

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25820262

研究課題名(和文) 繰り返し挙動を考慮した木質制振壁の簡易性能評価およびそれに関わる種々検討

研究課題名(英文) Simplified Design Methods of Energy Dissipation Wall Considering Cyclic Behavior and Their Various Study

研究代表者

松田 和浩 (Matsuda, Kazuhiro)

東京工業大学・科学技術創成研究院・助教

研究者番号：80567397

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：新旧戸建木質住宅の高耐震化に向けて、制振技術の適用が注目されているが、それを用いるための合理的かつ簡易な制振設計法がないため、健全には普及していない。そこで、本研究では以下のことを行った。

(1) 与えられた外力に対して、建物の変形クライテリアを満足するのに必要な制振壁の枚数が求まる簡易な制振設計法を2つ提案し、解析によりその精度を検証した。(2) 小規模住宅制振設計指針の作成に向けて、上記の設計法、ダンパーや制振壁の実験法や評価法、既存制振壁の情報などをまとめた。

研究成果の概要(英文)：In order to reduce the earthquake damage of wooden houses, passive control scheme has attracted attention. However the technology has not become widely used because there are not reasonable and simple design methods to use the energy dissipation wall. Major achievements of this project are;

(1) Two simplified design methods to obtain the quantity required for keeping the seismic deformation of wooden houses below design criteria were proposed and its accuracy was verified. (2) The design methods, test method and estimation method of damper and energy dissipation wall, and information of existing energy dissipation wall were organized to publish the recommendations for design of passively-controlled wooden houses.

研究分野：工学

キーワード：木質制振構造 ダンパー 地震応答解析 応答スペクトル 等価線形化手法

1. 研究開始当初の背景

(1) 新旧戸建木質住宅の高耐震化に向けて、戸建住宅に制振技術を適用するための研究が盛んに行われるようになっていた。本研究課題開始当時、少なくとも 30 種以上もの『制振壁』が商品化されていたのに対し、その普及実績は極めて少なく、その理由は制振壁を効率的に用いるための合理的かつ簡易な住宅の設計・評価手法が存在しないためと考えられた。

(2) 木質戸建住宅のほとんどは建築時に構造設計を必要とせず、極めて簡易な壁量計算法で設計されている。壁量計算法は長年の実績を持ち、多くの地震の経験により改善されてきた指標ではあるものの、壁量計算の元となる壁倍率の評価では繰り返し変形時の挙動の影響が考慮されておらず、基本的に荷重変形関係の包絡線のみにより評価される(図1参照)。それにより、たとえエネルギー吸収能力に優れた制振壁でも、スリップ型履歴の耐力壁と同等の評価になるという問題点が指摘されていた。

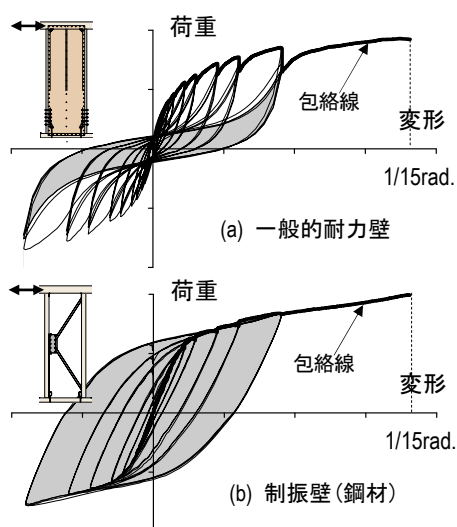


図1 耐力壁と制振壁の荷重変形関係
(塗り潰しは1/30rad.1サイクルの吸収エネルギー)

(3) 耐震補強用に壁倍率と類似の手法で制振壁の減衰を評価した例もあるが、力学的な合理性に欠ける点もあり、かつ精度検証例も僅少であった。

2. 研究の目的

(1) 耐力壁および制振壁の復元力特性の影響を適切に考慮することのできる、簡易的な制振住宅の設計手法を提案することを第一の目的とする。具体的には、目標の設計クライテリアと外力の条件が与えられたときに、制振壁の必要な枚数を求めることができる手法を提案することである。

