

■ 論文 ■

# 下水道管路に起因する道路陥没の発生傾向と陥没発生危険箇所の推定

宮本 豊尚\* 深谷 渉\*\* 横田 敏宏\*\*\* 太田 信弘\*\*\*\*

**要旨：**わが国では年間約4,000件以上の下水道管路に起因する道路陥没が発生している。道路陥没を防止するには、陥没につながる管路不具合を早期に見出すための管路調査が必要であるが、調査には多額の費用と時間を要する。このため、道路陥没の発生傾向を考慮した管路調査の優先順位付けが必要となる。

本稿では、管路の調査計画を策定する上で重要な優先順位付けについて、実際の管路の状態に深く関与する管種や敷設年度のロジスティック回帰分析を行うと共に、AHP法を用いた様々な環境因子の影響の定量化によるリスク評価方法を提案し、ケーススタディにより検証を試みた。この結果、4つの要素（管種、排水種別、敷設年度、取付管の本数）で回帰分析を行った管種ごとの不具合発生確率による順位付けは、大雑把なスクリーニングとしては使用に耐えうる結果であった。AHP法を用いたその他の環境因子の重み付けを行ったところ、推定精度の向上には、適切な項目の抽出が課題であることが分かった。

**キーワード：**道路陥没、危険箇所推定手法、AHP法

## 1. はじめに

わが国における下水道管路ストックは平成23年度末現在44万kmを越え、下水道処理人口普及率は75.8%に達している<sup>1)</sup>。一方、高度成長期から急速に整備が進んだこともあり、敷設後30年以上経過した管路が全体の約1/5を占めている(図-1)。管路の老朽化に伴う諸問題の中でも道路陥没は、沿線住民に対する下水道サービスの提供ができなくなるだけでなく、交通障害をはじめとする都市活動への影響を及ぼし、さらに人身・物損事故を引き起こす可能性のある

大きな問題である。

管路は、敷設後30年を経過すると不具合の発生確率が上がるといわれており<sup>2)</sup>、下水道維持管理指針では敷設後30年までは10年に一度、それ以降は7年に一度の頻度での調査が薦められている<sup>3)</sup>。

しかし現状では、年間の調査延長は、全国の敷設延長の1%程度に過ぎない<sup>4)</sup>。その原因としては、調査にかかる費用が約3000円/m(「下水道施設維持管理積算要領-管路施設編-」に基づく小口径管の概算結果)と高額であること、日進量がTVカメラ調査では標準300m/日と小さいことが影響しているためである。限られた予算で効果的に調査・点検を行うためには、すべての管路を一様に実施するのではなく、調査必要箇所のスクリーニングを行う必要がある<sup>5)</sup>。

本報では、道路陥没に関する危険箇所を推定するため、まず一般的な管路における道路陥没の傾向を把握(2章)した後、個々の管の状態も考慮した道路陥没の危険箇所に関する抽出方法(3章)とケーススタディの実施結果(4章)について報告を行う。

## 2. 下水道管路施設に起因する道路陥没の実態

本章では、わが国の一般的な管路の状態について状態把握を行う。マクロ的な議論を行うため、全国の道

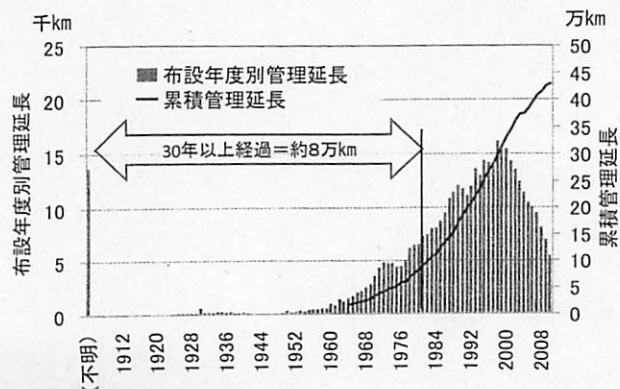


図-1 管路の年度別整備延長

路陥没の実態について紹介する。

国土交通省では、道路陥没の実態を把握するため、平成18年から全下水道事業体を対象としたアンケート調査を実施している。図-2に全国の道路陥没発生件数の推移を示す。

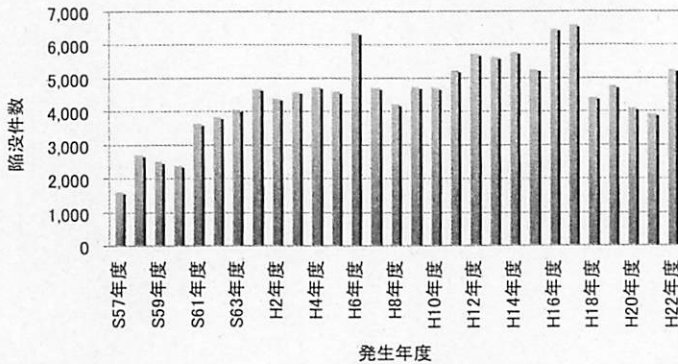


図-2 下水道管路施設に起因する道路陥没件数の推移

道路陥没の発生件数は年間約4,000~6,500件で推移しており、ここ数年は若干の減少傾向にある。これは、大都市を中心とした改築更新及び耐震事業の推進が道路陥没発生数減少の一因として考えられる<sup>6),7),8)</sup>。なお、平成22年度については、東日本大震災の影響もあり再び5,000件を超えている。震災の影響は大きく、平成23年度以降も被災地における道路陥没の話題がニュース等で取り上げられており、道路陥没を未然に防ぐため、道路管理者等により空調調査が続けられているところである。

