

光ファイバ変位計の掘削現場適用に関する研究

京都大学大学院工学研究科 学生員 大島 義信
 京都大学大学院工学研究科 正会員 小野 紘一
 京都大学大学院工学研究科 正会員 杉浦 邦征
 京都大学大学院工学研究科 学生員 前浦 義人

1. はじめに

現在地盤内変位の計測には傾斜計が多用されているが、この方法では計測に大きな労力を必要としさらには人災の可能性を含むという問題がある。一方、空間的に連続かつ長距離を計測できる光ファイバセンサを利用すれば、時間的に連続かつ長距離広範囲での斜面内変位計の計測が可能である。現在筆者らは、光ファイバセンサとしてFBGを用いた変位計 Fiber Optic Displacement Device (以下 FODD)の開発を行っている^[1]。本稿では、掘削現場の土留め壁背面地盤の変位計測における、FODDの適用性を検討した結果を示す。

2. FODDの概要

FODDは、塩化ビニル管の軸方向に120°間隔で光ファイバセンサを3本貼付したものである(図1)。計測原理は、センサにより各断面で計測されるひずみ量を軸方向で積分し、ビニル管の変位を算

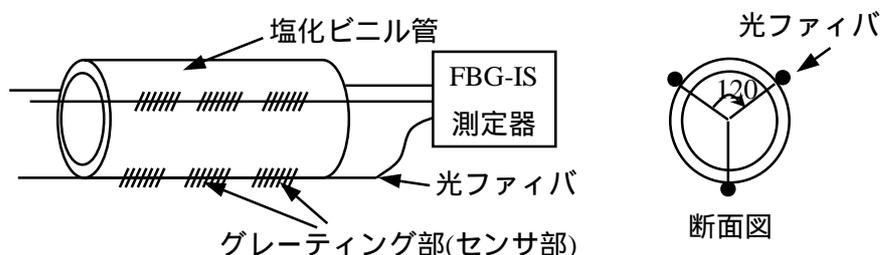


図1 FODDの概要

定することで対象物の変形を計測するというものである。また一断面に3ヶ所のひずみを計測するため、2方向の変位計測が可能である。ここで用いられる光ファイバセンサはFBGと呼ばれ、1本の光ファイバを用いて離散的に複数箇所のひずみ計測が可能である。

3. 変位変換の手法

FODDでは、ひずみを計測している断面の数が限られている。すなわち、軸方向の曲率は連続関数として与えられるのではなく、限られた点での離散値として与えられる。よって積分に際しては、事前にスプライン関数を用いて離散値を補間し、生成された連続関数に対して2回積分を行う。ただし下端で固定端であるという条件を付加する。図2は、区間

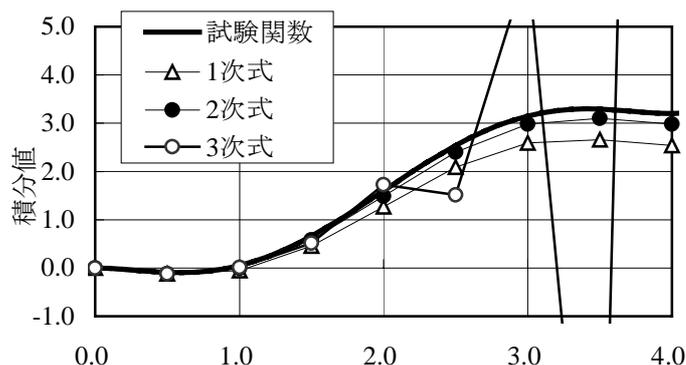


図2 2回積分の結果

$[0, 4]$ に対して関数 $f(x) = (x-2)^3 - 3(x-2)$ の関数値を利用して、間隔0.5で測点を設定して2回積分を行った結果である。試算の結果、スプライン関数の次数を3以上にすると、計算結果が振動し不安定な結果となった。よって変位の算出には2次のスプライン関数を用いることとした。またこの方法では、測定誤差を考慮できないという欠点があるので、マニングのウィンドウ^[2]を参考に適当な重みを与えてスムージングを行う。通常マニングのウィンドウは等間隔で与えられる計測値に適用されるが、本研究の場合等間隔ではないので、距離に反比例するとい条件を付加した。

キーワード：光ファイバ、変位計、モニタリング、土留め壁

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL：075-753-4791 FAX：075-753-4791

3. トンネル掘削における土留め壁背面地盤変位計測

FODD の計測現場適用実験として、兵庫県北須磨におけるトンネル掘削工事での土留め壁背面地盤の変位計測を行った。図3に示すように、SMWの背面1mにFODDを設置し、また隣接して傾斜計も設置した。挿入深度は20mであり、最下端（最深部）を固定端として仮定している。計測装置は約500m離れた工事事務所に設置されており、京都大学と電話回線によりデータの送信を行っている。FODDは全長20mであり、

