

柱状体基礎の地盤抵抗モデルに関する研究

(独) 土木研究所 ○河野 哲也, 遠藤 繁人, 七澤 利明

1. はじめに 道路橋示方書 IV 下部構造編 (以下, 道示 IV) 等におけるケーソン基礎, 鋼管矢板基礎, 地中連続壁基礎 (以下, 連壁), 深礎基礎などの柱状体基礎の設計に用いる地盤抵抗モデルについては, 載荷実験をどの程度の精度で推定できるのかについて必ずしも明らかにされていない. そこで筆者らは柱状体基礎の実挙動を推定するために最も適する地盤抵抗モデルを提案することを目的に載荷実験の再現解析を実施した.

2. 地盤抵抗モデルと課題 図-1, 表-1 に道示 IV に示されているケーソン基礎の地盤抵抗モデルを示す. 基礎形式によって若干の違いはあるものの, いず

表-1 地盤抵抗モデル		
地盤抵抗要素	常時・L1 モデル	L2 モデル
基礎底面の鉛直方向地盤抵抗 (k_v), 水平方向せん断地盤抵抗 (k_s)	線形 (地盤反力度が許容値以下であることを照査)	バイリニア型
基礎前面の水平方向地盤抵抗 (k_H)	・バイリニア型 (上限値はクーロンの受働抵抗土圧) ・補正係数: 常時=1.5, L1=1.1	バイリニア型 (上限値は受働抵抗領域の3次元的な広がりを考慮)
基礎側面の鉛直・水平方向せん断地盤抵抗 (k_{svd} , k_{shd}), 基礎前背面の鉛直方向せん断地盤抵抗 (k_{shb})	・バイリニア型 ・補正係数 (側面水平) 常時=1.5, L1=1.1 (側面鉛直) 常時=3.0, L1=1.1	バイリニア型

れの柱状体基礎のモデルも基本的に同じである. これらの地盤抵抗モデルについては, 以下の3つの課題がある. 一つ目は, 常時・レベル1地震 (以下, L1) 時, レベル2地震 (以下, L2) 時ともにバイリニアでモデル化する抵抗要素の上限値の補正係数の意図が不明瞭であることである. 例えば基礎前面の水平方向の地盤抵抗の上限値は, クーロンの受働抵抗土圧に対し, 常時は1.5, L1時は1.1という補正係数で除した値としている一方で, L2時には補正係数による低減を考慮していない. しかし, 後述するように補正係数を乗じることで実挙動と大きく乖離し, 基礎の挙動を推定できていない要因となっている. 二点目は上限値の抵抗領域として, 常時・L1時は3次元的な広がりを考慮していない一方で, L2時は3次元的な広がりを考慮している点について, 例えば杭基礎の場合は常時・L1時から3次元的な広がりを考慮しており, 整合が取れていないことである. 三点目は水平方向の地盤反力係数のモデル化に関するものである. 従来より, 道示 IV の平方方向の地盤反力係数 k_H の推定式は推定精度が低いことが示唆されていた. そこで, 中谷らが杭基礎の水平載荷実験の分析結果に基づいて, 式-1 に示すような新しい推定式を提案している. $k_H = ab_H (E_{00}/0.3) (B_H/0.3)^{-3/4}$ (式-1) ここに, k_H : 基礎前面の水平方向の地盤反力係数 (kN/m^3), B_H : 換算載荷幅 (m), b_H : 平板載荷試験の繰返し曲線から得られる地盤反力係数を基準変位量の水平方向地盤反力係数に換算するための係数で杭基礎の場合は0.3, a : 載荷状態を考慮するための係数で, 地震の影響を考慮する場合は2, その他の場合は1, E_{00} : 地盤の変形係数 (kN/m^3) である. ただし, 中谷らの提案式の柱状体基礎への適用性については確認されていない.

