

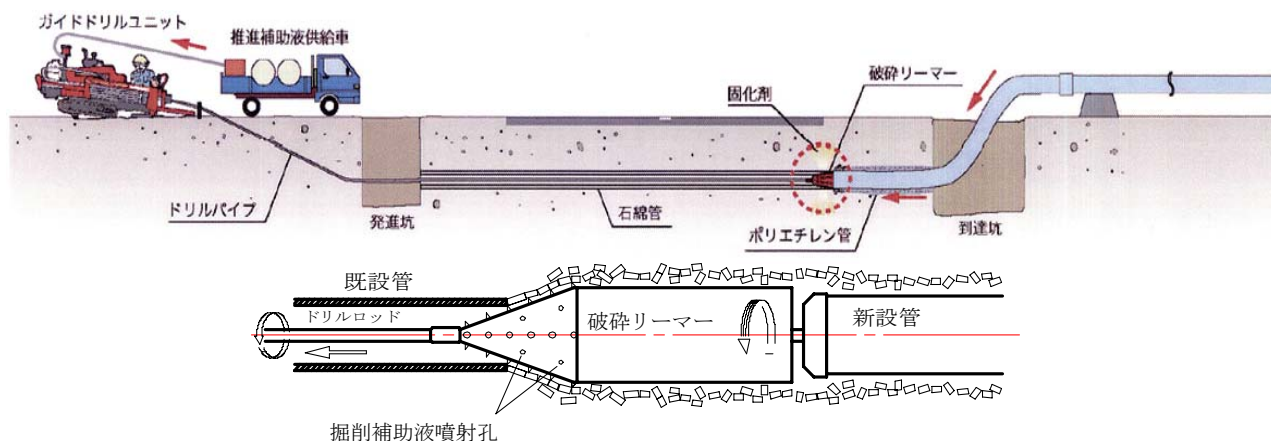
研究成果報告書

研究課題名	非開削工法による既設管の置換更新工法の開発
研究開発組合代表者名	日本ノーディグテクノロジー株式会社 代表取締役 森岡真一

1. 研究目的（研究開発の概要図等添付）

我が国の農業水利施設の中には、施工後数十年を経て劣化などにより、老朽化が進み機能低下をきたしている施設も少なくない。現在の厳しい社会経済状況において、将来にわたり、それらの機能低下を改善していくため、機能低下の原因と程度に応じた適切で効率的な施設の更新を図っていく必要がある。とくに、耐用年数を越え、老朽化した既設管路の中には、石綿セメント管のように現在入手困難な部材であり、耐久性能・水理性能などの機能低下を将来にわたり改善する技術の開発が不十分であることなどから、効率的な農業用管路施設の更新事業の実施が求められている。

そこで本研究開発事業では、手始めに小中口径の石綿セメント管などに適用可能な非開削管路置換更新技術の開発を行い、摩耗・腐食対策や粗度改善といった耐久性能・水理性能などの機能改善を実施する優れた技術の開発を行うこととし、もって、農業水利施設のうち、老朽化した既設管路の置換更新事業の推進に資することを目的とする。



施工状況概要図

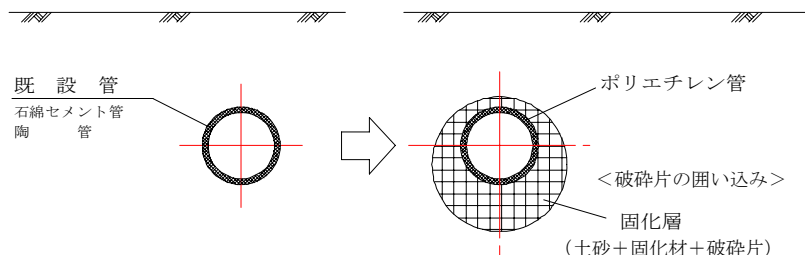
非開削のHDD（誘導式水平ドリル）工法で実績のある、アーバンノーディグ工法を応用し、既設の老朽管を破砕してその配管路に新設管を置換更新する工法です。

