

1. 下水道管路施設のストックマネジメント支援に関する調査

下水道研究室 室長 横田 敏宏
主任研究官 深谷 渉
研究官 宮本 豊尚
交流研究員 竹内 大輔

1. はじめに

我が国の下水道管路施設総延長は、2014年度末で約46万kmとなっており、都市における公衆衛生の確保および生活環境の改善等へ貢献してきた。その一方で、下水道事業に早くから着手した都市を中心に経過年数が50年を超える管路施設延長は1万km存在し、下水道管路施設起因の道路陥没の発生件数は年間3,000件を超えている。50年経過管は10年後には約4倍、20年後には約12倍になると見込まれており、将来的に下水道管路施設の老朽

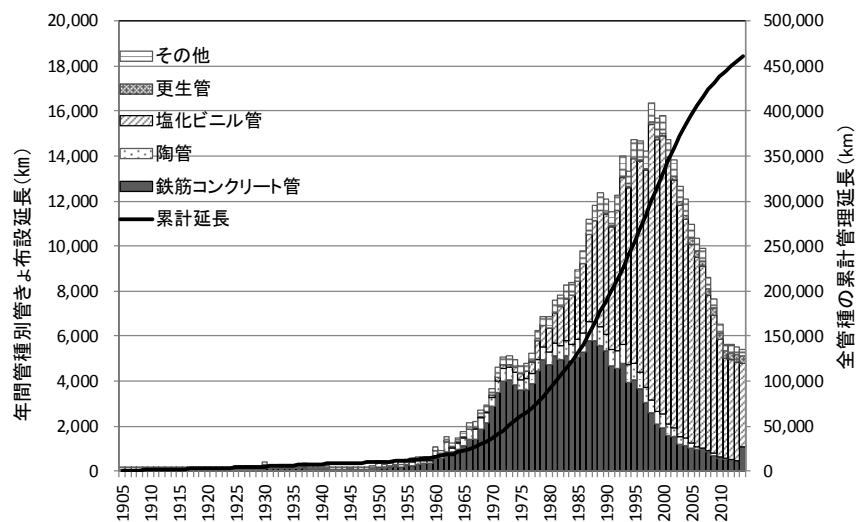


図-1 下水道管路施設年間布設延長と累計延長

化等に起因する道路陥没等の重大事故の発生リスクが高まることが予想される。

今後、下水道施設を管理する地方公共団体は、予防保全を中心とした戦略的な維持管理や改築更新により下水道の機能を持続的に確保するとともに、これらにかかわるトータルコストを抑制していく必要がある。しかしながら、中小の地方公共団体においては、財政難による厳しい予算的制約、団塊世代の退職と新規採用職員の減少による技術者不足などの問題を抱えており、限られた予算や職員数で、膨大な管路施設を管理するのは困難な状況にある。

そのため、下水道管路施設の効率的な整備・維持管理手法の導入が求められており、膨大な下水道管路ストックについて、予算や人的資源の制約下における調査延長の増大に対応するための現実的な手段として、下水道台帳等のデータを活用した調査優先度を判定するための机上スクリーニング技術の向上が求められている。

2. 研究目的

本研究では、道路陥没の未然防止を図るとともに下水道管路施設の維持管理を効率化することを目的とし、道路陥没の実態と管きよの異常発生傾向の関連性について分析を行い、道路陥没の実態を踏まえた机上スクリーニング手法について検討する。

これまで、管きよの改築更新路線・詳細調査路線を絞り込む方法として、管口カメラ調査や簡易的なテレビカメラ調査等を行うスクリーニング調査手法を提案している¹⁾。

スクリーニング調査は、膨大な管きよに対して大まかな劣化状況を把握するうえで有効な手段であるが、明らかに健全な管きよや、間違いなく劣化しており詳細調査が必要な管きよもスクリーニング調査の対象としている。これらの管きよを机上スクリーニングの段階で除外することができればより効率的な調査が可能

