

第Ⅲ部門 粗粒土のせん断抵抗角に関する一推定法

立命館大学大学院 学生員 ○辻家 弘貴
 瀬戸市役所 大山 慎也
 立命館大学理工学部 正会員 福本 武明

1. 緒言

岩砕や巨礫などの粗粒子を多量に含む粒状材料を盛土材料等として使用される機会が増えている。こうした粗粒土を用いて構築された土構造物の恒久的な安定性と耐久性の確保の観点から、締固め後の粗粒土の密度、強度、圧縮性、透水性などの工学的諸特性を適正に評価することは、実務上、極めて重要なことである。

粗粒土の締固め密度については、既にわが国に規定¹⁾があり、それに従って許容最大粒径 D_a よりも粗な粒子を除去した試料(試験土)で締固め試験を実施し、得られた密度を D_a より大きな粗粒子の含有率 P に応じて補正し、粗粒土の乾燥密度 ρ_d を求めるという方法が採られている。粗粒土のせん断強さについても、その適正値を最終的には現行締固め規定と連動させ、 P に応じて補正して求められるような方法の確立が望まれるところである。

そこで本論文では、上記のような視点から、 P に応じて補正して求まる締固め密度 ρ_d を基礎に、粗粒土のせん断強さ ϕ の推定方法を提案²⁾するとともに、その妥当性を大型一面せん断試験による実験データを用いて検証したので、その結果について報告する。

2. 粗粒土の締固め密度 ρ_d の推定

現行規定では、式(1)のような Walker-Holtz 式が用いられている。式中、 ρ_{d1} は試験土の実測乾燥密度、 ρ_{d2} は粗粒土部分の平均粒子密度である。この式は、多くの人々が指摘するように、 $P \leq 30 \sim 40\%$ の範囲でしか成り立たない。

そこで著者は、その対策として式(1)に含まれる不合理な点を改善した、式(2)を以前から提案し使用している

(詳細:文献³⁾⁴⁾⁵⁾参照)。式中、 ρ_{dg} は粗粒部分のみの場合の実測締固め密度であり、係数 α と β は粒径比

D_m/d_m (D_m :粗粒部分の平均粒径、 d_m :試験土の平均粒径)と材料特性値(ρ_{d1} 、 ρ_{d2} 、 ρ_{dg})さえ既知であれば容易に求められる。⁴⁾式(2)の推定精度は、実務上十分良好であることが報告されている。⁵⁾

以下の議論では、上記2法を基礎にそれらを比較する形で粗粒土のせん断抵抗角の検討を行うことにする。

3. 粗粒土のせん断抵抗角 ϕ の推定

まず粗粒土の ρ_d は、2節の方法で求められるから、これを式(3)より間隙比 e に換算する。式中、 G_g は粗粒部分の比重である。

次に、粗粒土のせん断抵抗角 ϕ については、粒状体を対象として提案された最上⁶⁾の式、すなわち式(4)を利用して推定する。この式は、ロックフィルダムなど粗粒材料を扱う分野⁷⁾でも利用されている。式(4)中の定数 \bar{m} については、

粒度配合や粒子形状などに依存すると考えられ、種々の研究⁸⁾⁹⁾がある。しかし文中では、 \bar{m} の取り扱いとして粗粒土原土と試験土とで変わらない、つまり材質が同じなら不変と仮定する。そうすれば結局、式(5)から式(3)の e を代入することによって粗粒土の ϕ が推定できる。

キーワード:粗粒土, 締固め, 密度, せん断強さ,

住所:滋賀県草津市野路東 1-1-1, 電話:077-566-1111 (内線 8717), FAX:077-561-2667

$$\rho_d = \frac{\rho_{d1} \cdot \rho_{d2}}{P \cdot \rho_{d1} + (1 - P) \cdot \rho_{d2}} \quad (1)$$

$$\rho_d = \frac{\rho_{d1} \cdot \rho_{d2} (1 - \alpha P^\beta)}{P \cdot \rho_{d1} + (1 - P) \cdot \rho_{d2}} \quad (2.a)$$

$$\alpha = 1 - \frac{\rho_{dg}}{\rho_{d2}}, \quad \beta = \left(\frac{D_m}{d_m} \right)^\xi \quad (2.b), (2.c)$$

$$\xi = \left(\frac{\rho_{d1}}{\rho_{dg}} \right) \cdot \left(1 - \frac{\rho_{d1}}{\rho_{d2}} \right) \quad (2.d)$$

$$e = \frac{G_g}{\rho_d} - 1 \quad (3)$$

$$\sin \phi = \frac{\bar{m}}{1 + e} \quad (4)$$

$$\sin \phi = \frac{1 + e_1}{1 + e} \sin \phi_1 \quad (5)$$

4. 大型一面せん断試験の試験概要

粗粒土に関する実験データが非常に少ないため、今回著者らは大型一面せん断試験装置を考案し、実施した。その概要図を Fig.1 に示す。せん断枠内に、所定の方法で供試体を礫分含有率 $P=0, 25, 50, 75, 100\%$ の5段階に変えて作製するとともに、上載荷重は、150, 250, 350kgf の3段階に変化させ、0.083mm/s の速度でジャッキにより引っ張ってせん断させた。

