

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：82113

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K23560

研究課題名（和文）伝統木造住宅の倒壊限界変形向上のための破壊機構推定に関する研究

研究課題名（英文）Estimation of Collapse Modes of Traditional Timber Houses for Improvement of Collapse Ultimate Deformation

研究代表者

大村 早紀 (Ohmura, Saki)

国立研究開発法人建築研究所・構造研究グループ・研究員

研究者番号：70848283

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：(A)崩壊形推定式の提案：2階建て伝統木造軸組架構を対象とし、崩壊形を推定可能な崩壊形推定式を提案した。架構の崩壊形が1層崩壊形・2層崩壊形・全体崩壊形のいずれかとし、各崩壊形について求めた層せん断耐力が一番小さい崩壊形となるとする。本成果により、伝統木造住宅の変形性能を向上させる耐震対策を検討可能とした。

(B)水平構面による影響分析：建物の構造が振動特性に及ぼす影響の把握のための応答解析を行った。検討対象建物は1列3室型の2階建て京町家とし、せん断バネおよび回転バネで結ばれた4質点系でモデル化した。解析により、伝統木造住宅において、ある構面の崩壊形が隣接構面による影響を受ける可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、2016年熊本地震など、設計時の想定を超えた極大地震による、木造住宅の倒壊被害が多数報告されている。今後も発生が予測される極大地震に対して、木造住宅の倒壊被害を軽減するため、変形性能を向上させる耐震対策が急務となっている。本研究の成果は、伝統木造住宅の変形性能に大きく関わる崩壊形を推定するという新たな考え方を提案するものであり、変形性能を向上させる耐震対策を講じることを促進できるものである。

研究成果の概要（英文）：In Japan, large earthquakes are expected to hit buildings including traditional timber houses. We need to improve deformation performance of these houses for prevention of collapse during earthquakes. The purpose of this research is to suggest a method that can evaluate collapse-limited deformation of traditional timber houses. Two topics, (A) suggestion of equations to estimate collapse modes and (B) analysis on effect of horizontal planes, are shown in this research.

研究分野：木質構造

キーワード：伝統木造住宅 崩壊形 倒壊限界変形

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、2016年熊本地震など、設計時の想定を超えた極大地震による、木造住宅の倒壊被害が多数報告されている。今後も発生が予測される極大地震に対して、木造住宅の倒壊被害を軽減するため、変形性能を向上させる耐震対策が急務となっている。また、日本には伝統的な軸組構造で建てられた木造住宅（以下、伝統木造住宅）が多数残っており、住宅としての機能とともに、建物自体が文化的価値を有する。したがって、伝統木造住宅の倒壊被害軽減のため、倒壊限界変形の適切な評価は極めて重要な課題である。

2. 研究の目的

本研究課題では、伝統木造住宅の倒壊限界変形評価のための実用的な破壊機構推定法の構築を目的とし、(A) 崩壊形推定式の提案、(B) 水平構面による影響分析を行った。

3. 研究の方法

(A) 崩壊形推定式の提案¹⁾

担当者らは、大垂壁付き架構を対象とした崩壊形推定式を構築し、変形性能評価に資する新たな考え方を提案した³⁾。そこで、より一般的な架構の崩壊形推定を目的とし、崩壊形推定式をより一般的な架構に適用できる形に改良する。

(B) 水平構面による影響分析²⁾

建物の固有周期および鉛直・水平構面の剛性バランスや、入力地震動の特性が、建物の振動特性や応答性状に及ぼす影響の把握を目的とする。

検討対象建物は、構面の配置が簡潔な1列3室型の2階建て京町家とする。モデルの特性および解析結果を理解しやすくするため、建物の主要2構面（大黒構面・小黒構面）を取り出し、せん断バネおよび回転バネで結ばれた4質点系でモデル化する（図3参照）。解析モデルの解析変数は鉛直構面および水平構面のせん断剛性とする。まず、平均的な仕様の京町家の重量やベースシア係数から、基本モデルを作製する。次に、鉛直構面のせん断剛性のバランスの違いによる変化を分析するため、2構面の固有周期が異なる場合、片方の構面のみ1階に変形集中する場合の2ケースの解析モデルを作製する。また、各ケースについて、水平構面のせん断剛性を連続的に変化させ、振動特性および応答への影響を把握する。

