

木造架台を用いた戸建免震住宅の設計方法に関する研究

- 静的水平加力試験に基づく木造架台接合部の剛性評価 -

栗田研究室

4106034 栗原 司

4106062 仲川 勇誠

1. はじめに

木造戸建免震住宅の免震架台において、面内剛性確保のため、RC造やS造が多く適用されているが、木造架台でも十分な剛性を有することを確認できれば、免震架台部分での施工性・経済性が向上すると考えられる。しかし、木造架台の面内剛性評価には不明確な点が多く、その1つとして接合部の評価が挙げられる。既往の研究¹⁾では、接合部をピンでモデル化したのが、過大に剛性を評価する結果となった。その結果から、接合部分で生じる変形を考慮することで、より実際に近い剛性評価ができると考えられる。

本研究では、架台接合部の剛性評価を目的とし、既往の研究¹⁾の試験結果を用いて、架台接合部の変形が架台の面内剛性に及ぼす影響について検討する。

2. 静的水平加力試験

2.1 試験体概要

検討に使用した試験体は図1の木造免震架台から端部接合部の一部分を取り出した縮小試験体(図2)とする。試験体数は2体(S2-1、S2-2)である。

2.2 試験方法・結果

加力点は図2のB点であり、加力方法は正負交番繰返し加力であった。繰返し加力の制御は、斜材接合部A点における水平変位H[mm]によって行なわれた。

試験結果の荷重-変位関係を図3に示す。最終破壊形式は、ともに斜材接合部(A点)での曲げ破壊であった。

また、斜材には一様にモーメントが作用すると仮定し、斜材の歪度分布は材軸方向に関しても同様とする。そこで、本研究では歪計測位置を斜材中央部のC・D点とした。

図4に試験より得られたC・D点での荷重-歪度関係を示す。図4よりC・D点で正負が異なる歪が計測されたので、軸方向の歪と曲げによる歪を分離して考慮する必要がある。図5に軸方向歪 ε_N と曲げ歪 ε_M の分離方法を示す。

3. 斜材接合部の荷重-変位関係

3.1 斜材接合部での軸力と軸方向変位の関係

接合部での軸方向変位 δ_b 、軸力Nを算出する。

i) 分離した軸方向への歪 ε_N より、斜材の部材伸縮による変位量 ΔL を算出し、接合部で生じる軸方向変位 δ_b を求める(図6)。

ii) 軸方向への歪 ε_N より、軸力Nを算出する。

$$N = \varepsilon_N \times E \times A \quad E: 10.69[\text{kN/mm}^2] \quad A: 6000[\text{mm}^2]$$

i) と ii) から、軸ばねの剛性 k_b を算出する。

$$k_b = N / (\delta_b / 2)$$

3.2 斜材接合部の曲げモーメントと回転角の関係

接合部での回転角 θ_r 、生じるモーメントMを算出する。

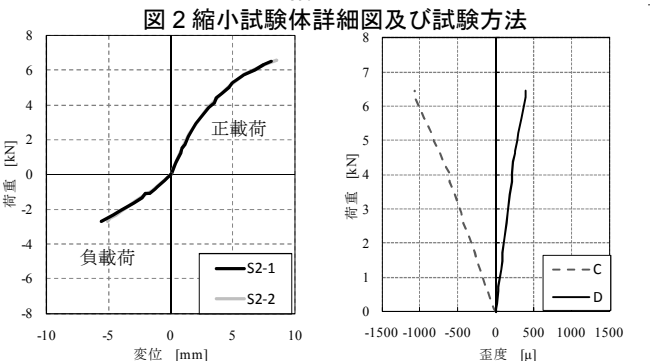
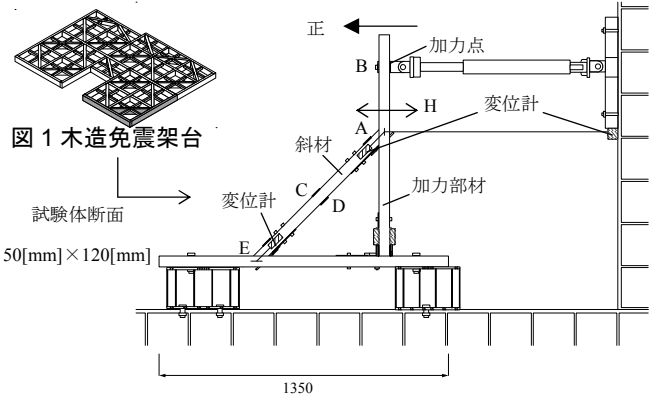


