III－14　ケーソン基礎の安定計算について

日本国有鉄道構造物設計事務所

正員　高橋光昭

1. まえがき

現在一般に行われている基礎の設計計算法は，それぞれの基礎形式に対して独立して定められたもので，各基礎形式相互間には，思想上の統一性はなく，また地盤条件，基礎の形状寸法などに対して適用上の限界がある。

近年，施工法の発達や，地盤条件，施工条件等の制約により，中間的な基礎形式のものを計画することが多くなり，設計上の扱いに苦慮することも少くない。

そこで，これらの各基礎形式に共通し，地盤条件の変動にも対応できる基本式を求め，各基礎形式における設計計算法を一貫した設計思想の中に取り入れ，これらに連続性をもたせるための研究を進めてきた。[1]

ここでは，直接基礎，ケーソン基礎等の剛体基礎に対する基本式および安定についての概要を述べる。

2. 剛体基礎に対する基本式

剛体基礎に対する基本式を表－1に示す。この式を導びくに当っての主な仮定条件は，次のようである。

1）基礎は剛体とし，基礎の弾性変形，セン断変形は無視する。

2）基礎に作用する外力に対しては，基礎側面の扺抗土圧，基礎底面の鉛直支持力，および基礎底面の摩擦力によって扺抗するものとする。

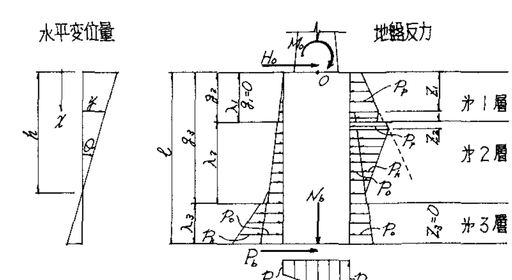
3）初期条件として，基礎側面には静止土圧が働いているものとする。

4）地盤反力は，地盤を弾性体と考えて変位に比例するものとするが，次のように弾性限界を考える。

　a）側面水平地盤反力度は，基礎側面における受働土圧力度を弾性限界とする。

表－1　ケーソン基礎の傾斜角，地盤反力

傾斜角 回転中心深さ	基礎底面における合力が核内にある場合	底面セン断反力が弾性域にある場合	$\theta=\dfrac{MT_1+HT_2}{T_1T_3-T_2T_2}$ $h=\dfrac{MT_2+HT_3}{MT_1+HT_2}$ ここに $T_1=\Sigma Dk_h(\lambda-Z)+Ak_s$ $T_2=\Sigma Dk_h\{g(\lambda-Z)+\frac{1}{2}(\lambda^2-Z^2)\}+Ak_s\ell$ $T_3=\Sigma Dk_h\{g^2(\lambda-Z)+g(\lambda^2-Z^2)+\frac{1}{3}(\lambda^3-Z^3)\}$ $+Ak_s\ell^2+\frac{1}{12}DB^3k_v\alpha$
		底面セン断反力が塑性域にある場合	$\theta=\dfrac{(M+P_b\ell)T_1+(H-P_b)T_2}{T_1T_3-T_2T_2}$ $h=\dfrac{(M+P_b\ell)T_2+(H-P_b)T_3}{(M+P_b\ell)T_1+(H+P_b)T_2}$ ここに $T_1=\Sigma Dk_h(\lambda-Z)$ $T_2=\Sigma Dk_h\{g(\lambda-Z)+\frac{1}{2}(\lambda^2-Z^2)\}$ $T_3=\Sigma Dk_h\{g^2(\lambda-Z)+g(\lambda^2-Z^2)+\frac{1}{3}(\lambda^3-Z^3)\}+\frac{1}{12}DB^3k_v\alpha$
	基礎底面における合力が核外にある場合		底面合力が核内にある場合の式において，$\alpha=m_2$，$A=A'$とする。 m_2，A'は，次式を満足するよう，m_1とともに定める。 $N_b=\frac{1}{4}DB^2k_v\theta m_1$
底面セン断反力			弾性域にある場合 $P_b=A'k_s\theta(h-\ell)$ 塑性域にある場合 $A'k_s\theta(h-\ell)>R_b$ のとき $P_b=R_b$ $A'k_s\theta(h-\ell)<-R_b$ のとき $P_b=-R_b$
鉛直反力度			底面合力が核内にある場合 $\begin{matrix}p_{v1}\\p_{v2}\end{matrix}=\dfrac{N_b}{A}\pm\dfrac{1}{2}Bk_v\theta$ 底面合力が核外にある場合 $p_{v1}=B'k_v\theta$
水平変位量 水平反力度			$y=\theta(h-x)$ $p_h=k_hy=k_h\theta(h-x)$



記号の説明

$H=H_0-$(塑性域における(p_p-p_0)の総和)(t)

$M=M_0+$(塑性域における(p_p-p_0)によるO点モーメントの総和)(tm)

