

# 1. 下水道管路の持続可能なストックマネジメントに関する調査

下水道研究室 室長 岩崎 宏和  
主任研究官 深谷 渉  
研究官 川島 弘靖  
交流研究員 野田 康江

## 1. はじめに

平成 28 年度末現在、全国の下水道管路総延長は約 47 万 km に達しており、そのうち標準耐用年数 50 年を超える老朽管は約 1.3 万 km である。また、平成 28 年度に発生した下水道管路起因の道路陥没件数は約 3,300 件にのぼり、その原因の 65% が管路施設の老朽化によるものである。今後、老朽管は急激に増加することが見込まれ、下水道管路施設の老朽化等に起因する重大事故の発生リスクはますます高まっていくと予測される。下水道の機能を持続的に確保するため、老朽管の劣化特性を把握した上で維持管理の効率化につなげていくことが重要である。

国総研では、これまでに下水道管路に用いられる硬質塩化ビニル管（以下、「塩ビ管」という）の劣化特性を明らかにしてきた<sup>1)</sup>。今年度は、オイルショック時に一時的に全国に普及した硬質瀝青管の特性に関する調査を行う。

## 2. 平成 29 年度研究内容

下水道管路に用いられる主たる管材はコンクリート管、陶管、塩ビ管であり、国総研では過年度の研究で塩ビ管の劣化特性を明らかにした。平成 29 年度は、昭和 40 年代のオイルショック時に一時的に全国に普及した硬質瀝青管を対象に特性等に関する調査を行った。硬質瀝青管は、紙製パイプにコールタールを含浸させ防水性を持たせた管であるが、長年の使用により、コールタールが洗い流され水ぶくれが発生し、管を閉塞させる事例が全国で発生している。硬質瀝青管は既に製造が中止されているとともに、劣化に関する情報が少ないため、全国の布設実態を明らかにするとともに、現場で使用されていた管材を入手し耐久性等に関する試験を実施した。以下に、調査・試験結果を示す。

## 3. 硬質瀝青管の布設状況等に関する実態調査

全国に布設されている硬質瀝青管の布設実態と不具合発生状況等を把握するため、全国の自治体にアンケート調査を実施した。また、過去に同様の紙製パイプを使用していたアメリカ、カナダ、イギリスの 3 か国での使用状況、不具合発生状況等についても整理した。

### 3.1 アンケート調査結果

硬質瀝青管の実態を把握するため、下水道を供用中の全国の自治体にアンケートを配布し、硬質瀝青管の布設状況（過去に布設されていた場合も含む）及び、不具合発生状況、対策実施状況等を回答いただいた。以下に、アンケート調査の結果を述べる。

### 3.1.1 硬質瀝青管の布設状況

アンケートより、硬質瀝青管は約 80 の自治体に布設されていたことがわかった。自治体の人口規模別で見ると、10 万人以上 30 万人未満の自治体で最も多く布設されていたが、人口 1 万人未満の自治体でも布設されており（図-1）、人口規模に関わらず全国的に使用されていた。また、硬質瀝青管の採用時期については、オイルショック前後という回答が最も多かったが、昭和 60 年代まで採用が続いていた自治体もあった。さらに、硬質瀝青管は主に取付管として使用されているが、本管として使用（総延長約 1km）している自治体もあった（図-2）。一部の自治体では、汚水取付管だけではなく、雨水取付管としても使用されていた。今回のアンケート調査では汚水と雨水を区別しなかったため、雨水取付管としての使用状況等は不明である。アンケートから、硬質瀝青管は、宅地造成時に取付管として採用され、その後民間開発業者から自治体に移管された下水道施設で使用されているケースが多いことが確認できた。そのような自治体では、布設記録がないため布設箇所や本数が把握できず、対策に苦慮していた。

