

1. はじめに

スウェーデン式サウンディング（以下 SWS）は、試験装置が低価格なうえ操作が容易であり、小規模構造物の地盤強度や圧縮特性を評価する地盤調査方法として広く用いられている。しかし、その回転貫入メカニズムが解明されていないため、試験結果の解釈に課題を残している。

本研究は、SWS の回転貫入メカニズムを解明することを目的としており、今回は新たに最大荷重と回転数により非排水せん断強度を算出する式を提案した。そして、実地盤で行った SWS の結果を用いて非排水せん断強度を算出することにより提案式の妥当性について検討した。

2. 提案式の構築

2.1 SWS の回転貫入におけるメカニズムの仮定

(1)せん断応力について：図－1 に、スクリーポイントの側面に作用する応力の関係を示す。まず、非排水せん断強度（ c_u ）は自沈による鉛直方向のせん断強度（ c_{uz} ）と、回転による水平方向のせん断強度（ $c_{u\theta}$ ）の合力の方向に発揮されると仮定する。また、図－2 に沈下量と回転変位及び速度の関係を示す。合速度方向は、スクリーポイントの沈下量とそれに伴う回転変位の合力の方向であると考えられる。今回は、合速度方向と非排水せん断強度の傾きが等しいと仮定する。

(2)モデルについて：スクリーポイントの形状は、四角錐をねじったものであるがそれを再現することは計算上困難である。そこで、今回は簡略化のためスクリーポイントを図－3 に示すように m 個に分割し、それらの要素を径の異なる円柱としてモデル化した。そうすることにより、スクリーポイントに作用する斜め方向の垂直抗力を省いて考えることができる。また、回転貫入におけるロッドおよびスクリーポイントに作用する摩擦も考慮していない。

2.2 提案式の導入

2.1 の仮定を用いて、提案式を構築する。まず、図－1 よりせん断強度の鉛直成分は次式となる。

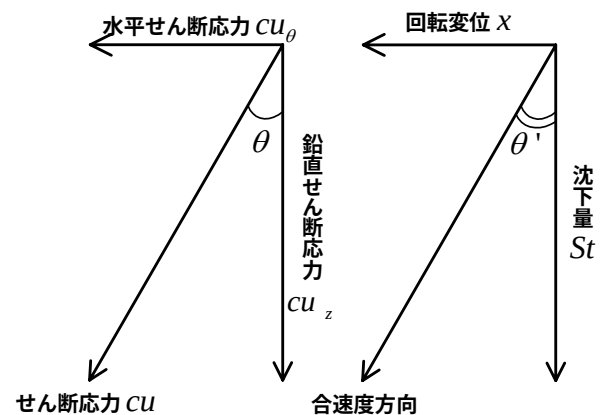
$$c_{uz} = c_u \cos \theta \quad \cdots(1)$$

また、図－2 より $S_t(\text{cm})$ 沈下したときの回転変位は、 r をスクリーポイントの最大径、 ω を 25cm 沈下当たりの回転数とすると次式で与えられる。

$$x = 2\pi r \omega \quad \cdots(2)$$

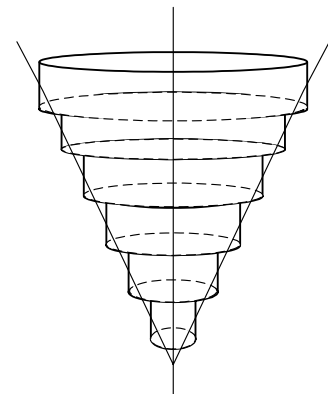
$$\text{さらに、} \cos \theta' = \frac{25}{\sqrt{25^2 + (2\pi r \omega)^2}} \quad \cdots(3)$$

仮定より、 $\theta = \theta'$ であるから、



図－1 せん断応力

図－2 合速度方向



図－3 モデルの分割方法

Keywords：SWS、最大荷重、回転数、提案式

連絡先：〒158－8557 世田谷区玉堤 1－28－1 武蔵工業大学 地盤環境工学研究室

$$cu_z = cu \frac{25}{\sqrt{25^2 + (2\pi\omega)^2}} \quad \cdots(4)$$

スクリーポイントに作用する鉛直支持力は、スクリーの先端に作用する先端支持力及び周面摩擦力の和で表される。ここで、先端支持力はコーン貫入試験の先端抵抗を算出する式を用いた。また、モデルの任意の要素において ΔF_s を任意要素に作用する周面摩擦力、 A_s を任意要素の側面積とすると周面摩擦力は次式で表される。

