

第5回 インフラマネジメントテクノロジーコンテスト チャレンジ賞受賞

小口径塩ビ管継手の漏水に対する 不断水補修具の試作開発

木更津工業高等専門学校 専攻科 制御・情報システム工学専攻

こばやし

小林

せきぐち

関口

ふみあき

史朗

あきお

明生

電子制御工学科 准教授

1. はじめに

木更津工業高等専門学校は千葉県にある、機械工学科、電気電子工学科、電子制御工学科、情報工学科、環境都市工学科の5学科からなる5年制の高等教育機関です。また、5年間の準学士課程の上に、より高度な学修を行う2年間の専攻科課程があります。

本稿では、電子制御工学科の学生と教員が地域インフラの課題に対して取り組んできた内容を紹介します。

2. 地域の水道が抱える課題

日本の近代水道は世界的にも高い水準で維持されていますが、水道管の老朽化が課題の一つです。管路の更新について現行のペースが今後も維持されるなら、完了には130年以上を要します¹⁾。人口減少に伴い給水量が減少し経営環境が悪化するなど、水道事業はさまざまな問題を抱えながらも私たちの生活・経済を支えています。

2023年5月に、房総半島の先端付近の上水道を管理している三芳水道企業団から学校に技術相談がありました。三芳水道企業団では、館山市全域と南房総市富浦地区・三芳地区の2万3千戸・5万人に1日平均で2万m³の上水を配水してい

ます。この地域では、法定耐用年数を経過した管路の割合を表す「管路経年化率」は57.7%と、全国平均の25.4%に比べて老朽化が深刻です²⁾。また、配水量のうちで収益になる水量の割合を表す「有収率」は77.2%と、全国平均の89.4%より低い値となっています。地域の漏水量に給水原価³⁾（製造原価）346円/m³をかけると、年間で4.4億円の社会的損失が漏水によって引き起こされていることになります。

技術相談で伺ったニーズは「内径30mm以下の小口径の塩ビ管継手に生じた漏水を断水なしで止水できる補修具が、喉から手が出るほど欲しい」というものでした。漏水補修具メーカーに打診したけれども開発を断られた背景があり、振り向いてもらうために木更津高専で試作をお願いできないかとのことでした。

現場の苦勞を実感する相談を受け、素人ながら何も手伝わないわけにはいかないと強く思い、この取り組みが始まりました。

3. 調査やヒアリングによる課題の理解

取り組みにあたっては現実の課題をできるだけ理解するよう考え、調べてきました。2023年9月には三芳水道企業団を訪問して、どうして困っているかを伺い、漏水現場や資材倉庫の見学をさせてもらい、初回の止水実験を行いました。翌年

9月には断水工事を午前8時から午後4時まで見学し、知れば知るほど、作業の困難さが身に染みしました。この章ではそれをお伝えします。

問題の「小口径の塩ビ管継手における漏水」とは、どのようなものでしょうか。——その例を写真-1に示します。塩ビ管の端どうしを差し込んで接着してつなげるのが継手ですが、その側面にひび割れが生じて漏水します(写真-1(a))。このようなひび割れの原因として、接着剤の化学反応による溶剤クラック⁴⁾が考えられます。写真-1(b)は漏水を模擬した管で、止水実験に用いました。

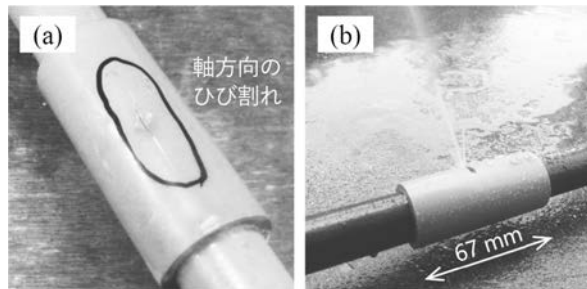


写真-1 口径16mmの塩ビ管継手側面における (a) 実際のひび割れの例と (b) 模擬漏水

こうした小規模な漏水で困っているというのは本当なのでしょうか。——本当です。この地域では平成31年度から令和4年度までの4年間に、漏水補修工事が1682件ありました。数名の職員で数少ない地元業者と協力して年間400件超の工事をしました。しかしながら有取率77.2%と横ばい傾向が続いています。もちろん漏水の全てが「小口径の塩ビ管継手における漏水」ではありません。図

