

軟弱粘土地盤の立坑掘削に伴うリバウンド挙動

JR 東日本 建設工事事務所 構造技術センター 正会員 ○小泉 秀之
 JR 東日本 東京工事事務所 正会員 桑原 清
 (株)鴻池組 東京本店 村下 富雄
 JR 東日本コンサルタンツ(株) 施工技術部 吉田 知史

1. はじめに

線路下横断工事に非開削工法を採用したが、軟弱粘性地盤における線路脇立坑掘削に伴い、掘削途中段階において想定以上のリバウンドが発生し、列車影響ならびに掘削底面下を線路直角方向に横断する幹線シールド下水管への影響が懸念された。このためリバウンド挙動に関して FEM による逆解析等を実施し、最終掘削時に想定されるリバウンド量とその状況を予測し対策工を実施した。その解析内容と結果について報告する。

2. 工事概要および地質概要

対象工事区間の平面図、横断図ならびに地質柱状図を図-1 に示す。対象工事は、JR 武蔵野線直下に、幅 24.7m × 高さ 8.2m × 奥行 35.1m、1 層 4 径間の道路ボックスカルバートを HEP&JES 工法により構築するものであり、最小土被りは約 1.1m となる。線路両脇には発進・到達立坑（発進立坑掘削範囲：（約）32m × 28m × 深さ 7m）が仮設され、最終的には線路下ボックスカルバートアプローチ部として土留擁壁を築造する。土層構成は、レールレベル（R.L.）～-5m まで盛土が存在し、それ以深には N 値 1～3 程度の非常に軟弱なシルト層が 25m 程度堆積している。

今回新設する道路ボックスカルバート直下には、最小離隔約 2.6m に幹線下水管（外径 2350mm、内径 1650mm）が設置されている。下水管はシールド工法により施工されており、一次覆工の鋼製セグメント（セグメント高 128mm）、二次覆工コンクリートで構成されているが、立坑掘削に伴うリバウンドにより、覆工コンクリートの局部的なひび割れ発生等を避けるため、立坑底面のリバウンドを最大 30mm に抑えることとした。事前に下水シールド縦断方向に対して、二次元線形弾性 FEM 解析ならび立坑掘削に伴うヒービング検討を実施した結果、リバウンド量も大幅に超過し、ヒービングに対しても必要安全率を満たさないことから、掘削床付面下に厚さ 3.0m、幹線下水周辺に門型形式となる地盤改良を実施した（図-1）。