となる。そこで表-1 のようなカテゴリによる分類を机上スクリーニングにおいて行うものとし、本研究では、道路陥没の発生原因と管きよの異常発生傾向の関連性からカテゴリの分類に必要な机上スクリーニング条件を抽出することを目的とする。

表-1 提案する分類の定義と維持管理方針

分類	分類名	定義	維持管理方針
C1	詳細調査路線	劣化が著しいと想定され、スクリーニング調査をするまでもなく改築更新の緊急性が高いと判断される路線	改築更新を目的とした詳細な管内のテレビカメラ調査を行う
C2	スクリーニング調査路線	劣化がある程度想定され、スクリーニング調査により詳細調査箇所の優先度判定が必要と判断される路線	緊急性の高い箇所の把握を目的とした管内のスクリーニング調査を行い、詳細調査の優先度を決定する。
C3	点検による経過観察路線	劣化がほとんど発生していないと想定され、改築更新の緊急性が低いと判断される路線	点検によるマンホール内の異常の把握を目的とし、異常が確認された場合に詳細調査を行う

3. 下水道本管起因の道路陥没件数と原因の整理

下水道管路施設起因の道路陥没の発生傾向を分析するため、2006～2015 年度に行った「下水管路施設起因の道路陥没における全国調査」の調査結果データのうち、回答項目に陥没規模が含まれている2009年度～2015年度調査分を対象として、陥没の発生箇所、陥没規模について整理を行った。

陥没発生箇所別陥没件数の割合を図-2、図-3 に示す。図-2 は、全陥没（25491 件）における発生箇所の割合を示しており、取付管起因の陥没割合が 59%を占め、本管起因の陥没割合（26%）よりも多くなっている。一方、陥没規模が幅 1m×深さ 1m以上の陥没（552 件）に限定すると、本管起因の陥没割合が 50%、取付管起因の陥没割合が 34%と傾向が逆転する（図-3）。このことより、本研究では陥没数は少ないが、陥没発生時のリスクが大きい本管起因の陥没に着目し、道路陥没が発生した管種、管種別の陥没原因について整理を行った。図-4 は本管起因陥没の管種別割合、図-5 は本管起因陥没の管種別陥没原因割合を示したものである。本管起因陥没件数（7,684 件）の 59%が鉄筋コンクリート管で、その内、構造的な異常である破損、継手ズレ・接合不良が 67%を占めた。陶管は、本管起因陥没件数の 21%を占め、その内、破損、継手ズレ・接合不良が 64%であった。塩化ビニル管は同 15%で、その内、埋戻土沈下が 47%、破損、継手ズレ・接合不良が 20%であった。

以上より、鉄筋コンクリート管および陶管は破損、継手ズレ・接合不良等の管材の構造的異常、塩化ビニル管は埋戻土の沈下等の施工上の理由による陥没発生の割合が多いことが明らかとなった。

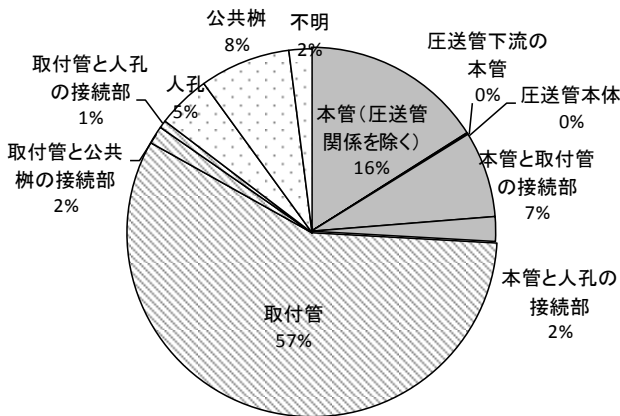


図-2 陥没発生箇所割合 (全陥没)

