

老朽化が著しい既設鋼管に対する構造的安全性評価手法

東急建設株式会社 正会員○水井 隆之、正会員 田中 悠一
正会員 野口 聡

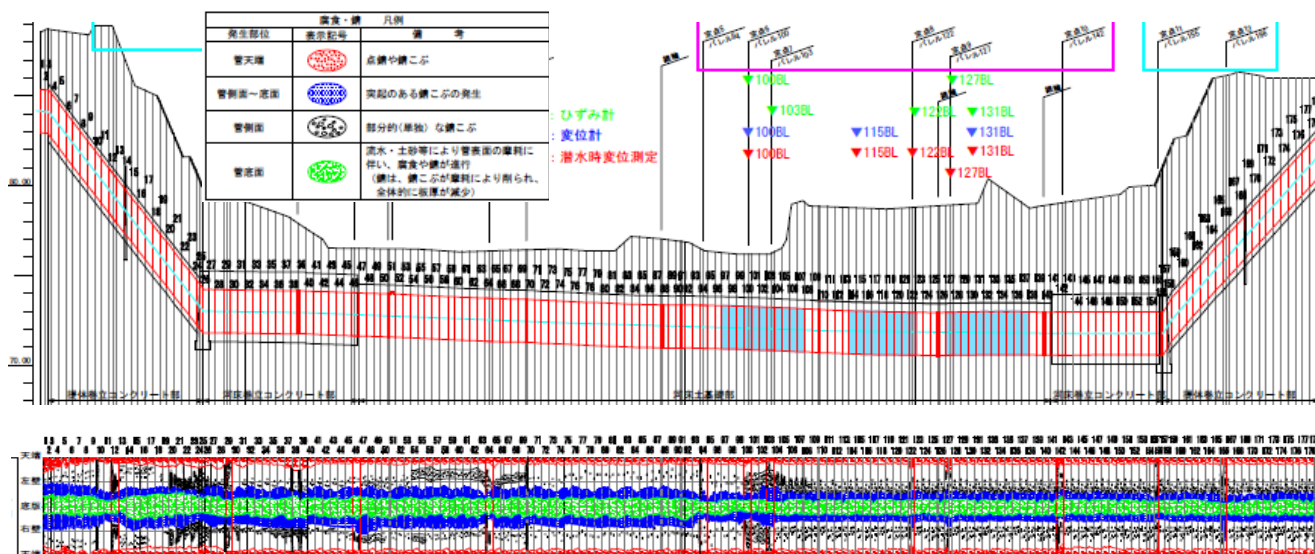


図 1 宮竹サイホンの縦断図²⁾

1. はじめに

本工事は石川県南西部に向けた農業用水の安定供給を図るために、既存のパイプに新しい鋼管パイプを挿入する「パイプ・イン・パイプ工法¹⁾」を用いた改修を行なうものである。施工範囲は河川直下に位置する幹線用水路のサイホン区間（宮竹サイホン）となるが、老朽化や河川改修工事の影響により、鋼管パイプに相当量のたわみが発生しており、荷重に対して変形が卓越した状態にあると事前の検討により判断した。本工法は既存パイプ内での作業が大半を占める為、サイホン内の水を抜いた段階での既設管の変形も否定できないことから、老朽化の進行程度を把握する事が、安全に施工する重要なポイントであると考えた。

内調査は平成 21 年に一度だけ実施されている（図 1）。この調査では、管厚測定時に最大で 1.8mm の減肉が認められた他、鉛直方向に最大 106mm のつぶれ、水平方向に最大 88mm のはらみが内空測定時に確認されていた。

パイプ・イン・パイプ工法では、工事着手前に既設管内の詳細な調査を行うのが一般的であるが、本工事の場合、施工前の落水が時期的に不可能である。ゆえに、平成 21 年の管内調査で得られた数少ないデータを頼りに、当該調査から 8 年が経過した現在の既設管の状態を数値解析により推定することで、施工の可否、及び安全対策の要否を判断する必要がある。

3. 着手前における安全性評価

平成 21 年の調査で確認された 100mm を超える既設管の変形（図 2）は、すでに既設管が降伏点を超過し、塑性変形状態に達している可能性を示唆していた。そこで、下記の手順により現在の既設管の変形及び応力状態を推定し、その安全性を評価する方針を策定した。

- ① 既設管と同等な鋼材の引張試験による応力・ひずみモデルの導出
- ② 非線形解析による外荷重の推定（再現解析）
- ③ 非線形解析による現況の変形及び応力状態の推定（現況予測解析）

