

III-59

深礎基礎の荷重～変位関係について

名古屋大学 工学部 正会員 ○鈴木 壽
 名古屋大学 大学院 学生員 菅井 径世
 名古屋大学 工学部 正会員 松尾 稔

1. はじめに

現在、深礎基礎の水平支持力算定には、実規模水平載荷試験に基づいて提案された文献1)の支持力式が用いられている。しかし、深礎基礎を鉄塔基礎として用いるとするならば、水平荷重のみならず、引揚げ、圧縮荷重に対する検討も必要である。さらに、深礎基礎が山岳地に建設されることが多いので、土質調査が不十分となり、岩および岩の変形、強度係数(c 、 ϕ 、 E 、etc)を正確に把握することは、はなはだ困難である。しかし、実際の支持力値は算定式の精度よりも、むしろそれに入力すべきデータに大きく影響される場合が多い。上記の観点から、本研究では、文献1)のような力学的なアプローチによって算定式の精緻化をするのではなく、① 荷重～変位関係を確率論的に取り扱える、② 水平、引揚げ、圧縮方向に対して統一的に説明ができる、設計用支持力式の開発を目的としている。

2 荷重～変位関係

図1は道路公団および東京電力で実施された大型現場水平載荷試験結果を整理したものである。この結果から、各現場の荷重～変位関係は初期の弾性的な挙動から、水平荷重 P_{ho} の増加とともに変位が非線形的に増加し、破壊に至っている様子がわかる。この傾向は基礎体、地盤条件が種々異なっても同様である。したがって、水平荷重～変位関係を次式のような指数関数式で表すことにする。

$$y = 1.0 - \exp(-B_h x) \quad (1)$$

ここに、 y は極限支持力 R_{ho} に対する水平荷重 P_{ho} の比(P_{ho}/R_{ho})であり、 x は水平変位と根入れ深さの比(δ_{ho}/D_f)でいづれも無次元量である。なお、ここでは紙幅の都合上データを示さないが引揚げ、圧縮荷重～変位関係についても、式(1)と同様な指数関数で実測値を良く説明できることが確認されている。したがって、引揚げおよび圧縮荷重～変位関係を求めるには式(1)に代入すべき係数 B_v 、 B_c さえ求めればよい。

2. 1 B_h の算定法

図2(a)、(b)、(c)は地盤を弾性バネ、基礎体を剛体と考えた水平変位算定のためのモデルを示している。ここで、基礎体の水平変位(杭頭で δ_h)が(b)に示すような剛体的回転から生じるものとし、基礎体底面での力のモーメントを考えれば、次のような釣り合い式が成立する

$$P_{ho} D_f = \sum_{D_f}^{D_f} \int_{D_f}^{D_f} \frac{D_f - z}{D_f} K_{hs} \frac{Z}{D_f} \delta_h B_z dz \quad (2)$$

したがって、 $P_h \sim \delta_h$ 関係式中の B_h は次式で計算できる。

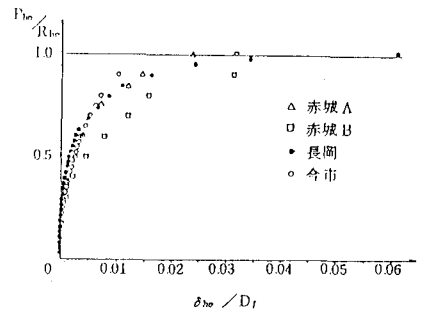


図1 大型現場水平載荷実験における荷重～変位関係

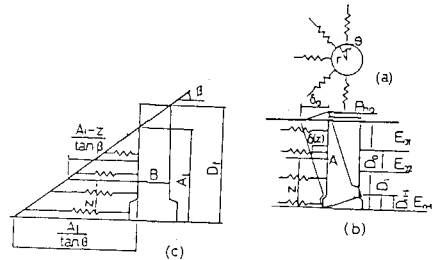


図2 B_h の決定法

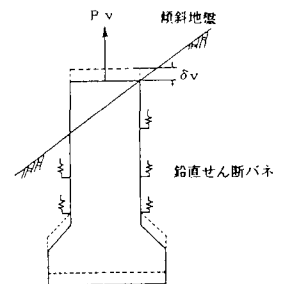


図3 B_v の決定法

$$B_h = \frac{P_{h0}}{R_h} \bigg/ \frac{\delta_h}{D_f} = \frac{B}{R_h D_f} \sum \int_{D_i}^{D_{i-1}} K_{HS} z^2 dz \quad (3)$$