応答解析では、解析モデルの物性に1/30rad時の等価剛性を用いた線形解析とする。また、減衰定数が振動数に依存しないよう、減衰定数が振動数によらず0.05で一定とした周波数応答解析を行う。入力地震動にはGabor波を用いることで、卓越周期および継続時間が応答に及ぼす影響を把握する。

4. 研究成果

(A) 崩壊形推定式の提案

図1の構面について、桁が紙面左方向に変位する場合の崩壊形を推定する。ここで、 s_1Q_1 、 s_2Q_1 、 tQ_1 をそれぞれ1層崩壊形・2層崩壊形・全体崩壊形での1層の層せん断耐力とし、崩壊形を式(1)より判定する。

$$\min(s_1Q_1, s_2Q_1, tQ_1) = \begin{cases} s_1Q_1 & (1 \text{ 層崩壊形}) \\ s_2Q_1 & (2 \text{ 層崩壊形}) \\ tQ_1 & (\text{全体崩壊形}) \end{cases} \quad (1)$$

また、 s_1Q_1 、 s_2Q_1 、 tQ_1 はそれぞれ式(2)～(4)より算出する。

$$s_1Q_1 = \sum_i C_{1i} + \sum_j W_{1j} \quad (2)$$

$$s_2Q_1 = \mu \cdot s_2Q_2 = \mu \cdot \left(\sum_i C_{2i} + \sum_j W_{2j} \right) \quad (3)$$

$$tQ_1 = \beta_1 \cdot \sum_j W_{1j} + \beta_2 \cdot \sum_k W_{2k} \quad (4)$$

ここで、 C_{ni} は柱*i*折損時の*n*層のせん断力、 W_{1j} 、 W_{2k} はそれぞれ1層壁*j*・2層壁*k*のせん断耐力、 b_n は*n*層壁のせん断力調整係数（ $n=1, 2, i=1, 2, \dots, j=1, 2, \dots, k=1, 2, \dots$ ）であり、それぞれ式(5)～(7)より算出する。

$$C_{ni} = \frac{\gamma_i \cdot F_{bi} \cdot Z_{ei}}{h_n} \quad (5)$$

$$W_{1j} = q_{w1\max} \cdot L_{w1j}, \quad W_{2k} = q_{w2\max} \cdot L_{w2k} \quad (6)$$

$$\beta_n = \frac{\mu \cdot h_n}{\mu \cdot h_1 + h_2} \quad (7)$$

ここで、 h_n は n 層の高さ、 Z_{ei} は柱 i の差鴨居接合部での有効断面係数、 F_{bi} は柱 i の曲げ強度、 q_{wmmax} は n 層壁の単位幅当たりのせん断耐力、 L_{w1j} , L_{w2k} はそれぞれ 1 層壁 j ・2 層壁 k の柱芯々での幅 ($n=1, 2, i=1, 2, \dots, j=1, 2, \dots, k=1, 2, \dots$) とする。また、 g_i は柱 i の曲げ耐力低減係数 ($i=1, 2, \dots$) であり、1 層崩壊形での変形方向側の側柱および 2 層崩壊形での変形方向逆側の側柱は 1.0、その他の柱は 0.5³⁾ とする (図 2 参照)。

本提案式を実大平面架構の実験結果に適用し、崩壊形推定における有効性を確認した。

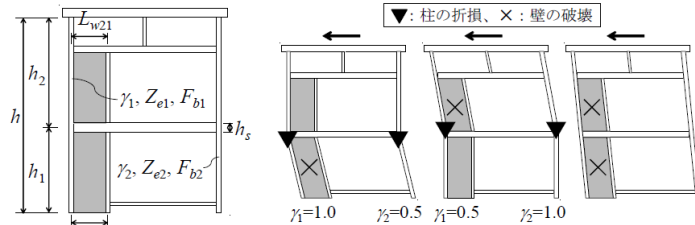


図 1 構面例

図 2 架構の崩壊形 (左から、1 層崩壊形、2 層崩壊形、全体崩壊形)

