

V-21 光ファイバセンサを利用した地下トンネル構造物の変形計測法の検討

日本鋪道株式会社	正 会 員	○佐柳 孝志
徳島大学工学部	フェロー会員	水口 裕之
NTTインフラネット(株)	正 会 員	鳥越 寿彦
NTTインフラネット(株)		川野 勝

1. はじめに

コンクリート構造物の変状や変形を検査する手法には、目視点検やひずみゲージを利用する方法などがあるが、大型構造物など広範囲にわたる点検には手数を要したり、計測システムが煩雑になったりして困難をきたす。これらの欠点を克服する計測方法として光ファイバセンサを用いた方法がある。光ファイバは、長期耐久性を持ち、今までにない面的なひずみを計測できる特徴を持つ。しかし、光ファイバセンシングの特徴として、計測時に用いられる光ファイバセンサが温度変化により伸縮、膨張を生じるため、測定精度に大きな影響を及ぼすという点があげられる。そのため、現状の測定精度ではコンクリート構造物の劣化度を判断するには十分ではないため、測定精度の向上が求められている。

そこで本研究では、光ファイバセンシング技術の1つである Brillouin Optical Time Domain Reflectometer (以下 B-OTDR という)に着目し、温度変化に対する測定精度の向上方法について検討し、その方法を用いて変形を計測した例について報告する。

2. B-OTDR センサによるひずみ計測の原理 1)

B-OTDR センサによるひずみの測定原理は、光ファイバに光パルスを入射し、その反射光の周波数分布を解析することにより、光ファイバに生じているひずみを測定するものである。単色性の高い入射光を光ファイバに通すと、ブリルアン散乱光が発生する(図1参照)。光ファイバにひずみが加わるとブリルアン周波数がひずみの大きさに応じて図2に示すように変化する。また、この変化量は図3に示すようにひずみの大きさに比例し、線形関係となる。したがって、ブリルアン周波数変化量と光を入射してからひずみ区間で反射して戻ってくる時間を測定すると、配置した光ファイバのひずみとその場所が求まる。

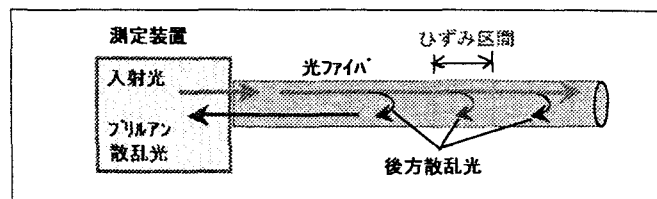


図1 センサ構造

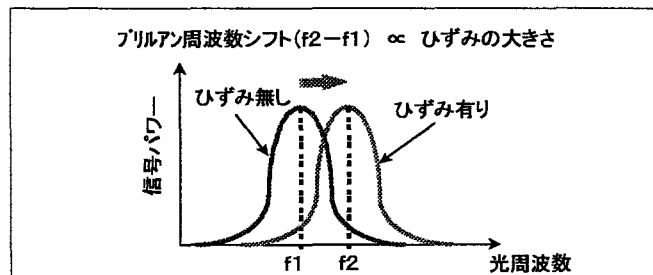


図2 ブリルアン周波数シフト

3. 計測方法

計測は、地下トンネル構造物(電力・通信企業者間共同溝)において行った。この構造物の近くでは高速道路計画のため道路工事が行われている。図4にトンネル平面図およびセンサ設置状況、図5にトンネル断面図およびセンサ設置状況を示す。

温度補正するために、事前に地下トンネル内3箇所に温度変化によってのみ伸縮するように温度補正用光ファイバセンサを設置し、ひずみ測定用センサの値から温度補正用センサの値を差し引いて測定値を求めた。また、この方法によって道路工事に伴う土留壁欠損部の補助工法・掘削等において、地下トンネル構造物に与える影響を求めた。

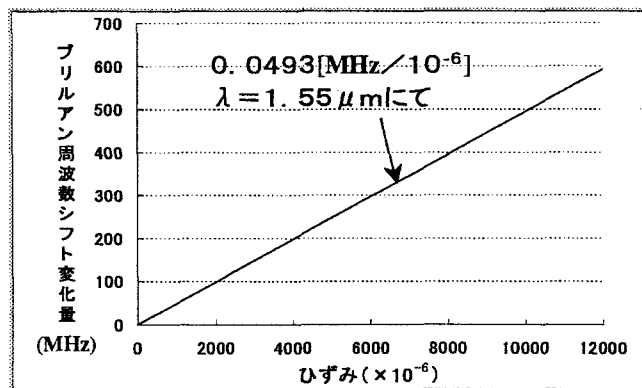


図3 ブリルアン周波数変化量とひずみの関係

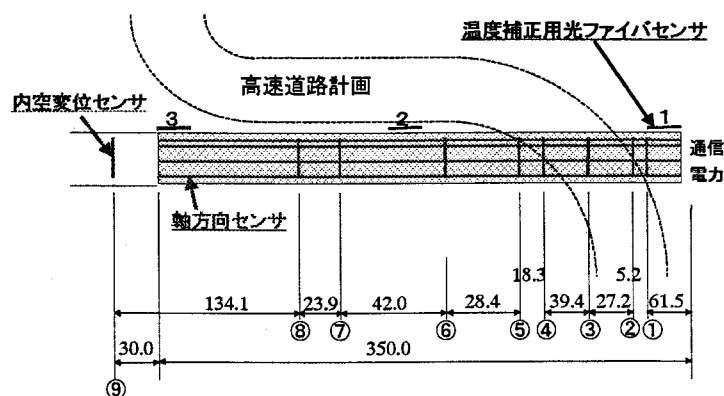


図4 トンネル平面図およびセンサ設置状況(単位m)