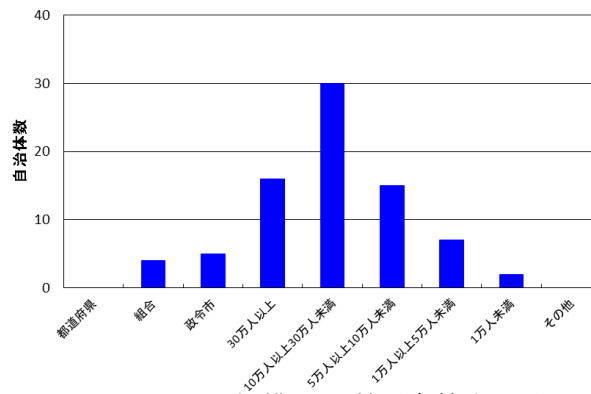


図-1 人口規模別硬質瀝青管布設状況

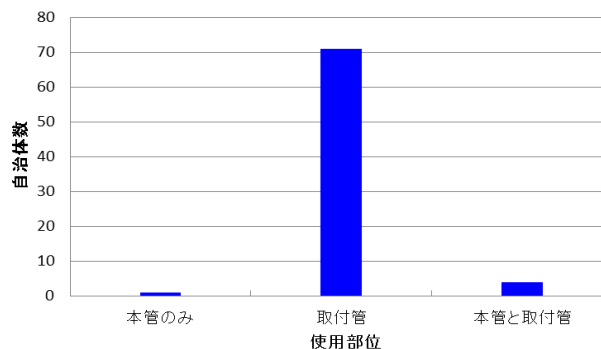


図-2 硬質瀝青管の使用部位

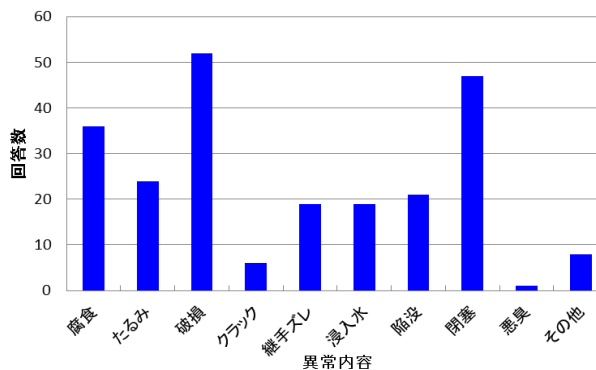


図-3 異常内容

### 3.1.2 硬質瀝青管の不具合発生状況

アンケートによると硬質瀝青管が布設されていた自治体のうち、9 割以上で不具合が発生していた。硬質瀝青管に発生した不具合で最も多いのは破損であり、次いで閉塞であった（図-3）。さらに、硬質瀝青管による道路陥没も発生しており、事故を未然に防止するために、早急な対策を行う必要があると言える。

また、アンケート結果から不具合が発生しているのは主に汚水用の硬質瀝青管であり、雨水用の硬質瀝青管の不具合は少なかった。

### 3.1.3 自治体の対策状況

硬質瀝青管の劣化状況を把握するための調査として、主に取付管 TV カメラ調査が実施されている。しかし水ぶくれが発生している場合、水ぶくれの程度によってはカメラが途中で挿入不可となり、調査不可となる場合も数多く確認された。

布設替え等の対策は、約 8 割の自治体で実施していた（図-4）が、その中でも計画的に対策を実施しているという自治体は少なく、ほとんどの自治体で不具合発生時に対策を行っていた。また、布設状況が把握できていない、対策方法が不明であるといった理由から、約 2 割の自治体では対策を実施していなかった。対策を実施している自治体の対策方法としては、更生より布設替え（硬質瀝青管→塩ビ管）を採用している自治体が多かった。日本においては、硬質瀝青管の更生工法が確立されていない、水ぶくれにより更生時にシワや断面縮径が生じ、十分な流下能力が得られない可能性があるという理由から、確実な対策が可能な布設替えが採用されていると考えられる。

