

(技術資料)

# 免震支承の性能評価試験装置

## Apparatus Used for Performance Evaluation Testing of Isolator Bearings



八木和茂\*  
Kazushige Yagi



柳井 博\*  
Hiroshi Yanai

The Great Hanshin-Awaji Earthquake which occurred on January 17, 1995 greatly raised the demand for and interest in quake-absorbing devices. Kobelco Research Institute Inc. has been conducting performance evaluation tests on quake-absorbing bearings for about 8 years. This article briefly describes the testing apparatus and evaluation method Kobelco Research Institute Inc. uses.

まえがき = 1995年1月の阪神・淡路大震災を契機に免震装置が注目され、実用化が一段と進んでいる。最近では、免震は制震という大きな概念の一部として定義されつつある。制震と従来の耐震との関連性について図1<sup>1)</sup>に示す。当社では、実用化が最も進んでいる免震支承の性能評価試験を約8年前より手掛けてきた。本文では、その装置及び評価方法の概要を紹介する。

### 1. 受動的制震構造

図1に示すように従来型の耐震設計に比べて制震技術は発展途上にあり、その中でも、現在最も実用化が進んでいるものが受動的制震である。

受動的制震は、振動を制御する方法の違いから、次の2つに分けることができる。すなわち固有周期調整型と振動エネルギー吸収型である。固有周期調整型の代表が免震構造であり、積層ゴム及び同調質量系は主としてこれに相当する。他方、振動エネルギー吸収型には履歴ダンパ及び粘弾性体、摩擦ダンパ、質量ダンパなどの種類がある。本文で述べる免震支承は、上記の固有周期調整と振

動エネルギー吸収の双方の機能を併せもつものである。

### 2. 免震支承

現状の免震支承は、振動エネルギーの吸収機構の相違から主として次の3種類に分類される。

- 変位依存型
- 摩擦型
- 速度依存型

これら3種類の支承の物理定数はそれぞれ異なる。

の場合には等価剛性及び減衰定数、の場合には摩擦係数、の場合には粘性係数である。本文で対象とする支承(積層ゴム)は、の変位依存型である。免震支承(積層ゴム)は上記の受動的制御の代表的なものであるが、この構造はゴムと鉄板が何層にも相互に張合わされ、鉛直方向には硬く、水平方向には柔らかく作られている。

免震支承の用途は、主として高速道路の橋桁と橋脚との間、及び建築物の柱脚と基礎との間である。この狙いは構造物の重量を支えとともに、地震時の水平方向

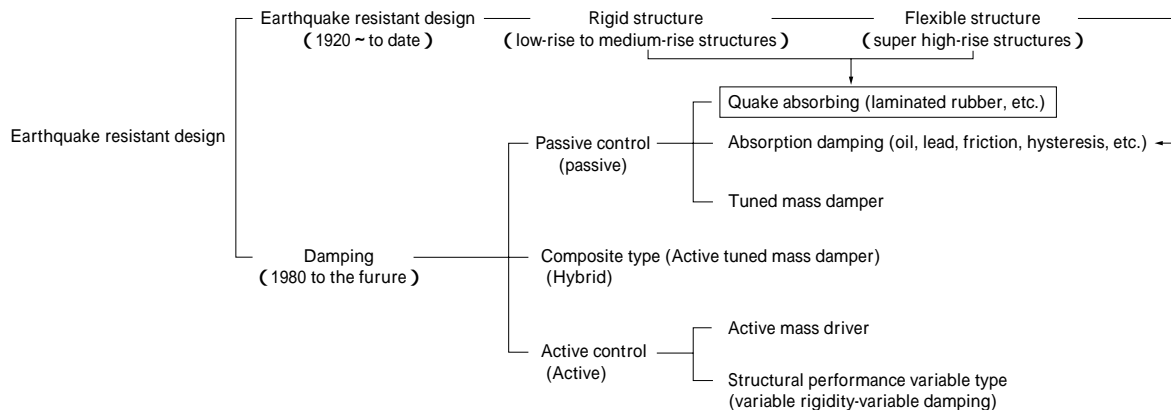


図1 制震・免震構造と耐震構造との関連

Fig. 1 Relationship between damping and quake absorbing structure and earthquake resistant structure

\* 鋼コベルコ科研 エンジニアリングメカニクス事業部構造技術部

入力及び揺れを低減することにある。振動論的には、構造物の固有周期を地震動のもつ卓越周期帯より長周期方向にシフトし入力を低減させると同時に、ゴム自身の粘弾性による減衰性能を利用して構造物の応答（揺れ）を低減しようとするものである。

