

光ファイバセンサを用いた高精度な地中変位計測の実験的検証

鹿島建設(株) 正会員 ○辻 良祐 今井道男 永谷英基 川端淳一 久保田光太郎
リテックエンジニアリング(株) 小柳津悠

1. はじめに

光ファイバセンサはひずみのデータを長距離かつ連続的に取得することができるが、従来の計測装置ではひずみを高精度、高分解能に計測することができず適用範囲が限られていた。しかし、近年、技術革新によって課題であった計測装置の計測の精度や速度が向上してきたことから、筆者らは光ファイバセンサを用いた新しい地中変位計測手法の開発を進めている¹⁾。今回、光ファイバセンサを用いた地中変位計測方法への適用性を室内実験により検証したので報告する。

2. 目的

光ファイバセンサの計測方式のひとつであるレイリー方式は非常に高精度かつ高分解能でひずみ分布の取得が可能²⁾である。筆者らは、この方式を用いた変位計測の可能性を確認¹⁾しており、光ファイバセンサの利点である高耐久性と組合せることで恒久的に、かつ高精度に地中変位の計測が可能となるため、例えば、地滑りや盛土沈下の長期モニタリングなどに適用できると考えている。そこで、今回、従来技術である地中傾斜計による変位計測との比較実験を実施し、その適用性を検証した。また、筆者らが考える地中変位の計測方法は、ある程度の剛性を有する棒状あるいはパイプ状の管材に光ファイバセンサを貼り付けて地中に埋設し、その管材に発生するひずみから地中変位を算定するものである。従って、管材が地盤の変位に追随することが必要である。そこで、沈下土槽を使用した実験を行い、地盤の変位への追随性を検証した。

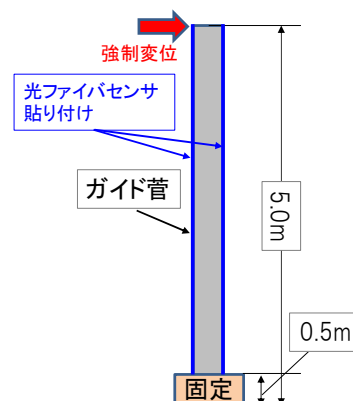


図-1 実験のイメージ

3. 傾斜計との比較実験

(1) 実験方法

実験のイメージを図-1に示す。地中傾斜計用のガイド管（アルミ製、外径φ56mm×長さL1000mmのものを5本、接続用ソケット（外径φ59.5mm）を用いて接続）を気中に鉛直に立て、下端から0.5mの高さまでをモルタルで固定した。そして、ガイド管の頭部に水平方向に強制変位（50mmずつ、最大350mmまで）を与えた。光ファイバセンサは強制変位の方向と合わせて、ガイド管の両側面（図-1参照）に接着剤で貼り付けた。光ファイバセンサによる計測はレイリー方式（空間分解能5mm）で実施し、管材の断面形状が変化しないと仮定し、圧縮ならびに引張ひずみから曲率半径、たわみ角を求め、下端の固定端から変位量を積分的に算出した。傾斜計はガイド管の下端から1mおきに計5台設置し、下端を固定端としてガイド管の変位量を算出した。

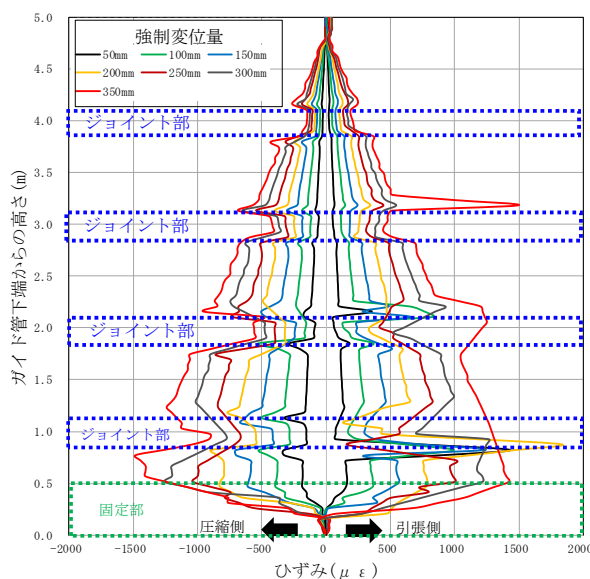


図-2 ひずみ分布

(2) 実験結果

図-2に各強制変位量のときの光ファイバセンサで得られたひずみを示す。強制変位量が増えると発生する圧
キーワード：光ファイバセンサ、ひずみ分布、地中変位計測

連絡先 〒182-0025 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL 042-489-6481

縮側ならびに引張側のひずみも段階的に大きくなる傾向が確認できる。また、ジョイント部はガイド管本体部よりも剛性が大きくなっているため、ひずみの発生量が小さくなっていると考えられる。

