

## II-1 設置ケーソンの回転に関する2, 3の考察

(株)間組 土木本部 設計部 正会員 鈴木 正勝  
(株)間組 土木本部 設計部 ○松本 茂生

### 1. まえがき

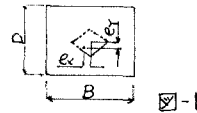
設置ケーソンの安定については、転倒と滑動に対して検討されることが多く、偏心した水平外力によって生じる回転に関する検討が行なわれることは少なかった。しかしながら、設置ケーソンが単体の構造物として利用されることが多くなるにつれ、回転問題は同時に発生する構造部材のねじりと共に重要な検討課題となっている。

本文では上記の設置ケーソンの回転の安全率を算出する方法を提案し、試算してみた。

### 2. 地盤反力

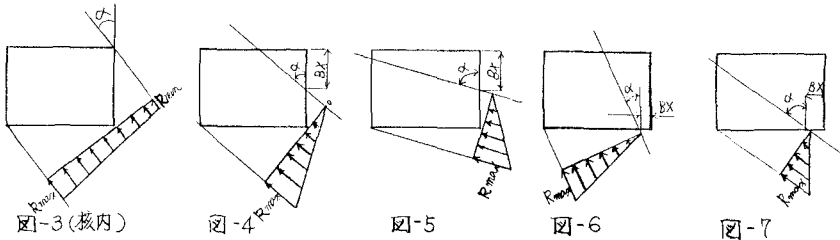
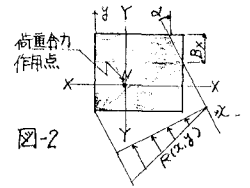
回転問題を考える時、地盤反力分布が問題となるが、ここではケーソンを完全剛体とし、地盤反力は直線分布と仮定する。地盤反力計算は、ケーソンに作用する直圧力の作用点が核内にある時は(1)式により簡単に求まる。

$$R_{max} = \frac{N}{B \cdot D} \cdot \left(1 + \frac{6e_x}{B} + \frac{6e_y}{D}\right) \dots \dots (1)$$



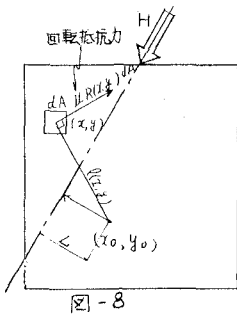
一方、直圧力の作用点が核外にある時は、その計算は複雑なため、図-3～図-7のパターンを考え、ケーソンに作用する荷重合力作用点における直圧力と地盤反力の釣合条件((2)式～(4)式)を満足するような $R_{max}$ ,  $R_{min}$ ,  $B_x$ ,  $\alpha$ を試行的に算出した。(図-2参照)

$$\begin{aligned} N &= \int_A R(x, y) \cdot dA \quad \dots \dots (2) & N: \text{直圧力(鉛直合力)} \\ G_x &= \int_A R(x, y) \cdot Y \cdot dA = 0 \quad \dots \dots (3) & A: \text{地盤反力作用面積(図-2 陰影部)} \\ G_y &= \int_A R(x, y) \cdot X \cdot dA = 0 \quad \dots \dots (4) & G_x, G_y: X-X, Y-Y \text{軸の一次モーメント} \end{aligned}$$



### 2. 回転

#### 1) 回転力のみを考慮した場合



回転安全率(SF1)は(5)式で求められる。(図-8参照)

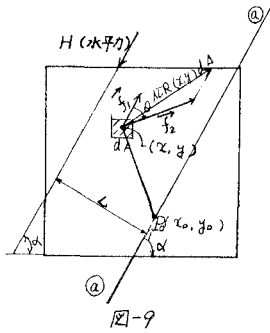
$$\begin{aligned} SF1 &= M_R / M_0 \\ M_R &= \int_A \mu R(x, y) \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2} \cdot dA \\ M_0 &= H \cdot L \end{aligned} \quad \dots \dots (5)$$

$R(x, y)$ :  $(x, y)$ における地盤反力  
 $M_R$ : 回転抵抗モーメント  
 $M_0$ : 回転モーメント  
 $(x_0, y_0)$ : 回転中心の座標  $\mu$ : 摩擦係数

