

高有機質土地盤の変形解析結果におよぼす盛土材モデルの影響

－北海道江別市美原試験盛土の事例－

秋田大学	学生会員	○佐藤 誠也
同上	正会員	萩野 寛之
同上	正会員	高橋 貴之
同上	正会員	及川 洋
(株)シーウェイエンジニアリング	正会員	山添 誠隆
日本大学	正会員	三田 地利之
(独)寒地土木研究所	正会員	林 宏親

1. はじめに

筆者らは高有機質土地盤の変形解析を念頭に、各種構成モデルや解析手法の適用性について検討を行うため、試験盛土を施工した高有機質土地盤の変形解析を実施した¹⁾。きわめて軟弱な高有機質土地盤の場合、鉛直方向に生じる圧密沈下に加え、側方へも大きなせん断変形が生じるため、盛土材を弾性体でモデル化した一般的な解析では盛土底部でこの側方変形が拘束されてしまう。そのため実際の地盤の変形をより忠実に再現するためには基礎地盤はもとより、盛土のモデル化に配慮する必要があると考えられる。本研究は上記の高有機質土地盤の変形解析において、盛土周辺地盤の変形におよぼすモデル化の違いの影響を盛土材を弾性体としてモデル化した場合と弾塑性体としてモデル化した場合で検討し、その効果を実際の周辺地盤の変形と比較するものである。

2. 盛土の概要および構成モデル

試験盛土は石狩沖積低地帯にある後背湿地体積物の泥炭が厚く体積する江別市美原で行われた。基礎地盤は軟弱層厚が 21m もあり典型的な泥炭性軟弱性地盤である。図-1 は試験盛土の概形を示したものであり、解析を用いた有限要素メッシュおよび境界条件を示している。上部は湿地性体積物の泥炭 (A_p) と粘土 (Ac 1, Ac2) が主体であり、中間に透水性の高い砂 (As1) が分布し、下部に均一な粘土が体積する。また美原試験盛土は二層に分かれており、上層部 (B) は砂を主体とする浚渫土。下層部 (S_m) は細粒分がやや多い混合土から形成されている。図-2 は混合土と浚渫土の粒径加積曲線を示したものであり、浚渫土の物性値は密度 $\rho_s=2.62\text{g/cm}^3$ 、含水比 $w=16.4\%$ 、乾燥密度 $\gamma_d=13.7\text{kN/m}^3$ である、混合土の場合密度 $\rho_s=2.60\text{g/cm}^3$ 、含水比 $w=19.3\%$ 、乾燥密度 $\gamma_d=14.0\text{kN/m}^3$ となる。盛土材のモデル化は不飽和の締固め土のせん断特性と過圧密土のせん断特性の類似性に着目した太田らの手法²⁾を用いたオリジナルカムクレイ(OCC)による弾塑性体および一般的な弾性体の二通りとし、原地盤は OCC、関口・太田モデル(SO)および有限変形理論に基づいた修正カムクレイモデル(MCC-LS)の三通りでモデル化を行った。

