

III-596

締固め土の先行圧縮応力と応力履歴による強度の推定手法の適用性

真柄建設機土木本部技術課 正会員○森影 篤史
 真柄建設機技術研究所 正会員 髭本 裕昌
 真柄建設機技術研究所 正会員 上田 信二
 金沢大学土木建設工学科 正会員 太田 秀樹

1. はじめに

筆者らは、従来の「締固め土の先行圧縮応力による強度の推定手法」^{1), 2)}に除荷過程を追加し、締固め土の過圧密状態を考慮した「締固め土の先行圧縮応力と応力履歴による強度の推定手法」を提案した³⁾。この手法は、一般的な飽和粘性土の強度と応力履歴の関係式⁴⁾を不飽和である締固め土にも適用し、密度・含水比から強度を直ちに推定する手法である。ここでは、盛土の強度・安定性について本手法によるものと、現行法との比較を行いその適用性の検討を行ったので報告する。

2. 現行法および本手法による強度の算定

2-1 試料の物理特性および締固め特性

試験に用いた試料は、金沢市近郊の造成地内における2箇所(NO.9, NO.14)の高盛土より採取した。両者共に大桑層の山砂である。物理的性質および突固め(A-c法)による締固め特性はそれぞれ表-1に示す通りである。

表-1 試料の物理的性質

土質分類	NO.9	NO.14
	SM	SM
砂分	89.0 %	76.0 %
細粒分	11.0 %	24.0 %
$\rho_{dmax}(g/cm^3)$	1.508	1.481
$W_{opt}(\%)$	24.2	24.5

表-2 現行法の強度定数

	NO.9			NO.14		
	排水	非排水		排水	非排水	
C', ϕ	C_{cu}, ϕ_{cu}	C_{cu}, ϕ_{cu}	C_{cu}, ϕ_{cu}	C', ϕ	C_{cu}, ϕ_{cu}	C_{cu}, ϕ_{cu}
CASE	9T-D	9T-UT	9T-UE	14T-D	14T-UT	14T-UE
$C(kgf/cm^2)$	0.509	1.928	2.280	0.347	3.829	4.363
$\phi(°)$	28.620	11.245	12.005	34.750	10.020	11.128

2-2 現行法における強度

現行法の強度を求めるにあたり、三軸圧縮試験を実施した。供試体は、突固めにより最適含水比、最大乾燥密度に調整したものをを用いた。排水強度は、 C', ϕ を強度定数とした。非排水強度の一つは、 C_{cu}, ϕ_{cu} を強度定数とした。さらに非排水強度として三笠・望月ら⁵⁾の提案する有効な全応力にもとづいて整理した強度定数(以下、有効な全応力による強度定数を C_{cu}', ϕ_{cu}' とする)も求めた。以上より求めた3種の強度定数は、表-2に示す通りである。

2-3 本手法における強度

次に本手法の強度は、簡易な圧縮～除荷～等体積一面せん断試験から求めた。NO.9, 14それぞれの試験結果を図-1, 図-2に示す。図-1は、先行圧縮応力 σ_0 と乾燥密度 ρ_d との関係である。また図-2は、せん断強度 S_u と σ_0 をそれぞれせん断前垂直応力 σ_f で正規化(非排水条件)した S_u/σ_f と σ_0/σ_f との関係である。さらに図-2には、せん断破壊時垂直応力 σ_f により正規化(排水条件)した S_u/σ_f と σ_0/σ_f の関係も併記してある。したがって、本手法における強度推定式³⁾は下式のように表される。

$$S_u = m \cdot \sigma_f (\text{or } \sigma_t) \cdot (\sigma_0 / \sigma_f (\text{or } \sigma_t))^\Delta \quad \text{----- ①}$$

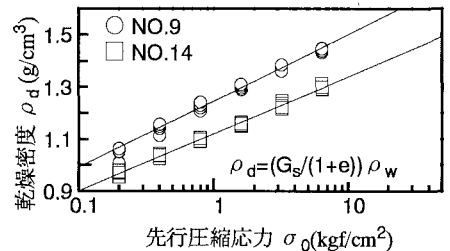


図-1 先行圧縮応力と乾燥密度の関係

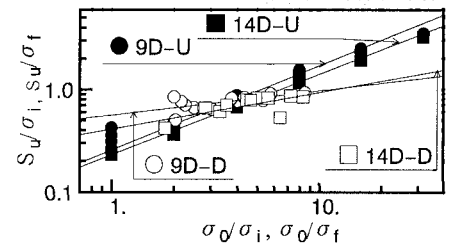
図-2 σ_0/σ_f と S_u/σ_f および σ_0/σ_t と S_u/σ_t の関係

表-3 本手法の強度定数

	NO.9		NO.14	
	排水	非排水	排水	非排水
CASE	9D-D	9D-U	14D-D	14D-U
$\rho_{dmax}(g/cm^3)$	1.508	1.508	1.481	1.481
$\sigma_0(kgf/cm^2)$	10.591	10.591	44.701	44.701
m	0.560	0.257	0.410	0.231
Δ	0.240	0.819	0.359	0.784

