

# 木造住宅に取り付けるねじりばねの静的加力実験

## Static Loading test of torsion spring for wooden houses

内海 能垂<sup>1\*</sup>、中島 邦斗<sup>2</sup>、片岡 幸雄<sup>3</sup>、片岡 大蔵<sup>3</sup>  
Noah Utsumi<sup>1</sup>, Kunito Nakajima<sup>2</sup>, Yukio Kataoka<sup>3</sup>, Daizo Kataoka<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 埼玉大学教育学部

Faculty of Education, Saitama University

<sup>2</sup> 埼玉大学教育学部附属特別支援学校非常勤講師

Special Needs Education School, Saitama University

<sup>3</sup> 愛媛立山株式会社

Ehime Tateyama Co., Ltd

### Abstract

An oil or joint damper is installed in Japanese wooden houses for vibration control. Since these dampers are assembled with a lot of parts, they are expensive. In this study, we apply a torsion spring instead of the damper for the wooden houses. The torsion spring consist of one unit, and can be made very cheaply. First, we fabricated some simple and small models of wooden frame. The torsion spring was installed in the joint of the models. Then, the models were subjected to static loading test. From this experiment, it was clarified that applying the torsion spring was effective preventing shear deformation of the wooden houses.

**Key Words:** Torsion Spring, Vibration Control, Static Load, Shear Deformation, Wooden House

### 1. 緒言

一般的な日本の木造住宅の制震ダンパーとして、オイルダンパー<sup>[1]</sup>や仕口ダンパー<sup>[2]</sup>が挙げられる。オイルダンパーはオイルの粘性抵抗を減衰力として利用したもので、仕口ダンパーは粘弾性体（ジエン系ゴム材）を鋼板で挟み込んだ構造となっている。いずれも、複数の部品から構成されており高価となる。本研究では一つの部品からなるねじりばねを制震ダンパーとし、縮小簡易木造モデ

ル（架構）に取り付けて、その効果を明らかにした<sup>[3],[4]</sup>。

本研究で適用したねじりばねはステンレス製で、架構仕口部に取り付けができるよう、ねじりばね先端部にフランジを溶接した一体構造となっている。したがって、オイルダンパーや仕口ダンパーの半分以下のコストで提供できる構造となっている<sup>[5]</sup>。

実際の架構は単位フレームとして幅 1820mm、高さ 2730mm の寸法で柱と梁がほぞで接合されたものである<sup>[6]</sup>。ここでは、簡易的に縮小サイズの架構モデルを作製し、接合は釘やビスなどを適用した。また、実際の住宅用の柱を適用し架構としてほぞ接ぎしたL型のモデルを作製した。

\* 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255  
電話：048-858-9157 FAX：048-858-9157  
Email：utsumi@mail.saitama-u.ac.jp

これらのモデルの仕口部にねじりばねを取り付け、モデルに対して静的な加力実験を行った。実験により荷重変位曲線を得て、その変形特性やエネルギーからねじりばねの効果を検討し、さらに、市販されているオイルダンパーとの比較検討を行ったのでここに報告する。

## 2. 実験方法

### 2.1 ねじりばね

ねじりばねは図1に示すように2種類を作製した。縮小サイズの架構に取り付けるタイプ(以降Type Aとする)と実際の木造住宅に取り付けるタイプ(以降Type Bとする)の2種類である。いずれも SUS304 の棒材を心金に巻きつけて加工し、熱処理を施したものである。

Type A は架構モデルに留め具で取り付ける仕様となっており、取り付けは4本の 2.4×13mm 木ねじを適用した。Type B はステンレス板のフランジをねじりばねにMIG溶接した後、電解研磨した一体構造となっている。架構モデルへの取り付けは、6本の 3.5×45mm ビスを適用した。

種類	Type A	Type B
材料の直径 (mm)	5	12
コイル外径 (mm)	37.5	200
巻き数 (mm)	1.25	
腕長 (mm)	100	350
材質	SUS304	
ヤング率 (GPa)	186~193	

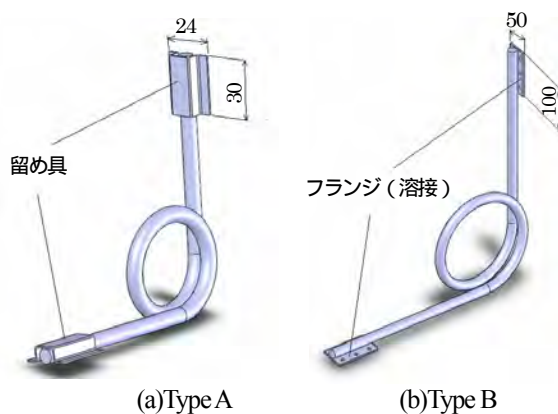


図1 ねじりばねの仕様

### 2.2 架構モデル

架構モデルはType A を取り付けるものと、Type B を取り付けるものを作製した。

図2(a) は Type A を取り付ける架構モデルの基本形である。図2(b)(c)は筋かいを左右に配置したもので、これらそれぞれに対してType A のねじりばねを4つの仕口部に取り付け比較検討した。架構モデルは市販の 30×30mm ヒノキの角材を 3.5×50mm の木ねじで接合し、筋かいは 1.5×32mm の釘で接合した。接合の詳細を図3に示す。

