

III-207

粗粒材料の $\bar{k} \sim e_{min}$ 関係図の特性

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. はじめに 筆者らは、粗粒材料について通常の拘束圧の下で行われた既往の三軸圧縮試験結果に基づき、最上の強度定数 \bar{k} と最小間隙比 e_{min} の間に、次式のように粒子物性をパラメータとして良好な相関関係があることを見出した。¹⁾

$$\bar{k} = a e_{min} + b \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 a と b は粒子形状および粒度に依存する定数である。

本論文は、式(1)に基づく粗粒材料の $\bar{k} \sim e_{min}$ 関係図の特性について、今までの研究成果を整理すると共に、特に定数 b_2 の評価法や粒子破碎の影響を検討したものである。

2. $\bar{k} \sim e_{min}$ 関係図の特性 図-1は $\bar{k} \sim e_{min}$ 関係図の特性を模式的に示したものである。なお、図中には e_{min} の状態において、同じ最大内部摩擦角 ϕ_M を持つ等 ϕ_M 線群を挿入している。

(1) 均等粒径で、粒子形状が異なる場合 (a_1, b_1)

$$\bar{k} = 1.290 e_{min} + 0.314 \dots\dots\dots(2)$$

式(2)は、細粒土の塑性図のA線と同様な性質を有する限界境界線(図中の太い実線)である。¹⁾

(2) 粒子形状一定で、粒度が異なる場合 (a_2, b_2)

$$\bar{k} = 0.260 e_{min} + b_2 \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 b_2 は粒子形状に依存する定数で、 $a_1 > a_2$ である。¹⁾式(3)は、定数 b_2 をパラメータとして材料の種類によらず、図-1のA線から左側下方へ(ただし、ガラスビーズなどは異なる)分岐する直線群を表している。もし、材料が球形で表面が滑らかな粒子で粒度が変化する場合には、式(3)は $\bar{k} \sim e_{min}$ 関係図上でもう一つの限界境界線、B線(図中の太い実線)を与えることになる。

したがって、 $\bar{k} \sim e_{min}$ 関係図を用いれば、粗粒材料にも塑性図に似たA線、B線のような特性線が存在し、粗粒土の力学的性質を考慮した工学的分類に利用できる。

3. 定数 b_2 の評価法 定数 b_2 と粒子形状を定量的に表すパラメータとの関係を確立するために、試行錯誤した結果、その基本的なものさしとして図-2の $\bar{k} \sim e_{min}$ 関係を用意した。これはNorris(1977)²⁾による均等粒度の石英砂のデータ

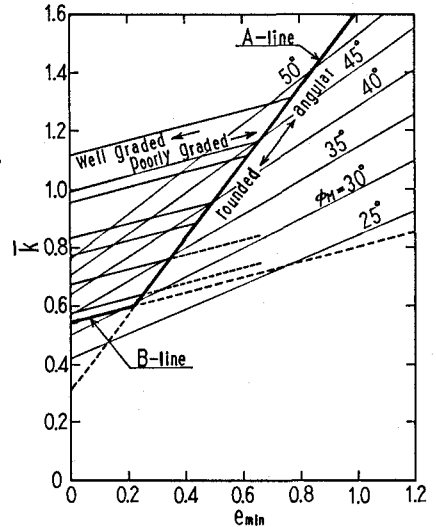


図-1 $\bar{k} \sim e_{min}$ 関係図(模式図)

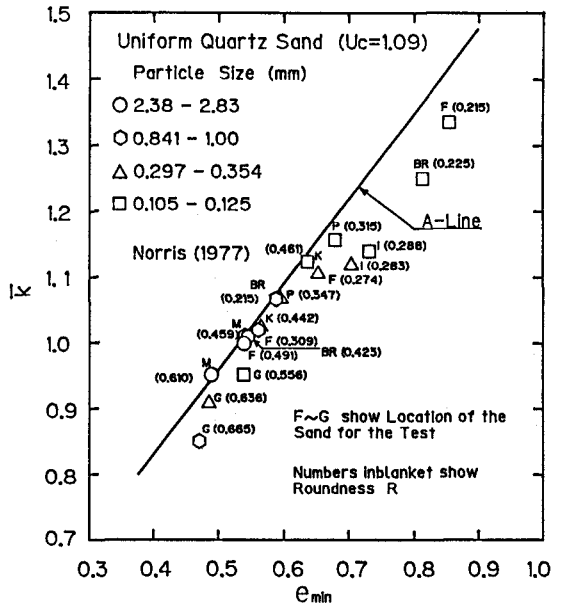


図-2 $\bar{k} \sim e_{min}$ 関係(Norrisのデータ)

