

動的応答における構造物の不確定変動量の影響

京都大学工学部 正員 山田 善一
 京都大学工学部 正員 古川 浩平
 徳 島 市 正員 ○北島 清

1. まえがき

従来、構造物のモデル化は、設計上の困難をさけるために、確定系として取り扱われてきた。構造物の安全性・信頼性を追求し、合理的な耐震性を確保するためには、地震入力のランダム性を考えて確率的に取り扱うと同時に、構造系の不確定変動量が動的応答にどのような影響を与えるかを数量的にとらえる必要がある。

そこで、本研究では構造系の種々の不確定変動量に対して、ランダム固有値解析を行ない、固有値・固有ベクトルがどのように変動するか調べた。理論解の数値計算結果は、シミュレーションにより比較検討された。つぎに、動的応答量がどのように変動するか調べた。なお、不確定変動量としては、地盤弾性定数・減衰定数などを考えた。

2. ランダム固有値解析

不確定変動量を含む系の固有値解析は、いくつかの研究が発表されているが、本研究では線形2次近似理論を適用した。そして、 i 次の固有値 λ_i 、固有ベクトル ϕ_i の平均値、分散は基本的に、次式のようなこれらの特性量の微係数で表わされる。

$$\frac{\partial \lambda_i}{\partial r_k} = \frac{\phi_i^* \left(\frac{\partial K}{\partial r_k} - \lambda_i \frac{\partial M}{\partial r_k} \right) \phi_i}{\phi_i^* M \phi_i}$$

$$\frac{\partial \phi_i}{\partial r_k} = \frac{\pi}{\sum_{k=1}^n a_{ikr}} \phi_k$$

$$a_{ikr} = \frac{\phi_k^* \left(\frac{\partial K}{\partial r_k} - \lambda_i \frac{\partial M}{\partial r_k} \right) \phi_i}{\lambda_i - \lambda_k}$$

$$a_{iir} = - \left(\frac{\phi_i^* \frac{\partial M}{\partial r_k} \phi_i}{2} \right)$$

ここで、 r_k : ランダム変数

i) ランダム固有値解析の結果と考察

上記の理論より、モデルにタワー・ピア系を用いランダム固有値解析を行なった。

Fig.1. は地盤弾性定数が正規分布(変動係数0.2)とした場合の固有円振動数の分布の概態を表わしたものである。Fig.2. には固有モードの変動を示した。固有値、固有ベクトルの変動は地盤状態によって異なり、

両者ともピアの揺れるモードに対応するものが、特に大きな影響を受け、他のものはほとんど変動しない特性を有する。

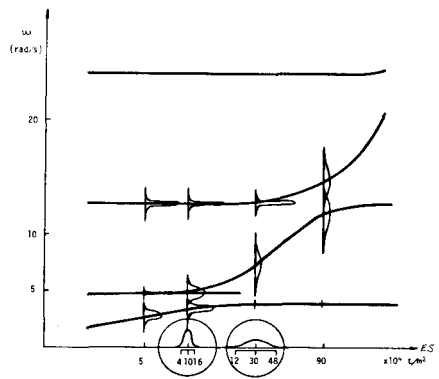
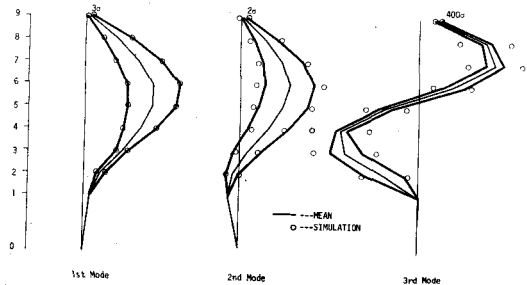


Fig.1 NATURAL FREQUENCY-FUNDATION CONDITION

Fig.2 VARIATION OF NORMAL MODE
(B) $ES=1.0 \times 10^5 \text{ t/cm}^2$

3. 動的応答量の変動

動的応答量の変動¹⁾についても、ランダム固有値解析と同じような操作で基本式を求めた。外力としては、ホワイトノイズ、フィルタードホワイトノイズに対して、R.M.S.応答値、最大応答量がどのように変動するか調べた。

1) 計算結果と考察

不確定変動量として、地盤弾性定数が変動係数0.2を持つ場合のR.M.S.応答の変動が、Fig3に示されている。この場合、変位応答の最大の変動係数が0.29(ピアー頂)となり、他の質点については、入力の変動とほぼ同程度の大きさであった。

各次減衰定数の変動係数の変動をすべて0.2としたものをFig4に示す。この場合、変位応答の変動係数がピアー頂で0.35、他の質点もほとんど0.26~0.29と入力の変動を上まわっていた。

つぎに、地盤とピアーの減衰の間には何らかの相関があると考えると、この間の相関係数を0.3とした場合のピアー頂点の分散が受けた影響をFig5に示す。

4. 結論

- i). ランダム固有値解析において得られた結果とシミュレーション結果を比較すると、1次、2次については、よく一致していたが、3次以上については差がでた。しかし、平均値と比較して、両結果とも変動量は非常に小さいので、以後の応答計算は支障なく理論式を適用できると考えられる。
- ii). 現実を考えなければならぬランダム変数の変動量との間の関係は明白ではないが、ここで用いた程度のものとすると、地盤弾性定数、減衰定数の動的応答に対する影響だけでもかなり大きく、他の不確定要因の影響を考えると、振動系と確率的変動要因を含む系として扱う必要がある。

参考文献

- 1). T.K.Hasselmann and G.C.Hart, "Modal Analysis of Random Structural Systems", Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE, June 1972.

- 2). 松島豊「確率変数からなる振動系の地震応答量の変動」

日本建築学会論文報告集、第210号

