

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

苦小牧高専 正員 澤田 知之
 フェロー 能町 純雄
 苦小牧高専 正員 近藤 崇

1. はじめに

筆者等がこれまで行ってきた一連のモデル地盤に於ける振動台実験から、振動時地盤の動的土圧分布や振動土圧振幅は、入力波によっては線形分布や一定の分布とはならず非線形分布となることが明らかとなっている（図-1）。特に加速度が0.3Gを超えるような低周波入力時には静止状態と大きく異なる分布状態となる結果が得られている¹⁾。

本稿は、前回の報告²⁾に続いて振動台による動的モデル地盤の実験を剛な壁面に対する動的土圧として捉えて、その合力と作用位置の検討を内部摩擦角(φ)、壁摩擦角(δ)及び入力波速度比(p)のパラメータの変化について考察したものを報告するものである。

2. 解析概要

既往の発表で、土は弾性体として2次元弾性論の平面歪み状態に於ける動的解析からその弾性解³⁾を求めている。よって振動時全土圧P_Aは、常時土圧P_{a1}と振動時土圧P_{a2}の和として次の(1)式として示され、作用位置H_aは壁先端における転倒モーメントG_Aから(2)式のように表される。又、式中のg'a₂及びp'a₂は各々(3)、(4)式で示され、式中記号のρ:密度、k:震度、p:入力波速度比、e=b/a等である。また、X_m、Y_mは境界未知数であり境界条件³⁾より定められる。同様に、φ_m、φ'_m、ψ_m、ψ'_mなどは深さ方向のパラメータη=y/bで一義的に決まる関数である。尚、解析諸元は図-2に示すような実験模型を対象とした。

$$P_A = P_{a1} + P_{a2} = \rho g b \left\{ \frac{(1-2h)}{2} b \pm \frac{4K}{P^2 \pi^2} P'_{a2} \right\} \quad (1)$$

$$H_a = \frac{G_A}{P_A} = \frac{(1-2h)b^2 P^2 \pi^2 \pm 24K g'_{a2}}{3 \left\{ (1-2h)b P^2 \pi^2 \pm 8K P'_{a2} \right\}} \quad (2)$$

