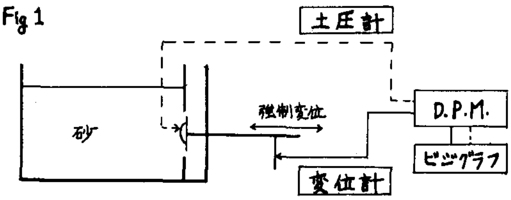
I-259　構造物基礎の復元力特性のモデル化に関する１つの試み

東京工業大学　正　員　吉田　裕
東京工業大学　学生員　○村田　修

I. はじめに

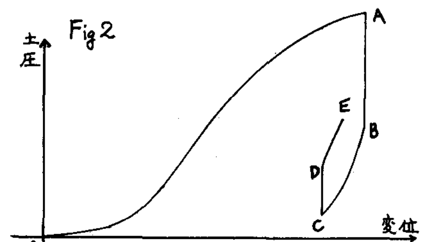
構造物の耐震設計において，構造物基礎の復元力特性を数式表現しておく事は，重要な問題である。このような方向の研究は数多く行なわれているが[1][2]，ここでは，砂箱で，変位－土圧関係を動的に測定した結果に基いて，なるべく現象を忠実に表現しようとする立場から，復元力特性の数式表現を試みたものである。未だ，試案の段階で，実際問題への適用に対しては，改良すべき点も残されているが，ここでは，モデル化の考え方と，その結果について報告する。

Fig 1



II. 実験の概要

標準砂（乾燥）を模型砂箱に詰める。くい基礎の片面を想定した可動壁面を強制変位させて，壁面に取り付けた土圧計で土圧を測定し，変位土圧関係を調べた。（測定結果の一例を計算結果とともにFig 6 に示す。）



III. モデル化の概要

上記実験の結果を参照しながら，以下のようなモデル化を考えた。振幅の各段階を　静止状態(O)→圧縮過程(O→A)→戻す過程(A→B→C)→再圧縮過程(C→D→E)　に分けて考える。（Fig 2）
〔＊以下「状態」とは，粒子の詰り方，からみ合いの状況など土圧に影響を与える壁面付近の地盤（理想化された乾燥砂での）の状態をさす。〕

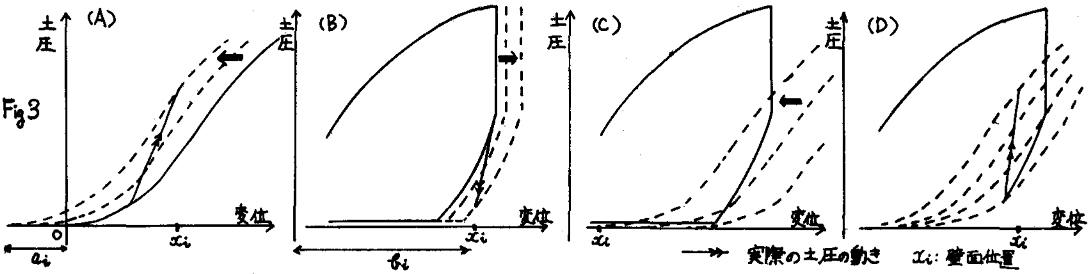
(1) 圧縮過程＊　「状態」の変化が間に合うような遅い速度で圧縮した場合，静止位置からの変位量により，「状態」が表わされ，土圧が定まると考える。この場合の変位－土圧曲線は，その地盤を構成する材料，周囲の状況に特有な曲線と考えられ，それを「標準曲線」と呼ぶ。圧縮する速度が大きい時は，それよりも遅い速度で圧縮した場合の，より大きい変位量での「状態」に等しく，速度が小さくなった時は，その変位量によって決る「状態」に戻っていくと考える。そこで，上記の「標準曲線」を刻々の変位速度の状況により，変位－土圧座標面（以下，座標面）で移動させる事により，圧縮過程での土圧の動きを表現する。（Fig 3-(A)）

(2) 戻す過程＊　圧縮過程から戻す過程へ移行した場合，瞬間的に土圧がゼロとなり，その後（かなり短い時間で），「状態」が回復してくると考える。戻す過程では，戻す速度が極めて遅くとも，ある限度以上には，「状態」は回復しないと考え，その変位－土圧曲線を「限界曲線」と呼ぶ。土圧が，静止状態での土圧（以下，R_0）以上の場合は，上記の「限界曲線」を戻す速度の状況により，座標面で移動させて，戻す過程での「状態」の回復度，すなわち土圧を表現する。（Fig3-(B)）R_0以下の土圧となった場合は，「状態」はR_0の土圧を示すように回復してくると考える。これは，「標準曲線」を座標面で移動させる事により表現する。（Fig3-(C)）

(3) 再圧縮過程＊　戻す過程から再圧縮過程へ移行した場合は，「状態」が回復しつつある時に圧縮する事になる。再圧縮する時の土圧が，R_0以下の場合は，戻す過程での延長で，R_0になるまで「状態」が回復すると考える。R_0以上の場合は，圧縮過程で考えた速度の変化による「標準曲線」の移動の他に，「状態」の回復を考慮する事によって，再圧縮過程での土圧の動きを表現する。（Fig 3-(D)）

