

「光る変位計」による土留め欠損部の見える化

鈴木 雅博

昨今の市街地における土木工事は、大型化、大深度化され、更に施工条件としては、重要なライフラインを始めとして公共施設並びに営業線との近接施工が当たり前の環境である。

このような施工条件においては、土留めの施工等が通常の施工方法ではなく、補助工法を含め特殊な工法を採用することが多く見られるのが現状である。このような場合、事前のシミュレーションを行うと共に、各種の計測を実施しながらの情報化施工を採用しているのが通例である。

しかし、測定結果と現場へのフィードバックには、時間ロスが発生する恐れがあり、常に現場で誰もが測定値を確認でき、スピードある対応が可能となるシステムとして「光る変位計」を紹介する。

キーワード：土留め、計測結果の見える化、LED

1. はじめに

環状第2号線は、第二次世界大戦直後の1946年（昭和21年）に新橋・赤坂・四谷・神田佐久間町を結ぶ道路として都市計画決定され、延長9.2km、幅員100mの幹線道路である。その後、社会情勢の変化に伴い昭和25年に現在の幅員40mに変更された。また、平成5年にはルートが臨海部まで延伸され、現在、総延長14kmとなっている（図—1参照）。



図—1 工事位置図

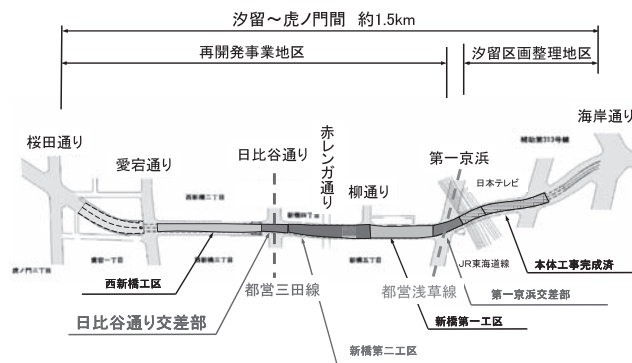
なお虎ノ門から新橋にかけては、当時の連合軍総司令部（GHQ）のマッカーサー元帥が、竹下横橋から米国大使館までの間を軍用道路として整備する旨の

要求もあったとの俗説もあり、マッカーサー道路として称される時期もあったとのことである。

全体の進捗として、JR高架橋から補助313号線までの区間220mはトンネル躯体が完了しており、現在、第一京浜（国道15号線）から愛宕通りまでの各工区でトンネル工事が着手されている。

その内、第一京浜と日比谷通り下には都営地下鉄の浅草線・三田線がそれぞれ建設され営業されていることから、東京都建設局からの委託を受け東京都交通局が平成19年度に発注し監理している（図—2,3参照）。

本稿では、都営三田線と交差する日比谷通りにおける開削トンネル工事を紹介すると共に、大規模な土留め欠損部の計測管理に関し報告するものである。



図—2 環2地下トンネルの整備状況

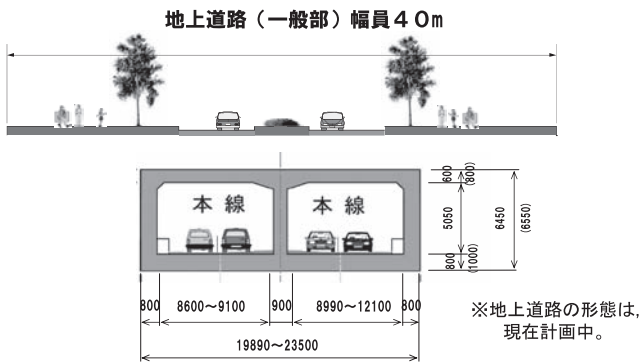


図-3 当該工区標準断面図

2. 工事概要

(1) 工事概要・主要工事数量

当該工区においては、最終目的物である環状2号線のトンネル（2連1層）のボックスカルバートを築造するものであるが、地下施設物と環2トンネルの関係で施工基面（道路面）を嵩上げ舗装する必要があること、また、トンネル築造の位置に主要なライフライン及び共同溝が支障することから各種の支障移設工事を伴う工事である。表-1に主要な工事数量を示す。

