

斜材を有する免震架台接合部の構造性能評価

栗田研究室

4107027 加藤木 直之

1. はじめに

木造住宅の免震化に際して、経済性・施工性の観点から免震架台の木造化が注目されている。しかし、木造架台が十分な水平構面剛性を有しているか不明であり、架台の構造形式に則した性能評価が求められる。過去に本研究^{1),2)}では、斜材を有する木造架台の性能評価を、実験と解析により検証してきた。特に斜材接合部の剛性評価に着目し、要素実験や材料実験を行ってきたが、未だ実験結果を適切に説明するには至っていない。そこで本論文では、新たに行った実験結果の分析の追加と修正解析による実験結果の追跡を目的とする。

2. 静的水平加力実験

2.1 試験体概要及び測定計画

架台接合部試験体の設置図を示す(図1)。試験体は加力柱、土台、斜材により構成され、斜材断面の違いによって2種類の試験体(S-1・S-2)を用意した。各試験体の斜材断面は、S-1が120×50[mm]、S-2が90×50[mm]、S-1は既往研究¹⁾で使用した試験体と同じものである。

測定は、加力部荷重と加力柱水平変位、土台鉛直変位、各部材のひずみ計測を行った。測定概要を図1に示す。

2.2 荷重-変形関係

試験体S-1、S-2の荷重-変形関係を図2に示す。なお試験体の水平変位は式(1)により算出した真のせん断変形 $H_{真}$ によって評価している。

$$H_{真} = (H1 - H2) - (V3 - V4) \quad \dots (1)$$

図2から、正載荷時は非線形的な挙動を示し、負載荷時については概ね線形的な挙動を示している。試験体S-1、S-2ともに、正載荷時6[kN]付近にて発生した加力柱の曲げ破壊により実験を終了している。図3に実験終了時の全体写真と加力柱折損部の拡大写真を示した。

2.3 斜材応力図

図4に各試験体における斜材応力図を示す。応力は載荷荷・負載荷における最大荷重時の部材ひずみから算定した。このとき正載荷時は斜材に貼ったひずみゲージから算定し、負載荷時には斜材及び加力柱と接合金物またボルトに貼ったひずみゲージから算出する。

2.4 斜材端部における応力状態

本実験では斜材端部における応力状態を確認するため図5に示すように歪ゲージを配置する。図5(a)、(b)にS-2の正載荷・負載荷時における斜材上端部の応力状態を示した。斜材上端からは圧縮-引張と応力が変化していることから、斜材が回転を伴っためり込みが生じていることが読み取れる。

