

## 地震応答解析における構造物基礎のモデル化について

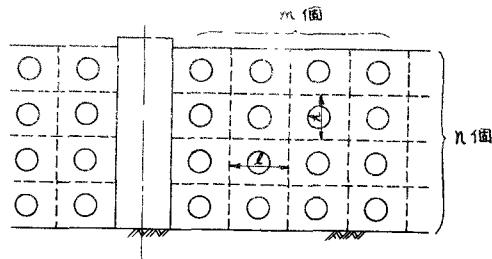
京都大学工学部 正員 後藤 尚男  
京都大学工学部 正員 土岐 憲三  
東都大学大学院 学生員 ○吉原 達

## 1. はしがき

基礎工周辺の地盤の挙動は、松代群発地震の観測結果でも報告されたとあり<sup>1)</sup>、構造物の影響<sup>2)</sup>を強く受け、構造物の振動に類似したものとなる。また地盤の質量作用については、この取り扱いに多くの論題があるが、筆者の1人が、直線的に質量を基礎工に付加して、この動的作用を解析する簡便法を発表したことがある<sup>3)</sup>。一方、構造物と地盤とで構成される振動系の解析的な取り扱いについては、連続な弾性体中にある剛体として考えられてい<sup>3)</sup>が、これらはいずれも構造物底面に回転中心を有するような動搖運動に限られており、並進運動を伴う場合の境界条件を満足するような解は得られるに至り、この点で、ここ本研究においては、剛体基礎と地盤とで構成された不連続模型系に置換して、このような振動系の並進運動強調動を明らかにしようとした。

## 2. 構造物基礎のモデル化と運動方程式

ここでは基礎工と地盤の相互作用を重視するため、上部工は一応考慮外におく。また基礎については、ウエル・ケーソンのような形式のものを対象とし、これを完全剛体として取り扱う。図-1に示すように、地盤を仮想的な継縫の線で分割してお来るブロックの集合体であるとみなす。この各ブロックをそれぞれ1個の質点に置換し、



- 1

の質量に1個のブロックの土の水平方向の剛度とせん断剛度を表すバネ(バネ定数はそれごれk<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>)と、土方に載荷を表すダッシュボット(c<sub>1</sub>)を取り付け、図-2に示す振動系にモデル表す。また剛体はその底部に回転中心を有するものとし、図に示した諸係数を用いると、この力学モデルの地表面に働く振動の運動方程式は式(1)で

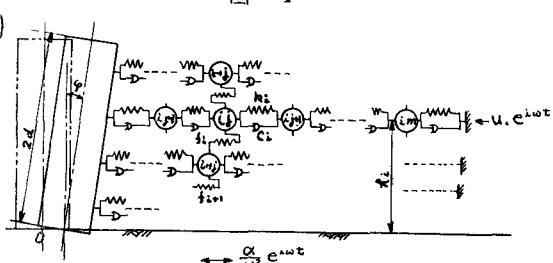


図-2 力学モデル

$$k_n = E_i \frac{R}{L}, \quad f_i = G_i \frac{\rho R}{L}, \quad C_i = 2\sqrt{\mu R} \cdot f_i.$$

$$R_i = E_i / k_B \quad , \quad f_i = G_i / R \quad , \quad C_i = 2 \pi w R_i / k_B$$

