

木質構造

香川大学 工学部 安全システム建設工学科
助教 宮本慎宏

1 木造建物の構造的特徴

木造建物には一般的に大きく分けて伝統構法と在来工法の二種類があり、それぞれの構造的特徴は異なる。伝統構法の木造建物は土塗壁や貫を主要な耐震要素とし、耐力は低いが変形性能は高く、基礎と柱を緊結しない。一方、在来工法の木造建物は筋かいや合板を主要な耐震要素とし、耐力は高いが変形性能は低く、基礎と土台を金物で緊結する。どちらの建物の方が地震に強いと一概には言えない。図1と2に示す2007年能登半島沖地震の被害例を見ると、礎石と柱を緊結しない伝統構法の鐘楼は水平移動しただけでほとんど被害はなかったが、土台と基礎を緊結した在来工法の住宅は接合部の破壊が原因で倒壊に至った。また、木造建物は腐朽や蟻害など部材が劣化すると耐震性に影響が出るため、建物の安全性を検証する際には、耐久性と耐震性の両方を適切に評価する必要がある。

木造建物における耐震要素として、土壁や筋かいなどの耐力壁だけでなく建具などの非構造要素も挙げられる。例えば図3に示す2007年能登半島沖地震の被害例を見ると、建具がせん断変形して地震時に抵抗した痕跡が見られる。実際に図4のような構造実験結果からも建具の有り無しで耐力に差があることがわかっている。



図1 鐘樓の水平移動



図2 住宅の倒壊



図3 建具の地震被害



図4 建具の構造実験

2 建物の振動

建物の地震時における揺れ方を特徴付ける指標の一つとして固有周期が挙げられる。固有周期は建物が高いほど長く、剛性の大きい建物ほど短くなるため、一般的に在来工法に比べて伝統構法の木造建物の固有周期は長い。地震時における建物の揺れを抑制する効果を減衰と呼び、木造建物は鉄骨造や鉄筋コンクリート造に比べて減衰性能が高いと言われている。建物に inputs する地震動の特徴を表す指標の一つとして応答スペクトルが挙げられる。それぞれの地震で観測された時刻歴波形を応答スペクトルに変換することで、各地震動の波形の中で卓越している周期を読み取ることができる。地震動の卓越周期と建物の固有周期が近いと共振と呼ばれる現象が起き、建物にとって非常に危険である。

3 木造建物の地震被害と地盤特性

建物と同様に地盤にも固有周期があり、軟弱地盤の固有周期は長く、硬質地盤の固有周期は短い。地中で発生した地震の波は地盤を伝わって地表面に入力される。地表面における地震動の卓越周期は地盤特性によって決定され、硬質地盤上では卓越周期が短く、軟弱地盤上では卓越周期が長い。この特性は過去の地震被害例を見ても顕著である。例えば1923年に発生した関東大震災では、軟弱地盤の広がる下町では固有周期の比較的長い木造建物、硬質地盤の広がる山の手では固有周期の比較的短い土蔵の被害が多かった記録が残っている。また、近年の2007年新潟県中越沖地震においても、同程度の耐震性能を有する2つの寺院について、固有周期の短い地盤上に建っていた寺院は被害がほとんどなく、固有周期の長い地盤上に建っていた寺院は土壁の剥落や柱の傾斜など比較的被害が大きかった事例がある。この現象は建物と地盤の固有周期の関係で説明することができる。

4 木造建物の耐震設計

木造建物の耐震設計法として、壁量計算、許容応力度計算、限界耐力計算、時刻歴応答解析が挙げられる。この中で壁量計算と許容応力度計算は建物の強度が大きいほど有利な計算方法となっており、耐力が低く変形性能の高い伝統構法の木造建物にとって不利になる場合がある。一方、限界耐力計算と時刻歴応答解析は建物の強度と変形性能を考慮した計算方法であり、伝統構法の木造建物の構造的特徴を適切に反映できる可能性がある。限界耐力計算は建物を一質点系に縮約した簡易な計算方法であり、時刻歴応答解析は建物を精緻にモデル化することで詳細な計算が可能である。時刻歴応答解析の例として図5に示す愛媛県大洲市に現存の少彦名神社参籠殿を紹介した。この建物は地山の斜面上に建っており、内部に壁がほとんどない伝統構法の木造建物である。時刻歴応答解析を行うことにより、耐震性能を適切に評価できることを示した。



図5 少彦名神社参籠殿