表-1 主要工事数量

主要工種	数量	主要工種	数量
準備工	嵩上げ舗装 3,130 m ²	NTT 共同溝移設	35.5m
土留工	鋼矢板 687t	G 共同溝移設	43.7m
	穿孔鋼杭 105t	共同溝本体改築	46.4m
路面覆工	3,258 m ²	環2トンネル 鉄筋コン	3,150 m ²
掘削	25,275 m ³	埋戻し	流動化 11,437 m ³
土留支保工	770t		
液状化対策工	JSG φ2000 687本	中段幹線移設(都下水道局発注)	
	SJ φ5000 16本	配水本管移設(都水道局発注)	

工事件名：三田線御成門・内幸町間環状第2号線交差部ほか建設工事

発注者：東京都交通局

施工者：銭高・大日本・アイサワ建設共同企業体

工事場所：東京都港区新橋四丁目～西新橋二丁目地先

工期：平成19年3月1日～平成23年3月12日

(2) 施工条件

(a) 周辺環境

1) 周辺はオフィス街と住居が混在しておりJR新橋駅の繁華街も近い。また日比谷通りは主要な幹線道路で交通量も多いことから、入念な道路使用計画を立案する必要があった。

- 2) トンネル土被りの関係から既設道路面を最高で1.0m嵩上げする必要があることから、沿道家屋との摺付け及び排水計画が重要であった。
- 3) 日比谷通り下には芝共同溝と都営三田線が建設されており、供用中の共同溝改築に係る協議及び三田線の近接施工に対する計測施工が必要とされていた。

工事着手前の全景を写真-1に、工事概要・平面図を図-4に示す。



写真-1 着手前全景

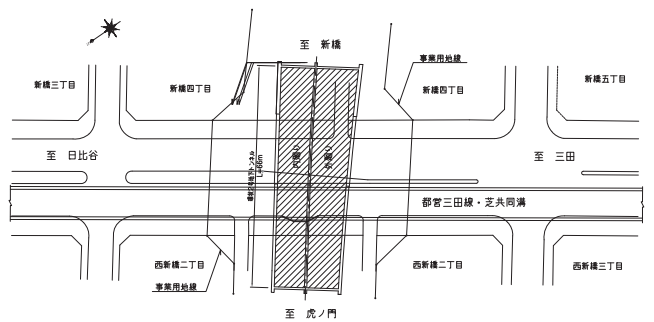


図-4 工事概要平面

(b) 地盤条件

地盤は、いわゆる東京低地の地質構成であり表層部に砂質土を主体とする有楽町層が分布し、更に粘性土を主体とした下部有楽町層が堆積しており、これらの沖積層の下部に洪積層が分布している。現地地質構成は盛土層(Bs)がGL-2.0mまで分布し、この下には少量の腐食物が混入したシルト質粘土(Yc)、更に締まりの無い礫層(Yg1)、砂質層(Ys)、礫混り砂(Ys)と非常に軟弱なシルト層(Yc)がGL-23.5mまで分布し、以深が洪積層へと遷移しており、GL-23.5mまでがN=1～3の状況である(図-5参照)。

(c) その他

前述した通り、施工において支障物の移設・改築工事が予定されているが、これらは別途発注予定であることから、発注時期を含め全体工程において管理する必要がある(中段幹線改築、配水本管φ600移設他)。