全件	4年間の漏水修理件数(H31~R4年度) 1682件	
管種	塩ビ管 1436件	鋼管 174件
口径	小口径 1035件	口径35mm以上 401件
漏水部分	継手 710件	口径40mm以上は 不断水修理が可能
原因	ひび割れ 698件	継手or管 133件 管 9件

図-1 当該地域の漏水補修件数に占める小口径塩ビ管継手のひび割れの件数

—1は漏水補修全体の件数に対して、管種、口径、漏水部分、原因と絞っていった内訳です。ささいに見える「小口径塩ビ管継手側面のひび割れによる漏水」が、少なくとも4割を占めていることが分かります。

漏水はどのように補修するのでしょうか。——地面の下の漏水部分を掘り出して、断水してから交換して埋め戻します。市販の漏水補修具には、漏水部分を交換せずに覆うことで断水せずに止水する製品もあります。しかし、口径30mm以下という小口径の塩ビ管継手における漏水は、断水する以外の選択肢がありません。現場では、できる限り断水したくないと伺いました。

小口径の塩ビ管継手における漏水について、なぜ断水せずに補修したいのでしょうか。——端的に言えば、負担・時間・費用がいずれも抑えられるためです。不断水補修には断水補修と比べて、掘削体積や作業工程が少なく、供給先家庭への事前連絡が不要で、断水補修特有のトラブルもない、といった特長があります。2024年9月に見学した断水工事は1日かかりで費用は14.9万円でしたが、これが不断水でできたならば、主な作業は半日で終わり、費用は10.7万円に抑えられます。

小口径の塩ビ管継手における漏水を断水なしで

<p>筒状の補修具</p> <p>構造上、断水が前提</p> <p>LAカップリング(株式会社リケン)、CKMAジョイント(シーケー金属株式会社)、SKXソケット(株式会社川西水道機器)、TSKユニオン(東栄管機株式会社)、MCユニオン(アロン化成株式会社)、フレキシブルカップリング(株式会社アフエクト)、など</p>	<p>管体用の補修具</p> <p>継手の側面は対象外</p> <p>修理用クランプ(株式会社日邦バルブ)、補修バンド(株式会社タプチ)、修理用クランプ(株式会社日邦バルブ、米Romac社)、ストラップクランプ(ショーボンドマテリアル株式会社)、アトムズカップリング(株式会社アトムズ)、など</p>
<p>漏水補修テープ</p> <p>心理的抵抗がある</p> <p>LLFAテープ(米GTG Engineering社)、アーロンテープ(米Arlon-Silicone Technologies Division社)、シリコーン自己融着テープ(米3M Company社)、など ⇒上水道の漏水補修には適用不可と現場では考えられている。</p>	<p>継手を覆う補修具</p> <p>口径30mm以下は非対応</p> <p>フクロジョイント(大成機工株式会社)、VPプロテクター(コスモ工機株式会社) ⇒口径40mm未満には非対応 DD-バックル(株式会社土井製作所、英Kibosh社) ⇒鋼管の一時補修用</p>

図-2 塩ビ管用の市販されている漏水補修具の分類

補修する製品は、本当にないのでしょうか。——それは私たちも疑問でした。そこで図-2に示すように、国内外の製品をできる限り調べました。漏水補修具は、その構造上断水が前提となる筒状の製品、断水は不要だが管体用に限られる補修具、漏水補修テープ、継手を覆う補修具の四つに分けられることが分かりました。しかしながら、口径30mm以下の塩ビ管継手を覆う補修具は、一つも見つけることができませんでした。

