

III-454 開削トンネルにおける土留め工の計測と解析（その1：硬質地盤）

帝都高速度交通営団 正員 小野重剛
同 上 正員 横田三則
同 上 正員 辻 雅行

1. はじめに 営団地下鉄7号線は、現在駒込～岩淵町で工事中であるが、このうち開削工法で施工する地下駅の土木工事はほぼ終了し、後はシールド工の完成を待つのみとなっている。今回の工事では、開削工事は7現場あり、すべての現場で計測管理を行い、安全性を事前に確認できたので、良好な施工を行うことができた。ここでは、今回の計測データを整理し、土留め工の設計方法について検討したので、その結果について報告するものである。

なお、本報文では、7現場の内、硬質地盤での工事となった、駒込・西ヶ原・王子の3現場の検討について述べるものである。軟弱地盤での工事となった残りの4現場の検討結果は、同名報文（その2）で報告する。

2. 施工方法と土質 3現場の内、駒込と西ヶ原の地盤は良く似ており、地表から1～2mまでの表土の下に、洪積層である関東ローム層（GL-7mまで）・本郷層（砂礫層）・東京層（砂層、粘性土層）・東京礫層が続いている。一方、王子の地盤は、地表2～3mまでの表土の下に、沖積層の粘性土層と砂質土層（GL-10mまで）、洪積層の東京層・東京礫層が続いており、他の2現場に比べると軟らかい地盤となっている。各現場の掘削深さは、16m（西ヶ原）～19m（駒込・王子）となっている。土留め壁は、地下水を有する砂質土層中の掘削となるため、遮水性の土留め壁である柱列式地下連続壁（φ450親杭間隔1.35m）とした。支保工は切梁としたが、若干軟かい地盤である王子では、上床逆巻スラブとして用いた。

3. 実測値と計算値の比較 土留め壁の応力・変形、切梁軸力の計算を、表1に示す入力条件を使用して弾塑性法¹⁾で行ったところ、切梁軸力を除いて実測値より大きな値となった。（図3～図5参照）この入力条件は（地盤バネ、側圧）が、江東区の辰巳停車場という軟弱地盤での実測値を基にして定めたためと考える²⁾。そこで、今回洪積地盤に対して、次の2点を修正することとした。（表2参照）つまり、①洪積層の地盤は一般によく締まっているので、掘削面側の抵抗側圧に粘着力³⁾をみる。②土留め壁の変位量が小さい洪積地盤では、水平地盤反力係数を沖積地盤より大きくみる。その結果、修正した入力条件による計算値は、表1に示した入力条

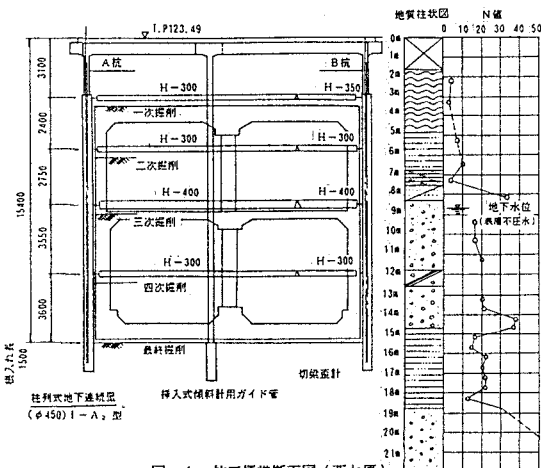


図. 1 施工標準断面図（西ヶ原）

表. 1 弾塑性法での土質条件

背面側の設計側圧	砂質土
	$P_a = K_{as}(q + \gamma h - P_v) + P_v$ $K_{as} = \text{ラングレンの土圧係数}$
掘削面側の抵抗側圧	$P_a = K_{ps}(\gamma h' - P_v) + P_v$ $K_{ps} = \text{ラングレンの土圧係数}$ $\text{土質係数 } (\sigma = 2/3 \sim 1)$
掘削面側の静止側圧	$P_o = K_{os}(\gamma h' - P_v) + P_v$ $K_{os} = 1 - \sin \phi$
	$k_h = 50 \cdot N \cdot (c/f \cdot a^3)$

q: 土質係数, γ : 土の単位重, h : 土留め壁の高さ(掘削面から), P_v : 掘削面側の土留め壁の土留め力(掘削面から), c : 粘着力, f : 内部摩擦角, N : N

