

平成 30 年 5 月 15 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2014～2017

課題番号：26709039

研究課題名(和文)木質系平面異種混構造の耐震設計に関わる技術的課題への方策

研究課題名(英文) Toward resolving technical issues on seismic design of wooden horizontal hybrid structure

研究代表者

山崎 義弘 (Yamazaki, Yoshihiro)

東京工業大学・環境・社会理工学院・助教

研究者番号：70644425

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,700,000円

研究成果の概要(和文)：環境負荷の低い木造建築の大規模化にむけて、耐震性能や防耐火の理由から、建物の一部を鉄筋コンクリート造でコア化した「平面異種混構造」が注目を浴びている。本研究では、平面異種混構造の振動特性を説明できる新しい動力学モデルを導入し、その理論解析により地震力分布の評価式を提案した。また、1/3縮小模型の振動台実験、および数値解析モデルによるパラメトリック解析を実施し、小から大加振での動的挙動を把握し、提案した評価式の適用性を検証した。

研究成果の概要(英文)：Toward realization of large wooden buildings, wooden horizontal hybrid structure which involves stiff cores is focused on owing to the high seismic and fire safety. In this research, a new dynamics model representing the seismic behavior of horizontal hybrid structure was introduced, and evaluation formulae of seismic force distribution based on the theoretical analysis was proposed. In addition, shaking table test of one third scaled model and the numerical analyses were also conducted in order to discuss the dynamic behavior subjected to various intensity of earthquake motions. Finally, applicability of the proposed formulae was confirmed by comparison between test results and analysis results.

研究分野：耐震工学

キーワード：木質構造 平面異種混構造 連続体モデル 耐震設計 大規模木造

1. 研究開始当初の背景

2010年に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が施行され、国内では環境負荷の低い木造建築を推進していくことで二酸化炭素の削減を目指している。低層で平面的に大きい建物の場合、構造計画上や防耐火の理由から、建物の一部を鉄筋コンクリート造でコア化した「平面異種混構造」が有効である。しかし、その耐震設計の煩雑さから既存の設計指針類では平面異種混構造が対象外とされており、また実験・解析等による耐震性能の検証が十分になされていないことから、普及には至っていない。

2. 研究の目的

従来の耐震設計法を平面異種混構造にそのまま適用すると、部材応力を過小評価してしまうことが解析的に確かめられており、今のところその有効な手立てがない。そこで本研究では、平面異種混構造を動力学モデルの理論解析によって、基礎的な振動特性を把握するとともに、縮小模型の振動台実験によって小から大加振での動的挙動を把握し、理論解との比較を行う。以上により、木質系平面異種混構造を従来の構造物と同じ手順で設計できるように、設計上の技術的課題に対する合理的な解決策を提案する。

3. 研究の方法

本研究は、1) 動力学モデルの理論解析、2) 縮小模型の振動台実験、3) 数値解析モデルによるパラメトリックスタディ、の3種のアプローチによって実施した。

1) 動力学モデルの理論解析では、木造部分とコア部分の卓越モードが個別に出現することを前提に、コア部分を剛とした2次元均一せん断板に理想化した連続体モデルに作用する地震力を検討し、従来の1次元均一せん断棒の理論解との比較を行った。

2) 縮小模型の振動台実験では、木造部分を1/3縮小模型、コア部分を剛な鉄骨治具で再現した試験体を製作し、一方向地震入力を与え、小から大加振での動的挙動を把握した。また、実験で得られた地震力分布を1)の理論解で説明できるか検討した。

3) 数値解析モデルによるパラメトリックスタディでは、2)の振動台実験を再現できる数値解析モデルを作成し、実験で用いた特定の試験体だけでなく、広範な耐力壁配置を想定した平面異種混構造の動的挙動をパラメトリックスタディにより検討した。

4. 研究成果

1) 動力学モデルの理論解析(図1)では、従来の1次元モデルに比べ、2次元モデルでは加速度応答スペクトルで規定された地震動に対するベースシア応答が低減される場合があることが明らかとなった。このことは、最低次モードの等価質量比の低減に起因している。また、木造部分とコア部分の卓越モ

ードが個別に出現するという前提は、高次モード(コア部分の卓越モードに相当)も大きな等価質量を有することを表し、従来の重層建物を意図した耐震設計法の適用は不合理であることが明らかになった。以上を踏まえ、現行の耐震設計法の枠組みでは、ベースシア応答、および地震力分布の評価方法を見直す必要があり、雑誌論文3)でこれを提案した。

