

金沢大学工学部 正員 北浦 陽
山 形 県 渡辺 善孝

1. まえがき

構造物基礎を地盤中に根入れしようとする場合、その地盤は地震時に液状化しないことが望ましいが、実際には液状化の恐れのある軟弱な地盤を建設地点としなければならぬ場合も生じている。そのためには、①液状化しないように地盤を改良するか、あるいは②液状化が少々発生しても構造物にはほとんど被害がないように工夫をこらすか、などの対策が講じられねばならない。そしてそのためにはまず液状化した地盤の挙動や、地盤液状化時の構造物基礎の破壊状況を十分に把握しておく必要がある。一方、地盤や構造物基礎への入力としての地震動は従来より鉛直下方からの水平動が重視されている。しかるに近年観測されている直下型地震における記録は上下動の大きさは水平動と比較して必ずしも軽視できるほどには小さくない場合のあることを示している。したがって地盤液状化時の構造物基礎の破壊状況を考える場合にも水平動はもちろん上下動の及ぼす影響を考慮をねわなければならない。このような観点から著者の一人は振動台と起振機とを同時に作動させることにより、上下動をも含めた地震動が構造物基礎¹⁾周辺地盤の液状化や、それに伴う構造物の破壊、とくに沈下に及ぼす影響を模型実験を通じて検討したことがある。しかしながら実験では上下動と水平動を十分制御できなかった。そこで本研究は、構造物基礎-地盤系をばね-ダンプシエボット系にモデル化し、水平動と上下動の両入力が作用する場合の構造物基礎の沈下を電算機によるシミュレーションで求めようとしたものであって、その第1段階としてのモデル化およびその妥当性について検討したものである。

2. 構造物基礎-地盤系のモデル化

構造物基礎は支持層の上の表土層中に根入れされているものとし、表土層が液状化した場合の構造物基礎の沈下について考える。簡単のために構造物基礎はその底面の中央を回転中心とする回転運動をするものとし、また構造物基礎の沈下に注目していることから上下方向の運動についても考慮する。構造物基礎側面に接する地盤は線形のばねと減衰より成るものとする。今対象としているモデルではこれらは回転運動のみに関与するので、これらをまとめて図では回転ばね定数 k_r 、回転減衰係数 C_r で表わしてある。また構造物基礎底面に接する地盤は砂地盤であるから引張抵抗は期待できないこと、沈下を表わしうることの条件を満たすモデルとして図-2のような非対称な履歴特性を有する²⁾ *bi-linear* 型のばね³⁾ (復元力 $R_v(y_j)$)と線形減衰(減衰係数 C_v)とを採用した。これらは構造物基礎の回転、上下の両運動に関与するが、図-1では回転中心の両側に各一組を取り付けてある。地盤が液状化するにつれてばね定数は低下し、表層地盤を介して構造物に伝えられる地震力(せん断力)も伝ばしにくくなるものと考えられるが、本研究では簡単のためにこれらの現象をモデル化に取り入れていない。したがって地盤が液状化している状態のみを考えていることになる。このような自由度系の構造物基礎-地盤系の運動方程式は次のように表わすことができる。

構造物基礎底面中央(点O)まわりの回転 φ に対する式は、モーメントの釣り合いを考えると、

$$I_0 \ddot{\varphi} + C_r \dot{\varphi} + k_r \varphi + \sum_{j=1}^n \gamma_j C_v \dot{y}_j + \sum_{j=1}^n \gamma_j R_v(y_j) = -m h_g \ddot{z}(t)$$

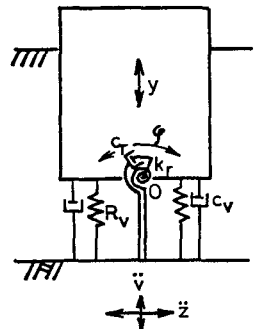


図-1 構造物基礎-地盤系のモデル

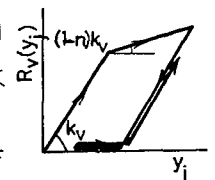


図-2 底面地盤反力

を得る。また構造物基礎の上下方向の変位 $\ddot{u}$ に対する式として、

$$m\ddot{u} + \sum_{j=1}^2 C_v \dot{y}_j + \sum_{j=1}^2 R_v(y_j) - mg = -m\ddot{v}(t)$$

を得る。ここに、 I_0 : 構造物基礎の点 O まわりの慣性モーメント、 y_j, y_j : 構造物基礎底面に取り付けられた第 j 番目のばねの点 O からの距離、およびその変形量、 $y_j = y + y_j$, m : 構造物基礎の質量、 R_v : 構造物基礎底面から重心までの距離、 $\ddot{u}(t), \ddot{v}(t)$: 入力加速度の水平および上下成分、 g : 重力加速度。