積層ゴムを用いた構造物（免震構造）の設計方法として、土木及び建築それぞれの分野においてマニュアル<sup>2)</sup>または指針<sup>3)</sup>が出版されており、積層ゴムそのものの性能評価試験方法も規定されている。それらは、(a) 設計変位による50回の正負連続繰返し載荷、(b) 設計荷重をあたえたあとの残留変位量確認、(c) 繰返し載荷・変位履歴・支圧応力度の変化・変形速度の変化・静的予変位・温度変化に対する安定性を確認するための試験などである。

当社では、これらの性能評価試験のほぼすべてに対して実施可能な装置を保有しており、以下にその概要を紹介する。

### 3. 性能評価試験装置概要

試験装置の概要を図2に示す。この装置は鉛直荷重とせん断荷重が同時に負荷できる2軸試験装置である。

当社における試験装置の仕様を表1に示す。本装置の滑動部には摩擦抵抗を少なくするため、スライドニードルベアリング及びフラットケージを用いて、装置の摩擦係数を0.001以下に押さえている。また、試験体温度変化に対する試験を行うための恒温槽も附帯設備として保有している。

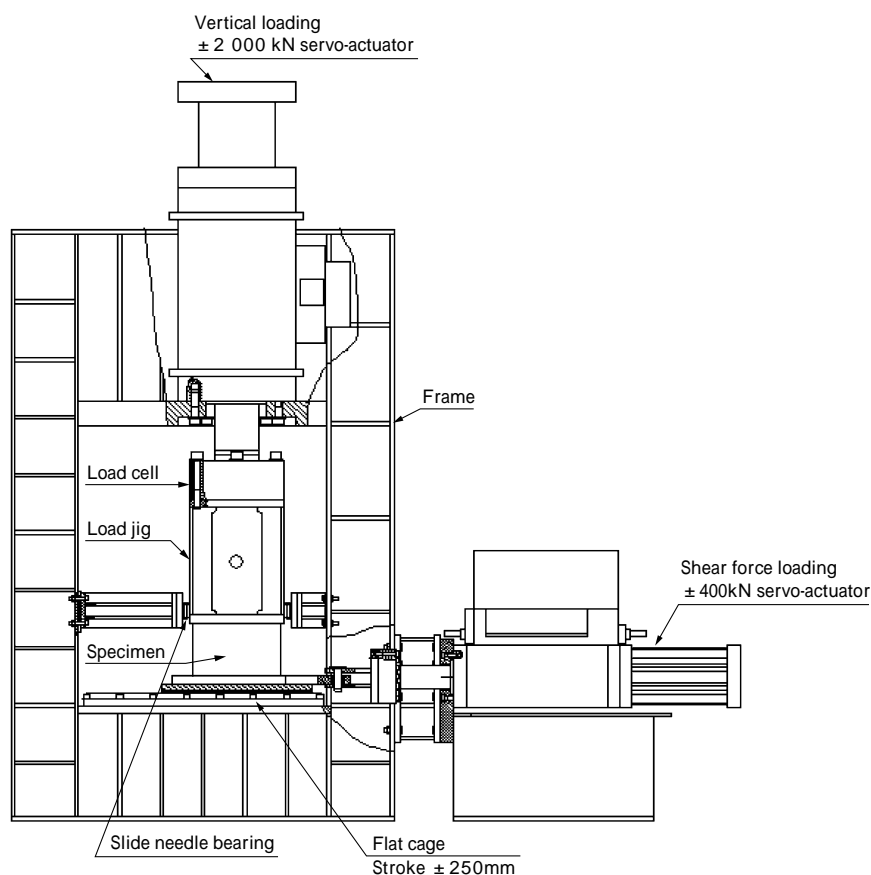


図2 2軸試験装置概要図  
Fig. 2 General view of biaxial testing machine

表1 試験装置の仕様

Table 1 Specification of bearing evaluation testing machine

		Large-size testing machine		Bearing evaluation test machine for bridges			Small-size testing machine	
				For performance test		For compression fatigue test		For shear fatigue test
Vertical	Static load (kN)	9 000	450	3 000		3 000	4 500	300
	Dynamic load (kN)	-	-	2 000		2 000	-	200
	Maximum displacement (mm)	500	850	400		400	500	300
	Test speed (mm/sec)	1	1	25		25	-	200
	Control system	Load	Load	Displacement, load		Displacement, load	Load	Displacement, load
Combination								
Horizontal	Static load (kN)	900	600	600	300	600	900	50
	Dynamic load (kN)	650	400	400	200	400	650	50
	Maximum displacement (mm)	200	500	500	300	500	200	450
	Test speed (mm/sec)	100	1 000	1 000	200	1 000	100	100
	Control system	Displacement, load	Displacement, load	Displacement, load	Displacement, load	Displacement, load	Displacement, load	Displacement, load
Maximum specimen size (mm)		800	600	600	200	400	400	200