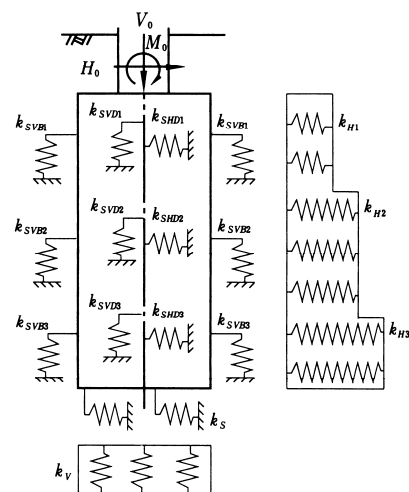


図-1 ケーソンの地盤抵抗要素

3. 道示 IV の地盤抵抗モデルおよび中谷らの提案式を用いた場合の柱状体基礎の載荷実験の再現解析結果

柱状体基礎の水平載荷実験と道示 IV のモデルや k_H に式-1 を用いて水平載荷実験を再現解析した結果を比較する. 上述の通り, 柱状体基礎の地盤抵抗モデルは基礎によってほぼ同じであることから, 本文では連壁の結果について報告する. 再現解析の対象とした載荷実験の概要は図-2 に示す通りであり, 幅 1.2 m の壁基礎に対して壁基礎の頭部に繰返し水平荷重を作用させたものである. なお, 後述する比較対象として述べる杭の載荷実験も含め, 本文で示す実験結果は基礎体が降伏に達していない. 図-3 に, 水平載荷実験で得られた作用荷重と荷重作用位置の水平変位の関係と, 道示 IV のモデルおよび k_H に式-1 を用いた再現解析で得られた荷重

キーワード 柱状体基礎, 地盤抵抗, 載荷実験, 再現解析

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 TEL 029-879-6773

変位関係を示す。

1 点目および 2 点目の課題について、赤線で示した道示 IV のモデルのうち、常時、L1 時のモデルを用いた解析結果は実験値を下回っている一方、L2 時のモデルを用いて得られた荷重変位関係は実験で得られた荷重変位関係をよく推定できている。以上から補正係数により地盤抵抗を低減させず、3 次元的な広がりを考慮する場合が最も実挙動に近いことが確認できた。

図-3 中の青線の点線は k_H に式-1 (常時) を用いた解析結果である。なお、上記の結果を踏まえ、前面の水平地盤抵抗については上限値は低減させず、3 次元的な広がりを考慮している。この結果より、再現解析で得られた荷重変位関係の初期勾配は、実験結果や道示 IV の L2 モデルを用いた場合に比べて小さい。以上から、式-1 は柱状体基礎への適用性は必ずしも高く

ないことが示された。この要因について分析するため、図-4 に、上記の連壁の荷重変位関係と杭の載荷実験で得られた荷重変位関係を比較する。縦軸は作用荷重を計測された最大荷重で除し、横軸は変位を連壁の基礎幅 (1.25 m) もしくは杭径 (1.20 m) で除し、無次元化している。杭の荷重変位関係は杭径の 1% あたりまではほぼ線形の形状で地盤抵抗が弾性であることが分かる。一方、連壁の場合は基礎幅の 1% に達するまでに既に曲線となっており、非線形性が確認できる。なお、他の柱状体基礎も含めて弾性限界点を求めると、杭は杭径の 5.7% であるのに対し、柱状体基礎は基礎径の 2.5% と杭の約半分であった。図-3 中の青線の実線は式-1 で求められる k_H を 2 倍とした場合の計算結果であるが、実験で得られた荷重変位関係を精度よく評価できていることが確認できた。以上から、当面は柱状体基礎の設計に用いる k_H については、式-1 で求められる値を 2 倍するよいと考えられる。

本文では連壁を対象に報告したが、他の柱状体基礎も同様の結果であった。以上から、柱状体基礎の地盤抵抗モデルとしては、荷重状態によらずに現行の L2 モデルを用い、 k_H については式-1 で求められる値を 2 倍するのがよい。また、許容変位については道示 IV では杭と同じ基礎幅の 1% としているが、供用性を確保することや上述の弾性限界点の違いなども考慮し、常時の場合は 0.5% とするなど、杭基礎と同じ安全余裕を考慮するのがよい。謝辞：本検討は、(社) 日本道路協会下部構造小委員会部分係数 WG 柱状体 SWG 委員各位にご協力いただきました。

