

大規模掘削に伴うリバウンド量の事前予測と現場計測工法の有効活用

大規模掘削, リバウンド, 現場計測

大阪市交通局

綿谷茂則,

伊藤博幸

清水・アイサワ・南海辰村特定建設工事共同企業体

長田謙二

飛島・銭高・壺山特定建設工事共同企業体

日野宣隆

地域 地盤 環境 研究所 正会員 ○ 畠田孝宏, 早川清

1. はじめに

大阪市地下鉄 8 号線の車両基地となる第 2 鶴見検車場工事では, 大規模土留め掘削および掘削底面以深に存在する洪積粘土層の影響から, (1) 先行打設した躯体が, 後続の分割掘削に伴って発生するリバウンド(以下, 残留リバウンド)によって持ち上げられる可能性と, (2) リバウンドに時間依存性がある場合, 躯体打設後もリバウンド(以下, 時間遅れリバウンド)が継続して発生する可能性が考えられた. これらの挙動により, 掘削底面からの不等隆起が原因となって, 本体構造部底床版にクラックが発生したり, 本体構造物の構築精度(ローテーション)の確保が困難になることが懸念された. ここでは, ひずみレベルを考慮した FEM 解析からリバウンド量とその分布状況を事前予測し, 現場計測工法を利用して施工管理を実施したので, それらの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を図 1 に, 土質縦断図を図 2 に示す. 対象現場は, 東西方向約 200m×南北方向約 100m の面積を有する大規模掘削現場であり, 北側が国道 163 号線, 東西および南側に民家が近接していた. 工区は南北に分かれており, 図 1 に示す位置において土留め壁頭部および栈橋頭部のレベル測量と, 深部からの地中鉛直変位を自動計測した. 土層構成は, 上部から GL-6m~10m までの沖積層と GL-22m~30m までの上部洪積層が存在し, それ以深に硬質な大阪層群が堆積している. 解析対象断面は, 本工事において最も深く掘削する場所であり, 本体構造物底床版は, 上部洪積層である Tc12 層(層厚 5~11m, 粘着力 $c=60\sim140\text{kN/m}^2$)に位置した. リバウンド対象土層としては, Tc12 層と Tc11 層(層厚 2~11m, 粘着力 $c=300\text{kN/m}^2$), およびそれ以深の大阪層群粘土層が考えられる.

