

大成建設(株) 正員 ○藤井 俊二 同 岩野 政浩
同 村松 正重 同 谷澤 房郎

1. はじめに

通常、構造物は地震時に滑動が生じない様に設計される。しかし、構造物の機能を損なわない範囲内で滑動を許容することで、経済的な設計が可能な場合がある。また、滑動させることにより、免震効果を期待することもできる。このように、滑動が伴う場合の、構造物の地震時挙動を把握するため、筆者らは先に、構造物および地盤を単純化したモデルによる振動実験と、数値解析を行なった。^{1) 2)} さらに、より現実的なモデルによる検討を行なうため、実際の地盤材料を用いた振動実験を行ない、地盤の非線型性状と、構造物の滑動について検討した。

2. 実験概要

実験模型は、図-1の粘性土模型と、図-2の砂模型の2種類である。粘性土模型は、カオリン粘土を上載圧0.4 kgf/cm²で3層に分けて圧密したもので、最終仕上厚さは50 cmである。飽和砂層模型は水を張ったせん層土層内に6号ケイ砂($D_{50} = 0.24 \text{ mm}$)を投下し、さらに振動台で加振締めを行なって、相対密度 $Dr = 70\%$ 程度の飽和砂地盤を作成した。乾燥砂模型は、パイプレーターで均一に締め固めながら作成した。構造物模型は鋼製の箱で、インゴット搭載により、接地圧を $P = 0.8$ 及 1.2 kgf/cm^2 に調整した。滑動を生じさせるケースでは、構造物模型底面と、地盤模型表面に薄いテフロンシートを貼り、摩擦係数を0.25程度に低下させた。計測は、加速度、地盤変位、構造物の滑動変位、間げき水圧について、図-1, 2に示す位置で行なった。実験は、まず1~50 Hzの低加速度レベルの正弦波加振により、振動モードと固有振動数の確認を行なった。次いで、振動数と加速度を変えた正弦波、波形と最大加速度の異なる地震波による加振を、滑動の有る場合と無い場合について行なった。

3. 実験結果

飽和砂模型について構造物模型直下の地盤(A-5)の共振曲線を図-3に示す。地盤だけについて、5 galで加振した場合の1次の固有振動数が12 Hzに対して、20 galで加振した場合は10.5 Hzに低下しており、応答倍率も約2程度に低下している。また、これらの実験における平均的な地中せん断ひずみレベルは変位の計測結果から推定して、 10^{-5} および 10^{-4} であり、地盤のひずみ依存による非線型性によって、固有振動数と応答倍率に差が生じたことが分かる。構造物模型を載せた場合、重量の大きい模型の方が、固有振動数および応答倍率が小さい。図-4に、El Centro波加振による飽和砂模型の地盤部の変形モードと加

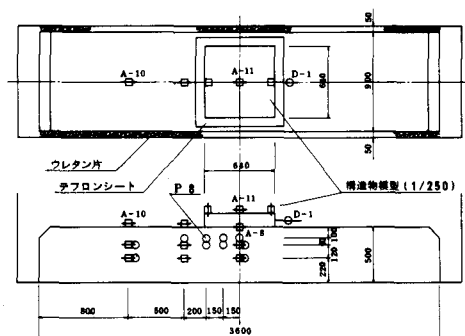


図-1 粘性土模型

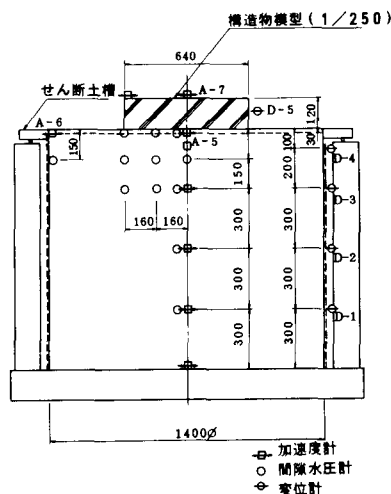


図-2 砂模型(せん断土層)

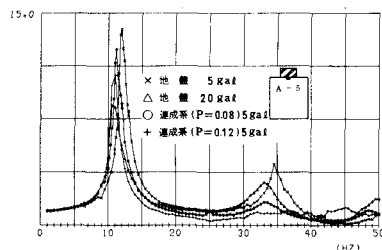


図-3 飽和砂模型の共振曲線

速度分布を示す。構造物の有無や滑動の有無による差は見られない。これは、構造物の有無による固有振動数の差が小さいこと、滑動の有無による相互作用力の差が、地盤全体の振動性状に影響するほど大きくないことが原因と思われる。図-5および図-6には、接地圧 $P = 0.08 \text{ kgf/cm}^2$ のケースで、El Centro波およびT A F T波で加振した場合の時刻歴波形を、滑動の有無について比較して示す。El Centro波で加振した場合、加速度の正側よりも負側で、地盤模型の固有振動数に近い短周期成分が卓越するため、地表面では負側の加速度がより大きく増幅されている。滑動が生ずる場合、構造物の応答加速度は、まさつ係数に相当する 252 gal で頭打ちとなっている。

