

## 光ファイバセンサ (B-OTDR) を用いた既設とう道の近接施工影響計測

東京地下鉄株式会社 正会員 辻 雅行 岡 功 橋元 直也  
 NTT インフラネット(株)正会員 栗原和美 市川一好 豊田修次  
 アイレック技建(株) 正会員 永井英二 伊藤 進 森井幸三

## 1. はじめに

現在建設中の都市高速鉄道第13号線は、約2.6kmの区間においてNTTの通信用トンネル(以下、とう道という)ルートと近接した施工となっている。とう道は通信網として非常に重要な幹線であるため、近接工事区間ではとう道の構造的安定性を確認しつつ施工を行うことが要求される。そのため、懸念される地下鉄工事区間では、光ファイバセンサ(B-OTDR)を用いたとう道の変状計測<sup>1)2)</sup>による情報化施工がなされている。

報告は、開削工法で建設中の駅舎部に平行したとう道において、現在までの掘削、吊り防護、駅舎躯体構築による受け防護状況ととう道の変状計測結果からとう道の現状分析と考察を行ったものである。

## 2. 工事および計測概要

**開削工事概要** 工事は、図1に示すように駅舎部396m区間は、池袋側51m(開削工法)、大久保通り横断部16m(パイル工法)と渋谷側329m(開削工法)を開削工法とパイル工法により駅舎部を構築し、地下鉄軌道トンネルはシールド工法により施工された。とう道は新設する駅舎部直上に併行しており、駅舎部開削坑内では完全に露出することから、とう道を吊り防護し、更にとう道以深を掘削し駅舎躯体を構築している。その後とう道は構築された駅舎躯体で受け防護した。

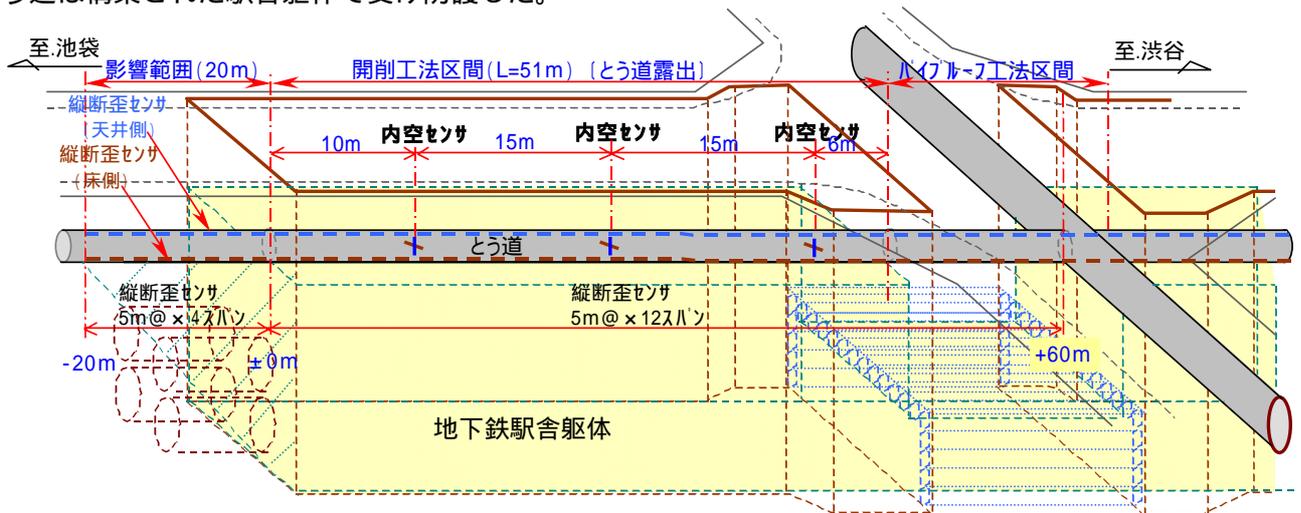


図1 とう道・駅舎部施工概要図およびとう道の光ファイバセンサ設置概要

**計測概要** とう道の計測は、図1の設置概要で示すように掘削によって露出する区間と影響範囲(緩み範囲)で実施している。各計測区間では、とう道縦断方向の軸ひずみ(5m区間毎)と横断方向の水平・鉛直変位(内空変位)を計測するため、図2に示すようにとう道断面位置に光ファイバセンサ(B-OTDR)を設置している。とう道計測の管理値<sup>1)2)</sup>は、縦断方向に対しては継手ボルトの許容応力度から、横断方向に対しては当初設計手法からとう道断面の初期応力状態を算定し、それぞれ許容できる応力・変位量推定し設定している。現在の工事進捗はとう道直下での駅舎躯体構築も終了し、地下鉄軌道のシールド

## NTTとう道緒元

セグメント形式	鋼製セグメント(SS41A)
セグメント外形	2850mm
主桁本数	3本
主桁高	125mm
主桁厚	7mm
スキンプレート	2mm
継ぎ手ボルト	4T(W3/4)
ボルト本数	30本
二次覆工	コンクリート

