

I-493

免震構造としてのすべり支承について

パンフィックコンサルタンツ ㈱ 正会員 林 亜紀夫

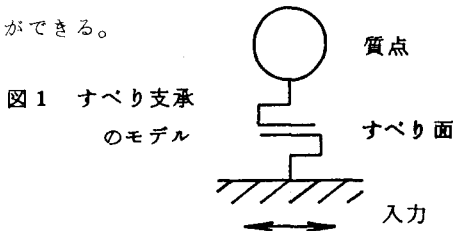
(1) 土木構造物に免震構造を適用することについて

免震構造とは構造物の一部に力を絶縁する構造を設けて地震による慣性力を解放しようとするものである。その際、地震による力の全部を絶縁するのではなくて一般的な土木構造物が本来持っている耐力を越える分の慣性力のみを解放するという考え方もできる。土木構造物の一例として橋梁を考えると、地震による上部工慣性力以外の外的影響に対しても耐える余裕を持たせる必要があり、免震効果そのものはそれを最も必要とする範囲(時間)のみに限定した方が現実的であると考えられるからである。

構造の具体的な形態としてはすべり支承の摩擦を利用することを考えているのであるが、例えば構造物の耐力が震度 $h = 0.2$ に相当すると仮定するとすべり面の摩擦係数 $\mu = 0.2$ の材料を使うことによって上記の目的を達することができる。(※1を参照)

(2) 設計上の要点と推定作業

免震のための機構部分では慣性力を解放する際にすべり(相対変位)を生じるので回復可能な巾の遊間をあらかじめ設けておく必要がある。設計の際には相対変位を推定することが重要であり、そのためにはすべり支承の特性と地震動との関係をあらかじめ知っておく必要があると考えた。図1のように1個の質点を持つすべり支承についてパラメトリックな試算を行い、結果を図2のようにまとめた。この図は“設定した免震効果を得るためにはすべり支承にどの程度の遊間が必要になるか”を簡便に推定する目的に利用することができる。



R_i ; 免震効果を表現する係数

$$R_i = \frac{A_{max} - \mu \cdot G}{A_{max}}$$

A_{max} ; 入力加速度波形の最大値

μ ; すべり支承の摩擦係数

G ; 重力の加速度

X_{max} ; すべり支承に発生する相対変位の最大値

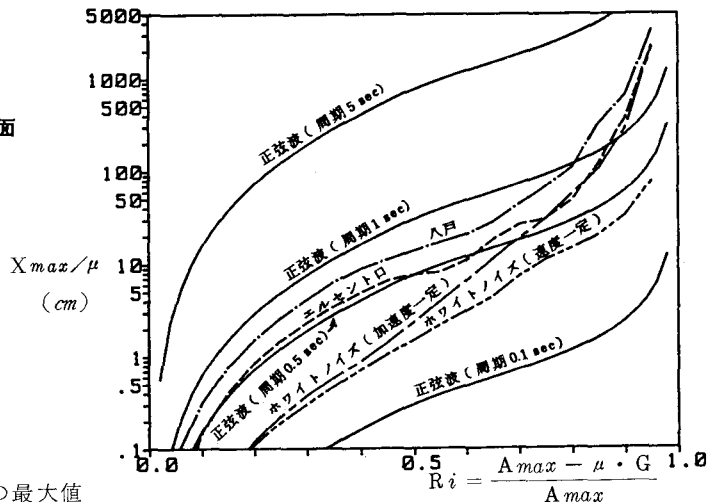


図2 免震効果 R_i と相対変位係数 X_{max}/μ の関係

(3) 静摩擦と動摩擦

すべり支承では、慣性力が静摩擦より小さい間は静摩擦によってその力をすべて伝達し、すべりは生じない(付着モード)。従ってある地震動を入力した際に免震効果が働き出す限界は静摩擦係数 μ_s によって決まる。慣性力が大きくなる時間に達するとすべりが生じ(滑動モード)動摩擦に相当する以上の力を解放する。従ってすべり(相対変位)の量は動摩擦係数 μ_d によって決まる。 μ_d と μ_s の比 κ を $\kappa = \mu_d / \mu_s$ とし、この値が変化すると図1のグラフ上でどのような影響を示すかを試算し図3に示した。

正弦波のような周期的入力の場合は、 R_i の値が小さい範囲で κ の変化による影響が大きく、 R_i が大きくなるに従って κ の変化による影響が小さくなる傾向が見られるが、ハフ波のようなランダム波の場合は必ずしもそうではない。入力波形の内の $\mu_s \cdot G$ を越える部分を積分したものがすべり(相対変位)の量に近くなることを先に試算で確かめた(※2参照)が、このことを合わせて考えると上記の傾向が納得できる。

