

## (138) 免震橋用の摩擦型すべり支承の開発

大成建設(株) 正会員 ○尾崎大輔  
 大成建設(株) 正会員 塚本敦之  
 東京ファブリック工業(株) 松本史郎

### 1. まえがき

現在、道路橋の免震構造システムの開発研究が、建設省と民間との共同研究により盛んに行われており、その中で道路橋用の免震支承も各種研究開発中である。本研究では、ビル構造の免震で使用実績のある免震支承（摩擦型すべり支承）について各種要素試験を行い、その基本性能、すべり機能、および材料特性等について調査研究しているので、ここにその結果を報告する。

### 2. 摩擦型すべり支承

#### (1) 構造

摩擦型すべり支承は、図-1に示すように弾性すべり支承と水平ばねとで構成されている。上部構造の全鉛直反力を支持する弾性すべり支承は、基本的に積層ゴムであるが、支承上面に貼られたテフロン板と桁に埋め込まれたステンレス板とが摺動し合うことによりエネルギーを吸収する。水平ばねは、水平変位量を抑制し変位を復元する機能を有しているが、鉛直反力は支持しない。

摩擦型すべり支承は基本的に図-2に示すようにバイリニア型の履歴特性を示す。

#### (2) 特徴

摩擦型すべり支承の特徴は、以下のとおりである。

- ① 弾性すべり支承は、すべりを生じるため積層ゴムの変形が少なく、支持機能の信頼性が確保される。
- ② 弾性すべり支承は、摩擦力以上の水平地震力を上部構造に伝達しないため、下部構造より伝達する入力地震動を頭打ちにすることができる。
- ③ 構造が簡単で、作動機能が明確である。

#### (3) 免震装置に要求される基本性能

橋梁に用いられる免震支承の具備すべき基本性能として以下のものが考えられる。

- ① 上部構造を鉛直方向に支える。（支持性能）
- ② 上部構造を水平方向に支え、原位置に復帰する復元力を有する。（復元性能）
- ③ 上部構造の振動エネルギーを吸収し、減衰性能を高める。（減衰性能）
- ④ 地震時の大きな水平変形および常時の回転変形等に追従する。（変形性能）

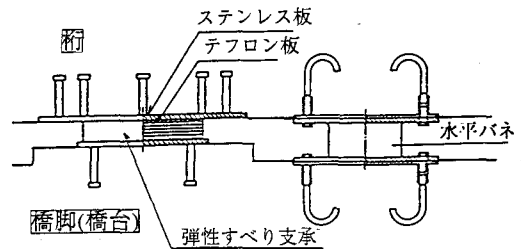


図-1 構造概要図

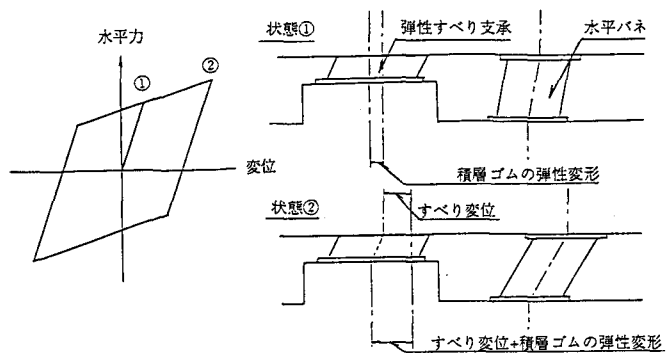


図-2 履歴特性図

### 3. 要素試験

#### (1) 概要

2. (3) で述べた基本性能のうち特に②～④についての研究を目的として、弾性すべり支承および水平ばねに対して、動的水平加力試験を行った。動的水平加力試験の装置の概要図を図-3に示す。なお、入力はアクチュエーターによる正弦波を用いた。

#### (2) 試験条件

##### 1) 材料特性

弾性すべり支承および水平ばねの材料特性を表-1に示す。

##### 2) 試験項目

試験項目および試験ケースを表-2に、試験体の形状寸法を図-4に示す。

表-2 試験項目

##### (a) 弾性すべり支承

試験項目	試験ケース	面圧 (kgf/cm <sup>2</sup> )	速度 cm/s	振動数 (Hz)	変位 (mm)	繰返し回数 (回)
速度特性	A-1	6.0	1.0	0.32	5.0	3.0
	A-2	"	2.0	0.64	"	"
	A-3	"	3.0	0.95	"	"
面圧依存性	B-1	3.0	2.0	0.64	5.0	3.0
	B-2	6.0	"	"	"	"
繰返し特性	C-1	6.0	2.0	0.64	5.0	8.0

##### (b) 水平ばね

試験項目	試験ケース	面圧 (kgf/cm <sup>2</sup> )	振動数 (Hz)	変位 (mm)	せん断 ひずみ	繰返し回数 (回)
ひずみレベル依存性	G=8kgf/cm <sup>2</sup>	0	0.5	6~5.0	30~250%	1.0
	G=10kgf/cm <sup>2</sup>	0	0.5	6~5.0	30~250%	1.0

