



Q3003. 縦長剛体基礎（ケーソン式）の水平支持の照査に安全率は含まれているの？

A3003. 日本地工では、最大強度からみて安全率3程度を含んでいるものと考えております。

[縦長剛体基礎（ケーソン式）の安定照査について教えて？](#)では、ケーソン式について詳しく解説しましたが、この式における安全率の日本地工の見解について以下に示します。

ケーソン式は、受働土圧による抵抗値（式1 右辺）が作用する荷重による応答値（式1 左辺）を上回ることを確認する不等式になっております。（式1）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2）となり、道路標識設置基準・同解説¹⁾では（式2）によって、縦長剛体基礎（ケーソン式）の安定チェックとしております。

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

$$h\theta \leq 2.4 L_e \gamma \left(\frac{K_p}{K_H} \right) \dots\dots\dots \text{(式2)}$$

ここで、ケーソン式が記載されている道路標識設置基準・同解説¹⁾の発行当時の道路橋示方書・同解説²⁾（以下、S55 道示という）をみると、ケーソン前面地盤の許容水平支持力度については、以下のように示しております。

ケーソン前面地盤の許容水平支持力度は、その位置における地盤の受働土圧強度を表-7.4.2の安全率で除した値とする。

表-7.4.2 安全率

常時	1.5
地震時	1.1

そのため、風時についても地震時と同じ安全率 (=1.1) を有するものとする、（式1）は本来、（式3）となり、整理すると（式4）となります。よって、（式2）は本来含むべき安全率1.1が考慮されていないこととなります。

$$\frac{1}{1.2} \left(\frac{h}{2L_e} K_H \right) \left(\frac{h}{2} \theta \right) \leq \frac{1}{1.1} \left(\frac{1}{2} \gamma K_p h \right) \dots\dots\dots \text{(式3)}$$

$$h\theta \leq \frac{2.4}{1.1} L_e \gamma \left(\frac{K_p}{K_H} \right) \dots\dots\dots \text{(式4)}$$

ただし、ケーソン式の受働土圧による抵抗値（式1 右辺）はクーロンによる考えを採用しております。H24 道示³⁾によれば、縦長の基礎の水平地盤反力度の上限値（最大強度）は、クーロン受働土圧の α_p 倍として考えられ、砂質地盤の場合 $\alpha_p=3$ 、粘性地盤の場合 $\alpha_p=1.5$ （ N 値2以下では $\alpha_p=1.0$ ）としています。つまり、クーロンの受働土圧による水平支持力度は、砂質地盤においては最大強度からみて安全率3を有していることとなります。

S55 道示に設定された許容水平支持力度の安全率は、粘性地盤における受働土圧を考慮したものと考えられます。これは、粘性地盤における水平支持力度の上限値がクーロン受働土圧の 1.5 倍によることと大きく関係します。ここで、H24 道示³⁾によると、「ケーソン基礎の降伏は、前面地盤の塑性領域が 60%に達する」としていることから、最大強度からみて安全率 1.7 (降伏強度=0.6×最大強度=最大強度 / 1.7) 以上確保しないと安全側に配慮された設計になりません。そのため、最大強度からみて安全率 1.5 と同等の照査点になっている粘性地盤のクーロン受働土圧は、抵抗値としてそのまま扱うと降伏強度を超えた照査となり、本来意図する (弾性限界内) 照査と異なってしまいます。粘性地盤においては、クーロン受働土圧の上限値で有する 1.5 倍に 1.1 倍を乗じることで最大強度から安全率 1.7 が確保され、降伏強度 (弾性限界) での照査となり、設計上はギリギリ安全側に配慮された照査となります。ただし、土研資料第 4100 号⁴⁾によれば、「 $1/\beta$ 区間における粘性地盤の極限地盤反力はクーロンの受働土圧の概ね 1.5~3 倍である」としており、下限値として 1.5 と設定していますので、安全率 1.1 を有することで実際には安全側の照査になることが推測されます。いずれにしても、当時の研究者達は安全率を地盤の種類ごとに変えることを避けるため、S55 道示では、砂質地盤であっても粘性地盤であっても同一の安全率 (表-7.4.2) としたものと考えられます。

以上から、(式 2) に示すケーソン式は S55 道示で設定する安全率を有していなくても、砂質地盤においては、安全側に配慮された (安全率 3 を有する) つりあい式になっているものと考えております。

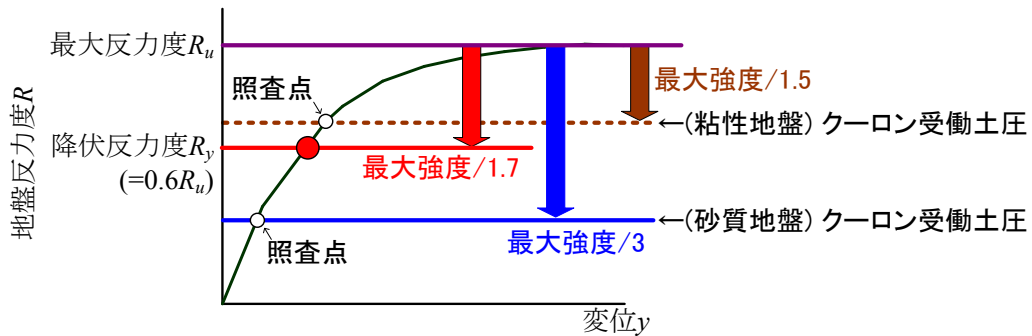


図 1 地盤反力度の上限値からみたクーロン受働土圧の照査点 (縦長の基礎)

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 1 月)
- 2) 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (日本道路協会、昭和 55 年)
- 3) 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (日本道路協会、平成 24 年 3 月)
- 4) 大きな変位を受ける杭基礎の地盤水平抵抗のモデル化について 土木研究所資料第 4100 号 (平成 20 年)