

III-165

粗粒土の分類特性

日本大学短期大学部 正会員 下辺 悟
 八戸工業大学工学部 正会員 諸戸 靖史

1. まえがき 現行の粗粒土の分類は素材特性として粒径と粒度が用いられているが、細粒土の塑性図のような工学的分類図はない。第一著者は以前、塑性図と類似なものを粗粒土について作成するために、過去20数年間の既往のデータを基に、分類のための素材特性や分類指標を統計的に検討したことがある¹⁾。その結果、最大間隙比 e_{max} および最小間隙比 e_{min} に及ぼす主要な影響因子は粒子形状と粒度分布であり、この粒子物性を考慮した粗粒土の分類特性としては、間隙比範囲 $I_e (= e_{max} - e_{min})$ ～最大間隙比 e_{max} 関係が有効であることを明らかにした。つまり、細粒土の塑性図における塑性指数 I_p と液性限界 w_L を、それぞれ粗粒土の I_e と e_{max} に対応させ、 I_e は「粒子配列構造の自由度」を示すと考えるのである。この $I_e \sim e_{max}$ 関係図は、既に渡辺ら²⁾および福本³⁾によって検討されているが、検証データに乏しく概略的であり、粗粒土の工学的分類としてはまだ不十分である。

本研究は、粗粒土の $I_e \sim e_{max}$ 関係図に基づく分類特性について筆者らの研究結果を整理し、新たに締り易さの尺度を導入して再検討したものである。

2. $I_e \sim e_{max}$ 関係の特性 主な研究を以下に示す。

(1) 渡辺らの研究²⁾……渡辺らは、飽和砂の液状化に及ぼす間隙比と粒度の影響を調べる際に、砂の締り具合を表す余裕間隙比 $e - e_{min}$ の概念を導入し、間隙比範囲 $e_{max} - e_{min}$ との関係を検討した。その結果、図-1に示すように平均粒径 D_{50} と均等係数 U_c を知れば、 I_e と e_{max} の値を推定できる可能性がある。

(2) 福本の研究³⁾……福本は砂の分類特性としての最大・最小間隙比の効用を調べ、 $I_e \sim e_{max}$ 関係を検討した。主な成果を要約すれば下記に示す通りであるが、図上の位置によって砂の特性の違いをかなり明瞭に識別することができる(図-2参照)。

①均一径で粒子形状が異なる場合のデータは、 $I_e \sim e_{max}$ 関係図ではほぼユニークな一本の直線に乗る。

しかも、この直線に沿って右上方には粒子形状が角張っているものが、また左下方には丸っぽい粒子のものが位置している。

②粒子形状が同じで粒度が異なる場合のデータは、 U_c の増大と共に図上の直線付近より左方へ分岐する傾向が認められる。

(3) 筆者らの研究……下辺¹⁾は、173種類の均等粒度($U_c \leq 2.0$)の粗粒材料について、 $I_e \sim e_{max}$ 関係を統計解析した結果、次のような直線回帰式を得た。

$$A線: I_e = 0.574 e_{max} - 0.198 \quad \dots\dots (1)$$

なお、相関係数 $r = 0.909$ である。この関係式は福本の結果とはほぼ一致し、塑性図上のA線と類似した性質を持つ特性線の存在が確かめられた。

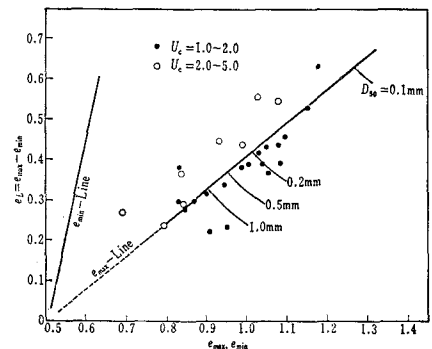


図-1 $I_e \sim e_{max}$ 関係(渡辺ら)²⁾

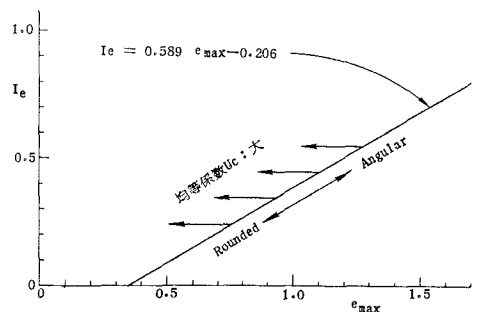


図-2 $I_e \sim e_{max}$ 関係(福本)³⁾

3. 締め易さの尺度 Terzaghiは締め易さの指標として次のようなF値を提案した。

$$F = \frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\min}} = \frac{I_e}{e_{\min}} \quad \dots (2)$$