陥没が発生した道路は、市町村道が圧倒的である(図-3)、これは市町村道自体が他の道路種と比べて圧倒的に多いこと、都市部においてはほぼすべての生活道路下に下水道管路が埋設されていることが影響している。さらに、道路の供用延長で陥没の発生件数を除しても市町村道での道路陥没発生件数は他と比べて多くなっている<sup>9)</sup>。これは、道路陥没の原因施設が影響していると考えられる。道路陥没の原因施設は、取

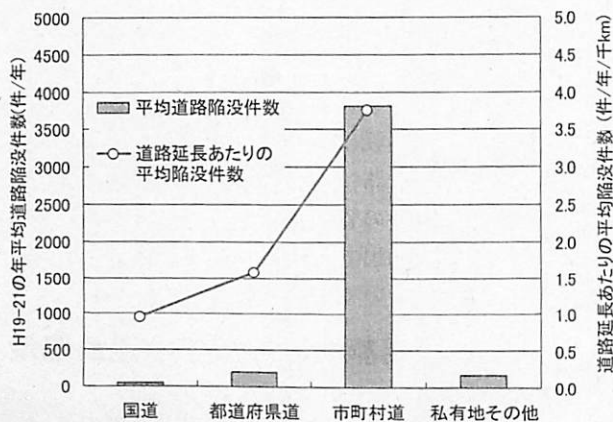


図-3 道路種別 陥没発生件数 (H19-21年度の平均)

付管・樹に起因するものが多く、全体の約2/3を占めている(図-4)。残り1/3は取付管との接続部を含む本管・人孔起因の道路陥没であった。取付管は、市町村道に存在する割合が高いため、結果的に市町村道での道路陥没発生件数が多いと考えられる。

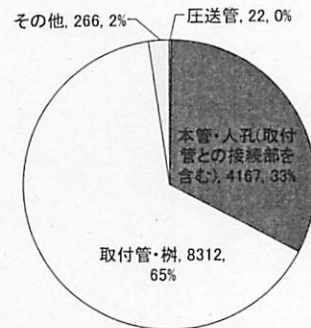


図-4 道路陥没原因施設または陥没位置 (H19-21年度発生分)

平成20年度、21年度に発生した道路陥没については、陥没の間接的要因についても前述のアンケートを実施した。道路陥没の間接的要因を公共団体の担当者の判断で回答していただき、「初期不良」(下水道工事の施工上の問題)、「経年劣化」(腐食・老朽化・樹木根侵入)、「事故」(設計道路荷重超過・他企業管工事・地震動/液状化)、「その他・不明」の4つのカテゴリーに区分けを行った(図-5, 6)。不明の回答が全体の3割を占めているものの、一番多い間接的要因は、陶管

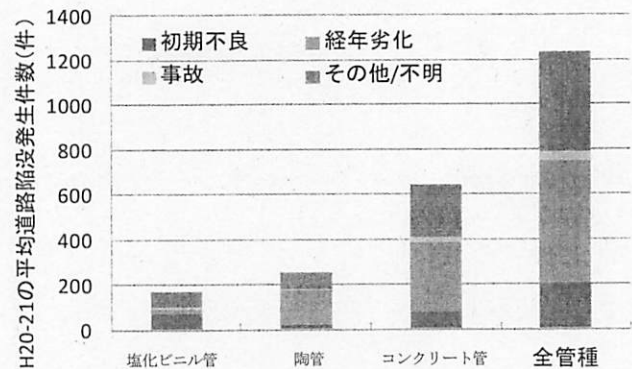


図-5 本管種別 本管・人孔起因道路陥没原因

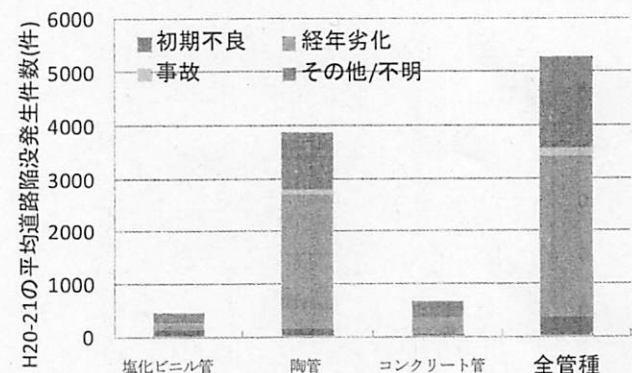


図-6 取付管種別 取付管起因道路陥没原因

製取付管の経年劣化によるものであり、総陥没件数の3割(1263/3865)を占める。相対的に敷設後経過年数が短い塩化ビニル管については、経年劣化が少なく初期不良が多い。本管起因のうち、初期不良と判断されたものは4割強(72/166)(不明は4割(64/166)、劣化は1割弱(19/166)である。また、既報ではあるが、塩化ビニル製の本管では、発生した陥没のうち85%は管そのものに不具合がなかったという結果が得られている<sup>2)</sup>。