図4はType Bを取り付ける架構モデルである。実際の木造住宅の角柱として、一般的に使用されている 105×105mm の集成材を適用した。接合は木造住宅の接合法として適用されているほぞ接合とし、855mm の柱に495mm の柱を打ち込んだモデルである。図5に本実験で採用したほぞ形状を示す。ほぞの寸法は厚さ 30mm、幅 105mm で深さは75mm とした。

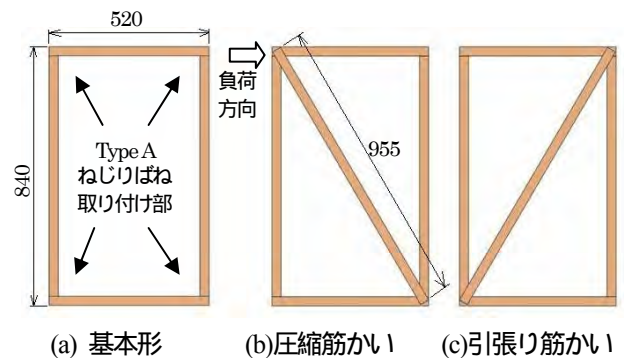


図2 架構モデル (30×30mm ヒノキ角材)

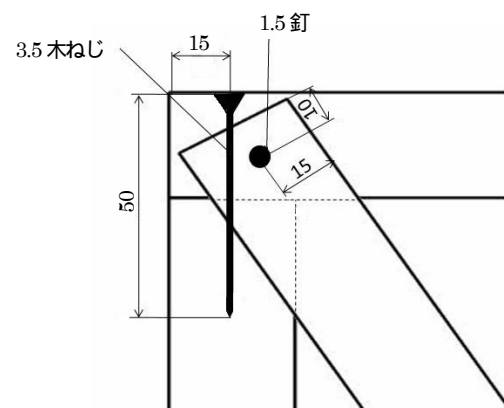


図3 架構モデルの接合部

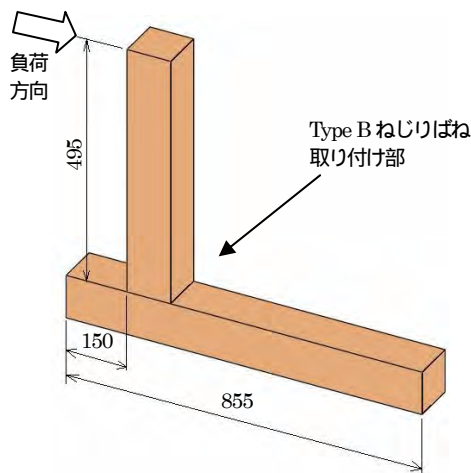


図4 架構モデル (105×105mm 集成材)



図5 ほぞ部

### 2.3 実験装置

架構モデルの加力実験装置概略を図6に示す。加力はスクリージャッキによって静的に負荷し、ロードセル (Max10kN) にて加力を測定した。また変位はダイヤルゲージ (Max50mm) にて測定し、ストレインアンプによって荷重 - 変位曲線を得た。

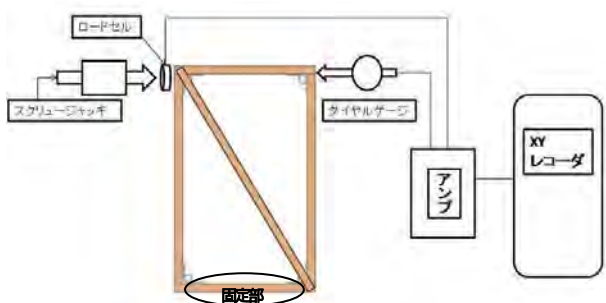


図6 加力実験装置の概略図

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 層間変形角

架構の変形モデルは図7に示すようなせん断変形で示すことができる。層間変形角は木造住宅の安全性を示すことができるが、動的な性状や大変形領域を十分に反映したものではない。一般的に層間変形角は以下を目安にクライテリアが設定されている<sup>[6]</sup>。

