

I-503

ハイブリッド実験手法に基づく地盤-構造物系の地盤反力特性の解析

武蔵工業大学大学院	学生員	荻野輝之
武蔵工業大学土木工学科	正会員	片田敏行
飛島建設㈱		佐藤祐明

1. まえがき

基礎構造物を含めた地中構造物の耐震性の検討では、地盤と構造物の間の力の伝達特性を地盤反力バネで表す。そこで、本研究はハイブリッド実験手法に基づく室内試験により、強震時における地盤反力バネのバネ係数と履歴減衰係数の値を求める方法を提案している。飽和砂についてはすでに発表済み¹⁾であるので、本研究では関東ロームを用いた場合の解析結果を発表する。

2. 解析システムと解析手順

実構造物は多自由度系で、強震時には非線形振動をする。しかし、本研究では構造物の挙動を単純化して、1次の固有振動のみを考慮した1自由度系の線形振動で表す(図-1)。

本解析の計算機(NEC PC-9801VM)では構造物の動的挙動を数値解析している。すなわち時刻 t における地盤変位 u_g (入力変位)と構造物の応答変位 x との相対変位 $u_g - x$ を求める。この相対変位で動的試験機(振動三軸試験機)の供試体を強制変形させ、その反力を構造物に作用する地震力 $R(t)$ と考え、時刻 $t + \Delta t$ における応答変位 x を求める。これを地震動の継続時間にわたって繰り返して行った。

3. 解析条件及び解析パラメータ

本解析では地盤反力バネを介して地震力が作用する沈埋トンネルの軸直角方向の動的挙動を解析対象とする。構造物の固有振動数は表層地盤の影響を強く受けると考え、表層地盤の固有振動数と同じ $f_0 = 1.5 \text{ Hz}$ と想定した。さらに減衰定数は10%と仮定した。なお、構造物の付加質量は考慮していない。解析に用いた試料土(関東ローム)の物理的性質は液性限界 W_L が97.2%、塑性限界 W_p が65.0%、比重 G_s が2.72、含水比 W が75~77%である。解析に用いた入力変位波(不規則波)は、表層地盤を1自由度系でモデル化し、地震加速度波の最大値を200galとして、基盤加速度入力に対する表層地盤の応答変位を求めたものである。その際、応答計算に用いた入力加速度波は日向灘沖地震(1969.4.21, $M_g = 7.5$)の細島における地震加速度記録(NS成分)であり、復元力関数モデルとしてRamberg-Osgoodモデルを用いた。

4. 応答解析結果及び考察

応答を見ると、加振開始直後では、1自由度系の応答変位及び供試体反力がともに大きい(図-2)。これは、供試体の初期剛性が保たれているため供試体反力が大きく、1自由度系に伝わる地震力が大きくなり、1自由度系の応答変位も大きくなるためと考えられる。その後は、供試体の剛性が低下するため、1自由度系の応答変位、供試体反力(地震力)ともに小さくなっている。

解析結果より得られた単位面積(1cm²)当りの地震力と、地盤と構造物との相対変位の関係より得られた履歴ループを図-3に示す。相対変位が大きくなると地震力が大きくなるひずみ硬化型を示している。これは地盤と構造物との相対変位が大きくなり、土の供試体を大きく強制変形させると、それだけ大きな供試体反力が発生し、構造物に大きな地震力が作用することを示している。

図-2に示す相対変位と供試体反力との関係より、地盤反力係数と履歴減衰係数を求めた(図-4)。地盤反力係数を初期(加振開始直後)→中期(加振開始後約3秒)→後期(加振開始後約10秒)の順に示すと、 $9.4 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow 5.2 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow 2.5 \text{ kgf/cm}^2$ と変化し、加振開始約10秒後までに急速に地盤反力係数は低下していく。また履歴減衰係数については加振開始直後で比較的大きな値となり、その後徐々に低下している。これは、供試体が加振開始直後で塑性変形するために履歴ループが大きくなり、それだけ履歴減衰係数も大きな値となるからと思われる。全体を通してみると、履歴減衰係数は正弦波入力では0.17~0.35