平成21年度に発生した道路陥没のうち、本管(取付管等との接続部含む)が原因の陥没について、同年度敷設延長で除した単位敷設延長当たりの道路陥没件数の結果を図-7に示す。概ね経過年数25年までは1箇所/1000kmの頻度で発生している。その後発生確率は年数経過に伴って増加しており、経過年数50年までは道路陥没の発生確率は概ね20~30箇所/1000kmで発生している。一方、本管管種別で見ると、陶管における発生率がコンクリート管における発生率を上回る年数は双方のデータのある53年のうち40年を占めており、三管種のうち相対的に最も発生確率が高いのは陶管となっている。なお、塩化ビニル管については、敷設後40年経過した管路の延長が他管種と比べて極めて短いこともあり、結果として40年経過後の単位延長当たりの道路陥没箇所数は大きな数値を示している。なお、道路陥没の2/3を占める取付管起因の陥没件数については、該当管路の本管管種の情報が十分収集できていないため本稿では言及しない。

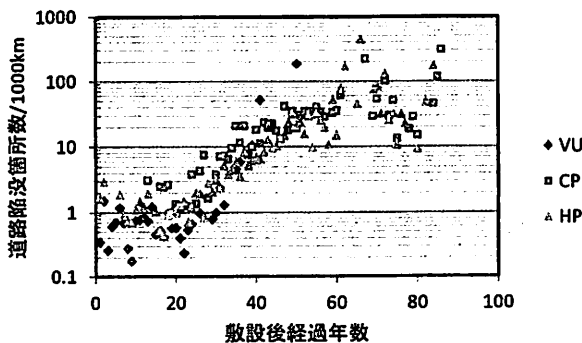


図-7 単位敷設延長当たりの本管管種別本管起因道路陥没発生率 (H21)

### 3. 道路陥没危険箇所の推定方法

前章では全国的な陥没傾向を示したが、個々の管の状態は製造・施工・供用の各段階において異なっている。例えば同じ鉄筋コンクリート管でも、ヒューム管と現場打ちコンクリート管の違いだけにとどまらず製造年代によって規格が変化している。取付管の有無及び接続本数、施工方法の違いによっても状況が異なる。また、周辺地盤の土質や地下水位、樹木との距離、上部の交通特性、特殊排水の流入の有無などの環境因子

によっても影響を受ける可能性がある。

そのため、個別スパンの陥没危険箇所の推定や管路内調査の優先順位を決定するには、管路のおかれている様々な条件を考慮する必要がある。ここでは、既報<sup>10)</sup>と同様に、調査優先順位を決定するために「不具合リスク」を用いてリスク評価を行う手法を用いた。図-8に調査・点検の優先度の高いスパンの推定フローを示す。

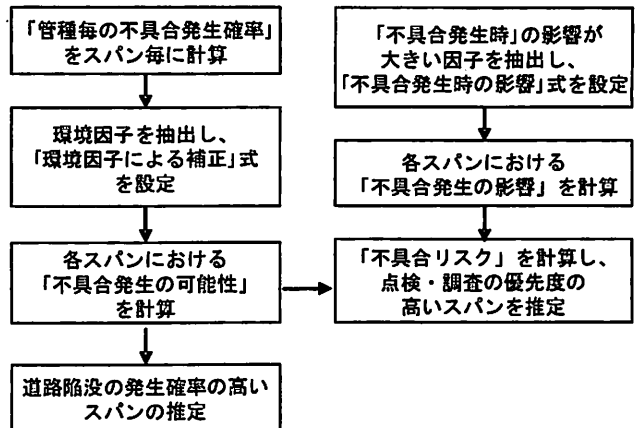


図-8 調査・点検の優先度の高いスパンの推定フロー

#### 3-1 不具合リスク

「不具合リスク」とは、不具合の発生し易さと道路陥没等の不具合発生時の影響の大きさを定量化したもので、「不具合発生の可能性」と「不具合発生時の影響」の積で表し、この式をリスク評価式と定義する(式-1)。

$$\text{「不具合リスク」} = (\text{不具合発生の可能性}) \times (\text{不具合発生時の影響}) \dots\dots\dots \text{(式-1)}$$

#### 3-2 不具合発生の可能性

「不具合発生の可能性」は、下水道管路の敷設条件(管種、布設経過年数、管径、土被り、取付管本数等とTVカメラ調査結果により分析が可能であるが、都市環境(例えば大型車が通行する道路下等)や地盤条件(以下、環境因子)の影響も予想される。

ここでは、既往のTVカメラを用いた管路内調査の結果(不具合発生の有無)と下水道台帳項目の関係を表した式に、環境因子による影響を加味した(式-2)を「不具合発生の可能性」と仮定する。

$$\text{「不具合発生の可能性」} = (\text{管種毎の不具合発生確率}) \times (\text{環境因子による補正}) \dots\dots\dots \text{(式-2)}$$

##### (1) 管種毎の不具合発生確率

不具合発生確率は、これまでの調査及び2章の結果より、下水道台帳項目として管種、布設経過年数、取付管本数の影響が大きいことが分かっている<sup>11)</sup>。そ