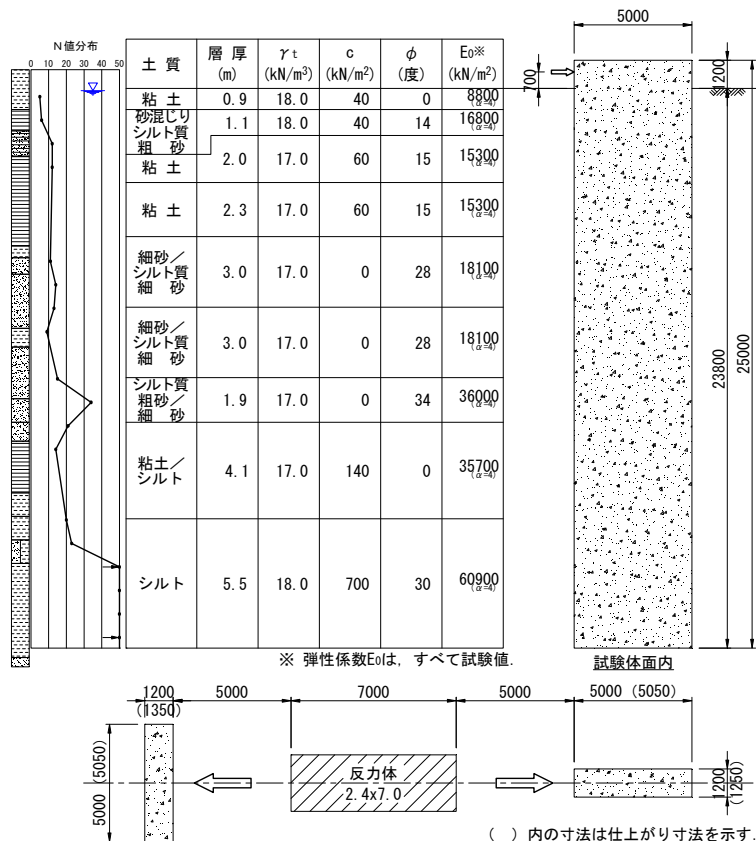


図-2 連壁の載荷実験概要

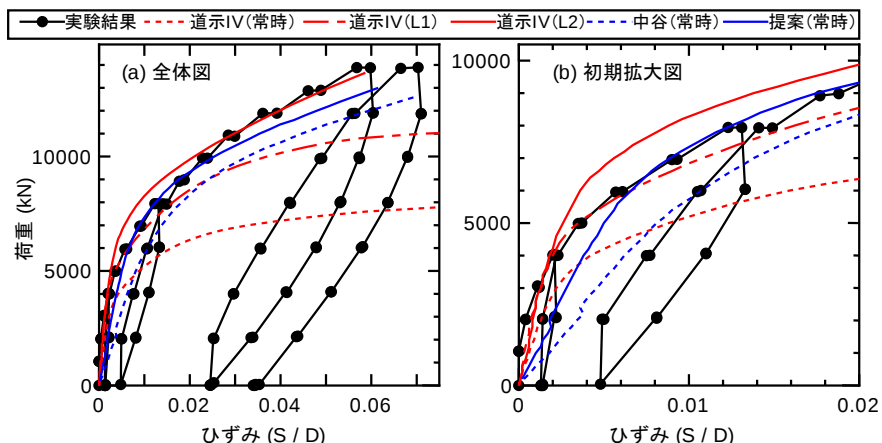


図-3 実験および解析で得られた荷重変位関係の比較

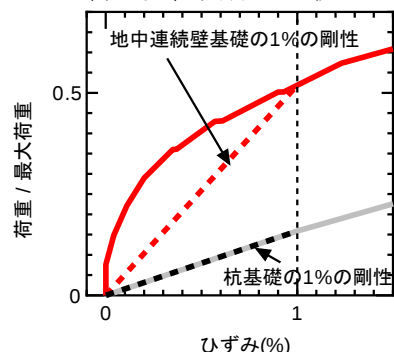


図-4 杭と連壁の荷重変位関係の比較