3. 実測値と計算値の比較 土留め壁の応力・変形、切梁軸力の計算を、表1に示す入力条件を使用して弾塑性法¹⁾で行ったところ、切梁軸力を除いて実測値より大きな値となった。（図3～図5参照）この入力条件は（地盤バネ、側圧）が、江東区の辰巳停車場という軟弱地盤での実測値を基にして定めたためと考える²⁾。そこで、今回洪積地盤に対して、次の2点を修正することとした。（表2参照）つまり、①洪積層の地盤は一般によく締まっているので、掘削面側の抵抗側圧に粘着力³⁾をみる。②土留め壁の変位量が小さい洪積地盤では、水平地盤反力係数を沖積地盤より大きくみる。その結果、修正した入力条件による計算値は、表1に示した入力条

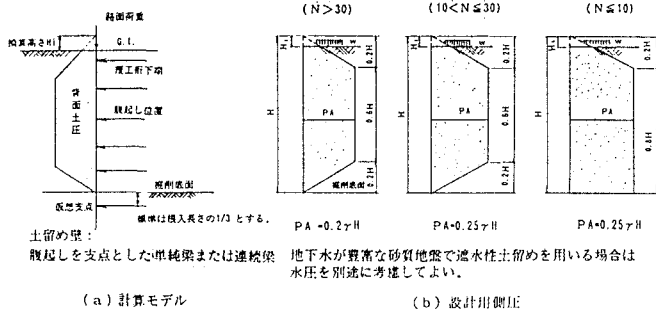


図. 2 慣用計算法

（表2参照）つまり、①洪積層の地盤は一般によく締まっているので、掘削面側の抵抗側圧に粘着力³⁾をみる。②土留め壁の変位量が小さい洪積地盤では、水平地盤反力係数を沖積地盤より大きくみる。その結果、修正した入力条件による計算値は、表1に示した入力条

件での計算値より小さくなり、計算誤差等を考慮すれば、実測値とほぼ一致した。また、慣用計算法（図2参照）による計算値は、実測値より若干大きくなっているものの、概ね一致していると考えられる。

4. おわりに 今回の硬質地盤での実測値より、硬質地盤での弾塑性法の入力定数の定め方を決定するとともに、慣用計算法の硬質地盤への適応性についてもほぼ確認することができた。今後営団が施工する新路線の設計では、硬質地盤においては土留め壁の応力と切梁軸力のみ計算するときは慣用計算法、土留め壁の変位も計算するときは、上記の入力条件による弾塑性法を使用し、安全かつ経済的な工法の検討をしていきたいと考えている。

表2 弾塑性法の入力条件の修正
（硬質地盤の場合の修正箇所）

掘削面側の 土抵抗係数	$Pp = Kps \cdot (1 + h' \cdot h'') + Pw$ $Kps = \frac{Kps}{(1 + 2h' \cdot h'')}$ $(h' = 24)$
掘削面側の 土抵抗係数	液状化の2倍とする。 $Kh = 100N$ $Kh = 200C$

q: 土留め壁圧、 h' : 土留め壁の高さ、 h'' : 土留め壁の埋込高さ、 Pw : 土留め壁の自重、 Kps : 土留め壁の土抵抗係数、 C : 土留め壁の埋込率、 N : 土留め壁の埋込率

