

I-667

宮川橋に適用される免震支承の性能試験

オイレス工業(株) 正会員 ○牧口 豊

静岡県土木部 正会員 松尾芳郎

静岡県土木部 正会員 原 広司

1. はじめに

宮川橋は、国道362号線を横切る気田川に架設された3径間連続鋼けた橋で、免震支承(鉛プラグ入り積層ゴム支承、以下LRB)を使用した我が国最初の本格的免震橋梁である。LRBは、従来の積層ゴム支承に円柱状の鉛プラグを挿入、一体成形したもので、一つの装置で荷重支持機能、水平弾性機能および減衰機能を合わせ有する免震支承である。その適用にあたって、支承の水平復元力特性、残留変位および終局強度(破断せん断ひずみ)を確認するための性能試験を実施した。以下にその結果を報告する。

2. 試験方法

(1) 供試体

供試体として、端支点および中間支点到に使用されるLRBと同形状で、かつ同一過程で製作されたものを各一使用した。供試体の諸寸法を表一に示す。

(2) 試験機

使用した試験機は、鉛直載荷能力2000tfのプレスに水平加振能力±300tfのアクチュエーターが組み合わされた2軸加力機である。

(3) 試験条件

試験項目は水平復元力特性試験、残留変位の測定および破断試験である。水平復元力特性に関する試験条件を表二に示す。水平復元力特性試験は、供試体A、Bに対して、死荷重反力に相当する鉛直荷重(V)を載荷した状態で、水平方向に震度法レベル地震(L₁地震)による設計変位から保有水平耐力法レベル地震(L₂地震)による設計変位の1.5倍までの変位を5段階に分けて正負繰返し載荷を行なった。残留変位の測定では供試体Aを使用し、Vを載荷した状態で、片押しで200mm(約159%ひずみ)の水平変位を与え、瞬時に水平力を開放し、24時間の経時変化を測定した。破断試験には供試体Bを使用し、Vを載荷した状態で、片押しで破断に至るまでの水平加力を行なった。

3. 試験結果および考察

(1) 水平復元力特性

計測された水平力と変位の関係を示す履歴曲線の代表的な結果(供試体Bの75%ひずみにおける履歴曲線)を図一に示す。ほぼ理

想的なバイリニアの履歴曲線が得られている。図一2、3では供試体AのL₁およびL₂地震時の設計変位における実測された履歴曲線と設計で用いた履歴曲線を示している。図一2に見るように、L₁地震時の履歴曲線は設計で想定した理想的なバイリニアの履歴曲線に良く一致している。しかし、L₂地震時のように大きな変位の場合は実測された曲線と設計で想定したその間に差がみられる。設計では参考文献1)に準拠して支承の特性値を決めているが、参考文献1)の特性式では、二次剛性(K₂)は変位に関係なく一定となっている。しかし試験結果(図一2、3)に見るようにK₂は変位(せん断ひずみ)の増大と共に減少する傾向にある。これは鉛の抵抗力がひずみの増大と共に減少するためと考えられる。

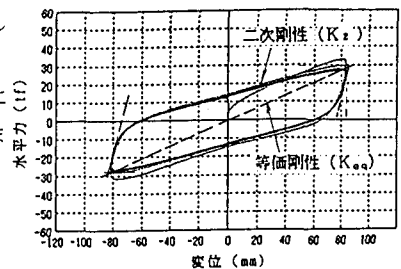
本実験を契機に、LRBにおける鉛のせん断応力度とせん断ひずみの関係が再検討され、本支承の新たな

表一 供試体の形状

	単位	橋台部支承	
		供試体A	供試体B
平面外形状	mm	350 × 350	450 × 550
ゴム厚	mm	126	110
鉛断面	mm	1本φ75	4本φ70
ゴムのせん断弾性係数	kgf/cm ²	8.0	10.0

表二 試験条件

	単位	供試体A	供試体B	備 考
鉛直荷重	tf	43	139	
水平復元力特性試験 ()内はせん断ひずみ	①	28 (22%)	22 (20%)	L ₁ 変位
	②	63 (50%)	55 (50%)	
	③	95 (75%)	83 (75%)	
	④	133 (106%)	108 (98%)	L ₂ 変位
	⑤	200 (159%)	162 (147%)	L ₂ × 1.5
加振速度	cm/s	1.5		
加振波形		正弦波		
加振回数	回	5		



