
4 不明	10	71%	4	29%	14	100%
総計	2,852	61%	1,847	39%	4,699	100%

c) 原因管種区分・陥没規模クロス集計

原因管種区分別の陥没規模を整理した結果を、表-3.20 に示す。原因管種区分については、③ VU の「①0-1,000cm²以下」の陥没の割合が多く、陥没規模が大きくなると（1,000cm²以上）、HP 及び CP の割合が VU を上回る。

表-3.20 原因管種区分・陥没規模クロス集計

原因管種区分	陥没幅×陥没深区分				総計	
	0-1,000cm ² 以下		1,000cm ² 超			
1 CP	1,249	59%	874	41%	2,123	100%
2 HP	796	57%	605	43%	1,401	100%
3 VU	461	76%	149	24%	610	100%
4 その他	346	61%	219	39%	565	100%
総計	2,852	61%	1,847	39%	4,699	100%

d) 原因管径区分・陥没規模クロス集計

原因管径区分別の陥没規模を整理した結果を、表-3.21 に示す。原因管径区分については、①0-150mm 以下の「①0-1,000cm²以下」の陥没の割合が大きく、一方、③300mm を超え 600mm 以下、④600mm を超え 900mm 以下、⑤900mm 超の「②1,000cm²超」の陥没の割合が大きい。

表-3.21 原因管径区分・陥没規模クロス集計

原因管径区分	陥没幅×陥没深区分				総計	
	0-1,000cm ² 以下		1,000cm ² 超			
1 0-150mm以下	1,741	65%	954	35%	2,695	100%
2 150mmを超え300mm以下	651	59%	447	41%	1,098	100%
3 300mmを超え600mm以下	159	50%	157	50%	316	100%
4 600mmを超え900mm以下	49	49%	52	51%	101	100%
5 900mm超	41	36%	73	64%	114	100%
6 その他	9	56%	7	44%	16	100%
7 不明	202	56%	157	44%	359	100%
総計	2,852	61%	1,847	39%	4,699	100%

e) 経過年数区分・陥没規模クロス集計

経過年数別の陥没規模を整理した結果を、表-3.22 に示す。経過年数区分については、①0-10年以下の「①0-1,000cm²以下」の陥没の割合が大きい。

表-3.22 経過年数区分・陥没規模クロス集計

供用年数区分	陥没幅×陥没深区分				総計	
	0-1,000cm ² 以下		1,000cm ² 超			
1 0-10年以下	225	74%	80	26%	305	100%
2 11年以上20年以下	256	66%	134	34%	390	100%
3 21年以上30年以下	321	60%	210	40%	531	100%
4 31年以上40年以下	827	59%	575	41%	1,402	100%
5 41年以上50年以下	644	60%	425	40%	1,069	100%
6 51年以上	325	57%	241	43%	566	100%
7 不明	254	58%	182	42%	436	100%
総計	2,852	61%	1,847	39%	4,699	100%

f) 土被り区分・陥没規模クロス集計

土被り別の陥没規模を整理した結果を、表-3.23 に示す。土被り区分については、①0m 以上1m 未満の「①0-1,000cm²以下」の陥没の割合が大きい。一方、④3m 以上の「②1,000cm²超」の陥没の割合が大きい。

表-3.23 土被り区分・陥没規模クロス集計

土被り区分	陥没幅×陥没深区分				総計	
	0-1,000cm ² 以下		1,000cm ² 超			
1 0m以上1m未満	494	72%	191	28%	685	100%
2 1m以上2m未満	1,783	60%	1,191	40%	2,974	100%
3 2m以上3m未満	391	57%	291	43%	682	100%
4 3m以上	106	50%	106	50%	212	100%
5 不明	78	53%	68	47%	146	100%
総計	2,852	61%	1,847	39%	4,699	100%

g) 原因施設または陥没位置・陥没規模クロス集計

原因施設または陥没位置別と陥没規模を整理した結果を、表-3.24 に示す。原因施設または陥没位置については、③人孔、④柵、⑧取付管と柵の接続部の「①0-1,000cm²以下」の陥没の割合が大きい。一方、①本管（圧送管関係を除く）、⑦取付管と人孔の接続部、⑨圧送管下流の本管、⑩圧送管本体の「②1,000cm²超」の陥没の割合が大きい。ただし、⑨圧送管下流の本管、⑩圧送管本体は極端にサンプル数が少ないため、注意が必要である。

表-3.24 原因施設または陥没位置・陥没規模クロス集計

原因施設または陥没位置	陥没幅×陥没深区分				総計	
	0-1,000cm ² 以下		1,000cm ² 超			
1 本管(圧送管関係を除く)	398	51%	384	49%	782	100%
2 取付管	1,325	62%	798	38%	2,123	100%
3 人孔	144	68%	69	32%	213	100%
4 柵	287	78%	79	22%	366	100%
5 本管と人孔の接続部	107	56%	84	44%	191	100%
6 本管と取付管の接続部	266	54%	231	46%	497	100%
7 取付管と人孔の接続部	18	44%	23	56%	41	100%
8 取付管と柵の接続部	165	67%	83	33%	248	100%
9 圧送管下流の本管	1	25%	3	75%	4	100%
10 圧送管本体	2	33%	4	67%	6	100%
11 不明	139	61%	89	39%	228	100%
総計	2,852	61%	1,847	39%	4,699	100%

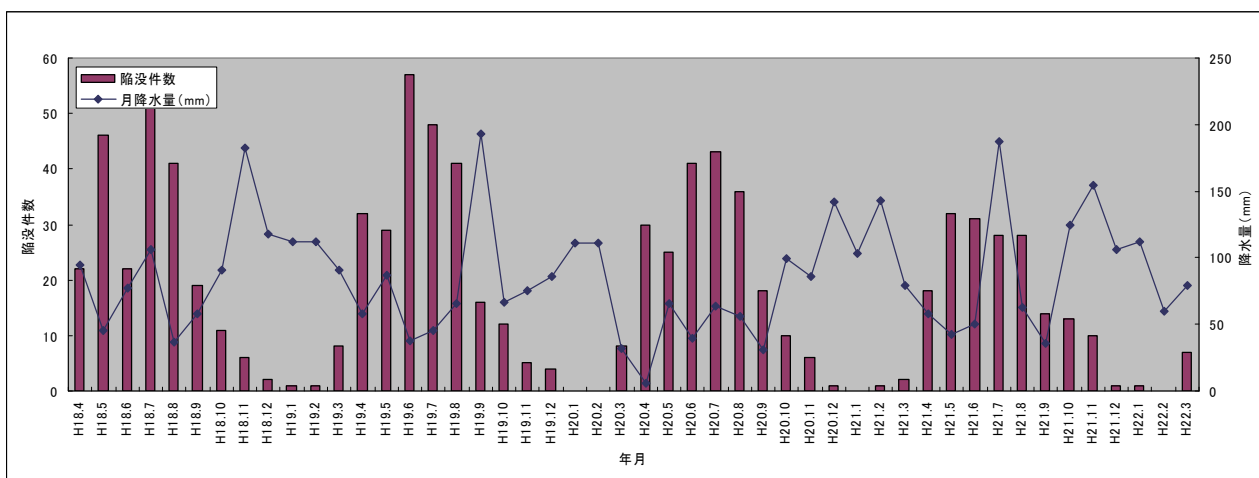
3.5 道路陥没件数と降水量・平均気温の相関分析

全国の各地方ブロック（北海道、東北、関東中部、近畿中国、四国九州沖縄）から、代表的な都市を5都市抽出し、H18.4~H22.3の月別の道路陥没件数と月別降水量・平均気温の相関分析を行った。

なお、月別降水量・平均気温は気象庁のホームページを参照している。

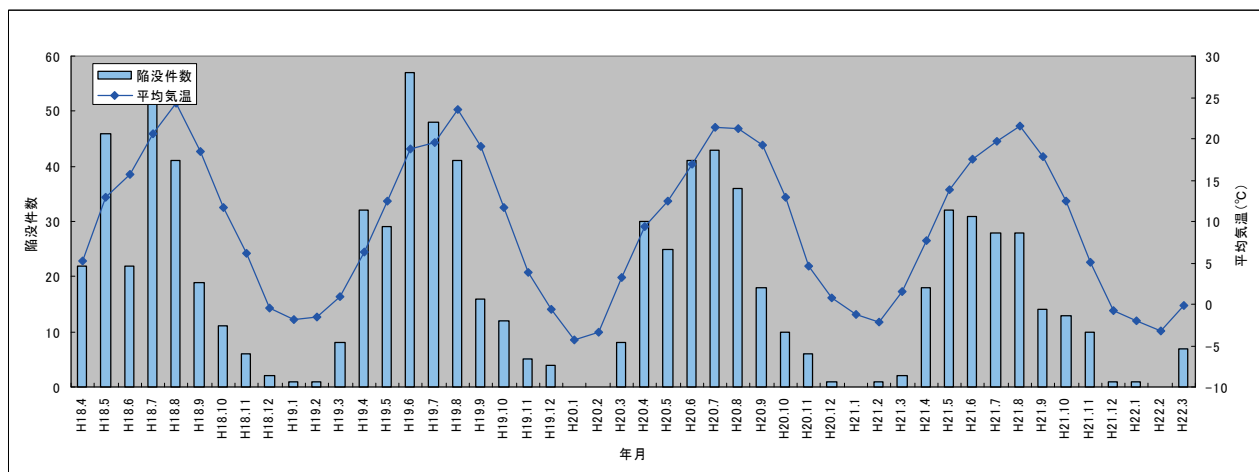
3.5.1 北海道ブロックA市

A市におけるH18.4~H22.3の陥没件数と月降水量の関係を図-3.77に、陥没件数と平均気温の関係を図-3.78に示す。相関係数は月降水量が-0.46、平均気温が0.82で平均気温との相関が高い。