発進坑に設置したドリルユニットから、老朽管路内にドリルパイプを挿入し、到達坑で新管の口径に適した破砕用リーマーと新設するポリエチレン管を接続する。ドリルパイプを通じて供給される固化能力を有する掘削補助液を、噴射しながら破砕リーマーを回転させ、土中にて既設管を破砕し、周辺の土を解しながら新設管の引き込みを行う。破砕された既設管破片や解した土は掘削補助液と混ざり合い、一部は新設管の外周を伝わって立坑内に排出されるが、大部分は固化性能を有する掘削補助液の作用により、新設管周辺に裏込め材のように充填・固化され、管周辺に隙間の無い管路が構成される。

この固化層の中に、破砕された既設管の殆どが取り込まれ、破砕破片から管を守り、分岐工事や周辺工事での再掘削時には破砕片を含む層が特定できるので、

＜継続的な「記録・監視」＞

によって、無秩序に残置されたものでなく、管理可能な状態と提案できる。



本工法は、多量の掘削補助液を使用するため、湿潤状態での作業となり、又、破碎行為が土中で行われるため、開削工事が困難な石綿セメント管の更新を対象とした場合などでも、粉塵の大気拡散を防止でき、環境対策や安全対策に貢献できると考える。

<適用範囲>

適用管種：既設管	・石綿セメント管	適用口径：φ75 ～ φ300
	・陶 管	
：新設管	・下水道用ポリエチレンパイプ	施工延長：最大100m
	・農業用ポリエチレンパイプ	(土質や管路状況によって異なる)
	・配水用ポリエチレンパイプ	

2. 研究内容

手始めに小中口径の石綿セメント管などに適用可能な非開削管路置換更新技術の開発を行い、摩耗・腐食対策や粗度改善といった耐久性能・水理性能などの機能改善を図り、農業水利施設のうち老朽化した既設管路の置換更新工法を開発するものである。

(1) 管路の要求性能の設定とそれに基づく管路材の選定

農業用管路の既存の調査データや管路の材料特性から導かれる、老朽化の程度を把握し、管路の要求性能を整理・確認する。さらに、設定した目標性能に基づき、管路材の選定を行う。

(2) 管路の老朽化を想定した性能評価手法の確立

農業用管路の要求性能に対する評価、農業管路に特有の老朽化を想定した評価、環境条件および施工条件に対する評価、ならびに管路の摩耗、腐食を想定した評価など、農業用管路の実情に照らし合わせた性能評価を行う。また、得られた性能評価結果に基づき、適宜、工法開発にフィードバックを行う。

(3) 農業用管路の機能改善に適した施工方法の確立と現場実証試験による管路機能の評価

農業用管路の摩耗・腐食対策や粗度改善といった耐久性能・水理性能などの機能改善を図り、産業廃棄物の抑制、工期短縮などによる工事コスト削減を図ること、などを目的とし、非開削置換更新工法の施工方法を研究開発するとともに、非開削置換更新工法の品質管理方法および工法施工後の維持管理方法を確立する。また、現場実証試験を実施し、施工方法の運用上の課題を整理・解決する。さらに、実証試験現場において管路機能のモニタリングを実施し、耐久性能・水理性能などの評価・確認を行うとともに、工法開発へのフィードバックを行う。

3. 目標とする成果

3. 1 目標とする成果

(1) 農業用管路の目標性能の設定

管路材に要求される性能を整理・確認し、管路材について目標性能を設定する。

(2) 非開削置換更新工法の開発

既設管路を非開削により新たな管路へ置換更新する工法であり、耐久性能・水理性能などの管路機能を改善し、かつ、工事コスト削減を図る。

(3) 非開削置換更新工法の性能評価手法の確立

農業用管路の実情に合わせた性能評価を行う必要がある。

(4) 非開削置換更新工法の施工手法の確立

施工上の問題点を整理・確認し、必要な機材の開発と手順を確立する。

(5) 非開削置換更新工法の現場実証試験および品質管理・維持管理方法の確立

現場実証試験を実施し、施工方法の運用上の課題を整理・解決する。また、施工によって発生する環境への影響を評価・確認する。さらに、実証試験現場において管路機能のモニタリングを実施し、耐久性能・水理性能などの評価・確認を行う。

3. 2 従来技術との比較

工 法	新技術	従来技術	
	非開削による新設置換工法	開削による新設置換工法	既設管内面更生工法
コスト	○	△	◎
水理性	◎ サイズUPが可能	◎ 自由にサイズ変更可能	△ 既設管内径より小さくなる
耐久性	◎	◎	△ 既設管残存強度に依存する
施工性	◎	△	○

