

I - B383

振動時地盤の側壁に対する土圧分布について

苦小牧高専 正 員 澤田 知之
正 員 能町 純雄
苦小牧高専 正 員 近藤 崇

1. まえがき

地震時等振動時地盤における側壁に作用する土圧は、深さ方向の分布形態は常時と異なると考えられ、静止土圧との差で示される慣性力分布も一定とはならないが、計算法は震度法に根拠を置いて擬静的に取り扱っている。そこで本稿では、水平方向の慣性力項と土の自重および地盤底部は入力波動と同様に振動すると考えた場合の動的二次元弾性論と *Hooke* の法則より導かれた、基礎方程式に有限 *Fourier* 変換を施して、境界条件を考慮した解を求めたものと、その模型実験結果と比較検討した例を報告するものである。

2. 理論概要

図-1 に示すような解析モデルにおいて、(1), (2) 式に示す基礎微分方程式に (3) 式に示す *Hooke* の法則を代入し、 x 方向、 y 方向に各々、有限 *Fourier-sine* 変換、有限 *Fourier-cosine* 変換を施してまとめる。

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \rho u = -\rho u_0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \rho v = \rho g \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{bmatrix} = \rho \begin{bmatrix} C_1^2 \frac{\partial}{\partial x} & (C_1^2 - 2C_2^2) \frac{\partial}{\partial y} \\ (C_1^2 - 2C_2^2) \frac{\partial}{\partial x} & C_1^2 \frac{\partial}{\partial y} \\ C_1^2 \frac{\partial}{\partial y} & C_2^2 \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad (3)$$

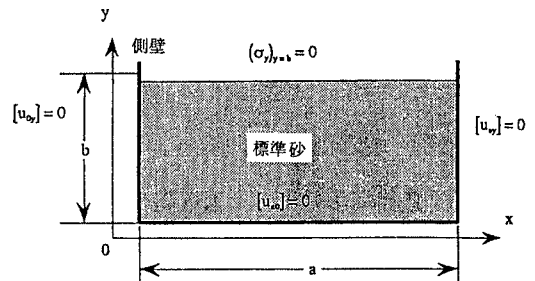


図-1 解析モデル

ここで、 ρ は砂の密度であり、 C_1 、 C_2 は各々弾性波の速度とせん断速度を表す。

これに壁両端 ($x=0, a$) で水平方向変位 $u=0$ と地表面 $y=b$ で $\sigma_y=0$ と $\tau_{xy}=0$ および底部 $y=0$ で各水平、鉛直変位が無い $u=0, v=0$ の境界条件を満足するように、未知の値を求める。逆変換を施し整理することにより、各々、水平方向相対変位 u 、鉛直方向相対変位 v を知る 図-2 常時土圧と振動時土圧

ことができる。この u を2度微分して x 方向の応力 σ_x を (4) 式のように求めることができる。

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_x}{\rho c_1^2} = & \left[\frac{(1-(-1)^n)}{2} \cos M_n \left[\frac{4U_0}{b} e^{\left[\left(1-Q_m(\eta) \frac{b^2}{\beta^2} + 2h(Q'_m(\eta) - Q_m(\eta)) \right) \right]} \right. \right. \\ & + \frac{2hA_s e \pi}{b^2 \beta^2} m e \{ -4h(m e)^2 (R'_m(\eta) - R_m(\eta)) + 2\beta^2 R'_m(\eta) + 2(1-2h)\beta^2 R_m(\eta) \} \\ & \left. \left. + \frac{2B_s e}{b^2 \beta^2} \{ 2h(m e)^2 (R_m(1-\eta) - R'_m(1-\eta)) + \beta^2 (1-2h) R_m(1-\eta) \} \right] \right] \quad (4) \end{aligned}$$

上式中に示される $Q_m(\eta)$ 、 $R'_m(\eta)$ 等々の関数は、逆変換の際にまとめられた閉じた解^{4) 5)} として示される。

次に、壁面に作用する振動時土圧の合力 P_A は、図-2 に示す常時土圧 (P_{A1}) と振動時土圧 (P_{A2}) との和で示され、閉じた関数によって、(5) 式のように示される。

