I －162　構造物の減衰性および剛性のバラツキが地震応答に及ぼす影響

東京工業大学　正員　　伯野　元彦
東京工業大学　正員 ○ 四俵　正俊

§1．はじめに

地震力が作用した時の構造物の挙動を解析する場合、構造物建設地点に来襲する可能性のある地震動は、一個ではなく、その予想される地震一個一個が、それぞれ異った波形を持つ事は当然考えられる事であり、したがって、それらの地震による構造物の振動も一回一回異なるであろうということから、それら地震群が作用した場合の、構造物の振動群の統計的性質の研究という意味で、ランダム振動論の適用が地震工学の分野でも、行なわれつゝある。

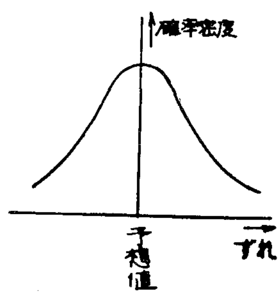
さて、実際に構造物の挙動を解析してみた場合、確率的な見方、及至は、統計的な見方をしなければならない因子は、他にもあることに気付く。

それは、構造物の固有周期と、振動減衰常数、ならびに固有振動形状である。　これらは、構造物の地震時挙動を完全に規定してしまう量であるが、そしてまた、これらの量の地震時構造物挙動に及ぼす影響は、非常に大きいにも拘らず、動的解析を行う段階、すなわち、構造物耐震設計の段階においては、構造物は実在しておらず、従って、上記諸量は、過去の同様な構造物の試験結果からの推定値を採用せざるを得ない。

そして、それら予想値も、あくまで予想値であって、建設してみた結果は、異なるかもしれない。すなわち、その予想値は、その値のまわりに分布する確率変数と見なければならない。

つまり、図－1に示すように、予想値のまわりに或る分布で、バラツキを持っているであろう。

そして耐震設計の面から言えば、減衰常数の推定値と実際の値のバラツキの大きさや、固有周期のそれが、構造物振動のバラツキに及ぼす影響がどの程度のものかをおさえることは、重要な問題と思われる。　減衰常数が非常に推定と異なっても、構造物の応力に及ぼす影響が小さければ、それでよいわけである。



図－1

§2．解析方法

減衰常数 ${}^{*}h$，固有円振動数 ${}^{*}p$，が確率変数，地震加速度 ${}^{*}f(t)$ が確率関数となるので，振動方程式としては次式となる。

$$\ddot{x} + 2\,{}^{*}h \cdot {}^{*}p\,\dot{x} + {}^{*}p^2 x = {}^{*}f(t) \qquad \text{----}\ (1)$$

そして，構造物変位 $x(t)$ も確率関数となるため、その値を推定するには、二乗平均を求めるのが最適である。

すなわち

$$\langle {}^{*}x^2(t) \rangle_{av.}$$

そして、減衰常数，固有振動数が確率変数でなく、確定数の場合には、前記集合平均は

$$\phi_{xx}(t_1, t_2) = \langle {}^k x(t_1)\, {}^k x(t_2) \rangle_k$$
$$= \int_{-\infty}^{t_1} w(t_1, \tau_1)\, d\tau_1 \int_{-\infty}^{t_2} w(t_2, \tau_2) \langle {}^k f(\tau_1)\, {}^k f(\tau_2) \rangle_k\, d\tau_2$$
$$= \int_{-\infty}^{t_1} w(t_1, \tau_1)\, d\tau_1 \int_{-\infty}^{t_2} w(t_2, \tau_2)\, \phi_{ff}(\tau_1, \tau_2)\, d\tau_2 \qquad \text{---- (2)}$$

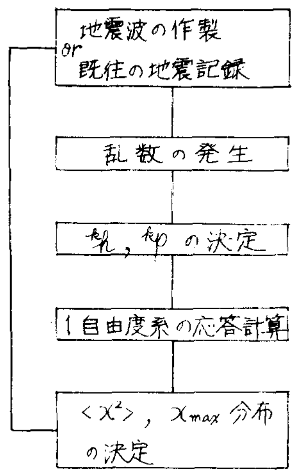
となる。　　こゝに　$w(t, \tau)$　は構造物の単位衝撃応答関数である。

ところが、${}^k h$，${}^k p$　は確率変数であるため、

$$w(t) = \frac{1}{mp\sqrt{1-h^2}}\, e^{-hpt} \sin p\sqrt{1-h^2}\, t \qquad \text{---- (3)}$$

も確率変数となってしまい、集合平均 $\phi_{xx}(t_1, t_2)$ は (3) 式のように簡単に表わされない。

そこで、今回は研究の第一歩として、次のような数値実験を行なった。　計算の流れは図－2に示す通りである。



図－2　計算流れ図

地震波の作製

構造物の動的解析に対するモンテ・カルロ法の普及にともなって、計算機上で地震波を作製する方法が種々提案されているが、実際の地震波の性質というものも、現在のところ、未だ明らかとなっていないので、便宜的に次のような地震波を考える。*1

$$f(t) = \int a(\omega) \cos(\omega t + \phi)\, d\omega \qquad \text{---- (4)}$$

ϕ：乱数

乱数の発生

地震波の作製、減衰常数、ならびに固有円振動数の決定に際しては、乱数を発生させる必要があるが、減衰常数等の確率分布を如何にとるかによって、発生させるべき乱数も異なって来る。　筆者等は、上記分布として正規分布を採用したので、次の方式で正規乱数を発生させた。

$$\frac{u_1 + u_2 + \cdots\cdots + u_n - \left(\frac{n}{2}\right)}{\sqrt{n/12}}$$

こゝに　u_n　は一様乱数

応答計算

1自由度系の振動応答計算は、Runge－Kutta－Gill 法によった。

数値実験結果は、一部でているが、未だ詳細なチェックを行なっていない状況であるので、講演会当日発表したい。

*1.　岡本，伯野「地震の非線型振動に関する研究」　地震工学国内シンポジウム講演集（1962）