老朽化した既設管路の中には石綿セメント管のように掘り起こして廃棄物処理を行うことの困難な部材については、防護対策を限定した範囲にとどめ、周辺環境への影響を最小限に抑えることができる。且つ、大部分を掘り起こすことなく安定化処理を行うことができる。

<工法の特徴>

- ①迅速な工事 ・工期が短縮できる。
- ②経済的利点 ・地表の復旧費が低減できる。
・交通規制を最小限にできる。
- ③環境保護 ・表層の乱れ範囲を低減できる。
・産業廃棄物の処理量を低減できる。
- ④工事の安全性 ・他の既設埋設物への損傷の危険性が低減できる。
・粉塵や破片の飛散がない。
・交通量の多い国道や県道、河川の横断、軌道横断などに最適。

	材料費 円／m	施工費 円／m
新技術 非開削 新設置換工法	16,300	16,000
従来技術 開削 新設置換工法	16,300	16,500

・新設管はポリエチレン管φ200として算出した。
・埋設深さ1.5mとした。
・石綿管撤去、処理費用は含むが、運搬、防護対策費は含みません。
・この比較は、施工条件によって異なります。

4. 研究成果

4. 1 研究成果概要（目標とする成果との検証等）

この工法は、多くの既存技術をもとに組み合わせ発展させたもので、実証試験をもとに開発と効果の確認を行った。

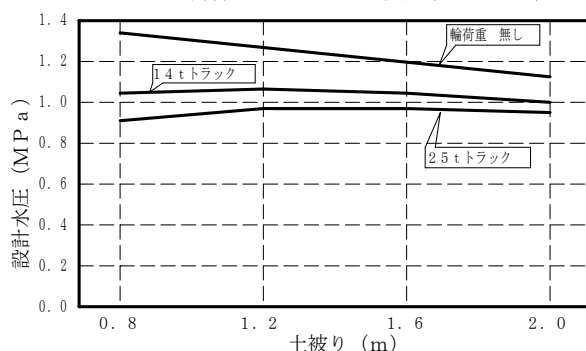
4. 1. 1 管種の選定

アーバンノーディグR工法に用いる置換更新用管材は、施工法の関係から可とう性を有し、管体と同じ接合強度を持ち、耐震性をもち農業用管路に適する性能と継手の品揃えを必要とする。

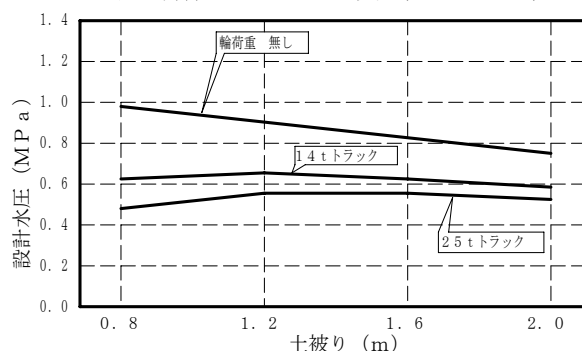
<管>

管の材料は、エチレン重合体を主体とし、「ISO TR 9080」及び「ISO 12162」に規定する分類表で「PE100」に分類される第三世代の高密度ポリエチレンで、使用圧力 1.0MPa 以下の農業用水の配水・排水管を対象として企画し、管の外径は継手の互換性を考慮して「JSWASK-14」「JWWA K 144」に準拠。管厚は設計内圧(最高許容圧力)における50年クリープ強度に対して安全率2となる様にNadayの式によって設計し、「SDR 11」「SDR 13.6」の二種類を提案する。

内外圧合成式による強度 (SDR 11)



内外圧合成式による強度 (SDR 13.6)



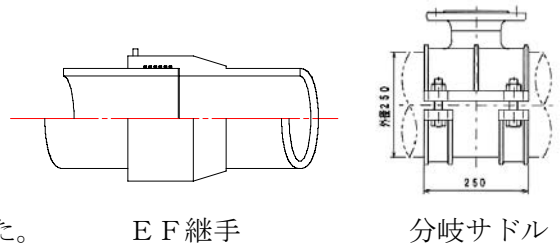
水道用石綿セメント管(旧 JIS A 5301)の耐水圧基準 (参考資料)

