令和５年度林野庁補助事業

令和５年度

建築用木材供給・利用強化対策のうち

CLT･LVL 等の建築物への利用環境整備事業

CLT 建築物等の設計者等育成

大断面集成材を用いたラーメンフレームによる中層大規模木造の標準仕様の整備とその普及事業（設計者支援情報の拡充事業）事業報告書

令和６年４月

株式会社ドット・コーポレーション

特定非営利活動法人 team Timberize

令和５年度

CLT･LVL 等の建築物への利用環境整備事業　CLT 建築物等の設計者等育成

大断面集成材を用いたラーメンフレームによる中層大規模木造の標準仕様の整備とその普及事業（設計者支援情報の拡充事業）

事業報告書　目次

第 1 章　事業内容

1.1　事業の目的 ..... 第 1 章-1
1.2　実施概要 ..... 第 1 章-2
1.3　実施体制 ..... 第 1 章-4
1.4　事業全体スケジュール ..... 第 1 章-6
1.5　HP のアクセスおよび各セミナーの動画の視聴状況 ..... 第 1 章-7
1.5.1　KiHP・KiHPver.FIRE の整備 ..... 第 1 章-7
1.5.2　HP のアクセス解析 ..... 第 1 章-9
1.5.3　e-learning の情報配信状況 ..... 第 1 章-14
1.5.4　アクセス数の増減の要因 ..... 第 1 章-19

第 2 章　中層大規模木造の防・耐火関連情報の整備

2.1　取組の概要 ..... 第 2 章-1
2.1.1 背景と全体の枠組み ..... 第 2 章-1
2.2　公開している動画および資料 ..... 第 2 章-3

第 3 章　接合部実験データ収集

3.1　接合部実験データ収集の概要 ..... 第 3 章-1
3.1.1　2019 年度～2022 年度までのデータ収集の経緯 ..... 第 3 章-1
3.1.2　今年度の実施内容 ..... 第 3 章-7
3.1.3　2023 年度までのデータ収集のまとめ ..... 第 3 章-8
3.2　LSB・カラマツ・繊維平行・引張試験 ..... 第 3 章-13
3.2.1　試験体と実験条件 ..... 第 3 章-13
3.2.2　実験方法 ..... 第 3 章-14
3.2.3　実験結果 ..... 第 3 章-15
3.2.4　まとめ ..... 第 3 章-18
3.3　LSB・カラマツ・繊維直交・引張試験 ..... 第 3 章-19
3.3.1　試験体と実験条件 ..... 第 3 章-19
3.3.2　実験方法 ..... 第 3 章-20
3.3.3　実験結果 ..... 第 3 章-21

3.3.4　まとめ ..... 第 3 章-23
3.4　LSB・カラマツ・繊維平行・曲げ試験 ..... 第 3 章-24
3.4.1　試験体と実験条件 ..... 第 3 章-24
3.4.2　実験方法 ..... 第 3 章-25
3.4.3　実験結果 ..... 第 3 章-27
3.4.4　まとめ ..... 第 3 章-30
3.5　LSB・カラマツ・繊維直交・圧縮試験 ..... 第 3 章-31
3.5.1　試験体と実験条件 ..... 第 3 章-31
3.5.2　実験方法 ..... 第 3 章-32
3.5.3　実験結果 ..... 第 3 章-34
3.5.4　まとめ ..... 第 3 章-39
3.6　GIR 接合部実験（柱脚） ..... 第 3 章-40
3.6.1　試験体と実験条件 ..... 第 3 章-40
3.6.2　実験方法 ..... 第 3 章-42
3.6.3　実験結果 ..... 第 3 章-43
3.6.4　接合部の回転剛性及び曲げ耐力の推定方法 ..... 第 3 章-47
3.6.5　まとめ ..... 第 3 章-50
3.7　LSB 接合部実験（柱脚） ..... 第 3 章-51
3.7.1　試験体と実験条件 ..... 第 3 章-51
3.7.2　実験方法 ..... 第 3 章-54
3.7.3　実験結果 ..... 第 3 章-55
3.7.4　接合部の回転剛性及び曲げ耐力の推定方法 ..... 第 3 章-59
3.7.5　まとめ ..... 第 3 章-62
3.8　柱梁接合部の実験値と計算値の比較 ..... 第 3 章-63

第 4 章　実大フレーム実験

4.1　実大フレーム実験の概要 ..... 第 4 章-1
4.1.1　目的 ..... 第 4 章-1
4.1.2　事前解析 ..... 第 4 章-2
4.1.3　試験体と実験条件 ..... 第 4 章-13
4.1.4　実験方法 ..... 第 4 章-25
4.2　GIR 実大フレーム実験
4.2.1　実験結果 ..... 第 4 章-40
4.2.2　まとめ ..... 第 4 章-88
4.3　LSB 実大フレーム実験 ..... 第 4 章-89
4.3.1　実験結果 ..... 第 4 章-89
4.3.2　まとめ ..... 第 4 章-128
4.4　実験値と解析値の比較 ..... 第 4 章-129
4.4.1　解析概要 ..... 第 4 章-129
4.4.2　フレーム解析結果 ..... 第 4 章-133

4.4.3　まとめ .....第 4 章-137

第 5 章　添付資料

5.1　全体委員会の議事録（時系列） .....第 5 章-1
5.2　配布資料 .....第 5 章-44

第１章　事業内容

1.1　事業の目的

中層大規模木造では、企画・発注者、設計者・構造設計者、木質材料提供者、施工者がそれぞれ重要な役割を担う。しかし、中層大規模木造の実際のプロジェクトにおいては、まだまだこれらの人材が不足している。本事業では、これらのうち、構造設計者に対する設計情報の提供および人材育成を行うことを主たる目的としている。

構造設計者への設計情報の提供を行うに当たっての課題は、構造設計者の木造建築の経験の量的・質的相違によって、必要とする情報や疑問点や判断に迷う点にかなりの違いがあること、そのため既往の各種技術解説書や設計例の理解の仕方にはムラがあることが挙げられる。加えて、他の構造（S 造や RC 造）とは異なり、中層大規模木造の標準的な構造方式・仕様が定まっておらず、かつ、構造設計で必要とする情報は散在する。そのため、構造設計が対象としている構造方式・規模ごとに、かつ、彼らの経験レベルごとに必要な情報は異なることとなり、散在する各種の既往文献から必要な情報をアセンブルして設計を行う必要があるという実態がある。この状況は、新たに木造建築に携わろうとする技術者にとってはかなりハードルが高い。

事業主体が行ってきたこれまでの情報発信では、上に述べた様な状態を解消すべく、建物タイプ（規模・用途）を絞り、標準的な構造方式・仕様を設定し、設計者が必要とする具体的な耐力要素毎に情報を落とし込み整備してきた。これまでの活動で得た成果（データ・ツール）は、Ki ホームページ（https://www.ki-ki.info/、以下、「KiHP」という。）等で公表しており、そのデータを活用して設計が行われる事例も増えてきている。

本事業で主に対象としている建築物タイプ
- 大断面集成材を用いたスパン7m程度の1方向ラーメンフレーム
- 3階建てもしくは4階建ての事務所ビル

標準仕様（現段階で整備している仕様）
- 大断面集成材の断面積：材幅105㎜シリーズ、梁成600㎜（2階以上に使用）梁成750㎜（1階に使用）樹種：スギ、カラマツ接合具：引きボルト、GIR、LSB、せん断金物は2021年度開発した後施工金物4、2023年度開発した柱脚金物

上で示した標準仕様は、本事業にて当該建築物タイプの設計例に用いた仕様、かつ、接合部のデータ取得を実施している仕様である。検討・比較のためにこれ以外の断面でのデータ取得も実施しており、また、他事業における他樹種でのデータ取得への協力等も進めている。

令和 5 年度は、以下に取り組み、その成果について公表・普及することとした。

【取組 1】木造建築にかかる防耐火関係の設計情報整備
・昨年度から整備してきた基本的な設計情報のブラッシュアップに加え、実際に設計を行う際に設計者が迷う事項等について FAQ 形式での情報整備を行う。
・本事業で検討している建築物タイプを例に、防耐火上の対応および課題の整理を行う
【取組 2】これまでに整備した接合部等のバリエーションの拡充　等
・現在対象としている基本寸法（材幅 105→210mm シリーズ）の樹種違いに加えて材幅 120→240mm シリーズの設計データの整備
【取組 3】実大フレーム（これまでに整備した接合部仕様を用いたもの）での評価実験
・接合部実験およびそれを基にした設計法の妥当性を確認するため、基本寸法（材幅 105mm 等）の実大フレームの実大実験を実施

1.2　実施概要

本事業では、以下に示す内容を実施した。

【取組 1】木造建築にかかる防耐火関係の設計情報整備

構造設計が成り立ったとしても実際に設計する際には、防耐火の法規制をクリアーすることが必須となる。木造建築における防耐火の規制については、法令が非常に複雑で、新たに木造に取り組む者にとっては高いハードルとなる。そこで、2022 年度は、防耐火規制についての基本的な設計情報を整備し、KiHP に公開した。

KiHP は構造設計者向けに開設されており、これらの情報が埋もれてしまっていたため、2023 年度は、新たに防・耐火の情報発信用のドメイン（https://www.ki-fire.info/、以下、「KiHPver.FIRE」という。）を取得し、以下の情報を追加作成し 2022 年度の情報と併せて整備した。なお、KiHP からは防・耐火情報は削除し、相互にリンクできるようにした。

追加した情報は以下のとおりである。

実際の設計において、設計者が迷う事案についての考え方や注意点を FAQ 形式で解説し KiHPver.FIRE に公開した。

また、本事業では、比較的設計が容易な告示の例示仕様を用い、3 階建ては準耐火構造建築物（準耐火構造による）、4 階建ては耐火建築物（1 時間耐火構造による）を想定しているが、これらにチャレンジしたことがない設計者にとっては、市販のマニュアル等から一般向けの情報を得て各部の仕様などを決定するのはハードルが高いと言える。そこで、2022 年度整備した基本情報を基に、対象とする建物タイプに限定して、防耐火の性能を確保するための情報をリンクさせた事例解説を整備し KiHPver.FIRE に公開した。

【取組 2】これまでに整備した接合部等のバリエーションの拡充　等

接合部の仕様についてはこれまでにモーメント抵抗用として引きボルト、LSB、GIR を対象とし、ここで設定した断面に対する接合具配置、接合具仕様（太さ・長さ）を限定

してその性能を明らかにした。また、これらのモーメント抵抗用接合具の性能を十分に発揮できるよう、せん断金物を開発した。2022 年度までに取得したデータは KiHP に公開している。

母材断面が変更となった場合に活用できる理論式を構築し発表を行う予定であるが、それらに必要な各種接合具データについては、スギによる要素試験で得たものであり、カラマツの要素実験データは存在しない。そこで、2023 年度は、それらの要素実験を実施しデータを取得した。また、取組③における実大フレーム実験で必要となった柱脚金物を開発し、柱脚接合部の曲げ実験データを取得した。

【取組 3】構造設計手法の整備とその普及の現状と今後

これまでに、モーメント接合部を引きボルト・GIR・LSB としたフレームを設定しその性能比較を行い、ルート 2 で設計する際の設計方針を提案・公表したところである。このフレームの性能確認はこれまでに実施した接合部実験データを用いて解析的に評価したものである。接合部実験の結果を用いて建物の設計を行うことは可能であるが、建築主事等によっては、その妥当性に疑問を持つ場合がある。そこで、実大フレームでの実験を行い、設計手法の妥当性を確認した。

実験によるデータ取得の普及につなげるため、公開実験とした。GIR 接合による実験は 11 月 14 日（火）～11 月 16 日（木）に関係者へ公開、LSB 接合による実験は 11 月 28 日（火）は公募による希望者へ公開し、見学者は 21 名（延べ人数 26 名）だった。配布資料を 5.2 項に示す。

1.3 実施体制

本事業は、(株) ドット・コーポレーションおよび特定非営利活動法人 team Timberize が事業実施主体となり、有識者等と一体となって事業を進めた。

委員会のメンバーは以下の通りである。

委員長	腰原 幹雄	東京大学 生産技術研究所 教授
委員	河合 直人	工学院大学 建築学部 建築学科 教授
	稲山 正弘	東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 教授
	五十田 博	京都大学 生存圏研究所 生活圏木質構造科学分野 教授
	青木 謙治	東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 木質材料学研究室 准教授
	田中 圭	大分大学 理工学部 創生工学科 建築学コース 木質構造研究室 准教授
	森 拓郎	広島大学大学院 先進理工系科学研究科 建築学プログラム 建築構造力学研究室 准教授
	小林 研治	静岡大学 学術院農学領域 生物資源科学科 住環境構造学研究室 准教授
	岡本 滋史	大阪市立大学大学院 生活科学研究科 居住環境学講座 講師
	宮田 雄二郎	法政大学 デザイン工学部 建築学科 准教授
	宮林 正幸	有限会社ティー・イー・コンサルティング一級建築士事務所 所長
	望陀 佐和子	株式会社建築構造センター 事業本部
	北村 俊夫	株式会社木質構造計画ラボ 代表取締役
	小谷 竜城	株式会社エヌ・シー・エヌ 技術開発部 課長
	中谷 誠	宮崎県木材利用技術センター 構法開発部 主任研究員
	安井 昇	桜設計集団一級建築士事務所 代表
	加來 千紘	桜設計集団一級建築士事務所
	中島 昌一	国立研究開発法人 建築研究所 構造研究グループ 主任研究員
	荒木 康弘	国土交通省 国土技術政策総合研究所 建築研究部 基準認証システム研究室 主任研究官
	秋山 信彦	国土交通省 国土技術政策総合研究所 建築研究部 評価システム研究室 主任研究官
オブザーバー		
	五月女 元良	株式会社建築構造センター 事業本部 課長
行政	原田 憲佑	農林水産省 林野庁林政部 木材産業課 木材製品技術室 住宅資材企画係長
事務局	平野 陽子	株式会社ドット・コーポレーション
	中村 亜弥子	株式会社ドット・コーポレーション 取締役
	佐々木留美	株式会社ドット・コーポレーション

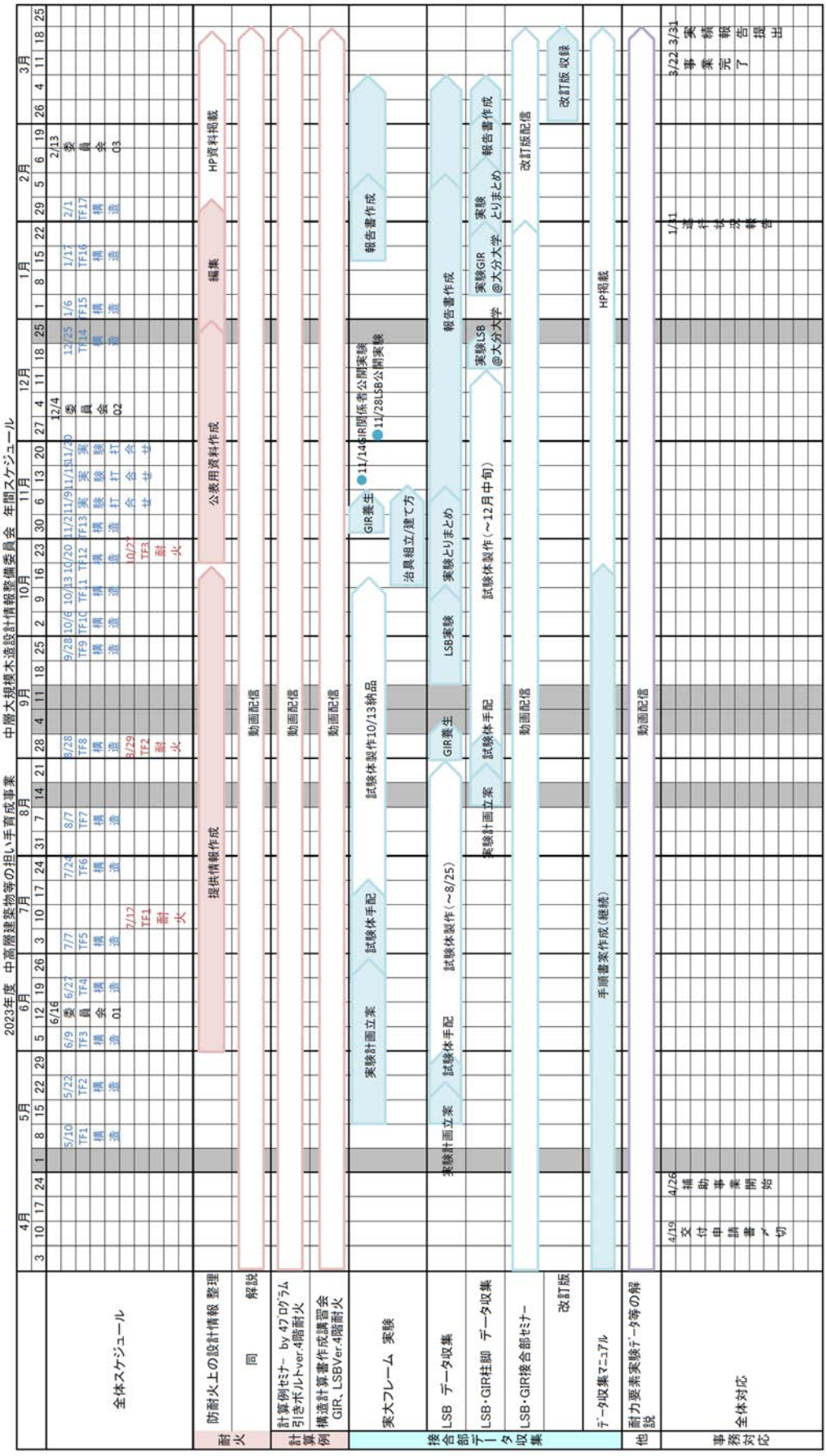
接合部・構造計算 TF

委 員 長	腰原 幹雄	東京大学 生産技術研究所 教授
メンバー	田中 圭	大分大学 理工学部 創生工学科 建築学コース 木質構造研究室 准教授
	森 拓郎	広島大学大学院 先進理工系科学研究科 建築学プログラム 建築構造力学研究室 准教授
	岡本 滋史	大阪公立大学大学院 生活科学研究科 居住環境学講座 講師
	宮田雄二郎	法政大学 デザイン工学部 建築学科 准教授
	中谷 誠	宮崎県木材利用技術センター 構法開発部 主任研究員
事 務 局	平野 陽子	株式会社ドット・コーポレーション
	中村亜弥子	株式会社ドット・コーポレーション 取締役

耐火 TF

委 員 長	腰原 幹雄	東京大学 生産技術研究所 教授
メンバー	安井 昇	桜設計集団一級建築士事務所 代表
	加來 千紘	桜設計集団一級建築士事務所
	北村 俊夫	株式会社 木質構造計画ラボ 代表取締役
	小谷 竜城	株式会社 エヌ・シー・エヌ 技術開発部 課長
事 務 局	平野 陽子	株式会社ドット・コーポレーション
	中村 亜弥子	株式会社ドット・コーポレーション 取締役

1.4　事業全体スケジュール



1.5　HP のアクセスおよび各セミナーの動画の視聴状況

1.5.1　KiHP・KiHPver.FIRE の整備

（1）防耐火版 HP の整備・公開

昨年度（2022 年度）、「防・耐火設計に必要な各種情報」のページを KiHP 内に作成・公開した。KiHP は構造関連の情報が多くその認知度も高い。その中で、防耐火の情報が目立たず注目されない状況にあったことから、今年度（2023 年度）は、HP アカウントを追加取得し、構造バージョンと双子のサイトとして KiHPver.FIRE を整備、公開した。ターゲットは絞らず、初心者から上級者向けに情報発信することとした。第 2 章に詳細を記す。

（2）データシートの整備

2023 年度事業の実験により作成したラグスクリューボルト（LSB）とグルードインロッド（GIR）関連のデータシートを KiHP に整備した（表 1.5.1-1）。

表 1.5.1-1　KiHP に整備したデータシートのリスト

アップ日	データシート名
2023 年 8 月 7 日	接合部のデータシート（5 シート追加） ：グルードインロッド（GIR）柱梁　モーメント抵抗
8 月 7 日	接合部のデータシート（1 シート追加） ：ラグスクリューボルト（LSB）柱梁　モーメント抵抗 ：同データの解説
8 月 8 日	接合部のデータシート（3 シート追加） ：ラグスクリューボルト（LSB）柱梁　モーメント抵抗
8 月 28 日	接合具のデータシート（2 シート追加） ：グルードインロッド（GIR）　引張
10 月 17 日	接合具のデータシート（1 シート追加） ：ラグスクリューボルト（LSB）引張（引き抜き）

（3）最新情報の更新

図 1.5.1-1 に HP トップページの構成を示す。KiHP、KiHPver.FIRE 共に同様の構成である。



図 1.5.1-2　HP トップページの構成（KiHP）

HP の最新情報で、メニュー部分の要素実験等の情報の追加・更新、実験の見学会、動画配信、講習会情報の案内を行っている。2023 年度の「最新情報」の更新回数は 21（その内、KiHP は 11、KiHPver.FIRE は 10）だった。表 1.5.1-2 に更新内容を示す。記事ボックスでは、Ki 講習会・セミナー動画の無料配信（KiHP・Kiver.FIRE）、実大フレーム（接合部 LSB）の公開実験の案内（KiHP）、講習会情報の配信（Kiver.FIRE）を行った。

