

1 まえがき

杭基礎、杭構造物が、地震力等の動的水平荷重をうける場合、構造物の安全性を保つのに、減衰性が大きな役割を占めてゐると云うことができる。しかしながら杭材料自体の内部粘性による減衰は一般に余り大きくないので、振動エネルギーの周辺地盤を通しての散逸に起因する減衰性に注目する必要がある。

本報告では、静的または動的荷重試験によつて得られる、作用荷重と変位との関係をあらわす履歴曲線に着目し、履歴効果による消費エネルギーと、振動実験結果から得られる減衰性状との関係を検討した。

2 履歴効果と減衰性

前報告（地震工学国内シンポジウム講演集、1962）では、動的水平荷重をうける鉛直単杭の挙動をあらわすのに、図-1に示すような、撓みの第一零点を鉤点とする実体倒立振子系を仮想し、線型減衰要素と履歴をもつた非線型復元力（図-2）をもつものと考えて、その運動が次のような方程式であらわされると考えた。

$$\left. \begin{aligned} I_0 \ddot{y}_0 + c \dot{y}_0 + H_1 F(y_0, Y_0) &= H_0 H_1 m r \omega^2 \sin \omega t \\ F(y_0, Y_0) &= f(y_0, Y_0) \pm g(y_0, Y_0) \quad \dot{y}_0 > 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

(1)式の解は(2)式の形で求められる。

$$\left. \begin{aligned} y_0 &= Y_0 \sin(\omega t - \varphi) \\ \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(Y_0 \sin \theta, Y_0) \sin \theta, d\theta &= \frac{1}{H_1} \left[\omega I_0 Y_0 \pm \sqrt{(H_0 H_1 m r \omega^2 - c \omega Y_0 + H_1^2 \frac{W(Y_0)}{\pi Y_0})^2} \right] \\ \sin \varphi &= \frac{c \omega Y_0 + H_1^2 \frac{W(Y_0)}{\pi Y_0}}{H_0 H_1 m r \omega} \end{aligned} \right\} (2)$$

いま履歴効果による消費エネルギー $W(Y_0)$ の性質を調べるために、一方向繰返し荷重試験、交番荷重試験および起振機試験の結果から得られる荷重-変位関係曲線より求めた $W(Y_0)$ と変位 Y_0 との関係を調べ、その例を図-3および図-4に挙げる。図-3は交番荷重試験、図-4は起振機試験の場合である。この結果、 $W(Y_0)$ と Y_0 との関係は、一方向繰返し荷重試験および交番荷重試験の場合、 $W(Y_0) \propto Y_0^2$ なる関係があることがわかり、起振器試験の場合は $W(Y_0)$ は略 Y_0 の自乗に比例する結果となつた。

一方非履歴性復元力と固体摩擦による減衰要素をもつた系、および非履歴性復元力と速度に比例する粘性減衰要素をもつた系の消費エネルギー $W(Y_0)$ は、前者の場合 Y_0 に一次比例し、後者の場合 Y_0 の自乗に比例する。したがつて、先に述べた復元力

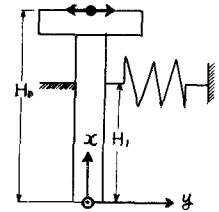


図-1

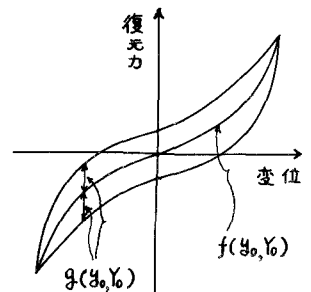


図-2

の特性をあらわす履歴曲線の $W(Y_0)$ と Y_0 との関係は、起振機試験の場合、履歴曲線の skelton であらわされる非履歴性復元力と線型減衰要素をもつた系と対応し、交番荷重試験の場合は、線型減衰要素のほかに、固体摩擦的な減衰要素が若干加味されたものに対応すると考えることができる。

いま起振機試験の場合の履歴曲線の skelton を近似的に直線であると見做して specific damping capacity $\frac{W(Y_0)}{\Delta}$ の値と Y_0 の関係を求めて見ると図-5 のようになり、 $W(Y_0)/\Delta$ の値は Y_0 と無関係に一定値をとると考えてよい。また、線型復元力と線型減衰要素をもつた振動系の specific damping capacity は $\frac{W(Y_0)}{\Delta} = 2\delta$ (δ : 対数減衰率) となるので、図-5 のようにして求めた $\frac{W(Y_0)}{\Delta}$ の値と、振動試験の結果実測された δ の値とを比べたところよく一致した。したがって動荷重試験の場合の履歴効果による減衰は、線型減衰要素に置き換えて計算することができる。なおこの履歴曲線が、静的な交番荷重で与えられた場合、このような置換の近似度が問題である。

3 数値計算適用例

交番荷重試験結果から得られた荷重-変位の関係をあらわす履歴曲線を(1)式の $F(y_0, Y_0)$ として、(1)式において $c = 0$ において解いた結果得られる共振曲線を図-6 の破線で示す。これは同図の点で示した実測結果と比較的よく一致している。したがって交番荷重のような静的荷重試験による履歴効果から、減衰性を推定することが可能で、この計算の方法は、履歴効果をそのまま考慮してもよく、また等価な線型減衰要素に置換してもよい。

4 あとがき

地震力のような動的水平荷重をうける杭基礎あるいは杭構造物の減衰性を評価するに際して、交番荷重のような静荷重試験結果を用いても実用上十分な精度で、これを推定する可能性があることが実験的に示された。資料の数が充分でないので断定的な結論を下すことはできないが、今後資料の集積をまつて結論を確かなものに行きたい。

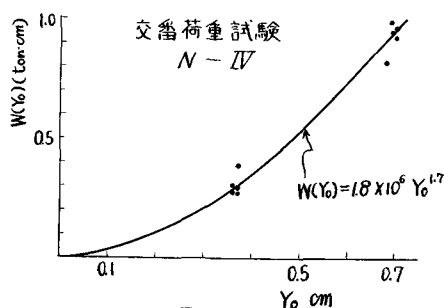


図-3

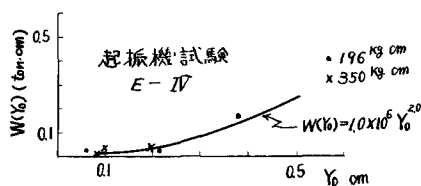


図-4

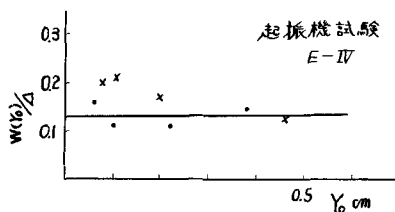


図-5

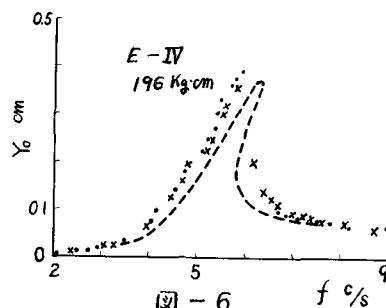


図-6