

## ポータブル起振器を用いた木造住宅の耐震診断法の検討 仕口ダンパーによる補強効果の検証

中央大学大学院

中部電力株式会社(元 東京大学大学院)

東京大学生産技術研究所

東京大学生産技術研究所

学生会員

正会員

正会員

正会員

江島 潤一郎

佐藤 芳仁

大原 美保

目黒 公郎

### 1. はじめに

地震被害を軽減するための最も効果的な対策は、既存不適格建物の耐震性を向上させることである。これを促進するには、耐震補強の重要性の認識を高めると共に、社会制度として耐震補強にインセンティブを与える環境を整備することが重要である。また技術的な課題としては、簡便で効果の高い耐震補強法の開発と簡便で高精度な耐震診断法の整備が求められる。

### 2. ポータブル起振器を用いた簡便な耐震診断法の提案

筆者らは、従来の耐震診断法の欠点を補うべくポータブル起振器を用いて建物を高精度に制御しながら振動させ、そこから得られた建物応答とそれを精度高く再現する解析法により、簡便かつ高精度で耐震性能を評価する方法の提案を行っている<sup>2)</sup>。耐震性能を評価する際には、建物の応答から得られる建物剛性、エネルギー減衰に着目する。建物剛性 $K$ は、建物の応答データから得られた固有振動数 $F$ 、最大応答変位 $A$ を用いて、式(1)により算出する。エネルギー減衰 $h$ は $\omega$ を固有円振動数、 $P_i$ を振幅が $1/\sqrt{A}$ 時の円振動数として、式(2)から算出する。

$$T = 1/F = 2\pi\sqrt{m/K} \quad (1)$$

$$4h^2 \approx \{(p_2 - p_1)/\omega\}^2, p_i = 2\pi f_i \quad (2)$$

本研究は、ポータブル起振器を用いた木造住宅の耐震性能評価に関する研究の一環として実施しており、ここでは1/5スケールの木製フレームおよび木造住宅模型を用いて仕口ダンパーによる補強効果の検証を行った結果を報告する。

### 3. 木製フレームによる引張試験

まず初めに1/5スケールの木製フレーム模型を作成し、引張試験を行った。試験を行うにあたり、市販されている仕口ダンパーの仕様を基に、手作りで木製フレームと仕口ダンパーを作成した(図1)。フレームは、「軸組のみ、軸組に仕口ダンパー4つ設置、軸組に片筋交いを設置、軸組に片筋交いと仕口ダンパー4つを設置」の4パターンとした。これら4パターンでの応力と層間変形角の関係を示す(図2)。引張試験においては、仕口ダンパー設置前後の変位の変化から変位抑止効果を確認した。また筋交いの入った壁の隅角部に仕口ダンパーを設置しても、筋交いの効果で変位抑止されるので、仕口ダンパーの効果は小さいこともわかった。

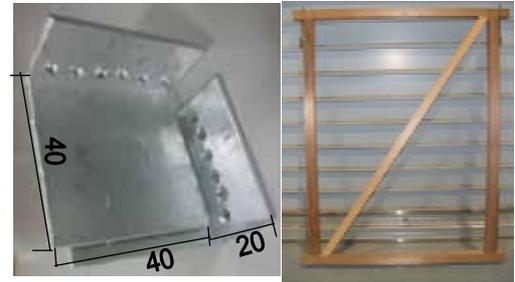


図1 手作り仕口ダンパーと木製フレーム

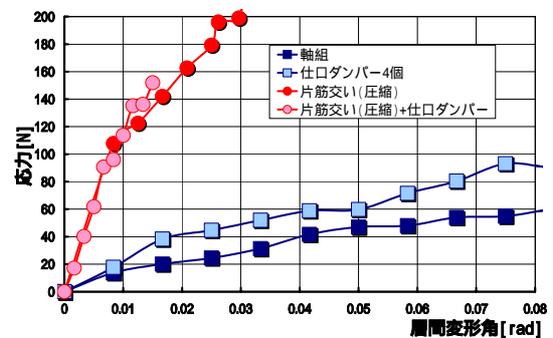


図2 応力と層間変形角の関係

### 4. ポータブル起振器を用いた模型実験とその結果

次に、1/5スケールのミニチュア木造住宅を作成し、高精度に制御されたポータブル起振器を用いて建物を振動させ、得られた建物応答から耐震性能評価を試みた。ミニチュア木造のサイズは床面 182.0 × 127.4[cm]、高さ 150.5cm、総重量 70.01kg である(図3)。

ポータブル起振器のサイズは底面が 76 × 130mm、高さが 149mm、重さが 1.6kg である。起振器を2階床中心に設置し、内部の左右の扇形の錘(84g × 2個)をPC制御で回転させ、振動数を4~15Hzと変化させながら1軸方向に加振力を加え、さらに起振器の台数を1,2,3台と増や



図3 1/5スケールミニチュア木造住宅

キーワード：既存不適格建物、耐震診断、木造、耐震補強、ダンパー

連絡先：〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 B 棟 目黒研究室 Tel: 03-5452-6437

し加振力を変化させた。またミニチュア木造を1.5×1.5[m]の振動台の上に設置し、振動台による加振も行った。模型の図面を図4に示す。図中の赤線部分は筋交いの設置箇所である。