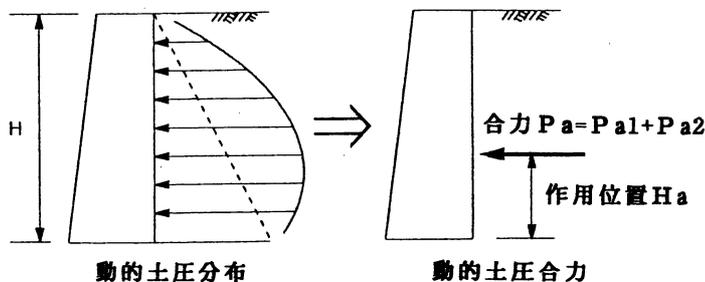


図-1 一般図

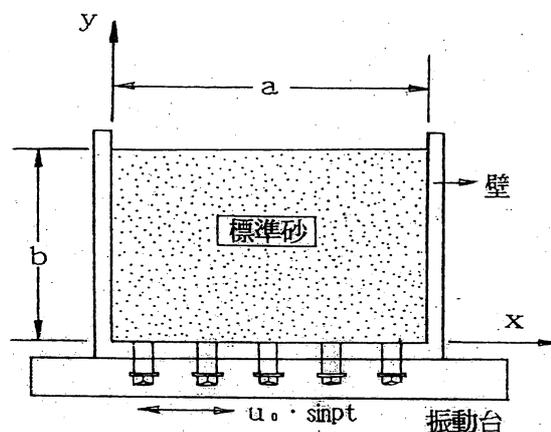


図-2 解析モデル図

$$g'_{a2} = \sum_m \frac{(1-(-1)^m)}{2} \left[b^2 e^{\left\{ \frac{1}{2} - \frac{1}{\pi} \frac{\psi'_m(0)}{\beta'_m} \right\} P^2 + \frac{2h}{\pi} \left(\frac{\psi'_m(0)}{\beta'_m} - \frac{\psi_m(0)}{\beta_m} \right)} \right] \\
+ X_m \frac{m e b^2}{\pi} \left\{ -4h(m e)^2 \left(\frac{\phi'_m(1)}{\beta'_m} - \frac{1}{\beta_m^2 \pi} - \frac{\phi_m(1)}{\beta_m} + \frac{1}{\beta_m^2 \pi} \right) \right. \\
+ 2P^2 \left(\frac{\phi'_m(1)}{\beta'_m} - \frac{1}{\beta_m^2 \pi} \right) + 2(1-2h)P^2 \left(\frac{\phi_m(1)}{\beta_m} - \frac{1}{\beta_m^2 \pi} \right) \left. \right\} \\
+ Y_m \frac{b^2}{\pi} \left\{ 2h(m e)^2 \left(\frac{1}{\beta_m^2 \pi} - \frac{\phi_m(0)}{\beta_m} - \frac{1}{\beta_m^2 \pi} + \frac{\phi'_m(0)}{\beta'_m} \right) \right. \\
+ (1-2h)P^2 \left(\frac{1}{\beta_m \pi} - \frac{\phi_m(0)}{\beta_m} \right) \left. \right\} \quad (3)$$

キーワード： 振動時地盤、動的土圧合力、作用位置、二次元弾性論

連絡先 (〒059-1275 苦小牧市錦岡443 Tel.0144-67-8063 FAX 0144-67-8028)

$$\begin{aligned}
 P_{a2}' = & \sum_m \frac{1-(-1)^m}{2} \left[be \left\{ \left(1 - \frac{2\psi_m(0)}{\pi\beta_m} \right) \frac{P^2}{\beta_m^2} + \frac{\psi h}{\pi} \left(\frac{\psi_m'(0)}{\beta_m'} - \frac{\psi_m(0)}{\beta_m} \right) \right\} \right. \\
 & + X_m \frac{meb}{\pi} \left\{ -4h(me)^2 \left(\frac{\phi_m'(1)}{\beta_m'} - \frac{\phi_m'(0)}{\beta_m'} - \frac{\phi_m(1)}{\beta_m} + \frac{\phi_m(0)}{\beta_m} \right) \right. \\
 & + 2P^2 \left(\frac{\phi_m'(1)}{\beta_m'} - \frac{\phi_m'(0)}{\beta_m'} \right) + 2(1-2h)P^2 \left(\frac{\phi_m(1)}{\beta_m} - \frac{\phi_m(0)}{\beta_m} \right) \left. \right\} \\
 & + Y_m \frac{b}{\pi} \left\{ 2h(me)^2 \left(\frac{\phi_m(1)}{\beta_m} - \frac{\phi_m(0)}{\beta_m} - \frac{\phi_m'(1)}{\beta_m'} + \frac{\phi_m'(0)}{\beta_m'} \right) \right. \\
 & \left. \left. + (1-2h)P^2 \left(\frac{\phi_m(1)}{\beta_m} - \frac{\phi_m(0)}{\beta_m} \right) \right\} \right] \quad (4)
 \end{aligned}$$

3. 計算結果及び考察

いま図-3に震度kを0.3Gで入力波速度比 $p^2 \approx 1/100$ ($p \approx 0.1$)の場合で土の内部摩擦角 ϕ を $20^\circ \sim 40^\circ$ まで変化させた場合の動的土圧合力 P_A の結果を示す。

これ等より、本解析値及び物部の式⁴⁾から計算される土圧合力の両者とも壁摩擦角 δ が大きくなる程、小さな値を取る傾向が示されるが、いずれもその差は僅かであり δ の影響は小さいと考えられる。全体的に、本解析値は物部式の結果より小さい値となり、本解析が過小評価となることを示す。内部摩擦角 ϕ が大きくなると、両者は数%の誤差範囲内で一致する。図-4は ϕ を 32° と固定し入力波速度比 $p \approx 0.013$ の場合と図-5にはこの波速度比がほぼ10倍となる $p \approx 0.1$ の場合の震度kの変化による δ の違いを含んだ、動的土圧合力の解析結果を示す。両図の結果は $k=0$ (静止状態)では物部式と本解析の値は一致し、妥当な結果となっている。一方、 p は(せん断波速度/弾性波速度)で表される為 p が大きい程、締め固まった地盤を表し、せん断波速度が小さい地盤は、軟弱地盤を意味するすることになる。よって、図-5に於ける $p=1/10$ 程の所で本解析値は物部式の結果とよく合うことを示している。一方、 δ に関しては前述と同様に影響は小さいことを示している。図-6には図-5と同条件での合力作用位置 H_a の結果を示す。この場合も山口の式⁵⁾とよい一致を示した。

