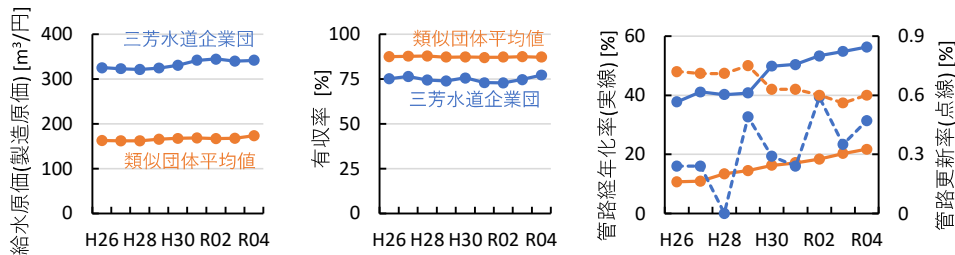


補足資料 (1/4)

Q. 対象地域の水道の状況をもう少し知りたい。

1. 千葉県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2万³m³を配水しています。戸数は横ばいですが、給水人口は単調減少傾向です※1。
2. 半島の先端であり、ダム・地下水の水資源が貴重で、水の6割が受水（購入）です。**給水原価（製造原価）が346円/m³と全国平均の約2倍**ですが、供給単価（売上単価）は247円/m³となっています。令和6年10月より平均11%の値上げの予定です※1,2。
3. **管路経年化率が56%と全国平均の24%より高く老朽化が深刻で、**管路更新率は0.47%と全国平均の0.67%より低く深刻さが増しています※2。

※1 三芳水道企業団：経営比較分析表（令和4年度決算）、※2 三芳水道企業団：令和6年度上水道の概況



三芳水道企業団（青）と類似団体平均値（オレンジ）における基礎データの比較

Q. 「小口径塩ビ管の継手のひび割れ」は些細な問題では？

たしかに、(1) 水道管は一般的に口径が大きいほどその先に多くの給水先がつながっており30 mm以下の小口径は比較的重視されていないことや、(2) 塩ビ管の継手自体が安価で入手性もよいことから断水が通常の修理法と考えられてきたことや、(3) 新設管には大抵ポリエチレン管が用いられること、といった背景はあります。

しかし、**当該地域では、年間400件超の漏水修理のうち4割～5割の原因が「小口径塩ビ管の継手のひび割れ」であり、修理にもコストがかかっています。**もしも放置すれば、年間の漏水による損失が増加します。修理費用のうち一番多いのは人件費であり資材の費用は相対的に少ないです。このため対象地域では、不断水補修具が3.5万円/個からとやや高価であっても、不断水補修具が優先して用いられます。数年前より当該地域でも給水管の新設管にはポリエチレン管が用いられることになっており、徐々にではありますが見通しです。給水管についても同様の時間を要する見通しです。

Q. 継手のひび割れが起こるメカニズムは？

当該地域で多いのは、接着剤による溶剤クラックと考えられます。溶剤クラックは、応力がかかっているプラスチック材料に溶剤などが付着すると材料本来の機械的強度よりも小さい応力でクラックが生じる現象です。このほかに、寒暖差などにより管が力を受けて生じる場合や、地中の石で傷つけられる場合や、差込み・接着の不足の場合も考えられます。

Q. 小口径継手を覆う不断水補修具は本当にないのか？

国内外の製品を調査していますが、「**本当にない**」と認識しています。

塩ビ管と継手に関する断水補修具は、漏水部の包み方によって以下の4種類に大別できます。補修用か一時補修用か、埋設用か非埋設用か、伸縮か可とうか、金属製か樹脂製か、といった違いもあります。口径30 mm以下の塩ビ管継手を覆う不断水補修具で、一時補修用ではなく埋設を想定している製品は、見つけることができていません。

筒状の補修具

構造上、断水を前提とする



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

管体用の補修具

継手側面のひび割れは対象外



修理用クランプ（株式会社日邦バルブ）、補修バンド（株式会社タブチ）、修理用クランプ（株式会社日邦バルブ、米Romac社）、ストラクランプ（ショーボンドマテリアル株式会社）、アトムスカップリング（株式会社アトムズ）、など