ここに  $E_i$ ,  $G_i$ ,  $\nu_i$  は第  $i$  層のブロックの地盤のヤング率, せん断弾性係数および減衰走数である。

$$M = \begin{pmatrix} M^2 & w & w & w & 0 \\ w & M^2 & w & w & 0 \\ w & w & M^2 & w & 0 \\ w & w & w & M^2 & 0 \\ 0 & 0 & w & w & M^2 \end{pmatrix}, K = \begin{pmatrix} k_1 k_1^2 + k_1 k_2 + k_1 k_3 & -k_1 & 0 & 0 & 0 \\ -k_1 k_1 & 2k_2 & -k_2 & 0 & 0 \\ -k_1 k_2 & 2k_3 & -k_3 & 0 & 0 \\ -k_1 k_3 & -k_2 k_3 & -k_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -k_1 & 0 \\ & & & -k_2 & 2k_1 \\ & & & -k_3 & 2k_2 \\ & & & -k_1 & -k_1 \\ & & & -k_2 & -k_2 \\ & & & -k_3 & -k_3 \\ & & & -k_1 & 2k_1 \\ & & & -k_2 & 2k_2 \\ & & & -k_3 & 2k_3 \end{pmatrix}, f = \begin{pmatrix} 0 & t_1 - f_1 & -t_1 t_2 + t_3 & t_2 - f_2 & 0 \\ 0 & -t_1 t_2 + t_3 & t_1 - f_1 & -t_2 t_3 + t_1 & 0 \\ 0 & t_2 - f_2 & -t_2 t_3 + t_1 & t_3 - f_3 & 0 \\ 0 & -t_2 t_3 + t_1 & t_3 - f_3 & t_1 - f_1 & 0 \\ 0 & t_3 - f_3 & -t_1 t_2 + f_2 & -t_2 t_3 + f_1 & 0 \\ 0 & -t_1 t_2 + f_2 & t_2 - f_1 & t_1 - f_1 & 0 \\ 0 & t_1 - f_1 & -t_2 t_3 + f_1 & -t_3 t_1 + f_2 & 0 \\ 0 & -t_2 t_3 + f_1 & t_3 - f_2 & t_2 - f_1 & 0 \end{pmatrix}$$

r:回転中心まわりの回転2次半径,  $U_0$ :基盤層よりの変位入力 = %/s<sup>2</sup>,  $\alpha$ :入力加速度  
 $F$ の項の  $U_1, U_2, \dots$  は  $M$ 列目の質実に与えられる, 地盤の変位応答量である, 図-2  
 の基礎工を取り除いたモデルにおいて, 同一層内の質実間に相対変位が存在しないと仮定すれば, 式(2)で書かれることがある。

ここに、 $n = 3$  の場合を例にとって、

$$M_4 = \begin{bmatrix} m & & \\ & m & \\ & & m \end{bmatrix} \quad f_0 = \begin{bmatrix} +_1 & -t_1 \\ -t_1 & +_1 + t_2 - t_3 \\ -t_2 & +_2 + t_3 \end{bmatrix} \quad F_4 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ f_0 u_0 \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix}$$

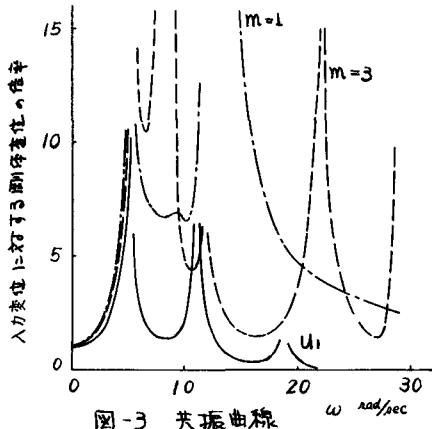
次に地盤の質量を無視した基礎の運動方程式は式(3)で表わされる。

$$M \ddot{r} \ddot{\varphi} + \sum_{i=1}^n C_i \dot{r}_i^2 \dot{\varphi} + \sum_{i=1}^n k_i r_i^2 \varphi = -M d \ddot{U}_0 + \sum_{i=1}^n C_i \dot{k}_i (\dot{U}_i - \dot{U}_0) + \sum_{i=1}^n k_i k_i (U_i - U_0) \quad \dots \quad (3)$$

すなむち、上丸は図-1, 2において、第1列のみを考慮した場合に対応するので、本研究で取り扱う式(1)は、こうした従来の方法に、さらに地盤の種方向の広がりを導入したものであるといえる。

### 3. 數值計算例

$n = m = 3$ ,  $M = 5.8 \text{ kg sec}^2/\text{cm}$ ,  $W = 1.8 \text{ kg sec}^2/\text{cm}$ ,  $L = R = 10 \text{ m}$ ,  
 $d = 20 \text{ m}$ ,  $r = 23 \text{ m}$ ,  $\alpha = 200 \text{ gal}$ ,  $k_1 \sim k_3 = 1000, 2000, 3000 \text{ kg/cm}$ ,  
 $f_1 \sim f_3 = 100, 200, 300 \text{ kg/cm}$ ,  $C_1 \sim C_3 = 0$  のときの共振曲線の一  
 例を図-3 に示す。なお数値計算は京都大学電子計算  
 機 KDC-1 を用いたが、その他の数値計算結果および考  
 察は講演時にゆずる。



[参考文献] 1) 佐藤・土岐・横山・奥田 稔吉・石田; 東大防災研究新年報第10号 A 別刷, 昭41.

2) 徐蘇·西齋: 土不學急論文集, 第83号, 昭37.7.

3) 田嶋見; 日本機械工学シンポジウム講演集, 1966.