

## 論文の要旨

題目 小・中地震による繰返し変形が木造住宅の耐震性能に及ぼす影響  
(Effect of numerous small deformations due to moderate earthquakes on seismic performance of conventional wooden house)

氏名 井上 涼

本論文の目的は、木造住宅の長期使用に向けて、小・中地震による繰返し変形が木造住宅の耐震性能や大地震時の応答変形に与える影響を明らかとするとともに、大地震後の継続的な使用を考えた場合に必要な耐震性能を繰返し変形による劣化を考慮して提案することである。本研究は、釘接合部および耐力壁の繰返し実験を実施し、釘接合部から耐力壁を計算で説明できること、またそれぞれで得られた耐力劣化傾向を関連付けられること、壁実験で得られた結果を用いて解析的に住宅の劣化を含む応答変形を検討したことに特色がある。つまり、この手法を用いることで、様々な面材料を用いた耐力壁の耐震性能に繰返し変形が与える影響についても、釘接合部の実験結果を用いることで説明できることを示唆した。本論文は全6章で構成されており、各章で得られた成果は以下の通りである。

第1章では、研究の背景、目的、既往の研究について述べた。木造住宅の長期使用のためには大地震被災後の継続使用率の増加が課題の一つであり、大地震後の継続使用を想定した場合に必要な性能の検討が重要である。一般的に耐震性能は健全の場合をもって議論されるが、地震大国である日本では繰返し地震による劣化を考慮する必要がある。大変形域においては先行研究があるものの、弾性域とみなされるような小変形の繰返しによる劣化傾向については、検討例が少ない。日本では稀地震以下の小・中地震がしばしば発生していることから、現状考慮されていない小・中地震による繰返し小変形が、木造住宅の耐震性能に与える影響を把握する必要があることを示し、本研究の意義を述べた。

第2章では、地震時の木造住宅の内外装仕上げの損傷状況から経験最大層間変形を推定するための指標について検討した。仕上げ付き耐力壁の静的実験によって経験変形と損傷状況の関係を把握するとともに、実大振動台実験の損傷観察結果や既往研究の報告と併せて整理し、推定指標を提案した。2016年熊本地震を被災した木造住宅の使用状況についての追跡調査により、被災住宅のほとんどが継続使用されていない現状が示された。大地震被災後の継続使用のためには、一部損壊に分類される被害レベル D2 程度に損傷を留める必要があることがわかった。先に提案した外装仕上げの損傷状況から経験最大変形を推定するための指標と照合した結果、被害レベル D2 に相当する変形角は  $1/60\text{rad}$  程度であることがわかった。以上のことから、大地震後の継続使用のためのクライテリアを  $1/60\text{rad}$  として提案した。

第3章では、合板、OSB、MDF、石膏ボードを用いた釘接合部について小変形の繰返し実験を実施した。いずれの面材の場合においても、繰返し小変形が釘接合部の降伏耐力や最大耐力といった強度特性値に影響を与えないことが明らかとなった。ただし、同一振幅が繰り返される状況において、 $1/2000\text{rad}$  といった微小な変形の場合でも荷重の低下を確認した。

また、石膏ボードの荷重低下傾向はその他の面材と比べて特に大きかった。本研究で取り上げた木質面材の荷重低下傾向は、いずれの面材を用いた場合でも概ね同様であった。

第4章では、繰返し小変形が合板壁、石膏ボード壁、筋かい壁のせん断性能へ与える影響を実験的に検証した。合板壁、石膏ボード壁については、接合部の場合と同様に小変形の繰返しが強度特性値に明確な影響を与えないこと、同一振幅の繰返し時の荷重低下を確認した。また、実大壁においても石膏ボードの荷重低下傾向は合板壁と比較して大きいことがわかった。一方で、筋かい壁については  $1/200\text{rad}$  程度までの小変形の繰返しによる明確な荷重低下傾向がみられなかった。釘接合部の劣化傾向を既存の面材張り大壁の耐力計算方法に適用することで、実大壁の荷重低下傾向を概ね説明可能であることがわかった。

第5章では、第4章で得られた合板壁および石膏ボード壁の経験変形と繰返し数から算出した耐力低減係数を用いて、2質点系せん断モデルによる応答解析を実施した。著しく耐震性能の低い住宅を除けば、中地震を複数回経験する場合でも大きな応答変形の増加を示さず大地震時の応答変形にも影響しないことから、考慮の必要が小さいことがわかった。ただし、震度5弱を超えるような地震の場合には、その後の大地震時の応答増加の可能性が示され、その倍率の最大値は1.25倍程度となった。健全時の応答変形が倒壊に近い住宅や、継続使用のクライテリアに近い住宅については、応答倍率1.25の持つ影響が大きくなるを考える。 $C_0=0.3\sim 1.0$ の住宅において、小変形の繰返しを受けることによる応答倍率を一律に1.25倍と見込んだ場合の変形は健全時の0.85~0.95倍の耐震性能を持つ住宅に対応したことから、震度4以上の中地震を経験した既存住宅の耐力低減率として0.9を提案する。大地震後の継続使用を考えた場合、応答変形を継続使用のクライテリア( $1/60\text{rad}$ )に留めるために木造住宅に必要な耐震性能は、平均的に見て  $C_0$ 換算値で概ね0.6程度であることがわかった。

第6章では、各章における内容を総括し、本研究の成果をまとめるとともに、今後の課題を併せて示し、全体の結論とした。

以上より、著しく耐震性能の低い住宅を除けば、震度4までの小地震を複数回経験する場合でも大きな応答変形の増加を示さず、平均的に見て大地震時の応答変形にも影響しないことから、考慮の必要が小さいことがわかった。震度5弱を超えるような地震の場合には、その後の大地震時の応答増加の可能性が示され、設計時の耐震性能に余力を持たせておくことの重要性を改めて示す結果となった。既存住宅についても中地震を経験していた場合には、耐震性能の低減率を0.9前後として必要耐震性能に対して少し余裕をもって補強を施すことで、より長く使い続けることのできる住宅が実現するのではないかと考える。