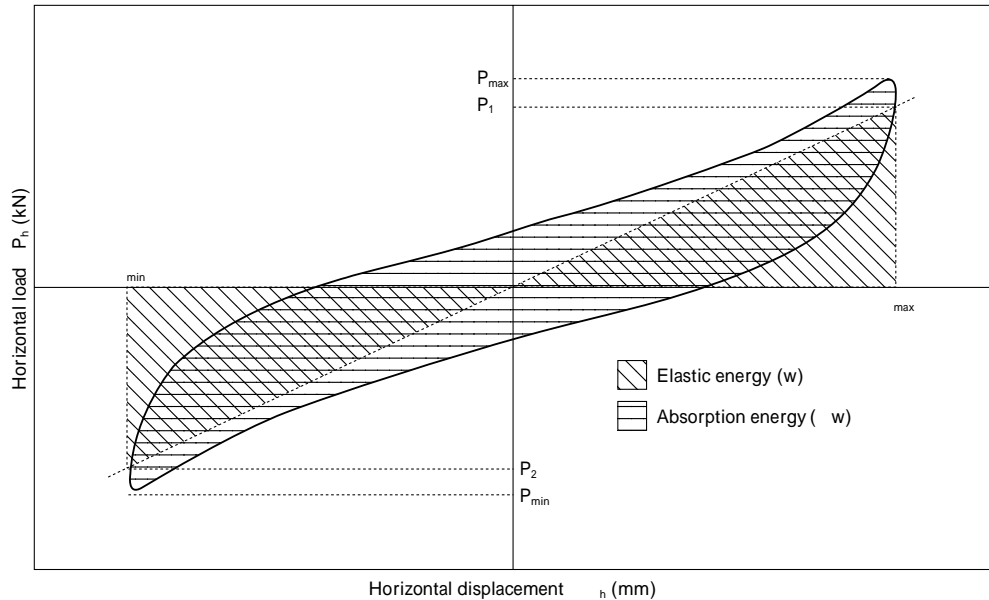


図3 ヒステリシスループ  
Fig. 3 Hysteresis loop

#### 4. 性能評価方法

性能評価の項目は上述のように数多くあるが、そのうち最も基本となる評価項目は、固有周期調整機能に係る等価剛性と、振動エネルギー吸収機能に係る等価減衰定数である。

等価剛性及び相応する等価せん断弾性係数は、図3の値を用いてつぎの式(1)及び(2)により算出する<sup>2)</sup>。

$$K_{eq} = \frac{(P_1 - P_2)}{(h_{max} - h_{min})} \dots\dots\dots(1)$$

ここに、

$K_{eq}$  : 等価剛性

$P_1$  : せん断変形量  $h_{max}$  時のせん断荷重

$P_2$  : せん断変形量  $h_{min}$  時のせん断荷重

$$\alpha = \frac{K_{eq} \cdot t}{A} \dots\dots\dots(2)$$

ここに、

$\alpha$  : 等価せん断弾性係数

$t$  : せん断ひずみ

$t$  : 積層ゴムの層厚

$A$  : 積層ゴムの設計面積

等価減衰定数は図3の値を用いて、式(3)により算出する。

$$h_{eq} = \frac{W}{2W} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

ここに、

$h_{eq}$  : 等価減衰定数 (%)

$W$  : 吸収エネルギー

$W$  : 弾性エネルギー

これまで当社で実施した免震支承の性能試験から言えることは、等価せん断弾性係数及び等価減衰定数の値はせん断弾性係数及び減衰定数とともに、与えられるせん断ひずみが大きくなると低下する。したがって、天然ゴ

ムの減衰定数の低さを高めるため、合成ゴム系の材料組成を改質して振動エネルギーの吸収機能をもたせるようにしている。

#### 5. 実験実績

当社での実験実績は、以下のとおりである。

土木研究センターの免震設計法マニュアル(案)<sup>2)</sup>に規定されている各種性能確認試験及び耐久試験(圧縮&せん断)を土木用の支承試験を対象として実施した。また、建築用の免震装置の出荷検査として、すべり支承・転がり支承・粘性ダンパ・鋼棒ダンパ・鉛ダンパの性能試験も行った。

むすび = 免震支承の性能試験の概要を紹介した。当社は、ゴムメーカー各社より受注し、多数の試験を実施してきており、免震支承試験の検査会社として定着しつつある。試験速度は、国内トップクラス(100cm/sec)である。また、関連機関より試験実施会社として指定されつつある。今後とも顧客のご要望に添えるよう試験装置の改良及び計測システムの充実をはかり、免震支承はもとより、さらには制震装置全般の性能を確認できる試験技術の確立へと発展させていきたい。

#### 参考文献

- 1) 小堀鐸二：制震構造，(1993)，鹿島出版会。
- 2) 土木研究センター：建設省 道路橋の免震設計法マニュアル(案)，(1992)。
- 3) 日本建築学会：免震構造設計指針，(1989)。