

パイプインパイプ工事における CIM の活用

東急建設株式会社 正会員 ○伊藤 誠
東急建設株式会社 正会員 中島 敏勝
東急建設株式会社 山本 博司
独立行政法人水資源機構 竹之内健太

1. はじめに

現在の建設工事は、CIMや建設ICTといった「目に見えてよくわかる化」「誰でも簡単にできる化」という省力化・自動化への取組みが顕著である¹⁾²⁾。そこで、今回、水路改修分野へのCIMの活用を検討した。

水路改修工事の一つであるパイプインパイプ工事は、既設管内に新設鋼管を挿入・溶接接合する工事であるため、新設鋼管が既設管に接触せず所定の離隔を確保できる管路線形・管割付であることが、スムーズで安全、さらに品質の良い施工を行う上で必要不可欠である。しかし、既設管1本毎に屈折し合成角があるような区間では新設鋼管を現地（既設管内）加工するのが一般的で、工程遅延、危険作業、費用の増大といった施工上の課題があった。

これらの課題を解決するため、管路線形・管割付の見直しにCIMを活用した事例を紹介し、工期の確保、現場の安全性の向上、品質の向上、追加費用の抑制などの活用結果について報告する。

2. 工事概要

昭和43年に全面通水となった豊川用水は、愛知県奥三河の山地での貯留水、流域変更、河川自流を愛知県新城市大野にて宇連川から取水し、愛知県新城市、豊橋市、田原市、豊川市、蒲郡市及び静岡県湖西市へ水道、農業・工業用水を供給する重要な用水路である。平成11年度より漏水・破損事故が多発していた水路施設の改築や機能回復、複線化による効果的な水利用と合理的な水管理を目的とした豊川用水二期事業が開始され、その後平成15年に、東海、東南海・南海地震防災地域に指定されたため、第1回計画変更にて大規模地震対策が追加となり水路の整備、耐震化が推進されてきた。

本工事は、平成27年度に、渥美半島と湖西市へ用水供給を行っている東部幹線水路において、田原市野田町にある芦ヶ池サイホン（約1,505m）、赤羽根サイホン（約726m）の水路耐震補強、幹線水路の分水施設の改修を行ったものである。本工事では、φ2,100mmの既設PC管の中にφ2,000mm、板厚9mmの鋼管を挿入する。

工事概要を表-1に、工事場所位置図、工事概要図を図-1、図-2にそれぞれ示す。

表-1 工事概要

工事件名	大規模地震対策 東部幹線水路芦ヶ池サイホン外改築工事
発注者	独立行政法人 水資源機構
工期	平成27年3月14日～平成28年3月25日
場所	愛知県田原市野田町地内外
受注金額	1,025,730,000円
主要工事数量	施工延長 L=約2,231m 芦ヶ池サイホン改築工 L=約1,505m (通常鋼管φ2,000 t=9mm L=1,491m, 巻込み鋼管φ2,000 t=9mm L=5.8m) 赤羽根サイホン改築工 L=約726m (通常鋼管φ2,000 t=9mm L=510m, 巻込み鋼管φ2,000 t=9mm L=203m) 分土工接続管改修工 1式(19分土工) 機能回復工 1式, 指定仮設工 1式, 無指定仮設工 1式

キーワード パイプインパイプ、水路改修、CIM、管路線形、管割付

連絡先 〒150-8340 東京都渋谷区渋谷1-16-14 東急建設(株)土木技術設計部 TEL 03-5466-5272



図-1 工事場所位置図



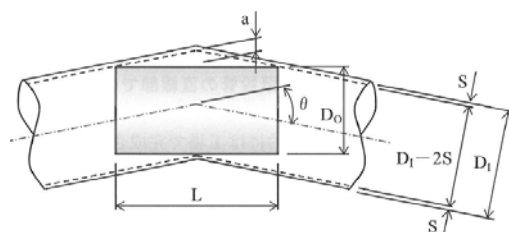
図-2 工事概要図

3. CIM活用の背景

現地調査の結果、既設管は1本（3.6m/本）毎に屈折し合成角曲がり（平面縦断曲がり）のある区間が多数発生していることが分かった。現地調査結果を基に設計照査を実施した結果、当初設計の管路線形・管割付では既設管内に新設鋼管を挿入し必要な離隔を確保した状態で設置できないことが判明した。そのため、管路線形及び管割付を再検討することとした。

