

逆解析手法に基づく土留工の効率化

戸田建設(株)

正会員

○木戸 しおり

正会員

岩永 祐治

鷹取 寛

1. はじめに

本稿では、工期短縮を図るため掘削時の土留支保工の計測データを用いて弾塑性逆解析を行い、土質定数等の条件を見直すことにより、土留工の効率化施工を行った工事について報告する。

2. 工事概要 と課題

本工事は、東名高速道路（横浜青葉 IC）と第三京浜道路（港北 IC）を結ぶ横浜環状北西線（以下、北西線）のうち、立坑 1 箇所と 3 連 1 層の函渠を構築するものである。立坑は北西線延長 7.1km のうち約 3.9km のトンネルを掘り進めるシールドマシンの発進立坑となる。

北西線は東京オリンピック前までの完成を目指しているため工期短縮が命題であり、下記 3 点に着目した。

- ① 函渠内の狭隘な空間に設置する盛替支保工（H-500）の削減による、土留工の作業効率の向上。
- ② 函渠部頂版上部の土留支保工の 2 段同時撤去による、埋戻し・締固めの作業効率の向上。
- ③ 上記①②採用時の土留壁変位による、近接下水管（埋設深度 GL-8.2m、土留壁との最小離隔 700mm）への影響を事前把握することで工事遅延防止。

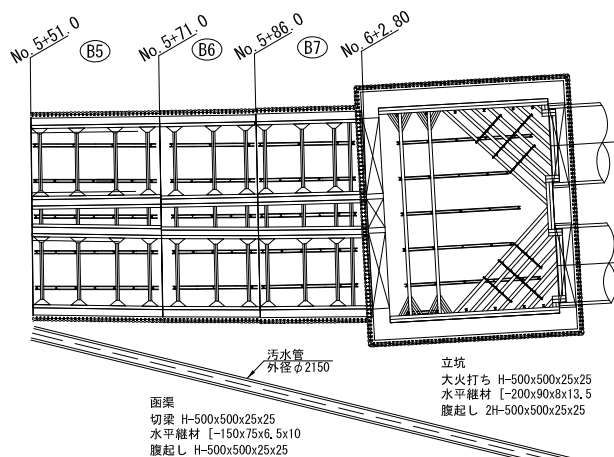


図-1 盛替時土留支保工平面図

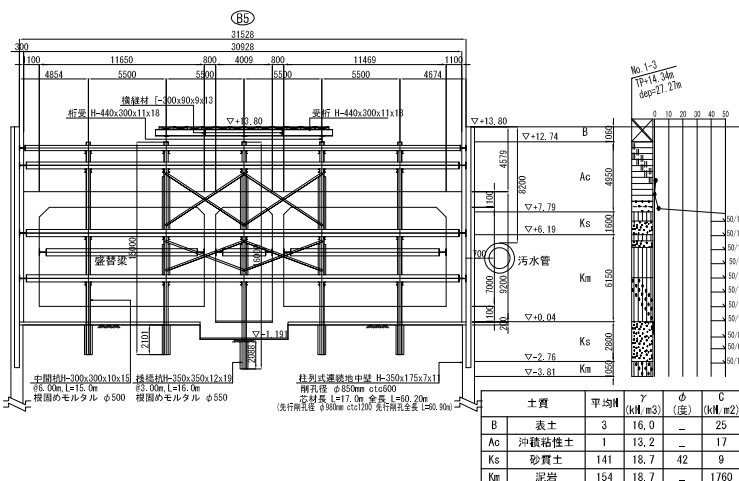


図-2 函渠仮設工横断面図

3. 具体的検討内容

函渠断面図と構築箇所の地盤条件を図-2 に示す。函渠の掘削深度は地表面から GL-16.0～-20.0m 程度である。函渠構築部の土留壁背面地盤において、GL-6.0m 付近以深は堅硬な土丹層（換算 N 値 140 以上）が分布しているため、掘削に伴う土留壁の変位量や切梁軸力の実測値は、当初設計値よりも小さくなることが想定された。したがって、土留壁変位量および切梁軸力の計測結果から逆解析により土質定数等を見直して盛替支保工架設時以降の土留壁の挙動を再計算し、盛替支保工減量時および 1、2 段梁同時撤去時の構造安全性、並びに既設下水管への影響度を検証することとした。

4. 計測結果および逆解析採用計測値

傾斜計、軸力計は B5、B6 函渠（図-1）に 1 箇所ずつ設置した。傾斜は深度 1m 毎に、軸力は全段で計測した。最終掘削完了時の B5 函渠の土留壁変位は GL-1.0m で最大 20.9mm であり、設計値の約 26%、軸力は最大 210kN（4 段梁）であり、設計値の約 13%であった。一方、B6 函渠の土留壁変位は GL-1.0m で最大 25.1mm であり、

キーワード 工期短縮 土留工計測管理 弾塑性逆解析 ファジィ理論

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設(株)首都圏土木支店 TEL:03-3535-1426 FAX:03-3567-4852

