

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：82115

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K14881

研究課題名（和文）鋼板挿入式集成材ブレース耐力壁の靱性能評価に関する研究

研究課題名（英文）Study on ductility evaluation for glulam bracing shear wall with steel-plate-inserted joint

研究代表者

秋山 信彦（AKIYAMA, NOBUHIKO）

国土技術政策総合研究所・建築研究部・主任研究官

研究者番号：20806054

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：鋼板挿入式集成材ブレース耐力壁において塑性変形要素となるブレース端の鋼板挿入ドリフトピン接合部に対して、急激な耐力低下を招く集成材の割裂破壊を全ねじビスを打込むことで抑制し終局時の耐力と変形性能が確保できる仕様を提案し、その実態の終局変形性能を実験的に示した。また、それにより構成された集成材ブレース耐力壁の靱性能評価法を提案し、実用を想定した接合部仕様を対象として靱性能評価を試行し、ブレースの断面や角度および長さによる影響を把握した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

鋼板挿入式集成材ブレース耐力壁は大型木造建築物に対して標準的に導入される耐震要素であるが、本研究の成果であるブレース端の接合部においてこれまで課題となっていた割裂破壊が抑制され終局時の耐力と変形性能が確保される仕様とそれを適用したブレース耐力壁の靱性能評価方法の活用によって、大型木造建築物の構造安全性確保に寄与し脱炭素社会の実現のための木材利用促進に貢献するものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：We proposed the reinforcing method with full-thread screws to prevent the splitting failure and for the drift-pinned joint with inserted steel plate of the brace end, which yields precedently the glulam frame members of the shear wall to absorb the seismic energy. We conducted the cyclic loading tests to find that the plastic deformability of the joints was improved by the reinforcement of full-thread screws. In addition, we developed the calculation method for the characteristic values of load-deformation relationship of the glulam bracing shear wall used the drift-pinned joints with inserted steel plate reinforced with full-thread screws to clarify the influence on the properties of the shear wall by the variation of the section, the angle or the length of the brace.

研究分野：木質構造

キーワード：集成材 鋼板挿入ドリフトピン接合 ブレース耐力壁 靱性能 割裂補強

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 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」が成立するなどして、公共建築物や事務所、商業施設なども木造で建設されることが多くなった。これらの非住宅の建築物に対して標準利用される耐震要素として、ブレース端部に鋼板挿入ドリフトピン接合を用いた鋼板挿入式集成材ブレース耐力壁がある。大地震時の倒壊に対する安全性が強く求められ、終局時の靱性能が耐震性能の重要な指標に位置付けられる中で、この集成材ブレース耐力壁に関してそれを考慮する評価方法が指針類に示されておらず、その評価技術が求められている。

### 2. 研究の目的

集成材ブレース耐力壁の設計思想はブレース端の鋼板挿入ドリフトピン接合を塑性変形要素とし、それを先行降伏させて靱性能を確保することが一般的である。しかしながら、鋼板挿入ドリフトピン接合については、脆性的な割裂破壊が先行することで終局時の耐力と変形性能が確保できないことが課題となっている。そこで、本研究では割裂抑制技術として全ねじスクリューによる補強を施した接合部仕様を提案し、その有効性と終局時の耐力および変形性能の実態を提示するとともに、それにより構成された鋼板挿入式集成材ブレース耐力壁の靱性能評価法を提案することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 全ねじスクリューによる割裂抑制効果の検討

材縁近傍の繊維方向に3本のドリフトピンが配置されることを想定し、そのドリフトピン列の想定割裂線に対して全ねじスクリューを側面から打ち込む補強方法について、打ち込みの本数と深さなどを変化させて得られる終局時の耐力および変形性能を実大実験により検討した(図1、図2)。ドリフトピンは標準利用される径として、16mm( $d16$ )、12mm( $d12$ )、20mm( $d20$ )を試験対象とした。全ねじスクリューの打ち込みの本数は2本と4本、深さは16mmと32mmを組み合わせた(本数×深さ)。

