I－6　設計への適用を考えた基礎底面のばね剛性の評価

清水建設（株）正会員　石井 清
武蔵工業大学 学生員 ○平林邦夫

§1 はじめに

弾性波動理論による基礎・地盤系の剛性評価における重要な研究として半無限弾性体上に設置された円形剛基礎の振動解に関する研究がある。これらの振動解の特徴の1つにばね剛性が基礎の加振振動数によりその値を変えるという性質があるが，一般の設計解析ではこの点を考慮せず，ばね剛性は簡単な近似式により表わされ使用されることが多い。しかし近似式の使用にあたっては，その誤差，精度などを検討しておく必要があろう。そこで，水平・回転連成系振動の固有振動数，減衰定数が厳密解と近似解でどの程度かわるのかを検討してみた。

§2 基礎底面のばね剛性，解析解とその近似式の定義

基礎底面における動的相互作用ばねにおいて，その振動解は粘性減衰を有する1自由度系の定常応答が等しくなるようなばね定数Kと減衰係数Cは次の様に与えられる。

ばね定数 $K=K_1\cdot K_{st}$　　K_{st}：静的ばね定数　　V_s：地盤のせん断波速度

減衰係数 $C=C_1\cdot C_{st}$　　$C_{st}=K_{st}/(V_s/r_0)$　　r_0：基礎の半径

ここで解析解は参考文献1)に示されているが，ここでは1次近似式として a_0（無次元化振動数）$=1.0$ を基準とした以下の定数を用いる。

水平動 $K_1=1.00$，$C_1=0.62$　　　回転動 $K_1=0.80$，$C_1=0.16$

なお，上式の近似式と他の設計用ばね定数K，減衰係数Cとの比較を表－1に示す。

§3 検討内容（剛体基礎の水平・回転連成系による検討）

連成系振動の固有振動数，減衰定数を検討する。パラメーターには a_0 と η（幅高比 H/r）を用い，a_0 は0.0〜3.0，η は0.1〜3.0まで変化させた。また，基礎の密度比は $n=1.5$ としポアソン比は $\nu=0.4$ としている。

§4 数値結果とその考察

(イ) 連成固有振動数について。（以下，図中の実線は解析解を，破線は1次近似式を示す。）

η をパラメーターとした場合の結果の例を図－1〜図－3に示す。図－1は $a_0=0.5$ の場合であり，η が1.0より大きいならば，解析解と1次近似式は一致していると見て良いだろう。図－2は $a_0=1.5$ の場合であり，$\eta>1.0$ で両者は一致していると見なせる。図－3は $a_0=3.0$ の場合であり，全般にわたって差を生じている。その差は $\eta=1.0$ において1次，2次の連成固有振動数 (S_1)，(S_2) について，それぞれ25％と9％である。図－1〜図－3で，η が大きくなるにつれ解析解と1次近似式の近似度が良くなる。次に a_0 をパラメーターとした場合の結果の例を図－4に示す。η は0.5である。(S_1) の解析解と1次近似式の差は他のパラメーターの結果にくらべ大きい方であるが，その差は18％である。なお，η が大きくなるにつれ差は少なくなる傾向がある。

(ロ) 減衰定数について

η をパラメーターにした結果を図－5〜図－7に示す。図－5は $a_0=0.5$ の場合であり，2次の減衰定数 $(h_{x\phi})_2$ は $\eta=1.0$ で9％，η が1.0より小さいときはさらに大きな差を生じている。図－6は a_0 が1.5のときであり，$(h_{x\phi})_2$ は $\eta<1.0$ ではやはりかなりの差を生じている。図－7は $a_0=3.0$ の場合であり，全般にわたって差がある。図－5〜図－7ともに η が大きくなるにつれ差がなくなる。次に a_0 をパラメターとした場合について検討してみると，図－8の η が0.5のとき $(h_{x\phi})_1$ は $a_0=3.0$ のとき誤差27％，$a_0=0.5$ のときは差がなくなる。さらに図－9のように η が大きくなるにつれ $(h_{x\phi})_1$，$(h_{x\phi})_2$ ともに誤差が少なくなる。

