

III-276

二次元液状化解析法について

京都大学防災研	正会員	柴田 徹
京都大学防災研	正会員	佐藤 忠信
岐阜大学工学部	正会員	岡 二三生
京都大学防災研	正会員	八嶋 厚
岐阜大学大学院	学生員	○加藤 満

1. はじめに

防災面で注目を集める地盤の液状化のメカニズムの解明やその対策は急務であり、さまざまな形で提案されてきているが、有効応力法と呼ばれる液状化解析法の進歩は近年著しい。¹⁾そこで本報告では有限要素法と差分法を用いて開発した二次元液状化解析プログラム²⁾を改良し、解析解との比較による精度の検討とモデル地盤による解析結果を示す。

2. 構成式と解析法について

砂の構成式としては、より一般的な三次元応力下での土の挙動を表現できる足立、岡の繰り返し弾塑性構成式³⁾(1988)を用い、間隙水の移動も考慮した二相混合体理論を用いた二次元地盤応答解析法によって液状化解析を行った。また、時間積分についてはニューマークの β 法を用いた。液状化の判定については、今回の解析にあたっては平均有効応力が初期の5%になったとき及び応力比が破壊応力比に達したときとし、液状化後はバイリニア型構成式を適用している。

3. 解析結果

1) 解析解との比較: 解析法の精度の検討を行うため、解析的な解が得られている一次元半無限弾性体の表面にステップ荷重が作用した場合の解を比較する。解析解は SimonらがLaplas変換を用いて求めたものである。⁴⁾本解析では、深さ10 mの地盤を15個に等分割したモデルを用いた。Table 1 に用いた基本パラメータを、Fig. 1 に数値解と解析解の比較を示す。破線は Simonらの解析解であり、丸印は本解析の数値解であるが、定性的な傾向は一致している。なお、ここでは水の加速度は固相の加速度と等しいとして圧縮性を考慮している。また、ニューマークの β 法で $\beta=0.25$, $\gamma=0.5$ を用い、時間増分 $\Delta t=0.002\text{sec}$ を用いた。

2) 二次元解析例: 次に、日本海中部地震で被害の見られた秋田港大浜2号岸壁での地盤定数を参考にしたモデル地盤に対する解析例を示す。Fig. 2 はFEMメッシュを、Table 2 は地盤定数を示す。基盤では固定条件、側方は鉛直変位固定条件である。また、上方のみ排水可とした。Fig. 3 は入力加速度の最大値が50galの場合の Node-46での変位、加速度及び速度の時間履歴である。Fig. 4、Fig. 5は対応する要素40での応力、歪、間隙水圧-時間関係である。間隙水圧は時間とともに増加する傾向にある。Fig. 6 は平均有効応力-時間履歴を示すが、時間とともに減少しており、液状化に至る過程の特性を表している。またここには示していないが、この例でははじめに液状化に至る層は地表から第二層めに集中し、深さ方向の過剰間隙水圧分布を見ると深いところでの水圧の増加が大きい。なお、この例では水の圧縮性を考慮せず、 $\beta=0.3025$, $\gamma=0.6$ を用い、 $\Delta t=0.01\text{sec}$ を用いた。

4. あとがき

今後実際問題への適用や解法の検討を行い、発表する予定である。

5. 参考文献

- 1) Zienkiewicz, O. C. & Shiomi, T., 1984, Int. J. Num. & Anal. Methods in Geomechanics, Vol. 8, pp71-96.
- 2) Oka, F. & Abe, T., 1984, 8th WCEE, Vol. 3, pp111-118.
- 3) 岡二三生、大野康年: 中部支部研究発表会講演概要集, 1988年.
- 4) Simon, B. R., Zienkiewicz, O. C. & Paul, D. K., 1984, Int. J. Num. & Anal. Methods in Geomechanics, Vol. 8, pp381-398.

