UNREALエンジンを使用したパイプ・イン・パイプ工法における鋼管挿入の接触検討

東急建設株式会社　正会員　○太田　啓介
東急建設株式会社　正会員　水井　隆之

１．はじめに

近年、i-Construction に基づく ICT 施工や、BIM/CIM 等、建設分野における 3 次元データの利活用が増加している。しかし、その多くは構築物の確認や施工データ記録等の静的な用途で使用されている。一方、ゲーム分野では、ゲームエンジンを使用することで、3 次元データを動的に使用しており、その一例として、UNREAL エンジン[1)]がある。UNREAL エンジンでは、物理演算によるキャラクターと建物等のフィールドとの衝突判定や、任意の挙動を行なわせること等ができ、その汎用性は高い。

本検討では、UNREAL エンジンの建設分野への適用として、農業用水路のパイプ・イン・パイプ工法の施工における、鋼管挿入時の接触検討を行った。

２．対象現場概要

石川県の手取川には、逆サイフォン構造により、農業用水を横断させるための管水路（鋼管）である宮竹サイフォンがある。宮竹サイフォンの鋼管は厚みの減少、変形等の老朽化が進展していた。そのため、既設管（φ2400）内へ一段階小口径の新設管（φ2300）を設置することで補強を行うパイプ・イン・パイプ工法による改修工事を行った（**図 1**）。

宮竹サイフォンは延長約 340m、地上から約 13m の河川直下に位置しており、地上部から地下部へは約 15 度の斜路で接続されている（**図 2**）。

図 2 に示すように、地上から斜路への接続箇所は折れ点となっており、新設管が通過するためには、運搬時に鋼管の高さを制御する必要があった。そのため本工事では、運搬時に新設管の高さを制御できるように、2 基の油圧ジャッキを備えたオリジナルの鋼管運搬台車を作成して鋼管挿入を行った（**写真 1**）。

新設管は内径が決まっているため、工程の短縮のためには、可能な限り長尺化して施工本数を減らす必要がある。そこで、上記の設備及び環境化において、新設管を長尺化した場合の施工の可否について、UNREAL エンジンを使用した 3 次元モデルにより検討を行った。

３．UNREAL エンジンによる鋼管接触検討モデル

UNREAL エンジンによる鋼管接触検討モデルの作成フローを以下に示す。

①既設鋼管の 3 次元モデルを作成（3 次元レーザースキャナー計測により得られた点群データからサーフェス（3 次元 CAD データ）を作成する。）

②新設鋼管及び鋼管運搬台車の 3 次元モデルを作成（後に、鋼管接触検討モデル内で可動できるようにモデルを作成する。）

③既設鋼管モデル、新設鋼管及び鋼管運搬台車モデルを使用した、UNREAL エンジンでの鋼管接触検討モデルの開発

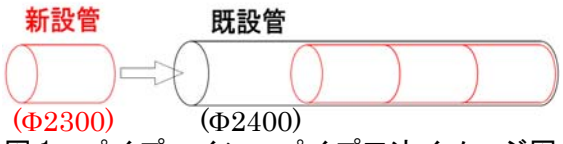

図１　パイプ・イン・パイプ工法イメージ図

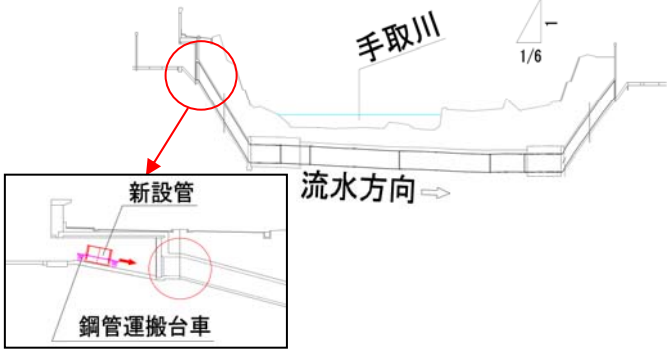

図２　宮竹サイフォン

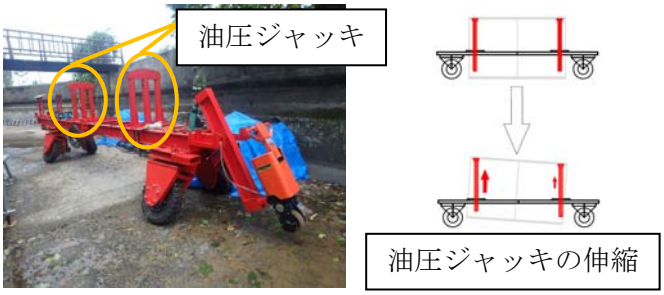

写真１　鋼管運搬台車全景

キーワード　BIM/CIM，UNREAL エンジン，3 次元モデル，パイプ・イン・パイプ工法，施工計画
連絡先　〒150-8340　東京都渋谷区渋谷 1 丁目 16-14　東急建設（株）土木事業本部事業統括部　ＴＥＬ03-5466-5054

