

載荷試験結果の分析に基づく鉛直荷重を受ける柱状体基礎の設計法の検討

国立研究開発法人土木研究所 河野哲也, ○河村淳, 七澤利明

地中連続壁協会 田坂幹雄, 日本圧気技術協会 小宅知行, エイト日本技術開発 木村真也

1. 目的 現行の道路橋示方書（以下、道示）¹⁾で設計法が規定されているケーソン基礎及び地中連続壁基礎、さらに杭基礎設計便覧の参考資料に記載されている PC ウェル基礎は、いずれも柱状体基礎に分類される基礎形式であり、その挙動や抵抗特性は類似している点が多くある。しかし、その設計法は、それぞれの基礎形式で独自に開発されてきたものであるため、許容値は異なっている。本文では、鉛直荷重を受ける柱状体基礎について、載荷試験結果の分析に基づき、統一的な設計法について検討する。なお、岩盤を支持層とする深礎基礎については、別紙にて報告済みであるため、本文では割愛する²⁾。

表-1 分析対象とした載荷試験一覧

基礎形式	基礎寸法（直径又は壁厚×長さ×深さ(m)）	先端地盤種別
ケーソン基礎（PC ウェル基礎）	1.6	砂
地中連続壁基礎	0.60×1.80×17.80	砂れき
	0.60×2.10×21.00	
	0.60×1.90×22.00	
	0.60×2.00×16.55	
	0.60×2.10×20.50	

2. 載荷試験データ 今回、分析の対象とした載荷試験データは、表-1 に示す 6 ケース（PC ウェル基礎 1 ケース、地中連続壁基礎 5 ケース）である。

3. 載荷試験の分析結果 図-1 に、鉛直載荷試験をワイブル曲線で近似した結果及び現行設計法における常時、レベル 1 地震時（L1 時）の照査における制限値、道示に従って求められる極限支持力度を示す。

現行設計法において、鉛直荷重を受ける柱状体基礎の設計法は、常時においては過大な沈下を生じさせないように、L1地震時

表-2 常時で生じる沈下量と、L1 時許容支持力の降伏支持力に対する比率

基礎	常時	レベル 1 地震時
直接基礎	【地盤反力度の上限値】基礎の換算載荷幅 $A^{0.5}$ の 0.1~0.3% (D=8m の場合, 0.8~2.4 cm)	【許容支持力】降伏支持力の約 8 割
杭基礎	【許容支持力】杭径 D の 0.4~1.6% (D=1.0m の場合, 約 0.4~1.6 cm)	【許容支持力】降伏支持力の約 8 割
ケーソン基礎（PC ウェル基礎）	【地盤反力度の上限値】基礎幅 D の約 1.3% (D=1.6m の場合, 約 2 cm)	【地盤反力度の上限値】降伏支持力の約 3 割
	【許容支持力度】基礎幅 D の 2.5% 程度 (D=1.6m の場合約 4.0 cm)	【許容支持力度】降伏支持力の約 8 割
地中連続壁基礎	【許容支持力度】基礎の換算載荷幅 $A^{0.5}$ の 0.5~0.6% 程度 ($A^{0.5}=1.0m$ の場合 0.5~0.6 cm)	【許容支持力度】降伏支持力の約 2 割

においては基礎の挙動の可逆性が担保されるように定められているものと考えられる²⁾。そこで表-2に、図-1 に示した荷重変位関係において常時・L1時の照査を満足させた場合に常時において生じる沈下量及びL1時の許容支持力の降伏支持力に対する比率を示した。なお、表-2には、比較のために直接基礎や杭基礎についても示している。ここで、直接基礎の常時に関しては、地盤反力度を比較対象としている。

3. 1 ケーソン基礎 ケーソン基礎においては、常時において地盤反力度の上限値の照査と、許容支持力度（極限支持力に対して安全率 3）の照査が行われ、L1 時において常時における地盤反力度の上限値の 1.5 倍を上限値とする地盤反力度の照査と、許容支持力度（極限支持力に対して安全率 2）の照査が行われる。図-1 及び表-2 に示したケーソン基礎（PC ウェル基礎）の結果を見ると、常時において、地盤反力度の上限値に抑えた場合には、直接基礎や杭基礎と同程度となる基礎幅の 1.3% の沈下量（D=1.6m の場合、約 2.0 cm）が生じている。一方、許容支持力の照査で生じる沈下量は、基礎幅の 2.5%（同、約 4.0 cm）であり、地盤反力度による照査で抑えるよりも大きな沈下量が生じている。そもそも、直接基礎やケーソン基礎の極限支持力推定式は、沈下量に着目して定められたものではないことも踏まえると、常時において沈下量を抑制するための照査としては、直接基礎と同様に、地盤反力度の上限値の照査のみでよいと考えられる。

L1 時の結果を見ると、地盤反力度の上限値で留める場合には、基礎底面に作用する荷重を降伏支持力の 3 割程度に留めることとなり、直接基礎や杭基礎と比べて安全余裕度がかなり大きくなっている。L1 時の照査