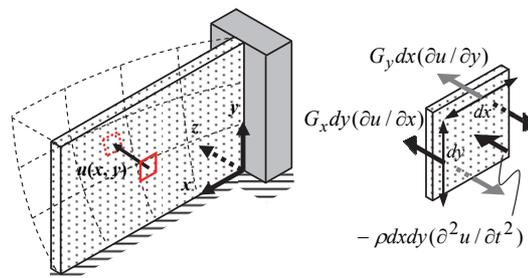


図1 平面異種混構造の動的挙動を模擬する2次元均一せん断板要素

2) 縮小模型の振動台実験(図2)では、壁を均等に配置した試験体では、概ね既往の理論通り、変位モードが正弦波形を示した。一方、中間壁が無い試験体では、中間部が膨らむような変位モードを示した。また、水平構面の剛性を高めた試験体は、固有振動数の増加、最大変位の低減が見られた。各階の木造部分およびコア部分における地震力の負担割合は、いずれの試験体も地震力の約60%をコア部分により負担できていた。壁を端部に集中配置した試験体では、他の試験体より壁枚数が少なくても、同程度の力がコアに伝達された。しかし、大加振時には壁が少ないことにより水平耐力が低く、塑性化の進行が早かった。Ai分布を比較したところ、全体的に最上階でも1.2程度までしか増幅しなかった(雑誌論文3))。以上の傾向は、雑誌論文2)で提案した理論解とも整合しており、提案モデルの妥当性を確認できた。

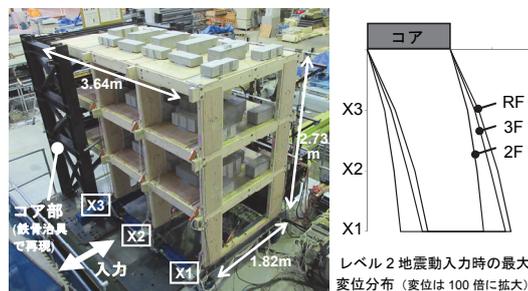


図2 1/3縮小模型の振動台実験

3) 数値解析モデルによるパラメトリックスタディでは、まずは2)で実施した振動台実験の結果を精度良く再現するため、既往の木造耐力壁用復元力特性モデルの除荷・再載荷剛性を修正した新たなモデルを作成した。次に、この数値解析モデルを用いて、木造部分とコア部分の質量・剛性比を様々に変化させたパラメトリックな数値解析的検討を実施

した。木造部分に対しコア部分の剛性が5倍以上あれば、木造部分の最大層間変形角とベースシアの低減が明確に見られ、地震力の高さ方向分布も三角形から等分布に近づくことが明らかとなった(図3)。このことは、1)で実施した線形モデルの理論解析の結果とも矛盾しないため、これまで示してきた線形理論解を基にした設計式が、ある程度汎用性を有していることを示唆している。また、コア部分の必要剛性値が明らかとなったことで、鉄筋コンクリート造のみならず、様々なコア構造を自由に設計できるようになる。

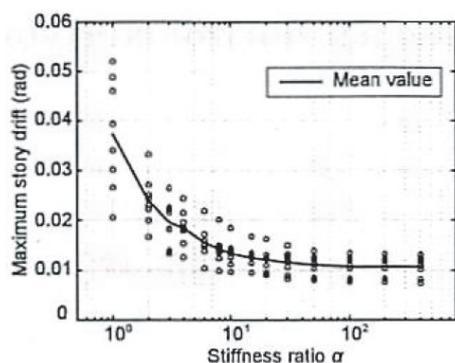


図3 木造部分とコア部分の剛性比をパラメータとした数値解析結果

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

- 1) Di Wu, Yoshihiro Yamazaki, Sayoko Sawada and Hiroyasu Sakata : Shaking table tests on 1/3-scaled model of wooden horizontal hybrid structure, Journal of Structural Engineering, ASCE (in press)
- 2) 山崎義弘, 坂田弘安 : 様々な壁配置をもつ平面異種混構造の変位モードと部材力評価 木質系平面異種混構造の動的挙動に関する研究 その2, 日本建築学会構造系論文集, 第82巻, 第734号, pp. 555-565, 2017. 4
<https://doi.org/10.3130/aijs.82.555>
- 3) 山崎義弘, 坂田弘安 : 剛なコアをもつ建築構造のモデル化手法と地震力評価 木質系平面異種混構造の動的挙動に関する研究 その1, 日本建築学会構造系論文集, 第720号, pp. 291-301, 2016. 2
<https://doi.org/10.3130/aijs.81.291>

