

非線形動的相互作用系の固有振動数と減衰定数の評価

山口大学工学部 ○ 正会員 三浦房紀
九州大学大学院 学生員 篠崎晴彦

1. まえがき

本研究は有限要素法により地盤-構造物系の非線形動的応答解析を行い、地盤-構造物相互作用系の固有振動数と減衰定数を、構造物および地盤の材料定数から推定することを試みたものである。解析にあたっては、構造物と地盤の接触面におけるすべりとはくり、および地盤の材料非線形性を考慮に入れた。

2. 解析手法と相互作用系の固有振動数および減衰定数の評価法

構造物と地盤との間のすべりやはくり現象は、ここに修正ジョイント要素を配列することによって表現した。また、地盤は完全弾塑性体と仮定して材料非線形性を導入した。有限要素網の境界には粘性境界を用いて境界における振動エネルギーの吸収をはかった。運動方程式は次式で与えられる。¹⁾

$$[M]\{\ddot{x}\} + ([C] + [C_b] + [C_L] + [C_R])\{\dot{x}\} + [K]\{x\} \\ = \{f\} + ([C_L] + [G_{cL}])\{\dot{x}_L\} + ([C_R] + [G_{cR}])\{\dot{x}_R\} + [G_L]\{x_L\} + [G_R]\{x_R\}$$

ここに、
 $[M]$; 質量マトリクス
 $[K]$; 剛性マトリクス
 $[C]$; 減衰マトリクス
 $[C_b]$; 底面粘性マトリクス
 $[C_L], [C_R]$; 側方粘性マトリクス
 $[G_L], [G_R]$; 側方境界剛性マトリクス
 $[G_{cL}], [G_{cR}]$; 側方境界粘性マトリクス
 $\{x_L\}, \{x_R\}$; 自由地盤の変位ベクトル
 $\{\dot{x}_L\}, \{\dot{x}_R\}$; 自由地盤の速度ベクトル
 $\{f\}$; 地震外力ベクトル

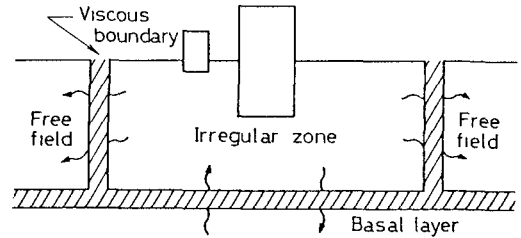


図-1 地盤-構造物相互作用系

相互作用系の固有振動数および減衰定数は、正弦波を入力して応答倍率曲線を描き、これより両者を求めた。すなわち、固有振動数は最大応答を与える振動数、減衰定数は $1/\sqrt{2}$ 法より算出した。

図-2は解析モデルの有限要素網であり、モデルの物理定数は表-1に示す。ここでは、表層地盤の材料特性を3通り仮定した。すなわち、地盤は2層からなり、下層を第1層、上層を第2層と呼び、第1層のせん断波速度は 800m/s で一定、第2層のそれを $400, 600, 800\text{m/s}$ とした。入力加速度振幅は、構造物がないときに構造物底面の位置で、 $75\text{gal}, 100\text{gal}, 150\text{gal}$ とした。

表-1 モデルの材料定数

	せん断波速度 $V_s(\text{m/sec})$		単位体積重量 $r(\text{tf/m}^3)$		ポアソン比 ν	減衰定数 h
構造物	1600		2.4		0.17	0.05
地盤	第1層 V_{s1}	第2層 V_{s2}	第1層 r_1	第2層 r_2		
	800	400 600 800	1.8	1.8	0.4	0.05

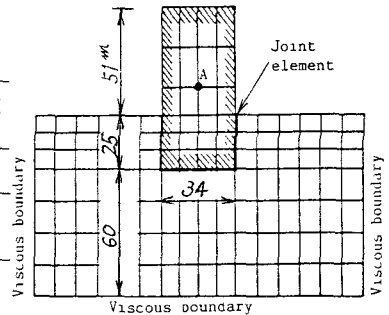


図-2 モデルの有限要素網

3. 解析結果

図-3は非線形相互作用系の固有振動数 F_i と入力振幅との関係を示したものである。図-4は相互作用系の減衰定数 H_i と入力振幅との関係を示したものである。

ここで、線形相互作用系に対しては、 F_i 、 H_i と地盤および構造物の物理定数との間の関係が求められており1)、この結果と非線形解析結果と比較したものが、図-5、図-6である。両図中の直線が線形系における回帰式あり、記号は図3、4と同じ条件に対するものである。両図より、入力振幅ごとに注目すると、いずれも線形結果とほぼ平行であることがわかる。これは線形系における回帰式を平行移動すれば良いことを意味しており、その結果は次式で与えられることがわかった。

