

確率論手法に基づく応答スペクトル適合地震動の作成法

徳島大学大学院 学生員 ○島田 智之

徳島大学工学部 正会員 三神 厚

徳島大学工学部 正会員 澤田 勉

1. はじめに

現在の耐震設計では、目標とする応答スペクトルに適合する模擬地震動（応答スペクトル適合地震動）を作成する方法¹⁾がとられる。しかし、この方法で得られる模擬地震動は1サンプル波しか作成できず、ある意味で特殊な地震動である。一般に地震動は不規則性を持ち、その特性は母集団を規定するいくつかのパラメータにより決定される。このような不規則外力を受ける構造物の安全性を評価するためには、確率論に立脚した方法を用い、応答の母集団から安全性を評価することが必要である。本研究では構造物の最大応答を表す応答スペクトルを確率論手法を用いて評価し、耐震設計用の応答スペクトルを目標とした模擬地震動の作成法を提案することを目的とする。

2. 地震動のモデル化

地震動特性は、強度特性、周波数特性および非定常特性に大別される。地震動のシミュレーションでは、これらの特性を的確に反映したモデルを用いなければならない。

本研究では、地震動の強度特性及び周波数特性をパワースペクトルで表現する。パワースペクトルモデルとして多治見が提案したモデルを基本にした以下の2つのモデルを用いる。Fig.1 にそれらのモデルの概形を示す。

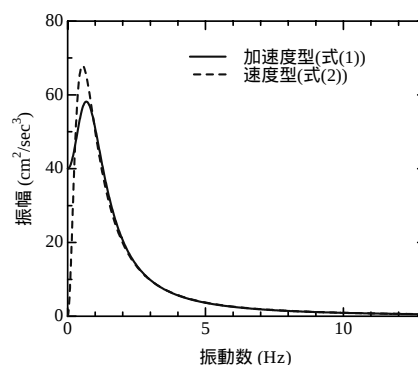


Fig.1 パワースペクトル

$$\text{加速度型モデル } S_s(\omega) = \frac{1 + 4h_g^2(\omega/\omega_g)^2}{\{1 - (\omega/\omega_g)^2\}^2 + 4h_g^2(\omega/\omega_g)^2} S_0 \exp(-\alpha\omega) \quad (1)$$

$$\text{速度型モデル } S_s(\omega) = \frac{\omega^2}{(\omega_g^2 - \omega^2)^2 + 4h_g^2\omega_g^2\omega^2} S_0 \exp(-\alpha\omega) \quad (2)$$

これらのパワースペクトルモデルはパラメータ S_0 , ω_g , h_g , α で決定される。両モデルの違いは、加速度型モデルは振動数 0 で振幅を持つのに対し、速度型モデルは振幅を持たないことである。

また、地震動の非定常特性は大崎ら²⁾による Fig.2 のような波形包絡曲線で表現する。

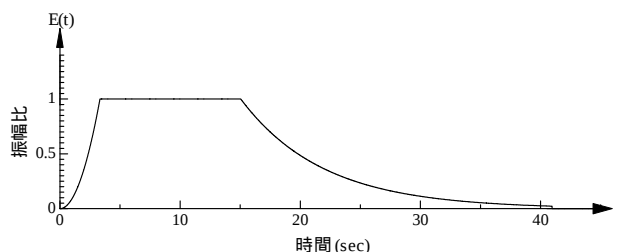


Fig.2 波形包絡曲線

3. 確率論手法に基づく応答スペクトルの算出

線形 1 自由度系の固有円振動数、減衰定数をそれぞれ ω_0 , h とする。継続時間 T (sec) だけ加振したときの絶対最大応答値 ξ の確率分布関数は Vanmarcke³⁾ により提案された次式となる。

$$P_s(\xi) = \exp \left[-\frac{\omega_0}{\pi} T \frac{1 - \exp \left\{ -(\pi/2)^{1/2} q(\xi/\sigma_x) \right\}}{\exp \left\{ (\xi/\sigma_x)^2 / 2 \right\} - 1} \right] \quad (3)$$

キーワード 最大応答, 確率分布関数, レベル 1・レベル 2 地震動, 応答スペクトル適合地震動

連絡先 〒770-8502 徳島県徳島市南常三島町 1-1 TEL:088(656)9193 E-mail: amikami@ce.tokushima-u.ac.jp

ここで、 σ_x は応答値の標準偏差、 q は不規則指数と呼ばれるもので、パワースペクトル $S_s(\omega)$ と系の減衰定数 h で決定される。また、本研究では、継続時間 T は波形包絡曲線の主要動部とした。

