

# 弾性すべり支承を用いた免震構法の開発

建築本部 建築統括部 泉田伸二  
 技術本部 技術研究所 渡邊一弘  
 技術本部 建築技術第二部 黒澤 明

## 1. はじめに

阪神・淡路大震災を契機とし、建物の耐震対策として免震構法を採用するケースが増えている。免震構法とは建物(上部構造)と地盤を絶縁し、上部構造の振動周期(固有周期)を長周期化させるとともに、ダンパーにより減衰力を付加することにより建物に入る地震力を低減するものである。従来、免震構法に用いる装置は積層ゴム支承+ダンパー、高減衰積層ゴム支承等が用いられてきたが、より長周期化させる目的ですべり支承を用いた免震構法を開発を行った。

## 2. 免震装置の概要

本構法はすべり支承と復元機能を有する積層ゴム支承を組み合わせ構成される。すべり支承は図-1に示すように、すべり部と薄層弾性支承部(ゴムプレート)で構成されている。すべり部のすべり材には、PTFE(四フッ化エチレン樹脂)を主成分とする摺動層と、鋼板を多孔質青銅層でバイメタル状にした複合材を採用し、すべり相手材としては、研磨仕上げしたステンレス鋼板の表面にPTFEを含有した樹脂層をコーティングしたものを採用し、高面圧化と低摩擦化を図っている。薄層弾性支承部には単層のゴムプレートを設置することにより、すべり部のスムーズな滑り出しと施工時の据付誤差の吸収を可能としている。すべり支承はすべりが発生すると接線剛性が非常に小さいため、装置の剛性としては積層ゴム支承の剛性のみとなり、従来の免震装置より固有周期を長くすることが可能である。

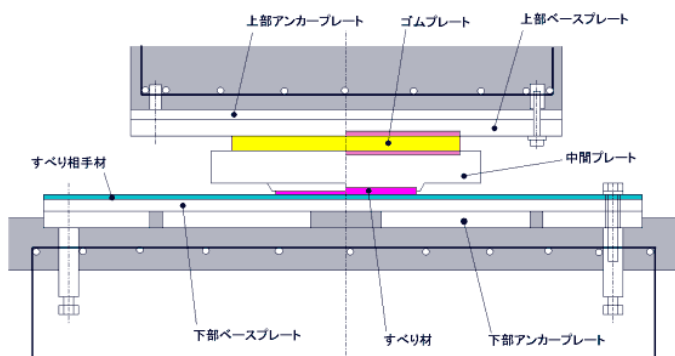


図-1 弾性すべり支承

## 3. すべり支承の仕様

すべり支承の仕様を表-1に示す。すべり支承の開発においては品質基準を設定するために、水平剛性およびすべり摩擦係数について温度変化、経年変化、速度、面圧、繰り返し回数の依存性を、実大あるいは縮小模型を用いた実験により確認した。

表-1 すべり支承の仕様

型式	KS250	KS300	KS350	KS400	KS450
すべり材( mm)	250	300	350	400	450
材質 : 裏金付特殊充填材入りPTFE					
すべり相手材( mm)	1668	1764	1860	1957	2054
材質 : SUS304 + テフロンコーティング					
ゴムプレート( mm)	395	474	553	632	712
材質 : 天然ゴム(NR)					
長期許容鉛直荷重(kN)	1444	2079	2828	3695	4676
長期許容面圧(MPa)	29.4				
短期許容面圧(MPa)	58.8				
圧縮限界強度(MPa)	192				
鉛直剛性(kN/cm)	17880	21540	25200	28860	32520
水平剛性(kN/cm)	48.1	59.4	70.7	82.0	93.2
すべり摩擦係数	0.014				
限界水平変形	±500mm (変更可能)				

