

超軟弱地盤における载荷盛土の FEM 解析

前田建設工業株式会社 正会員

○ 鈴木 哲太郎 平田 昌史

福田 淳 水野 智幸

中日本高速道路株式会社 正会員

山田 耕一 川井田 実

1. はじめに

軟弱地盤の沈下や変形を検討する場合、地盤の応力状態や変形を総合的に評価できる FEM 解析は非常に有効な手法であり、近年積極的に活用されている。FEM 解析を実施する場合、解析結果の信頼性は地盤の構成モデルや材料パラメータ、対象地盤や施工条件のモデル化等によって大きく左右されるため、これらの解析条件をどのように設定するかが重要となる。本研究では、舞鶴若狭自動車道若狭工事¹⁾で実施した向笠地区の载荷盛土に対して、別途検討を実施した有機質を含む粘性土・腐植土の材料パラメータ²⁾や、プラスチックボードドレーン打設時のオシログラフ分析結果³⁾に基づく地盤モデルを用いた FEM 解析を実施し、動態観測結果との比較を行うことで、これら解析条件の有効性について検討した。

2. 解析対象位置および解析条件

今回解析対象としたのは、向笠地区の鳥浜①载荷盛土である(写真-1 参照)。载荷盛土下は、図-1 に示すように軟弱な粘性土・腐植土に砂質土が挟在した地盤であり、上部の軟弱層に対してプラスチックボードドレーン(1.2m×1.2m 正方配置)が GL-20m まで打設されている。図-2 は、解析に用いたメッシュ図である。地盤部分のメッシュは、ボーリング調査結果とプラスチックボードドレーン打設時のオシログラフ分析結果³⁾から設定しており、盛土部分のメッシュは、盛土施工厚まで盛土形状を引き伸ばすことで大規模な沈下の影響を考慮するとともに、1 層 30cm の敷均し・転圧に合わせて盛土要素を追加することで施工を再現している。表-1 は、解析に用いた材料パラメータである。材料パラメータは向笠地区の室内試験結果²⁾を基に設定しており、盛土および砂礫層は線形弾性モデル、粘性土および腐植土は特異点⁴⁾の影響を考慮して Expanded 関口・太田モデル⁵⁾を用いた。なお、プラスチックボードドレーンによる改良



