

液状化を考慮した杭基礎の耐震性に関する研究

京都大学工学部 正員 山田善一 京都大学工学部 正員 家村浩和  
 京都大学工学部 正員 古川浩平 電源開発(株) 正員 〇尾之井芳樹

1. まえがき

近年、砂質土の動的性質に関する実験的研究の成果により、液状化過程を表現するモデルが開発されてきた。そこで本研究ではそのモデルを杭基礎地盤系に適用し、軟弱地盤の液状化過程における杭の効果や動特性を調べてみた。

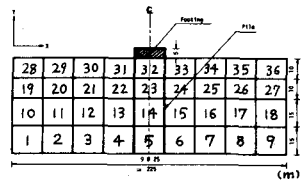


図-1

2. 杭基礎地盤モデルおよび解析手法

2-1 杭基礎地盤モデル 20本のリバーブ杭の杭頭がフーチングに固定された縦50m横225mの地盤を36要素に分割したものをを用いた。地盤は相対密度 $D_r = 50\%$ 、ポアソン比 $\nu = 0.45$ とした。杭の外径は3mで $E = 2.1 \times 10^6$  (t/m<sup>2</sup>)である。モデル図を図-1に示す。

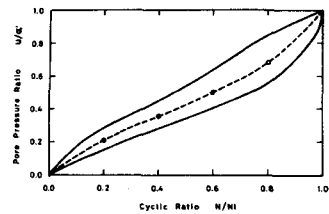


図-2

2-2 実験的知識 Seed<sup>1)</sup>によると過剰間げき水圧発生量 $u$ は、初期拘束圧を $\sigma'_0$ として次式で表わされる。

$$u = \left\{ \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arcsin(2r_N^{0.7} - 1) \right\} \sigma'_0$$

ただし、 $r_N$  : 繰返し回数比 ( $N/N_e$ )

$N$  : 所定繰返し回数

$N_e$  : 液状化に至るまでの繰返し回数

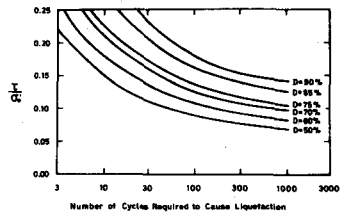


図-3

このグラフは図-2の通りである。また $N_e$ は $D_r$ および $\frac{u}{\sigma'_0}$ をパラメータとする図-3のような実験結果を得ている。せん断応力 $\tau$ はせん断ひずみ $\gamma$ と砂の剛性率 $G$ によって、 $\tau = \gamma G$ として求められる。この場合 $G$ もひずみ $\gamma$ に依存しており、 $D_r$ に応じて図-4のようにねじり三軸試験などにより曲線が決められている。地盤の減定数 $\beta$ もひずみ $\gamma$ に依存し相対密度の値によらず図-5のような関係がわかっている。

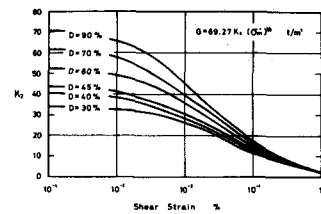


図-4

2-3 解析手法 以上のような知識を用いて、系の固有周期 $T$ 秒間にわたる $\gamma$ の実効値 $\bar{\gamma}$ よりそのサイクルにおける間げき水圧発生量を評価し、平均有効主応力 $\bar{\sigma}$ から $u$ を差し引いてゆくことにより有効応力の低下を表わす。また応答計算は $\bar{\gamma}$ より決まる $G$ と $\beta$ を用いて有限要素法にて行なう。この際モーダルアナリシスにより次サイク

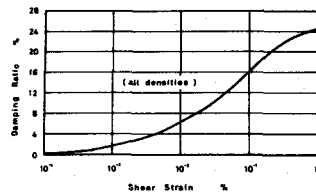


図-5

ルのTを決定しておく。ただし $\gamma$ が急激に増加する場合は途中でサイクルを閉じて諸定数を評価した上次サイクルに移るものとする。この方法により液状化の非線形モデルを有限要素法を用いて表現することができる。フローチャートを図-6に示す。