	1 種	2 種	3 種	4 種
試 験 水 圧 MP a	2.75	2.16	1.77	1.27
保 証 水 圧 MP a	3.43	2.75	2.16	1.57
(参) 使用 静 水 頭 m	90	65	50	30
MP a	0.95	0.68	0.53	0.32

<継手>

施工性を考慮して、E F 接合を基本とした。
又、管の規格として「JWWA K 144」及び「JSWAS K-14」を採用しているので、互換性をもち十分な品揃えが確保できる。

しかし、圃場などで使用される大口径の分岐サドルが見当たらないので、開発品揃えを行った。



4. 1. 2 周辺環境への影響評価

1) 土中への破砕片固定評価

置換更新に伴う石綿破砕片の土中分散状況を、更新管周辺土の破砕片サンプリング調査及び石綿繊維計測評価を行った。



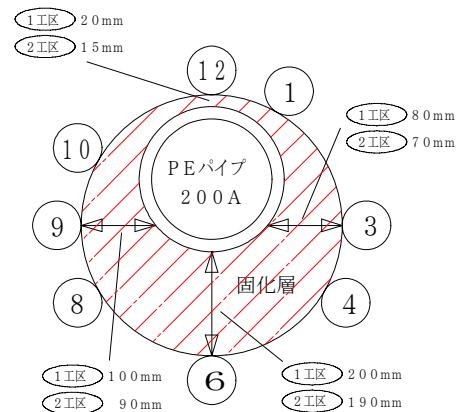
フェノールフタレインで固化範囲を特定し、その境界直近からサンプルを採取した。

管の破砕片含有率 : 0.2 重量%

破砕片以外の土に含まれる石綿繊維 : 不検出

(JIS A 1481 建材製品中のアスベスト含有率測定法)

一部は泥水とともに排出されますが、破砕片の殆どは、固化層内に捕捉・固定されている。



2) 地下水への影響評価

石綿破砕片から地下水への石綿繊維流入の有無 及び 掘削補助液による水質変化を、検査井戸から地下水を採取し、経時で評価を行った。

水質計測項目

陽イオン5種

(Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+})

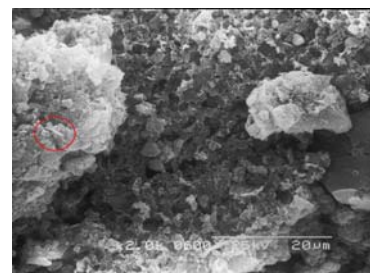
陰イオン5種

(Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_4^{2-})

地下水水質への影響は、施肥による外乱はあるが、長期的には影響は見られなかった。

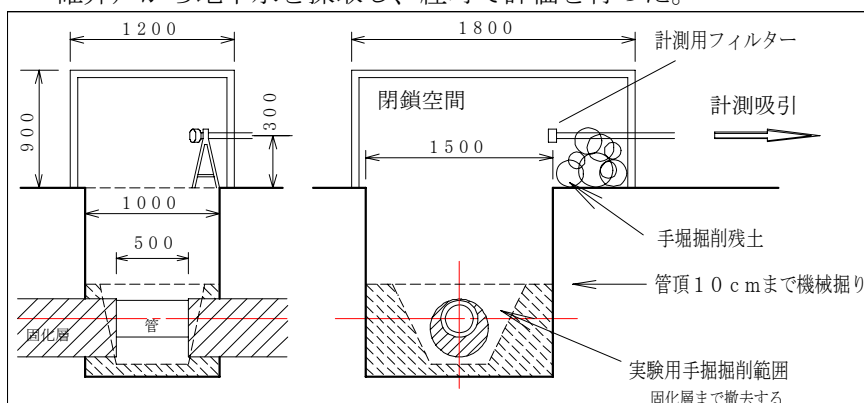
又、石綿繊維も見られなかった。

地下水に含有する石綿 (SEMで計測)



