

# 球面を有する摩擦系免震支承の大変位時動的特性に関する実験

パシフィックコンサルタンツ 正会員 日榮 民雄  
 北海道開発局開発土木研究所 正会員 池田 憲二  
 北海道開発局開発土木研究所 正会員 今野 久志  
 日本製鋼所 室蘭製作所 正会員 佐藤 和則

## 1. はじめに

著者らは鋼製免震支承の特性を調べ、免震装置としての有効性を検証して来た。これまでには、振動台上でランダムに加振する実験を行い、その結果を報告している<sup>1)</sup>。

本論文では、鋼製免震支承がリンク機構を構成することのできる限界近くまで変位した際の復元力特性を把握する目的で、鋼製免震支承によって支える上部構造を直接にアクチュエータによって加振する実験を行った結果を報告している。このことによって、一般的な振動台加振に比べて大きな変位を発生させることができた。実験結果を、装置の幾何学的形状と摩擦の効果を元に作成した理論式による解析結果と比較した。

## 2. 実験方法

免震装置は、図-1 に示す形状の鋼製免震支承を片端に2基設けて、他の端はローラーとする可動構造とした。この鋼製免震支承は、鉛直荷重に比例する水平方向反力を生じるものである。本実験モデルでは、20.0tfの上載荷重を用いており、1支承に作用する鉛直荷重は5.0tfである。

免震支承のステンレス鋼製の回転体を受けるすべり面は、充填材グラファイトを含むテフロンを用いている。本実験は免震支承の大変形時の特性に着目し、表

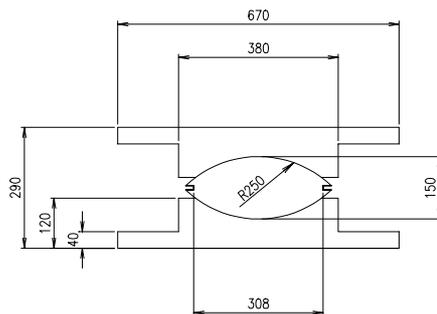


図-1 免震支承の形状



-2 に示す各振動波形を上

部構造に直接加振した。ここで、下部構造は固定状態となっている。定常振動波形は、低振動数レベルであるが大変形時の免震支承の履歴特性を確認するために実施したものである。一方、ピンクノイズ波及び観測地震波形は、免震支承の履歴特性に与える周波数依存性・鉛直動の影響を把握するために実施したものである。ピンクノイズ波は、変位制御によりまた、観測地震波は荷重制御により加震した。上部構造に直接加振を行う場合、免震支承の復元力は、アクチュエーター側からの加力だけではなく、上部構造の慣性力に対する抵抗も考えなければいけない。振動台基部から加振する一般的な加振実験と本実験との対応を考えると上部構造の想定上の加振入力地震動を求める必要がある。そこで上部構造と免震装置で構成される1質点1自由度モデルによる予備動的解析を行い、加振用の入力波形を作成した。ピンクノイズ波の場合は、応答変位波形を、地震波の場合は、応答絶対加速度波形から上載物の質量を乗じて加力波形を入力波として用いた。

表-2 実験ケース一覧

|         |  |
|---------|--|
| 定常振動波   | 5～15cmの変位振幅を持つ低周波数の正弦波形                        |
| ピンクノイズ波 | 0.5Hz～10.0Hzの範囲で一定振動数成分である波形を2～6倍の振巾に正規化したケース  |
| 温根沼大橋   | 1994年10月4日北海道東方沖地震を温根沼大橋P3橋脚付近地盤において測定した波形NS成分 |
| 神戸海洋気象台 | 1995年1月17日兵庫県南部地震を神戸海洋気象台において測定した波形NS成分        |

キーワード 免震装置，摩擦系免震装置，リンク支承，振動実験

### 3. 実験結果と考察

実験結果の代表的なケースとして、上部構造の応答加速度、免震装置の応答変位を、用意したピンクノイズの3.5倍の結果（最大水平加速度で970gal，最大水平変位7cm程度の加振が行われたケース）図-2で見ると、鉛直加速度は、水平加速度に対して1/3~1/2程度の値で生じており、この鉛直振動に伴う鉛直力の変動が推定できる。次に、この鉛直振動に関して、定常振動実験（片振幅18cm）結果を用い、構成方程式、また実験値の履歴曲線について補正を行った結果を図-1に示す。図のとおり、構成方程式値に補正を行う方法が実験値と良く一致することが明らかとなった。実験値に補正を行うことにより、大変位時での2次勾配の変化を考慮することが出来た。

