

新名神高速道路における高盛土部の挙動予測
—その2 弾粘塑性 FEM 解析による情報化施工—

西日本高速道路(株) 堤 浩志, 入田 圭, 高木良久
鹿島建設(株) 正会員 ○村上武志, 大石峻也, 前田宗宏, 高塚義則, 堂本聖司

1. はじめに

本工事は、深度最大 34m の軟弱な埋戻し土層で構成される基礎地盤の上に高さ約 60m の高盛土を造成する工事である¹⁾。高盛土の天端には隣接する高架橋の直接基礎による橋台およびその鉛直変位抑制のための杭（以下、橋台杭）が設置され、法面内には橋脚も設置されており、高盛土と軟弱な埋戻し土の変形が構造物に与える影響は大きい。そこで、地盤調査によって地盤物性値を取得し、関口・太田による弾粘塑性構成式を採用した FEM 解析を実施して盛土施工中の変形挙動を事前予測した。また、施工中（2014 年 8 月）に動態観測結果に基づいた逆解析を実施し事前予測解析を更新した。その後、2015 年 1 月に盛土工程を見直した予測解析を実施した。本報では、現在進行中の情報化施工について報告する。

2. 事前予測解析

盛土による軟弱な埋戻し土層および高盛土の変形量を施工前に把握するため、事前調査によって得られた地盤物性値を用いて 2 次元弾粘塑性 FEM 解析を行った。図-1 に、解析モデル図を示す。基礎地盤は大半が粘性土のため非線形のおよびクリープ的な挙動をすることが予想された。そこで、粘性土地盤には東京国際空港工事の情報化施工に適用実績のある関口・太田モデル（修正カムクレイ型）²⁾を用いた。表-1 に、土層ごとに使用した地盤モデルと構成則を示す。事前予測解析では、簡便化のため盛土の二次圧密を考慮しなかった。また、基礎地盤には盛土施工前にバーチカルドレーンを打設しており、間隙水圧計からも過剰間隙水圧の発生が確認できないことから、水との連成は考慮しないものとした。事前調査から設定した地盤物性値を地盤モデルごとに表-2 および表-3 に示す。

3. 事前予測解析結果と動態観測の比較（2014 年 8 月時点）

盛土の水平変位と沈下量の影響が大きいと判断される橋台および橋台杭設置位置に着目して分析を行う。図-2 に橋台下の基礎地盤の動態観測による実測値と事前予測解析値（黒破線）の比較を示す。埋戻し層の沈下量は、各土層で算出した値の比較であり、基礎地盤沈下量は土砂 B、土砂 C、土砂 E の合計値である。図より、土砂 B、土砂 C の実測値は解析値と概ね一致しており、沈下挙動を

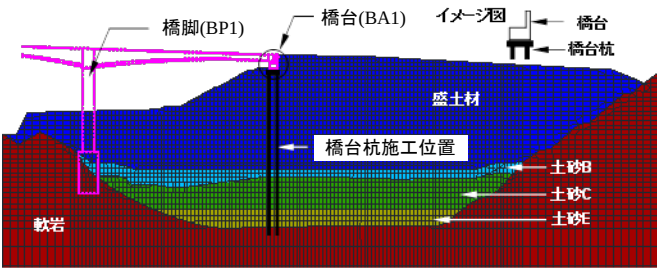


図-1 解析モデル図

表-1 地盤モデルと構成則

名称	モデル化	使用構成則	備考
土砂B	弾塑性体	Drucker-Prager	砂が優位
土砂C	弾・粘塑性体	関口・太田モデル 【修正カムクレイ型】	粘性土が優位
土砂E	弾・粘塑性体	関口・太田モデル 【修正カムクレイ型】	粘性土が優位
盛土材	弾塑性体	関口・太田モデル 【修正カムクレイ型】	土砂および軟岩・硬岩

表-2 土砂 B の物性値

	湿潤密度 γ_t (kN/m ³)	弾性係数 E (kN/m ²)	ポアソン比 ν	内部摩擦角 ϕ' (°)
土砂 B	21.11	5659.9	0.33	30.1

表-3 土砂 C・土砂 E・盛土材料の物性値

	飽和密度 γ_{sat} (kN/m ³)	圧縮指数 Cc	内部摩擦角 ϕ' (°)	初期間隙比 e_0	レイタンス係数 D	圧密降伏応力 P_c (kN/m ²)	静止土圧係数 K_0	二次圧密係数 C_α
土砂 C	20.13	0.227	24.5	0.633	0.0345	424.5	0.585	1.27×10^{-3}
土砂 E	18.35	0.269	24.7	1.002	0.0333	285.0	0.585	9.45×10^{-4}
盛土材	18.31 (湿潤)	0.306	28.4	0.687	0.0648	248.0	0.524	—

キーワード 盛土, 情報化施工, 有限要素法

連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株)土木設計本部 TEL 03-6229-6749

精度良く再現できている。しかし、土砂 E では実測値より解析値の方が大きい結果となった。また、図-3 (a) に示すように、水平変位に関しても解析値の方が大きい結果となった。水平変位が大きく計算された要因は、土砂 E の沈下量が過大に評価されたことによる引込みの影響が表れたものと推測される。以上から、土砂 E の沈下量に関する地盤物性値を再評価した。