起振時の建物応答データから、仕口ダンパー設置前後でのエネルギー減衰能および剛性の変化を分析した。図5と図6は仕口ダンパーを、それぞれ1F, 2F, 全体に設置して起振器で建物にX方向に並振させた際の実験結果である。図の網掛けの色は、建物の応答を計測震度に変換した値である。エネルギー減衰能は、建物全体に仕口ダンパーを設置した場合に最も大きく、続いて2F, 1Fに設置した場合となった(図5)。図6は、さらに振動台で震度5強から震度6弱程度の応答が出る揺れを与えた場合の結果である。さらに約30%のエネルギー減衰能の上昇が見られ、起振器では制御できなかった大きな揺れに対しても、仕口ダンパーが効果を発揮していることが確認された。また仕口ダンパーの設置数を変えて起振し、設置数の影響も検証した。結果は図7のようになり、ある程度以上の数(図7では12個)を越えると仕口ダンパーの効果が顕著になることがわかる。図7は1階に仕口ダンパーを設置した結果であるが、2階に設置した場合も同様の傾向を示した。

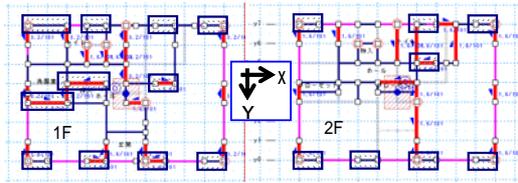


図4 仕口ダンパー実験設計図

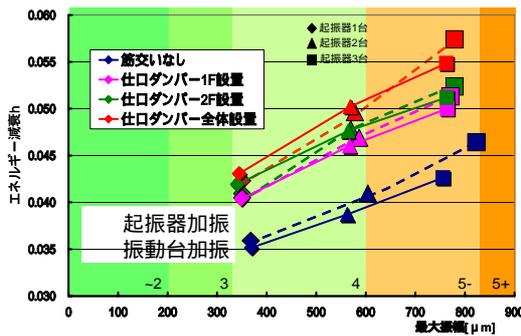


図5 仕口ダンパーの減衰効果

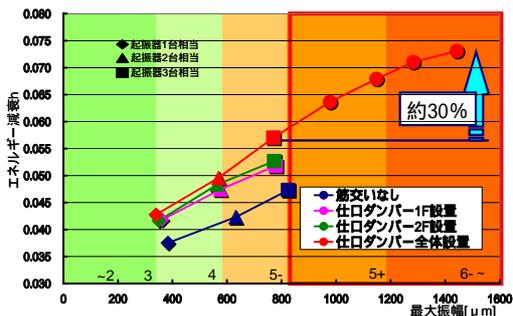


図6 エネルギー減衰と最大振幅の関係(振動台)

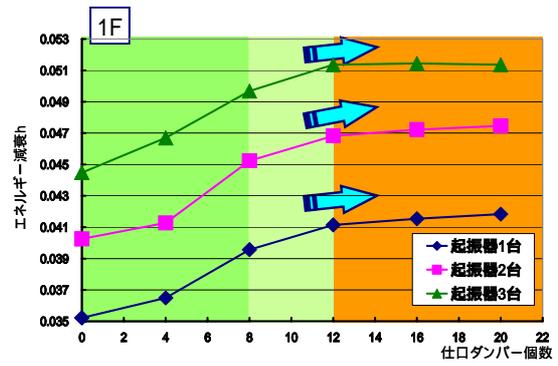


図7 仕口ダンパーの数による減衰効果の違い

最後に仕口ダンパーの設置位置による効果を、図8のような試験図において、仕口ダンパーの数は変えずに設置する位置を変えた実験により分析した。今回は回転運動を生じているため、応答変位での比較を行う。図9から仕口ダンパーの設置で応答が小さくなることわかる。最も効果が表れたのは1階南側に6個、2階南側に12個であった。この場合に筋交いのみの時に比べて約20%の変位抑制が見られた。この結果は適切な位置に設置することの重要性を示している。

5. まとめ

本研究ではポータブル起振器を用いた耐震診断法の検討の一環として、仕口ダンパーによる補強効果の検証を行った。1/5スケールの木製フレーム構造ミニチュア木造住宅実験により、振動台時の建物応答波形、またそこから算出される減衰定数を算出することにより、仕口ダンパー設置前後での動的挙動の変化から耐震補強効果を定量的に評価することが可能となった。

参考文献

- 財団法人日本建築防災協会: 木造住宅の耐震診断と補強方法 - 木造住宅の耐震精密診断と補強方法(改訂版), 2004.
- 佐藤芳仁・目黒公郎: ポータブル起振器を用いた耐震診断法の検討, 土木学会年次学術講演会, 2008.

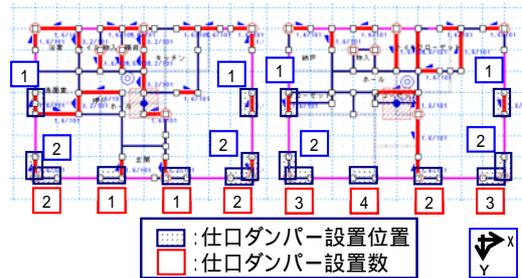


図8 仕口ダンパー設置図

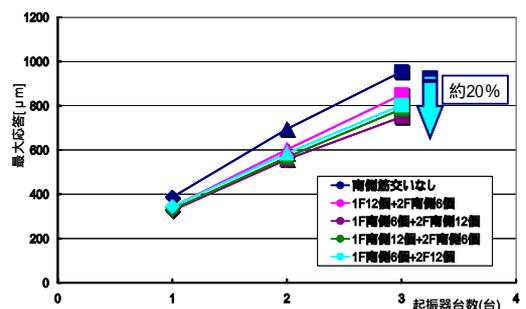


図9 仕口ダンパーによる変位抑制効果