## 4. 弾性すべり支承を用いた試設計

弾性すべり支承を用いた場合の免震効果を確認するために試設計を行った。試設計建物は、鉄筋コンクリート造地上7階、地下なし、軒高19.5mの基礎免震構造建物である。建物用途は共同住宅で、建設地は横浜市内である。原設計の免震装置は高減衰積層ゴムを14基、偏心率調整用として鋼棒ダンパー4基を配置している。

表-2に構造概要を、表-3に耐震性能目標を示す。

表-2 構造概要

構造種別	鉄筋コンクリート
骨組形式	X方向: ラーメン構造 Y方向: 耐震壁付きラーメン構造
スパン数	X方向: 5スパン Y方向: 1スパン
地業形式	GL-12.5m以深の砂質固結シルトを支持層とする杭基礎(第2種地盤)
使用材料	鉄筋: SD295A(D10~D16)、SD345(D19~D29)
	コンクリート: 基礎梁~3階床 Fc=24(N/mm <sup>2</sup> ) 3階柱以上 Fc=21(N/mm <sup>2</sup> )

表-3 耐震性能目標

部位	項目	地震動の大きさ		
		稀に発生する地震動(L1)	極めて稀に発生する地震動(L2)	
上部構造	層間変形角	1/400	1/200	
	部材の状態	設計用層せん断力以下	弾性限耐力以下	
	応答加速度	150gal以下	200gal以下	
免震層	層間変位	高減衰積層ゴム	24.3cm	36.5cm
		せん断ひずみ率	150%	225%
		引張力	許容せず	許容せず
		鋼棒ダンパー	25.0cm	37.5cm

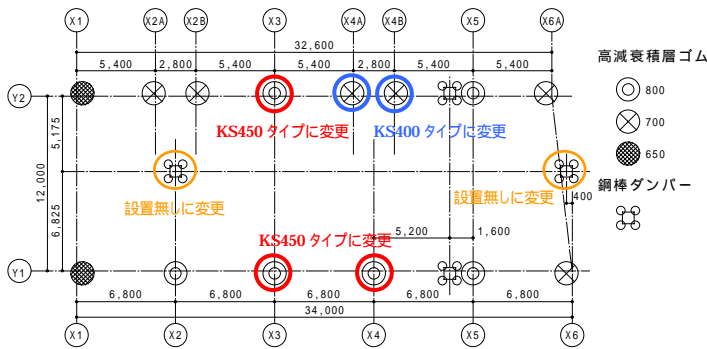


図-2 原設計およびすべり支承による試設計免震層伏せ図

試設計は、原設計の Y1-X3, Y1-X4, Y2-X3, Y2-X4A, Y2-X4B 位置の高減衰積層ゴムの弾性すべり支承に置き換え、Y1+6.825 位置の 2 基の鋼棒ダンパーを設置せず、原設計と同じ地震波による時刻歴応答解析を行った。すべり支承部材の負担軸力は全軸力の 41% (すべり支承部材負担軸力比は 0.41) である。図-2 に免震層伏せ図を示す。

表-4 すべり支承部材負担軸力比

全軸力 W(kN)	すべり支承負担軸力 Ws(kN)	すべり支承負担軸力比 =Ws / W
44720	18289	0.41

### 5. 解析モデル

解析モデルは、基礎構造のスウェイ・ロッキング成分を考慮した 9 質点のスウェイ・ロッキングモデルとした。

上部構造の復元力特性は X 方向をトリニア、Y 方向をバイリニアとし、免震層の復元力特性は、高減衰積層ゴムを修正バイリニア、鋼棒ダンパーと弾性すべり支承を完全弾塑性型にモデル化した。