表 1.5.1-2　2023 年度の HP トップページ内「最新情報」の更新内容

KiHP	
配信年月日	内容
2023 年 4 月 5 日	耐力要素実験データ等の解説：動画の無料配信の期間延長
	2019 年度～2021 年度講習会・セミナー：動画の無料配信の期間延長
8 月 2 日	HP 内防耐火関連のデータ追加
8 月 4 日	Kiver.FIRE の公開の案内
8 月 7 日 8 月 8 日 8 月 28 日 10 月 17 日	HP 内データシートの整備（5 回）（表 1.5.1-1 参照）
10 月 17 日	実大フレーム（接合部 LSB）の公開実験の案内
2024 年 3 月 17 日	LSB 接合部セミナー2023 の配信開始の案内
2024 年 3 月 27 日	柱脚：GIR・LSB 接合部セミナー2023 の配信開始の案内

KiHPver.FIRE	
配信年月日	内容
2023 年 7 月 27 日	Kiver.FIRE の公開の案内
8 月 1 日	告示仕様の仕様シート（1.5h 耐火）の追加
8 月 2 日 8 月 22 日 12 月 7 日	講習会情報の案内（3 回）
9 月 15 日	「仕様に関する情報」に「準耐火構造（集成材建築物）における接合部の防火設計の手引き」の情報を追加
10 月 11 日	「固定荷重（告示仕様）の目安」の公開
2024 年 1 月 30 日	講習会情報の案内（1 回）
1 月 31 日	「FAQ」の公開
3 月 5 日	「構造設計例における防・耐火上の注意点」の公開

1.5.2　HP のアクセス解析

KiHP と KiHPver.FIRE 別に 2023 年度の HP のアクセス解析を示す。特記なき限り、KiHP は 2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 22 日、KiHPver.FIRE は 2023 年 8 月 3 日～2024 年 3 月 22 日のアクセス解析である。

（1）KiHP のアクセス解析

KiHP は 2013 年に開設し、2012 年度の成果である耐力要素実験データとその解説をダウンロードできるようにした。以降、各年度の成果を逐次更新・追加し、2018 年度からは、e-learning のシステムを用いて耐力要素実験データの解説動画と講習会動画の配信も行っている。

KiHP へのアクセス数と訪問者数の月別推移について、図 1.5.2-1 に示す。

図 1.5.2-1 では、左軸にアクセス数と訪問者数（折れ線グラフ）を、右軸に訪問者一人当たりのアクセス数（棒グラフ）を表している。参考として 2021～2022 年度についても併せて示す。

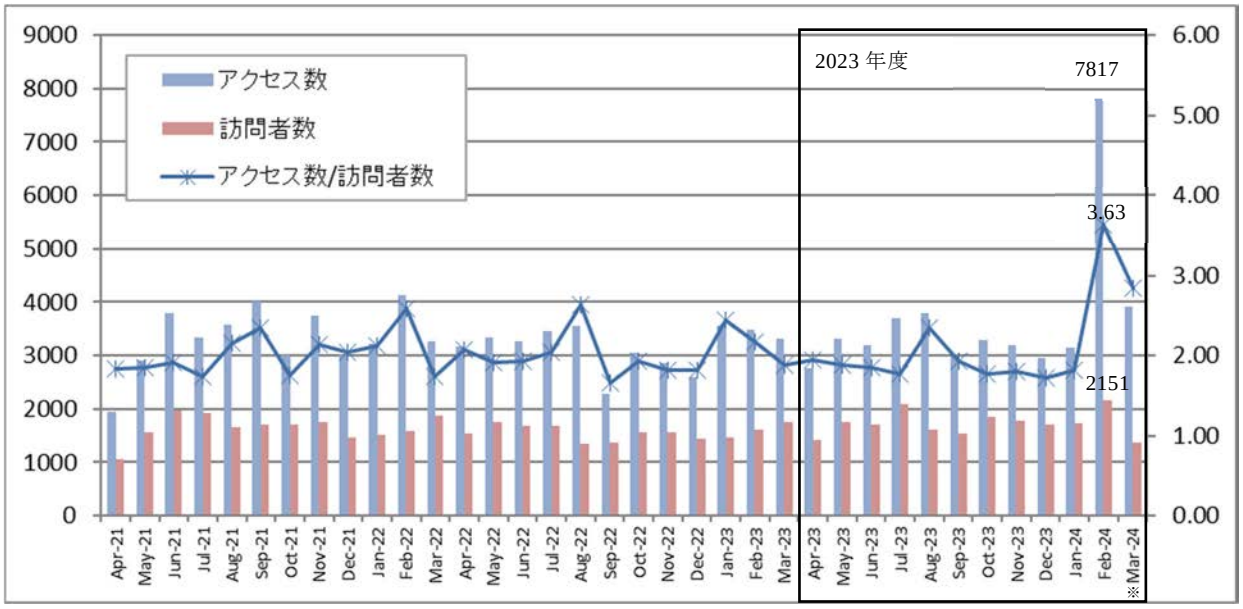
2023 年度のアクセス数は累計 47,384 であり、そのうち 2024 年 2 月 7,817、3 月 3921（3 月 23 日以降を含めると 4,000 の見込み）と多い。それ以前は 3,000 程度で推移していた。なお、2024 年 1 月 30 日からアクセス数が急増しており、2024 年 2 月は、月平均アクセス数が 3232.8 だったのに対して 2.4 倍になっている。

2023 年度の訪問者数は累計 22,519 であり、そのうち 2024 年 2 月 2,151、2023 年 7 月 2,093 と多い。

2023 年度の訪問者一人当たりのアクセス数は月平均 1.88 であり、最も少ない月は 12 月の 1.72、最も多い月は 2 月の 3.63 である。

これらの他の年度と比較を表 1.5.2-1 に示す。

アクセス数と訪問者数の年度累計は、2017 年の開設年度を除きこれまでの年度で最も多い。訪問者一人当たりのアクセス数（月平均）は前 2 カ年度と比べて少なくなっている。訪問者一人当たりのアクセス数が多い場合は固定の閲覧者であることが考えられ、少ない場合は初めての閲覧者が多いことが考えられる。



※2024 年 3 月分は 22 日までの 22 日間のデータ

アクセス数: 実際に見られたページ数のことで、通称「ページビュー」という。
訪問者数: 同一 IP アドレスからホームページに訪問した数のことで、30 分以内に訪問した場合はカウントされない。

図 1.5.2-1　KiHP のアクセス数と訪問者数の月別推移（合計）

表 1.5.2-1　年度別アクセス解析

	アクセス累計	訪問者数累計	アクセス数/訪問者数（月平均）
2023 年度	47,384	22,519	1.88
2022 年度	37,926	18,784	2.04
2021 年度	39,964	19,844	2.02
2020 年度	38,172	22,700	1.70
2019 年度	44,589	31,050	1.44
2018 年度	43,676	30,762	1.44
2017 年度	54,180	26,072	2.21

ページ別のアクセス数の順位を表 1.5.2-2 に示す。

1 位の「トップページ」のみ 5 桁、「1 接合具のデータシート」「2 接合部のデータシート」「集成材・LVL・合板・OSB に関する情報」「構造計算書例およびその解説」「関連する研究論文リスト」が 4 桁のアクセス数となっており、7 位から 23 位までが 3 桁となっている。このうち「1 接合具のデータシート」「2 接合部のデータシート」のアクセス数が多いのは、トップページの「最新情報」に更新情報をリンクとともに掲載したことが影響していることが考えられる。防耐火関連のページは KiHPver.FIRE の解説とともに 8 月に閉鎖しており、7 月末までのアクセス数であるが、13 位、20 位、23 位にランクインしている。トップページへのアクセスの割合が全体の 43.2%である。

表 1.5.2-2　ページ別のアクセス数（2023 年度の累計）の順位

順位	ページ名	アクセス数	割合
1	トップページ	18867	43.2%
2	1 接合具のデータシート	6319	14.5%
3	2 接合部のデータシート	2868	6.6%
4	集成材・LVL・合板・OSB に関する情報	2418	5.5%
5	構造計算書例およびその解説	2161	4.9%
6	関連する研究論文リスト	1102	2.5%
7	木質構造に係る参考文献	979	2.2%
8	3 耐力壁のデータシート	949	2.2%
9	構造設計に必要な各種情報	847	1.9%
10	耐力要素実験データ	789	1.8%
11	お問い合わせフォーム	770	1.8%
12	6 柱脚システムのデータシート	742	1.7%
13	木造関連の防・耐火仕様	655	1.5%
14	7 小梁受け金物の検討	632	1.4%
15	4 床のデータシート	623	1.4%
16	本 HP のデータを使用した実物件	596	1.4%
17	委員会名簿	580	1.3%
18	5 組立梁等のデータシート	471	1.1%
19	木質材料	411	0.9%
20	防・耐火設計に必要な各種情報	367	0.8%
21	イベントアーカイブ	283	0.6%
22	プライベートポリシー	270	0.6%
23	防・耐火関連の研究論文・参考書籍リスト	214	0.5%

アクセス数の多いリンク元について抜粋した一覧を表 1.5.2-3 に示す。

ブックマーク（直接アクセス）からのアクセス数が 11,785 と最も多い。このことから、固定の閲覧者があることが分かる。KiHP 内のアドレスからのアクセスは 1,883 で、このうち、トップページからアクセスが 1,755 と最も多い。

木造関連の業界の HP からのアクセスでは、BX カネシン 335、中大規模木造建築ポータルサイト 384、全国 LVL 協会 72 である。BX カネシンは、GIR や LSB の接合部のせん断金物として後施工金物を開発したことが影響していると考えられる。中大規模木造建築ポータルサイトは、設計技術情報や講習会情報にてリンク先を 2021 年 2 月から掲載いただいている。

大手検索サイトでは、google が最も多く 3,569、次いで yahoo1,032、bing768 である。

表 1.5.2-3　主なリンク元のアクセス数（2023 年度の累計）抜粋

リンク元	アクセス数
ブックマーク	11,785
KiHP アドレス	1,883
中大規模木造建築ポータルサイト	384
BX カネシン	335
KiHPver.FIRE アドレス	125
全国 LVL 協会	72
大手検索サイト google	3,569
大手検索サイト yahoo	1,032
大手検索サイト bing	768

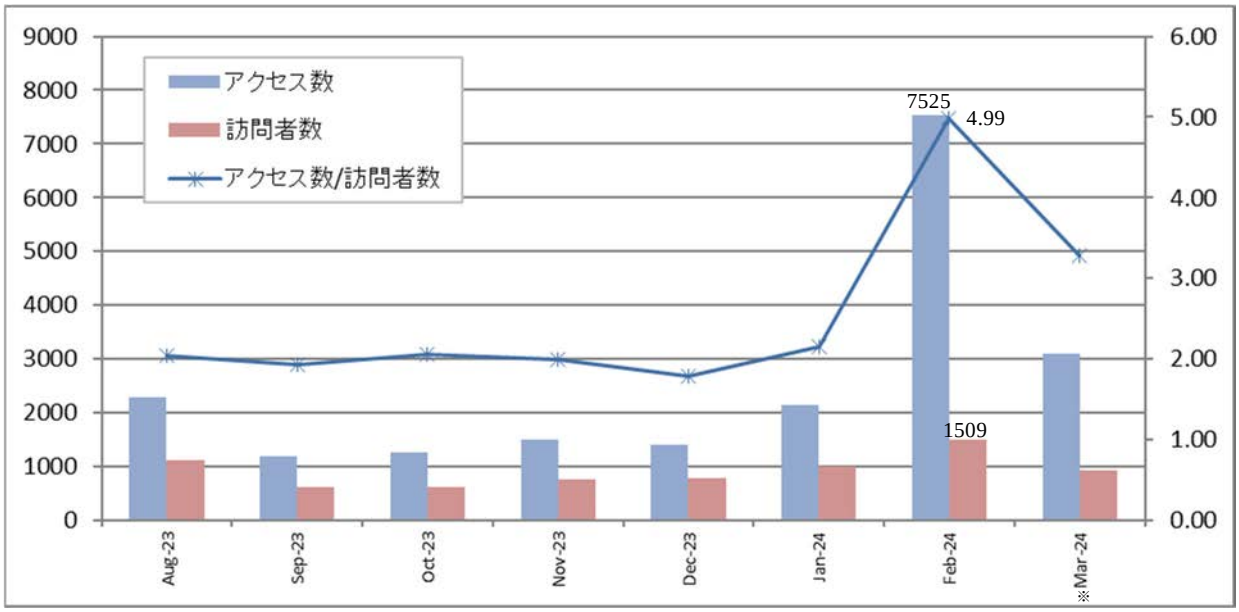
（2）KiHPver.FIRE

KiHPver.FIRE は 2023 年 7 月に開設し、防・耐火の仕様シートや法令一覧など防・耐火設計に必要な各種情報をダウンロードできるようにした。

KiHPver.FIRE へのアクセス数と訪問者数の月別推移について、図 1.5.2-2 に示す。

2023 年度のアクセス数は累計 20,420 であり、そのうち 2024 年 2 月 7,525 と多い。それ以前は 3,000 程度で推移していた。なお、2024 年 1 月 30 日からアクセス数が急増しており、2024 年 2 月は、月平均アクセス数が 1634.5 だったのに対して 4.6 倍になっている。

2023 年度の訪問者数は累計 7,343 であり、そのうち 2024 年 2 月 1,509 と多い。2023 年度の訪問者一人当たりのアクセス数は月平均 2.53 であり、最も少ない月は 12 月の 1.79、最も多い月は 2 月 4.99 である。



※2024 年 3 月分は 22 日までの 22 日間のデータ

アクセス数：　実際に見られたページ数のことで、通称「ページビュー」という。
訪問者数：　同一 IP アドレスからホームページに訪問した数のことで、30 分以内に訪問した場合はカウントされない。

図 1.5.2-2　KiHPver.FIRE のアクセス数と訪問者数の月別推移（合計）

ページ別のアクセス数の順位を表 1.5.2-4 に示す。

アクセス数は、「固定荷重（告示仕様）の目安」が最も多く、次いでトップページ、告示仕様で、これらは 4 桁台である。これら以外のページは 3 桁台である。

Google の検索キーワードでは「固定荷重」「耐火被覆 重量」など固定荷重に関するワードでの検索結果表示回数が 1,343、そのうちクリックされた数が 153 だった。

表 1.5.2-4　ページ別のアクセス数（2023 年度の累計）の順位（KiHPver.FIRE）

順位	ページ名	アクセス数	割合
1	固定荷重（告示仕様）の目安	7,266	35.6%
2	トップページ	6,119	30.0%
3	告示仕様	1,085	5.3%
4	耐火被覆の重量	938	4.6%
5	防・耐火建築物の仕様	676	3.3%
6	仕様に関する情報	651	3.2%
7	大臣認定仕様	560	2.7%
8	木造関連法令一覧	536	2.6%
9	構造設計例における防・耐火上の注意点	527	2.6%
10	研究論文	507	2.5%
11	FAQ	485	2.4%
12	参考書籍	412	2.0%
13	お問い合わせフォーム	359	1.8%
14	防・耐火設計に必要な各種情報	308	1.5%

アクセス数の多いリンク元について抜粋した一覧を表 1.5.2-5 に示す。

ブックマーク（直接アクセス）からのアクセス数が 3,719 と最も多い。このことから、固定の閲覧者があることが分かる。KiHPver.FIRE 内のアクセスは 1,012 で、このうち、トップページからのアクセスが 825 とほとんどがトップページからのアクセスである。

木造関連の業界の HP からのアクセスでは、中大規模木造建築ポータルサイト 126 である。中大規模木造建築ポータルサイトは、設計技術情報や講習会情報にてリンク先を 2023 年 7 月から掲載いただいている。また、委員の安井委員のコラムが同サイトに 2023 年 11 月 1 日から掲載されている（https://mokuzouportal.jp/cgi-bin/disp.cgi?no=407&mode=one&code=10003370）。

大手検索サイトでは、google が最も多く 1,253、次いで yahoo391、bing154 である。

表 1.5.2-5　主なリンク元のアクセス数（2023 年度の累計）抜粋（KiHPver.FIRE）

リンク元	アクセス数
ブックマーク	3,719
KiHPver.FIRE アドレス	1,012
KiHP アドレス	406
中大規模木造建築ポータルサイト	126
大手検索サイト google	1,253
大手検索サイト yahoo	391
大手検索サイト bing	154

1.5.3　e-learning の情報配信状況

KiHP で e-learning を用いて配信したコンテンツを表 1.5.3-1 に示す。以下にそれぞれの配信状況を記す。

表 1.5.3-1　e-learning を使って配信したコンテンツ

種類	コンテンツ名
(1) 耐力要素別解説セミナー関連	Ki ホームページの解説 ・ 接合具のデータシート(ラグスクリューボルト(LSB)、釘、グルードインロッド(GIR)) ・ 接合部のデータシート(鋼板添え板ボルト、引きボルト、ドリフトピン) ・ 耐力壁のデータシート(面材、ブレース) ・ 柱脚システムのデータシート ・ 木質材料「集成材・LVL・合板・OSB・製材（針葉樹）に関する情報」
(2) 講習会・セミナー関連	講習会・セミナー・公開実験の様子 ・ 構造設計者のための防・耐火の情報 ・ 木造防耐火建築物の設計の基本 1・2 ・ 使える大臣認定 ・ 3 階建て（準耐火）・4 階建て（耐火）木造ビルの構造計算講習会 ・ 2020 年 12 月 11 日（金）開催の東京講習会 ・ 2021 ソフト別構造計算例 ・ 2021 年 10 月 7 日（木）開催の「4 階建て（耐火）木造ビルの構造計算講習会 2021 ソフト別」 ・ 4 階建て（耐火）木造ビルの構造計算講習会 2021（ソフト別）(2021) ・ 4 層試設計（LSB・GIR 接合）の計算例 ・ 接合部セミナー ・ 接合部セミナー（柱脚：GIR・LSB）(2023) ・ 接合部セミナー（LSB）(2023) ・ 接合部セミナー（GIR・LSB）(2022) ・ 接合部セミナー（GIR・LSB・せん断金物）(2021) ・ 特別講義：防耐火設計（2019 年度福岡講習会より） ・ GIR 接合部セミナー（2019 年度大分セミナーより） ・ GIR 接合部及びせん断キーのセミナー（2019 年度宮崎セミナーより） ・ せん断キー実験（2019） ・ GIR 公開実験（2019） ・ 特別講義 ・ 木造ビルでも可能な防水工法の紹介（2020） ・ 構造設計者が知っておくべき防・耐火の法規（2019）
(3) 構造設計例（平屋・2 階建て・3 階建て）の配布関連	KiHP　構造設計例の配布

(1) 耐力要素別解説セミナー関連

2018 年度～2022 年度にも配信していた「耐力要素別解説セミナー」について、2023 年度は 2023 年 4 月 1 日から配信を継続している（2023 年 4 月 1 日～4 月 25 日及び 2024 年 3 月 23 日以降は自費費用。以下、同じ。）。動画コンテンツの詳細を表 1.5.3-2 に示す。なお、過去年度の登録者についても引き続き視聴できるようにした。

2018 年度からの累計視聴登録者数は 188 名、2023 年度（特記なき限り、2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 22 日の数）の新規視聴登録者数は 26 名だった。視聴された動画の 2023 年度の再生数*は 9、2018 年度からの累計再生数は 478 だった。

＊再生数とは 1 秒以上の視聴回数。同一コンテンツを複数回に分けて視聴した場合には、その回数分をカウントする。以下同じ。

表 1.5.3-2　配信した動画コンテンツの詳細

HP 上での分類	内容	担当	時間
木質材料 1	構造用集成材	青木	13 分 49 秒
木質材料 2	構造用 LVL	青木	10 分 02 秒
木質材料 3	構造用合板	青木	6 分 52 秒
木質材料 4	構造用パネル（OSB）	青木	5 分 24 秒
木質材料 5	製材（針葉樹）	青木	10 分 53 秒
1 接合具	面材釘接合具	青木	15 分 14 秒
3 耐力壁	面材耐力壁	青木	17 分 45 秒
2 接合部	ドリフトピン接合部	北村	16 分 57 秒
3 耐力壁	ブレース耐力壁	北村	16 分 07 秒
2 接合部	鋼板添え板接合部	岡本	13 分 01 秒
2 接合部	引きボルト接合部－柱脚・柱梁	岡本	9 分 59 秒
1 接合具／2 接合部	LSB 接合具／LSB 接合部－柱脚・柱梁	森・中谷	16 分 48 秒
1 接合具	GIR 接合具	田中	16 分 30 秒
6 柱脚システム	柱脚システム	田中	13 分 25 秒

