

はじめに 地震による人的被害を軽減するには、既存不適格建物の耐震性を向上させることが不可欠であり、そのために簡単で高精度な耐震診断法が求められている。しかし日本建築防災協会による精密耐震診断手法では、図面を基に診断しているが、実際は図面通りではない建物が多く、これらの建物に関しては耐震診断の精度が低い、実際の動的な挙動に基づいた耐震性を評価していないため、実際の使用条件が直接考慮されていない、一般に入手困難な建物の詳細データが必要である、などの問題が挙げられている。そこで本研究では、これらの現行の耐震診断法の問題を解決するために、ポータブル起振器を用いて建物を高精度に制御して振動させ、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試みる。

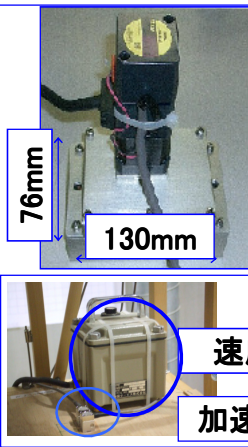
ポータブル起振器を用いた木造住宅の起振実験

実験概要

実験対象物: 1/5ミニチュア木造



ポータブル起振器



パラメータ算出方法

K(建物剛性)

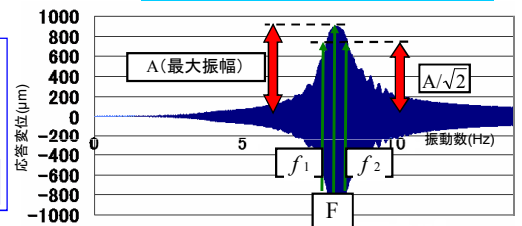
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$

T: 固有周期 (1/F)
M: 建物の有効質量

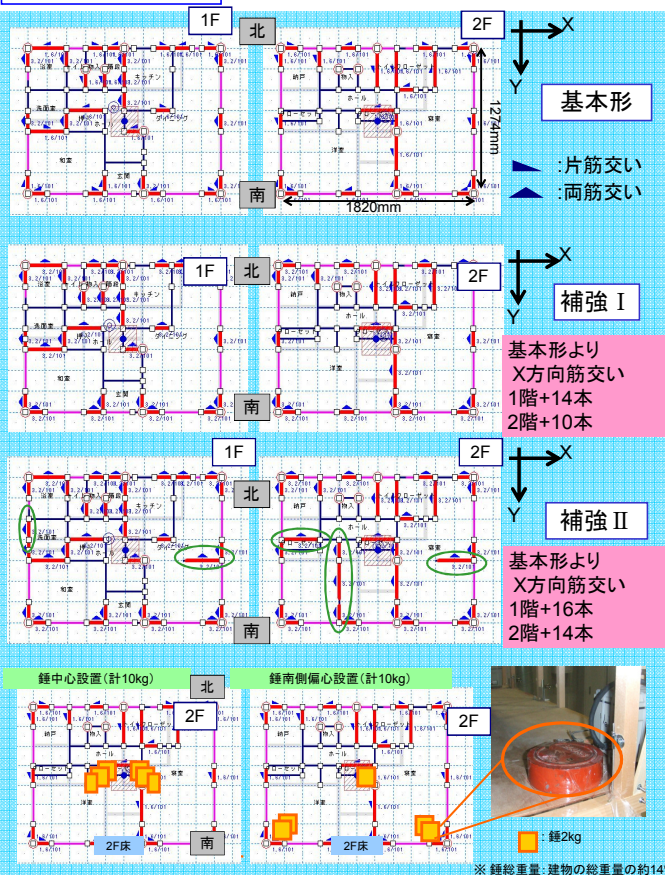
h(エネルギー減衰)

$$4h^2 \approx \left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega F} \right)^2, \quad \omega = 2\pi f$$

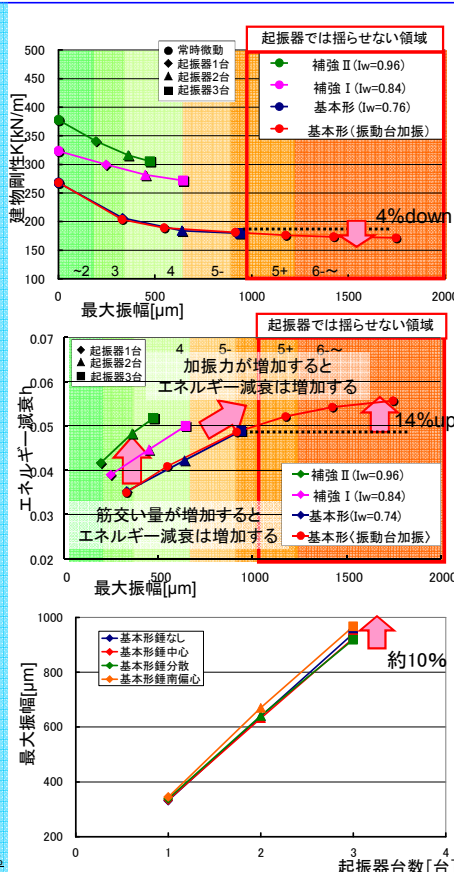
ω_F : 固有円振動数
 ω_1, ω_2 : $A/\sqrt{2}$ 時の円振動数



