# 側圧測定機能を有するコーン貫入試験機の開発と強度定数推定法の提案

	九州大学工学部	学○油野	俊也
--	---------	------	----

九州大学大学院	F	落合	英俊	Æ	安福	規之
九州大学大学院	규	大嶺	聖	Ŧ	小林	泰三

### 1. はじめに

現在の地盤調査では、粘土地盤には一軸圧縮試験、それ以外の地盤には標準貫入試験(SPT)が用いられることが 多く、それぞれの試験から得られる一軸圧縮強さ *qu* および N 値は、土構造物の設計には欠かせないパラメータと して重要な役割を担っている。一方で、土の強さを表現する粘着力 *c* と内部摩擦角¢は重要かつ基本的なパラメー タでありながら、一般に、それを求めるためには不かく乱試料を採取して室内試験を行う必要があり、手間やコ ストの面からも敬遠されることが少なくない。本研究では、欧米では多用されているコーン貫入試験(CPT)に注目 し、先端抵抗と周面摩擦に加え、スリーブに作用する側圧を計測できるコーンプローブを用いて、それらの計測 値から、地盤の *c*, *¢*を求める方法を提案する。

### 2. 提案する推定法

コーン先端支持力  $q_u$ から c あるいは $\phi$ を推定する方法は、古くから多くの研究が重ねられてきた。そのいずれの方法も、テルツァーギの自由表面を仮定した上で、そこに作用する土被り圧 qを知る必要があり、そのほとんどが  $q = \gamma D$  という仮定のもとで解析を進めるものである(図1)。この仮定を用いると、貫入深さとともに土被り圧が線形的に増加することとなり、結果として強度定数を過大に推定することになる。

本研究で提案する推定法の特徴は、同時に計測される周面摩擦等の情報 を境界値として有効に利用し、仮定を用いずに強度定数を推定する点にあ る。図1に示すように、先端直上のスリーブ部において、周面摩擦 $\tau_0$ に加 えて、側圧 $\sigma_0$ が計測できれば、その組み合わせを境界条件としてマイヤホ ッフ型の破壊領域(ただし、すべり線がコーンスリーブまで到達している 状態)を想定することで、先端抵抗から c,  $\phi$ の逆解析が可能になると考え た。マイヤホッフ型の支持力理論から、図1に示した破壊モード時の先端 抵抗  $q_c$ は、次式のように表すことができる。

$$q_c = cN_c + \sigma_0 N_q \tag{1}$$

$$N_c = \left[\cot\phi\left(\frac{(1+\sin\phi)e^{2\theta_1\tan\phi}}{1-\sin\phi\sin(\phi+2\eta)}\right) - 1\right]$$
(2)

$$N_{q} = \left[ \frac{(1 + \sin \phi)e^{2\theta_{1} \tan \phi}}{1 - \sin \phi \sin(\phi + 2\eta)} \right]$$
(3)  
$$\hbar \hbar \mathcal{L} \ \theta_{1} = \frac{5\pi}{4} - \eta - \frac{\phi}{2}$$

ただし、 $q_c$ :先端抵抗、 $\sigma_0$ :側圧、 $\tau_0$ :周面摩擦、c:粘着力、 $\phi$ :内部 摩擦角、 $N_c$ , $N_q$ :粘着力およびサーチャージに関する支持力係数である。 また、 $\tau_0$ と $\sigma_0$ の関係は、係数 *m* を用いて次式のように表すことができる。

$$\tau_0 = m(c + \sigma_0 \tan \phi) \tag{4}$$

$$m = \frac{\cos\phi\cos(\phi + 2\eta)}{1 - \sin\phi\sin(\phi + 2\eta)}$$
(5)

ここで、係数 m はコーンの場合およそ 0.5~0.6 の値をとる。c,  $\phi$ の逆解析 の手順を図 2 にフローチャートで示す。まず(5)式を満たすような任意の $\eta$ ,  $\phi$ を定め、 $N_c$ 、 $N_q$ を求める。次に  $N_c$ 、 $N_q$ を(1)式に代入し, cを求める。最





図2 推定法のフローチャート

後に求めた値と測定値を(3)式に代入し、左辺と右辺が一致するまで繰返しη、φの値を変えて計算を行う。これに より c, øを実測値から推定することができる。

## 3. 側圧コーンの開発

図3は新たに開発した側圧コーンの試作機である。この試作機では先端抵抗、周面摩擦、側圧の三成分が測定 できる。外形は、地盤工学会の基準に順ずるものであり、先端角は 60°、底面積は 10cm<sup>2</sup>である。また、スリーブ の周面積は150cm<sup>2</sup>である。試作コーン内には図3に示すように3つのひずみゲージが貼られている。先端抵抗は ゲージAで計測され、周面摩擦はゲージAとゲージBによって計測される軸力の差で表され、側圧はスリーブに 設置されたゲージ Cによって計測される。スリーブの内側には半円形の削り出し加工を施し、応力を集中して生 じさせ、ゲージの感度を高める工夫を行っている。









図3側圧コーン試作機

図4(a) 先端抵抗 - 深さ

4. 現場実証実験で得られた推定値と三軸試験結果の比較

新たに開発した側圧コーンの試作機(図3)を用いて、神奈川県横浜市で現 場実験を行った。その結果を図4に示す。各グラフは、深さ方向に対する 先端抵抗 q<sub>u</sub> (図 4(a)),周面摩擦 τ<sub>0</sub> (図 4(b)),側圧 σ<sub>0</sub> (図 4(c))の分布を表し たものである。ここでは、実際に得られたデータ $(q_u, \tau_0, \sigma_0)$ を用いて c、 ∮の推定を試みた。また、試験現場でボーリングを行い、原位置の不かく 乱試料のサンプリングを行ったので、その試料を用いて三軸試験を行い、 得られた値(c、 ()と推定値の比較を行った。採取された試料が砂質土であ ったので、圧密排水(CD)試験を行った。三軸試験の結果は、c=0として整 理し、推定値は式(1)~(3)を用いて図5に示したフローチャートに従い計算 した。ただし、計算には Fortran で作成したプログラムを用いた。推定して から、推定値と実験値の間には大きな誤差は確認できないので、提案した 推定法は妥当であると考えられる。

### 5. まとめ

本報では、マイヤホッフの支持力理論を用いて、側圧が測定可能なコー ンを利用した地盤定数の推定法を提案した。これにより、実測値を境界条 を蓄積させ、適用性の検討を行っていく。

[参考文献] 1) 社団法人地盤工学会,入門シリーズ 16 支持力入門, 1990. 2) 小林泰三、地盤-剛体系の相互作用およびそれに伴う周辺地盤の変形機 構に関する研究、2002.



図5c=0のフローチャート



図6 推定値 - 実験値の関係