

コーン貫入試験の試作と内部摩擦角 ϕ' の同定に関する一考察

鹿児島大学工学部 学生員 ○有川 剛弘

鹿児島大学工学部 正会員 北村 良介 城本 一義

鹿児島大学大学院 学生員 石野 孝樹

㈱日建設計中瀬土質研究所 正会員 角南 進 片桐 雅明

1. はじめに

原位置貫入試験などからせん断強度パラメータを直接同定できれば、工学的に有意義である。Chen-Young¹⁾は、圧縮性によって砂地盤を分類し、CPT による砂の内部摩擦角 ϕ' を同定する方法を提案している。

本報告では、コーン貫入試験の試作と、実験により得られる荷重-沈下曲線から極限支持力を導き、それを用いて Chen-Young の式における回帰係数 C_1, C_2 を求め、考察を加えている。

2. 実験概要

①実験装置

図-1 は本試験で用いた実験装置である。装置はステンレス製で、モールド部 ϕ 12cm、深さ 15cm である。試料には加圧板により、想定する深さに見合う土被り圧をエアーコンプレッサーにより載荷する。また杭の貫入は、ジャッキを用いて定速(0.05mm/min)で行う。杭頭荷重の測定には容量 200kgf のロードセルを用い、杭とロードセルはドリルチャックで結合する。沈下量の測定にはダイヤルゲージを用い、杭頭荷重、沈下量ともに、データロガーで記録される。

杭は図-2 に示すように ϕ 12mm のステンレス製で、先端コーン(角度 60°)を用いた。

試料は気乾状態(含水比 ≈ 0)の豊浦砂を用いた。豊浦砂の土粒子密度、最大、最小間隙比は表-1 に示す。また、試料の相対密度 D_r は 50%, 90%にした。試料の高さを図-1 に示すように 12cm とし、試料を 4 層に分けて入れ、側面を打撃することにより $D_r=50\%, 90\%$ を得た。本報告では、 $D_r=50\%, 90\%$ でそれぞれ 2 ケース、合計 4 ケースの試験結果を示す。

実験方法手順は次のようである。

- 1) 試料を入れ、杭を試料上面に接触するまで下げる。
- 2) 想定した深さの拘束圧を、エアーコンプレッサーにより加え、変形がなくなるまで数十分載荷する。
- 3) ジャッキにより定速(0.05mm/min)で杭を貫入し、杭頭荷重、沈下量を定めた時間間隔(初めの 5 分間を 1 分間隔、次の 20 分間を 2 分間隔、残りを 5 分間隔)で記録する。

3. 試験結果及び考察

試験結果実験により得られたデータを用いて、極限荷重を求め、Chen-Juang 式(1)を連立させて解く²⁾事により回帰係数 C_1, C_2 を求める。

$$\tan \phi' = \frac{1}{C_1} \ln \left(\frac{q_c / \sigma_v'}{C_2} \right) \quad \dots (1)$$

ここに、 ϕ' :内部摩擦角(deg)、 q_c :コーンの先端抵抗(kPa)、 σ_v' :土被り圧(kPa)

回帰係数 C_1, C_2 を求めるにあたり試料の $q_c (=P_{\max}/A_0)$ が必要となる。本報告では、極限荷重の判定方法として宇都らの方法³⁾を適用している。この方法は、荷重-沈下量曲線が数学モデルで表現できると仮定し、非線形

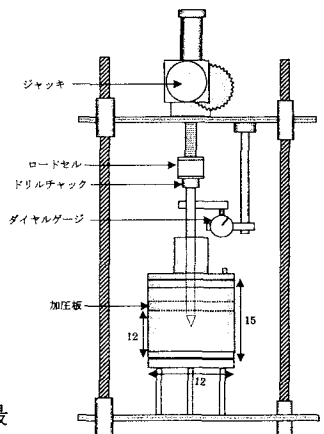


図-1 試験装置の概要図(単位:cm)

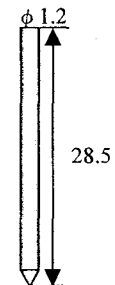


図-2 杭概略図(単位:cm)

表-1 豊浦砂の特性値

土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.64
最大間隙比 $e_{\max}$	0.97
最小間隙比 $e_{\min}$	0.62