図1 木造免震架台

図2 縮小試験体詳細図及び試験方法

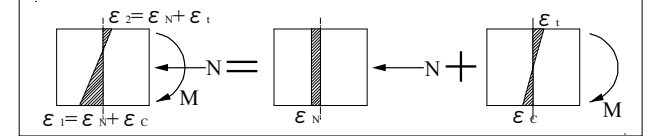


図3 荷重-変位関係

図4 C、D 荷重-歪度関係

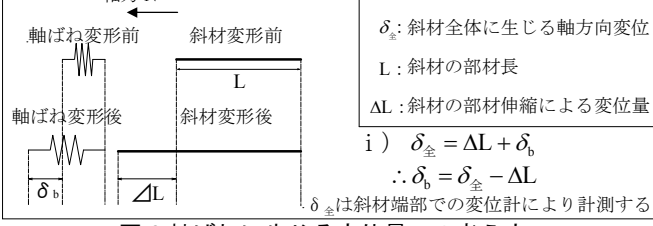


図5 軸方向歪と曲げ歪の分離の考え方

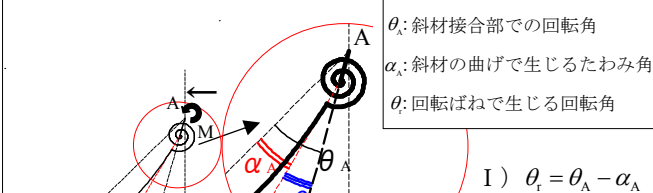


図6 軸ばねに生じる変位量 δ_b の考え方

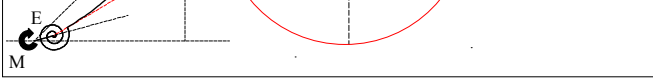


図7 回転ばねによる回転角 θ_r の考え方

I) 斜材接合部での回転角 θ_A 、斜材の曲げで生じるたわみ角 α_A を用いて、回転ばねで生じる回転角 θ_r を算出する(図7)。

II) 曲げ歪 ε_M より回転ばねに生じるモーメント M を算出する。

$$M = \varepsilon_M \times E \times Z \quad E: 10.69[\text{kN/mm}^2] \quad Z: 50000[\text{mm}^3]$$

I) と II) から、回転ばねの剛性 k_r を算出する。

$$\text{回転ばね剛性 } k_r = M/\theta_r$$

算出した軸ばね・回転ばねの復元力特性を図8・9に示す。

4. 解析モデルを用いた試験体の評価

4.1 解析方法

図10の解析モデルを用い、増分解析を行った。解析モデルは、斜材接合部による影響を検討するため、斜材接合部に①軸ばね・回転ばね、②軸ばね・ピン、③ピンのみを付加した3モデルで比較を行う。解析モデル概要を表1に示す。使用する各ばね剛性は、3章より算出した復元力特性(図8、9)より線形とした。

4.2 解析結果と静的水平加力試験結果の比較

図11に解析結果と試験結果の荷重-変形角関係を示す。図11より、①・②の解析結果は、負荷荷では試験結果を線形でほぼ再現できているものの、正荷荷では初期剛性のみの再現となった。しかし、各ばね剛性は図8・9より線形と見なせるため、非線形部分は材料特性の影響が大きいと考えられる。

4.3 試験体の弾性域の評価

既往の研究¹⁾の材料試験結果の平均値と、曲げ破壊の生じたA点での歪度(図12)との比較から、変形角 $1/380[\text{rad}]$ 程度までが弾性域であると仮定できる。解析で追えた初期剛性と弾性域が同程度であるため、本研究では弾性域までの検討を行う。

5. 試験体での面内剛性の検討

図13に弾性域での正荷荷の剛性、図14に負荷荷の剛性を示す。試験結果との剛性を比較すると、正荷荷で①は4.5%、②は1.4%であり、負荷荷で①は7.1%、②は11.9%の差異がみられた。正・負荷荷ともに②に比べ①の方が大きい剛性となった。接合部が回転方向に自由なピン接合に比べ、回転に抵抗を持った回転ばねの影響で、大きい剛性になったと考えられる。

図13より、①と②の差が回転ばねによる影響、①と③の差が軸ばねによる影響と考えられる。正荷荷で回転ばねは軸ばねの10%程度、負荷荷で1%程度の影響を及ぼしている。よって、接合部の評価では軸ばねによる影響が大きいとわかる。しかし、回転ばねの影響は少ないものから、2.3項より接合部にはモーメントによる影響があることから、回転ばねの影響を無視することはできないと考えられる。

