不確定性を考慮したRC構造物の動的応答に関する基礎的研究

鹿児島大学工学部　　学生員　○荒川勝広
鹿児島大学工学部　　正会員　　河野健二

1.はじめに

構造物の複雑化、大型化が見られる現在、構造物全体系の動的外力に対する安全性を評価する場合、作用する動的荷重や構造強度の不確定性の影響を明らかにすることが必要となっている。構造物の応答が非線形性をともなう場合、最大応答を推定する手法としてモンテカルロシミュレーション(MCS 法)の適用が有用である。そこで本研究では、MCS 法を用い構造物の安全性を評価する上で重要である構造物の材料強度の不確定性が構造物の最大応答に及ぼす影響を明確にすることを目的とし、不確定量が応答特性に及ぼす影響について検討を加えた。

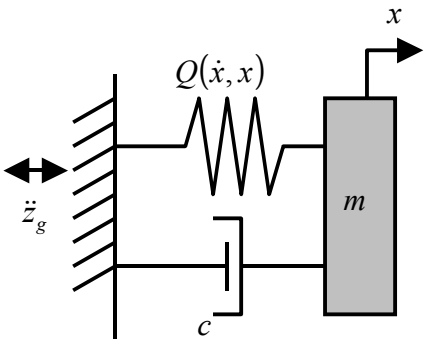

図-1　解析モデル

2.解析概要

解析モデルは図-1 に示すような基礎を固定とした１自由度系の解析モデルを使用した。この場合の運動方程式は次式で表される。

$$\ddot{x}+2\beta_0\omega_0\dot{x}+Q(\dot{x},x)=-\ddot{z}_g$$

$$\frac{c}{m}=2\beta_0\omega_0,\quad \frac{k}{m}=\omega_0^2$$

$Q(\dot{x},x)$は復元力の履歴特性を表す関数であり、本解析ではRC構造物を対象としているので、図-2 に示す武田モデルを適用した。m は構造物の質量、 cは構造物の減衰係数、kは弾性域の剛性、β_0は弾性域の減衰定数、ω_0 は弾性域の固有振動数とそれぞれ示している。入力地震波は兵庫県南部地震－南北方向波(以下KOBE-NS と示す) を用い最大地震加速度を 500gal と設定した。本解析では構造物の応答に及ぼす不確定量として弾性域の固有振動数および降伏変位を取り扱う。それぞれの不確定量は簡単のために独立なものと考慮した。それぞれ変動係数 5%を有する正規乱数として、時刻歴応答解析を行う毎に与えることにより、多数回の応答解析によりそれぞれの最大値の平均値やその分散を計算すると、それぞれの確率変数が最大応答に及ぼす統計量を求めることができる。ここではシミュレーション回数は 50000 回とした。解析方法については *Newmark* のβ法を用いた。

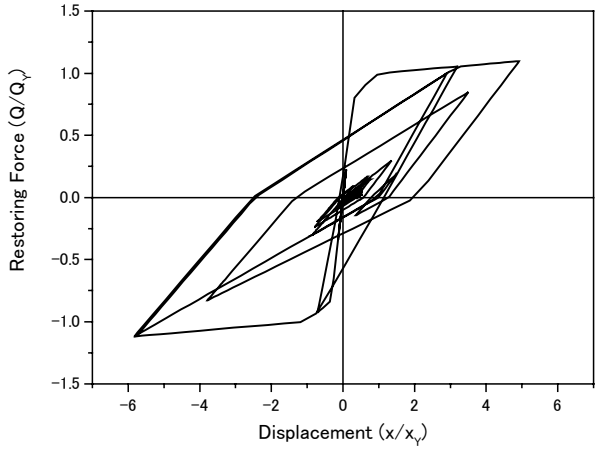

図-2　変位-復元力モデ

3.解析結果

図-3，図-4，図-5 はそれぞれ固有振動数，降伏変位について変動係数 5%を有する確率変数として、モンテカルロシミュレーションを行った結果である。図-3 は最大応答加速度について、図-4 は最大応答変位について、図-5 は最大応答復元力について確率密度分布を示した。それぞれの(a)は固有振動数について、(b)は

キーワード：不確定量、非線形動的応答、モンテカルロシミュレーション
連絡先：〒890-0065　鹿児島市郡元 1-21-40　鹿児島大学工学部海洋土木工学科　TEL:099-285-8470