最小二乗法により極限荷重を評価するものである。この数学モデルは、極限荷重から載荷重を差し引いたものを残余荷重と定義し、沈下量に対する荷重の増加量はこの残余荷重に比例するという仮定を設け、式(2)により荷重-沈下量曲線を表現するものである。

$$P = P_{\max} (1 - \exp(-S/\delta_s)) \quad (2)$$

ここに、 P ：載荷重、 $P_{\max}$ ：極限荷重、 S ：沈下量、 δ_s ：基準沈下量(降伏荷重に対応する沈下量)

図-3 は先端コーンによる想定深さ 2mにおける杭頭荷重-沈下量の関係を示したものである。図中には、宇都らの方法により得られた曲線と極限荷重を求めた式を示す。回帰係数の計算に用いた乾燥単位体積重量 γ_d 、有効土被り圧 σ_v' 、内部摩擦角 ϕ' を表-2に示す。 σ_v' は沈下量を考慮せずに深さ 2mとして求め、 ϕ' は既往の標準的なデータ⁴⁾を用いた。試験結果より得られた q_{c1} 、 q_{c2} とこれらの値を用いて逆算により得られた回帰係数 C_1 、 C_2 の結果を表-3に示す。

試験より得られた荷重-沈下量関係は $Dr=50,90\%$ ともに宇都らの提案式とよく一致している。しかし、宇都らの提案式により得られる極限荷重にはバラツキがみられた。バラツキの原因としては、土槽が小さいため、底面や側面の境界の影響を受けていること、加圧板によって与えられる試料表面での圧力(有効土被り圧に相当)の精度が良くないことなどが挙げられる。表-3 に示すように、極限荷重にバラツキがあるため、逆算によって求められた式(1)の係数 C_1 、 C_2 にもバラツキが生じた。

4.おわりに

前述のように、試験装置、計測等に改良の余地が残されている。今後は、シラスを用いた同様の試験、装置を大きくすることによって境界の影響を少なくする、試体上端面での圧力の載荷方法の改良などを行って行きたい。本研究の最終目標は、シラス斜面のスベリ面でのせん断強度パラメータを同定することとともに、シラス斜面の含水状態を同定する装置の実用化である。そのために三成分コーンの間隙水圧測定部分でサクションを計測できるミニコーンを開発することを考えている。

【参考文献】

- 1) J.W.Chen and C.H.Juang: DETERMINATION OF DRAINED FRICTION ANGLE OF SANDS FROM CPT, JOURNAL OF GEOTECHNICAL ENGINEERING/ MAY, pp.374-381, 1996.
- 2) 小屋敷洋平: 貫入試験装置を用いた地盤の力学特性評価に関する基礎的研究、鹿児島大学修士論、pp.68-69, 2001.
- 3) 宇都一馬、冬木衛、近藤博、桜井学: クイの載荷試験結果の一整理法、第 13 回土質工学研究発表会講演集、pp.458-471、1990.

土質工学会 (現：地盤工学会) 編：土質工学ハンドブック、p.552, 1982

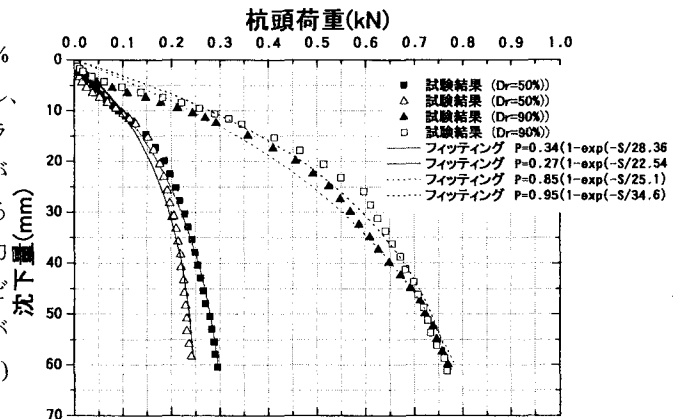


図-3 杭頭荷重-沈下量関係

表-2 回帰係数の逆算に用いた ϕ' 、 σ_v'

先端形状	Dr(%)	ϕ' (deg.)	σ_v' (kpa)
コーン	50	38	28.90
	90	42	31.20

表-3 求めた回帰係数

	q_{c1} (kpa)	q_{c2} (kpa)	C_1	C_2
①	2581.8	9456.7	10.253	0.030
②	2581.8	8517.7	9.376	0.059
③	3379.1	9456.7	7.993	0.227
④	3379.1	8517.7	7.116	0.450
平均	2980.5	8987.2	8.620	0.123