N_b　基礎底面における有効鉛直荷重(t)

D　基礎の奥行き(m)

B　基礎の幅(m)

ℓ　基礎の根入れ深さ(m)

A　基礎底面積(m^2)

A'　基礎底面有効載荷面積(m^2)

B'　基礎底面有効載荷幅(m)

g　各層の上面までの深さ(m)

λ　各層の厚さ(m)

Z　各層の塑性域深さ(m)

k_h　各層の水平地盤係数(t/m^2)

k_v　支持層の鉛直地盤係数(t/m^2)

k_s　支持層のセン断地盤係数(t/m^2)

δ　基礎底面と地盤との摩擦角(度)

c　基礎底面と地盤との付着力度(t/m^2)

p_0　各層の静止土圧力度(t/m^2)

p_p　各層の受働土圧力度(t/m^2)

$R_b=N_b\tan\delta+cA'$　(t)

b）底面セン断反力は，基礎底面における極限水平支持力を弾性限界とする。

c）底面鉛直地盤反力度は，基礎底面における極限鉛直支持力度を弾性限界とする。

なお，基礎底面における浮き上りに対する抵抗は考慮しない。

5）地盤は多層地盤とし，同一層中の土質諸数値は一定値とする。

この式の主な特徴としては，次の二点があげられる。

1）初期条件として静止土圧を考えている。（水平地盤反力度$=p_0+k_h y$）

2）地盤の弾性限界を考えている。（$p_0+k_h y>p_p$のとき，水平地盤反力度$=p_p$，$|A' k_s y_b|>N_b \tan\delta+cA'$のとき，底面セン断反力$=N_b \tan\delta+cA'$ or $-(N_b \tan\delta+cA')$）

なお，鉛直地盤反力度は，原則として弾性域内にあるものとする。

計算手順の概略を図－1に示すが，試算による繰返し計算が多いので，電算による計算を行うものとした。

3．剛体基礎の安定

剛体基礎の安定に対する検討は，直接基礎，およびくい基礎との連続性を考えて，原則として次の事項について行うものとした。

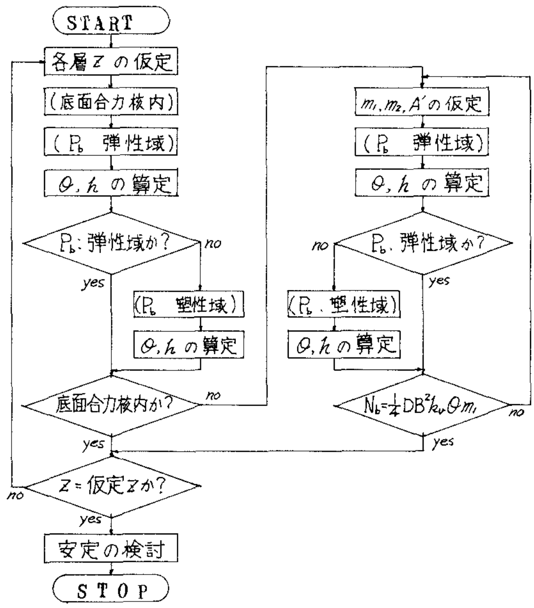
1）鉛直支持力に対する検討

2）水平支持力に対する検討

3）転倒モーメントに対する検討

4）変位量に対する検討

従来のケーソン基礎の安定は，主として基礎側面の水平支持力が受働土圧内にあるかどうかによって決定されたが，水平反力の一部が受働土圧を越えても，基礎全体で安定であればよい。たとえば，直接基礎に近い浅い基礎では，水平反力がすべて弾性域を越えても，基礎底面の水平支持力，鉛直支持力によって安定である場合もある。また，基礎側面の水平抵抗を無視したのが，従来の直接基礎の設計法である。



図－1　計算手順

直接基礎のような浅い基礎では，主として転倒モーメントに対する検討により，また深いケーソン基礎では，主として水平変位量によって，基礎の形状寸法が決定される。

4．あとがき

断面形状に比して基礎の根入れが浅くなるに従って，基礎側面の水平抵抗による影響は小さくなるので，浅い基礎については，従来の直接基礎の設計法を適用してよいと思われる。したがって，ここに述べた剛体基礎の基本式は，主としてケーソン基礎，および直接基礎とケーソン基礎の中間的形状寸法の基礎に適用される。

従来のケーソン基礎の計算では，設計条件によっては安全過ぎると思われる場合も見うけられたが，以上の考え方により，適切な設計が行われるものと思う。

なお，実際に適切な設計となるかどうかは，土質諸数値の判定により大きく左右されるので，いかに正しい土質諸数値を求めるかが，今後に残された問題である。

参考文献

1）森重・高橋　志村：各基礎形式に共通する基本的設計法，土木学会第25回年次学術講演会講演概要集第3部　昭和45年11月