

金沢大学大学院 学生員 北島 孝  
 金沢大学工学部 正 員 北浦 勝  
 金沢大学工学部 正 員 宮島昌克

### 1. はじめに

近年、地震時の地盤の液状化から都市の生命線とも言うべきライフライン系を守るための研究の一環として、電算機を用いた液状化砂中における地中埋設管の挙動シミュレーションが行われている。しかしその際に重要となってくる、埋設管-地盤系の復元力特性が液状化の進行と共にどのように変化するかということについてはほとんど研究例がない。本研究はこの復元力特性、すなわち液状化過程における地盤バネ定数を求めるために、地中埋設管模型を用いて振動実験を行ったものである。

### 2. 実験方法

図-1に示すように、振動台（島津製作所製、BHV-3）の上に設置したアクリル製の砂箱に模型砂槽を作成し、そこに硬質塩化ビニル管を埋設した。ただし管は振動台周辺の床に根入れされた鉄骨材に固定されており、砂箱を加振することにより、管と地盤の間に相対変位が生じる。そして、荷重計（東京測器研究所製、TCLZ-10KA）により管に働く復元力を、変位計（東京測器研究所、0U-30）により管と砂箱との相対変位を、小型加速度計（東京測器研究所製、A2）により入力加速度を、水圧計（豊田工機製、PMS-5M）により管の埋設深さにおける過剰間隙水圧をそれぞれ測定した。砂箱と管との境界部分は図-2に示すように軟質塩化ビニルを用いて自由に動くように作成した。また比較的均一な手取川の川砂を用いて飽和軟弱地盤（単位体積重量 $1.94 \text{ gf/cm}^3$ 、含水率 $34.3\%$ ）を作成し、実験地盤とした。管の埋設深さは $8 \text{ cm}$ 、 $12 \text{ cm}$ 、 $16 \text{ cm}$ の3通りとした。入力加速度としては $5 \text{ Hz}$ の正弦波を時間と共に線形的に増加させ、5秒間で最大約 $200 \text{ gal}$ に達するようにした。

### 3. 実験結果および考察

図-3に、ヒステリシスループが液状化の進行に伴って変化する様子を示した。横軸は管と地盤の相対変位、縦軸は荷重計の値（復元力）を表す。同図は埋設深さ $16 \text{ cm}$ での結果であり、図-3(1)のA～Fの各部分におけるループを図-3(2)に示している。A～Cは入力加速度振幅が漸増している段階であり、過剰間隙水圧の上昇と共に復元力の最大値は若干低下している。C～Fでは入力加速度が最大値で定常となっており、完全液状化から消散に至る過程で、復元力が増大していく様子が確認できる。このループにおける復元力の最大値と最小値を直線で結び、この直線の傾きを等価線形地盤バネ定数と定義し評価することにする。各埋設深さにおける過剰間隙水圧比と等価線形地盤バネ定数の関係を示したものが図-4であり、過剰間隙水圧の変化に伴って等価線形地盤バネ定数は矢印のように変化していく。一般に地盤の等価線形バネ定数は、相対変位の増大と共に、また液状化の進行と共に減少するが、ここでは液状化の進行によるバネ定数の変化のみを取り扱うために、一定の相対変位に対するバネ定数が得られるよう補正を施している。同図より過剰間隙水圧比の変化に対して、等価線形バネ定数が1次比例的に変化していないなど

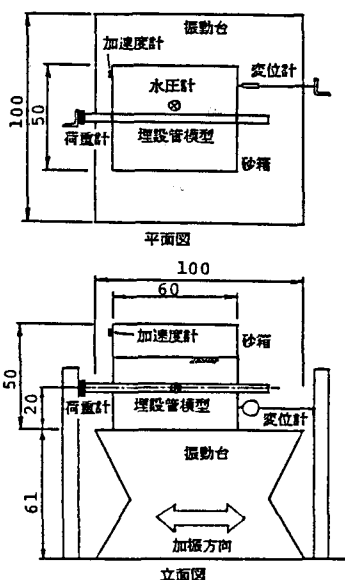


図-1 実験装置の概略 [mm]

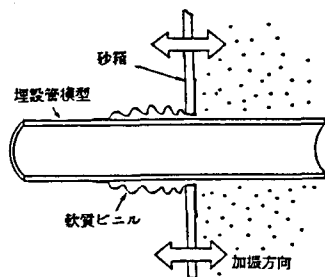


図-2 管と砂箱の境界部の概略

興味深い結果が得られる。さらにこれら等価線形バネ定数を上載土圧に関してまとめたものが図-5である。これは図-3(1)のように過剰間隙水圧が変化していくときのB～Fの状態における各深さの等価線形バネ定数の値を結んだものである。