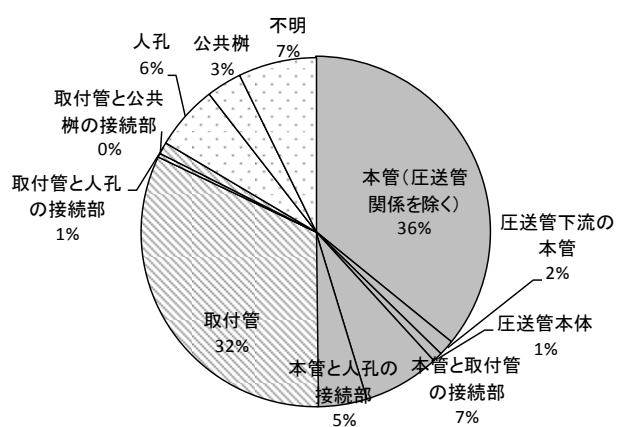


図-3 陥没発生箇所割合 (幅 1m×深さ 1m以上の陥没)

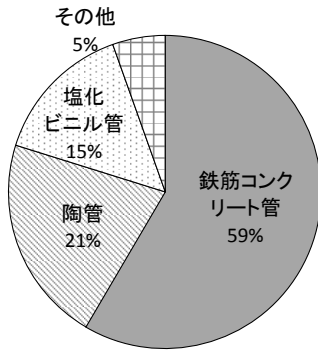


図-4 道路陥没件数の管種別割合
(本管起因の陥没)

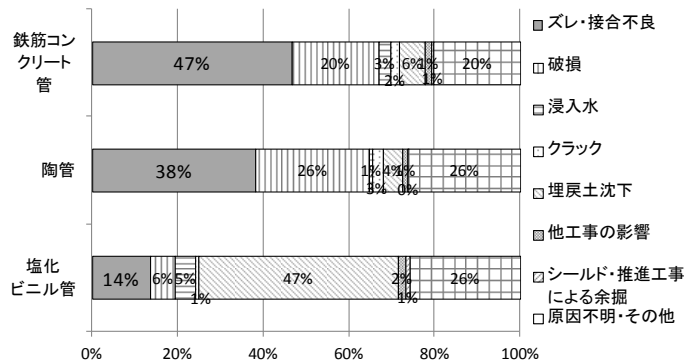


図-5 管種別の陥没原因割合
(本管起因の陥没)

4. 継手ズレ、破損と管きよ規格の関連性の分析

前述3.の結果から、鉄筋コンクリート管と陶管は道路陥没の原因として「継手ズレ」、「破損」が大きく影響していることが明らかとなった。また、本管起因の全道路陥没の管種別発生割合において、鉄筋コンクリート管は陶管の約3倍であることに着目し、本稿ではこのうち、鉄筋コンクリート管と継手ズレ、破損についての分析結果について報告する。

これまで、管きよは30年経過すると陥没の発生確率が増加していくということが報告されている²⁾。

一方、鉄筋コンクリート管の規格について整理すると、日本工業規格(JIS)と日本下水道協会規格(JSWAS)の2種類の規格が制定されており、全国ヒューム管協会ホームページから規格制定・改定の時期および内容について抜粋し取りまとめたものを表-2に示す³⁾。

表-2 日本工業規格と日本下水道協会規格の規格変遷の抜粋

1950年	JIS制定	継手はカラー型のA形継手のみ
1965年	JIS改正	カラー型のA形継手に加え、ゴム輪付きソケット型のB形継手の追加
1968年	JSWAS制定	呼び径1000mm～2400mm
1974年	JSWAS改正	呼び径200mm～3000mmに拡大 小口径管(φ700mm以下)の継手は、A形とB形

日本工業規格(JIS)は1950年に制定されて以降、1965年にカラー型のA形継手に加えゴム輪付きソケット型のB形継手の規格が追加された。日本下水道協会規格(JSWAS)は1968年に制定され、1974年の改正に伴い小口径管きよの規格が追加された。