その他の結果については当日発表の予定である。

参考文献

- 1) 澤田・能町・近藤：振動台による地震時土圧の模型実験、土木学会第54回年次学術講演会、I-B399,1999.
- 2) 澤田・能町・近藤：振動時地盤における動的土圧の合力及び作用位置に関する研究、土木学会第55回年次学術講演会、I-B361.
- 3) 澤田・能町・近藤：振動台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、苦小牧高専紀要、第32号、PP. 95-112,1997.
- 4) 物部高穂：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.
- 5) 最上武雄編：土質力学、技報堂出版、1982

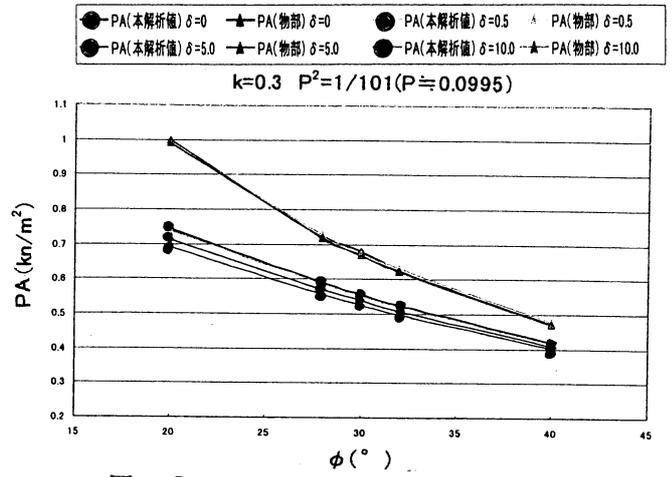


図-3 ϕ の変化による動的土圧 P_A

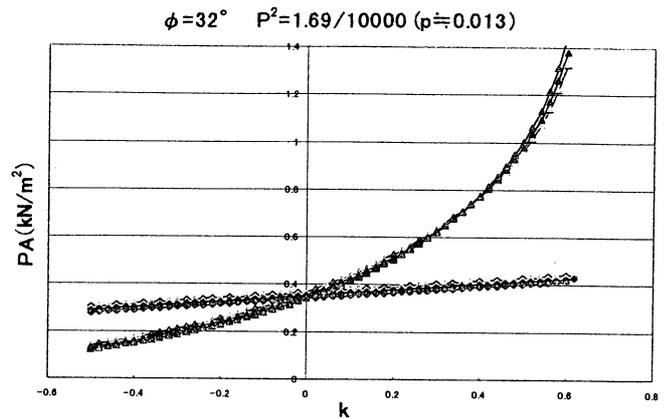


図-4 震度kの変化による動的土圧 P_A

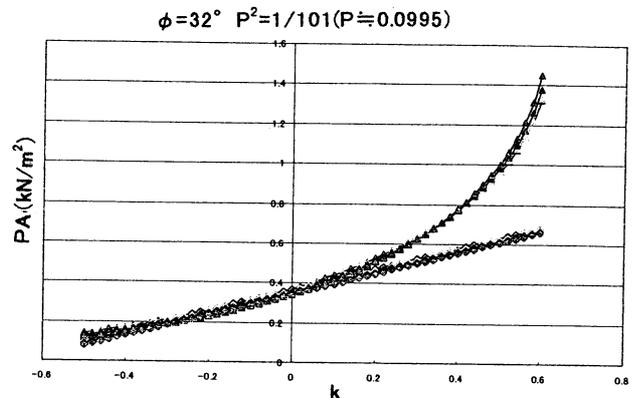


図-5 震度kの変化による動的土圧 P_A

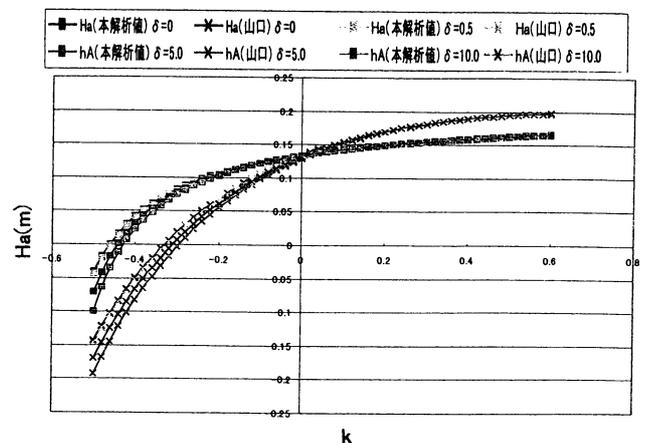


図-6 震度kの変化による作用位置 H_a