

# 錫プラグ入り積層ゴム免震装置の解析条件に関する資料

## 1. 錫プラグ入り積層ゴム免震装置と復元力特性

錫プラグ入り積層ゴムは天然ゴム系積層ゴムの中心部に錫プラグが注入された構造である。鉛プラグ入り積層ゴムの鉛プラグと同じように錫プラグも積層ゴムと一体になってせん断変形し、積層ゴムの安定した復元性と錫によるエネルギー吸収性を兼ね備えた減衰機構一体型の免震装置である<sup>1)2)3)</sup>。

錫プラグ入り積層ゴムの地震応答解析モデルは、復元力特性を標準 Bi-linear 型とした「基本モデル」と、装置のせん断歪み依存性と蝶型復元力特性がモデル化された「詳細モデル」の2つが製作会社から提示されている<sup>4)</sup>。

基本モデルとは、装置の基準歪みでの二次剛性  $K_2$  と切片荷重  $Q_d$  を基とし、設計上考慮する各種変動要因（製造ばらつきや各種の依存性）を評価して得られる標準 Bi-linear モデルである。この場合の変動要因のひとつであるせん断歪み依存性については、ある歪みを仮定して Bi-linear 特性を決定することになるが、地震応答の非定常性を考えると、仮定歪みによる特性で解析を終始することは幾分か解析の精度を低下させることになる（歪みを決定するため数回の収束処理も必要）。一方詳細モデルでは、まず装置のせん断歪み依存性については経験最大歪みが更新される毎に Bi-linear 特性を時々刻々と修正しながら解析を進めることができるため、設計者はその他の依存性（これらは定数として与えられる）のみをあらかじめ評価しておけばよく解析効率は向上する。さらに詳細モデルでは、履歴ループが変形=0 での縦軸（荷重軸）を対称に、変形が進むにしたがい荷重が正または負方向に広がる（蝶の羽のような形の）蝶型復元力特性が加味される。この蝶型特性は、装置のせん断歪み（=せん断変位÷ゴム層総厚）が 100%および 200%の場合で提示されているため、いずれの蝶型特性を採用するのか指定して計算を行うことになる。

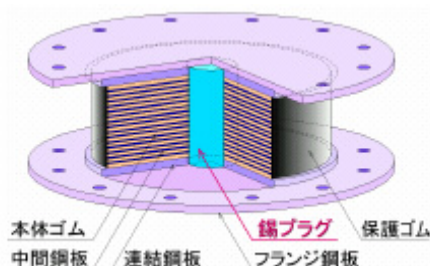


図1 錫プラグ入り積層ゴムの構造<sup>2)</sup>

## 2. 錫プラグ入り積層ゴムを設定した建物の応答解析データ

錫プラグ入り積層ゴムによる基礎免震構造の鉄筋コンクリート造建物を設定し、地震応答解析を行った。ここでは装置の復元力モデルを詳細モデルとし、蝶型復元力特性の条件が与える応答結果の違いを確認してみた。

建物と免震装置の諸元を表1に示す。また上部構造の内部粘性減衰は無視 ( $h=0\%$ ) した。

計算に用いた入力地震動は EL CENTRO 1940 NS, TAFT 1952 EW, HACHINOHE 1968 NS とし、いずれも入力最大速度を 75cm/s に基準化した。それぞれ解析時間間隔は 0.0005 秒とした<sup>5)</sup>。

表1 建物と免震装置の諸元<sup>4)</sup>を一部変更

質点 No.	重量 (kN)	$K_0$ (kN/cm)	$Q_{y1}$ (kN)	1	$Q_{y2}$ (kN)	2
6	5160	10610	1608	0.444	4737	0.207
5	4844	14073	3883	0.294	8032	0.091
4	4923	20820	4080	0.243	8090	0.146
3	5011	23742	4776	0.250	9218	0.131
2	5119	36196	5796	0.361	12739	0.097
1	5217	46935	6051	0.400	15171	0.082
免震層	6914	ゴムせん断弾性率 $G=0.39\text{N/mm}^2$ ゴム外径=700mm, プラグ径=140mm ゴム層総厚 201.4mm, $S_1=31.7$ , $S_2=3.5$ せん断歪み依存性以外の変動係数=1.0 上記装置を 6 基配置				

注) 錫プラグ入り積層ゴムの履歴モデルは  $K_1/K_2=112$  と、除荷時において剛性が急激に硬化するため通常の解析時間間隔の 1/10 程度は必要である。

### 3. 蝶型特性の条件による応答結果の比較

本解析データに対する地震応答結果として、最大変位、最大層せん断力係数、および免震層の応答履歴ループ（最大変位を示した TAFT 1954 EW での結果）を表 2 に示す。それぞれ蝶型特性を、せん断歪み 100% 時および 200% 時のものとして提示されている特性とした。また参考として蝶型特性を無視した（積層ゴムのせん断歪み依存性のみ考慮）場合の結果も同表に示す。免震層の最大応答変位はいずれも 25~33cm でありせん断歪みに換算すると 125~165%と、蝶型特性の指定（100 または 200%）が難しいところである。このような場合は両者の結果を合わせて設計を進めることが望ましいであろう。

表 2 蝶型特性の条件による応答結果

	最大変位	最大せん断力係数	応答履歴ループ
蝶型 100% 指定時			
蝶型 200% 指定時			
蝶型 無視 (参考)			

以上

- 1) 昭和電線デバイステクノロジー：[http://www.swcc.co.jp/company/development/pdf/review56/A\\_07.pdf](http://www.swcc.co.jp/company/development/pdf/review56/A_07.pdf)
- 2) 免制震デバイス：[www.adc21.co.jp/pdf/adc\\_snrb.pdf](http://www.adc21.co.jp/pdf/adc_snrb.pdf)
- 3) 日本建築学会：免震構造設計指針，2001
- 4) 光阪他：錫プラグ入り積層ゴム免震装置の開発（その 5）復元力特性のモデル化，日本建築学会大会学術講演梗概集，2005.9