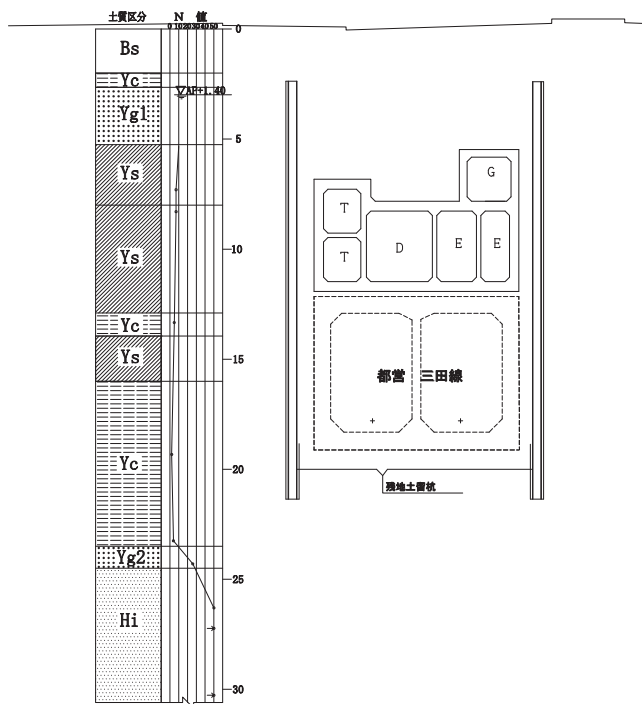


図-5 地質柱状図

3. 工事施工

(1) 施工順序

本工事は、既設中段幹線の切回し工事がクリティカルパスとなることから、施工区分として1期施工と2期施工に分けられるが、土留工及び路面覆工までは一連の施工とし、嵩上げ舗装は土留工終了後施工することとした。工事概要・断面図を図-6に示す。

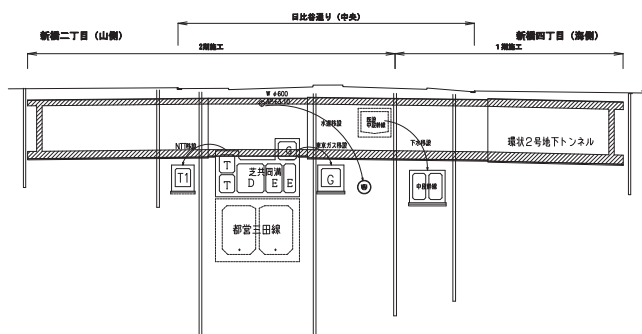


図-6 工事概要断面

(2) 土留工

本工事の土留壁は、民地部分の鋼矢板Ⅲ型 (L=11.5 m) と日比谷通り部の鋼矢板ⅤL型 (10.5 m~17.5 m) の2タイプがあり圧入工法で施工した。民地部の施工において、サイレントパイラー (90 t級) ではGL-8 m付近からの礫混じり砂の圧入が困難なことから小型のウォータージェットとプレボーリングを併用した。また、VL型L=17.5 mに関しては事前に

試験施工を行いサイレントパイラー (150 t級) で施工可能なことを事前確認して施工した。また、中間杭は穿孔鋼杭 (H-300 L=12.5 m~25.5 m) で施工した (写真-2参照)。



写真-2 杭打ち状況

(3) 路面覆工

従来の日比谷通り路面と環状2号線地下トンネルとの離隔は1.0 m程度しかなく、トンネル躯体の施工空間を確保する必要があることから車道中央部で1.0 m程度嵩上げ舗装を行う計画であったが、現地を調査した結果、沿道ビル (玄関) との摺付けが非常に困難なことが確認された。したがって、路面覆工計画を見直す事とし、見直しの結果、嵩上げ高さを20 cm下げると共に横断方向にも勾配をつけることとした (図-7参照)。

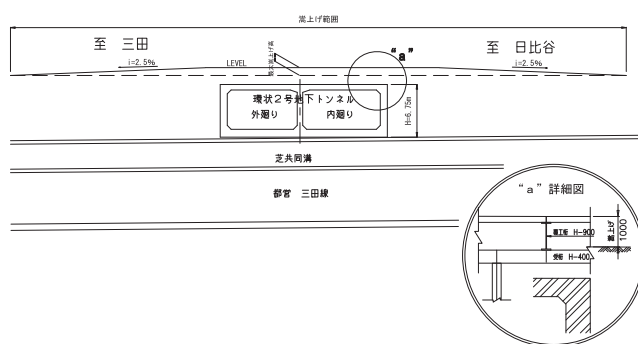


図-7 嵩上げ舗装

道路嵩上げ計画の見直しに伴い、覆工板のサイズを見直すと共に覆工高さを三次元に摺付ける (横断勾配を1.0%から4.7%にねじる) 必要があることから、事前に架台を組立て覆工板のバタ付等を予測し本施工を行った (写真-3参照)。



