

波浪による液状化に関する一考察

鹿児島大学工学部 学生員 植松 正美  
 同上 正員 北村 良介

1. はじめに

波浪による液状化問題はこれまで多くの理論、実験に基づく研究、またいくつかの現地計測による報告がなされている<sup>1)</sup>。これらの多くは、波の変動によって引き起こされる地盤内の間隙水圧変動に注目したものである。

一方、北村らはダルシー則による間隙流体の挙動をもとにした地盤内の間隙水圧変動の評価式を用いたモデルを提案している<sup>2)</sup>。本報告ではこの間隙水圧変動の評価式を用い北村らの示した手順に従い、パーソナルコンピュータによる数値実験を行い、若干の考察を加えている。

2. シミュレーション・モデル

波浪による液状化は波の変動による地盤上の水圧変化が地盤内に深さ方向に減衰、遅れをもって伝わることにより見かけ上過剰間隙水圧が生じることによるものと考えられている。一般に地盤内の鉛直有効応力は次式のように表される。

$$\sigma'_{v0} = \gamma' z \tag{1}$$

$$\sigma'_v = \gamma' z + (P_s - P_w) \tag{2}$$

ここに、 $\sigma'_{v0}$  : 静穏時の深さ  $z$  での鉛直有効応力、

$\gamma'$  : 海底地盤の水中単位体積重量、

$P_s$  : 海底地盤表面での変動水圧、

$P_w$  : 海底地盤内での変動間隙水圧、

$\sigma'_v$  : 海底地盤の深さ  $z$  での鉛直有効応力。

(3) 式より  $\sigma'_v \leq 0$  なるとき地盤は有効応力を失い液状化しているものと考えられる。

つぎに地盤内の間隙水圧変動の評価式であるが、モデルについては参考文献<sup>2)</sup>で説明を行っているので本報告では簡単に説明するにとどめる。まず、図-1のように地盤を  $n$  層に分割する。そのうち第  $m$  層に注目すると任意の微小時間における間隙水圧変動は次式のように表される。

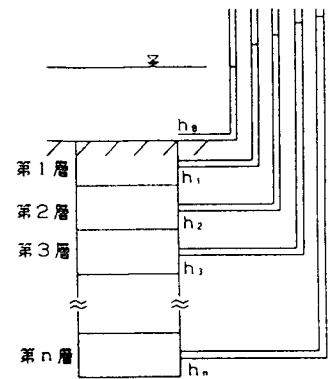


図-1 海底地盤のモデル化

$$(\Delta P_m)_j = \frac{(\Delta V_m)_j}{1 + e} \cdot \gamma_w \tag{3}$$

ここに、

$(\Delta P_m)_j$  : 時刻  $(j-1)$  から時刻  $j$  までの  $\Delta t$  時間の間の第  $m$  層での間隙水圧の変化、

$(\Delta V_m)_j$  : 時刻  $(j-1)$  から時刻  $j$  までの  $\Delta t$  時間の間の第  $m$  層での間隙水量の変化、

$e$  : 間隙比,  $S$  : 土柱の断面積,

$\gamma_w$  : 水の単位体積重量。

図-2は上述の式を用いて作成されたシミュレーションプログラムのフローチャートを示している。なお、地盤上の水圧変動は微小振幅波理論による。

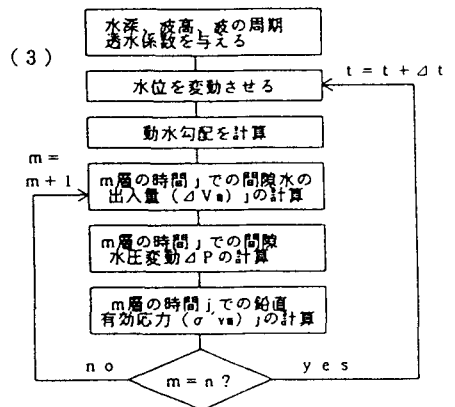


図-2 解析フローチャート

3. 結果と考察

数値実験の入力データは表-1に示すとおりである。各ケースにおいて周期をそれぞれ 8 (s)、とって、4 (s) としてあり、その他の条件は同じにしてある。数値実験より得られた各時刻の深さ

