

細粒分を含む砂の相対密度の補正法に関する検討

復建調査設計 正会員 ○中澤 博志
 不動産テトラ 正会員 原田 健二

1. 目的

締固めによる地盤改良効果の評価において、サウンディング等を実施することが多いが、その結果には、密度増加と水平応力増加の両者の影響が含まれている。密度増加に関し、相対密度により地盤改良効果が評価されるが、細粒分を多く含む砂については、相対密度が100%以上を示すケースが多々あり、必ずしも正しく評価されず、液状化強度の評価も困難にすることがある。筆者ら¹⁾は、過去に細粒分含有率が5%以下であるきれいな砂から低塑性のシルト質砂およびシルトを対象に文献調査し、細粒分を含む砂の補正相対密度と液状化強度の関係を示しているが、本報では、補正相対密度の精度について追加検討を行ったので報告する。

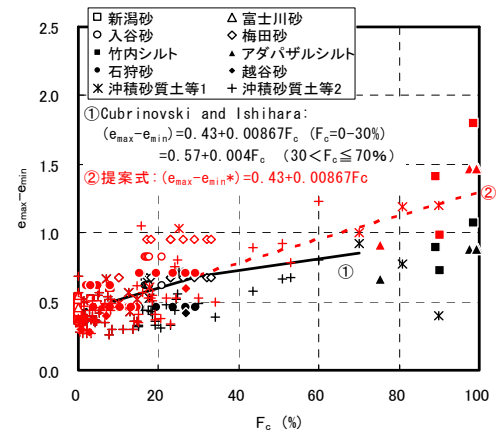
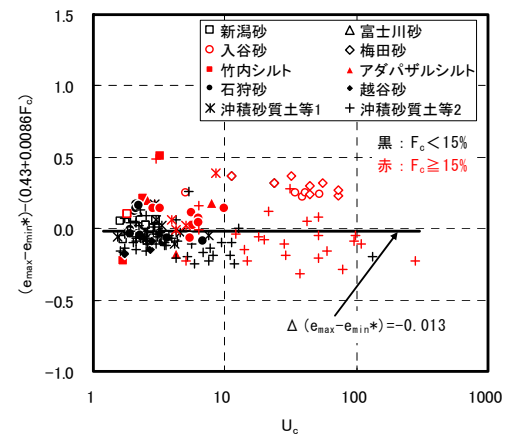
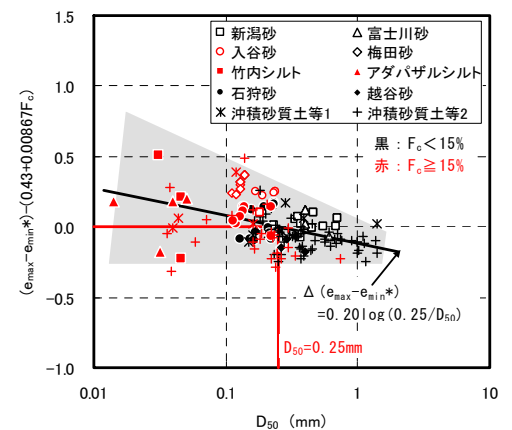
2. 細粒分含有率と間隙比幅の提案式

細粒分を含む砂の D_r の評価について、Cubrinovski and Ishihara²⁾により、シルトから礫質土を含む様々なタイプの地盤材料を対象に検討され、 $(e_{max}-e_{min})$ が D_{50} および F_c との相関式が提案されている。 F_c と $(e_{max}-e_{min})$ の関係については、図-1に①で示されている。図中のプロットは、混合試料等の人工調整試料を除く液状化試験を対象とした地盤材料のものとし、 F_c 、 e_{max} 、 e_{min} 、 D_{50} 、 U_c が一通り揃っている既往のデータを取りまとめたもの(参考文献³⁾に詳しく掲載)であるが、 $(e_{max}-e_{min})$ とCubrinovski and Ishiharaの提案式は概ね整合していることがわかる。一方、同図には、 $(e_{max}-e_{min}^*)$ が示されているが、 $F_c \geq 15\%$ に対し、 $e_{min} = e_{min}^* = 0.6$ としたものであり、締固め試験(JGS 0711)から得られる ρ_{dmax} により平均的な値として決定された値である¹⁾。これは、対象の範囲において、砂粒子同士の接触が減少し砂分による骨格が不安定になり、細粒分自体の性質が次第に卓越するためである。 $e_{min}^* = 0.6$ とすることで、 F_c が大きい範囲において、 $(e_{max}-e_{min}^*)$ が $(e_{max}-e_{min})$ を上回り、 D_r の過大評価が改善される。また、 $(e_{max}-e_{min}^*)$ の分布についてはばらつきがあるものの、100%以下のすべての F_c について以下の式で示される。

