

分布型光ファイバセンサによる鋼矢板土留めの変形計測

鹿島建設(株) 正会員 ○平 陽兵 平石剛紀 植田康平 那須郁香 永谷英基 今井道男 川端淳一
東日本高速道路(株) 正会員 林 秀和
リテックエンジニアリング(株) 小柳津悠

1. はじめに

土留め掘削工事では、安全管理のために変形計測や土留め鋼材の応力計測を行う場合がある。さらに、施工中段階で得られる計測データと解析から、各施工段階の土留めの断面力や変形を予測する情報化施工が行われている。従来、土留めの計測は傾斜計やひずみ計が使われているが、基本的に離散的な点のデータであり、特に鋼材応力度は必ずしも最大点を計測できない。

一方、分布型光ファイバセンサは、光ファイバそのものがセンサとして機能するため、光ファイバを設置した位置の温度とひずみを計測することができる。この光ファイバセンサを土留め鋼材に設置することで、土留め鋼材の深さ方向のひずみや変形分布を連続的に把握することが可能となる。本稿では鋼矢板土留めを対象に、鋼矢板の変形を分布型光ファイバセンサで把握することを目的に、鋼矢板に光ファイバを設置し、変形計測を実施した結果について報告する。

2. 分布型光ファイバセンサ

光ファイバセンサによる計測は、捉える散乱光の種類によりいくつかの計測方式がある。本稿ではレイリー散乱光を用いた計測方式¹⁾を採用した。この計測方式は、ひずみゲージと同等の高い計測精度を有し、最小で区間長2cmの平均ひずみを1cm間隔で計測できる分解能を有している。また、光ファイバセンサは耐久性が高いため、長期にわたる現場計測に適している。

3. 室内試験

事前に室内試験を実施し、計測性能を確認した。図-1に試験体形状を示す。後述の現場で使用した鋼矢板の材質は、SY295(許容曲げ応力度270N/mm²)であるが、室内試験ではSM490材(ミルシートによる降伏強度371N/mm²)を使用し、支間長2,000mm、等曲げ区間500mmの4点曲げ試験とした。鋼材の両面に光ファイバと比較用のひずみゲージを貼り付けた。使用した光ファイバは直径0.9mmと細く損傷が懸念されたため、表面保護として光ファイバをメッシュ状のシートで覆い、接着剤を塗布して周囲を固めた。

試験結果として、ひずみ分布(図-2)と変位分布(図-3)を示す。変位は、両面のひずみから曲率を算出し、これを支間方向に2階積分して求めた。圧縮・引張ともに曲げモーメント分布に対応したひずみ分布が得られ、ひずみゲージとも一致する結果が得られた。また、光ファイバのひずみから算出した変位分布と変位計の値も一致し、高精度に変形計測も行えることを確認した。

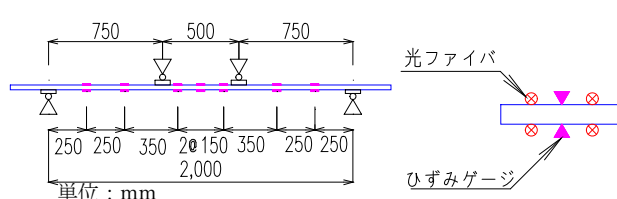


図-1 試験体形状

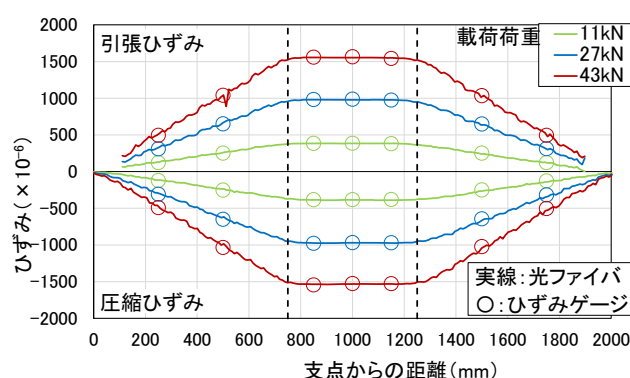


図-2 実験結果(ひずみ分布)

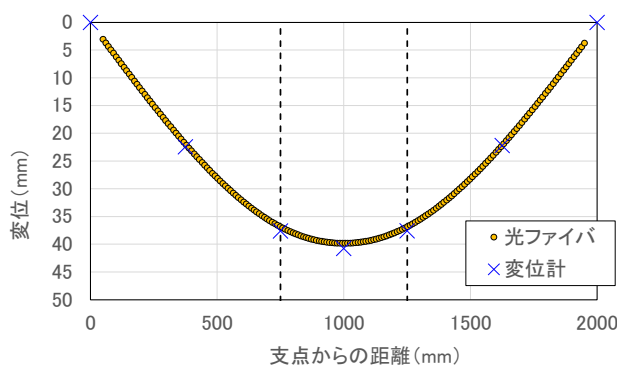


図-3 変位分布(43kN時)