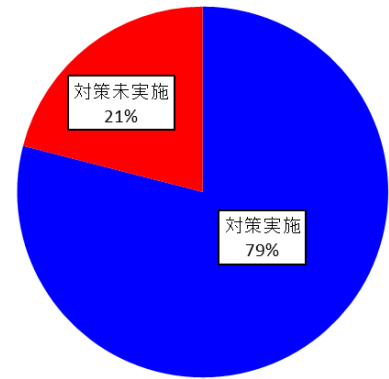


図-4 対策実施状況

### 3.2 海外での問題発生状況及び対策状況

海外の 3 か国（アメリカ、カナダ、イギリス）でも、過去に硬質瀝青管のような、紙製パイプにコールタールを含浸させた管が使用されていた。イギリスでは Pitch fibre pipe、アメリカ、カナダでは Coal Tar Impregnated Wood Fibre Pipe や Orangeburg pipe といった名称で知られている。各国での明確な使用量は不明であるが、アメリカの Orangeburg 社は、1950 年代～1960 年代にアメリカ全域に 500t/週 出荷しており<sup>2)</sup>、イギリスの Key Engineering 社は 3,400 t/年（1964 年）生産していた<sup>3)</sup>。また、カナダでは少なくとも数千 km、数 10 万戸の住宅で採用された<sup>4)</sup>。

表-1 イギリスの年間の事故件数（2003）<sup>6)</sup>

Problem Type	Number of incidents per annum
Problems with ownership	45,000
Flooding due to surcharging from public sewers	42,000
Flooding due to structurally defective private sewers	46,000
Flooding due to hydraulic inadequacy of private sewers	20,000
Premature failure of pitch fibre pipes	50,000
Problems with lateral drains	58,000

現在、日本と同様破損、閉塞といった不具合が発生しており、時限爆弾と呼ばれ<sup>5)</sup> 社会問題となっている。イギリスでは、2003 年に硬質瀝青管による事故が 50,000 件発生していた（表-1）。また、アメリカ、イギリスでは過去に規格が制定されており、下水取付管だけでなく、灌漑用水管、雨水排水管等に幅広く使用されていた。しかし、硬質瀝青管による不具合が顕在化したため、1990 年頃に全ての規格が廃止されている。

海外での対策方法は日本と変わらず布設替えか更生であるが、更生が推奨されている。海外では、硬質瀝青管の更生工法（管を拡幅後更生を行う）が確立されている（図-5）ため、水ぶくれや閉塞等が発生していても問題なく更生が可能なようである。日本では、硬質瀝青管の問題が出始めたのが海外と比較すると遅いため、更生工法がまだ確立されていない。

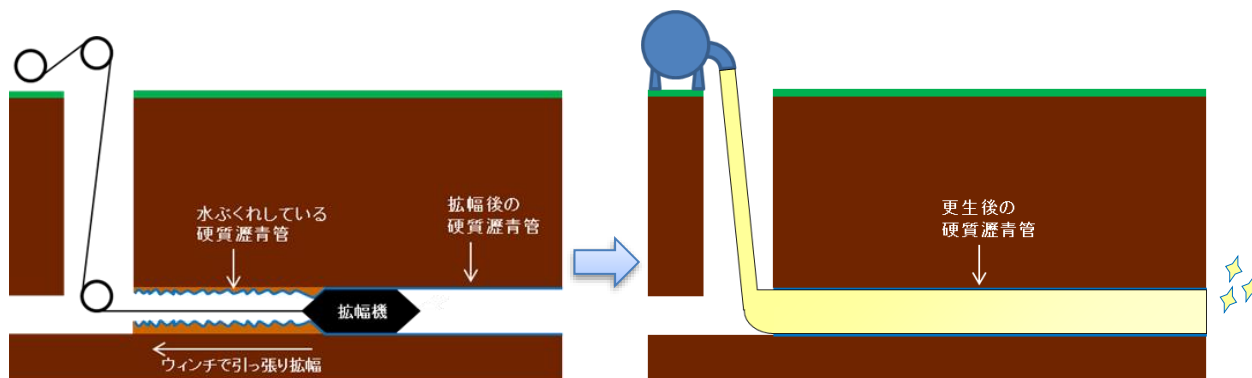






図-5 海外の硬質瀝青管の更生イメージ（左：拡幅、右：更生）

#### 4. 硬質瀝青管の特性等に関する調査

硬質瀝青管は、関連する資料や当時の資料がほとんど残っていないため、特性等不明な点が多い。そこで、特性等を把握するため偏平試験、成分分析、洗剤浸漬試験を実施した。試験には、水ぶくれ程度の異なる A～D 市の 4 つの硬質瀝青管を使用した（表-2）。

