

加速度応答スペクトルの距離減衰式に適合する模擬地震動の作成

徳島大学大学院 学生員○牧 浩行
 徳島大学大学院 学生員 島田 智之
 徳島大学大学院 正会員 三神 厚
 徳島大学大学院 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）を作成する方法がとられる。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、任意のマグニチュード M 、震源深さ H 、震源距離 X に対する工学的基盤での確率論的な応答スペクトル適合地震動の一作成法を提案し、その妥当性を検討する。この方法では、任意のマグニチュード M 、震源深さ H 、震源距離 X に対する確率論的な模擬地震動を比較的簡単に作成できるという特徴がある。

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以下のモデルを用いる。Fig.1 にそれらのモデルの概形を示す。

$$S_s(\omega) = \frac{\omega^2}{(\omega_g^2 - \omega^2)^2 + 4h_g^2 \omega_g^2 \omega^2} S_0 \exp(-\alpha\omega)$$

このパワースペクトルモデルは S_0 、 ω_g 、 h_g 、 α の4個のパラメータで決定される。また、地震動の非定常特性は大崎ら¹⁾によるFig.2のような波形包絡曲線で表現する。

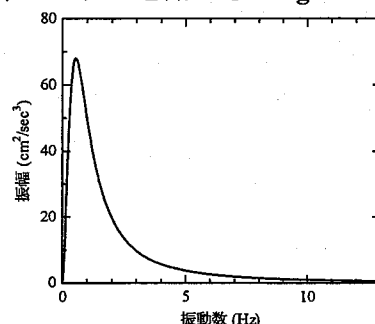


Fig.1 パワースペクトル

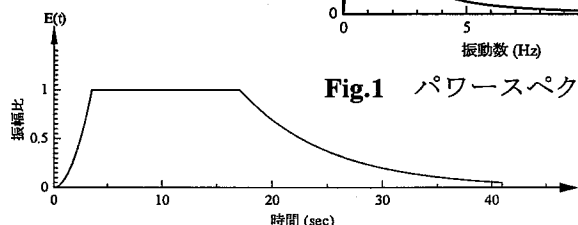


Fig.2 包絡線関数

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。加振が継続時間 T (sec)の定常確率過程ときの絶対最大応答値 ξ の確率分布関数²⁾次式で与えられる。

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

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 よりで決定される。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である。

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

任意のマグニチュード M 、震源深さ H 、震源距離 X からパワースペクトル、波形包絡曲線が求まる。ここでのパワースペクトルは、確率論手法による応答スペクトルが目標とする応答スペクトル³⁾と整合するように、パワースペクトルを規定する4個のパラメータを任意の M, H, X に対しての回帰分析して求めたものである。そして、このパワースペクトルを用いて模擬地震動を作成する。

(2) 解析結果と考察

回帰式から得られるパラメータを基に数値シミュレーションを100回行い、安中らのそれと比較し、妥当性を検討した。Fig.3は、提案手法による加速度応答スペクトルと安中のそれらと比較したものである。図に見られるように、 $M < 7.5$ の場合は両者はよく一致しているが、 $M > 7.5$ で震源距離 X が大きいときには、両者の適合性は悪くなる。

一般に、マグニチュードと震源距離がともに大きい地震では、地震動の中に実体波以外に表面波が含まれている。本研究の地震動モデルで用いたパワースペクトルモデルは、実体波を対象としたモデルであるため、上述のような表面波を含む地震動では適合性が悪くなったと考えられる。

Fig.4に1サンプル波の加速度応答スペクトルと安中らのそれとの比較を、Fig.5に加速度時刻歴波形の1例をFig.5に示す。

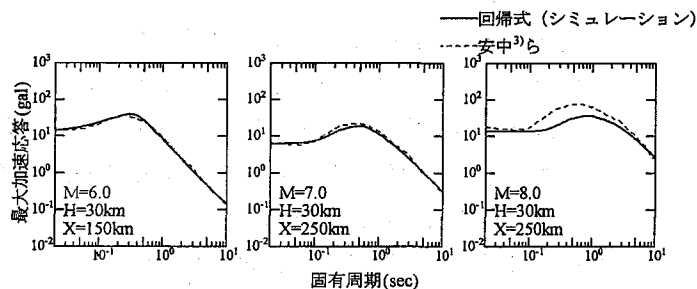


Fig.3 シミュレーション (100 波) と
安中の応答スペクトルとの比較

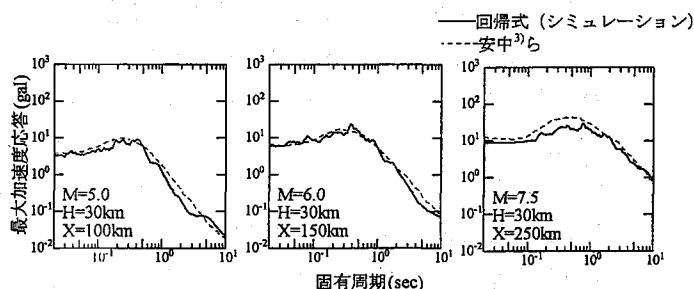


Fig.4 シミュレーション (1 波) と
安中の応答スペクトルとの比較

5. まとめ

本研究では、任意のマグニチュード M 、震源深さ H 、震源距離 X に対する工学的基盤での確率論的な応答スペクトル適合地震動の作成法を提案し、その妥当性を検討する。この手法を安中ら³⁾の加速度応答スペクトルに適用し、その妥当性を確認した。

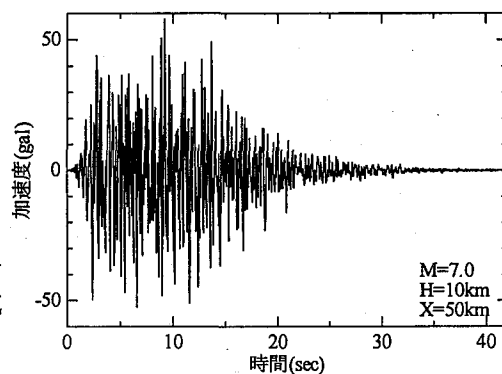


Fig.5 模擬地震動

参考文献

- 1) 大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門，鹿島出版，1994.
- 2) Vanmarcke, E.H. : Properties of Spectral Moments with Applications to Random Vibration, Proc. of ASCE, EM2, pp425-446, 1972.
- 3) 安中正，森田大，相京泰仁，原田光男：地震タイプを考慮した加速度応答スペクトル推定式，地震工学研究発表会講演論文集，CD-ROM 版 NO.101，2005.