

立命館大学理工学部 正員 勝見 雅

立命館大学理工学部 正員 西本 安範

1. 緒言 水平力をうける杭の挙動に関しては、地盤を弾性体とした *chang* の方法はあまり適用できず、地盤の非弾性的性質を考慮した林・久保氏の手法¹⁾がよく対応すると言われている。周知のごとく、これらは図-1に示すごとく $p-y$ 曲線を *chang* の式では直線とし、林・久保氏では荷重が初期の段階から曲線と考えたものである。これに対し筆者らは $p-y$ 曲線を近似的に2つの折れ線と考え、さらに地盤反力係数を深さに関係なく一定とし、降伏状態に達する反力 p_p を深さ方向に変化させた場合の理論式を誘導し、乾燥砂地盤による模型実験結果と対比したところかなりよい対応がみられた²⁾。そこで今回は粘土地盤に主眼をおいた模型実験を行ない、比較検討を加えたのでその結果を報告する。

2. 理論式の誘導 理論式の誘導に関しては、すでに報告したのでその概略について述べる。一般に水平力をうける杭の周辺地盤が、荷重の増大にともない地表面から次第に降伏状態に達するものと考えれば、地盤反力の分布は図-2に示すごとく、塑性域、弾性域においてそれぞれ $b p_f x^n$, $b k y$ となり、両域における杭の挙動に関する基礎方程式はつぎのようになる。

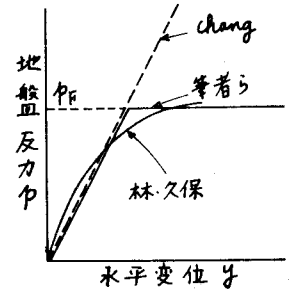


図-1 地盤反力と水平変位曲線

$$\text{塑性域 } (x \leq x_p): EI \frac{d^4 y_1}{dx^4} + b p_f x_1^n = 0 \quad \text{-----(1)}$$

$$\text{弾性域 } (x > x_p): EI \frac{d^4 y_2}{dx^4} + b k y_2 = 0 \quad \text{-----(2)}$$

ここに、 EI : 杭の曲げ剛性、 b : 杭の作用幅。式(1), (2)を杭頭自由で杭が地上に突出していない場合の境界条件と接続条件のもとに解き、それぞれ x_1 , x_2 について2回微分し $(-EI)$ を掛ければつぎのような曲げモーメントを与える式が得られる。

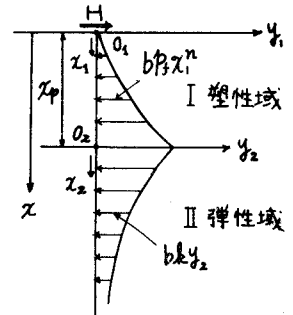


図-2 弾, 塑性域と地盤反力

$$M_1 = \frac{b p_f}{(n+1)(n+2)} x_1^{n+2} - H x_1 \quad \text{-----(3)}$$

$$M_2 = -e^{-\beta x_2} \left[(H x_p - \frac{b p_f}{(n+1)(n+2)} x_p^{n+2}) \cos \beta x_2 + \left\{ \frac{1}{\beta} (H - \frac{b p_f}{n+1} x_p^{n+1}) + (H x_p - \frac{b p_f}{(n+1)(n+2)} x_p^{n+2}) \right\} \sin \beta x_2 \right] \quad \text{-----(4)}$$

ここに、 H は水平力、 $\beta = \sqrt{bk/4EI}$ で、塑性域の深さ x_p は次式を満足する解として与えられる。

$$\frac{b p_f \beta}{(n+1)(n+2)} x_p^{n+2} + \frac{b p_f}{n+1} x_p^{n+1} + \frac{b p_f}{2\beta} x_p^n - \beta H x_p - H = 0$$

3. 模型実験と計算結果 図-3は模型実験装置の概略を示したものである。模型杭は奥行幅1cm, 杭長55cmで、杭の作用幅が2, 3, 4cmのメタアクリル酸樹脂製3本を使用した。また模型地盤には粉末粘土 ($L.L = 44.0\%$, $P.L = 25.9\%$) を用い、ソイルミキサーで含水比32%でねり混ぜ