従来は、屈折点を通過できる管長を図-3に示す計算式³⁾で二次元（平面または縦断）的に算出して、それを最大管長とした管の割付を行ない、屈折箇所のみ二次元で図を描画しテーパ角度を決定していた。しかしながら、従来の二次元検討による計算では計算結果と現地が合わず、挿入した新設鋼管を現地（既設管内）で再加工するということが度々発生していた。

そのため、従来通りの方法で再検討した場合、当工事では全ての屈折箇所において鋼管の現地加工を行う可能性が高く、工程遅延、災害発生および品質不良の発生が懸念されたため、三次元で既設管を可視化して新設管の管割付をする新たな検討手法を用いることとした。



$$L = \frac{a}{\tan(\theta/2)} \times 2 \quad a = \frac{D_1 - 2S}{\cos(\theta/2)} - D_0$$

- L : 通過管長（新設管は計算値以下にする。）(mm)
- θ : 既設管曲がり角度(°)
- D₁ : 既設管最小内径(mm)
- S : 通過余裕代（通過余裕代は、実績により20mm以上と設定）
- D₀ : 新設管外径（通過外径）(mm)

図-3 二次元での通過検討計算式

4. CIMを活用した管路線形・管割付の検討

三次元でのモデル化にはAutoCADを活用した。既設管の測量データ（管継目管底中心部の平面座標・基準高、管継目部の水平鉛直寸法）から既設管をモデル化し、その中に同じく三次元でモデル化した新設鋼管をモデル内で挿入、据付、離隔の確認を行いながら、管路線形・管割付を検討することとした。三次元で検討するにあたり必要な条件は以下の通りとした。

- ・直線となる区間を出来るだけ長くすること（鋼管端部のテーパ加工を少なくするため）
- ・新設鋼管の定尺長は6mとすること（鋼管本数が増えれば溶接箇所数が増え、費用が増大するため）
- ・挿入通過検討（新設鋼管が所定の位置まで立坑から既設管内をスムーズに通れる）ができること
- ・エアモルタル充填に必要な隙間を確保すること
- ・既設管継目部における新設管据付後の離隔量の全周確認ができること
- ・新設管据付管端部における既設管との離隔量の全周確認ができること
- ・作図したデータの配布が可能であること

次頁以降に管割付検討手順について、AutoCAD 操作画面（抜粋）（図-4～図-9 参照）とともに概略を示す。

（１） 既設管 3 Dモデルの作成

既設管測量データ（管底中心部の座標及び管の水平鉛直方向の寸法）の情報を三次元座標に変換し、線形をプロットする。出来上がった線形に管の各継目位置で“既設管内径－必要隙間量×2（両側分）”の円または楕円で断面を作成し、各々の断面間を結びソリッドデータを作成する。