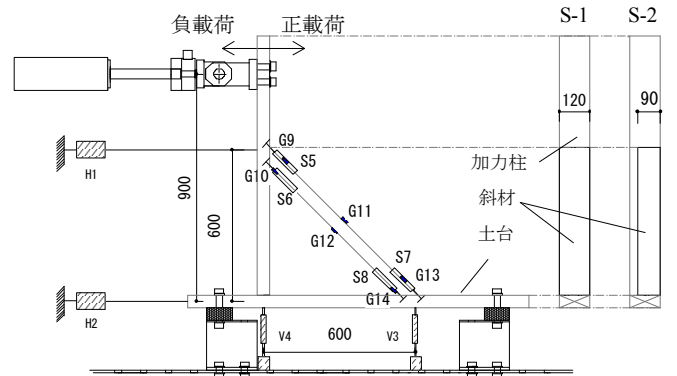


図1 試験体詳細図及び試験方法

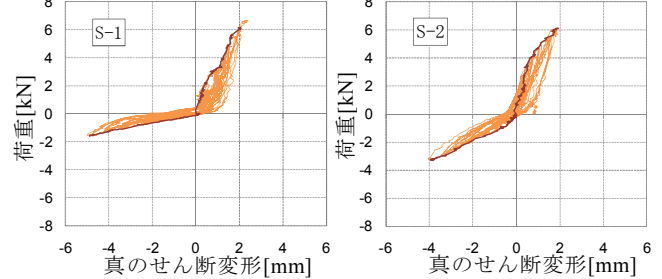


図2 荷重変形関係



図3 最終破壊形状

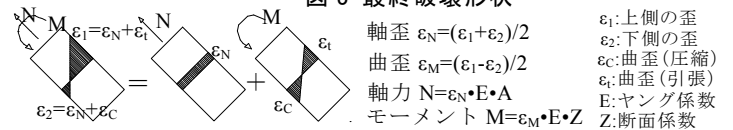


図4 軸力・モーメントの算出方法

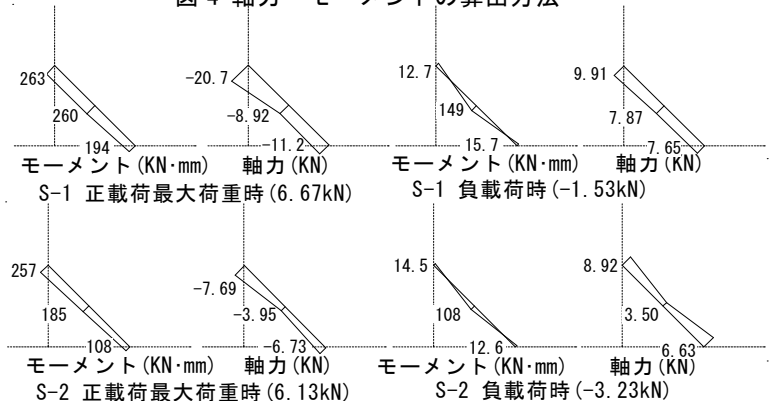


図5 斜材の応力状態

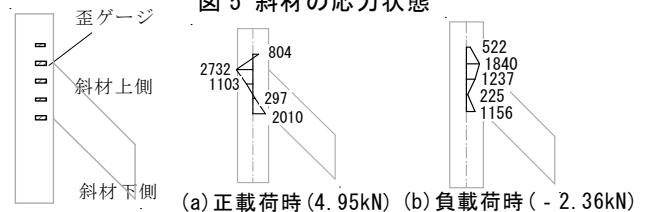


図6 加力柱の斜材付近における応力状態の例(S-2)

3. 解析による実験結果の追跡

実験結果を解析により説明する。解析モデルは斜材に軸力と曲げモーメントが生じることや、斜材が加力部材・支持部材に対してめり込みが生じることから、接合部で生じる変形をめり込みによるものと仮定し、図7に示すような斜材両端を軸ばねと回転ばねに置換したものと

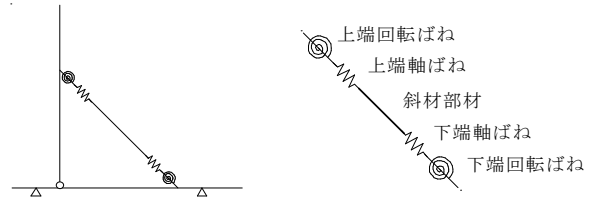


図7 解析モデル

3.1 軸ばね・回転ばね剛性の算出

斜材端部でのめり込みによる軸力-軸変位関係を軸ばね要素とし、モーメント-回転角関係を回転ばね要素とする。軸変位と回転角の算出方法を図8に示し、図9に軸ばね剛性と回転ばね剛性の算出方法を示す。ばね剛性は軸力-軸変位関係、モーメント-回転角関係を線形近似したものの傾きから算出する。表1に算出した軸ばね、回転ばね剛性を示す。正載荷時には斜材端部に軸変形が生じていなかったため、回転ばねのみとした。

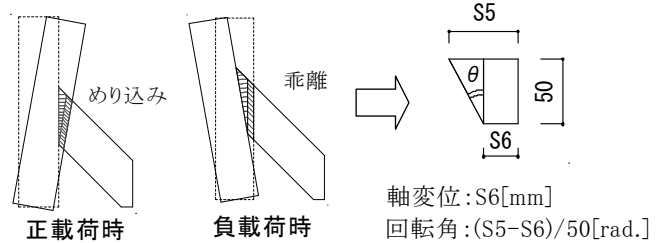


図8 斜材端部での変形

3.2 実験結果と解析結果の荷重-変形関係の比較

図10に実験結果と解析結果の荷重変形関係を示す。試験体S-1、S-2ともに負載荷時には完全な再現には至らなかった。正載荷時には剛性が低下した非線形部分を再現することが出来ず、過大評価する結果となった。実験結果から得た接合部での変形を、図9で示したように弾性ばねで置換できることから、再現に及ばなかった非線形部分については接合部のめり込みによるものではなく加力柱の材料特性による影響が大きいものと考えられる。

