

## ニューマチックケーソンの刃口部極限支持力度式の提案

(株)大本組土木本部土木部 正会員 ○岡田宏太郎  
 (株)大本組土木本部設計部 非会員 杉山 誉  
 (株)大本組土木本部設計部 正会員 柏葉 洋一  
 (株)大本組土木本部技術部 正会員 川崎 元

## 1. はじめに

ニューマチックケーソンは一般に、掘削により刃口抵抗力を減じながら沈下させる。しかし、想定した刃口抵抗力が実施工において発現しない場合には想定を上回る沈下、いわゆる過沈下を起こすことがある。特に軟弱地盤における過沈下は事故につながる危険性があり、計画時に刃先抵抗力を正しく見積もることは大変重要である。そこで本稿では、有限要素法を用いてニューマチックケーソンの沈下解析実験を実施し、刃口の極限支持力とそれに影響を及ぼすと考えられるパラメータとの関係を求め、実務で利用できる式を提案する。

## 2. 従来の刃先抵抗の考え方

ニューマチックケーソンの初期沈下時の安定化を図るための掘残し幅(図2.1)および掘残し部の極限支持力度の式(根入れの項を除くテルツァギーの支持力式)が、大型地下構造物ケーソン設計マニュアル<sup>1)</sup>(以降、マニュアルと称す)に示されている。そして、この式や考え方は比較的小型のニューマチックケーソンの計画にもそのまま利用されており、開口率確保と支持力確保を両立させるために図2.1に示す破線のような掘残し形状で米印を接地幅として計画しているのが実状である。しかしながら、マニュアルに示される掘残し土と、破線で示す実際の掘残し土とはニューマチックケーソン躯体との接触具合が大きく異なる。よって、実際はマニュアルに示される支持力(極限支持力度×接地幅)が発現できていない可能性がある。

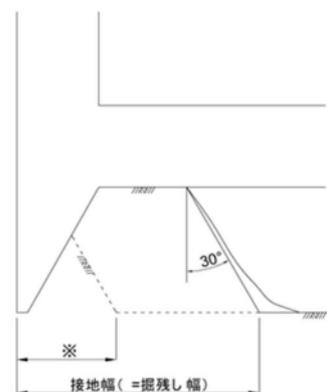


図 2.1 マニュアルに示される掘残し幅と接地幅の関係(実線)

## 3. 有限要素法による沈下解析実験

解析実験のパラメータは図 3.1 に定義するニューマチックケーソンの刃口付根の厚さ  $t$  (1.0m, 1.5m, 2.0m の 3 種類), 掘残し幅  $B$  (設定値は表 3.1 参照), そして地盤の強度定数は対象を粘性土とし粘着力  $c$  (5kN/m<sup>2</sup>, 10kN/m<sup>2</sup>, 15kN/m<sup>2</sup> の 3 種類) とした。実験ではこれらのパラメータを組み合わせることで躯体に作用させる荷重を段階的に増加させ、平板載荷試験の要領で沈下量との関係を求めた。なお、解析には群馬大学建設工学科社会基盤工学講座第二研究室(地盤工学研究室)で開発された Cambiot3D<sup>2)</sup>を用いた。また、刃口と掘残し土が接触する斜壁の部分については、ジョイント要素に相当する強度低減要素(強度が周辺地盤の 1/10, 要素の厚みも周辺地盤のメッシュ厚さの 1/10 程度)を設定した。

表 3.1 掘残し幅のケース

刃口根元厚さ $t$ (m)	掘残し幅 $B$ のケース (m)		
	小	中	大
1.0	1.00	1.20	1.60
1.5	0.81	1.50	1.90
2.0	0.68	1.40	2.20

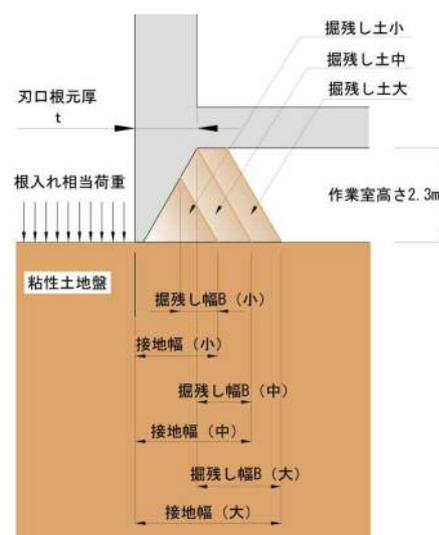


図 3.1 解析パラメータ解説図

キーワード ニューマチックケーソン, 過沈下, 刃口抵抗, 極限支持力, 解析実験, 有限要素法

連絡先 〒700-8550 岡山県岡山市北区内山下 1-1-13 (株)大本組土木本部 TEL 086-227-5179

#### 4. 解析結果

解析実験によって得られた荷重-沈下曲線の例 ( $t=1.0\text{m}$  の場合) を図 4.1 に示す. 荷重-沈下曲線は赤丸の点以降, 沈下軸にほぼ平行になっているのでこの点の荷重を極限支持力  $Q_d$  とみなした. このようにして得られた各ケースの  $Q_d$  を表 4.1 にまとめている.

