

1) - 3 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【安全・安心】

Estimation of Collapse Modes of Traditional Timber Houses for Improvement of Collapse Ultimate Deformation

(研究開発期間 平成31～令和2年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

大村早紀
OHMURA Saki

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 report.

【研究開発の目的及び経過】

今後も発生が予測される極大地震に対して、伝統木造住宅の倒壊被害を軽減するためには、変形性能を向上させる耐震対策が必要不可欠である。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¹⁾、(B) 水平構面による影響分析²⁾を行った。

【研究開発の内容】

(A) 崩壊形推定式の提案

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

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、4参照)。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。

【研究開発の結果】

(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 、 iQ_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。

$$\min(s_1Q_1, s_2Q_1, iQ_1) = \begin{cases} s_1Q_1 & \text{(1層崩壊形)} \\ s_2Q_1 & \text{(2層崩壊形)} \\ iQ_1 & \text{(全体崩壊形)} \end{cases} \quad (1)$$

また、 s_1Q_1 、 s_2Q_1 、 iQ_1 はそれぞれ式(2)～(4)より算出する。

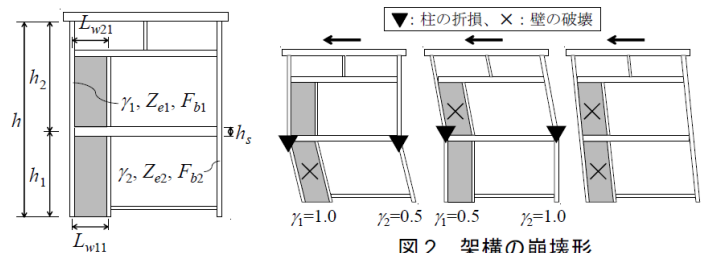


図1 構面例

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)

$${}_1Q_1 = \sum_i C_{1i} + \sum_j W_{1j} \quad (2)$$

$${}_2Q_1 = \mu \cdot {}_2Q_2 = \mu \cdot \left(\sum_i C_{2i} + \sum_j W_{2j} \right) \quad (3)$$

$${}_1Q_1 = \beta_1 \cdot \sum_j W_{1j} + \beta_2 \cdot \sum_k W_{2k} \quad (4)$$

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 $j \cdot 2$ 層壁 k のせん断耐力、 β_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。

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

$$W_{1j} = q_{w1max} \cdot L_{w1j}, W_{2k} = q_{w2max} \cdot L_{w2k} \quad (6)$$

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

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_{wmax} 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 $j \cdot 2$ 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、 γ_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 $0.5^{3)}$ 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。

(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5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。

【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.

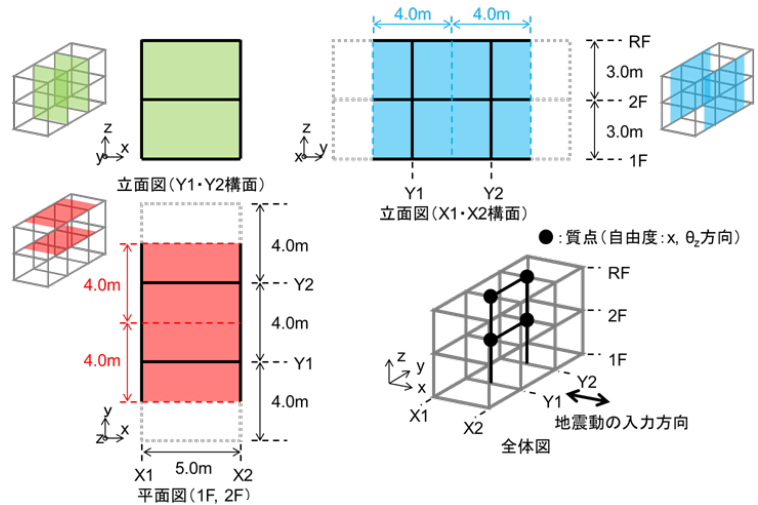


図3 検討対象建物の模式図

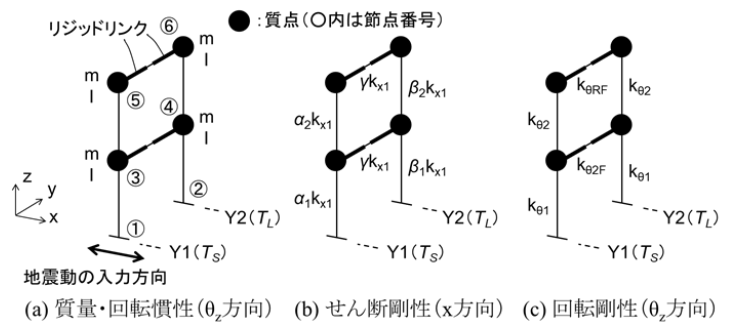


図4 解析モデル(回転方向はXRモデルのみ使用)

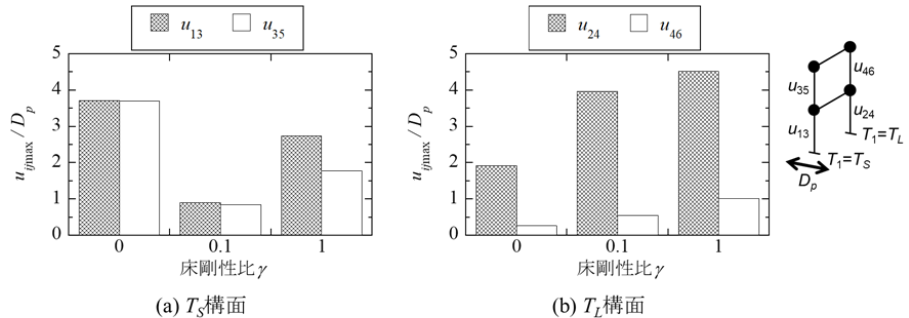


図5 【Case2】鉛直構面における1・2階の最大層間変位差の変化 (XRモデル, 卓越周期 $T_p = T_0 = T_s$, 波数 $k=15$)