

次世代制震構造システムを適用した木質骨組試験体の解析

Analysis of a Timber Frame Specimens with the Next-Generation Seismic Response Control Structural System

○吉原楽¹, 唐澤侑太¹, 北嶋圭二²

*Gaku Yoshihara¹, Yuta Karasawa¹, Keiji Kitajima²

Abstract: This study aims to verify the effectiveness of applying a next-generation damping structural system to multi-story wooden buildings. This system uses multi-story seismic walls and damping devices to control building damage. Since there is no need to create rigid joints at the column-beam connections, it is considered to overcome the challenges of wooden buildings. In conclusion, the application of this damping system to multi-story wooden buildings was shown to be effective.

1. はじめに

次世代制震構造システム¹⁾(以下、本構造システム)は連層耐震壁の脚部に制震部材を配置した構造システムである。一方、木造多層建物は、柱梁接合部を完全な剛接合に出来ないことが課題として挙げられている。先行研究では、木造多層建物に本構造システムを適用した際の有効性を解析的に示すことが出来た。次に実験的に有効性を示すため、骨組試験体を製作し振動台実験を行う。

本報は、骨組試験体の構造性能を確認することを目的とする。これまでにを行った柱梁接合部、回転摩擦ダンパーの要素実験結果、実験装置の変更による影響等を踏まえ、静的増分解析と時刻歴応答解析を実施する。