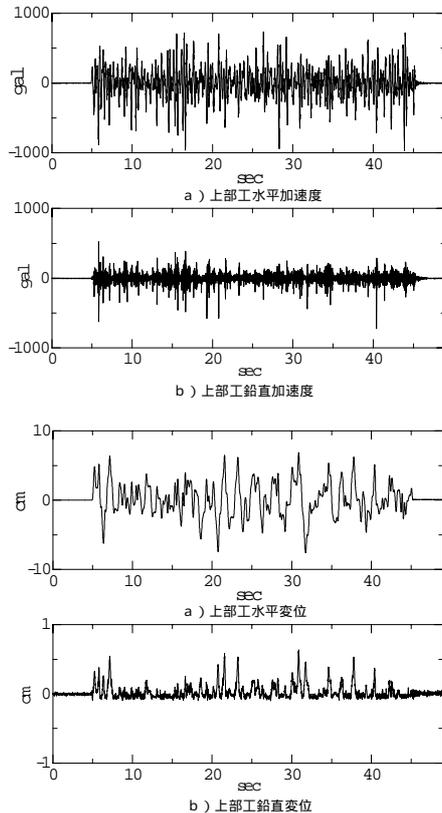


図-2 実験値（ピンクノイズ波）

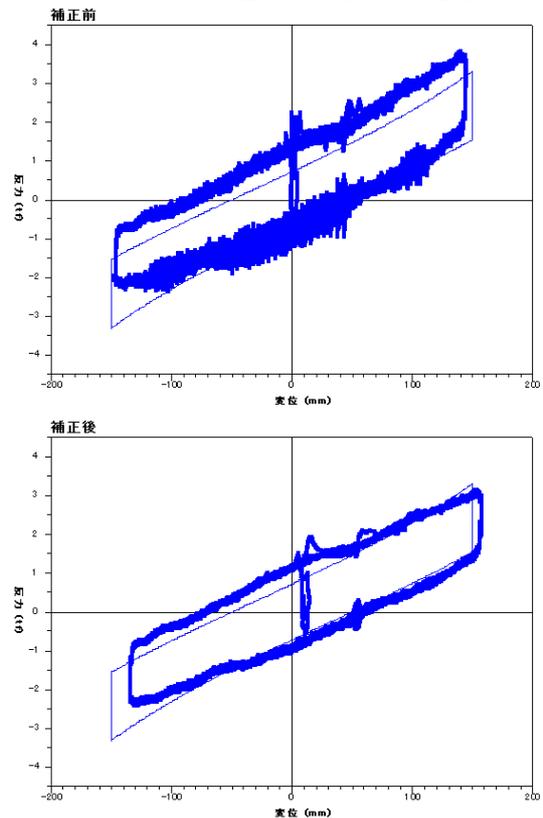


図-3 実験値と計算値の比較

### 4. まとめ

本実験では、鋼製免震支承がリンク機構を構成することのできる限界近くまで変位した際の復元力特性を把握する目的で、鋼製免震支承によって支える上部構造を直接にアクチュエーターによって加振する実験を行っている。このことによって、一般的な振動台加振によるよりも大きな変位を発生させることができた。

限界近くまで変位した際の履歴曲線モデルについても文献<sup>1)</sup>の導入式に、鉛直振動等による軸力変動・支承の見かけ変位量の補正を行う構成式を用いることによりシミュレート出来る事が分かった。

また、低周波加振による大変形時の支承の履歴曲線は、理論値から求められる計算値と実験値は概ね一致することが判った。今回の実験モデルの構造上発生していると推測される軸力変動の影響については、補正を行うことにより対応できることがわかった。なお、実橋では軸力変動の影響は少ないと考えられる。

ランダム振動時の履歴曲線は、周波数への依存性は少なく、計算値に概ね一致するようである。また、鉛直動の補正を行ったケースの方が、大変形レベルで良く一致することもわかった。

ランダム振動（ピンクノイズ波や観測地震波）の入力に対して、上沓に発生する鉛直加速度は、水平加速度に対して1/3~1/2程度の値で生じることが確認され、鉛直振動に伴う支承鉛直力の変動が推察された。

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