

光ファイバセンサ（B-OTDR）による開削トンネル施工時の既設とう道の計測管理

東京地下鉄株式会社 正会員 藤木育雄
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 ○和内雅弘 永井英二 伊藤 進
(財)地域 地盤 環境 研究所 正会員 Yingyongrattanakul N. 水原勝由

1. はじめに

現在建設中の都市高速鉄道第13号線は、トータル約2.6km区間でNTTの通信用トンネル(以下、とう道という)ルートに近接した施工となっている。とう道は、地下通信網として非常に重要な幹線であるため、近接工事区間では工事に伴う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、懸念される全区間では、光ファイバ(B-OTDR)によるとう道の変状計測¹⁾²⁾を実施している。

本報告は、区間のうち、開削工法で建設中の駅舎部に併行したとう道において、現在までの掘削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. 開削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296m区間の内、渋谷側78.2mと池袋側100.0mの駅両端を開削工法で施工し、そこからシールド工法により駅舎部の地下鉄軌道階を建設するものである。とう道は、新設する駅舎部直上に併行しており、駅舎部両端での開削内では完全に露出されることになる。そのため、とう道露出後、とう道以深を掘削する前に、とう道を所定の位置に保持し、現状の機能を保持するための吊り防護が行われる。

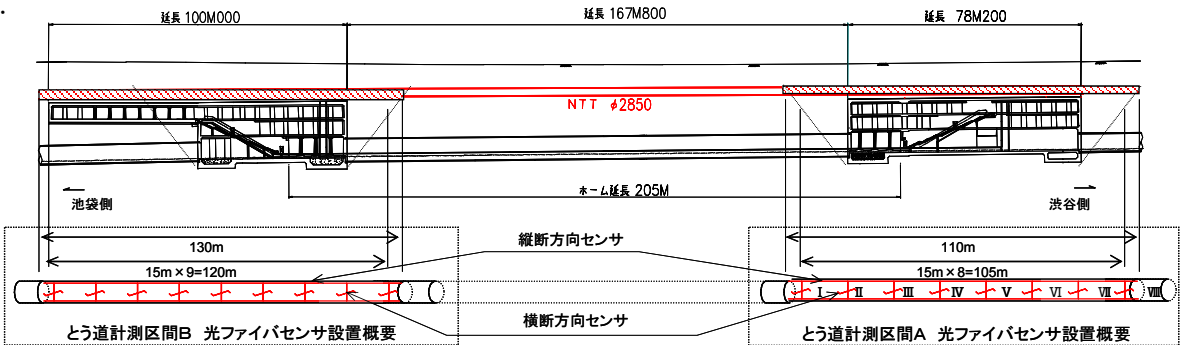
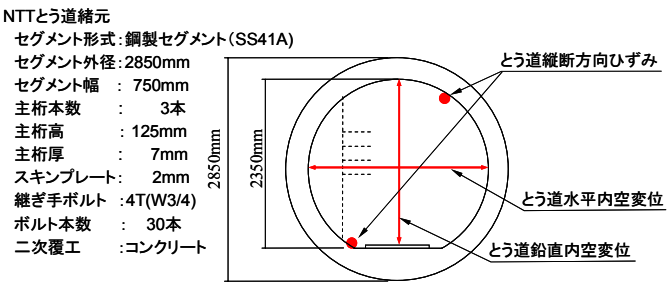


図1 とう道・駅舎部縦断図およびとう道の光ファイバセンサ設置概要

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渋谷側(計測区間A)と池袋側(計測区間B)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は、図2のとう道諸元をもとに、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・変位量を推定し設定している。なお、現在の工事進捗は計測区間A、B双方でとう道が一部露出し、とう道の吊り防護が行われている状況である。



計測項目		管 理 値		許容応力	
とう道 縦断方向	引張変	1次管理値	2次覆工コンクリートのクラック	100 μ	2N/mm ²
		2次管理値	許容管理値の60%	300 μ	
	圧縮変	許容管理値	継手ボルトの長期許容引張力相当	550 μ	120N/mm ²
		1次管理値	許容管理値の60%	550 μ	
とう道 横断方向	内空変位	許容管理値	2次覆工コンクリートの圧縮破壊相当	900 μ	21N/mm ²
		1次管理値	2次覆工コンクリートのクラック	±1mm	
		2次管理値	許容管理値の60%	水平 -5mm<X<2mm 鉛直 -2mm<Y<5mm	2N/mm ²
		許容管理値	初期状態から長期許容応力に至る変位	水平 -8mm<X<3mm 鉛直 -3mm<Y<8mm	140N/mm ²

図2 とう道の諸元および管理値

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

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 アーバンデザインセンタ TEL03-5800-9751