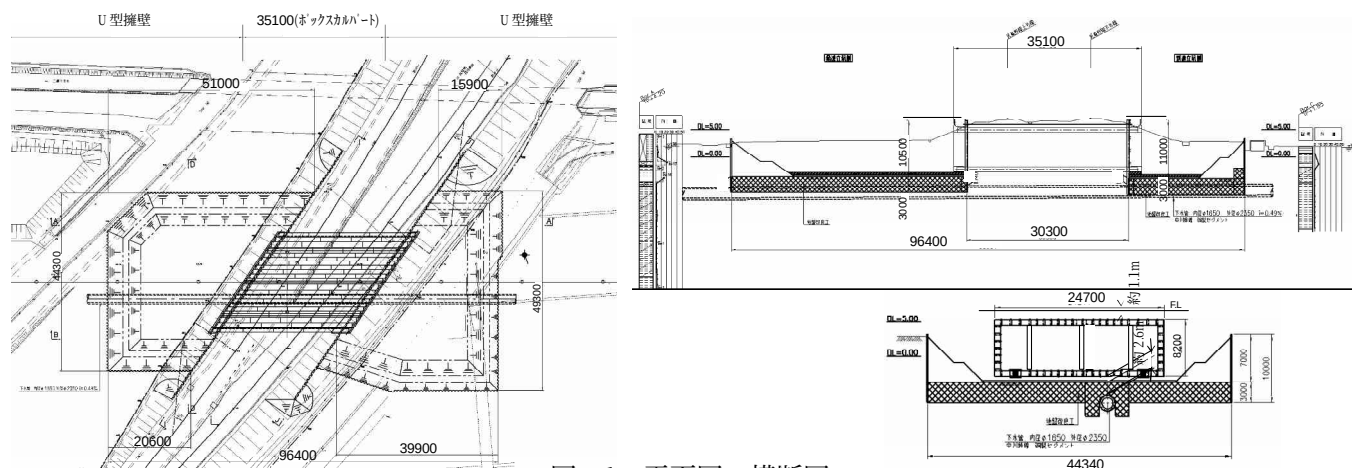


図-1 平面図・横断図

3. 現地計測結果を用いた逆解析

上記対策工を実施し施工を進めたが、立坑掘削に伴い想定以上にリバウンドが進行したことから（図-2）、発進立坑に対して、変形係数(E)をパラメータとした逆解析を実施し、今後のリバウンド量を算定することとした¹⁾。

解析に用いた検討断面を図-3 に示す。合わせて解析に用いた土質パラメータ、解析ステップを表-1、表-2 に

キーワード：リバウンド、逆解析、立坑掘削

連絡先：〒151-8578 東京都渋谷区代々木 2-2-2 TEL03-5334-1288 E-mail: koizumi@jreast.co.jp

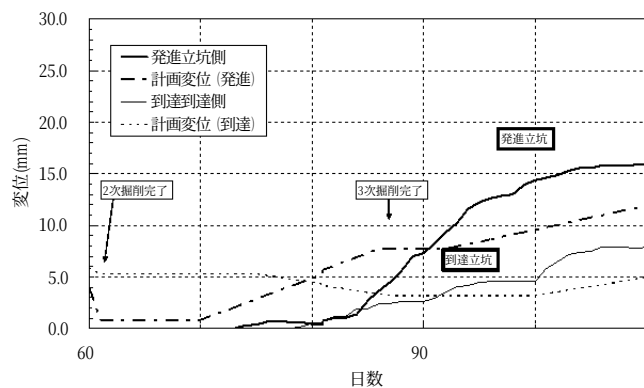


図-2 立坑底版リバウンド量

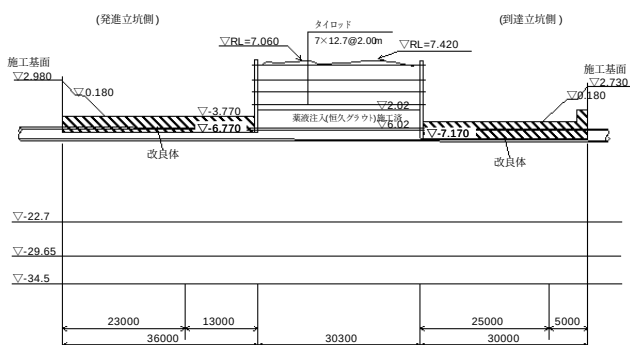


図-3 解析検討断面

示す。

なお、到達立坑側では地盤改良手法が異なるという差異はあるものの、発進立坑と比較してリバウンド量が小さいことから、発進・到達立坑共通地盤とな

る Ac2-3 層以深の地盤定数の変更は行わないこととした。

解析 STEP3 にあたる、下水シールド近くに設置した層別沈下計による鉛直変位計測値と解析値を示す(図-4)。逆解析を実施した結果、現状の掘削段階と一致する結果を得るには当初設定した変形係数に対し、75%程度に低減させる必要があった。また FEM 解析結果より実際のリバウンド量が大きく発生する事例²⁾も参考に、当初設定した変形係数に対して 75%に低減させた地盤条件を用いて、今後の掘削に伴うリバウンド量を予測することとした。