(2) 講習会・セミナー関連

「接合部解説セミナー」において第 3 章接合部実験データ収集で取得した LSB のデータと柱脚（GIR・LSB、スギ集成材・カラマツ集成材）について収録・配信した。今年度は実験終了後の収録が必要であり配信期間が短くなったことから、事業終了後も自費による配信を継続している。

また、昨年度以前に配信していた「3 階建て（準耐火）・4 階建て（耐火）木造ビルの構造計算講習会」等の動画と配布資料についても配信を継続している。動画コンテンツ等の詳細を表 1.5.3-3 に、配信期間を表 1.5.3-4 に示す。

累計視聴再生数は 1,798（内、配信終了分 687）だった。

視聴登録者数は 502 名、このうち 2023 年度新規登録分は 109 名だった。

表 1.5.3-3　動画コンテンツの詳細（太字が 2023 年度に追加した動画）

講義名	講師	時間
セミナー：構造設計者のための防・耐火の情報		
木造防耐火建築物の設計の基本 1 防・耐火の法的制限と対応する建築物について	安井	19 分 38 秒
木造防耐火建築物の設計の基本 2 意匠設計者が考慮するポイント：内装制限・防火区画・避難安全計画	安井	19 分 38 秒
使える大臣認定仕様	安井	21 分 07 秒
講習会：3 階建て（準耐火）・4 階建て（耐火）木造ビルの構造計算講習会		
本講習会のねらいと目的、KiHP の目的・使い方	腰原	15 分 41 秒
構造設計に用いた耐力要素について ―面材耐力壁・引きボルト―	岡本	1 時間 00 分 47 秒
構造計算例の解説―3 階建て準耐火建築物、4 階建て耐火建築物の構造設計―	宮田	1 時間 08 分 16 秒
講習会：2021 ソフト別構造計算例		
本取組みのねらい	腰原	25 分 18 秒
midas iGen による構造計算書作成の解説	株式会社マイダスアイティジャパン	54 分 48 秒
STAN による構造計算書作成の解説	株式会社構造計画研究所	32 分 11 秒
SEIN による構造計算書作成の解説	株式会社 NTT ファシリティーズ	46 分 34 秒
WOOD-ST の紹介	株式会社構造システム	20 分 47 秒
セミナー：4 層試設計（LSB・GIR 接合）の計算例		
2022 4 層試設計（LSB・GIR）ラーメンの計算例	宮田	42 分 33 秒
セミナー：接合部セミナー		
柱脚：GIR・LSB 接合部セミナー2023	**田中**	**14 分 51 秒**
LSB 接合部セミナー 2023	**森**	**15 分 38 秒**
GIR 接合部セミナー 2022	田中	31 分 33 秒
LSB 接合部セミナー 2022	森	19 分 21 秒
GIR 接合部セミナー 2021	田中	31 分 00 秒
せん断金物セミナー 2021		10 分 27 秒
GIR 接合部及びせん断キーのセミナー 2019	岡本	40 分 25 秒
せん断キー（大入・ほぞ 100mm）のせん断実験		23 分 39 秒
せん断キー（大入・ほぞ 150mm）のせん断実験		52 分 10 秒

講義名	講師	**時間**
GIR 接合部セミナー【大分公開実験】2019	田中	56 分 25 秒
GIR 接着剤注入実演【大分公開実験】2019		11 分 59 秒
実験に使用した集成材【大分公開実験】2019		51 秒
GIR 引張り試験【大分公開実験】2019		23 分 19 秒
GIR 曲げ試験【大分公開実験】2019		25 分 15 秒
講習会：特別講義		
木造ビルでも可能な防水工法の紹介	田島ルーフィング	59 分 59 秒
構造設計者が知っておくべき防・耐火の法規	安井	1 時間 02 分 59 秒

表 1.5.3-4　配信期間（太字が 2023 年度に追加した動画）

講座名	配信期間
講習会：3 階建て（準耐火）・4 階建て（耐火）木造ビルの構造計算講習会	2020 年 12 月 16 日～
講習会：2021 ソフト別構造計算例	2021 年 10 月 10 日～
セミナー：4 層試設計（LSB・GIR 接合）の計算例	
2022 4 層試設計（LSB・GIR）ラーメンの計算例	2023 年 2 月 27 日～
セミナー：接合部セミナー	
LSB 接合部セミナー 2023	**2024 年 3 月 17 日～**
LSB 接合部セミナー 2022	2023 年 2 月 20 日～
GIR 接合部セミナー 2021	2022 年 2 月 8 日～
せん断金物セミナー 2021	2022 年 2 月 8 日～
GIR 接合部及びせん断キー（2019 年度宮崎セミナーより）	2019 年 12 月 13 日～
GIR 接合部セミナー（2019 年度大分セミナーより）	2019 年 11 月 14 日～
セミナー：構造設計者のための防・耐火の情報	
木造防耐火建築物の設計の基本 1	2023 年 1 月 6 日～
木造防耐火建築物の設計の基本 2	2023 年 1 月 6 日～
使える大臣認定	2023 年 1 月 6 日～
講習会：特別講義	
木造ビルでも可能な防水工法の紹介	2020 年 12 月 16 日～
構造設計者が知っておくべき防・耐火の法規	2019 年 11 月 14 日～
過去配信分（最新版を配信のため配信終了）	
「3 階建て（準耐火）・4 階建て（耐火）木造ビルの構造計算講習会」広島講習会（2020 年 9/11 開催分）	2020 年 9 月 16 日～ 2022 年 3 月 24 日
「3 階建て（準耐火）・4 階建て（耐火）木造ビルの構造計算講習会」（2018 年度）	2019 年 1 月 28 日～ 2020 年 3 月 24 日
〃（2019 年度）	福岡講習会 2019 年 11 月 13 日、高知講

講座名	配信期間
	習会 2019 年 12 月 11 日 ～2020 年 3 月 24 日
2021 4 層試設計（LSB・GIR 接合）の計算例	2022 年 3 月 12 日～ 2023 年 2 月 27 日
接合部セミナー（2020 年度）	2020 年 11 月 19 日～ 2022 年 3 月 24 日
LSB 接合部セミナー 2021	2022 年 2 月 8 日～ 2023 年 2 月 7 日
特別講義：防水設計（2020 年度広島講習会より）	2020 年 9 月 16 日～ 2022 年 3 月 24 日
特別講義：防水設計（2019 年度高知講習会より）	2019 年 12 月 11 日～ 2020 年 3 月 24 日

（3）構造設計例（平屋・2 階建て・3 階建て）の配布関連

KiHP では、構造設計例（平屋・2 階建て・3 階建て）と解説を 2015 年度より公開している。構造設計者にとって、他者・他社の作成した構造計算書を見る機会は少ない。その機会を設けることが、構造設計者の育成につながると考えた。

構造設計例は、「構造設計データ集（現在は「耐力要素実験データ」）」を活用し作成した。平屋については実物件の構造設計である。2 階建て・3 階建てについては、公表用に作成した試設計である。これまで、2016 年に改訂するなど、整備を続けている。

2018 年度まで、KiHP の「お問い合わせフォーム」より連絡を受けた希望者に配布してきた。これは、ホームページから直接ダウンロードするようにすると、意図しない使用につながる恐れがあったため、誰に配布したか分かるようにするためである。2019 年度において、e-learning の整備が整い、希望者の管理が容易にできるようになったことから、2019 年 8 月 1 日よりダウンロード用コンテンツとして配信することとした。

構造設計例の配布者数は累計で 384、e-learning での配布以降は、2019 年度 51、2020 年度 57、2021 年度 53 と 50 超が続き、2022 年度 35、2023 年度は 43 となった。

1.5.4　アクセス数の増減の要因

KiHP、KiHPver.FIRE のアクセス数に影響するものとして、HP トップページ内「最新情報」の更新頻度（表 1.5.1-2）と（一社）木を活かす建築推進協議会（以下、木活協と記す。）のメールニュース配信が関係している可能性がある。

KiHP、KiHPver.FIRE それぞれの日平均アクセス数と更新日のアクセス数（更新日が同じ月の場合その平均。）の比較を図 1.5.4-2 に示す（2023 年 12 月まで）。10 月の KiHPver.FIRE の更新以外はいずれも更新日のアクセス数の方が多い。

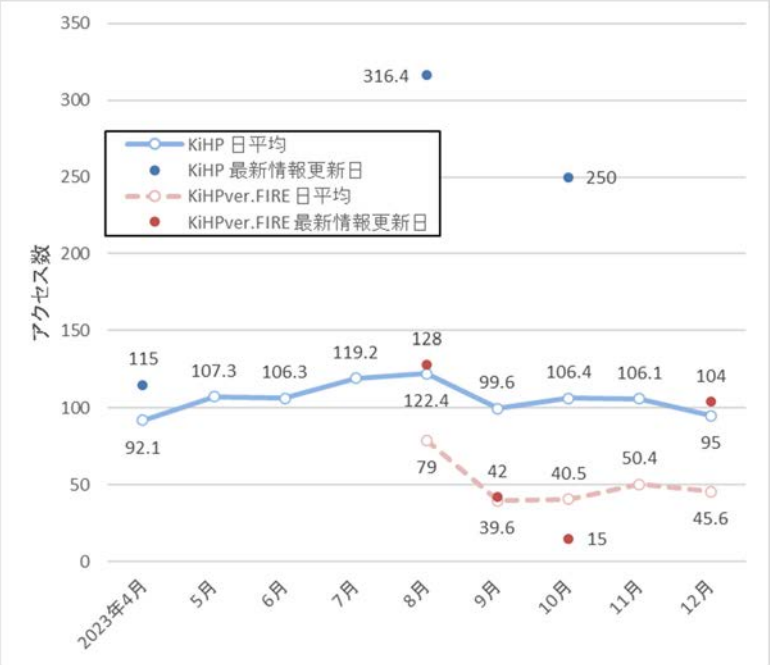


図 1.5.4-1　アクセス数の最新情報更新日と日平均の比較

次に、木活協のメールニュース配信の影響について考察する。

2018 年度より木活協のメールニュース配信に講習会等の開催や各種動画配信についての掲載を毎月依頼している。木活協におけるメールニュース配信登録者は、工務店・ハウスメーカー、設計者、 木材・林業関係者、地方自治体、大学関係・学生等約 2,000 名（全国）となっている。配信頻度は月一回、月末の配信である。

木活協のメールニュースにおいて 2023 年度に配信された項目を表 1.5.4-1 に示す。

KiHP、KiHPver.FIRE それぞれの日平均アクセス数と木活協メールニュース配信日のアクセス数の比較を図 1.5.4-2 に示す（2024 年 1 月まで）。KiHP は木活協メールニュース配信日のアクセス数の方が月平均より多く、KiHPver.FIRE は多少の変動はあるものの概ね同じ傾向を示している。このことから、アクセス数において木活協メールニュース配信の影響が考えられる。

表 1.5.4-1　木を活かす建築推進協議会におけるメールニュース配信の項目

配信日	KiHP 更新	KiHPver.FIRE 更新	セミナー動画無料配信	前年度までの成果※の無料配信
2023 年 4 月 27 日 4 月 28 日				○
5 月 30 日				〃
6 月 29 日				〃
7 月 27 日				〃
8 月 30 日	データシート整備	HP 開設の案内		〃
9 月 28 日	〃	HP の案内		〃
10 月 27 日	データ公開案内 実大フレーム実験の公開案内	HP の案内 情報追加		〃
11 月 28 日	データ公開案内	HP の案内		〃
12 月 25 日	〃	〃		〃
2023 年 1 月 27 日	〃	〃		〃
2 月 28 日	〃	〃		〃
3 月 29 日	〃	HP の案内 情報追加	接合部セミナーの配信開始	〃

※ 2019 年度～2022 年度に開催した講習会やセミナー、公開実験の動画無料配信、2018 年度に整備した Ki 耐力要素実験データの解説動画配信

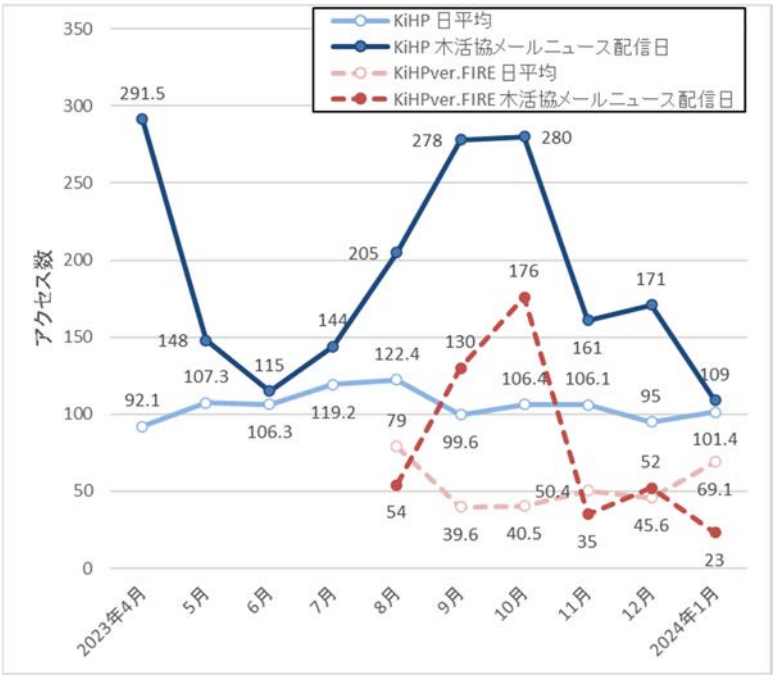


図 1.5.4-2　アクセス数のメールニュース配信日と日平均の比較

これらから、引き続き最新の情報を更新するなどメンテナンスを維持し、また、情報

配信の協力依頼についても積極的に行うことが、本事業の成果を知らしめることに繋がると考えられる。なお、2024 年 1 月 30 日以降で、KiHP、KiHPver.FIRE 共にアクセス数が急増している。今後この要因を探り、アクセス数の更なる増加につなげたい。

第 2 章 中層大規模木造の防・耐火関連情報の整備

2.1 取組の概要

2.1.1 背景と全体の枠組み

本事業で対象としている中層大規模木造は大断面集成材を用いたラーメンフレームによる 3～4 階建て相当の建築物で、防・耐火性能は告示の例示仕様を用い、3 階建ては準耐火構造建築物（準耐火構造による）、4 階建ては耐火建築物（1 時間耐火構造による）を想定している。

防・耐火の法規制をクリアすることが必須となるが、法規制が非常に複雑で新たに木造に取り組む者にとっては理解すること自体、ハードルが高い。また、実際に設計する際には、市販のマニュアル等から一般向けの情報を得て各部の仕様などを決定するのもハードルが高いと言える。そこで、非住宅木造建築物を対象とした法規制や防・耐火上の仕様等を整理し、ホームページ（以下、KiHPverFIRE と記す。）及び e-learning（以下、動画配信セミナーと記す。）により、主に意匠設計者と構造設計者に向けて情報提供している。なおこれら情報には、前述の本事業で対象としている建築物以外の構造・構法の木造建築物でも共有できるものが多く含まれる。

提供する情報提供の枠組みを図 2.1.1-1 に示す。前述のとおり、情報提供は KiHPverFIRE と動画配信セミナーに分けて公開している。KiHPverFIRE では基本情報を公開し、その解説を動画配信セミナーで配信している。動画セミナーは①と②があり、図 2.1.1-1 の中でセミナー対象となっている部分については色分けで示している。

「防・耐火建築物の仕様」は、耐火建築物・準耐火建築物はどういうものかということを示し､どこに防･耐火構造が必要なのかが分かるような全体像を示すための情報とした。

「告示仕様」は、告示仕様について 1 仕様 1 ページとしてシート化し、カタログ的にみられるようにした。2023 年度は、平 12 建告第 1399 号（令和 5 年 3 月 20 日改正公布、同 4 月 1 日施行）による 1.5 時間耐火の仕様シートを追加した。**「大臣認定仕様」**は、木質を現しにできる仕様など、木造の設計上有用と思われるもので、一般の設計者・施工者にもオープンになっているものをピックアップしてリスト化している。その詳細については、動画配信セミナーで解説・公開している。これは、大臣認定自体が今後増加していくものであり、現段階のものでも利用上の注意点がある場合も多く、認定を取得した団体・企業の対応なども変化するため、今後の更新の容易性を考慮したことによる。

「仕様に関する情報」は、公的な解説書では示されていないが、知っておくべき情報を集約している。2023 年度は、「燃えしろ設計に付随する接合部の防火設計について（日集協）」のリンクを掲載した。

「防・耐火設計に必要な各種情報」は、建築基準法の防耐火法令についての情報を集約した。内装制限、防火区画等、避難安全措置等については動画配信セミナーで解説・公開している。

「木造関連法令の一覧」は、主に中大規模木造に関連する法令・告示（2022 年 12 月現在）を抜粋し、その概要を示した。

「研究論文」現行の告示仕様や大臣認定仕様が整備される際に実施された研究論文をリスト化している。これらは、多くは公表されているものであり、一般の設計者が読み解くにはハードルがある。そのため、これらの概要をまとめたものも一緒に示した。**「参考書籍」**は、公的な立場の組織が編集・監修を行っている中層・大規模木造建築物の防・耐火に関連する書籍についてリスト化した。

「構造との連携」は、構造設計にあたり防・耐火を意識して設計しなければならない情報を集約した。

「耐火被覆の重量」は、構造設計者の固定荷重の算定作業を軽減するために、告示仕様のうちよく使われる被覆材をピックアップして種類と厚さで単位当たり重量を算定しリスト化した。**「固定荷重（告示仕様）の目安」**は、一般的な住宅（準耐火構造・耐火構造ではない「その他の建築物」）の仕様を、告示仕様の耐火構造・準耐火構造にした場合の荷重を概算し示した。（2023 年度に新規に開設。）

「構造設計例における防・耐火上の注意点」は、中層大規模木造研究会設計支援情報データベースの整備・取組みにより、Ki 講習会にて公開している 3 階建て（準耐火）・4 階建て（耐火）木造ビルの構造設計例をベースに、防・耐火上の注意点を整理し示した。（2023 年度に新規に開設。）

「FAQ」は、木造設計の初心者から上級者までを対象に質問と回答を取りまとめ示した。（2023 年度に新規に開設。）

KiHPver.FIRE の構成

防・耐火建築物の仕様	告示仕様 大臣認定仕様 仕様に関する情報
防・耐火設計に必要な各種情報	木造関連法令一覧 研究論文 参考書籍
構造との連携	耐火被覆の重量 固定荷重（告示仕様）の目安 構造設計例における防・耐火上の注意点

FAQ

①動画配信セミナー

ー構造設計者のための防・耐火の情報ー

「木造防耐火建築物の設計の基本」

・防・耐火の法的制限と対応する建築物について
・意匠設計者が考慮するポイント：内装制限・防火区画・避難安全計画

②動画配信セミナー

ー構造設計者のための防・耐火の情報ー

「使える大臣認定仕様」

図 2.1.1-1　情報提供の枠組み

2.2 公開している動画および資料

動画配信セミナーで配信している講義を表 2.2-1 に、KiHPverFIRE 及び動画配信セミナーで公開している資料のリストを表 2.2-2 に示す。公開した資料は PDF とし、KiHPverFIRE 及び動画配信セミナーからダウンロードできるようにした。5.2 項に、2023 年度に公開した資料を示す。

表 2.2-1　動画配信セミナーで公開している講義

講座	セミナー名	講義	講師
Ki 講習会・セミナー	構造設計者のための防･耐火の情報	木造防耐火建築物の設計の基本 1 防・耐火の法的制限と対応する建築物について	安井
		木造防耐火建築物の設計の基本 2 意匠設計者が考慮するポイント：内装制限・防火区画・避難安全計画	安井
		使える大臣認定仕様	安井

表 2.2-2　公開している資料のリスト（2023 年度に公開した資料を太字で示す）

	資料名	公開場所
	防耐火建築物の種類 木造関連法令一覧（2022 年 12 月現在） 木造関連告示仕様一覧 告示仕様シート	KiHPverFIRE
1	**1.5 時間耐火構造仕様シート**	
	木材を耐火被覆に使用した大臣認定仕様の一例 耐火被覆の重量表	
2	**固定荷重の目安シート**	
	中・大規模木造建築物に関する参考書籍一覧（防耐火関連）一覧 研究論文一覧 -1 耐火構造・耐火建築物概要書 -2 準耐火構造・準耐火建築物概要書	
3	**構造設計例における防・耐火上の注意点**	
4	**FAQ**	
	木造防耐火建築物の設計の基本 使える大臣認定仕様（シートを含む）	動画配信セミナー

第 3 章　接合部実験データ収集

3.1　接合部実験データ収集の概要

3.1.1　2019 年度～2022 年度までのデータ収集の経緯

大断面集成材を用いた中大規模木造を建設するに当たっては、母材断面の標準化が進んでおらず、設計毎に一定の範囲内ではあるが自由に設定することができる。しかし、プロジェクトごとに母材断面が異なるということは、その都度、接合部の設計が必要となることを意味する。そのため、プロジェクトごとに接合部の実験データを取得するか、接合部の設計が必要となる。

