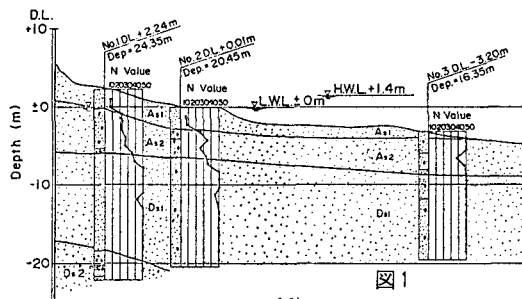
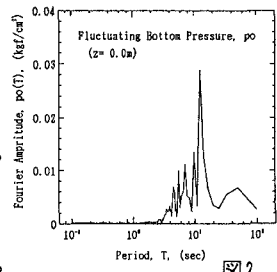


1. ま え が き 筆者ら<sup>1)</sup>はこれまで波浪荷重による海底地盤の解析手法について研究を行ってきた。本研究では善、山崎<sup>2,3)</sup>による海底地盤中の間隙水圧の原位置観測結果に基づいて、解析手法の適用性を検討する。本報告では著者らが開発した動的有限要素法を適用し、 $\bar{h}$ ラマトリクス法<sup>4)</sup>を通して観測値と計算値の比較を行った結果、解析手法は実地盤における間隙水圧変動を十分な精度で説明できることが明らかになった。

2. 実地盤における間隙水圧変動の観測 観測は運輸省の波崎海洋研究施設で行われたもので、観測地点の地質断面図を図1に示す。地層 $A_{S2}$ はN値=21~50であり十分に固くて透水係数が小さいと判断できるので、解析はN値=6~8程度の地層 $A_{S1}$ を対象に行った。これより観測地点の地盤を、剛で不透水な基盤上の一様な厚さ(2.3m)を持った地盤としてモデル化を行った。波高、海底面での水圧変動、および海底面から0.15、0.65、1.15mの深さにおける間隙水圧を100秒間にわたり0.05秒の間隔で測定している。海底面での水圧変動をフーリエ解析した結果を図2に示す。周期Tは、4.0から20.0秒の成分が卓越していることが分かる。本研究では、周期T=1.0(s)以下の波をノイズとして除去し、海底中の過剰間隙水圧についても同様な処理を行った。以下ではこれを用いている。



観測はすべて1地点で行ったものであるが、微小振幅波理論に基づくと周期の異なる各成分波の波長(あるいは波速)を水深と周期の関係から計算することができ、これにより水平方向に離れた任意地点の海底面の水圧変動を推定している。



3. 解析手法 有限要素法に基づいた動的な解析手法を用いている。式(1)に示すBiotによる多孔質体の運動方程式<sup>4)</sup>を採用し、また式(2)で与えられる連続条件を用いている(詳細については既報<sup>1)</sup>を参照)。

$$\begin{aligned} (1-n)\rho_s \ddot{u}_s - (1-n)\rho_s g + (1-n)\rho_f(g - \ddot{u}_f) + n \frac{\rho_w \langle g \rangle}{k} (\dot{u}_s - \dot{u}_f) + \nabla \sigma_s &= 0 \\ n \rho_f \ddot{u}_f - n \rho_f g - (1-n)\rho_f(g - \ddot{u}_f) - n \frac{\rho_w \langle g \rangle}{k} (\dot{u}_s - \dot{u}_f) + \nabla \sigma_f &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

$u_s$ ; absolute displacement of solid structure  $g$ ; gravity acceleration  
 $u_f$ ; absolute displacement of fluid  $\langle g \rangle$ ; intensity of gravity acceleration, ( $= \sqrt{g_z^2 + g_y^2}$ )  
 $n$ ; porosity  $k$ ; permeability coefficient  
 $\rho_s$ ; bulk density of solid particle  $\nabla \sigma_s, \nabla \sigma_f$ ; stress gradients action on solid structure and pore fluid  
 $\rho_f$ ; bulk density of fluid

$$(1-n)\Delta \epsilon_{vs} + n \Delta \epsilon_{vf} = (1-n) \frac{\Delta \sigma_{ms}}{K_s} + n \frac{\Delta \sigma_{mf}}{K_f} \quad (2)$$

$\Delta \epsilon_{vs}$ ; volumetric strain increment of solid structure  $K_s$ ; bulk modulus of solid itself  
 $\Delta \epsilon_{vf}$ ; volumetric strain increment of fluid  $K_f$ ; bulk modulus of fluid  
 $\Delta \sigma_{mf}$ ; fluid pressure, ( $= p$ )

筆者ら<sup>1)</sup>はこれまでに、支配方程式における速度項や加速度項を考慮しない静的解法や準静的解法と比較して、動的有限解析手法が有効であることを示している。

4. 解析条件 解析に用いた地盤の物性値は、善らが現地で採取した試料を用いて行った室内試験に基づいて決定した。間隙水の体積圧縮率 $B_f$ の値については、善らは $2.556 \times 10^2 \text{ kgf/cm}^2$ の値を与えているが、この値では深くなるにつれ一貫性がよくなかった。 $B_f$ は間隙水の飽和度に対して極めて敏感で、試験により精度よく求めることがきわめて困難な $\bar{h}$ ラメータであり、本研究では $\bar{h}$ ラマトリクス法により実測値と計算値の一致度が良くなるように決定した。図3に3種類の $B_f$ についての解析結果をまとめている。この他にもいくつかの値で計算を行っているが、その結果、 $B_f = 1.0 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ とした。これらを表1にまとめる。