陥没件数と月降水量の相関係数：-0.46

図-3.77 H18.4~H21.3 陥没件数と月降水量の関係(A市)

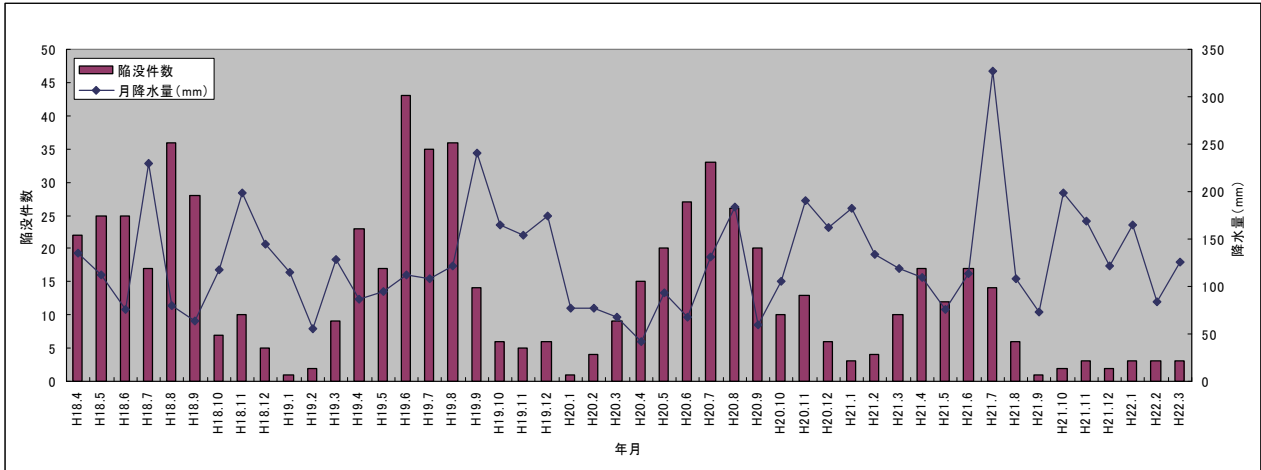


陥没件数と平均気温の相関係数：0.82

図-3.78 H18.4~H21.3 陥没件数と平均気温の関係(A市)

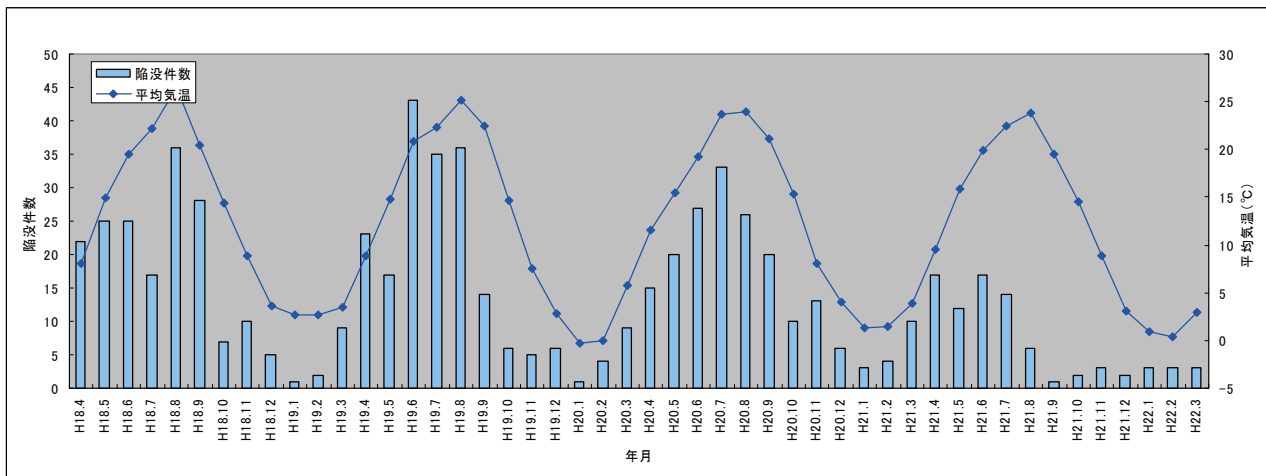
3.5.2 東北ブロック B 市

B 市における H18.4～H22.3 の陥没件数と月降水量の関係を図-3.79 に、陥没件数と平均気温の関係を図-3.80 に示す。相関係数は月降水量が-0.15、平均気温が 0.71 で平均気温との相関が高い。



陥没件数と月降水量の相関係数：-0.15

図-3.79 H18.4～H21.3 陥没件数と月降水量の関係(B市)

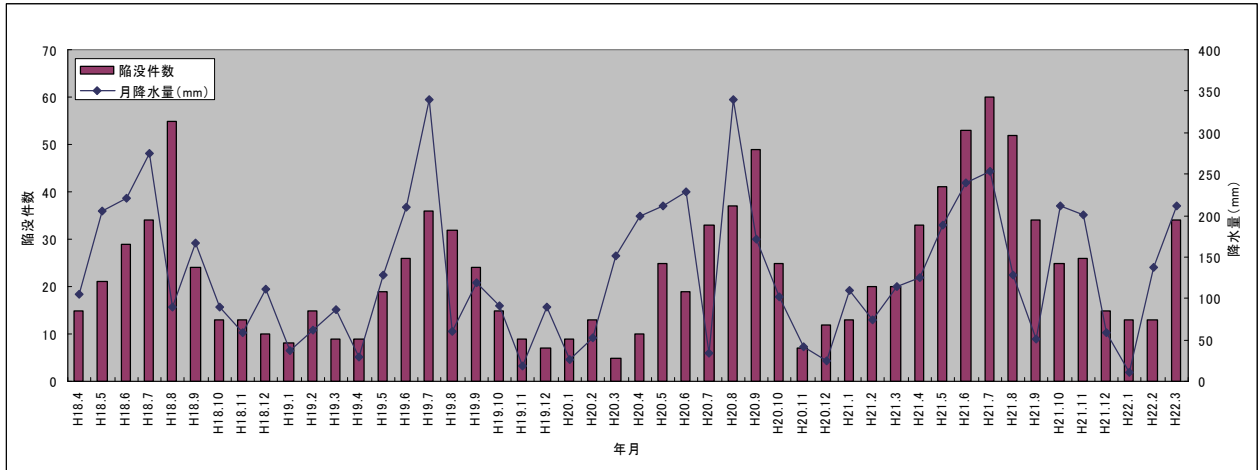


陥没件数と平均気温の相関係数：0.71

図-3.80 H18.4～H21.3 陥没件数と平均気温の関係(B市)

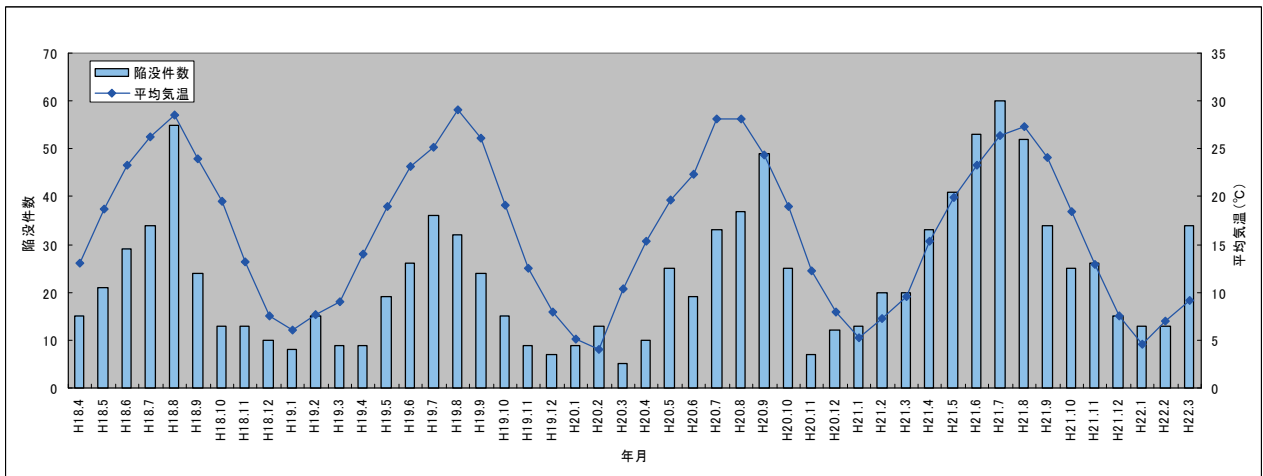
3.5.3 関東中部ブロック C 市

C 市における H18.4～H22.3 の陥没件数と月降水量の関係を図-3.81 に、陥没件数と平均気温の関係を図-3.82 に示す。相関係数は月降水量が 0.51、平均気温が 0.74 で平均気温との相関が高い。