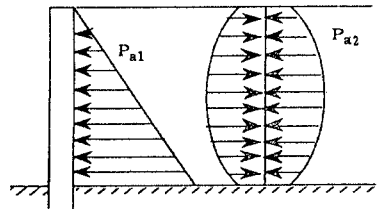


図-2 常時土圧と振動時土圧

key words : 地盤振動 (解析), 動的土圧, 模型実験

〒059-12 苦小牧市字錦岡443 TEL 0144-67-8063 FAX 0144-67-8028

〒275 習志野市泉町1-2-1 TEL 0474-74-2429 FAX 0474-74-2449

$$\begin{aligned}
 P_s &= P_{s1} + P_{s2} = P_{sg} b \left[\frac{(1-2h)}{2} b + \frac{4K}{F^2 r^2} P_s' \right] \\
 P_s' &= \frac{(1-(-1)^n)}{2} \left[b e \left\{ \left(1 - \frac{2}{\pi} \frac{\psi_n(0)}{\beta_n} \right) \frac{p^2}{\beta_n^2} + \frac{4h}{\pi} \left(\frac{\psi_n'(0)}{\beta_n'} - \frac{\psi_n(0)}{\beta_n} \right) \right\} \right. \\
 &\quad + X_n \frac{m e b}{\pi} \left\{ -4h(m e)^2 \left(\frac{\phi_n'(1)}{\beta_n'} - \frac{\phi_n'(0)}{\beta_n'} - \frac{\phi_n(1)}{\beta_n} + \frac{\phi_n(0)}{\beta_n} \right) + 2p^2 \left(\frac{\phi_n'(1)}{\beta_n'} - \frac{\phi_n'(0)}{\beta_n'} \right) + 2(1-2h)p^2 \left(\frac{\phi_n(1)}{\beta_n} - \frac{\phi_n(0)}{\beta_n} \right) \right\} \\
 &\quad \left. + Y_n \frac{b}{\pi} \left\{ 2h(m e)^2 \left(\frac{\phi_n(1)}{\beta_n} - \frac{\phi_n(0)}{\beta_n} - \frac{\phi_n'(1)}{\beta_n'} + \frac{\phi_n'(0)}{\beta_n'} \right) + (1-2h)p^2 \left(\frac{\phi_n(1)}{\beta_n} - \frac{\phi_n(0)}{\beta_n} \right) \right\} \right] \quad (5)
 \end{aligned}$$

3. 実験概要

写真-1に示すように、実験装置は動電型振動台（IMV-CMW-1000-5）上に、80cm×70cm×55cmの亚克力製砂箱に、豊浦標準砂（ $\gamma = 1.52 \text{ g/cm}^3$ ）を深さ40cmに充填したものを設置して、模型実験を行った。また、箱圧を25mmとし、側壁の変位が生じないようにしている。これに水平振動を与え、振動方向と直角な側壁面に作用する動的土圧を土圧計（KYOWA-BE-2KC）により、測定を地表から2.5cm、10cm、20cmおよび35cmの4点に貼り付けることにより測定した。

4. 解析値と実験値との比較

実験結果の中から、入力波10Hzの深さ方向の動的土圧分布を取り出して、解析値との比較を図-3、図-4に示す。入力波の加速度が0.1Gの場合では、理論値と実験値の分布は、同様の形態を示した。しかし、入力加速度が0.5Gと大きくなる場合では、その分布形態は大きく異なり、縁応力の存在を伺わせる結果となった。図-5には、静止土圧と0.1G、0.2G、0.3Gと入力加速度を増加させた場合の実験値を示す。これより、入力加速度が小さい場合は静止土圧との差で示される加速度分布は、深さ方向に一定となり震度法を裏付ける分布形態を示すが、大きな入力加速度では、ピーク値を持つ非線形分布形態を示している。そのほかの実験値・解析結果は当日発表予定である。



写真-1 実験概要

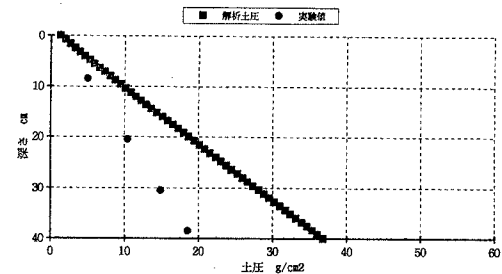


図-3 実験と解析値の比較 (10Hz, 0.1G)

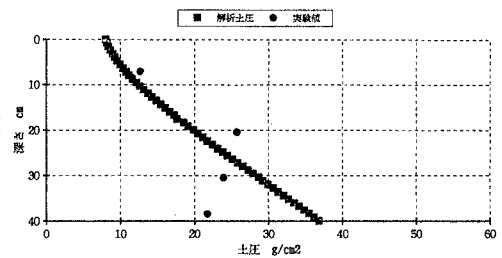


図-4 実験値と解析値の比較 (10Hz, 0.5G)

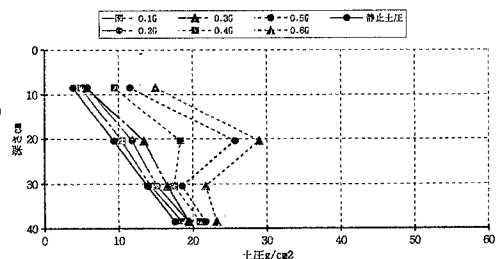


図-5 動的土圧変化の分布

参考文献：

- 1) 物部長穂：地震上下動に関する考察ならびに振動雑論，土木学会誌，Vol.10, No.5, pp.1063-1094, 1924.
- 2) Ichihara, M. and Matsuzaka, H.: Earth Pressure during Earthquake, Soils and Foundations, Vol.13, No.4, pp.75-86, 1974.
- 3) 大原資生：耐震工学，森北出版社，p.85, 1974.
- 4) 澤田・能町・近藤：地震時等における地盤の側壁土圧分布の振動台実験，土木学会北海道支部論文報 告集，第53号(A), pp.142-145, 1997.
- 5) Sawada, T. and Nomachi, S.G.: On Dynamic Pressure to Side Wall of a Box Filled Sand, 苫小牧高専紀要，第30号，pp.73-78, 1995.