(2) 提案した設計手法や、合理的と考えられる制振壁の試験法・評価法、市場に出ている制振壁の性能比較など、小規模住宅の制振設計に必要なと考えられる情報をまとめた小規模住宅用の制振設計指針を作成し、健全な制振技術の加速度的な普及に貢献することも目的とする。

3. 研究の方法

(1) 木質建物を想定したバイリニア+スリップモデルを主架構を持つ多質点系を対象とし、等価線形化手法による制振設計法と、時刻歴応答解析による制振設計法に関する解析検討を行う。建物条件を様々に変えたパラメトリック解析を行い、提案した設計手法の精度検証を行う。

(2) 建築研究開発コンソーシアムで組織された住宅制振構造研究会のダンパーWGの活動として、市場に出ている戸建住宅用の制振壁およびダンパーの調査を行う。主にアンケートの方式で調査し、得られた結果の整理・文責を行う。

4. 研究成果

(1) バイリニア+スリップモデルと粘性要素の並列による一質点系の等価周期・等価減衰定数を算定した。また、それと線形の地震応答スペクトルを用いて、上記一質点系の最大応答変位を精度よく、かつ安全側に評価できることを確認した。さらに、粘弾性ダンパーと支持材からなる付加系とバイリニア+スリップモデルの並列による一質点系に、上記の等価線形化理論を応用することで、一質点系の動的特性の変動傾向を把握した。また、それと最大応答変位を関連つける理論を示し、それを可視化した性能曲線を作成することで、目標性能を満たす様々な設計解の理解を促すとともに、合理的な設計解の把握を可能とした。

(2) 多層バイリニア+スリップモデルの地震応答を制御するための制振設計法を提案した。Ai分布に基づく設計用せん断力に比例するよう各層の等価剛性を調節しながら、他の拘束も満たしてダンパー量を分配すれば、層間変形角を概ね目標値に制御でき、特定層への変形集中も防ぐことができることを示した。広範囲のパラメータ値をもつ多層バイリニア+スリップモデルに対し、粘弾性ダンパー量を本手法により設計し、それが概ね目標通りの応答となることを時刻歴応答解析で実証した(図2参照)。

(3) バウシinger効果や歪硬化の特性を持つ鋼材ダンパー履歴を、簡易なバイリニアモデルに置換する手法を提案し、それを用いた収れん計算による簡易な時刻歴応答解析の手法を提案した。対象建物の特性や地震動などをパラメータとしたク解析を行い、鋼材ダ

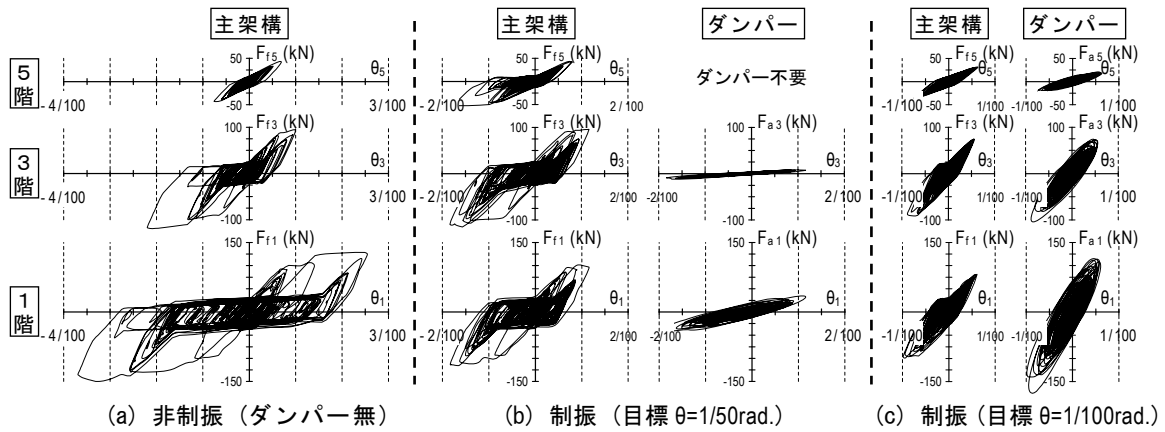


図2 木質5層建物の地震応答解析結果

(b), (c)は提案法でダンパー量を設計、横軸：層間変形角、縦軸：力)