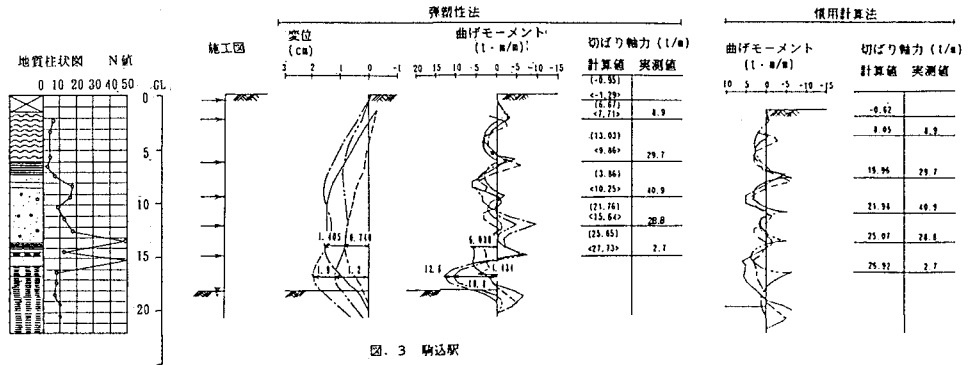


図3 駒込駅

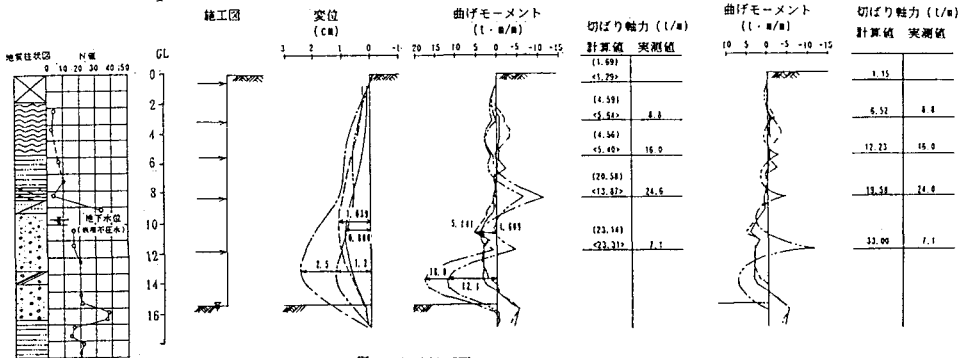


図4 西ヶ原駅

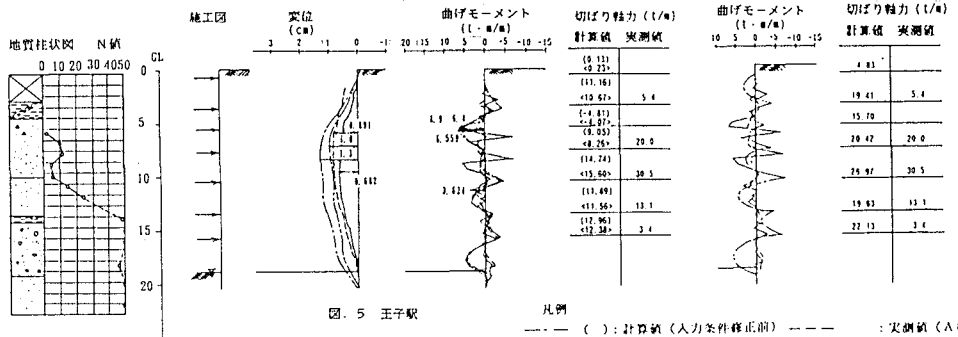


図5 王子駅

凡例

— () : 計算値 (入力条件修正前) — : 実測値 (A杭側)
 --- < > : 計算値 (入力条件修正後) — : 実測値 (B杭側)

¹⁾ 中村・中沢：「掘削工事における土留め壁応力解析」土質学会論文集 s47.12

²⁾ 増田・入江・渡邊：「軟弱地盤における掘削土留め工の現場計測と設計方法について 8号湾岸線辰巳停車場」土木学会第41年次講演会 s61.11

³⁾ 光成・伊勢本：「大規模根切工事の実例集（その4）」第21回土質工学研究発表会 s61.6