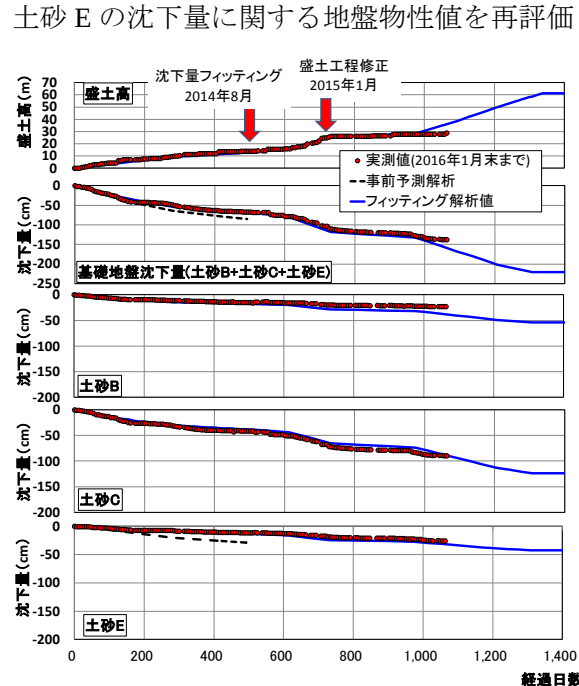


図-2 基礎地盤沈下量の比較

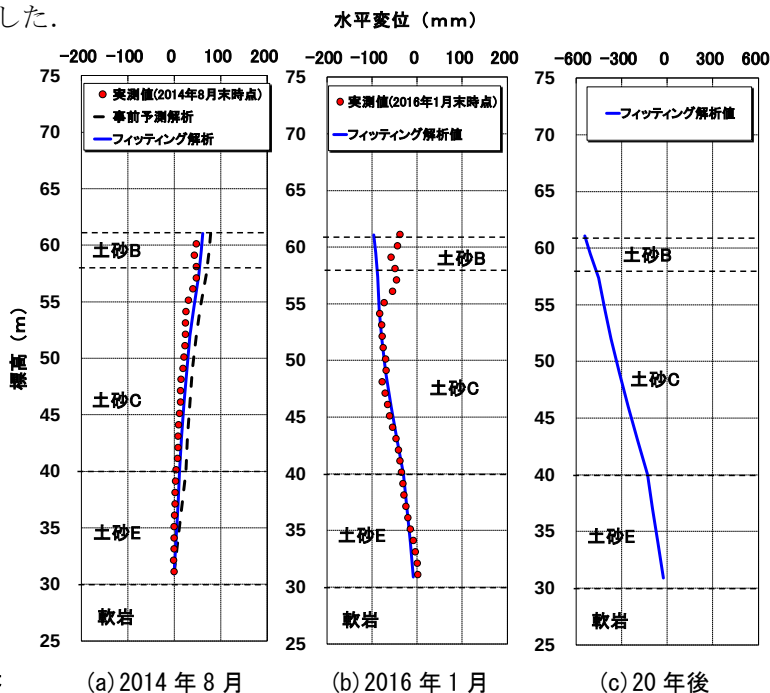


図-3 基礎地盤水平変位量の比較

4. 動態観測に基づく地盤物性値の再評価と解析結果

土砂 E の圧縮指数 C_c をパラメトリックに変化させることで、沈下量のフィッティングを行った。またその後盛立てが進行し、盛土自体の長期的な残留変形も加味した予測を実施するために、盛土の二次圧密を考慮することとした。二次圧密係数は盛土材の土質試験結果から $C_\alpha (=9.00 \times 10^{-4})$ とした。図-2 にフィッティング解析結果を青実線で示す。パラメータスタディの結果、土砂 E の圧縮指数 C_c は 0.14 とした。土砂 E の沈下量をフィッティングさせることによって、事前予測解析よりも基礎地盤の全体沈下量を高い精度で再現できた。図-3(a) を見ると、水平変位は事前予測解析時よりも実測値に近づいていることが確認できる。これは、土砂 E の沈下量が減少することで、引込みによる水平変位も同様に減少したためと考察される。図-2 には 2014 年 8 月以降の予測解析結果も示している。

2015 年 1 月には沈下量フィッティング時点からは地盤物性値は変えずに盛土工程のみを実工程に合わせる解析を行ったが、2014 年 8 月以降の実測値はフィッティング解析値とほぼ一致して推移している。図-3(b) に 2016 年 1 月の水平変位の実測値と解析値の比較を示す。水平変位も基礎地盤表面付近(土砂 B)での変位に相違は見られるものの、実測値とフィッティング解析値はほぼ一致している。なお、施工の進捗に伴い、水平変位は高盛土背面方向から BP1 橋脚側へ押し出される方向に逆転している。図-3(c) に盛立て開始から 20 年後の水平変位の予測を示す。橋台杭の位置では 60cm 程度の水平変位が予測されている。

5. おわりに

2014 年 8 月のフィッティング解析時の解析結果は BP1 橋脚の深礎杭防護工¹⁾設計へ、2015 年 1 月に実施した解析結果は橋台杭の設計に反映させた。今後も沈下量および水平変位が増加することが予測されている。適宜予測解析と再評価を実施し、高盛土の長期変位予測の精度を高め、適切な施工計画の策定と維持管理を実施していく予定である。

参考文献

- 1) 高塚他：新名神高速道路における高盛土部の挙動予測—その 1—地盤調査と動態観測, 第 71 回土木学会年次学術講演会 (2016)
- 2) 村上他：羽田 D 滑走路埋立/棧橋接続部の鋼管矢板井筒護岸の挙動予測 (その 3), 第 45 回地盤工学研究発表会 (2010)