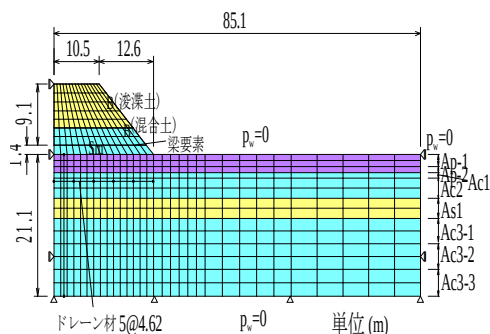


図-1 試験盛土の解析 メッシュ図

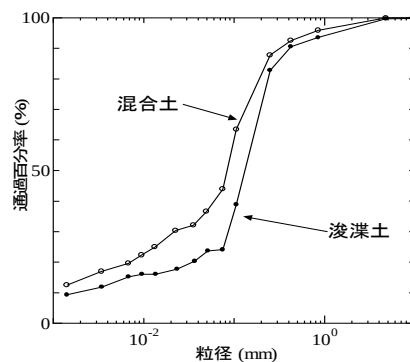


図-2 盛土材の粒径加積曲線

3. パラメータ設定方法

実験では盛土材のパラメータを求めるため圧密定体積一面せん断試験を行った。予め含水比を調整した試料を所定の荷重($\sigma_v=20, 40, 80, 160, 320, \text{kPa}$)で段階的に圧密し、せん断速度 0.1mm/min で定体積せん断を行った。図-3 は浚渫土について圧密定体積一面せん断試験から得られた鉛直圧密応力 σ_v と間隙比 e の関係を示している。 $e-\ln\sigma_v$ 関係の傾きから圧縮指数の平均値は $C_c=0.244$ となり $\lambda=0.434C_c=0.106$ が得られる。圧縮指数を利用し $\kappa=\lambda/10=0.011$ となり膨張指数が得られる。また図-4 はせん断中の有効応力経路を示している。破壊線の傾きは $\phi'=35.4$ であり、 $M=6\sin\phi'/(3-\sin\phi')=1.44$ が得られる。また $\phi'=35.4$ より $(1-\sin\phi')=K_{0NC}=0.42$ が得られ、 $v=K_{0NC}/(1+K_{0NC})=0.106$ と浚渫土でのポアソン比が得られる。図-5 は乾燥単位体積重量 γ_d -圧密応力 σ_v -非排水強度 S_u の関係を示している。原位置での乾燥密度は $\gamma_d=13.7\text{kN/m}^3$ 、含水比は $w=16.4\%$ を図-5 にプロットし、下方の曲線から非排水強度 $S_u=67.4(\text{kPa})$ を得られる。

4. 解析結果

表-1 盛土材に用いたパラメータ

土層	深度	γ_d	P_c	v'	λ	κ	e_0	ϕ'	$\sin\phi'$	M	K_{0NC}
	(m)	(kN/m^3)	(kN/m^2)					($^\circ$)			
浚渫土	10.50~3.95	13.7	295.0	0.30	0.106	0.011	0.87	35.4	0.58	1.44	0.42
混合土	3.95~1.40	14.0	175.0	0.27	0.149	0.015	0.83	38.8	0.63	1.58	0.37

表-1 は浚渫土及び混合土の各パラメータ評価の解析結果一覧である。図-6 は盛土法尻部の水平変位と深度の関係であり、基礎地盤を OCC として盛土材をモデルを変化させた場合の解析値と動態観測から得られた実測値を比較して示している。また、図-7 は同様の関係を基礎地盤を MCC-LS としてモデル化した場合について示している。図-6 では地表面の盛土を弾塑性体としてモデル化した場合の方が実測値に近い結果となり、弾性体の場合は値に差がある。しかし盛土による拘束が小さい分、地表面の水平変位は大きくなっており、深度が大きくなるほど盛土材を弾性体、弾塑性体としてモデル化した場合の差が小さくなるのが分かる。また、全体的に解析値は変位を過大に見積もっている。一方、図-7 では図-6 に比べて実測値と解析値の一致度が高い。また、同様に盛土を弾塑性体とした場合は、地表面の水平変位についても実測値をよく表現していることが分かる。次に図-8 は盛土中央からの距離と深度の関係であり、基礎地盤を OCC として盛土材をモデルを変化させた場合の解析値と動態観測から得られた実測値を比較して示している。また図-9 は同様の関係を、基礎地盤を MCC-LS としてモデル化した場合について示している。図-8 は盛土を弾性体としてモデル化した場合、盛土法尻部(23m 付近)での地表面の鉛直変位は大きく隆起している。しかし盛土中央からの離れが大きくなるほど弾性体、弾塑性体としてモデル化した場合の変位の差が小さくなり、図-6 と図-7 を比較した時と同じ傾向になっているのが分かる。また盛土法尻部付近の解析値は、実測値に比べて変位を過大に見積もっている。図-9 では図-8 と比べて盛土を弾性体としてモデル化した場合、図-7 と図-6 を比較した時と同様に実測値と解析の変位の一致度は高いことを示した。また盛土を弾塑性体とした場合、図-7 に示した時同様の盛土法尻部での地表面の鉛直変位について実測値をよく表現していることが分かる。

