

# すべり支承を用いた木造住宅免震システムの開発

## その1 すべり支承の基本特性

すべり支承      免震                  木造住宅  
 ローコスト      ステンレス          フッ素樹脂

正会員                  ○石原 哲哉\*  
 同                          西尾 浩治\*

### 1. はじめに

戸建て住宅の免震構法は、最近その有効性については一般に認知されるようになってきた。しかし、コストアップの為に普及しているとは言い難い状況にある。

現行の戸建て住宅の免震構法は、鉄骨造またはRC造の免震架台を用いる方法が一般的である。この免震架台のコストは、免震装置よりも高いものになっている。従って、免震架台が省略できればコストアップを従来の半分以下にできると考える。こうした発想から免震架台を用いず、木製の土台および床組の梁（横架材）に直接取り付けすべり支承を考案した。本報では、木造住宅向けに特化した免震システムの概要および新規開発したすべり支承の基本特性について報告する。

### 2. 免震システムの概要

免震架台を省略する為には、主要な柱軸力を直接支持する必要があり、数多くの支承が必要となる。現行の免震支承には、すべり支承と転がり支承とがあるが、前者の方が機構・構成が単純であり、またダンパー機能を兼ねていることからコストダウンが容易であると考えた。しかし、従来のすべり支承は、すべり板が大きく、また、設置精度を確保する為にベースプレートを用いており、それらを含めた材料費および施工費が安価とは言えないものになっている。

開発したすべり支承は、厚さ3mmのステンレス板を溝型に折り曲げ加工し、これらを十字に交差する方向に取り付けることで、最小の部材構成で従来のすべり支承と同等の稼働範囲を確保している（図-1参照）。設置方法は、上部すべり部材は床組の横架材に、下部のすべり部材は土台にスクリーボルトにて取り付けられる為、高い施工性を有している（図-2参照）。上部または下部すべり支承のどちらか一方は、すべり面をPTFE（フッ素樹脂コーティング）

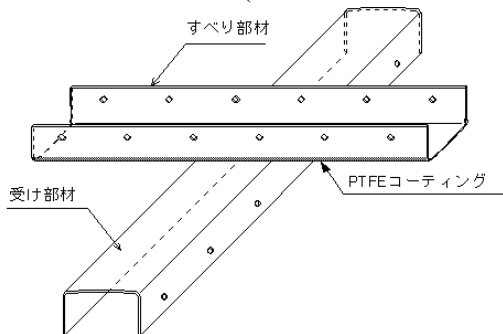


図-1 すべり支承の構成

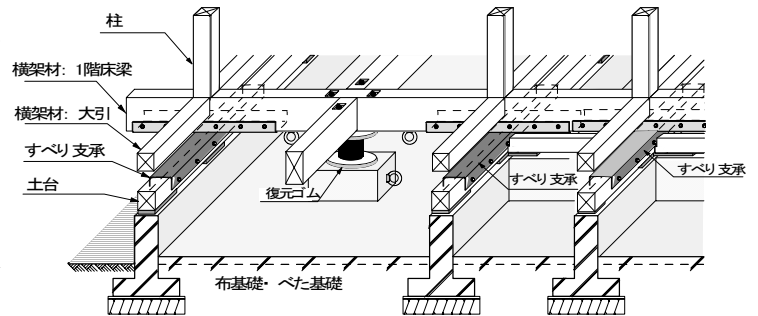


図-2 免震システム概要

にして所定の摩擦係数を得ている。すべり支承の摩擦係数は、平成12年告示2009号に従って周期および摩擦係数をパラメータとした解析から設定した。解析および設計に用いた入力地震動スペクトルは、告示1457に定められており、精算法と略算法と呼ばれる2種類がある。精算法を用いれば一般的に良好な地盤では増幅率  $G_s$  が1.1~1.2程度になると考えられる。略算法では地盤の増幅率  $G_s$  は、第2種地盤の場合2.025と定められている。精算法を用いる為には地盤のPS検層またはN値が必要であり、また、工学的地震基盤の位置を確認する為に地盤のボーリング調査が必要になる。それによるコスト増は小さくないと考える。一方、略算法では地盤種別の判定だけで済む為大きなコスト増にはならないと考える。しかし、精算法に比べて約1.7倍の入力地震動を設定することになる。

地盤のボーリング調査等に費用をかけても実際の地震時に加速度が低減される訳ではなく、また建物の強度が増すこともない。略算法で設計した場合には、設計費用も安く、設計された建物の安全性はより高いものになる。このように考えて、入力地震動スペクトルは第2種地盤の略算法の値を用いた。

入力を第2種地盤の略算法の値とし、告示2009に従って計算した免震層の応答変位は、摩擦係数が大きくなるに従って小さくなるが、接線周期4.0秒では摩擦係数0.12以上で減少が鈍化している。同様に接線周期3.0秒では摩擦係数0.16以上で減少が鈍化している（図-3参照）。せん断力係数は、接線周期を3.0~4.0秒とした場合、摩擦係数0.12~0.15で極小値を持つ（図-4参照）。せん断力係数が0.2以下の場合、上部構造の層間変形角が1/200以下になることを確認する必要が無い為、可能ならばせん断力係数は、0.2以下が望ましい。しかし、入力を第2種地盤の略算法の値とした場合には、周期3~4秒のせん断力係数は、0.25以

上となり、上部構造の層間変形角の確認は避けられない。そこで、せん断力係数は多少増加するが応答変位が小さくなるよう考慮して、すべり支承の摩擦係数の目標値は、0.14と設定した。

