

下水管に起因する道路陥没の特性と予防保全に向けた取り組み

福田康雄* 松宮洋介** 深谷 渉*** 西尾称英****

1. はじめに

昭和40年以降、我が国の下水道事業は全国各地で急速な整備が進められ、今や管渠の総延長は、平成17年度末で約39万km¹⁾にも及ぶようになった。このように急速に整備された管渠では、近年、長期使用による老朽化が顕在化し、図-1に示すような道路陥没を発生させるケースが見られている。下水管起因の道路陥没は、大規模な管渠破損までに至ると、下水の収集や排水といった下水道システムに支障をきたすだけでなく、人命や道路交通に重大な影響を及ぼすおそれがある。そのため被害を未然防止するには、地中に埋設されている下水管の状況を管渠内調査等で把握し、改築・修繕等を実施することが重要になっている。さらに厳しい財政事情のもと、限られた財政条件の中で下水道の資産管理や安定的なサービスを確保するには、調査や改築等の優先度を的確に見極めることも、下水道管理者にとって極めて重要な課題となっている。



図-1 道路陥没の状況²⁾

このような中、国土交通省では平成18年度から鉄道軌道下、国道・都道府県道下などの重要路線下を中心とした下水管路の損傷状況に関する点

検等調査³⁾を実施している。また平成20年度には、ストックマネジメント導入の観点から下水道長寿命化支援制度⁴⁾を創設し、ライフサイクルコスト最小化を目指した支援も進めている。

本稿では、全国で発生している下水管起因の道路陥没の特性を実態調査によって把握するとともに、予防保全に向けた手法を検討した。なお検討に際しては、ストックマネジメント計画及び長寿命化計画へ反映されることを考慮し、管渠内調査や改築等の優先度決定時に必要となる陥没発生頻度の算出を試みた。

2. 全国実態調査

2.1 調査方法

調査は、下水道事業に係わる全国すべての都道府県、政令指定都市及び市町村を対象とした。対象とした陥没は、平成18年度内に発生した下水管起因の道路陥没とした。表-1に主な実態調査項目、表-2に陥没レベルでの規模の定義を示す。

表-1 主な実態調査項目

調査項目	記入内容または選択肢
発見日時	(記入内容)当該道路陥没の発見日時(月・日・時)
本管布設年度	(記入内容)当該管渠の布設年度(西暦)
原因施設	道路陥没の原因となった施設 (選択肢)①本管、②取付管、③人孔、④樹、 ⑤本管と人孔の接続部、⑥本管と取付管の接続部、 ⑦取付管と人孔の接続部、⑧取付管と樹の接続部
陥没レベル	(選択肢)①Level I ②Level II ③Level III
仮埋め所要時間	(記入内容)原因施設の調査・修理をする前に、土砂・アスファルトを入れて、通行できるようにする作業(「仮埋め」)に要した概算時間
本復旧工事所要時間	(記入内容)埋戻し土を掘り返して、原因施設の特定とともに、原因施設を交換する作業(「復旧工事」)に要した概算時間
工事費用	(記入内容)「仮埋め」及び「復旧工事」の概算合計工事費用(舗装工を含む)直営工事であるときは直営と記入
通行止め状況	通行止めが発生した場合の対応状況 (選択肢)①全面、②片側

表-2 陥没レベルの定義

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)

2.2 調査結果の整理

結果の整理に際しては、接続部での不具合の判断が困難とされているため、表-1に示す8つの原因施設を本管関連、取付管関連、人孔（マンホール）関連、柵関連に分類してデータを取りまとめた。以下に8つの原因施設から陥没件数を分類した式を示す。なお、原因施設によっては、陥没件数を重複計上している。

- (本管関連) = (本管) + (本管と人孔の接続部) + (本管と取付管の接続部) (1)
- (取付管関連) = (取付管) + (本管と取付管の接続部) + (取付管と人孔の接続部) + (取付管と柵の接続部) (2)
- (人孔関連) = (人孔) + (本管と人孔の接続部) + (取付管と人孔の接続部) (3)
- (柵関連) = (柵) + (取付管と柵の接続部) (4)