表-1 排水種別を考慮した管種別の不具合発生確率式

| 管種        | 排水種別     | 数式  |
|-----------|----------|---|
| 陶管        | 合流・汚水・雨水 | $\frac{1}{1 + \exp[-(\text{経過年数} \times 0.023 + \text{取付管本数} \times 0.064 + 2.380)]}$ |
| 鉄筋コンクリート管 | 合流・雨水    | $\frac{1}{1 + \exp[-(\text{経過年数} \times 0.073 + \text{取付管本数} \times 0.148 - 0.923)]}$ |
|           | 汚水       | $\frac{1}{1 + \exp[-(\text{経過年数} \times 0.122 + \text{取付管本数} \times 0.055 - 2.004)]}$ |
| 塩化ビニル管    | 合流・雨水    | $\frac{1}{1 + \exp[-(\text{経過年数} \times 0.045 + \text{取付管本数} \times 0.133 - 1.718)]}$ |
|           | 汚水       | $\frac{1}{1 + \exp[-(\text{経過年数} \times 0.058 + \text{取付管本数} \times 0.221 - 2.263)]}$ |

ここで、管種・排水種別に、道路陥没の発生した管路の台帳データを用いて、ロジスティック回帰分析を行うことで、管種毎の不具合発生確率を得る。

表-1に管路の生存率を考慮した排水種別の不具合発生確率式（パラメーター：管種，経過年数，取付管本数，国総研が有する劣化データベース<sup>13)</sup>（全国12都市，約17万スパン）より算出）を示す。

(2) 環境因子による補正

「環境因子」については、下記のとおりAHP法を用いて算出されたウェイトにより補正を行う。

まず図-9に示す階層図を作成し、影響因子と考えられる評価項目をブレインストーミング法により抽出する。続いて抽出された評価項目について、要素間の相対的な重要度（ウェイト）の計算を行う<sup>12)</sup>。ウェイトの計算には一対比較を用いる。一対比較は多数の比較対象を一度に評価するのではなく、2つずつ要素を取り出し、その優劣を判定していく方法である。要素が7を超えると一対比較が難しくなることから、5つ程度の評価項目に対して適用する。複数の被験者に対して実施し、得られた結果を平均化して因子毎のウェイトを算出する。以上の作業の結果、「環境因子」による補正は、（各評価項目の該当の有無×ウェイト）の総和で求めることとなる。

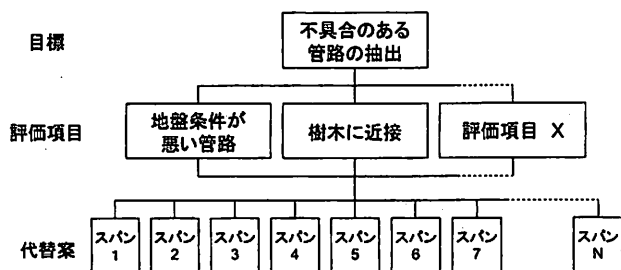


図-9 環境因子に関する階層図(例)

なお、評価項目やそのウェイトは、主に経験に基づき算定されるため、自治体ごとに結果が異なることが想定される。

(3) 不具合発生時の影響

「環境因子」と同様に、「不具合発生時の影響」についても、ブレインストーミング法により抽出された項

目についてAHP法に基づく定量化を実施する。5つ程度の評価項目を抽出し、一対比較を行って求められたウェイトを用いた（各評価項目の該当の有無×ウェイト）の総和によって「不具合発生時の影響」を計算する(表-3)。

上記(1)~(3)の方法で、スパンごとに条件を当てはめ、計算された「管種毎の不具合発生確率」、「環境因子による補正」、「不具合発生時の影響」を、式-1、式-2に代入することで「不具合リスク」が計算される。「不具合発生の可能性」の計算結果が大きいスパンは、相対的に道路陥没の発生確率が高いスパンといえ、「不具合リスク」の計算結果が大きいスパンは、相対的に点検・調査の優先度が高いと考えられる。

4. ケーススタディ

秋田市八橋処理区(公共下水道)をフィールドとして、3章で示した道路陥没の危険箇所と陥没リスクの評価に関するケーススタディを行った。

4.1 八橋処理区の概要

八橋処理区は、第二次世界大戦前の昭和7年に下水道法事業認可を取得した歴史ある処理区(838ha)で、ほぼ全域が合流式で整備されている。解析対象としたのは約200km(約5800スパン)の区間で、その大部分はコンクリート管で整備されている(図-10)。八橋処理区はほぼ自然流下方式で排除されており、圧送管はほぼ皆無である。流入した汚水は雄物川河口に位置する八橋下水道終末処理場(計画処理人口:47,800人)にて処理されている。

4.2 陥没の発生確率の高いスパンの推定と検証

図-8に示すフローに従い、陥没の発生確率の高いスパンの推定とその検証を行った。

(1) 「管種毎の不具合発生確率」による陥没の発生確率の高いスパンの推定

「管種毎の不具合発生確率」については、ロジスティック回帰分析を行い、排水種別を考慮した管種別の不具合発生確率式を採用した(表-1)。この式に、八橋処理区約5800スパンの台帳データを代入し、管種ごとの不具合発生確率を求めた。得られた結果を値の大きいものから順に並べていくことにより、危険度

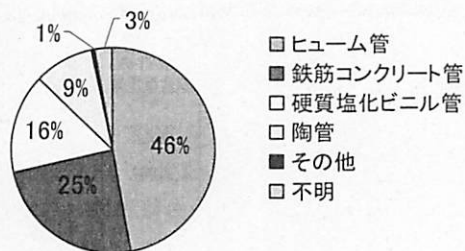


図-10 八橋処理区の敷設管種

に関する順位付けを行った。なお、敷設年度が不明な管には、安全側での判定を行うため一律に秋田市の供用開始年である昭和12年を敷設年度とした。また、解析の基準年度については平成22年とした。

