

能登半島地震における伝統的木造住宅を対象とした地震応答解析

金沢大学大学院 鎌田 嵩之
 金沢大学理工研究域 正会員 村田 晶
 金沢大学理工研究域 正会員 宮島 昌克

1. はじめに

能登半島地震で倒壊した建物は古い木造家屋や倉庫、納屋に集中し、鉄筋コンクリート造や鉄骨造の建物には被害が少なかったことが悉皆調査等により分かっている。木造家屋については1981(昭和56)年に導入された新耐震基準を満たした建物の被害は少なく、これ以前に建てられた建物の耐震性が課題として浮き彫りとなっている。特に被害の大きいものは、土塗り壁などのある古い木造家屋や店舗併用住宅で、玄関から奥へ通じる通り庭や屋内廊下、土間等がある建築物であった。前面の道路と平行する壁が極めて少ない建物は大きな被害を被った。ところで、近年の住宅は、筋違い入りの耐震壁を中心とした剛性の高い壁を多く採用しているのに対し、貫や土塗壁を用いた伝統構法では、一般的にその剛性は低く周期が長くなっている。これは、伝統構法では仕口部分が完全な剛節でなく、ある程度の回転バネの特性を持っているためと考えられる。しかし、伝統構法が土壁を壊す、接合部で変形を吸収するなどしてゆれを柔軟に受け流す仕組みを持っている側面もある。復元力による変形性能も大きいことが分かっている。また、伝統木造建築物の耐震性評価に関する研究は古くから始まり、近年盛んに行われている^{1),2)}。近年の研究で、貫、柱、組物といった各要素の耐震性能は明らかになってきてはいるが、これらが組み合わさった建物全体の耐震性能はまだ明らかでなく、十分でないのが現状である。

そこで本研究では、そのような建物を対象としてフレーム解析を用いて3次元の地震応答解析を行い、詳細に耐震性能の評価を行う。本研究の目的は、能登半島地震で被災した建物、特に多く被災した伝統的木造住宅の被害を、主として建物の耐震性能から明らかにしていくこととする。さらに、劣化を考慮した場合に、建物の耐震性にどれほどの影響が出るのか定量的に把握することを目的とする。

2. フレーム解析による地震応答解析

本研究において、地震外力による影響を3次元の水平構面で評価するために、部材ごとの復元力特性の情報を加えた、変位法に基づくフレーム解析を用いる。解析ソフトはDYNA2Eを用いる。

解析を行うにあたり、伝統構法特有の仕口モデルを設定する。伝統木造構造物の耐震要素として、仕口の回転抵抗、太い柱の回転復元力、土壁・板壁のせん断抵抗などがあるが、柱貫仕口(接合部)に代表される木材のかみ合わせで発生する回転抵抗が最も主要な要素であると考えられる。その回転抵抗は、めり込みと摩擦が主な抵抗要素となり、その挙動はめり込みの弾塑性復元力特性に支配される。

めり込み現象は、連続体相互の接触と部分圧縮という構図で説明される。

柱貫接合部に関しては、柱貫仕口の力学モデルが、稲山³⁾により、めり込み抵抗モデルに基づいた実用的な算定式が示されている。この稲山のめり込み理論を基本とした回転バネの非線形特性を設定する。

対象とする住宅を写真1に、その平面図を図1にそれぞれ示す。被災した木造住宅が多かった門前町道下地区の住宅で、前面道路に平行して壁が少なく、壁量充足率は梁間方向88.6%、桁行方向49.7%であり、どちらの方向も必要壁量を満たしていない。桁行方向(前面道路に平行する側)の壁が少なく梁間方向の壁量から考えて、壁配置に偏りがあるといえる。また、主に土塗り壁で構成され、玄関から奥にかけて土間が存在するいわゆる伝統的木造住宅であり、地震で多く被害が生じた住宅の特徴を有している。実被害としては、開口部が多く桁行方向の壁が少ないため梁間方向(前面道路側)に建物全体が傾斜していたが、倒壊には至らなかった。図2にフレーム解析でのモデル図を示す。各部材の寸法は主に実測値で表1に示す。材質については、能登の伝統的木造住宅の使用樹種を参考とし、ヒバ、スギのヤング係数は建築学会木質構造設計規準²⁾の値を用い、それぞれ 9.0×10^6 (kN/m²)、