[学会発表] (計14件)

- 1) 鄒迪, 山崎義弘, 澤田紗代子, 坂田弘安 : Shaking Table Test on One Third Scaled Model of Wooden Horizontal Hybrid Structure Part5 Numerical simulation, 日本建築学会大会学術講演(中国), 構造 III, pp. 417-418, 2017. 8. 31-9. 3
- 2) 澤田紗代子, Di Wu, 山崎義弘, 坂田弘

安 : 木質系平面異種混構造を模擬した1/3縮小模型の振動台実験 その4 木質系平面異種混構造における水平構面とコアとの接合部挙動, 日本建築学会大会学術講演(中国), 構造 III, pp. 415-416, 2017. 8. 31-9. 3

- 3) Yoshihiro Yamazaki, Hiroyasu Sakata : Dynamic Behavior of Wooden Building Structures Involving Stiff Cores, 16th World Conference on Earthquake Engineering, 16WCEE 2017, Santiago, Chile, January 9-13 2017, USB
- 4) 山崎義弘, 坂田弘安 : 木質系平面異種混構造の変位モード予測法, 日本地震工学会第12回年次大会梗概集, CD-ROM, 2016. 9
- 5) Wu Di, 山崎義弘, 澤田紗代子, 坂田弘安 : Shaking Table Test on One Third Scaled Model of Wooden Horizontal Hybrid Structure Part3 Mode analysis and seismic response, 日本建築学会大会学術講演(九州), 構造 III, pp. 577-578, 2016. 8. 24-26
- 6) 澤田紗代子, 山崎義弘, Wu Di, 坂田弘安 : 木質系平面異種混構造を模擬した1/3縮小模型の振動台実験 その2 実験結果, 日本建築学会大会学術講演(九州), 構造 III, pp. 575-576, 2016. 8. 24-26
- 7) 山崎義弘, 澤田紗代子, Wu Di, 坂田弘安 : 木質系平面異種混構造を模擬した1/3縮小模型の振動台実験 その1 実験概要, 日本建築学会大会学術講演(九州), 構造 III, pp. 573-574, 2016. 8. 24-26
- 8) Yoshihiro Yamazaki, Hiroyasu Sakata, Shoko Hiyama, Sayoko Sawada and Di Wu : Experimental Study on Dynamic Behavior of Wooden Horizontal Hybrid Structure, 2016 World Conference on Timber Engineering, Vienna, Austria, 22-25 August 2016, CD-ROM
- 9) 山崎義弘, 坂田弘安 : 木質系平面異種混構造の層せん断力分布, 日本建築学会大会学術講演(関東), 構造 III, pp. 389-390, 2015. 9
- 10) Yoshihiro Yamazaki, Hiroyasu Sakata : Simplified Modeling Method of Hybrid Structure of RC and Wood, IABSE Conference Nara 2015, International Association for Bridge and Structural Engineering, Nara, Japan, CD-ROM, 2015. 5. 13
- 11) 山崎義弘, 坂田弘安 : 木質系平面異種混構造の層せん断力分布, 日本建築学会関東支部研究報告集, CD-ROM, pp. 565-568, 2015. 3
- 12) Yoshihiro Yamazaki, Hiroyasu Sakata : Analytical Study on Seismic Behavior of Wood Structure Horizontally

Combined with RC Structure, 5th Asia Conference on Earthquake Engineering(5ACEE), Taipei, Taiwan, CD-ROM, 2014. 10

- 13) 山崎義弘, 坂田弘安 : 木質系平面異種混構造の動的挙動の考察と静的解析による再現性の検討, 日本建築学会大会学術講演(近畿), pp. 555-556, 2014. 9
- 14) Yoshihiro Yamazaki and Hiroyasu Sakata : Seismic Design Method of Hybrid Structure of Wood and RC, 13th World Conference on Timber Engineering, Quebec City, 10-14 August 2014

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山崎 義弘 (YAMAZAKI Yoshihiro)

東京工業大学 環境・社会理工学院・助教

研究者番号 : 7 0 6 4 4 4 2 5