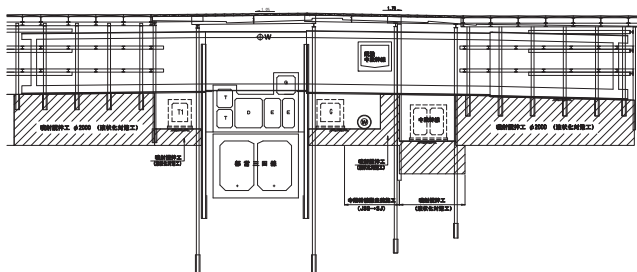
写真—3 覆工架設

(4) 地盤改良工

当工区においては、液状化対策と掘削底面の安定及び土留欠損部の補強を目的とした地盤改良を高圧噴射攪拌工法（JSG, SJ）で施工した。

(a) 液状化対策、盤ぶくれ対策工

1) 環状2号線のトンネル底部には液状化が想定される沖積層の砂質土が堆積していることからジェットグラウトを接円配置し施工した。なお、既設中段幹線の真下は幹線切回しの後、管渠を取壊した後に施工する予定であったが、協議の上、工期遅延回復を目的としてSJでの施工に変更した（図—8参照）。



図—8 掘削底面地盤改良工断面

2) 本工事で掘削深が一番深い部分（GL-15.5 m）である中段幹線の床付け部は、盤ぶくれによって掘削底面の安定が図れないことから、完全ラップ配置でJSG工法により改良を行った。

(b) 掘削法面（土止め欠損部）の安定

1) 地盤改良工法の変更

芝共同溝横断面は土留壁の施工が困難な事から、計画上においても土留め欠損部は地盤改良（薬液注入）を行い法面の安定を図る計画であった。掘削後、法面は全面解放され1年以上保持する必要があることから、薬液注入の工法選定等を踏まえ追加の地質調査を実施し再検討した。その結果、部分的ではあるが安定（円弧すべり）が確保できない部分が検証されたこと

と、薬液注入（二重管複相ストレーナ）の信頼度等を踏まえ協議の結果、薬液注入工法から高圧噴射攪拌工法（JSG）に変更し施工した。

2) 法面挙動計測管理

法面の挙動に関しFEM解析を行った結果、変状は微量で危険性のリスクは少ないことが確認された。しかし、市街地の幹線道路での大規模開削工事であり、日比谷通りの覆工端部であり大型車両の衝撃がかかる位置でもあることと、掘削放置期間も1年3ヵ月と長いため路面の序盤変状測定は基より、計測による法面の挙動を監視していくこととした。今回、法面に変位が発生した場合、目視で確認できる光る変位計（LEDS）も採用することとした。計測方法は表—2の通りとした（写真—4, 5, 図—9参照）。

表—2 法面挙動計測一覧

計測項目	使用機器	仕様	数量
改良体の傾斜	多段式傾斜計	NKB-5LC	2断面×6台
改良体の水平変位	巻込型変位計	DP-E	2箇所
	光る変位計	LEDS	1箇所