図一1 供試体Bの75%ひずみにおける履歴曲線

特性式が提案されている。

図一4は、供試体Aの履歴曲線から算定された等価剛性（ K_{eq} ）および等価減衰定数（ h_{eq} ）とせん断ひずみの関係を示したものである。等価剛性を示す図には比較のため鉛を抜いたゴム単体の水平バネの計算値を破線で示した。図に見られるように、等価剛性はひずみが50%程度ではゴム単体の水平ばねに対し約2倍大きく、ひずみの増大に伴に減少し、100%以上のひずみでは殆どゴム単体のばねと変わらなくなる。等価減衰定数もひずみの増大に伴に減少するが、150%のひずみでも20%以上の比較的大きな減衰定数が得られている。この結果から、LRBの性能について、通常のゴム支承との比較において以下のことが言えよう。

- ① 通常のL₁地震に対しては、等価剛性が大きいいため変位が小さくなる。
- ② L₂地震に対しては、通常のゴム支承と殆ど変わらない柔らかい剛性で橋を長周期化するとともに、20%を超える高い減衰性能で上部構造の加速度および変位応答を30%以上小さくすることができる。

（2）残留変位

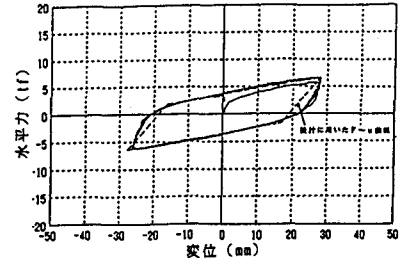
200 mmの初期変位を与えた後アクチュエーターを開放し24時間変位を測定した。開放直後（2分後）に変位は40mmまで戻るが、その後の減少速度は約1mm/分と緩慢で、24時間後に15mm（12%ひずみ）の変位が残留した。

（3）破断試験

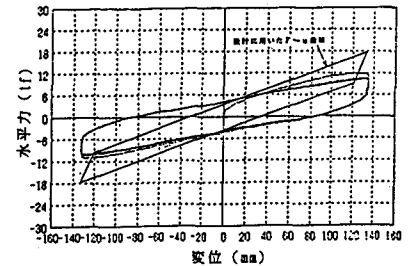
破断試験における水平力と変位の関係を図一5に示す。破断は変位が307mm（279%ひずみ）になった時、ゴムそのものに発生したが、ゴムと補強鋼板の接着部には何ら変状は見られなかった。積層ゴムが破断する要因として、水平変位によるひずみの他に、圧縮荷重による局部的なせん断ひずみの影響がある。破断はこれらのひずみの合計値が局限値（ γ_u ）を超えた時に生じると考えられる。一般的にせん断弾性係数が8～10kgf/cm²の天然ゴムの場合 $\gamma_u > 500\%$ であり、設計では安全側に $\gamma_u = 500\%$ を想定している。参考資料1）に示される計算式を用いて圧縮荷重による局部せん断ひずみを算定すると267%であった。これに、水平変位によるひずみ279%を加算するとひずみの合計は546%になり、設計で想定した以上の強度を有していることが確認された。

4. あとがき

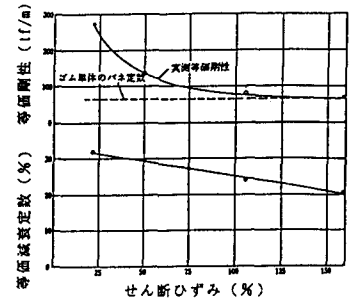
本試験は、主としてLRBの動的特性を確認するためのものであり、温度変化の影響などによる静的変位特性については触れていない。LRBの静的変位特性に関する実証試験例は少なく、まだ十分に解明されない部分もあり、今後の課題として残される。なお、交通振動など微小変位に対する特性に関しては、実橋実験が実施され、現在解明中である。本試験の実施にあたって、「免震橋梁連絡会」各位の御指導をいただいた。ここに、記して謝意を表するものである。参考文献1）（財）国土開発技術センター：道路橋の免震設計法ガイドライン（案）平成元年3月



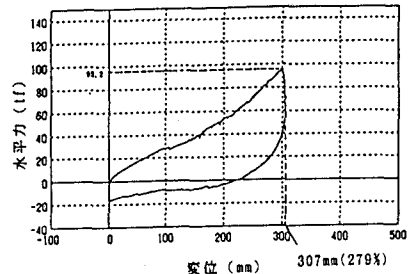
図一2 供試体AのL₁地震変位における履歴曲線



図一3 供試体AのL₂地震変位における履歴曲線



図一4 供試体Aの等価剛性・等価減衰定数



図一5 供試体Bによる破断試験結果