1965年、1974年は、管きよ性能に関する規格が大きく変わった年であり、道路陥没等に大きな影響を与えていると考えた。1965年はB形継手の規格の追加による施工性、水密性の向上である。A形継手については、1984年の下水道施設設計指針と解説⁴⁾に「カラー継手は、屈とう性に乏しく、湧水の排水が困難なところでは施工が難しいという問題点があることが古くから指摘されている。」と記載されており、これらを改善するための規格追加であると考えたからである。また、1974年は下水道用資機材として統一された規格と検査方法により製造されるようになったことによる品質の向上である。

そこで、経過年数と、管きよの規格(布設年度)のどちらが、継手ズレ、破損の異常やそれらに伴う道路陥没に影響しているか調査を行った。まず、過去10年間の道路陥没調査結果を、前半5年(2006～2010年度)、後半5年(2011～2015年度)ごとに集計し分析した。さらに、継手ズレ、破損が発生しているスパン割合(以下、異常発生割合)を管きよの規格変遷ごとの年代(1950～1964年度、1965～1973年度、1974年度以降)別

に区分し、経過年、布設年度ごとに分析し、陥没の発生傾向の関連性について検証した。

異常発生割合は、国総研の所有する管きょ劣化データベース（以下、劣化DB）⁵⁾を使用し算出した。

鉄筋コンクリート管の継手ズレによる陥没件数を経過年数と布設年度で集計したグラフを図-6、図-7に、破損による陥没件数を経過年数と布設年度で集計したグラフを図-8、図-9示す。

どちらも、経過年数では陥没数のピークが後半5年分の方が遅く、布設年度ではピークと発生傾向が概ね一致する。これは、陥没の発生傾向が布設年度に影響されていると推察される。

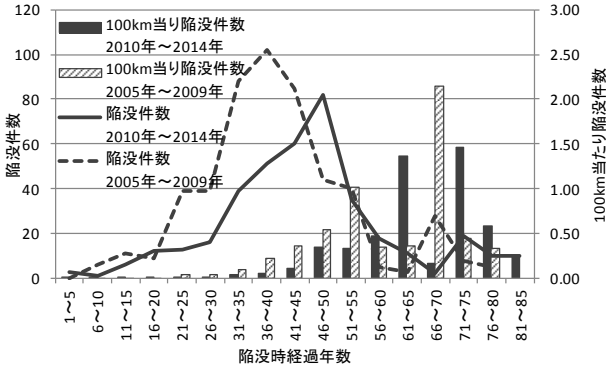


図-6 経過年数別陥没件数
(継手ズレ)

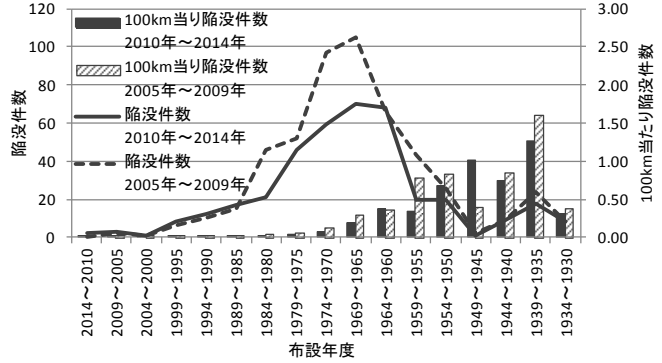


図-7 布設年度別陥没件数
(継手ズレ)

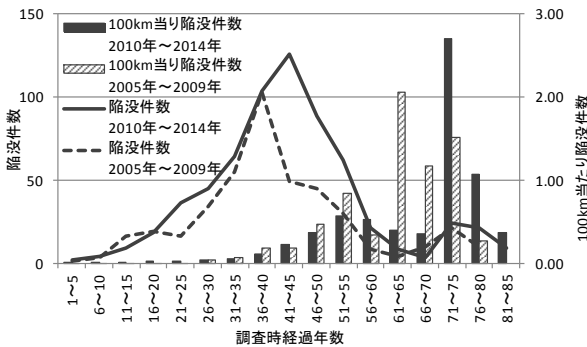


図-8 経過年数別陥没件数
(破損)