漏水補修テープ

現場の方にとって心理的抵抗がある



LLFAテープ（米GTG Engineering社）、アロンテープ（米Arlon-Silicone Technologies Division社）、シリコン自己融着テープ（米3M Company社）、など

必要な機能と性能を満たし、上水道の漏水補修に使用する抵抗感がなくなれば、使用される可能性はある。

継手を覆う補修具

口径30 mm以下は非対応



フクロジョイント（大成機工株式会社）、VPプロテクター（コスモ機工株式会社）
⇒現場で支持され使われるが、口径40 mm未満には非対応

DD-バックル（株式会社土井製作所、英Kibosh社）
⇒銅管の一時補修用

補足資料 (2/4)

Q. 漏水修理の具体例を知りたい。

2024年9月5日に館山市の漏水修理現場を朝から夕方まで見学させていただきました。

前日まで：現場近くの方から漏水のご連絡を受け、三芳水道企業団の方が計画、畠山設備の方が下見

8:00 作業開始、コンクリート切断

8:30 コンクリートのハツリ作業開始、

9:33 ショベルカーで掘削しトラックへ土を積み始める
しかし、岩が多く難航

10:13 トラック2台目に土を積み始める

10:20 漏水部が近づき、人力での掘削を開始

10:25 泥水で視認できないが、漏水箇所を発見
止水作業のために、ひきつづき人力での掘削

11:27 交換用の新しい管の作製を開始

11:40 口径40 mmの塩ビ管をつぶして**断水開始**

11:46 漏水部の前後を切断

11:57 新しい管・継手と断水補修具で接続完了、接着剤の乾燥待ち

12:10 塩ビ管をつぶした箇所を戻して補修具で防護して通水し、**修理完了**
(今回は水の行き先が排泥管のため、接着剤の除去は不要)