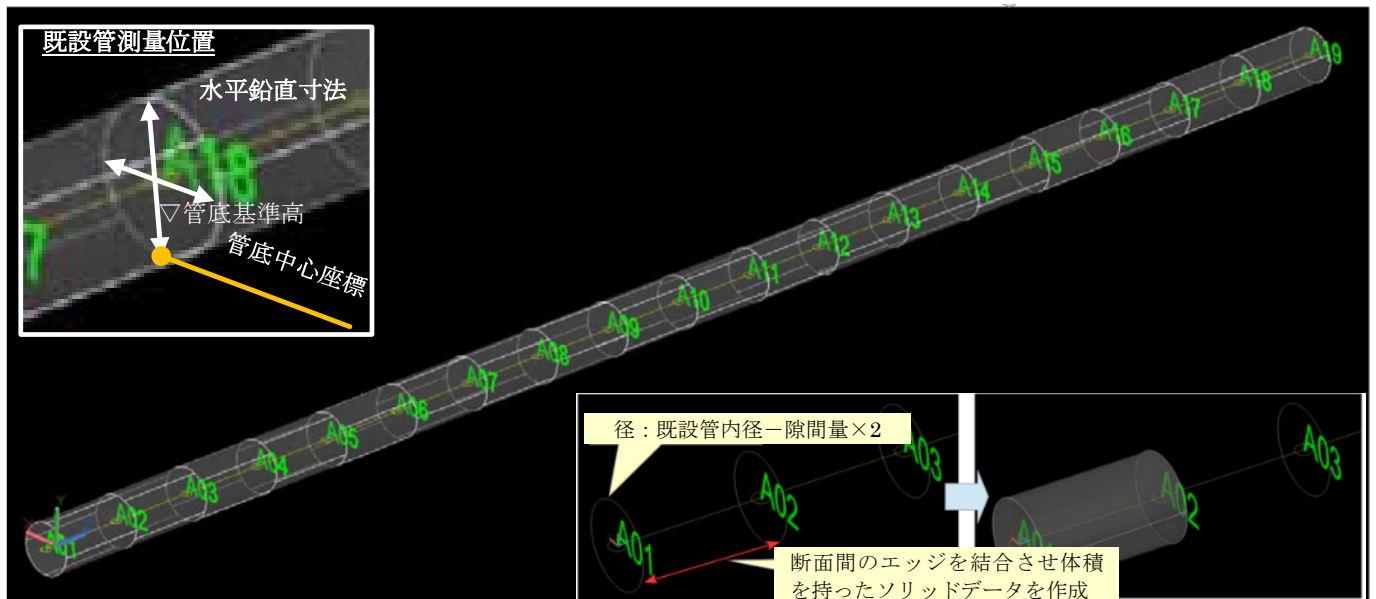


図-4 既設管 3 Dモデルの作成

（２） 新設管の描画

- ① 測量データの曲がり角度等の情報を元に、既設管内に新設管を直線で設置できる距離を予測する。予測した距離の近傍の既設管継目中心を“A”とし、座標軸 Z を始点中心と点 A を結ぶラインに設定する。