1/20：軸組にはほとんど損傷がなく、補修も必要がない。

1/60：再使用可能限界 若干の補修をすれば再使用可能である。

1/30：補修・再使用可能限界 土壁に大きなひび割れが生じ、軸組にも木材のめり込みによる損傷が生じるが、補修によって使用可能である。

1/15：大きな残留変形あり。これを超える応答変形では倒壊に対する安全性が保証できない。震度6強から7に相当し、安全限界として設定可能である。

本実験では測定限界の層間変形角 (rad) を架構モデルでは1/19 rad、架構モデルでは1/16 radとした。

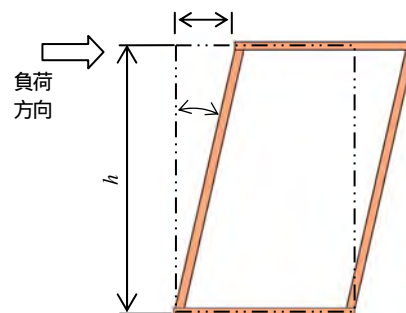


図7 架構モデルの層間変形角

### 3.2 TypeA ねじりばねの効果

架構モデルにTypeAのねじりばねを取り付けたモデルの荷重 - 変位曲線を図8に示す。基本形と圧縮筋かいモデルに取り付けたモデルはいずれもねじりばねを取り付けていないモデルと比較すれば最大荷重が大きくなっていることがわかる。

次に荷重と変位の積からエネルギーを算出した値を図9に示す。ねじりばねを取り付けることによって、基本形モデルではおよそ1.4倍エネルギー値が増加し、圧縮筋かいモデルではおよそ1.1倍増加した。

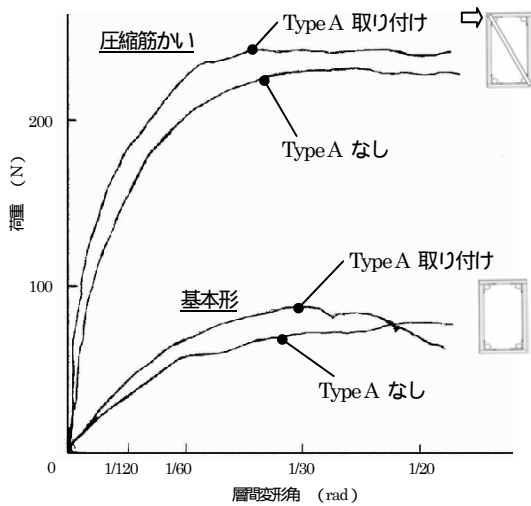


図8 架構モデル の荷重 変位曲線

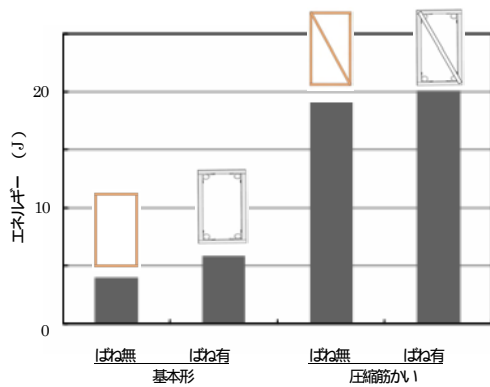


図9 Type A ねじりばねの効果

引張り筋かいの加力実験結果を図10に示す。わずかにねじりばねを取り付けた方が荷重は高いことがわかる。また、層間変形角  $=1/20$  付近より無負荷状態にした場合、ねじりばねを取り付けたモデルの変形の戻りが大きく、ねじりばねによって、せん断変形を元に戻す効果があるとわかる。

図11に除荷後のモデルの外観を示す。ねじりばねを取り付けていないモデルでは梁を接合している木ねじが抜け、ねじりばねを取り付けたモデルでは木ねじの抜けは見られなかった。また、ねじりばねを取り付ける留め具のビスも抜けは見られなかった。

### 3.3 Type B ねじりばねの効果

架構モデル に Type B のねじりばねを取り付けたモデルの荷重 変位曲線を図12に示す。図中にはH社で販売されているオイルダンパーの結果も記載している。

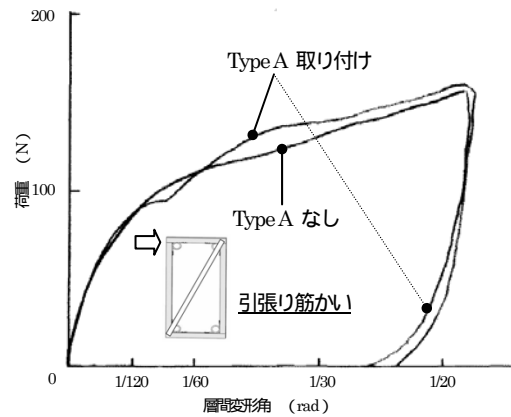
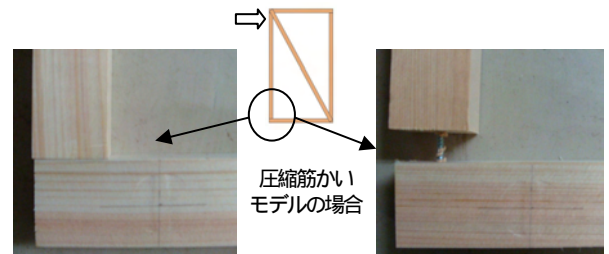


