

アセットマネジメントのキーになる技術

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 主任研究官

本日の研究集会のタイトルは「管路施設探査技術」であるが、直接探査する技術だけではなく、データを使ったアセットマネジメントに資するような解析も可能になってきているので、そういったものも含めて幅広いお話をさせていただきたいと思う。

まず背景であるが、現在、わが国に埋設されている下水道管路は平成 26 年度末で 46 万 km、地球約 12 周分で、地球から月に至る距離に達している。実は平成 25 年度末の管路延長も同じ 46 万 km だった。これは四捨五入の関係もあり、実際はちょっとずつ増えてはいるが、1 万 km 単位で丸めると、25 年度、26 年度は同じ数字で横ばいになった。

これまでの管きよの歴史から見て、管きよの累計が横ばいになったというのは、一つの大きな変化ではないかと個人的には思っている。人口もしばらく前までは右肩上がりだったがピークに達し、現在減少傾向にある。わが国の下水道管路が、その人口と同じように現在ピークを過ぎて横ばいになっている。そして人口と同じように少子高齢化の時代に入ってきたといえる。

新設管きよがだんだん少なくなってきて、代わりに老朽管が多くなってきたことから、道路陥没がかなり増えてきている（ただし、平成 26 年度の陥没件数は 3,300 件ほどで、最近にしては若干減少気味であるが、こちらについては東京都の貢献が非常に大きいのではないかと思っている）。そのため、異常箇所をいかに早く発見し、異常がひどくならないうちに対処できるかが大事になっている。これがストックマネジメントの第一歩ではないかと考えている。

こういった背景もあり、つい昨年下水道法が改正され、下水道管路の点検が義務化された。すべての管きよが点検が義務化され、とりわけ今回の改正では腐食の恐れが大きい箇所に対し 5 年に 1 回の点検義務が生じた。併せて国土交通省本省ならびに国総研のほうで昨年 11 月、「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン」を発刊させていただいた。

どういった管路で異常が発生しているか。腐食により鉄筋が見えているコンクリート管、腐食により原形をとどめていないようなものもある。また、塩化ビニル管はこれまで半永久的に使える材質とも言われてきたが、古くなると潰れて扁平し亀裂が入っているものもある。さらに木の根が侵入した管などがある。このような状況が発生し、大きな道路陥没につながっている。

マンホールと管きよの接続部（管口）の破損により、そこから土が流出し、大きな空洞が発生した事例がある。雨の日にお母さんが自転車を引きながら、幼児を胸に抱えて歩い

ていたところ、この陥没に落ち、首のところまですっぽりはまってしまい、幸い大きなケガはなかったものの、レスキュー隊に救出されるという大きな事故につながった。こういった地下空洞は、TVカメラではなかなか発見できないため、空洞を発見するため何らかの手法を考えていかなければならない。

しかし、そのためにはいろいろな課題がある。例えば、適切な頻度で調査をしたいのだけれども、なかなかそれが実施できない。TVカメラ調査は、総延長の1%程度が毎年実施されている。これまでは10年に1回点検しましょうという目安が掲げられ、それでいくと実施率は10%程度なければならないが、実態としては1%程度ということである。

その理由は、まず管路の維持管理費用の確保が困難ということが挙げられる。現状のTVカメラ調査の費用が、小口径管でもm当たり2千～3千円程度かかるため、年間に発注できる延長が限られる。

また、発注のための技術職員が不足していることもある。特に技術系の職員が減っている。そのため、維持管理のための調査関係の発注をするのは、行政の負担が大きくて発注ができないという実情があるようである。

次は、路線により事故率が異なるということである。施設規模が小さい、管きよの口径が小さいため、例え事故が起きたとしても、社会的な影響も小さい。だから、どうしても事後対応でいいかというような意識が強まってしまっている。

4点目は管路延長が長大で調査が追いつかないということである。下水管きよは46万kmが日本にあり、一つの自治体でも非常に長い管きよを有している。それを調査するのは大変である。なぜならば、TVカメラ調査の一日の日進量が300m程度ということなので、これを10年で1回やるということになると、とても追いつかない。

最後は、調査困難な箇所があるということである。大口径であるとか、水深が深く、流量が多いところでは、そもそも調査する技術が少ないという問題がある。また、TVカメラでは管の外側の空洞がなかなか見つけられないということもある。

