

角度計測機能付き模擬管

Simulated Pipe with Angle Measurement Function

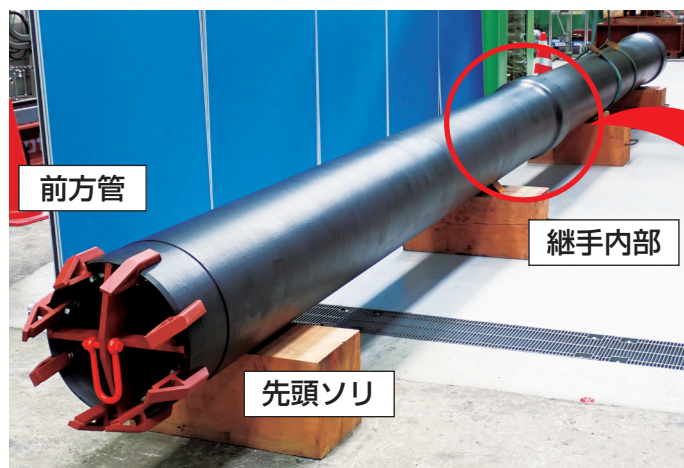


図1 角度計測機能付き模擬管

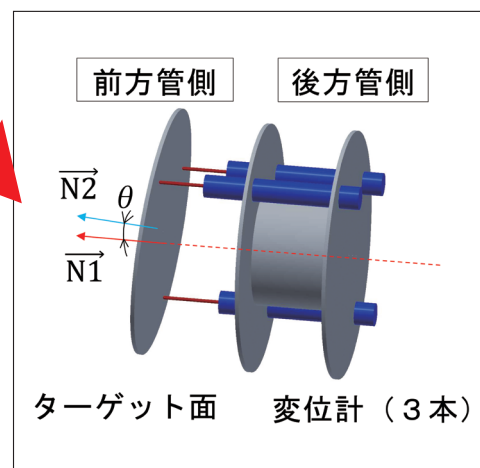


図2 角度計測ユニット

1. はじめに

水道などの既設管内に1口径以上小さなPN形ダクタイル鉄管を挿入するパイプ・イン・パイプ工法（以下、PIP工法）を用いて管路の更新・耐震化工事が行われることがあります。既設管の口径が呼び径700以下の場合、作業員が入れないためPIP工法の事前調査として既設管内のテレビカメラ調査や追加調査として模擬管の通過調査を行い、新管の管長を決定しています。この度、模擬管内に継手角度の計測ユニットとデータロガーを内蔵させることで既設管内通過時に模擬管の継手屈曲角度の計測および記録が可能な「角度計測機能付き模擬管」を開発したので紹介します。

2. 角度計測機能付き模擬管の特徴

(1) 模擬管（呼び径300～600）

模擬管の外観を図1に示します。模擬管は新設管と同じ呼び径300～600PN形管を原管とし、テレビカメラ調査により模擬管長さを決定します。調査現場で前方管受口側にターゲットを内蔵させ、後方管挿し口側に変位計を内蔵させて継手接合を行い、図2に示す角度計測ユニットを構築します。また、原管には牽引、引き戻し、継手解体に必要な加工を施しています。

(2) 継手屈曲角度 θ の計測方法

継手屈曲角度 θ は、継手内の角度計測ユニットの3本の変位計で計測します。 θ の計算方法は、備考1を参照ください。

備考1（継手屈曲角度の計算方法）：

変位計を内蔵する後方管軸の法線ベクトル $\vec{N1}$ がZ軸に一致すると定義します。ターゲット面上の変位計の先端が当たる箇所3座標 $A'(X_A, Y_A, Z_A)$ 、 $B'(X_B, Y_B, Z_B)$ 、 $C'(X_C, Y_C, Z_C)$ のX、Y座標を変位計の配置位置から求め、Z座標を変位計の値から求めます。前方管の法線ベクトル $\vec{N2}$ はターゲット面に直交するので、2本のベクトル $\vec{A'B'}$ と $\vec{A'C'}$ の外積計算式(1)で求めます。そして、 $\vec{N1}$ と $\vec{N2}$ の成す角度 θ （継手屈曲角度）をベクトルの内積計算式(2)から求めます。

$$\vec{N2} = \vec{A'B'} \times \vec{A'C'} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\vec{N1} \cdot \vec{N2} = |\vec{N1}| |\vec{N2}| \cos\theta \quad \dots\dots\dots (2)$$