12:17 昼休憩の開始

13:10 作業再開、バルブを覆う筒を製作、バルブ用の敷石の到着を待つ

13:40 敷石が到着、設置して山砂を入れ始める

14:17 しっかりと固めたぶん、山砂が不足

14:17 追加の山砂を入れ、碎石の投入を開始

15:15 碎石の投入が完了

15:20 コンクリート作製を開始

16:00 コンクリートを入れ終わり、
乾くまでの覆いを設置

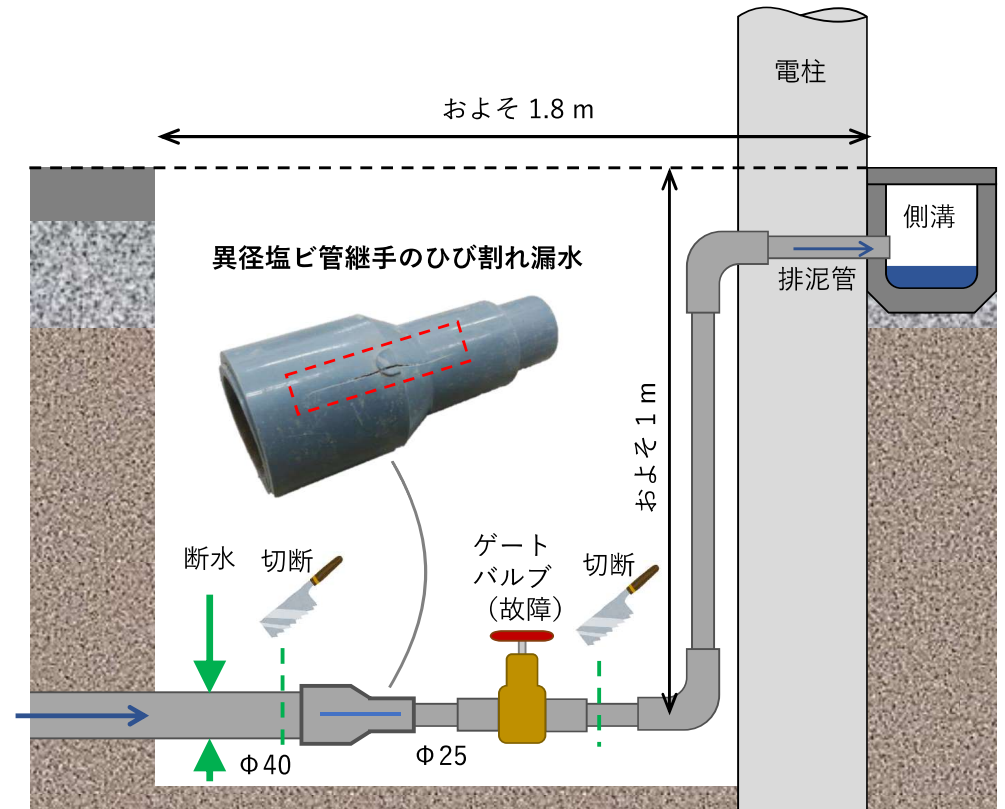
翌日：畠山設備の方がコンクリートの覆いを撤去され、最終点検



《同日、別のチームは…》

10:35 別の現場(1件目)にて
不断水補修具で止水完了

15:30 1件目の後で始まった
別の現場(2件目)でも
不断水補修具で止水完了



- 掘削面積は1.8 m × 0.9 m程度。
⇒不断水補修具なら0.9 m × 0.5 m程度で
可能な見込みで、作業時間も抑えられる。
- 今回は私道で役所や警察署への申請は不要。
また、珍しく供給先家庭の断水は無いことで
通水後に管路を流れる接着剤の除去も不要。



交換後の配管

修理費： 税込み14.9万円 (うち作業費が11.2万円)

不断水補修具使用時の試算は税込み10.7万円 (うち作業費が6.5万円)

上記どちらのケースもゲートバルブ交換を除いた計算

作業 (4名)： 畠山設備 社長、作業の方3名 (大先輩方)

立合 (1名)： 三芳水道企業団 主事 寺山 様

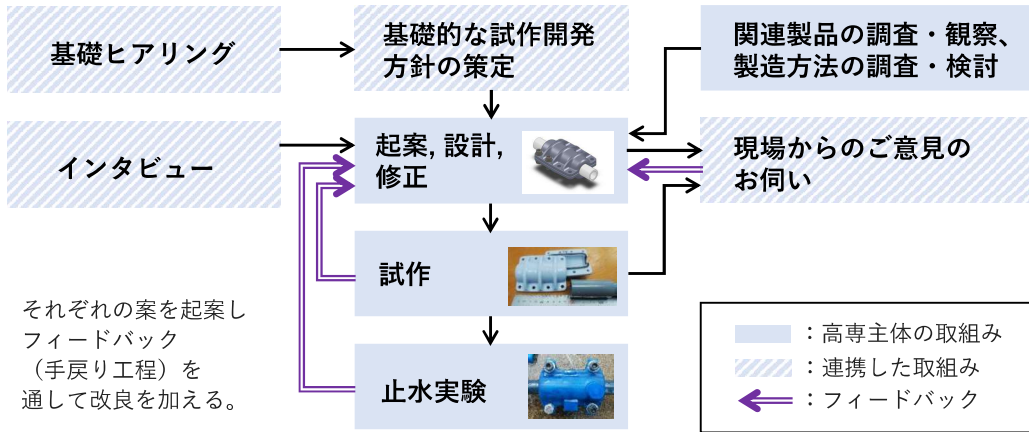
使用配管資材： 呼び25HIVP管、呼び40HIVP管、呼び40HIVPソケット継手、
呼び40CKMAジョイント 2個、 $\Phi 25$ HIVPメタル給水栓ソケット 2個
(ゲートバルブ関係の資材を除く)

見学 (4名)： 三芳水道企業団 施設計画班長 谷 様、木更津高専 小林、奥田、関口

補足資料 (3/4)

Q. 試作開発はどのように進めている？

以下の図のように、2023年5月の技術相談・基礎ヒアリングから基礎的な方針を決め、訪問インタビュー（2023年9月）のほかメール・電話・web会議によって現場からのご意見をこまめにお伺いして、試作開発を進めています。**起案・設計、試作、止水実験を繰り返して改良を加えています。** 止水実験は、2023年8月の途中までは校内の水道（0.5 MPa程度）で行っていましたが、それ以降は手動のテストポンプで行っています。また、この図のほかに、漏水修理の統計情報の整理、有限要素法での解析、光造形3Dプリンタの改造、試作材料の選定評価なども行っています。