6. 結論

1) 斜材接合部に軸ばねと回転ばねを用いることで、静的水平加力試験結果の初期剛性を再現できるとわかった。

2) 斜材接合部のモデル化において、回転ばねによる影響は少なく、軸ばねによる影響が大きいとわかった。

今後の課題として、免震架台全体の面内剛性の評価を行う必要がある。

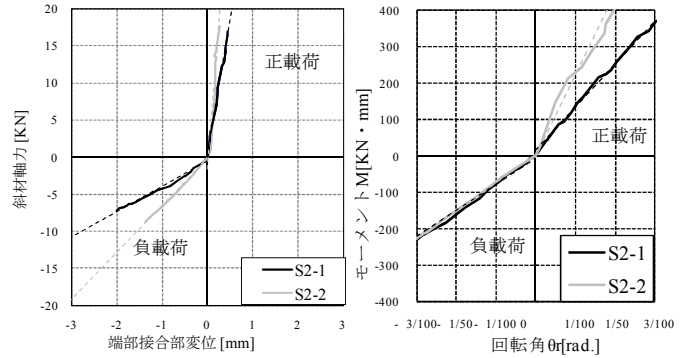


図8 軸ばね復元力特性

図9 回転ばね復元力特性

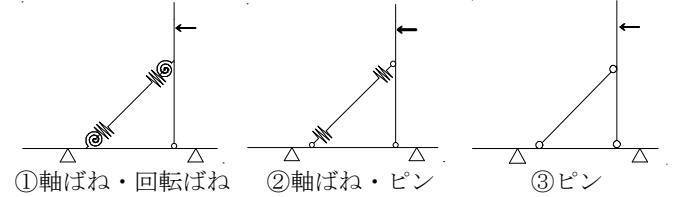


図10 解析モデル

表1 解析モデル概要

試験体名	断面寸法 [mm]	ヤング係数 [kN/mm ²]	軸方向ばね剛性 [kN/mm]		回転ばね剛性 [kN·mm/rad]	
			正荷荷	負荷荷	正荷荷	負荷荷
S2-1	120×50	10.69	37.5	3.9	12606	7862
S2-2			86.3	6.5	20480	7167

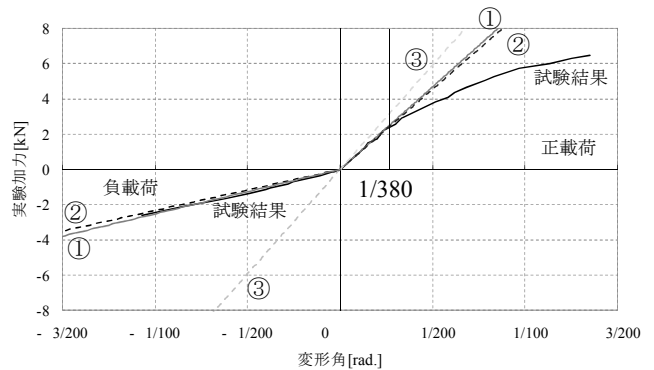


図11 S2-1での荷重-変形角関係(解析と試験結果の比較)

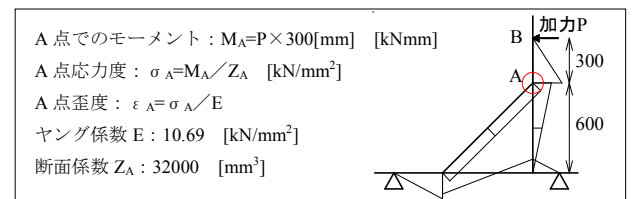


図12 曲げ破壊したA点の歪度算出方法

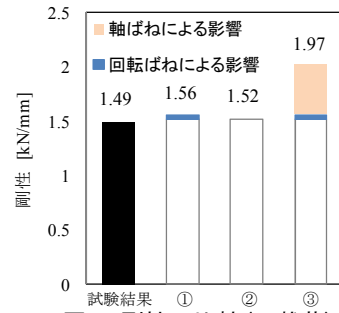


図13 剛性の比較(正荷荷)

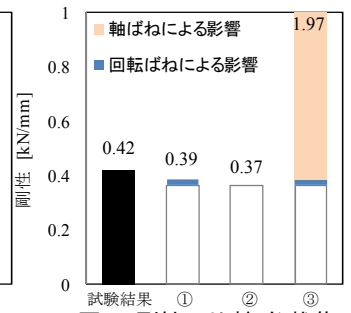


図14 剛性の比較(負荷荷)

【参考文献】1) 上村徹、千葉一樹、栗田哲：「木造架台を用いた戸建免震住宅の設計方法に関する研究 - 材料試験・端部接合部試験に基づく木造架台縮小試験体の剛性評価 -」、日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)C-2 構造、pp445~446、2009.8、2) 杉山英男：「木質構造第2版」、共立出版株式会社、2000.1