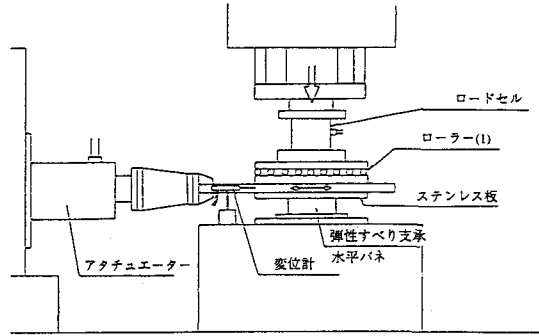
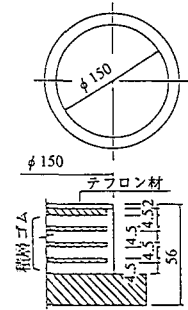


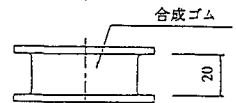
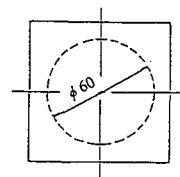
図-3 動的水平加力試験概要図

表-1 材料特性

部 位		使用材料および材料特性
弾性 すべり 支承	積層ゴム	高減衰ゴム せん断弾性係数 6 kgf/cm <sup>2</sup>
	テフロン板	四フッ化エチレン樹脂
水平ばね		合成ゴム(クロロプレンゴム) せん断弾性係数 8 kgf/cm <sup>2</sup> , 1.0 kgf/cm <sup>2</sup>



(a) 弾性すべり支承



(b) 水平ばね

図-4 試験体の形状寸法

#### (3) 試験結果

##### 1) 弾性すべり支承

支承のせん断特性として重要と考えられる動摩擦係数、等価せん断剛性、等価減衰定数について以下に述べる。

動摩擦係数の速度特性、面圧依存性、繰返し特性をそれぞれ図-5、図-6、図-7に示す。また、等価せん断剛性、等価減衰定数の速度特性、面圧依存性、繰返し特性についてを表-3に示す。また、履歴曲線を図-8に示す。

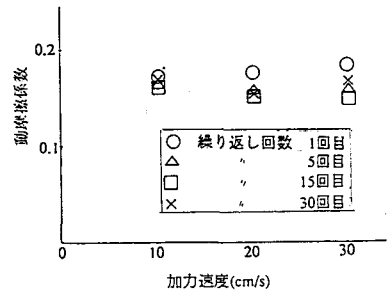


図-5 動摩擦係数の速度特性

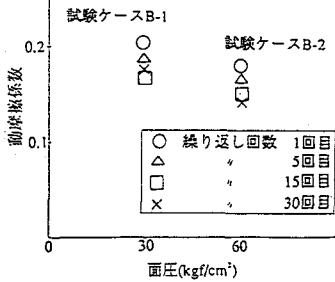


図-6 動摩擦係数の面圧依存性

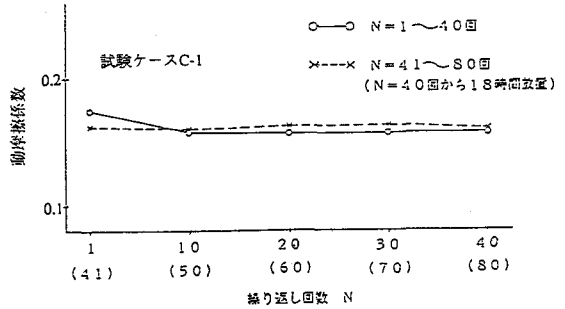


図-7 動摩擦係数の繰り返し特性

表-3 等価せん断剛性、等価減衰定数

	等価せん断剛性 (kgf/cm)			
	1回	5回	15回	30回
A-1	382	348	346	359
A-2	369	339	325	333
A-3	410	344	320	346
B-1	220	202	186	193
B-2	388	366	336	329
	等価減衰定数			
	1回	5回	15回	30回
A-1	0.357	0.335	0.310	0.290
A-2	0.358	0.361	0.349	0.334
A-3	0.365	0.367	0.362	0.321
B-1	0.471	0.482	0.485	0.471
B-2	0.333	0.337	0.334	0.325

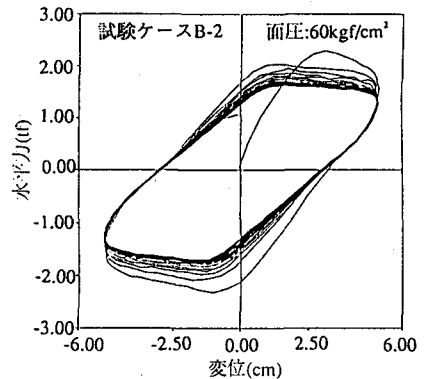
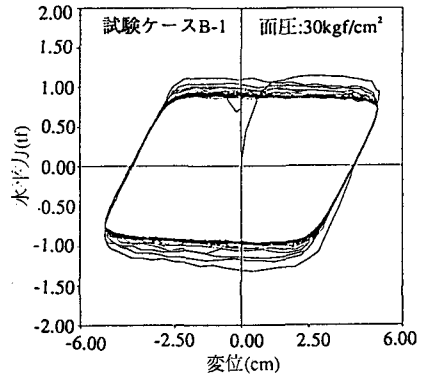


