

I-677

免震支承の実証試験方法の提案

建設省土木研究所 正会員 川島 一彦

" " 長谷川金二

" " 長島 博之

オイレス工業(株) " 牧口 豊

(株)ブリヂストン " ○水津 洋二

1. まえがき

本報では、道路橋用免震装置を対象に、免震装置に要求される性能とその性能を実証するために必要とされる試験方法および評価方法の提案を示す。

免震装置を表—1のように分類し、それぞれのグループごとに試験方法を提案した。

2. 実証試験方法

基本性能として特に重要と考えられる鉛直変位特性と水平復元力特性について、その実証試験項目、対象とする装置、評価の対象となる特性および試験条件をまとめると表—2のようになる。

(1) 鉛直変位特性

活荷重による反力変動や温度変化等の影響による水平変位を受けても、上部構造を確実に支持する十分な耐力と剛性を保持していることを確認する。このため、装置が水平方向に静的な変位を受けていない状態と100%せん断ひずみ相当の静的予変位を受けた状態の2ケースに対して、0~80 kgf/cm² および60~120kgf/cm²の面圧を作作用させた鉛直繰返し載荷を各5回行なう。

(2) 水平復元力特性

a) 繰返し載荷に対する安定性

免震装置には、連続して繰返し載荷を受けると、剛性や減衰定数等の特性が変化するものがある。また、同条件の繰返し載荷を適当な時間をおいて再度行なうと、最後の載荷に伴う履歴経験によって特性が変化するものもある。このため、5種類の変位振幅に対して各10回の繰返し載荷を1シリーズとしてこれを2シリーズ行ない、以下の特性を確認する。

①10回の繰返し載荷の間の特性値の変化を調査し、これが安定した状態へ収斂していくかどうかを調査

②1シリーズ目に得られた特性値と2シリーズ目に得られた特性値の変化の度合い

変位振幅は、ゴム系アイソレーターおよび免震装置に対しては、ゴム総厚に対するせん断ひずみ振幅で±25%、±50%、±100%、±150%および±200%の5段階とする。これ以外の装置に対しては、せん断ひずみ振幅の定義がしづらいので、±30cmの変位を±200%のせん断ひずみに相当すると考え、±3.75cm、±7.5cm、±15cm、±22.5cm、±30cmの5段階とする。なお、粘性体ダンパーは、抵抗力特性が変位より

表—1 免震装置の分類および評価特性

免震装置の分類	記号	評価する特性	代表的装置
① ゴム系アイソレーター	R ₀	水平ばね	積層ゴム
② ゴム系免震支承	M ₀	等価剛性・等価減衰定数	LRB、HDR
③ 摩擦減衰型ダンパー	F ₀	摩擦係数・吸収エネルギー	摩擦型ダンパー
④ 弾塑性履歴減衰型ダンパー	S ₀	降伏荷重・吸収エネルギー	鋼線ダンパー
⑤ 粘性体ダンパー	V ₀	抵抗力・吸収エネルギー	粘性せん断ダンパー

表—2 実証試験項目および試験条件

試験条件		鉛直変位特性 対象値 R ₀ M ₀	水平復元力特性											
			繰返し載荷に対する安定性				面圧に対する安定性				予変位の影響			
			R ₀ M ₀	R ₀ M ₀	S ₀	V ₀	R ₀ M ₀	R ₀ M ₀	S ₀	V ₀	R ₀ M ₀	R ₀ M ₀	S ₀	V ₀
温度	℃	-10 +20 +40	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●
面圧	kgf/cm ²	40 80 120	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
せん断ひずみ	%	±25 ±50 ±100 ±150 ±200	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
速度	cm/s	1.0 2.5 5.0 7.5 10.0	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
振動数	Hz	0.1 0.5 1.0	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
せん断予変位	mm	0 50 100	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
方向	度	0 90	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
載面	mm	5 10	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
履歴経験	シリーズ	1 2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