設計値の約 34%、軸力は最大 330kN（2 段梁）であり、設計値の約 26%であった。
切梁軸力は部分的に作用していない箇所もあるため、土留壁変位計測結果を用いて逆解析を行うこととした。

5. 逆解析結果

土質定数等（上載荷重、地盤バネ定数、粘着力、土層の細分化）を適宜組み合わせて、土留壁変位の実測値に逆解析値をフィッティングさせた結果を図-3、4 に示す。

土留壁変位の実測値と解析値の整合性の良否を判定する際の、専門技術者の意思決定プロセスをファジィ理論によりモデル化し、これを同定した要因¹⁾と B-5 函渠の評価結果を表-1 に示す。土留壁変位のフィッティング度合の評価に基づき、土質定数等の修正値を表-2 のとおり決定した。

表-1 フィッティング評価項目

評価順位	評価項目	評価内容	評価指標	評価結果
1	平均絶対差	実測値と解析値の差の絶対値の平均値	1.61 以下	0.66
2	全体差	全ての実測値と解析値の 2 乗平均誤差	1.05 以下	0.84
3	ピーク値付近差	実測値ピーク付近 5 点と解析値の 2 乗平均誤差	0.84 以下	0.48
4	ピーク深度差	実測値、解析値のピーク深度の差	3.70 以下	0.00
5	15%誤差比率	実測値と解析値の差が実測値の 15%以内である比率	0.47 以上	0.00

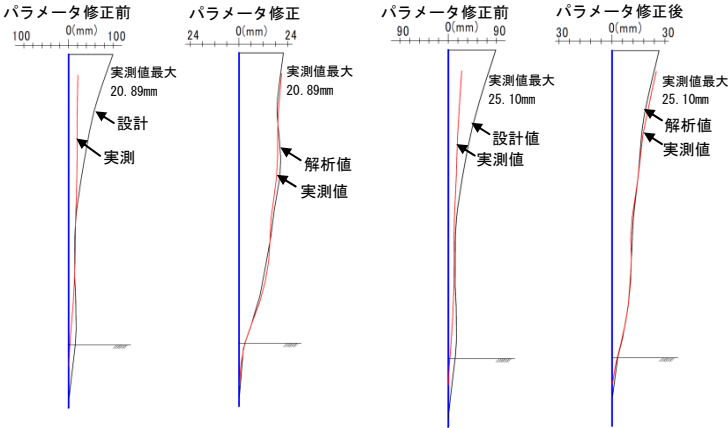


図-3 B5 函渠土留壁変位フィッティング結果
図-4 B5 函渠土留壁変位フィッティング結果

6. 構造安全性の検証結果および工期短縮効果

逆解析により求めた土質定数等の修正値を用いて、函渠の盛替支保工の減量および 1、2 段梁同時撤去を行った際の構造安全性について検証した。なお、計測データのない B7 函渠については近傍の B6 函渠の修正値を用いて検証を行った。

その結果、B5～7 の全函渠において、支保工および躯体の安全性を確保して下記の①～③の効率化が可能であることが確認できた。

- ①切梁 H-500 から H-350、腹起し H-500 から H-400 に変更
- ②3 連函渠の中央部においては腹起しの削減
- ③函渠頂版上の切梁を埋戻しせずに 2 段同時撤去

さらに、土留壁近傍にある既設下水管の変位についても、許容変位量（57mm）の 55%以下となる結果が得られた。

検討結果を踏まえて土留工計画を変更し、盛替支保工の減量により 13 日、2 段梁同時撤去により 15 日の工期短縮ができた。なお、他の対策効果も合わせて最終的に契約工期よりも 2 か月半早く引き渡すことができた。

表-2 B5 函渠部土質定数等修正値

修正項目	設計		修正後	
上載荷重 (kN/m ²)	20		0	
地盤バネ定数 (kN/m ³)	1 層目	2018.4	1 層目	96.1
	2 層目※	2402.8	2 層目	2403.0
			3 層目	5767.0
			4 層目	240.0
			5 層目	240.0
			6 層目 (主働側)	240.0
			6 層目 (受働側)	500.0
	3 層目	94863.0	7 層目 (主働側)	24028.0
			7 層目 (受働側)	29352.0
	4 層目※	103801.5	8 層目	30000.0
粘着力 (kN/m ²)	5 層目	9.0	9 層目	103801.5
			10 層目 (主働側)	100000.0
			10 層目 (受働側)	233333.0
			10 層目	65.0

7. おわりに

土留壁の計測管理は、施工時の土留支保工の構造安全性、周辺環境等への影響度の検証に加え、工期及びコスト削減を目的とした支保工撤去等の検討においても非常に有用であり、より質の高い施工管理に役立てることができる。また、逆解析時の土質パラメータの設定においては、土質試験データのばらつき、実際に作用している上載荷重、表層改良している場合はその効果等を適切に評価する必要がある。

【参考文献】 1) 渠元利博他：逆定式化による土留め逆解析法,土木学会論文集 No.469/III-23,pp.35-44,1993.6