

I-76

鋼製免震支承の低温下における復元力特性に関する基礎実験

北海道開発局開発土木研究所	正員 二宮 嘉朗
(財)北海道道路管理技術センター	正員 小山田欣裕
北海道開発局開発土木研究所	正員 谷本 俊充
(株)日本製鋼所	正員 別所 俊彦

1. はじめに

兵庫県南部地震以後に改訂された平成8年道路橋示方書では、平成2年版より大きな地震荷重で保有水平耐力の照査をすることとなった。またその中で「免震設計」について新たに1章を設けている。そのため今後、大地震時の振動減衰に威力を発揮する免震支承の活用が増加することが予想される。一方、免震支承でよく使われるゴムは極低温下で常温時と減衰特性が大きく異なるため、寒冷地ではゴムを利用した免震支承が1年を通して所要の免震性能を有するためには、種々の工夫を要する。なお、免震支承を用いた橋の例としては北海道では、鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)を用いた温根沼大橋があるが、釧路沖地震等での強震記録では、まだ挙動が十分解明されていない点もある。このことから、今後より寒冷な地域で免震支承を設置する場合などでは、極低温下の免震支承の特性が課題となろう。

そこで、開発土木研究所では温度変化による特性の影響の非常に小さいものとして、幾何学的特性を利用した鋼製免震支承に着目し、その常温時の動的挙動を実験により検討してきた²⁾。本報告では今までの実験を踏まえて、特に鋼製免震支承の低温時の動的挙動に着目して実験を行った結果について報告する。

2. 実験概要

本鋼製免震支承の原理は、扁平な球状の回転板が、お椀状の下沓の上で地震時に揺動することによって、重力による復元力が働くことを利用したものである。図-1にその構造図を示す。ここで回転板はステンレス製、上下沓の表面はふっ素樹脂(PTFE)製の円盤を貼付している。図-1(a)で下沓の中心に回転板の重心がある場合、安定した状態といえる。地震によって回転板が揺動し、回転板重心が下沓中心よりずれると復元力が働き中心位置へ戻ろうとする。その時、復元力は回転板が接触している位置での下沓凹面の傾斜角が大きくなると大きくなる。この構造の振動特性の支配要素としては、上部構造重量・下沓凹面の傾斜角・上下沓と回転板との接触部の摩擦係数などが挙げられる。これらのうち前二者は温度の影響を受けるものではなく、最後の摩擦係数は材料の表面性状に支配され、その温度の影響については未確認といえよう。

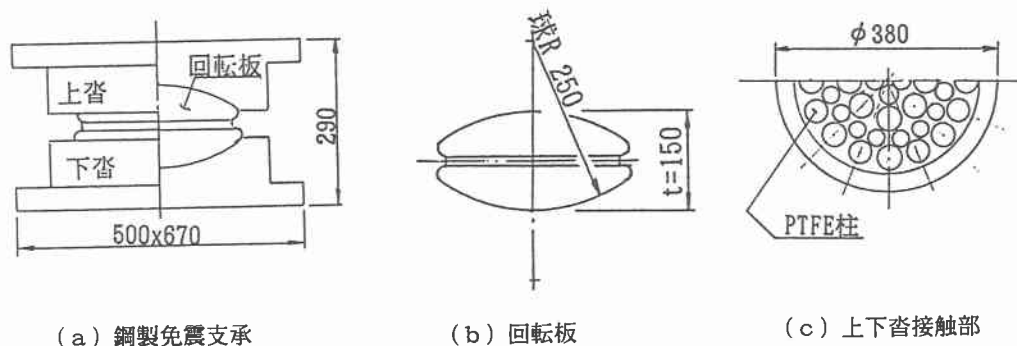
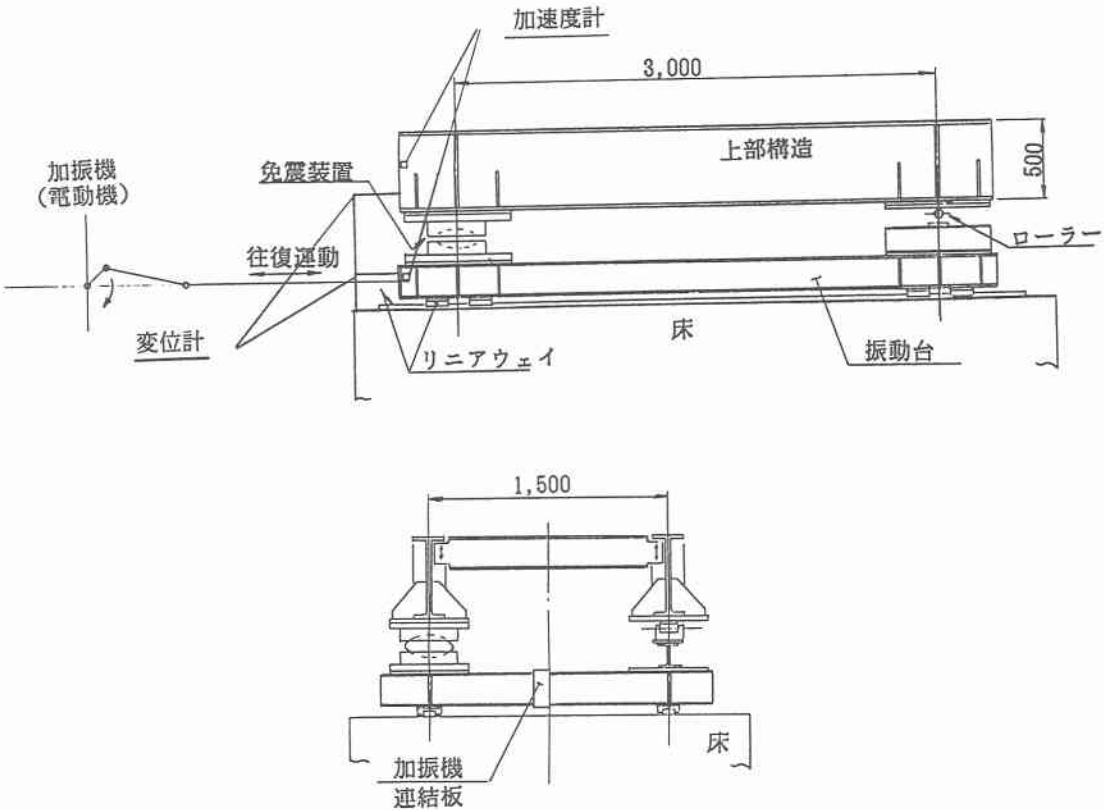