陥没件数と月降水量の相関係数 : 0.51

図-3.81 H18.4～H21.3 陥没件数と月降水量の関係(C市)

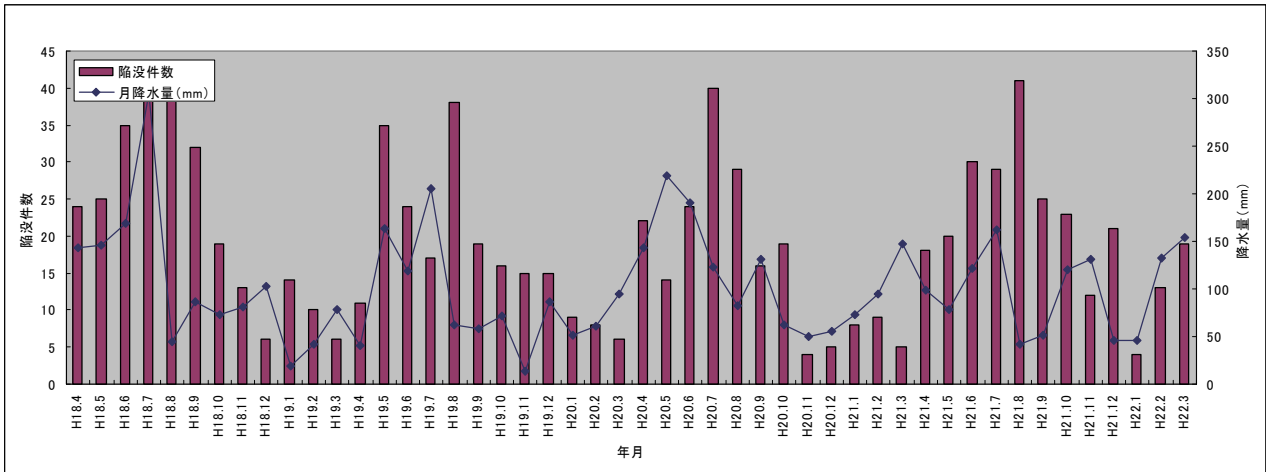


陥没件数と平均気温の相関係数 : 0.74

図-3.82 H18.4～H21.3 陥没件数と平均気温の関係(C市)

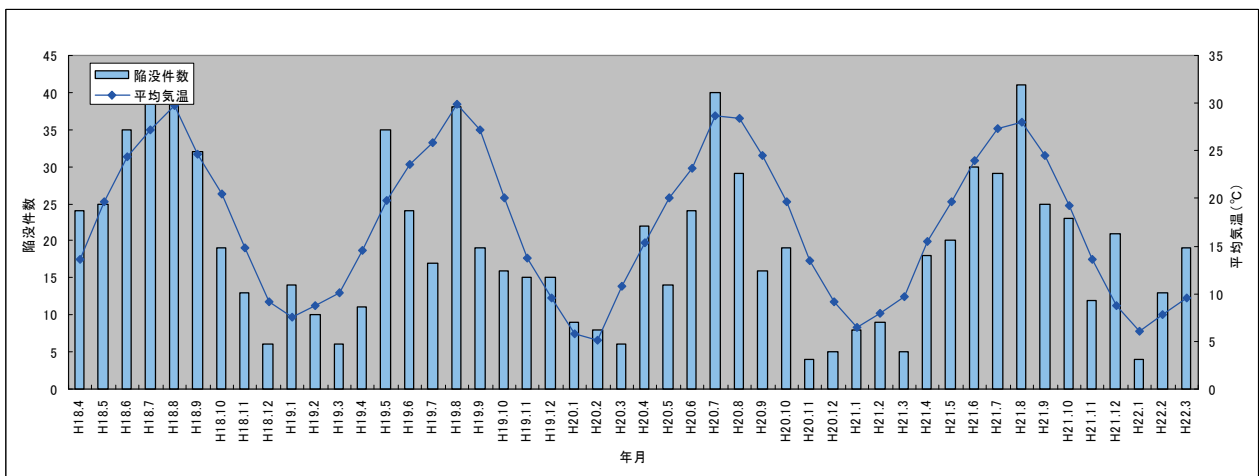
3.5.4 近畿中国ブロックD市

D市におけるH18.4～H22.3の陥没件数と月降水量の関係を図-3.83に、陥没件数と平均気温の関係を図-3.84に示す。相関係数は月降水量が0.31、平均気温が0.81で平均気温との相関が高い。



陥没件数と月降水量の相関係数 : 0.31

図-3.83 H18.4～H21.3 陥没件数と月降水量の関係(D市)

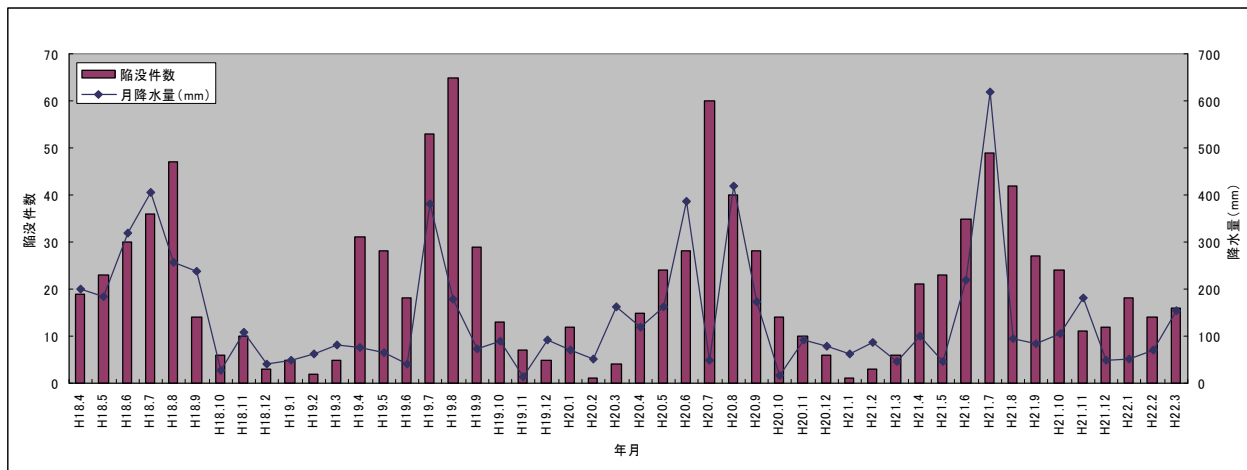


陥没件数と平均気温の相関係数 : 0.81

図-3.84 H18.4～H21.3 陥没件数と平均気温の関係(D市)

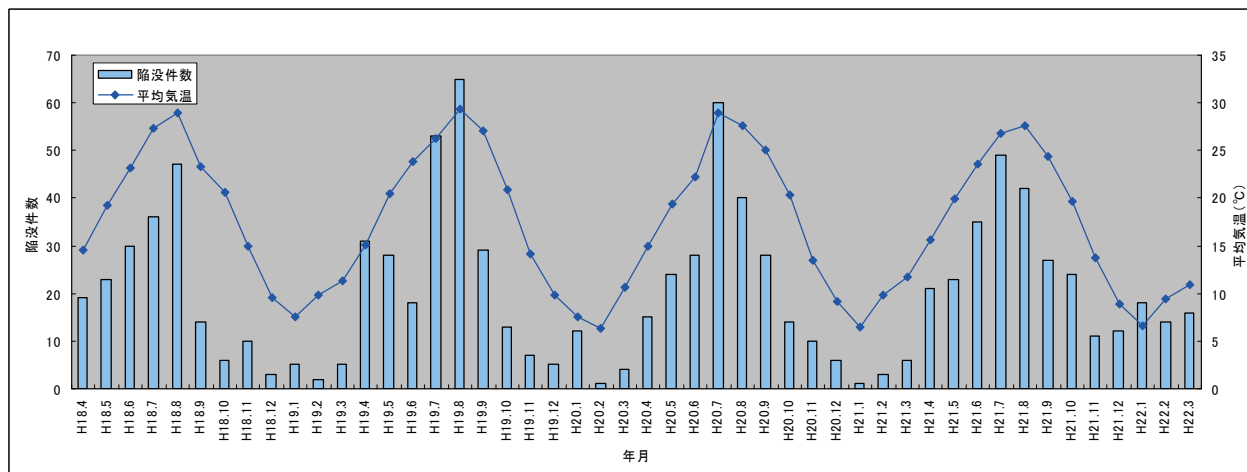
3.5.5 四国九州沖縄ブロック E 市

E 市における H18.4～H22.3 の陥没件数と月降水量の関係を図-3.85 に、陥没件数と平均気温の関係を図-3.86 に示す。相関係数は月降水量が 0.55、平均気温が 0.83 で平均気温との相関が高い。



陥没件数と月降水量の相関係数 : 0.55

図-3.85 H18.4～H21.3 陥没件数と月降水量の関係(E市)



陥没件数と平均気温の相関係数 : 0.83

図-3.86 H18.4～H21.3 陥没件数と平均気温の関係(E市)