3. 計算結果の一例

計算において構造物基礎の諸元等は土木学会本州四国連絡橋技術調査委員会の報告書(昭42)¹⁾等を参考に定めたが、そのうちの主な値は次のようである。基本固有周期0.28秒、構造物基礎底面まわりの回転運動の減衰定数0.15、上下運動の減衰定数0.3、 $\ddot{u}(t) = 200 \sin \omega t$ (gal), $\ddot{v}(t) = 100 \sin(\omega t + \phi)$ (gal), $\omega = 2\pi/0.28$ (rad/sec)

図-3は水平動のみに比べて上下動が作用すると構造物の沈下がいかに変化するかを表わしたものである。同図(a),(c)は水平動のみが、また(b),(d)は1秒後にさらに上下動が作用した場合の y と q の時間曲線、および基礎底面の2個のばねの復元力曲線を描いたものである。図から入力が一定である場合は沈下は振動初期にその大部分の生ずることがわかるが、これは実験においても見られることであり、モデル化がある程度妥当であることを裏付けていよう。また上下動が加わる場合の方が最終沈下量は大きく、上下動が沈下量に少なからず影響することがうかがえる。今後さらに液状化の程度に応じてばね定数の変化するモデルに対して検討を加える予定である。詳細は講演時に仰する。

参考文献 1) 後藤尚男・北浦勝也, 京大防災年報, 19号B-2, 2) 後藤他, 土木学会論文報告集, 号231号, 3) 本州四国連絡橋技術調査報告書。

参考文献 1) 後藤尚男・北浦勝也, 京大防災年報, 19号B-2, 2) 後藤他, 土木学会論文報告集, 号231号, 3) 本州四国連絡橋技術調査報告書。

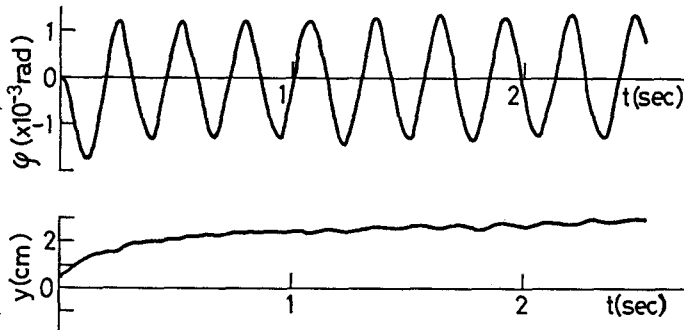


図-3(a) 回転運動および沈下の時間曲線(上下動なし)

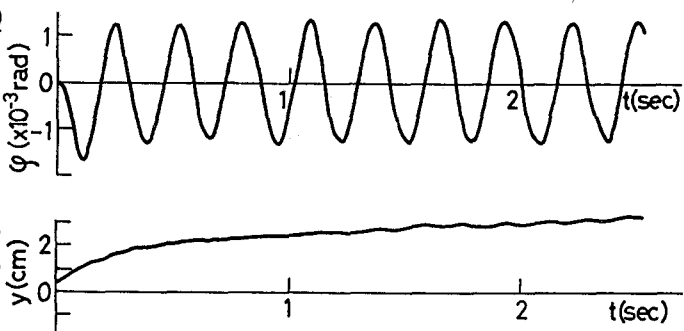


図-3(b) 回転運動および沈下の時間曲線(上下動あり)

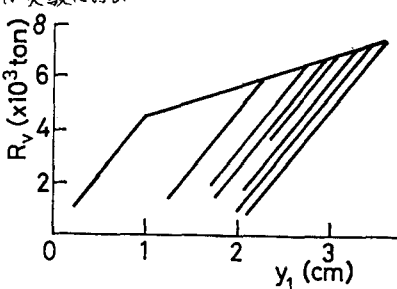


図-3(c) 底面地盤反力の復元力(上下動なし)

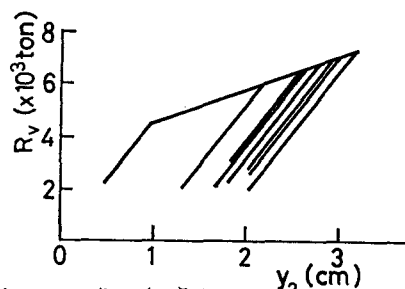


図-3(d) 底面地盤反力の復元力(上下動あり)