$$F_s = cu_z \cdot A_s \quad \cdots(5)$$

よって、スクリーポイントに作用する鉛直支持力は次式になる。

$$F = \sum^m dF_s + Az(N_c \cdot cu + \sigma_v) \quad \cdots(6)$$

ここで、 F を鉛直支持力、 Az をスクリーポイントの最大径を直径とする断面積、 N_c をコーン係数、 σ_v を鉛直応力としている。

さらに、(4)(5)式を(6)式に代入して整理すると、

$$F = Az(N_{sww} \cdot cu + \sigma_v) \quad \cdots(7)$$

ここで、 N_{sww} は回転数 ω に関する係数で次式により表され、回転数との関係を図-4 に示す。

$$N_{sww} = \frac{As}{Az} \cdot \cos \theta + N_c \quad \cdots(8)$$

3. 解析結果とまとめ

今回は、提案式の構築及び SWS の回転貫入メカニズムの解明に伴い実地盤において最大荷重を変化させた実験を行った。実験結果は、「スウェーデン式サウンディングの回転貫入について」から引用している。それによると、実験地はほぼ均一な軟弱地盤で、深さ方向に若干強度を増すことが予想される。ここでは、実験より得られた最大荷重と回転数を提案式に代入してそれぞれの最大荷重における cu を算出した。

図-5～7 に、最大荷重を 0.25kN、0.5kN、1.0kN に変化させたときの cu の分布を示す。まず、最大荷重を 0.25kN にした場合は深度が増すに従って cu の値が小さくなっている。これは、提案式に用いたコーン係数を一定としたため、それに伴い N_{sww} の値を過大評価したことが原因と考えられる。また、最大荷重を 0.5kN にした場合は、 cu がほぼ一定となり予想される地盤と概ね一致する。一方、最大荷重を 1.0kN にした現行の SWS ではデータに若干ばらつきがみられる。これは、荷重が 4 段階しかないことによる。すなわち、同じ 1.0kN の荷重による自沈層と判別されても、ゆっくり自沈する場合とストンと自沈する場合とでは地盤強度に差異が生じ、その地盤の持つ cu を的確に評価できないことが考えられる。これらのことから、ゆっくり自沈する層では次の段階の荷重にせず同じ荷重で回転貫入させたほうが地盤をより詳細に評価できると考えられる。

参考文献 1)地盤工学会：地盤調査の方法と解説、第6編サウンディング、pp305、2004.

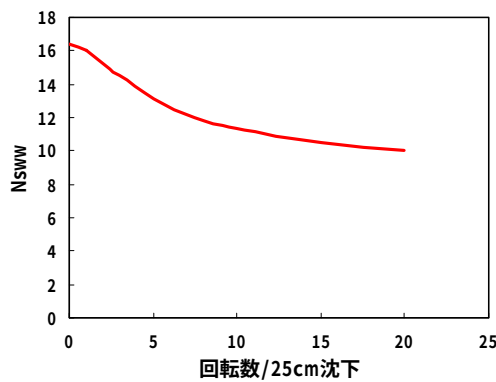


図-4 Nsww と沈下量の関係

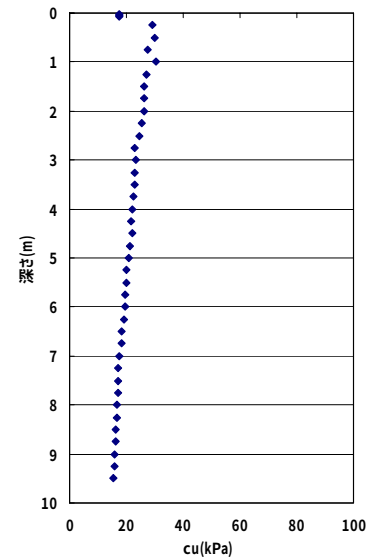


図-5 最大荷重を 0.25kN の cu 分布

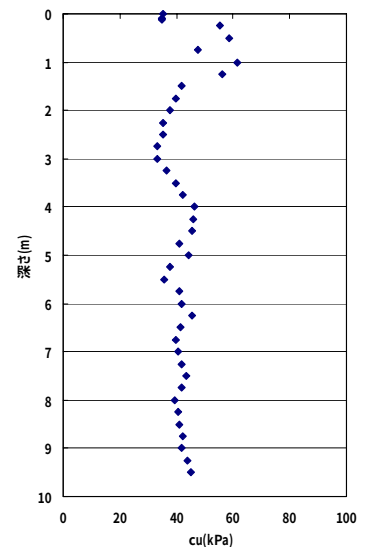


図-6 最大荷重を 0.5kN の cu 分布

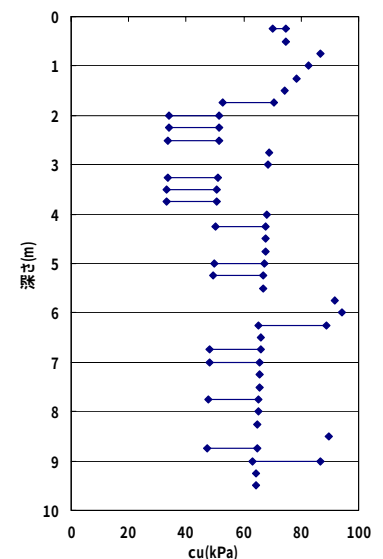


図-7 最大荷重を 1.0kN の cu 分布