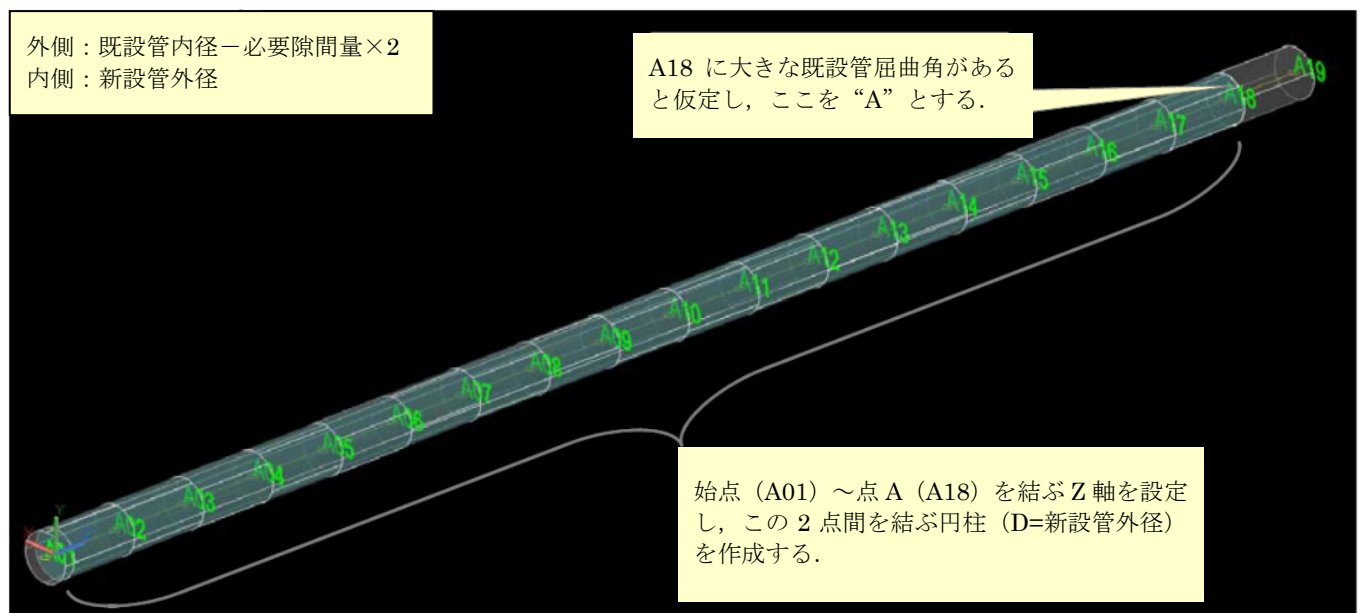


図-5 直線で新設管を設置できる範囲の予測

- ② 始点から点 A までを結ぶ D=新設管外径の円柱型ソリッドを作成し“新設管”－“既設管”でソリッドの集合演算を行い既設管と新設管の干渉部を見つける。集合演算で干渉があるとその部分のみ図形が残る。図-6 より A06～A08 にかけて管底～右側面部に、A12 付近で右上部に干渉が確認できる。干渉がある場合は新管外径円柱形ソリッドを作図する前の段階まで戻す。

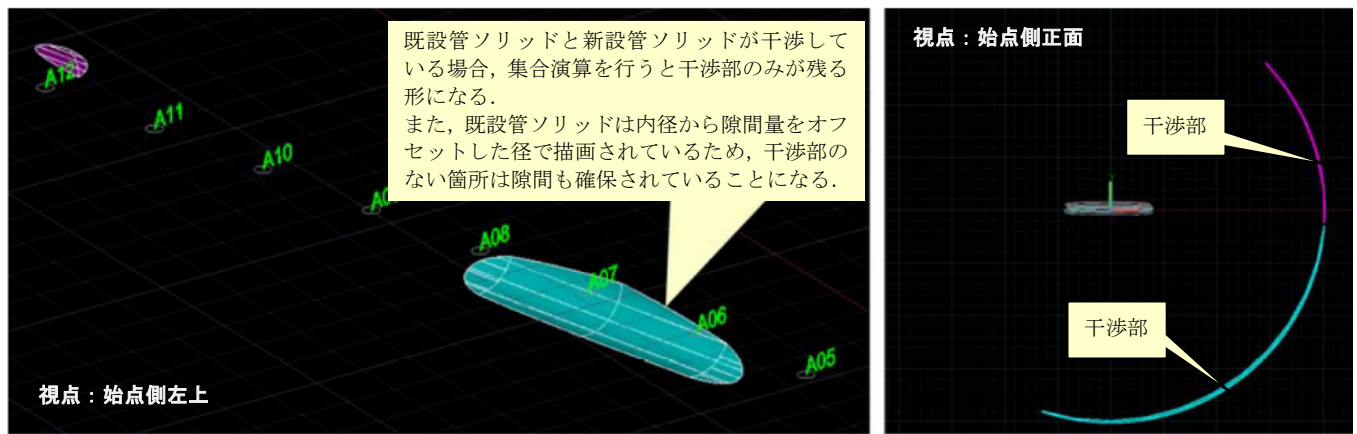


図-6 既設管と新設管の干渉部の発見

- ③ 点 A の位置を最初に設定した点よりも手前に移動し、新設管の中心軸をずらす、延長を短くするなどをして上記①～②を繰り返す、集合演算後に干渉部が出ないように調整する。