また、諸戸⁴⁾は粗粒土の相対的な締め易さの尺度として、次式のような粒子物性パラメータrを定義し、相対密度 D_r と締固め度 C_r の関係を論じている。

$$r = \frac{1 + e_{\max}}{1 + e_{\min}} \quad \dots \dots \dots (3)$$

これら2つの締め易さの尺度の特徴として、既往および筆者らの研究によれば、F値は粒度分布に関わる U_c と、r値は粒子形状を評価するラウンドネスRと密接な関係にある。つまり、粒度分布が良い(U_c が大きい)ほどF値は大きく、丸

っぽい粒子(Rが大きい)ほどr値は小さくなる傾向にある。

4. $I_e \sim e_{\max}$ 関係図による工学的分類への可能性 図-3は締め易さの尺度Fおよびrを導入した $I_e \sim e_{\max}$ 図である。粗粒土の分類特性は、その最大密度・最小密度試験ならびに土粒子の密度試験結果を基に、 $I_e \sim e_{\max}$ 図上のA線(太い実線)を基準としてどのような位置にプロットされるかがキーポイントである。

なお、 $I_e \sim e_{\max}$ 図上で等しいF値、r値を有する直線群をそれぞれ等F線(細い実線)、等r線(細い破線)と名づけ、次式より求める。

$$I_e = \frac{F}{1 + F} e_{\max} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$I_e = \frac{r - 1}{r} (e_{\max} + 1) \quad \dots \dots (5)$$

図-3より、粗粒土の I_e 、 $e_{\max}$ は粒子破砕の影響が無視されるならば、 $I_e \leq e_{\max}$ 線とA線の間にプロットされるはずである。またA線より右上方に位置し、F値・r値が共に大きければ、角張った粒子で粒度分布が良い素材となる。つまり、 I_e が大きくなるので締固め効果が期待でき、工学的性質は改善されるが締めにくい。もしr値のみが小さければ、丸っぽい粒子で粒度分布が良い材料であるから、 I_e が小さくなるので締め易い。

また、図-4にA線上のF値・r値を示したが、特にr値は均一径で粒子形状が異なる場合の指標として有用であり、 $e_{\max}$ より推定できる。なお、実際問題への利用として図-3～4には諸戸(1986)による液状化した地点の砂、Hattoriら(1991)によるサンドパイル材のデータが併記してある。その結果、これらのデータはA線近傍に分布していることが理解されよう。

5. むすび このように、 $I_e \sim e_{\max}$ 図、等F線および等r線から、粗粒土の力学的性質を考慮した工学的分類図や締め易さの判定基準を構築できる可能性がある。

【参考文献】

- 1) 下辺：粗粒土の分類特性，未発表資料，1984～1988.
- 2) 渡辺ら：土の液状化に及ぼす粒度および細粒含有率の影響，土と基礎，Vol.23, No.6, 1975.
- 3) 福本：砂の分類特性としての最大・最小間隙比の効用，土木学会第37回年次学術講演会，1982.
- 4) 諸戸：粗粒土の相対密度と締固め度の関係および粒子物性，土木学会第38回年次学術講演会，1983.

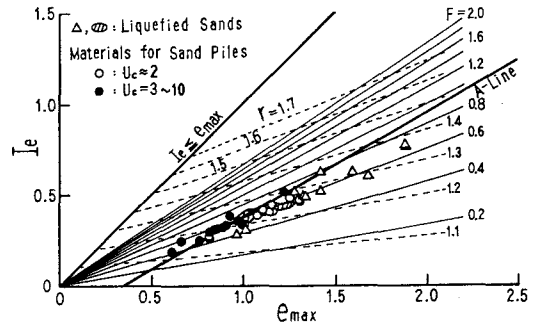


図-3 $I_e \sim e_{\max}$ 図における等F線，等r線

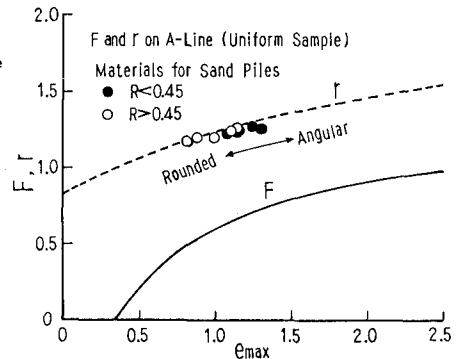


図-4 A線上のF値，r値