

## 振動台上に設置された砂箱の振動特性

苫小牧高専 正員○澤田知之      フエル- 能町純雄      苫小牧高専 正員 近藤崇

### 1. まえがき

地震時の地盤における動的土圧の解明は、常時の土圧とは異なる。これらの地震時の地盤における動的土圧の解明は、前回までの地盤モデルによる振動台実験<sup>1) 2)</sup>で行ってきたが、共振現象と考えられる結果が表れ、その信頼性、整合性をさらに検討する必要に迫られた。

本報告は振動台上に設置された試験箱に対して2次元弾性論による動的解析を行い、固有振動数の存在を含む周波数特性を従来の実験緒元を基にして比較・検討を進め、「固有値問題」に関しての基礎的解析結果を述べるものである。

### 2. 解析の概要

平面ひずみ状態における板のたわみを $w$ 、振動台の入力変位を $u_0 \sin \omega t$ とする。いま、振動台による板イの応答を考えると、板イは側板口、ハと底板ニと接合され、上辺( $y=b$ )は弾性固定となっている。板イの $x, y$ 方向断面の直応力による曲げモーメントを $M_x, M_y$ とし、せん断力によるモーメントを $M_{xy}$ とすると、力のつり合い式は、

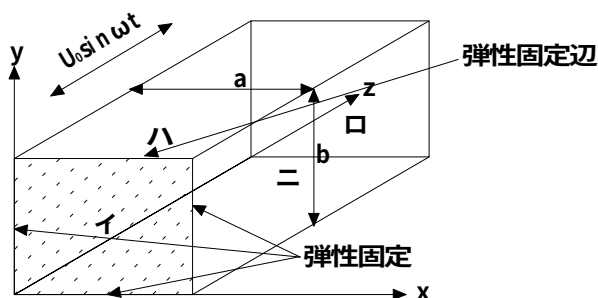


図-1 振動台上の砂箱

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} = \rho h \omega^2 u_0 \sin \omega t \quad (1), \text{但し } \omega (\text{radian/sec}) \text{ は入力加速度の円振動角速度である。}$$

この(1)式に $\sin \frac{m\pi}{a} x \cdot \sin \frac{n\pi}{b} y$ を積分核とする積分変換を施し、各境界辺で弾性固定とし、側板と底

板との接合部で $w=0$ 、 $M_x = K_0 \frac{\partial w}{\partial x}$ 又は $M_x = K_1 \frac{\partial w}{\partial x}$ とする。次ぎにその逆変換を施し、以下のような境界条件を考慮すると強制項(収束解)と閉じた項(関数解)を含む強制振動解<sup>3)</sup>が得られる。これを4本の境界条件を考慮すると(2)式のように整頓できる。

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{\omega} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ \frac{1}{\omega} a_{21} & a_{22} & \frac{1}{\omega} a_{23} & \frac{1}{\omega} a_{24} \\ \frac{1}{\omega} a_{31} & a_{32} & \frac{1}{\omega} a_{33} & \frac{1}{\omega} a_{34} \\ \frac{1}{\omega} a_{41} & a_{42} & \frac{1}{\omega} a_{43} & \frac{1}{\omega} a_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_n \\ A'_n \\ B_m \\ B'_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \omega^2 + A_2 \frac{1}{\omega} \\ B_1 \frac{1}{\omega} \\ C_1 \omega^2 + C_2 \frac{1}{\omega} \\ D_1 \omega^2 + D_2 \frac{1}{\omega} \end{bmatrix} \quad (2)$$

上式中、未知数(境界値) $A_n, A'_n, B_m, B'_m$ は、次のように示される。

キーワード：振動、固有振動数、振動台、砂箱、変位モード

連絡先（北海道苫小牧市字錦岡 443・電話 0144-67-8063・FAX 0144-67-8028）

$$A_n = \frac{S_n \left[ \left( \overline{M}_x \right)_{x=a} \right]}{D} \quad A_n' = \left( \frac{n\pi}{b} \right)^2 S_n \left[ \overline{w}_a \right] \quad B_m = \frac{DS_m \left[ \left( \overline{M}_y \right)_{y=0} \right] - S_m \left[ \left( \overline{M}_y \right)_{y=b} \right]}{2D} \quad B_m' = \frac{DS_m \left[ \left( \overline{M}_y \right)_{y=0} \right] + S_m \left[ \left( \overline{M}_y \right)_{y=b} \right]}{2D}$$