$$(e_{max}-e_{min}^*) = 0.430 + 0.00867F_c \quad (1)$$

3. 提案式の精度の検討

式(1)と実測値($F_c \geq 15\%$ は $e_{min}^* = 0.6$ とした)との差 $\Delta(e_{max}-e_{min}^*)$ と通常の物理試験から得られる定数 D_{50} および U_c との相関を検討した。図-2に $F_c = 15\%$ を境界に色分けした U_c と $\Delta(e_{max}-e_{min}^*)$ の関係

図-1 F_c と $(e_{max}-e_{min}^*)$ の関係図-2 U_c と $\Delta(e_{max}-e_{min}^*)$ の関係図-3 D_{50} と $\Delta(e_{max}-e_{min}^*)$ の関係

キーワード 砂質土、細粒分含有率、相対密度、最大間隙比、最小間隙比

連絡先 〒101-0032 東京都千代田区岩本町 3-8-15(FGEX 岩本町ビル) TEL:03-5835-2631 E-mail: nakazawa@fukken.co.jp

を示すが、 F_c に拘わらず $\Delta(e_{max}-e_{min}^*)$ は-0.013と一定かつ小さな値であることから式(1)に与える U_c の影響は小さいものと考えられる。同様にまとめた図-3に示す D_{50} と $\Delta(e_{max}-e_{min}^*)$ の関係では、 D_{50} が小さい程ばらつきは大きくなるが $\Delta(e_{max}-e_{min}^*)$ が増加し、式(2)で表現することが出来る。また、式(2)を補正項として式(1)に加え、式(3)に D_{50} の影響を考慮した $(e_{max}-e_{min}^*)$ の推定式を示す。

$$\Delta(e_{max}-e_{min}^*) = 0.20 \log(0.25/D_{50}) \quad (2)$$

$$(e_{max}-e_{min}^*) = 0.430 + 0.00867 F_c + 0.20 \log(0.25/D_{50}) \quad (3)$$

図-4に F_c と D_{50} および U_c の関係を示す。また、 $\Delta(e_{max}-e_{min}^*)$ の影響因子として、 U_c よりも D_{50} が顕著であったが、式(2)は $F_c=15\%$ を境に、 $F_c < 15\%$ で $U_c < 10$ の細粒分が少なく分級されている試料の $\Delta(e_{max}-e_{min}^*)$ については負の値、またほぼシルトのみで構成される試料を除き、 $F_c \geq 15\%$ で $U_c \geq 10$ の細粒分が多く粒径幅の広い試料の $\Delta(e_{max}-e_{min}^*)$ に対しては正の値を与えることとなる。また、 $F_c \geq 15\%$ の範囲に対して締固め試験を根拠に $e_{min}^*=0.6$ とする細粒分補正は、粒径幅の広くかつある程度の細粒分が混入する締固め特性の良い土に対するものであることがわかる。

4. $(e_{max}-e_{min}^*)$ 推定式の精度の検証

図-5に $(e_{max}-e_{min}^*)$ の実測値に対する式(1)および式(3)による推定値の関係を示す。黒で示される式(1)の推定値の分布に対し、赤で示される D_{50} による補正を加えた式(3)による推定値が、より 1:1 のラインに近くに分布を与えており、式(2)で示される補正が有効であることを示している。