図-8 履歴曲線

以上の試験結果をまとめると

- ① 標準仕上げステンレス板に対する動摩擦係数は、面圧が30~60kg/cm<sup>2</sup>、速度10~30cm/sの範囲で0.15~0.2である。
- ② 動摩擦係数は、速度の増加につれて大きくなる傾向があるが、10cm/s以上ではほぼ一定である。
- ③ 動摩擦係数は、面圧の増加につれて小さくなる傾向がある。
- ④ 動摩擦係数は、繰り返し回数1回目が2回目以降より10%程高く、2回目以降は回数に関係なく安定している。また、繰り返し回数N=40回後18時間放置後の値も、2回目~40回目とほぼ一致した値である。
- ⑤ 等価せん断剛性、等価減衰定数は、速度に対する依存性は小さいが、面圧が増加するにしたがって、等価せん断剛性は増加し、等価減衰定数は減少する傾向がある。なお、繰り返しに対しては安定している。

2) 水平ばね

表-4に等価せん断剛性、等価減衰定数のせん断ひずみに対する安定性について示す。図-9にせん断ひずみレベル200%までの履歴曲線を示す。

合成ゴムA( $G=8\text{kgf/cm}^2$ )では、せん断ひずみ200%付近においてハードスプリング特性をほとんど示していないが、合成ゴムB( $G=10\text{kgf/cm}^2$ )では多少ハードスプリング特性を示している。また、繰り返しに対しては、比較的安定した特性を持っていると見ることができる。

なお、等価減衰定数は概ね6~9%であった。

表-4 等価せん断剛性、等価減衰定数

	せん断ひずみ	等価せん断剛性 (kgf/cm)		等価減衰定数	
		1回	5回	1回	5回
合成ゴムA $G=8\text{kgf/cm}^2$	30%	166	146	0.096	0.067
	50%	142	131	0.078	0.078
	100%	111	106	0.076	0.072
	150%	100	93	0.070	0.068
	200%	100	90	0.066	0.057
	250%	112	92	0.060	0.052
合成ゴムB $G=10\text{kgf/cm}^2$	30%	236	228	0.079	0.085
	50%	193	185	0.098	0.083
	100%	151	146	0.090	0.081
	150%	150	134	0.083	0.072
	200%	168	141	0.073	0.065
	250%	194	154	0.067	0.056

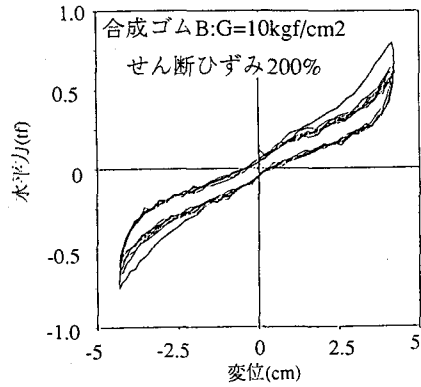
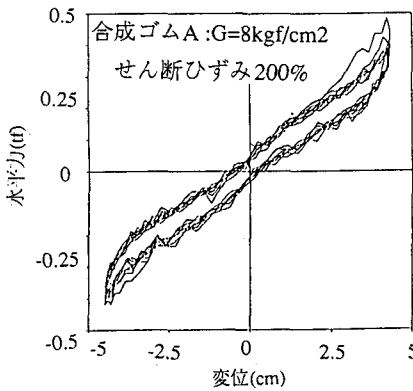


図-9 履歴曲線

4. 今後の課題

今回の試験で弾性すべり支承および水平ばねのせん断特性について様々な特性が確認できた。

しかし、今回の試験は、弾性すべり支承と水平ばねについて、各々要素試験をしたのみであり、実橋へ適用していくためには、今後の課題として以下の点について研究を進める必要があると思われる。

- ① 摩擦型すべり支承の設計法の確立。
- ② 弾性すべり支承と水平ばねを組み合わせたモデル実験。

なお、本報告書は建設省と民間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われたものである。

<参考文献>

- 1) 土木研究所他29社；道路橋の免震構造システムの開発に関する共同報告書（その1）  
土木研究所共同研究報告書第44号,平成2年3月
- 2) (財)国土開発技術研究センター；道路橋の免震設計法ガイドライン(案),平成元年3月

<連絡先> 大成建設(株) 土木設計部 社会施設第四設計室 TEL03-5381-5297 (ダイヤルイン)