3.5.6 考察

月降水量、平均気温で比較した場合、どの都市においても平均気温の相関が高く、相関係数は 0.71～0.83 となっている。

月降水量の相関係数については、C 市（関東中部ブロック）、E 市（四国九州沖縄ブロック）がそれぞれ 0.51、0.55 で中程度の相関を示しているが、それ以外の地域は低い。

3.6 個別都市における道路陥没の特徴

ここでは、道路陥没の発生頻度が高い自治体に着目し、陥没の傾向及び原因について考察する。

3.6.1 東北ブロック A 市

東北地方の主要都市 A 市は、毎年、道路陥没件数が 100 件以上発生している。平成 18 年から平成 21 年の管路延長当たり道路陥没件数は、約 11.5 件/100 km・年であり、全国平均の 1.0 件/100 km・年を大きく上回っている。

A 市における過去の陥没データを整理すると、以下の通りとなる。

特徴①：合流区域内で陥没が集中して発生している。

特徴②：1970 年以前に施工された管きよの陥没が全体の 60%を占める。

特徴③：1970 年代に施工された陶管が陥没しやすい傾向にある。

特徴④：春から夏にかけて集中的に陥没が発生する傾向にある。

特徴⑤：小口径管、土被り 3.0m以下の管きよで集中的に陥没が発生する傾向にある。

特徴⑥：取付管由来の陥没が多い傾向にある。

陥没の原因は、調査結果及び当該市役所職員へのヒアリング結果より、施工不良や経年劣化の他、下水道以外の多くの埋設物が輻輳していることから、近接工事による事故も比較的多く発生していると考えられた。また、過去に発生した地震の後遺症も少なからずあるものと推察される。

現在 A 市では、陥没の削減及び予防保全に向け、陥没が集中している処理区について、平成 17 年度から TV カメラ調査を実施し、場所によっては 2 巡目の調査が完了している。また、不具合の発見された箇所については、順次、改築及び補修を進めている。

3.6.2 東北ブロック B 市

東北地方の中核都市である B 市における陥没件数は、毎年 30 件前後であるが、平成 18 年から平成 21 年の管路延長当たり道路陥没件数は約 20 件/100 km・年と、全国平均の 1.0 件/100 km・年を大きく上回っている。

B 市における過去の陥没データを整理すると、以下の通りとなる。

特徴①：1970 年以前に施工された管きよの陥没が全体の 80%を占める。

特徴②：1970 年代以前に施工された HP が陥没は発生している。

特徴③：春から夏にかけて集中的に陥没が発生する傾向にある。

特徴④：中小口径管、土被り 3.0m以下の管きよで集中的に陥没が発生している。

特徴⑤：取付管よりも本管由来の陥没が多い。

特徴⑥：管の破損や継ぎ手ズレ等が原因のものがほとんどである。

陥没の原因は、調査結果及び当該市役所職員へのヒアリング結果より、施工不良や経年劣化の他、下水道以外の多くの埋設物が輻輳していることから、近接工事による事故も比較的多く発生していると考えられた。

また、過去に発生した地震時における下水道管きょ被災箇所と、近年発生している陥没箇所はほぼ重なることから、過去の地震による影響が大きいと推測された。

3.6.3 関東ブロック C 市

関東地方の中核都市である C 市における陥没件数は、毎年 20～30 件程度であるが、平成 18 年から平成 21 年の管路延長当たり道路陥没件数は約 10～15 件/100 km・年と、全国平均の 1.0 件/100 km・年を大きく上回っている。

C 市における過去の陥没データを整理すると、以下の通りとなる。

特徴①：取付管及びその周辺部の陥没が全体の 8 割以上を占める。

特徴②：陥没の原因となった取付管の管種は陶管である。

特徴③：(取付管と本管が同時に布設されたと仮定すると) 1970～1980 年に施工された管きょの陥没が全体の 7 割を占める。

特徴④：陥没箇所の本管土被りは、1.5m 以浅が約 75% を占める。

特徴⑤：5～6 月の陥没が多い。

特徴⑥：合流式および分流式に関係なく道路陥没が発生している。

特徴⑦：陥没は、市の全域にわたってまんべんなく発生している。

調査結果及び当該市役所職員へのヒアリング結果より、陥没は、ある特定の年代に施工された取付管(陶管)に集中していることから、当時の施工方法(本管との接続方法や埋め戻し方法など)が原因として考えられる。また、下水道以外の多くの埋設物が輻輳していることから、近接工事による事故も比較的多く発生していると考えられた。

C 市では、道路陥没が多いという認識を持っており、陥没件数減少を目標として下水道ビジョンの策定や、本管のテレビカメラ調査(1 巡目終了)、取付管の調査(平成 19 年～平成 22 年を予定)を積極的に実施している。

現在、テレビカメラ調査結果に基づき、不具合箇所の補修や布設替え(管種変更、改良土による埋め戻し)を順次実施しているところである。

4. 下水道管路施設に起因する道路陥没のメカニズム

下水道管路施設が原因となって発生する道路陥没のメカニズムについては、国総研における実験結果の他、国内2つの文献（文献1¹⁾及び文献2²⁾）と海外の1つの文献3³⁾）がある。ここでは、国総研実験結果及び文献における道路陥没メカニズムを紹介する。

●代表文献

- 1) 佐藤真理、道路陥没未然防止のための地盤内空洞・ゆるみの探知に関する基礎的検討、東京大学卒業論、<http://geo.iis.u-tokyo.ac.jp/material/documents/msatoBAthesis.pdf>（2009.10月末現在）
- 2) 野中茂他、X線CTを用いた破損形状の違いによる管渠周辺地盤のゆるみ領域の評価、第41回地盤工学研究発表会、2006年7月
- 3) Sewerage Rehabilitation Manual 4th Edition Book, ISBN: 9781898920397, WRC, 2001

(1) 国土技術政策総合研究所における実験⁴⁾ ⁵⁾ ⁶⁾

国土技術政策総合研究所では、道路陥没のメカニズムを把握するために、下水道管渠破損部分への地盤材料の引き込みに関する実験を行った。

道路陥没は、下水道管渠の破損部分への地盤材料の引き込みが発端となり、地盤中に空洞・ゆるみが発生して生ずると考えられる。空洞・ゆるみの進展は、地下水位及び地盤材料の条件が影響すると考えられるが、地下水位については、降雨により上下動することが予想され、ある時点の現場地下水位データをそのまま採用することは適切でないので、安全側を想定する必要がある。そこで降雨後を想定して地下水位を管頂100cmに固定し、地盤材料、管渠の破損程度と空洞・ゆるみ領域の進展の関係について比較する実験を行った。

1) 実験方法

下水道管渠の埋設状況を再現するため、実験土槽で実験を行った。実験土槽の寸法は高さ100cm×幅160cm×奥行き50cmである（図-4.1）。底板の中央部に10cmの開口部があり、その上部に半分に切ったφ200塩ビ管を設置した。この塩ビ管には下水管渠の破損部分を想定してスリットを設け、ここから流入する土砂を底板の開口部から採取できる構造とした。土槽内の水位は、土槽底板の中央部にマンメータにより観測した。

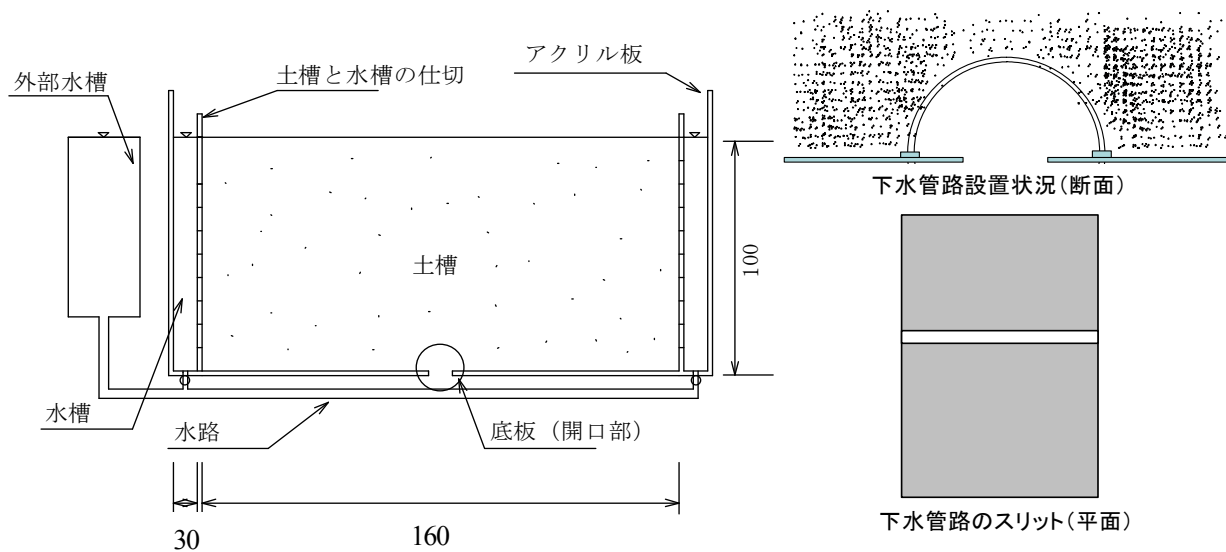


図-4.1 実験土槽



写真-4.1 地盤材料設置状況



写真-4.2 地盤設置完了



写真-4.3 色砂設置状況

地盤材料の設置方法は、設定含水比に調整した地盤材料を、規定の密度となるよう重量を測定しながら、一層当たり10cm、全層で100cmの厚さに盛り立てた(写真-4.1、写真-4.2)。また、実験終了後に地盤のゆるみ・空洞領域を観測するため、層間に色砂を設置した(写真-4.3)。