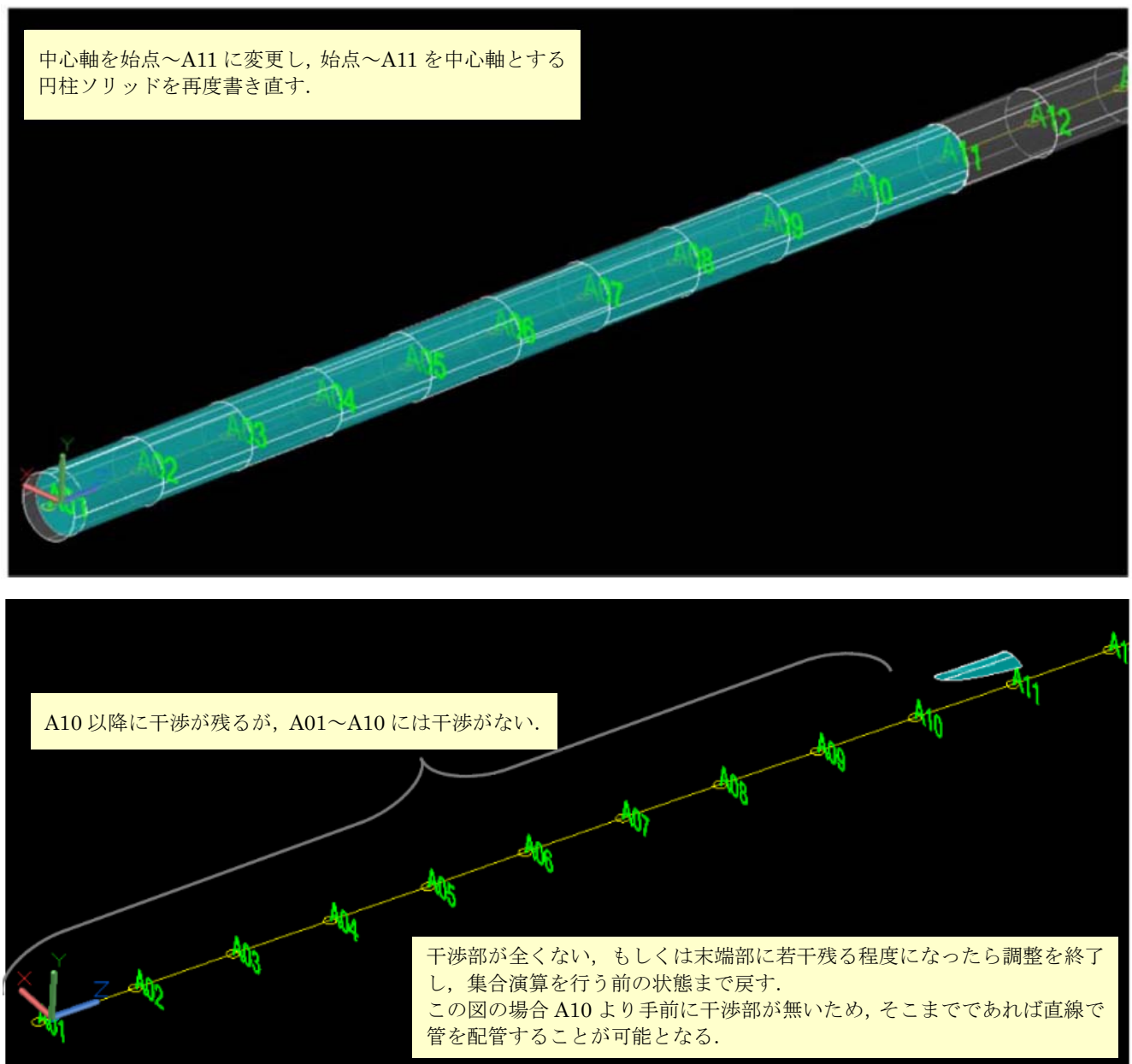


図-7 干渉部の解消

- ④ 干渉部の無い状態になったら円柱を定尺で分割し、余りの長さは切り捨てる。

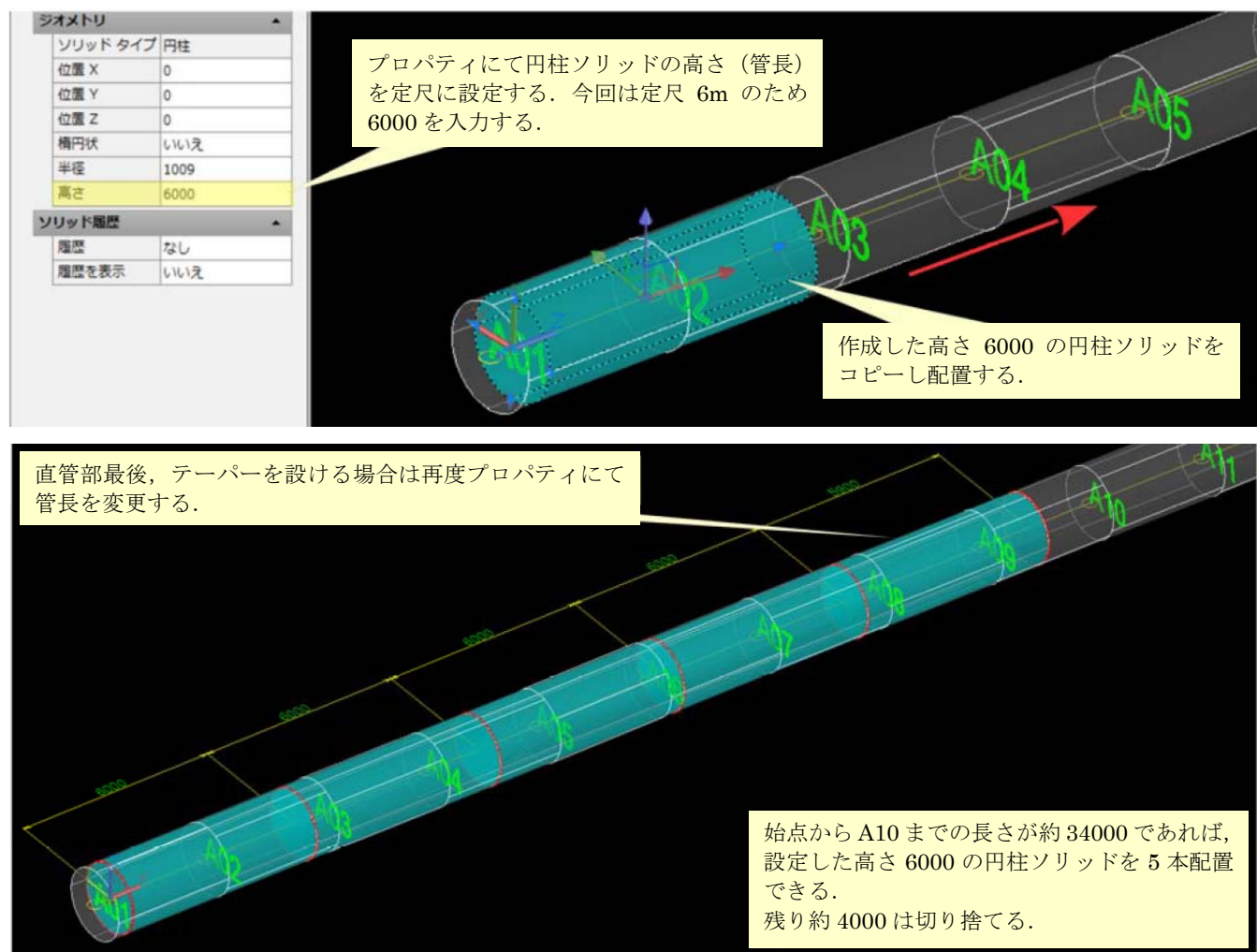


図-8 直線配置できる新設管の管延長の決定

- ⑤ ④で確定した新設管端部中心を新たな始点とし、次の任意の点を結ぶZ軸を設定して円柱型ソリッドを作成し、①から④を繰り返す。

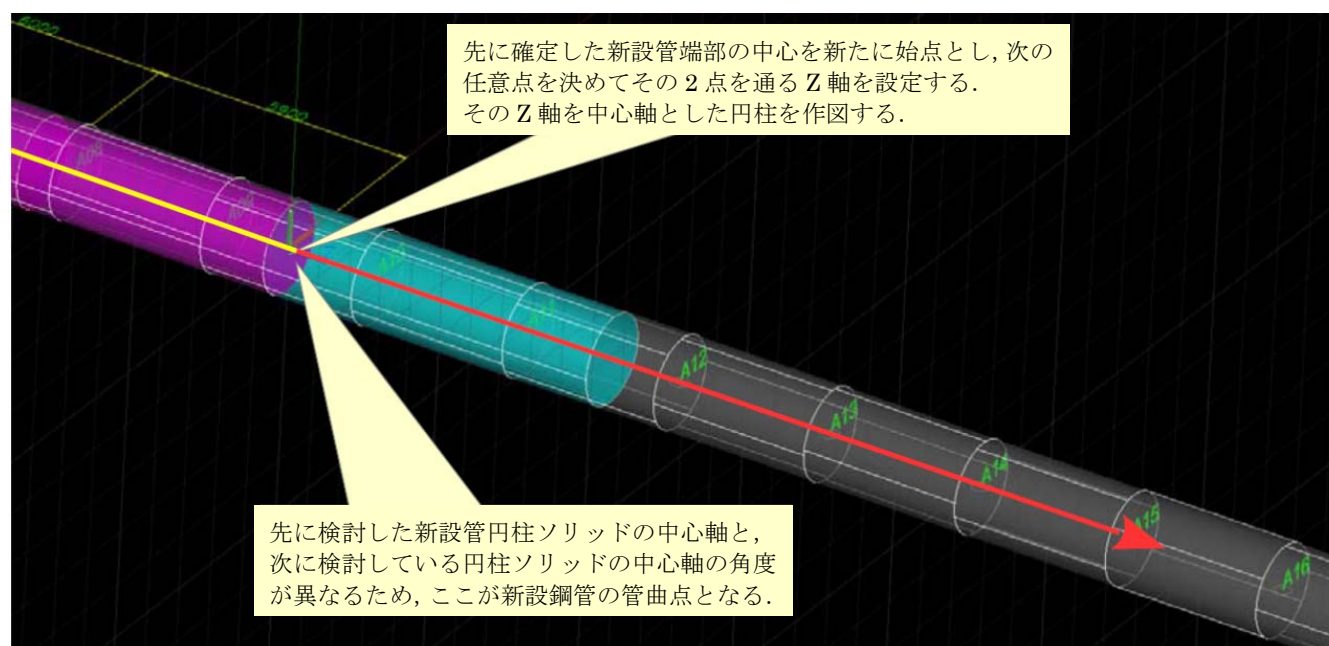


図-9 次範囲の管路線形の決定

5. C I M活用による効果

C I Mの活用効果について、表-2に従来技術との違いと利点、表-3に活用結果とその効果を示す。

表-2 従来技術との違いと利点

違い	利点
検討方法：二次元から三次元へ	最初から必要最小離隔を確保した線形・管割付計画が可能 新設鋼管の任意の全周面で離隔の確認が容易に可能

表-3 C I M活用による結果と効果

結果	得られた効果