Q. 試作物はどのように作っている？

ショアA硬さで50～60程度（消しゴム程度の硬さ）のガスケットの試作を重視して、**光造形3Dプリンタで試作しています。** 材料は紫外線硬化型のレジンに限られますが、特殊なレジンを選定することで、塩ビやゴムにやや近い部品の造形ができます。



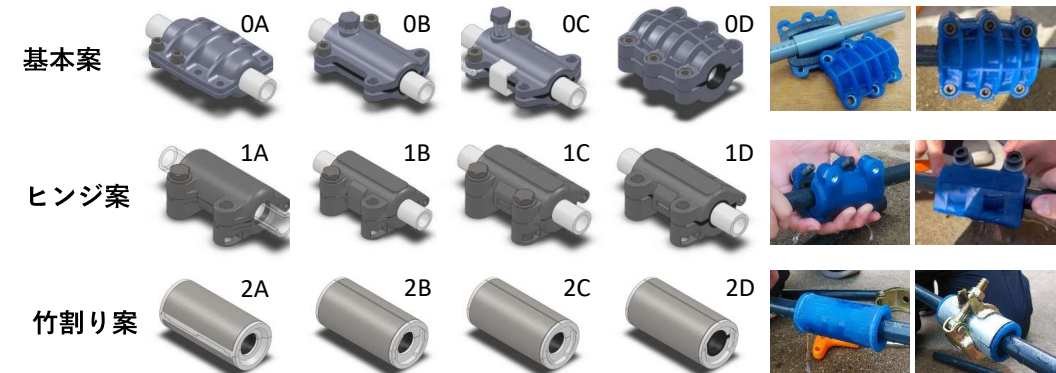
Q. 現場からどのようなご意見をいただいている？

最初期の設計を例に挙げると、**以下のようなご意見をいただきました。** 現場の方は、止水性能だけではなく扱いやすさも重視されているとわかりました。2024年9月下旬には試作物を郵送して、実地での使用感などをお試しいただいています。

- 扱いやすさ** (Ease of use): めねじ部は独立ナットではなく、埋込みナットなどにしてほしい (Screw part is not an independent nut, but an embedded nut, etc., please make it so).
- 情報・備考** (Information/Notes): ボルトは六角ボルトのほうが良い可能性もある (Hex bolts may have a better possibility).
- ガスケットの形状は** (Gasket shape): 2種類あり 一長一短がある (2 types, pros and cons).
- 1.75 MPaの静水圧に耐える必要がある** (Need to withstand 1.75 MPa static water pressure).
- 機能・ラインナップ** (Function/Lineup): 水抜き穴が必要かもしれない (Water drain hole may be needed).
- 長い継ぎ手部に対して連結してつかえるとありがたい** (It would be nice to be able to connect to long joint parts).
- 仮固定の機構がほしい** (Want a temporary fixation mechanism): ボルトの周りには平らな部分をつけてほしい (Please attach a flat part around the bolt).
- 一人での漏水修理でも使えるようにしてほしい** (Please make it usable for one-person leak repair).
- エルボやチーズにも対応してほしい** (Please support elbows and tees).
- 2つ割り構造ではなく、ヒンジのような構造にして扱いやすくしてほしい** (Instead of a split structure, please make it like a hinge structure for easier handling).
- ずれにくい構造を検討してほしい** (Please consider a structure that won't slip).
- 管に食い込む機構があるとよい** (It would be good to have a mechanism that bites into the pipe).