したがって今後は、点検・調査の効率化、低コスト化、自動化等が重要になってくるのではないかと考えている。

課題への対応方針を立てるため、求められている調査技術が何なのかを簡単に整理してみた。一つは、膨大な管路延長を早く調査し、状況を把握することであり、二点目が、調査費用をなるべく安くすることである。また、リスクに応じた適切な頻度を設定することである。末端管きよと幹線管きよでは抱えるリスクが違うので、すべてを一律の調査頻度でやるのではなく、メリハリをつけた調査をやる必要があるということである。さらに、見えない箇所を診たい。ただ見るのではなくて、ちゃんと診断できるような技術が必要である。

こういったニーズを踏まえて、国総研では三つのアプローチで研究をさせていただいている。具体的には、調査優先箇所の抽出。これがスクリーニングと呼ばれているものである。二点目が調査を効率化、高速化するというもの。これは技術の性能を向上させて、改

良するというものである。三番目が新たな調査技術を確立するというので、道路陥没などを見つけるためのいい技術を確立する。

この三つの技術については、一つ目として調査優先度判定システムの構築というのを実施している。また研究の二として、管路調査技術の効率化・低コスト化のための開発・評価をやっている。それから、道路陥没の未然防止に供する点検調査技術の開発・評価である。

一つずつ説明すると、まず調査優先度判定システムの構築であるが、これまで国総研のほうで全国から TV カメラ調査のデータを集め、健全率曲線というかたちで公表してきた。ストックマネジメントの手引き、維持管理指針にも掲載されている、これは、各自治体の将来の改築事業量の予測とか TV カメラ調査量の予測に活用されているものであり、平成 23 年度にこの健全率曲線を作った元データを、国総研の下水道研究室のホームページで公開させていただいた。国総研としては、今後さらに精度向上を図るために、来年度運用予定の下水道全国データベースを活用し、さらに全国の自治体から TV カメラ調査を収集し、分析を進めたいと考えているところである。それから、どういった属性を持ったところが事故率が高いのかを分析し、どこから優先して調査を進めるのかが簡単にわかるようなシステムの構築を進めているところである。

研究の二番目、管路調査技術の効率化・低コスト化のための開発・評価は、B-DASH プロジェクトで実施した。管路内を早く安く調査する手法ということで、スクリーニング調査を検討したものである。これまでは点検・調査計画を立てて、いきなり詳細調査、TV カメラ調査をやって、その結果に応じていろんな対応をするというかたちで進められていたが、そもそも TV カメラ調査がなかなか進まないことから、詳細調査をすべき箇所を絞り込むことを目的としてスクリーニング調査を実証した。スクリーニングといっても、机上で行うスクリーニングもあるが、我々としてはまずは網羅的にすべての管きょを見るスクリーニング調査をやっている。B-DASH プロジェクトにおけるスクリーニング調査の定義としては、①広範囲な管きょを迅速、安価に調査する、②中度以上の異常有無を見つける、③調査前の洗浄等の事前措置は極力実施しない、の三つとさせていただいている。あくまでも B-DASH プロジェクトの条件であるので、今後はこれ以外の条件のものも出てくるかも知れない。

B-DASH プロジェクトとは、民間の優れた技術であるが、自治体にとっては実績がない、前例がないという理由でなかなか採用に踏み切れないという実情を踏まえて、実規模でしっかり検証して国のほうでお墨付きを与えて広めていこうと始まったものである。水処理関係の技術が非常に多かったのであるが、平成 25 年度からは管路の維持管理技術についても着手した。平成 25 年度には管渠マネジメントシステム技術と題し、三つのスクリーニング技術について実証した。

一つ目は、管口カメラをスクリーニング調査として用い、異常のあったところは、展開広角カメラを用いて詳細調査を行う技術である。管口カメラは棒の先に照明とカメラが付

いたもので、管きよの中を走らせることなく、マンホールの地上から棒を下すことで管きよの中を見ろという技術である。展開広角カメラについては、これまでのTVカメラは傷があったり継手のジョイント部があるとその都度止まって不具合を見ていたけれども、それをすることなく、ノンストップで管きよの中を走り抜け、現場での作業時間を抑えるもので、解析はそれを持ち帰って事務所で行う。

