

大成建設(株) 正員 ○岩野 政浩
同 上 藤井 俊二

1. はじめに

滑動が伴う構造物の地震時挙動を把握するため、一連の研究を実施しており、（その1）⁽¹⁾では、粘性土と砂を用いた地盤模型と構造物模型の、連成振動実験結果について示した。本報告では、飽和砂質土模型による振動実験を対象とし、構造物の地震時滑動解析に対して、地盤の非線形性を考慮した数値解析手法を示し、解析と実験との比較検討をもとに、これら数値解析手法の有効性を検討する。

2 解析ケース

（その1）の実験の内、飽和砂質地盤モデルによる実験に着目し、滑動現象が顕著に現われた実験ケース（C-R-2）を対象とした。また、比較のため、入力条件が（C-R-2）とほぼ同じであるが、構造物の無い地盤だけのモデル、滑動のなかった場合についても解析を実施した。解析ケースと、対応する実験ケースをまとめて表-1に示す。

表-1 解析と対応する実験ケース

解析ケース	実験ケース	実験内容	入力波	地表面の最大応答加速度 $\ddot{a}_g$	地表面の最大応答変位 Δ	クーロン摩擦係数の滑動
Step 1	G-R-1	地盤のみ	El Centro NS 最大値 239.6 R=1	401.4	1.27	—
Step 2	C-R-2	構造物模型 接地圧 0.08 kg/cm ²	El Centro NS 最大値 224.7 R=1	391.3	1.33	滑動あり 最大 635mm
Step 3	C-R-4	構造物模型 接地圧 0.08 kg/cm ²	El Centro NS 最大値 234.8 R=1	375.4	1.19	滑動なし

3 解析フロー及び解析内容

上記解析ケースを、図-1に示すフローに従って、次に示す3段階で解析を実施し、実験結果と比較した。

STEP 1

構造物の存在しない地盤のみの実験ケース（G-R-1）に対して、等価線形化法を用いた重複反射理論によるシミュレーションを実施した。地盤材料のせん断剛性と減衰定数のひずみ依存特性を図-2に示す。

STEP 2

構造物模型を置いた実験で、滑動の生じないケースを対象とし、構造物から地盤への相互作用力の影響を考慮するため有限要素法を用いてシミュレーションを実施した。この際、土槽及び構造物模型がほぼ軸対称構造であるため、軸対称有限要素法を用い、地盤の非線形性は等価線形化法を用いて評価した。

STEP 3

検討に用いた数値解析手法は、構造物および地盤をそれぞれ剛体および剛床に理想化し、接触面での滑動抵抗をクーロン摩擦で評価して、構造物に関する運動方程式を構成した簡略な方法である。解析手法の詳細については、参考文献2）を参照されたい。本解析においては、重量3277 kgfの構造物モデルに、Step 2で得られた構造物底部中心での水平応答加速度波

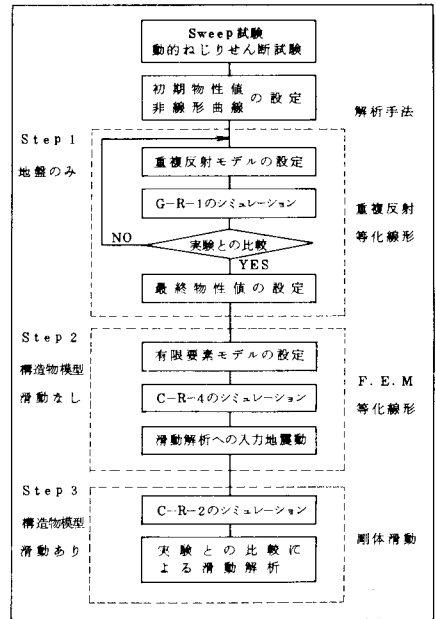


図-1 解析フロー

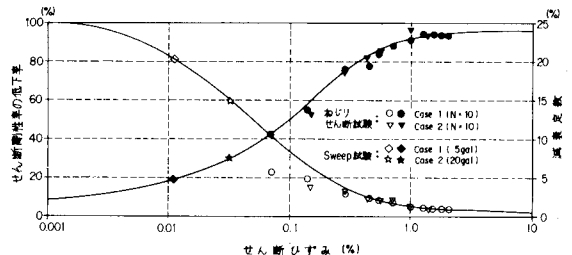


図-2 せん断剛性率及び減衰定数の変化

形を入力した。静止及び動摩擦係数は、静的加力実験より、共に 0.25 で加振時間中で一定とした。

4. 解析結果

Step1 では、重複反射理論によるシミュレーションで得られた地表面の応答加速度波形と、地表面と入力面との間の周波数応答関数を、実験結果と比較して図-3に示す。加速度応答波形は、両者で非常に類似している。また、周波数応答関数は、解析結果の方が実験結果より固有振動数が若干低めで、応答倍率も小さくなっているが、シミュレーション結果は大体良好といえる。

