

飽和粘性土の振動土圧について

山口大 正員 大原資生
同 上 山本哲朗
福岡市 正員 西田雄司

1. まえがき

先に、飽和粘性土の一連の振動土圧測定実験を行って、固定壁に作用する振動土圧分布は、粘性土層の含水比分布と密着関係にあることを明らかにした。^(1,2) さらに、含水比は剛性率に影響を及ぼす一つの因子であると考えて、結局、振動土圧分布の違いは、剛性率分布の差によって説明できることを示唆した。本報告はこの点を確認するために、粘性土の剛性率を測定し、その結果を基に、2, 3の計算法によって振動土圧を計算して、振動土圧分布の測定値は計算値と定性的に一致することを示している。

2. 粘性土層の作製および振動土圧測定実験

実験に用いた粘性土は宇部産粘土である。この粘土のおもな物理定数は次のとおりである。比重 (G_s) = 2.67, 50%粒径 (D_{50}) = 0.0015 mm, 液性限界 (w_L) = 57.6%, 塑性指数 (I_p) = 34.1%。

粘性土層の作製は次下の方法で行った。含水比が約70%の飽和スラリー状粘土を厚さ4mmの鋼板製振動箱(幅、長さおよび深さは58×100×30cm)内に5~6層に分割して詰めた後、上、下面両面排水条件下で圧密を行った。圧密は空気圧0.3 kg/cm²の下で、4~5週間行った。以上の方法で粘性土層を作製した後、空気圧を解放して、振動箱全体を振動台上にセットして、振動土圧測定実験を行った。

振動土圧の測定実験は振動台の加振方向を水平方向とし、振動箱全体に振動数(f) = 3 Hzの正弦波加速度を震度(k_h) = 0.1~0.4の範囲で段階的に与えた。振動土圧は振動箱の振動方向に直角な固定壁の中央鉛直線上で深さ(H)が5, 15, 25 cmの3ヶ所に取りつけた土圧計によって測定した。なお、実験後に測定した粘性土層の密度は1.70 g/cm³前後、飽和度は96%以上であった。

3. 振動土圧分布

実験は12回行ったが、実験から得た振動土圧分布は図-1(a), (b)に示すように、2つのタイプに分かれた。同図から、分かるように、すべての実験での粘性土層の平均的含水比は50%前後であったが、図-1の結果および他の結果を総合的に検討して、振動土圧分布と含水比分布間には次に述べる関係があることが分かった。深さ方向の含水比の差が2%程度以下で粘土層が均一と考えられる場合、振動土圧分布は(a)のように浅い所で土圧の大きい分布となる。これに対して、含水比が深さが増大するに伴って減少する場合、振動土圧分布は(b)のようにH=15 cmで土圧のもっとも大きい分布となる。

4. 振動土圧の解析

固定壁に作用する振動土圧の解析は(1)式の波動方程式を(2)式

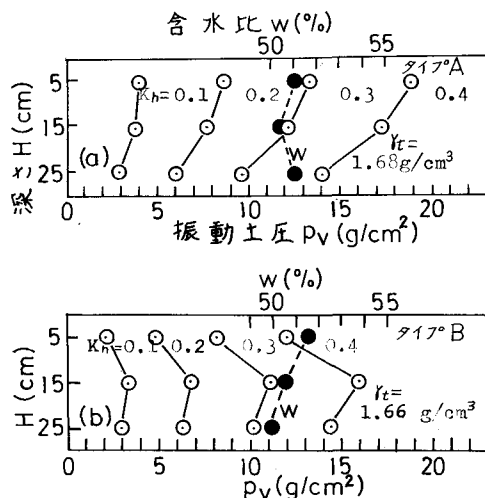


図-1 振動土圧分布および含水比分布の代表例

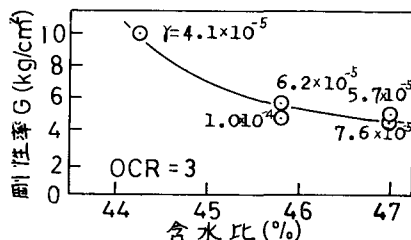


図-2 剛性率と含水比の関係

の境界条件の下で、通常の級数解法 (SM)、差分法 (DM) および FEM で行った。

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = C_1^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + C_2^2 \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + k_h g \sin p t \quad (1)$$

$$(U)_{x=0} = (U)_{y=0} = 0, \quad (\partial U / \partial y)_{y=H} = 0 \quad (2)$$

ここで、 U : 地盤の水平変位、 C_1, C_2 : それぞれ、縦波および横波の伝播速度、 k_h : 水平震度、 g : 重力加速度、 t : 時間、 p : 円振動数

