

偏心を有する柔床構造物の耐震信頼度解析
Seismic Reliability Analysis of Hysteretic Structural Frame with Flexible Slab

○ 向坊恭介・鈴木祥之
○ Kyosuke Mukaibo, Yoshiyuki Suzuki

In this study, an analysis method to evaluate the seismic reliability of hysteretic structural frame with flexible slab is described. The absolute maximum displacement and the cumulative hysteretic energy are adopted as damage measures. The differential equations of the moments are derived from the Ito stochastic differential equation for a whole system consisting of augmented state variables. The moments and probability density functions are obtained by solving the moment equations numerically. Then, the seismic reliability function is determined by integrating the probability density function of the damage measure over the relevant safety domain.

1. はじめに

木造建物などでは、一般に剛床と考えるにくい場合が多い。著者は、過去に偏心を有する柔床構造物の確率論的応答解析を行った^[1]。ここでは、損傷の尺度を導入し、構造物の耐震信頼度関数を求める手法について述べる。

2. 損傷の尺度

構造物の損傷状態を評価する尺度として、最大応答変位及び累積消費エネルギーを考える。

最大応答変位 $m\eta(t)$ は、次式で定義される。

$$m\eta(t) = \max |x(\tau)|, \quad 0 \leq \tau \leq t \quad (1)$$

ただし x は基礎に対する相対変位である。また累積消費エネルギー $h\eta(t)$ は、次式で定義される。

$$h\eta(t) = \int_0^t \Phi(\tau)y(\tau)d\tau - E_p(t) \quad (2)$$

ただし、 Φ は履歴復元力、 y は速度、 $E_p(t)$ は除荷剛性から決まるポテンシャルエネルギーである。

3. 確率論的応答解析法^[1]

柔床構造物として図1のような単層1スパンの解析モデルを考える。水平構面に剛性 K_s 与え、水平構面の変形を考慮する。いま水平変位 x 、速度 y 、履歴変位 z 、損傷の尺度 η からなる状態変数ベクトル \mathbf{Z} を用いると、運動方程式が次式のように状態方程式として得られる。

$$\dot{\mathbf{Z}} = \mathbf{AZ} + \mathbf{G} + \mathbf{F}(t) \quad (3)$$

入力外乱を白色雑音過程とすれば、(3)式は伊藤型確率微分方程式として次式のように書き直すことができる。

$$d\mathbf{Z} = \mathbf{F}(\mathbf{Z}, t)dt + \mathbf{V}(\mathbf{Z}, t)d\mathbf{B}(t) \quad (4)$$

さらに伊藤の公式を用いて、(4)式から確率モー

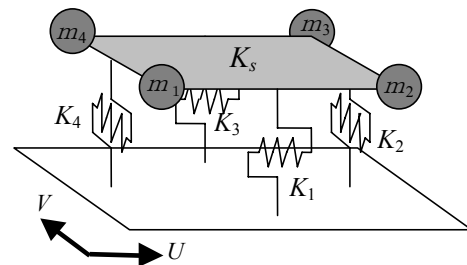


図1 柔床構造物モデル

メントに関する微分方程式を導くことができる。このモーメント方程式を数値的に解くことによって状態変数に関する確率モーメント及び密度関数を時々刻々求めることができる。

4. 耐震信頼度関数

損傷の尺度 η に関する限界値を c_F とすると、系の信頼度関数 $R(t; c_F)$ は、時刻 t において η が c_F を超えない確率として次式で表される。

$$R(t; c_F) = \text{Prob}[\eta(t) \leq c_F] \quad (5)$$

具体的には、 η に関する密度関数を次式のように積分することで $R(t; c_F)$ を求めることができる。

$$R(t; c_F) = \int_0^{c_F} p(\eta; t)d\eta \quad (6)$$

5. まとめ

水平構面の変形を考慮した構造物モデルを対象として、損傷の尺度を導入することで構造物の信頼度関数を求める手法について述べた。

参考文献

- [1] Mukaibo, K. & Suzuki, Y.: Hysteretic Structural Frame with Flexible Slab under Random Excitation, *Proc. of the 9th International Conference on Structural Safety and Reliability (ICOSSAR '05)*, pp.3833-3837, Jun. 2005