

## 地盤挙動計測のための光ファイバーセンサーの施工実験

三菱重工業（株） 伊藤裕昌，山浦剛俊  
 (財)鉄道総合技術研究所 小島謙一，村田修，平山勇治  
 滋賀県東北部流域下水道事務所 藤田喜世隆

### 1. はじめに

光ファイバーによるひずみ計測手法の中で，ブリルアン散乱光のひずみ依存性を利用した方法は，長距離にわたるひずみ分布を遠隔から連続計測が可能であるという利点があることから，大型土木構造物のひずみ計測に適した手法であると考えられる。しかし，土中の変形挙動計測へ適用する場合，施工時の光ファイバーの損傷や耐久性，計測精度等の問題から，実用化には至っていない。

本論文では，地盤挙動計測のための光ファイバーセンサーの開発を目的として実施した，実際の軟弱地盤の現場における施工実験について報告する。

### 2. 実験概要

実験は，滋賀県彦根市にある琵琶湖東北部浄化センターにおいて実施した。図1に当該現場の平面図を，図2に計測器設置位置付近の土質柱状図を示す。

当該現場は，腐植土層が10m程度堆積しており，これは圧密沈下や側方変形等，当地盤における変形の支配的な地層である。また，自由地下水面もGL-0.3m程度と非常に高い，超軟弱地盤である。こうした条件下で，平成13年12月からは鉄道盛土から21m離れた位置で，掘削深さの深いポンプ棟の施工が開始されており，掘削に伴う圧密沈下や側方変形による鉄道盛土への影響が懸念されるため，地表面変位だけでなく土中の地盤挙動についても計測管理を行っている。<sup>1)</sup>

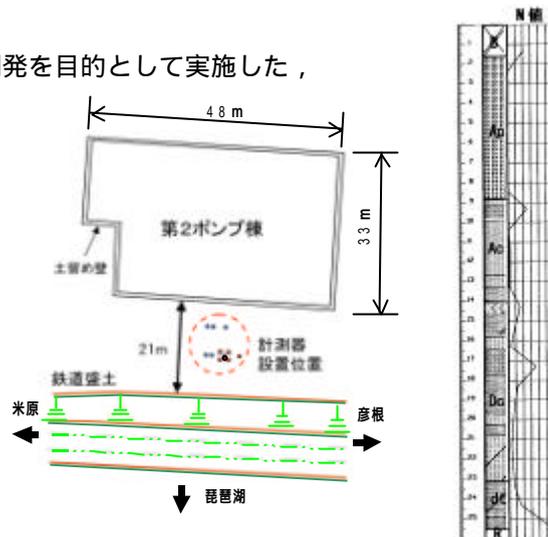


図1. 実験現場平面図

図2. 計測器設置位置付近の土質柱状図

本実験は，地盤挙動計測を目的として考案した光ファイバーセンサーについて，土中へのセンサー敷設方法の検証，既存の計測手法との比較による計測精度の検証，実現場での耐久性確認を目的として実施した。

### 3. 光ファイバーセンサー構造

実験に用いた光ファイバーセンサーを表1に，センサー配置図を図3に示す。計測結果の評価を行うため，既設の計測器（F）の周辺にセンサーを設置した。また，センサーはいずれも土中に鉛直に深さ25mまで設置した。

記号A，Bは，地盤挙動をセンサーの伸び変形として検出することを目的としたもので，土中での耐蝕性を考慮してFRP板を基板とした。光ファイバーは，過去に行った実験結果から<sup>2)</sup>ループ状にFRP板上に配置し，その上から接着，防水および施工時の光ファイバーの保護を目的として可とう性エポキシ樹脂でコーティングした。（図4）また，FRP板には計測精度比較のために，ひずみケージを設置した。

Cは，既存のパイプひずみ計との精度比較を目的としたもので，パイプひずみ計の計測方向に合わせ，塩ビ管の表面0°，90°，180°，270°の位置に各々光ファイバーを直線に配置した。

表1. 光ファイバーセンサー

	仕 様	光ファイバー	設置目的
A	t0.2mm × W100mm × L25m，FRP板	ループ敷設	剛性比較，伸び変形検出
B	t1.0mm × W100mm × L25m，FRP板	ループ敷設	剛性比較，伸び変形検出
C	48.6mm × t3.6mm × L25m，塩ビ管	直線敷設	既存の「パイプ」ひずみ計との比較
D	t15mm × W100mm × L25m，アルミ板	ループ敷設（Aを貼付）	剛性比較，曲げ変形検出
E	t15mm × W180mm × L25m，アルミ板	ループ敷設（Aを貼付）	剛性，受圧巾の比較，曲げ変形検出
F	52mm × t1.5mm × L25m，アルミ管	直線敷設	既存の地中傾斜計との比較

キーワード：光ファイバー，土構造物，計測，保守管理，ひずみ分布，地盤

連絡先：(住所) 〒231-8715 神奈川県横浜市中区錦町12，(TEL) 045-629-1408，(FAX) 045-629-1398

D, Eは地盤挙動をセンサーの曲げ変形として検出することを目的としたもので、A, Bに比べて剛性の高いアルミ板上にセンサーAをエポキシ系接着剤で接着した。

Fは既存の地中傾斜計との精度比較を目的としたもので、地中傾斜計の計測方向に合わせアルミ管の表面0°, 90°, 180°, 270°の位置に各々光ファイバーを直線に配置した。