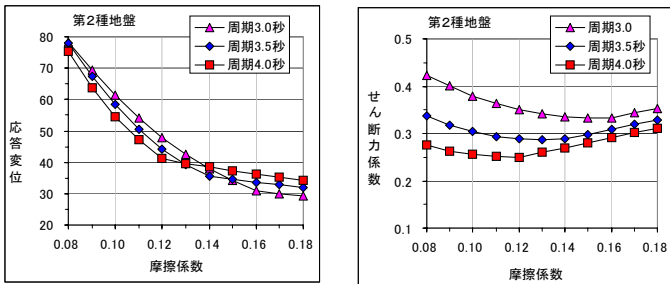


図-3 応答変位—摩擦係数 図-4 せん断力係数—摩擦係数  
3. すべり支承の基本特性

PTFE とステンレスを組み合わせたすべり支承は、免震部材としては極一般的であり、摩擦係数の各種依存性等についてはすでに明らかである。この摩擦係数は、速度、面圧および繰返し回数に依って変化するが、変位、振動数に依ってはほとんど変化しない。摩擦係数の試験結果は、試験方法等の影響により最初の 1,2 サイクルはやや不安定になる為 3 サイクル目の荷重—変位曲線の y 切片から摩擦係数を評価した。各サイクルの摩擦係数の値を 3 サイクル目の値で基準化して図-5 に示す。40 回の繰返しによる摩擦係数の変化は、0~+20%でありほぼ一定と見なせる。

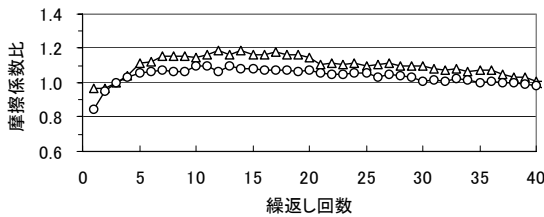


図-5 繰返しによる摩擦係数の変化

速度および面圧による変化を考慮すると摩擦係数は、次式で表される。

$$f_c = c_0 \left( \frac{p}{p_0} \right)^a \left( \frac{v}{v_0} \right)^b \quad \text{式(1)}$$

ここに、 $f_c$ ：摩擦係数の近似値

$c_0$ ：速度振幅  $v_0$ 、面圧  $p_0$  における基準摩擦係数

$p$ ：面圧  $p_0$ ：基準面圧(1.5N/mm<sup>2</sup>)

$v$ ：速度振幅  $v_0$ ：基準速度(156mm/s)

$a$ ：面圧による摩擦係数の変化を表す指数

$b$ ：速度振幅による摩擦係数の変化を表す指数

面圧の変化に関する 120 ケースの試験結果から  $a$  は、-0.150 となった。また近似式による摩擦係数の誤差変動率は±13%となった(図-6 参照)。速度の変化に関する 118 ケースの試験結果から  $b$  は 0.0678 となった。また同様な変動率は±10%となった(図-7 参照)。

基準摩擦係数  $c_0$  は、上述の  $a, b$  の値を用いて補正をし

たケースを含む 154 ケースの試験結果から、 $0.118 \pm 0.021$  となった(図-8 参照)。基準摩擦係数は、誤差を考慮すると 0.10~0.14 となる。また、分布図では中央値は 0.11 であるが、0.09 未満のデータはほとんど無く、一方 0.15 以上のデータ分布は比較的多くなっている。摩擦係数が何らかの要因で変動する場合を想定すると小さくなることは希で大きくなることが多いと考える。試験結果のデータ分布もそれを示していると考え。こうしたことを考慮して、基準摩擦係数は 0.13 とした。また、製造上の許容誤差は、個々の製品に対して±30%とし、ロット平均に対して±20%とした。

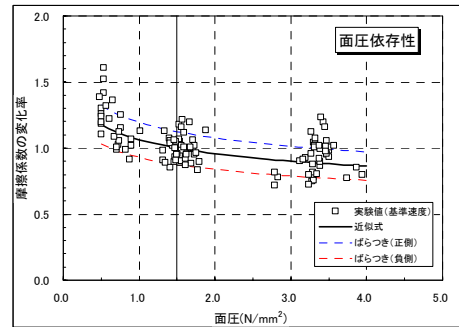


図-6 面圧による摩擦係数の変化

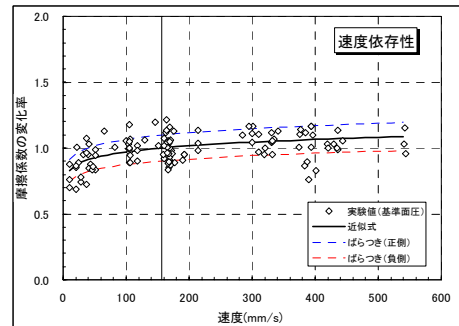


図-7 速度による摩擦係数の変化

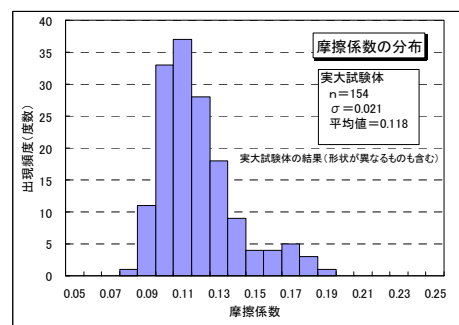


図-8 基準摩擦係数の分布

#### 4. まとめ

免震架台を用いず、土台および床組の梁に直接取り付けするすべり支承を開発した。基準となる摩擦係数は目標通り 0.1~0.14 となった。各種要因による摩擦係数の変動は±20%以下となった。

【謝 辞】 すべり支承の製作では川口板金の、部材実験ではエーエスおよび羽鳥鉄工所の、ともに多大なる協力を得ました。ここに謝意を表します。