

徳島大学大学院 学生員○西田悟理
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

滑動現象を扱った研究には、Pompei ら (1998)¹⁾ や Taniguchi (2002)²⁾ 等多くの研究があるが、これらの研究の多くは、剛な基盤の上に載る剛物体の運動について検討しており、基礎のフレキシビリティを考慮したものはほとんどない。しかし、基礎や橋台などの土木構造物の滑動応答を推定する際には構造物と地盤の動的相互作用の影響を適切に反映させなければならない。そこで本研究では地盤との動的相互作用を考慮した剛物体の滑動応答解析を行うための解析的手法について検討する。

2. 解析の手順

構造物の滑動応答を検討するにあたって、図-1、図-2 に示すような2つのモデルを考える。図-1 は剛基礎上に剛物体が載ったもので、剛物体と剛基礎間の接触面における Coulomb 摩擦力を考慮している。図-2 は相互作用ばねに支えられた無質量剛基礎上に剛物体が滑動するモデルで、同様に接触面での Coulomb 摩擦を仮定している。ここで用いる相互作用ばねは、Meek and Wolf(1992)⁴⁾ によって、基礎から逸散される平面波が円錐上に広がることを仮定することにより得られたものである。ただし、ここではこれらのモデルにおいて物体のロッキングや剥離、接触面の Coulomb 摩擦の速度依存性は考慮されていない。

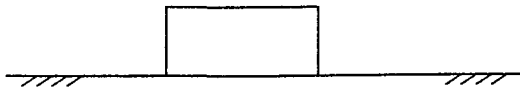


図-1 剛基礎上の剛物体モデル

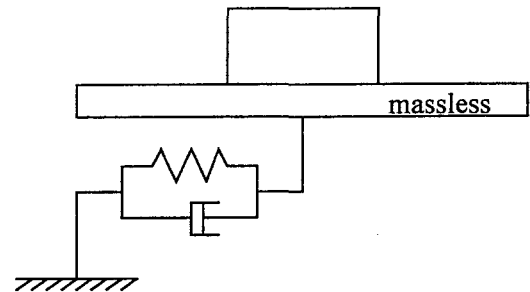


図-2 基礎との動的相互作用を考慮したモデル³⁾

上に示すそれぞれのモデルにおいて滑動の判定を行いながら運動方程式を時間ステップごとに解く。ここで x は剛物体絶対変位、 y は剛物体相対変位、 x_g は強制変位とし、系に外力を作用させると、剛基礎上の剛物体モデルにおいて(1) 固着状態 ($x = x_g$)、(2) すべり状態 ($m\ddot{y} = -m\ddot{x}_g - \text{sgn}(\dot{y})F_d$) の2つの状態が考えられる。ここで

$$\text{sgn}(\dot{y}) = \begin{cases} +1 & (\dot{y} > 0) \\ -1 & (\dot{y} < 0) \end{cases}$$

y : 剛物体と剛基礎の相対変位、 m : 剛物体質量、 F_d : 剛基礎と剛物体接触面における動摩擦力である。基礎のフレキシビリティを考慮したモデルでも同様に

$$\begin{cases} m\ddot{x} = C \\ m_0\ddot{x} + c\dot{x} + kx = -C + c\dot{x}_g + kx_g \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} m\ddot{z} = -\text{sgn}(\dot{x})F_d \\ m_0\ddot{x} + c\dot{x} + kx = \text{sgn}(\dot{x})F_d + c\dot{x}_g + kx_g \end{cases} \quad (2)$$

ここで (1) はすべり状態を, (2) は固着状態を表し, C : 剛基礎と剛物体接触面における静止するに摩擦力, z : 剛物体絶対変位, m_0 剛基礎質量, k, c : 相互作用ばねである.

