

カーボネイト砂の強度とダイレイタンスーについて

九州大学工学部 学○郭 理敏 正 落合英俊 正 安福 規之
同上 正 大嶺 聖 正 大野司郎

1. まえがき

熱帯・亜熱帯の比較的浅い海域にはカーボネイト堆積地盤が広く分布している。この浅い海域を利用して、近年、海洋構造物の建設が進められているが、この堆積地盤は多孔質で破砕性に富むことから、支持層として問題の多い地盤として知られている。

著者らは、破砕性の卓越する地盤を対象に、その圧縮性を取り入れた支持力評価方法の検討を行ってきている¹⁾。その中で、地盤の強さあるいは強度定数を合理的に評価する方法の検討は、精度の良い支持力評価を行うためにはきわめて重要となる。

本文では、まず破砕性を反映するパラメーターを導入し、強度特性と破砕性の関わりについて考察を加える。また、強度定数の簡便な評価手法についても言及する。

2. 破砕性を評価するパラメーター

1) 限界状態パラメーターλ

図-1は豊浦砂とカーボネイト砂としてCaCO₃を95%含むDogs Bay砂の間隙比e-平均有効応力p'関係をまとめたものである。この図から、両試料ともD_rに関わらず、限界状態線が1つ決まることがわかる。またその勾配λはDogs Bay砂で0.26、豊浦砂で0.13であり、破砕性の大きい材料ほど大きな値をとっている。パラメーターλは材料の圧縮性を反映したものであるもので、圧縮性と破砕性が密接に関係していると考え、これを利用した(1-κ/λ)の値は材料によって1つ決まり、破砕性を表す指標として意味のあるものとして扱える。もし、この指標が利用できれば、比較的簡単に破砕性を反映させた評価が可能となり、好都合である。

2) 相対ダイレイタンスー指数と係数Q

Bolton²⁾はピーク強度時と限界状態におけるセカントアングルφ' maxとφ' critを合理的に評価するために、次の相対ダイレイタンスー指数I_Rを導入した(単位系はkPa)。

$$I_R = D_r(Q - \ln p'_f) - 1 \tag{1}$$

ここに、p'_fはピーク強度発現時のp'の値、またQは材料特性を反映した係数であり、通常は10とおいて計算を行っている。この式の特色は、式中にD_rとp'の項が含まれていることと、φ' max=φ' critの時、I_R=0と考えているところにある。このI_Rを用いて、(φ' max-φ' crit)は、

$$\phi'_{max} - \phi'_{crit} = 3I_R \tag{2}$$

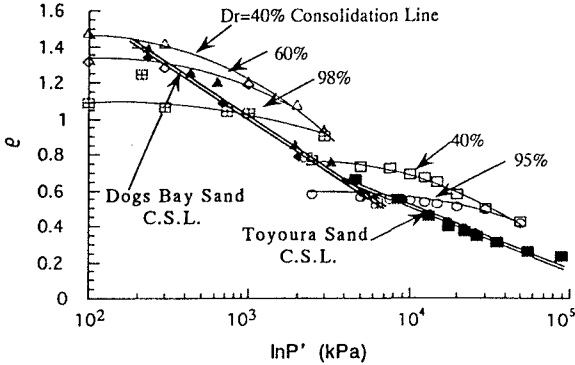


図-1 圧密後とせん断後のe-lnp'関係

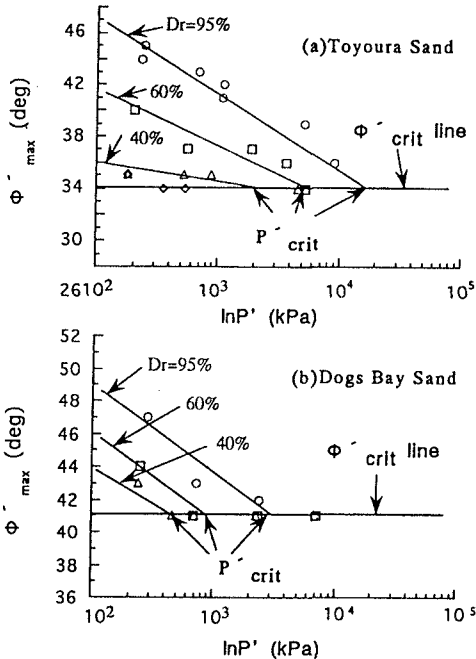


図-2 φ' maxと平均有効応力の関係

で与えてよいことを経験的に示している。もし、 Q が材料特性を反映するのであれば、この係数は材料の違いによって変動しても構わない。以下では、係数 Q と破碎性との関わりについて検討を加える。

