

立命館大学大学院 学生員 ○辻家 弘貴
 (株)西部ガス 齊藤 章人
 中津川市役所 成瀬 友太
 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混入率 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。粗粒土の透水性についても、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 に応じ補正して求まる締固め密度 ρ_d を基礎に、粗粒土の透水係数 k の一推定方法を提案²⁾するとともに、その妥当性を既往の実験データ³⁾により検証したので、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。

そこで著者らは、その対案として式(1)に含まれる不合理な点を改善し、式(2)を以前から提案し使用している(詳細：文献^{4) 5) 6)}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。⁵⁾ 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。⁶⁾

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透水性の検討を行うことにする。

3. 粗粒土の透水係数の推定

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、粗粒土の透水性評価については、周知の透水公式⁷⁾を利用する。式中、 γ_w は水の単位体積重量、 μ は粘性係数、 D_s は平均粒径、そして C は係数である。このうち D_s については、有効径や調和平均

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

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

$$\alpha = 1 - \frac{\rho_{dg}}{\rho_{d2}} \quad (2.b)$$

$$\beta = \left(\frac{D_m}{d_m} \right)^{\xi}, \quad \xi = \left(\frac{\rho_{d1}}{\rho_{dg}} \right) \cdot \left(1 - \frac{\rho_{d1}}{\rho_{d2}} \right) \quad (2.c)$$

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

$$k = C \frac{\gamma_w \cdot D_s^2}{\mu} \cdot \frac{e^3}{1 + e} \quad (4)$$

径を採ることも考えられるが、ここでは50%径を用いることとする。

いま、式(4)が粗粒土の原土と試験土とで成り立ち、かつ式中の $C=C_r\gamma_w/\mu$ が粗粒土と試験土とで変わらない(つまり、材質が同じなら不変)と仮定すれば、式(5)が得られる。式中、試験土に対する透水係数 k_1 、間隙比 e_1 、50%径 D_1 は既知である。

$$\frac{k}{k_1} = \left(\frac{D}{D_1} \right)^2 \cdot \left(\frac{\frac{e^3}{1+e}}{\frac{e_1^3}{1+e_1}} \right) \quad (5)$$

従って、式(5)中の e と D さえ求まれば、粗粒土の透水係数 k が推定できる。 e については3節の式(3)を使えばよく、一方、 D については粗粒土の粒径加積曲線上から50%径を読み取って用いればいい。

4. 具体例

上記の考え方の妥当性を検証するために、ここでは利根川砂礫を用いて礫分含有率 P を種々変えて行った藤倉・国生³⁾の透水実験のデータを用いることにする。(数値等の詳細：原文を参照されたい)。

Fig.1は、礫分含有率 P と透水係数 k の関係を示したものである。図中の▲印は $D_r=50\%$ のときの実測透水係数であり、点線は式(5)から仮に式中の e に $e_{\max}$ と $e_{\min}$ をそれぞれ代入して求めた上下の限界推定値である。さらに図上には、前節で述べた考え方に沿って算定された透水係数、すなわち式(1)、(3)から間隙比 e_w を求め、それを式(5)に代入して求まる透水係数 k_w と、式(2)、(3)から間隙比 e_F を求めそれを式(5)に代入して求まる透水係数 k_F を、それぞれ●印と■印で示してある。

図から、式(5)による計算線と実測線との適合性は、式(5)を使う前段階の密度推定式として式(1)を使うか式(2)を使うかで大きく異なる結果となり、式(1)を使った場合、 $P \leq 60\%$ ならばほぼ良好で $P > 60\%$ の領域において非常に悪くなるのに対し、式(2)を使った場合、 P の全領域にわたってほぼ良好になることが分かる。

5. 結言

粗粒土の透水係数 k を、わが国の締固め規定と連動させ、礫分含有率 P に応じて補正して求められるような一方法の提案を行った。今回提案した推定法の適合性については、現行の締固め規定で採用されている式(1)を計算過程で使った場合、 $P > 60\%$ の領域で実測線との隔たりが大きくなるのに対し、式(1)を改善した式(2)を使った場合、 P の全範囲にわたってほぼ良好であることが判明した。今後は、さらに多数の実測データに基づいて検証例を増やし、提案法の実務的な利用価値を高めていきたい。

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) 藤倉裕介・国生剛治：砂礫の浸透破壊と透水係数に及ぼす粒度の影響，土木学会論文集，No.687/Ⅲ-56，pp.27～36，2001。
- 4) 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。
- 5) 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。
- 6) 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。
- 7) 畠山直隆編著：「最新土質力学」，朝倉書店，p.47，1998。

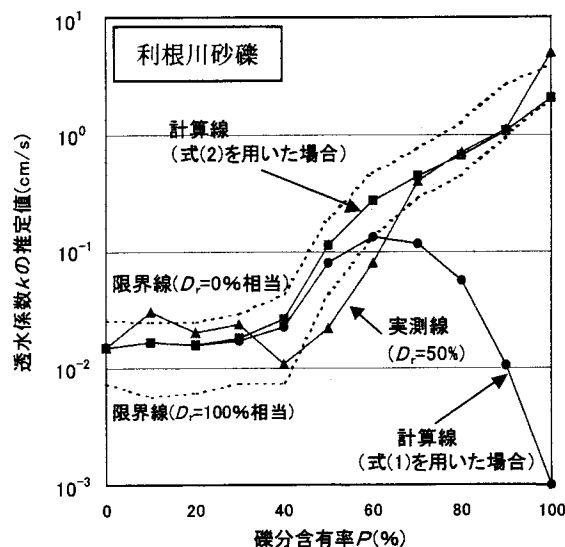


Fig.1 透水係数 k と礫分含有率 P の関係