

高有機質土地盤における圧密変形解析用土質パラメータ設定方法の検証

宮崎大学 正会員 瀬崎 満弘
 宮崎県 甲斐 裕之
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 大本 修
 正会員 ○南部 卓也

1. はじめに

高有機質土地盤の圧密変形解析方法として関口・太田モデルを用いたFEMを用いる際、土質パラメータの設定方法が実務上の問題となっている。例えば、飯塚らが提案している構成パラメータ同定手順¹⁾に従って塑性指数IPより解析用土質パラメータを設定した場合、水平方向の変形が過大となり実現象と乖離してしまう場合がある。

これを改善する方法として、林らは、飯塚らが提案している同定手順に強熱減量などの泥炭特有の土質情報を取り入れた土質パラメータの設定法を提案している²⁾。そこで、本稿では、宮崎県内の高有機質土地盤における盛土施工事例を取り上げ、圧密変形解析用土質パラメータの有効な設定方法について検討した。

2. 解析用土質パラメータの設定方法²⁾

林らが提案しているパラメータ設定法における泥炭特有の物理インデックスは強熱減量 L_i (%)である。この値より、過圧密状態での静止土圧係数 K_0 、正規圧密状態での静止土圧係数 K_i 、内部摩擦角 ϕ' を推定した。

K_i の設定方法) 不攪乱試料の三軸 K_0 圧密試験によって K_i と L_i の関係より $K_i = 0.5 - 0.003 L_i$ (%)で近似される。

K_0 の設定方法) K_0 を $K_0 = K_i \text{OCR}^m$ により表現したとき、粘土に比べ、有機質粘土および泥炭の m は著しく大きく応力履歴の影響を強く受けるため、 L_i の増加に伴って m が直線的に増加し、 $m = 0.005 L_i$ (%) + 0.45で近似される。

ϕ' の設定方法) 粘土に比べ、有機質粘土および泥炭の ϕ' は高く、 L_i の増加すなわち有機物量が増えるに従い、 ϕ' がほぼ直線的に増加し、その関係は $\phi' = 0.19 L_i$ (%) + 32で近似される。

3. 盛土施工事例による解析用土質パラメータ設定方法の検証

2節で示した強熱減量 L_i に基づくパラメータ設定法の有効性を検証するために、表層に高有機質土層が広がる地盤上の盛土施工事例を取り上げ、自然地盤の地表面変位に着目し、塑性指数IPに基づく場合と比較検討した。

(1) 解析地盤モデル 図-1に解析メッシュ図を示す。調査地における地層構成は、地表付近に有機質土層であるUpが堆積し、その下位に上部粘性土層Uc、第1砂層Ms1がそれぞれ堆積する。Ms1層は、当地域に比較的連続的に分布しており、層厚や堆積標高は概ね一定である。その下位には中部粘性土層Mcが分布し、基盤岩Bになる。なお、Mc層の下端は、B層の不陸に合わせた埋没地形を有し、軟弱層の層厚はGL-6~-20m程度である。盛土施工範囲には2mメッシュでペーパードレーンが打設

されており、埋没地形はこの打設深度で推定した。なお、基盤岩B層は盛土による変形はほとんど生じないと判断し粘性土との境界付近のみモデル化した。また、解析地盤モデルの側方境界は盛土荷重による影響がないところまでとして、盛土下端幅の3倍をそれぞれ設けた。

(2) 解析条件 表-1に解析用土質パラメータを示す。湿潤単位体積重量、間隙比、これらのうち、有機質土層であるUp層の ϕ' 、 K_0 、 K_i 、 ν' 、 M を、塑性指数IPから推定した場合(Case1)と強熱減量 L_i に基づき推定した場合(Case2)でそれぞれ設定した。ここで、粘性土層の透水係数 k は