キーワード 光ファイバセンサ, レイリー散乱光, 土留め, 鋼矢板

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL 042-485-1111

4. 鋼矢板の変形計測

写真-1に従来の計測方法を示す。土留めの変形を深さ方向に分布で計測する場合、一般に傾斜計を用いる。そのため、鋼矢板には傾斜計を挿入するための角鋼管を溶接して取り付けておく必要がある。また、ひずみを計測する場合にはひずみゲージを貼り付ける、あるいはひずみ計を設置することとなるが、いずれの場合でも、鋼矢板を建て込む際に計測器が損傷しないように保護する必要がある。写真-1はひずみ計を設置した後、鋼板を鋼矢板に取り付けて保護した事例である。

光ファイバによる計測においても、最も重要な課題は鋼矢板を建て込む際に光ファイバを損傷させないことである。今回の計測では室内試験の時と同じく、メッシュ状のシートと接着剤による保護方法を採用した(写真-2)。また、鋼矢板の建込み時に鋼矢板先端部の光ファイバが損傷しないようにテーパ付き鋼板を溶接し、光ファイバと地盤との摩擦の低減を図った(写真-3)。光ファイバは図-4のように2測線設けることで、1枚の鋼矢板の曲げひずみを計測し、曲げモーメントと変形を算出した。

光ファイバを貼り付けた鋼矢板(長さ11m)をサイレントパイラーによって建て込んだ(写真-4)。その結果、光ファイバを損傷させることなく建て込むことができ、計測を行うことができた。さらに、深さ3.7mの掘削終了後(写真-5)に計測を実施した。図-5に、鋼矢板の曲げモーメントと変形の分布をそれぞれ示す。なお、データは5cm間隔で取得した。鋼矢板全体にわたって詳細なひずみ分布が得られることから、地中で曲げモーメントが大きくなる状況や変位の分布を把握することができた。これより、本計測手法が土留めの安全管理や、応力および変形の設計値の妥当性検証に適用できると考える。

5. おわりに

今後、鋼矢板だけでなく各種土留めでの計測を行う方法を検討し、施工管理に活用していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 今井道男ほか：高精度光ファイバセンサを用いたひずみ・変位計測の検証実験，土木学会第75回年次学術講演会，CS9-28，2020

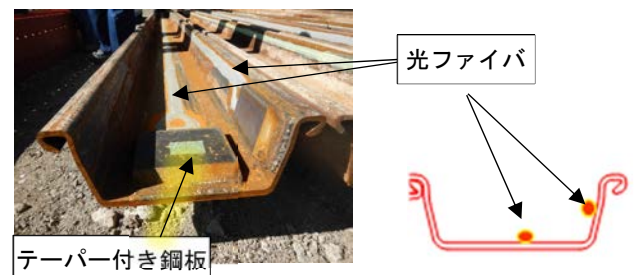
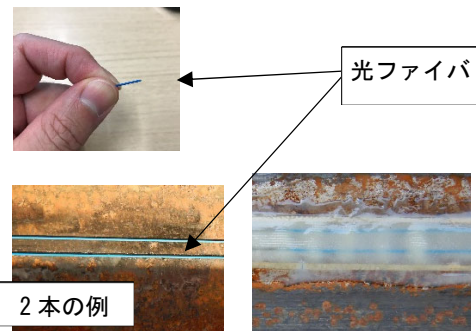
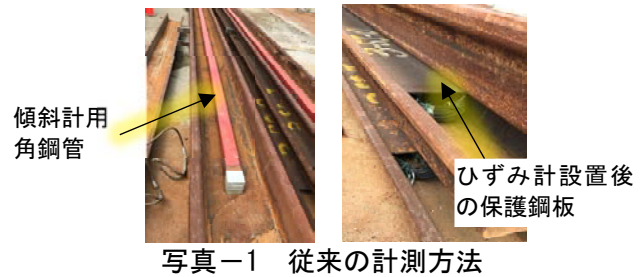
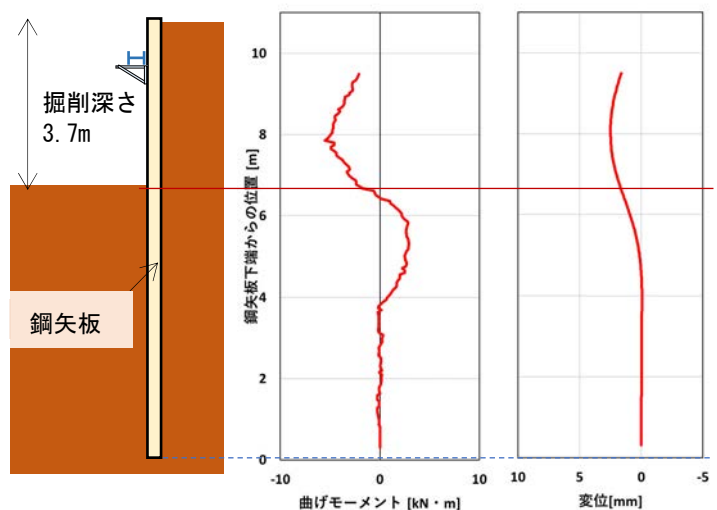


写真-3 鋼矢板への貼付け状況 図-4 貼付け位置



写真-4 鋼矢板の建込み状況 写真-5 掘削後の状況



(a) 曲げモーメント (b) 変位

図-5 計測結果