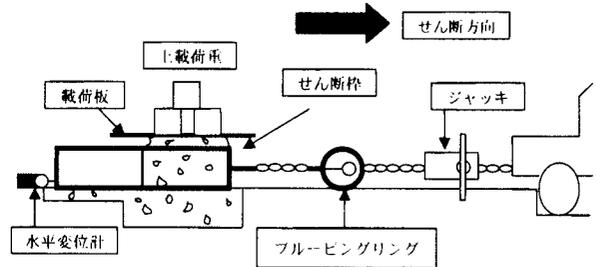


Fig.1 大型一面せん断試験の概略図

5. 試験結果

Fig.2 に、せん断応力と水平変位の関係（ここでは $P=0\%$ の場合のみ）を、また Fig.3 にせん断強さと垂直応力の関係を示している。Fig.3 より、粘着力 c は今回の場合、礫分混入率 P の如何によらずほぼ一定と考えられるので、平均をとって $c=3.32\text{kPa}$ に設定した。Fig.4 は礫分混入率 P とせん断抵抗角 ϕ の関係を示したものである。▲印の実測値 ϕ は Fig.3 中の直線勾配であり、●印と■印はそれぞれ3節で述べた考え方に従い、式(1)と式(2)を用いた計算値である。

Fig.4 から、 ϕ の計算値と実測値との関係は、式(1)を用いた場合、礫分含有率が 60% を越えたあたりから実測値と差が開いていることがわかる。それに比べ式(2)を使った場合、 P の全範囲にわたってほぼ傾向的に支持できることなどが分かる。しかし今回、 ϕ の値が全般的に非常に大きな値を示してしまった。この原因の1つには試験に用いた上載荷重が、装置の大きさに対して非常に小さ過ぎたのではないかと考えられる。

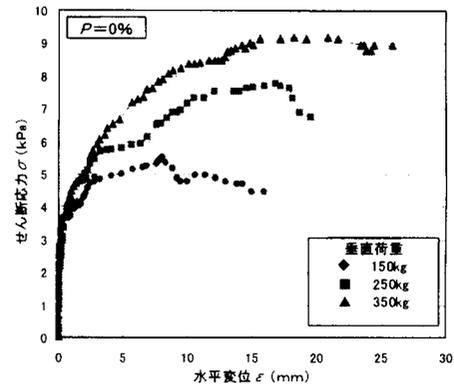


Fig.2 せん断応力と水平変位の関係($P=0\%$)

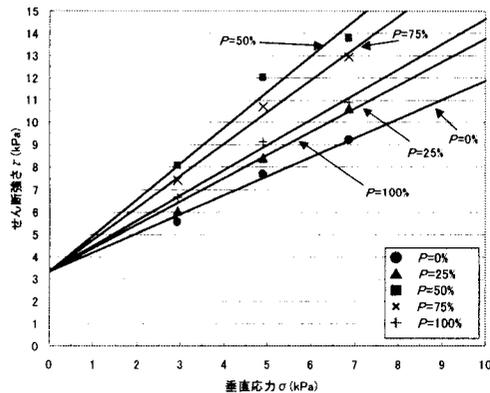


Fig.3 せん断強さと垂直応力の関係

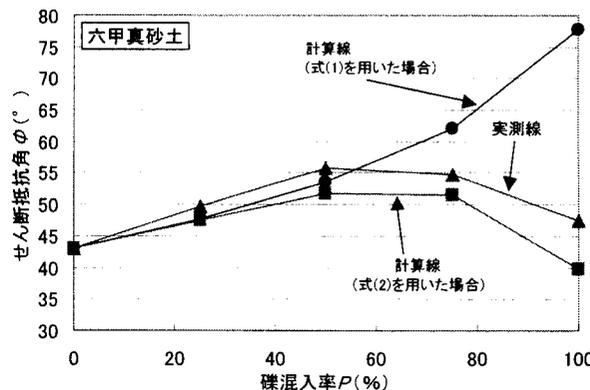


Fig.4 せん断抵抗角と礫分混入率の関係

6. 結言

粗粒土のせん断抵抗角 ϕ を、わが国の締固め規定と連動させ、礫分含有率 P に応じ補正して求められるような方法の提案を行った。大型一面せん断試験の実験データから本提案法の妥当性を検証した結果、現行締固め規定の式(1)に代わり式(2)を使えば P の全範囲にわたって傾向的に支持できる値となり、決して理不尽なものでないことが判明した。

参考文献

- 1)地盤工学会編：「土質試験の方法と解説（第一回改定版）」、2000。
- 2)福本武明：粗粒土の工学的諸特性の推定法に関する一提案、立命館大学地盤研究室資料、pp.1~4、2001。
- 3)福本武明・増井久：粗粒土の締固め密度推定法、土と基礎、Vol.49、No.8、pp.26~28、2001。
- 4)福本武明・増井久：二要素混合問題における粒径比の影響、第36回地盤工学研究発表会、pp.549~550、2002。
- 5)増井久・福本武明：粗粒土の締固め密度推定式の比較、土木学会論文集、No.701/III-58、pp.135~143、2002。
- 6)最上武雄：レキの内部摩擦角と常数 k について、土と基礎、vol.16、No.11、pp.29-36、1968。
- 7)電力土木技術協会編：最新フィルダム工学、1981。
- 8)吉越洋：粒状体の内部摩擦角に影響する諸因子について、東京大学博士論文、1971。
- 9)諸戸清史：粒状体の変形と強度に関する基礎的研究、1976。