3) 大気への飛散影響評価

管路構築後の分岐管工事や他工事による周辺掘削時における石綿繊維の大気飛散レベルの確井戸から地下水を採取し、経時で評価を行った。



再掘削を想定した管路の周辺掘削 及び 固化層撤去を行い、そのとき閉鎖空間に発生する石綿繊維粉じんを測定した。

無処理施工状態



検出本数：0本

湿潤施工状態（法的対応）



検出本数：0本

固化層破砕

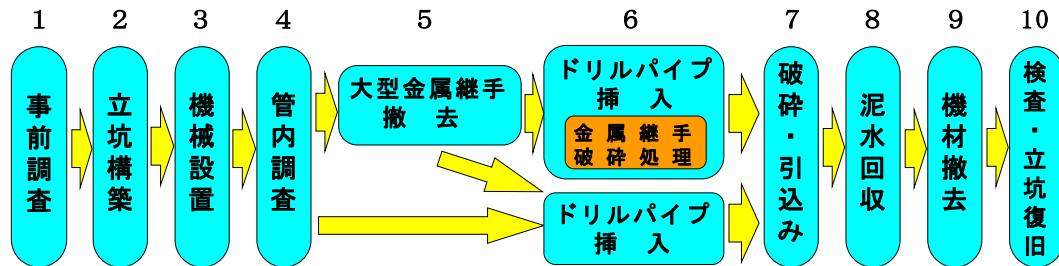


飛散はないが、石綿対応廃棄物処理が必要

(社) 埼玉県環境検査研究協会

4. 1. 3 施工性の確認と手順、機材の選定

施工手順を以下の通りとし、必要な機材の開発を行った。



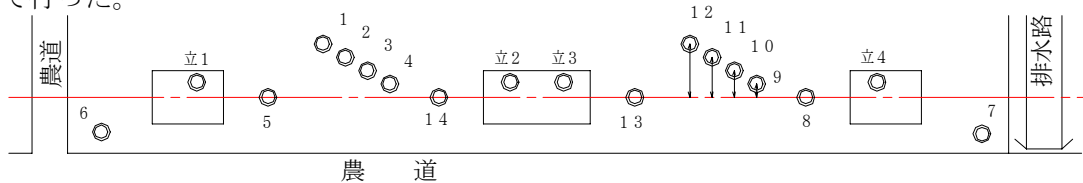
石綿管は、旧 JIS に規定されている FC200(ねずみ鋳鉄)製のギボルトジョイントで接続されているケースがあり、本工法用破砕リーマーでは破砕できないので、事前に管内から破壊し、石綿管と一緒に破砕して置換更新を行える装置を考案した。