である。ただし、図中のF~Gの記号は採取した砂の場所を示し、()内の数字はラウンドネスRを表している。その結果、図-2は式(2)のA線および図-1の模式図の概念をラウンドネスの数値をもって裏付けたことになる。また、同一採取地点の砂では粒径が小さいものはラウンドネスも小さい(角張った粒子)。次に、式(3)および図-2を用いて、ラウンドネスRをパラメータとして定数 b_2 を外挿して求めたものを、図-3に $b_2 \sim R$ 関係として示した(図中の○印)。また、諸戸(1985)³⁾の砂礫、立元(1981)⁴⁾によるガラスビーズ、砂とガラスビーズの混合試料のデータも追加補足した。その直線回帰分析の結果、

$$b_2 = 1.114 - 0.544R \quad \dots\dots\dots(4)$$

となり、外挿法を用いたにもかかわらず、高い相関が得られた(相関係数 $r = 0.915$)。

したがって、定数 b_2 はラウンドネスRによって直接評価できることがわかり、またラウンドネスが大きくなると(丸っぽくなる)、 b_2 は小さくなることが明らかになった。さらに、式(4)に完全球形で表面が滑らかな粒子の集まりを表す $R=1.0$ を代入すれば、 $b_2=0.570$ となる。これは上記2.(2)で述べた限界境界線B線の切片($b_2=0.544$)とほぼ一致しており、B線の存在の妥当性が確かめられた。

4. $\bar{k} \sim e_{min}$ 関係に及ぼす粒子破碎の影響 図-4は三浦ら(1989)^{5), 6)}による市販の硅砂Aを粒度調整したデータで、その $\bar{k} \sim e_{min}$ 関係を示したものである。ここで、 U_c は均等係数、 D_{max} 、 $D_{min} = \text{Const.}$ は最大粒径および最小粒径を一定にして試料調整したことを表す。その結果、均等粒度の場合、データの集まりはA線の下方に位置し、その傾きもA線とほぼ同じである(図中の破線)。もし仮にこれをA'線と呼ぶことにすれば、粒度が変化した場合、 D_{max} および D_{min} にかかわらず、そのA'線より左側下方へB線の傾きで分岐していることが理解される。したがって、通常の拘束圧の場合でも、粒子の破碎性が $\bar{k} \sim e_{min}$ 関係に大きな影響を及ぼすことが明らかであり、示唆的で興味深い。

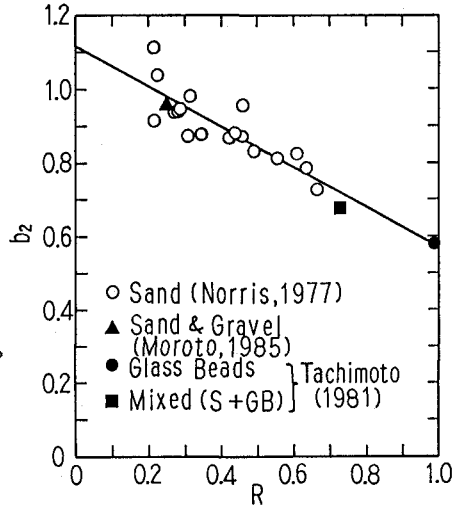


図-3 $b_2 \sim R$ 関係

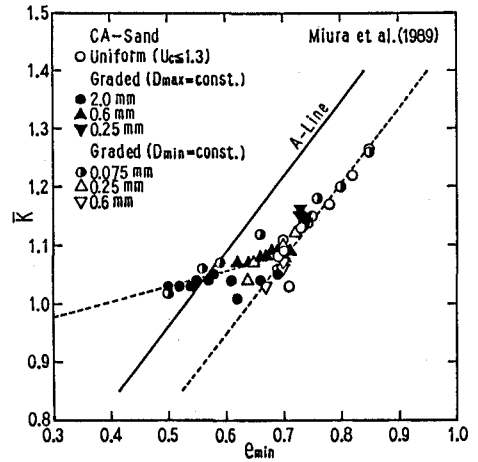


図-4 $\bar{k} \sim e_{min}$ 関係(粒子破碎の影響)

参考文献 1)下辺・諸戸(1990):粗粒土の粒子物性、締め具合と内部摩擦角、土木学会第45回年次学術講演会、第三部門、PP.728~729。 2)Norris(1977): The Drained Shear Strength of Uniform Quartz Sand as Related to Particle Size and Natural Variation in Particle Shape and Surface Roughness, Ph.D.Thesis。 3)諸戸(1985):河川の砂礫のせん断強度に関する一実験、土と基礎、Vol.33, No.6, PP.31~35。 4)立元(1981):砂質土の粒度粒形などが最大・最小間隙比におよぼす影響について、砂の相対密度と工学的性質に関するシンポジウム発表論文集、土質工学会、PP.71~78。 5)三浦ら(1989):粒度組成が異なる砂の物理的性質、第24回土質工学研究発表会、PP.535~538。 6)三浦ら(1989):粒度組成の異なる砂の変形・破壊挙動、第24回土質工学研究発表会、PP.539~542。