降伏変位を確率変数とした場合の結果である。また、構造物の線形時の固有周期を 0.5 秒の場合について結果を示した。図-3 の最大応答加速度の分布は(a), (b)の場合で顕著な相違が認められる。(a)について分布形は平均値よりも大きいところでピークが現れる形を示している。一方、(b)については平均値付近でピークが現れており、ほぼ正規分布の形を示している。(b)は確率変量の影響が大きく現れたことが考えられる。また横軸の分布幅に着目しても(a)は広く分布しており、(b)では(a)に比べて分布幅が狭いことが確認できる。図-4(a), (b)の最大応答変位の分布についても顕著な相違が認められる。(a)については約0.157mと約0.162mにおいて平均値の値を挟んで 2 つピークが現れている。(b)については、ほぼ平均値のところでピークを示している。分布幅は図-3 と同様に(a)に比べて、(b)のほうが狭い傾向が認められる。図-5 最大応答復元力 0 については(a), (b)の分布形は若干異なるものの平均値付近でピークが認められ、正規分布に近い分布を示している。しかし分布幅は(a)と(b)では大きく異なり、(b)は(a)に比べてかなり分布幅は小さい値を示している。以上のことより、固有振動数を正規確率変数と仮定した場合において最大応答加速度、最大応答変位の分布は正規分布と異なる分布形を示し、非線形の影響が大きく現れたものと考えられる。しかし最大応答復元力については正規分布とほぼ同じような分布形を示し、あまり非線形性の影響は受けないものと考えられる。降伏変位を正規確率変数と仮定した場合において、若干正規分布とは異なる分布形を示すがピークと平均値はほぼ同程度の値を示す。したがって、非線形を示す構造物の最大応答を予測する場合は代表値として平均値と変動係数を用いるが、その分布形は非線形性の影響を受けるので注意が必要である。

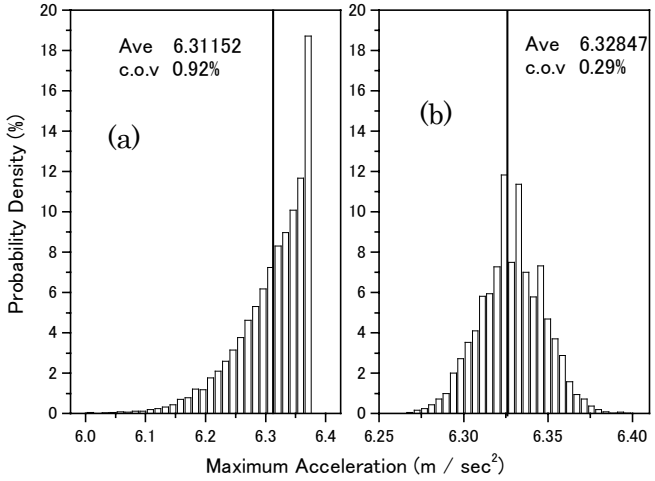

図-3 最大応答加速度分布

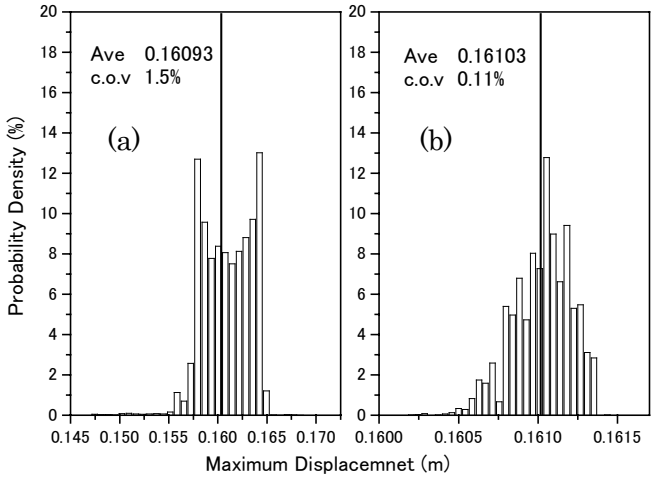

図-4 最大応答変位分布

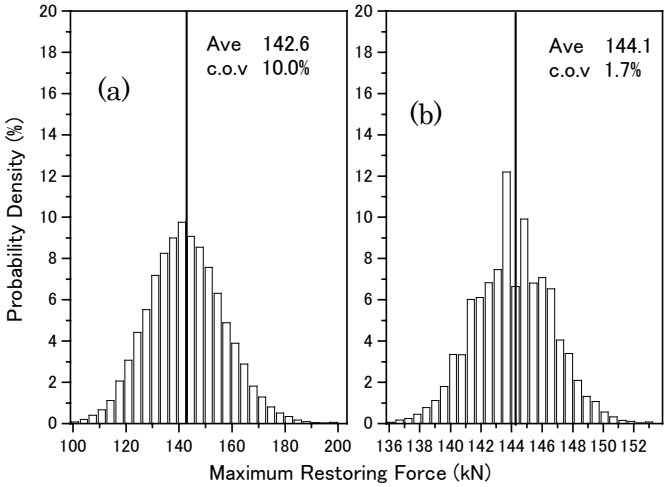

図-5 最大応答復元力分布

4.まとめ

今回、MCS 法を用い構造物の安全性を評価する上で重要である構造物の材料強度の不確定性が構造物の最大応答に及ぼす影響を明確にすることを目的とし、不確定量が応答特性に及ぼす影響について検討を加えた。固有振動数と降伏変位の変動の影響は固有振動数の方が大きく現れる。また最大応答値の分布は非線形性の影響を大きく受けるため、構造物の最大応答値を予測し、応答超過確率等を定める場合はより厳密な検討が必要であると考えられる。