© Japan Society of Civil Engineers

４．鋼管接触検討モデルの詳細

開発した鋼管接触検討モデルを**図 3** に示す。鋼管接触検討モデルでは、キーボードの矢印キー等でモデルを動かすことができ、画面内には鋼管の位置や運搬台車の油圧ジャッキ高さが表示される。

鋼管接触検討モデルの内容を以下に示す。

①新設管を乗せた鋼管運搬台車が既設鋼管モデル上を移動できるようにした。新設鋼管及び鋼管運搬台車は、モデル内で実際の重量を設定している。摩擦に関しては、摩擦係数を 1.0 として滑りに抵抗するようにし、台車のタイヤが回転することで移動するようにモデル化した。

②挿入時の新設鋼管の姿勢制御のために、鋼管運搬台車に取り付けられている 2 基の油圧ジャッキが可動できるよう、モデル化をした。2 基の油圧ジャッキは、それぞれが鋼管運搬中に独立して高さを変更でき、1cm 間隔で操作を行うことができる。

③運搬中の新設管が既設管に接触した場合には、画面に赤色の点滅で表示され、接触箇所を判別することができる（**図 4**）。

５．鋼管接触検討モデルによる検討

鋼管接触検討モデルを使用して、新設管及び鋼管運搬台車の移動、及び油圧ジャッキの伸縮を繰り返し、既設鋼管に接触した場合には操作を仕切り直す、トライアル・アンド・エラーにより検討を行った。

本検討では、3 パターンの鋼管延長に関して、鋼管接触検討モデルによる検討を行った。その結果、当初計画していた長さで接触することなく施工可能であることが分かった。

鋼管挿入の施工状況を**写真 2** に示す。実施工とモデルによる検討を比較した場合、鋼管の台車への設置位置のズレや、ジャッキでの吊り上げ時の鋼管のたわみ等により、シミュレーションで再現できていない挙動もあったが、事前検討により、鋼管接触の危険性の高い箇所や、ジャッキ操作パターンを想定しておいたことで、概ね問題なく施工することができた。

６．まとめ

物理演算が可能なゲームエンジンを使うことで、従来では、静的な用途に主に利用されてきた 3 次元モデルを、動的に利用することができ、より現実に近いシミュレーションで施工前の検討を行うことができる。さらに、トライアル・アンド・エラーをコンピュータに任せることができれば、最適解を導くことが可能になるのではないかと考えられる。

今後、ゲームエンジンを BIM/CIM による施工検討と組み合わせて使用することで、フロントローディングのさらなる高度化を図り、結果として、生産性向上につながると考えている。

参考文献

1) UNREAL エンジンホームページ:
https://www.unrealengine.com/ja

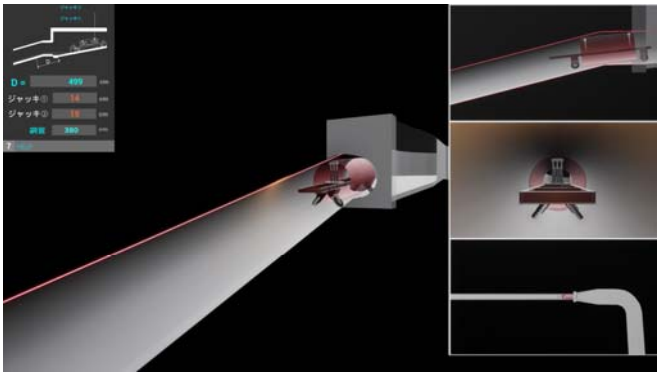

図 3　鋼管接触検討モデル

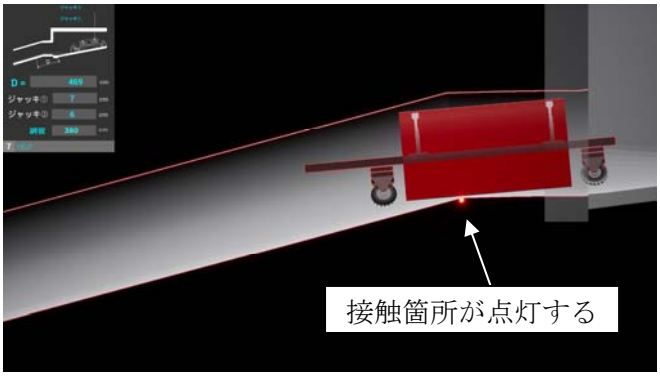

図 4　接触時の表示

写真 2　鋼管運搬台車による施工状況

© Japan Society of Civil Engineers