3. 実験結果及び考察

1) p'_{crit} と係数 Q

式(1)中の係数 Q は、 $\phi'_{max} = \phi'_{crit}$ の時の p'_f の値を規定する定数であるから、その時の p' の値を p'_{crit} とおくと、 $p'_f = p'_{crit}$ の時、 $I_R = 0$ となる。したがって式(1)から p'_{crit} は次式として誘導される。

$$p'_{crit} = \exp\left(Q - \frac{1}{D_r}\right) \quad (3)$$

図一2は豊浦砂と Dogs Bay 砂の ϕ'_{max} と平均有効応力 p' の関係を D_r をパラメーターとして示している。

この図から、 p' の増加とともに ϕ'_{max} は ϕ'_{crit} に近づく

ことがわかる。図中には p'_{crit} の値を示しているが、 D_r と材料の違いにより p'_{crit} の値は大きく異なることがわかる。図一3は豊浦砂と Dogs Bay 砂の p'_{crit} と D_r の関係を示したものである。また、図中には比較のために式(3)に基づいて描いた p'_{crit} と D_r の関係が係数 Q をパラメーターとして示されている。この図から、Dogs Bay 砂の適切な Q の値(8.6)が豊浦砂のそれ(10.6)よりかなり小さく、材料の違いによって大きく変化することが知れる。またデータは少ないものの、 Q の値は破碎性の大きな材料ほど小さくなる傾向を示すことがわかる。この Q の値が簡便かつ的確に求められれば、式(2)を用いることにより、合理的な強度定数の決定が可能となる。

2) 限界状態パラメーター λ と係数 Q

図一4は先の破碎性を反映すると考えられるパラメーター Q と $(1 - \kappa/\lambda)$ の関係をまとめたものである。データが少なく、十分とは言えないものの、 Q が減少すると、すなわち、破碎性が大きくなると、 $(1 - \kappa/\lambda)$ も増加する傾向にあることがわかり、 Q と $(1 - \kappa/\lambda)$ の間により相関が認められる。従って、この関係が一義的であれば、 κ/λ から Q が固定でき、そしてこの Q から強度定数が、 D_r 、拘束圧によらず求められ、好都合である。このような方法で破碎性を定義できるかは多くの破碎性砂に対し、調べるべきであるので、今後さらに検討を進めたい。

4. まとめ

本研究で得られた主要な結論は次の通りである。

- 1) 破碎性を反映した指標として、限界状態線と除荷曲線のそれぞれの勾配の比 $(1 - \kappa/\lambda)$ を提示し、その有用性を言及した。
- 2) Bolton の示した指標の中の係数 Q を適切に評価すれば、この指標は強度定数の評価に有効であることを示した。
- 3) 係数 Q と $(1 - \kappa/\lambda)$ の間にはユニークな関係があることを示した。

参考文献) 1) 安福ら：圧縮性の卓越した砂中の杭の支持力とその評価、土木学会論文集、No.505/Ⅲ-29, pp.191-200, 1994.

2) Bolton, M.D (1986), The strength and dilatancy of sand, Geotechnique, 36, No.1, 65-78.

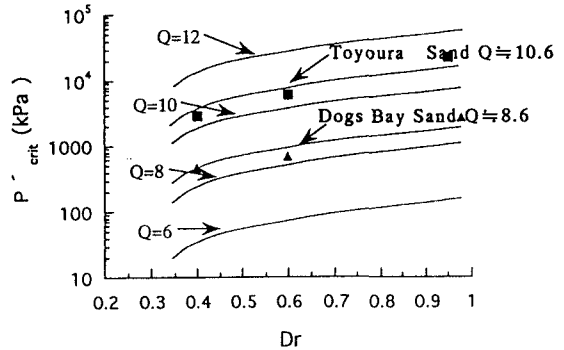


図-3 p'_{crit} と相対密度の関係

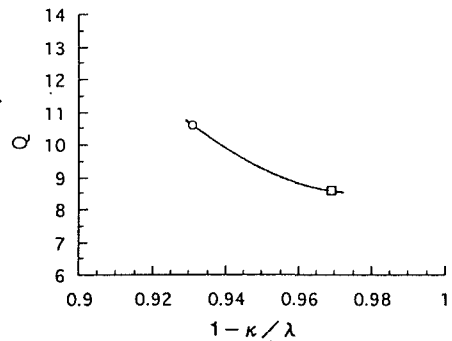


図-4 Q と $1 - \kappa/\lambda$ の関係