Q. どのようなアイデアの試作を行っている？

市販の不断水補修具に構造に近い「基本案」、現場の方のご意見を踏まえてヒンジ構造を採用した「ヒンジ案」、竹割り形の構造として工事現場の単クランプで固定することを考えた「竹割り案」を考えてきました。止水のためには、ガスケットの厚さや形状も改良が必要でした。外側シェルが金属製である場合に比べて、外側シェルが樹脂製であると変形しやすく止水性能の向上が難しいことが、実際にわかってきました。



補足資料 (4/4)

Q. 現状までに止水実験が比較的うまくいった例は？

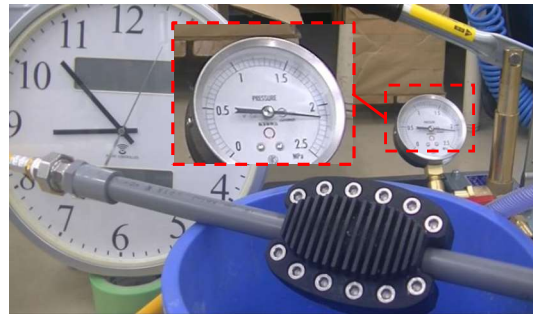
以下の図の(a)と(b)のように、0.5 MPa程度の圧力であった校内の水道で止水に成功しました。その後、(c)のように、基本案についてボルトの本数を2倍の12本に増やして水圧テストポンプで圧力をかけたところ1.75 MPa 1分間の止水を実現しました。



(a) ヒンジ案Eで0.5 MPa 1分間の止水初成功 (2023年12月下旬)



(b) 基本案Eで0.5 MPa 1分間の止水成功 (2024年7月中旬)



(c) 基本案Fで1.75 MPa 1分間の止水初成功 (2024年8月中旬)

Q. もしも製品になった時に想定する単価は？

製品になる際の材質や製造方法や年間売上げ個数にもよると考えますが、**口径16 mmから口径30 mmについて1個あたり5千円から1.5万円程度と想定しています。**口径40 mmのCKMAジョイントの参考基準価格が2個で1.2万円、口径40 mmのフクロジョイントが1個3.5万円ですから、口径の差でそれぞれの半額と比較しても、作業時間の減少の見込みもあり、十分にリーズナブルであると考えています。外側シェルが砲金(青銅)や鉄の鋳物でできていると性能の確保が比較的容易ですが、もしも樹脂の射出成形で実現できれば製造原価を抑えることができると考えられます。

Q. 試作開発における今後の課題は？

数値目標であった1.75 MPaの止水を特定の条件で達成したとはいえ、**今後の課題は山積している状況です。**その中から主なものを挙げれば、以下があります。

1. 基本案について1.75 MPaの止水性能を維持したまま、ボルトの本数を現状の12本から4本あるいは6本程度に減少させるような改良
2. ヒンジ案について1.75 MPaの静水圧に1分間耐えるような改良
3. 口径16 mm以外の小口径継手への対応 (20 mm, 25 mm, 30 mm, 13 mm)
4. ソケット継手以外の、チーズ継手、エルボ継手、各種異径継手への対応
5. 基本案やヒンジ案以外の、新たな不断水補修具の可能性の検討



Q. なぜ「電子制御工学科」の学生と教員が取り組んでいる？

2023年5月の技術相談にて、生活の血管とも考えられるような水道インフラを支えていただいている現場の方のご苦心を、谷様から担当教員(関口)がお伺いしました。関口の専門はメカトロニクス技術を用いた塑性加工と、全くの専門外です。しかし、お話を伺いして、開発製造に乗り気になっていただけるように企業の方を説得するための試作模型だけでもお力になればと考え、取組みが始まりました。

謝辞

本取組みは、木更津高専技術振興交流会による地域課題への取り組みに対する助成(令和5年度および令和6年度)、第2回高専防災減災コンテストにおけるアイデア検証助成、株式会社関電工による寄付金を受けたものです。

青木あすなろ建設株式会社の木下様と杉山様にはお忙しいところ9月中旬に意見交換のお時間をいただきました。日比谷総合設備株式会社様からは、Eメールにて関係情報をお知らせいただきました。インフラテクコン実行委員の平野様には本取組みのサポートをしていただきました。また、専門学校東京デザイナー・アカデミー映像デザイン学科モーショングラフィックス専攻 学生の佐藤果凜様には動画の編集にあたりご協力いただきました。御礼申し上げます。