土層内に10層にわけ、8kgの特殊ランマーにて高さ5cmから各層200回ずつ自然落下させて締め固めたものをを用いた。またかかる地盤の地盤反力を深さ方向に十数点測定した結果、 $k = 8 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\eta = 1.0 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ であった。実験の実施に際しては、各水平荷重段階ごとに杭頭の水平変位と図-4の左端に画いた杭体に貼付した抵抗線ひずみ計により杭の曲げひずみを測定した。図-4はその結果の一例を示したものであり、式(3)、(4)の $n = 1$ とした式、 $n = 0$ とした森博氏の式³⁾($\eta_H = 1.2 \text{ kg/cm}^2$ を採用)、Changの方法による結果、および林・久保氏の方法による結果なども一括して示した。同図によると、 $n = 1$ とした理論曲線は曲げモーメントの第1零点³⁾が幾分実測結果より小さく算出されているが、全般的にかなりよい対応を示している。またChangの式で求めたものは全体的に小さな値を与えている。さらに $n = 0$ としたものは $H = 8 \text{ kg}$ に対しては小さく $H = 16 \text{ kg}$ では逆に大きな値が生じている。一方、林・久保式で求めた結果では $H = 16 \text{ kg}$ で幾分大きく算出されているが実測値とよく対応している。また最大曲げモーメントが塑性域において生ずる場合には、その位置とその値は式(3)よりそれぞれつぎのような簡単な式で与えられる。

$$[\chi]_{H_{\max}} = \sqrt{\frac{(n+1)H}{b p_f}} \quad \text{--- (5)} \quad M_{1\max} = \frac{n+1}{n+2} H \sqrt{\frac{(n+1)H}{b p_f}} \quad \text{--- (6)}$$

4. 結 言 本研究で得られた成果を要約するとつぎのごとくである。1) 水平力をうける杭の挙動に関しては林・久保氏の方法とともに筆者らの方法も適用できるものと考えられる。2) 今回のような模型実験による最大荷重に対する最大曲げモーメントを対象とするならば、その値およびその位置は式(5)、(6)などからも簡単に求められるものと期待される。3) 筆者

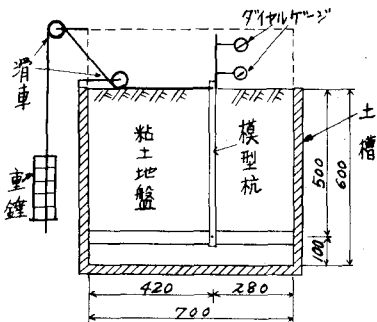


図-3 模型実験装置の概略図(単位:mm)

らの理論式において、乾燥砂地盤に対しては $n = 2$ ²⁾、粘土地盤に対してはさらに検討を加える必要はあるが、 $n = 1$ 程度の値を用いれば実測値とよくあうことをみいだした。4) 模型実験結果によると、それぞれに対して同寸法の杭幅の杭を使用したにもかかわらず、乾燥砂地盤においては杭幅の影響はほとんどみられなかったが²⁾、粘土地盤に対しては明瞭に現われた。このことから杭幅の影響は地盤の硬さ、性質などによっても

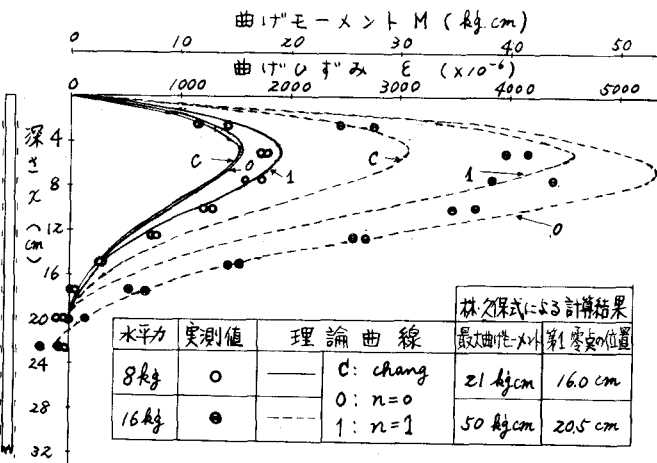


図-4 曲げモーメントの実測結果と理論曲線の1例 ($b = 2 \text{ cm}$)

変化するものと考えられる。5) 上記3)に述べた各種理論式に含まれる諸係数の値のわずかな差異が、計算結果に微妙な変化を与えるので諸係数の採用には留意する必要がある。

- 1) 久保浩一：杭の横地盤の新しい計算法、港湾技術研究所報告、第2巻3号、1964.3
2) 勝見雅一、西本安範：杭の水平抵抗に関する2,3の考察、昭和43年度関西支部講演会、講演概要Ⅲ-20、昭43.5
3) 森博：垂直荷重および水平力を受けた鋼杭の性状に関する研究、土木学会論文集、第123号、昭40.11