2.3 結果及び考察

平成18年度内に発生した道路陥没は、全部で4,411件あった。以下に陥没発生月、陥没レベル、都市規模、本管布設経過年数と陥没件数の関係を原因施設ごとに示す。

2.3.1 陥没発生月と陥没件数の関係

図-2に陥没発生月ごとの陥没件数を示す。

本管、取付管、柵関連は、6月から8月にかけて陥没件数が増加しており、比較的気温が高い時期になると陥没件数も増加していく傾向が確認された。特に取付管関連は、他の関連施設よりも、この傾向が強くなっていた。そこで比較的件数が多いA、B、Cの3都市での月別平均気温を用いて、取付管関連における陥没件数と月別平均気温の関連性を図-3に整理した。この結果、取付管関連の道路陥没は、気温によって影響されることが特性として確認できた。これは、「夏前にできた地中空洞が夏場に舗装が熱せられて強度が低下し、路面の陥没につながっている」とする自治体からのヒアリング結果と符合する。

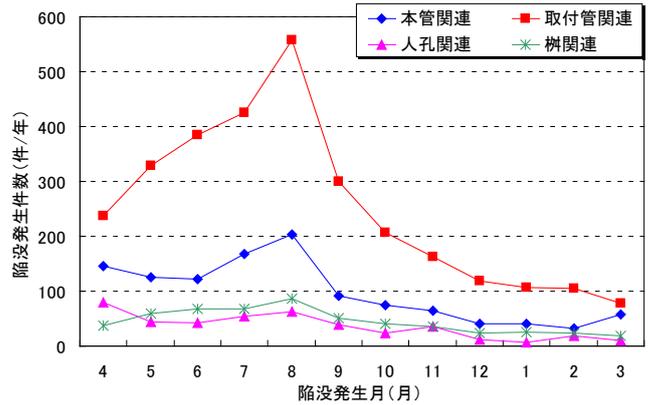


図-2 陥没発生月と陥没件数の関係

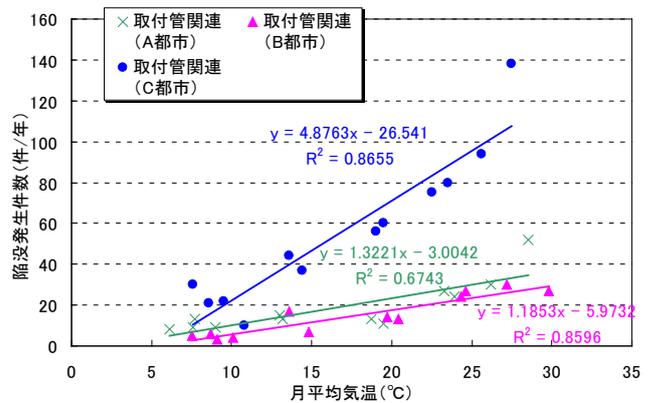


図-3 都市別月平均気温と陥没件数の関係

2.3.2 陥没レベル別の陥没件数

図-4に陥没レベルごとの陥没件数を示す。

本管関連は、どのレベルでも400件前後であった。取付管関連は陥没レベルが上がるほど陥没件数も増加傾向となっており、レベルIIIの取付管関連の件数は、1,629件になった。これは、取付管関連で発生した陥没件数3,009件のうち約54%を占める状況であり、取付管関連で発生した陥没は、半数以上が管渠破損を伴っていることを示した。

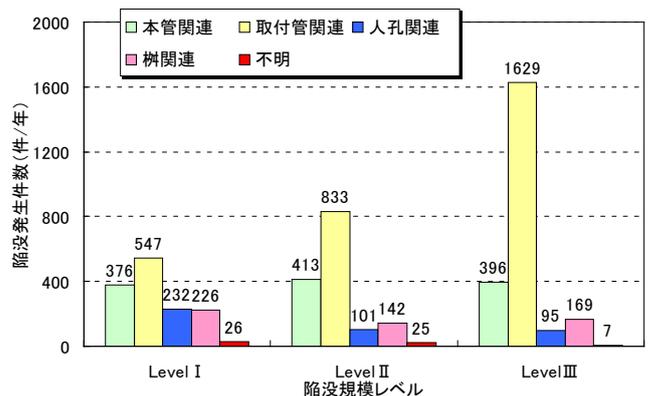


図-4 陥没レベルと陥没件数の関係

2.3.3 都市規模別の陥没件数

図-5に都市規模別の陥没件数を示す。

都市規模は、政令指定都市と東京23区を合わせた大都市と、それ以外の下水道事業に係わる都道府県及び市町村を大都市以外として比較した。

この結果、大都市の陥没件数が2,460件、大都市以外の陥没件数が1,951件となり、全体の約56%が大都市で発生していることが把握できた。これは、大都市の下水道事業が、他都市よりも先進的に整備が進められており、老朽化した管渠が増えていることが要因として推察された。

