

木造免震住宅の実大振動実験

その6 ストッパーの効果

1. はじめに

「その1」で述べたように地震動の不確定性などを考慮すると、少なくとも木造住宅の免震化については免震層の過大な水平変位を防止するためのストッパーを設け、ストッパーが機能した場合の上部構造の損傷を非免震建築と同等以下に止めるようにすることが現時点における現実的な設計方針と言える。

本実験では第7期においてナイロンロープによるストッパーを設置した状態で加振を行った。本報(その6)では同加振結果について報告する。

2. 装置の構成

ストッパーの構成を写真6.1に示す。ストッパーにはナイロン製の三つ縄組ロープ(直径12mm, 有効長さ25cm)を用い、ロープの端部を鋼製のシャックルを介して鉄骨土台および鉄骨架台に固定している。このように本ストッパーの構成は極めて単純であり、信頼性が高い。またストッパー作動時にはロープ張力の垂直成分が上部架構の転倒モーメントに抵抗する点も有利である。本実験では図6.1に示すように、8基のストッパーを建物外周部に設置した。

3. 実験結果

3.1 実験の経緯

本実験ではX方向のみの一方向加振を行った。入力波はArt23を用い、入力加速度振幅の縮小率を0.7から1.0まで0.05刻みで設定した。縮小率0.75以下では応答変形量が小さく、ストッパーは機能せず、縮小率0.8で初めてストッパーが機能した。その後入力加速度の増大にもなって上部架構の応答が大きくなり、縮小率1.0の場合に家具の転倒が生じた。上部架構の損傷状態は壁内装クロスに軽微なしわが生じた程度であった。免震装置の損傷は一切確認されなかったが、ロープに約25mmの残留伸びが生じ、ロープ端部の固定シャックルに塑性変形が生じた。また目視観察ではいずれの加振においても滑り支承の浮き上がりは確認されなかった。