滑動は、地表面加速度の大きい負側でだけ生じ、一方向に何度か滑りを繰返し、最終的に 6.4 mm の変位が生じた。T A F T波で加振した場合は、両方向に滑動が生じており、構造物の応答加速度は、滑動の無い場合の $436 (-447) \text{ gal}$ に対し、滑動することによって、 $277 (-234) \text{ gal}$ に低下している。

図-7にEl Centro波で加振した場合の、地表面の応答加速度(A-8)と、構造物下部で地表面から 10 cm の位置の間隙水圧(P-8)の時刻歴を、滑動の有無について比較して示す。各測定位置は図-1に示した通りである。間隙水圧は、地盤振動に対応して振れながら徐々に上昇する。滑動のある場合の方が入力加速度が大きいので、地表面の応答加速度は滑動のない場合よりも 30% 大きい。最大間隙水圧は逆に 30% 小さくなっている。これは滑動のある場合、構造物の応答加速度が小さく、構造物から地盤への相互作用力が滑動のない場合よりも小さいためと思われる。図-8に最大間隙水圧の分布を示す。構造物の下部で、滑動の有無による間隙水圧の差が大きい。

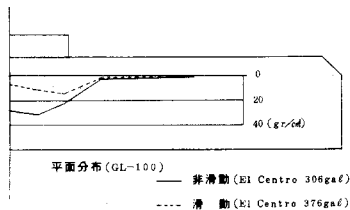


図-8 最大過剰間隙水圧分布

4. あとがき

実験の結果、地盤の非線型振動性状や、滑動が伴う構造物の振動性状に関して、新たな知見を得ることができた。次報を含め、シミュレーション解析と本実験との比較検討を行なって行く計画である。

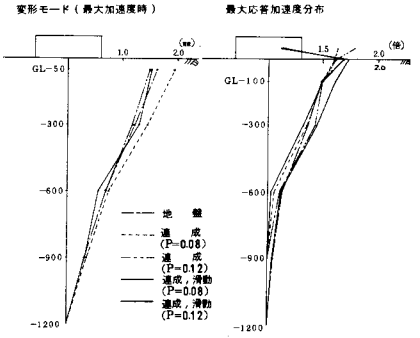


図-4 飽和砂模型の応答モード

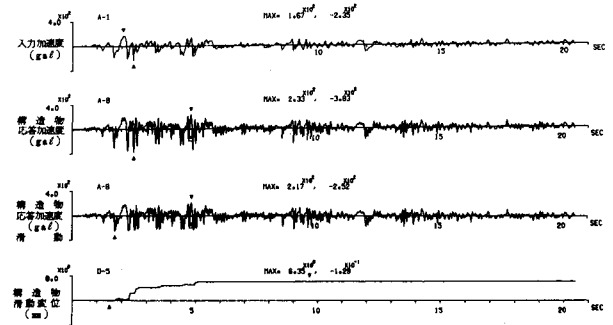


図-5 El Centro波による飽和砂模型の応答

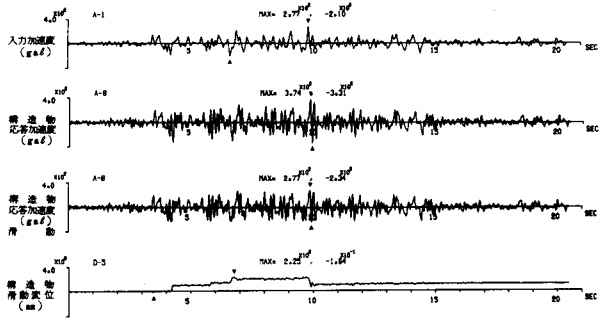


図-6 T A F T波による飽和砂模型の応答

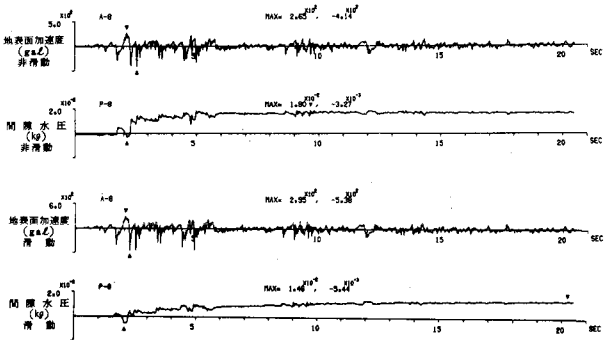


図-7 粘性土地盤の間隙水圧