

大平面掘削に伴うリバウンド量の予測解析と計測結果

東京都土木技術研究所

正会員

佐々木俊平

同上

正会員

〇住吉卓

同上

正会員

山村博孝

同上

正会員

杉本隆男

1. はじめに

平面規模の大きい開発プロジェクトにおいては、並行して複数の掘削工事を行うため、周辺地盤は、掘削の位置や面積、深さなどの施工プロセスによって複雑な挙動を示し、既設構造物に影響を与える可能性がある。

ここでは、図-1 に示すような線状の既設地下構造物（3層5径間構造物、約 深さ 20×幅 40×延長 400m）を両側から挟む形で施工した掘削工事（最大掘削深さ：24～35m）について、地盤のリバウンドに注目して実施した予測解析と計測の結果を報告する<sup>1)</sup>。

2. 地盤の状況

図-2 に A 街区の代表的な土質柱状図を示す。図中に PS 検層から得られた地盤の変形係数 Eps やポアソン比  $\nu$  を併せて示した。また、図-3 に A 街区側の既設地下構造物に沿った地質縦断図を示す。図-2 をみると、厚さ5m程度の埋土・盛土層の下に N 値 15～45 の東京層（砂質土層）が約 17m 分布し、N 値 50 以上の東京礫層を約2m 挟み、その下位に N 値が 50 以上の江戸川層が砂質土層と粘性土層が互層をなして約 22m 分布している。この江戸川層に最大掘削面（G.L.-35.4m）が位置する。さらに、その下位には粘性土層を主体とした上総層（N 値>50）が G.L.-70m 以深まで 25m 以上分布している。この上総層の上面は、図-3 に示すように工事区域の南西から北東方向に深くなっている。

3. 解析方法

解析は 3 次元弾性 FEM (SIGNAS) を用い、入力荷重は、

①掘削による排土荷重は要素の除去によって応力を解除する

②建物荷重は逆打ち支柱（構真柱）杭の先端に分布荷重を与える

ことによりシミュレートした。

解析対象平面は、図-1 に示すように既設地下構造物両側の A、B、C の 3 街区と区街 3 号区域を含む 430m×630m のエリアとし、深さ方向は地表面から G.L.-70m までとした。また、施工区割りは図-1 の太い実線のようにモデル化し、FEM 平面要素分は細い実線で示した。なお、図中の数字は解析荷重条件を示しており、順打ち施工の区街 3 号工事が最終掘削深さに達し、各工区の掘削深さがほぼ最大を示す時点に相当する。また境界条件は端部の鉛直面は水平方向固定、鉛直方向自由、また下端の水平面は水平方向、鉛直方向共に固定とした。

キーワード：大平面掘削、リバウンド、3 次元弾性解析、計測管理

連絡先（東京都江東区新砂 1-9-15, TEL03-5683-1522, FAX03-5683-1515）

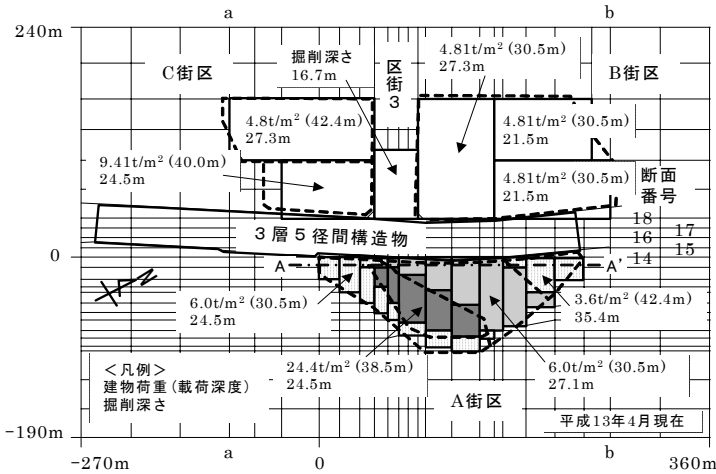


図-1 解析平面と解析時の荷重条件等

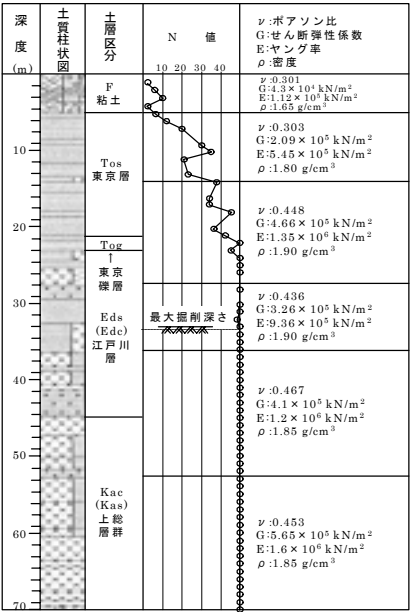


図-2 土層区分と地盤の変形係数

解析に用いた変形係数  $E$  は、図-2 に示す変形係数  $E_{ps}$  をもとにし、G.L.±0m～-38mは  $E=E_{ps} \times 1/4$ 、G.L.-38～-70mでは  $E=E_{ps} \times 1/3$  とした。この  $E_{ps}$  の  $1/3 \sim 1/4$  倍の値は、通常の設定値よりやや小さめに評価しており、この値を使って計算したリバウンド量や沈下量は、実状よりやや大きめの値を示すことになる。なお、ポアソン比  $\nu$  は、全層  $\nu=0.33$  とし、計算過程の簡略化のため、既設地下構造物や山留め壁、地下躯体の剛性は無視した。