得られた危険度の順位を図-11に示す。危険度順位が高いスパンは、いずれも早くから下水道整備が進んだ地区に存在するスパンが該当していた。また、陶管は9割以上が上位2000位に該当した一方で、塩化ビニル管については、7割程度が下位1000位に該当した(図-12)。



図-11 管種ごとの不具合発生確率の順位

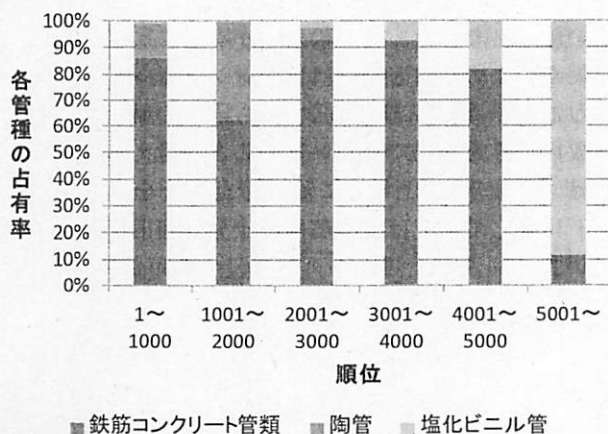


図-12 ヒストグラム(管種ごとの不具合発生確率)

(2)「不具合発生の可能性」による陥没の発生確率の高いスパンの推定

(1)で求めた「管種毎の不具合発生確率」を「環境因子」によって補正を行った「不具合発生の可能性」の計算を行った。

「環境因子による補正」は、秋田市の下水道維持管理に携わる職員を対象としたブレインストーミングにより抽出された約10項目の候補項目のうち上位5項目について、一対比較による重み付けを行った。ここで、抽出された項目にいずれも該当しない場合には「不具合発生の可能性」が0となって順位付けが不可能になってしまうため、一対比較を行う際に「5項目に該当しないスパン」という項目を設定し、すべてのスパンについて少なくとも1項目は該当するように調整を行った。得られた「環境因子による補正式」を表-2に示す。なお、本計算を簡単にするため、「過去に陥没または補修した履歴を有するスパン」については「平成19~21年度に道路陥没が発生したスパン」と読み替えを行った。なお、管種によって異なった影響因子を採用した理由としては、既往の陥没発生の実績から、管種毎に影響すると思われる環境因子が異なると判断されたためである。

(1)で求めた「管種毎の不具合発生確率」に上記補正式を乗じて得られた「不具合発生の可能性」の計算結果を、(1)と同様に値の大きいものから順に並べていくことにより、危険度に関する順位付けを行った。

得られた危険度の順位を図-13に示す。「管種ごとの不具合発生確率」の順位(図-11)と比べて危険順位が高いスパンが処理区内に点在する傾向となった。これはAHP法の結果、大きなウェイトを与えている「平成19~21年度に道路陥没が発生したスパン」が処理区内に点在していることが影響していると推察される。また管種毎のヒストグラムでも、陶管や塩化ビニル管の順位は「管種ごとの不具合発生確率」と比べて分散している結果となった(図-14)。

(3) 推定結果の検証

①スパン毎の評価

前節で推定した方法によって危険性が相対的に高いと判定されたスパンは、本当に危険性が高いのか検証を試みた。八橋処理区において平成22, 23年度中に発生した道路陥没はそれぞれ51件, 30件であった(同一スパンで複数陥没したものは複数計上した)。そこで、道路陥没が発生したスパンは、前節で推定した不具合発生確率が何位であったのか確認を行った。81件のうち順位が上位のものから順番に並べた結果を図-15に示す。推定された危険順位が上位であるほど、推定精度が良いといえる。

管種・取付管本数・敷設年度から計算される「管種毎の不具合発生確率」で危険箇所を類推した結果は、上位1000位までに39件(48%)、2000位に58件

表-2 秋田市で抽出した評価項目における環境因子と補正式

| 管種        | 補正式   | ウェイトの<br>整合度指数 |
|-----------|---|----------------|
| 陶管        | 0.309 × (過去に道路陥没又は補修した履歴のある箇所が、同一スパンもしくは隣接スパンに存在) | 0.029          |
|           | +0.240 × (地盤条件の悪い管路)                              |                |
|           | +0.203 × (樹木から4m以内の管路)                            |                |
|           | +0.126 × (他企業管と交差又は他企業管が50cm以内に存在する管路)            |                |
|           | +0.122 × (舗装厚5cm以下で主要渋滞発生地点の抜け道)                  |                |
|           | +0.091 × (上記5項目に該当しない管路)                          |                |
| 鉄筋コンクリート管 | 0.302 × (去に道路陥没又は補修した履歴のある箇所が、同一スパンもしくは隣接スパンに存在)  | 0.007          |
|           | +0.230 × (地盤条件の悪い管路)                              |                |
|           | +0.219 × (樹木から4m以内の管路)                            |                |
|           | +0.135 × (他企業管と交差又は他企業管が50cm以内に存在する管路)            |                |
|           | +0.144 × (開削工事によって施工された管路)                        |                |
|           | +0.112 × (上記5項目に該当しない管路)                          |                |
| 塩化ビニル管    | 0.265 × (開発者等から移管された管路)                           | 0.009          |
|           | +0.244 × (地盤条件の悪い管路)                              |                |
|           | +0.192 × (樹木から4m以内の管路)                            |                |
|           | +0.153 × (他企業管と交差又は他企業管が50cm以内に存在する管路)            |                |
|           | +0.146 × (開削工事によって施工された管路)                        |                |
|           | +0.134 × (上記5項目に該当しない管路)                          |                |