土粒子の体積圧縮率 $B_s$ 、せん断剛性率 $G_s$ の値は初期有効拘束圧に比例して線形的に増加するものとした。

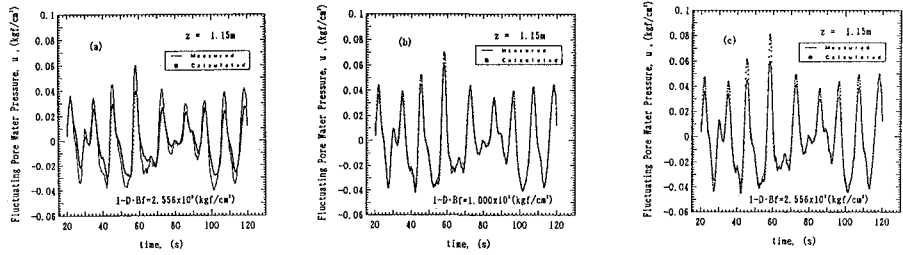


図3

解析領域は、深さ方向は2.3m、水平方向は測定地点を原点とし-6~6mとした。メッシュは1次元解析では1x16、2次元解析では32x16とした。時間ステップは十分に小さな、0.1(s)とした。

**5. 解析結果と考察**

図4は、それぞれの解析結果をまとめたものである。全般に解析結果は実測値とよく一致している。図4の上図と下図はそれぞれの深さの1次元と2次元解析の結果だが、これから分かるように1次元解析と2次元解析で差は全くと言っていいほどない。これは図2にあるように周期がほぼ4.0~20.0(s)の範囲では波長がおおよそ12~120mになり、地盤の厚さに対して非常に波長が十分に大きいためだと思われる。この場合でも、地盤が厚くてさらに深いところでの間隙水圧が測定されていたならば、1次元解析と2次元解析では差がみられ、2次元解析が必要となるであろう。

水深 H	4.0 m
海底地盤の厚さ H'	2.3 m
水平方向の解析領域	12.0 m
水の密度 $\rho_f$	1.000 g/cm <sup>3</sup>
土粒子の密度 $\rho_s$	2.69 g/cm <sup>3</sup>
間隙率 n	0.446
透水係数 k	1.5x10 <sup>-4</sup> m/sec
間隙水の体積圧縮率 Bf	1.0x10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>3</sup>
土骨格のせん断剛性率Gs	1.91x10 <sup>2</sup> x(2z/H') kgf/cm <sup>2</sup>
土骨格のポアソン比 $\nu$	1/3
土骨格の体積圧縮率 Bs	Gs/(1-2 $\nu$ )

表1

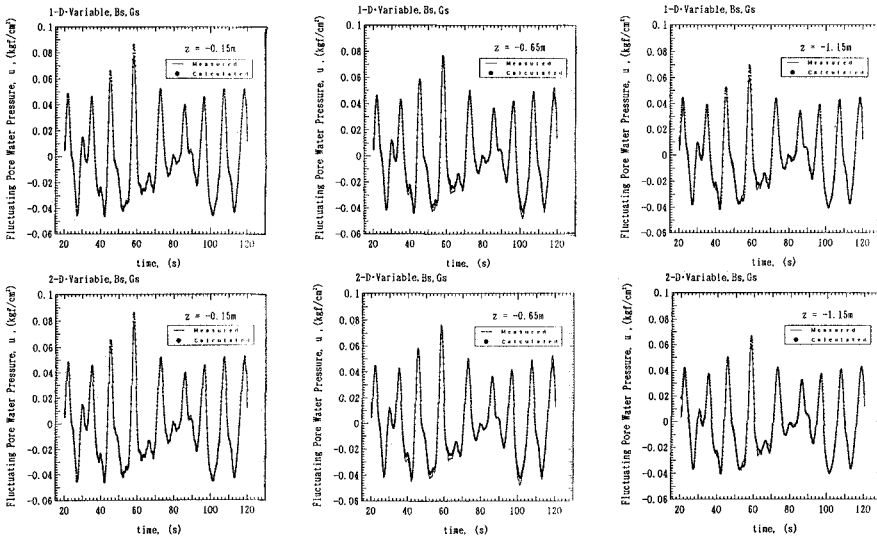


図4

**6. まとめ**

動的な有限要素法解析を適用して、実地盤中の間隙水圧変動を計算した。間隙水の体積圧縮率はパラメトリックスタディによって得られた値としたが、そのほかの物性値については室内試験によって得られた値を用いた。その結果、計算値と観測値の比較は良好で、解析手法の妥当性を示すことができた。

**7. あとがき**

本研究を行うにあたっては、善功企氏(運輸省港湾技術研究所)に貴重なデータを提供して戴きました。また本大学の土岐先生には日頃より貴重なご意見を戴いております。末筆ながら記して感謝の意を表わします。

**[参考文献]**

- 1) 三浦、林(1991);第26回土質工学研究発表会,掲載予定.
- 2) 善、山崎(1990);土木学会誌, Vol. 75, pp. 10-11.
- 3) 善、山崎、佐藤(1989);港湾技術研究所報告, Vol. 28, No. 3, pp29-57.
- 4) Biot(1941); Journal. App. Phys., Vol. 12, pp. 155-164.