

III-296 二相混合体理論による飽和砂地盤の解析について

岐阜大学工学部 正会員 岡 二三生
 岐阜大学工学部 正会員 八嶋 厚
 (株) 鴻池組 正会員 ○ 加藤 満

1. はじめに

本研究では有限要素法と差分法を用いた二次元液状化解析法を提案し、本解析法の精度、実地盤への適用性、砕石ドレーン工法への応用などについて既に報告した¹⁾²⁾。ここでは海底地盤の水圧変動による液状化問題に対して解析を行い、本解析法の適用性を調べる。また、液状化のみならず浸透破壊問題に対しても解析を試み、その適用性について考察する。

2. 解析法について

本研究では、Biotの二相混合体理論³⁾に立脚した支配方程式²⁾を用いている。その際、時間積分としてはニューマークの β 法を用い、連立する支配方程式はガウスの消去法で解いている。砂の構成式としては、既に報告されている足立・岡⁴⁾の繰返し弾塑性構成式(1988)を用いた。本構成式は、 π 面上での円形応力径路などの、より一般的な三次元応力下での土の挙動を表現することができる。液状化の判定については、数値計算上の制約から、平均有効応力が初期の5%に達したとき及び応力比が破壊応力比の95%に達したときとした。なお、液状化後はバイリニア型⁵⁾の構成式を適用して弾性解析を行うこととしている。最後に、ここで示す解析例では、時間増分 $\Delta t=0.1\text{sec}$ を用いた。

3. 海底地盤への適用

ここでは水圧変動による液状化現象に注目し、波浪による水圧が海底モデル地盤に作用した場合の解析を行う。本解析法では加速度項を考慮しているため、例えば地震と波浪による海底地盤の挙動解析も可能であるが、ここでは波浪による水圧のみを入力とした。なお、波は正弦的に変化すると考え、波によって海底地盤表面にかかる水圧は線形波理論によって与えている(例えば文献5参照)。ここで示す例では、水深20m 波高5m、波長200m、周期15secの波を設定した。次に、海底地盤の地盤定数をTable1に示す。Fig.1は有限要素メッシュであるが、境界条件として、基盤と側方は非排水で上方は排水可とし、基盤は完全固定、側方は水平方向固定としている。結果としてFig.2は要素番号10の平均有効応力-時間関係を表している。計算時間が短いため値としては小さいが、時間の経過に伴って過剰間隙水圧が蓄積し、平均有効応力が減少するという、液状化に至る定性的な傾向を表現できた。また、有効応力径路が破壊前に原点に向かうという、液状化現象に見られる傾向も表現できた。なお、この解析例において、加速度は初期において僅かに振動するもののすぐに減衰し、その後は殆ど0であった。今後は、より長時間の解析や、観測データとの比較を行うことによって検討を進める予定である。

4. 浸透破壊への応用

実験的研究に比べて、砂の構成式を用いた浸透破壊解析例はあまり多くない。そこで、ここでは砂地盤の浸透破壊問題に対して解析を試みることによって本解析法の適用性を調べた。解析モデルとしては、Fig.3に示すような、深さ40cmで鉛直方向に4つの正方形要素から成る一次元のモデルを設定し、下方から鉛直上向きに水圧を作用させた。用いた地盤定数はTable1とはほぼ同様であるが、初期透水係数を $k_0=1.0 \times 10^{-3}(\text{m/sec})$ とした。その結果、全4要素とも時間の経過とともに過剰間隙水圧が増加して平均有効応力が減少し、ついには平均有効応力が初期の5%になることで破壊条件を満足した。また、Fig.4は解析モデルの深さ35cmにおける有効応力径路であるが、径路は原点に向かう傾向を示している。このように本解析法は、浸透による砂地盤の破壊が表現できることが明らかとなったが、今後は実験結果との比較など、具体的な問題について解析を行う予定である。