実験条件はCase1~10までの全10ケースを設定した(表-4.1)。スリット形状は、予備実験⁵⁾において管軸方向と管周方向の2種類の形状で実験を行ったが、形状による空洞・ゆるみへの影響はほとんどなかったことから、継ぎ手ズレや管周方向のクラックを想定し、管周方向に投影長さが約20cmになるように設定した。なお、開口幅は5、10、15mmの3種類とした。

地盤材料は礫質土の材料A、礫混じり砂の材料Bおよび山砂の材料Cを使用した。本実験で用いた地盤材料は、購入土の粒径分布調査事例⁵⁾を参考にして、粒径の大きい材料A、粒径が小さく細粒分の多い材料C、それらの中間的な粒径である粒径Bの3種類を調整した(図-4.2、表-4.2)。埋戻しの管理基準として、品質規定をしている地方公共団体では、最大乾燥密度の90%以上としている⁵⁾。本実験では締固め度を90%、80%の2種類を設定し、適正に埋め戻された場合と埋め戻しが不十分な場合を比較した。

実験開始は、塩ビ管のスリットのシーリングを除去して行い、実験終了は、スリットからの排砂が見られなくなる時点若しくは地表面の陥没が観測される時点とした。スリットから排出される地盤材料を順次いくつかの大型トレイで受け、回収時間と乾燥重量を測定した。

表-4.1 実験条件の設定

Case	スリット方向	地盤材料	開口部 (mm)	締固め度 (%)	水位 (cm)
1	管周方向	材料A	10	90	100
2		材料B	10		
3		材料C	10		
4		材料B	5		
5		材料C	5		
6		材料A	15		
7		材料C	15		
8		材料C	5	80	
9		材料C	10		
10		材料A	10		

表-4.2 地盤材料の土質分析結果

材料	土粒子密度 (g/cm ³)	最大密度 (g/cm ³)	90%密度 (g/cm ³)	80%密度 (g/cm ³)	最大粒径 (mm)	D ₉₅ (mm)	細粒分含有率 (%)	最適含水比 (%)
材料A	2.632	1.883	1.695	1.506	9.5	7.0	0.3	10.8
材料B	2.644	1.766	1.589	1.413	9.5	3.0	1.8	14.4
材料C	2.689	1.737	1.563	1.390	4.75	0.6	11.1	17.0

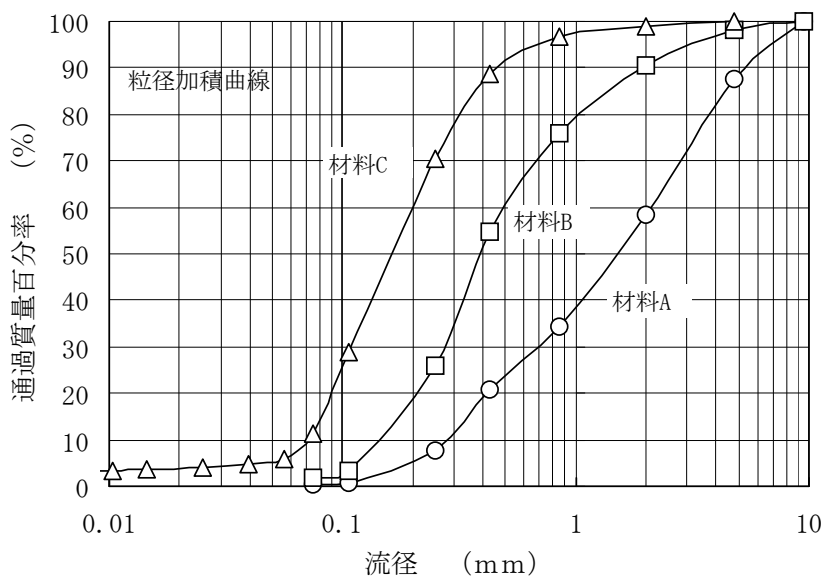


図-4.2 地盤材料の粒径分布

2) 実験結果

表-4.3 に実験結果を示す。

表-4.3 実験結果

No.	材料種別	スリット幅 mm	締固度 %	水位 cm	状況	経過時間 min	排出土量 乾燥重量kg	時間当り排土量 kg/min
CASE1	材料A	10	90	100	陥没	4.3	3.44	0.79
CASE2	材料B	10	90	100	陥没	5.5	44.80	8.15
CASE3	材料C	10	90	100	排砂	1,440.0	11.05	0.01
CASE4	材料B	5	90	100	排砂	60.0	1.08	0.02
CASE5	材料C	5	90	100	排砂	360.0	2.88	0.01
CASE6	材料A	15	90	100	排砂	3.0	25.34	8.45
CASE7	材料C	15	90	100	陥没	1.0	12.36	12.36
CASE8	材料C	5	80	100	排砂	360.0	3.64	0.01
CASE9	材料C	10	80	100	陥没	10.0	12.36	1.24
CASE10	材料A	10	80	100	排砂	180.0	2.40	0.01

※経過時間:スリットからの土砂の排出が終了するまでの時間、もしくは陥没が発生するまでの時間。

①地盤材料の違いによる土槽変化特性

地盤材料A・B・Cの3種類別に実験結果を整理すると、山砂を使用した実験ケースでは、他の地盤材料を使用したケースよりも明らかに、土砂の排土量が少なかった。

また、排土終了に至までの経過時間も短いことから、山砂による埋め戻しは、急激な崩壊（陥没）を招きにくいという結果が得られた。

②スリット幅の違いによる土槽変化特性

5 mm、10 mm、15 mmの3ケースのスリット幅について実験を行った結果、スリット幅が大きいほど、排土量が多くかつ短時間に土砂が流出される傾向にあった。

③締固度の違いによる土槽変化特性

締固度80%と90%の種類について実験を行った結果、地盤材料C（山砂）のケースでは排土量及び排土終了に至までの経過時間に違いが見られなかったが、地盤材料A（礫質土）のケースでは締固めが不十分な場合に急激な土砂崩落（陥没）が見られる結果になった。

④ゆるみ領域の観測

各実験ケースのゆるみ領域を観測するため、地盤材料を10cm毎に掘削した。色砂を設置した同一平面で色砂を観測できない状態をゆるみと定義した。地表面陥没した実験ケースについて、case2及びcase6は地表面がすり鉢状に陥没していた（写真-4.5、写真-4.9）。それに対して、case9ではゆるみ領域全体が陥没していた（写真-4.12）。地表面陥没しておらず、地盤材料の累計乾燥重量が少ない実験ケースでは、(case4、case5、case8))は、管頂30cm程度までゆるみが広がった。ただし、case1については、地盤材料の累計乾燥重量が少なかったものの、地表面近くまでゆるみ領域が広がっていた（写真-4.4）。

材料Cの実験ケース（case3、case5、case7、case8、case9）では、他の材料を用いた実験ケースに比べて、ゆるみ領域が水平方向に進行する傾向が見られた。それに対して、材料A、材料Bでは、ゆる

み領域が地表面に達する時間が早く (case2、case6)、地盤材料の累計積乾燥重量が少なかった case1でも地表面付近までゆるみ領域が広がっていたことから、鉛直方向にゆるみやすい可能性が示唆された。



写真-4.4 case1 ゆるみ観測状況(管頂 80、50、10、0cm)



写真-4.5 case2 ゆるみ観測状況(管頂 90、60、20、0cm)



写真-4.6 case3 ゆるみ観測状況(管頂 40、30、10、0cm)

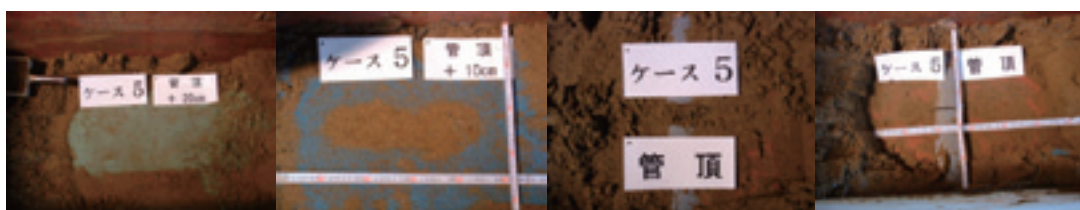


写真-4.7 case4 ゆるみ観測状況(管頂 20、10、0cm)

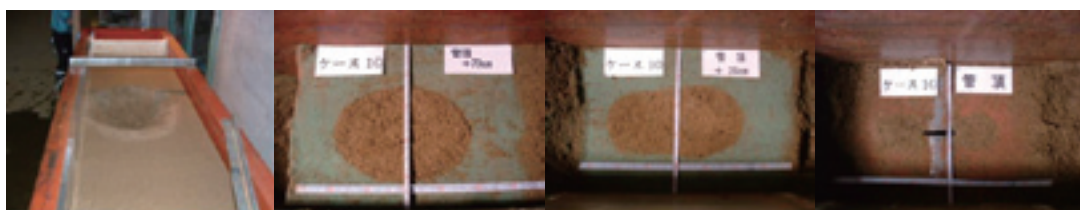


写真-4.9 case6 ゆるみ観測状況(管頂 90、70、20、0cm)



