

光ファイバセンサ（B-OTDR）によるシールド近接工事に伴う既設とう道計測管理への適用

NTT インフラネット(株) 荒井 久男 豊田 修次
 アイレック技建(株) 正会員 佐々木 進 和内 雅弘
 (財)地域 地盤 環境 研究所 正会員 橋本 正 水原 勝由

1. はじめに

B - O T D R (Brillouin Optical Time Domain Reflectmeter) は、通常の通信ケーブルとして用いられる光ファイバ自体をセンサとして利用するもので、入射光が光ファイバ内を通過する際に発生する後方散乱光に着目し、この周波数分布を解析することで、センサ内(連続した1本の光ケーブル内)のどの位置でどの程度のひずみが発生したかを検知する技術である。ここでは、NTTとう道に近接したシールドトンネル工事の管理計測としてB - O T D R技術を適用し、とう道の変状計測¹⁾を行った事例について報告するものである。

2. 近接工事および計測概要

東京都秋葉原から茨城県つくば市までを結ぶつくばエクスプレス常磐新線工事で新設するシールドトンネル区間において、4箇所NTTとう道と非常に近接した施工)となった。図-1は、その内の浅草付近での近接工事およびNTTとう道の計測概要を示したものである。

浅草付近での近接工事は、土被り 29.91m のとう道(3150mm) 直下を泥水シールド(10,200mm) により、3.065m(0.3D)の離隔で横断掘進を行ったものである。とう道横断面でのシールド掘進は、切羽圧が0.29~0.30MPa、裏込め注入圧が0.40~0.48MPaであった。

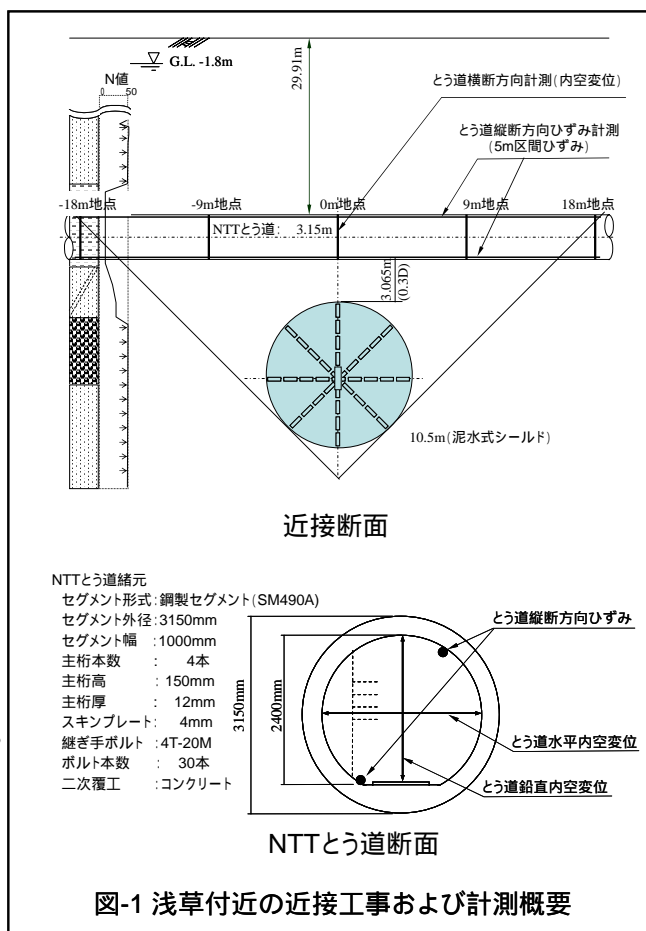
浅草付近でのとう道計測は、シールド影響範囲区間の約40m間において、5断面で上下左右の内空変位計測と縦断方向上下2測線の連続したひずみ計測を実施した。縦断方向のひずみ計測は、シールド掘進に伴うとう道二次覆工のクラック発生やとう道セグメント継手ひずみ部の局部変形が生じる可能性を考慮し、5m毎に固定点を設けた5m間の平均ひずみを計測するものとした。また、ダミー計測(温度の影響によるひずみの変化)により、ひずみの温度補正を行った。更に、B-OTDRによるひずみ計測の検証を目的に、内空変位計測断面(-18m地点を除く)において従来の内空変位計と水盛り沈下計による計測を合わせて実施した。

