

令和 2 年 5 月 18 日現在

機関番号：82105

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K14760

研究課題名(和文) 荷重速度と繰り返し挙動を考慮した木質耐力壁の耐震性能評価に関する研究

研究課題名(英文) Study on seismic performance evaluation of wooden shear wall considering the loading rate dependence and cyclic behavior

研究代表者

鈴木 賢人 (SUZUKI, KENTO)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・研究員

研究者番号：80757055

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)：本研究の目的は、「荷重速度の違いと繰り返し挙動が木質耐力壁の耐震性能に与える影響を明らかにし、その評価手法を開発すること」である。まず、面材壁および接合部を対象とした、静的・動的繰り返し載荷実験により、繰り返し劣化挙動と速度依存性による影響を確認した。次に、応答解析を行い、新たに入力される地震波の規模が経験済みの地震波の0.75倍以上であれば、建物応答が増大する可能性が高いことを確認した。また、釘接合部および面材壁の繰り返し挙動と速度依存性を再現できる簡易理論モデルを構築した。結果として、簡易モデルから得られる面材壁の復元力特性は、静的および動的繰り返し載荷実験結果と概ね一致した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「速度依存性」と「繰り返し挙動による劣化挙動」の影響が木質耐力壁の耐震性能に影響を及ぼすことは既に知られているが、一般的な評価手法が存在しない。これでは、木質住宅の耐震性能を適切に評価することは難しい。そこで、耐力壁が速度依存性と繰り返し載荷により受ける影響を理論的アプローチにより説明することができれば、新築木質住宅の耐震設計の高度化につながるだけでなく、既存建物の耐震性能評価の高度化にも大いに貢献することが期待でき、木質住宅の利用継続性を判断するうえでも重要な知見となり得る。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to "develop the effects of the loading rate dependence and cyclic behavior on the seismic performance of wooden shear walls and develop an evaluation method for them". First, static and dynamic cyclic loading tests for shear wall and joints were conducted in order to discuss the effects of cyclic degradation behavior and the loading rate dependence. Next, Response analysis was conducted. These results confirmed that the building response is likely to increase if the magnitude of the newly input motion is 0.75 times or more than the experienced input motion. Finally, a simple theoretical model that can reproduce the cyclic behavior and the loading rate dependence of nail joint and shear wall were constructed. As a result, the hysteresis of the shear wall obtained from the simplified model were in good agreement with the static and dynamic cyclic loading test results.

研究分野：建築構造

キーワード：木質構造 木質耐力壁 速度依存性 繰り返し挙動 釘接合部

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地震大国であるわが国にとって、個々の建物の耐震性能を高めることは都市の防災化・減災化に繋がり、これは都市の強靱化に直結する。国交省によれば、現存する戸建木質住宅は約 2,540 万戸であり、新設住宅着工戸数に対する木造率は約半数であることから、わが国には多くの木質住宅が存在することがわかる。その一方で、過去の地震被害を振り返ると、戸建木質住宅が被害を受けた例は多く、戸建木質住宅の耐震性を高める必要性は高いといえる。ところで、木質構造分野では、未知の部分や知見が整理されていない部分が数多くあるが、そのなかの代表的なものとして、「速度依存性」、「繰り返しによる劣化挙動」が挙げられる。そこで、本研究では、耐力壁の耐震性能が「速度依存性」と「繰り返しによる劣化挙動」によって受ける影響について明らかにする。

2. 研究の目的

本研究の目的は、「荷重速度の違いと繰り返し挙動が木質耐力壁の耐震性能に与える影響を明らかにし、その評価手法を提案すること」である。「速度依存性」や「繰り返し挙動による劣化挙動」の影響が木質耐力壁の耐震性能に影響を及ぼすことは既に知られているが、理論的なアプローチによる評価手法が存在しない。そこで、耐力壁が荷重速度と繰り返しにより受ける影響を理論的アプローチにより説明する。これらが達成されれば、新築木質住宅の耐震設計の高度化につながるだけでなく、既存建物の耐震性能評価の高度化にも大いに貢献することが期待でき、木質住宅の利用継続性を判断するうえでも重要な知見となり得る。

3. 研究の方法

(1) 木質面材大壁耐力壁とそれらを構成する接合部を対象とした、静的・動的繰り返し加力実験実施を実施することで、速度依存性および繰り返し劣化挙動の有無とその程度や傾向を調べた。

(2) (1)の実験結果を再現できる解析モデル(フレームモデル)を構築し、そのモデルを用いた応答解析により、速度依存性および繰り返し劣化挙動が実建物の耐震性能に及ぼす影響を検証した。