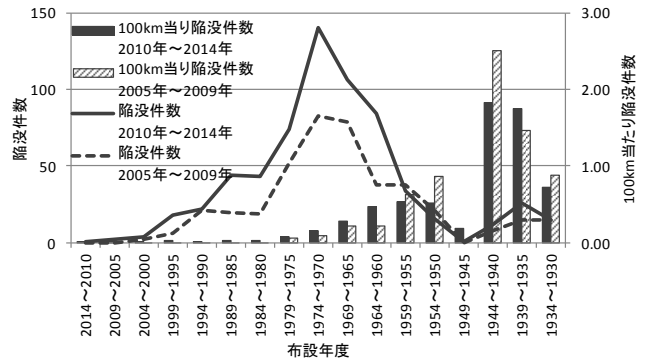


図-9 布設年度別陥没件数
(破損)

次に、劣化DBの中から戦前から下水道事業に着手した政令市を含む4都市のデータを抽出し、規格の変遷の年代区分により、異常発生割合 $(= \frac{\text{異常を有するスパン数}}{\text{全スパン数}})$ を経過年数と布設年度で集計した。継手ズレの経過年数別異常発生率を図-10、布設年度別異常発生率を図-11、破損の経過年数別異常発生率を図-12、布設年度別異常発生率を図-13に示す。

継手ズレについては、布設年度別、経過年度別とも、区分年代別ごとに異常発生割合は概ね一定であり、規格の改定ごとに異常発生割合は減少している傾向が見られた。また、破損について、1974年以降の年代区分のものは、布設年度別、経過年度別ともに異常発生割合は概ね一定であり、古い年代のものに比べ割合も減少している傾向が見られる。しかし、1973年以前の年代区分のものは、経年的に異常発生割合が一定の割合で増加している傾向が見られた。これらのことより、継手ズレ、破損について、以下のことが推察される。

①継手ズレ

- ・経過年、布設年度とも各年代区分で異常発生割合が概ね一定であり、規格の改定ごとに異常発生割合が減少していることから、規格の改定による性能や品質の向上が影響していると推察される。

②破損

- ・1974年以降の年代区分では、異常発生割合が概ね一定であり、それ以前のものに比べ異常発生割合が減少していることから、規格の改定による性能や品質の向上が影響していると推察される。
- ・1973年以前の年代区分では、経年的に異常発生割合が一定の割合で増加している傾向にあることから、腐食に伴う破損等の経年的に劣化が進行するとされる要因も影響していると推察される。

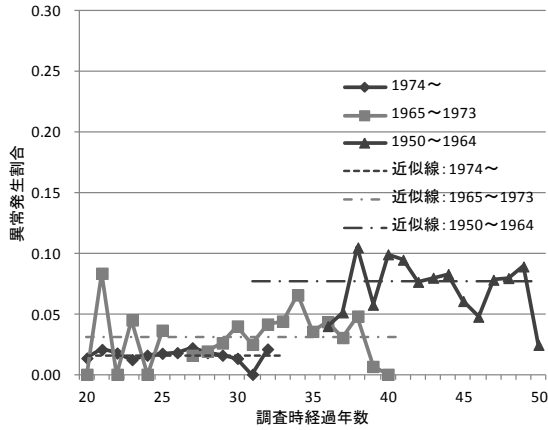


図-10 経過年数別異常発生率
(継手ズレ)

