

腐植土を含む超軟弱地盤における材料パラメータの決定

前田建設工業株式会社 正会員 ○ 平田 昌史 福田 淳
ドウ バンバオ 信田 潤一
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

舞鶴若狭自動車道若狭工事¹⁾は、福井県若狭町の4地区(気山地区、鳥浜地区、向笠地区、三田地区)に9箇所の載荷盛土を施工する工事である。この福井県若狭町付近は、深く狭長なおぼれ谷に非常に軟弱な粘性土・腐植土が厚く堆積した超軟弱地盤帯であり、本工事に先立ち実施された試験盛土^{2), 3)}では、約8mの盛土高に対して最大10mを超える大規模な沈下が発生し、盛土法尻から約100m離れた付近にまで影響を及ぼしている。このため若狭工事では、沈下・変形の予測やその抑制対策の検討が必要であると判断した。本現場のように多量の有機質を含む地盤では、圧縮係数の変化やせん断変形の影響が大きいので、FEM解析による沈下・変形検討が有効⁴⁾であるが、高含水で圧縮性が極めて高く、また物性値のばらつきが大きい腐植土では、解析に必要な材料パラメータの決定が困難である。本研究では、試験盛土が実施された向笠地区の粘性土および腐植土に対して、Cam-Clay系の弾塑性構成モデルに必要な材料パラメータを決定し、三軸圧縮試験の要素シミュレーションを実施することで材料パラメータの有効性について検討した。

2. 材料パラメータの決定と要素シミュレーション

向笠地区は、図-1に示すように軟弱な粘性土・腐植土に砂質土が挟在する地盤であり、特に端部では砂質土が少なく軟弱な粘性土・腐植土が深さ40m付近まで厚く堆積している。図-2は、試験盛土位置(図-1参照)の地盤物性である。腐植土では、強熱減量が20~60%であり、高含水比(100~400%)で間隙比も大きい。また、粘性土でも強熱減量が20%程度あり、有機質が多く含まれていることがわかる。図-3は、代表的な粘性土(Ac1)と腐植土(Apt3, Apt5)の段階載荷圧密試験結果である。圧縮指数 C_c および膨潤指数 C_s は、試料のばらつきを考慮し図中の赤ラインを代表的な値として決定した。また、腐植土では透水係数 k が圧密圧力の増加に伴い急激に低下するため、圧密圧力への依存性⁴⁾を考慮して e -log k 関係から直接 C_k を決定している。図-4は、代表的な粘性土(Ac1)と

