



Q3004. ケーソン基礎って弾性体、剛体、どっち？

Q3004. 道路附属物に用いられるケーソン基礎、すなわち縦長剛体基礎（ケーソン式）は剛体として考えられており、現行のケーソン基礎は弾性体として扱われております。

ケーソン基礎は、縦長剛体基礎（ケーソン式）の考えを整理された当時は剛体として、H24 道示¹⁾では弾性体として扱われており、照査方法も異なっております。ケーソン基礎が剛体から弾性体として扱われた経緯なども含め、以下にご紹介します。

縦長剛体基礎（ケーソン式）の設計は、土木研究所資料 第 1035 号²⁾に準拠されたもので、当時の道路橋下部構造設計指針 ケーソン基礎の設計編³⁾（以下、S45 道指ケーソン編という）を一部修正して用いた式（以下、ケーソン式という）によられております。ケーソン式は、池原ら^{例えば³⁾}により提案されたもので、基礎体を剛体と仮定し、前面地盤の抵抗土圧による基礎の安定を照査しております。その後、S55 道示⁴⁾の「ケーソン基礎の設計」にも同様の考えが含まれ、さらにその後、平成 6 年まで 2 度にわたり出版された道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編⁵⁾⁶⁾の「ケーソン基礎の設計」は設計法の適用目安等、若干の修正は行われておりましたが、S45 道指ケーソン編³⁾のものと同様の考え（剛体）のものでした。このとき、古い基礎は基礎体を弾性体と仮定し、ケーソン基礎とは施工方法の差とともに構造上まったく異質のものとして取り扱われておりました。しかし、平成 8 年に出版された H8 道示⁷⁾において、ケーソン基礎の安定計算モデルを剛体基礎の設計法から地盤抵抗の塑性化を考慮した弾性体モデルへ変更する等、新たな調査研究成果⁸⁾⁹⁾の導入が行われました。H24 道示¹⁾においても同様の考えが謳われております。この背景には、杭とケーソン基礎の中間的な基礎である鋼管矢板基礎、地中連続壁基礎といった、いわゆる柱状体基礎や新しい基礎形式に対しての設計思想が固まっておらず合理的な設計を行うのが困難であったため、各基礎形式間でできるだけ設計法の整合性を計る安定計算のモデル統合を目的とした検討が行われた⁸⁾と、記されております。その結果、安定計算のモデル統合の観点からケーソン基礎本体を杭基礎本体と同様、弾性体とすることが妥当である⁹⁾と考えられ、今日に至っております。ケーソン基礎の剛性評価の変遷と杭基礎の剛性評価を表 1 に示します。また、表 1 に示す β は基礎の特性値 (m^{-1})、 l は基礎の根入れ長 (m) となります。

表 1 ケーソン基礎の剛性評価の変遷と杭基礎の剛性評価

基礎形式		道路橋示方書発行年	剛性評価	設計法の適用目安 (βl)			
				1	2	3	4
ケーソン基礎		S45※	剛体	←			
		S55	剛体	←			
		H2・H6	剛体 (弾性体)	←	↔		
		H8～H24	弾性体	←	↔	→	
杭基礎	有限長杭	～H24	弾性体		↔		
	半無限長杭	～H24	弾性体				→

※ 道路橋下部構造設計指針 ケーソン基礎の設計篇



参考として、「道路付属物の基礎について(昭和 50 年 7 月 15 日付け建設省道企発第 52 号建設省道路局企画課長通達)」(以下、通達という)に記載する縦長剛体基礎（ケーソン式）の [基礎天端への作用力に応じた基礎寸法](#) の剛性評価 βl を表 2 に示します。

表 2 縦長剛体基礎の剛性評価

基礎幅 D (cm)	基礎長 l (cm)	剛性評価 βl (-)
50	40	0.21
	60	0.32
	90	0.48
	120	0.64
	150	0.80
	180	0.96
80	120	0.41
	150	0.52
	180	0.62
	210	0.72
	240	0.83
	270	0.93

ここに、

β : 基礎の特性値 (cm^{-1}) で、次式による。

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}}$$

k_H : 水平方向地盤反力係数 (kg/cm^3) で、次式による。

$$k_H = k_{H0} \left(\frac{D}{30}\right)^{-(3/4)} = 12.8 k_{H0} D^{-(3/4)}$$

$$k_{H0} = \frac{1.2}{30} \alpha E_0$$

α : 地盤反力係数の推定に用いる係数で、標準貫入試験の N 値から推定する場合の暴風時は $\alpha=1$

E_0 : 地盤変形係数 (kg/cm^2) で、標準貫入試験の N 値から推定する場合、次式による。

$$E_0 = 28N (= 28 \times 10 = 280 \text{ kg}/\text{cm}^2)$$

D : 基礎幅 (cm)

E : コンクリートのヤング係数 (kg/cm^2) で、設計基準強度 $180 \text{ kg}/\text{cm}^2$ の場合 $2.2 \times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$

I : 断面 2 次モーメント (cm^4) で、正方形は $D^4/12$

表 2 から、縦長剛体基礎（ケーソン式）は、その考えを整理した当時の指針の S45 道指ケーソン編に合わせ、 βl を 1 以下に設定していることが分かります。縦長剛体基礎（ケーソン式）は、基礎長を大きくすることで設計上は大型な構造物でも設計が可能になります。ただし、基礎長を大きくすると、 βl が 1 よりも大きくなり、その場合の剛性評価は、剛体から弾性体へ変わり、設計手法も変更する必要があります。また、基礎を大きくすることで部材（基礎本体）が所要の性能を発揮するのか定かではありません。そのため、縦長剛体基礎（ケーソン式）は、基礎幅 50cm において基礎長 180cm が、基礎幅 80cm において基礎長 270cm が、剛体基礎の上限値として示しているものと考えられます。よって、ケーソン式をとりまとめた当時の研究者達は、通達に示す基礎天端への作用力に応じた基礎寸法のマトリックス表を示すことで、縦長剛体基礎（ケーソン式）の適用範囲についても示しているものと考えられます。もし、仮に縦長剛体基礎を大きくする場合の設計は「水平支持」のみの照査から、杭の安定に必要な「鉛直支持」「水平変位」「部材（基礎本体）」といった照査を実施する必要があるものと考えられます。



参考文献

- 1) 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)
- 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)
- 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)
- 4) 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)
- 5) 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (日本道路協会、平成 2 年)
- 6) 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (日本道路協会、平成 6 年)
- 7) 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 (日本道路協会、平成 8 年)
- 8) 単杭の支持力と柱状体基礎の設計法に関する研究 土木研究所資料第 2919 号 (平成 3 年)
- 9) 柱状体基礎の設計計算手法に関する調査 土木研究所資料第 3455 号 (平成 8 年)