固有円振動数ごとに式(3)から期待値を算出して連ねると応答スペクトルとなる。なお、ここで得られた応答スペクトルは、平均応答スペクトルとなる。

4. 応答スペクトル適合地震動

(1) 応答スペクトル適合地震動の作成法

系の減衰定数、パワースペクトル、波形包絡曲線が与えられると確率論手法による応答スペクトルが求まる。本研究では、系の減衰定数と波形包絡曲線は既知とし、パワースペクトルを規定する4つのパラメータが道路橋示方書に規定されている応答スペクトル¹⁾との残差平方和が最小になるように決定する。そして、決定された地震動モデルから模擬地震動を作成する。

(2) 解析結果と考察

確率論手法による応答スペクトルを求めて、道路橋示方書に規定されているレベル1およびレベル2地震動の応答スペクトルに適合する模擬地震動を作成した。Fig.3, 4は、確率論手法による応答スペクトルと道路橋示方書（種地盤）のそれらを比較したものである。Fig.3に、加速度型モデルの場合の応答スペクトルを、Fig.4に、速度型の場合のそれを示す。

Fig.3より、加速度型モデルを用いた場合の応答スペクトルとレベル2タイプでは整合性が悪い。この原因としては、加速度型モデルでは振動数0で振幅を持つためであると考えられる。Fig.4より、速度型モデルを用いた場合はどれも高い適合性を示した。

次に、パワースペクトルを規定する4つのパラメータの収束値と波形包絡曲線を用いて模擬地震動を作成した。ここでは、速度型モデルを用いて作成した一例をFig.5に示す。

5. まとめ

本研究では構造物の応答スペクトルを確率論手法を用いて表現し、耐震設計用の応答スペクトルを目標とした模擬地震動の作成法を提案した。この手法を道路橋示方書のレベル1およびレベル2地震動に適用し、その妥当性を確認した。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，耐震設計編，丸善株式会社，pp12-29,304-310
- 2) 大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門，鹿島出版，1994。
- 3) Vanmarcke, E.H. : Properties of Wpectral Moments with Applications to Random Vibration, Proc. of ASCE, EM2, pp425-446, 1972. .

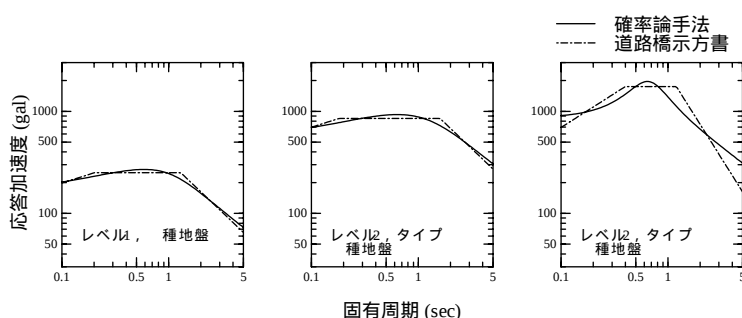


Fig.3 確率論手法(加速度型)と道路橋示方書の
応答スペクトルの比較

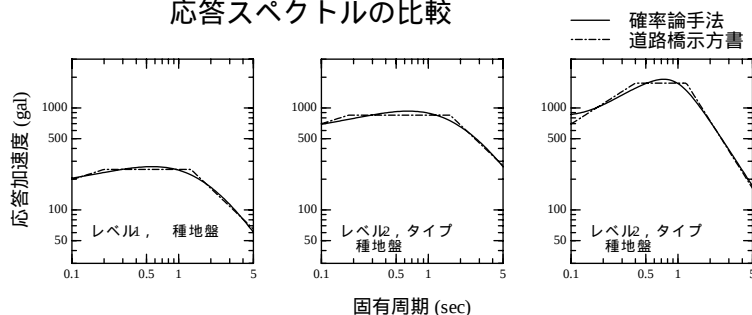


Fig.4 確率論手法(速度型)と道路橋示方書の
応答スペクトルの比較

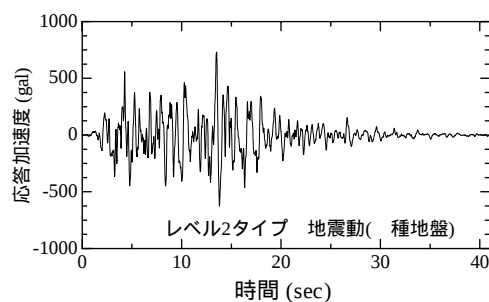


Fig.5 模擬地震動