方向の (a) は鉛直有効応力変動の分布、(b) は間隙水圧変動の分布が図-3 に示してある。

数値実験の結果より、周期が短ければ地盤内の間隙水圧変動はほとんど見られない結果となっているが、鉛直有効応力変動に対する間隙水圧変動の影響はいずれのケースもほとんど無視できる。したがって、式(2)より鉛直有効応力変動に影響を与えているのは地盤上の水圧変化となっている。このことは今後の検討事項である。

表-1 数値実験の入力条件

ケース	水深 (m)	波高 (m)	波長 (m)	周期 (sec.)	初期透水係数 (cm/sec.)	初期 間隙比	層の 分割数
1	1.0	2.5	70.85	8	2.844	0.8	20
2	1.0	2.5	24.65	4	2.844	0.8	20

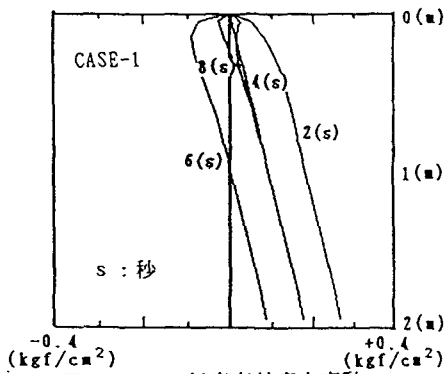


図-3(a) 鉛直有効応力変動 (ケース1)

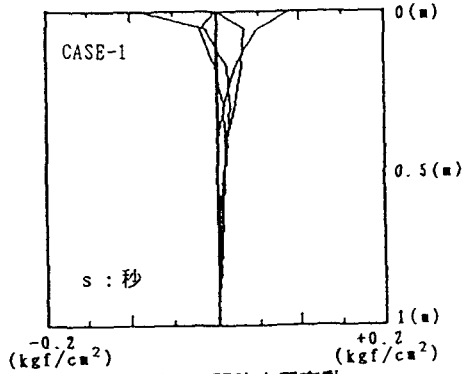


図-4(a) 間隙水圧変動 (ケース1)

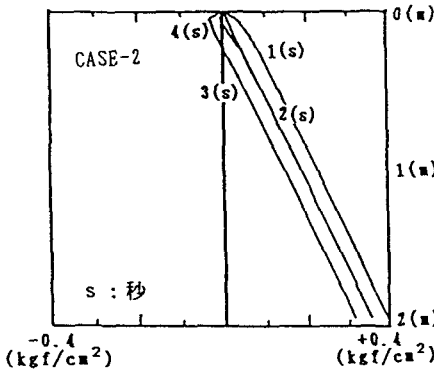


図-3(b) 鉛直有効応力変動 (ケース2)

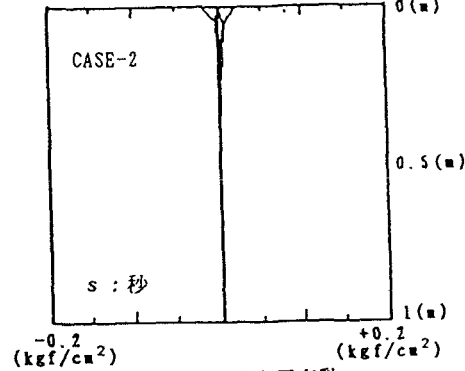


図-4(b) 間隙水圧変動 (ケース2)

#### 4. あとがき

波浪による液状化のメカニズムを解明するためのシミュレーション・モデルの提案とそれを用いた数値実験を行い、若干の考察を加えた。現段階では間隙水圧の変動に注目した実際の現象を表現できているとはいいがたい部分も多く今後の課題は多い。現在のモデルでは地盤内の間隙水圧変動を十分評価できておらず、今後は現地計測との比較も含めてモデルの妥当性の検討が必要である。

≈参考文献≈

- 1) 例えば 善功企、山崎浩之、渡辺篤；海底地盤の波浪による液状化および高密度化、港湾技術研究所報告、第26巻、第4号、pp.125-180,1987.
- 2) Kitamura, R. and Hsu, J.R.C.; Simulation model for wave-induced liquefaction on sedimentary seabed, 第46回土木学会講演概要集、Ⅲ部、pp.260-261,1991.