以上のモデルで計算するために，標準曲線，限界曲線を関数で表わし，移動のシステムを数式表現する。

Fig3



変位を時間の関数として与え，微小時間刻み Δt で step に分け，各 step での土圧を求める事ができる。

⊙標準曲線を表わす関数

$F_m(y) = \frac{1}{\Gamma(m)}\int_0^{y} X^{m-1} e^{-X} dX$

y を変位に，$F_m(y)$ を土圧に対応させる。

最大土圧 R_Y，及びその80%の土圧に対応する変位量 X_Y で無次元表示する。

$R = R'/R_Y = F_{m1}[X_0(X/X_Y + X_1/X_0)]$

(X_1: $F_{m1}(X_1)=R_0$, X_2: $F_{m1}(X_2)=0.8$, $X_0 = X_2 - X_1$)

＊これを　$R = R_1(x - a_0, m_1)$ と表わす。

＊ a_i:　グラフ移動量 (Fig3-(A))

⊙限界曲線を表わす関数

戻る位置の変位 $X_A = X_A'/X_Y$，土圧 $R_A = R_A'/R_Y$

X_3: $F_{m2}[X_0' \cdot X_3/X_Y] + R_0 = P \cdot R_A$

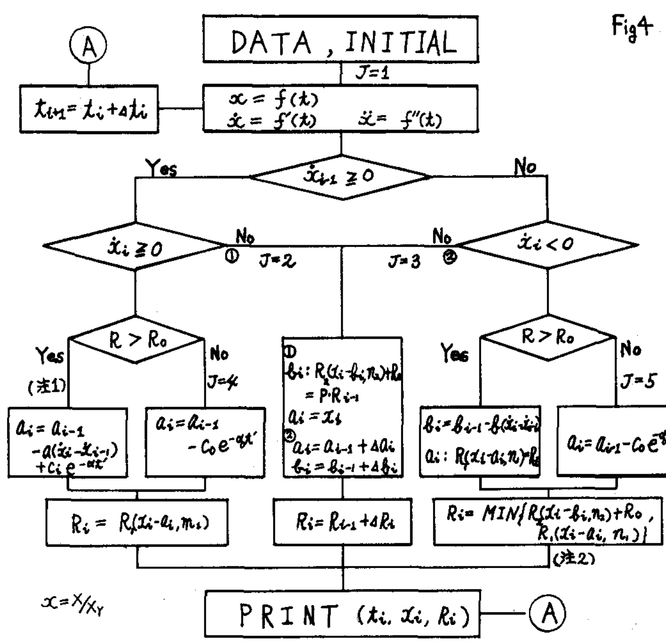
($0 \le P \le 1$, $X_0' = g \cdot X_0$　$(0 \le g)$)

$R = R'/R_Y = F_{m2}[X_0'(X/X_Y - (X_A - X_3/X_Y))] + R_0$

＊これを　$R = R_2(x - b_0, m_2)$ と表わす。

＊ b_i:　グラフ移動量 (Fig3-(B))

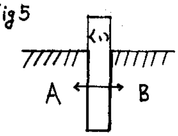
Fig4



$x = X/X_Y$

〔注1: If J=1,　$C_i = 0$　　注2: If J=5 and $R_i > R_0$,　$R_i \to R_0$. $a_i \to R_1(x_i - a_i , m_1) = R_0$　〕

Fig5



実際にくいに働く力は，右図でのA側，B側の両方の影響を重ね合わせたものと考えられる。そこで上述の片側の変位－土圧関係のモデルを両側に重ね合わせる事により，任意の振幅状況における復元力を計算する事が可能である。

IV. 計算例

計算の一例を示す。

定常正弦波での，モデル計算値と，実験値の比較 (Fig6)

漸増振幅波での，両側に重ね合わせたモデルの計算値 (Fig7)

$\left\{ \begin{array}{lllll} m_1=12 & P=0.5 & a=0.01 & C_0=6 & C_i=0.5+0.5\times R_i \\ m_2=16 & g=2 & b=0.01 & \alpha_0=1 & \alpha=2 \end{array} \right\}$

Fig6

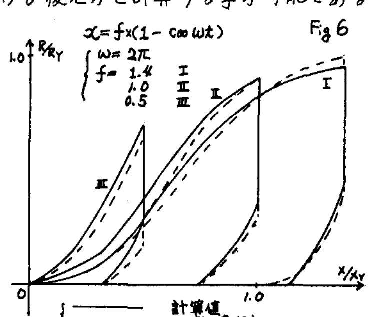
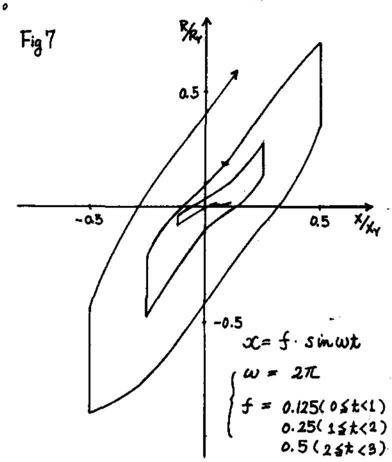


Fig7



参考文献　(1) 伯野元彦他: 模型杭基礎の復元力特性に関するオンライン・リアルタイム実験，土木学会論文報告集 (1972.4)
(2) 後藤尚男他: 乾燥砂中にある構造物基礎の水平復元力特性に関する実験的研究，〃 (1971.10)