写真 1 対象住宅

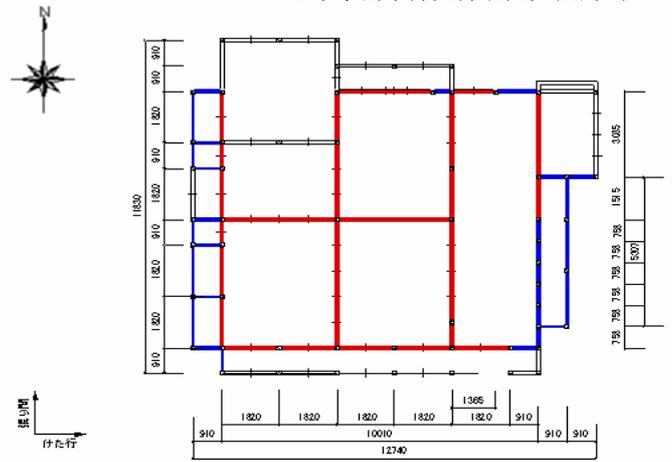


図 1 対象住宅平面図

7.0×10^6 (kN/m²)とした。また、その他の材料特性を表 2 に示す。入力地震動は K-NET 富来波を用い、時刻歴地震応答解析は Newmark β 法 ($\beta=1/4$) による直接積分法を用いる。時間刻みは 0.002(s)とし、解析を行い実被害の変位等との比較を行う。被害判定としては、層間変形角を用いる。損傷限界角を 1/120、安全限界角は伝統構法であることを考慮して 1/15 とし、梁間方向および桁行方向それぞれにおいて被害の判定を行う。また、経年劣化による部材の劣化による考慮を行うため、接合部の回転バネの回転剛性および部材のヤング係数を数%低下させた解析もを行い実被害との比較を行う。

紙面の制約上、解析結果およびその考察については発表時に譲ることとする。

表 1 各部材寸法

部材	材質	断面寸法 (mm)
柱	ヒバ	135 × 135
梁、桁	ヒバ、スギ	135 × 300
貫	スギ	24 × 120
母屋	スギ	90 × 90

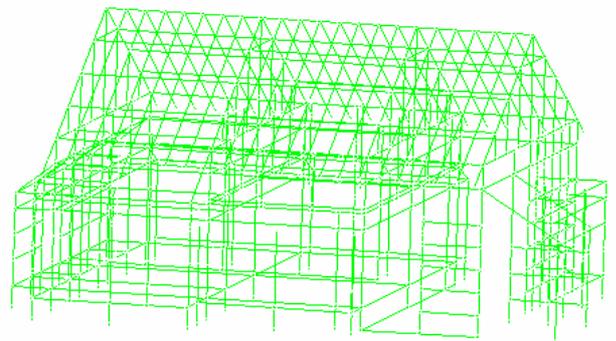


図 2 フレーム解析モデル

表 2 材料特性

材料	ポアソン比	ヤング係数 E (kN/m ²)	せん断弾性係数 G (kN/m ²)	減衰定数 h	単位体積質量 (kg/m ³)
ヒバ	0.4	9.0×10^6	6.0×10^5	0.05	4.2
スギ	0.4	7.0×10^6	4.67×10^5	0.05	3.7

参考文献

- 1) 花里利一, 萩原幸夫, 稲山正弘, 大倉靖彦, 三井所清典, 坂本功: 木造伝統構法五重塔の設計における構造安全性の検討, 日本建築学会技術報告集, vol.7, pp.33-38, 1999.
- 2) 鈴木隆志, 伊津野和行, 土岐憲三: 懸造形式を有する伝統木造建築物の保有水平耐力と地震応答, 日本建築学会構造工学論文集, Vol.52B, pp.477-490, 2006.
- 3) 稲山正弘: 木材のめり込み理論とその応用, 東京大学博士学位論文, 1991.
- 4) 日本建築学会: 木質構造設計規準同解説, 丸善, 2002.