#### 2) 水平力を同時に考慮した場合

ケーソンに作用する水平力(H)によって回転モーメントが発生した時の摩擦抵抗力は滑動抵抗力と回転抵抗力

に分解されるとする。転倒、滑動に対して安定であるケースンでは、次の様に回転安全率(SF2)が求められる。  
今、水平力(H)によるケースンの滑動安全率を $S_f$ ;地盤反力を $R(x,y)$ とする。



この時、微小要素 $dA$ に作用する滑動抵抗力( $\vec{f}_1$ )は地盤反力 $R(x,y)$ に比例するとすれば(6)式で表わされる。

$$|\vec{f}_1| = \mu \cdot R(x,y) dA / S_f \quad \text{---(6)}$$

また、 $\vec{f}_1$ と回転抵抗力 $\vec{f}_2$ の合力は全摩擦抵抗力になると考えれば、 $\vec{f}_2$ は(7)式で与えられる。

$$|\vec{f}_2| = \mu R(x,y) (\sqrt{1 - (\sin \theta / S_f)^2} - \cos \theta / S_f) dA \quad \text{---(7)} \quad \theta: \vec{f}_1, \vec{f}_2 \text{ のなす角}$$

この回転抵抗力は図-9に示す回転中心 $P_0$ を通る直線(a)の左側では減となり、右側では増となる。

従って、求める回転抵抗モーメント $M_R$ は(8)式のようにになる。

$$\text{回転抵抗モーメント } M_R = \int_A \mu R(x,y) (\sqrt{1 - (\sin \theta / S_f)^2} - \cos \theta / S_f) \cdot \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2} \cdot dA \quad \text{---(8)}$$

$$\text{回転モーメント } M_0 = H \cdot L \quad \text{---(9)} \quad SF2 = M_R / M_0 \quad \text{---(10)}$$

### 3. 水平力を考慮した場合としない場合の試算比較

図-10、図-11に示すモデルで試算した場合の結果を表-1と図-12に示す。

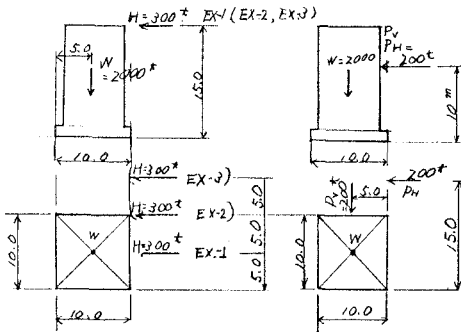


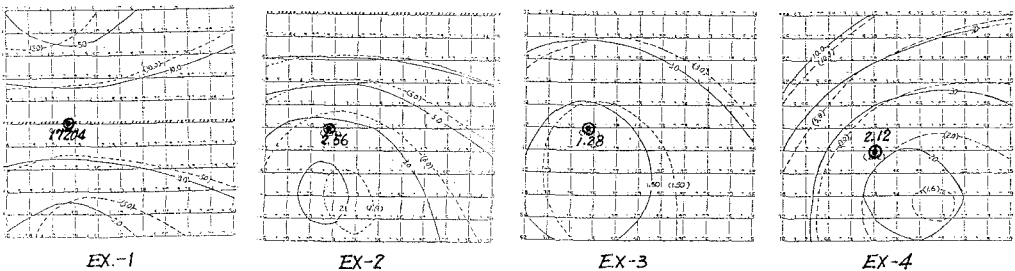
図-10 (EX-1, EX-2, EX-3 モデル) 図-11 (EX-4 モデル)

表-1 試算結果

| 項目<br>モデル | 回転安全率(SF) |          | 地盤反力<br>$R_{max}$<br>(t/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|-----------|----------|------------------------------------------|
|           | SF1(min)  | SF2(min) |                                          |
| EX-1      | 4.383     | 4.192    | 48.485                                   |
| EX-2      | 2.026     | 1.944    | "                                        |
| EX-3      | 1.196     | 1.150    | "                                        |
| EX-4      | 1.834     | 1.582    | 44.095                                   |

SF1: 回転力のみを考慮した場合の回転安全率

SF2: 水平力を同時に考慮した場合の回転安全率



凡例 — SF1 (◎は回転中心が地盤反力合力作用点.)

----- SF2

図-12 回転安全率分布図

### 4. あとがき

SF1とSF2の分布に大きな差はないが、SF1minとSF2minを比較すると、若干SF2minが小さな値となる傾向がみられる。