キーワード 柱状体基礎, 鉛直載荷試験, 許容支持力, 沈下量

連絡先〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

を、許容支持力の照査のみとすれば、他の基礎と同程度の安全余裕となる。

3. 2 地中連続壁基礎 地中連続壁基礎においては、常時で極限支持力度の 1/3, L1 時で極限支持力度の 1/2 を許容支持力とする照査が行われる。ここに、極限支持力度 q_d は地盤種別によって異なるが、今回整理した結果と同じ条件である良質な砂・砂れきの場合では、場所打ち杭の値を準用して $q_d = 5000 \text{ kN/m}^2$ となっている。図-1 及び表-2 を見ると、 $q_d = 5,000 \text{ kN/m}^2$ とした場合の常時の沈下量は 0.5%~0.6% ($A^{0.5}=1.0\text{m}$ の場合 0.5~0.6 cm), L1 時の許容支持力は載荷試験で得られた極限支持力の約 2 割となり、直接基礎や杭基礎と比較して担保している安全余裕が極めて大きい。図-1 に示すように、載荷試験での極限支持力度の値（鉛直変位が基礎換算載荷幅の 10%相当の値）は平均で $10,226 \text{ kN/m}^2$ が得られていることから、大きな安全余裕の理由は、極限支持力度を過小評価していることが考えられる。ここで、良質な砂れきの場合の極限支持力度を $10,000 \text{ kN/m}^2$ と仮定すると、常時に生じる沈下量は 1.0~1.4%程度 ($A^{0.5}=1.0\text{m}$ の場合 1.0~1.4 cm) となり、また、L1 時の許容支持力は降伏支持力の 8 割程度となる。

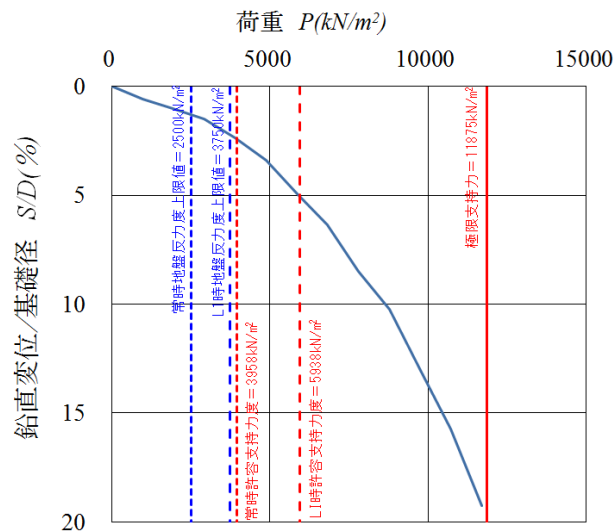
なお、地中連続壁基礎の極限支持力度が場所打ち杭よりも大きな値を期待できる理由として、掘削完了時の掘削機による一次スライム処理に加えて、鉄筋建込前に二次スライム処理を実施して安定液を完全に良液と置換することから、スライム成分をほぼなくすることができ、場所打ち杭に比べて先端の品質がよいことなどが考えられる。

4 まとめ 鉛直荷重を受ける柱状体基礎の設計法について、載荷試験結果の分析に基づいて検討した。本検討により、現行設計法においては、柱状体基礎は直接基礎や杭基礎に比べて大きな安全余裕を確保していることが明らかになった。ケーソン基礎については常時の地盤反力度の上限値及び L1 時の支持力照査を行うことで、また、地中連続壁基礎については極限支持力度を見直すことで、他の基礎と同程度の安全余裕を確保できるものと考えられる。

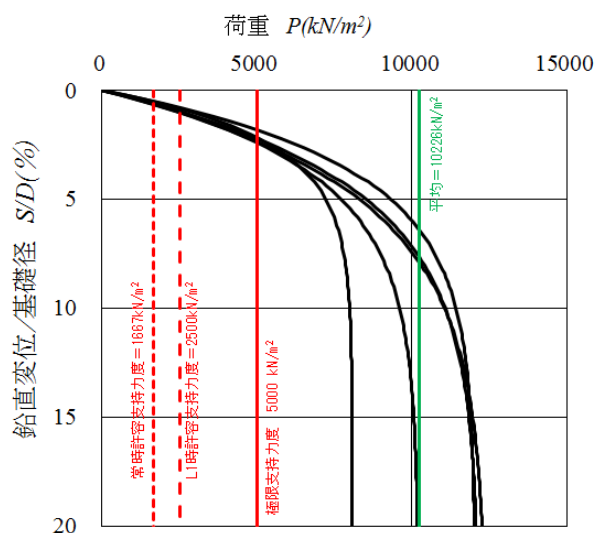
今後、試設計により、今回の検討結果が部材照査に与える影響、橋梁諸元に与える影響について確認するなどした上で、設計法として取りまとめていく予定である。

謝辞：本文の成果は、(社)道路協会 下部構造小委員会及び部分係数WGでの議論を踏まえています。ここに謝意を示します。

参考文献 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編，2012. 3. 2) 中谷昌一，七澤利明，西田秀明，河野哲也，木村真也：岩盤上の基礎の鉛直方向の安定照査法のための地盤反力度の評価に関する研究，土木研究所資料第 4222 号，2013. 3.



(a) PC ウェル基礎



(b) 地中連続壁基礎

図-1 各基礎の荷重変位関係