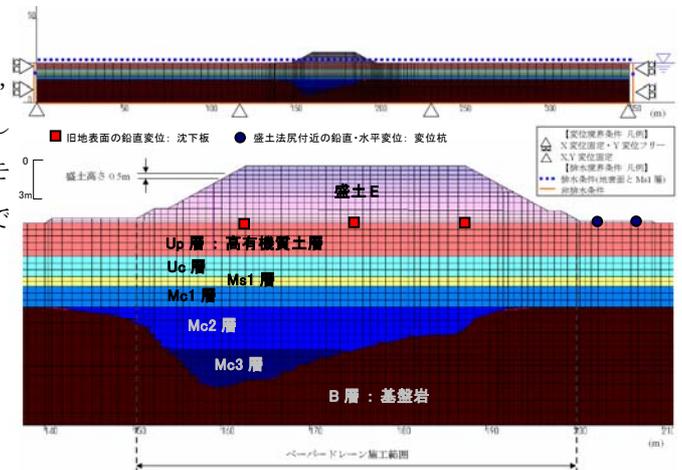


図-1 解析地盤モデル

【キーワード】 高有機質土、圧密変形解析、弾塑性、強熱減量、盛土施工

【連絡先(代表)】 大阪府大阪市中心区安土町 2-3-13 大阪本社 環境・エネルギー部 takuya.nanbu@os.pacific.co.jp

表-1 解析土質用パラメータ

地層記号	原位置・室内土質試験結果から設定											関口・太田モデルの同定手順に従って設定																	
	γ_t (kN/m ³)	IP (%)	Li (%)	k_v (m/day)	k_h (m/day)	C_u	e_1	e_0	λ	κ	E (kN/m ²)	OCR	※共通の値		Case1) 塑性指数IPから ϕ を推定				Case2) 強熱減量 L_i から K_0, K_v, ϕ を推定										
													D	Λ	IP (%)	ϕ (度)	K_0	K_v	ν'	M	Li (%)	ϕ (度)	K_0	K_v	ν'	M			
盛土E	18.0	-	-	8.6E-01	8.6E-01	-	-	-	-	-	3500	-	-	-	-	25.0	-	0.58	0.33	-	-	-	-	-	-	-	-	Case1と同じ値	
Up	12.4	98.1	27.0	9.0E-03	1.5E-02	0.47	4.71	4.23	0.82	0.082	210	3.9	0.089	0.447	98.1	20.2	0.65	0.91	0.40	0.78	-	-	0.65	0.91	0.40	0.78	-	-	
Uc	17.3	11.9	-	5.0E-03	8.6E-03	0.23	1.22	1.11	0.15	0.015	1750	$\ln(z /19.5)/(-0.36)$	0.040	0.786	11.9	34.0	0.44	0.97	0.31	1.38	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ms1	17.0	-	-	5.2E-01	5.2E-01	-	-	-	-	-	5720	-	-	-	-	33.0	-	0.46	0.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mc1	16.6	26.8	-	3.9E-03	6.7E-03	0.24	1.47	1.36	0.30	0.030	2610	$\ln(z /15)/(-0.27)$	0.073	0.649	26.8	28.5	0.52	0.72	0.34	1.14	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mc2	15.6	37.2	-	2.6E-03	4.4E-03	0.20	1.63	1.50	0.30	0.030	3750	1.5	0.069	0.596	37.2	26.4	0.56	0.65	0.36	1.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mc3	16.9	9.9	-	3.9E-03	6.6E-03	0.63	1.22	1.07	0.25	0.025	1520	1.5	0.068	0.818	9.9	35.3	0.48	0.59	0.33	1.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-
基盤B	21.0	-	-	8.6E-07	8.6E-07	-	-	-	-	-	3E+06	-	-	-	-	30.0	-	0.50	0.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

1) $E=700N$ (地盤調査の方法と解説(2004)) 2) $\lambda=0.434C_c$ 3) $\kappa=0.434C_c$
 4) $k_v/\gamma_w=ke/\gamma_w \exp(-e_1/c_e)$, Taylor(1948) ※ IP, Liはパラメータの推定に利用
 5) $D=\lambda \Lambda / (M(1+e_0))$ Ohta(1971) 6) $\Lambda=M/1.75$ 乾部(1975) 7) $M=6 \sin \phi' / (3 - \sin \phi')$ 8) $\nu'=K_0/(1+K_0)$
 9) $K_0=1 - \sin \phi'$ Jaky(1944) 10) $K_v=K_0(OCR)^{0.54} \exp(-|p|/122)$ Alpan(1967) 11) $\sin(\phi')=0.81 - 0.233 \log(IP)$ Kenney(1959)
 Case1) 塑性指数IPから ϕ を推定
 Case2) 強熱減量 L_i から K_0, K_v, ϕ を推定
 9) $K_0=0.5 - 0.003 * Li(\%)$ 10) $K_v=(0.5 - 0.003 * Li) * OCR^{0.95 * Li + 0.45}$ 11) $\phi=0.19 Li(\%) + 32 = 1 - K_0$