(B) 水平構面による影響分析

解析結果の一部として、片方の構面のみ 1 階に変形集中する場合 (Case2)²⁾ の結果を示す。

水平構面のせん断剛性による鉛直構面の 1・2 階の層間変位差の変化として、Gabor 波の波数 $k=15$ の場合の各構面の最大層間変位を図 4 に示す。1 次モード直線形の T_S 構面について、床剛性比=0 では 1・2 階の層間変位がほぼ一致しているものの、床剛性比=0.1 程度から床剛性比の上昇に伴って 1・2 階の変位差が発生している。また、1 階に変形集中する T_L 構面についても、床剛性比の上昇に伴って 1・2 階の変位差が増大していることがわかる。

このように、各階の層間変位が均一である構面でも、1 階に変形集中する構面と連結された場合、水平構面のせん断剛性の上昇とともに 2 階に対して 1 階の変形が大きくなることが確認された。このとき、1 階に変形集中する構面でも、さらに変形集中が増大する可能性がある。

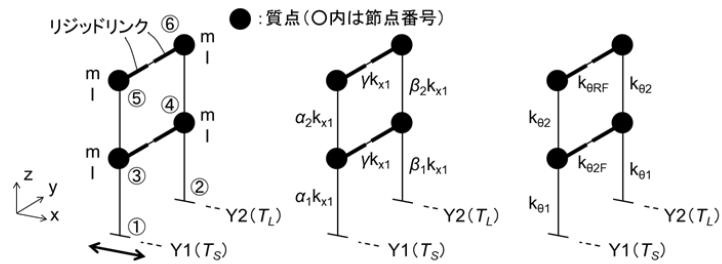


図 3 解析モデル (回転方向はXRモデルのみ使用)

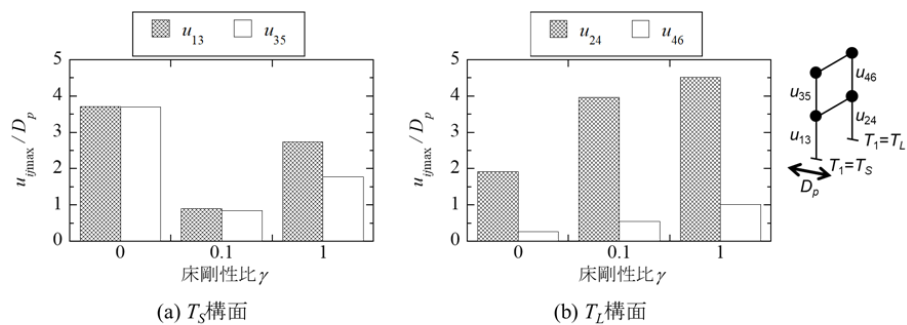


図 4 【Case2】鉛直構面における1・2階の最大層間変位差の変化 (XRモデル, 卓越周期 $T_p = T_0 = T_S$, 波数 $k=15$)

[参考文献]

- 1) 大村早紀, 杉野未奈, 林 康裕 : 伝統木造建物の崩壊形推定式の提案, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造III, pp.609-610, 2019.9.
- 2) 大村早紀, 符 栄吉, 杉野未奈, 林 康裕 : 柔な水平構面で連結された 2 階建て鉛直 2 構面モデルの線形応答解析, Paper No. A-2-4, 日本地震工学会・大会-2020, 2020.12.
- 3) 大村早紀, 杉野未奈, 林 康裕 : 大垂壁を有する伝統木造建物の耐力および崩壊形の簡易推定式の提案, 日本建築学会構造系論文集, 第 83 巻, 第 743 号, pp.147-154, 2018.1.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大村早紀, 杉野未奈, 林 康裕
2. 発表標題 伝統木造建物の崩壊形推定式の提案
3. 学会等名 2019年度日本建築学会大会(北陸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大村早紀, 符 栄吉, 杉野未奈, 林 康裕
2. 発表標題 柔な水平構面で連結された2階建て鉛直2構面モデルの線形応答解析
3. 学会等名 日本地震工学会・大会 - 2020
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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------