

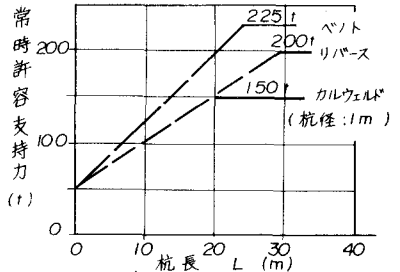
III-141 場所打ち杭の鉛直支持力調査

首都高速道路公社 正会員 矢 作 枢
〃 〃 音 川 庫 三
(株)応用地質調査事務所 〃 小 松 田 精 吉

まえがき

周知のように場所打ち杭は、杭体が地中に形成されるまえに地盤を掘削するので、必然的に地盤のゆるみを伴い杭先端支持力が打込み杭に比べかなり低下する。従ってTerzaghiやMeyerhof等の静力学公式で求めた支持力は、そのまま適用できないといわれている。現状においては場所打ち杭の支持力を設定する場合、各企業体において、打込み杭と別途の規定を設けていることが多い。首都高速道路公社においても、昭和39年頃、数本の場所打ち杭（ベント杭、アースドリル杭）の鉛直載荷試験結果と静力学公式による支持力を勘案して、図-1のような支持力算定図を作成し実際の設計に供してきた。しかし、この10年間場所打ち杭施工法も進歩しているので、この間の載荷試験結果を比較検討して、場所打ち杭の鉛直支持力を見直すことにした。

図-1 首都高速道路公社基準図

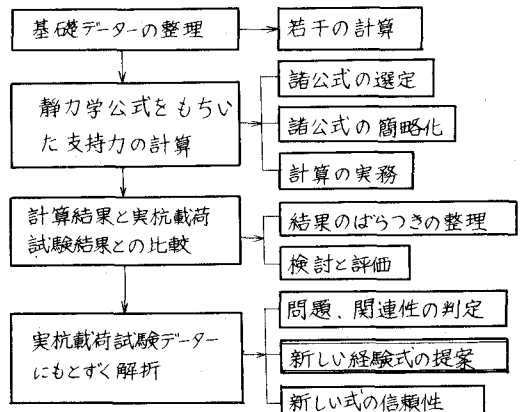


なお、収集した鉛直載荷試験資料は41例で、主に電々公社、建設省、道路公社で実施したものである。

2 データの整理及び検討方法

載荷試験データの杭種は、ベント、リバース及びアースドリル杭の3種であるが、リバース杭の種類が少ないこと、リバース杭とアースドリル杭はケーシングによる孔壁防護が行なわれないので同種の杭として扱った。基礎データについては、杭種、寸法、地盤種別、設計荷重、載荷試験による支持力、杭先端断面積当りの支持力度などについて整理し、表-1にしめした手順によって簡単な解析をおこない、場所打ち杭の鉛直支持力の経験式をまとめることを試みたものである。

表-1 検討の手順



鉛直支持力を算定する静力学公式としては、Terzaghi MeyerhofのN値式が一般によく使用されているのでこの2式を選定した。収集したデータは杭周囲の地層が極めて軟弱な粘性土で、先端部はN値の大きい地層に支持されていることから周面摩擦力を無視し、データの内容がかなり不統一であることを考慮してどの支持力も同一の精度で求まるよう、また支持力の本質を見失なわないよう大胆に式を簡略化してとりあつかった。

Terzaghi 式の簡略化; $Q_a = \frac{B}{3} (N'_r + n N'_q)$ (但し、 $n = D'/B$, $N'_r = \gamma_1 \beta N_f$, $N'_q = \gamma_2 (N_q - 1)$)

Meyerhof 式の簡略化; $Q_a = \frac{40}{6} N = 6.67 N$ (両式とも周知であるので記号の説明は省略する。)

3 諸式による計算値と載荷試験による先端断面積当り支持力度の比較

諸式による計算値も、載荷試験によって得られた実測値も、杭1本当りの許容支持力を杭先端断面積で割った値、つまり先端断面積当り支持力度であらわすことにする。計算値を Q'_a 、実測値を Q_a とした場合、両者の比を、 $m = Q'_a / Q_a$ —— (1) とする。 $m < 1$ の場合は、杭の設計値が安全すぎであり、 $m < 1$ の場合には設計値が危険側にあることをしめす。

図-2～図-4は m の度数分布を正規分布として処理したものである。 m の平均値を $\bar{m}$ とし、データ数の80%が占める上限値を m_1 、その下限値を m_2 とする。例へば、Terzaghi 式で計算した結果では、 $\bar{m}=1.625$ であるが、計算によって杭支持力を設計した場合に、安全率 $f_s=3$ をとったとしても実際の安全率 f'_s は、 $f'_s = \frac{3}{\bar{m}} = 1.846$ でしかないことになる。同様に、Meyerhof の式では $f_s=1.899$ 、「首都公団基準」では、 $f_s=3.275$ という結果が得られる。