このような状況を解消するためには、鉄骨造などと同じように母材の標準断面を決め、その標準接合部およびその性能が公表されていることが理想となる。KiHP では、このような状況を目指し、標準断面を仮定し、様々な実験結果をもとに、使用する集成材断面に納まる接合具の数を想定､またその剛性､耐力を類推することが可能な資料を整備してきた。

また、令和元年度以降に集成材の材幅 105mm を基本寸法とした標準断面とし梁せいや樹種、せん断キーをパラメータとして、GIR（グルードインロッド）及び LSB（ラグスクリューボルト）を用いた接合部を検討した。さらに、設計に資することが可能なデータの収集を目的として実験を行ってきた。これまでの経緯と今年度の実施内容を次ページ以降に示す。

これらで収集したデータにより、接合部の設計で必要となる推定値がおおよそ算定できるようになった。

<令和元年度（2019 年度）の実施内容>

柱および梁を標準断面寸法 210mm×600mm のスギの構造用集成材とした柱梁接合部および柱脚接合部を想定し、GIR の繊維直交方向、繊維平行方向での性能を要素実験で確認した。加えて、当該接合部に用いるせん断キーとして、大入れの実験を実施した。これは、木造の接合部の設計においては、モーメントを負担する機構とせん断を負担する機構を分けることが原則とされていることから、モーメントを負担する GIR、LSB とは別にせん断接合部が必要となることによる。

表 3.1.1-1　令和元年度・2019 年度　実施内容　（　）内は当該年度の報告書の節を示す。

せん断キー　大入れ（2019-4.7）

試験内容	集成材断面寸法（単位：mm）		差込ほぞ	梁に箱型金物用切り欠きの有無
	柱	梁		
せん断	210×300	210×600	105×100	有
			105×150	有

GIR 要素実験（2019-4.2～4.6）

試験内容	集成材断面寸法（単位：mm）	GIR の配置	接合金物本数
繊維平行・引張（4.2）	210×300	1 列 1 段	1
		1 列 2 段　間隔 60mm	2
		2 列 1 段　間隔ﾗﾐﾅ幅方向 70mm	2
		2 列 2 段　間隔 60mm、ﾗﾐﾅ幅方向 70mm	4
繊維平行・曲げ（4.3）	210×600	2 列 1 段　間隔ﾗﾐﾅ幅方向 70mm	2
		2 列 2 段　間隔 60mm、ﾗﾐﾅ幅方向 70mm	4
繊維直交・引張（4.4）	210×300	1 列 1 段	1
		1 列 2 段　間隔 60mm	2
		2 列 1 段　間ﾗﾐﾅ幅方向 70mm	2
		2 列 2 段　間隔 60mm、ﾗﾐﾅ幅方向 70mm	4
繊維直交・曲げ（4.5）	210×300	2 列 1 段　間隔ﾗﾐﾅ幅方向 70mm	2
		1 列 2 段　間隔 60mm	2

試験内容	試験条件	集成材断面寸法（単位：mm）	集成材長さ（単位：mm）	接合金物本数
繊維直交・圧縮（4.6）	集成材のみ圧縮	210×300	1000	0
	集成材と GIR			1

<令和 2 年度（2020 年度）の実施内容>

令和元年度に GIR で構築した要素試験方法を LSB にも適用し、LSB の繊維直交方向、繊維平行方向での性能を要素実験で確認した。その際に、令和元年度では断面寸法を 210mm×600mm を想定して行ったが、令和 2 年度からは 105mm×600mm を追加して実施することとした。これは、幅 105mm のラミナは多くの集成材メーカーで製造可能なこと、建物の要求性能に合わせて幅 105mm のフレームを組み合わせて幅 210mm や 315mm のフレームとするシステムが構築可能なことによる。

これに合わせ、105mm×600mm 断面にて、GIR・LSB 共に柱梁接合部実験を行った。

加えて、当該柱梁接合部に用いる既製品のせん断金物の実験を実施した。これは、令和 2 年度から取り組んだ幅 105mm の集成材断面に対応可能な既往の住宅用梁受け金物を利用したものである。

表 3.1.1-2　令和 2 年度・2020 年度　実施内容　（　）内は当該年度の報告書の節を示す。

せん断金物実験　後施工金物 3（2020-4.3）

試験内容	集成材断面寸法（単位：mm）		接合金物本数	梁に箱型金物用切り欠きの有無
	柱	梁		
せん断（4 体） 引張（3 体）	105×300	105×600	2	無
			4	有

LSB 要素実験（2020-4.4～4.8）

試験内容	集成材断面寸法（単位：mm）	LSB の配置	接合金物本数
繊維平行・引張（4.4）	105×300	1 列 1 段	1
		1 列 2 段　間隔 50mm	2
	210×300	2 列 2 段　間隔 50mm、ﾗﾐﾅ幅方向 105mm	4
繊維平行・曲げ（4.5）	105×600	1 列 1 段	1
		1 列 2 段　間隔 50mm	2
繊維直交・引張（4.6）	105×600	1 列 1 段	1
		1 列 2 段　間隔 50mm	2
		1 列 2 段　間隔 100mm	2
	210×600	2 列 2 段　間隔 50mm、ﾗﾐﾅ幅方向 105mm	4
繊維直交・曲げ（4.7）	105×600	1 列 1 段	1
		1 列 2 段　間隔 50mm	2
		1 列 2 段　間隔 100mm	2

試験内容	試験条件	集成材断面寸法（単位：mm）	集成材長さ（単位：mm）	接合金物本数
繊維直交・圧縮（4.8）	集成材のみ圧縮	105×600	900	0
	集成材と LSB を圧縮			1
	LSB のみ圧縮			1
	集成材と LSB を圧縮		1800	1

GIR 柱梁接合部曲げ（2020-4.2）

集成材断面寸法 （単位：mm）	GIR 配列	接合金物本数 梁側・柱側合わせて	箱型金物の 有無
105×600	1 列 1 段	2	無
		4（箱型金物で 2 つに分かれるので）	有

LSB 柱梁接合部曲げ（2020-4.9）

集成材断面寸法 （単位：mm）	LSB 配列	接合金物本数 梁側・柱側合わせて	箱型金物の有無
105×600	1 列 2 段	8	有

以上で、GIR と LSB のスギにおける要素実験が完了し、スギにおいての接合部の理論式に用いる基礎データの取得が完了した。

<令和 3 年度（2021 年度）の実施内容>

令和 3 年度（2021 年度）は、前年の結果を踏まえて、樹種違い（スギ→カラマツ）、梁せい違い（600mm→750mm）などのデータを収集した。その理由は以下の通りである。

- 樹種が異なると GIR の接着剤および LSB のネジの性能が変わるので、おのずと接合部の性能が変わる。また、梁せいが異なると中立軸からの接合具の距離が異なるため、接合部としての性能も変わる。
- 本事業で対象としているモデル建物では、母材の一部にカラマツ集成材を用いることや、梁せいも階によって 600mm と 750mm を使い分けることが想定される。

なお、本事業では集成材の材幅 105mm を基本寸法とした標準断面とし、材幅を 210mm と 105mm の場合を想定している（以下、「105mm シリーズ」と記す。）。これらの場合、接合具の種類によって入れられる本数が異なる。具体的には、105mm の場合は GIR、LSB とも 1 列、210mm の場合は GIR では 3 列（直付けの場合）、LSB では 2 列（箱型金物付）配置としてデータを収集した。

また、これらのモーメント抵抗用接合具の性能を十分に発揮できるよう、せん断金物「後施工金物 4」を開発し、その性能確認も行った。

表 3.1.1-3　令和 3 年度・2021 年度　実施内容　（　）内は当該年度の報告書の節を示す。

せん断金物実験　後施工金物 4（2021-5.4）

試験内容	集成材断面寸法（単位：mm）		梁に箱型金物用切り欠きの有無
	柱	梁	
せん断（8 体） （繰り返し加力 6 体・単調加力 2 体）	105×300	105×600	有（残存成 320mm）
			有（残存成 470mm）

GIR 接合部曲げ（2021-5.2）

集成材断面寸法 （単位：mm）	GIR 配列	接合金物本数 梁側・柱側合わせて	樹種	箱型金物の有無
105×600	1 列 1 段	2	カラマツ	無
		4※	カラマツ	有
105×750	1 列 1 段	2	スギ	無
		4※	スギ	有
210×600	3 列 1 段	6	スギ	無
105×600	1 列 2 段	4　靭性型	スギ	無

LSB 接合部曲げ（2021-5.3）

集成材断面寸法 （単位：mm）	LSB 配列	接合金物本数 梁側・柱側合わせて	樹種	箱型金物の有無
105×600	1 列 1 段	4※	カラマツ	有
		4※	スギ	有
105×750	1 列 2 段	8※	スギ	有
210×600	2 列 2 段	16※	スギ	有

※箱型金物で 2 つに分かれるため

<令和 4 年度（2022 年度）の実施内容>

令和 4 年度（2022 年度）は、105mm 巾シリーズで仕様を絞り 1 フレームのデータを完成させられる最低限の仕様で実験を実施した。

選択した仕様は以下の通りである。

・ 靭性型特注 GIR

令和 3 年度（2021 年度）に実施した既製品の靭性型 GIR による接合部実験では、GIR の破断耐力調節クビレ（延びる部分と定着部分の境界にあたる位置）が柱内に位置する仕様になり、その部分での横引張割れが起きた。そこで、その位置を柱側から梁側に変更し、柱側はすべてねじ部が埋め込まれる仕様とした靭性型特注 GIR に変更した。

・ 後施工金物 4

令和 3 年度（2021 年度）に開発した、金物のドリフトピン孔をルーズホールとし変形に追従できる後施工金物 4 を用いてデータを取得することとした。

・ 母材幅 105mm と 210mm

母材幅 105mm のフレームは、より高い性能を求められた場合にはフレームを重ね合わせて 210mm とすることを想定している。ただし、210mm 幅の集成材も入手は比較的容易であること、フレームを重ね合わせる場合にはそれらの一体性の確保などの検討が必要であることから、210mm 幅の材を用いることは想定される。その場合に、重ね合わせの場合との基本性能の違いを確認するために、210mm×600mm の試験体でも実験を行うこととした。この場合、比較であるので、接合具数は 105mm の重ね合わせと同じになる仕様とした。

表 3.1.1-4　令和 4 年度・2022 年度　実施内容　（　）内は当該年度の報告書の節を示す。

GIR 接合部曲げ｜いずれもせん断金物は後施工金物 4（2022-5.2）

集成材断面寸法（単位：mm）	GIR 配列	接合金物本数 梁側・柱側合わせて	樹種	箱型金物の有無
105×600	1 列 2 段	4　靭性型	スギ	無
			カラマツ	無
105×750	1 列 2 段	4　靭性型	スギ	無
			カラマツ	無
210×600	2 列 2 段	8　靭性型	スギ	無

LSB 接合部曲げ｜いずれもせん断金物は後施工金物 4（2022-5.3）

集成材断面寸法（単位：mm）	LSB 配列	接合金物本数 梁側・柱側合わせて	樹種	箱型金物の有無
105×600	1 列 2 段	8※	スギ	有
			カラマツ	有
105×750	1 列 2 段	8※	カラマツ	有
210×600	2 列 2 段	16※	スギ	有

※箱型金物で 2 つに分かれるため

3.1.2　今年度の実施内容

令和 5 年度（2023 年度）は、以下の 2 点の実験により接合部実験データを取得した。

（1）樹種をカラマツとした要素試験（LSB）（3.2 項～3.5 項）

樹種がカラマツになった場合の理論式での接合部の検討に用いる要素試験の実験値が無いため、2020 年度に実施した樹種をスギとした試験の仕様をカラマツに置き換えて実験を実施した。実施した試験を表 3.1.2-1 に示す。接合具については、LSB のみで実施した。GIR については、木部と接着剤の界面で壊れる材は使用しないことになっているため、引き抜き性能は木部のせん断性能で見ることとなっている。スギとカラマツの場合、せん断がスギ<カラマツであることから、GIR の実験は不要とした。

表 3.1.2-1　LSB、樹種カラマツの要素試験一覧

試験	部材情報（単位 mm）	2020 年度報告書（スギ）
①繊維平行方向の引張試験	断面 105×300（600 せいのラミナ構成で製造。LSB を外層側に配置）	4.4 項
②繊維直交方向の引張試験	部材寸法 105×600×1800	4.6 項
③繊維平行方向の曲げ試験	断面 105×600	4.5 項
④繊維直交方向の圧縮	材料は③の試験後の材から切り出して利用（①は 600mm の材を半分にカットしたと想定したラミナ構成とするため利用不可。）。	4.8 項

（2）接合部実験：柱脚曲げ（3.6 項～3.7 項）

要素実験データを用いた解析値と実大フレーム実験の結果を比較するため、柱脚の実験データを取得した。

使用した柱脚金物は、実大フレーム実験を行う際に特注製作したもので、箱型金物と後施工金物 4 を組み合わせたものである。GIR は実大フレーム実験と揃え中空型全ねじボルト（M24）を用いた。LSB のハイテンションボルトは F10Ｔ相当（10.9 高力ボルト）とした。

実施した試験を表 3.1.2-2 に示す。

表 3.1.2-1　接合部実験：柱脚曲げの仕様概要

接合具	樹種	配列	柱断面（mm）	試験体数
GIR	スギ	1 列 2 段	105×600	3
	カラマツ	1 列 2 段	105×600	3
LSB	スギ	1 列 2 段	105×600	3
	カラマツ	1 列 2 段	105×600	3

3.1.3　2023 年度までのデータ収集のまとめ

3.1.1 で示した実験内容と、3.2～3.7 に示す今年度実施した実験について、GIR、LSB に分けて整理したものを次ページ以降に示す（せん断キー（大入れ、せん断金物）については含んでいない）。

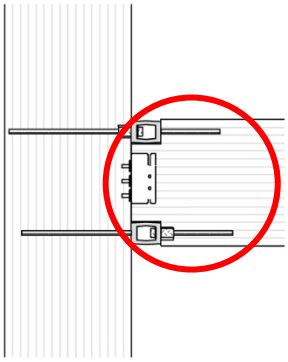
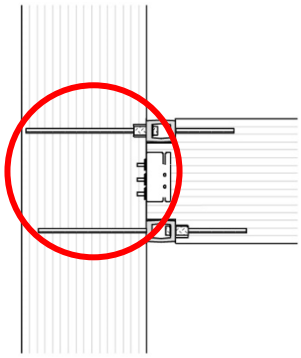
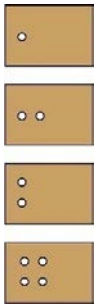
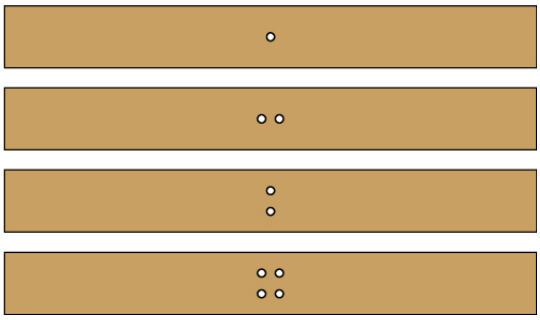
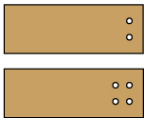
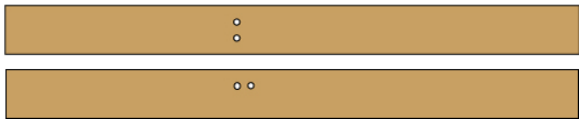
これらの実験方法等を応用し、企業からの依頼があった靭性型の GIR（タフネスコネクター）についても実験を実施しているがそれについても追記している。

GIR については、GIR は（株）スクリムテックジャパンのホームコネクターの製品としている。ホームコネクターの種類は以下に示す通り、実験によって用いているものが異なる。

① 要素試験および 2020 年度と 2021 年度の接合部実験、2022 年度の柱脚接合部実験では市販されている靭性が無いタイプ（中空型全ネジボルト）のものを使用
② 2021 年度の接合部実験の一部に市販されている靭性型（靭性型 GIR）を使用
③ 2022 年度の接合部実験は、靭性型で各部の長さなどを接合部の寸法様に特注としたもの（靭性型特注 GIR）を使用

LSB のハイテンションボルトは 2022 年度の接合部実験以外は、F10Ｔ相当（10.9 高力ボルト）とした（2022 年度は F12T 相当（12.9 高力ボルト）を用いた。）。

表 3.1.3-3　GIR 接合部の既往の実験の全体像　（　）内は当該年度の報告書の節を示す。

	繊維平行方向に GIR 埋込（梁をイメージ）*1	繊維直交方向に GIR 埋込（柱をイメージ）*1
		
引張	（2019-4.2）  部材寸法 210×300×1500 GIR 配列 1 列 1 段 1 列 2 段（間隔 60mm） 2 列 1 段（間隔 70mm） 2 列 2 段（間隔 60mm、ﾗﾐﾅ幅方向 70mm）	（2019-4.4）  部材寸法 210×300×1800 GIR 配列： 1 列 1 段、 1 列 2 段（間隔 60mm） 2 列 1 段（間隔 70mm） 2 列 2 段（間隔 60mm、ﾗﾐﾅ幅方向 70mm）
曲げ	（2019-4.3）  断面　210×600 GIR 配列 2 列 1 段（間隔 70mm） 2 列 2 段（間隔 60mm、ﾗﾐﾅ幅方向 70mm）	（2019-4.5）  部材寸法 210×300×2500 GIR 配列 2 列 1 段（間隔 70mm） 1 列 2 段（芯より偏り 35mm）
圧縮	ー	（2019-4.6） 集成材のみの圧縮 集成材+GIR の圧縮（余長　短 450・長 900 の 2 種） 部材寸法 210×300×1000
接合部	（2020-4.2）　柱梁接合部　断面　105×600　GIR 配列：1 列 1 段　箱金物有　スギ （2020-4.2）　柱梁接合部　断面　105×600　GIR 配列：1 列 1 段　箱金物無　スギ （2021-5.2）　柱梁接合部　断面　105×600　GIR 配列：1 列 1 段　箱型金物有　カラマツ	

	（2021-5.2） 柱梁接合部 断面 105×600 GIR 配列：1 列 1 段 箱型金物無 カラマツ （2021-5.2） 柱梁接合部 断面 105×750 GIR 配列：1 列 1 段 箱型金物有 スギ （2021-5.2） 柱梁接合部 断面 105×750 GIR 配列：1 列 1 段 箱型金物無 スギ （2021-5.2） 柱梁接合部 断面 210×600 GIR 配列：3 列 1 段 箱型金物無 スギ （2021-5.2） 柱梁接合部 断面 105×600 靭性型 GIR 配列：1 列 2 段 箱型金物無 スギ*2 （2022-5.2） 柱梁接合部 断面 105×600 靭性型特注 GIR 配列：1 列 2 段 箱型金物無 スギ*2 （2022-5.2） 柱梁接合部 断面 105×600 靭性型特注 GIR 配列：1 列 2 段 箱型金物無 カラマツ*2 （2022-5.2） 柱梁接合部 断面 105×750 靭性型特注 GIR 配列：1 列 2 段 箱型金物無 スギ*2 （2022-5.2） 柱梁接合部 断面 105×750 靭性型特注 GIR 配列：1 列 2 段 箱型金物無 カラマツ*2 （2022-5.2） 柱梁接合部 断面 210×600 靭性型特注 GIR 配列：2 列 2 段 箱型金物無 スギ*2 （2023-3.6） 柱脚接合部 断面 105×600 GIR 配列：1 列 2 段 柱脚金物 カラマツ （2023-3.6） 柱脚接合部 断面 105×600 GIR 配列：1 列 2 段 柱脚金物 スギ
接合部	別事業・タフネス 2021 柱梁接合部 断面 105×600 GIR 配列：1 列 1 段 大入れ スギ 別事業・タフネス 2022 十字接合部

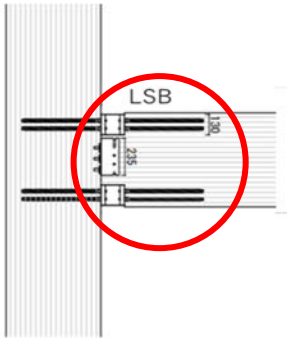
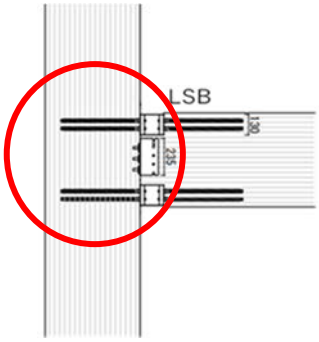
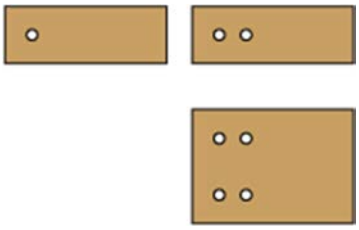
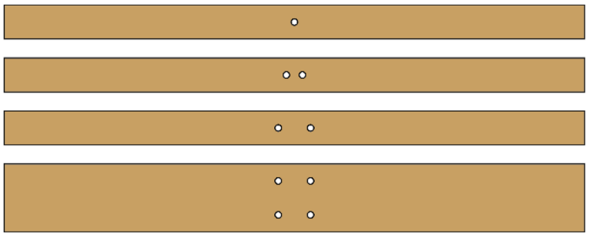
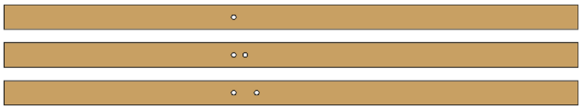
＊1 梁勝ち管柱とした場合の接合部では、柱と梁が逆になる。