4. 不断水補修具の試作開発

課題の理解と並行して、小口径の塩ビ管継手を覆うことができる不断水補修具について試作開発を進めてきました。

試作の方針として、当初の相談では「企業を説得できればよいので、止水性能がないモックアップでもかまわない」ということでした。しかし、せっかく試作するのであれば、性能としてどこまでできるかにも、合わせてチャレンジすることとしました。

差し当たり、写真-1に示したような口径16mmのソケット継手を試作開発の対象としました。これは、当該地域での修理件数が一番多いことを踏まえたものです。試作の方針は、(1)1.75MPaの静水圧に対して1分間水漏れがないこと、(2)20年程度の埋設を将来的に想定すること、(3)できるだけ安価で作業性が良いよう配慮することの3点としました。(1)の数値目標の17気圧は、厚生労働省(旧厚生省)の省令⁵⁾を踏まえた値であり、通常の水道に対する2~3倍の静水圧で、一筋縄ではいかない目標値です。

試作の手段には、光造形式の3Dプリンタを選びました。市販の漏水補修具は基本的に、鉄や砲金でできた鋳物とショア硬さA50程度のゴムでできたガスケットで構成されています。これを踏まえ、私たちでも比較的短サイクルで試作できる方法と判断しました。そして、外側を鋳物ではなく紫外線硬

化樹脂で作った場合にどの程度の性能まで実現できるかということも、チャレンジの一つとなりました。

写真-2に示すように、漏水部を二つに分かれた形状で挟むように覆う「基本案」と、片方をヒンジ形の構造とする「ヒンジ案」とを中心に、設計・試作・実験を繰り返して開発を進めました。基本案は市販品に近い基本的な形状です。ヒンジ案は、特に現場の方から伺った内容を踏まえて、ボルトの本数を減らし、片手でも作業できるようにすることを意識した、作業のしやすさを重視した形状です。現場では夏の炎天下や冬の降雪時でも、土をかき出して泥水に手足をつけて漏水箇所を特定し補修します。そうした過酷な状況を想像すれば、作業のしやすさが重要であることが分かります。

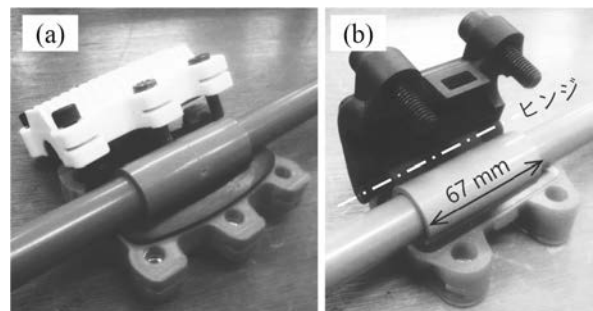


写真-2 (a) 基本案と (b) ヒンジ案での不断水補修具の試作例

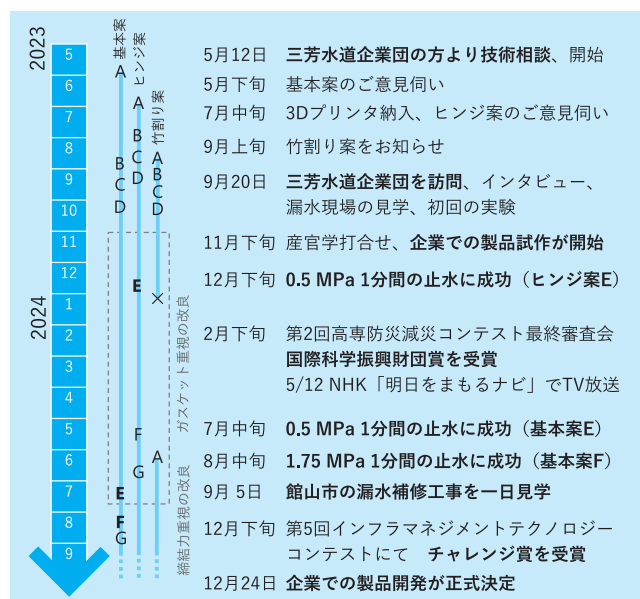


図-3 開始から1年半の主な取り組み内容

技術相談後の主な取り組み内容を図-3に示します。初めの3カ月は結果的に、基礎的な理解とすり合わせ、方針策定、活動予算を得るための各種申請、3Dプリンタの試用など、試作開発方法の確立に当てることとなりました。