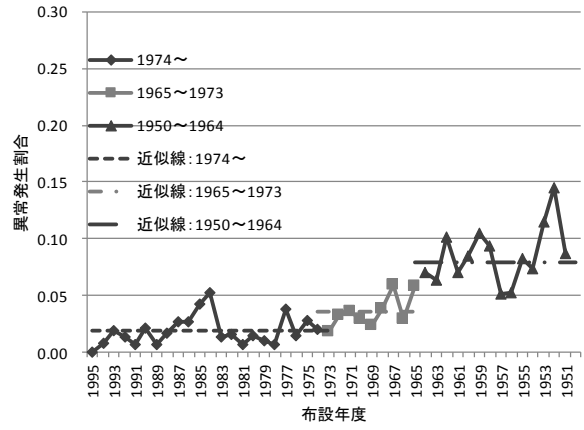


図-11 布設年度別異常発生率
(継手ズレ)

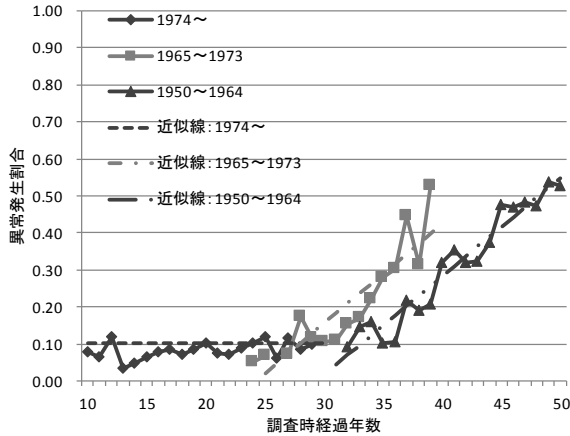


図-12 経過年数別異常発生率
(破損)

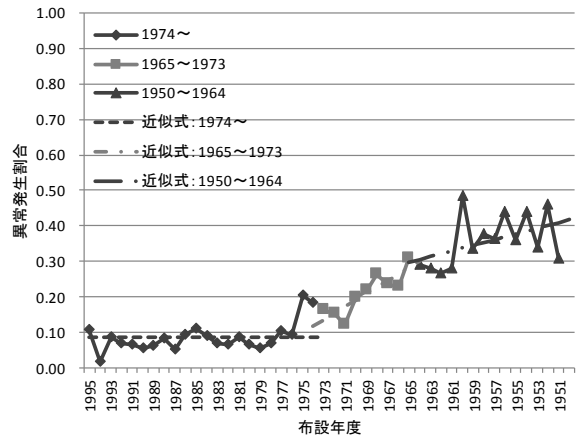


図-13 布設年度別異常発生率
(破損)

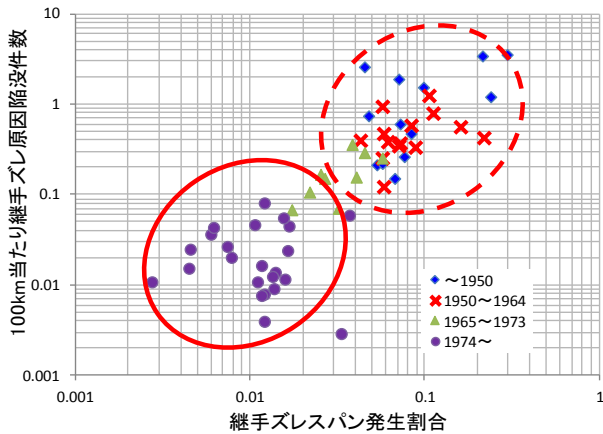


図-14 異常発生割合×陥没件数分布図
(継手ズレ)