2. 2 B_v の算定法

図3に示すように、 B_v は、2.1と同様なモデル化により、基礎体が剛体的に δ_v だけ上方に引き揚げられるときの力の釣り合いから求められる。

$$B_v = \frac{P_{v0}}{R_v} \bigg/ \frac{\delta_v}{D_f} = \frac{\lambda B' D_f}{R_v} \sum \int_{D_i}^{D_{i-1}} (K_{vs} + K_v) dz \quad (4)$$

ただし、 λ は鉛直バネに対する鉛直せん断バネ定数の低減を示しており以下の計算では $\lambda=1/4$ とする。

2. 3 B_c の算定法

図4に示すように、 B_c は δ_c だけ下方に圧縮されたときの力の釣り合いから求められる。

$$B_c = \frac{1}{R_c} \{ \lambda B' D_f \sum \int_{D_i}^{D_{i-1}} (K_{vs} + K_v) dz + \frac{\pi}{4} B'^2 D_f K_v \} \quad (5)$$

2. 4 数値解析による B_h 、 B_v 、 B_c の決定法

B_h 、 B_v 、 B_c は地盤反力係数を用いて決定されるが、地盤を弾性体と考えれば、数値計算法の導入も可能である。ここで改めて、 B_h 、 B_v 、 B_c の定数を示すと次式となる。

$$B_i = \frac{P_i}{R_i} \bigg/ \frac{\delta_i}{D_f} = C_i \frac{D_f}{R_i} \quad (i = h, v, c) \quad (6)$$

ここに、 C_i は水平、引き揚げ、圧縮荷重～変位関係における初期の弾性勾配を示している。

3. 数値計算例

2で簡便法と数値解析による B_h 、 B_v 、 B_c の決定法を述べたので、以下にこれらの算定法の精度について調べることにする。ここで検討する基礎体および地盤は、長岡水平載荷試験のものである。図5はFEM解析に用いたメッシュ図である。図6(a)(b)は、それぞれFEMおよび簡便法から得られた B_h を用いた場合の荷重～変位関係と実測値とを比較したものである。ここで注目すべきは、数値解析による方法も簡便法による方法も大差なく、むしろ後者の方がわずかにばかりではあるが、実測値に近いという点である。

4. おわりに

本報告では、数値計算例として水平荷重～変位関係のみを示したが、引き揚げ、圧縮荷重～変位関係についても同様な結果が得られている。

参考文献

- 1) 宇都一馬 他：土のせん断変形特性に着目した深礎杭の水平挙動、第19回土質工学研究発表会発表会講演集 pp.1051～1054
- 2) 鈴木 壽 他：深礎基礎の新しい水平変位算定法、第38回年次学術講演会講演概要集 pp.633～634

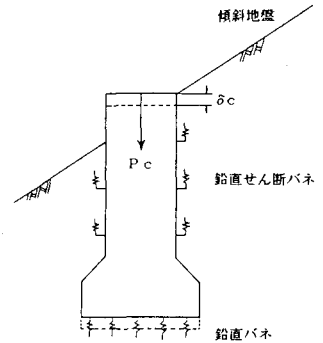


図4 B_c の決定法

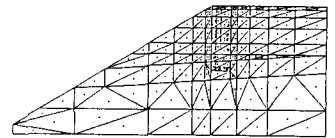


図5 FEM解析のためのメッシュ図

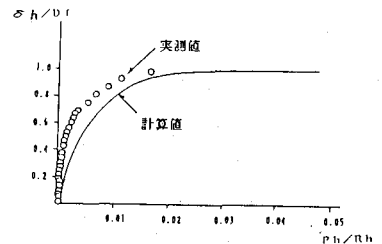


図6 (a) 数値解析による荷重～変位関係

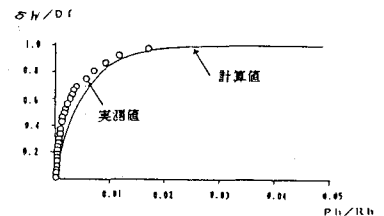


図6 (b) 簡便法による荷重～変位関係