減衰モデルは内部粘性系剛性比例型とし、減衰定数は上部構造 X 方向が 3%、Y 方向が 1%、スウェイ・ロッキングが 3% とした。免震層は粘性減衰を無視した。

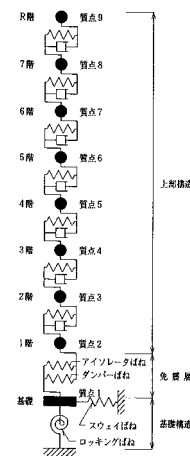


図-3 解析モデル

図-3 に解析モデルを、図-4 に免震層の荷重 - 変位関係を示す。

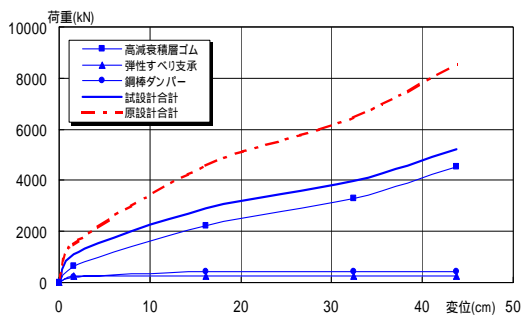


図-4 免震層の荷重 変位関係

### 6. 固有値解析

上部構造の 1 次固有周期は X 方向で 0.440s, Y 方向で 0.143s である。建物全体の固有周期を表-5 に示す。

表-5 建物全体の 1 次固有周期(sec)

せん断変形(cm)	試設計		原設計	
	X 方向	Y 方向	X 方向	Y 方向
1.6 cm (10%)	1.606	1.568	1.415	1.376
16.2cm(100%)	3.105	3.086	2.525	2.504
32.4cm(200%)	3.747	3.731	3.016	2.998
43.7cm(270%)	3.809	3.788	3.052	3.035

### 7. 地震応答解析

表-6 に示す地震波を入力地震動として地震応答解析を行った。

表-6 レベル 2 の入力地震

	波形名	Vmax(cm/sec)	継続時間(sec)
模擬地震動	HSL2 - HAEW	64.9	81.9
長期成分を含む	YOKOFACE	46.5	40.0
地震動	HACHINOHE 1968 EW	50.0	36.1
標準的な地震動	EL CENTRO 1940 NS	50.0	53.9

試設計の地震応答解析結果は表-3 に示す耐震性能目標を満足した。図-5 に L1 および L2 入力時の最大応答層せん断力係数を示す。最大応答層せん断力係数は 4 波の応答解析結果の最大値を包絡したものである。

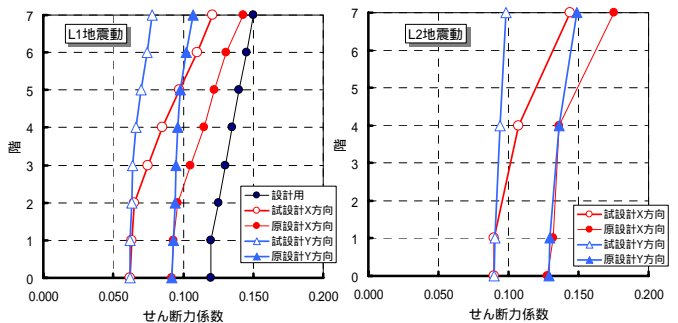


図-5 最大応答層せん断力係数

### 8. 試設計のまとめ

弾性すべり支承の負担軸力の全軸力に対する割合を 40% とした試設計は原設計に対して建物全体の周期が約 25% 長周期化し、最大応答層せん断力係数が約 20% ~ 30% 低減した。

### 9. まとめ

従来の免震構法に比べ、より長周期化が可能な弾性すべり支承を用いた免震構法の開発を行い、試設計によりその有効性を確認した。

本構法の弾性すべり支承は(株)青木建設, (株)新井組, 安藤建設(株), 大木建設(株), (株)熊谷組, (株)ピーエス三菱および住友金属工業(株)で共同研究会を組織し、国土交通省の建築材料の認定を取得したものであり、本報告は共同研究会において技術資料として作成した設計用資料の概要と試設計の概要を記したものである。

**Key words** : 免震構法, 弾性すべり支承, 試設計