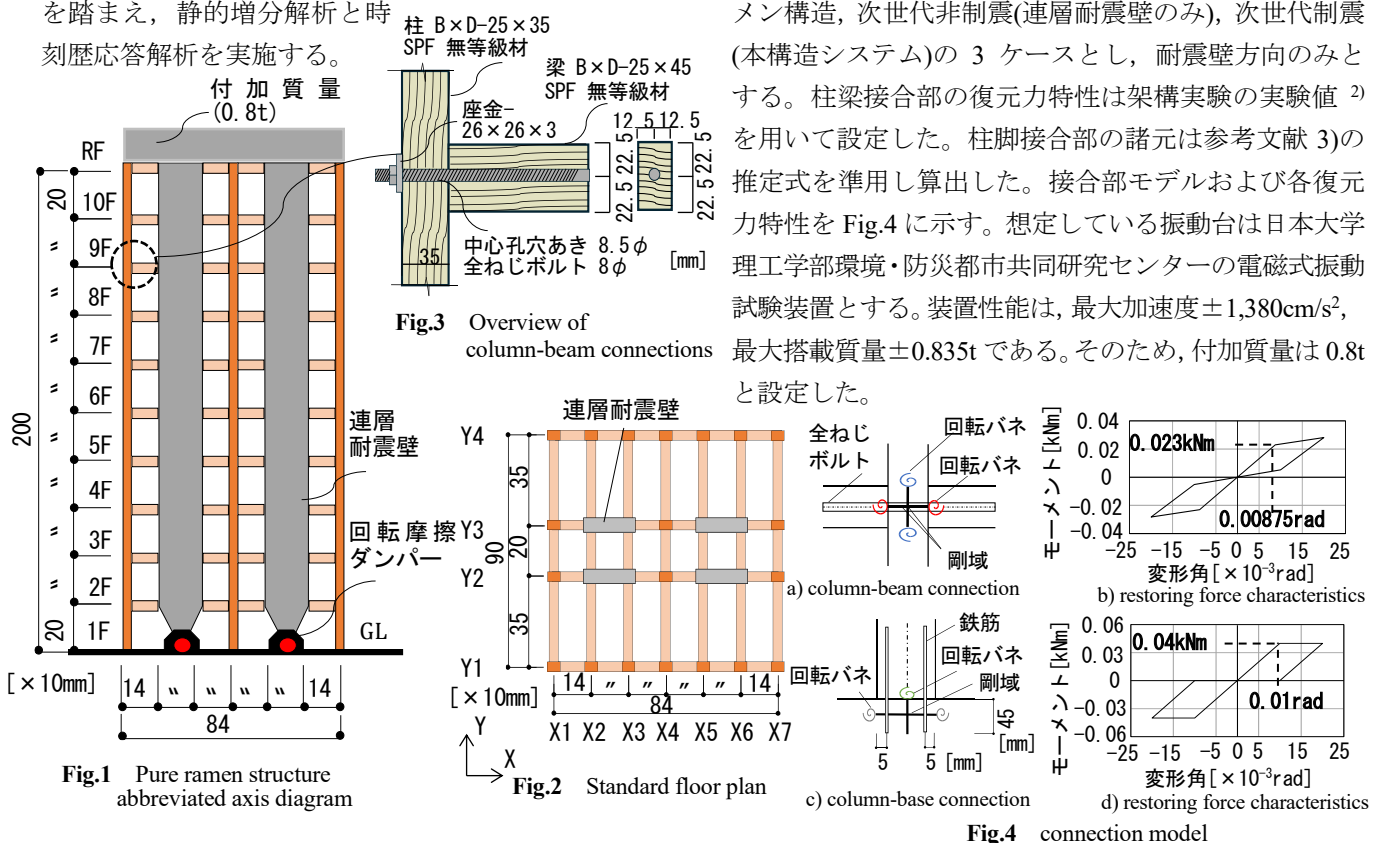
2. 骨組試験体概要

試験体は6×3スパンの階高200mm, 最高高さ2,000mmの10層の木質骨組試験体とし、SPF材の構造用製材を用いて製作する。連層耐震壁、回転摩擦ダンパー配置位置を示した略軸組図と略伏図をFig.1, Fig.2に示す。

柱梁接合部は外端の柱から外端の柱まで全ねじボルトを通し、両端からナットを締め付けることで緊張力を与える圧着接合としている(Fig.3)。骨組試験体はプロトタイプ純木造多層建物の概ね1/20スケールである。

3. 解析概要

解析ソフトは、任意形状立体フレーム弾塑性解析プログラム[SNAP(Ver. 8)]を用いる。解析対象は、純ラーメン構造、次世代非制震(連層耐震壁のみ)、次世代制震(本構造システム)の3ケースとし、耐震壁方向のみとする。柱梁接合部の復元力特性は架構実験の実験値²⁾を用いて設定した。柱脚接合部の諸元は参考文献³⁾の推定式を準用し算出した。接合部モデルおよび各復元力特性をFig.4に示す。想定している振動台は日本大学理工学部環境・防災都市共同研究センターの電磁式振動試験装置とする。装置性能は、最大加速度±1,380cm/s², 最大搭載質量±0.835tである。そのため、付加質量は0.8tと設定した。



1: 日大理工・院(前)・海建 2: 日大理工・教員・海建

4. 純ラーメン構造と非制震の静的増分解析結果

純ラーメン構造、次世代非制震の層せん断力-層間変位関係を Fig.5a)b)に示す。静的増分解析結果を1自由度系に縮約した構造特性曲線を Fig.6 に純ラーメン構造は緑線で、次世代非制震は青線で示す。純ラーメン構造の弾性一次固有周期は 0.29sec であり、次世代非制震は 0.25sec であった。

5. 制震化の検討(回転摩擦ダンパーの検討)

次世代制震の目標層間変形角を 1/120rad とし、Fig.6 中に橙色破線で示す。設計用応答スペクトルは付加質量 2t の際に、1G 相当としていたが 0.8t に変更したため 2.5G 相当に変換したものを使用する。目標変形時周期(=0.26sec)(灰色破線)と設計用応答スペクトル(灰色線)との交点を応答変位とし、目標層間変形時(橙色破線)と次世代非制震の構造特性曲線(青線)との交点を目標変位とする。応答変位である 4.2cm から目標変位の 1.67cm にするための必要減衰は 28% であり、構造減衰 5% を差引くと、ダンパーによる必要付加減衰は 23% となる。式(1)を用いて主架構負担モーメント M_f (=15.1kNm) を算出し、式(2)に代入することでダンパー負担モーメント M_d を算出した(M_d =8.0kNm)。設置するダンパー基数は 4 基であるため、1 基あたりのダンパー負担モーメントは約 2.0kNm と算出された。要素実験より降伏回転角は 1/2000rad、回転剛性は $3.66 \times 10^3 \text{ kNm/rad}$ と設定した²⁾。回転摩擦ダンパーの復元力特性を Fig.7 に示す。

次世代制震の層せん断力-層間変位関係を Fig.5c)に、次世代制震の静的増分解析を1自由度系に縮約したものを Fig.6 中に赤線で示す。次世代制震の弾性一次固有周期は 0.11sec であった。

$$M_f = Sa \cdot M_{eq} \cdot H_{eq} \quad (1)$$

M_f : 主架構負担モーメント
 Sa : 目標変形時 応答加速度(946cm/sec²)
 M_{eq} : 等価質量(0.8t)
 H_{eq} : 等価高さ(2000mm)
 M_d : ダンパー負担モーメント
 h_d : 必要付加減衰
 μ : ダンパー塑性率(8)

$$M_d = \frac{h_d}{0.8 \times \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{\mu}\right)} M_f \quad (2)$$