表-2 試験に使用した硬質瀝青管

A市	B市	C市	D市
			
φ150 污水管 水ぶくれなし 供用年数：不明	φ150 污水管 円周約1/2に水ぶくれ有 供用年数：43年程度	φ150 污水管 全円周に水ぶくれ有 供用年数：43年	φ200 污水管 円周約1/8に水ぶくれ有 供用年数：44年

##### 4.1 偏平試験

硬質瀝青管の強度は、当時のカタログ値でコンクリート管と同程度とされているが、年数を経過した硬質瀝青管の残存強度や耐用年数に関する知見はない。このため、塩ビ管の下水道協会規格である JSWAS K-1<sup>7)</sup> に準じた偏平試験を実施し、強度の確認を行った。試験は、乾燥状態と湿潤状態（布設されている状態と仮定。管断面半分程度を水道水に 96 時間浸漬したもの）の 2 種類行った。試験結果を表-3 に示す。

表-3 偏平試験結果

φ150	線荷重 (kN/m)		破壊荷重 (kN/m)			備考
	乾燥	湿潤	乾燥	湿潤	カタログ値との比較 (湿潤状態)	
カタログ値	-		28.42		-	乾燥湿潤の記載なし
A市	20.34	18.1	31.87	25.12	88%	水ぶくれなし
B市	10.12	4.89	19.93	21.78	77%	円周約1/2に水ぶくれ有
C市	11.41	10.42	14.24	14.46	51%	全円周に水ぶくれ有
規格値(CS116-44) <sup>8)</sup>	-		19.27			

線荷重は、乾燥状態に比べ湿潤状態の方が低下することが確認できた。また、破壊荷重については、布設当初の値（カタログ値と仮定）と比較すると、水ぶくれの発生していない A 市では、乾燥状態はカタログ値を上回ったが、湿潤状態はカタログ値の 88%であった。円周の約 1/2 に水ぶくれが発生している B 市では、湿潤状態でカタログ値の 77%であり、全円周に水ぶくれが発生している C 市は、湿潤状態で 51%まで低下していた。

アメリカの規格値（CS116-44）と比較すると、A 市、B 市の値は規格値を上回っていたが、C 市は規格値よりも低く十分な強度がないことが確認できた。水ぶくれの程度が高いほど、破壊強度が低下していることが確認され、水ぶくれが進行している方が壊れやすくなっていると考えられる。

## 4.2 成分分析

イギリスの硬質瀝青管の成分を参考<sup>3)</sup>に、アスベストとコールタールについて分析を行った。

### 4.2.1 アスベスト分析

硬質瀝青管の海外製品には強度を向上させるため、発がん性物質であるアスベストが含まれている<sup>3)</sup>。アスベストが含有されている場合、改築時に粉じんが舞い上がるため、取り扱いに十分注意する必要がある。アスベストの分析は、B 市と D 市の硬質瀝青管を用いて行った。アスベストは JIS A 1481-2 (2016)<sup>9)</sup>に準じ、X 線回折分析法と分散染色分析法を用いて含有の有無を確認した。X 線回折分析法は、主に、10°付近と 30°付近に発生する特徴的なアスベストの回折ピークが認められるか否かを確認した。また、分散染色分析法では、位相差顕微鏡で計測した 3,000 粒子中に確認されたアスベストの繊維状粒子数が 4 繊維状粒子未満か以上かを確認した。

結果を表-4 に示す。硬質瀝青管の X 線回折分析の結果、10°付近、30°付近に特徴的なピークは現れなかった。また、分散染色分析法においても、アスベストの繊維状粒子は確認されなかった。国内では硬質瀝青管は 1 社しか製造しておらず、現在布設されている硬質瀝青管は、全てその会社の製造と考えられることから、全国に布設されている硬質瀝青管にアスベストは含有されていないと判断した。国内製品は海外製品よりも管厚が若干厚いことから、管厚を厚くすることで、アスベストを含有することなくコンクリート管同等の強度を持たせている