3. 計測結果

(1)とう道断面の内空変位

内空変位量は、内空側線の2点間の平均ひずみ量から変位量を算出したもので、その結果を図-2に示す。図-2(a)

は、内空変位量の水平方向と鉛直方向の相関を示したものであり、水平変位の収縮量に対し鉛直変位の伸張量がほぼ1:1で比例した関係にあることがわかる。また、図-2(b)より、とう道はシールド掘削による応力解放により、シールド半径方向に引張られ縦長に変形していることがわかる。シールド切羽通過後、とう道内空変位は徐々に増加し、テール通過1D付近で最大変位(シールドセンター直上で約0.5mm)を示す。その後の1ヶ月間においては、内空変位量の変化がほとんど見られない。なお、検証用に設置した従来型の内空変位計との変位差は、0.1mm程度



キーワード：近接工事，シールドトンネル，計測管理，光ファイバ，B - O T D R

連絡先：〒111-0041 東京都台東区元浅草3-18-10 上野NSビル TEL 03-3845-8185 FAX 03-3845-8189

と極小さい結果が得られた。

(2)とう道縦断ひずみ

縦断方向のひずみ計測は、5 m毎に特殊な治具(引張・せん断力が生じない)で固定した5 m間の連続したひずみを計測したものである。計測結果では、シールド直上付近(-5m~5m地点)の発生ひずみが最大値を示した。シールド直上付近のとう道縦断方向ひずみの変化を図-3に示す。図-3(a)は、切羽位置から

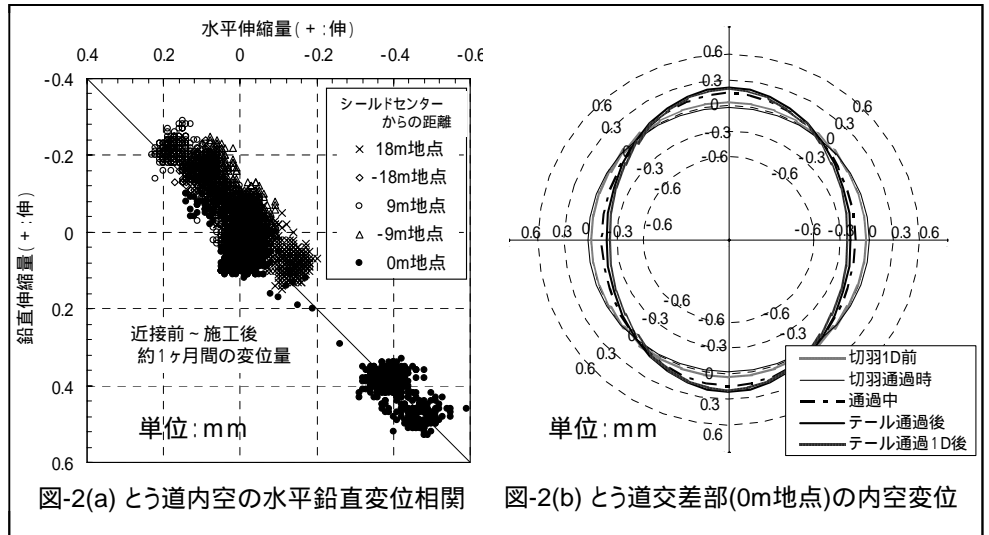


図-2(a)とう道内空の水平鉛直変位相関

図-2(b)とう道交差部(0m地点)の内空変位

からの距離と掘進終了時のひずみの関係を示す。図-3(b)はテール通過1D以後の経時変化を示す。図-3(a)より、シールド切羽接近時までの発生ひずみは少なく、切羽通過後から緩やかにひずみが増加(上部：圧縮, 下部：引張)していることがわかる。また、テール通過時においても急激なひずみ増加は見られず、テール通過後1D間でひずみが緩やかに増加していることがわかる。図-3(b)からは、テール通過1D以後の変化は少ない(バラツキの平均的な値が)ことがわかる。