注：「過去に道路陥没又は補修した履歴のある箇所が、同一スパンもしくは隣接スパンに存在」については「平成 19～21 年度に道路陥没が発生したスパン」と読み替えを行った



図-13 各スパンの不具合発生の可能性

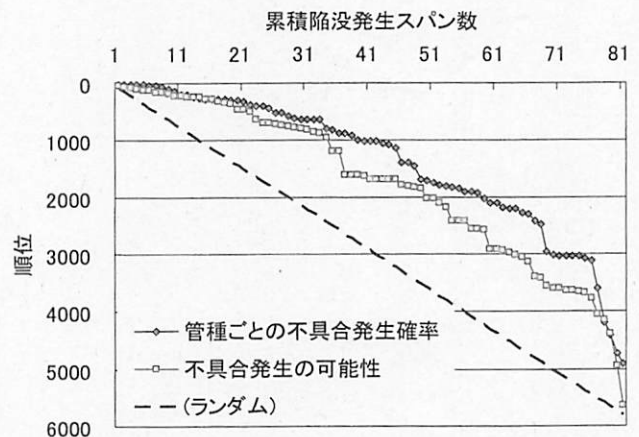


図-15 H22,23年に道路陥没が発生したスパンの評価

(70%)が含まれており、大雑把なスクリーニングを行う上では使用に耐えうる結果と言えよう。

一方、「管種ごとの不具合発生確率」を「環境因子」で補正した「不具合発生の可能性」については、「管種ごとの不具合発生確率」と比べて順位はあまり変わらない結果となった。補正の効果が有効に反映されていないが、この理由としてはブレンストーミングで抽出した因子に幅があり、必ずしも陥没の原因となりうる要因のみを抽出できていないことが考えられる。例えば「平成 19～21 年度に陥没した履歴を有するスパン」に関して言えば、改築等の十分な復旧工が行われていれば陥没した箇所が再び陥没する可能性は低く、簡易的な対応のみを行い経過観察をしている場合には数年以内に同じ箇所での陥没は高い確率で発生すると予想される。本法の改善のためには、直接的に因果関係があると思われる地下水位や施工不良情報等のデータベースを地道に整備していくとともに、幅広く要因を分析して有意な因子のリスト化を行うこと、適切な

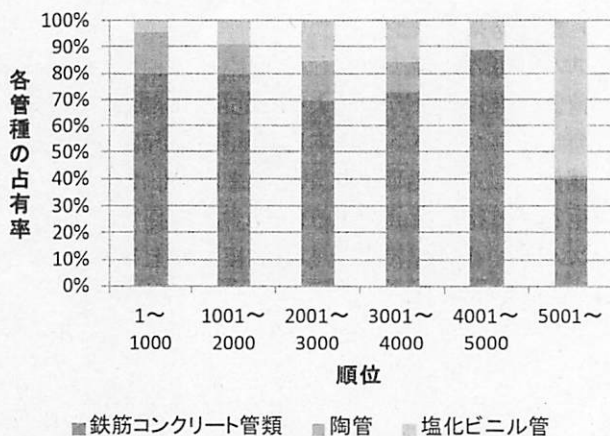


図-14 ヒストグラム(各スパンの不具合発生の可能性)

重み付け手法の検討が必要であると考える。

②地区毎の評価

秋田市においては、道路陥没したスパン番号が特定されているのは2006年度以降であるが、地区毎の記録であれば2001年以降のものが維持管理台帳に保存されている。解析対象とした2001年4月から2010年12月までに同処理区内で発生した道路陥没は延べ1523件であり、この期間には概ね4スパンに1箇所の割合で陥没が発生していることとなる。

面的に危険な地区を推定し、推定結果の精度の評価を行うため、町内を基本とした60の地区に処理区を分割した。複数の町内にまたがるスパンはそれぞれの町内で計上しており、各地区のスパン数は6～516、平均で103スパンとなっている。

地区のスパンあたりの陥没発生回数と、4.2(1)で求めた「管種ごとの不具合発生確率」と「環境因子で補正した不具合確率」の該当地区における順位のマジアン（中央値）の関係を図-16に示す。

