

5. 刃先抵抗力の逆解析手法

5-1 誤差関数の設定

ケーソンの沈下関係式は、刃先抵抗力+周面摩擦力+浮力 < ケーソン自重+圧入力 で示される。

ここで、適切な圧入力管理を行うためには、不確定要素の多い刃先抵抗力に対する評価方法が問題となる。当工事では、硬質な洪積砂礫層に対し、先行削孔で地盤を緩めるといった対策をとっているため、刃先抵抗力の評価がより一層困難なものとなっている。そこで、刃先抵抗力の計算値（ q ）と実測値（ Q ）との差を誤差関数（ S ）とし、この誤差関数を最小化させることを目的として逆解析を行う。

$S = |q - Q| \rightarrow \min$ ここに、 $q = q_d \cdot A$ （ q_d は、テルツァギー公式による極限支持力）

5-2 未知パラメータの設定

刃先抵抗力を算定するための未知パラメータを、刃先貫入量（ Df ）、粘着力（ c ）、内部摩擦角（ ϕ ）の3変数に集約し、逆解析を行う。これにより、刃先抵抗力の計算式は、 $q = f(Df, c, \phi)$ と表せる。

5-3 未知パラメータの初期値と制約条件

誤差関数と未知パラメータとの関係が非線形なので、解の一意性の問題から逆解析の非適切性をもたらすことが懸念される。そこで、未知パラメータに対し、適切な初期値と制約条件を付与することが必要となる。

（1）刃先貫入量： Df

刃先貫入量は実測値（ Df' ）とし、側壁から10cm内側での掘削深さより、安息角 β の範囲が抵抗すると考える（図-6）。なお、粘性土では、 $\beta=0$ とする。

また、ケーソン内部の残土の形状（高さ： h ）が刃先貫入部分の抵抗力に影響を及ぼしているものと考え、それを形状係数： ζ （ $0 < \zeta, \zeta_0=1.0$ ）で表す。

$Df = \zeta \times Df'$ ここに、 $\zeta = g(h)$

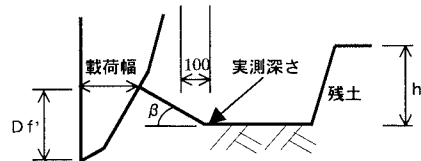


図-6 刃先貫入量の考え方

（2）粘着力： c

当工事では、洪積砂礫層の粘着力を最大限に考慮（ $c_0=5.0\text{tf/m}^2$ ）して、安全側の設計²⁾を行っている。そこで、低減係数 α_c を導入し、粘着力の最大値を設計値（＝逆解析の初期値）とする。なお、沖積粘性土層はN値から、洪積粘性土層は一軸圧縮試験から粘着力を算定しているので、最大値を設計値の2倍とする。

$c = \alpha_c \times c_0$ （洪積砂礫層： $0 \leq \alpha_c \leq 1, \alpha_{c0}=1.0$ 、沖積・洪積粘性土層： $0 \leq \alpha_c \leq 2, \alpha_{c0}=1.0$ ）

（3）内部摩擦角： ϕ

当工事では、先行削孔部分の変形係数（ E ）が、原地盤の40%に低減（これを、 α_ϕ で表す）するものとして設計²⁾を行っている。ここで、 E と ϕ は、削孔前後の $E \rightarrow$ 削孔前後のN値（ $E \sim N$ 関係はシュルツェンバッハの関係式） $\rightarrow$ 改良率80%の複合地盤のN値（面積比で算定） $\rightarrow$ 複合地盤の ϕ （ $=15 + \sqrt{15N}$ ）という線形な関係にある。そこで、 ϕ を α_ϕ の関数とみなす。なお、粘性土層での ϕ は考慮しない。

$\phi = k(\alpha_\phi)$ （ $0 < \alpha_\phi < 1, \alpha_{\phi 0}=0.4$ ）

6. 考察

- ① ケーソンの場合、鉛直方向の圧入なので、地盤に連続性がなく、シールドの場合よりもメンバーシップ関数のチューニングが頻繁に行われる。したがって、チューニングの速度が求められる。
- ② 計測システムと油圧ジャッキを連動させれば、圧入管理を無人の完全自動化することも可能となる。
- ③ 未知パラメータ（ Df, c, ϕ ）の同定は、各係数（ $\zeta, \alpha_c, \alpha_\phi$ ）の同定問題に帰着される。これらの係数は、原地盤の土質や先行削孔の施工方法、掘削地盤の形状に依存する。
- ④ テルツァギー公式は、刃先下の地盤が均一であることを前提としているが、当工事のように、先行削孔部分と原地盤との複合地盤に対する適合性をFEM解析などにより、今後、照査していく必要がある。

参考文献

- 1) 伊藤、奥村、樋口、柳楽／シールド姿勢制御システムの開発／戸田建設技術研究報告／第22号
- 2) 北村、日出山、三宅／淀の大放水路「十八条～西島下水道幹線の立坑」の設計／土木技術／53巻第1号