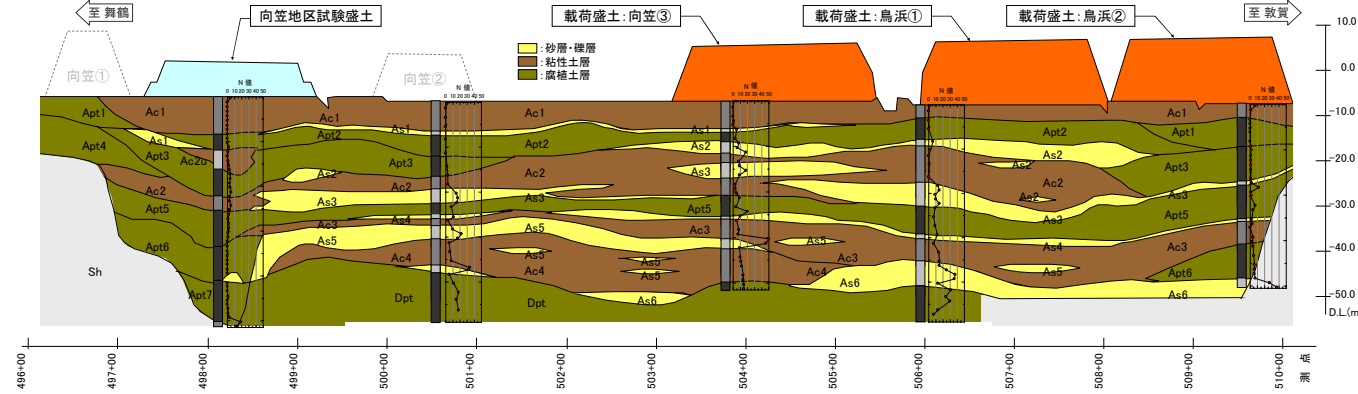


図-1 向笠地区における地質想定縦断面図

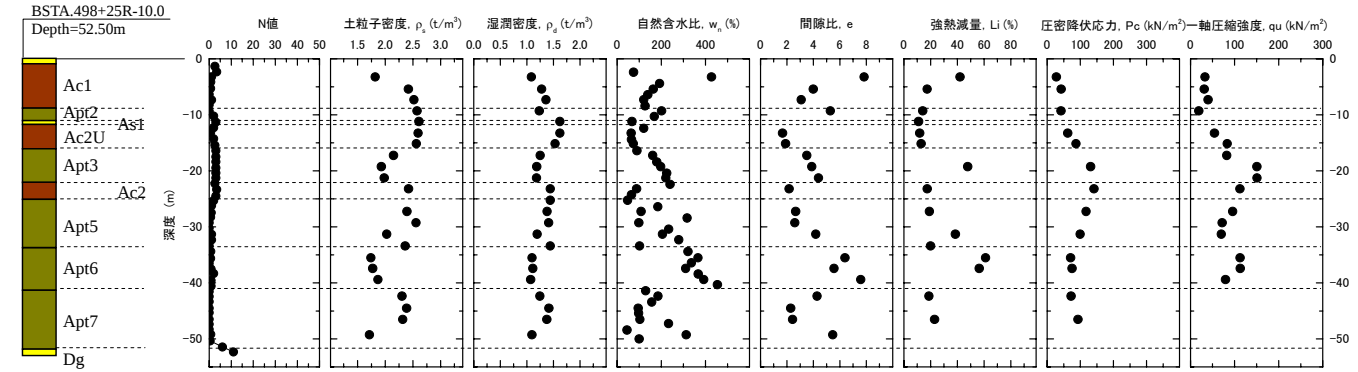


図-2 向笠地区における地盤物性の一例(試験盛土位置)

キーワード 軟弱地盤, 腐植土, 有限要素法, カムクレイ
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

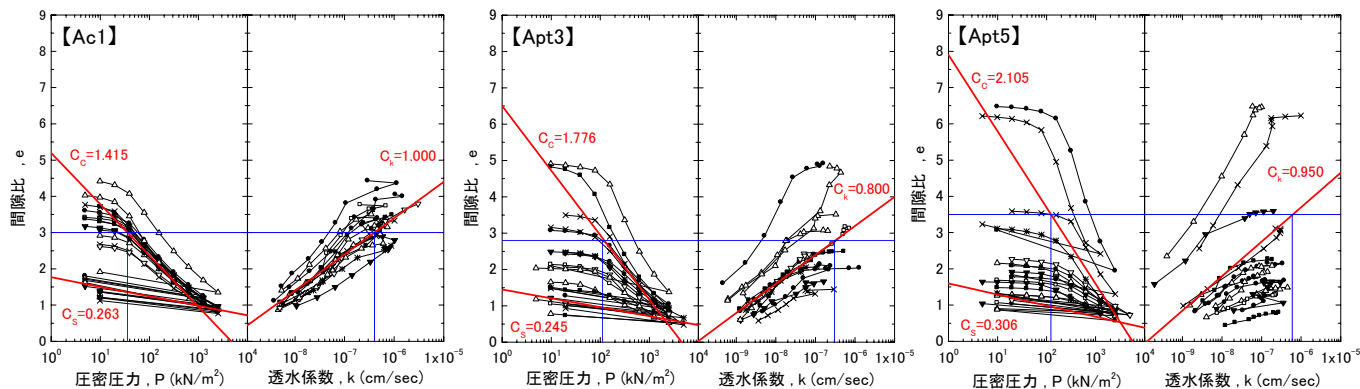


図-3 段階載荷圧密試験結果

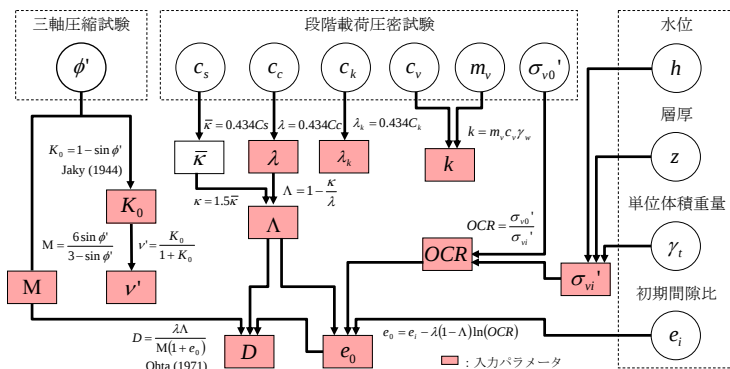


図-5 材料パラメータ決定フロー

腐植土 (Apt3, Apt5) の三軸 $\overline{CU}$ 試験結果である。有効内部摩擦角 ϕ' は、細かな土質区分に関係なく粘性土では $\phi'=30^\circ$ 程度、腐植土では $\phi'=48^\circ$ 程度の値であり、図-5 に示すフローに従い限界応力比 M を粘性土で 1.2、腐植土で 2.0 と決定した。

