

I-679

橋梁用ローラー型免震支承の開発

建設省土木研究所 正員 川島一彦
NKK橋梁建設部 正員 嶋田正大

○NKK応用技術研究所 正員 津村直宜
日本鑄造鋼構造設計部 出間進一

1. はじめに

下部工が比較的剛な中小支間の橋梁に対して免震設計を行なう場合、支承部において上・下部工を振動絶縁するとともに地震エネルギーを散逸することのできる免震装置の開発が重要となる。ローラー型免震支承とは、アイソレータとして高硬度ローラーを用い復元力と減衰力を高減衰ゴム（以下、復元ゴムと称する）のせん断変形によって得ようとするものである。このタイプの利点としては、①支承としての常時の機能は実績のある高硬度ローラーで保証される。②鉛直支持力と無関係に復元力を定められるので設計の自由度が高い。③既設橋への適用が比較的容易である。などが挙げられ、免震を橋軸方向に限定すれば寸法的にも従来のローラー支承と大差がないことから十分実用化が可能である。ここでは、ローラー型免震支承の性能を確認するために実大規模の供試体を試作して確性実験を行なったのでその結果について報告する。

2. 免震支承の確性実験

供試体の設計は橋長100m程度の3径間連続非合成鉄桁橋の端支点支承を想定して行なった。供試体の構造・寸法を図1に示す。設計条件は表1のとおりである。

実験は、図2に示すようにジャッキによって死荷重相当の鉛直力（30.5tf）を载荷しつつ下柵をアクチュエータで水平方向に加振して行った。主な測定項目は下柵の水平変位とアクチュエータの反力である。実験パラメータは加振振幅、加振周波数および予変位の有無であり、各ケースごとに正弦波で10サイクル加振して等価剛性と等価減衰定数を求めた。また、大地震時を応答を想定した加振を行なって特性の変化を調べた。

表1 供試体の設計条件

全反力	59.0 tf
死荷重反力	30.5 tf
支承の等価剛性	123 tf/m
支承の減衰定数	0.15
橋の固有周期	1 秒
設計水平震度	0.5
設計相対変位	125 mm

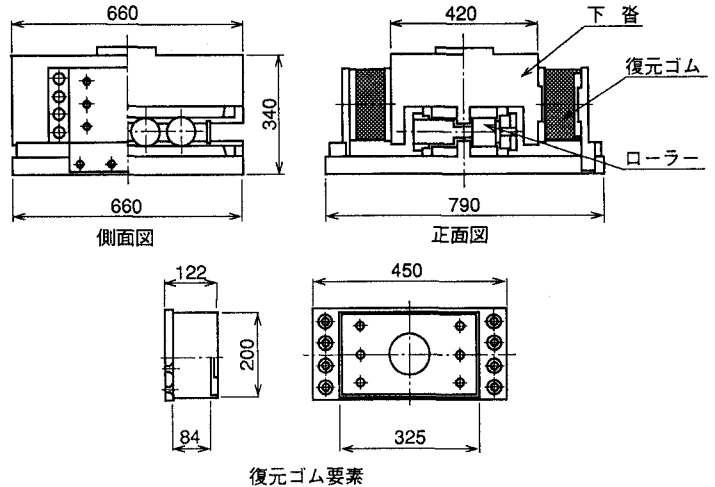


図1 ローラー型免震支承の供試体

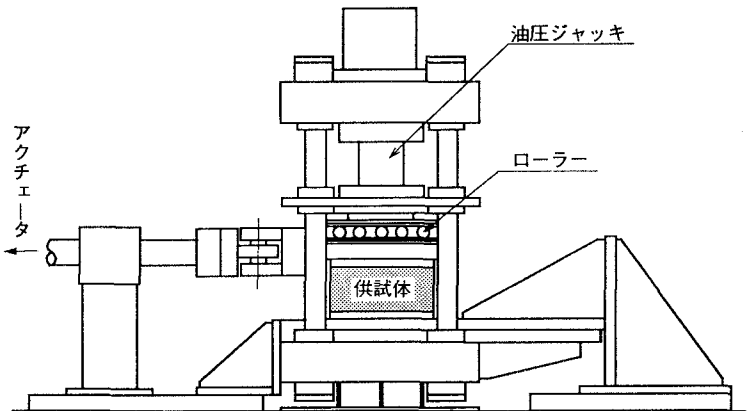


図2 実験方法

3. 実験結果と考察

図3は実験で得られた代表的な履歴ループの例である。横軸には復元ゴムのせん断ひずみをとっている。せん断ひずみが150 %を超えるあたりから復元ゴムのひずみ硬化が顕著となる。得られた履歴特性は復元ゴム単体のものと一致しており、ローラー部分などのメカニカルな抵抗はほとんど認められない。