※光る変位計：想定変位を色に変える装置で計測データを「見える化」するものである。



写真—4 光る変位計：計測箇所



写真—5 光る変位計
誰でも安全通路から確認できる

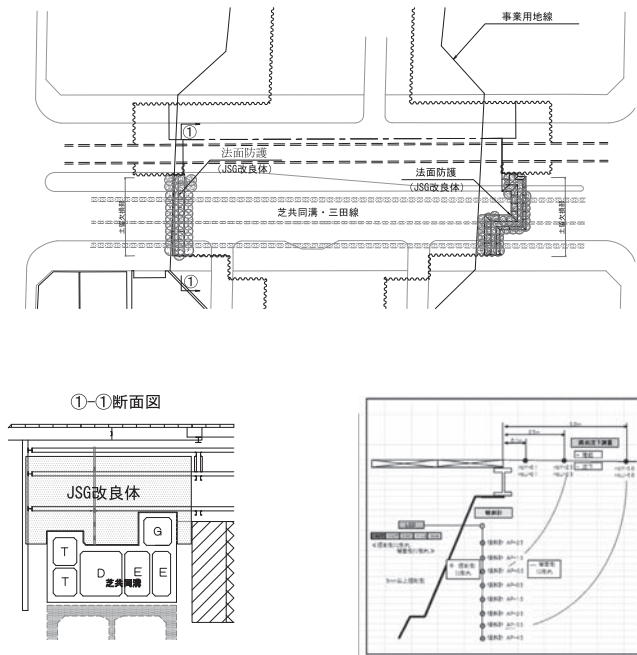


図-9 法面防護計画図

計測システムとしては、沈下・隆起と水平変位を同時に測定できる、小型・高精度のレーザー式変位計を採用した。現在、掘削は完了したものの、掘削段階で鉛直方向及び水平方向に動きが計測されたことから、今後共、現場の施工と計測値をリンクさせながら細心の注意を払い施工を進める必要がある(図-10参照)。

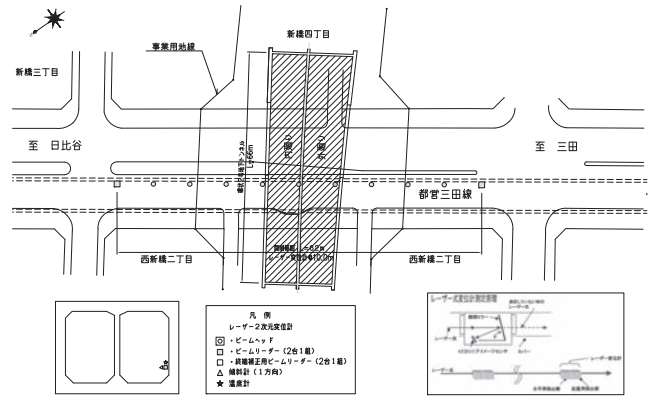


図-10 計測管理計画図

(5) 三田線挙動計測管理

東京都交通局では、工事による地下鉄構造物への影響を事前に予測して地下鉄運行の安全を確保すると共に、工事を合理的に行うため、昭和49年に「地下鉄構造物に対する近接工事取扱い(暫定)指針」を定めており、当該工区においては、近接施工の範囲で条件範囲に入ることから、対策として、設計施工にあたり地下鉄構造物に影響を与えないように特別の考慮を行い、施工時には変状観測を行う必要があるとされている。

(a) 影響予測と管理値

実際の施工ステップに合わせたFEM解析の結果、鉛直方向及び水平方向への挙動値が確認されたことから、掘削施工においては計測施工とする必要があることを確認した。尚、管理値としては、保線課との協議等を踏まえ決定した。

(b) 計測管理

計測に関しては、三田線内に計器を設置し常時自動計測すると共に、定期的(1回/月)に軌道上の測量を行う事とした(表-3参照)。

表-3 地下鉄挙動計測一覧

計測箇所	計測項目	計器	頻度
三田線躯体	鉛直変位	レーザー変位計	常時(1H)
	水平変位		
	傾斜	傾斜計	
三田線軌道	レベル, 水平移動	測量機器	1回/月

4. おわりに

三田線御成門・内幸町間の交差部工事は、本格着手してから約2年半が経過し76%の進捗率となっている。現在、他企業工事と併せて、芝共同溝の洞道移設(G, NTT)を行っており、今後、芝共同溝の改築と環状2号線のトンネル築造へと進めていく事となる。

本工事の着手より関係各位から貴重な意見を頂いた事に感謝すると共に、無事故での完成に向け関係者一同一丸となって邁進して行く所存である。

JCMIA

【筆者紹介】

鈴木 雅博(すずき まさひろ)
 錢高組
 東京土木支店 土木部