＊2 せん断キーに「後施工金物 4」

＊GIR の種類は、特記なき限り、市販の靭性が無いタイプ

＊要素試験に用いた樹種は全てスギ

表 5.1.3-4　LSB 接合部の既往の実験の全体像（　）内は当該年度の報告書の節を示す。

	繊維平行方向に LSB 埋込（梁をイメージ）*1	繊維直交方向に LSB 埋込（柱をイメージ）*1
		
引張	（2020-4.4）（2023-3.2）  部材寸法 105×300×1500*3 210×300×1500 LSB 配列 1 列 1 段 1 列 2 段（間隔 50mm）*3 1 列 2 段（間隔 100mm） 2 列 2 段（間隔 50mm、ﾗﾐﾅ幅方向 105mm）	（2020-4.6）（2023-3.3）  部材寸法 105×600×1800*3 210×600×1800 LSB 配列： 1 列 1 段 1 列 2 段（間隔 50mm）*3 1 列 2 段（間隔 100mm） 2 列 2 段（間隔 50mm、ﾗﾐﾅ幅方向 105mm）
曲げ	（2020-4.5）（2023-3.5）  部材寸法 105×600×2500 LSB 配列 1 列 1 段 1 列 2 段（間隔 50mm）*3	（2020-4.7）  部材寸法 105×600×2500 LSB 配列 1 列 1 段 1 列 2 段（間隔 50mm） 1 列 2 段（間隔 100mm）
圧縮	ー	（2020-4.8）（2023-3.5） 集成材のみの圧縮*3 LSB のみの圧縮*3 集成材+LSB の圧縮（余長　短 450）*3 集成材+LSB の圧縮（余長　長 900）
接合部	（2020-4.9）　柱梁接合部　断面　105×600　LSB 配列：1 列 2 段　箱金物有　スギ （2021-5.3）　柱梁接合部　断面　105×600　LSB 配列：1 列 2 段　箱型金物有　カラマツ （2021-5.3）　柱梁接合部　断面　105×600　LSB 配列：1 列 1 段　箱型金物有　スギ	

	（2021-5.3） 柱梁接合部 断面 105×750 LSB 配列：1 列 2 段 箱型金物有 スギ*2
	（2021-5.3） 柱梁接合部 断面 210×600 LSB 配列：2 列 2 段 箱型金物有 スギ
	（2022-5.3） 柱梁接合部 断面 105×600 LSB 配列：1 列 2 段 箱型金物有 スギ*2
	（2022-5.3） 柱梁接合部 断面 105×600 LSB 配列：1 列 2 段 箱型金物有 カラマツ*2
	（2022-5.3） 柱梁接合部 断面 105×750 LSB 配列：1 列 2 段 箱型金物有 カラマツ*2
	（2022-5.3） 柱梁接合部 断面 210×600 LSB 配列：2 列 2 段 箱型金物有 スギ*2
	（2023-3.7） 柱脚接合部 断面 105×600 LSB 配列：1 列 2 段 柱脚金物 カラマツ
	（2023-3.7） 柱脚接合部 断面 105×600 LSB 配列：1 列 2 段 柱脚金物 スギ

＊1 梁勝ち管柱とした場合の接合部では、柱と梁が逆になる。

＊2 せん断キーに「後施工金物 4」

＊3 カラマツのデータを取得（2023 年度）したもの。要素試験に用いた樹種は全てスギのデータを取得しており、比較対象として取得した。

3.2　LSB・カラマツ・繊維平行・引張試験

3.2.1　試験体と実験条件

試験に用いた LSB および集成材を以下に示す。

LSB はネジ山径 25mm、ネジ谷径 20mm、全長 575mm（埋め込み深さ 500mm、有効ネジ長さ 440mm）を用いた。使用した LSB の詳細寸法を図 3.2.1-1 に示す。

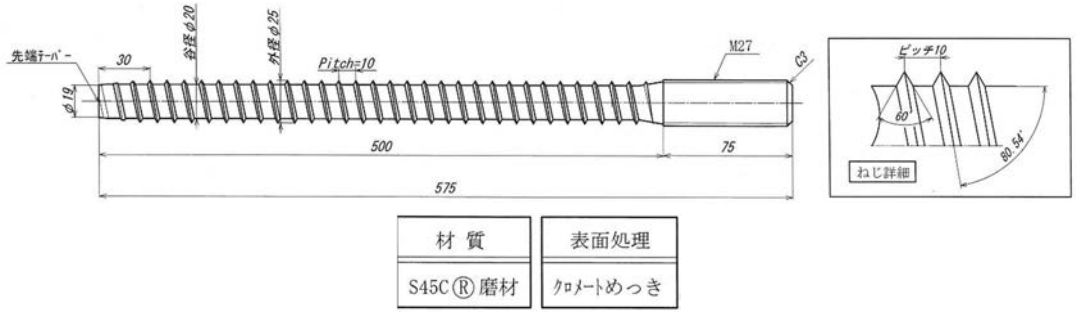


図 3.2.1-1　LSB の詳細寸法

集成材はカラマツ異等級対象構成集成材、強度等級 E105-F300 とし、断面寸法は 105×600mm、長さは 1500mm とした。試験体は、上方に反力用の GIR、下方に試験用の LSB を深さ 500mm 埋め込み、試験では常に試験用の LSB で破壊するようにした。

各試験条件の試験体名を以下に示す（〇を実施。STPa2-50 は 2022 年実施分で比較対象として示す。）。また試験体図を図 3.2.1-2 に示す。試験体数は 3 体とした。

【試験体名】

STPa2-50　：スギ集成材、引張り、繊維平行方向、LSB2 本、LSB 間隔 50mm（参考）

〇KTPa2-50　：カラマツ集成材、引張り、繊維平行方向、LSB2 本、LSB 間隔 50mm

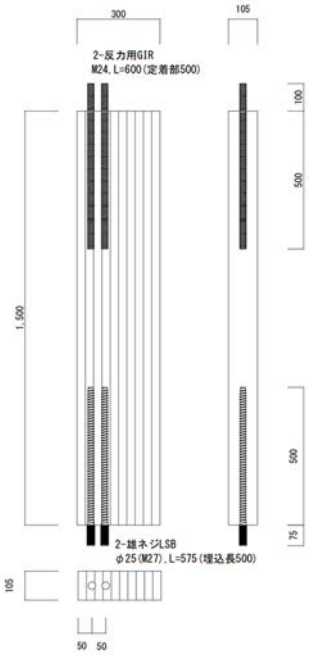


図 3.2.1-2　引張試験体図

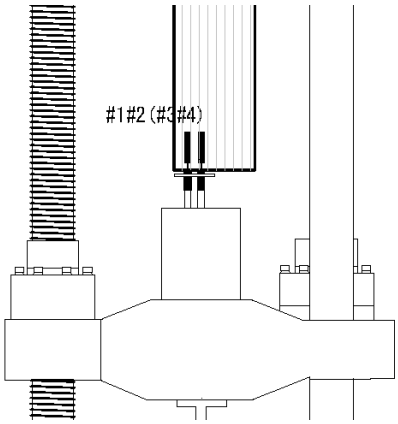
3.2.2　実験方法

試験に用いた加力装置と試験体の設置の様子を写真 3.2.2-1 に示す。加力には 2000kN 万能試験機（島津製作所：UH-2000kNC）を使用し、0.5mm/min の単調引張載荷とした。



写真 3.2.2-1　試験体設置の様子

変位計の取り付け位置を図 3.2.2-1 に示す。引き抜け量の計測は、集成材と LSB との相対変位を測定する変位計を LSB1 本につき 2 台設置し、引き抜け変位量はその平均とした。変位計には CDP25（東京測器研究所製）を用いた。



#1　部材表側 LSB①-木口面の引き抜け量
#2　部材表側 LSB②-木口面の引き抜け量
#3　部材裏側 LSB①-木口面の引き抜け量
#4　部材裏側 LSB②-木口面の引き抜け量

変位計取り付け図

図 3.2.2-1　引張試験変位計取り付け位置

3.2.3　実験結果

試験条件ごとの荷重と変位の関係を図 3.2.3-1 に示す。完全弾塑性モデルを用いて求めた各試験体の特性値を表 3.2.3-1 に示す。また、スギ集成材との比較のため、2020 年度に行われたスギ集成材を用いた試験による各特性値と今年度実施のカラマツ集成材との比率を示す。

各特性値の平均値は、スギの 1.0~1.4 倍と、高い性能を示す結果となった。破壊性状は各試験体で、LSB 引抜けおよび部材の割裂であったが、KTPa2-50 試験体では、反力用 GIR 側の部材割裂ののちに LSB 側の部材の割裂を生じた。

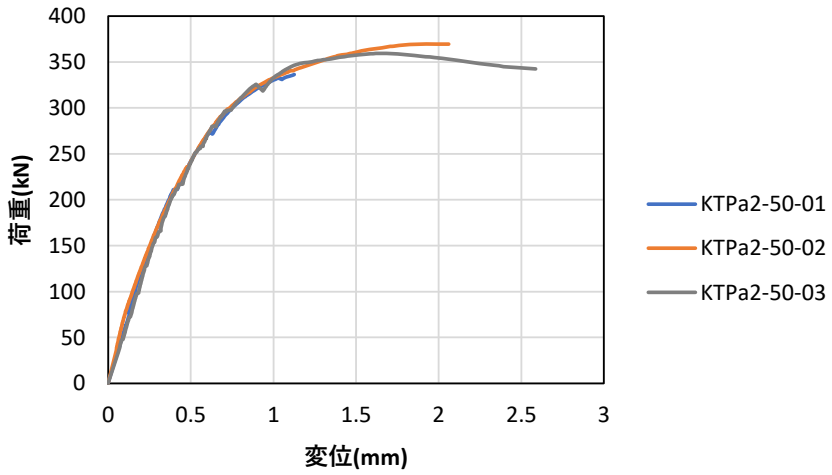


図 3.2.3-1　KTPa2-50 試験体の引張試験結果

表 3.2.3-1　KTPa2-50 試験体の特性値

試験体名	最大耐力	降伏耐力		終局耐力	初期剛性	破壊性状
	Pmax	Py	2/3Pmax	Pu	K(0.1Pmax-0.4Pmax)	
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/mm)	
KTPa2-50-01	336.3	184.1	224.2	300.7	560.5	LSB引き抜け及び部材割裂
KTPa2-50-02	369.7	215.1	246.5	347.2	518.5	LSB引き抜け及び部材割裂
KTPa2-50-03	359.3	205.7	239.5	342.1	515.9	LSB引き抜け及び部材割裂+反力用GIR側の部材割裂
平均値	355.1	201.6	236.7	330.0	531.6	
標準偏差	13.9	13.0	9.3	20.9	20.4	
5%下限値	310.7	160.3	207.2	263.6		
50%下限値					522.0	
スギ試験体との比較（カラマツ/スギ）						
平均値	1.4	1.3	1.4	1.4	1.0	
5%下限値	1.5	1.3	1.5	1.2		
50%下限値					1.3	

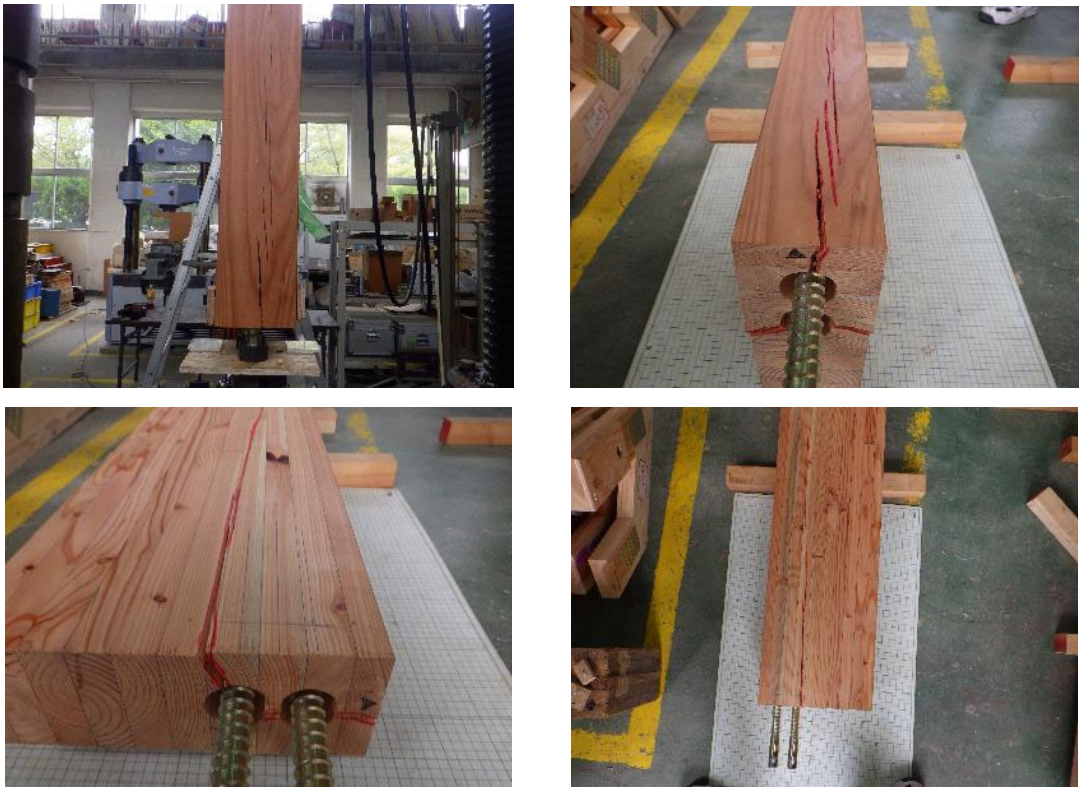
参考　STPa2-50 試験体の特性値

試験体名	最大耐力	降伏耐力		終局耐力	初期剛性
STPa2-50	Pmax	Py	2/3Pmax	Pu	K(0.1Pmax-0.4Pmax)
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/mm)
平均値	249.5	149.9	166.3	240.6	534.1
5%下限値	211.4	127.6	140.9	226.3	
50%下限値					416.5

・**破壊性状**

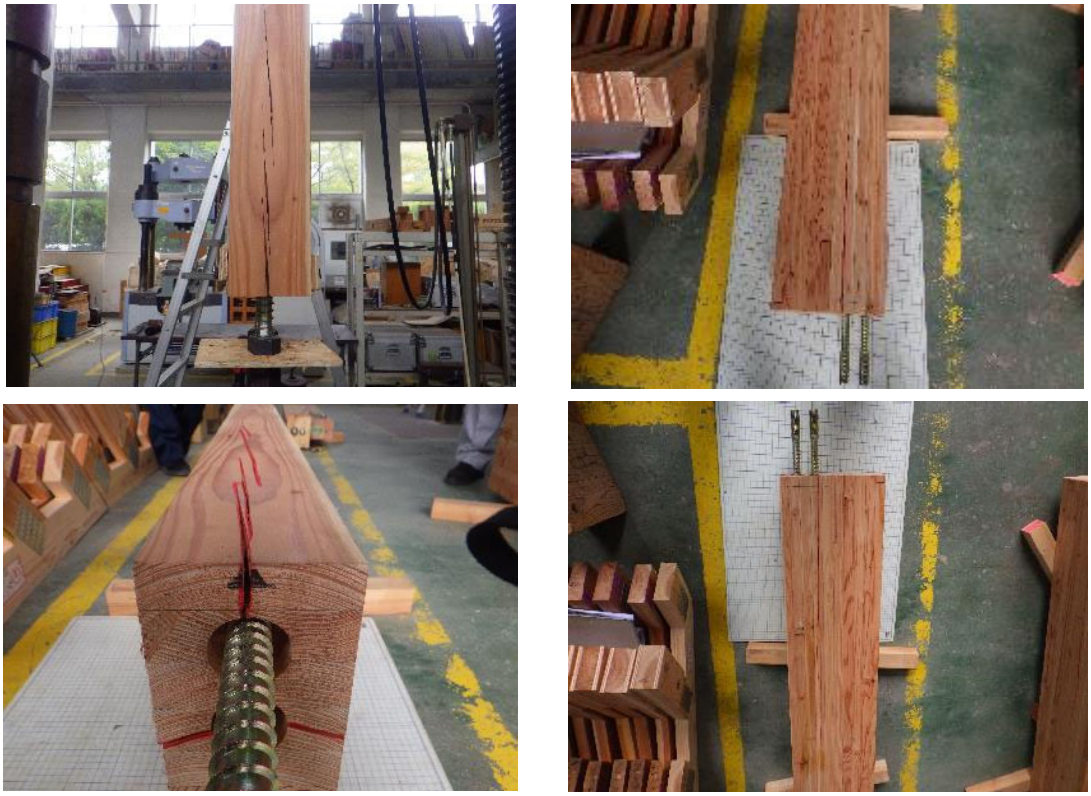
各試験条件の破壊性状を写真 3.2.3-1～3.2.3-3 に示す。

LSB2 本の試験体の破壊性状は、全ての試験体で LSB の引き抜け破壊及び LSB の埋め込み付近を起点として部材が 2 つに割裂する破壊性状がみられた。3 体中 1 体は反力用 GIR 側の部材割裂がみられた。



LSB 引抜け破壊および部材割裂

写真 3.2.3-1　KTPa2-50-01 試験体の破壊性状



LSB 引抜け破壊および部材割裂

写真 3.2.3-2　KTPa2-50-02 試験体の破壊性状



LSB 引抜け破壊および部材割裂+反力用 GIR 側の部材割裂

写真 3.2.3-3　KTPa2-50-03 試験体の破壊性状

3.2.4　まとめ

カラマツ異等級対象構成集成材（強度等級 E105-F300）に LSB を 2 本埋め込んだ際の繊維平行方向の引張性能として、本実験より以下の結果を得た。

① 最大及び降伏耐力について、カラマツはスギより 1.3~1.4 倍と高い性能を示した。
② 初期剛性について、カラマツとスギはほぼ同等の値を示したが、下限値で比較するとカラマツはスギの 1.3 倍の値を示した。

3.3　LSB・カラマツ・繊維直交・引張試験

3.3.1　試験体と実験条件

試験に用いた LSB および集成材を以下に示す。

LSB はネジ山径 25mm、ネジ谷径 20mm、全長 575mm（埋め込み深さ 500mm、有効ネジ長さ 440mm）を用いた。使用した LSB の詳細寸法を図 3.3.1-1 に示す。

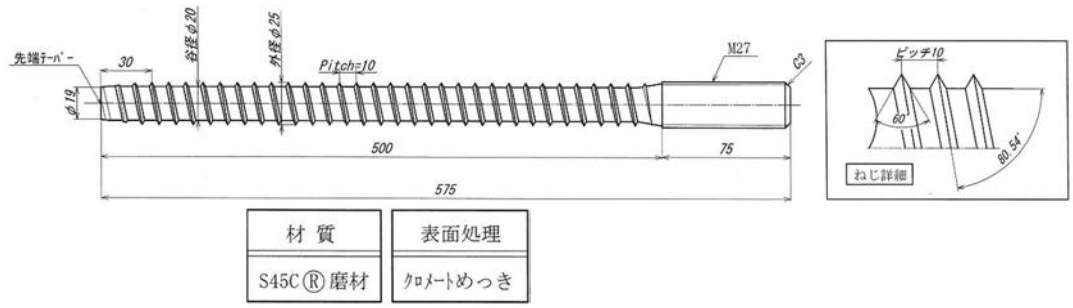


図 3.3.1-1　LSB の詳細寸法

集成材はカラマツ異等級対象構成集成材、強度等級 E105-F300 とし、断面寸法は 105×600mm、長さは 1800mm とした。

各試験条件の試験体名を以下に示す（〇を実施。STPa2-50 は 2022 年実施分で比較対象として示す。）。また試験体図を図 3.3.1-2 に示す。試験体数は 3 体とした。