図-1 鋼製免震支承構造図

Fundamental Experiments on Restoration Characteristics of a Metal Base-Isolation System under Low Temperatures
by Yoshio NINOMIYA, Yoshihiro OYAMADA, Toshimitsu TANIMOTO and Toshihiko BESSHO

本実験では下脊を水平方向に正弦波加振し、上部構造の挙動を観察した。実験装置及び計測装置の配置を図－２に示す。実験は回転板温度 20℃で加振振動数及び振幅を変えた場合と、振動数 1.7Hz、振幅 50mm で回転板温度を変えた場合の実験を行った。表－１にその実験モデルを示す。なお、実験は全体をとおして気温20℃前後で行った。ここで回転板は発砲スチロール製の箱の中に入れ、液体窒素を使って冷却した。冷却後、実験装置に設置し、所要の温度になるのを待って加振実験を行った。表中の回転板の温度は接触式温度計を使って実験直前に計測した値である。



図－２ 実験装置概要図

表－１ 実験モデル

モデル種類	回転板温度 (℃)	加振振動数 (Hz)	加振振幅 (mm)
回転板温度一定	20	0.96、1.2、1.4、1.7、1.8、1.9	40
加振振動数・振幅一定	-50、-35、-25、-15、-5、20	1.7 (1.81)	50

1) 表下段のモデル種類が「加振振動数・振幅一定」の場合、20℃の実験のみ加振振動数は1.8Hz、その他の温度では1.7Hzである。

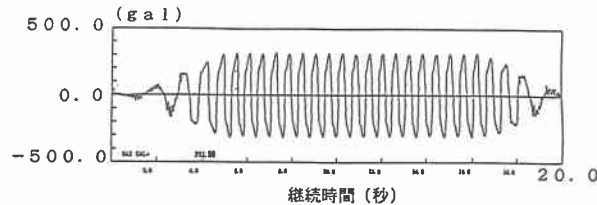
3. 実験結果

図－３に回転板温度20℃、加振振動数1.7Hz、加振振幅40mm の場合の上部構造及び振動台の水平加速度、水平変位を示す。図－３ (a) (b) から振動台はノイズを含んだ正弦波で加振されているが、上部構造ではその短周期のノイズはなくなっている。さらに (c) (d) から振動台は正弦波状に加振され、振動台に対する上部構造の相対変位も正弦波状になっていることがわかる。

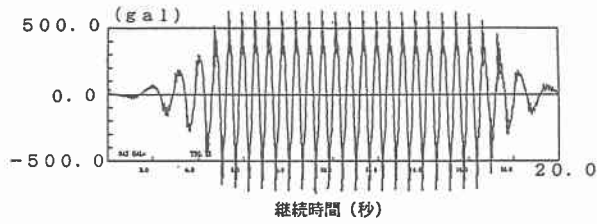
次に「回転板温度一定」の場合の応答加速度、応答変位について図-4、5に示す。図-4より振動数0.96Hz～1.9Hzでは加速度の応答倍率は1を下回り、加振振動数が高くなると応答倍率は小さくなる。また、今回の実験では上部構造の変位は増幅されている。

最後に回転板温度を変えた場合の水平加速度と水平変位の応答倍率について、図-6、7に示す。20℃での振動数が低温下での振動数と結果的に異なってしまったが、図-4、5を見る限り、振動数1.7Hzと1.8Hzでの加速度と変位の応答倍率の差は小さいと考えられる。したがって、図-6、7より加速度応答倍率、変位応答倍率とも20℃の場合より低温下の場合の方が小さくなっている。