図3 テスト用既設管の継手屈曲状況

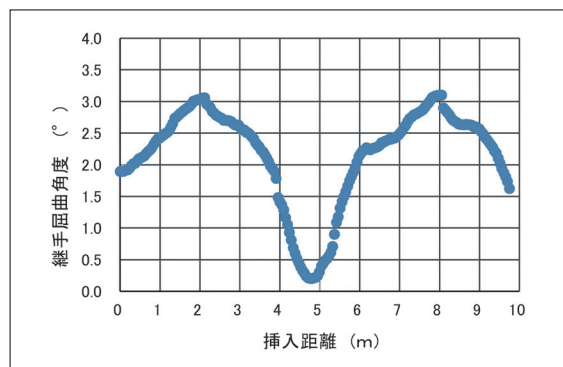


図4 継手屈曲角度測定結果

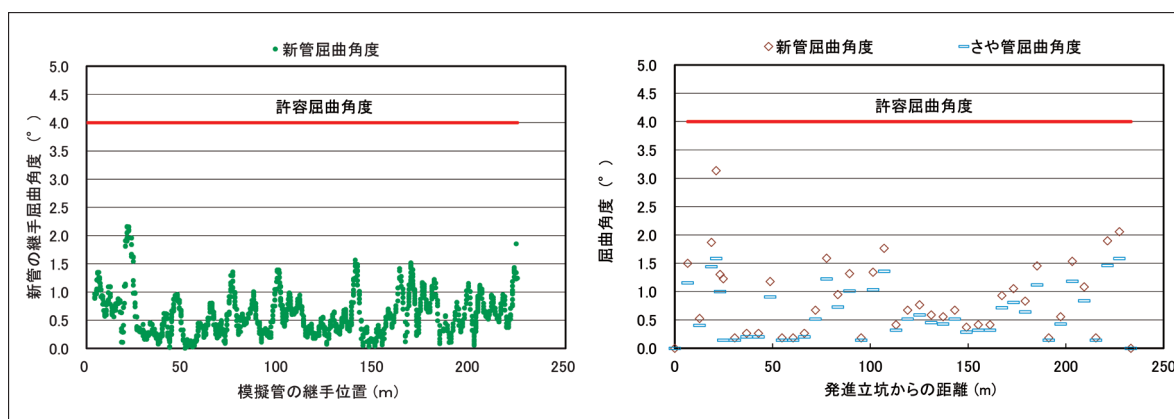


図5 既設管の調査結果から求めた新管の継手屈曲角度予測値の比較
左：角度計測機能付き模擬管、右：テレビカメラ調査

(3) 継手屈曲角度 θ の記録方法

模擬管内にスイッチボックスとデータロガーを内蔵させてインターバル計測・記録を行います。模擬管の継手接合時に真直状態を確認して変位計の0点設定を行い、インターバル計測を開始します。

(4) 挿入距離の計測方法

模擬管引き戻し用ワイヤーロープにケーブル測長器をセットして、ビデオ撮影します。ビデオ映像から、模擬管の牽引距離と牽引時間の関係を求めます。(ただし、既設管の全長は事前に行うテレビカメラ調査結果の値を正とするので、ケーブル測長器の値は参考値とします。)

3. 室内試験 (テスト用既設管通過時の継手屈曲角度測定試験)

呼び径 450 × 6 m ダクタイル鉄管 3 本を接合したテスト用既設管の中で呼び径 300PN 形模擬管 (4 m 管) を牽引し、1 秒毎に継手屈曲角度を測定・記録する実証試験を行いました (図 3)。試験結果の一例を

図 4 に示します。テスト用既設管 (S 字状 4° 屈曲) の継手位置で模擬管の継手屈曲角度のピーク値を計測することと、計測ピッチの妥当性を確認しました。

4. 実管路での試行

テレビカメラ調査を実施した既設管路 (呼び径 600 × 232 m) において角度計測機能付き模擬管の試行を行ったところ、図 5 に示すように概ねテレビカメラ調査結果と同等の新管の継手屈曲角度の予測値が得られ、実管路においても模擬管の継手屈曲角度の測定が可能であることを確認しました。なお、新管屈曲角度の計算は、日本ダクタイル鉄管協会の技術資料 JDPAT 36 に従いました。

5. おわりに

角度計測機能付き模擬管を既設管内に通過させることで、PIP 工法施工時の新管の通過確認に加えて、新管の継手屈曲角度の予測を精度よく行えることを確認しました。本技術が水道管路更新・耐震化の一助となれば幸いです。