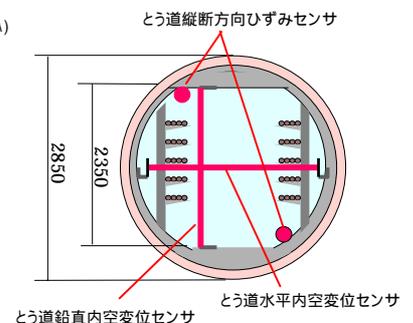


図2 とう道の諸元と光センサ設置位置

キーワード 近接施工, 光ファイバ, B-OTDR, 開削トンネル, 計測管理, 情報化施工

連絡先 〒112-0002 東京都文京区小石川 NTTインフラネット株式会社 ア-パ-ン-テ-ザ-イ-ン-テ-ラ TEL03-5800-9779

トンネルも完工した。一方、とう道は吊り防護から駅舎躯体への受け防護に移行し、更に一部埋め戻しが成られた状況である。

### 3. 計測結果

**とう道内空変位** 図3に開削区間中央部の内空センサの初期状態から受防護に至るまでの経時変化を示す。とう道の内空変位の変化は掘削の段階に応じ、とう道上部の掘削時は鉛直方向が伸び、水平方向が縮み、とう道全体が露出した時に内空変位量は最大(上載荷重の減少により



図3 内空変位の経時変化(内空センサ)

りとう道断面は縦長状の変形)になり、鉛直変位量+0.67mm, 水平変位 - 0.54mmであった。この後、とう道は吊り防護され、それと同時に内空変位は反転し鉛直方向は縮み(最大 - 0.41mm), 水平方向は伸び(最大+0.38mm)であった。これはとう道の自重により内空断面は横長状の変形となった。なお、とう道は駅舎躯体に受け防護し、埋め戻しがおこなわれとう道断面の変位は減少した。

**とう道縦断ひずみ** 図4は、掘削開始から吊り防護の開始そして受け防護に変わる4年間のとう道縦断方向5m毎の軸ひずみ分布を示すものである。ひずみ分布は軸ひずみと曲げひずみが重畳した分布となっている。吊り防護後、両端部の土留め壁外側部分ではとう道上部、下部とも顕著な引張り方向の歪み(引張り方向の応力)の増加が観られた。その後、受け防護で更に引張り方向に増加(+50 $\mu$  ~ +100 $\mu$ )している。吊り防護区間では歪みは圧縮領域(受け防護時: 最大-340 $\mu$ )に増大している。歪み分布の計測結果からとう道の変状(クラックの発生等)が土留め壁外側に多いと想定し、とう道の目視点検(二次覆工・コンクリート)をおこなうと土留め壁位置から外側部分に集中してクラック(とう道横断方向)が出現していた。

### 4. まとめ

とう道への近接施工影響計測を光ファイバセンサ(B-OTDR)を用い、とう道縦断(軸)方向の連続的な変状を歪み分布の変化により評価し、内空断面においても歪み変化を変位量に換算(変位量 = センサ長 × 歪み量)し計測管理を実施した。計測期間も4年間という長期にわたる自動計測で実施してきたが、光センサおよび計測システム共は良行に機能し、的確な情報化施工が実施できた。また、広範囲の変状計測に適した光センサ(B-OTDR方式)により、変状箇所の推定及び特定にも有効であり、とう道が受けている応力の方向も的確に把握することができた。今までの既存計測(点情報)に比べ大規模(広範囲)な構造物の変状計測やヘルスマニタリング等に幅広く適用できるモニタリング手法であると考えられる。今後、計測評価を歪み量だけではなく応力や沈下量等の評価手法に技術展開すべく技術開発を進める。

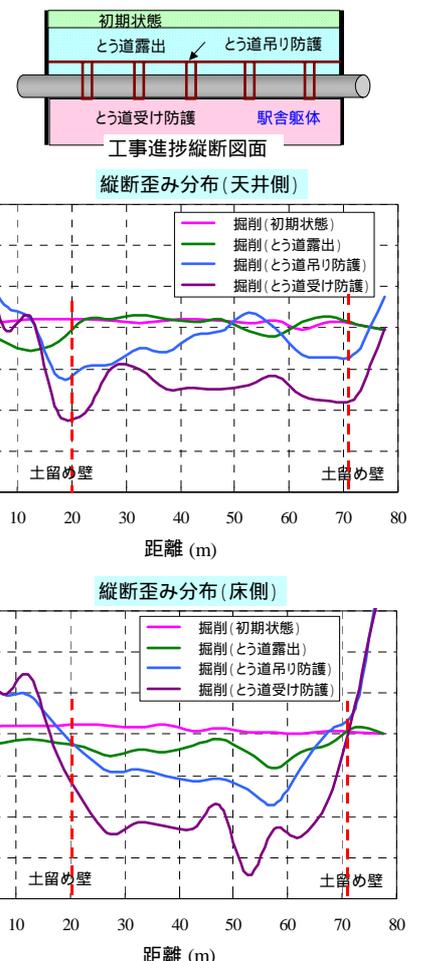


図4 縦断(軸)方向の歪み計測結果

### <参考文献>

- 1) 藤木, 栗原, 市川, 和内, ら他: 光ファイバセンサ(B-OTDR)を用いた近接施工管理, 土木学会第58回年次学術講演会 p955 ~ p956
- 2) 松下, 鎌田, 奥野, 積, ら他: 光ファイバセンサを用いたトンネル監視システム, 第37回地盤工学研究発表会講演集 p1663 ~ p1664