上記③の解析の結果、現況の既設管上端部の応力度

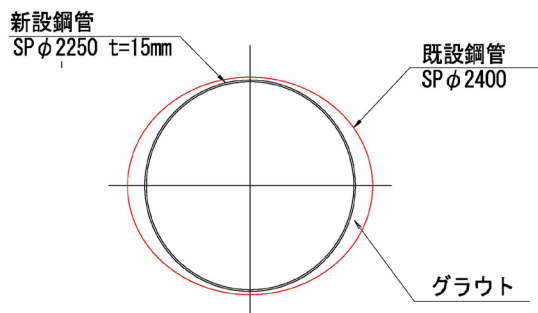


図 2 施工断面図

2. 施工上の課題

宮竹サイホンは昭和 44 年に供用を開始して以来、管

キーワード パイプ・イン・パイプ工法、農業用水管、サイホン、老朽化、安全性評価手法

連絡先 〒150-8340 東京都渋谷区渋谷 1 丁目 6 番 1 4 号 東急建設(株)土木事業本部 TEL : 03-5466-5322

は最大で 291N/mm^2 に達していると推定され、このときの管の鉛直変位は 131.2mm 、水平変位は 96.2mm であった。この結果を基に、図 3 に示す管材の応力-ひずみ曲線を用いて最大応力度に相当するひずみを推定したところ、 2.7% となった。

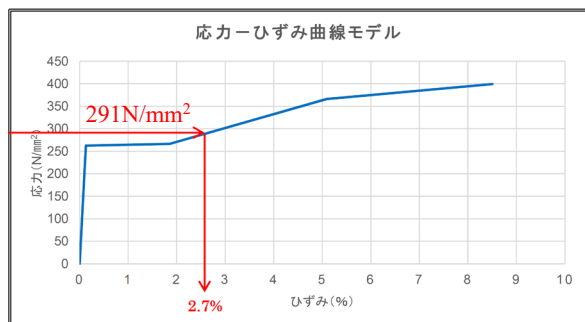


図 3 応力-ひずみ曲線モデル

4. 安全管理基準値の設定

現況予測解析の結果、既設管はすでに降伏棚を過ぎてひずみ硬化域に達しているものと推測されたが、施工中に管の急激な減肉や外荷重の増加が発生するような状況は考えにくく、管の内空測定結果が本解析結果を下回る変形量であれば、坑内作業の安全性については問題はないと判断した。

そこで現況予測解析により得られた既設管の鉛直変位 131mm を限界値と定めた。潜水土による送水停止時の管内調査でこの限界管理値を上回る内空変位が確認された場合、施工を中止するとともに、工事計画の再検討を行う方針とした。

また、鋼管の鉛直変位計測終了後の健全性評価手法として、ひずみ量で管理することとし、既設鋼管と同等材料の試験結果の応力-ひずみ曲線より、限界ひずみを 5.0% とした。そして、管理上の限界値を、現況予測解析で得られた現時点での既設鋼管のひずみ量 2.7% との差分である 2.3% の増加とし、その 50% である 1.1% の増加を警戒値とした。

5. 施工中における安全性評価

施工中の管内作業の安全確保のためには、各施工段階で測定可能な計測項目に対して、鋼管の自動計測を行い、鋼管の状態を監視することが必要となる。

具体的には、抜水時～抜水完了直後における既設鋼管のたわみ量の監視を防水型変位計（図 4）にて、鋼管挿入時の状態監視をひずみ計（図 5）による自動計測管理にて実施することにした。これらの自動計測結果は、現場詰所および現場事務所において常時監視できる様にした（写真 1）。

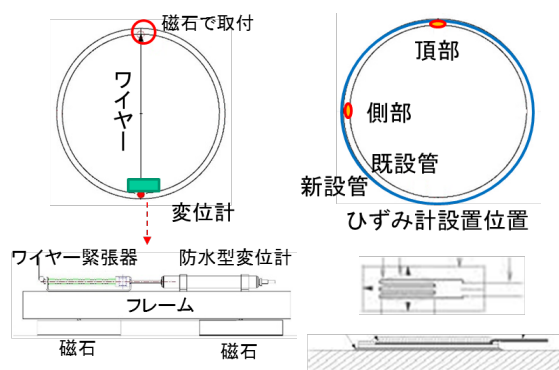


図 4 防水型変位計

図 5 ひずみ計

サイホン抜水前の潜水土による管内調査及び抜水中の自動計測調査においては、たわみ量の大きな変動は見られなかった。また鋼管挿入時はひずみ計による自動計測に移行したが、新設鋼管溶接の熱影響によるひずみの変動以外はおおむね 20μ 以下の微小な変動が確認される程度であり、事前に設定した管理値より非常に小さい範囲のひずみにとどまっていたため、安全性が損なわれていないと判断し、施工を続けた。



写真 1 自動計測状況

6. まとめ

各施工段階において、鋼管の安全性を担保する指標（たわみ量、ひずみ量）を定め、それを計測可能にする手段を確立し、塑性域に達している可能性のある既設鋼管内での力学的安全性を確認しながら管内作業を実施できた。これらの手法が今後の類似工事の参考になれば幸いである。

謝辞

本工事の施工に際し、農林水産省北陸農政局をはじめとする関係各位に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日本水道鋼管協会：パイプ・イン・パイプ（PIP）工法による管路更新
- 2) 愛宕徳行，山本昌也，坂下浄明：管水路の機能診断調査事例について 農業農村工学会大会講演会講演要旨集，2010