

I-B 57

幾何学的特性を用いた免震支承の開発

日本製鋼所 室蘭製作所

北海道道路管理技術センター

北海道開発局 開発土木研究所

北海道開発局 開発土木研究所

正員 別所 俊彦

正員 小山田 欣裕

正員 佐藤 昌志

正員 谷本 俊充

1. はじめに

最近では、構造物の固有周期を長周期化することと、エネルギー吸収性能を向上させることによって地震力そのものを低減させ、構造物の相対的な抵抗力向上を図る耐震設計が用いられるようになってきている。道路橋にこの免震設計を適用する場合には、橋脚や橋台上の支承部分という常に外的気象条件にさらされ且つ、極めて限定された設置空間で機能を発揮し得る装置が必要となる。特に北海道のように地震が多い地域で、冬期に -30°C にもなる地区では、その設置環境でも安定してその性能が発揮される免震装置の開発が求められている。本論文では、これらの条件を満足する温度依存性の少ない機械式の免震装置を取り上げ、縮小要素による性能試験を実施し、その結果を報告する。

2. 免震装置の原理

機械式免震装置の構成と作動原理を図1に示す。b)に示すように上沓と下沓とに相対変位 U が生じると、免震装置が支えている上部構造の死荷重分担力（鉛直反力 V ）により復元力 H が発生する。この相対変位 U は、回転板が α だけ回転することにより可能となるが、回転板は上沓及び下沓との接触面で滑り運動を起こし、エネルギーを吸収するので接触面間の摩擦機構が重要な要素となる。c)に装置の性能を表す荷重－変位履歴の模式図を示す。

復元力 H は滑り面に作用する摩擦力を考慮し、摩擦角 ρ を用いて次の推定式により表現する。

$$H = (\text{鉛直力}) \times \tan(\alpha \pm \rho) \quad \text{①}$$

±: α の回転角により反時計回り(+) ⑤→⑥→①→②
時計回り(−) ③→④→⑤→⑥

また、相対移動量 U については次の関係がある。

$$U = (2-C) \times R \times \sin(\alpha) \quad \text{②}$$

3. 実験の方法

上述の原理を実証するために図2に示すような摺動部品と2種類の回転板の縮小要素を製作し、性能試験を行った。接触面を構成する材料の組合せは、上沓と下沓に組込む摺動部品には所定の接触面形状に加工した純PTFE材、回転板の材料にはステンレス鋼（SUS304）を選定した。お互いが接触する面は仕上げ程度を上げて（6.3S）、表面の粗度によって発生する摩擦を極力小さくしている。

図3に実験装置の構造を示す。実験は上沓に重錘による鉛直荷重を作用させながら、下沓を強制的に水平移動させる方法で行かない、シリンダーの移動量と軸反力を1/200secの時間間隔で記録した。

実験条件を表1に示す。

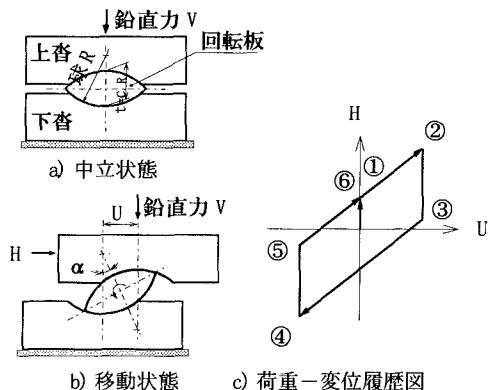


図1 考案した免震支承の原理図

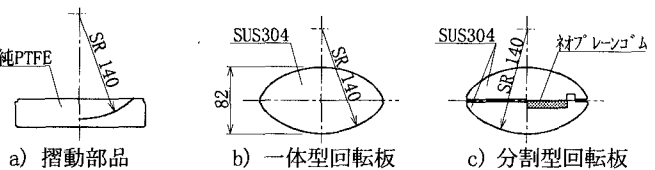


図2 供試体形状

表1 実験条件

温度, $^{\circ}\text{C}$	振幅, mm	周波数, Hz	鉛直荷重, tf	供試体
約 -50	50	0.5	3.5	一体型
~ 10	27	1	重錘3.0+金物0.5	分割型