実験結果(1)



筋交いの増減, 錘载荷による木造住宅の挙動の違いを検討



建物剛性と最大振幅の関係

建物剛性は筋交い量が増えるにつれて増加し、加振力が増すにつれて減少した。振動台で応答震度6相当まで加振して、建物剛性は起振器でも震度5相当まで加振した時の結果から4%しか低下しなかった。グラフの傾きからもわかるように頭打ちの傾向があることがわかる。

エネルギー減衰と最大振幅の関係

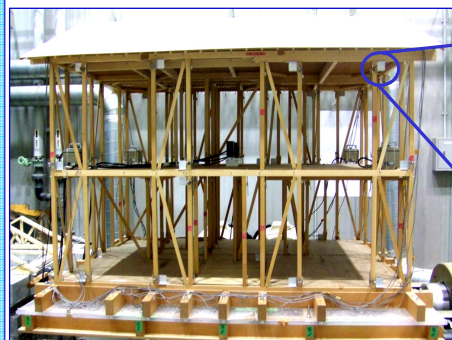
エネルギー減衰能は筋交い量が増え、加振力が増すにつれて増加した。振動台で応答震度6相当まで加振した場合、エネルギー減衰能は起振器で震度5相当まで加振した時の結果から14%上昇する。しかしそれ以降、グラフの傾きからは頭打ちの傾向があることがわかる。

錘载荷による最大振幅の変化

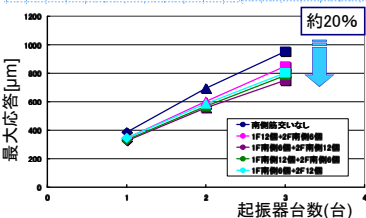
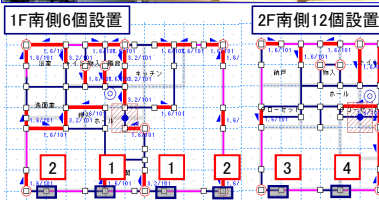
錘を载荷させなかった場合と中心に载荷させた場合、分散させて载荷させた場合に比べて錘を偏らせて载荷させた場合に大きな応答を示した。

実験結果(2)

仕口ダンパーによる補強効果実験



今回、耐震補強効果の一つとして仕口ダンパーによる効果の検討実験を行った。写真は手作りで作成した仕口ダンパーである。

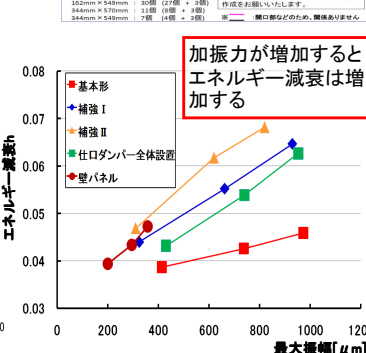
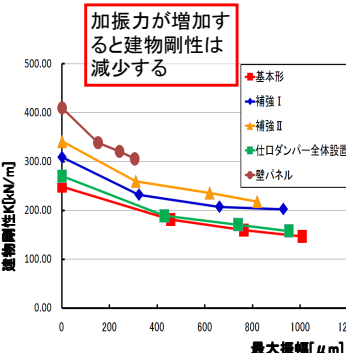
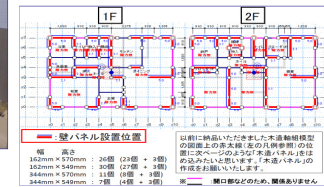
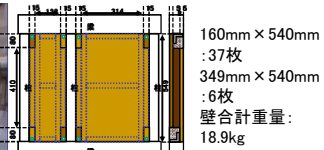


仕口ダンパー設置による
応答変位と起振器台数の関係

最も効果が得られた配置で約20%の変位抑制効果がみられた。また、より揺れる位置の仕口に設置した方が効果が得られることがわかる。

実験結果(3)