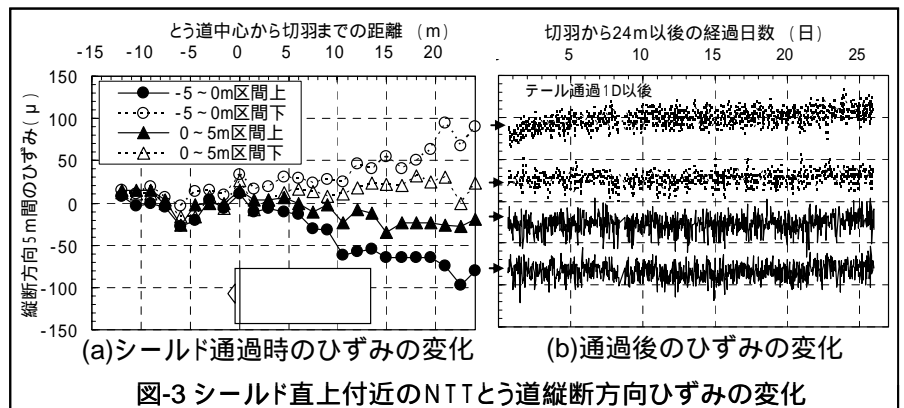


図-3 シールド直上付近のNTTとう道縦断方向ひずみの変化

(3)とう道縦断方向の沈下量

とう道上下縦断方向のひずみ量から沈下量を算出²⁾し、水盛り式沈下計で計測した沈下量と比較した結果を図-4に示す。ひずみからの沈下量算出は、

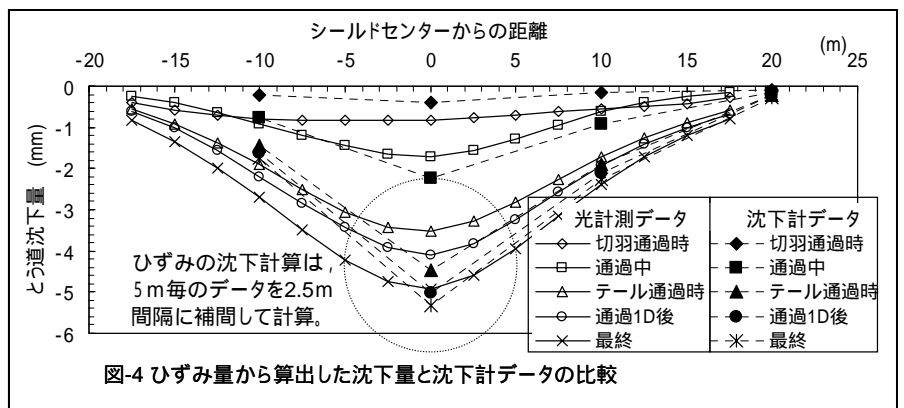


図-4 ひずみ量から算出した沈下量と沈下計データの比較

ひずみからたわみ角, たわみ量を求め、シールドセンターから 25m 離れた地点を仮想不動点とし、累積計算を行ったものである。なお、たわみ算定時のとう道中立軸については、とう道中心軸を中立軸として計算を行った。これは、とう道内空変位量がとう道径と比べて極微小であり、しかも水平方向と鉛直方向の変位量がほぼ同じであることから、中立軸の移動はほとんどないものと考えられるからである。縦断方向ひずみから算出した沈下量と水盛り式沈下計による沈下量の差は最大 1mm 以内と小さい。しかも、水盛り式沈下計と比べて、とう道の沈下分布を連続的に捉えることができている。

4. おわりに

今回の近接工事において光ファイバセンサ (B-OTDR) を適用した結果、シールド施工状況に対応した微小な変形挙動を捉えることができた。また、縦断方向のひずみから算出したとう道沈下量と水盛り式沈下計との整合性が確認でき、広範囲の沈下分布を把握する上で B-OTDR による計測が有効であることが確認できた。

<参考文献> 1) 奥野, 松下, 鎌田, 関, 坂田: 光ファイバセンサを用いたトンネル監視システム(B-OTDR 方式), 土木学会第 57 回年次学術講演会 p557-p558 2) 一久保, 比佐, 森, 下川, 恒岡, 加藤: 光ファイバセンシング(B-OTDR)技術を用いたパイプひずみ計の監視・観測, 土木学会第 57 回年次学術講演会 p1425-p1426