4. 実験結果および考察

図4, 5に一体型および分割型回転板の各温度における履歴曲線をそれぞれ示す。得られた履歴曲線は理論とほぼ一致するバイリニアの形状を描き、以下に示す免震装置に要求される性能についての特性が確認された。

1) 復元性能

履歴曲線で囲まれた図形の傾きが免震装置の復元力剛性を表し、作動開始から定常運転状態までの振幅が増大する間でも同一線上を通るため、剛性はほとんど変化しない。

2) 減衰性能

本免震装置の減衰は摩擦によって得られ、履歴曲線で囲まれた面積によりその大小が決まる。前述と同様に安定した履歴を示すことにより性能の変化はほとんど見られない。

3) 温度依存性

温度の変化における履歴曲線への影響はほとんど見られない。

また、分割型回転板は中にゴムがあるにもかかわらず、履歴曲線には大きな歪みは見られず、一体型と同程度の性能を示した。

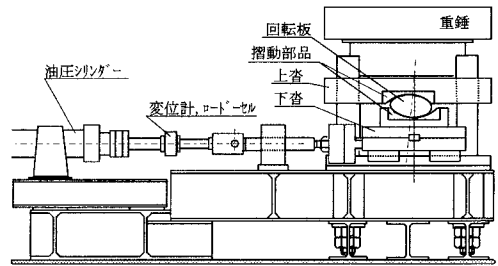


図3 実験装置の構造

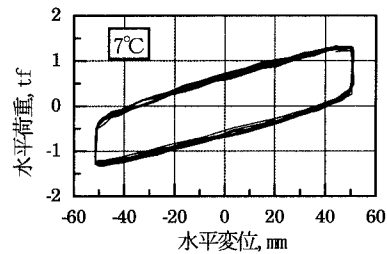
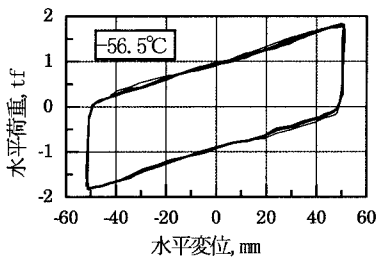


図4 一体型回転板履歴曲線

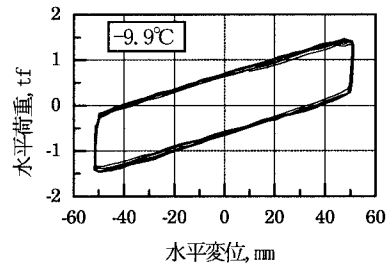
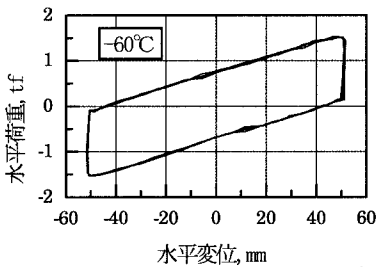


図5 分割型回転板履歴曲線

5. あとがき

今回の実験では、復元力を幾何形状により発生させ、且つ環境温度の範囲では性質がほとんど変化しない材料で作られた免震装置について、その基本性能を把握し、また性能の非温度依存性についても確認することができた。また、回転板を分割して中にゴムを挿入した場合にもゴムの密閉性により一体型と変わりのない結果が得られた。今後実用性を見い出してゆくために、さらに回転板の形状等に変化を加えてデータの蓄積を図る必要があり、今後の課題とする。

参考文献

- 1) 官民連帯共同研究；道路橋の免震構造システムの開発報告書，建設省、平成4年10月
- 2) 中野 修，谷口秀之，小野祐二，山内敏夫；免震橋梁の動的挙動に関する温度の影響，土木学会北海道支部論文報告集 第48号、平成4年2月