図-6に F_c と細粒分補正をしない通常の $(e_{max}-e_{min})$ を用い算出した D_r 、式(1)のに基づき算出した D_r^* 、および式(3)により算出した D_r^* の関係を示す。なお、同図における D_r は、液状化試験の際の供試体の相対密度を示している。細粒分補正を施した式(1)、(3)による D_r^* は $F_c < 15\%$ の範囲では、 D_r よりも大きくなるプロットがあるが、 F_c が増加すると D_r を下回っており、より現実的な値を示している。

5. まとめ

本検討では、細粒分の影響を考慮するため、締固め試験結果に基づく $(e_{max}-e_{min}^*)$ の補正式に更に D_{50} の影響を追加し、その精度について検討した。細粒分がある程度含まれる場合に良好な D_r の推定が出来たが、液状化強度との相関について今後の課題としたい。

参考文献

1)中澤, 原田: 細粒分を含む砂の相対密度と液状化強度に関する検討, 第65回土木学会年次学術講演会, III-343, pp.685-686, 2010. 2)Cubrinovski, M. and Ishihara, K.: Empirical correlation between SPT N -value and relative density for sandy soils, Soils and Foundations, 39 (5), pp.61-71. 3) 中澤・原田: 細粒分を含む砂質土の相対密度補正および液状化強度に関する検討, 第31回土木学会地震工学研究発表会講演論文集, CD-ROM, 2011.

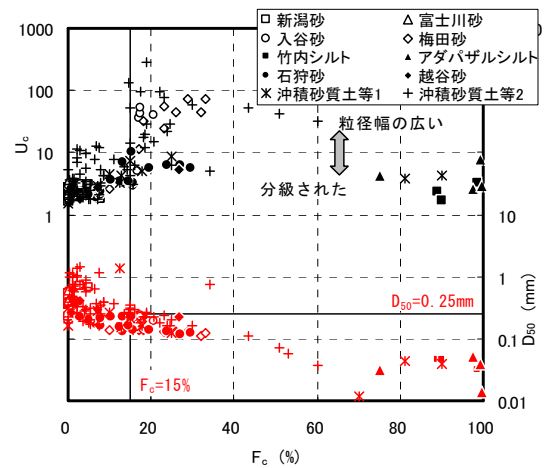


図-4 F_c と D_{50} および U_c の関係

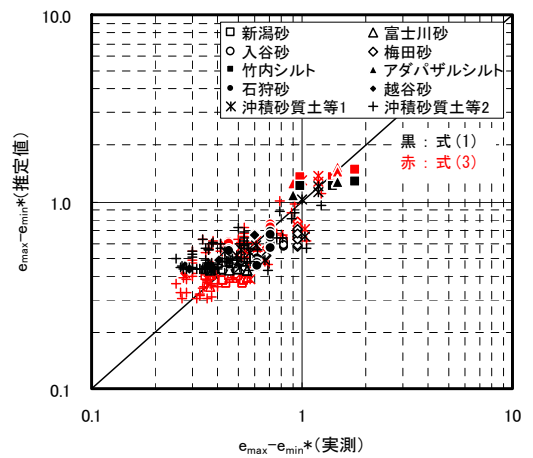


図-5 推定式の精度

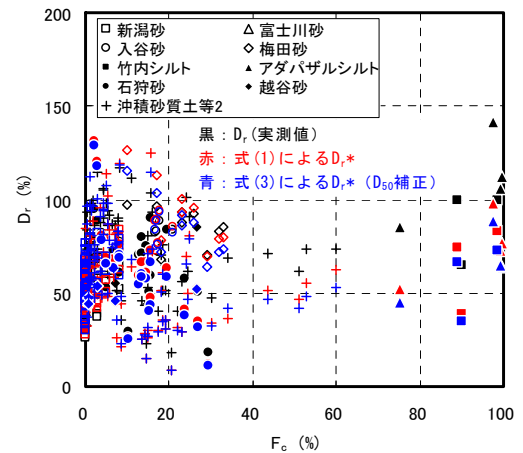


図-6 D_r^* と R_l の関係