

テーパ形状を有する貫入体の地盤抵抗特性

九州共立大学大学院 学 田嶋 宏崇
九州共立大学 正 狩山 裕
九州共立大学 正 前田 良刀

1. はじめに

コーン貫入試験のコーン指数 P_c や摩擦強度 f_s に代表されるようにテーパ形状を有する貫入体により地盤抵抗の諸定数を求める原位置試験法が実務に用いられつつある。しかしながら、これらの試験法は試験時の力学的境界条件が不明確で試験から得られる地盤定数は曖昧である。このため、従来からの標準貫入試験 N 値を超えて実務に定着させるにはこのような試験法での基本的な地盤抵抗特性を把握する必要がある。

本研究では、小さなテーパ角度を有する貫入体を地盤中に押し込み、貫入体と地盤の境界面で滑りが発生するような状況下で室内載荷試験を行った。ここでは、試験から得られる地盤の抵抗特性に関して地盤の拘束圧と摩擦強度の関係から力学的特徴を考察する。

2. 試験概要

試験装置は、図-1 に示すように直径 30.5cm、高さ 40cmの円筒型の模型地盤を側方で厚さ 1mmのメンブレンを用いて空気圧で拘束している。初期応力状態として鉛直応力 σ_v および水平応力 σ_h の組合せにより任意の応力状態が表現できるようになっている。鋼製の貫入体は、図-2 に示すように、先端部は直径 $D_i=30\text{mm}$ で一定とし長さ $L=200\text{mm}$ の間でテーパ角度 $=0, 1.4, 4.1(^{\circ})$ により円錐形の大きさが変化する。貫入体は2重管構造となっており、先端抵抗と周面抵抗がそれぞれ分離して測定できるのが特徴である。また貫入体の粗さ $R_{\text{max}}=150\mu\text{m}$ であり境界面では地盤の摩擦角と同程度のせん断抵抗が期待できる。¹⁾ 試験地盤は乾燥した岡垣砂を使用し多重ふるいをを用いた空中落下法で地盤の相対密度を調整した。今回の試験では、ふるいの網目は4mmの5重、落下高さは $H=70\text{cm}$ とし相対密度 $D_r=60\%$ 、内部摩擦角 $=40^{\circ}$ の地盤を想定している。²⁾

3. 試験結果とその考察

3.1 先端抵抗力の発現特性

図-3 に先端抵抗力の発現特性を示す。試験条件はいずれも等方圧密条件下 ($K_0 = \sigma_h / \sigma_v = 1.0$) のものである。拘束圧が大きくなるとテーパ角 θ が大きいほど

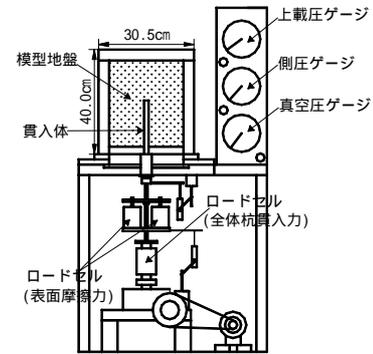


図-1 室内模型載荷試験装置模式図

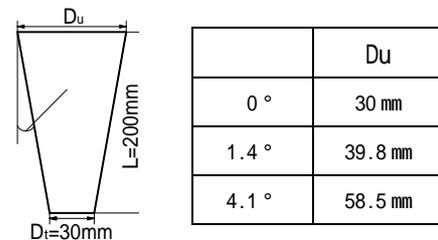


図-2 貫入体模式図

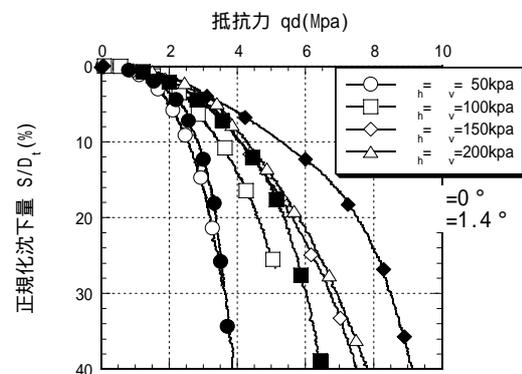


図-3 先端抵抗力の発現特性 ($\theta = 0^{\circ}, 1.4^{\circ}, k_0 = 1.0$)

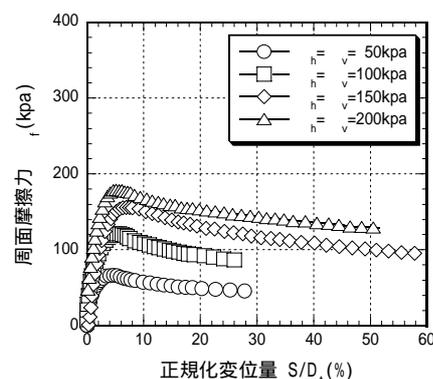


図-4(a) 周面摩擦力の発現特性 ($\theta = 0^{\circ}, k_0 = 1.0$)

先端抵抗力が大きくなる傾向にあるが、杭の先端支持力評価を一般に適用される正規化沈下量 $S/D=10\%$ 付近の抵抗力とすると、テーパ角の有無は先端抵抗力にあまり影響を及ぼしていないことが分かる。