以上より求めた本手法における強度定数 (σ_0, m, Λ) は、表-3に示す通りである。なお σ_0 は、現行法との比較を行うために三軸試験に用いた供試体と同じ ρ_0 を用いて図-1から決定した。

2-4 現行法および本手法における強度の比較

図-3は、2-2, 3で示した強度定数を用い各強度推定式により垂直応力 σ と S_u の関係を示したものである。

表中のCaseは、表-2, 3のものに対応している。これを見ると本手法の排水条件の強度は、その絶対値およびその増加傾向共に三軸試験のものと非常に良く一致している。また非排水条件の強度では絶対値にやや違いがあるものの傾向としては一致している。つまりこれは、過圧密を考慮した簡単な一面せん断試験による強度の推定法の妥当性を示している。

3. 両手法による安定計算

次に前述の強度を用い安定計算を行った。今回用いた安定計算は、円弧すべり分割法である。両手法の違いは、抵抗力の算出法にある。すなわち現行法では、各スライス底面のせん断抵抗力をクーロンの破壊規準を用いて算出するのに対して、本手法は2-3で述べた①式を用いて求める。安定計算を行った盛土断面は、盛土高は10.0~200.0mまで6種変化させた。また、法勾配1:1.0、鉛直高5.0m毎に幅2.0mの小段を設けた断面とした。図-4が両手法によって計算された結果である。横軸が盛土高さ、縦軸に安全率を取り、両対数表示したものである。図-4から、盛り立て限界の高さつまり $F_s=1$ となる高さが、現行法と本手法において各排水条件それぞれのもで良い一致を示している。

5. まとめ

盛土の強度・安定性について、「締固め土の先行圧縮応力と応力履歴による強度の推定手法」と一般的な突固めによる現行法との比較検討を行った結果、以下の結論を得た。

- 1) 本手法の強度推定式と現行の推定式両者の垂直応力-せん断強度の関係がほぼ一致した。
- 2) 本手法安定計算と現行安定計算を比較すると排水条件、非排水条件共に同様の結果となった。
- 3) 1), 2)より本手法が、盛土の強度推定および安定解析に適用できる事が確認された。

上記の結論の意味するところは、非常に大きい。すなわち、本手法は、簡単な試験で現地に即応した種々の盛土強度が推定でき、現行の設計手法よりも有用と思われる。つまり、盛土施工現場において、設計変更または施工法の変更が余儀なくなっても、変更後の状態に合わせた強度を求める実験を改めて行う必要がないからである。

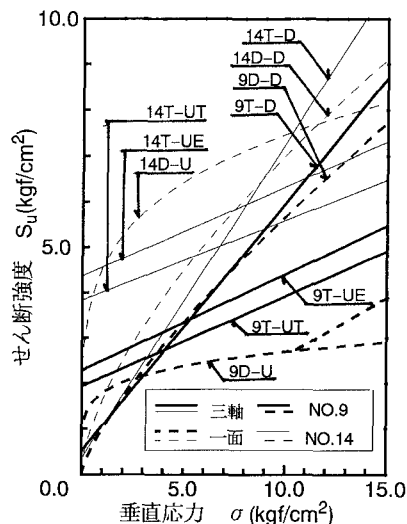


図-3 垂直応力とせん断強度の関係

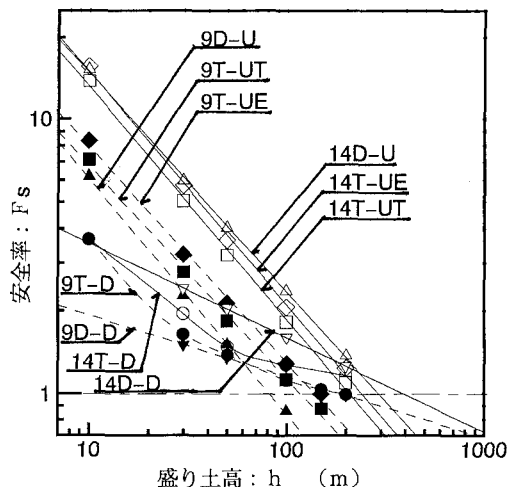


図-4 盛土高と安全率の関係

- 1) 太田秀樹・西田義親・国安逸朗・金子義信：土の締固め-管理基準と品質検査一，土と基礎，34-5, pp. 43~48, 1986.
- 2) 太田秀樹・伊藤雅夫・石黒 健・米谷 敏：締固められた粘性土の先行圧縮応力と強度の推定，土木学会論文集，No. 436, pp. 27~36, 1991
- 3) 森影篤史・上田信二・髭本裕昌・太田秀樹：締固め土の先行圧縮応力と応力履歴による強度の推定，土木学会第47回年次学術講演会，p. 330~331, 1992
- 4) 土質工学会：土質試験の方法と解説，PP366~367
- 5) 望月秋利・三笠正人：フィルダムの安定解析，土と基礎，32-4, pp. 19~26, 1984