

(株) パスコ 藤原 紘子
復建調査設計株式会社 正会員 ○金子 智之
神戸大学工学部 正会員 飯塚 敦

1 研究目的 粘土地盤の原位置試験法の一つであるベーンせん断試験は、十字型のベーンを地盤中で回転させてトルクを測定し、そのピーク値から土の非排水強度を求めるものである。試験の原理が単純で、ベーン強度の計算が簡便であるので、盛土や掘削などの短期安定問題の検討に世界各地で利用され、試料撹乱の補正および応力解放の補正が必要ない点で、日本で一般に利用される一軸圧縮試験と異なる。原位置ベーン強度から設計強度を算定するために、ベーンせん断強度に対するせん断速度の影響の補正が必要になるが、一般に Bjerrum(1973)の μ_R が知られている。これは速度効果を一括して定量化したもので、今回はこの μ_R をさらに要因別に分離することを試みる。

2 使用データ

①実測値 本研究では、石川県小松市南西に位置する、柴山潟と呼ばれる淡水湖の干拓地で行われた土質試験データを使用する。本研究をすすめるにあたって特に重要であった塑性指数および3つのせん断試験強度、一軸圧縮強度・ベーンせん断強度・等体積一面せん断強度の分布を図-1に示す。

②解析値 実測値に加え、二次元解析プログラム DACSAR による解析ベーンせん断強度も使用する。現場の土質データを使い、関口・太田による弾粘塑性構成モデルを用いた土／水連成解析を平面ひずみ及び完全非排水条件下で行い、現場地盤において完全非排水ベーンせん断が行われた場合の理論強度を導く。解析のためのベーンせん断試験のモデル化を図-2に示す。ベーンの羽根の上下端面に接する微小要素の場合、水平方向にせん断されるが鉛直方向に伸び縮みしないと考える(図中では DSS, H, 水平面上での直接せん断)。次にベーンの羽根の側面に接する微小要素の場合、ベーンの羽根の回転方向にせん断されるがベーンの半径方向には伸び縮みしないと考える(図中では DSS, V, 鉛直面上での直接せん断)。このようにベーンせん断を2種類の直接せん断に置き換えて解析を行う。解析ベーン強度は実測ベーン強度と比較することを目的とするので、原位置ベーン試験の行われた深度に於ける土質パラメータを用い、さらにせん断角速度も実際の試験に近似する。各深度・せん断速度毎に DSS, H と DSS, V の解析を行った。一例として図-3に TP-15.0, せん断角速度毎分 0.1° における実測値に対応する解析の結果を示す。横軸に直応力、縦軸にせん断応力を取り、せん断応力のピーク値を各微小要素におけるせん断強度とした。DSS, Hにおける強度を S_h 、DSS, Vにおける強度を S_v とし、(I)式に代入して解析ベーンせん断強度を求める。解析結果と実測値の比較を図-4に示す。実測値は過圧密粘土の強度であるから、(II)式で正規粘土の強度に変換した。

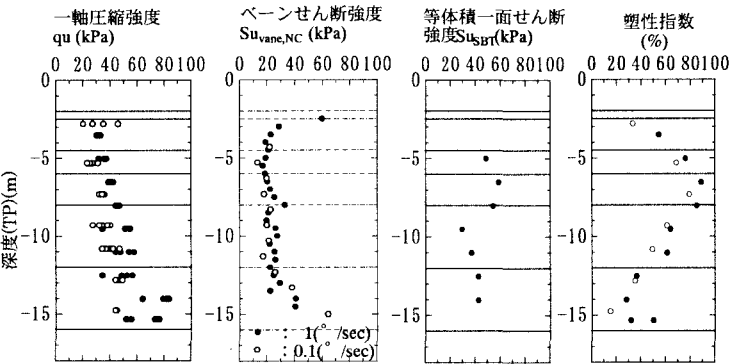


図-1 現場実測データ

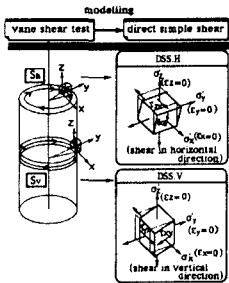


図-2 ベーンせん断試験のモデル化

3 補正係数 ①定義 ベーンせん断試験などの原位置試験では、せん断中の非排水条件を完全にコントロールすることは不可能であり、十分に速い速度でせん断を行うことによりできるだけ部分排水効果を抑えようとしているのが現状である。しかしせん断速度を速めすぎると、今度は材料の粘性の影響が無視できなくなる。速度効果の補正係数は通常 μ_R で表されるが、今回これを要因別に2つの補正係数に分離する。(式III)

