

光ファイバを用いた鋼管矢板打設時のリアルタイムたわみ計測

東洋建設株式会社 正会員 ○山野 貴司 正会員 河田 晃靖 正会員 小西 優貴
東洋建設株式会社 正会員 鶴ヶ崎 和博 神戸大学 正会員 芥川 真一

1. 目的

建設工事において、構造物を支えるための基礎工や、土留め、遮水などを目的として、鋼管杭や鋼管矢板などの鋼材を水中あるいは地中に打設する機会が多い。鋼材打設時は、打設位置、深度、傾斜角度などを管理しながら施工することが求められる。従来の鋼材打設管理方法としては、常時露出し、鋼材状況の把握が可能な上端部において、測量機器などにより傾斜を計測し、鋼材の直進性が確保されていることが前提のうえで、鋼材全体の傾斜として扱われる。しかしながら、特に長尺鋼材などの場合、地盤状態によっては、鋼材の途中部分でたわみなどの変形が生じ、鋼材の直進性が失われる可能性が考えられる。鋼材の途中部分でたわみが発生した場合、その部分は水中や地中にあるため、従来の管理方法では把握が困難となる。そこで、打設中の水中や地中における鋼材のたわみを把握する手法として、光ファイバを用いた計測技術を開発し、その適用性を現地実証試験により確認した。

2. 計測原理

鋼材打設時の光ファイバを用いたたわみ計測の原理を図-1に示す。パイプの先端に、パイプ内を照射するようにレーザーモジュールを取り付け、もう一方の先端に光ファイバモジュールを取り付ける。光ファイバモジュールは、パイプ内を通して照射されるレーザー光を受光できる向きで、一定の配列で複数本取り付けられた光ファイバケーブルで構成される。これを一体の計測ユニットとして、鋼材の側面に固定する。計測ユニットを固定した区間において、鋼材にたわみが生じると、それに追従して計測ユニットのパイプにもたわみが生じる。パイプにたわみが生じてでもレーザー光は直進するため、レーザー光の照射位置が、パイプが真直の場合と異なる位置となる。たわむ方向や量によって変わるレーザー光の照射位置に合わせて、受光する光ファイバが変わるため、受光した光ファイバの位置を常時計測することにより、鋼材のたわみ方向やたわみ量をリアルタイムに把握することが可能となる。

現地実証試験で対象とした鋼管矢板（SKY490、Φ600×13t、L=19.0m）に対し、長さ4mの計測ユニットを4基製作し、鋼管矢板側面の長手方向の一直線上に固定した。実証試験は海底地盤中への打設であったため、計測ユニットの主要部材となるパイプはガス管（SGP25）を用い、完全な防水構造とした。これは、計測ユニット内が浸水することにより、レーザー光が乱反射などにより直進性が失われることを防止するためである。使用した光ファイバケーブルはPOF（プラスチック光ファイバ）で、ケーブル延長が長くなると通過する光は減衰するが、光の色成分

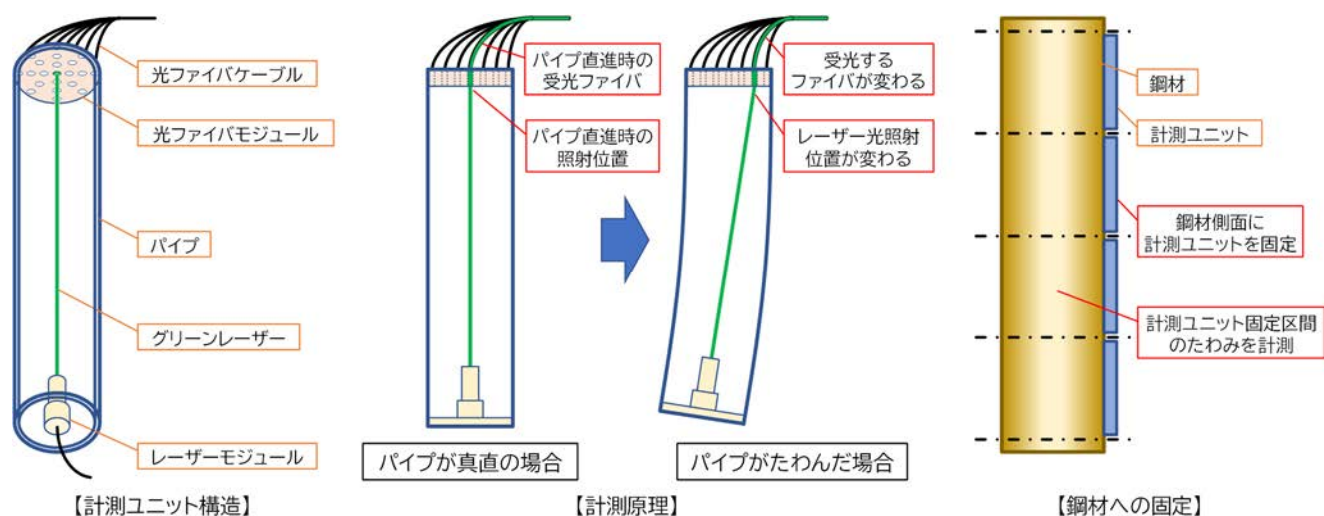


図-1 光ファイバを用いたたわみ計測原理

キーワード 光ファイバ, レーザー, 鋼管矢板, たわみ計測, リアルタイム計測

連絡先 〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜 1-25-1 東洋建設(株)鳴尾研究所 TEL 0798-43-0661