授業のない夏季休業中に数回の試作を経て、2023年9月の訪問時に初めて止水実験を試みましたが、止水にはほど遠い状況でした。止水できない理由として、ガスケットの幅や厚さ、形状が主な原因と考えられたため、その後しばらくはガスケット重視の改良を重ねました。

その結果、2023年12月には、運よくM10ボルト2本のヒンジ案E号で0.5MPaに対する1分間の止水を実現しました。基本案は比較的単純な形状ながらも難航し、0.5MPaの止水ができたのは翌年7月になってから、M8ボルト6本の基本案E号でのことでした。ここまで難航した理由として、ガスケットを押さえる外側部材が樹脂であることとボルトの本数が最大でも6本程度であることの両方を前提としてきたためと考えられました。

そこでその前提の一つを見直し、M8ボルトの本数を12本にした基本案F号を試作しました。その結果、翌月には写真-3のように、数値目標としていた「1.75MPaの静水圧に対する1分間の止水」を実現しましたが、正直なところ不可能と考えていましたので驚きでした。しかしながら、これは同時に、鋳物を用いずに樹脂材料にこだわった場合における補修具開発の困難さを示していると考えられます。

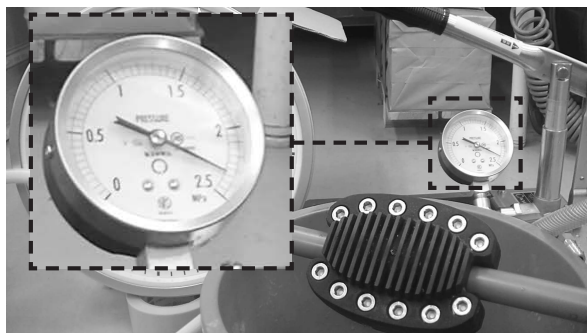


写真-3 基本案F号の静水圧試験

2023年11月からは、小口径塩ビ管継手用の不
断水補修具の必要性を理解してくれる企業とつな
がり、木更津高専での取り組みとは別に試作が行
われました。2024年末には、企業での製品開発
が正式に決定したと、産官学3者の打ち合わせで
伺いました。そのようなご縁ができるにあっ
て、この取り組みにおける情報の調査・整理や試
行錯誤、コンテスト出場などの効果があったかは
分かりません。しかしながら、現場の困りごとを
比較的早期に解決できる見込みが立ち、うれしく
考えています。

5. おわりに

第5回 インフラマネジメントテクノロジーコ
ンテストでは大会賞としてのチャレンジ賞に加え
て、佐藤工業株式会社と公益社団法人日本技術士
会よりプラチナ賞をそれぞれ受賞させていただ
き、とても光栄です。

上水道というと影響範囲の大きさや目立ち具合
から、大口径であるほどメディアや政策立案者に
注目される傾向があるかもしれません。しかしこ
こ千葉県館山市には、口径30mm以下の漏水に
悩まされ、年間400件以上の補修を続けても有取
率が上がらない実情があります。今より少しで
も、小口径の漏水に関わる現場の困難さに目を向
ける必要があるのではないのでしょうか。

最後に、この取り組みを支えてくださった三芳
水道企業団をはじめとする皆さまに、深く御礼申
し上げます。

【参考文献】

- 1) 横井三知貴, “水道行政の動向 ~冬山に挑む水道事業~”, 厚生労働省平成29年度水道技術管理者研修資料, pp.2-4, 2017.
- 2) 三芳水道企業団, “経営比較分析表(令和5年度決算)”, 2025.
- 3) 三芳水道企業団, “令和6年度上水道の概況”, 2024.
- 4) 本間精一, “プラスチック材料大全”, 日刊工業新聞社, p.286, 2015.
- 5) 給水装置の構造及び材質に関する省令(厚生省令第14号), 1997.