同図によれば、まず全体として土圧が大きいほど等価線形バネ定数も大きい傾向を示している。ここでBが異なる傾向を示すのは前述の補正に伴う誤差の影響と思われる。また完全液状化に達したときCの等価線形バネ定数は土圧にあまり関わりなく管単位面積当りに換算すると約0.15 kgf/cmとなる。この値は、飽和地盤中で管と地盤の間に静的変位を与えて行った場合の1/2～1/3の値となっている。このことから、高田らが行った実験、すなわち締め固めた乾燥砂中では動的な復元力特性は静的な場合の約70%になるとの結果と比較すると、本実験結果での等価線形バネ定数の低下の度合はかなり大きいことが確認できる。しかし、吉田・植松によれば地中構造物と地盤の間の復元力は液状化の発生により、数分の1～1/100にまで低下するとの結果が得られており、これと比較すると本実験結果の低下

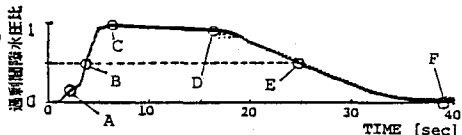


図-3(1) 結果をサンプルした過剰間隙水圧比の位置

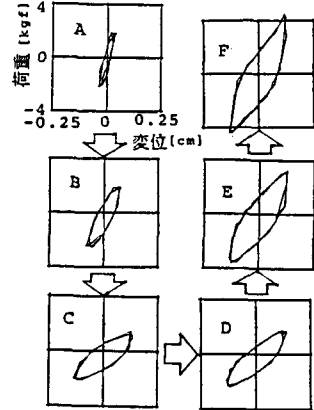


図-3(2) ヒステリシスループの変化

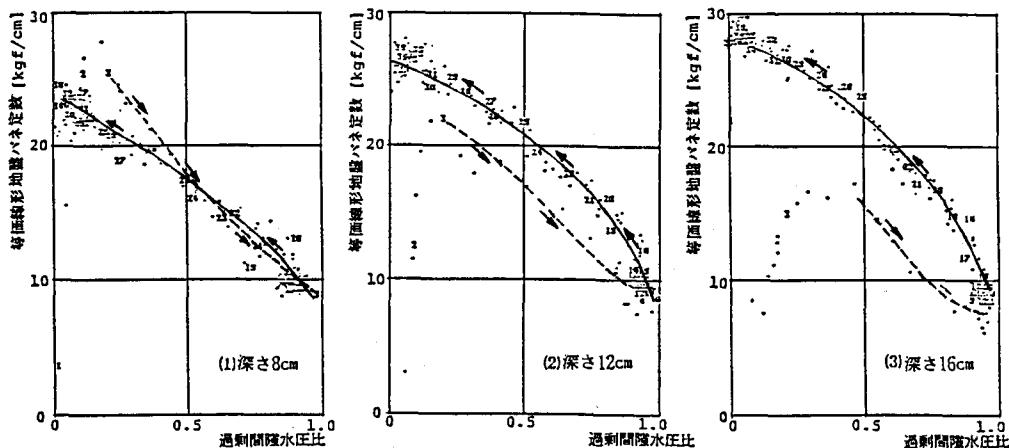


図-4 過剰間隙水圧比と等価線形地盤バネ定数の関係

の度合は小さいため、さらに今後の検討を要する課題であると思われる。

#### 4. まとめ

以上のように、模型実験により、液状化砂中での地盤バネ定数を求めることができた。しかしながら、本実験結果の妥当性については、実験の規模が小さいこと、なかでも管の上載土圧が小さいことから生じる誤差など考慮すべき点が多く、一概に評価することは難しい。今後、考えられる実験誤差などを解決しつつ、さらに研究を進めていくつもりである。

参考文献 1) 高田至郎：埋設管路―地盤系の復元力特性と地震応答解析，土論集，第249号，pp.1～11，1976。2) 吉田常松，植松幹夫：液状化砂中の杭の動的挙動の研究，第5回日本地震工学シンポジウム講演集，pp.657～663，1978。

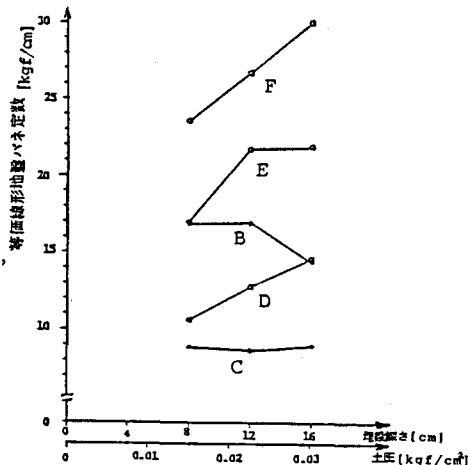


図-5 土圧と等価線形地盤バネ定数の関係