写真-4.10 case7 ゆるみ観測状況(管頂 30、20、10、0cm)



写真-4.11 case8 ゆるみ観測状況(管頂 30、20、10、0cm)



写真-4.12 case9 ゆるみ観測状況(管頂 90、60、20、0cm)



写真-4.13 case10 ゆるみ観測状況(管頂 80、30、10、0cm)

3) まとめ

- 山砂による埋め戻しは、他の粒径の粗い地盤材料に比べて、急激な土槽の崩壊を招きにくく、埋め戻し土として有効であることが分かった。
- スリット幅が 10 mm を超えると、地盤材料の種類を問わず土砂崩壊の危険性が著しく増加する。下水道施設維持管理指針では、事故を未然に防止するための判断基準として、クラック幅が 5 mm 以上をランク A としているが、これを裏付ける結果となった。

【参考文献】

- 4) 小橋秀俊・桑野玲子・堀井俊孝、平成 16 年度下水道関係調査研究年次報告書 国土技術政策総合研究所資料 No. 263
- 5) 藤生和也・浜田知幸、道路陥没を予防するための下水道管路の適正管理手法に関する研究、平成 17 年度下水道関係調査研究年次報告書 国土技術政策総合研究所資料 No. 323
- 6) 藤生和也・浜田知幸、下水道管渠の適正な管理手法に関する研究、平成 18 年度下水道関係調査研究年次報告書 国土技術政策総合研究所資料 No. 404

(2) 佐藤真理：道路陥没未然防止のための地盤内空洞・ゆるみの探知に関する基礎的検討（文献1）

佐藤の論文には、綿密な実験と考察、さらにはわかりやすい解説図がある。論文ではまず、「下水管破損部への土砂の流出における降雨の影響としては、大まかにわけて以下の3つ①降雨浸透水の管渠内への流出にともなう土砂流出・②地下水位上昇による水の管渠内への流出にともなう土砂流出・③集中豪雨時の管内水の周辺地盤への流入・排出にともなう土砂流出が主に考えられる。どのプロセスも詳細については未だ不明な点が多く未だ概念的な状態である。」としている。

①について、図-4.3 を示し、「降雨が地表から浸透し下水管破損部に流入する過程で土砂が水と共に流出していくというプロセスである。しかしながら現在都市部においては地表面の多くが道路舗装をされているため降雨の浸透は発生しにくい可能性が高い。」としている。

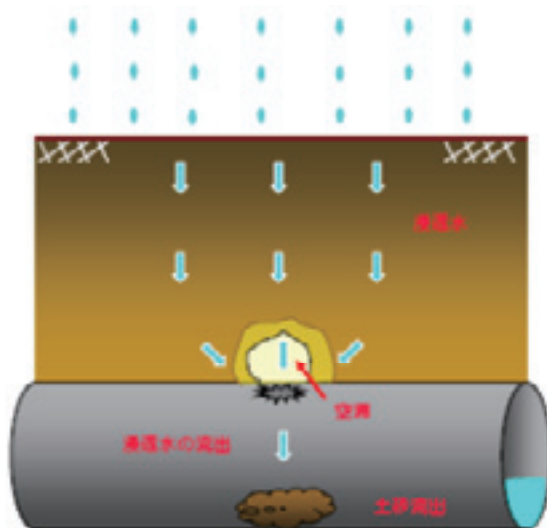


図-4.3 降雨浸透水による空洞形成メカニズム

②について、図-4.4 を示し、「普段は埋設管の下に位置している地下水位が、降雨により上昇することで地盤の状態が不安定となり下水管破損部から流出していくというメカニズムである。」としている。

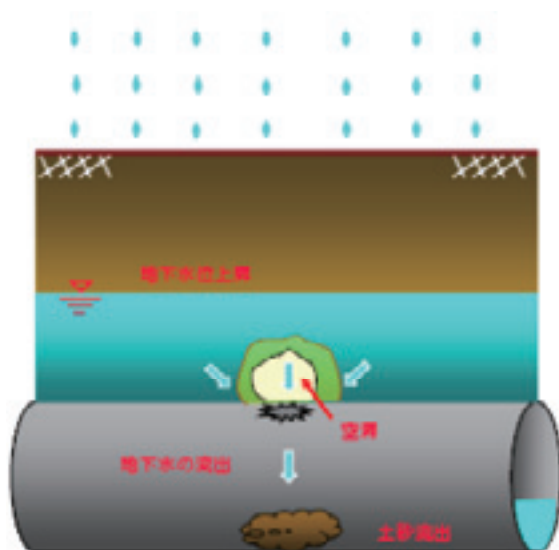


図-4.4 地下水位上昇による空洞形成メカニズム

③)について、図-4.5 を示し、「特に近年多発している都市部のゲリラ豪雨等集中豪雨時に下水管内の水が溢れ周囲に流入、降雨が治まるとともに水が流出するというメカニズムである。」としている。

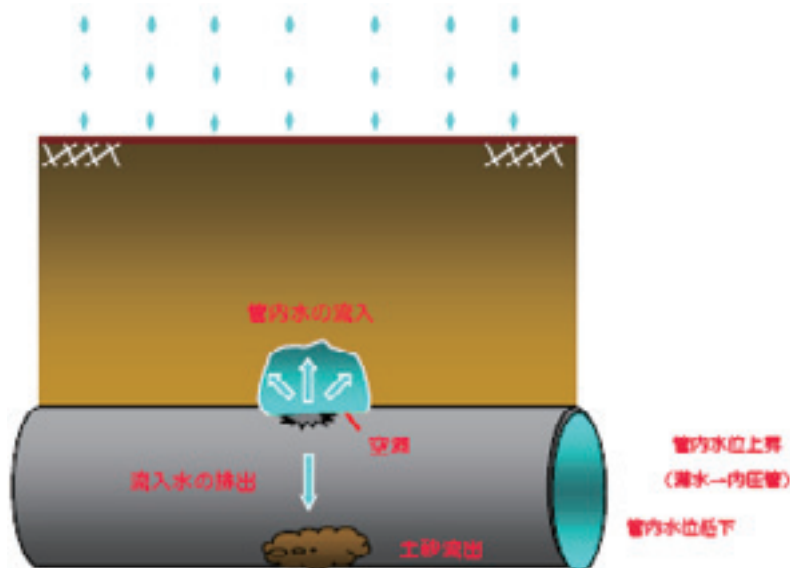


図-4.5 下水道管からの水の流出入の繰り返しによる空洞形成メカニズム

①の類似プロセスとして、水道等からの漏水が陥没を誘発している可能性がある。図-4.6 は英国の教科書 (Geoffrey F Read, Sewers Rehabilitation and New Construction, p50, ISBN:0470235640, ARNOLD) からのものである。水道や浅埋の下水道管からの漏水が、地下深くにある幹線へ流れ込み幹線周辺部の地盤がゆるむ様子を模式的に示している。尚、下水管の絵はいずれもレンガ管を示している。

③のプロセスは雨天時に圧力管状態となる合流式下水道や分流式下水道の雨水管で生じやすいと考えられる。一方、本管の老朽化や誤接合により雨天時不明水で圧力管になる汚水管でも生じると考えられる。

論文ではさらに、図-4.7 のような小型土層実験装置により、幅 5mm のスリットから水の流入と流出を繰り返すことで地盤に起こる変化を観察している。これは③の現象の再現を行っているものと考えられる。実験では、地盤材料や含水比、相対密度を変化させた様々な条件で地盤形状の変化を観測し排土量を計測することにより地盤変形・空洞形成をもたらす要因を考察した結果を示している (図-4.8~4.11)。「図-4.8、図-4.11 は初期段階から、図-4.9、図-4.10 はある程度のサイクルの進展で発生するようになる。サイクルが進むにつれて地盤全体が不安定となり図-4.8~4.11 の現象による影響がより大きくなってくる。」としている。



