

I-533

埋設管に対する液状化地盤の等価係数による評価について

熊本大学工学部	正員 秋吉 卓
八代工業高等専門学校	正員 洲田 邦彦
熊本大学工学部	正員 松本 英敏
熊本大学大学院	学生員 大部 薫和久

1. まえがき 地震時の液状化の発生については、多くの調査・研究から明らかにされ、予測手法として確立されつつあるが、液状化が埋設構造物へ与える効果については依然として不明な点が少なくない。著者らは、これまで、液状化地盤の埋設管に対する地震力という観点から報告を行ってきたが^{(1)~(3)}、今回は、砂槽側壁を可動にして、砂層に一樣なせん断振動を生起しやすくして液状化実験を行い、得られた砂と管体との復元力特性を、等価な1自由度系のばね係数・粘性係数および摩擦係数に分解して、有効応力で検討した。

2. 実験の概要 本研究で用いた実験装置は、図1のように、レール上に起振機と砂槽（幅380×長さ980×高さ400mm）を固定し、これをころの上に載せて水平加振するもので、砂槽中には均等係数3.46の比較的均一な川砂を厚さ300mmまで入れた。供試管として塩ビ管（φ42×長さ740mm）を用い、中央部に土圧計・水圧計・せん断歪計・加速度計を取り付けて、砂層中に水平に埋設した。今回は、砂槽側壁を可動として砂のせん断振動を容易にしたことから、水平方向に一樣な液状化が生じることが砂中の加速度分布の測定より確かめられた。

3. 等価係数によるデータ処理 各ピックアップの出力は、動歪計で増幅してデータレコーダに記録したが、管体および砂槽加速度は3~30Hz内でフーリエ積分して相対変位を求め、これと管表面のせん断応力との同時記録をマイコンで処理して、砂中の管体の地震時復元力特性を得た。復元力特性（後出図4）は、図2の左下図のように対称履歴曲線とし、これを右下図のような線形1自由度系のダッシュポット、ばねおよびスライダの並列系に置換することにした。このとき、等価なばね係数 k 、粘性係数 c および摩擦係数 f_c は、相関を無視すると次式のようになる。

$$k = \int r x \, dt / \int x^2 \, dt, \quad c = \int r \dot{x} \, dt / \int \dot{x}^2 \, dt,$$

$$f_c = \int \tau_p \operatorname{sign}(\dot{x}) \, dt / (T \sigma_v')$$

ただし、 x 、 $\dot{x}$ = 管体と砂槽の相対変位と速度、 r = 単位面積当りの復元力、 τ_p = 管軸方向の管表面せん断応力、 $T = t_2 - t_1$ = 周期、 σ_v' = 有効応力。時間ステップは加振振動数が12Hzであることを考慮し、0.01secとしたが、砂槽側壁の改良により液状化時間が延びたため、今回は記録のAD変換を40.96sec（ $N=4096$ ）まで行った。

4. 実験結果と考察 図3は、管体を17cmの深さに設置した場合の結果の一部であるが、上より管体加速度・相対変位・有効応力・復元力の同時刻歴である。ここでは管体は剛体と見なして慣性力を復元力としているため、最上位と最下位の波形は相似である。有効応力が減少し始めると、液状化が急速に進み、管体はほとんど静止状態となるため、相対変位は急速に増大し、しばらく定常状態が続いている。しかし有効応力が徐々に回復に向うと、管体表面のせん断応力が急速に増大するため、管体の加速度（復元力）

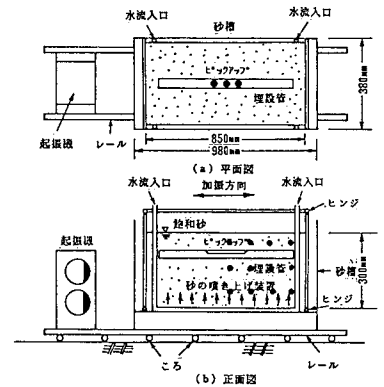


図1 実験装置の概略図

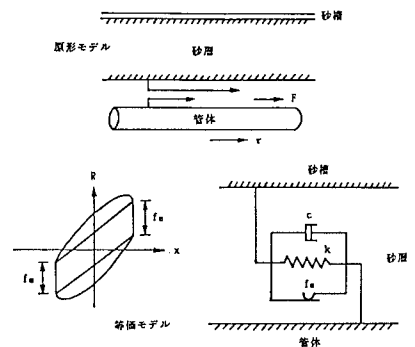


図2 復元力のモデル化

の回復が早いことがわかる。

相対変位 x と復元力 r の軌跡を、ある時間間隔ごとに示したのが、図4である。2段目までは液状化中であるが、 r は水平のみの移動となり、摩擦が支配的である。3段目以降の有効応力回復期に入ると、 r は右上りかつ振幅が急増するため、弾性と摩擦の性質の成長が著しい。