3.2 周面摩擦力の発現特性

図-4(a)(b)(c)に等方圧密条件下 ($K_0 = \sigma_h / \sigma_v = 1.0$) で、テーパ角を变化させた場合の正規化変位量と周面摩擦力の関係を示す。いずれの拘束圧下でもダイレイタンスの効果が生じており比較的小さな変位量で最初のピーク強度を迎える。ただし、テーパ角 $=1.4^\circ$ 、 $=4.1^\circ$ と増大させた場合、ダイレイタンス後の強度低下が緩和され最初のピーク強度後に周面摩擦力が多少減少し落ち着くか、または次第に増大する。これは、テーパ角により接触面での拘束圧が変化していると考えられる。

3.3 テーパーの存在による拘束圧増加に対する幾何学的効果

図-5 は周面摩擦力 f と垂直応力 σ_v の関係の模式図である。試験から得られる周面抵抗の鉛直軸方向応力成分を σ_v 、テーパに沿う摩擦成分を f ($f = \sigma_v \cdot \cos \alpha$) とすると貫入体表面に作用する垂直応力は、図-5 から次式で求められる。

$$\sigma_v = f \cdot \cos \alpha / (\cos \alpha \cdot \cos(\alpha/2 - \beta)) \dots (1)$$

図-6 は測定された周面摩擦力 f と初期拘束圧の関係 (塗り潰し部記号) に対して、式(1)により拘束圧増加に対する計算上のテーパの幾何学的効果 (白抜き部記号) を併せて示したものである。図中には、岡垣砂の室内三軸圧縮試験から得られた内部摩擦角 $\alpha = 40^\circ$ ($D_r = 60\%$) の線も示しているが、 $\alpha = 0^\circ$ の場合、貫入体と地盤の周面摩擦角は地盤の内部摩擦角とほぼ同じである。また、 α が大きくなると大きな周面摩擦力を示すが、テーパの幾何学効果を考慮した白抜きの計算値は砂の $\alpha = 40^\circ$ の破壊包絡線とほぼ同様の勾配となり貫入体と地盤の接触面で破壊が生じていることが分かる。今回の試験のようになんかなり小さなテーパでも拘束圧を効果的に増大させ得ることが分かる。

4. まとめ

- 1) 小さな角度のテーパ形状を有する貫入体においては破壊が抵抗体と地盤の接触面で生じると考えられる。
- 2) テーパーの幾何学的効果により境界面での拘束圧を増加させることができるため測定技術の開発により力学条件の明確な地盤調査法へと発展する可能性がある。

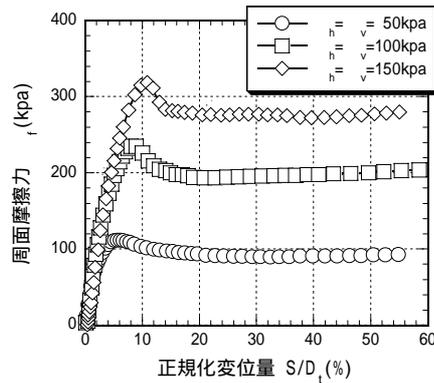


図-4(b) 周面摩擦力の発現特性 ($\alpha = 1.4^\circ$, $k_0 = 1.0$)

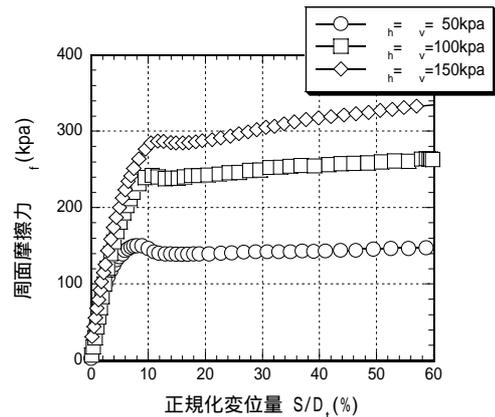


図-4(c) 周面摩擦力の発現特性 ($\alpha = 4.1^\circ$, $k_0 = 1.0$)

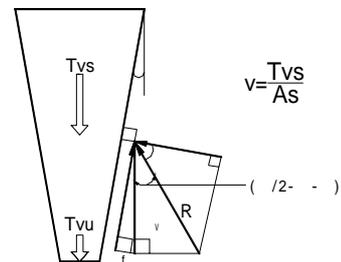


図-5 周面摩擦力 f と垂直応力 σ_v の関係模式図

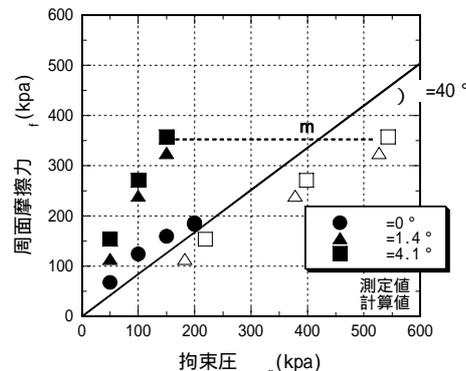


図-6 テーパーの存在による拘束圧増加の検討

参考文献

- 1) H.Kishida, M.Uesugi: Test of the interface between sand and steel in the simple shear apparatus, Geotechnique 37, 1987
- 2) 坂田隆博: 傾斜荷重を受ける杭基礎の支持力評価に関する研究, 九州大学学位論文, 1998.7