図4と図5は、履歴ループから求められた等価剛性（復元ゴムのせん断弾性定数 G_{eq} に換算）と等価減衰定数 h_{eq} をせん断ひずみ振幅 γ に対してプロットした結果である。ここで G_{eq} と h_{eq} の値は4～10サイクルの平均値を採用している。破線は静的载荷試験の結果である。これらの図から明らかなように G_{eq} と h_{eq} はともに振幅依存性があり、免震支承の設計ではこれらの特性を十分把握して行なう必要がある。 G_{eq} はこのほかに荷重履歴によっても影響され、特に γ が小さい領域での値の低下が大きい。この影響は時間とともに回復するので実用上問題ないが、特性試験を行なう場合には注意を要する。 h_{eq} は荷重履歴の影響は少ないものの加振周波数に依存しており、復元ゴムの変形速度が増すに従って減衰が増加する傾向が認められる。予変位（予ひずみ）の影響は G_{eq} 、 h_{eq} ともに比較的小さい。これらの特性を総合するとこの供試体で保証できる等価剛性と減衰定数は、設計相対振幅に対して $G_{eq} = 8 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $h_{eq} = 12 \%$ 程度が目安と考えられる。

図6は大地震時を応答を想定して、加振振幅 126mm ($\gamma = 150 \%$)、加振周波数 0.5Hzの条件で40サイクル加振した時の G_{eq} と h_{eq} の変化を示したものである。 G_{eq} 、 h_{eq} ともにサイクル数に伴って漸減し、40サイクル加振後の低下率は4～10サイクルの平均値に対してそれぞれ13%と17%であった。またこの時に復元ゴムの温度は約7℃上昇した。加振サイクル数に伴う特性値の低下は動的応答解析上考慮する必要があるが、この程度の範囲であれば免震支承としての機能が損われることないと思われる。

4. まとめ

確性実験の結果、試作した装置は免震支承としての機能をほぼ満足するものであり、実用化においてとくに大きな問題はないと結論された。今後は復元ゴムの非線形性を定量化することによってローラー型免震支承の設計手法を確立していく予定である。なお、本報告は建設省土木研究所と民間28社との官民連帯共同研究「道路橋の免震構造システムの開発」の一環として行なったものである。

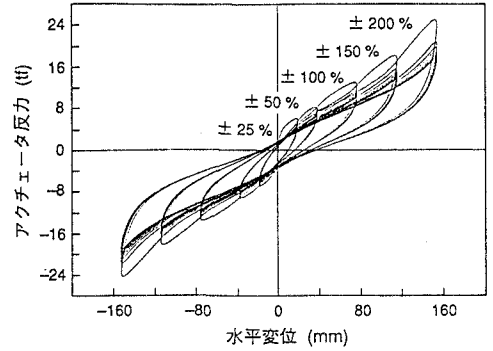


図3 代表的な履歴ループ

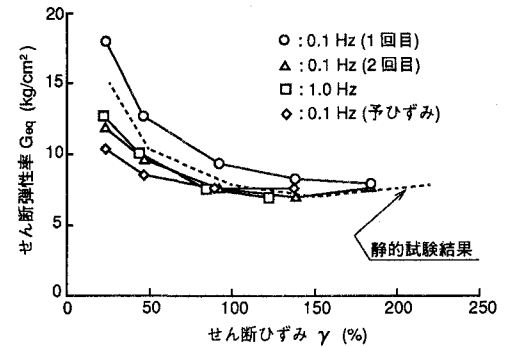


図4 免震支承の等価剛性

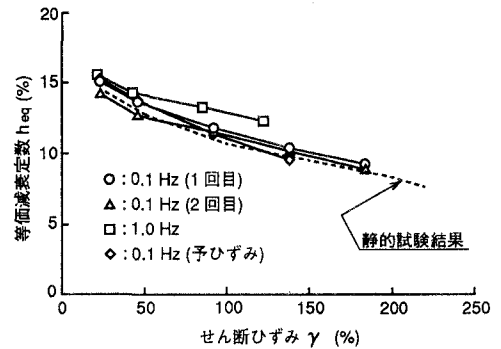


図5 免震支承の等価減衰定数

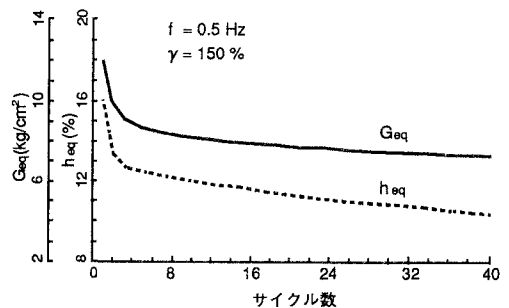


図6 加振サイクルに伴う G_{eq} の変化