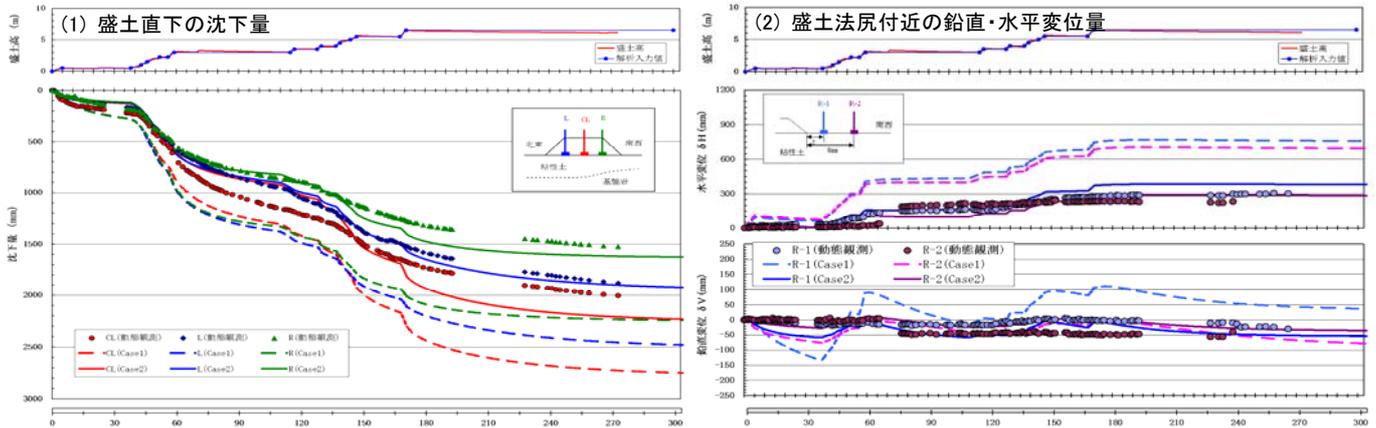


図-2 盛土中心の鉛直沈下量と盛土法尻の鉛直・水平変位量の経時変化の比較

圧密試験結果の5倍とした²⁾。なお、ペーパードレーン区間は、ドレーンにより粘性土層中の排水が通常の土層より促される効果を考慮するため、Baron(バロン)の t_{50} の解(沈下量)とTerzaghi(テルツァーギ)の一次元圧密の t_{50} の解が一致するようにペーパードレーン区間の透水係数を設定した。

初期条件は、地盤内初期応力は有効上載圧で推定し、地下水位は計測結果より地表面に設定した。境界条件は、側面は鉛直ローラー、底面は固定条件を与え、旧地表面とMs1層側面は排水、それ以外は非排水条件とした。

4. 結果と考察

図-2 に盛土直下の沈下量と盛土法尻の鉛直・水平変位量の経時変化を示す。なお、盛土の施工工程もあわせて示す。同図に基づき、盛土施工による自然地盤の地表面変位の経時変化の再現性について比較した。盛土開始270日後の変位量に着目すると、塑性指数IPに基づく設定法のCase1では、解析結果は観測結果に対して、盛土中央部の沈下量が1.4倍程度、盛土法尻の水平変位量が2.5倍程度大きくなった。これは、沈下に伴う自然地盤のせん断変形を過大に算定した結果、Up層が盛土の外側へ押し出されたため生じたと考えられる、また、盛土法尻付近で最大1m程度隆起しているが、実際には隆起現象は確認されておらず、実現象を推定できていないと言え難い。

これに対して、強熱減量 L_i に基づく設定法のCase2では盛土中央部の沈下量が観測結果の1.1倍、盛土法尻の水平変位量が1.3倍程度と、Case1に比較して改善されている。また、解析結果で盛土法尻付近の隆起現象は発生しておらず、盛土直下の沈下量や盛土法尻の水平変位量の経時変化も比較的精度よく推定できている。これより、強熱減量 L_i に基づく設定法のCase2の方が、実際の現象に近い変形状態を表現できていると判断される。

5. おわりに

高有機質土は通常の粘性土と異なる変形特性を有する。この特性を強熱減量 L_i に基づき推定することで、関口・太田モデルを用いて、高有機質土地盤上の盛土施工による自然地盤の地表面挙動を比較的精度よく推定することが可能であるとされる。今後は、層別沈下・水平変位量や間隙水圧の変化等による検証を行う必要である。

【参考文献】1)Ohta,H.,Iizuka,A.,Mitsushashi,Y.,and Nabetani,M.:Deformation analysis of anisotropically consolidated clay foundation loaded by 5 embankments, Proc.Int.Conf.of the Int.Assoc.for Computer Methods and Advances in Geomechanics, Cairns, Vol.2, pp.1017-1022, 1991. 2)林宏親,三田地利之,西元聡:泥炭地盤の弾塑性FE解析用土質パラメータの決定法,第43回地盤工学研究発表会論文集,pp.763-764,2008.