

宮崎大学工学部 学生員 ○田淵 博稔
同 正 員 堤 一
同 正 員 赤木 正見

1. まえがき

近年、大規模構造物の立地難が深刻化しており、かなり重要とされている構造物でさえも、耐震的に不利な軟弱地盤上に建設せざるを得なくなりつつある。ここで問題とされるのが、大地震に遭遇した際の構造物の挙動とそれに伴った基礎地盤の破壊である。この問題についても、これまでいろいろなシミュレーション計算による検討が行なわれてきた。しかし、やはりこれにも多くの仮定・簡略化等が必要であり、計算にも限界がある。

そこで本研究では、地盤の非線形特性をシミュレートできる模型地盤を試作し、地盤と構造物の動的な相互作用と、強振時における基礎地盤の破壊に至るまでの過程について、実験的に考察を試みた。

2. 実験概要

模型地盤には、まず弾性を確保するためにゴム球体(硬度30度、直径10mm、個数約9800個)を用い、次に砂3500g(粒径0.42~0.84mm)とオイル700gとを加え、全体として弾塑性の性質を示す地盤を試作した。この上に模型剛構造物として真ちゅうのシリンダーを設置した。この構造物上に、図-1のように変位計・加速度計を設置し、載荷試験と加振試験を行なった。

(1) 載荷試験

模型地盤の静的な力学的特性を調べるために、(a):純粹の鉛直載荷、(b):低い所を引っ張る純粹の水平載荷、(c):高い所を引っ張りモーメント力を与えるモーメント載荷の3種類の静的繰返し載荷試験を行なった。試験結果例を図-2に示す。

(2) 正弦波加振試験

地盤の破壊現象を調査するため、以下のような一方向正弦波加振試験を行なった。

- ① 入力加速度一定、振動数を3~12Hzの範囲で増減させる
- ② 振動数一定、入力加速度を増加させる
- ③ 入力加速度・振動数ともに一定にし、時刻歴をとる

3. 実験結果と考察

(1) 載荷試験では図-2からも分るように、復元力が変位に比例せず、変位の増加と共に剛性が減少する傾向が見られるので、模型地盤は図-6に示されるような軟化パネの特性をもつといえる。

(2) 正弦波加振試験において、実験①より図-3を得た。図中

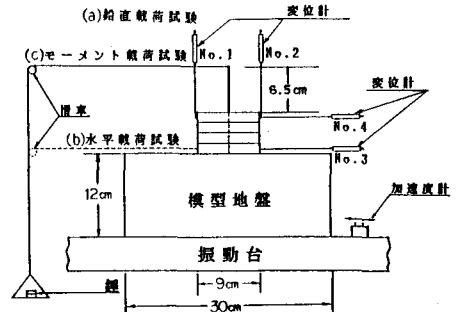


図-1 模型地盤概略図および
載荷試験方法

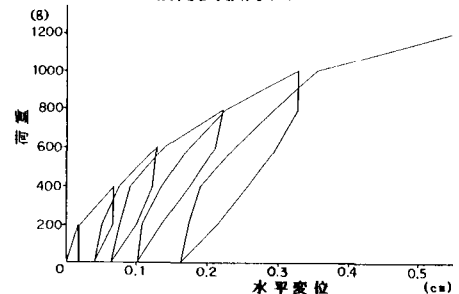


図-2 載荷試験結果例(水平載荷)

加速度	33.8 gal	82.3 gal	145.3 gal
変位計	No.3, No.4	No.3, No.4	No.3, No.4
振動数	○	△	◇
増加時	●	■	◎
減少時	▲	▼	⊙

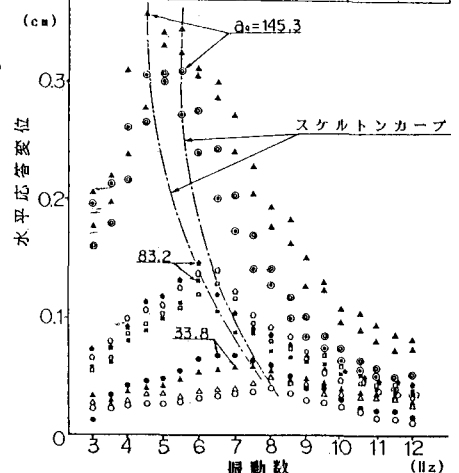


図-3 振動数特性例

の破線は、共振点を結んだスケルトンカーブである。また実験②より、共振振動数に近いほど小さな加速度で地盤破壊が生じることが認められた。実験③は②を元に、共振時を想定して行なったものであり、この様子を見やすくするために、図-4のように構造物の振動変位をアニメーションで示した。図-4を見ると、左右対称の連成振動から不等沈下を起し、構造物と地盤表面との間で剝離と滑動を始める傾向が見られる。さらに、入力加速度と応答変位の位相差（図-5）より、地盤は振動を始めた直後約一秒前後で塑性状態となり、破壊したものと考えられる。