解析において必要な剛性率 (G) を含水比との関係から求めるために、実験後の粘性土層から、サンプリングを行って得た試料を用いて、単純せん断試験によって剛性率を測定し、図-2の結果を得た。図-2から、剛性率は含水比が増加すると、わずかではあるが減少するのが認められる。なお、図中の結果はせん断応力のくり返し回数が20回の場合であり、 γ はせん断ヒズミを示す。振動実験時に粘性土表面の中央で測定した変位から計算した γ は $k_h = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ の場合、それぞれ、 $4.1 \times 10^{-5}, 8.8 \times 10^{-5}, 1.6 \times 10^{-4}, 2.4 \times 10^{-4}$ 程度であった。

図-3は $G = 5.2 \text{ kg/cm}^2$ で深さ方向で一定として、SM, DMで振動土圧を計算した結果である。両者の解析結果から $H = 0 \text{ cm}$ で10%程度の差が見られるが、これは、SMでは、Modal analysis によっているのに対して、DMでは地盤を水平および鉛直方向に分割するためである。なお、DMはSMに比べて深さ方向での地盤の条件すなわち剛性率および密度等を任意に変えて解析することが容易である。

図-4は、タイプAの振動土圧分布のすべての実験値とDMによる計算値を示している。計算値はポアソン比 (ν) に非常に影響されるのがわかる。ここで $\nu = 0.3$ と仮定すると、1, 2の実験結果および $H = 25 \text{ cm}$ 付近の結果を除けば、実験値と計算値はほぼ一致する。

図-5は、数種の剛性率分布に対して振動土圧分布をFEMで計算した結果を示す。さて、図-2の剛性率～含水比の関係および図-1のタイプA, Bの振動土圧分布の場合の含水比分布特性を考え合わせると、タイプA, Bの剛性率分布は定性的に図-5(a)中、それぞれ⑤, ⑥の分布になると考えられる。両者の振動土圧分布は図-

5(b)に示すように、浅い所で土圧がもっとも大きい分布、 $H = 15 \text{ cm}$ で土圧がもっとも大きい分布となり、ここで計算した振動土圧分布は図-1の実験値と定性的に一致する。最後に、本研究は昭和53年度文部省科学研究費の補助を受けたことを付記する。文献 1) 大原、山本、西田: 飽和粘性土の地震時土圧の実験的研究, 工学会中国四支部昭和53年度年講, 1978 2) 同上: 地震時、粘性土の振動土圧について, 山口大学工学部研究報告, 29巻, 1号, 1978

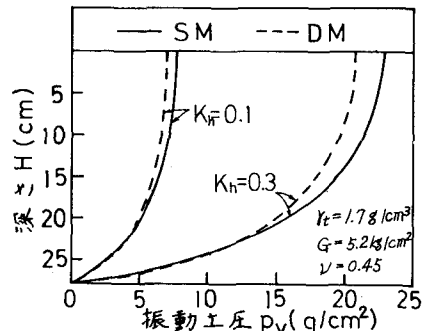


図-3 振動土圧の計算値

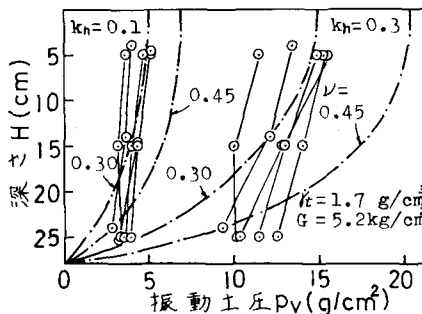


図-4 振動土圧分布の実験値と計算値

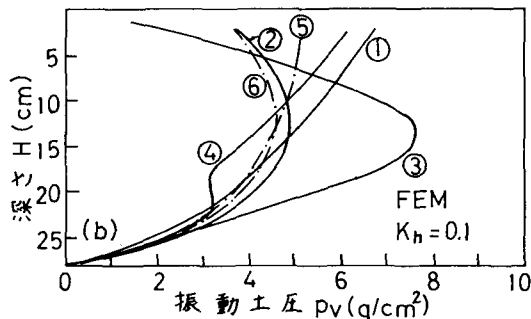
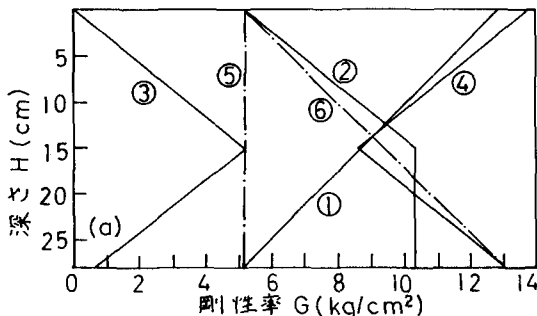


図-5 剛性率分布と振動土圧の関係