図10 引張り筋かいモデルの荷重 変位曲線



(a)ねじりばね有 (b)ねじりばね無

図11 除荷後の架構モデル の外観

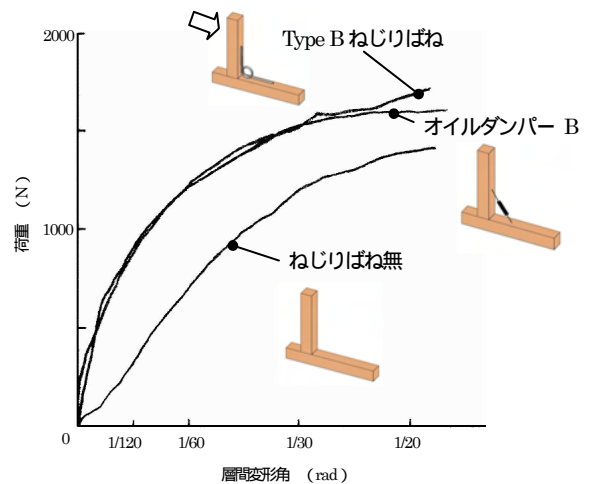


図12 架構モデル の荷重 変位曲線

ねじりばねを取り付けていないモデルに比べオイルダンパーやねじりばねを取り付けているモデルは荷重が大きくなっていることがわかる。また、ねじりばねはオイルダンパーの曲線履歴とほぼ同じであることもわかる。

荷重と変位から求めたエネルギーを図13に示す。架構

モデル にねじりばねを取り付けた場合のエネルギー値はおよそ1.4倍になり、オイルダンパーの値とほぼ同じとなっていることがわかる。

除荷後のモデルの状態を図14に示す。ねじりばねのないモデルは大きく傾いているが、ねじりばねを取り付けたモデルは若干ほぞが抜けているものの、傾きは少なく元の形に復元していることがわかる。また、ねじりばねを取り付けているフランジの溶接部の破損やビスの抜けなどはなかった。さらに、実験限界の1/3 radまで変形させたが、ねじりばねの塑性変形やフランジ部の破損は見られなかった。

図15はType Bのねじりばねを実際の木造住宅に取り付けた写真で、現在、実地テスト中である。

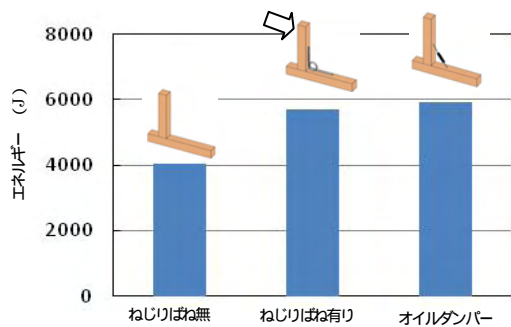


図13 Type B ねじりばねの効果



図14 除荷後の架構モデルの外観



図15 木造住宅に取り付けたねじりばね

#### 4. 結 言

簡易的な架構モデルを作製し、これにねじりばねを取り付け、静的な加力実験を行い、ねじりばねの効果を調査した。以下に結果をまとめる。

(1) 荷重と変位から求めたエネルギー値で比較すると、ねじりばねを取り付けるとその効果は1.1~1.4倍になる。また、市販されているオイルダンパーと比較すれば、ほぼ同等の値となる。

(2) ねじりばねを取り付けることによって、静的負荷によるせん断変形を元の形に復元させる効果がある。

(3) 層間変形角が1/3 radまでの変形では、ねじりばねの破損はない。

#### 参 考 文 献

- [1] 曾田五月也・中山尚之：日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.285-286、(2007)
- [2] 小玉祐一・今岡克也：日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.155-156、(2003)
- [3] 中島邦斗・内海能亜・片岡幸雄・片岡大蔵：日本機械学会 No.090-3 日本機械学会関東支部ブロック合同講演会講演論文集、pp.71-72、(2009)
- [4] 中島邦斗・内海能亜・片岡幸雄・片岡大蔵：日本産業技術教育学会第21回関東支部大会講演論文集、pp.91-92、(2009)
- [5] 片岡幸雄・片岡大蔵：制振装置及び制振構造、特許第4330026号、(2009)
- [6] 木造軸組構建造物の耐震設計マニュアル編集委員会：伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル、pp.73-75、(2008)、学芸出版社