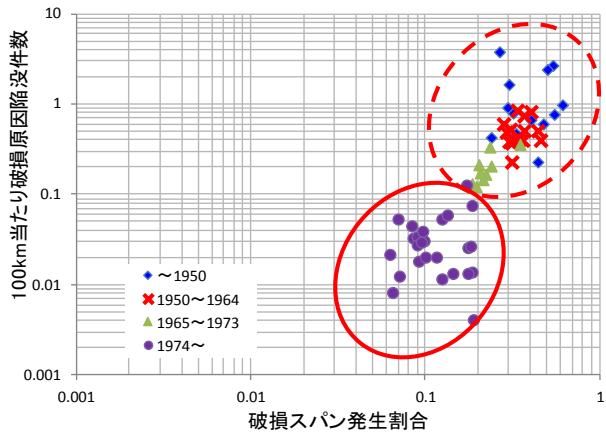


図-15 異常発生割合×陥没件数分布図
(破損)

図-14、図-15 は、継手ズレおよび破損の異常発生割合と延長当りの道路陥没件数の分布図である。

継手ズレ、破損とも、異常発生割合と道路陥没件数の分布傾向は一定の割合で増加する比例関係の傾向がみられ、異常発生割合と道路陥没件数それぞれが、高い傾向にあるグループと低い傾向にあるグループに分布している傾向が見られる。

これらのことより、継手ズレ、破損について、以下のことが推察される。

①継手ズレ

- ・布設年度が古い年代のデータの異常発生割合と道路陥没件数が高いグループに属している。
- ・1965～1973 年度の年代区分のデータについては、高い傾向のグループと低い傾向のグループに含まれている。
- ・1965～1973 年度は A 形継手の鉄筋コンクリート管から、B 形継手の鉄筋コンクリート管への移行期間と考えると、規格の変遷に関連していると推察される。

②破損

- ・1973 年以前と 1974 年度以降で高いグループと低いグループに分かれている傾向が見られる。

継手ズレについては、B 形継手が登場したことにより異常発生割合は減少している。ゴム輪付きのソケット継手になったことで、水密性や施工性の向上が異常発生割合の減少に影響していると推察される。

また、継手ズレ、破損ともに、1974 年以降については、異常発生割合と道路陥没件数が低い。1974 年は、鉄筋コンクリート管の日本下水道協会規格（JSWAS）の改定により、規格の対象が $\phi 200\text{mm}$ ～ $\phi 3000\text{mm}$ に拡大した年である。

日本下水道協会規格は、日本下水道協会が下水道用資機材についての規格および検査方法を統一化し、製造工場についても認定工場制度を導入することにより、品質の高い製品が安定的に供給できることを目的としているものである⁶⁾。

そのため、今まで以上に品質の高い下水道用資機材が安定的に製造・供給されるようになったことも影響しているのではないかと推察される。

以上より、道路陥没の実態を踏まえた調査優先度を判定するためのスクリーニング条件として、規格の変遷（布設年度）を考慮することは有効な考え方のひとつであると考えられる。

5. おわりに

異常発生割合の増加は経年的な要因によるものだけではなく、管材の規格（管きよの布設年度）も影響していることが示唆され、調査優先度を判定するための判定項目のひとつと考えられた。

なお、別途実施した、地方公共団体へのヒアリングにおいて陥没に影響が高いと想定される項目として、「地下水位の上昇」、「支管を使用していない取付管の本管接続部の不具合」が挙げられた。

今後は、ヒアリングの結果等を参考にし、管渠属性、地盤・埋設条件、環境等の様々な項目について陥没発生の可能性やリスクに対する判断条件の抽出を行い、より多くの視点から道路陥没の未然防止と効率的な維持管理手法の提案を行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 国土交通省 スクリーニング調査を核とした管渠マネジメントシステム技術導入ガイドライン（案）平成 26 年 10 月
- 2) 国土技術政策総合研究所、国総研資料 No. 668 下水道管路施設に起因する道路陥没の現状 2012、pp. 38
- 3) 全国ヒューム管協会ホームページ、<http://www.hume-pipe.org/about/about2.html>
- 4) (公社)日本下水道協会、下水道施設設計指針と解説-1984-年版、pp. 143
- 5) 国総研ホームページ、<http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/rekka-db.html>
- 6) (公社)日本下水道協会ホームページ、<http://www.jswa.jp/>