固着状態からすべり状態へ系が移行は以下の条件を満たす必要がある.

$$|C| < |F_s| \quad (3)$$

ここで, F_s : 最大静止摩擦力である. またすべり状態から固着状態へ系が移行するためには以下の条件を満たす必要がある.

$$\begin{aligned} \dot{y} &= 0 \\ m\ddot{z} &< F_d \end{aligned} \quad (4)$$

3. 解析結果

構造物の滑動応答の検討にあたり, 物体に初速を与えるか, あるいは基部に実地震動を与える. 物体に初速として 50km/h を与えた場合のすべり量を図-4 に, 基部に実地震動 (兵庫県南部地震神戸ポートアイランドアレー観測記録の GL-32m, EW 成分) を与えた場合のすべり量を図-5 に示す. ここでは地盤密度を 1.9t/m^3 , せん断波速度を 250m/s , 剛物体質量を 5t , 相互作用ばねを $K=3.7 \times 10^8 \text{ (N}\cdot\text{m)}$, $C=1.5 \times 10^6 \text{ (N}\cdot\text{s/m)}$ とする

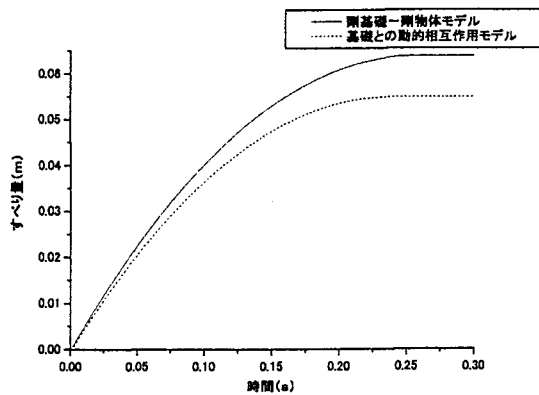


図-4 初速を与えた場合の滑動量

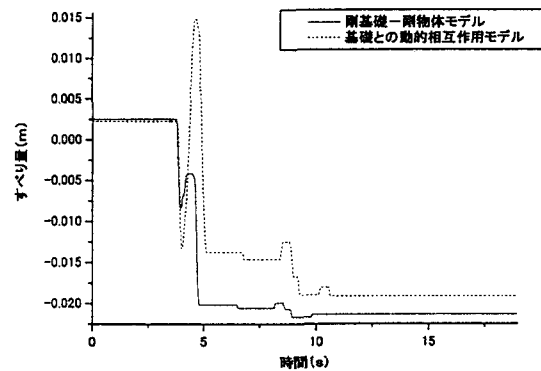


図-5 実地震動を与えた場合の滑動量

初速 50km/h を与えた場合, 剛基礎上の剛物体モデルの方が基礎のフレキシビリティを考慮したモデルに比べすべり量が大きくなった. これは剛基礎上の剛物体モデルでは, エネルギー消費が接触面の摩擦力にしか期待できないのに対して, 基礎とのフレキシビリティを考慮したモデルでは地下への振動エネルギーの逸散を考慮しているためである. 同様に, 実地震動を与えた場合も剛基礎上の剛物体モデルの方がすべり量が大きくなった.

4. 参考文献

- 1) Pompei A, Scalia A, Sumbatyan MA.: Dynamics of rigid block due to horizontal ground motion, Journal of Engineering Mechanics, ASCE 1998, 124(7), pp.713-717.
- 2) T. Taniguchi: Non-linear response analyses of rectangular rigid bodies subjected to horizontal and vertical ground motion, EESD, 2002, 31, pp. 1481-1500.
- 3) C. J. Younis, I. G. Tadjbakhsh: Response of Sliding Rigid Structure to Vase Excitation, Journal of Engineering Mechanics, Vol. 110, No. 3, March, 1984 pp.417-432.
- 4) Meek J. W. and Wolf J. P.: Cone models for homogeneous soil, Journal of geotechnical engineering, ASCE, Vol. 118, No.5, pp 667-685, 1992.