III－15　電子計算機による剛体基礎の安定計算

福山コンサルタント　正　○沢野　邦彦
福山コンサルタント　　　石井　憲雄

1. まえがき

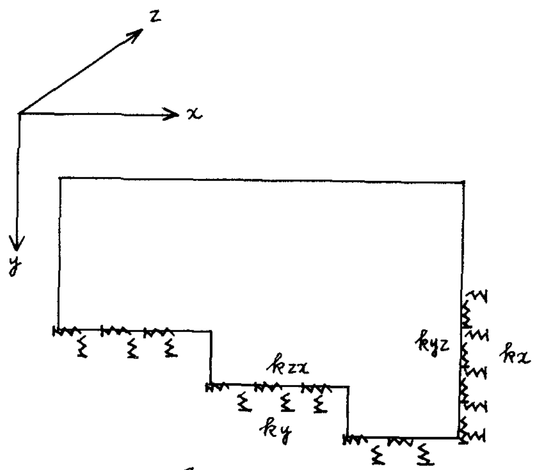
弾性地盤に支持された剛体の安定計算や応力計算を行なうためには、地盤反力分布を求める必要がある。一般のケーソンのように、地盤が一様か、または、せいぜい2，3層から成り立ち、各層ごとの地盤反力係数が一様と考えられる場合には、地盤反力分布は、手計算で容易に計算することができる。しかし、吊橋のアンカー基礎などのような大型の基礎で、地盤反力係数が平面的にも、深さ方向にも変化しており、躯体と地盤との接触面の形状も複雑であるような場合は、手計算で処理するのは煩雑であり、電子計算機を利用するのが便利であると思われる。以下に、その場合の計算手順について述べる。

2. 地盤反力係数分布

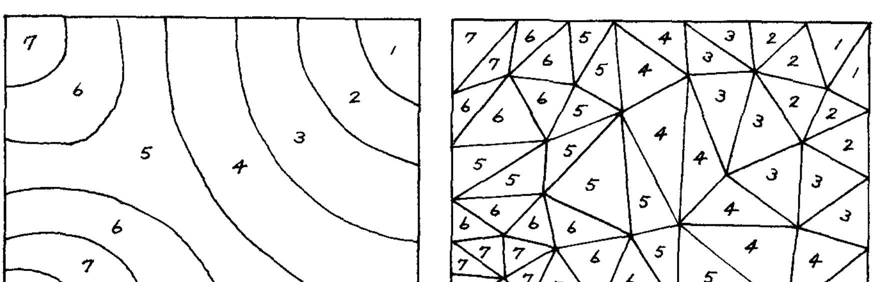
図－1に示すように、右手系の座標系を定義する。

yz面におけるx軸方向の地盤反力係数をk_x，せん断バネ係数をk_{yz}とする。どうように、zx面およびxy面における地盤反力係数をk_y，k_{zx}，およびk_z，k_{xy}とする。基礎に作用する荷重は、以上3方向の垂直ばね，およびせん断ばねで支持されるものとする。

各面における地盤反力係数分布を，図－2に示すように、三角形要素に分割することによって表現する。一つの三角形要素内での地盤反力係数の値は一定とする。



図－1



図－2

3. 変位および地盤反力分布

与えられた分布ばねを、等価な6つの集中ばね K_{XX}, K_{YY}, K_{ZZ}, K_{YZ}, K_{ZX}, K_{XY} に置きかえる。

ここで　K_{XX}, K_{YY}, K_{ZZ}：x, y, z軸方向の集中ばね

　　　　K_{YZ}, K_{ZX}, K_{XY}：x, y, z軸まわりの回転ばね

また、各回転ばねの中心の座標を(y_x, z_x), (z_y, x_y), (x_z, y_z)とする。

一つの三角形要素の重心の座標を（x, y, z），断面積をA，断面二次モーメントをI，断面二次極モーメントをI_pとすると、

$$K_{XX}=\sum k_x A+\sum k_{xy}A+\sum k_{zx}A$$
$$K_{YY}=\sum k_y A+\sum k_{yz}A+\sum k_{xy}A$$
$$K_{ZZ}=\sum k_z A+\sum k_{zx}A+\sum k_{yz}A$$
$$y_X=(\sum k_z A y+\sum k_{zx}A y+\sum k_{yz}A y)/K_{ZZ}$$
$$Z_X=(\sum k_y A z+\sum k_{yz}A z+\sum k_{xy}A z)/K_{YY}$$
$$K_{YZ}=\sum k_y I_x+\sum k_y A(z-z_X)^2+\sum k_z I_x+\sum k_z A(y-y_X)^2+\sum k_{xy}A(z-z_X)^2+\sum k_{zx}A(y-y_X)^2$$
$$+\sum k_{yz}I_p+\sum k_{yz}A\{(y-y_X)^2+(z-z_X)^2\}$$

ここで、I_x は三角形要素の重心をとおり、x軸に平行な軸に関する断面二次モーメントを示す。

どうようにして，(z_Y, x_Y)，(x_Z, y_Z)，K_{ZX} および K_{XY}を計算する。

次に、外力から、x，y，z軸方向の分力F_X，F_Y，F_Z，および，(y_X, z_X)，(z_Y, x_Y)，(x_Z, y_Z)をそれぞれ中心とするx，y，z軸まわりのモーメントM_X，M_Y，M_Z を求める。

剛体の変位は次式で与えられる。

$$u_x=F_X/K_{XX}$$
$$u_y=F_Y/K_{YY}$$
$$u_z=F_Z/K_{ZZ}$$
$$\theta_x=M_X/K_{YZ}$$
$$\theta_y=M_Y/K_{ZX}$$
$$\theta_z=M_Z/K_{XY}$$

ここで　u_x, u_y, u_z：x，y，z軸方向の変位

θ_x, θ_y, θ_z：(y_X, z_X)，(z_Y, x_Y)，(x_Z, y_Z)をそれぞれ中心とするx，y，z軸まわりの回転角

剛体の各点（x，y，z）のx，y，z軸方向の変位δ_x，δ_y，δ_z は次式で与えられる。

$$\delta_x=u_x+(z-z_Y)\theta_y-(y-y_Z)\theta_z$$
$$\delta_y=u_y+(x-x_Z)\theta_z-(z-z_X)\theta_x$$
$$\delta_z=u_z+(y-y_X)\theta_x-(x-x_Y)\theta_y$$

変位が求められれば、これに地盤反力係数を乗じて　地盤反力分布を求めることができる。

4、あとがき

基礎の形を決定する段階で、底面の深さや形状をかえて　何回か、トライアルの計算をするような場合、底面形状にあわせた地盤反力係数分布のデーターをその都度、作り直すのは煩わしい。そこで、例えば、水平面の鉛直地盤反力係数分布をやや広めの範囲で、種々の深さについて定義し、あらかじめ計算機の補助記憶装置に入力しておき、個々のケースの計算に対しては、底面の形状と標高を与えて、それに対応するデーターを計算機の中で作らせるようにすれば便利である。

また、はねには正，負両方向とも有効と考えられるものもあるし、底面の鉛直はねのように、一方向（圧縮）だけ有効で　反対方向には無効と考えられるはねもある。後者の場合は、圧縮領域だけを底面と考えればよい。圧縮領域の大きさは、一般に未知量であるので、最初は、全域有効と仮定して計算し、もし引張領域が生じた場合は　底面を修正し　境界の反力がちょうど0になるまで収束計算を行なえばよい。