

コイルバネを利用した摩擦ダンパーの開発

その1 要素試験とバネ材の選定

正会員 ○吉野明夫*久保田雅春**
岩田一夫2***斉藤誠2***

コイルバネ 摩擦 ダンパー
静的実験 動的実験 制震

1. はじめに

1995年の阪神・淡路大震災以来、建物の耐震安全性に対して緊急かつ急務の課題となっている。そこで、地震エネルギー吸収部材を取り付けることで建物の耐震性を向上させる手段として摩擦ダンパーの開発に着手し、その可能性を探った。

2. 摩擦材料

2.1 ばね材料

従来コイルバネを用いた摩擦材の利用方法は変位ロック機構として使用してきた。

本報では、このロック機構を応用しコイルばねと軸心材との間に繰り返し変位を与えることで地震の振動エネルギーを熱エネルギーに変換させるコイルばねによる摩擦ダンパーを開発することとした。

2.2 摩擦材料の選定

摩擦材としてここではコイルバネを用いるものし、断面が円形の丸線、楕円形のオーバルとし、材質はピアノ線、SWOSCのVXMとVXとした。軸材(ロッド)はSUM24Lとし、表面は窒化熱処理を施した。

3. 摩擦力の予測式

摩擦力の計算はクーロン摩擦 $F = \mu N$ を基本とし、コイルバネの軸径、巻き数等をパラメータとし下式(1)により算定し、諸元を表1-1にそれぞれ示す。摩擦係数は潤滑剤使用の金属材料同士の一般的摩擦係数 $\mu = 0.1$ とした。(計算例は丸線断面材料(φ5)で計算)

$$F_0 = 8\pi\mu nEI \frac{\Delta D}{D^3} \dots\dots \text{式(1)}$$

表1-1 摩擦力計算諸元と荷重予測値

計算諸元	各数値
d (材料線径)	5.00
D' : シャフト径	17.50
E : ヤング率	21000
μ : 摩擦係数	0.10
n : コイル巻数	16.60
ΔD : 締め代	0.70
D : シャフト径+線径	22.50
I : 断面二次モーメント	30.66
摩擦軸力 : F_0 (N)	1651.0

4. 摩擦ダンパーの形状

今回採用する摩擦ダンパーは、コイルばねと軸材で構成されているため、コイルばねの巻き数巻き方、軸心の表面処理状況などを考慮

した原理モデルを作成した。

4.1 単体ダンパー

単体ダンパーは、原理モデルを使い1本当りの荷重を小さくし、製造、加工を容易にすることで応用範囲を広くできるようにした。

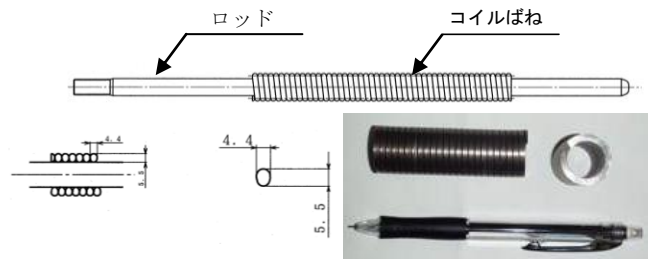


図1.2 単体ダンパー大きさ

4.2 複合ダンパー

複合ダンパーは、単体ダンパーを数本から十数本組み合わせることによりダンパー荷重を10kNから500kNまで自由に調整することが可能となる。図1.3に示すように単体ダンパーを筒状にまとめて大きい荷重を発生させることで1本当りの誤差が丸められるようにした。

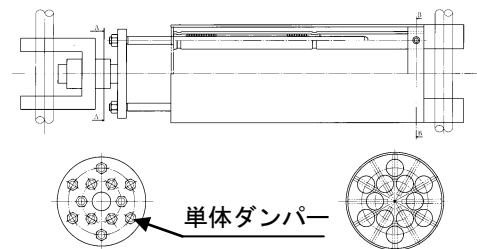


図1.3 複合ダンパーのイメージ

5. 実験概要

5.1 試験体

原理モデル試験体の実験パラメータを表1-2に、試験体、加力装置を写真1-1、写真1-2にそれぞれ示す。

表1-2 試験体諸元一覧

試験品 NO.	ばね							ロッド			グリス
	材質	材料断面	線径	内径	巻数	ばね長	使用数量	材質	熱処理	外径	
NO.1	SWPB (ピアノ線)	丸線	φ4.5	φ16.78~16.82	12巻	51.5	2ヶ	SUM24L	窒化	φ17.5	シエラルバニアEPグリス
NO.2	SWOSC-VXM	オーバル	4.4×5.5	φ16.86~16.87	12	51.5	2ヶ	SUM24L	窒化	φ17.5	シエラルバニアEPグリス
NO.3	SWOSC-VXM	オーバル	4.4×5.5	φ16.86~16.87	12	51.5	2ヶ	SUM24L	窒化	φ17.5	無
NO.4	SWOSC-VX	丸線	φ5	φ16.80~16.83	10.6	51.5	2ヶ	SUM24L	窒化	φ17.5	シエラルバニアEPグリス
NO.5	SWOSC-VX	丸線	φ5	φ16.80~16.83	10.6	51.5	2ヶ	SUM24L	窒化	φ17.5	無
NO.6	SWOSC-VX	丸線	φ5	φ16.80~16.83	10.6	51.5	2ヶ	SUM24L	窒化	φ17.5	GNベースト
NO.7	SWOSC-VX	丸線	φ4.5	φ16.79~16.80	11.6	51.5	2ヶ	SUM24L	窒化	φ17.5	シエラルバニアEPグリス