【試験体名】

STPe2-50　：スギ集成材、引張り、繊維平行方向、LSB2 本、LSB 間隔 50mm（参考）

〇KTPe2-50　：カラマツ集成材、引張り、繊維平行方向、LSB2 本、LSB 間隔 50mm

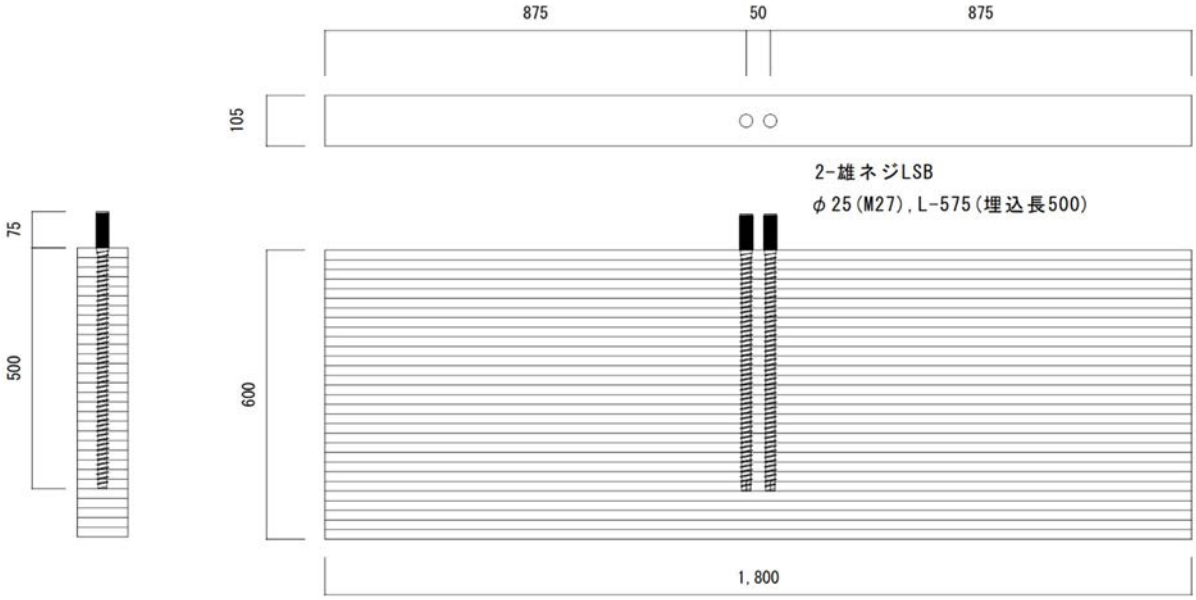


図 3.3.1-2　KTPe2-50 試験体図

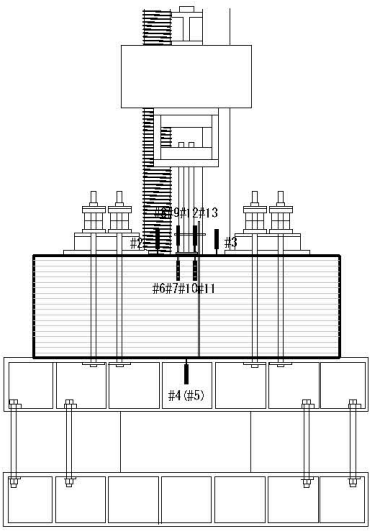
3.3.2　実験方法

試験に用いた加力装置と試験体の設置の様子を写真 3.3.2-1 に示す。加力には 2000kN 万能試験機（島津製作所：UH-2000kNC）を使用し、加力スピードは 0.5mm/min の単調引張載荷とした。



写真 3.3.2-1　試験体設置の様子

LSB の引き抜け変位量の測定について、変位計の取り付け位置を図 3.3.2-1 に示す。引き抜け量の計測は、集成材と LSB との相対変位を測定する変位計を LSB1 本につき 2 台設置した。引き抜け変位量はそれら変位計の測定値の平均とした。変位計には CDP25（東京測器研究所製）を用いた。



#1　　:荷重
#2#3　　:母材めり込み
#4#5　　:母材中央曲げ変形
#6#7#10#11 :木口からの相対引き抜け量
#8#9#12#13 :不動点からの絶対引き抜け量

変位計取り付け図

図 3.3.2-1　引張試験変位計取り付け位置

3.3.3　実験結果

荷重と変位の関係を図 3.3.3-1 に示す。完全弾塑性モデルを用いて求めた各試験体の特性値を表 3.3.3-1 に示す。なお、初期剛性は弾性域とみられる範囲での直線の傾きから算出した。また、スギ集成材との比較のため、2020 年度に行われたスギ集成材を用いた試験による各特性値と今年度実施のカラマツ集成材との比率を示す。

最大耐力、終局耐力の下限値は、スギの 1.1 倍、初期剛性の下限値は、スギの 1.6 倍と高い性能を示したが､降伏耐力はばらつきが大きくスギの 0.7 倍と低い値となった。

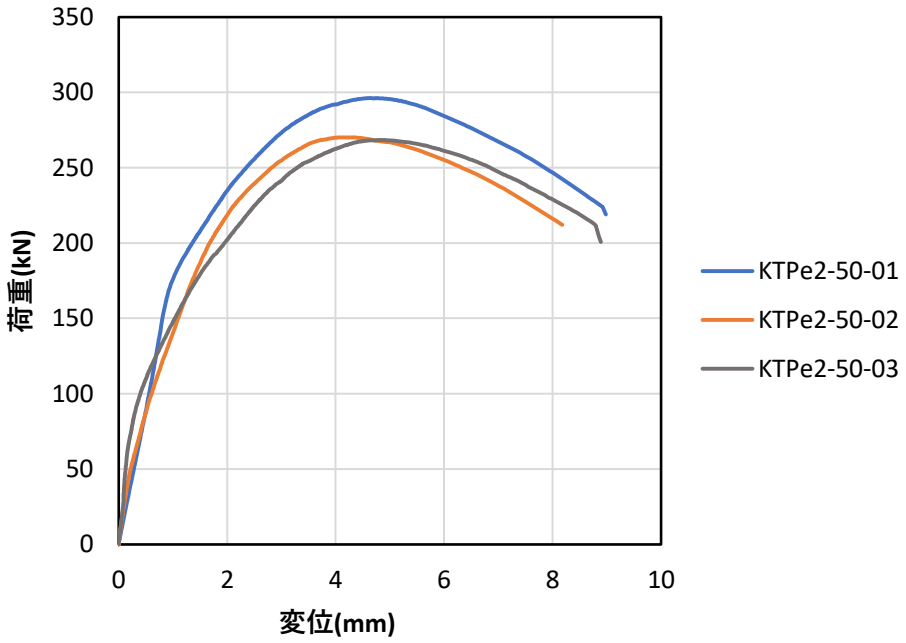


図 3.3.3-1　KTPe2-50 試験体の引張試験結果

表 3.3.3-1　KTPe2-50（カラマツ集成材）試験体の特性値

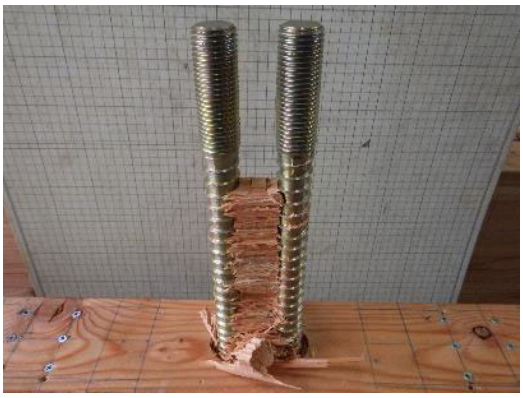
試験体名	最大耐力	降伏耐力		終局耐力	初期剛性	破壊性状
	Pmax	Py	2/3Pmax	Pu	K	
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/mm)	
KTPe2-50-01	296.2	175.2	197.5	268.9	177.0	LSB引き抜け+共抜け
KTPe2-50-02	270.1	154.7	180.1	250.5	194.3	LSB引き抜け+共抜け
KTPe2-50-03	268.4	120.2	178.9	239.7	191.7	LSB引き抜け
平均値	278.2	150.0	185.5	253.0	187.7	
標準偏差	12.7	22.7	8.5	12.0	8.6	
5%下限値	237.8	77.8	158.5	214.8		
50%下限値					183.6	
スギ試験体との比較（カラマツ/スギ）						
平均値	1.0	1.1	1.0	1.0	1.2	
5%下限値	1.1	0.7	1.1	1.1		
50%下限値					1.6	

参考　2020 年度実施 STPe2-50（スギ集成材）試験体の特性値

試験体名	最大耐力	降伏耐力		終局耐力	初期剛性
STPe2-50	Pmax	Py	2/3Pmax	Pu	K(0.1Pmax-0.4Pmax)
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/mm)
平均値	270.4	132.7	180.3	242.3	159.6
5%下限値	221.5	104.8	147.7	196.3	
50%下限値					117.7

・破壊性状

各試験条件の破壊性状を写真 3.3.3-1～3.3.3-3 に示す。LSB の引抜け破壊または LSB 間の母材を伴った破壊（共抜け破壊）であった。



LSB 引抜け、共抜け破壊
写真 3.3.3-1　KTPe2-50-01
試験体の破壊性状



LSB 引抜け、共抜け破壊
写真 3.3.3-2　KTPe2-50-02
試験体の破壊性状



LSB 引抜け破壊
写真 3.3.3-3　KTPe2-50-03 試験体の破壊性状

3.3.4　まとめ

カラマツ異等級対象構成集成材（強度等級 E105-F300）に LSB を 2 本埋め込んだ際の繊維直交方向の引張性能として、本実験より以下の結果を得た。

① 最大耐力、および終局耐力の平均値はスギと同等であり、性能の向上は見られなかったが、初期剛性の平均値はスギの 1.2 倍であり、性能の向上がみられた。
② 最大耐力、終局耐力の下限値は、スギの 1.1 倍、初期剛性の下限値では、スギの 1.6 倍と高い性能を示したが、降伏耐力では試験結果のばらつきが大きくスギの 0.7 倍と低い値となった。

3.4　LSB・カラマツ・繊維平行・曲げ試験

3.4.1　試験体と実験条件

試験に用いた LSB および集成材を以下に示す。

LSB はネジ山径 25mm、ネジ谷径 20mm、全長 575mm（埋め込み深さ 500mm、有効ネジ長さ 440mm）を用いた。使用した LSB の詳細寸法を図 3.4.1-1 に示す

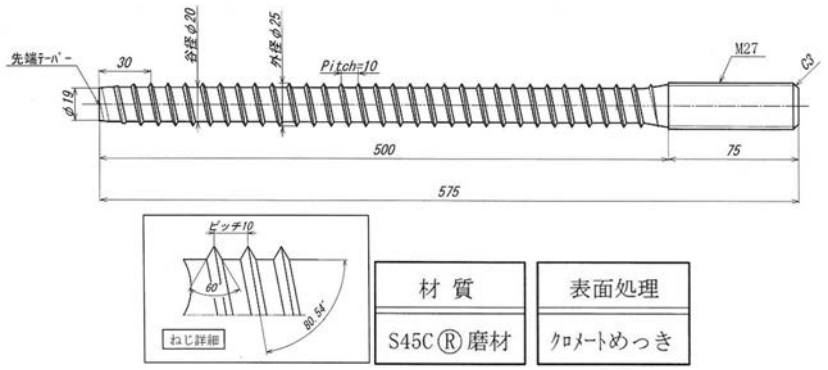


図 3.4.1-1　LSB の詳細寸法

集成材はカラマツ異等級対象構成集成材、強度等級 E105-F300 とし、断面寸法は 105×600mm、長さは 2500mm とした。

試験体名を以下に示す（〇を実施。STPa2-50 は 2022 年実施分で比較対象として示す。）。また試験体図を図 3.4.1-2 に示す。試験体数は 3 体とした。

【試験体名】

SBPa2-50：スギ集成材、引張り、繊維平行方向、LSB2 本、LSB 間隔 50mm（参考）

〇KBPa2-50：カラマツ集成材、引張り、繊維平行方向、LSB2 本、LSB 間隔 50m

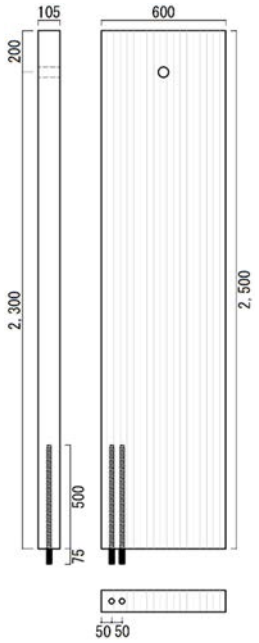


図 3.4.1-2　繊維平行方向曲げ試験体図

3.4.2　実験方法

試験体と変位測定位置の概要図を図 3.4.2-1 に示す。試験体は試験装置下部の鋼材にボルトを用いて緊結し、試験体中央部に立てた鋼製の治具と LSB をナット留めすることで緊結した。LSB と鋼製治具のナット締め付けは、手締めとした。

試験は実大壁せん断試験機（試験機フレーム：(株) 鷺宮製作所製、オイルジャッキシステム：理研機器社製、容量押し 500kN、引き 250kN）により行った。加力は引き側のみの繰り返し加力とし、繰り返しの履歴は見かけの回転変形角が 1/450rad、1/300rad、1/200rad、1/150rad、1/100rad、1/75rad、1/50、1/30rad とし、繰り返し回数は 3 回とした。加力は最大荷重に達した後、最大荷重の 80%に荷重が低下するまで、もしくは見かけのせん断変形角が 1/15rad 以上に達するまで実施した。見かけのせん断変形角の算出方法は以下の通りとした。

見かけのせん断変形角 $\gamma = \#0 / H$　　式 1）

ここで、#0 は変位計#0 の測定値であり、H は加力点と集成材上面までの距離 2300mm とした。

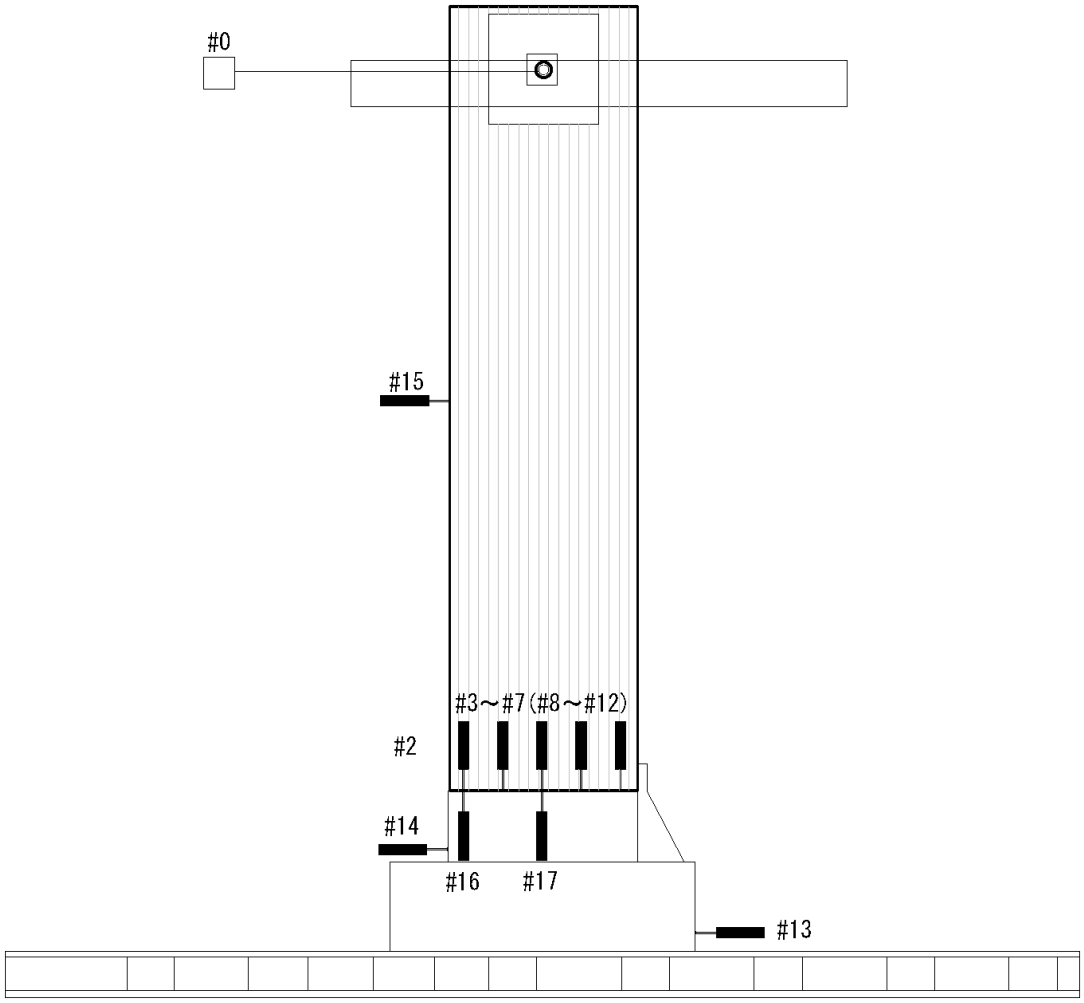
また、接合部変形角の算出方法は以下の通りとした。

接合部変形角　$\theta = ((\#3 + \#8)/2 - (\#7 + \#12)/2)/500$　　式 2）

ここで、先ほどと同様に#〇は変位計#〇の測定値であり、材端の裏表の変位計値の平均を変位計間距離 500mm で除した値である。



写真 3.4.2-1　繊維平行方向曲げ試験



#0	試験体水平変位	DP500E（東京測器研究所製）
#2	せん断水平変位	CDP25（東京測器研究所製）
#3～#12	接合部変形角	CDP50（東京測器研究所製）
#13	治具水平変位	CDP25（東京測器研究所製）
#14	治具水平変位	CDP25（東京測器研究所製）
#15	試験体水平変位	CDP25（東京測器研究所製）
#16･#17	治具回転量	CDP25（東京測器研究所製）

図 3.4.2-1　曲げ試験変位計取り付け位置

3.4.3　実験結果

モーメントと回転角の関係を図 3.4.3-1 に示す。ここで、接合部が負担するモーメントは、荷重に材下面から材上面の加力穴までの距離 2.3m を乗じたものとした。なお、接合部の回転角は式 2)（3.4.2 に記載。）にて計算した。

各試験条件の試験結果と特性値、破壊性状を表 3.4.3-1 に示す。いずれの試験でも初期滑りが生じたため、弾性域とみられる 0.2Pmax-0.4Pmax の傾きを初期剛性とし、その傾きの直線を荷重が 0 の点まで延長して原点とすることで初期滑りを除去し、各特性値を算出した。

最大モーメント、降伏モーメント、終局モーメント、回転剛性、すべてにおいてカラマツ集成材はスギ集成材より高い値を示し、平均値では最大モーメント 1.5 倍、降伏モーメント 1.4 倍、終局モーメント 1.5 倍、回転剛性 1.3 倍であった。下限値で比較すると、最大モーメントは 1.4 倍、降伏モーメントは 1.4 倍、回転剛性は 1.5 倍と、高い性能を示した。

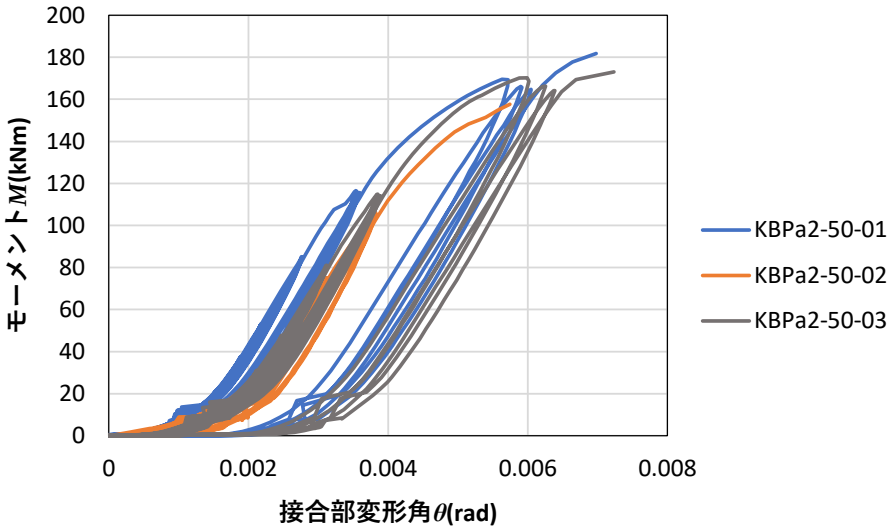


図 3.4.3-1　　KBPe2-50 試験結果

表 3.4.3-1　KBPa2-50 試験体の試験結果

試験体名	最大モーメント	降伏モーメント		終局モーメント	回転剛性	破壊性状
	Mmax	*My*	2/3*Mmax*	*Mu*	*Rj*(0.2*Mmax*-0.4*Mmax*)	
	(kN・m)	(kN・m)	(kN・m)	(kN・m)	(kN・mm/rad)	
KBPa2-50-01	181.8	103.4	121.2	159.5	53409	LSB引き抜け及び部材割裂
KBPa2-50-02	157.7	103.0	105.1	144.2	46705	LSB引き抜け及び部材割裂
KBPa2-50-03	173.0	106.0	115.3	162.1	49946	LSB引き抜け及び部材割裂
平均値	170.8	104.1	113.9	155.3	50020	
標準偏差	10.0	1.3	6.7	7.9	2738	
5%下限値	139.1	99.9	92.7	130.2		
50%下限値					48731	
スギ試験体との比較（カラマツ/スギ）						
平均値	1.5	1.4	1.5	1.5	1.3	
5%下限値	1.4	1.4				
50%下限値					1.5	