(3) 既往の理論(弾性床上の梁理論やフォクトモデル)を応用し、(1)の実験結果を再現できる簡易な理論モデルの構築を行い、その妥当性を確認した。

4. 研究成果

木質面材大壁耐力壁と接合部を対象とした、静的・動的繰り返し加力実験から、以下の知見を得た。繰り返し劣化挙動については、処女載荷(1回目の載荷)から2回目の載荷での耐力低下が顕著であり、3回目以降の影響はそれに比べ小さいことが確認された。速度依存性については、同一変形時の耐力を比べると動的載荷結果が静的載荷結果を上回った。ただし、最大耐力は荷重速度によらず概ね一定であったため、荷重上昇がはやい分、動的載荷では静的載荷に比べ小変形で損傷し、全体的に変形性能が低下した。また、これらの結果は、耐力壁を構成する釘接合部の挙動から説明可能であることが確認された。



図1 壁試験体

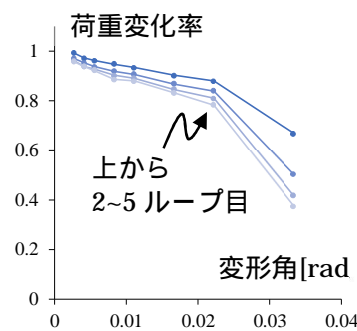


図2 処女載荷に対する荷重変化率

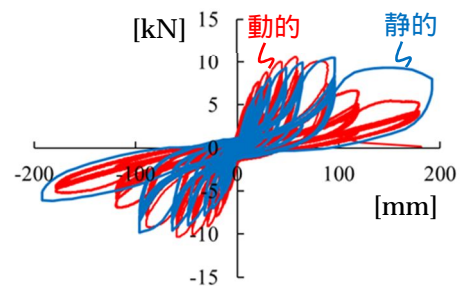


図3 せん断力-変形関係

解析検討では、初期変形として 1/120, 1/90, 1/75, 1/60, 1/45, 1/30 rad の変形をさせるように規模を調整した地震波を解析モデルに入力し、その地震波の規模に対して 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 倍した後続波を 5 波連続で入力することで、初期変形の大きさと後続地震の大きさの違いが最大応答変位の推移に与える影響を調べた。その結果、建物の損傷状態、地震波によらず、新たに入力される地震波の規模が経験済みの最大地震波の 0.75 倍以上であれば、建物応答が増大する可能性が高いことを確認した。

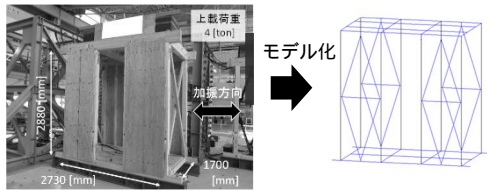


図4 対象架構とフレームモデル

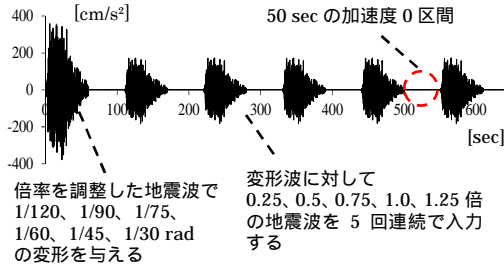


図5 連続地震応答解析概要

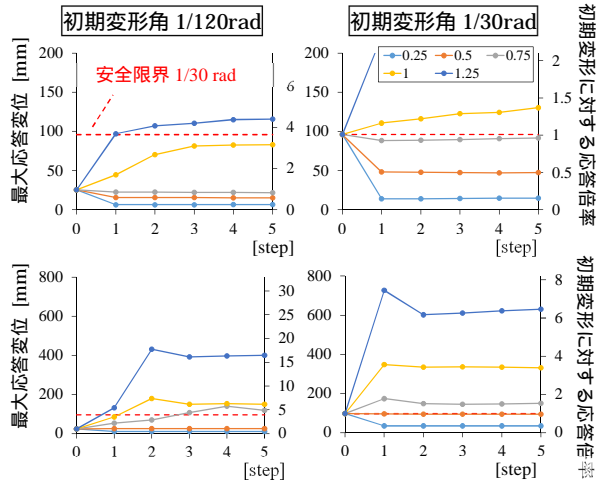
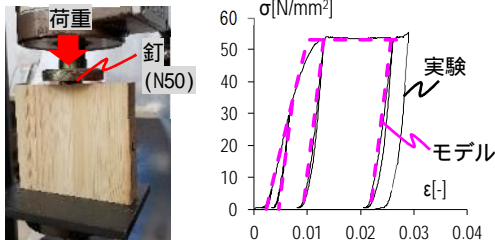


図6 最大応答変位の推移
(上: BCJ L2 下: JMA Kobe NS)

釘接合部および面材壁の繰返し挙動と速度依存性を再現できる簡易モデルの構築を行った。釘接合部においては、弾性床上の梁理論によって釘の変形モード形状を決定し、木材と釘の非線形性、反力バネに並列接続したダッシュポットを考慮すれば、釘接合部の荷重-すべり量関係を概ね再現できることを確認した。なお、弾性床上の梁理論に必要な反力バネの特性値や釘のヤング係数は、それぞれ面圧試験と釘の曲げ試験から得られるものであり、大掛かりな実験をせずとも得られる特性値である。さらに、釘接合部の簡易モデルを、釘配列に基づいた既往のモデル化手法を参考に、面材壁の簡易モデルに拡張した。結果として、簡易モデルから得られる面材壁の復元力特性は、最大耐力を迎える以前の変形範囲において、静的および動的繰返し載荷実験結果と概ね一致した。