5. 結論

本研究から得られた知見は以下の通りである。

- ・OCC の場合は盛土材を弾塑性体、弾性体としてモデル化した際、基本的に両方とも変形に対して過大評価することが見られる。MCC-LS の場合は盛土材を弾性体、弾塑性体としてモデル化した際に変位は比較的に実測値に近い表現をする。
- ・盛土材を弾塑性体としてモデル化した場合、盛土法尻部での地表面の拘束は小さくなるため、弾性体とした場合に比べ、変位は大きく計算される。
- ・基礎地盤を MCC-LS として盛土材を弾塑性体とした場合が、他の変形解析結果のモデルと比較した中で最も実測値に近い表現をする。

【参考文献】

- 1) 三田地 利之, 山添 誠隆, 林 宏親, 荻野 俊寛: 泥炭性軟弱地盤の変形解析への各種構成モデル・解析手法の適用性, 土木学会論文集 C, Vol. 66, No. 1, pp.1-20, 2010.
- 2) Ohta, H. and Hata, S.: Strength of dynamically compacted soils, Proceedings of the 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tokyo., Vol.1, pp.239-242, 1977.

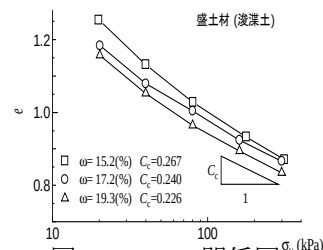


図-3 $e-\sigma_v$ の関係図

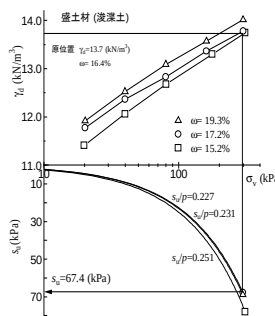


図-4 $\tau-\sigma_v$ の関係図

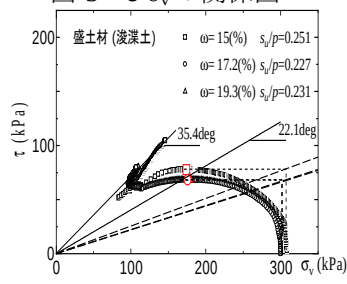


図-5 $\gamma_d-\sigma_v$ の関係図

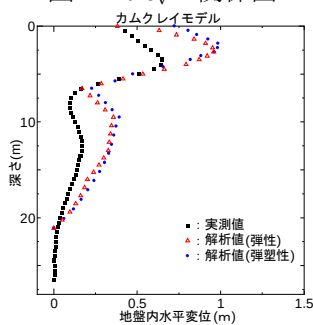


図-6 OCC

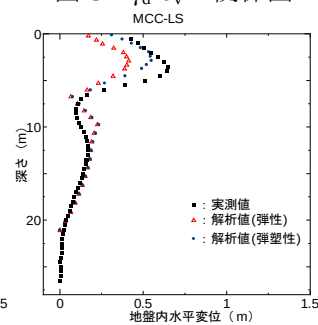


図-7 MCC-LS

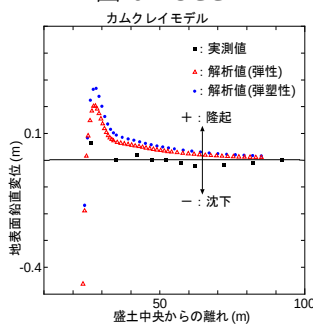


図-8 OCC

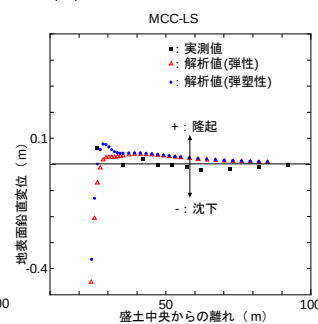


図-9 MCC-LS