次に等価係数の時刻歴について示したのが図5であるが、上より等価粘性係数 c 、ばね係数 k ・摩擦係数 f_c である。各々の係数も液状化時はきわめて小さな値となることを示しているが、 f_c に関しては北浦氏らの結果⁴⁾ よりかなり低目の値となっている。ここでの f_c の計算では、 $\tau_p = r$ および σ_v' としては、初期有効応力を用いているが、図3の有効応力を用いると液状化時の f_c は見かけ上大きくなることは注意を要する。

さらに、等価係数を有効応力との関係でその最大値について示したのが図6であるが、図中の●印と★印は各々、過剰間隙水圧のピーク時と消散時に対応している。これより、液状化時の係数は有効応力とほとんど関係なく小さな値にとどまっているが、液状化終了時の係数は有効応力の変動に支配されているといえる。その他の結果は講演時にゆずる。

- 参考文献 1. 秋吉・他: 昭和61年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集。 2. 湊田・他: 第19回地震工学研究発表会講演概要。 3. 松本・他: 昭和62年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集。 4. 北浦・他: 同2。

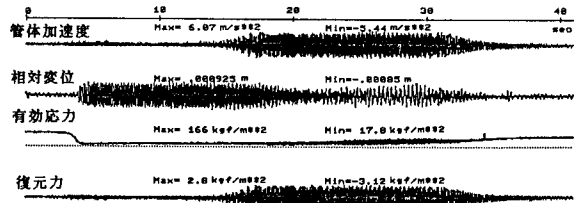


図3 管体加速度, 相対変位, 有効応力, 復元力の時刻歴 (G.L. -17cm, 管軸方向)

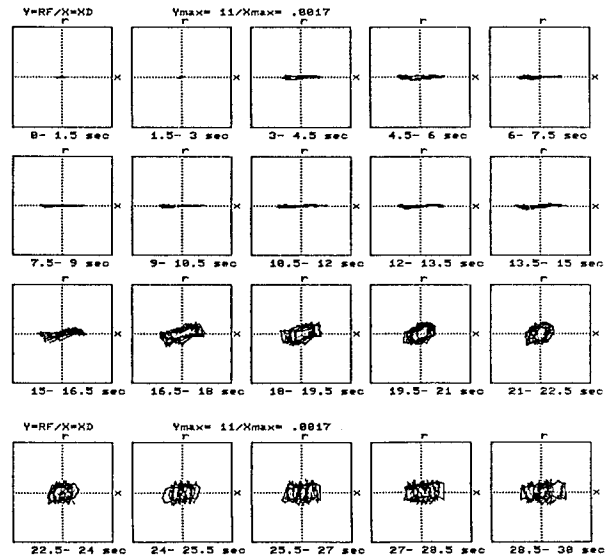


図4 動的実験における復元力履歴曲線

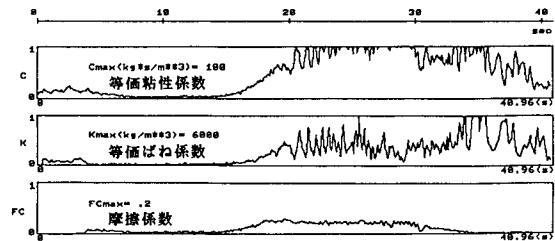


図5 管体復元力の等価粘性係数 (c), 等価ばね係数 (k), 摩擦係数 (f_c) の時刻歴 (G.L. -17cm)

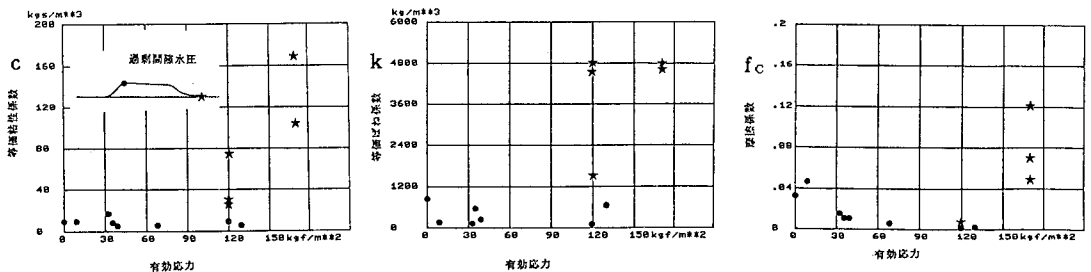


図6 等価係数と有効応力