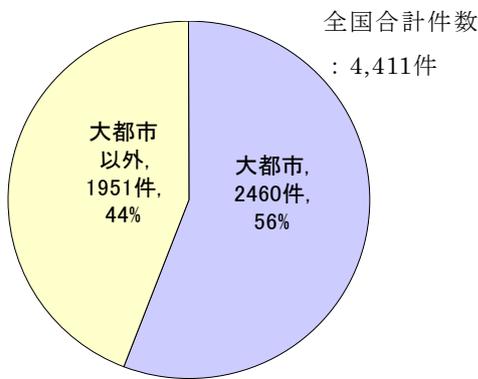


図-5 都市規模別の道路陥没件数

2.3.4 本管布設経過年数と陥没件数の関係

図-6に本管の布設経過年数範囲での陥没件数、図-7に本管の布設経過年数範囲における管渠延長と管渠延長100kmあたりの陥没件数を示す。

図-6によると、本管の布設経過年数が25～39年の場合、取付管関連は他の原因施設に比べて、陥没件数が多いことが明らかになった。また35年から49年までの範囲は、全ての原因施設において減少傾向が確認された。

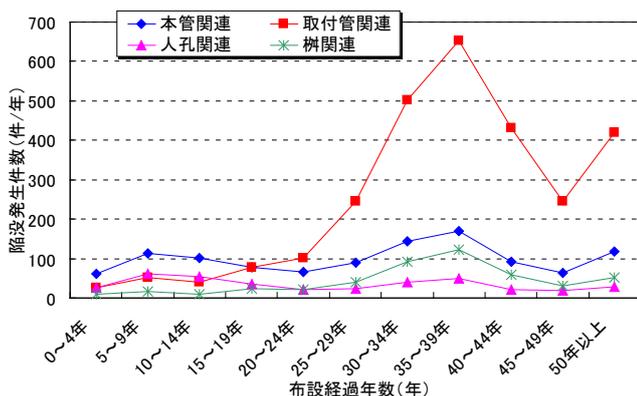


図-6 各布設経過年数範囲と陥没件数の関係

これは、図-7の管渠延長100kmあたりの陥没件数が同期間で増加しているため、管渠延長の減少傾向が影響していると考えられた。

なお、本管の布設経過年数ごとの管渠延長は、自治体に対し実施した調査結果を使用した。また本管に接しない枳等も、当該枳等の先にある本管の布設経過年数に基づき集計した。

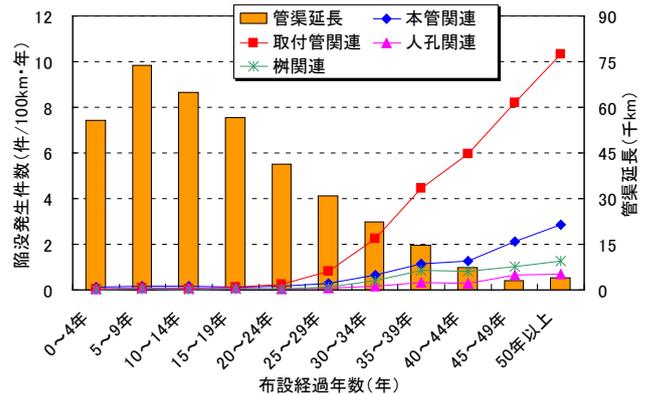


図-7 管渠延長と管渠100kmあたりの陥没件数の関係

3. 道路陥没の予防保全に向けた検討

厳しい財政制約の中、的確な道路陥没の予防保全を行うには、ストックマネジメントの考え方の導入が必要である。ここでは、その考え方の1つであるリスク評価を活用した管渠内調査や改築等の優先度決定手法について検討した。

