

東京都府庁 正会員 ○菅原雄次
 東京都立大学工学部 〃 長嶋文雄
 〃 〃 小泉敏一

1. はじめに

本報告は模型ぐいを用いた一連のオンライン実験手法による非線型地震応答解析に関する研究の一部である。またくい地盤系の復元力特性の実験装置については、すでに発表した文献1, 2) などと同一であり、今回は模型地盤として豊浦の標準砂を用いている。この種の研究において、模型ぐいの復元力特性が実際の基礎ぐいのそれといかなる対応関係をもっているかを調べておくことは、結果の評価に際し重大な意義をもつと思われる。本報告はこのような意味から、この非線型地震応答解析システムの主要な部分をなす模型ぐいの復元力特性の実験結果および実大ぐいとの対応性について検討している。

2. 模型ぐいおよび実大ぐいの復元力関数モデル

ここでは骨曲線として、文献1), 3), 4) などでの適用性を検討している次の無次元化されたパワー関数を考える。

$$F/F_s = k(X/X_s)^{\alpha} \quad (1)$$

また(1)式に対応する履歴曲線として次式を仮定する。

$$\frac{F}{F_s} = \pm 2k \left(\frac{X \pm X_0}{2X_s} \right)^{\alpha} \mp k \left(\frac{X_0}{X_s} \right)^{\alpha} \quad (2)$$

ここに X は質点(くい頭)の変位、 F は復元力、 X_s 、 F_s は無次元化定数、 α 、 k は非線型パラメータであり、正の実数をとる。 X_0 は履歴曲線における頂点の変位座標を示す。(2)式の符号は複合同順であり、上下の符号はそれぞれ加力および減力曲線を表わす。

$\alpha \cdot k$ が変位レベルに依存しない定数で、かつ骨曲線と履歴曲線の示す $\alpha \cdot k$ が等しいならば(1)・(2)式でその復元力特性が表わされる1質点系の定常応答は容易に与えられる。しかし一般に加力試験で得られた履歴曲線は複雑であり、連続関数化が困難である。従ってここで対象としているくいの場合も、骨曲線は(1)式で表わされるが、履歴曲線が(2)式を満足するという保証はない。それ故、履歴減衰を決定する履歴曲線の面積 $\bar{A}/(X_s \cdot F_s)$ および共振周波数を近似的に定める骨曲線 $\bar{F}/F_s$ が、変位振幅の関数で与えら

れるものとして次式で表現する。

$$\bar{F}/F_s = f(X_0), \quad \bar{A}/(X_s F_s) = g(X_0) \quad (3), (4)$$

ここで次の条件を設定する。(I)後述の模型ぐい、実大ぐいの加力試験のループの面積と(2)式のループの面積を等しくする。(II)骨曲線(1)式は、上記試験結果のループの頂点を通るものとする。(I)の条件より $g(X_0)$ は次のように表わせる。

$$g(X_0) = 4k \left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha} \right) \left(\frac{X_0}{X_s} \right)^{\alpha+1} \quad (5)$$

ここに(5)式の右辺は、(2)式のループが閉曲面積である。また条件(II)より

$$f(X_0) = k(X_0/X_s)^{\alpha}$$

(5)・(6)式で $\alpha \cdot k$ を未知数として解けば、 $\alpha \cdot k$ は変位の関数として次式で表わせる。

$$\alpha = \frac{4f(X_0)(X_0/X_s) - g(X_0)}{4f(X_0)(X_0/X_s) + g(X_0)}, \quad k = \frac{f(X_0)}{(X_0/X_s)^{\alpha}} \quad (7), (8)$$

かくして、骨曲線および履歴曲線の両者を満足する非線型パラメータは一般に(7)・(8)式で表わされ、この $\alpha \cdot k$ を実大ぐいと模型ぐいで比較することにより、その対応性を検討することができる。また、結果的に $\alpha \cdot k$ が変位レベルに対してあまり変化せず、骨曲線のみで決められた $\alpha \cdot k$ の値に近いならば、その履歴系は(1)・(2)式で表現できることになる。

3. 模型ぐいと実大ぐいの $\alpha \cdot k$ および相似性の検討

ここで示す模型ぐいの加振実験結果は0.05, 0.1, 0.5, 1.0, 4.0, 7.0および10.0 Hzの7種類で、その最大くい頭振幅は6.0 mm前後の振幅漸増型正弦波加振に対するものである。これらの力-変位関係に(1)式を適用するに際し、 X_s は便宜的に最小ループの頂点の変位(0.5 mm、 F_s はそれに対応する復元力)と仮定して無次元化した。いずれの結果とも、ループの頂点をプロットした点は同対数紙上で、ほぼ一直線上にあり、その勾配 α は0.762 ~ 0.854の間にあり(平均値: 0.804)。同様にして実大ぐい

