

III-B 44

柱状体基礎の安定計算法の提案

建設省土木研究所 正会員 木村 嘉富
 同 上 正会員 中野 正則
 同 上 正会員 七澤 利明
 同 上 正会員 知見 健司
 新日本技研 正会員 倉方 慶夫

1. まえがき

ケーソン基礎や地中連続壁基礎、大口径深礎など（以下、「柱状体基礎」という）は、基礎本体は1本の柱として扱われるものの、地盤の抵抗特性の評価法については、それぞれの基礎毎に異なった手法が用いられている。また、兵庫県南部地震を契機として基礎の設計においても地震時の耐力および変形性能を照査することが求められており¹⁾、大変形時にまで適用できる安定計算法の確立が急務とされている。

本稿では、これまでの研究成果や試算結果に基づいて、各種柱状体基礎に適用できる安定計算モデルを提案した。さらに、既往の大変形水平載荷試験を解析し、その適用性を確認した。

2. 柱状体基礎の安定計算法

地盤中に設置された柱状体基礎は、3次元的な広がりを持つため、その抵抗特性は非常に複雑なものとなっているが、設計計算法としての簡便さや地盤定数の推定法の精度等から、抵抗特性を次のようにモデル化した（図-1参照）。

(1) 基礎周囲の水平抵抗の評価

基礎の変位に伴い基礎前面地盤は圧縮され、地盤反力度 p_{Hr} が発生する。ただし、これは地盤の受働抵抗土圧を超えることはないため、上限値を有する。一方、背面側では初期に受けていた静止土圧から主働土圧側に地盤反力度が減少する。このような現象をモデル化した方法と、前背面の圧縮側のみに地盤反力が生じると仮定した場合とでは、基礎全体挙動の差が小さいことから、圧縮側のみの弾塑性モデルで評価することとする。

深さ z における基礎前面の水平地盤反力度の上限値 p_{Hu} は式(1)による。

$$p_{Hu} = \alpha_F p_P \quad (1)$$

ここで、

p_P : 地盤の受働土圧強度 (tf/m^2)

α_F : 水平地盤反力度の上限値の補正係数

$$\alpha_F = 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{z}{B^*} \quad (\leq 3.0) \quad (2)$$

z : 設計地盤面からの深さ (m)

B^* : 基礎の換算載荷幅 (m)

補正係数 α_F は、基礎前面の地盤抵抗の3次元的な広がりを考慮したもので、理論解および模型実験から設定したものである。基礎の換算載荷幅は基礎幅を基本とするが、基礎の平面形状が円形の場合には0.8を乗じる。

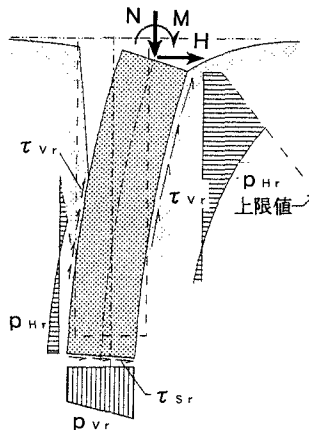


図-1 柱状体基礎の抵抗特性

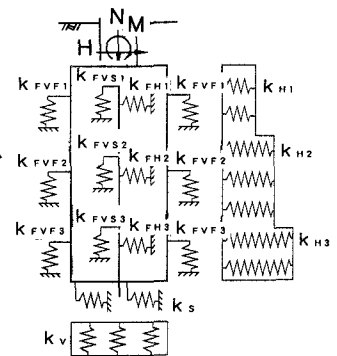


図-2 地盤反力係数

表-1 地盤反力係数

抵抗要素		地盤反力係数
外周面	前背面 水平方向	$k_H = k_{H0}(B^*/30)^{-3/4}$, $k_{H0} = \alpha E_0/30$
	鉛直方向せん断	$k_{FVF} = 0.3 k_H$
	水平方向せん断	$k_{FHS} = 0.6 k_H^*$, $k_H^* = k_{H0}(D^*/30)^{-3/4}$
	鉛直方向せん断	$k_{FVS} = 0.3 k_H^*$
底面	鉛直方向	$k_v = k_{v0}(B_v/30)^{-3/4}$, $k_{v0} = \alpha E_0/30$, $B_v = \sqrt{A_v}$
	水平方向せん断	$k_s = 0.3 k_v$