リスク評価は、通常、以下の式で定義される。

$$(\text{リスク}) = (\text{不具合の発生確率}) \times (\text{不具合による事故等の影響の大きさ}) \quad (5)$$

本研究では、「不具合の発生確率」を「道路陥没の発生頻度」、「不具合による事故等の影響の大きさ」を「道路陥没による社会的影響の大きさ」として捉えている。本稿では、前段の陥没発生頻度について報告する。なお、後段の陥没による社会的影響は、平成20年度の研究テーマである。

図-8に本管布設経過年数75年までにおける原因施設ごとの陥没発生頻度を示す。

指数近似式の決定係数を相関係数に置き換えると、本管関連が0.93、取付管関連が0.93、人孔関連が0.84、枳関連が0.91を示した。係数の高さから原因施設ごとの陥没発生頻度は本管の布設経過

年数に対し、指数関数の関係にあると考えられる。また30年経過後の近似曲線をみると、原因施設ごとの大きな差異が示された。特に取付管は、他の原因施設より大きな増加傾向を示した。この結果、布設経過年数により、原因施設ごとの陥没発生頻度の予測が可能になることが示唆された。さらに、今後の課題となる「道路陥没による社会的影響の大きさ」と併せることで総合的なリスク評価が可能となり、管渠内調査や改築・修繕の優先度決定手法が確立できると考えている。

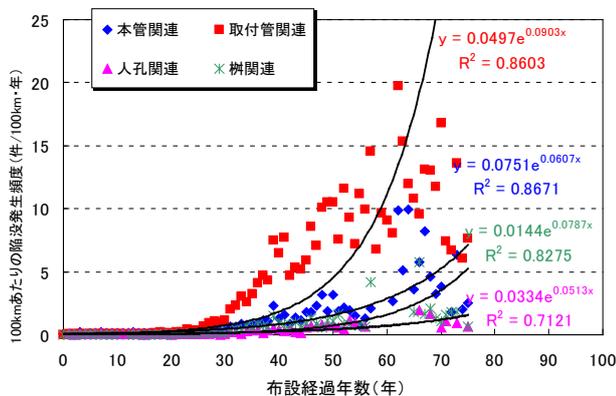


図-8 経過年数と管渠100kmあたりの陥没発生頻度

4. まとめ

実態調査の結果、以下の成果が得られた。

- (1) 複数都市を事例とした場合、月別平均気温と陥没件数の関連性が示された。
- (2) 取付管関連で陥没が発生した場合、半分以上が管きょ破損であることが把握できた。
- (3) 布設経過25～39年の取付管関連は、他の施より陥没が発生しやすいことが確認できた。
- (4) 原因施設ごとの陥没発生頻度と布設経過年

数の関係を整理すると、指数近似式の相関係数が0.84～0.93となっており、どの原因施設でも布設経過年数に対し指数関数的に増加する可能性が示された。

下水道事業は、事業費の大部分を住民から徴収される使用料金と税で賄っており、事業推進に際しては一層の説明責任が求められる。そのような観点からも、現在、ストックマネジメントの導入が期待されている。

本研究室では、このような実情も考慮に入れて今後の課題に取り組む。さらに下水道管理者とコミュニケーションを図りながら、現場のニーズに沿った研究を継続し、アセットマネジメントへの発展を目指していく所存である。

謝 辞

本研究にあたり、多大なご協力を頂いた下水道管理者の皆様に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 社団法人日本下水道協会：平成17年度版下水道統計、2007年12月
- 2) 国土交通省都市・地域整備局下水道部ホームページ：下水道行政の情報、下水道施設の改築等 http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewage/yakuwari/kaitiku_koushin.html
- 3) 国土交通省都市・地域整備局下水道部ホームページ：下水管路の損傷状況に関する点検等調査(第4回)、2007年11月 http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewage/info/kanro_kousei/20071130.html
- 4) 国土交通省都市・地域整備局下水道部：平成20年度下水道事業関係予算概算、2008年1月
- 5) USEPA：Advanced Asset Management Training Workshops, Training Slides, December 2006

福田康雄*



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室 研究官
Yasuo FUKUDA

松宮洋介**



国土交通省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
Yosuke MATSUMIYA

深谷 渉***



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室 研究官
Wataru FUKATANI

西尾称英****



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室 交流研究員
Yoshihide NISHIO