と考えられる。

表-4 アスベスト分析結果

試料名		B市	D市
クリソタイル	分散染色	4繊維状粒子未満	4繊維状粒子未満
	X線回折	ピーク無	ピーク無
アモサイト	分散染色	4繊維状粒子未満	4繊維状粒子未満
	X線回折	ピーク無	ピーク無
クロシドライト	分散染色	4繊維状粒子未満	4繊維状粒子未満
	X線回折	ピーク無	ピーク無
トレモライト アクチノライト	分散染色	4繊維状粒子未満	4繊維状粒子未満
	X線回折	ピーク無	ピーク無
アンソフィライト	分散染色	4繊維状粒子未満	4繊維状粒子未満
	X線回折	ピーク無	ピーク無
<b>アスベスト含有判定結果</b>		<b>アスベスト含有なし</b>	<b>アスベスト含有なし</b>

#### 4.2.2 コールタール分析

硬質瀝青管には防水性を持たせるためにコールタールが含有されている。コールタール含有率が低下すると水ぶくれが発生すると考えられることから、水ぶくれが発生する閾値の推定をするため、水ぶくれ発生部分と水ぶくれ未発生部分のコールタール含有率を比較した。コールタール含有率はソックスレー抽出-重量法で分析した。

試験結果を図-6に示す。コールタール含有率は、水ぶくれ部分で低い値（①、③、⑦）となっており、50%以上の部分では、水ぶくれは発生していなかった。また、コールタール含有率の最も高い値は64.5%であった（⑪）。これらのことから、コールタールは本来65%程度含まれており、管を流れる下水、土壌、地下水、雨水等の影響で徐々に流れ出し、含有率が低下していくと推測された。さらに、コールタール含有率が50%を下回ると徐々に防水性が失われ、水ぶくれが発生すると考えられる。なお、「上内側」部分（④、⑩）は常時水と接触しているわけではないため、コールタール含有率が50%以下であっても水ぶくれが発生していないと考えられる。

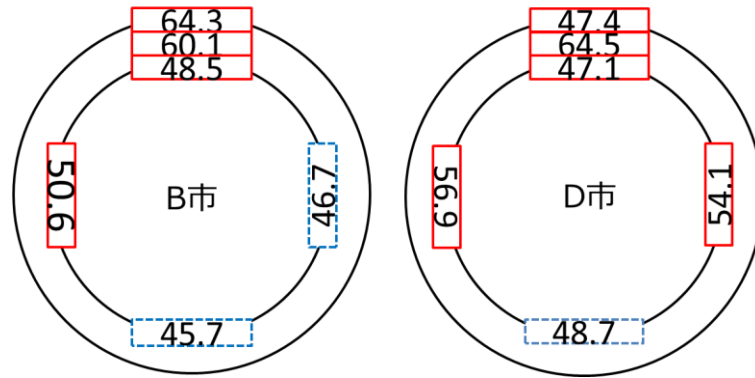


図-6 各試験片のコールタール含有率（単位：％）

※点線は水ぶくれ発生部分

### 4.3 洗剤浸漬試験

前述の通り、不具合が発生しているのは污水管として使用される硬質瀝青管であり、雨水管における不具合発生事例は少ないようである。これは、温水や洗剤（界面活性剤）の使用により、流水面のコールタールが洗い流され、防水性が失われ水ぶくれが発生するためであると考えられている<sup>10)</sup>。そこで、污水特有の成分である洗剤（界面活性剤）に着目し、洗剤が硬質瀝青管に及ぼす影響を確認するため、硬質瀝青管の洗剤への浸漬試験を実施した。