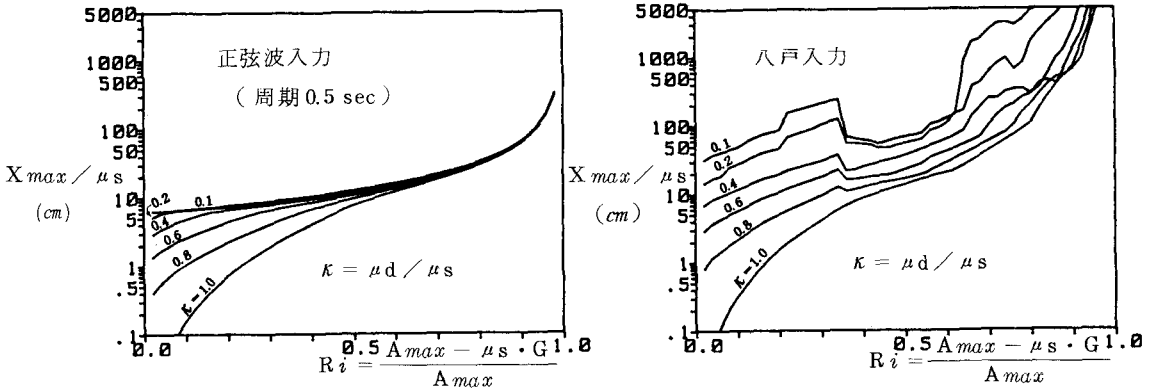


図3 動摩擦係数が静摩擦係数より小さい場合

(4) すべり（相対変位）を制限する工夫

地震後、すべり支承部分に相対変位が残留しない方が望ましい。この目的のためにすべり面と並列にバネを設け、図4のような機構にした場合の残留変位、相対変位最大値、伝達力最大値を試算し、図5に示した。

図中の T_s は質点の質量 M とバネ係数 K から次式によって求められる値である。 $T_s = 2\pi\sqrt{M/K}$

バネを設けることによって残留変位が減るだけでなく、最大相対変位も減ることがわかる。このことはすべり支承の挙動が共振というよりも衝激的な挙動の連続であることから推測できることでもある。

一方、この機構を通して伝達される力の合計はバネを設けた場合が増える。図5からは $T_s = 2 \sim 3$ Secの比較的柔軟なバネを設けることによって伝達する力の合計をあまり増やすことなく残留変位を減らすことができることが推定できる。

図4

並列のバネを設けた
すべり支承のモデル

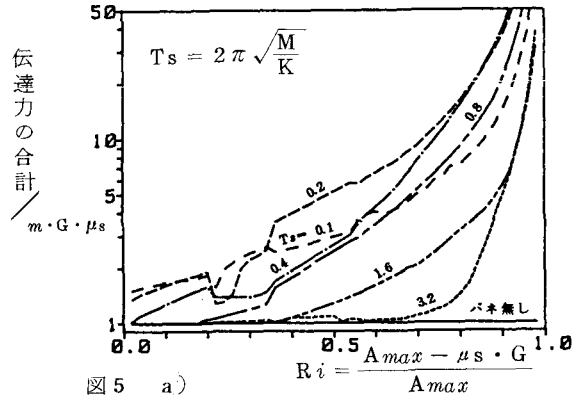


図5 a)

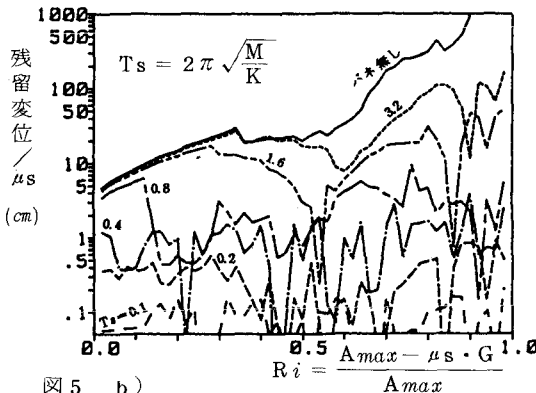


図5 b)

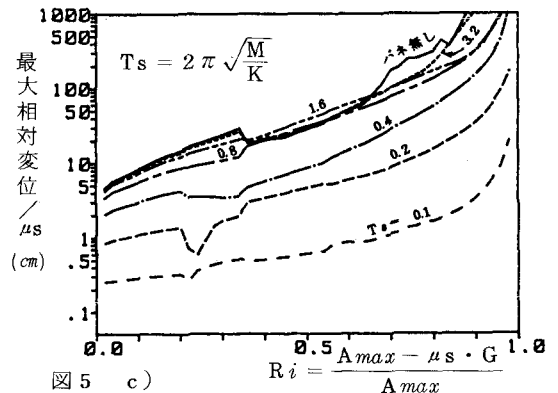


図5 c)

 図5 並列に設けたバネの剛さを変化させた場合（八戸入力）（ $\kappa = 0.5$ ）

参考文献

- *1. 林：すべり支承の慣性力解放効果について、第12回関東支部技術研究発表会（1985年）P.P. 21～22
- *2. 林：すべり支承の慣性力解放効果についてその3、第18回地震工学研究発表会（1985年）P.P. 261～264