金属継手破砕装置

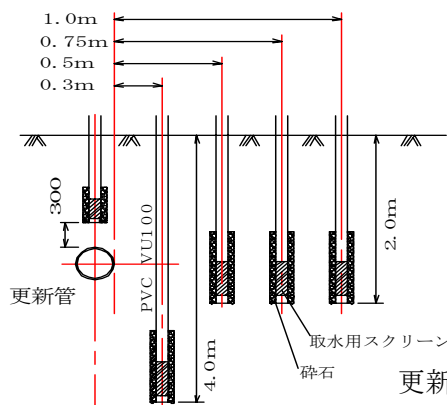
4. 2 実験設備における概要、結果、課題等（実験状況がわかる写真等添付）

水質への影響評価は、実証実験管路に地下水観測井戸を設け、水質変化と石綿繊維の計測及び観察を経時で行った。

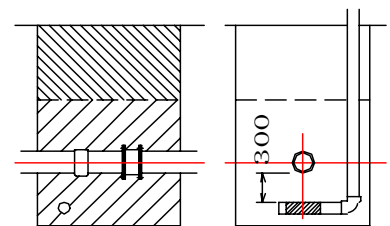


観測井戸の配置

観測井戸の状況



立1, 2, 3, 3, 観測井戸の状況

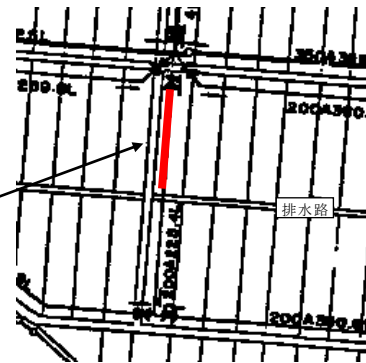


立坑埋設時に設置

更新施工前にボーリング施工で設置

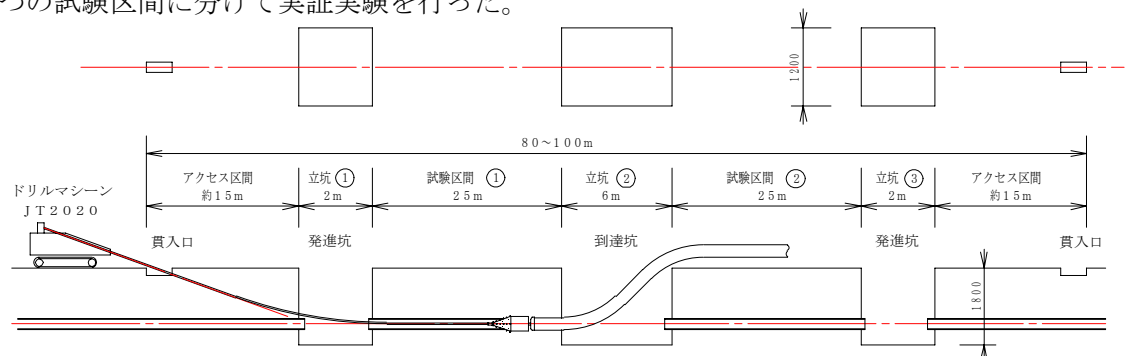
4. 3 実証試験工事（現場適用）の概要、結果、課題等（工事状況がわかる写真等添付）

実証実験は、「日向川土地改良区農業用管路施設」において実施した。



約100mの直線区間 分岐なし

二つの試験区間に分けて実証実験を行った。



敷設時期：昭和54年 竣工

土被り：管頂 1.0～1.2m

既設管：石綿セメント管 $\phi 200$

(旧JIS A 5301 3種)

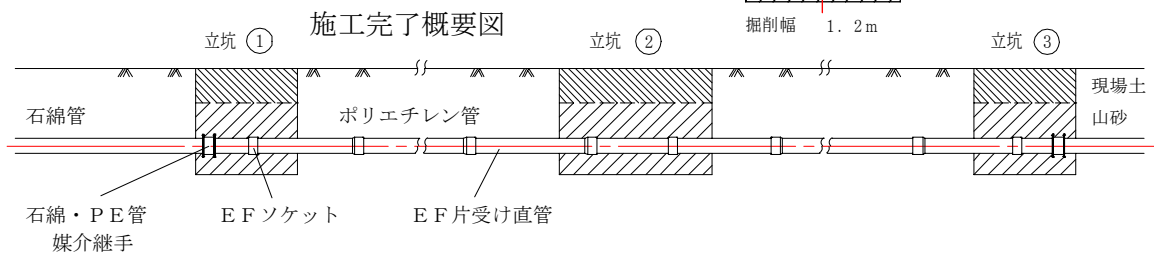
石綿セメント管継手 カラー継手

(旧JIS A 5315 3種)

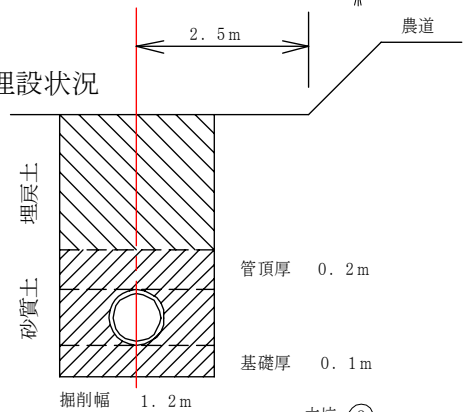
新設管：ポリエチレン管 $\phi 200$ SDR13.6

EFカラー接合

施工完了概要図



既設管埋設状況



多くの見学者のもと、実証試験工事を行った。



置換更新開始



ドリルマシン(JT2020)



施工復旧後

4. 5 普及活動状況等

全国の土地改良区に対して、設計折込活動を行い、水道分野も含めて補修工事を中心に実物件の受注活動を実施中。

<実績1>農業用水導管

種別：老朽管布設替工事

工期：H18/11/9～11/10

内容：既設管 石綿管 $\phi 250$

新設管 P E $\phi 250$

施工延長 L = 90 m

北海道



<実績2>農業用水導管 県道横断

種別：破損による布設替工事

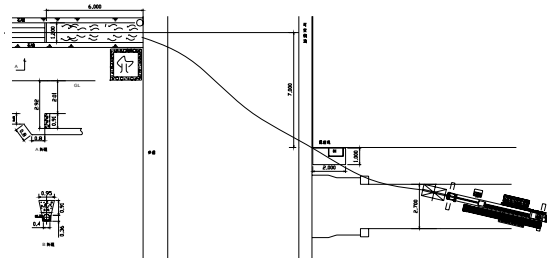
工期：H19/ 2/8～ 2/10

内容：既設管 陶管 $\phi 350$

新設管 P E $\phi 300$

施工延長 L = 20 m (曲線)