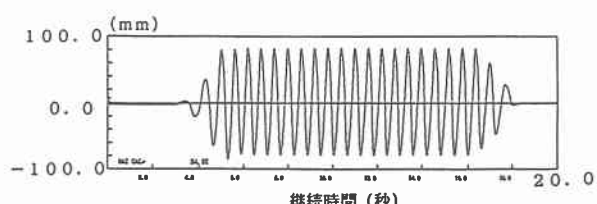
冷却した回転板には霜がつくため拭きとったが、すぐにまた霜がついた。そのため、回転板と上下沓との間に霜がついた状態で加振することになり、これが回転板と上下沓との摩擦력에影響を与えたことが考えられる。ただし現地での鋼製免震支承の設置にあたっては夾雑物を侵入させない目的で沓及び回転板と外気とは隔絶する。その場合、霜は付きづらくなるため、減衰性能に対して温度の影響は非常に小さくなるといえよう。



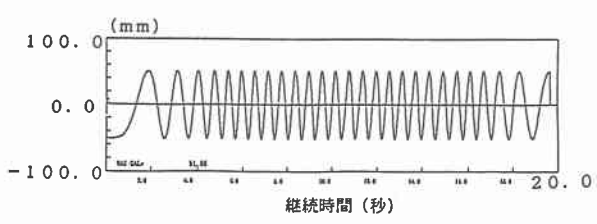
(a) 上部構造水平加速度



(b) 振動台水平加速度

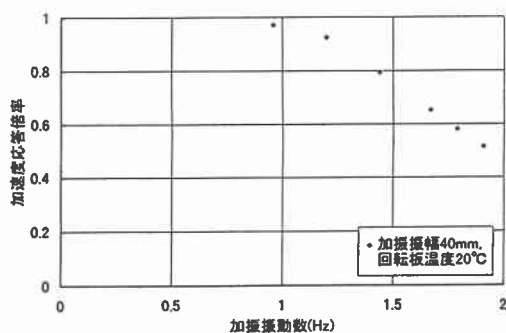


(c) 上部構造の相対変位

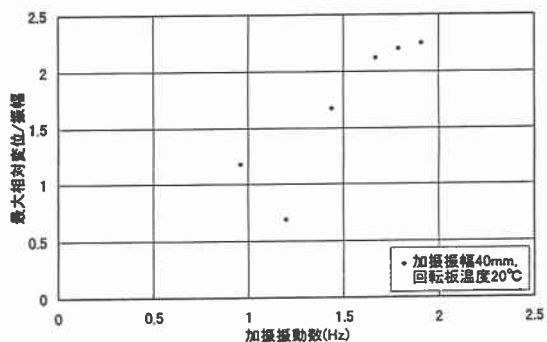


(d) 振動台の絶対変位

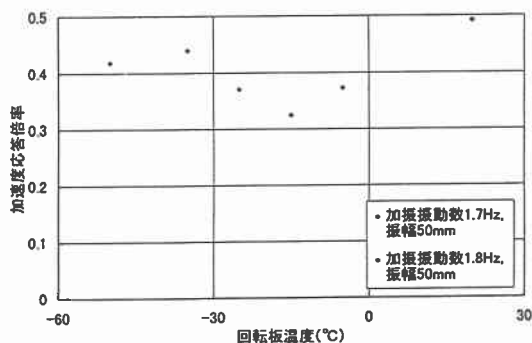
図-3 上部構造及び振動台の水平加速度、水平変位



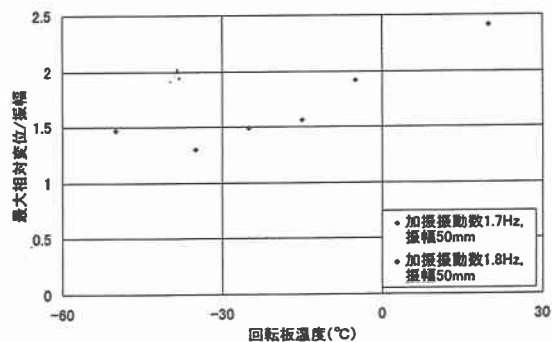
図－４ 応答加速度倍率



図－５ 応答変位倍率



図－６ 回転板温度と応答加速度倍率



図－７ 回転板温度と応答変位倍率

４．おわりに

寒冷地における免震支承として、復元力及び減衰特性の温度変化の影響が小さいと考えられる鋼製免震支承に関して、その実際の振動特性を振動実験により検討した。その結果、低温下でも当免震支承は常温とほぼ同等に慣性力の低減があることが確認された。しかしながら、これだけでは本実験の低温下での応答倍率の傾向が一般的な傾向であるとは言い切れない。そのため、鋼製免震支承の温度の影響については、今後、上部工重量、下柵形状などのパラメーターを変えて種々検討する必要があるだろう。また、回転板と上下柵との接触部に挟雑物を侵入させない工法の検討も行う必要がある。

参考文献

- 1) 国立天文台：理科年表平成 7 年, pp. 202-203, 1994
- 2) 小山田欣裕他：幾何学特性を利用した免震装置の開発, 第 1 回免震・制震コロキウム講演論文集, pp.269-274, 1996