Step2 において得られた応答加速度波形を実験と比較して図-4に示す。加速度波形は、実験結果が解析結果に比べやや短周期な波形となっているものの、波形全体の形状は非常に似ており、地盤の非線形応答を等価線形化法を用いて良好に評価できている様子がわかる。

Step3 において得られた構造物の加速度、変位波形を実験と比較して図-5に示す。解析の加速度波形においては、1～5秒の区間で滑動が生じたため波形の頭打ち(−251.9ガル)が、現われている。実験結果においても、滑動のない場合と比較して、滑動による頭打ちが見られるものの、解析結果ほどは明瞭でない。これは、加振による地盤条件の変動に伴う摩擦係数の変化、動摩擦係数の滑動速度依存性等により実際には、滑動条件が刻々と変化しているためと考えられる。しかしながら、両波形は大体似ており、最大値は滑動のない場合に比べ、2割程度小さくなり滑動による免震効果が確認された。滑動変位においては、解析値が実験値より2割程度大きくなっているが、滑動時間、回数とも両者で一致しており良好な結果となっている。また、本実験では滑動が一方(加速度のマイナス側)のみで生じているため、滑動変位が一方のみに累積する結果となっている。

5. まとめ

本報告では、解析の一例のみを示したが、実際の地盤における構造物の地震時滑動挙動を把握するうえで、本解析手法の有効性が確かめられた。

なお、本研究は、(社)日本海洋開発産業協会からの補助事業として実施した。

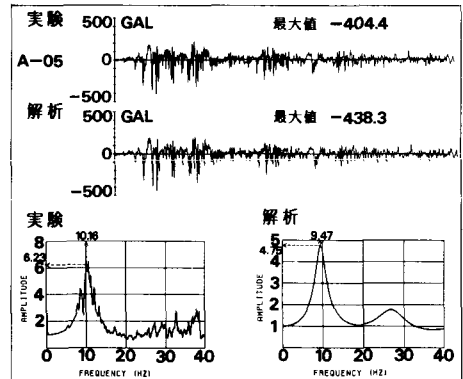


図-3 応答加速度波形及び応答関数(Step 1)

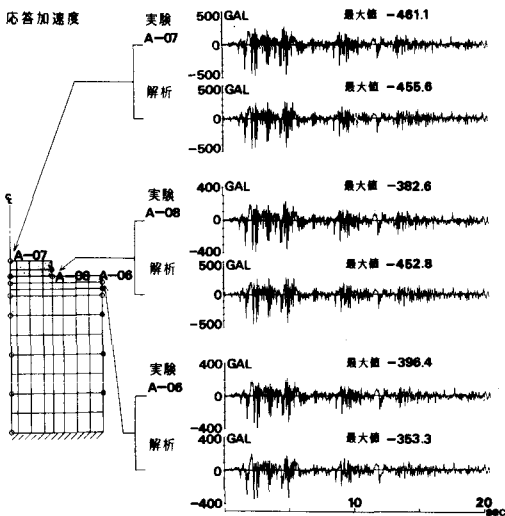


図-4 応答加速度波形(Step 2)

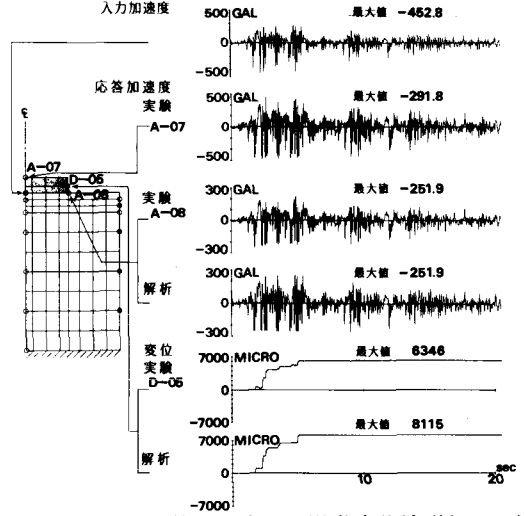


図-5 応答加速度及び滑動変位波形(Step 3)

- 参考文献 1) 藤井他: 構造物の地震時滑動に関する研究(その1), 第41回土木学会年次学術講演会(1986)
2) 志波他: 剛な構造物の地震時滑動解析, 第19回土質工学研究発表会(1984)