4. 予測解析

上記条件をもとに、表-2における STEP4~5の予測解析を実施し、今後のリバウンド量を予測した(図-5)。最終掘削ステップで下水シールド位置において鉛直変位で 40.1mm 隆起する結果となり、許容値(30mm)を大きく超えることから、追加対策工として、STEP5の4段タイロッド~最終掘削分(1.55m)の土塊重量分(5m×5m×1.55m)に安全率を割増した重量に相当する鉛直グラウンドアンカー(約 1,000kN/1本)を実施することとした。

5. おわりに

当初想定以上のリバウンドが発生した。しかし現場計測と逆解析を用いたリバウンド予測、および現場にて追加対策工

を実施することにより、リバウンドの進行を抑え、最終掘削まで許容値内にて施工することができた。

参考文献

- (財)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル 参考資料 11 リバウンド量の実態と算出例, pp.429-436
- 鎌田敏正ほか:大規模掘削における交差線状構造物とその周辺地盤の挙動, トンネルと地下, Vol.28, No.9, pp.7-16, 1997

表-1 土質諸元

土層	深度 R.L-m	N値	γ_t kN/m ³	c kN/m ²	ϕ °	E kN/m ²
盛土(Bs-c)	R.L~-1.60	3	16.5	35.0	0	2,500
シルト(Ac1-1)	-1.60~-2.60	7	16.5	45.0	0	3,000
細砂(As-1)	-2.60~-4.75	14	18.0	0.0	35	6,750
砂混シルト(Ac2-1)	-4.75~-22.70	1	16.5	55.0	0	2,500
砂混シルト(Ac2-3)	-22.70~-29.65	3	16.5	55.0	0	2,500
シルト(Ac1)	-29.65~-34.50	12	17.0	75.0	0	15,000
改良体		原	原	300.0	0	100,000

表-2 解析ステップ

STEP	内容	深度(T.P)	ステップ毎の掘削深さ(m)
1	1次掘削	+7.1~+4.98	2.12
2	1段タイロッド~2次掘削	+4.98~+2.48	2.50
3	2段タイロッド~3次掘削	+2.48~+0.18	2.30
4	3段タイロッド~4次掘削	+0.18~-2.22	2.40
5	4段タイロッド~最終掘削	-2.22~-3.77	1.55

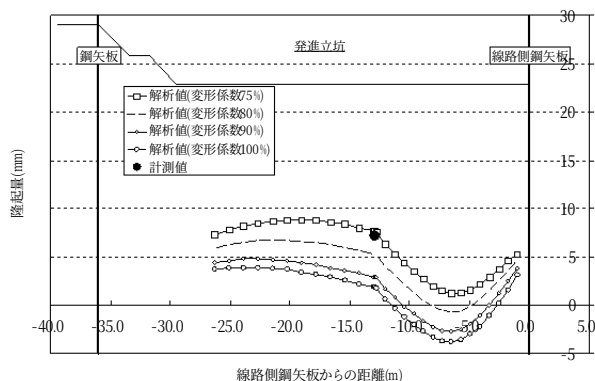


図-4 リバウンド逆解析結果

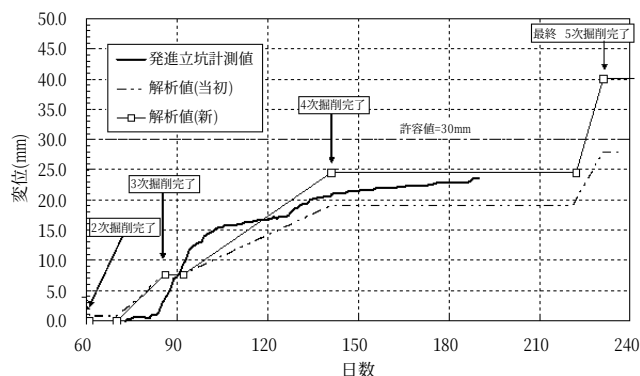


図-5 リバウンド計測値と予測解析結果