$$F_i = a(\alpha) + 0.93F_g, \quad a(\alpha) = 0.13 - 0.0027\alpha$$

$$\log H_i \cdot V_s/V_{s2} = b(\alpha) + 2.33 \log F_g/F_s, \quad b(\alpha) = -2.9 + 0.001\alpha$$

ここに、 α は入力振幅、 F_g 、 F_s は地盤および構造物の固有振動数、 V_s 、 V_{s2} は構造物および第2層のせん断波速度である。以上、限られたモデルに対する限られた入力振幅の範囲ではあるが、非線形相互作用系の固有振動数および減衰定数推定値の定式化を試みた。勿論、ここで得られた結果は汎用性をもつものでなくその一例にすぎない。したがって今後、さらに異なる条件に対するモデルに対して同様の検討を行う予定である。

○参考文献：岸下・三浦：構造物の動的応答に及ぼす地盤との相互作用の影響，土木学会中四国，1986。

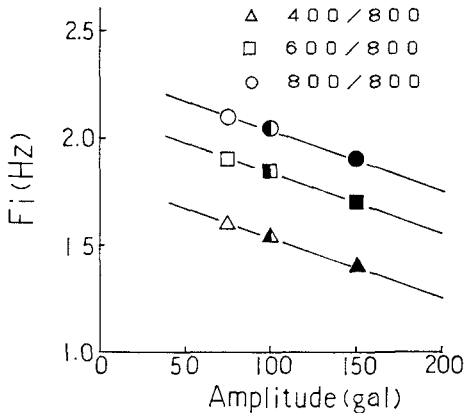


図-3 系の固有振動数と入力振幅の関係

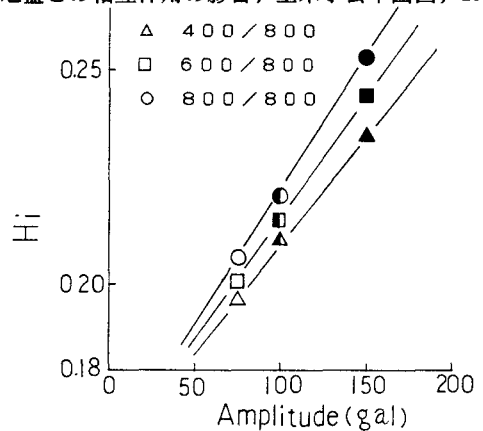


図-4 系の減衰定数と入力振幅の関係

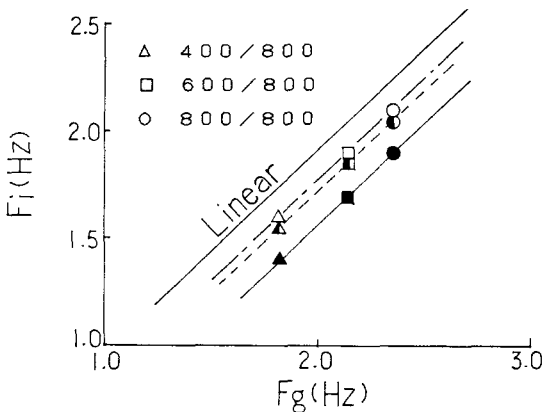


図-5 線形系と非線形系の固有振動数の比較

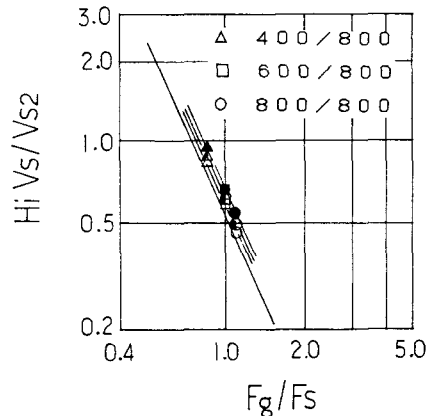


図-6 線形系と非線形系の減衰定数の比較