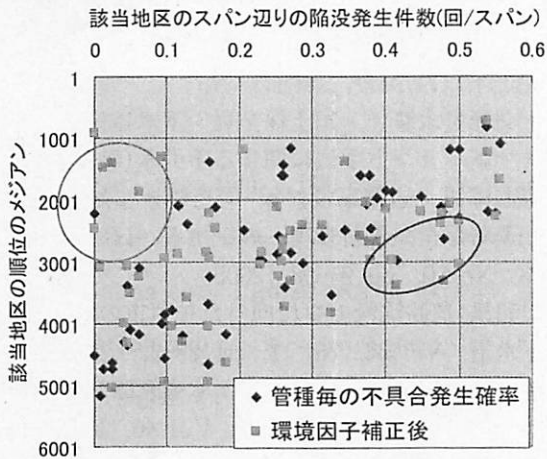


図-16 該当地区での、2001年4月～2010年12月のスパンあたり陥没発生回数と、順位のマジアン

「管種ごとの不具合発生確率」順位のマジアンと実際の陥没発生回数の相関係数は  $R = 0.73$  となり、相関関係が認められると言えよう。一方で「環境因子で補正後の不具合確率」は、補正によって精度が低下する傾向が見られる。実際には陥没が起きていない地区において順位が高くなっている地区が見られている（図-16赤丸部）が、これらの地区では「地盤条件が悪いスパン」と「舗装厚5cm以下で主要渋滞発生地点

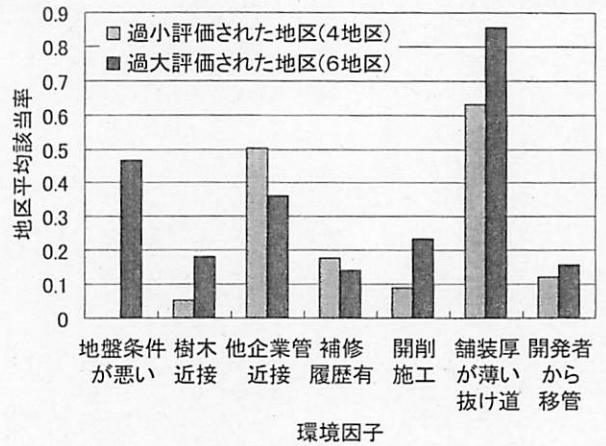


図-17 過大/過小評価した地区に存在する環境因子の該当率

の抜け道」に該当しているスパンが多くなっていることが影響している（図-17）。逆に実際に陥没が起きている地区において順位が低くなっている地区（図-16青丸部）では「地盤条件が悪いスパン」「樹木から4.0m以内のスパン」に該当しないスパンが多い。本解析では、例えば「地盤条件が悪いスパン」は「管底よりも地下水位の高いスパン」のように、実態に即した環境因子を有するスパンを抽出する必要があるが、データの入手が困難であるため代替指標として「旧河道・旧落堀」または「日本海中部地震時に液状化実績があった地区」に該当するスパンを当てはめている。そのため、本来抽出すべきスパンとは異なるスパンを抽出してしまう可能性が考えられる。その他、環境因子項目の抽出と絞り込み、それから重み付けの手法の改良が危険箇所予測精度の向上に必要となると考えられる。

4.3 不具合リスクの推定

図-8に示すフローに従い、不具合リスクの高いスパンの推定を行った。「不具合発生時の影響」は「環境因子による補正」と同様に、秋田市の下水道維持管理に携わる職員を対象としたよるブレインストーミングにより5項目ずつ抽出し、一対比較によって項目間の重み付けを行った。カラー舗装等については、不具合発生時の復旧費が高額のため、影響因子として抽出された。「不具合発生時の影響」の式を表-3に示す。

得られた「不具合発生時の影響」を、4.2で求めた「各スパンの不具合発生確率」に乗じた「各スパンの不

表-3 秋田市で抽出した不具合発生時の影響因子と評価式

| 管種        | 評価式  | ウェイトの整合度指数 |
|-----------|--|------------|
| 不具合発生時の影響 | $0.280 \times (\text{JR軌道下に存在する管路})$                 | 0.010      |
|           | $+0.215 \times (\text{国道・県道下の管路})$                   |            |
|           | $+0.201 \times (\text{交差点を通る管路})$                    |            |
|           | $+0.160 \times (\text{管を中心に水平方向1m以内に構造物がある管路})$      |            |
|           | $+0.144 \times (\text{カラー舗装や高機能舗装、又は融雪装置等が上部にある管路})$ |            |
|           | $+0.108 \times (\text{5項目に該当しない管路})$                 |            |

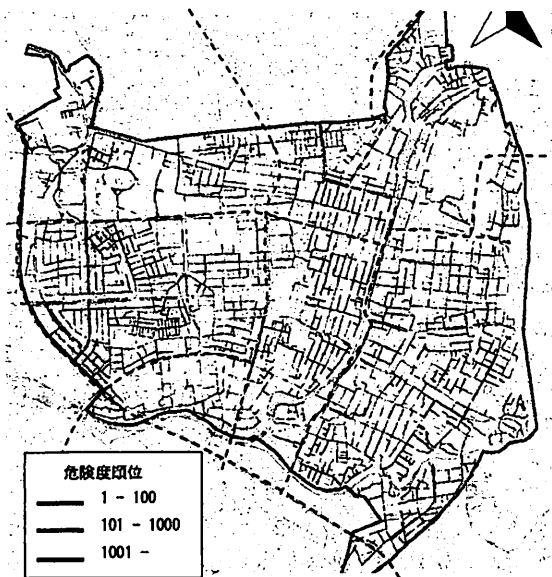


図-18 各スパンの不具合発生時の影響と国県道  
(破線：旧道を含む)

「不具合発生時の影響」の順位を図-18に示す。陥没発生時に影響が大きいと思われる箇所としては、国道県道等の主要幹線道路周辺が高得点となっている。これは主要道路においては、①国道県道②カラー舗装等の施工③街路樹の存在の3つの要因が存在しているためと考えられる。

