

榑 大林組技術研究所

金谷 祐二

同 上

正会員 ○茶谷 文雄

前報では、表-1に示すWALL FOUNDATION（以下WFと略記する）模型に関する水平載荷試験結果の概要を報告した<sup>1)</sup>。本報告においては、地盤を多層に分割し、かつその非線形性を考慮に入れた解析法によって、上記の実験結果を検討した結果について報告する。

| 杭の名称   | 断面形状        |             |              | 杭長<br>(cm) |
|--------|-------------|-------------|--------------|------------|
|        | 冠径B<br>(cm) | 根径D<br>(cm) | 辺長比<br>(D/B) |            |
| AL I   | 2.1         | 4.6         | 2.2          | 109.5      |
| AL II  | 2.1         | 8.4         | 4.0          |            |
| AL III | 2.1         | 12.4        | 5.9          |            |

表-1 WF模型の諸元

1. 解析法 地盤、およびWFを図-2に示すように、多層に分割し、WFを弾性床土上の梁として扱うと、WFの基本方程式は下式で与えられる。<sup>2)</sup>

$$(地上部) \quad EI_i (d^4 y_i / d x_i^4) = 0 \quad (1)$$

$$(地中部) \quad EI_i (d^4 y_i / d x_i^4) + P_i = 0 \quad (2)$$

ここに、 $EI_i$ ：杭の曲げ剛性 ( $kg \cdot cm^2$ )、 $P_i$ ：地盤反力 ( $kg/cm$ )

地盤反力 $P_i$ は、下式に示すように、WF前面に作用する受働抵抗 $P_{pi}$ と、WF側面の摩擦抵抗 $P_{fi}$ の和として表わせるものと仮定する（図-2参照）。なお、地盤の非線形性を考慮し、 $P_{pi}$ 、および $P_{fi}$ は水平変位 $y_i$ の関数として与える。

$$P_i = P_{pi} + P_{fi} \quad (3)$$

(1)、(2)式の解は、(3)式を下式のように置き換え、以下の手順で求める。

$$P_i = E_{pi} y_i + E_{fi} y_i \quad (4)$$

ここに、 $E_{pi}$ ：受働抵抗に関する地盤の定数で、 $P_{pi} \sim y_i$ の関係を示す曲線の割線勾配を示す ( $kg/cm^2$ )。

$E_{fi}$ ：摩擦抵抗に関する地盤の定数で、 $P_{fi} \sim y_i$ の関係を示す曲線の割線勾配を示す ( $kg/cm^2$ )。

①  $P_{pi}$ および $P_{fi}$ の関数形を決定する。②  $E_{pi}$ および $E_{fi}$ を仮定し、杭頭および杭先端部の境界条件、各層の連続条件から(1)(2)式を解いて、各層分割点における水平変位 $y_i$ 、地盤反力 $P_{pi}$ 、 $P_{fi}$ の値を求める。③ ②で求めた $P_{pi}$ と $y_i$ 、 $P_{fi}$ と $y_i$ の値が、①の関数形を満足するまで、 $E_{pi}$ 、 $E_{fi}$ の値を修正して②の過程を繰り返し、収束解を求める。

2. 解析に用いる地盤の定数 模型実験結果に基づき、下記のように地盤の定数を決定した。

2.1. 受働抵抗について WF模型の面外載荷時におけるヒズミ分布曲線を微積分して得られる地盤反力分布曲線、および変形曲線から任意の深さにおける単位幅当りの受働抵抗による地盤反力 $P_{pi}/B_1$ と水平変位 $y_i$ の関係を求めた。なお、その際、面外載荷時には、

受働抵抗の影響が支配的であると考えられるので、摩擦抵抗は無視した。一例として、AL III 杭の $P_{pi}/B_1 \sim y_i$ の関係を両対数紙上にプロットし、図-3に示した。この図によると、各深さにおける両者の関係は、両対数紙上で0.5程度の勾配を有する直線で表わされる。したがっ

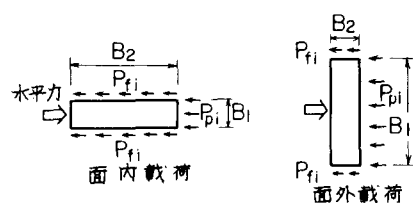


図-1

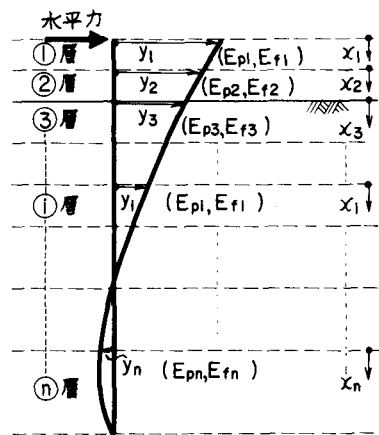


図-2

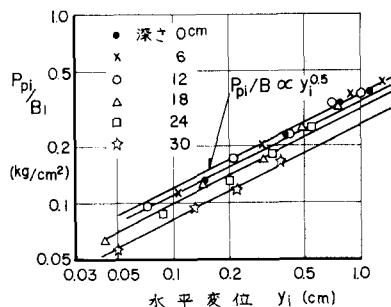


図-3  $\log (P_{pi} / B_1) \sim \log y_i$

て、本報告では  $P_{pi}$  を下式のような関数形で与えることにした。

$$P_{pi} = k_{pi} y_i^{0.5} \times B_1 \quad (5)$$

ここに、 $k_{pi}$ ：地盤定数 ( $kg/cm^{2.5}$ )、 $B_1$ ：杭幅 (図-1 参照)  
なお、 $k_{pi}$  は深さ方向に一定と仮定した。