写真-1 向笠地区における鳥浜①载荷盛土

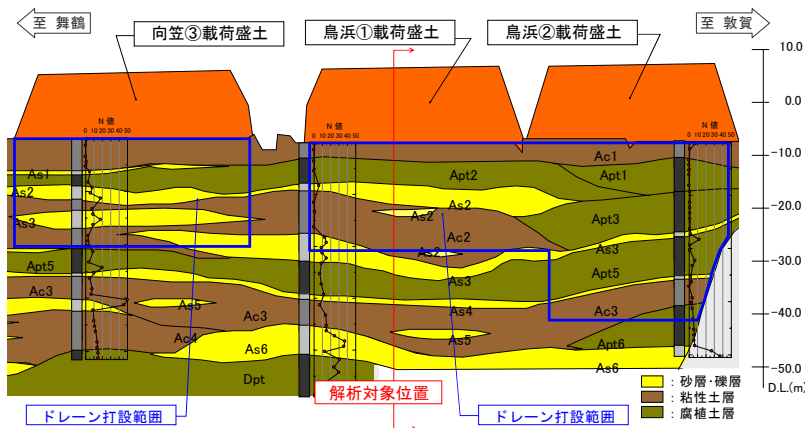


図-1 向笠地区における地質想定縦断面図と解析対象位置

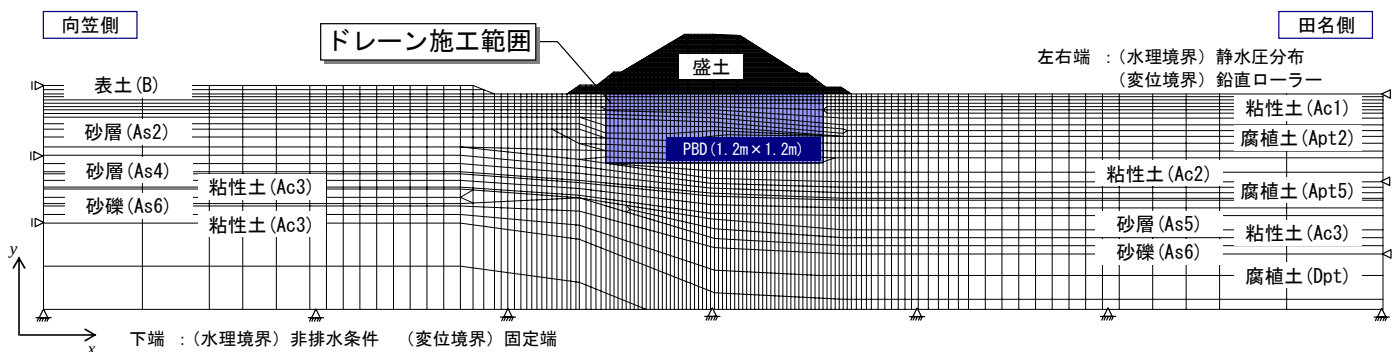


図-2 解析に用いたメッシュ図(向笠地区:鳥浜①载荷盛土)

キーワード 軟弱地盤, 腐植土, バーチカルドレーン, 有限要素法

連絡先 〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 前田建設工業(株)技術研究所 Tel 03-3977-2355 Fax 03-3977-2251

表-1 FEM 解析に用いた材料パラメーター一覧

土質	単位体積重量 γ_i (kN/m^3)	限界応力比 M	圧縮指数 λ	非可逆比 Λ	ダイレイタンス係数 D	先行圧密圧力 σ_{v0}' (kN/m^2)	静止土圧係数 K_0	間隙比 e_0	ポアソン比 ν'	e-lnkの傾き λ_k	透水係数 k (m/day)
盛土	18.6	弾性係数 $E=11800$ (kN/m^2)							0.333	-	$8.64\text{E}+00$
沖積粘土層 Ac1	13.2	1.20	0.614	0.721	0.092	35.7	0.500	3.000	0.333	0.434	$3.46\text{E}-04$
沖積腐食土層 Apt2	14.0	2.00	0.326	0.672	0.037	94.7	0.250	2.000	0.200	0.260	$5.18\text{E}-04$
沖積砂層 As2	18.6	弾性係数 $E=9810$ (kN/m^2)							0.333	-	$8.64\text{E}-01$
沖積粘土層 Ac2	16.5	1.20	0.505	0.795	0.112	147.6	0.500	2.000	0.333	0.304	$2.59\text{E}-04$
沖積腐食土層 Apt5	14.0	2.00	0.914	0.782	0.079	122.3	0.250	3.500	0.200	0.434	$2.59\text{E}-04$
沖積砂層 As4	18.6	弾性係数 $E=9810$ (kN/m^2)							0.333	-	$8.64\text{E}-01$
沖積粘土層 Ac3	18.1	1.20	0.141	0.654	0.035	269.3	0.500	1.200	0.333	0.141	$2.59\text{E}-04$
沖積砂層 As6	19.6	弾性係数 $E=11800$ (kN/m^2)							0.333	-	$8.64\text{E}-01$
洪積腐食土層 Dpt	12.7	弾性係数 $E=9810$ (kN/m^2)							0.333	-	$8.64\text{E}-04$

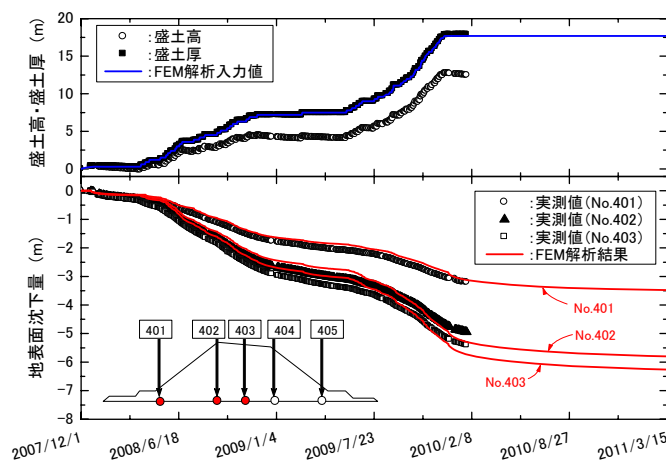


図-3 FEM 解析結果と動態観測結果の比較 (沈下量)

