

III-137

単杭の実大水平載荷試験によるPIGLETの適用性に関する検討

京都大学工学部

正会員 ○木村 亮

京都大学防災研究所

正会員 柴田 徹, 八嶋 厚

1. はじめに

筆者らは現在まで群杭の水平抵抗問題を解明するために、図-1のような種々の模型実験を実施した<sup>1)2)</sup>。また実験結果を説明できる数値解析手法として、擬似3次元FEMモデル(GPILE)を開発し<sup>3)</sup>、Randolphが提案した簡便法(PIGLET)<sup>4)</sup>と共にその適用性に対して検討を加えた。その結果 GPILE, PIGLETは、単杭の結果から地盤定数を逆算して、群杭の模型実験結果を概ね説明し得た。GPILE は 2.5次元解析であるため容量の大きな計算機を必要とするが、PIGLETはマイコン等でも計算ができ弾性解ではあるがその簡便性から有用な手法であると考えられる。そこで本研究は実際問題にPIGLETを適用する第一歩として、地盤定数の決定に関し、単杭の実大水平載荷試験結果を用い検討したものである。

2. 単杭の実大水平載荷試験

本報告では足立<sup>5)</sup>が収集した 135例の単杭の実大水平載荷試験結果を用いた。試験結果として杭の種類、杭の寸法、荷重作用点、変位の測定点、変位5,10,15mm に相当する作用荷重、地盤の種別および杭根入れ1/3 深さまでの平均N値の7項目が明記されている。杭の種類は鋼管杭、PC杭および場所打ち杭の3種類で、地盤条件は粘性土、砂質土および互層に分類されている。また杭径は30cm~120cm、杭根入れ長さは5m~60mである。N値に関しては杭根入れ 1/3深さまでの平均的な値が与えられており、深さを重みと考慮して平均化されている。これらの情報だけを用いてPIGLETで単杭の杭頭変位を推定した結果を次節に示す。

3. 地盤定数の決定法とPIGLETによる載荷試験結果の評価

まず始めにPIGLETは弾性計算であるので、地盤定数として地表面のせん断弾性係数 $G_0$ 、深さ方向のせん断弾性係数の変化率 $\Delta G / \Delta z$ およびポアソン比 $\nu$ が必要である。ポアソン比 $\nu$ を0.33と仮定して、砂質土および粘性土の地盤定数を図-2のように簡略化して考える。すなわち、地盤を $G_0=0\text{kgf/cm}^2$ のS型地盤と、 $\Delta G / \Delta z=0\text{kgf/cm}^3$ のC型地盤の2種類に分類する。図-2の破線のような地盤はS、C型地盤としては表現しにくい、ここではC型地盤として取り扱う(互層はC型地盤とする)。

PIGLETを用いて杭頭変位を推定する場合最も問題となるのは、平均的なN値だけで表されている地盤をどのように評価するかである。そこでN値からせん断弾性係数 $G$ を推定するために、プレッシャーメータから得られた $E=7N$ <sup>5)</sup>を用て次式により $G$ を評価した。

$$G = E / \{2(1 + \nu)\} = 7N / \{2(1 + \nu)\} = 2.69N \quad (1)$$

道路橋示方書では地盤反力係数 $k$ をN値から求める場合 $E=28N$ を適用し、次式を用いる。

$$k = \alpha ED^{-3/4}y^{-1/2} \quad (D: \text{杭径}, y: \text{杭頭水平変位}) \quad \text{--- (2)}$$

ここで $\alpha$ は補正係数でN値から $E$ を求める場合0.2となり $28 \times 0.2N = 5.6N$ であるから、 $E=7N$ として $G$ を評価するのはある程度妥当と思われる。

図-2は載荷試験の杭頭変位1cm時に作用する水平荷重と、PIGLETで杭頭変位が1cmと計算される水平荷重とを比較したものである。図からPIGLETは地盤の種類にかかわらず、1cmの杭頭変位に必要な荷重が小さいので変位を過大評価し、約2倍の変位を計算していることになる。また図は省略するが、(2)式より杭変位1cmの場合のN値から各ケースに対して $k$ 値を計算した結

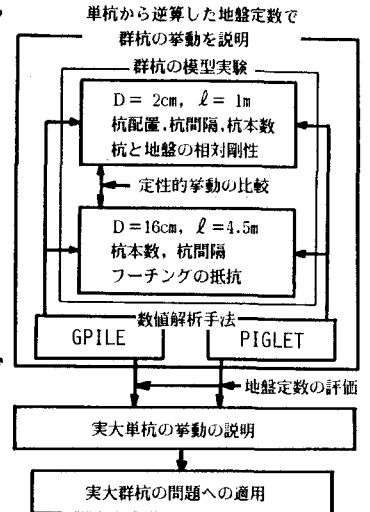


図-1 研究の流れ

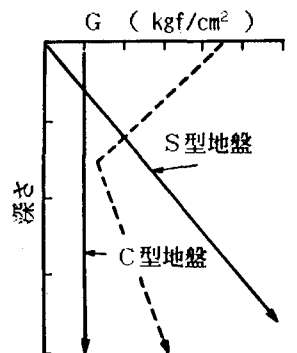


図-2 PIGLETの地盤定数

果と、実測の杭変位から Chang式を用いて逆算したk値を比較すると、ばらつきはあるものの(2)式より得られるk値と逆算k値は概ね等しかった。そこで Chang式とPIGLETを比較するために、1cmの変位を与える水平荷重の実測値を用いて Chang式、PIGLETから得られる杭頭変位をそれぞれ縦軸、横軸にプロットしたものが図-4である。両手法が正しい値を評価できれば、全てのプロット点はAに集中する。しかしPIGLETは Chang式よりも約2倍の変位を与えている。いま±30%までの誤差を許容すると、PIGLETおよび Chang式が変位をうまく表現できる範囲はそれぞれ領域B、Cとなるが、135例のプロット点に対して領域B、C内にある点の割合を求めると、それぞれ16%と37%で Chang式の方が単杭の挙動をうまく表現していることは明かである。