の間で変化し、不規則波入力では0.15～0.31の間で変化している。

5 あとがき

本解析は地中構造物の地震応答解析に必要とされる地盤反力バネの非線形特性すなわち地盤反力係数、履歴減衰係数をハイブリッド実験手法により求める解析システムを提案している。本手法の特徴は、構造物の線形応答を計算するマイクロ・コンピュータと、地震力を求める動的試験機を電氣的に結合した解析装置で、地盤と構造物からなる振動系を再現して、地盤反力バネの非線形特性を室内で求めたことである。本手法には1)室内で地盤反力特性が求まる、2)拘束圧を変えることで任意の応力状態が再現できる、3)大規模な模型実験に比べて費用が少なくて済む、4)より現実的な解析システムができれば地盤-構造物系の動的相互作用の解析が可能になる、などの利点がある。

参考文献

- 1) 片田敏行・佐藤祐明・萩野輝之：室内試験による地盤反力係数の解析、第23回土質工学研究発表会(宮崎)、昭和63年6月。

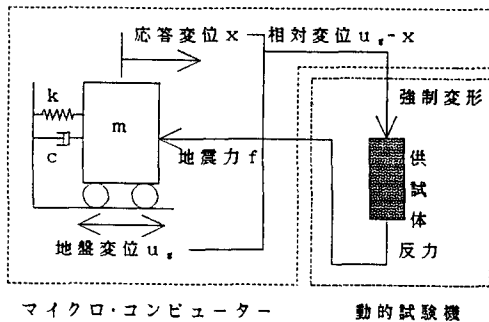


図-1 ハイブリッド実験手法に基づく地震力の算出方法の概念図

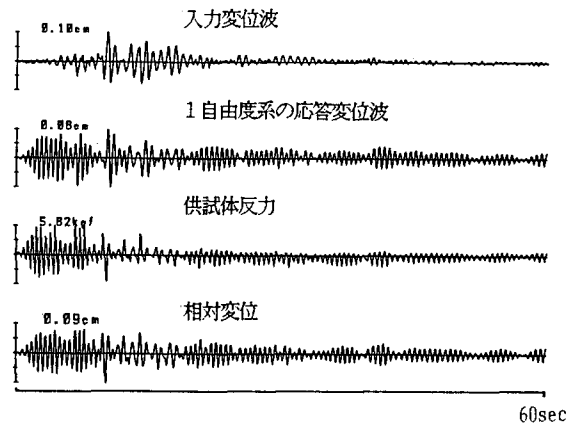


図-2 関東ロームの解析結果(入力変位波形、1自由度系の応答変位波形、入力変位と1自由度系の応答変位との相対変位波形、供試体反力)
—不規則波入力の場合—

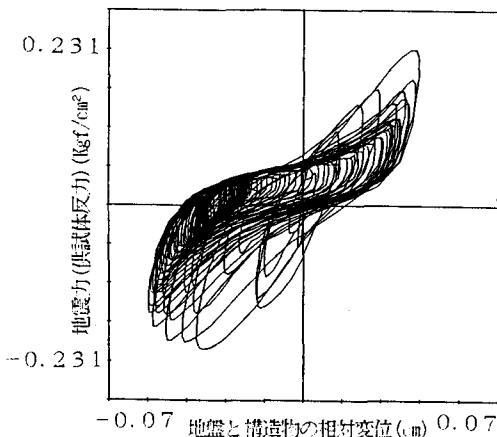


図-3 関東ロームの場合の単位面積 (1cm²) 当りの地震力と相対変位の関係
—不規則波入力の場合—

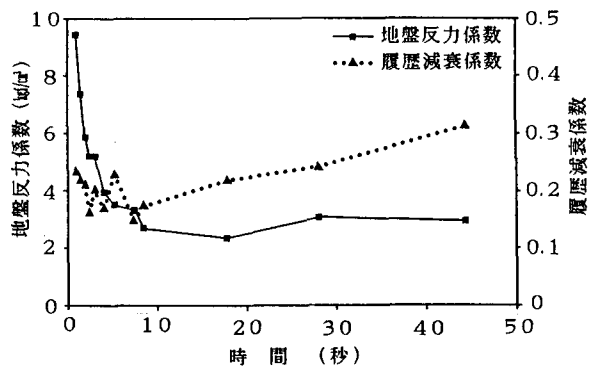


図-4 地盤反力係数と履歴減衰係数の変化
—関東ローム、不規則波入力—