決定した材料パラメータを用いて、三軸 $\overline{CU}$ 試験の要素シミュレーションを実施した。構成モデルには Cam-Clay 系の Expanded 関口・太田モデル⁵⁾を用いている。図-4 中の赤ラインが要素シミュレーション結果であるが、試験結果を十分に再現できており、決定した材料パラメータの有効性が確認できる。なお、三軸試験の応力～ひずみ関係における初期勾配を再現するために、非可逆比 Λ の決定には膨潤指数 C_s の 1.5 倍の値を用いている。

3. まとめ

本研究では、有機質を含む粘性土・腐植土に対して、FEM 解析に必要な材料パラメータを決定した。要素シミュレーション結果は試験結果を十分に再現できており、材料パラメータの有効性が確認できた。なお、図-6 は試験盛土の FEM 解析結果 (層別沈下, 過剰間隙水圧) の一例⁶⁾であるが、FEM 解析結果は動態観測結果を十分再現できており、腐植土特有の圧密係数の変化やせん断変形の影響を表現できていることも確認している。

【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) 川井田実, 信田潤一, 平田昌史, 山田耕一: 深い腐植土地盤における高速道路建設 一舞鶴若狭自動車道(小浜～敦賀)の軟弱地盤対策一, 第 54 回地盤工学シンポジウム論文集, 地盤工学会, pp.563-570, 2009.
- 3) 平田昌史, 木藤政則, 山田耕一, 飯塚敦, 荒井克彦: 超軟弱地盤における道路盛土の変形挙動要因とその抑制対策, 土木学会論文集(投稿中)
- 4) 山添誠隆, 三田地利之: 真空圧密併用盛土下における泥炭地盤の変形挙動解析, 地盤工学ジャーナル, Vol.1, No.4, pp.143-156, 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パ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.

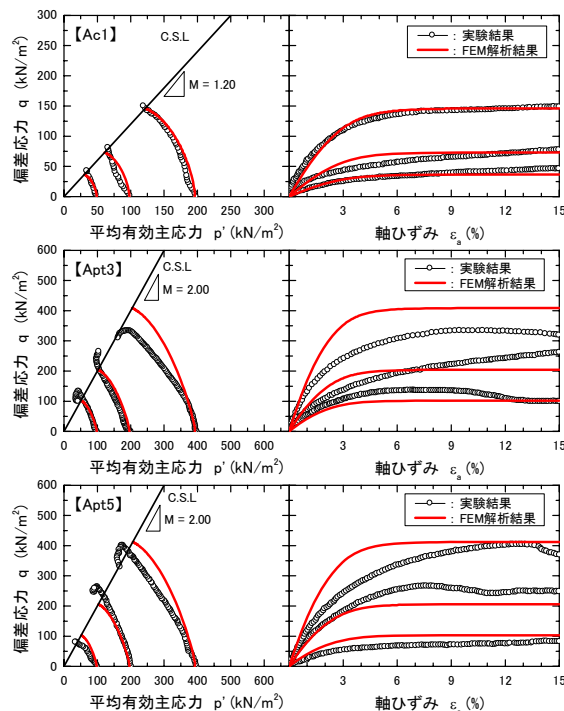
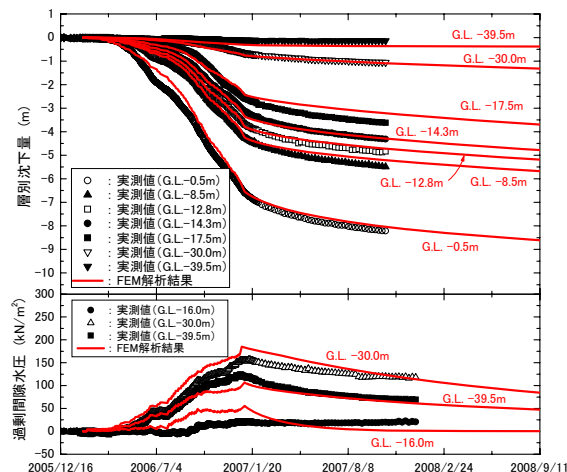


図-4 三軸試験結果と要素シミュレーション結果

図-6 試験盛土 FEM 解析結果の一例⁶⁾