



Q3002. 縦長剛体基礎（ケーソン式）の安定照査について教えて？

A3002. 縦長剛体基礎（ケーソン式）の水平支持の照査は、道路標識設置基準・同解説¹⁾を参考に、(式1)によって安定チェックを実施しております。

$$h\theta \leq 2.4L_e\gamma \left(\frac{K_p}{K_H} \right) \dots\dots\dots (式1)$$

ここに、

h : 基礎の回転中心までの深さ (m) で、次式による。

$$h = \frac{M_0K_2 + H_0K_3}{M_0K_1 + H_0K_2} \dots\dots\dots (式2)$$

θ : 基礎の回転角 (rad) で、次式による。

$$\theta = \frac{M_0K_1 + H_0K_2}{K_1K_3 - K_2^2} \dots\dots\dots (式3)$$

M_0 : 基礎天端に作用する曲げモーメント (kN・m)

H_0 : 基礎天端に作用する水平力 (kN)

K_1 、 K_2 、 K_3 : 次式による。

$$K_1 = bk_H L_e \dots\dots\dots (式4)$$

$$K_2 = \frac{2}{3}bk_H L_e^2 \dots\dots\dots (式5)$$

$$K_3 = \frac{1}{2}bk_H L_e^3 + k_v a^4 v_2 \dots\dots\dots (式6)$$

$2a$: 縦長剛体側面幅 (m)

$2b$: 縦長剛体前面幅 (m)

v_1 、 v_2 : 次式による。

$$v_1 = n(1 + n \cot \beta_\theta)^2 \dots\dots\dots (式7)$$

$$v_2 = \frac{1}{3}n(2 - n \cot \beta_\theta)(1 + n \cot \beta_\theta)^2 \dots\dots\dots (式8)$$

ここに、 $n = \frac{b}{a}$ である。

β_θ : 次式を満足する角度 (rad)

$$k_v a^3 \theta v_1 = V_0 + 4abL_e\gamma_c \dots\dots\dots (式9)$$

γ_c : コンクリートの単位体積重量で、23 kN/m³とする。

L_e : 縦長剛体の設計地盤面以下の根入れの深さ (m)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³) で、17kN/m³でよい。

K_p : 受働土圧係数で、3.53でよい。

k_H : 水平方向地盤反力係数で、次式とする。



$$k_H = k_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-(3/4)} \dots\dots\dots (式 10)$$

k_{H0} : 直径 0.3m の剛体円板による平板載荷試験の値に相当する水平方向の地盤反力係数 (kN/m³) で、各種土質試験又は調査により求めた変形係数から推定する場合は、次式により求める。

$$k_{H0} = \frac{1.2}{0.3} \alpha E_0 \dots\dots\dots (式 11)$$

この計算式には縦長剛体側面の分担分 20% が含まれている。

α : 地盤反力係数の換算係数

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m²)

B_H : 荷重作用方向に直交する基礎の換算載荷幅 (m)

k_V : 鉛直方向地盤反力係数で、次式とする。

$$k_V = k_{V0} \left(\frac{B_V}{0.3} \right)^{-(3/4)} \dots\dots\dots (式 12)$$

k_{V0} : 直径 0.3m の剛体円板による平板載荷試験の値に相当する鉛直方向の地盤反力係数 (kN/m³) で、各種土質試験又は調査により求めた変形係数から推定する場合は、次式により求める。

$$k_{V0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0 \dots\dots\dots (式 13)$$

B_V : 基礎の換算載荷幅 (m)

(式 1) は土研資料第 1035 号²⁾により検討され、道路標識設置基準・同解説¹⁾の中ではケーソン式と呼ばれております。ケーソン式についての解説を以下に示します。

ケーソン式は、S45 道指ケーソン篇³⁾を一部修正したもので、式を想定する上で仮定した事項について①～⑤に示します²⁾。

- ① 基礎の安定は、基礎前面地盤の水平地盤反力度がその点における地盤の受働土圧強度を上まわらなければよい。したがって、基礎の最小根入れ長は、前面地盤の最大水平地盤反力度をその点における地盤の受働土圧強度に等しいとおけばよい。
- ② 基礎の安定は、基礎前面地盤の水平地盤反力度から決まり、底面地盤の鉛直地盤反力度には左右されない。また、底面地盤のせん断抵抗力は無視する。
- ③ 基礎周面地盤は N 値 10 程度の砂質地盤であり、地盤反力係数は深さとともに増加すると考え、三角形分布を採用する。
- ④ 基礎前面地盤の単位体積重量は $1.7 \text{ t/m}^3 (=17\text{kN/m}^3)$ とし、受働土圧は 3.53 とする。
- ⑤ ポール基礎では、外力 M_0 、 H_0 の大きさ等から判断して、底面地盤反力度は三角形分布をしていると考えられるので、その方式で計算する。

深さ x に生じる受働土圧 p_p と地盤反力係数に水平変位量を乗じた水平地盤反力度分布を、基礎の回転中心までの深さ h ・基礎の回転角 θ の水平変位量分布を、③に記載する深さとともに増加する地盤反力係数 K_H の分布を図 1 に示します。