5. 参考文献

1) 岡二三生、加藤満ほか；二次元液状化解析法とその応用、第25回土質工学研究発表会、1990。 2) 岡二三生、八嶋厚、加藤満；二次元液状化解析法について、土木学会中部支部研究発表会講演概要集、1990。 3) Biot, M. A., (1962), J. Appl. Phys., Vol. 33, pp. 1482-1498。 4) Oka, F. and Ohno, Y., (1988), 9th WCEE, Vol. 3, pp. 273-278。 5) H. B. Seed and M. S. Rahman, (1978), Marine Geotechnolgy, Vol. 3, Number2, pp. 123-150。

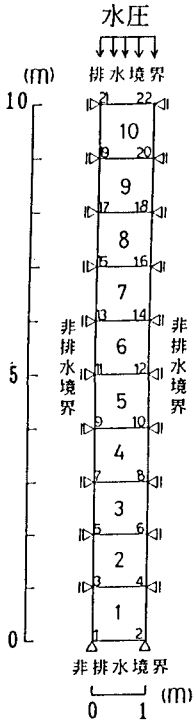


Fig.1 有限要素メッシュ

Table 1 地盤定数			
質量 ρ	0.184 [tf/m ³ /s ²]	最大圧縮時の応力比 M_n^*	1.1
初期透水係数 k_0	2.0×10^{-5} [m/sec]	破壊応力比 M_r^*	1.28
異方圧密比 K_0	0.5	膨潤指数 κ	0.5×10^{-2}
初期間隙比 e_0	1.0	液状化後の G G_b	0.1 [tf/m ²]
バイリニア基準 σ_{y12}	2.0 [tf/m ²]	ひずみ硬化関数に関する パラメーター G'	
			200

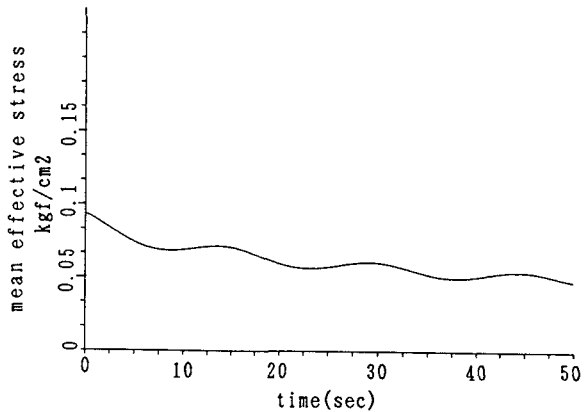


Fig.2 平均有効応力-時間関係

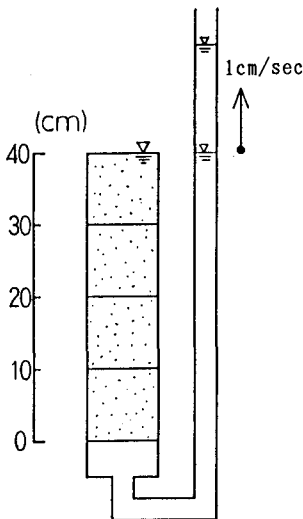


Fig.3

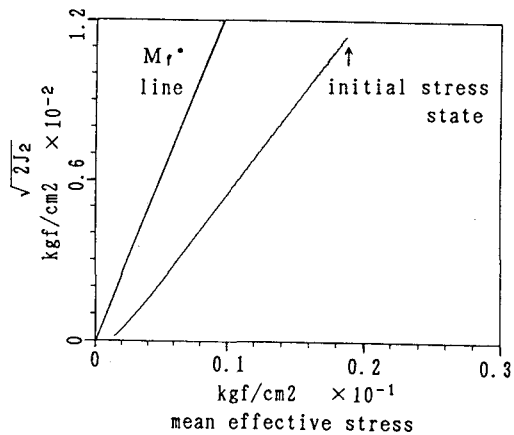


Fig.4 有効応力径路