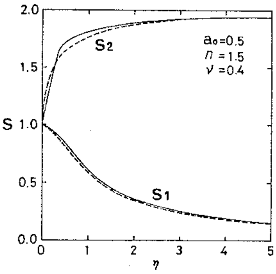

図-1

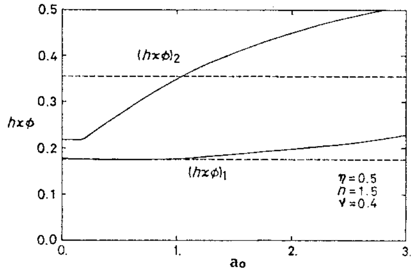

図-4

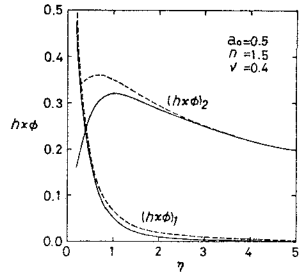

図-7

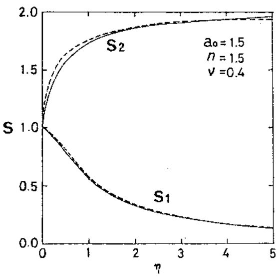

図-2

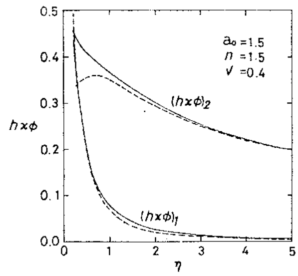

図-5

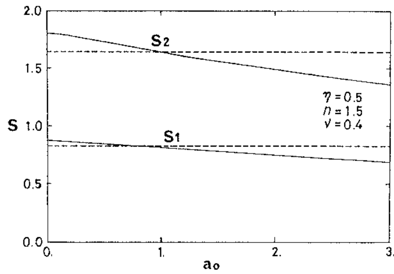

図-8

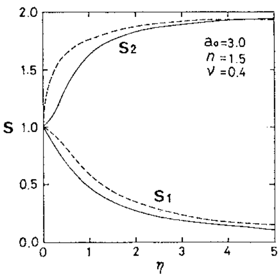

図-3

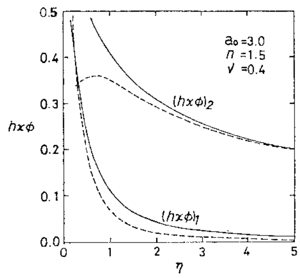

図-6

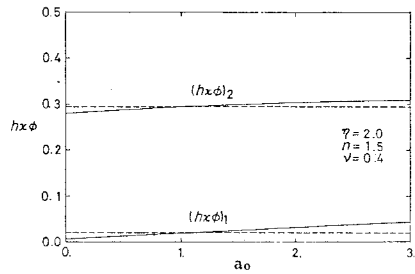

図-9

(表-1)設計用ばね定数Kと減衰係数Cの比較

			山原	田治見	Newmark & Rosenbluth	Novak	参考文献1)による値(石井)
水平動	K_1	剛基礎	1.00	0.81			
		均等分布	0.79	0.70	0.46	0.86	1.00
		放物線分布	0.59				
		条件		$(a_0=1.0)$	$\nu=0.4$	$\nu=0.4$	
	C_1	剛基礎		0.69			
		均等分布	0.63	0.42	0.35	0.54	0.62
		放物線分布					
		条件		$(a_0=1.0)$	$\nu=0.4$	$\nu=0.4$	
回転動	K_1	剛基礎	1.00	0.86			
		均等分布	0.59	0.53	0.45	0.56	0.80
		放物線分布	0.30				
		条件		$(a_0=1.0)$	$\nu=0.4$	$\nu=0.4$	
	C_1	剛基礎		0.06			
		均等分布	0.50	0.02	0.17	0.10	0.16
		放物線分布					
		条件	$\nu=0.4$	$(a_0=1.0)$	$\nu=0.4$	$\nu=0.4$	

§5 まとめ

連成系の固有振動数，減衰定数には解析解と1次近似式にかなりの開きがあるものがある。その理由は回転動のばね剛性の近似度によるものであり，とくにa_oが0.3～0.8では減衰係数に対する近似式が解析解よりも大きめの評価となり，上記の結果の中には近似式が危険側の評価となっているものがある。したがって$0.0 \leqq a_o \leqq 3.0$，$0.1 \leqq \eta \leqq 3.0$ のすべての領域で何の配慮もなく1次近似式を用いることには問題がありそうである。しかし，$0.5 \leqq a_o \leqq 2.0$，$\eta \geqq 1.5$，すなわち多くの土木・建築構造物では連成系の固有振動数，減衰定数の誤差も小さくなり実用的には1次近似式が十分使用できると考えられる。

参考文献

1)石井 清；基礎-地盤系の等価ばね，等価減衰．土木学会論文報告集，第28号，ノート欄，1979．9．

2)山原 浩；環境保全のための防振設計，彰国社，1974．