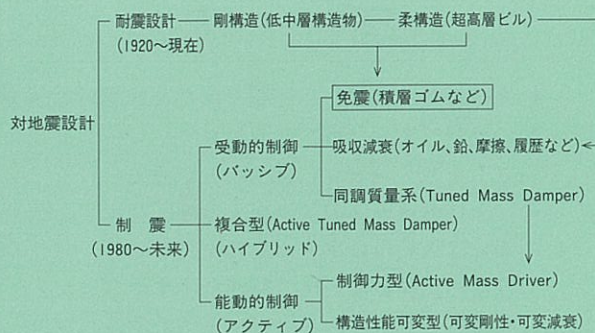


C

免震支承の性能試験

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第1図¹⁾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。その装置および評価方法の概要を紹介する。



第1図 制震・免震構造と耐震構造との関連

C-1

受動的制震構造

- 1) 小堀鐸二：制震構造、(1993)鹿島出版会

第1図に示すように制震技術は発展途上にあり、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

層ゴムおよ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ーおよび粘弾性体、摩擦ダンパー、質量ダンパーなどの種類がある。本文で対象とする免震支承（後述）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合わせもつものである。

C-2

免震支承

- 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)

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。すなわち、①変位依存型、②摩擦型、③速度依存型である。これら3種類の支承の基本性能評価のための物理定数はそれぞれ、①の場合には等価剛性および減衰定数、②の場合には摩擦係数、③の場合には粘性係数、というように異なる。本文で対象とする支承（積層ゴム）は①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り、ゴムと鉄板が何層にも相互に張り合わされ、鉛直方向には硬く、水平方向には柔らかく作られている。免震支承は、主として高速道路の橋桁と橋脚の間および建築物の柱脚と基礎の間に使用する。これにより構造物の重量を支えるとともに、地震時の水平方向入力および揺れを低減するねらいがある。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、土木および建築それぞれの分野において

マニュアル²⁾または指針³⁾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²⁾。それらは、(a)設計変位による50回の正負連続繰り返し載荷、(b)設計荷重をあたえた後の残留変位量確認、(c)繰り返し載荷・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を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。

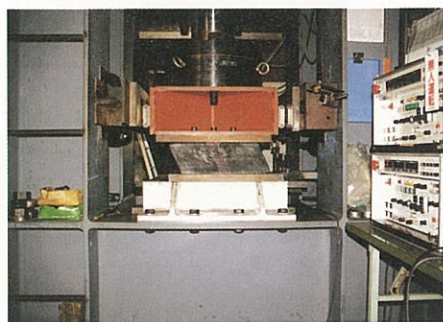


写真1 試験状況概観

C-3

性能評価試験装置概要

試験装置の概要を第2図に示す。この装置は鉛直とせん断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第1表に示す。

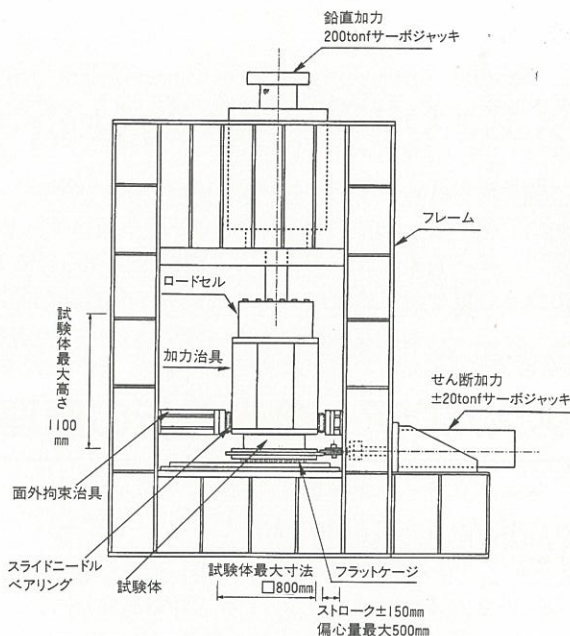
本装置の滑動部には摩擦抵抗を少なくするため、スライドニードルベアリングおよびフラットケージを用いており、摩擦係数を0.005以下に押さえている。また、試験体の温度変化に対する試験を行うための恒温槽も附帯設備として保有している。

試験時の概観を写真1に示す。

第1表 試験装置の仕様

試験種類	せん断		鉛直荷重 (tonf)	供試体 寸法 (mm)
	荷重 (tonf)	変位 (mm)		
静的 せん断	押し 500 引き 200	押し 800 引き 400	圧縮 500 引張 200	MAX. φ1200
動的 せん断	±200	±200	圧縮 500 引張 200	
疲労	±30	±150	±200	MAX. □ 400

注) ±: 動的載荷を表す



第2図 2軸試験装置概要図

性能評価方法

C-4

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下記の2つで、固有周期調整機能に関する等価剛性と振動エネルギー吸収機能に関する等価減衰定数である。

等価剛性および相応する等価せん断弾性係数は、第3図の値を用いてつぎの式(1)および(2)により算出する。

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

ここに、

K_{eq} : 等価剛性

P_1 : せん断変形量 δ_{max} 時のせん断荷重

P_2 : せん断変形量 δ_{min} 時のせん断荷重

$$G(\gamma) = \frac{K_{eq} \cdot t}{A} \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 $G(\gamma)$: 等価せん断弾性係数

γ : せん断ひずみ

t : 積層ゴムの層厚

A : 積層ゴムの設計面積

等価減衰定数は第3図の値を用いて、式(3)により算出する。

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

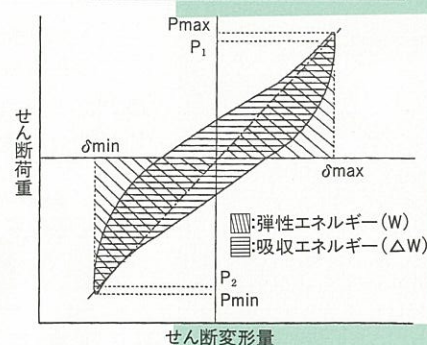
ここに、 h_{eq} : 等価減衰定数(%)

ΔW : 吸収エネルギー

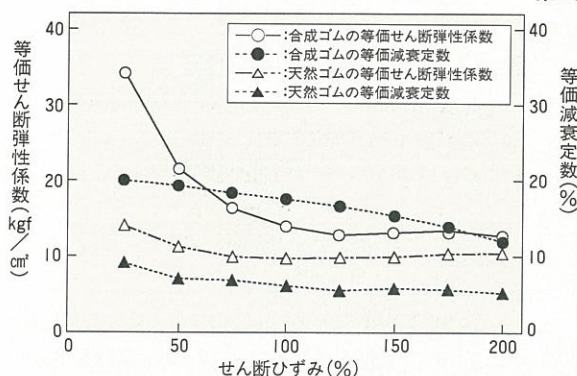
W : 弾性エネルギー

これまで当社で実施した免震支承の性能試験からえられた等価せん断弾性係数および等価減衰定

数の値の例を第4図に示す。図において、せん断弾性係数および減衰定数ともに、あたえられるせん断ひずみが大きくなると低下することがわかる。一般に、天然ゴム系のは減衰定数が低いため、合成ゴム系のものの材料組成を改質して減衰定数を高め、振動エネルギーの吸収機能をもたせている。



第3図 履歴曲線



第4図 等価せん断弾性係数と等価減衰定数の測定例

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試験を受注し、数多く実施してきた。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およ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へと発展させて行きたい。

〔尼崎事業所 構造強度技術室 八木和茂〕