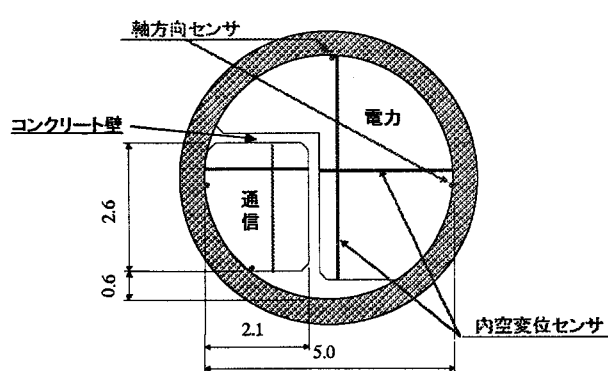


図5 トンネル断面図およびセンサ設置状況(単位m)

4. 計測結果

各温度補正用光ファイバセンサの計測結果を図6に示す。図6から同時刻に計測したにもかかわらず、各センサの計測結果間に違いが生じていることが分かる。これにより計測用センサで測定された値に温度補正を行う際には、温度の違いが最も小さくなると考えられる最も近くに設置された温度補正センサの計測結果を用いて行うことが重要であるといえる。

軸方向センサの計測結果例を図7に示す。図7は前述の温度補正センサの値を用いて補正したものを表している。図7からB-OTDR計測従来の測定精度は一般に $\pm 100 \times 10^{-4}$ といわれている2)が、今回の補正を行った計測結果は $\pm 50 \times 10^{-4}$ の精度で計測が行われているといえる。

次にこの補正方法を用いた内空変位センサの計測結果を図8に示す。トンネルの断面は水平方向に伸び、鉛直方向に縮んだことが図から分かる。このようにすべての内空変位センサの計測結果からトンネル全体は図9のように変形したことが分かる。

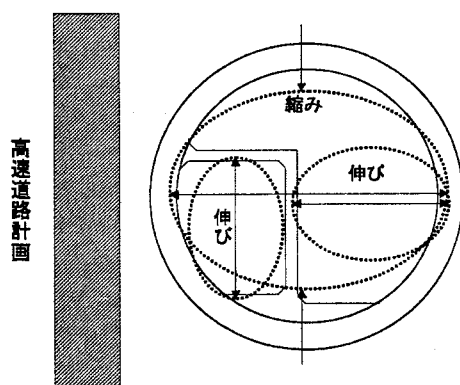


図9 トンネル変形模式断面図

5. まとめ

今回、対象とした構造物は大型構造物であったが、利用した計測システムによって構造物の変状・変形を従来以上の高精度でとらえることが可能であった。

参考文献

- 1) NTT インフラネット株式会社 関西支店：パンフレット 光ファイバセンサによるセンシング技術のご紹介、pp.1~6
- 2) 鳥越寿彦：光ファイバセンサを用いた構造物の計測システム、建設技術発表会論文集、pp.41~44、2002

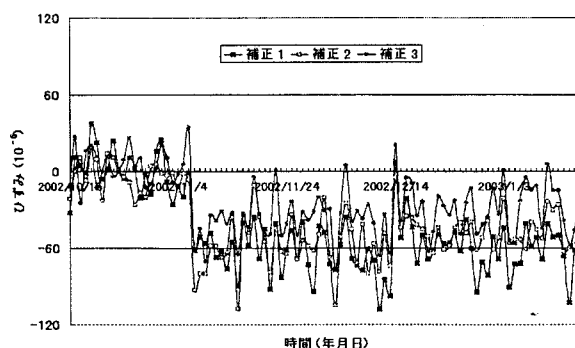


図6 温度補正用センサの時系列変化

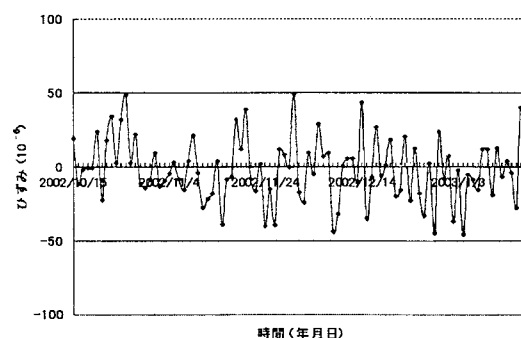


図7 軸方向センサの計測結果

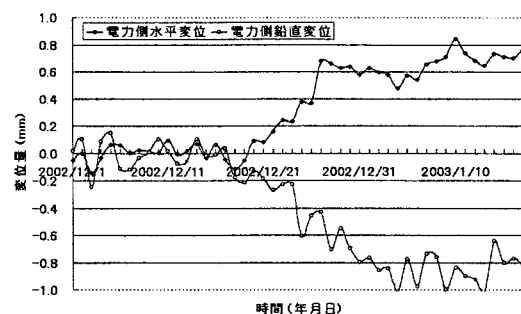


図8 内空変位センサの計測結果