ンパー履歴を詳細に再現するモデルの解析結果と、簡易解析の結果が概ね等しくなることを確認した。

(4) ダンパーおよび制振壁の合理的な試験法と評価法を提案した。提案した手法で評価を行えば、(2) および (3) で述べた簡易な設計手法を行うことができるように工夫がされている。また、市場に出ている住宅用の制振壁およびダンパーについて、開発者や販売元に対してアンケートを行った。例えば制振壁については、図3のようなフォーマットで各制振壁の情報を集め、最も重要となる壁の荷重-変形関係が明らかになるようにした。これらの結果を集計し、小規模住宅制振設計指針を執筆中である。

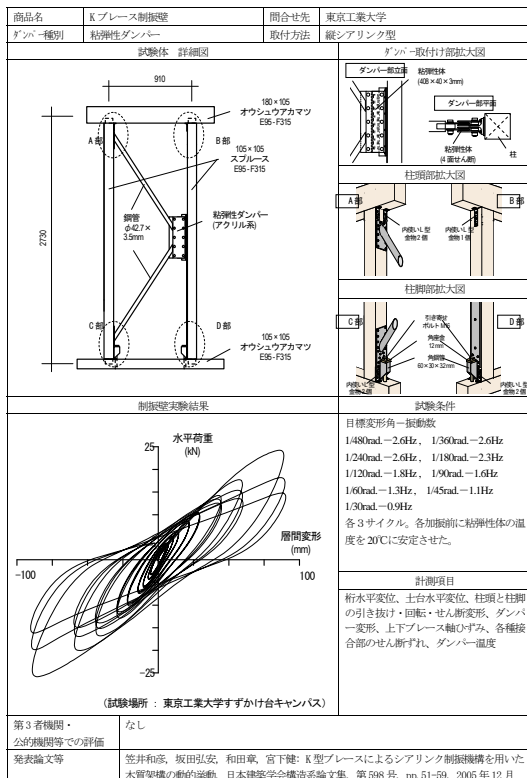


図3 制振壁のアンケート様式の例

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

- ①松田和浩, 笠井和彦: バイリニア+スリップモデルに粘弾性ダンパーを用いた制振構造の応答制御設計法, 日本建築学会構造系論文集, 査読有, 第716号, pp.1525-1535, 2015年10月

[学会発表] (計13件)

- ①松田和浩, 笠井和彦, 高橋卓也: 財産保持性に優れた制振住宅に関する開発の経過報告(その51)任意履歴の簡易モデル置換法, 日本建築学会大会学術講演, C-1分冊, pp.415-416, 福岡, 2016年8月
- ②Kazuhiro MATSUDA, Kazuhiko KASAI: Study on Passive Control Design Method for MDOF System Composed of Bilinear + Slip Model Added with Visco-elastic Damper, The Japan-Korea-Taiwan Joint Seminar on Earthquake Engineering for Building Structures (SEEBUS 2015), pp.143-152, Yamanashi, Japan, 2015.9
- ③Kazuhiro MATSUDA, Kazuhiko KASAI, and Hiroyasu SAKATA, Seismic Response Analysis for Damped Timber Structure by Simplified Spring Model, 13th World Conference on Timber Engineering (WCTE2014), USB, Quebec, Canada, 2014.8
- ④松田和浩, 笠井和彦, 坂田弘安: 鋼材ダンパー履歴のバイリニア置換による時刻歴応答解析手法の提案, 日本地震工学会大会梗概集, pp.331-332, 東京, 2013年11月
- ⑤Kazuhiro MATSUDA, Kazuhiko KASAI, and Hiroyasu SAKATA, Simplified Seismic Response Analysis of Wooden Frame Having Energy Dissipation Wall, 13th World Conference on Seismic Isolation,

pp. 99-104, Sendai, Japan, 2013. 9

[図書] (計 0 件)

該当なし

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

該当なし

○取得状況 (計 0 件)

該当なし

[その他]

該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松田 和浩 (MATSUDA, Kazuhiro)

東京工業大学・科学技術創成研究院・助教

研究者番号: 80567397

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし

(4) 研究協力者

該当なし