図-4.6 英国レンガ管崩壊メカニズムの概念図

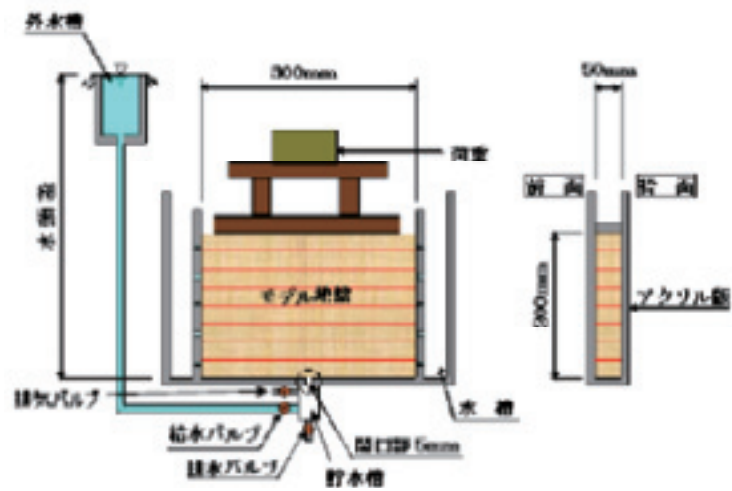


図-4.7 小型土層実験装置

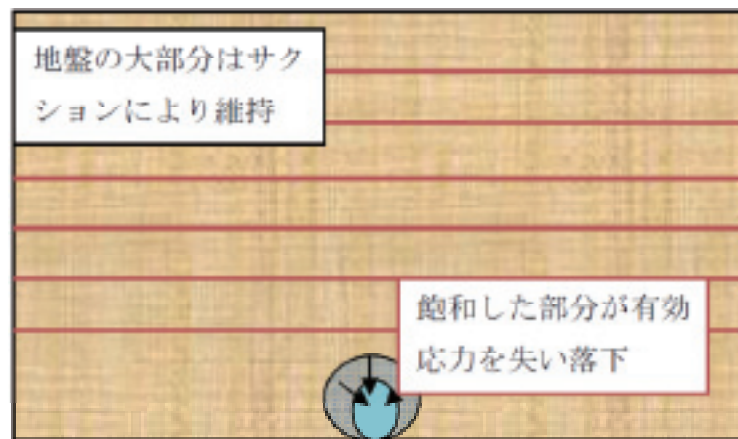


図-4.8 飽和土が間隙水圧の上昇により有効応力を失って落下

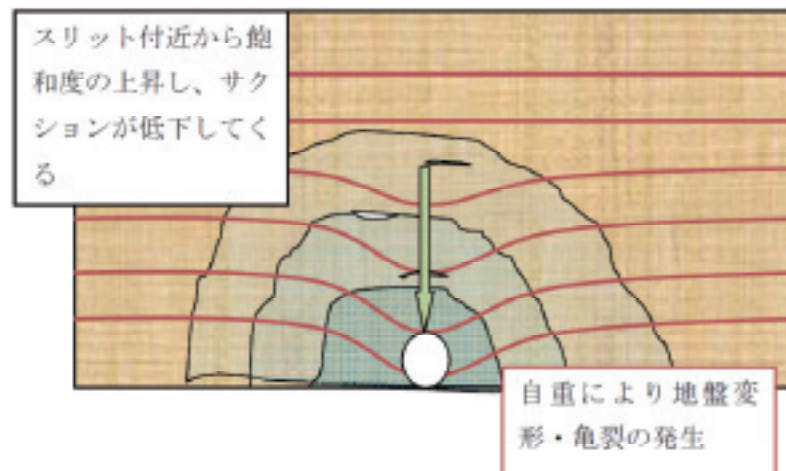


図-4.9 給排水の繰り返しでサクシオンの低下による周辺地盤の不安定化

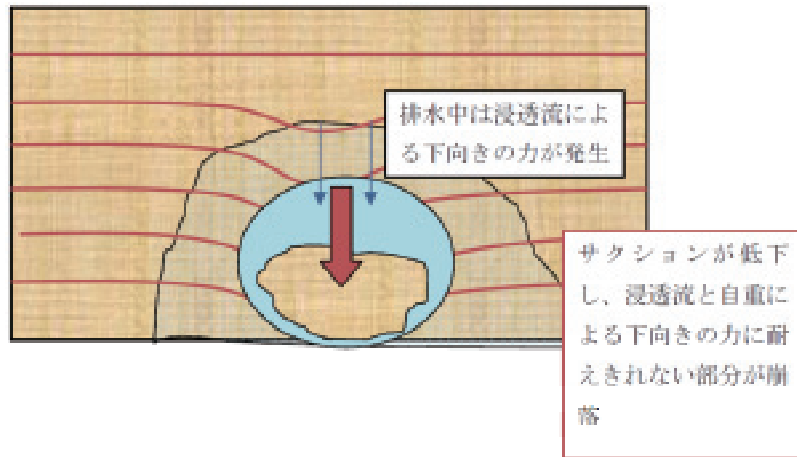


図-4.10 地盤の崩落

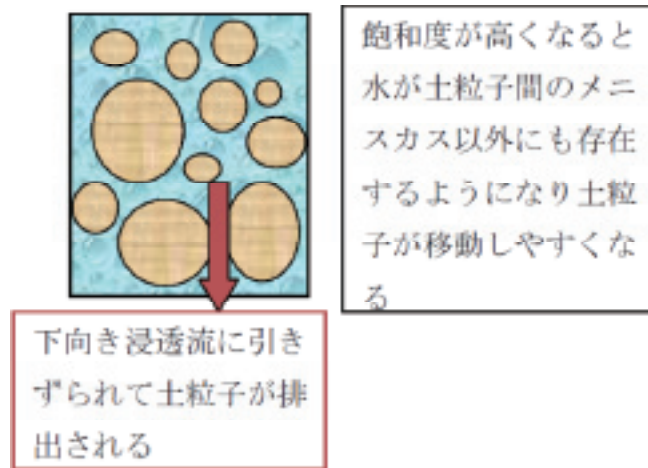


図-4.11 細粒分の流出

(3) 野中茂他：X線CTを用いた破損形状の違いによる管渠周辺地盤のゆるみ領域の評価（文献2）

野中他の論文は、地盤工学会での発表論文である。論文では、X線CTスキャナを用いた実験装置（図-4.12）により、管軸および管周方向に5mmのクラック等不具合が生じた下水管周辺地盤に発生するゆるみ領域を三次元的に可視化している。管軸方向の不具合の場合は、「管模型上方へ楕円状にゆるみが進展している。」（図-4.13）。管周方向の不具合の場合は、「土層下端の開口部両側から同心円状にふたつのゆるみが拡大し、合わさっている。」としている（図-4.14）。

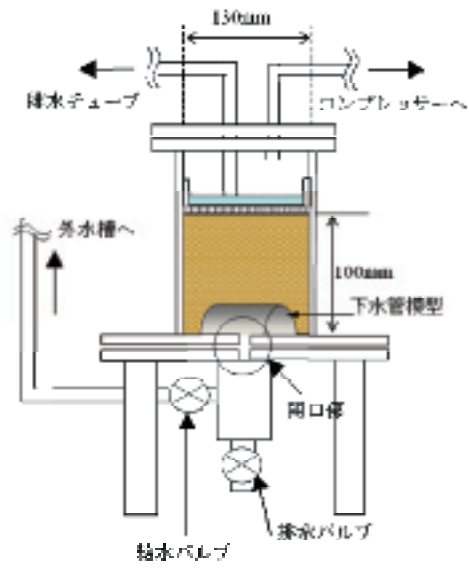


図-4.12 模型実験模式図

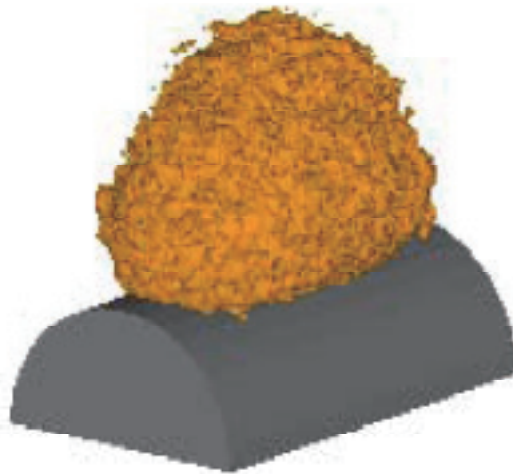


図-4.13 管軸方向破損密度低下領域・空洞領域

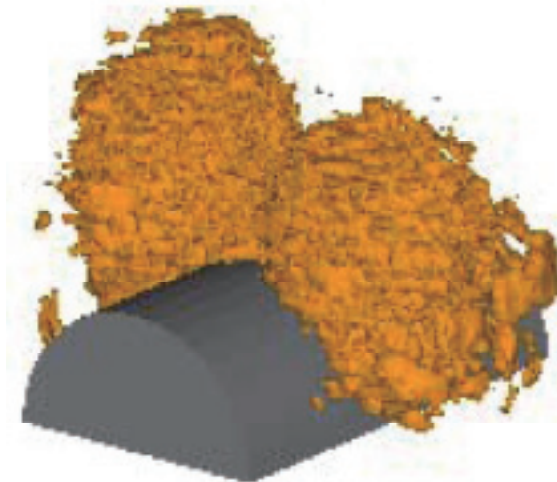


図-4.14 管周方向破損密度低下・空洞領域

(4) Sewerage Rehabilitation Manual 4th Edition Book (文献3)

文献3は、英国のWRC (Water Research Center, 水環境関連コンサルタント) 発刊の管路の更生マニュアルである。初版1984年、現在第4版が発刊されており、英国では下水管の改築修繕を計画する際の重要な書籍として位置づけられている。本文献では図-4.15~4.17を示し、管路への不具合発生から、地盤のゆるみと空洞形成へとつながるメカニズムを説明している図-4.15の不具合発生の第一段階として、「管の継ぎ手や取付管の接合不良により、浸入水が発生する。」としている。図-4.16の第二段階は、「地下水浸入、満管時の下水の浸出、浸入により、周辺地盤材料が管内に吸い込まれる。周辺地盤の支持力を失い、管が動き、接合部の不具合がひどくなる。これにより、周辺地盤材料の管内に吸い込まれる量も増える。」である図-4.17の第三段階は、「不均等な荷重により、管接合部の脱却が生じ、管体にひびわれ発生。管断面が変形し、破損発生、たわみ、蛇行が発生。カメラ車が走行不能になる。管内への周辺地盤材料吸い込みにより、空洞、ゆるみが拡大する。」である。

