

III-423

圧縮性の卓越した砂中の杭の先端支持力評価手法について

山口大学工学部

正 員 ○安福規之 村田秀一 兵動正幸

中央コンサルタンツ（株）

正 員 西川元樹

山口大学大学院

学生員 FONG BENG CHIAN

1. まえがき

カーボネイト砂やまさ土のような破砕性の大きな材料は、拘束圧の増大に伴って内部摩擦角は著しく減少し、また、その圧縮性も著しく増大することが知られている^{1,2)}。このような材料特性の変化は、地盤の支持力特性に大きな影響を与える。本報では、模型杭先端の破壊形態に基づいて一つの破壊モードを提示した上で、そのモードと空洞膨張圧理論³⁾を組み合わせた杭の先端支持力評価手法を示し、その破砕性材料への適応性を検討する。

2. 試料及び実験方法

(1) 試料について・・・杭の模型実験で用いた試料は、ドッグベイ砂と称する炭酸カルシウム成分を94%含むものと長石成分を80%程度含む広島型のまさ土であり、いずれも破砕性の大きな材料としてよく知られている^{1,2)}。最大粒径は、いずれも2mmであり、均等係数はドッグベイ砂の場合1.92、秋穂砂の場合4.76であった。

(2) 実験条件と実験方法・・・実験に用いた模型実験装置は、前回の報告⁴⁾で示したものをを用いており、杭径は2.0cmで、上載圧は5kgf/cm²まで負荷できる。砂層は、所定の相対密度になるように注意しながらタンピング法によって作成された。

3. 材料の圧縮性を考慮した支持力の評価方法

(1) 破壊モードの仮定

十分に杭を貫入させた後の杭直下の様子を見るために実験終了時に実際に砂層内部を観察した。写真-1は上載圧2.5kgf/cm²の条件で相対密度75%のドッグベイ砂層で実験を行い、杭を約2.5cm貫入させた時の杭直下の様子を示したものである。この写真から、杭直下の土粒子は著しく破砕し、塑性域（破砕域）の広がり、杭先端を中心として、球状に発達していることが分かる。ここではこの写真にある杭先端の破壊形態に基づき、図-1に示すB,C点を通るような球状の破壊モードを考える。この図で、B点における力のモーメントの釣合いを考えると、以下に示す支持力 q_p と極限空洞膨張圧 p_u の関係が得られる。

$$q_p = K_c p_u \quad (1-a)$$

$$; K_c = \frac{1}{1 - \sin \phi_s} \quad (1-b)$$

ここに、 p_u はバリによって拡張されたVesicの空洞膨張圧理論によって得られる極限膨張圧であり、数値解析的に求めることができる。この考え方の特色は球状空洞の周囲に仮定された塑性域での圧縮性（体積ひずみ）を以下に示す式で与えている所にある。

$$V = C_1 \left[\frac{\sigma_3}{\sigma_0} \right]^m + C_2 + C_3 \left[\frac{\sigma_3}{\sigma_0} \right]^n \quad (2)$$

ここで σ_3 はせん断時の拘束圧、 σ_0 は単位応力であり、 C_1 と m は等方圧密試験からまた、 C_2 、 C_3 、 n は拘束圧一定せん断試験より決定することができる材料定数である。