基礎側面（換算載荷幅 D^* ）の水平抵抗については、従来ケーソン基礎では基礎前面の地盤抵抗を20%割増して考慮していたが、各種の平面形状に対応できるよう側面の水平方向せん断地盤反力度を分離して評価する。抵抗特性は上限値を有する弾塑性型とする。

(2) 基礎周面の鉛直抵抗

従来の設計では基礎周面の鉛直方向のせん断抵抗 τ_v を無視していたが、基礎の形状や施工法によっては基礎の抵抗特性に占める割合が大きいため、弾塑性型の抵抗として考慮することとする。

(3) 基礎底面の抵抗

基礎底面の抵抗としては、鉛直地盤反力度 p_v および水平せん断地盤反力度 τ_s を考慮する。両地盤反力度ともそれぞれ上限値を有する。なお、基礎底面に回転変位が生じると一部で浮き上がりを生じることがある。このため、浮き上がり部では、これらの抵抗を無視することとする。

(4) 基礎本体の剛性評価

従来の設計では基礎本体は剛体あるいは弾性体として扱われてきたが、基礎の耐力を評価するために基礎本体の降伏以降の挙動も考慮する必要がある。このため、基礎本体に生じる曲げモーメントに応じて曲げ剛性を低減できる解析法とする。ただし、地震時に基礎本体に過大な損傷が生じることを防ぐために、設計においては基礎本体の断面力を降伏点以内に抑えるのが望ましい。

柱状体基礎の抵抗要素として考慮する地盤反力係数を示すと図-2および表-1となる。なお、施工法による地盤抵抗の相違は、鉛直方向・水平方向のせん断地盤反力度の上限値により差をつけることとする。

3. 載荷試験の解析

提案した安定計算モデルにより、既往の水平載荷試験を解析した。その中から2例を以下に示す。

崎本らにより行われた4体の壁基礎の原位置水平載荷試験²⁾のうち、幅2.4m、厚さ1.2m、深さ23.8mの壁基礎の実験結果、およびそれに対する解析結果を図-3に示す。地盤は主として粘土およびシルト質細砂の互層から成る。解析値を実験値と比較すると、基礎本体が降伏するまでは良く一致しており、降伏以降は少し小さい値となっている。この他の3体の載荷試験においても、本手法により得られた解析値は実験値とほぼ一致している。

図-4は、田村により行われたケーソン基礎モデルの載荷試験結果³⁾、およびそれに対する解析結果である。砂質シルトと粘性土との互層からなる地盤中に、直径1.4m、深さ4.8mのケーソン基礎モデルが設置され、一方向に静的に約30cmまで載荷している。水平変位が20cmを超えると解析値は実験値より耐力を小さく評価しているが、全体挙動としては概ね一致している。

4. まとめ

各種の柱状体基礎に共通して適用できる安定計算モデルを提案し、既往の静的な載荷試験結果によりその適用性を確認した。今後は、地震時の動的挙動との関係についても検討していきたい。

【参考文献】

- 1) (社)日本道路協会：「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料(案), 1995. 6.
- 2) 崎本ら：壁基礎の原位置水平載荷試験, 第31回地盤工学研究発表会, 1996. 7.
- 3) 田村：橋梁井筒基礎の耐震設計に関する基礎的研究, 鉄道技術研究報告, 1976. 7.

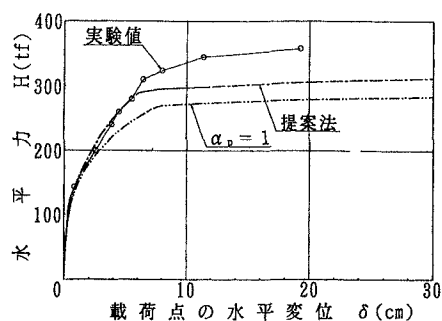


図-3 壁基礎の水平載荷試験

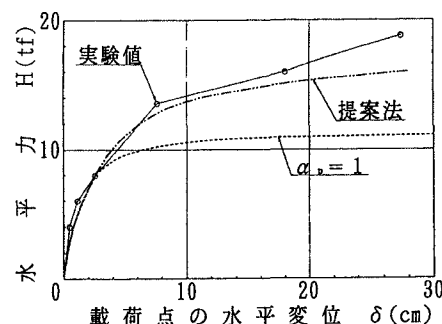


図-4 ケーソン基礎の水平載荷試験