3.2 免震層の層せん断力-層間変形曲線

免震層の層せん断力-層間変形曲線を図6.3に示す。ストッパーが機能する場合に層せん断力が顕著に増加しているが、その後再び免震建物としての応答に復帰してい

正会員○竹内貞光*1 正会員 久保孝治*1
正会員 平野 茂*2 正会員 岡村光裕*2
正会員 花井 勉*3 正会員 坂本 功*4



写真6.1 ストッパーロープの構成

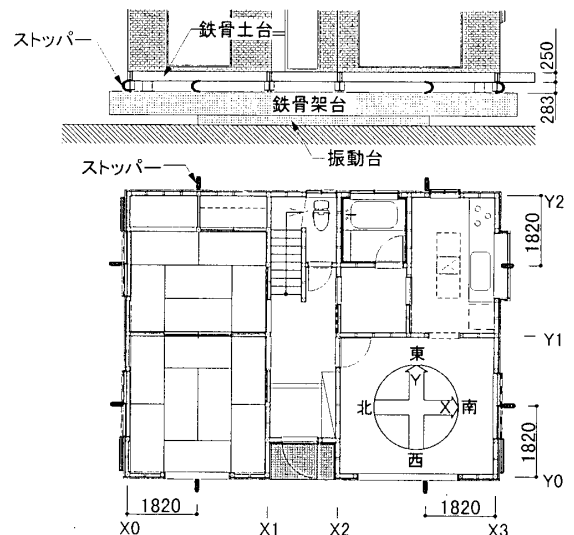


図6.1 ストッパーの配置

る。また最大変形量は25cm程度以下である。ストッパーを設置しない状態でも加振を行ったが、そのときの最

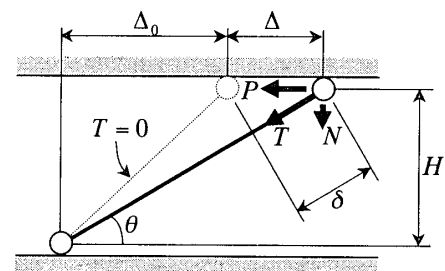


図6.2 ストッパーロープの応力・変形状態

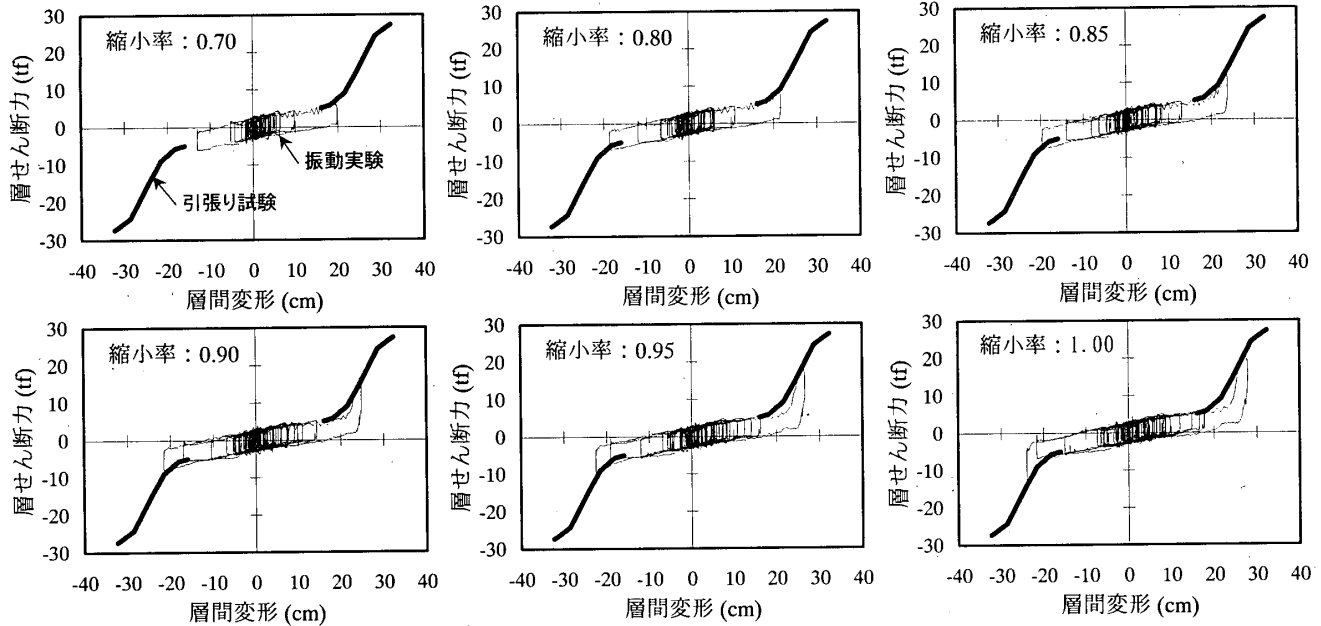


図 6.3 免震層の層せん断力-層間変形曲線

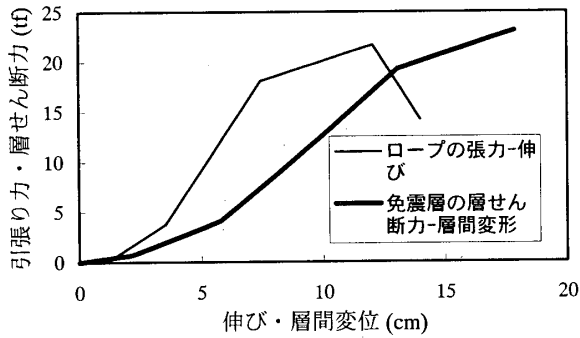


図 6.4 ロープの張力-伸び関係

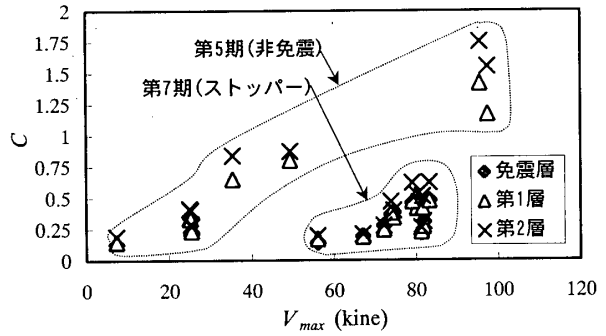


図 6.5 層せん断力係数

大変形量は約33cmであった。

本実験に用いたストッパーロープについて別途引張り試験を行った。同試験で得られたロープ単体の引張り力 T -伸び δ 関係を単純化したものを図6.4に示す。但し、 T はロープ8本当たりの値に換算してある。ここでロープの変形状態を図6.2のように考える。このとき T と δ が既知であるので P と $(\Delta_0 + \Delta)$ の関係は幾何学的に求められる。ただし P は水平変形量 Δ_0 時の層せん断力に対する増分とし、下式のように張力の垂直成分 N による摩擦力の増加分と積層ゴム支承の負担水平力を考慮する。なお本実験では Δ_0 は16cmである。

$$P = T \cos \theta + \hat{\mu} N + \hat{K}_r \Delta$$

ここで、 $\hat{\mu}$ と \hat{K}_r は「その2」で設定した滑り支承の摩擦係数および積層ゴム支承の水平剛性の平均的値である。この P - Δ 関係を図6.4に太線で示した。図6.3には P の初期値を5tfとした場合の P - $(\Delta_0 + \Delta)$ 関係を併記した。縮小率0.9までは P - $(\Delta_0 + \Delta)$ 関係と実験値はほぼ一致す

るが、縮小率0.95以降の実験値はストッパーが機能し始める変形量およびストッパーの剛性が大きくなっている。

3.3 層せん断力係数

最大入力速度 V_{max} と層せん断力係数 C の関係を図6.5に示す。同図には第5期(非免震)の結果も併記してある。ストッパーが機能する場合は免震状態と比べ層せん断力係数が大きくなるが、その値は非免震時の1/2程度以下である。本結果によれば、上部架構を非免震建物として設計するのであれば、ストッパーを設置しても非免震建物より耐震安全性が高いといえる。

4. まとめ

本報ではストッパーを設置した第7期の実験結果について報告した。ストッパー機能時の応答状態は概ね想定通りであり、上部架構の応答量は非免震建物より小さい。ただし、本実験を上回る入力に対する応答は不明であり、ストッパー機能時の応答量を非免震建物以下とするための条件を明らかにすることが今後の課題である。

*1 (株)ブリヂストン Bridgestone Co.

*2 (株)一条工務店 Ichijo Housing Company Co., Ltd.

*3 (株)日本システム設計 Nihon System Sekkei Co.

*4 東京大学 教授・工博 Prof., The Univ. of Tokyo, Dr. Eng.