#### 4. 解析結果と計測値

予測解析結果は、図-4 に示すようにリバウンド量が最大で約 16mm となった。この計算したリバウンド量の最大値は、別途計算した既設地下構造物の許容変形量や引張応力度等の検討を基に設定した管理基準値（鉛直方向相対変位量／三次：20mm、四次：35mm）以下に収まることを確認でき、また後日計測した実測浮上り量も最大約 12mm と管理値を超えることなく、構造物の安全を確認して工事を完了することができた。

今回の3次元弾性解析により、区街3号線から大門側のリバウンド量を定量的にもある程度シミュレートすることができた。

しかし、築地側の実測値をみると（図-4 の点線）、逆に沈下が生じている。この時期には、掘削深さで約 19m 山側が海側に比べて高くなっている。掘削に伴う排土荷重や逆打ち工法による建物荷重の影響の他に、偏土圧や水位差などの影響が大きく、既設地下構造物の沈下挙動となって現れたものと推定される。また、築地側の G.L.-20m 付近に粘性土層（図-3, Toc 層）が部分的に分布していることなど地盤の層相変化の影響も無視できない。

このように考えてくると、大平面掘削工事でのリバウンド量や沈下量の推定には、現場における地盤や地下水状況のみならず、競合工事の工程や施工条件なども勘案して、地下水位挙動或いは構造物の剛性なども考慮した3次元の土と水の連成挙動解析を行う必要がある。

なお、解析に用いた地盤の変形係数  $E$  は、 $E_{ps}$  の  $1/3 \sim 1/4$  の値とした。この値は、リバウンド量計算時の補正として提案されている  $E_{ps}$  の  $1/2 \sim 1/3$  倍<sup>2)</sup> の値や  $E_{ps}$  の 1.0～0.5 倍の変形係数が実測値とよい対応をしているという報告<sup>3)</sup>などに比べて小さめの値である。これは、計測管理をする上での事前予測として、危険側をみて小さめな変形係数を用いたことによる。本報告はA、B、C街区などの工事関係者で構成された「汐留地区合同計測協議会」の資料を基にまとめたものである。紙面をかりて感謝します。

#### 参考文献

- 1) 佐々木俊平、住吉卓、山村博孝、杉本隆男、坂本正明、山本敦：大平面掘削に伴うリバウンド量の予測解析、平成14年東京都土木技術研究所年報、pp159-164、2002。
- 2) 日本鉄道建設公団：深い掘削土留工設計指針、1993。
- 3) 杉江茂彦、上野孝之、秋野矩之、崎本純治：土留め掘削地盤の挙動実測事例と3次元有限要素シミュレーション、大林組技術研究所報、No. 59、69-74、1999。

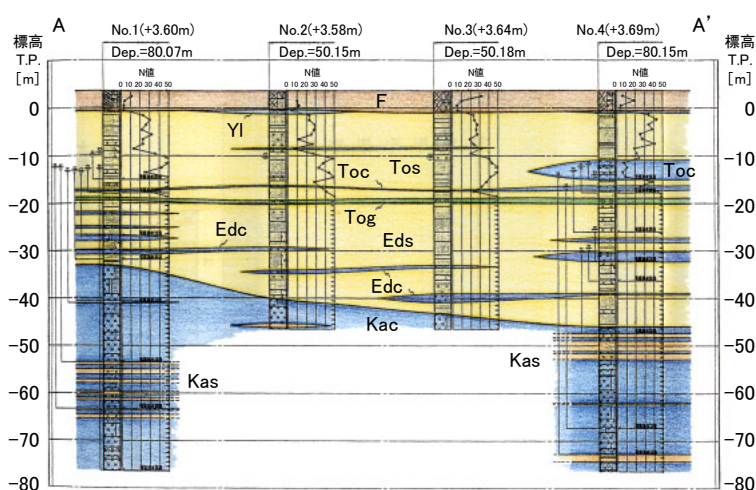


図-3 地質縦断面図（既設地下構造物沿い SW-NE）

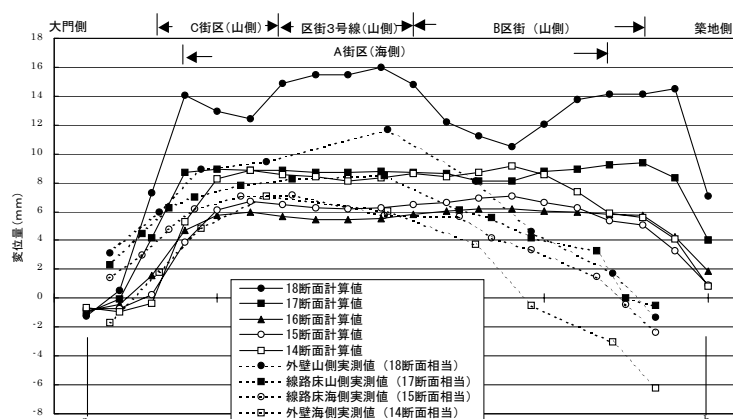


図-4 既設地下構造物の変位量分布