### 3. 結果および考察

実地震波として Taft (1952) N21E および El Centro (1940) NS をそれぞれ最大加速度を 180gal に修正したものを入力した。

液状化したのは最上層の要素のみであり、図-7に示す通り地盤のみで El Centro 地震の場合約 8 秒で有効応力を失なう。図-8, 図-9 は Taft 入力時の杭の無い場合とある場合の杭周辺要素の  $\gamma$  のみであるが、前者でのみ液状化し後者では認められない。また後者では応答も小さい。杭から 75m 離れた要素では杭があっても液状化がみられる(図-10)。今回用いた杭ではその周辺地盤の液状化に対してかなりの抑止力を持つと考えられる。また図-11, 図-12 に地盤のみのモデルについて地震波別に固有円振動数  $\omega$  の変化を示した。 $\omega$  の初期値が 7.4rad であることから、El Centro 地震に対してより共振し地盤劣化が速く進行していると考えられる。なお随所にみられる波形の不連続はサイクルが変わった際におこるものでモーダルアナリシスを密に行なうことにより軽減されると考えられる。

### 4. まとめ

- i) 液状化過程の地盤劣化の非線形性を有限要素法を用いた本解析手法で表現できる。
- ii) 杭は周辺地盤に対して劣化を抑止したり、応答を小さくする効果がある。

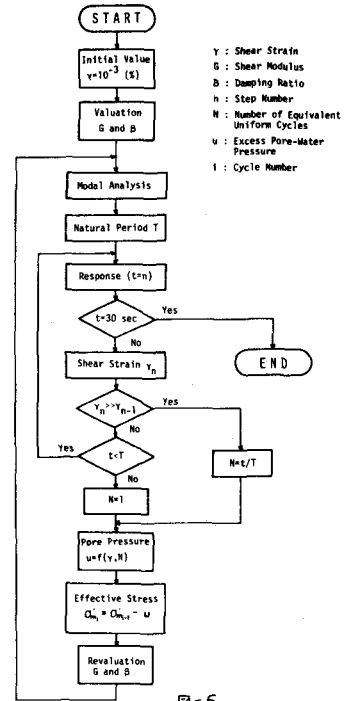


図-6

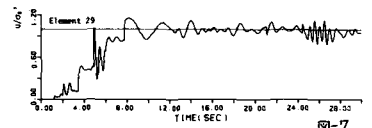


図-7

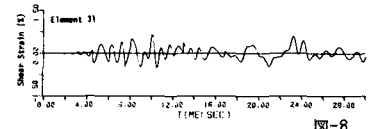


図-8

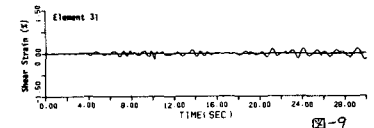


図-9

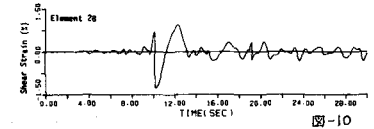


図-10

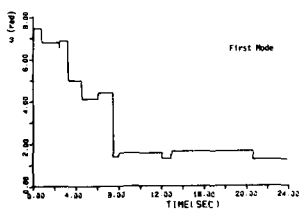


図-11

Case of Taft N21E (without piles)

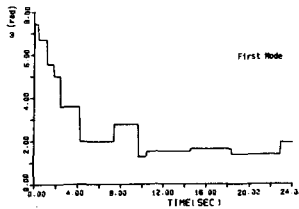


図-12

Case of El Centro NS (without piles)

### 参考文献

- i) Seed, H. B., etc : Pore-Water Pressure Changes During Soil Liquefaction, ASCE, vol. 102, GT4, pp. 323-346, April, 1976
- ii) 山内他 : 飽和砂地盤の液状化を考慮した応答解析, 第13回土質工学研究発表会講演集, E8, pp. 1049-1052, 1978年5月