**2.2 摩擦抵抗について** 水平載荷時に、WF側面に作用する摩擦抵抗を直接測定することは困難であるので、便宜上、WFの引抜き試験を行なって摩擦抵抗について調査した。引抜き試験結果から求めた各WF模型の単位面積当りの摩擦抵抗  $f_i$  と引抜き量  $u_i$  の関係を図-4に示した。本報告では図-4において、引抜き量を杭と地盤との相対変位量とみなし、 $f_i \sim u_i$  曲線を破線で示すようにバイリニヤ型にモデル化し、摩擦抵抗  $P_{fi}$  を下式で与えることにした。

$$y_i \leq y_0 \text{ のとき} \quad P_{fi} = k_{fi} y_i \times 2 B_2 \quad (6)$$

$$y_i > y_0 \text{ のとき} \quad P_{fi} = f_0 \times 2 B_2 \quad (7)$$

ここに、 $y_0, f_0$ ：図-4 参照  $B_2$ ：杭幅 (図-1 参照)

$k_{fi}$ ：摩擦抵抗に関する地盤反力係数 ( $kg/cm$ ) で、

図-4中に示す破線の勾配を示す。

**3. 解析結果** 面外載荷に関しては、(3)式において摩擦抵抗の項を無視し、受働抵抗  $P_{pi}$  の関数形を(5)式で与えて、実験から得られたWF模型の荷重～水平変位量曲線の実測値に解析値が一致するような  $k_{pi}$  を各WF模型毎に求めた。一方、面内載荷に関しては、摩擦抵抗  $P_{fi}$  を(6)、(7)式で与え、 $P_{pi}$  を(5)式の関数形で与えて面外の場合と同様に  $k_{pi}$  を求めた。これらの  $k_{pi}$  を用いて計算した各WF模型の荷重～水平変位量曲線、および曲げモーメント分布曲線の一列を図-5～7に示した。これらの図によると、計算値は実測値とかなり良く合っており、本解析法は、WFの水平挙動をうまく説明し得ることがわかる。なお、図-6～7中には、地盤を線形一様地盤と仮定した場合の計算値も示してあるが、面内載荷時には、実測値との誤差がかなり大きくなっている。また、上記の方法で求めた各WF模型の  $k_{pi}$  と杭幅  $B$  との関係を図-8に示した。同図中には、2.2で述べた  $k_{pi}/B_1 \sim y_i$  の関係から求めた  $k_{pi}$  も示してある。図-8によると、 $k_{pi}$  は概略  $B$  の平方根に逆比例するようである。

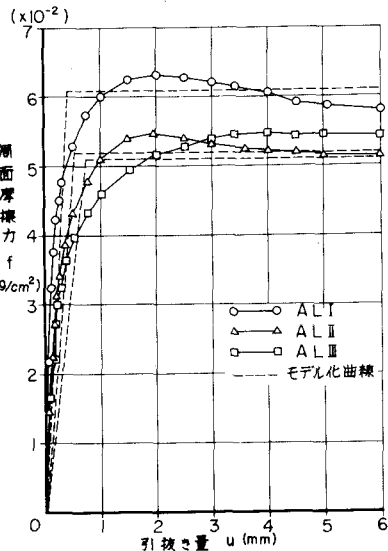


図-4 引抜き試験結果

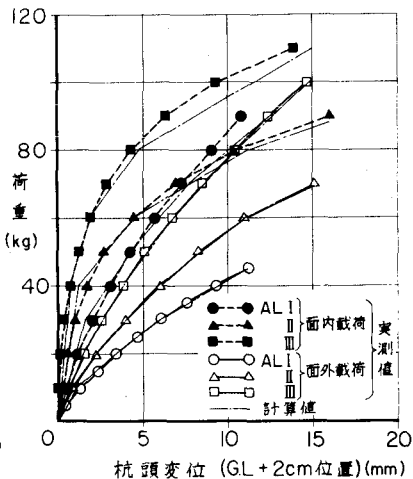


図-5 荷重～水平変位量曲線

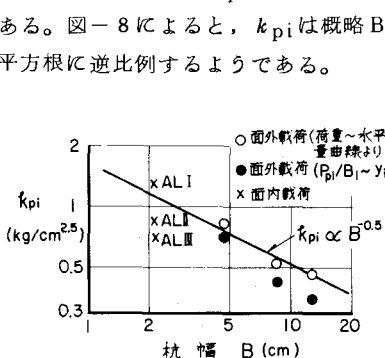


図-8  $k_{pi} \sim$  杭幅の関係

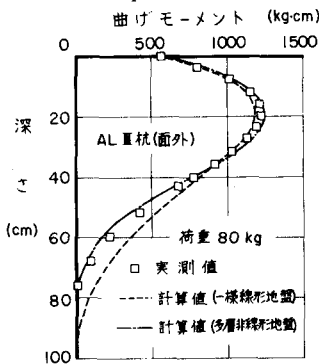


図-7 M分布 (面内載荷)

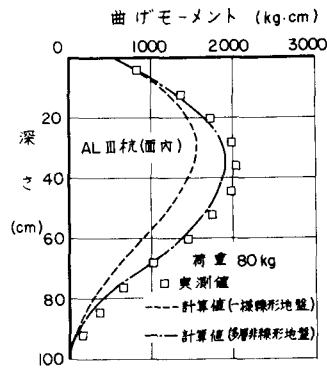


図-6 M分布 (面外載荷)

参考文献 1) 金谷・茶谷：「WALL FOUNDATIONの水平抵抗に関する研究 (その1)」第36回土木学会年次学術講演梗概集，第Ⅲ部門 (昭56年)，2) 風間・他：「山とめ壁および杭の水平抵抗に関する研究 (その2)」第10回土質工学研究発表会 (昭50年)