むしろ振動速度に依存するため、上記変位振幅と速度を次式により関連づけて速度で示した。

$$v = 2 \pi a f \text{ ----- (1)}$$

ここに、 v は振動速度、 a は変位振幅、 f は振動数（ $f=0.5\text{Hz}$ とする）である。

b) 面圧に対する安定性

設計および架設に伴う誤差により、想定する面圧が変化しても免震装置が安定して機能することを確認するための試験である。このため、静的予変位0の状態、 40kgf/cm^2 、 60kgf/cm^2 および 80kgf/cm^2 の3段階に面圧を変化させ、 $\pm 100\%$ のせん断ひずみ、または $\pm 15\text{cm}$ の変位振幅による各10回の繰り返し載荷を行なう。

c) 予変位の影響

予変位の影響とは、温度変化等により静的変位を受けた状態で地震力を受けても、予変位がない状態と同様の性能が保持できるかを確認するものである。予変位の大きさは、 50% せん断ひずみ、または 7.5cm とし、面圧 60kgf/cm^2 、振動数 0.5Hz で $\pm 100\%$ のせん断ひずみ、または $\pm 15\text{cm}$ の変位振幅による10回の繰り返し載荷を行なう。

d) 荷重作用方向性

荷重作用方向性試験は、全方向型免震装置を対象としたもので、載荷方向の変化による特性の変化を確認するためのものである。載荷方向としては、互いに直交する2方向とする。面圧 60kgf/cm^2 、振動数 0.5Hz で $\pm 100\%$ のせん断ひずみ、または $\pm 15\text{cm}$ の変位振幅による各10回の繰り返し載荷を行なう。

e) 温度変化に対する安定性

免震装置には、ゴム系免震装置や粘性体ダンパーのように、温度変化により特性が変化するものがある。このため、普通の地方を想定し、 -10°C 、 $+20^\circ\text{C}$ および $+40^\circ\text{C}$ の3種類の温度において特性の変化を把握する。ただし、粘性体ダンパーのように温度変化の影響が特に問題となる可能性がある免震装置に対しては、 -10°C から $+40^\circ\text{C}$ まで 10°C ごとにチェックする。

3. 評価方法

免震装置の特性、性能を評価する方法として、各試験項目に関する安定性指標と基準値を提案する。ただし、この基準値は今後の研究によって、さらに見直し、変更が必要となるかもしれない。表一3は各試験項目に関する安定性指標と基準値をまとめたものである。水平復元力特性試験では、同一条件下での繰り返し載荷を10回行っているが、10回の載荷により求められた特性値の平均値を次式で定義した。

$$L = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} L_j \text{ ---- (2)}$$

ここに、 L は10回の繰り返し載荷による特性値の平均値、 L_j は j 回目の載荷における特性値である。

4. まとめ

道路橋用免震装置の性能確認に必要な実証試験方法および評価方法について提案した。本研究は、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」の一環として行なわれたものである。

参考文献

1) 建設省土木研究所：道路橋の免震システムの開発に関する共同研究報告書（その1）平成2年3月

表一3 安定性指標および規準値

安定性指標および安定性指標の算定式			基準値
①	繰り返し載荷に対する安定性指標 $R_s = (L - L_{10}) / L$	L : 10回載荷の内4～10回目までの特性値の平均値 L_{10} : 10回目載荷の特性値	$R_s \leq 0.15$ (j<3) $R_s \leq 0.05$ (j≥4)
②	履歴試験に対する安定性指標 $R_s = (L_s - L_{10}) / L_s$	L_s , L_{10} : 1シリーズおよび2シリーズにおける特性値の平均値	$R_s \leq 0.05$
③	面圧変化に対する安定性指標 $R_s = (L_{60} - L_{10}) / L_{60}$	L_{60} , L_{10} : 面圧 60kgf/cm^2 およびそれ以外の面圧における特性値の平均値	$R_s \leq 0.10$
④	予変位の影響 $R_s = (L_s - L_{10}) / L_s$	L_s , L_{10} : 予変位0および 50% 予変位における特性値の平均値	$R_s \leq 0.05$
⑤	荷重作用方向性 $R_s = (L_s - L_{10}) / L_s$	L_s , L_{10} : 互いに直交する2方向載荷における各特性値の平均値	$R_s \leq 0.05$
⑥	温度変化に対する安定性指標 $R_s = (L_{20} - L_{10}) / L_{20}$	L_{20} , L_{10} : $+20^\circ\text{C}$ およびそれ以外の温度条件における特性値の平均値	$R_s \leq 0.20$