杭設計では、地盤の降伏荷重の $\frac{1}{2}$ までを許容値としていることから、安全率を實際上2以上確保することが必要最小条件であるといえる。したがって、静力学公式による場所打ち杭の支持力の算定にはかなりの問題があるといわなければならない。「首都公団基準」の場合は安全すぎるようであるが、比較的無難な設計法だと思われる。

4 場所打ち杭の支持力を算定する簡便式の提案

前章でみたように「首都公団基準」による支持力が、実測値に比較的近い値であることがわかった。ところで「首都公団基準」を一般式になおすと、次の形式であらわされる。 $Qa = b + aL (t/m^2)$ —— (2) (但し、 a, b ; 常数、 L =杭長) 杭1本当たりの許容支持力 Pa (t/本) は、杭先端断面積を Ap とすれば、 $Pa = Qa Ap$ —— (3) で求められる。(2)式は極めて単純な形式であるが、施工性に影響されやすい場所打ち杭のような場合には、経験式もかなり単純化しても十分に実用的であることを裏づけるものといえよう。

図-5は載荷試験データより得られた Qa と杭長 L との関係をしめしたものである。これを(2)式の形で平均的な値でしめすと次のようになる。

$$Q'a = 180 + 4L (t/m^2) \text{ —— (4) (但し } L = \text{杭長)}$$

図-5は、(4)式で計算した $Q'a$ と実測値 Qa との比、つまり m の値の度数分布をしめした図である。

計算値が実測値に対してどれだけ信頼性があるかは、一般に $\bar{m}$ が1に近いほど、また m_1 と m_2 の値の中が小さいほど信頼性が高いといえることができることから、次式による R の値が0に近いほど信頼性が高いという評価基準で判断することができる。

$$R = \sqrt{|\bar{m}-1| (m_1 - m_2)} \text{ —— (5) 表-2は、各支持力式で計算した場合の } R \text{ の値を比較したものであるが、(4)式であらわした新しい経験式が最も信頼性の高いことがわかる。}$$

(4)式の適用条件は、次のとおりである。

- ① 杭先端の地層の N 値が40以上であること。
- ② 杭長が10m以上であること。
- ③ 杭種はベノド、リバース及びアースドリル杭に限られること。

最後に載荷試験資料を公表、または、提供してくださった各機関に心から感謝の意を表するものである。

図-2 Terzaghi 式; m 分布

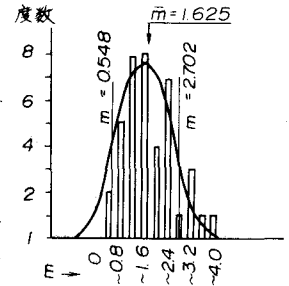


図-3 Meyerhof 式; m 分布

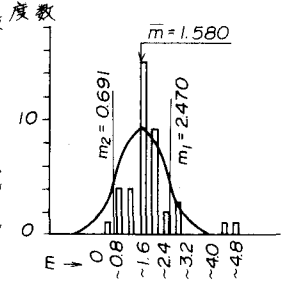


図-4 「首都公団基準」; m 分布

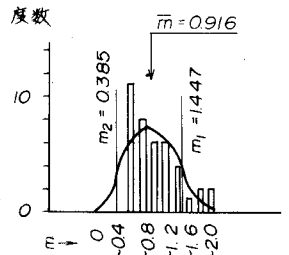


図-5 杭長 L -支持力度 Qa 図

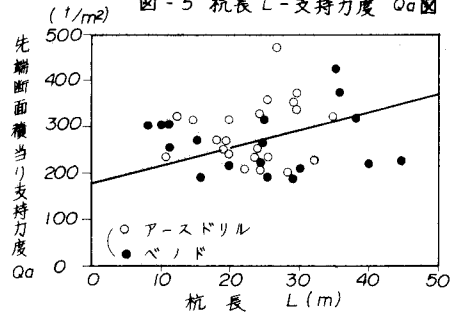
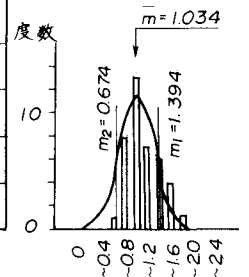


図-6 提案式; m 分布



式名	m の 値			R の 値
	$\bar{m}$	m_1	m_2	
Terzaghi	1.625	2.702	0.548	1.160
Meyerhof	1.580	2.470	0.691	1.016
首都公団	0.916	1.364	0.462	0.299
提案式	1.034	1.894	0.674	0.156

表-2 各式の信頼度比較