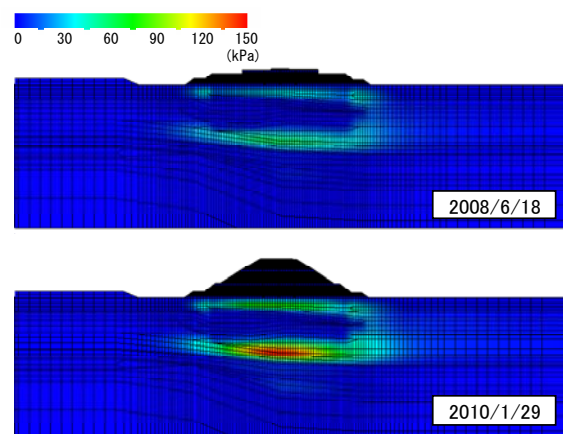
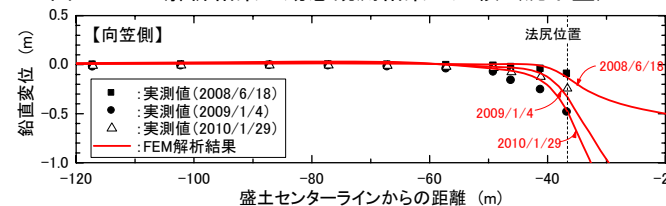


図-4 FEM 解析結果 (過剰間隙水圧分布)

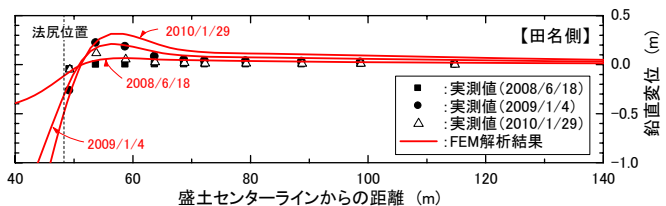


図-5 FEM 解析結果と動態観測結果の比較

領域は、拡張マクロ・エレメント法⁶⁾を用いてモデル化している。

3. 解析結果と動態観測結果の比較

図-3 は、地表面沈下量について動態観測結果と FEM 解析結果を比較した図である。図中のプロットが動態観測結果、赤ラインが FEM 解析結果である。解析結果は動態観測結果を非常によく再現できている。図-4 は、過剰間隙水圧分布の解析結果であるが、ドレーン打設範囲の圧密が促進されている様子が伺える。また、図-5 は盛土周辺地盤の鉛直変位量であるが、地盤の傾斜によって向笠側では引き込み沈下、田名側では押し出し隆起が生じている動態観測結果を FEM 解析でも十分に再現できていることがわかる。

4. まとめ

本研究では、舞鶴若狭自動車道若狭工事で実施した載荷盛土に対して FEM 解析を実施し、動態観測との比較を行った。FEM 解析結果は高い精度で動態観測結果を再現できていることから、設定した地盤モデルや材料パラメータ等の有効性が確認できた。

【参考文献】

- 1) 信田潤一, 平田昌史, 松本公一, 並川武, 山田耕一, 川井田実: 超軟弱地盤上の載荷盛土施工における変形抑制対策とその効果, 第 65 回土木学会年次学術講演会(投稿中), 2010.
- 2) 平田昌史, 福田淳, ドゥバンバオ, 信田潤一, 山田耕一, 川井田実: 腐植土を含む超軟弱地盤における解析パラメータの決定, 第 65 回土木学会年次学術講演会(投稿中), 2010.
- 3) 久保大輔, 平田昌史, 中山泰起, 福田淳, 山田耕一, 川井田実: オシログラフを利用した軟弱地盤における砂層位置の推定, 第 65 回土木学会年次学術講演会(投稿中), 2010.
- 4) 竹山智英, 太田秀樹, 飯塚敦, Pipatpongsa Thirapong, 大野進太郎: 関口・太田モデルにおける特異点処理法, 第 3 回地盤工学会, 関東支部研究発表会講演集, pp.313-317, 2006.
- 5) 大野進太郎, 飯塚敦, 太田秀樹: 非線形コントラクタンシー表現式を用いた土の弾塑性構成モデル, 応用力学論文集, Vol.9, pp.407-414, 2006.
- 6) 平田昌史, 清水英樹, 福田淳, 山田耕一, 川井田実: 拡張マクロ・エレメント法を用いたバーチカルドレーン打設地盤の FEM 解析, 応用力学論文集, Vol.13(投稿中), 2010.