

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	角田 功太郎
論文題目	大地震後の継続使用性確保のための木造住宅の要求耐震性能		
(論文内容の要旨)			
<p>本研究は、想定される大地震に対して倒壊を防ぐだけでなく、その後も継続使用できる木造住宅の耐震性能とその実現可能性を探ることを目的としたものである。</p> <p>第1章「緒言」では、研究の背景、目的、既往の研究について述べた。1995年兵庫県南部地震以降、度重なる大地震によって木造住宅を中心に大きな被害を受けたが、特に直接大きな被害をもたらした2016年熊本地震では、倒壊を免れた住宅であっても、その後に取り壊されて継続使用されていない例が多数見受けられたことに注目した。人命を守るだけでなく、地震後も安全・安心に継続使用できるような高耐震化住宅の実現に向けて、既往の研究と関連付けながら研究の意義を述べた。</p> <p>第2章「2016年熊本地震から2年が経過した益城町市街地の被災建物の現況調査」では、2016年熊本地震の被災地である熊本県上益城郡益城町で2年後の建物復旧調査を実施し、被災建物の被害レベル・建築年・構造種別などと2年後の使用状況の関係を定量化した。結果、被害レベルがD2（一部損壊程度）と判定された建物でも、約半数が取り壊されていることが明らかとなった。本研究では、D2の被害レベルを継続使用可能な損傷限界として定義し、次章以降の検討を進めた。</p> <p>第3章「耐震性能の異なる住宅の熊本地震に対する応答と損傷」では、建築基準法の最低基準、および、品確法の耐震等級3相当の耐震性能を有する木造住宅の実大試験体に対して、振動台上で熊本地震の際に計測された地震動を入力し、応答性状と損傷程度を把握し耐震性能を評価した。そして熊本地震で被災した住宅の被害レベルと実験で試験体が被った被害レベルとを比較することで実験の妥当性を確認した。最低基準の試験体の被害レベルはD1、D2程度と推定され、計測地震動周辺の被害状況を概ね再現できた。一方で、耐震等級3相当の試験体には被害はほとんど見られず、その後の継続使用が十分に可能であると示した。</p> <p>第4章「木造住宅の地震時ロッキング挙動」では、地震時の応答・損傷低減に寄与すると考えられるロッキング挙動について考察した。木造住宅の柱の浮き上がりに注目し、柱脚の固定条件による応答と損傷への影響について振動台実験を通して検証し、その地震時応答を再現することができる解析モデルについて検討した。実験では柱の浮き上がりを許容することによる応答低減、接合方法の違いによる応答の差を確認した。また、これらの異なる柱脚条件を有する試験体の応答を精度よく再現できるモデルを作成した。在来軸組工法における柱脚の浮き上がりとそれによるロッキング挙動を伴う構造体の動的特性を把握する上で、本章で示した解析モデルの有効性を示した。</p> <p>第5章「木造住宅の地震時倒壊挙動」では、実大試験体に対する振動台実験を通して解析手法の妥当性を確認し、熊本地震で被災した木造住宅の倒壊挙動の推定・再現を試みた。振動台実験では、前章で提案した解析モデルにより、実大木造住宅試験体のねじれを伴う倒壊挙動を再現することができた。同様の手法により、被災建物の地震時応答の再現を試みた。熊本地震で倒壊した対象住宅の損傷の様子・倒壊後の様子</p>			

を収めた写真をもとに地震時の最大応答変形・および倒壊挙動を推定し、解析モデルの妥当性を確認した。また、対象建物に対しては局地的に強い地震動が入力された可能性が高いことを明らかにした。

第6章「木造住宅の地震時応答の不確定性」では、木造住宅の地震時応答のばらつきに関する一考察として、振動台実験における同一試験体の同時加振における応答変位について主に注目し、応答のバラツキを再現できる数値解析モデルの構築を目指した。実験では、最大耐力に至ると応答が大きくばらつく現象が確認されたが、このばらつきと荷重変位関係性能・骨格曲線などとの相関は見られなかった。解析手法においては、この応答を再現するために、繰り返しの影響などの履歴特性を考慮できる解析モデルの検討が必要であると述べた。

第7章「大地震後の継続使用を可能とする耐震性能」では、被災地での調査の結果を踏まえて、大地震後の継続使用に要求される耐震性能を解析プログラムによって明らかにし、その性能実現の可能性について検討した。住宅メーカーによって実際に建築された住宅の間取りを分析すると、既存の筋かい等の耐力壁に加えて、外壁を構造用合板などの面材で被覆することにより、壁量充足率が平均で3倍程度になることを確認した。これらの住宅をモデル化し、観測地震波を入力する時刻歴応答解析を実施することによって予想される被害レベルを推定した。壁量充足率で3倍程度の耐震性能を有していれば、大地震後も継続使用が可能な損傷に抑えることができることを明らかにした。

第8章「結言」では、各章で得られた結論と課題を総括して述べた。

以上により、大地震後であっても安心安全に住まい続けることができる木造住宅の設計目標値を示した。その設計目標をより現実化すべく、現状のプランで可能であることを示すとともに、自然材料である木材のばらつきも考慮して目標値を設定した。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。
論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

2016年熊本地震においては、現行基準である2000年以降に建てられた木造住宅が倒壊を含む被害を受けたのみならず、軽微とみなされる被害を受けた住宅でも継続使用が困難であった。本研究では、熊本地震後の被災住宅の使用状況から着想を得て、人命はもちろんのこと、資産としての建物を守り、安全・安心な継続使用を実現しようとする点において新規性と有用性があるといえる。

特に特筆すべき点は以下の通りである。

1) 熊本地震による住宅の被害と使用状況について調査し、地震後でも継続使用を可能とするには、地震時の被害をどの程度に抑えるべきかを設定した点。すなわち、地震直後の被災状況だけではなく、被災時の被害・損傷の程度とその後の使用状況の関係について定量化し、さらには実験的手法と解析的手法を通して継続使用に求められる住宅の耐震性能について考察した点。

2) 一般的な耐震設計が図られた実大住宅試験体に対して熊本地震を入力する振動台実験を実施し、実際の被災住宅の応答と損傷の再現を試みた点。そして木造住宅の耐震性能と継続使用性の可否について考察した点。

3) 軸組工法における柱の浮き上がり・引き抜けを伴うロッキング挙動と、その応答低減・損傷低減効果を実験的に確認し、その挙動を解析的に再現した点。

4) 大地震後も継続して住まい続けることのできる目標耐震設計のレベルが現在の約3倍程であることを示した点。そして、その目標性能が現在のプランを変えることなく実現できることを示した点。

以上のように、我が国において、戸建て住宅の大半を占める木造住宅に対して、大地震時に安全に建物内にとどまることができ、かつ地震後も余震にも安心して住まい続けることのできる設計目標数値を示したことは、極めて有益であり、木質構造学、建築構造学、防災学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和4年1月20日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降 (学位授与日から3ヶ月以内)