参考　SBPa2-50 試験体の試験結果

試験体名	最大モーメント	降伏モーメント		終局モーメント	回転剛性
SBPa2-50	Mmax	My	2/3Mmax	Mu	K
	(kN・m)	(kN・m)	(kN・m)	(kN・m)	(kN・mm/rad)
平均値	115.7	75.9	77.1	106.4	37869
5%下限値	102.8	71.3			
50%下限値					32856

注）Mmax：最大モーメント、My：降伏モーメント、Rj（K）：回転剛性（0.1Mmax と 0.4Mmax の範囲における剛性）、Mu：終局モーメント

・破壊性状

試験体ごとの破壊性状を写真 3.4.3-1～3.4.3-3 に示す。KBPa2-50-01～03 のすべての試験体において、LSB 埋込部において母材の割裂破壊が生じた。



写真 3.4.3-1　KBPa2-50-01 試験体の破壊性状



写真 3.4.3-2　KBPa2-50-02 試験体の破壊性状



写真 3.4.3-3　KBPa2-50-03 試験体の破壊性状

3.4.4　まとめ

カラマツ異等級対象構成集成材（強度等級 E105-F300）に LSB を 2 本埋め込んだ際の繊維直交方向の曲げ性能として、本実験より以下の結果を得た。

① 最大モーメント、降伏モーメント、終局モーメント、回転剛性、すべてにおいてカラマツはスギより高い値を示し、平均値では最大モーメント 1.5 倍、降伏モーメント 1.4 倍、終局モーメント 1.5 倍、回転剛性 1.3 倍であった。
② 下限値で比較すると、スギに対して、最大モーメントは 1.4 倍、降伏モーメントは 1.4 倍、回転剛性は 1.5 倍と、高い性能を示した。

3.5　LSB・カラマツ・繊維直交・圧縮試験

3.5.1　試験体と実験条件

実験に用いた LSB および集成材を以下に示す。

LSB はネジ山径 25mm、ねじ谷径 20mm、全長 575mm もしくは 500mm（埋め込み深さ 500mm、有効ネジ長さ 440mm）を用いた。また実験条件に合わせて、LSB 片端部の形状が雄ネジタイプと雌ネジタイプの 2 種類を用いた。LSB の詳細寸法を図 3.5.1-1 に示す。

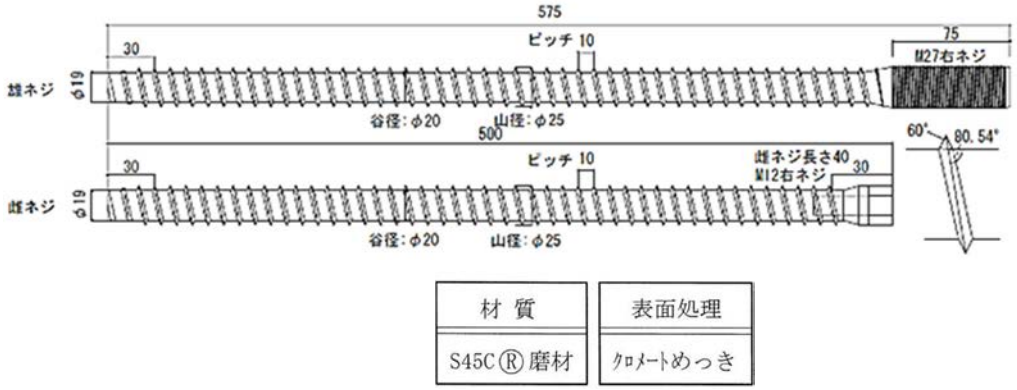


図 3.5.1-1　LSB の詳細寸法

集成材はカラマツ対称異等級構成集成材、強度等級 E105-F300、断面寸法は 105×600mm、長さは 900mm とした。

実験条件は、LSB の圧縮、集成材のみの圧縮、集成材と LSB の同時圧縮の 3 条件とした。試験体図を図 3.5.1-2～図 3.5.1-4 に示す。試験体数は各 3 体、合計 9 体とした。

実験条件の試験体名を以下に示す。

【試験体名】

KLW　　：LSB＋集成材の圧縮（LSB：雌ネジ）

KL　　：LSB のみ圧縮（LSB：雄ネジ）

KW　　：集成材のみ

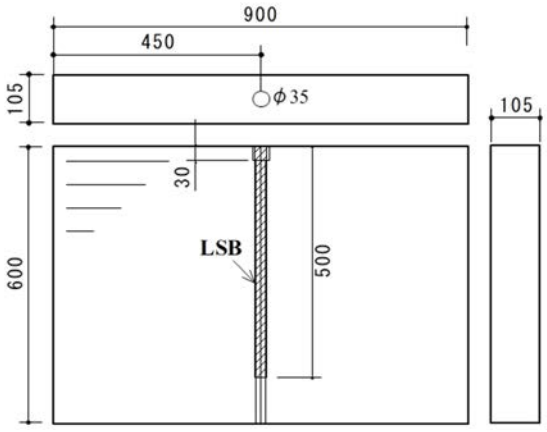


図 3.5.1-2　KLW 試験体

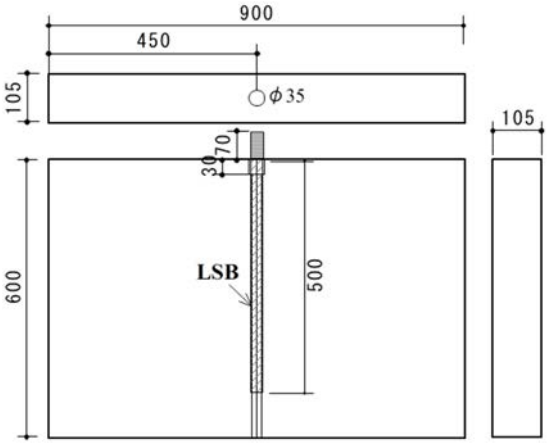


図 3.5.1-3　KL 試験体

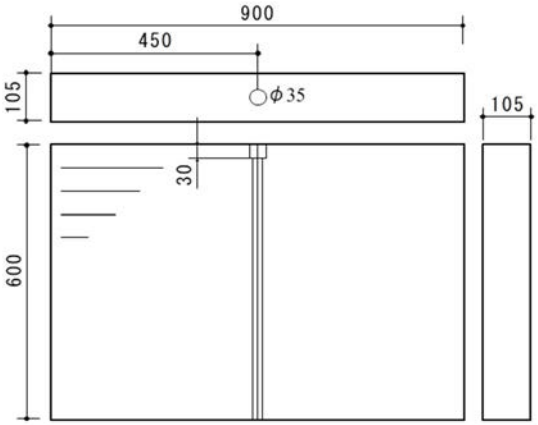


図 3.5.1-4　KW 試験体

3.5.2　実験方法

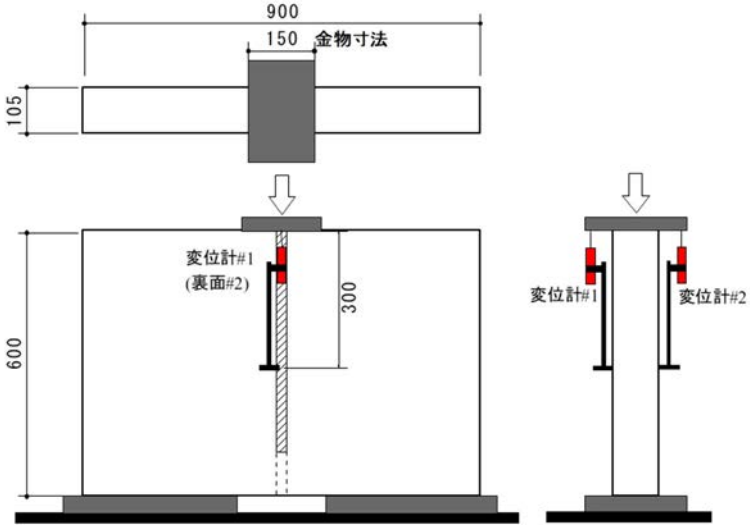
実験に用いた加力装置と試験体の設置の様子を写真 3.5.2-1 に示す。実験は実大圧縮試験機（容量 2000kN、型式 A-200－B1、（株）前川試験機製作所製）を使用し、加圧板となる鋼板により部材中央部を加力した。鋼板の加圧面積は、150mm（長手）×105mm（幅）とした。鋼板は LSB もしくは先穴が中央になるように配置した。

変位計の取り付け位置を図 3.5.2-1 に示す。変位量は、部材せいの中央に取り付けた変位計#1 と#2 により鋼板との相対変形量を測定し、その平均値とした。荷重は試験機のロードセルにより測定し、変位計は CDP50M（容量 50mm、東京測器研究所製）を用いた。

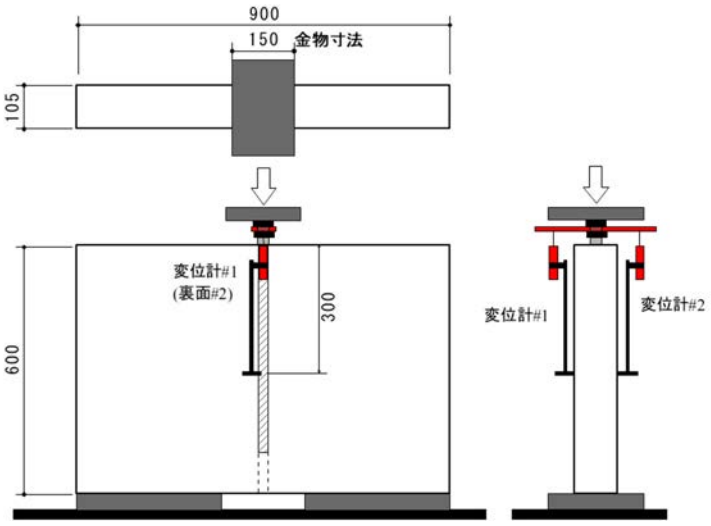
加力は単調加力とし、最大荷重に達した後に最大荷重の 80%の荷重に低下するまで、もしくは変位が 20mm に達するまで行った。



写真 3.5.2-1　　KLW 試験体の圧縮実験方法



KLW および KW 試験体



KL 試験体

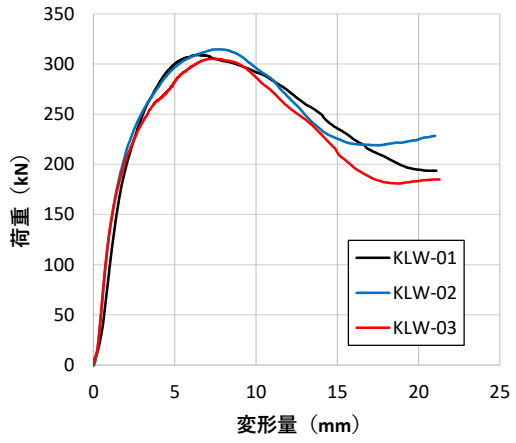
図 3.5.2-1　変位計取り付け図

3.5.3　実験結果

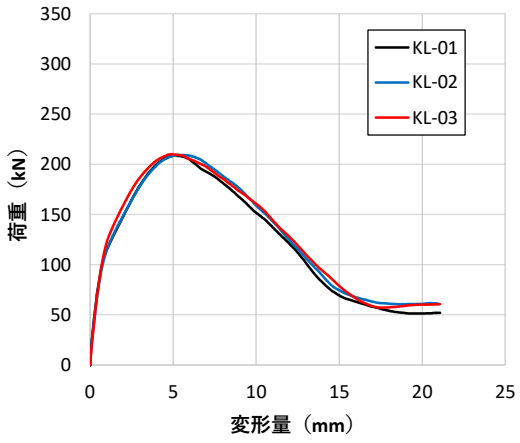
各実験条件の荷重と変形の関係を図 3.5.3-1 に示す。

最大荷重時の変形量は、KLW 試験体が 7mm 程度、KL 試験体が 5mm 程度となり、その後は徐々に荷重が低下する結果となった。KW 試験体は変位が 2mm 付近で降伏し、その後緩やかに荷重が上昇して、変形量 20mm まで荷重の低下が認められなかった。

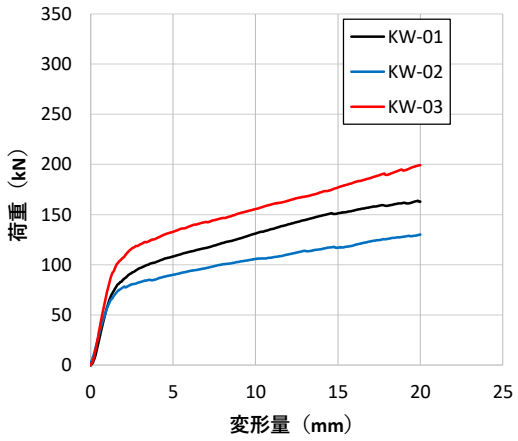
完全弾塑性モデルを用いて算出した各条件の特性値を表 3.5.3-1 から表 3.5.3-3 に示す。KLW および KL 試験体の初期剛性 $K_{(0.1\text{-}0.4)}$は、最大荷重の 0.1 倍と 0.4 倍の荷重変形関係における剛性とした。KW 試験体は、変形量 20mm までの荷重と変形量の関係から完全弾塑性解析により特性値を算出した。また、「構造用木材の強度試験マニュアル」（(公財）日本住宅・木材技術センター）を参考にした 2mm オフセット法による解析結果を表 3.5.3-4 に示す。



KLW 試験体



KL 試験体



KW 試験体

図 3.5.3-1　実験結果

表 3.5.3-1　KLW 試験体の実験結果

試験体名	$K_{(0.1\text{-}0.4)}$	Py	$2/3Pmax$	Pu	δy	δv	δ_{Pmax}	δu
	kN/mm	kN	kN	kN	mm	mm	mm	mm
KLW-01	131.2	174.3	206.1	282.8	1.67	2.71	6.43	14.1
KLW-02	163.4	177.5	209.8	287.2	1.46	2.36	7.48	12.9
KLW-03	167.3	173.2	203.6	276.3	1.44	2.29	7.32	13.0
平均	154.0	175.0	206.5	282.1	1.52	2.45	7.07	13.3
標準偏差	19.83	2.20	3.15	5.47	0.13	0.22	0.57	0.67
50%下限値	**144.6**	174.0	205.0					
5%下限値		**168.1**	196.5					

表 3.5.3-2　KL 試験体の実験結果

試験体名	$K_{(0.1\text{-}0.4)}$	Py	$2/3Pmax$	Pu	δy	δv	δ_{Pmax}	δu
	kN/mm	kN	kN	kN	mm	mm	mm	mm
KL-01	136.9	102.7	139.2	184.3	0.77	1.38	5.12	8.99
KL-02	133.6	105.3	139.6	187.1	0.84	1.49	5.57	9.49
KL-03	145.8	112.6	140.1	189.0	0.85	1.43	4.94	9.40
平均	138.8	106.9	139.6	186.8	0.82	1.43	5.21	9.29
標準偏差	6.32	5.16	0.47	2.35	0.05	0.06	0.32	0.27
50%下限値	**135.8**	104.4	139.4					
5%下限値		**90.6**	138.1					

表 3.5.3-3　KW 試験体の実験結果

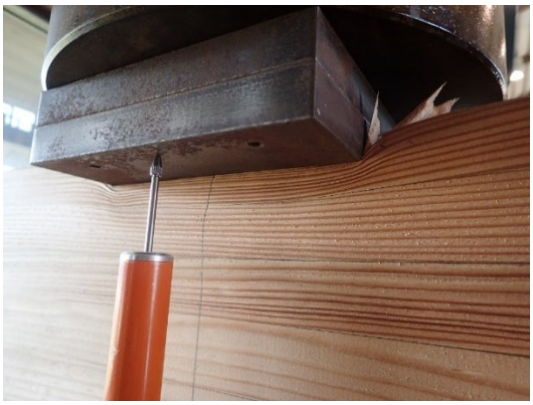
試験体名	K	Py	$2/3Pmax$	Pu	δy	δv	δ_{Pmax}	δu
	kN/mm	kN	kN	kN	mm	mm	mm	mm
KW-01	40.8	87.2	109.2	136.1	2.14	3.34	19.9	20.0
KW-02	43.8	74.7	86.7	107.7	1.70	2.46	20.0	20.0
KW-03	51.7	110.1	132.9	162.4	2.13	3.14	20.0	20.0
平均	45.4	90.7	109.6	135.4	1.99	2.98	20.0	20.0
標準偏差	5.62	17.94	23.11	27.34	0.25	0.46	0.08	0.00
50%下限値	**42.8**	82.2	98.7					
5%下限値		**34.1**	36.7					

表 3.5.3-4　KW 試験体の解析結果（2mm オフセット法）

	K	Py	δ_{Py}
	(kN/mm)	(kN)	(mm)
KW-01	64.6	101.6	3.71
KW-02	58.7	84.6	3.45
KW-03	79.9	124.6	3.66
平均	67.8	103.6	3.6
標準偏差	10.94	20.10	
50%下限値	62.6		
5%下限値		**40.2**	

・**破壊性状**

各実験条件の破壊性状を写真 3.5.3-1～3 に示す。KLW 試験体は、加圧板が集成材にめり込み、また LSB が押し込まれる破壊であった。KL 試験体は、LSB が押し込まれることによる破壊であったが、見かけ上破壊は認められなかった。ただし、部材内部では LSB のネジ山による木材の破壊が見られた。KW 試験体は、加圧板が集成材に大きくめり込みことによる破壊であった。



KLW 試験体①終局時



KLW 試験体②

写真 3.5.3-1　KLW 試験体の破壊性状

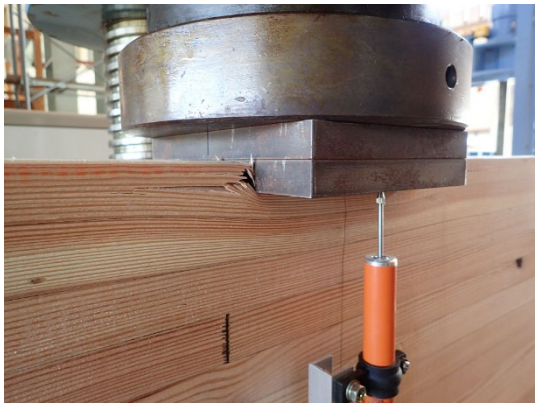


KL 試験体①終局時



KL 試験体②解体後

写真 3.5.3-2　KL 試験体の破壊性状



KW 試験体①終局時



KW 試験体②

写真 3.5.3-3　KW 試験体の破壊性状

・**実験結果の考察**

（1）KLW と KL＋KW の比較

図 3.5.3-2 に集成材と LSB を同時に圧縮した KLW 実験結果（図中、赤線）と、集成材を圧縮した KW 実験結果と LSB のみを圧縮した KL 実験結果を足し合わせた計算値（図中、黒線）について、荷重－変位関係を示す。各曲線は、試験体 3 体の平均である。表 3.5.3-5 に KW＋KL 解析結果と KLW 実験値との比較を示す。各荷重は一致する結果となったが、初期剛性は解析結果が KLW 試験体よりも大きい結果となった。

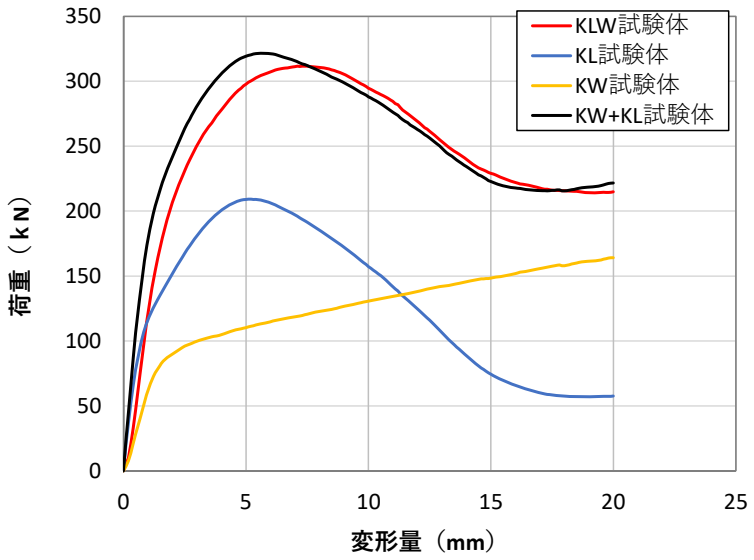


図 3.5.3-2　KLW 試験体と KL＋KW 解析結果の比較

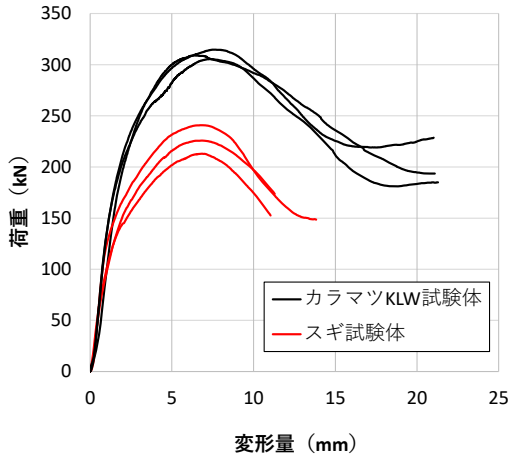
表 3.5.3-5　解析結果と実験値の比較

試験体名	*K*	*Py*	*Pmax*	*Pu*
	kN/mm	kN	kN	kN
KLW	154.0	175.0	309.7	282.1
KL+KW	176.6	180.3	321.7	293.0
（比率）	1.15	1.03	1.04	1.04