の静的水平加力試験の例として鋼ぐい5本のデータを
用い、その力-変位関係の骨曲線を求めたが、それら
は $\alpha = 0.689 \sim 0.839$ であった(平均値: 0.7
40)。

次に、このようにして模型ぐい、実大ぐいの各実験
で得られた履歴ループの囲む面積を関数化し、変位の
関数として与えられる $\alpha \cdot \xi$ を(7)、(8)式で決定す
る。図-1(a)、(b)、図-2(a)、(b)は、模型ぐ
い、実大ぐいの $\alpha \cdot \xi$ を変位レベルとの関係を見るた
めに、ループ面積を計算した点にプロットしたもので
ある。

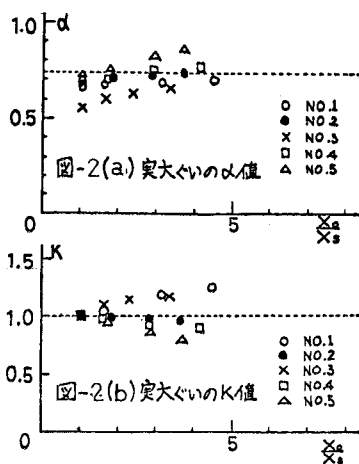
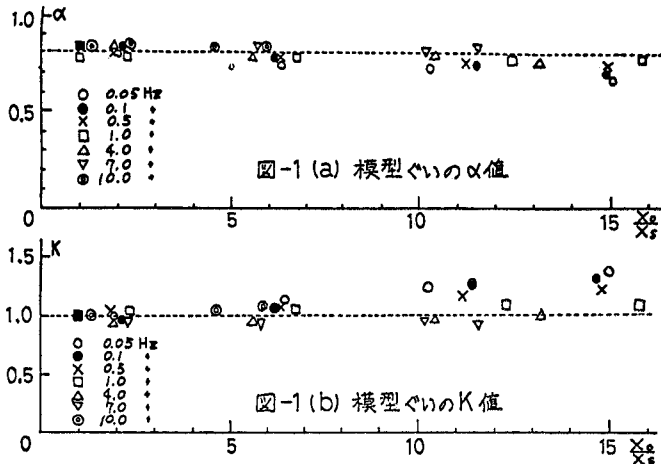
模型ぐいについては図-1(a)、(b)に示すように
、加振周波数によりややばらつきはあるが、 $\alpha \cdot \xi$ と
も $X_0/X_s = 6.0$ 前後までは、おおそ一定とみなせる
ようであり、かつ骨曲線から定められる $\alpha \cdot \xi$ (破線
で示した、 $\alpha = 0.804$ 、 $\xi = 1.000$)から大きく
ずれてはいない。それ以上の変位レベルまで含めると
、特に低周波数加振の場合に、 ξ が大きく表われてい
るが、本実験の範囲内では、これがどのような意味を
もつかはまだわかっていない。一方実大ぐいについて

も同様に、骨曲線のみで得られる α の平均値を基準値
($\alpha = 0.740$)として図-2(a)に破線で示した。
図-2(a)、(b)をマ70に見れば、 $\alpha \cdot \xi$ の変位レ
ベルによる一定の傾向は見出せないが、しいて言えば
 α はほぼ一定か、増加する傾向を見せている。

また ξ については増加するものと、減少するものと
に分かれていて、それも同一地盤、同種のぐいで起っ
ている場合がある(N0.2、N0.3: 共に地盤は、
千葉市川崎町、くいは、スパイラル鋼管ぐい)。

4. まとめ

沢山のぐいについて上記ようは検証を行い、それを
ある組み合わせで整理すれば統計的にみたぐいの特性
が判別されることが考えられるが、現段階では包括的
にぐいの降伏以前の復元力特性を表現しようとする場
合(1)、(2)式でほぼ対応しようと思われる。このよ
うな見方からすれば、 α 値は若干高めではあるが、本
模型ぐいは、本質的には実大ぐいにかなり近似した復
元力特性をもったモデルと見なすことができよう。



引用文献

- 1) 望月、長嶋、小泉: 実験装置-電算機オンライン・システムによるくい-上部構造物連成系の地震応答解析
第4回日本地震工学シンポジウム講演集、1975. 11
- 2) 望月、長嶋、小泉: 実験装置-電算機オンライン・システムによるくい-上部構造物連成系の地震応答解析
(砂質土中のくいの復元力特性に関する模型実験)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1975. 10
- 3) 望月利男: 基礎ぐいの水平方向復元力特性に関する2・3の考察、日本建築学会論文報告集第233号 1975. 7
- 4) 北川、望月: 履歴系の等価粘性減衰をもつ振動系への置換について-くいの復元力特性の近似関数に対する
基礎的検討、第4回地震工学シンポジウム講演集、1975. 11