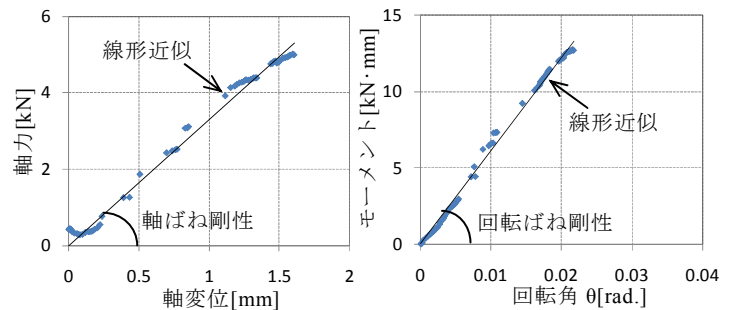


図9 ばね剛性の算出方法の例(S-1 負載荷時 上端部)

4. 過去の実験結果との比較

今回の実験結果と過去の実験結果を比較する。表2に過去と今回の実験結果の比較を示す。ここで剛性は正載荷時、負載荷時における最大荷重時の割線剛性で評価する。過去の実験結果はS-1の試験体2体(S1-1、S1-2)であり、今回の実験ではS-1を1体(S1-3)、S-2の試験体3体(S2-1、S2-2、S2-3)の実験結果を得た。今回の実験で使用したS1-3の負載荷時の剛性は、過去の実験で使用した試験体S1-1、S1-2の剛性よりも小さかったことが分かる。またS-1とS-2に試験体の形状に違いはあるが、荷重変形関係には同様の傾向が見られた。

5. まとめ

本研究では接合部性能に関する知見を実験と解析により把握した。本研究により得られた知見を以下に示す。1)斜材は軸力と曲げを同時に受ける応力状態となった。2)斜材端部における応力状態から、斜材が回転を伴ってめり込みを生じていることが確認できた。3)実験結果から作成した接合部剛性を付加した解析モデルでは、未だ実験結果を完全に説明するには至らなかった。4)今後部材における材料特性の非線形性を考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 上村徹:「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」
- 2) 上村徹*:「戸建免震住宅の木造架台の剛性評価に関する基礎的研究」

表-1 軸ばね剛性と回転ばね剛性

	S-1				S-2			
	軸ばね		回転ばね		軸ばね		回転ばね	
	上端	下端	上端	下端	上端	下端	上端	下端
正載荷時	-	-	9.77×10^3	2.29×10^3	-	-	6.86×10^3	1.68×10^4
負載荷時	3.30	3.59	6.11×10^2	8.99×10^2	6.53	6.83	3.99×10^3	7.91×10^2

単位:軸ばね[kN/mm]回転ばね[kN・mm/rad.]

-:軸変形が生じていない場合

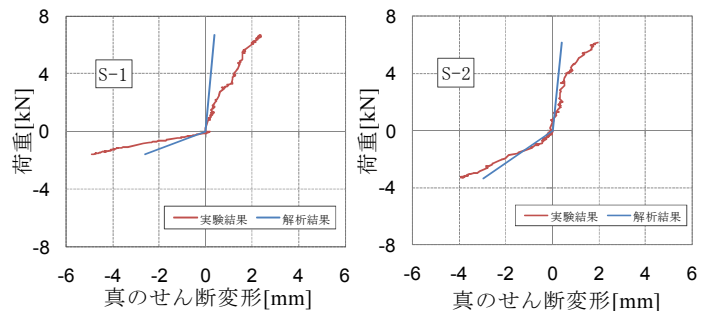


図10 実験結果と解析結果の比較

表2 各試験体の剛性の比較

	S1-1			S1-2			S1-3		
	最大荷重	最大変位	剛性	最大荷重	最大変位	剛性	最大荷重	最大変位	剛性
正載荷時	6.44	2.45	2.67	6.8	2.01	3.38	6.67	2.33	2.86
負載荷時	-4.11	-3.8	1.08	-3.72	-4.17	0.891	-1.58	-4.89	0.323

	S2-1			S2-2			S2-3		
	最大荷重	最大変位	剛性	最大荷重	最大変位	剛性	最大荷重	最大変位	剛性
正載荷時	5.8	2.38	2.44	6.13	1.94	3.16	5.74	2.24	2.56
負載荷時	-4.62	-5.3	0.872	-3.27	-3.93	0.83	-2.98	-4.93	0.604

単位:最大荷重[kN] 最大変位[mm] 剛性[kN/mm]