#### 5. 刃口部極限支持力度式の提案

表 4.1 に示す沈下解析実験結果を使って重回帰分析を実施し,  $Q_d-t-B-c$  の関係式(1)が得られた.

$$Q_d = (0.085 \times t + 0.249 \times B + 0.032 \times c + 1.045)^6 \quad (1)$$

さらに, データを正規化して重回帰分析を行ったところ, 極限支持力へは刃口付根の厚さはほとんど寄与せず, 掘残し幅  $B$  と粘着力  $c$  がその大部分に寄与していることが分かった. これは, 解析対象を粘性土地盤に絞っているためと考えられる. 式(1)に  $c=15\text{kN/m}^2$ ,  $t=1.5\text{m}$  を代入して得られた極限支持力およびそれを接地幅で除した極限支持力度を接地幅に対してグラフ化したものを図 5.1 に示す. なお, 同図には比較のために従来値のグラフも示しているが, 関係式からの値は従来値を大幅に下回っている.

比較的小型のニューマチックケーソンでは同図に示す閾法面より小さな掘残し土で刃口抵抗を期待し問題となる場合が多いので, この範囲に着目して, 関係式から求めた極限支持力度を従来値で除した低減率を求めると  $0.26\sim 0.29$  となった. この低減率を考慮し, 粘性土地盤における刃口部極限支持力を式(2)のとおり提案する.

$$q_d' = 0.26 \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c \quad (2)$$

ここに,  $q_d'$ : 粘性土地盤における刃口極限支持力度( $\text{kN/m}^2$ ),  
 $\alpha$ : 形状係数 1.0,  $c$ : 粘着力( $\text{kN/m}^2$ ),  $N_c$ : 支持力係数

#### 6. おわりに

ニューマチックケーソンの沈下解析実験を行い, 閾法面よりも小さな掘残しを行う場合の刃口部極限支持力度式を提案したが, 対象は粘着力  $c=5\sim 15\text{kN/m}^2$  の粘性土である. 今後, 強度の範囲を拡げて式の適用性を確かめるとともに, 砂質土に対しての式も提案していきたい.

#### 参考文献

- 1) 日本圧気技術協会: 大型地下構造物ケーソン設計マニュアル, 6.3 初期構築時・沈下時の安定 pp18-20, 1999.
- 2) 地盤工学会: 弾塑性有限要素法を使う, 地盤技術者のための FEM シリーズ③, 2003.

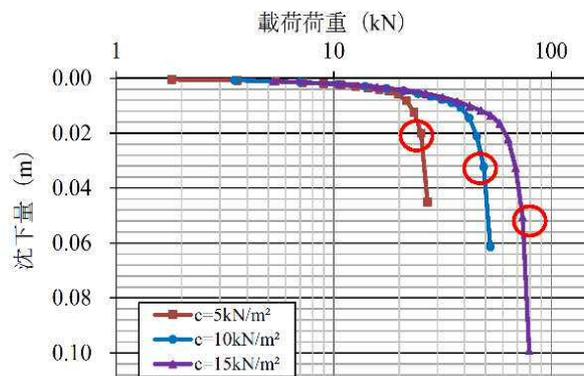


図 4.1 解析実験から得られた荷重沈下曲線( $t=1.0\text{m}, B=1.6\text{m}$  の場合)

表 4.1 各解析ケースで得られた極限支持力度

ケース	接地幅 (m)	対口の根元厚 $t$ (m)	掘残し幅 $B$ (m)	粘着力 $c$ ( $\text{kN/m}^2$ )	極限支持力 $Q_d$ (kN)
1	1.8	1.00	1.00	5	12.0
2	1.8	1.00	1.00	10	22.4
3	1.8	1.00	1.00	15	33.6
4	2.2	1.00	1.20	5	16.8
5	2.2	1.00	1.20	10	33.6
6	2.2	1.00	1.20	15	50.4
7	2.6	1.00	1.60	5	25.2
8	2.6	1.00	1.60	10	49.0
9	2.6	1.00	1.60	15	73.9
10	1.8	1.50	0.81	5	12.9
11	1.8	1.50	0.81	10	25.2
12	1.8	1.50	0.81	15	37.0
13	3.0	1.50	1.50	5	20.4
14	3.0	1.50	1.50	10	40.3
15	3.0	1.50	1.50	15	58.8
16	3.4	1.50	1.90	5	34.7
17	3.4	1.50	1.90	10	67.2
18	3.4	1.50	1.90	15	99.1
19	1.8	2.00	0.68	5	15.1
20	1.8	2.00	0.68	10	29.7
21	1.8	2.00	0.68	15	44.8
22	3.4	2.00	1.40	5	25.2
23	3.4	2.00	1.40	10	47.7
24	3.4	2.00	1.40	15	72.8
25	4.2	2.00	2.20	5	43.7
26	4.2	2.00	2.20	10	86.5
27	4.2	2.00	2.20	15	129.4

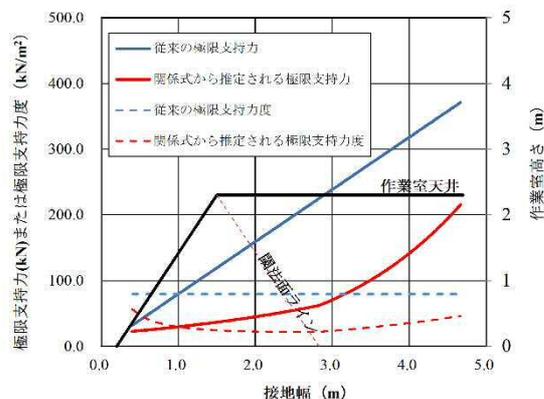


図 5.1 関係式から推定した値と従来値との比較 ( $c=15\text{kN/m}^2$ ,  $t=1.5\text{m}$ )