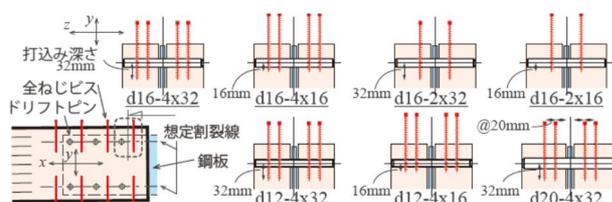


図1 割裂補強1箇所当たりの打ち込みの本数と深さ

#### (2) 割裂せずドリフトピンで破断する場合の終局変形性能の実態の解明

割裂が抑制されてドリフトピンが破断する破壊モードとなる場合の終局変形性能を実験的に検討した。このとき、これまで知見の殆どないスリットの開き止めの有無による変形性能に対する影響や開き止めに求められる耐力についても検討した。

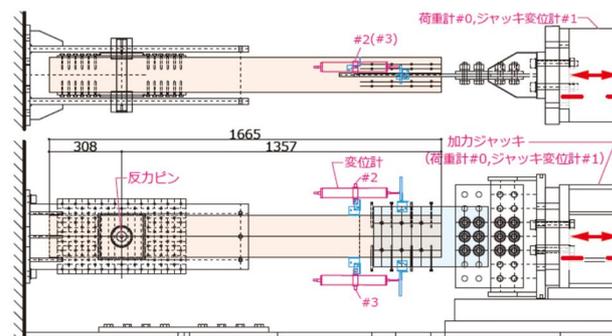


図2 実大接合部実験の試験セットアップ

#### (3) 鋼板挿入式集成材ブレース耐力壁の靱性能評価法の提案

実験的検討により確認された割裂が抑制される仕様の鋼板挿入ドリフトピン接合により構成されるブレース耐力壁について剛性、耐力、終局変形性能の導出方法を提案して、実用を想定した接合部仕様を対象として靱性能評価を試行し、ブレースの断面や角度および長さによる影響を検討した。

### 4. 研究成果

#### (1) 全ねじスクリューによる割裂抑制効果の検討

図3にドリフトピンの径が16mmの試験体を代表させて補強度合いの異なる4種類の荷重変形関係を比較した(荷重はドリフトピン1本あたりに換算)。補強度合いは左上 右上 左下 右下の順で低くなる並びとなっている。なお、右下は無補強のものである。無補強のものが5mm程度で荷重が低下しているのに対して、補強度合いの増加に応じて荷重を保持できる変形量が増大していることがわかる。この傾向は径が異なった場合にも得られ、全ねじスクリューによる補強方法の割

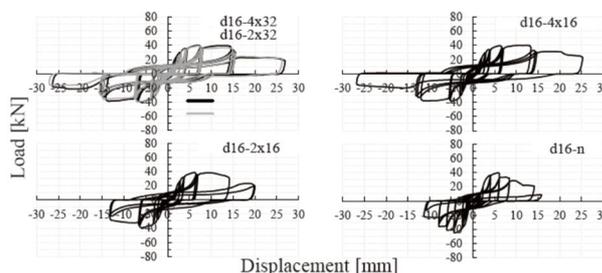


図3 割裂補強の度合いの異なる荷重変形関係の例

ることがわかる。この傾向は径が異なった場合にも得られ、全ねじスクリューによる補強方法の割

裂抑制効果が確認された。

(2) 割裂せずドリフトピンで破断する場合の終局変形能の実態の解明

図4に割裂が抑制された補強仕様における荷重変形関係を例示した。上から順にドリフトピン径が16mm、12mm、20mmの場合である。こうした割裂が抑制された試験体では試験後に解体してドリフトピンを確認したところ殆ど全てが破断しており、ドリフトピンの破断によって荷重低下したことが確認された。例示した荷重変形関係からわかる通り、この破壊モードの場合にはピン径によらず20mm~25mm程度の変形段階において、1回目の繰返しを経験した後の2、3回目の繰返しに対しては荷重を保持できなくなることが確認された。この傾向は集成材の樹種を比重が低いものに変更した場合でも同様であった。このほか、ドリフトピンの鋼種を変えた場合の影響としては、降伏比を低く抑え降伏点の幅を制限したSN材に変更しても強度が同じであればSS材と同様の傾向であることや、高い強度のものをを用いると多少ではあるが破断が遅れて荷重保持能力が向上する傾向があることといった知見が得られた。

