

振動台上における実験砂箱の振動について

On Vibration-behavior of the Experimental Sand-box on the Shaking Table

苫小牧高専 ○正員 澤田 知之 (Tomoyuki Sawada)
 フェロー 能町 純雄 (Sumio G Nomachi)
 苫小牧高専 正員 近藤 崇 (Takashi Kondou)

1. まえがき

筆者等の報告^{1), 2)}* では様々な着目点からモデル地盤による振動台実験を行ってきたが、共振現象と考えられる結果が現れ、実験の信頼性、整合性をさらに検討する必要に迫られた。この観点から、振動台上に設置された砂箱（実験箱）に対する2次元弾性論による動的解析を行った。本報告はその固有周期の存在を含む周波数特性を従来の実験諸元を元にして解析的に検討を進めたものであり、振動台を動かした際の振動台上の砂箱の解析対象面の変位モード及び各軸に対するモーメントを示した。すなわち、実験装置全体の分解能の検証を行う為の基礎的解析結果を述べたものである。

2. 解析概要

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 $U \sin \omega t$ とする。いま、振動台による板の応答を考えると、板は側板と底板とに接合され、上辺 ($y=b$) は弾性固定となっている。

板の 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、力のつり合い式は次の (1) 式のように示される。

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} = \rho h \omega^2 u_0 \sin \omega t$$

ω (radian/sec) は入力加速度の円振動角速度である。

(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 $w=0 \quad M_x = K_0 \frac{\partial w}{\partial x}$ 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、

(2) 式のような境界条件を考慮すると (3) 式のような強制項 (収束解) と閉じた項 (関数解) を含む変位解が得られる。

$$w_{y=b}=0 \quad w_{y=0}=0 \quad w_{x=0}=0 \quad (M_x)_{x=a}=0 \quad (2)$$

$$w = A_n \frac{1}{b\lambda} P_n(1-\xi) - A'_n \frac{b}{\pi^2} Q_n(\xi) + (1-\nu) \frac{1}{b\lambda} P_n(\xi) \\ + \left\{ B_m(P_m(\eta) + P_m(1-\eta)) + B'_m(P_m(\eta) - P_m(1-\eta)) \right\} \frac{1}{a\lambda} \\ + \frac{\rho h u \omega^2}{D} \sum_m \sum_n \frac{\sin(m\pi\xi) \cdot \sin(n\pi\eta) \cdot (1-(-1)^m) \cdot (1-(-1)^n)}{\pi^2 m n \cdot \Omega_{mn}}$$

(3)

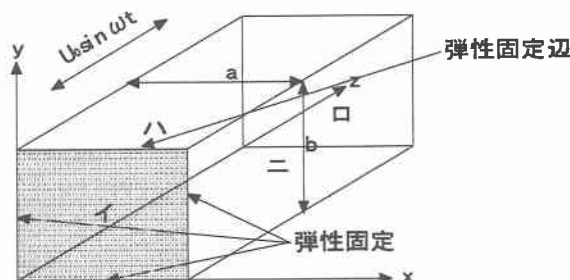


図-1 振動台上の実験砂箱全体図

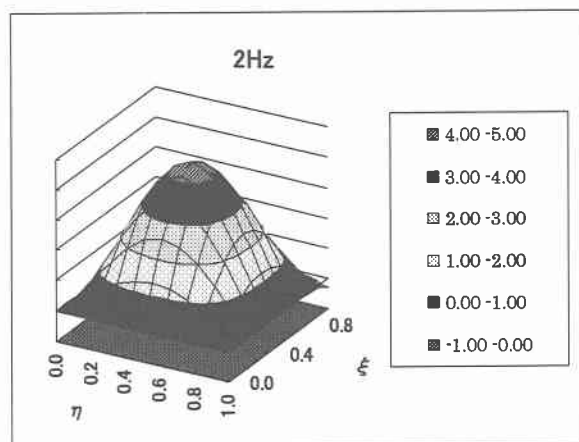


図-2 変位モード (2 Hz)

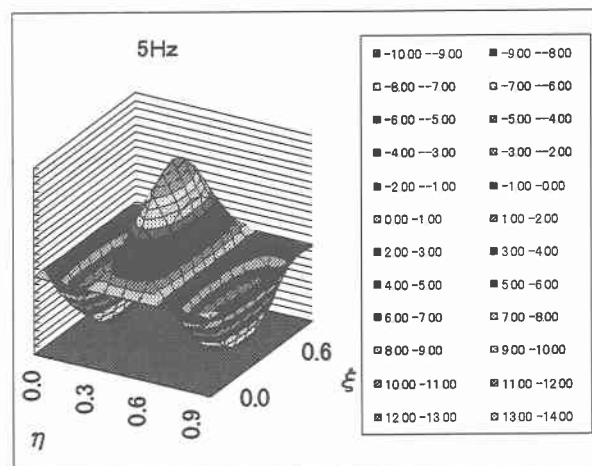


図-3 変位モード (5 Hz)

よって、上記の4つの境界条件によって(2)式中の
 を求めて ξ 、 η に関する各点における変位モード w を
 求め得る。また、板イの 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} とすれば、

$$M_x = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \quad (4)$$

$$M_y = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) \quad (5)$$

$$M_{xy} = -D(1-\nu) \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \quad (6)$$