ここで、(2) 式の Determinant=0 とする振動特性方程式を求めて、 $\omega$  の固有値解析を行う。

### 3. 計算結果及び考察

試行錯誤法により以下の計算諸元で計算を進めた。  
 $a=50\text{cm}$ ,  $b=80\text{cm}$ ,  $h=0.8\text{cm}$ ,  $E=5.0 \times 10^4 \text{kg/cm}^2$ ,  $\rho=9.0 \times 10^{-4} \text{kg/cm}^3$ ,  $\nu=0.3$ ,  $\omega$  の初期値:  $25 \text{radian/sec}$ ,  $u_0=4.0\text{cm}$ ,  $K_0=0$ ,  $K_1=0$ ,  $m=11$ ,  $n=11$  である。その結果、図-2 のように得られた。まず入力する初期値として既報告<sup>2)</sup> の  $\omega=25(\text{radian/sec})$  (振動台 4Hz 入力相当) を与え、順次出力された固有値と入力した固有値の中間値をとって計算を繰り返す。出力値と入力値との差が縮まり 10 回目の試算においてほぼ収束したと見なし、 $\omega=41.6(\text{radian/sec})$  (振動台 6.6Hz 入力相当) を得た。一方、図-3 は実験結果との比較を示しており、これはピークアンドピーク 2cm における振動台の動作による周波数特性を表す。図中のポイントは空箱 0cm, 砂層厚が各々 10cm, 20cm, 30cm, 40cm を表しており、6Hz 近傍で共振現象の傾向が見られる。得られた解析結果の 6.6Hz Line と実験結果との比較から両者は妥当な一致が見られた。よって、この  $\omega$  の値を外れた領域で (2) 式の境界条件より  $A_n, A_n', B_m, B_m'$  等の未知数を決定し、板の変位  $w$  を求めることとなる。 $\xi$ ,  $\eta$  に関する各点における変位  $w$  のモードの一例を図-4 に示す。その他の結果は当日発表予定である。

### 参考文献

- 1) 澤田知之：地震時地盤の動的側壁に関する模型実験、苫小牧工業高等専門学校紀要 第 31 号、pp.89~93、1996.
- 2) 澤田知之、能町純雄、近藤 崇：地震時など振動時地盤における動的土圧の合力と作用位置について、土木学会第 56 回年次学術講演会、I -B040、2001.
- 3) 澤田知之、能町純雄、近藤 崇：振動台上に設置された実験箱の振動、土木学会第 57 回年次学術講演会、I -611、2002.

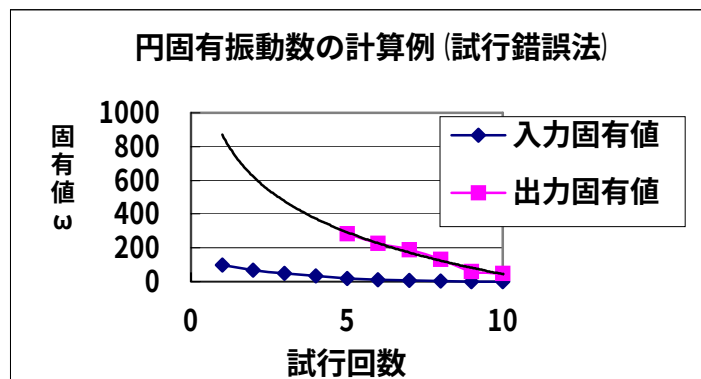


図-2 計算結果

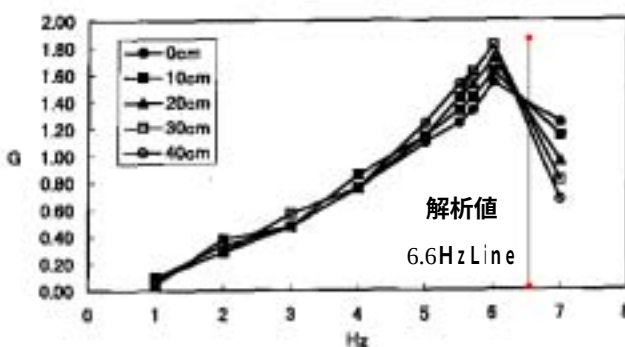


図-3 実験結果との比較

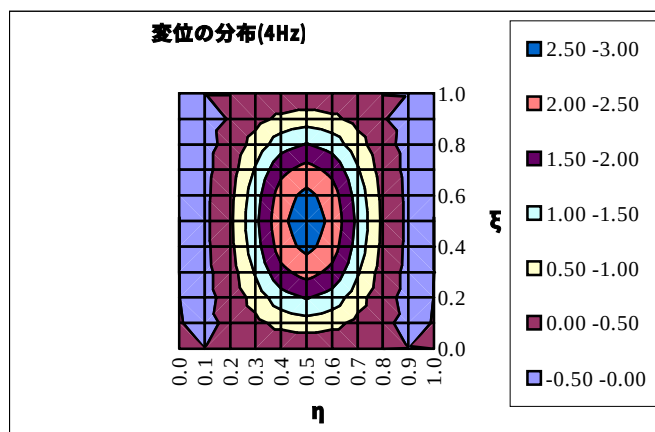


図-4 変位モード例