効果的な管割付による鋼管溶接箇所数の削減 (当初 439 箇所⇒393 箇所, 46 箇所の削減)	工程・工期確保 (溶接箇所数削減による施工時間の短縮) 工事費の削減
正確に算出されたテーパの工場製作による 既設管内での鋼管現場加工数の大幅な削減 (393 箇所中 1 箇所のみ現場加工)	溶接部の品質向上 (工場での開先加工のまま溶接接合) 安全作業の確保 (ガス溶断に伴うの危険の芽の摘み取り) 工程遅延の防止 (現場加工数減による施工時間の短縮) 現場加工数減による追加費用の発生抑制
鋼管 1 本毎に管端部における既設管との離隔 量の情報 (寸法) 把握 (狭隘で曲がりくねっている既設管において も所定の離隔を確保して設置)	工程・工期確保 (現場での微調整・やり直し無し) 現場での微調整・やり直しにより生じる追加費用の抑制 エアモルタル品質確保 (充填に必要な最小離隔量の確保)

6. まとめ

本工事では、既設管が 1 本毎に屈折し合成角を成す屈折が多数あるような複雑な線形であったため、当初設計の管路線形・管割付では施工が困難と判断し、新設鋼管の管路線形・管割付、鋼管挿入方向、工程、全てを再検討、再計画した。再検討において、「足止めとなる要素・可能性を排除した最短の工程でできる方法」は何か、材料で工夫できること、施工で工夫できることは何かを考えた結果、C I Mの活用に至った。

C I Mを活用し、現地測量データおよび設計データを三次元的に可視化して管路線形・管割付を検討・計画した結果、新設挿入鋼管をほとんど現地加工することなく据付・溶接接合することができた。これにより、工程遅延の防止、安全施工の確保、品質向上に寄与し、更には発注者、地域・受益者の「三方良し」につながった。

最後に本検討にご協力いただいた鋼管製作メーカー (JFE エンジニアリング㈱殿)、更に、本工事に携わったすべての方々に、深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 熊本大学大学院，一般財団法人日本建設情報総合センター：CIM を学ぶ～河川激特事業における CIM の活用記録より～，平成 27 年
- 2) 熊本大学大学院，一般財団法人日本建設情報総合センター：CIM を学ぶⅡ～見える化の技法と実務での応用～，平成 28 年
- 3) 日本水道鋼管協会：パイプインパイプ工法設計・施工指針 (WSP080-2015)，p. 10，平成 27 年