RGB のうち、G(Green)成分の減衰は小さい特性を持つ。そのため、レーザーモジュールにはグリーンレーザーを使用した。計測範囲は、レーザー光を照射できるガス管の内径円となるため、光ファイバモジュールは、その内径円内に $\Phi 0.75\text{mm}$ の光ファイバケーブルを、 4mm (一部 2mm) 間隔で計 29 本配置した。製作した計測ユニットを写真-1 に示す。4 基の計測ユニットの光ファイバモジュールからのレーザー光は、図-2 に示すように、光ファイバケーブルを通じて一箇所に集約させ、すべてのレーザー光の照射位置を計測板で一括把握できるようにした。各計測ユニットにおいて光ファイバケーブルが捉えたレーザー光の位置計測には、画像処理アプリ¹⁾

を用いた。このアプリは、写真-2 に示すように、端末に接続したカメラで撮影された映像をリアルタイムに画像解析し、RGB 成分を抽出して記録するものである。

3. 計測結果

図-3 に、鋼管矢板打設中の、矢板下端位置の深度ごとの各計測ユニットにおけるたわみ量とその方向を示す。鋼管矢板下端が D.L.-2.5m の高さから打設開始(計測開始)した。たわみ量の算出は、図中の右図に示すように、光ファイバモジュールに照射されたレーザー光の G(Green)成分の値が最も高い点をレーザー光の照射位置とし、打設開始前の最

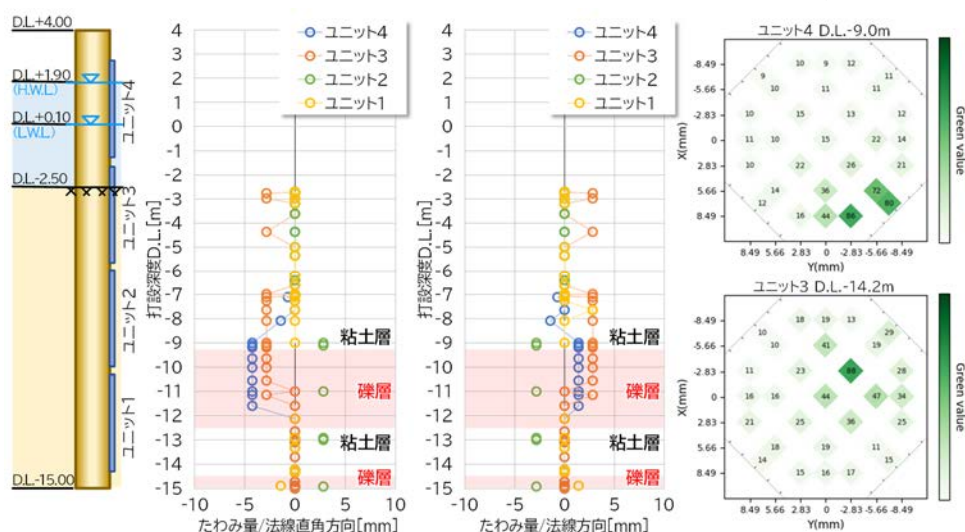


図-3 たわみ計測結果

大 G 値の位置に対する最大 G 値の移動量として算出した。鋼管矢板の打設に伴い、各ユニット固定位置においてたわみが生じていることがわかる。特に、D.L.-9m~-12.5m 付近にある礫層において、ユニット 3 およびユニット 4 のたわみ量が増大した。打設に対する礫層の地盤抵抗力の増大に伴い、鋼管矢板全体にたわみが生じたと考えられ、本計測技術により、地盤性状の変化に伴う鋼管矢板の変形を的確に捉えられていることが確認された。

4. まとめ

光ファイバを用いたたわみ計測技術を開発し、鋼管矢板打設への適用により、打設中の鋼管矢板のたわみ量とその方向をリアルタイムに把握することができた。

参考文献

- 1) 芥川真一, 林稔, 松村匡樹, 土本真史: 状態変状検知装置、状態変状検知方法および状態変状検知プログラム, 特開 2021-162595, 2021.10.

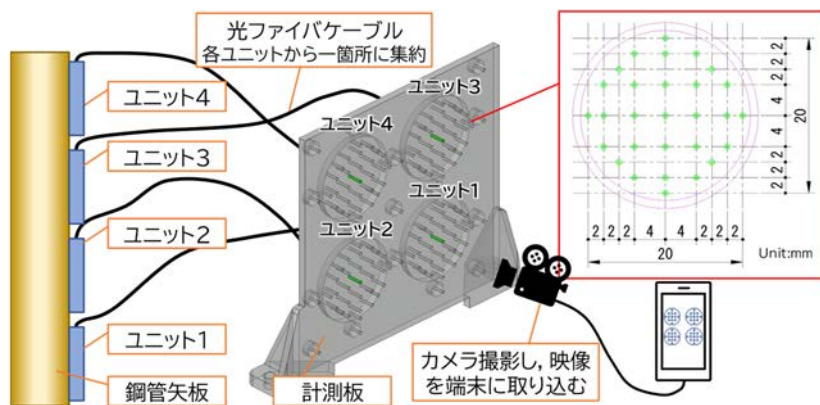


図-2 レーザー光受光位置の計測方法



写真-1 計測ユニット

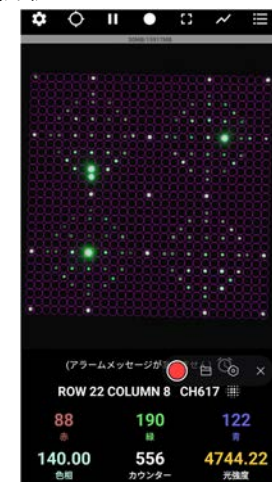


写真-2 画像処理アプリ¹⁾の計測画面