図-3 に強制変位量 350mm のときの、ひずみから算出した水平変位量と傾斜計から算出した水平変位量を示す。頭部での水平変位量は、光ファイバセンサでは 370mm で誤差 6%、傾斜計では 358mm で誤差 2%と大差なかったことから、レイリー方式による光ファイバセンサでの水平変位計測は実用上問題ないといえる。なお、変位量の差については、上記のジョイント部でのひずみの急激な変化により、変位量の算出時に誤差を生じることが要因である。このことから、光ファイバセンサを貼り付ける管材としてはジョイント部での影響を受けなくするため、ホースのような連続したものが適していると考えられる。

4. 沈下土槽による追従性確認実験

(1) 実験方法

光ファイバセンサを貼り付けた管材（塩ビ管 VP-40 以下、光ファイバ管と呼ぶ。なお、ジョイント部はない。）の地盤の変位への追従性を確認するために、沈下土槽を使用した実験を実施した。実験に使用した沈下土槽を図-4 に示す。この装置は 5 分割された降下盤を有し、これに接続したジャッキを操作することで、それぞれを鉛直に降下させることができる。なお、降下盤①、⑤は土槽との接続部でピン固定されており、片側のみ降下する。この土槽内に山砂を投入し、光ファイバ管の下端までの高さ 300mm を均一の密度になるように締め固め、土槽側面の孔から、光ファイバ管を挿入した。光ファイバ管の挿入後、土槽の天端までを再度、同じ密度になるように山砂を締め固めた。光ファイバ管の挿入口はモルタルで固定して片端固定の状態とし、各降下盤を固定側から表-1 に示すように階段状に降下させ、レイリー方式（空間分解能 5mm）によりひずみ分布を計測した。また、管材には沈下棒を取り付け、沈下 STEP ごとに水準測量を行って、光ファイバ管の変位量を計測した（沈下棒の計測位置は図-5 参照）。

(2) 実験結果

光ファイバ計測で算出した変位量と沈下棒で計測した変位量を図-5 に示す。降下盤の降下量が増加すると、光ファイバ計測による変位量と沈下棒による変位量も増加していることがわかる。また、STEP4 において、沈下棒の最大変位量は 16.0mm であり、該当部分の光ファイバ計測による変位量は 16.8mm で、その差は 5%であった。このことから、光ファイバセンサによる地中変位計測は十分可能であると考えられる。

5. おわりに

実験により、光ファイバセンサを用いた地中変位計測が可能であることを確認した。光ファイバセンサに適した管材の選定など、実用化に向けてさらなる検討を進めていく予定である。

参考文献

1) 笹倉ほか：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，土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会投稿中。2) 岸田ほか：SMF におけるひずみと温度が識別できるハイブリッド分布測定システムの開発，電子情報通信学会技術研究報告，pp37-42, 2013。

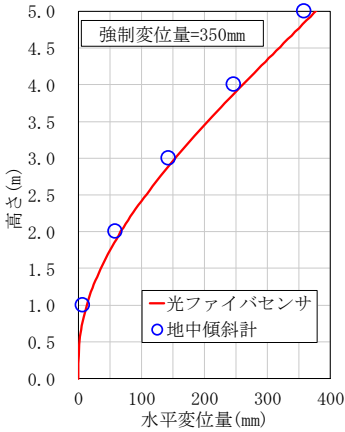


図-3 変位量の比較

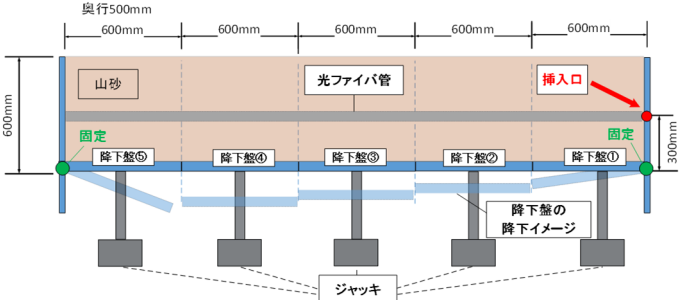


図-4 沈下土槽
表-1 沈下ステップ

	沈下量 (mm)				
	降下盤⑤	降下盤④	降下盤③	降下盤②	降下盤①
STEP1	5	4	3	2	1
STEP2	10	8	6	4	2
STEP3	15	12	9	6	3
STEP4	20	16	12	8	4

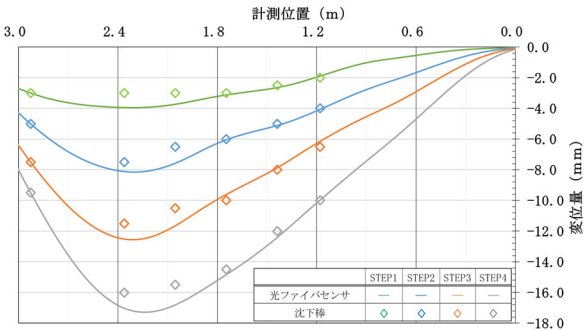


図-5 実験結果