新潟県



5. 今後の課題

本研究開発事業では、石綿セメント管や陶管といった現在入手困難かつ環境への影響が懸念される管材が対象であったが、「山形県日向川土地改良組合」様のご協力により、総合的な実証実験場所や施工実験に対する管材料の提供を受け開発してまいりました。 今後は、実物物件において実績を重ね、更なる施工性の改善やコスト縮減を目指して開発を進める。

又、普及活動において、 $\phi 500$ までの開発要望を多く出され、対象サイズの拡大方向への開発を進める。

6. 試験研究機関（農工研、大学等）総括者による意見・評価等

項 目	評価結果	備 考
研究計画の効率性・妥当性	A	石綿セメント管の改築更新に要求される粉塵対策に対して複数視点から影響項目が計画されており、石綿含有製品の社会的影響から考えると妥当性が高いと認められる。
目標の達成度	A	水質評価、土壌評価、大気評価、生息物評価といった環境への影響評価や施工性能は、当初目標に対して良好な結果が得られている。
研究成果の普及可能性	A	石綿含有物質ごと新設管の周囲に地中で固化させる工法は、今後の石綿セメント管改築更新需要に応えるものであり、普及に期待できる。
研究成果の出来栄	A	石綿セメント管等の開削による更新撤去が困難な管路に対し、改築施工の適合性と安全面において研究成果が得られている。
総合コメント 本研究開発事業では、老朽化した石綿セメント管や陶管などの管路の更新に関し、工法の技術確立と環境影響への評価を主な課題として開発が進められてきた。工法の評価でポイントとなる環境影響面では施工時や再工事時を考慮した石綿粉塵の影響評価（水質、土壌、大気、生息物調査）を実施し安全性を確認できた。管路を更新し管の周囲の土壌を固化させる本工法は、より安全性や耐久性の高い管路を短期間かつ経済的に構築できることや既存管路の開削除去や管交換作業が不要となることから工法の普及促進が期待できるものである。		

注）評価結果欄は、A、B、Cのうち「A」を最高点、「C」を最低点として3段階で記入する。

7. 研究総括者による自己評価

項 目	評価結果	備 考
研究計画の効率性・妥当性	A	石綿セメント管の改築に関わる影響を十分考慮した上で、工法開発、影響評価項目を設定し、計画的・効率的に進められた。
目標の達成度	A	非開削・置換更新の施工システム及び周辺環境の影響評価ともに当初目標を満足した。
研究成果の普及可能性	A	実証試験、試験施工ともに結果は良好であり、普及は期待できる。
研究成果の出来栄	A	施工システムの開発、周辺環境の影響評価、現場実証試験など、いずれも良好な研究成果を得られた。
総合コメント 本研究開発事業では、石綿セメント管・陶管といった現在入手困難かつ環境への影響が懸念される管路に対して、改築・機能改善に要求される技術確立と環境影響への評価を主として工法開発が進められた。技術開発では、大気中への石綿粉塵の発散を極力抑えるため、置換と同時に固化材を供給し、既設管破砕片を新設管の周囲の固化層内に囲い込む工法を構築した。また環境影響評価では施工前後及び将来的な再工事を想定し、石綿粉塵の影響を考慮して、水質評価（固化材影響、石綿繊維）、土壌評価（破砕片囲い込み施工能力）、大気評価（石綿粉塵）、生息物調査（固化材影響）について実施し、いずれも問題がないことを確認した。開発された置換更新工法は、社会的条件や環境条件によって開削除去・交換作業が困難な管路に対し、より安全・合理的に耐久性の高い新設管路を構築できることから、普及に期待できるものである。		

注）評価結果欄は、A、B、Cのうち「A」を最高点、「C」を最低点として3段階で記入する。