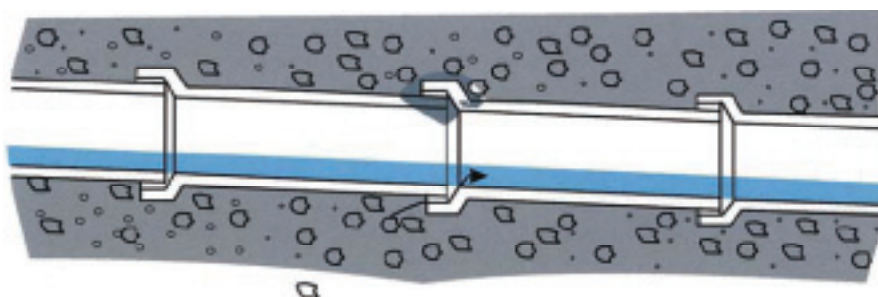


図-4.15 陥没発生メカニズム(第一段階)

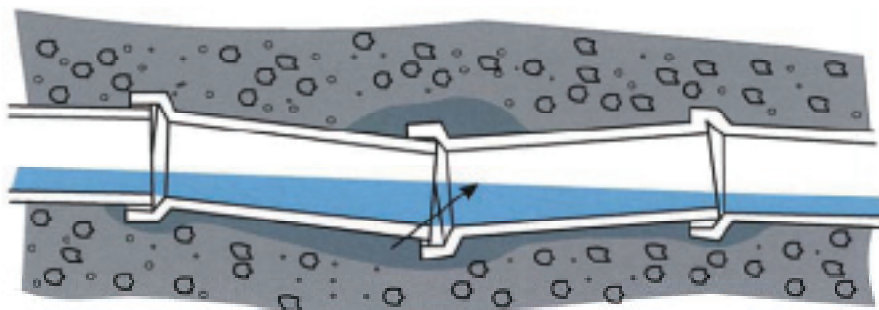


図-4.16 陥没発生メカニズム(第二段階)

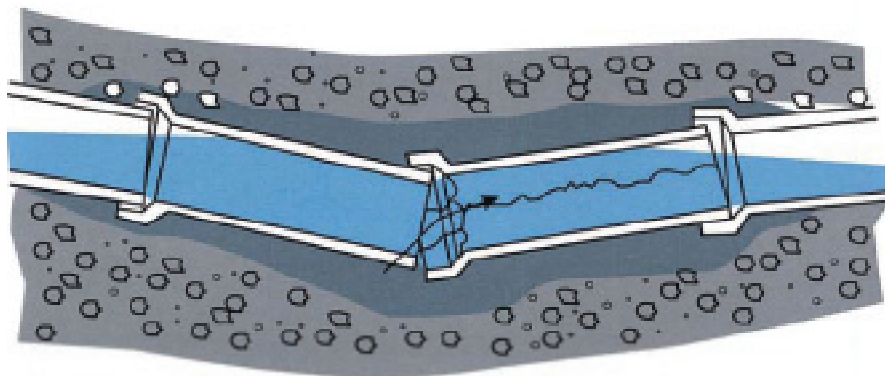


図-4.17 陥没発生メカニズム(第三段階)

5. まとめ

5.1 道路陥没の傾向

国総研では、平成19年～平成22年度に、下水道事業を実施する全自治体を対象とし、毎年発生する下水道管きよに起因する道路陥没件数を調査（全国道路陥没実態調査）し、平成18年～平成21年度の各年度に発生した陥没件数を把握した。

4カ年の調査で得られたデータは計1.7万件であり、本報告書では、管きよの経過年数や管種、管径、原因となった施設、陥没原因等について、全国的な傾向を分析した。

今回の分析による、下水道管路起因陥没の主な傾向は以下の通りである。

(1) **下水道が原因の道路陥没件数は、年間4000件程度発生している。(図-3.1)**

過去4年(H18-H21)の下水道が原因と考えられる道路陥没件数は、全国で約4000件/年発生しており、横這いもしくは若干の減少傾向にある。

(2) **管きよ延長当たりの陥没件数は、約1.0件数/100km/年である。(図-3.24)**

道路陥没件数を管きよ延長当たりに換算すると、約1.0件数/100km/年となる。

(3) **道路陥没発生時期は、夏季及びその前後に集中する傾向にある。(図-3.2)**

夏季に陥没が発生しやすいのは、気温が高いために舗装路面の温度上昇に伴いアスファルトが軟化し、舗装が沈下陥没しやすくなるためと考えられる。また、夏季前後の5～6月や、9月も比較的陥没が多いが、これは、前述の気温の上昇の他、梅雨や台風の影響による降雨量の増加により、地下水位の上昇及び急激な変動、管内水量の増加変動が生じ、管きよ不具合部（クラック）への土砂侵入が促進されるとともに、地下空洞の拡大が進むためと考えられる。

(4) **管きよの経過年数が長いほど陥没件数は増加する傾向にある。(図-3.34)**

布設年度別に示した陥没件数では、経過年数30年～45年における陥没発生が比較的多い。布設延長（整備延長）は毎年異なるため、布設年度別の陥没延長を各年度の布設延長（管きよ100km）で割り戻すと、図-3.34に示したように、管きよが古くなるとともに陥没割合が高くなる傾向が見られる。

特に、経過年数が30年を超えると、道路陥没の割合が顕著に増加する傾向が見られる。下水道維持管理指針2003年版（下水道協会）において、点検調査の頻度が30年を境に変わるのは、この傾向に基づくものである。

(5) **原因施設では、取付管の陥没件数が多い傾向にある。(図-3.7)**

下水道管路施設（本管、取付管、榭、人孔等）の内、最も陥没件数の多いのは取付管であり、全体の半分を占めている。

(6) **管種では、陶管の陥没が多い傾向にある。(図-3.45)**

管きよ100km当たり陥没件数は、陶管がもっと高く約0.9件数/100km/年、次いでコンクリート管0.4件数/100km/年であり、コンクリート管に比べ陶管の方が陥没の発生する可能性が約2倍高い結果となった。

(7) 陥没の規模は総じて小さい。(図-3.14)

陥没の大きさ(陥没幅×陥没深さ)は、「100cm²を超え500cm²以下」最も多く、全体(不明除く)の3割を占める(5000cm²以下が約8割)。道路上の平面的な陥没の大きさ(陥没幅)に注目すると、全体(不明を除く)の約8割が直径50cm未満(20cm未満は3割)の小さな陥没である。また、深さのみに注目すると、全体(不明を除く)の約5割が深さ20cm未満(50cm未満は9割)の浅い陥没であり、総じて小さな陥没である。

なお、物損事故を伴う陥没は4カ年で79件発生しており、これは全陥没件数の1%未満である。物損事故は道路上の平面的な陥没の大きさ(3.1.12参照)と密接な関係があると考えられる。コンパクトカー(1000-1300CCクラス)のタイヤ外径を約60cm(165/70R14)とすると、陥没の多くは直径50cm未満の小さな陥没であることから、物損事故に発展する事例が少ないと推測される。

(8) その他の傾向

- 原因管径が大きいほど道路陥没規模が大きい。(表-3.21)
- 土被りが深いほど道路陥没規模が大きい。(表-3.23)
- 原因施設が取付管と人孔の接続部、圧送管関連の場合に、道路陥没規模が大きい。(表-3.24)
- 気温が高いほど道路陥没件数は増加する傾向にある。(§3.5)

5.2 今後の課題

今回の分析では道路陥没の全国的な傾向について分析したが、道路陥没の予防を行う上では、様々な条件下(地盤条件、施工条件、道路交通条件など)で埋設されている個々の管きょ毎に詳細に要因分析を行っていくことが望ましい。それには陥没情報だけではなく、健全な状態の管きょの情報も必要であるが、全国自治体のデータを基に分析するのは困難であり、下水道管路台帳システムが整備された自治体をピックアップして、そこをモデルケースに分析することが適している。

台帳システムには、布設年度、管種、管径、土被りといった基礎情報はもちろん圧送管下流、ビルピット排水受、伏越、勾配不良、工場排水といった情報も入力すればより分析の精度は高まるものと推察される。

上記道路陥没の要因分析を行うことで、どのような条件の管路が陥没しやすいかを予測することができ、予防保全的維持管理の効率的な実施が可能となる。

6. おわりに

下水道管路施設の老朽化等により、道路陥没が発生し社会問題化している。老朽した管きよは今後益々増加する傾向にあることから、下水道を管理する自治体においては、速やかに管きよの劣化状況を把握し、必要な措置を講じ、道路陥没の予防保全に努める必要がある。

しかしながら、厳しい財政事情の中、限られた予算、限られた人員で、膨大な管きよストックの全てに対応することは非常に困難である。

よって、道路陥没に繋がる管きよの不具合が発生する可能性や、道路陥没による社会経済的影響度（重要性）などを見極めた上で、管きよ毎に優先順位を付けるなどして、効率的な予防保全対策を講じる必要がある。

国総研では、自治体から提供いただいた道路陥没の貴重なデータを活用しつつ、功利的な道路陥没予防保全手法の確立に向けて研究に取り組んでいるところである。

.....

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

No.668

February 2012

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