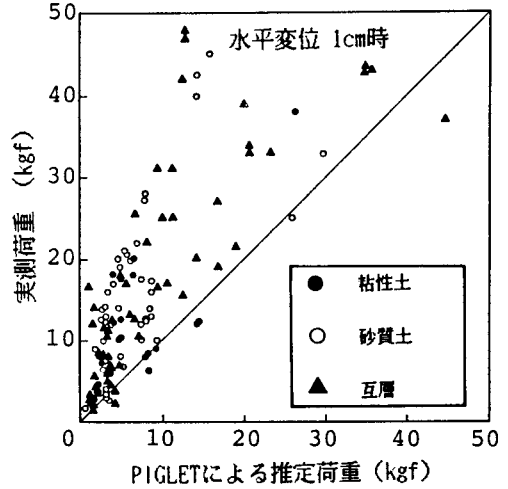


図-3 PIGLETと実測荷重との比較

上記の原因は平均N値から地盤定数を定めているという点と、特にS型地盤の場合(白丸)のばらつきが大きいのは、地表面の $G_0$ をゼロとしている点にある。ここでPIGLETの杭頭水平変位はC型地盤の場合次のように表現される。

$$y = \frac{(E_p/G_c)^{1/7}}{G_c} \left\{ 0.27H \left(\frac{l_c}{2}\right)^{-1} + 0.30M \left(\frac{l_c}{2}\right)^{-2} \right\} \quad \text{--- (3)}$$

ただし、 $E_p$ : 杭の有効ヤング率、 $H$ : 杭頭の水平荷重、 $M$ : 杭頭の曲げモーメント、 $l_c$ : 杭の有効長(限界長さ)  $l_c = D (E_p/G_c)^{2/7}$  --- (4)  $G_c$ :  $l_c/2$ 深さのG

いま(3)式に(4)式を代入して $G_c$ を2倍、3倍、4倍にすると、 $y$ は $H$ と $M$ の項を平均して初期の61%、46%、38%となる。つまり地盤定数を(1)式で計算した3倍程度にすれば図-3、4のPIGLETの結果は改善される。以上地盤定数としてN値だけから単杭の変位を推定する場合は、 $E$ を20N程度と評価する必要があると結論付けられる。

4. おわりに

今後は図-1の流れに従い、GPILE、PIGLET共に原型杭に対する適用を計るため研究を継続する予定である。

- \*参考文献 1) 柴田徹ほか: 京大防災年報, 第28号 B-2, 1985, pp.97-110
- 2) 木村亮ほか: 京大防災年報, 第30号 B-2, 1987, pp.149-166
- 3) Shibata, T. et al: 6th Int. Conf. on Numerical Method in Geomecha., Innsbruck, 1988 (in press)
- 4) Randolph, M.F.: Geotechnique Vol. 31 No. 2, 1981, pp. 247-259
- 5) 足立義雄: 土木研究所報告, 1974, pp.51-149
- 6) 宇都一馬: 基礎地盤調査, 構造物の基礎, 土木学会関東支部, 1967, p.46

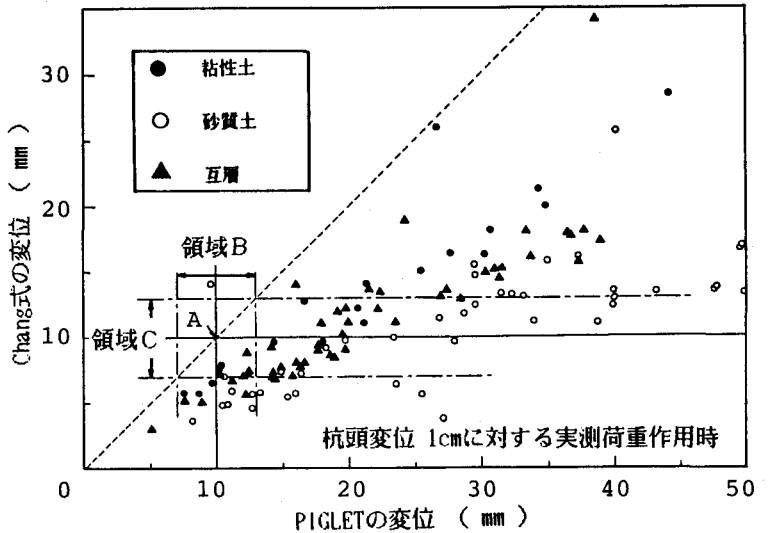


図-4 PIGLETと Chang式との変位の比較