(a)面圧試験の様子 (b)応力度-ひずみ度関係

図7 反力バネの特性値

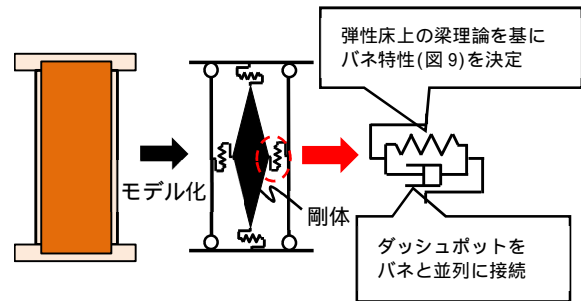
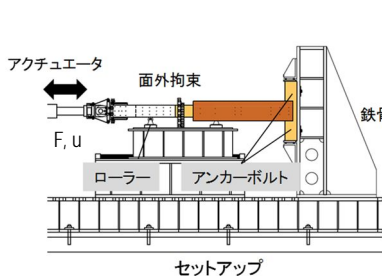


図8 耐力壁の簡易モデル



(a)釘接合部実験

(b)実験値と計算値の比較

図9 釘接合部の繰返し挙動の再現

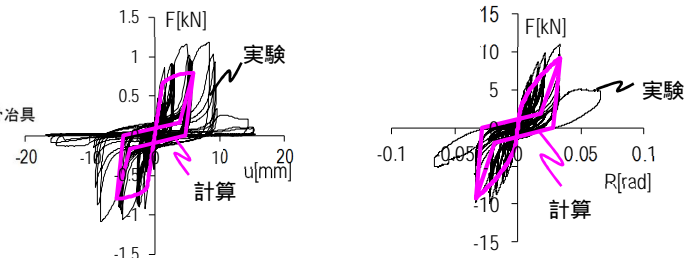


図10 面材壁の実験値と計算値の比較

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

| |
|---------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 小川一真, 田中亮磨, 鈴木賢人, 菅原和正, 真崎雄一, 永野正行 |
| 2. 発表標題 初期損傷と繰り返し载荷を受けた面材耐力壁の劣化挙動 その1 初期損傷を与えた面材壁の繰り返し载荷実験 |
| 3. 学会等名 日本建築学会大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 田中亮磨, 鈴木賢人, 小川一真, 菅原和正, 真崎雄一, 永野正行 |
| 2. 発表標題 初期損傷と繰り返し载荷を受けた面材耐力壁の劣化挙動 その2 構造特性の変化 |
| 3. 学会等名 日本建築学会大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 Kazuma OGAWA, Kento SUZUKI, Ryoma TANAKA, Masayuki NAGANO, Masayoshi KOMIYAMA, Yuichi MASAKI |
| 2. 発表標題 Shear Performance of A Dynamically Loaded Wooden Wall |
| 3. 学会等名 2018 World Conference on Timber Engineering (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 鈴木賢人 |
| 2. 発表標題 釘の変形モードを仮定した釘接合部のせん断力-すべり量関係簡易評価に関する試み |
| 3. 学会等名 日本木材学会大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|-----------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 小川一真, 鈴木賢人, 田中亮磨, 小宮山征義, 真崎雄一, 永野正行 |
| 2. 発表標題 動的載荷された木質面材大壁の面内せん断性能と動的効果の評価 その1 鉛直構面の面内せん断実験 |
| 3. 学会等名 2017年度日本建築学会大会(広島)学術講演梗概集 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|----------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 田中亮磨, 鈴木賢人, 小川一真, 小宮山征義, 真崎雄一, 永野正行 |
| 2. 発表標題 動的載荷された木質面材大壁の面内せん断性能と動的効果の評価 その2 接合部曲げ実験と釘接合部せん断実験 |
| 3. 学会等名 2017年度日本建築学会大会(広島)学術講演梗概集 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|----------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 鈴木賢人, 小川一真, 田中亮磨, 小宮山征義, 真崎雄一, 永野正行 |
| 2. 発表標題 動的載荷された木質面材大壁の面内せん断性能と動的効果の評価 その3 面内せん断性能と動的載荷における荷重上昇の評価 |
| 3. 学会等名 2017年度日本建築学会大会(広島)学術講演梗概集 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 田中亮磨, 鈴木賢人, 永野正行 |
| 2. 発表標題 繰り返し地震を受ける木質建物の変形増大に関する一検討 |
| 3. 学会等名 日本地震工学会・大会-2017 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|----------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 鈴木賢人 |
| 2. 発表標題 釘の面圧性能を用いた面材大壁耐力壁の静的および動的繰り返し挙動評価に関する試み |
| 3. 学会等名 日本木材学会大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

| 6. 研究組織 | | | |
|---------|---------------------------|-----------------------|----|
| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
| | | | |