

球面を有する摩擦系免震支承の限界変位に関する実験

パシフィックコンサルタンツ	○ F 会員	林 亜紀夫
北海道開発局開発土木研究所	正会員	三田村 浩
日本製鋼所 室蘭製作所	正会員	別所 俊彦
北海道開発技術センタ -	正会員	新山 惇

1. はじめに

著者らは球面を有する摩擦系免震支承の特性を調べ、その有効性を検証して来た。これまでには、振動台上の供試体を基部から加振する実験を行い、その結果を報告している¹⁾。

本論文では、このタイプの免震装置装置の許容変位を定める際の基礎資料として必要な終局限界状態を把握する目的で、上部構造に相当するマスと免震支承によって構成する供試体の上部構造を直接にアクチュエータ - によって駆動する実験を行い結果を報告している。免震支承が最初に構成しているリンク機構を逸脱する変位に至るまで加振し、その限界変位を幾何学的考察、および個別要素法による解析の結果と比較した。

2. 実験方法

免震装置の形状寸法を図-1に、実験装置の側面形状を図-2に示す。図-2の左側奥行き方向に2個1対の免震装置、右側奥行き方向に2個1対の口 - ラ - が設けられ、20t の上部構造を支えている。アクチュエータ - 加力はテコ比13のテコを介して与えられる。したがって免震装置1個当たりには、鉛直荷重として5 t が働き、水平力としてはアクチュエータ - 加力の1/2 と、上部構造質量10t に起因する慣性力が働く。

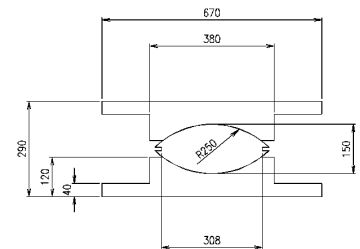


図-1 免震支承の形状寸法

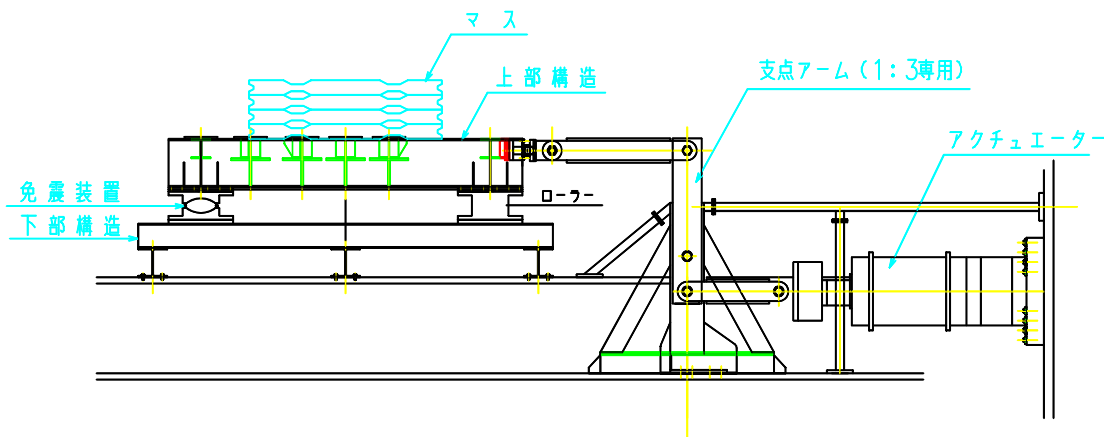


図-2 実験装置

3. 実験結果

荷重制御で加振して、終局限界状態に至ったと考えられるケースでは、上下沓間の相対変位は 235cm であった。このケースでは、最初に図-2の左方向へ 20.0cm まで変位し、次に反対方向へ 235cm まで変位した際に、上沓が回転体を乗り越え、回転体が下沓を乗り越える形で外れた。回転体は乗り越えた後に、上下沓曲面外側の水平の部分に挟まった状態に留まり、外部まで跳び出すことはなかった。その際の鉛直変位は 45cm 程度であった。