## 5. まとめ

本報では全国的な道路陥没の傾向と、個別スパンの道路陥没危険箇所の推定方法の提案及び秋田市八橋処理区におけるケーススタディを実施し、管種・敷設年度・取付管の本数の3要素を用いることで、大まかなスパンごと/地区(町内)ごとの危険順位を示すことができる可能性を見出した。環境因子による補正の方法については、経験的に陥没の発生確率が高いと判断される地区を理論的に抽出することができると予測したが、本報で提案した手法では効果的な補正を行うことができず、精度向上のためには適切な因子抽出手法の確立等の改良が必要であることが示唆された。

国土技術政策総合研究所では引き続き道路陥没について検討を続けていく予定であり、道路陥没危険箇所の推定方法については、前述の課題だけでなく不具合発生確率式についても適宜見直しが必要と考えている。

一方、公共団体において本推定方法を適用するためには下水道台帳の整備が前提条件となる。

また、抽出される因子によっては道路部局や公園部

局等の協力が必要となる。全市共通のデータベースが構築されている都市であれば効率的な推定が可能となるため、道路管理システム等の活用も有用と言えよう。

## 謝辞

本研究を行うに当たって、秋田市各局を始め関係各団体には情報をご提供頂いた。ここに記して謝意を示す。

## (参考文献)

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部 HP  
<http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/index.html>
- 2) 国総研資料第668号：下水道管路施設に起因する道路陥没の現状(2006-2009年度), 2012
- 3) 日本下水道協会：下水道維持管理指針(前編), pp.107, 2003
- 4) 榊原 隆 他：下水道管渠におけるストックマネジメント導入に関する検討調査, 平成20年度下水道関係調査報告書集, 国総研資料第543号, pp.1-6, 2008
- 5) 国土交通省水管理・国土保全局：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), 2011
- 6) 渡辺志津男：道路陥没対策-老朽管きょ対策の重点化と予防保全型維持管理へのシフト, 月刊下水道, Vol.28, No.10, pp.95-98, 2005
- 7) 高口和雄：道路陥没ゼロに向けた神戸市の取り組み, 月刊下水道, Vol.32, No.11, pp.23-27, 2009
- 8) 榊原正美：横須賀市における下水道管路施設の長寿命化対策, 下水道協会誌, Vol.46, No.562, pp.46-51, 2009
- 9) 国土交通省：道路統計年報2010  
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/tokei-nen/index.html>
- 10) 宮本豊尚：効率的な管きょ老朽化対策に向けた点検・調査の定量的優先度評価, 下水道協会誌, Vol.49, No.592, pp.25-27, 2012.2
- 11) 榊原 隆 他：下水道管渠施設に起因する道路陥没の被害予測調査, 平成20年度下水道関係調査報告書集, 国総研資料第543号, pp.7-10, 2008
- 12) 刀根薫：ゲーム感覚意思決定法 AHP 入門, (株)日科技連出版社
- 13) 国土技術政策総合研究所 下水道研究室 HP  
<http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/rekka-db.htm>  
(24.8.20 受付)





\* (みやもと とよひこ)  
 国土交通省水管理・国土保全局下水道部  
 下水道企画課  
 【前・国土技術政策総合研究所下水道研究部  
 下水道研究室】  
 経歴：平成19年4月(独)土木研究所入所、  
 国土技術政策総合研究所を経て、平成  
 24年7月より現職



\*\* (ふかたに わたる)  
 国土技術政策総合研究所下水道研究部  
 下水道研究室 主任研究官  
 経歴：平成3年4月建設省土木研究所入所、日本  
 下水道事業団東京支社、近畿地方整備局建  
 政部等を経て、平成23年4月より現職



\*\*\* (よこた としひろ)  
 国土技術政策総合研究所下水道研究部  
 下水道研究室 室長  
 経歴：平成元年4月建設省入省、建設省土木  
 研究所、環境省、都市地域整備公団、  
 千葉県等を経て、平成22年4月より  
 現職



\*\*\*\* (おおた のぶひろ)  
 秋田市上下水道局維持管理課下水道維持係  
 経歴：平成6年4月秋田市役所入所、平成21年  
 5月より現職

Abstract

The trend of occurring road caves caused by sewer pipes and estimation where is high possibility of road cave occurring

Toyohisa MIYAMOTO, Wataru FUKATANI, Toshihiro YOKOTA, Nobuhiro OTA

In Japan, more than 4,000 road caves occur every year, which are caused by sewer systems. To prevent road caves, early detection of damaged pipes which can cause road caves is needed (or important). However, the investigation cost a great deal of expense and time. Therefore, it is important to order prioritization for the investigation of pipes in view of the trend of occurring road caves.

In this paper, we studied the prioritization which was important for investigation planning in three ways. First is logistic regression analysis by which parameters are pipe materials, pipe ages and the number of house connections. Those three factors have a lot of influence on the actual conditions of pipes. Second is the risk evaluating method to quantitate the influence on varied environmental factors by using AHP. The third is validation by case study of a city, Akita.

The results indicate that the prioritization by the logistic regression model can be used for rough screening. However, the risk evaluating method taken other environmental factors into consideration had no effect on accuracy improvement in this case study. To improve this method, selecting suitable factors is definitely needed.