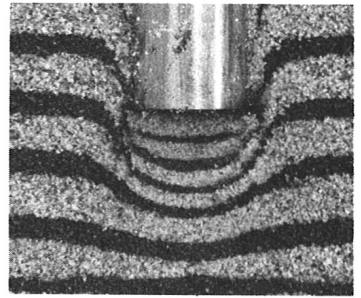


写真-1 杭直下の様子

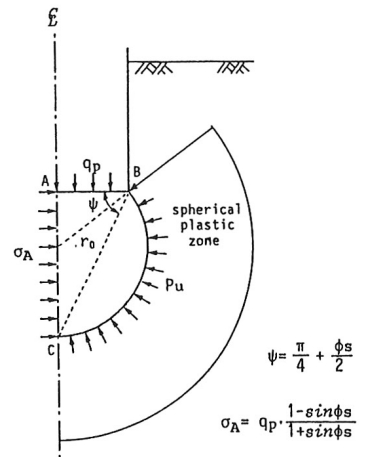


図-1 提示した破壊モード

(2) 予測値と実験値の比較

図-2は、相対密度75%のドッグベイ砂、120%のまさ土、及び75%の秋穂砂(堅い土粒子からなる砂)の先端支持力の予測値と実験値を示したものである。図中の●の実験結果は杭頭沈下量と杭径の比が100%の時の杭頭応力(1)を示している。また、モード1は本報で示した式(1)による予測結果を、モード2と3は、平山が示した破壊モード⁵⁾による予測結果をそれぞれ示している。なお、表1には予測に用いた圧縮性を評価するのに必要な材料定数をまとめている。これらの図より、まず同じ理論を用いても、破壊モードの仮定の仕方によって求まる支持力にかなり差が現れることが分かる。また、ドッグベイ砂やまさ土の ϕ の値は少なくとも通常の応力レベルでは秋穂砂に比べて大きい^{1, 4)}にも関わらず、同じ上載圧における支持力は秋穂砂に比べて小さく表れ得ることが知れ、圧縮性を取り入れた支持力評価手法の大切さが示唆される。さらに、モード1はドッグベイ砂やまさ土のような圧縮性の大きな材料に対しては有効であることが知れる。

表-1 各材料の材料定数

	Dr(%)	C ₁	C ₂	C ₃	m	n
ドッグベイ砂	75	0.0058	-0.045	0.0384	0.935	0.887
まさ土	120	0.0041	-0.071	0.0633	0.967	0.646
秋穂砂	75	0.0063	-0.027	0.0071	0.740	0.761

$$\begin{aligned} \text{モード2: } q_p &= K_p p_n & \text{モード3: } q_p &= K_L p_n \\ & ; K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} & ; K_L &= \frac{\exp\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) \tan \phi}{1 - \sin \phi} \end{aligned}$$

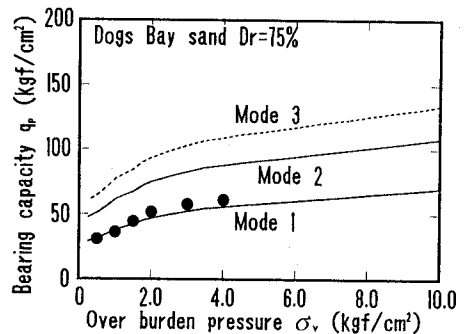
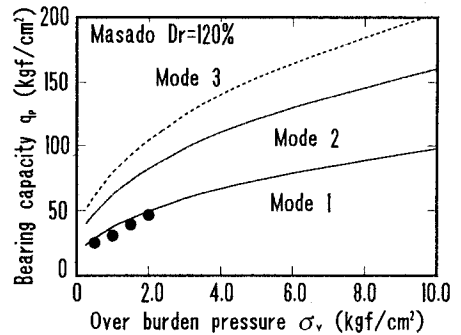
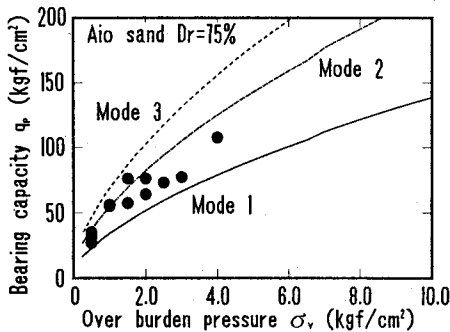


図-2 支持力-上載圧関係の実験結果と予測結果の比較

(a)ドッグベイ砂(75%), (b)まさ土(Dr=120%), (c)秋穂砂(Dr=75%)

4. まとめ

本報告で得られた知見をまとめると以下のようである。
破壊形態の視覚的な観察に基づいて図-1に示す破壊モードを仮定し、式(1)に示す換算係数を導いた。結果として、この換算係数を用いて予測された支持力と実測された支持力との対応は圧縮性の大きな材料に対して比較的よいことが分かった。

《参考文献》1)Murata, H. and Yasufuku, N.(1987):"Mechanical Properties of Undisturbed Decomposed Granite Soils," Proc. 8th ARCSMF, Vol.1. 2)Yasufuku, N. et al.(1991):"Stress-strain Behaviour of Carbonate Sand," Proc. 9th ARCSMF, Vol.1. 3)Baligh, M.M.(1976):"Cavity Expansion in Sands with Curved Envelopes," Jour. Geotech. Eng. Div. 4)安福他(1990):"破碎性の卓越した砂質土中の杭の先端支持力について," 第26回土質工学会研究発表会. 5)平山(1988):An unified base bearing capacity formula for piles, Soils and Foundation, Vol.28, No.3.