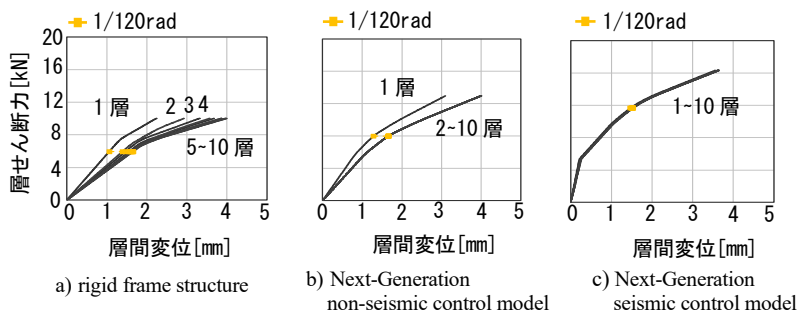


Fig.5 Layer shear force - Interlaminar displacement relationship

6. 時刻歴応答解析結果

時刻歴応答解析での減衰は、瞬間剛性比例型で 5% とした。入力地震波は、告示波 3 波(神戸位相, 八戸位相, 乱數位相)に倍率(=2500cm/s²/1200cm/s²)を乗じた波とした(Fig.8)。Fig.9 に時刻歴応答解析結果を示す。次世代制震を示す赤線では、応答が目標変形角以内に収まっていることが確認できる。

7. まとめ

以上、骨組試験体に本構造システムを適用し、時刻歴応答解析を行った結果、各層の変形が様になり、応答値は目標層間変形角以内に収まっていることを確認した。

8. 参考文献

- 1)北嶋ほか:「超弾性+要素部材を組み込んだ次世代制震構造システムの研究開発(その17,18)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.979-982, 2007-2012
- 2)吉原ほか:「木造多層建物への次世代制震構造システムの有効性に関する研究(その2,3)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.495-498, 2025
- 3)井上ほか:「中大規模木造に用いる柱脚接合システム(その3)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.411-412, 2018.

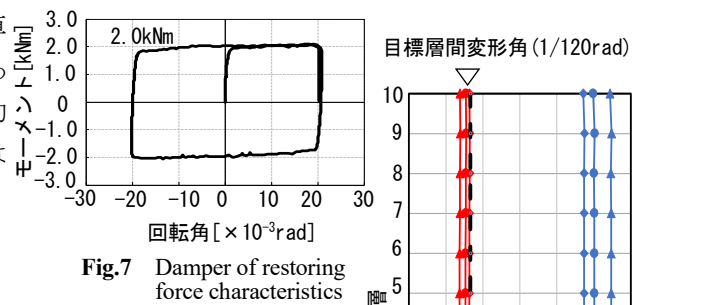


Fig.7 Damper of restoring force characteristics

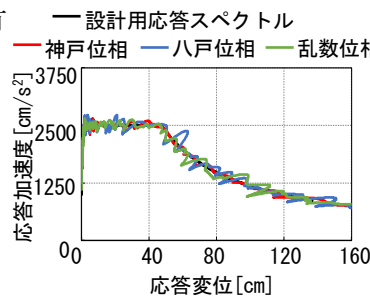


Fig.8 Response acceleration-Response displacement relationship

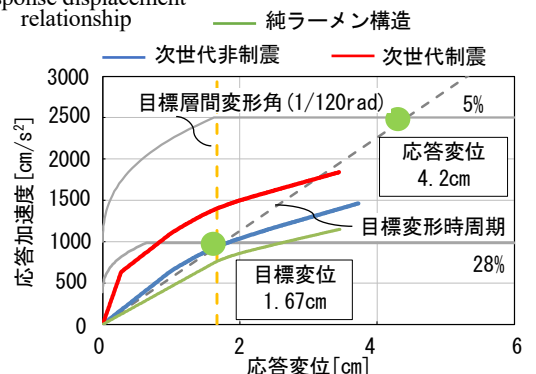


Fig.6 Structural characteristic curves for equivalent 1-DOF systems