試験は、硬質瀝青管試験片（D市、3cm×3cm）を台所用洗剤液（洗剤濃度 0.1％、1.2％、12.2％、36.5％、60.9％）に浸漬（平均水温 20℃）させ、1ヶ月後の試験片の変化と、コールタール含有率の変化を確認した。なお、試験片は水ぶくれが発生していない上部から切り出した（図-6 の⑩の部分）。

表-5 残存コールタール含有率

洗剤濃度	コールタール含有率(%)
0.1%	46.5
1.2%	47.6
12.2%	46.8
36.5%	46.7
60.9%	46.4

試験後の試験片は、試験前の試験片と外観、硬さは変化せず、洗剤濃度の違いによる外観、硬さの差異もなかった。また、試験後の試験片の残存コールタール含有率は、どの濃度でも大きく変わらなかった（表-5）。これは、界面活性剤の「洗浄力はある一定の濃度で頭打ちになり、それ以上は洗浄力は変化しない」という特徴のためであると考えられる。試験前のコールタール含有率を図-6の64.5%とすると、1ヶ月で約20%ものコールタールが溶出したこととなる。洗剤によるコールタルの溶出は、試験後の洗剤液が黄色く変色していたこと、試験後の0.1%、1.2%洗剤液から油のような臭いがしていたことから推測できた。12.2%以上の洗剤液では、洗剤の濃度が濃かったため洗剤臭の方が強く、油のような臭いは感じなかった。なお、コールタルの溶出速度、水温等による影響については、さらなる試験が必要である。

### 5. まとめ

本研究で実施したアンケート調査より、布設されている硬質瀝青管の実態や各自治体の対策状況を把握することができた。また、硬質瀝青管の特性等に関する調査より、硬質瀝青管の特



性及び劣化機構が一部明らかとなった。しかし、劣化の判定方法や工法の選定方法等、維持管理方法を提案するには、今回の結果のみからはデータ不足であり困難である。更生可否、洗浄可否、さらには洗剤や温水による長期の硬質瀝青管への影響等を、引き続き調査する必要がある。

硬質瀝青管は対策に苦慮している自治体が多い。硬質瀝青管の耐用年数は規定されていないが、オイルショックから 45 年経過していることから、耐用年数に近いが、すでに超えている可能性もある。今後発生すると考えられる不具合や道路陥没事故等を未然に防止するために、早急な対策が求められる。判定基準や対策優先度等を提案できるよう、引き続き試験を実施していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 横田敏宏・小川文章・深谷渉・末久正樹・宮本豊尚・野澤正裕・賀屋拓郎、塩化ビニル管に適した異常判定・緊急度診断基準に関する研究、国土技術政策総合研究所資料、No.878、2015 年 12 月
- 2) Coal Tar Impregnated Wood Fibre Pipe : <https://www.sewerhistory.org/articles/compon/orangeburg/orangeburg.htm>
- 3) 石野紀元、英国 Key Engineering 社のピッチファイバーパイプ、アロマティックス、第 20 巻第 2 号、pp.92～100、1968 年
- 4) After the Second World War, Canada thought it would be a good idea to install cardboard sewer pipes : <https://nationalpost.com/news/canada/after-the-second-world-war-canada-thought-it-would-be-a-good-idea-to-install-cardboard-sewer-pipes>
- 5) Pitch Fibre Pipe Work : <http://www.draindomain.com/pitch%20fibre.html>
- 6) Review of Existing Private Sewers and Drains in England and Wales : <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20080306220229/http://www.defra.gov.uk/corporate/consult/sewers/response.pdf>
- 7) (公社) 日本下水道協会 : JSWAS K-1 下水道用硬質塩化ビニル管、日本下水道協会規格、2010 年
- 8) US Department Commerce、CS116-44 Bituminized-fibre drain and sewer pipe、National Bureau of Standards、1944
- 9) (一社) 日本規格協会 : JIS A 1481-2 建材製品中のアスベスト含有率測定方法 - 第 2 部、日本工業規格、2016 年
- 10) Why Call Edmonton Plumbers to Replace Your Cardboard Sewer Lines : <http://capitalplumbing.ca/why-call-edmonton-plumbers-to-replace-your-cardboard-sewer-lines/>