4. シミュレーション

模型地盤が図-6に示されるようなバイリニア復元力特性をもち、ロッキング振動するものと仮定し、Newmark- β 法と荷重伝達法による数値シミュレーションを行なった。

地盤自体の動的特性を無視し、復元力減衰の他に粘性減衰を考慮した。

さらに、模型地盤のパネを定めるにあたっては、以下の手順を用いた。

- 1) 水平パネ係数 K_H は、載荷試験や固有振動数から求めた。
- 2) 回転パネ係数 K_R は、Barkanの近似式より求めた。

以上のパネ係数や減衰係数を第一近似値としてスケルトンカーブを算出した結果、図-3に示す実験値と比較的よい一致をみた。

5. 結論

今回試作した模型地盤が、軟化パネ型の非線形特性をよく模擬していることを各実験より確認した。またアニメーション等より、強震時に剝離や滑動の生じる過程が確認された。また、入力加速度と応答変位の位相差にも破壊時の特徴が見られる。このことから、モデル化による数値シミュレーションは、振動開始後の短い時間でしか使用できないようである。しかし、この問題については、本シミュレーション法を実物に適用することにより、線形範囲内では相似性が得られるため、実物の降伏点より先の破壊現象をこの模型の現象から推測することもある程度は可能になるものと考えられる。

6. あとがき

本研究は、本学の卒業研究として多くの人の手を経てきているが、近年では特に、釘島伸次（60年卒）・明比健一郎（61年卒）の尽力に負うところが大きい。末筆ながら、感謝の意を表したい。

【参考文献】

片山、宮田、国井『新体系土木工学 10』構造物の振動解析
堤、原田『地盤・構造物系の地震時非線形応答の模型実験的検討』宮崎大学工学部研究報告 第29号

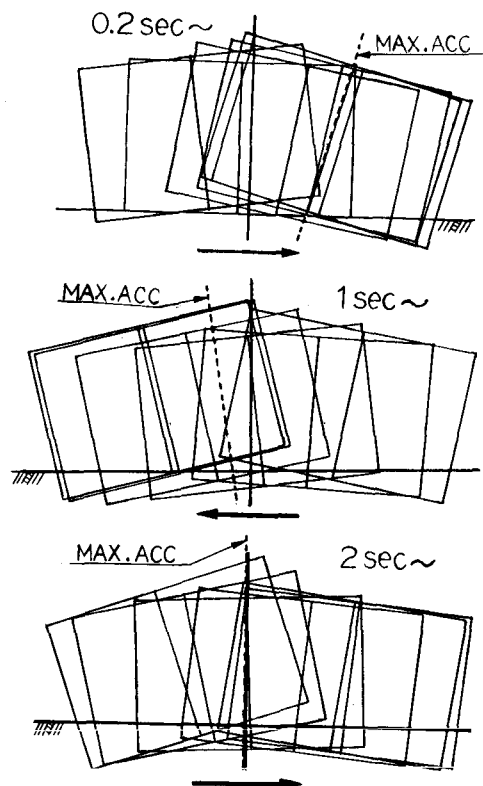


図-4 アニメーション例

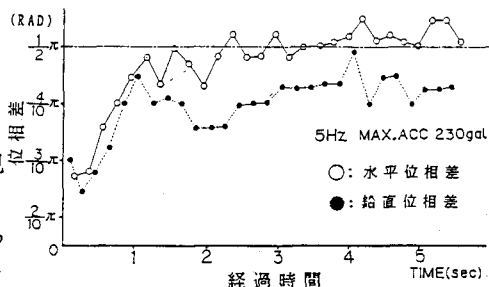
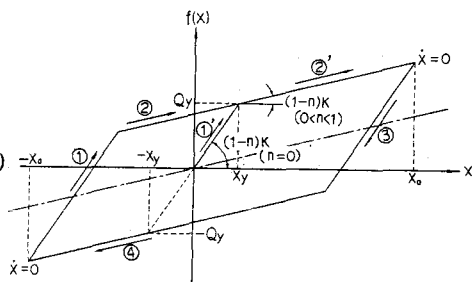


図-5 正弦波外力と応答変位の位相差



X_y :降伏変位 n :弾塑性傾斜率

X_0 :塑性変位(速度が0になる点の変位)

Q_y :降伏せん断力 K :初期剛性

図-6 バイリニア復元力特性