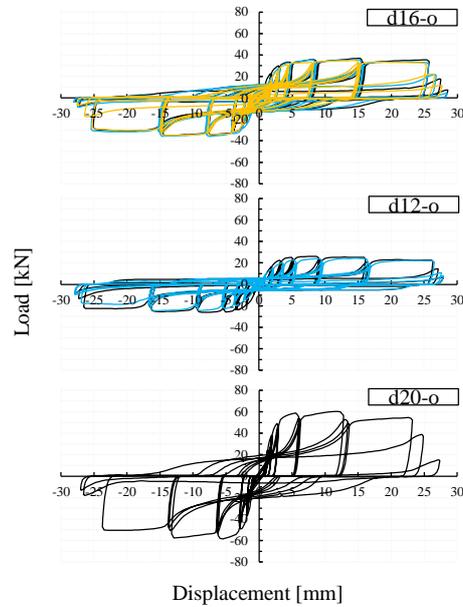


図4 割裂抑制した荷重変形関係

図5に荷重変形関係の正側包絡線の荷重変位曲線と変位軸で囲まれる面積のエネルギー量を終局変形性能の定量的な指標として全試験体について比較した。開き止めの有無を比較すると総じて塑性変形能が向上しており、靱性能の確保に対する有効性が確認された。また、開き止めのボルトの軸力が接合部の耐力上昇に応じて比例的に増大することや接合部が塑性化するとその増大が鈍くなり接合部変位とともにわずかな増大傾向を示しながら推移することなどの知見が得られた。

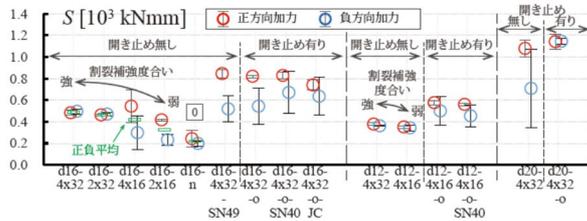


図5 割裂補強と開き止めの有無による靱性能の比較

(3) 鋼板挿入式集成材ブレース耐力壁の靱性能評価法の提案

図6に実用を想定した接合部仕様を対象として集成材ブレース耐力壁の提案する評価法による靱性能評価を試行した結果を示す。靱性能の指標は木造耐力壁の性能評価に用いられる文献に示される一般的な方法により評価したDs値とした。ブレースの長さ(l)、角度(α)、材せい(h)を変数とした。計算に用いた鋼板挿入ドリフトピン接合部の終局変位は実大実験より得られた実態値の20mm~25mmに1/1.5程度の余裕度を考慮した15mmに設定した。なお、変数の組合せによっては必ずしも実用上の形状となり得ないことは付記しておく。靱性能評価の計算結果として、Ds値は0.28~0.43の範囲の値となることやブレースの長さや角度、材せいの増大に応じて増大傾向となることが確認された。

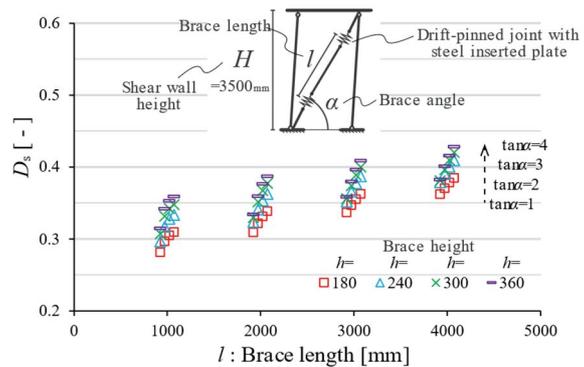


図6 ブレース耐力壁の靱性能評価の試算結果

更に、提案した評価式による計算の妥当性として、割裂が抑制される仕様の鋼板挿入ドリフトピン接合により構成されるブレース耐力壁に対する既往の実験値に対して、剛性、耐力、終局変形性能の計算値が良好に適合することを確認した。

< 引用文献 >

(公財) 日本住宅・木材技術センター、木造軸組工法住宅の許容応力度設計 2017

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 秋山信彦 岡本滋史 小林研治 槌本敬大	4. 巻 第 28 巻 第 69 号
2. 論文標題 塑性変形能に期待した全ねじピ ス割裂補強による鋼板挿入ドリフトピン式集成材ブレース接合部の力学的挙動に関する実験的研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会技術報告集	6. 最初と最後の頁 649 ~ 648
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aijt.28.643	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 秋山信彦 山崎義弘 槌本敬大 津田千尋
2. 発表標題 鋼板挿入ドリフトピン式集成材ブレース耐力壁の中間階架構の実大水平せん断加力実験
3. 学会等名 2023年度日本建築学会大会（近畿）
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------