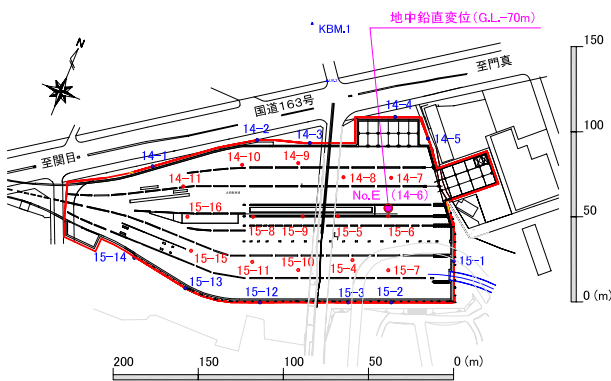


図 1 大規模掘削平面図

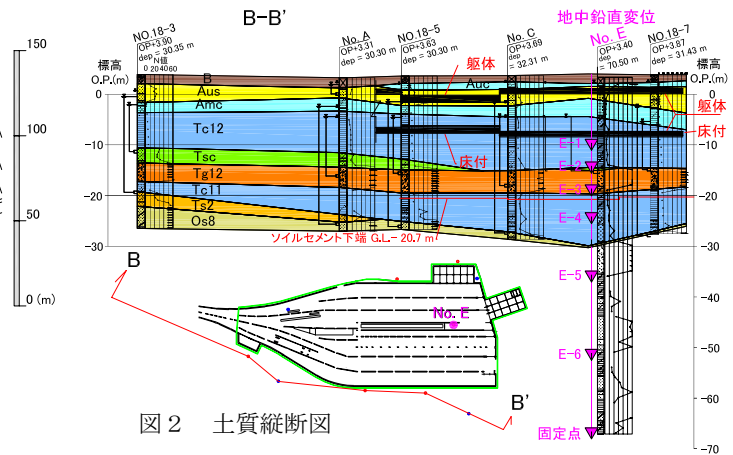


図 2 土質縦断図

3. 事前予測解析

リバウンドの発生量, 発生土層および分布状況について概略見当を付けておくことを目的に, 二次元線形弾性 FEM 解析による事前検討をおこなった. 解析に用いた土質パラメータを表 1 に示す. 変形係数については, 文献 1) による設定方法と, 別途不攪乱試料を採取して実施した K_0 圧密(膨潤過程含む)非排水三軸試験結果から, 総合的に判断した. 土留め壁~掘削側地盤の相互作用については, 不等隆起を問題にしていることから, 剛結状態を仮定した. Boussinesq(ブシネスク)の弾性応力解を参考にして, GL-300m 付近(掘削幅 100m の約 3 倍)からリバウンドが発生すると推定したが, リバウンド計測の経済性を考慮して, 今回 GL-70m 位置に固定点を設けていることから, 解析上の下方境界深度もそれに準じた. 解析の結果, 掘削中央付近における最大リバウンド量は約 30mm になり, 南側工区のみ先行掘削した後, 全面掘削した際の後追いリバウンド量は約 20mm になった(図 3 参照). ただし, 本解析では, 施工過程を考慮した三次元的なリバウンド挙動や, 粘弾塑性的な地盤変形挙動を考慮していないことから, 最大リバウンド量については, これまでの実績を考慮して²⁾, 45~60mm(FEM 解析結果の 1.5~2 倍)程度発生すると設定した.

Prediction of Rebound during Large Scale Excavation and Effective Use of Observational Method

Shigenori WATATANI & Hiroyuki ITO(Osaka Municipal Transportation Bureau), Kenji NAGATA(Shimizu Construction JV), Noritaka HINO(Tobishima Construction JV), Takahiro KONDA & Kiyoshi HAYAKAWA(Geo-Research Institute)

表1 解析上用いた土質パラメータ一覧表

土層	深度 GL -m	N値	γ_t kN/m ³	c kN/m ²	E MN/m ²	ν
B	1.85	—	—	—	13	0.35
Auc	2.25	3	17.0	28	13	0.45
Aus	6.30	4	17.0	0	30	0.35
Amc	10.75	0	16.0	26	12	0.45
Tc12上	15.20	4	17.0	64	50	0.45
Tc12下	18.25	5	17.3	142	68	0.45
Tg12	21.45	99	20.0	0	743	0.35
Tc11	29.85	12	18.0	305	146	0.45
Os8上	38.70	100	20.0	0	750	0.35
Oc8上	43.60	12	18.0	208	100	0.45
Os	44.70	34	19.0	0	255	0.35
Oc8下	47.20	15	18.0	208	100	0.45
Os8下	53.90	100	20.0	0	750	0.35
Oc①	59.10	15	18.0	396	190	0.45
Os①	63.60	33	19.0	0	248	0.35
Oc②	66.30	21	18.0	394	189	0.45
Os②	67.80	90	20.0	0	675	0.35
Oc③	70.00	29	19.0	544	261	0.45

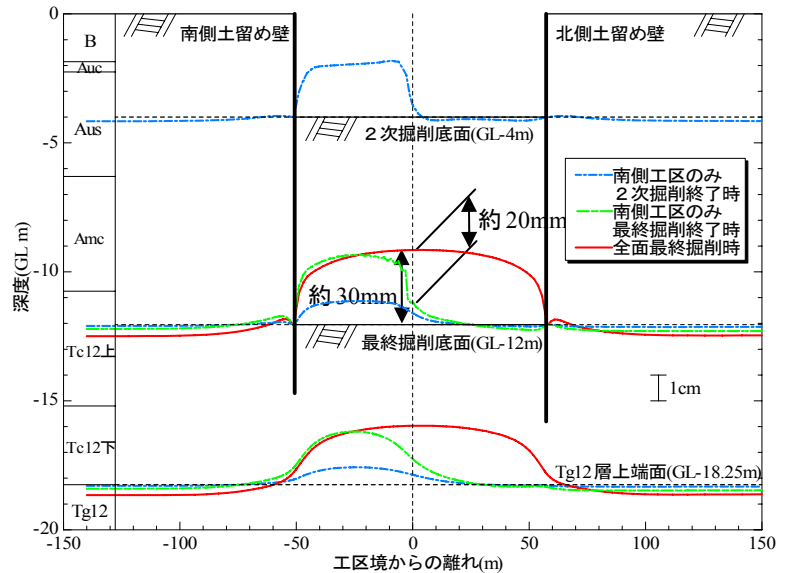


図3 FEM解析結果

4. 現場計測工法を利用した施工管理

掘削途中段階における隆起量(レベル測量)を図4に示す。土留め壁よりも掘削平面中央部の栈橋において隆起量が大きい傾向にあり、解析上の隆起分布曲線と定性的に良い対応が得られた。栈橋頭部の隆起量近似破線により、最終掘削時(GL-12m)におけるリバウンドを約36mmと予測した。掘削深度維持期間中(計測点付近で掘削が中断している期間中)に発生した増加隆起量を図5に示す。これは、残留リバウンドと時間遅れリバウンドを足した不等隆起量を示しているが、最終掘削以降～基礎コンクリート