5.2 加力

加力は静的加力の引張試験とし、500N 引張試験機で行い、変位 60mm まで载荷した。



写真 1-1 原理モデル試験体写真



写真 1-2 静的加力試験状況

6. 実験結果

静的加力実験の結果の代表的な荷重-変形曲線を図 1.3 から図 1.6 に示す。No.1 のピアノ線の試験体は、初期に最大荷重が 15kN で立ち上がり、それ以後は 12kN 前後で安定した。繰り返し加力において 2 回目、3 回目と徐々に荷重が低下し 4 回目に約 8.8kN で安定した。最大荷重に対して約 27%の荷重ダウンとなった。No.2 のオーバル試験体は、初期に最大荷重に達した後 16.1kN~17.5kN で推移しほぼ最大荷重で安定した履歴を描いていた。No.3 のオーバル試験体は、やや右肩上がりの傾向となるが 17kN ~21kN でほぼ安定し、繰り返しによる荷重変動もあまり認められなかった。No.4 の丸線の試験体は、荷重は 12kN ~14kN で推移し、繰り返し荷重においても荷重変動はほとんど見受けられなかった。No.5 の丸線の試験体は、荷重は 13.5kN~15.5kN で推移するが、5 回の繰り返し加力で徐々に荷重がアップし、やや右上がり傾向となった。No.6 の丸線の試験体は、荷重は 11kN~12kN とやや低いながら安定しており、5 回の繰り返し加力でばらつきが 5kN 程度と少なく安定した履歴を描いている。ただし、発生荷重がアルバニアグリスに比較し 8%程度低い値を示している。No.7 の丸線の試験体は、荷重は 10kN~12kN と低い値を示しているが 2%程度の範囲で安定しており、繰り返しによる荷重変動もほとんどなかった。式(1)で示す予測式との整合性として、No1, No4, No6, No7 試験体は 20%程度低め値となり、No2, No5 試験体は±10%程度であり、No3 の試験体は 20%高めとなった。

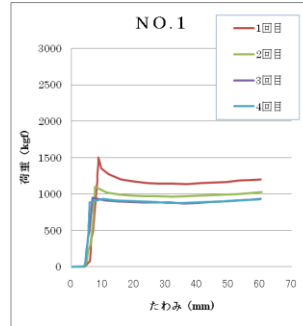


図 1.3 No1 試験体結果

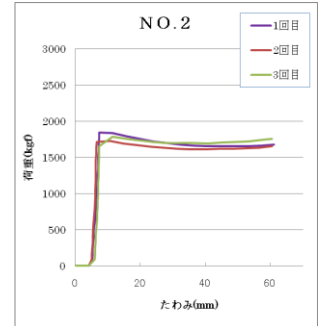


図 1.4 No2 試験体結果

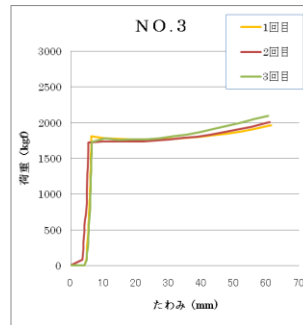


図 1.5 No3 試験体結果

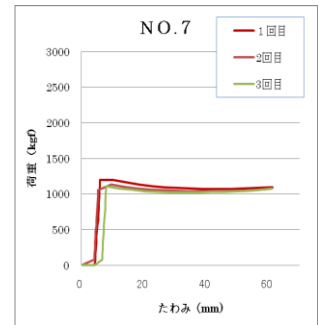
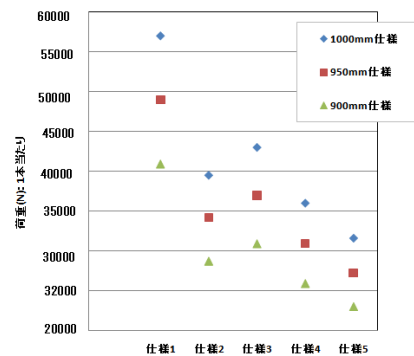


図 1.6 No7 試験体結果

7. 考察

今回は、コイルばねを用いた摩擦ダンパーの原理モデルの引張実験を通じ、摩擦ダンパーの可能性を探った。ばねの形状・材質、グリス等によりダンパー特性は異なるが、式(1)の予測式で評価できる可能性があると言える。今回の実験からばねの仕様を変えた場合の設計で期待する発生荷重を図 1.7 に示す。



	仕様1	仕様2	仕様3	仕様4	仕様5
材質	SWOSC-V9M	SWOSC-V9M	SWOSC-VX	SWOSC-VX	SWPB
線径	4.4×5.5	4.4×5.5	Φ5	Φ4.5	Φ4.5
グリス	シェルアル/ニアグリス	Onペースト	シェルアル/ニアグリス	シェルアル/ニアグリス	シェルアル/ニアグリス

図 1.7 設計で期待するダンパースペック

8. まとめ

本報告では、コイルばねを用いた摩擦ダンパーの可能性が見えてきた。今後、原理モデルのばね材等をパラメータに繰り返しによる静的実験並びに動的实验を実施しより実用性の高いダンパーを目指していくつもりである。

* (株) E&CS

**飛鳥建設 (株) トグル事業部

***日本発条 (株)

*e&cs

** Tobisima Corporation

***NHK spring co,LTD