二つ目の技術は、展開広角カメラをスクリーニング技術として使い、その後、対象となるコンクリート管の残存強度を衝撃弾性波を使って測定し、真に危険なものだけ改築や修繕をするという技術である。こちらの展開広角カメラは通常のTVカメラと同様に使えるものであるため、精度的には今までのTVカメラと遜色はない。場合によっては詳細調査を省略することも可能な技術になる。

三つ目は、高度な画像認識技術で、コンピュータの学習機能を使って、今まで人が見ていた傷を自動的にコンピュータが判定してくれるという非常に高性能のTVカメラ技術である。スクリーニング技術で使う機械は、非常に画像もよく撮れているので、場合によってはスクリーニング調査の後の詳細調査は不要となる。

この三つのB-DASHプロジェクトは、実際の現場で検証させていただいたわけだが、検証したのは、性能諸元のスピード、費用、精度。また、現場の諸元、すなわちどういった現場であったら使えるかということを確認させていただいた。さらに、その他の諸元ということで、その他PRできるようなものがあれば評価した。実際現場で取ったデータを従来のTVカメラと比較してどれくらい差があるかも調査したということである。

実証に際しては、得られたデータが現場の状況に非常に左右されるということがわかったので、技術の公平性を考え、日本全国の平均的な傷を付けた仮想のフィールドをエクセル上に作り、その共通のフィールドで現場で得られたさまざまなデータを入力して評価させていただいた。そのフィールドの条件としては、管きよの古さ、それからコンクリート管等の管種、土砂の堆積が多いか少ないかなどを設定させていただいた。

三つの技術の導入効果を見てみよう。まず最初に管口カメラを使い、その後展開広角カメラを使うという技術である。管口カメラを使うと、最も効果の高い条件としては、比較的新しい陶管の管きよで、土砂が少ない場合が一番効果が出る。この際のコストは、約6割削減。日進量としては約3倍である。精度は若干下がるが、TVカメラ調査に比べて約20%低下という結果になる。

展開広角カメラをスクリーニングに使う技術は非常に精度の高い画像が得られるので、その後の詳細調査が省略できると仮定すると、古い陶管の調査時に最大の効果が発揮でき、コストが6割削減、日進量が3倍に向上する。

最後は、高度な画像認識カメラである。これはスクリーニング技術であるがその後の詳細調査を省略できると仮定して算出すると、最も効果の高い条件としては、古いコンクリート管の管きよで、土砂の堆積が少ない場合に効果がある。コストとしては5割の削減、日進量は1.5倍、それから精度についてはほぼ遜色はない。

以上の技術については、ガイドラインというかたちですでに公表させていただいている。詳しくは下水道研究室のホームページからガイドラインがダウンロードできるので、ぜひご覧いただきたい。

研究の三番目について簡単に紹介する。これは、今年度の **B-DASH** ということで実施しているが、道路陥没の未然防止に供する点検調査技術の開発・評価で、道路、地上からレーダ探査等をして、地下に発生している下水道管に由来する空洞を早く安く発見しようというものである。現在、三つの技術が提案されている。三つとも **GPR** と呼ばれている地下空洞探査と、モバイルマッピングシステムといわれている、路面の変状を測定する測量の機械を組み合わせる空洞を発見する技術である。

それぞれ三菱電機、川崎地質、環境総合テクノスの技術で、検証内容としては、空洞探査技術の空洞探査ヒット率や、解析がどれくらい効率的にできるか、下水道管路管理で使うので、下水道管の異常がそういった空洞探査からどうやってわかるのか、計測頻度をどうするのか、判定基準をどう設定するのかなどである。

最後になるが、厳しい地方財政、技術者不足という実際抱える課題の中で、管きょストックはどんどん増大し、老朽化も進行していくが、そういった中で、新しい調査方法として、スクリーニングというものに着目して、有効性を **B-DASH** プロジェクトを活用して検証させていただいた。このようなスクリーニング技術については、点検調査のファーストステップとして導入していただくと、今後の円滑な維持管理につながる。発注者だけではなく、本日も来場のコンサルタントの方や調査会社の方々もぜひ導入の検討をしていただければと思う。それ以外にも、健全率曲線、調査優先度判定、そういったものについても我々のほうで検討しているので、それは今後、機会があればどんどん公表していきたい。