但し、 $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ である。

3. 計算結果および考察

図-2～7に計算結果を示す。計算諸元は現有の実験
 装置を考え、次の値を用いた。 $a=80\text{cm}$ 、 $b=50\text{cm}$ 、 $h=0.8\text{cm}$ 、
 $E=5.0 \times 10^4 \text{kg/cm}^2$ 、 $\rho=9.0 \times 10^{-4} \text{kg/cm}^3$ 、 $\nu=0.3$ 、
 $\omega=25 \text{radian/sec}$ 、 $U_0=4.0\text{cm}$ 、 $K_1=0$ 、 $K_0=0$ 、であり、
 収束解の級数項は $m=11$ 、 $n=11$ で収束した。求めた境界
 値から変位 w を無次元化した距離の $\xi (x/a)$ と $\eta (y/b)$
 の値を 0.1 刻みで区切り、板を基盤の目状として、対応
 する各点における変位を計算した。図-2 は周波数が
 2Hz の場合で図-3 は 5Hz とした時の変位の計算結果
 である。図より、中心付近でピークを示し、外側に行く
 に連れ、小さくなったり反転している。これらの図は変
 位モードを明瞭にするために、弾性係数及び弾性固定の
 拘束係数 K_0 、 K_1 を小さくして計算を行った。図-2
 では、外力(つまり振動台の揺れ)による最大振幅が 4cm
 に対し、最大 2.8mm の応答変位を呈している。一般に
 周期が変われば、最大変位量も異なってくるが、今回は、
 最大変位が $U_0 = 4 \text{ cm}$ である強制変位を与えて計算を
 行っている為、この様な大きな変位が示されたと考えら
 れる。図-5～7は各軸廻りのモーメントを示したが
 変位との関係から実状とは差異があり、検討を要する。
 尚、その他の結果及び考察は当日発表する予定である。

参考文献

- 1) 澤田・能町・近藤：地震時地盤における深さ方向の
 性力分布の模型実験,土木学会第 53 回年次学術講義
 概要集、I - B 209, 1998.
- 2) 澤田・能・近藤：振動台上のモデル地盤における
 動的土圧の合力とその作用位置について、苫小牧工
 業高等専門学校紀要、第 36 号、pp.93～96, 2001.
- 3) 澤田・能町・近藤：地震時等の地盤における動的土
 圧分布の合力及びその作用位置について、土木学会
 北海道支部論文報告集第、57 号、pp.558～561, 2001.
- 4) 澤田・能町・近藤：振動台の上の砂箱内地盤モデル
 における動的応力と変位の弾性解,苫小牧工業高専
 門学校紀要、第 32 号、pp.95～112, 1997.

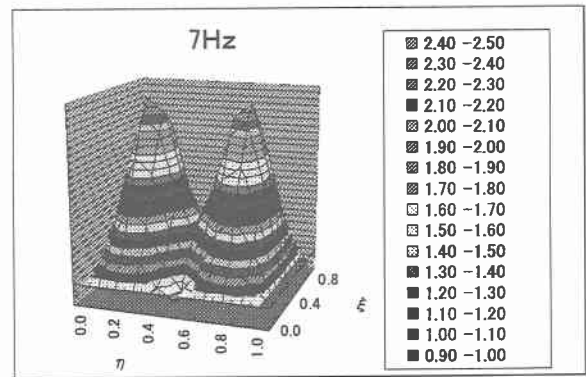


図-4 変位モード (7 Hz)

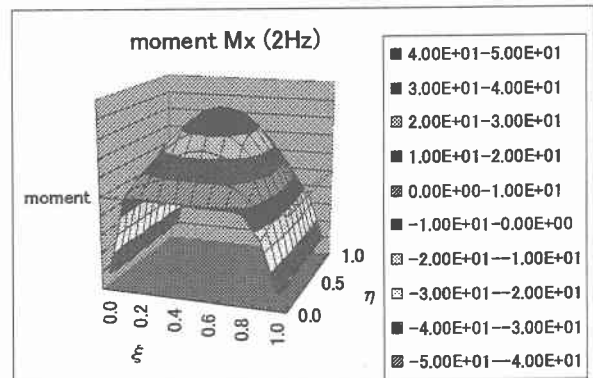


図-5 モーメント M_x (2 Hz)

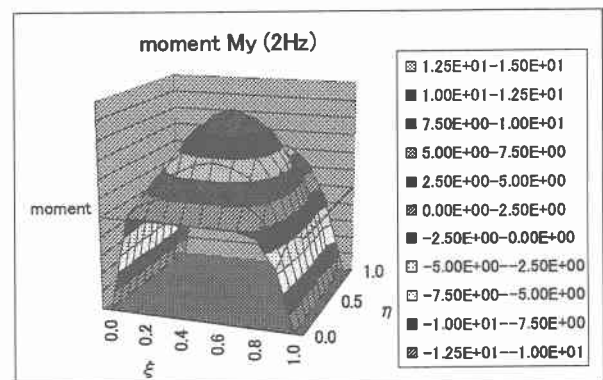


図-6 モーメント M_y (2 Hz)

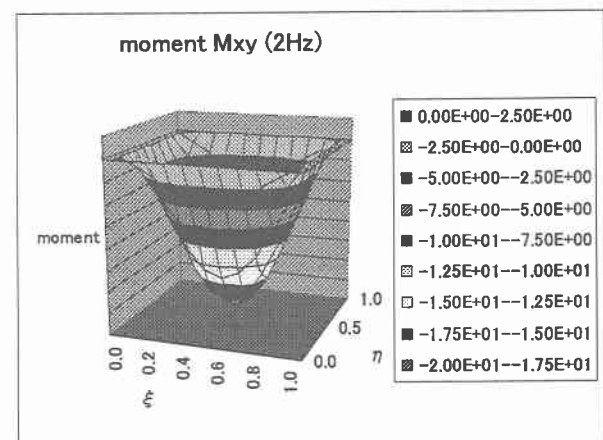


図-7 モーメント M_{xy} (2 Hz)