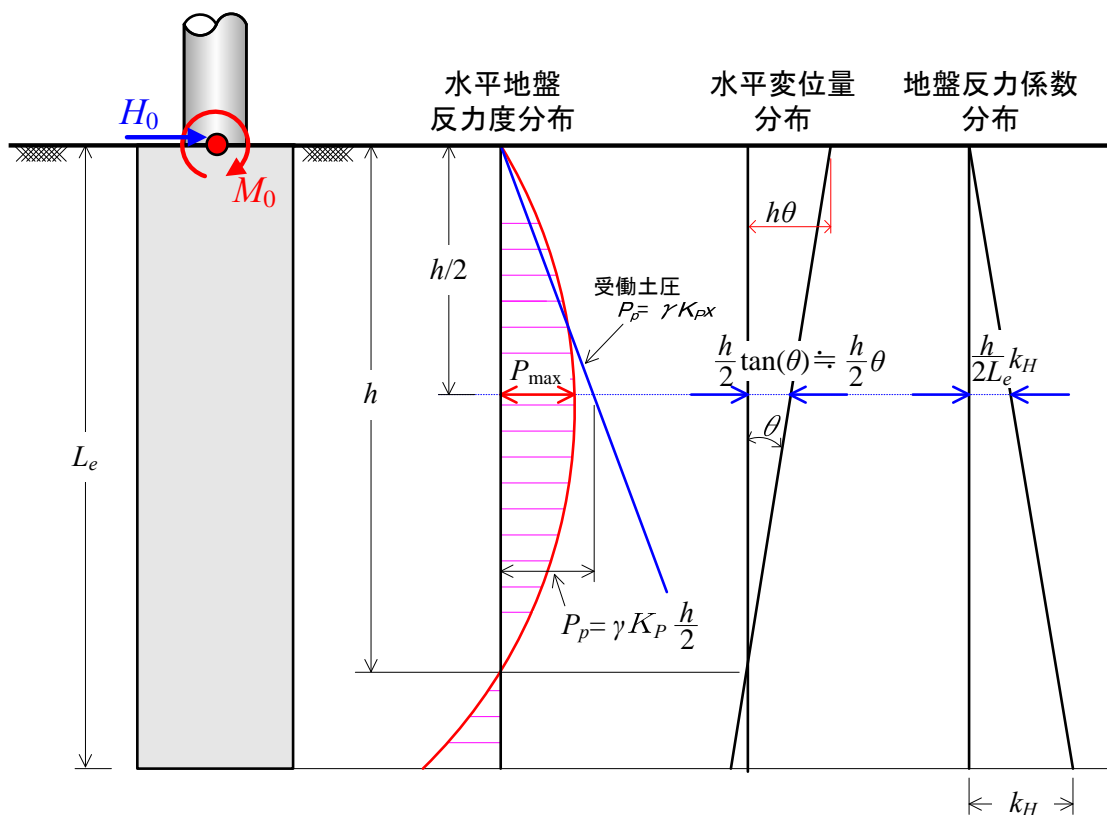


図 1 地盤反力度および変位分布



①より、「前面地盤の最大水平地盤反力度 $P_{\max} \leq$ その点における地盤の受働土圧強度 P_p 」を満足すればよいことになります。ただし、前面地盤反力度を計算する水平方向地盤反力係数には側面の摩擦抵抗による分担分が含まれているので、計算で求めた地盤反力度より 20% 低減したものを前面の地盤反力度としてよいことから³⁾、①の記載は次式で示されます。

$$\frac{1}{1.2} P_{\max} \leq P_p \dots\dots\dots (式 14)$$

2次曲線となる水平地盤反力度の最大反力点は、 $h/2$ (縦長剛体の回転中心までの深さの半分) で、この点における基礎の水平変位量と水平方向地盤反力係数を乗じたものが、前面地盤の最大水平地盤反力度 P_{\max} となります。そのため、最大反力点の受働土圧強度 P_p との不等式は (式 15) となり、(式 15) を地盤の変形によるケーソン上面の設計上の変位 $h\theta$ との不等式に整理すると、(式 1) になります。

$$\frac{1}{1.2} \left(\frac{h}{2L_e} k_H \right) \left(\frac{h}{2} \theta \right) \leq \frac{1}{2} \gamma K_p h \dots\dots\dots (式 15)$$

計算過程における (式 4~6) の $K_{1\sim3}$ は、底面の地盤反力度が台形分布とする場合か三角形分布とする場合で異なりますが、本式では⑤で記されているように三角形分布を採用しています。これは、鉛直力による地盤反力よりもモーメントによる地盤反力度の方が大きい場合、底面の地盤反力度が三角形分布とすることによります。なお、 $K_{1\sim3}$ は S45 道指ケーソン篇³⁾によると、本来、(式 16~18) ですが、②の記載において、底面地盤のせん断抵抗力は無視することから、底面地盤のせん断バネ定数 $K_s = 0$ となり、結果的に (式 4~6) となります。

$$K_1 = bk_H L_e + K_s A' \dots\dots\dots (式 16)$$

$$K_2 = \frac{2}{3} bk_H L_e^2 + K_s A' L_e \dots\dots\dots (式 17)$$

$$K_3 = \frac{1}{2} bk_H L_e^3 + k_V a^4 v_2 + K_s A' L_e^2 \dots\dots\dots (式 18)$$

ここに、

K_s : 底面地盤のせん断バネ定数 (kN/m³)

A' : 浮き上がりを生じていない基礎の有効載荷面積 (m²)

参考文献

- 1) 道路標識設置基準・同解説 (日本道路協会、昭和 62 年)
- 2) ポール基礎の安定計算法 土木研究所資料 第 1035 号 (昭和 50 年 7 月)
- 3) 道路橋下部構造設計指針 ケーソン基礎の設計篇 (日本道路協会、昭和 45 年)