Table 1 地盤定数と解析条件

ヤング係数 E	3000 [kg/m ²]	μ	1250
ポアソン比 ν	0.2	$\beta = \rho_f / \rho$	0.9730
密度 ρ	0.306 [kg/m ³]	λ	833.3
水の密度 ρ_f	0.2977 [kg/m ³]	間隙率 n	0.333
透水係数 k	0.4883×10^{-2} [m/sec]		

$$\alpha = 1, \kappa = 0.9730, K_s = \infty \quad Q = \frac{\beta(\lambda + 2\mu)}{\alpha(1 - \alpha\beta)} = 0.1201 \times 10^6$$

$$K_r = \frac{n}{\frac{1}{Q} - \frac{\alpha - n}{K_s}} = 0.3999 \times 10^5$$

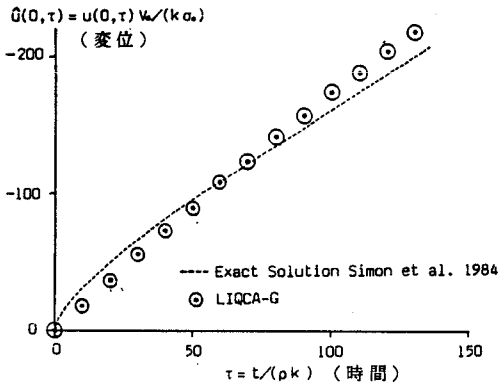


Fig.1 無次元化による変位と時間の関係

Table 2 地盤定数

質量 ρ	0.184 [t/m ³]	C_{α}	0.226×10^{-4}
初期透水係数 K_0	1.16×10^{-5} [m/sec]	M_{α}	1.1
異方圧密比 K_{α}	0.5	M_r	1.28
初期間隙比 e_0	1.0	G'	160
バイリニア基準 σ_{y12}	2.0 [tf/m ²]	G_{α}	100 [tf/m ²]
膨潤指数 κ	0.30×10^{-2}		

入力波 $F = A \sin(2\pi f_1 t) \sin(2\pi f_2 t)$
 A : 振幅 [m/sec²] f_1, f_2 : 振動数 [Hz]

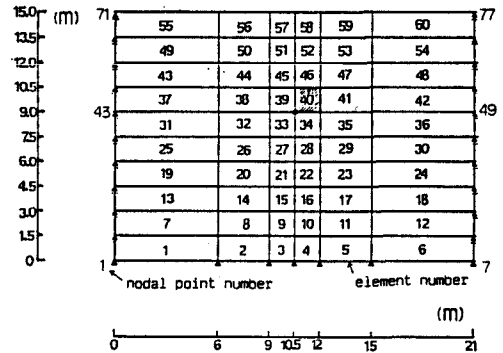


Fig.2

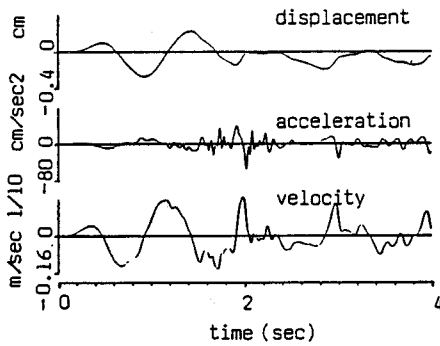


Fig.3

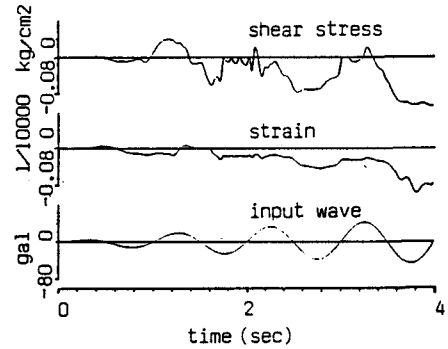


Fig.4

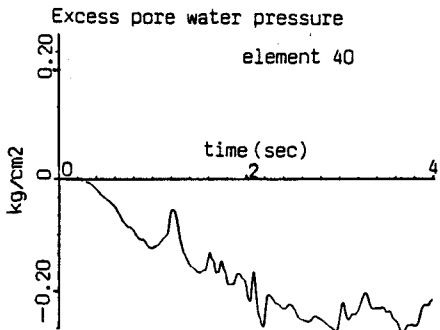


Fig.5

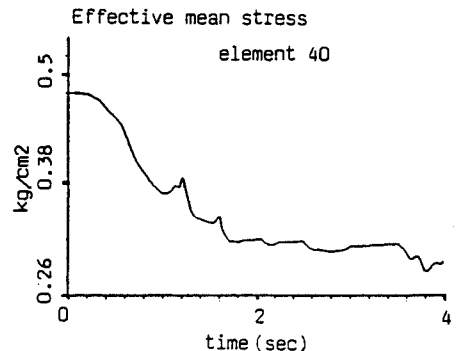


Fig.6