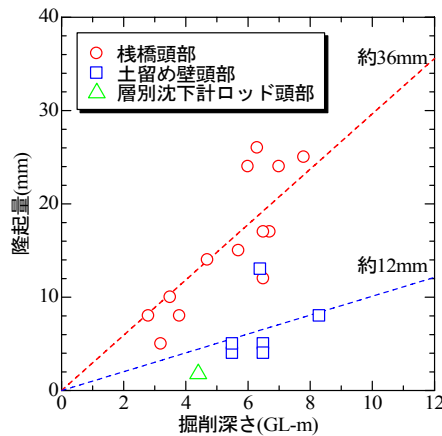


図4 掘削途中段階のレベル測量結果

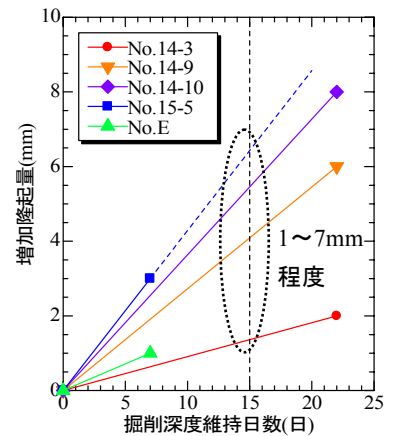


図5 不等隆起予測図

打設までの放置期間を半月程度予定していたことから、最終掘削以降に発生する不等隆起量を1~7mm程度と予測した。施工的には10mm程度の不等隆起量を想定し、余掘り掘削を実施した。また解析結果から、土留め壁から約10m離れたと一次元的なリバウンド分布を示すことから、底床版の施工ブロック境界について、10m以上離してコンクリート打設することを基本にして施工順序を工夫し、実施工にあたった。

5. おわりに

層別沈下計によるリバウンド経時変化図を図6に示す。掘削底面付近のリバウンド量は、固定点の隆起量を含めると、最終掘削時において44mm程度であったのが、残留リバウンドと時間遅れリバウンドの影響によって隆起量は漸増し、最大リバウンド量は54~57mm程度になった。つまり、残留リバウンドと時間遅れリバウンドは約10~13mm程度となり、想定範囲内であった。また最終リバウンド量も、事前に設定した範囲内であった。以上のことから、事前予測によるリバウンド量の概略的把握と現場計測工法を用いた不等隆起量の予測を有効活用することによって、安全な施工管理が実施できた。

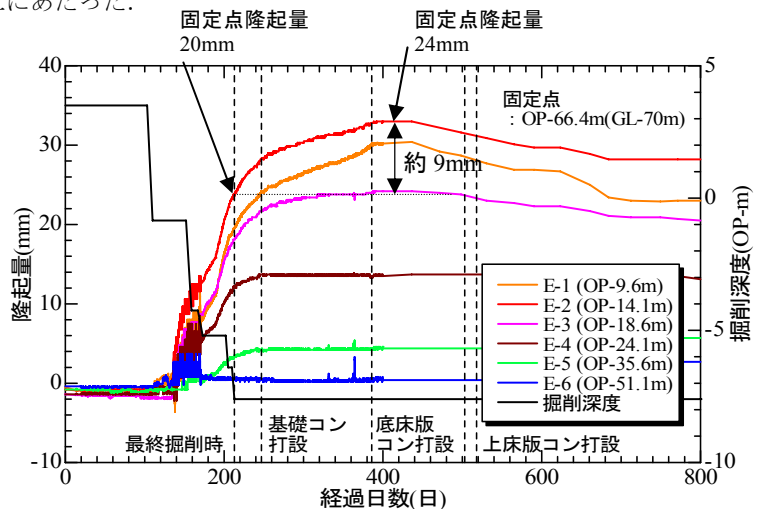


図6 層別沈下計によるリバウンド量経時変化図

参考文献 1) (社)日本鉄道技術協会：深い掘削土留工設計法 付属資料-12 リバウンド量の実態と算出例, pp.255-259, 1993. 2)たとえば, 鎌田敏正, 太田擴, 小野沢清, 有本弘孝：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.