4. 幾何学的な検討

鋼製免震支承の幾何学的な挙動機構は、図-3b)に示すように仮想のリンク機構として理解できる。そこで、回転体端部と上下沓端部が一致する状態(TYPE-A)、仮想のリンクと上下沓端部が一致する状態(TYPE-B)、鉛直力 V と水平方向の復元力 H の合力ベクトルと上下沓端部が一致する状態(TYPE-C)の3種類の限界状態を検討した。水平方向の復元力 H は鉛直力 V に比例し、回転体の曲率半径 R 、回転体の厚さ t 、摩擦係数 μ の関数として復元力特性理論式²⁾から求められる。リンクのすべり面有効幅 W および摩擦係数 μ をパラメータとした検討結果を表-1に示す。すべり面有効幅 W を 12.0cm としたケースはすべり面に貼り付けたテフロンの最外縁の距離であり、 W を 15.4cm としたのはテフロンの最外縁より外にある鋼製の曲面最外縁の距離である。摩擦係数 μ を 0.1 としたのは文献1)の実験値を適用したものである。摩擦係数 μ を 0.0 としたのは大変位時にすべり面の面圧が変化して一時的に摩擦力が失われる状態を想定したものであり、TypeB に相当する。実験から得られた限界変位と計算値が比較的近い値を示すのは TYPE-C の摩擦係数 μ を 0.0 としたケース、および、TypeB の変位振幅 $U=21.6\text{cm}$ であり、この値を幾何学的な限界変位と考えることができる。

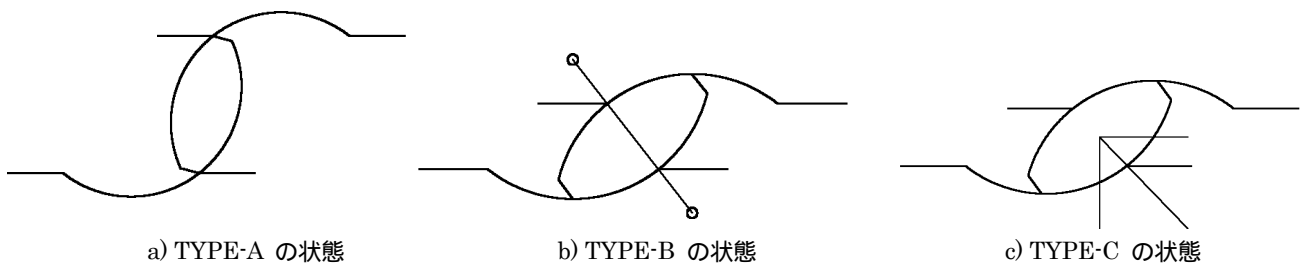


図-3 免震支承の挙動機構

表-1 免震支承の幾何学的限界変位

曲率半径 R (cm)	回転厚さ t (cm)	B (cm)	W (cm)	摩擦係数 μ	TYPE-A U (cm)	TYPE-B U (cm)	TYPE-C U (cm)
25	15	15.4	12.0	0.10	32.1	16.8	15.5
			15.4		34.0	21.6	20.4
			12.0	0.00			16.8
			15.4				21.6

5. 個別要素法解析による検討

免震支承が構成しているリンク機構を逸脱する変位に至ったケースを個別要素法によって解析した結果を図-4に示す。図-4では、23.5cmの最大変位時に回転体が上下沓間の曲面を離れて、曲面外縁との点接触となっており、幾何学的考察による限界変位 $U=21.6\text{cm}$ を越えると摺動面の剥離が起こることが確認される。

この解析では、上下構造物部分とリンク支承、および回転体を剛体要素に分割して構成したモデルの端部に実験時の変位記録を強制変位として与え、接触判定条件として5mmまでの要素間の重なりを設定している。

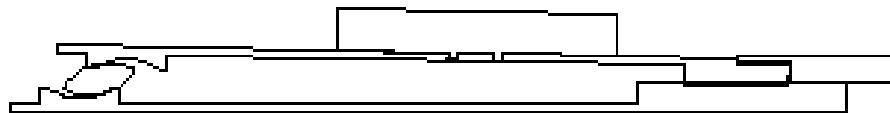


図-4 個別要素法による変形モード (23.5cmの最大変位時)

参考文献

- 1) 林亜紀夫, 三田村浩, 別所俊彦, 佐藤昌志: ランダム波形入力時の鋼製免震支承の動的特性, 土木学会北海道支部論文報告集 第55号(A), pp 270~275, 1999.2.
- 2) 別所俊彦, 小山田欣裕, 佐藤昌志, 谷本俊充: 幾何学特性を利用した免震装置の開発, 土木学会第51回年次学術講演会講演概要集 第1部(B), pp 114~115, 1996.9.