②方法 補正係数の分離は実測ベーンせん断強度と解析ベーンせん断強度の比較により行う。

実測ベーンせん断強度には部分排水と粘性の二つの影響が含まれており、完全非排水条件下の強度である解析ベーン強度には粘性の影響のみが含まれる。つまり両者の差は排水の影響に他ならない。よって式Vが成り立ち、式IV及び式Vより実際に求めた粘性補正の係数 μ_v を図-5に示す。プロットはほぼ $\mu_v = 1$ の点線の周囲に散らばっていると見なすと、IV式より $\mu_R = \mu_{DR}$ となる。

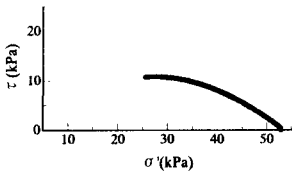


図-3(a) DSS.Hにおける応力経路

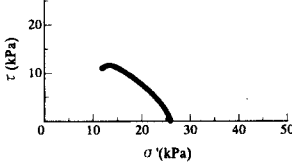


図-3(b) DSS.Hにおける応力経路

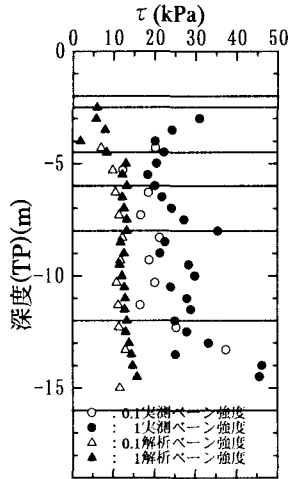


図-4 解析強度と実測強度

$$S_{(vane)} = \frac{1}{1 + \frac{B}{3H}} \left(S_v + \frac{B}{3H} S_h \right) \quad (I)$$

B : ベーン幅, H : ベーン高さ

$$\frac{S_{u(NC)}}{\sigma'_{v0}} = OCR - \bar{\lambda} \left(\frac{S_{u(OC)}}{\sigma'_{vi}} \right) \quad \bar{\lambda} = 1 - \frac{\bar{C}_s}{C_c} \quad (II)$$

σ'_{v0} は有効土被り圧, OCR は $\sigma'_{v0} / \sigma'_{vi}$ で定義される過圧密比, $\bar{C}_s$ は膨潤指数, $S_{u(NC)}$ と $S_{u(OC)}$ はそれぞれ正規粘土と過圧密粘土の非排水強度。

$$\mu_R = \mu_{DR} \cdot \mu_v \quad (III)$$

μ_{DR} は排水の影響の補正係数, μ_v は粘性の影響の補正係数

$$S_{(vaneNC)} \cdot \mu_{DR} = S_{(vane)} \quad (IV)$$

$$\mu_v = \frac{\mu_R}{S_{(vane)} / S_{(vaneNC)}} \quad (V)$$

4 結論 地盤の短期安定問題の検討に必要な土の非排水せん断強度を、実際の地盤内で発揮される値により近い形で求めるため、ベーンせん断強度に対するせん断速度の影響の補正係数の要因毎の分離を試みた。

5 参考文献

- 1) Bjerrum, L.: Embankments on soft ground, Performance of Earth and Earth-supported Structures, ASCE Specially Conf. 2:1-54,1972.
- 2) 太田秀樹・西原晃・飯塚敦・杉江茂彦: 自然堆積粘土に対するベーンせん断試験結果の解釈, 土木学会論文集, 第481号, pp.145~154,1993.

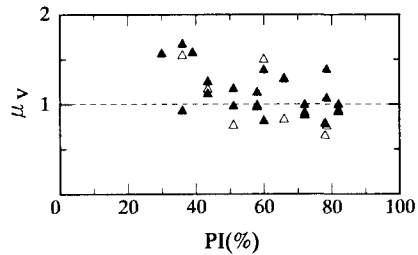


図-5 粘性効果補正係数 μ_v

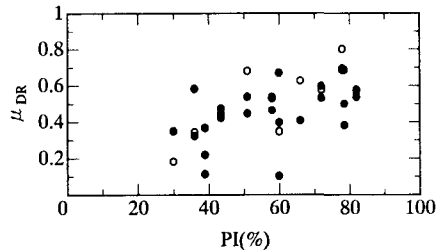


図-6 排水効果補正係数 μ_v