4. 実験結果

ここでは、FRP板を基板としたセンサーA, Bの施工実験結果について述べる。

A, Bの土中への設置に際しては、剛性のない軟いセンサーのため設置方法が課題となる。図5に施工概要図を示す。

A, Bは非常に軟いFRP板を基板としているため、リールに巻取ることができる。そこで、施工はプレボーリングを行った後、センサー先端に形状保持を目的とした重りをつけ、リールを巻出しながらセンサーを挿入した。また、光ファイバーの保護およびセンサーのねじれ防止を目的として、2mごとに保護管を取りつけながらボーリング孔へ挿入した。

センサー挿入後、保護管を引き抜き、間詰めとしてグラウト注入を行い、センサーと地盤を一体化させた。グラウトは地盤強度とほぼ同一となる様、セメント水比0.1の貧配合のものを用了。

本実験では、A, Bとも1時間程度で深さ25mまで挿入でき、短時間で施工可能であることが確認できた。

また、光ファイバー中の光の伝送損失を指標として、センサーが適切に設置されたか否かを評価した。図6にセンサー敷設後の土中部の光ファイバー中の光の伝送損失計測結果を示す。光ファイバー自体の伝送損失は0.05dB/100m程度であるので、施工に伴う大きな伝送損失の発生はなく、適切にセンサーの敷設を行うことができることが確かめられた。

なお、ひずみ計測結果の詳細については、参考文献3)を参照されたい。

5. おわりに

土中に鉛直に設置する形式の地盤挙動計測を目的とした光ファイバーセンサーについて、実際の軟弱地盤の現場において施工方法を検証し、実施工に対する目処を得た。

今後は継続的に計測を行うことで、ひずみ計測精度および長期的な耐久性の確認を行う予定である。

<参考文献>

- 1)小泉智之, 西原聡, 館山勝, 小島謙一, 間壁誠, 藤田喜世隆: 近接施工に伴う軟弱地盤上の鉄道盛土の自動計測管理システム, 第37回地盤工学研究発表会, 地盤工学会, 2002(投稿中)
- 2)紀博徳, 山浦剛俊, 秋山洋, 伊藤裕昌, 村田修, 小島謙一: 光ファイバひずみ計測のゲージ長に関する実験的考察, 第44回日本学術会議材料研究連合講演会,
- 3)小島謙一, 村田修, 平山勇治, 伊藤裕昌, 山浦剛俊, 藤田喜世隆: 光ファイバーセンサーを用いた地盤挙動計測, 第57回年次学術講演会, 土木学会, 2002(投稿中)

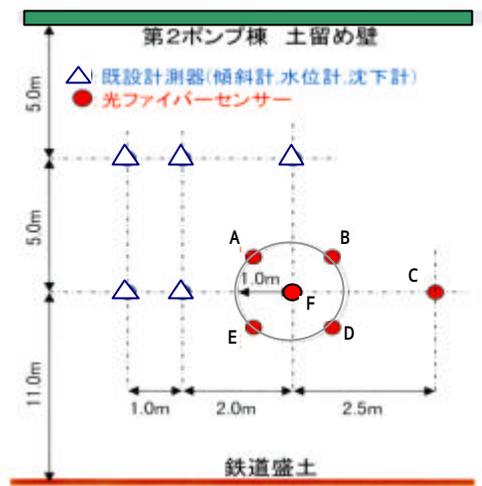


図3. センサー配置図

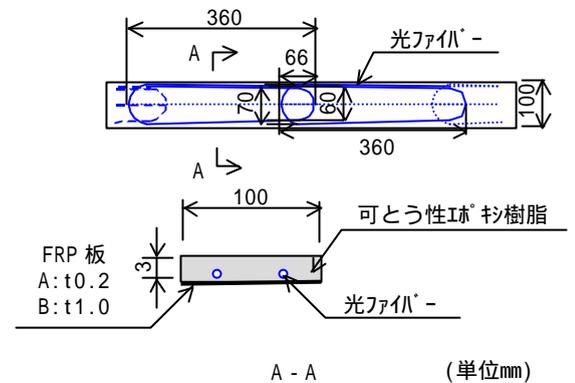


図4. センサーA, B概要図

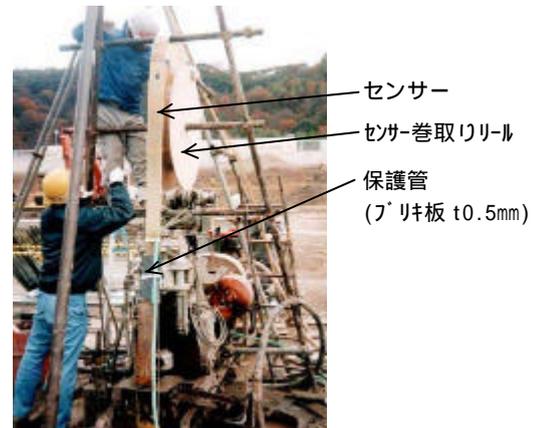


図5. センサーA, B施工概要図

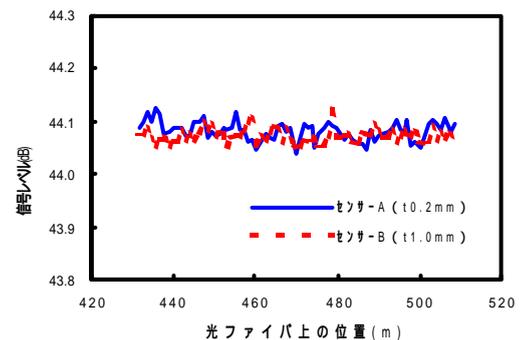


図6. 伝送損失計測結果