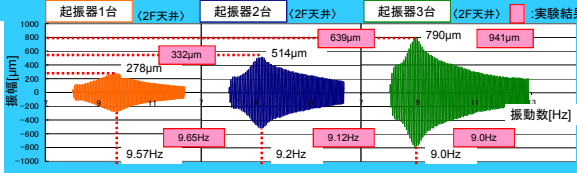
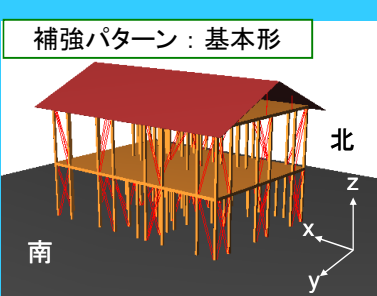
壁パネルによる木造住宅の挙動の違いの検討



筋交い量が増加すると建物剛性は増加する。壁パネルは筋交いよりもその効果が高い。

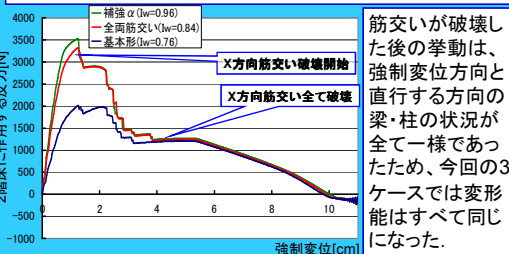
筋交い量が増加するとエネルギー減衰は増加する。ただし壁パネルの効果は基本形の効果とあまり変わらない

3D-EDEMを用いたミニチュア木造住宅の動的シミュレーション



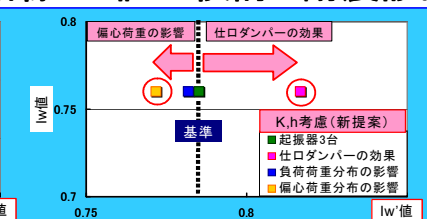
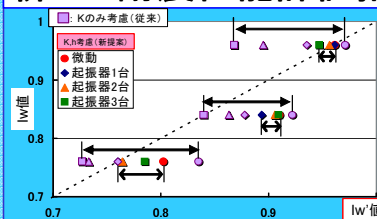
接合部と耐力壁の間隙はねパラメータを得るため、ミニチュア単位軸組フレームの引張試験を行った。得られたパラメータを用いてX方向の並振実験の解析を行うと、固有振動数、最大応答振幅共に誤差は非常に小さく、解析精度が高いことが証明された。

ミニチュア木造住宅の変形能(解析結果)

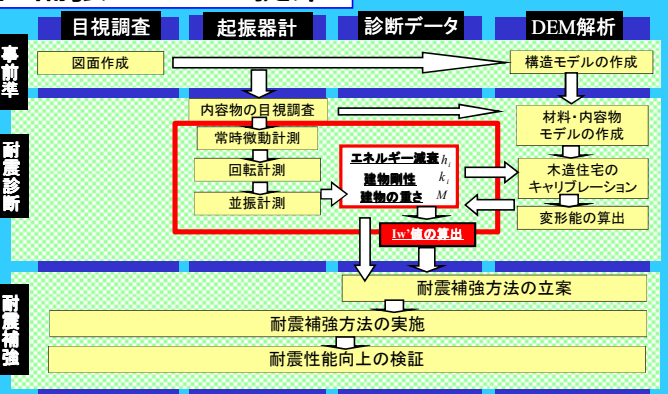


筋交いが破壊した後、強制変位方向と直行する方向の梁・柱の状況が全て一様であったため、今回の3ケースでは変形能はすべて同じになった。

新しい耐震性能評価指標 I_w' 値の検討と耐震診断・補強フローの提案



図面通りの壁配置(基本形)で起振器1台加振を基準とし、各補強パターン、仕口ダンパー設置、偏心荷重時の I_w' 値の推移を検証する。左の上の図より剛性(K)のみを考慮した従来の耐震評価指標に相当する I_w' 値は大きく変動するが、剛性(K)とエネルギー減衰能(h)を考慮した I_w' 値は変動が小さい。また現行の I_w 値では評価できない仕口ダンパーや偏心荷重の影響について、左の下の図のように新耐震評価指標 I_w' 値では評価可能である。



まとめ 本研究は、高度に制御されたポータブル起振器を用いた木造住宅の耐震診断法の開発を目指して、ミニチュア木造住宅モデルによる実験を行った。まずモデル実験により建物の動的特性を検討した。また今回は耐震補強の一つとして、仕口ダンパーを用いた実験を行った。次に三次元拡張個別要素法(3D-EDEM)を用いた動的解析の精度を検証し、ミニチュア木造住宅の動的シミュレーションを行った。最後に新しい耐震性能評価指標 I_w' 値の検討を行い、耐震診断・補強フローを提案した。