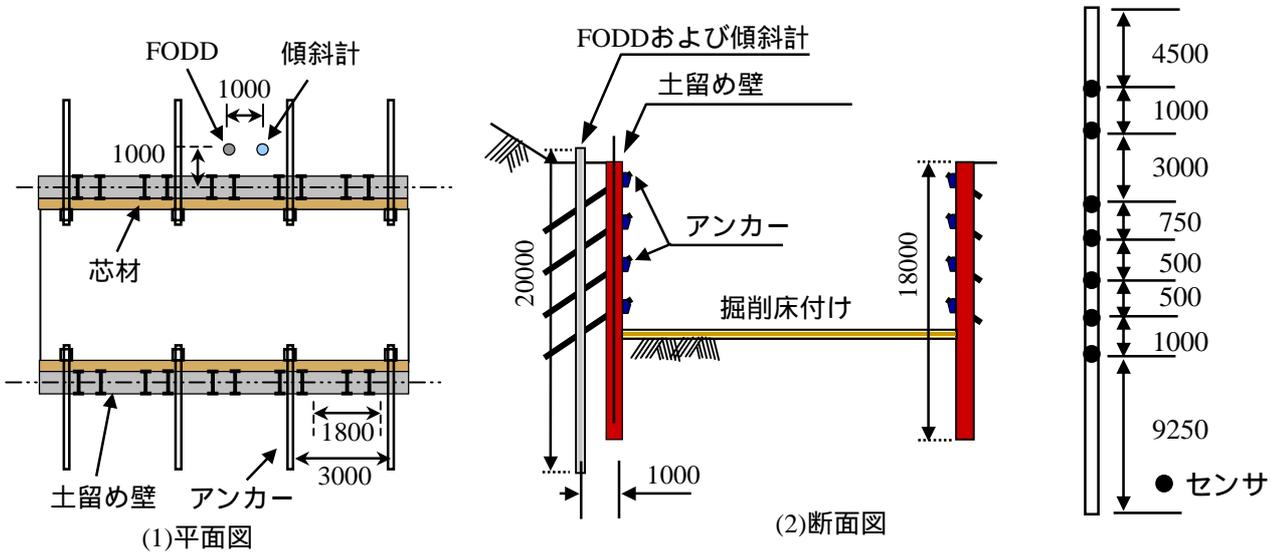


図3 計測現場の断面図と平面図

図4 FODD センサ位置(mm)

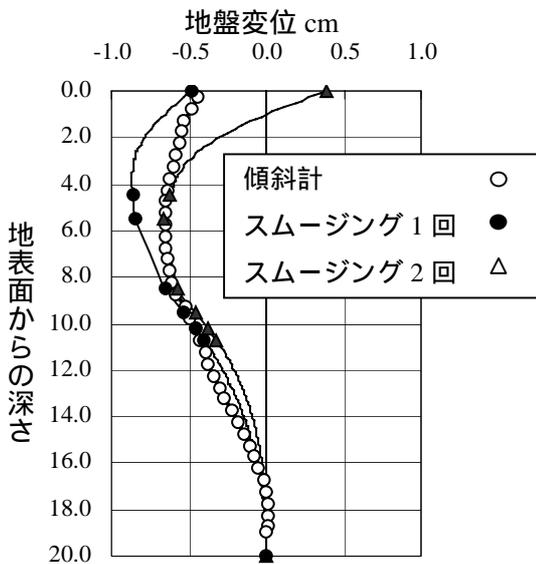


図5 地盤変位

測点は図4に示す通り、不等間隔で7ヶ所設定した。ただし建て込み時にファイバ3線中の1線が破断してしまい、計測は2本で行った。FODDにおける計測は一時間ごとに行い、傾斜計の計測はイベントごと（アンカー緊張など）の際に行った。図5に、3次掘削集終了時の地盤内変位を示す。スムージングを1回もしくは2回施せば、傾斜計の値に近づくことがわかる。よってスプライン関数を利用する場合、何らかの方法により測定値に含まれる測定誤差を事前に処理する必要があることがわかった。今回はマニングのウィンドウを考慮してスムージングを行ったが、今後最適な誤差処理の方法を検討する必要があるものと思われる。

4.まとめ

以上の検討結果を以下にまとめる。

本研究で提案したFODDシステムにより、変位の測定が可能である。

スプライン関数を用いて変位を算定する場合、2次式による補間が最適である。

スプライン関数を適用する場合、事前に誤差処理が必要である。

参考文献

[1]小野紘一，大島義信，森田真幸ら：光ファイバーによるひずみと変位の計測，最近の地盤計測技術に関するシンポジウム発表論文集，地盤工学会関西支部，pp.45-48，1999.12.

[2]日野幹雄：スペクトル解析，朝倉書店 1977