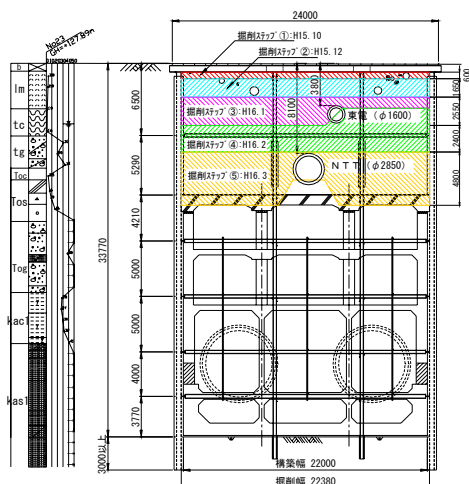


図3 とう道計測区間Aの開削進捗横断面図

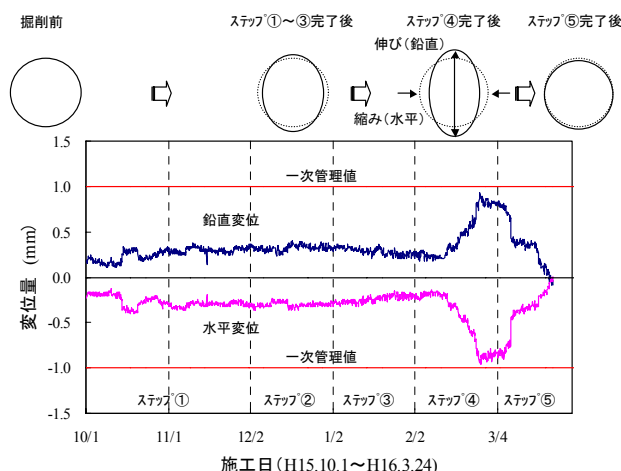


図4 とう道内空変位量(測点IV)の経時変化

3. 計測結果

とう道計測区間Aの開削進捗を図3の横断面図に示す。図に示す開削ステップ①～⑤は、1ヶ月毎の掘削進捗である。ステップ⑤は、部分掘削となっている。開削部中央付近の33m間では、とう道が露出し、次掘削の為のとう道の吊り防護を実施している。とう道内空変位 図4は、計測区間Aの開削部中央(測点IV)位置のとう道内空変位量の経時変化を示したものである。ステップ①～③までの掘削による内空変位は少なく、ステップ④の掘削(とう道路上部2.4m間の掘削)からの変位が大きい。とう道は、ステップ④掘削により、縦長(最大鉛直+0.9mm, 水平-0.9mm)に変形し、ステップ④完了とともに収束している。また、ステップ⑤からは、とう道側部周辺の掘削に伴う側方荷重の減少により、とう道の形状がほぼ初期状態まで回復している。

とう道縦断ひずみ 図5は、各ステップの掘削が完了した時点のとう道縦断方向5m毎の軸ひずみ分布を示すものである。横軸は、とう道縦断距離を示す。ステップ①～④までの掘削によるとう道縦断方向のひずみは、棲部付近で若干の引張が見られるが開削域全体で発生ひずみが少ない。棲部付近の引張ひずみは、土留壁にとう道のリバウンド変位が抑制されたことによって生じたものとする。ステップ⑤では、棲部以外で新たに引張ひずみの変曲点が生じている。これは、部分掘削端部で生じたもので、部分掘削による偏荷重と吊り防護による支点曲げの影響と考える。とう道のひずみ分布は、棲部とひずみ部分掘削端部を除き全圧縮であり、下部の圧縮ひずみが上部より大きい(負曲げ状態)。以上より、

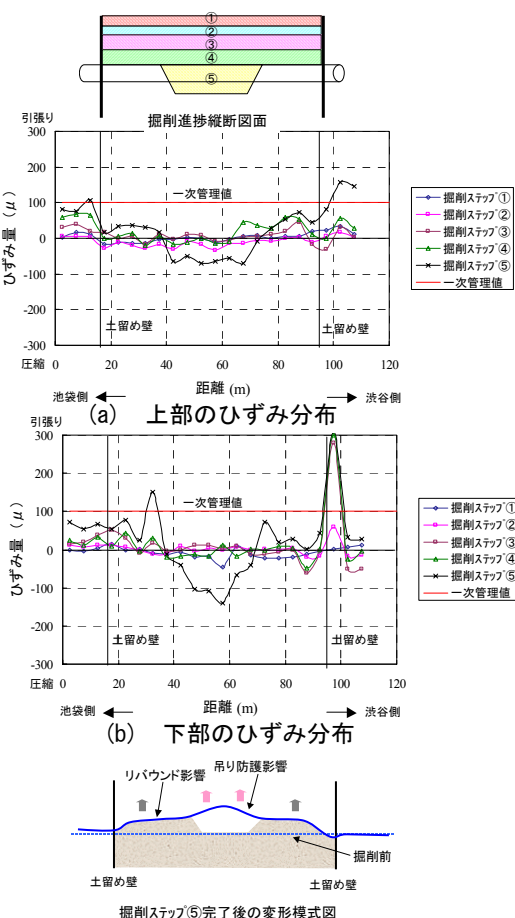


図5 縦断方向のひずみ計測結果

ステップ⑤の時点におけるとう道縦断変位は、図5の変形模式図に示すような変位分布であると考えられる。

4. まとめ

ステップ①～⑤までの掘削が進んだとう道の内空変位は、一次管理値の範囲(最大値0.9mm)である。縦断方向ひずみは、棲部と部分掘削端部で一次管理値を越えた状況にある。そのため、事前にひずみ増加を予測した防護ネットによる対策と定期的なクラックの調査を実施している。しかし、今後の棲部の挙動や部分掘削および吊り防護施工時には、更に慎重な施工と管理が必要と考える。

光ファイバセンサによる計測管理は、代表断面・点計測と比べ、とう道管理区間全体の状況(特に縦断方向)を把握するのに有効である。今後は、計測データの解析を行い、とう道変状の詳細な分析を行う予定である。

<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