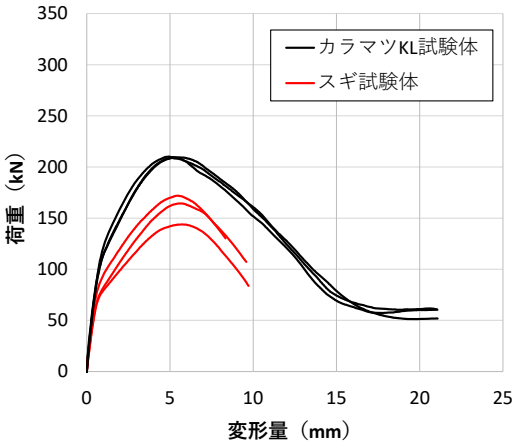
K：初期剛性、*Py*：降伏耐力、*P*max：最大耐力、*Pu*：終局耐力

（2）スギ試験体との比較

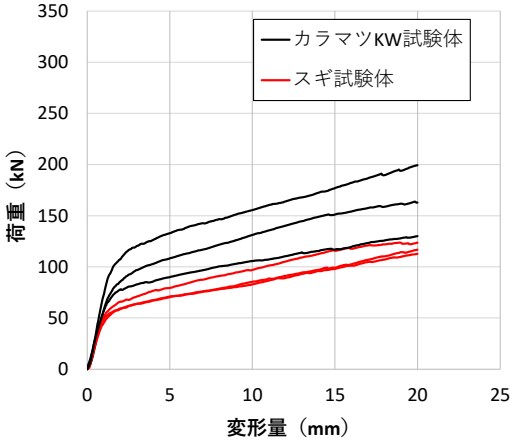
過去（2020 年度）に実施したスギ試験体の結果との比較を図 3.5.3-3 および表 3.5.3-6 および表 3.5.3-7 に示す。各強度特性値は、KLW 試験（LSB と集成材同時圧縮）および KL 試験（LSB 圧縮）ともに、カラマツ試験体が 1.3 倍～1.4 倍程度スギ試験体よりも高い結果となった。初期剛性は、カラマツ試験体が KLW 試験では 1.55 倍高い値となり、KL 試験では 1.1 倍高い値となった。



(i) KLW 試験体



(ii) KL 試験体



(iii) KW 試験体

図 3.5.3-3　カラマツとスギ実験の荷重と変形量の関係

表 3.5.3-6　KLW 試験（LSB と集成材同時圧縮）におけるカラマツとスギの比較

試験体名	*Pmax*	*Py*	*Pu*	*K*	*δy*	*δv*	δ_{Pmax}	*δu*
	kN	kN	kN	kN/mm	mm	mm	mm	mm
カラマツKLW平均	309.7	175.0	282.1	154.0	1.52	2.45	7.07	13.3
スギ試験結果	226.5	124.4	204.8	99.2	1.28	2.10	6.85	10.4
比率	1.37	1.41	1.38	1.55	1.19	1.17	1.03	1.28

表 3.5.3-7　KL 試験（LSB 圧縮）におけるカラマツとスギの比較

試験体名	*Pmax*	*Py*	*Pu*	*K*	*δy*	*δv*	δ_{Pmax}	*δu*
	kN	kN	kN	kN/mm	mm	mm	mm	mm
カラマツKLW平均	209.4	106.9	186.8	130.6	0.82	1.43	5.21	9.29
スギ試験結果	160.0	76.3	138.8	117.9	0.72	1.31	5.58	8.19
比率	1.31	1.40	1.35	1.11	1.14	1.09	0.93	1.13

3.5.4　まとめ

カラマツの繊維直交方向に埋め込まれた LSB の圧縮性能について、本実験より以下の結果を得た。

① カラマツ集成材に用いた LSB の圧縮性能について、LSB と集成材の同時圧縮、LSB のみ圧縮、集成材のみ圧縮の 3 条件による実験を実施し、各特性値を得た。
② LSB と集成材を同時に圧縮する KLW 試験体の実験結果と、LSB のみの圧縮性能（KL 試験体）と集成材のみの圧縮性能（KW 試験体）を足し合わせた結果を比較したところ、各強度特性値はほぼ同等の値となり、初期剛性は足し合わせが 15%程度高い値となった。
③ 過去（2020 年度）に実施したスギ試験体との比較について、強度特性値はカラマツ試験体が 1.3 倍～1.4 倍高い値となり、初期剛性は LSB と集成材の同時圧縮が 1.55 倍、LSB 圧縮が 1.1 倍高い値となった。

3.6　GIR 接合部実験（柱脚）

3.6.1　試験体と実験条件

表 3.6.1-1 に試験体リスト、図 3.6.1-1 に試験体形状を示す。試験体の母材には、スギ集成材（E65-F225）及びカラマツ集成材（E105-F300）を用い、接合金物には中空型全ねじボルト（M24）を用いた。接合金物本数は 4 本とし、金物間隔は 60mm とした。

表 3.6.1-1　試験体リスト

試験体名	母材	試験体 断面 （mm）	試験体 高さ （mm）	接合金物 種類	接合金物 埋め込み長さ （mm）	接合金物 本数	試験体数
G-IM	スギ集成材 対称異等級 E65-F225	105×600	2000	中空型 全ねじボルト （M24）	200	4本	各3体 （計6体）
G-IM-ℓ	カラマツ集成材 対称異等級 E105-F300						

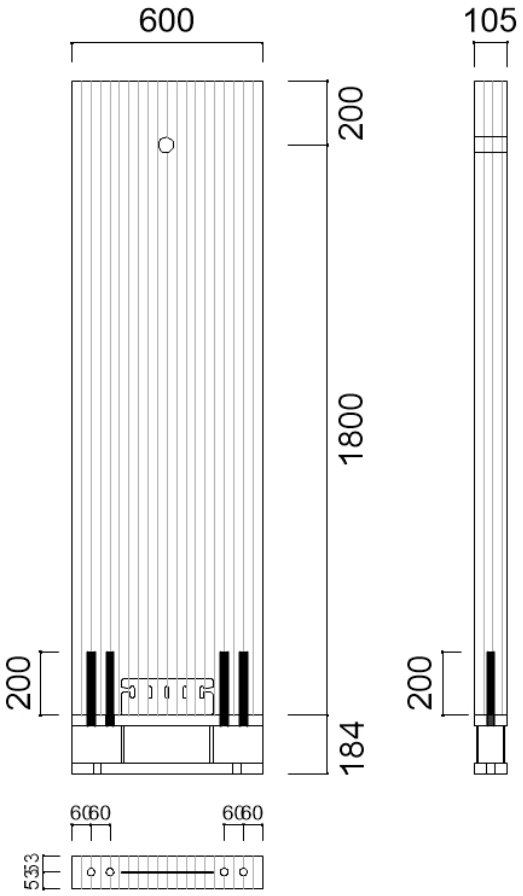


図 3.6.1-1　試験体形状（単位：mm）

・**柱脚金物詳細**

図 3.6.1-2 に柱脚金物詳細図、写真 3.6.1-1 に柱脚金物形状、写真 3.6.1-2 にドリフトピン形状を示す。接合金物が同時にせん断力を負担しないように、箱型金物上部にせん断金物（後施工金物 4：カネシン製）が溶接されている。また、せん断金物にはドリフトピンを打ち込むための孔が 5 つ設けられている。この孔は縦に長いルーズホールとなっているが、これはモーメントが生じた際の引き抜き力をドリフトピン及びせん断金物が負担するのを防ぐためである。集成材に柱脚金物を取り付ける際、せん断金物の溶接部の隅肉が集成材の接合面と接触し、接合部に隙間が生じる問題が生じたため、集成材の隅肉部分が接する箇所には面取り加工を施した。接合金物と緊結する面は、φ24mm の雌ねじ穴、ナットと高力ボルトで緊結する面は、φ26mm の貫通穴が設けられている。箱型金物の材質は JIS G 3131 SPHC 相当とし、表面処理は錆止塗装（JIS K 5674）1 回塗りとした。また、せん断金物と柱は、φ12mm×103mm のドリフトピン（DP103：カネシン製、材質：JIS G 3505 SWRM8 相当）を用いて接合した。

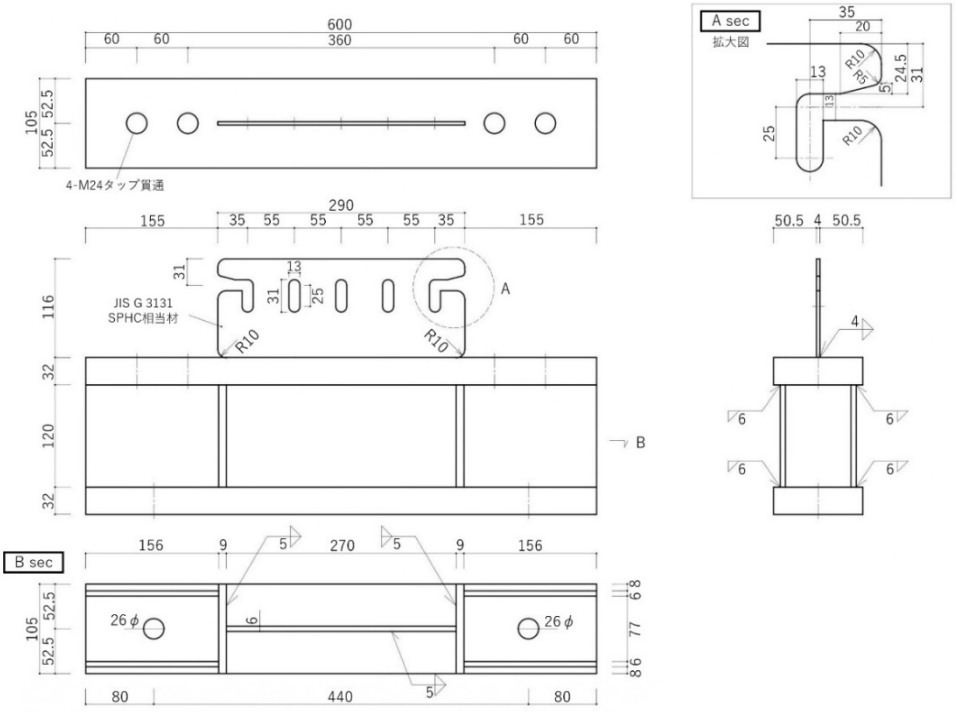


図 3.6.1-2　柱脚金物詳細図（単位：mm）



写真 3.6.1-1　箱型金物形状



写真 3.6.1-2　ドリフトピン形状

3.6.2　実験方法

図 3.6.2-1 に加力装置を示す。加力方法は、正負交番・同一履歴 3 回繰り返し加力とした。繰り返しは『木造軸組構法住宅の許容応力度設計（2017 年版）』に準拠し、見かけの変形角が 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30rad 変形時とし、その後は 1/15rad まで引ききりとした。なお、ジャッキの引き方向を正加力側、押し方向を負加力側とする。加力は 500kN 複動油圧ジャッキ（（株）理研精機：D5-500）により行った。

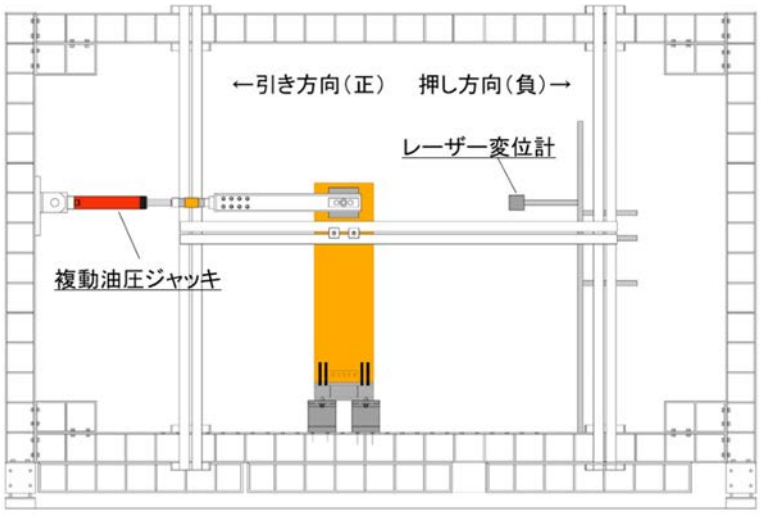


図 3.6.2-1　加力装置

3.6.3　実験結果

式 3.6.3-1 に接合部回転角の導出方法、図 3.6.3-1 に変位計の設置位置と詳細について示す。モーメント-接合部回転角曲線（以下、M-θ曲線）の導出は、接合部モーメントは加力点から接合部までの距離と水平力の積によって求め、接合部回転角は下式によって求めた。

$$接合部回転角\theta = \frac{\delta_1 - \delta_2}{l_0}(\mathrm{rad}) \qquad \cdots（式\ 3.6.3\text{-}1）$$

ここで

・G-IM、G-IM-1 シリーズ

δ_1＝CH003、CH008 の平均

δ_2＝CH007、CH012 の平均

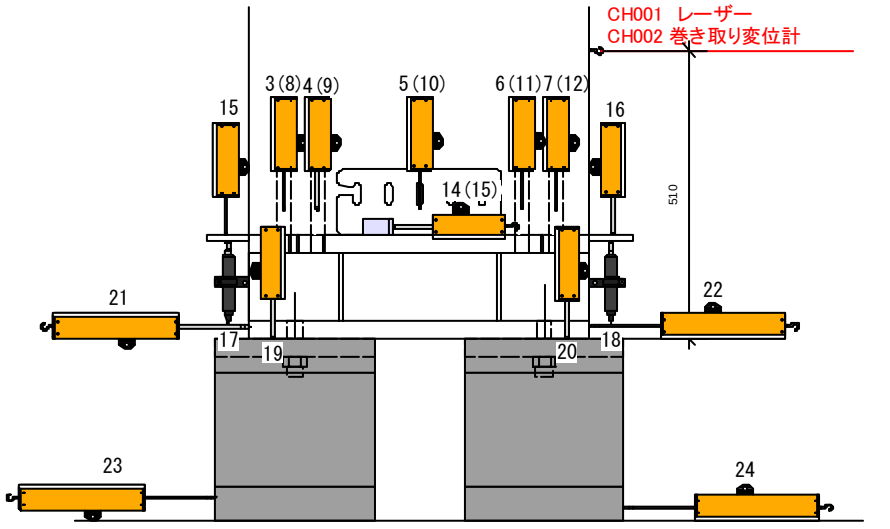


図 3.6.3-1　変位計の設置位置

CH00	ジャッキ荷重	CH01	レーザー変位計
CH02	コネクター位置変位	CH03～12	接合部の開き
CH13～14	柱脚治具と試験体の水平変位	CH15～16	試験体と柱脚治具の浮き
CH17～18	柱脚金物の伸び	CH19～20	治具と柱脚金物の浮き
CH21～22	柱脚金物水平変位	CH23～24	柱脚治具の水平変位

G-IM シリーズ

表 3.6.3-1～3 に各試験体の試験結果、図 3.6.3-2～3.6.3-4 にモーメント変形角関係（以下、M-θ 関係とする。）を示す。また、写真 3.6.3-1、3.6.3-2 に主な破壊性状を示す。

M-θ 関係は、すべての試験体で、高い剛性を維持し、破壊に至るまでモーメントが線形的に増加した。6 サイクル（見かけの変形角 1/75rad）の正加力時に、接合部変形角 1/600rad 付近で破壊に至った。破壊性状は、木破が生じるとともに、引張側 2 本のうち、外側の接合金物に沿う様に木材の割裂破壊が生じた。割裂破壊による耐力の低下は確認されなかった。また、試験後に試験体を解体したところ、せん断金物やドリフトピンに変形や破壊は見られなかった。

表 3.6.3-1　試験結果
（G-IM No.1）

破壊性状： 木材の割裂破壊 初期剛性：58.6×10^3 kN・m/rad 最大耐力：81.9kN・m

表 3.6.3-2　試験結果
（G-IM No.2）

破壊性状： 木材の割裂破壊 初期剛性：56.3×10^3 kN・m/rad 最大耐力：89.5 kN・m

表 3.6.3-3　試験結果
（G-IM No.3）

破壊性状： 木材の割裂破壊 初期剛性：49.7×10^3 kN・m/rad 最大耐力：68.3kN・m

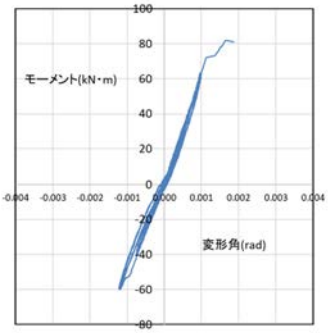


図 3.6.3-2　M-θ 関係
（G-IM No.1）

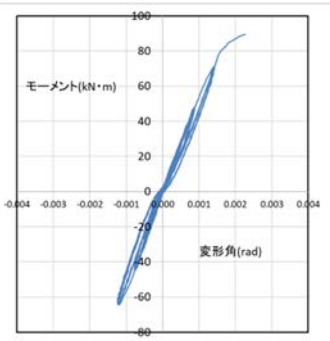


図 3.6.3-3　M-θ 関係
（G-IM No.2）

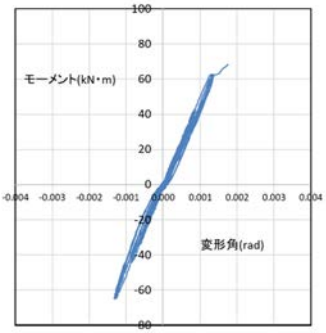


図 3.6.3-4　M-θ 関係
（G-IM No.3）



写真 3.6.3-1　破壊性状
（木材の割裂破壊）



写真 3.6.3-2　破壊性状
（ビスの位置のひび割れ）

G-IM-ℓシリーズ

表 3.6.3-4～3.6.3-6 に各試験体の試験結果、図 3.6.3-5～3.6.3-7 にモーメント変形角関係（以下、M-θ関係とする）を示す。また、写真 3.6.3-3、3.6.3-4 に主な破壊性状を示す。

M-θ関係は、すべての試験体で、高い剛性を維持し、破壊に至るまでモーメントが線形的に増加した。6 サイクル（見かけの変形角 1/75rad）の正加力時に、接合部変形角 1/600rad 付近で破壊に至った。破壊性状は、木破が生じるとともに、引張側 2 本のうち、外側の接合金物に沿う様に木材の割裂破壊が生じた。割裂破壊による耐力の低下は確認されなかった。また、試験後に試験体を解体したところ、せん断金物やドリフトピンに変形や破壊は見られなかった。

表 3.6.3-4　試験結果
（G-IM-ℓ No.1）

破壊性状： 木材の割裂破壊 初期剛性：62.2×10^3 kN・m/rad 最大耐力：91.3 kN・m

表 3.6.3-5　試験結果
（G-IM-ℓ No.2）

破壊性状： 木材の割裂破壊 初期剛性：66.5×10^3 kN・m/rad 最大耐力：96.6 kN・m

表 3.6.3-6　試験結果
（G-IM-ℓ No.3）

破壊性状： 木材の割裂破壊 初期剛性：55.4×10^3 kN・m/rad 最大耐力：92.9 kN・m

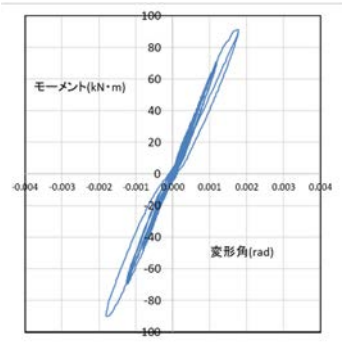


図 3.6.3-5　M-θ関係
（G-IM-ℓ No.1）

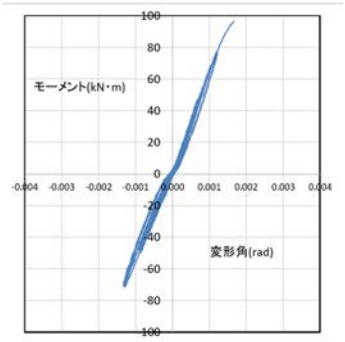


図 3.6.3-6　M-θ関係
（G-IM-ℓ No.2）

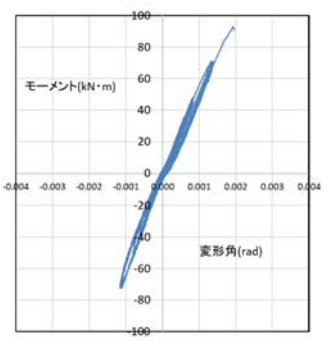


図 3.6.3-7　M-θ関係
（G-IM-ℓ No.3）

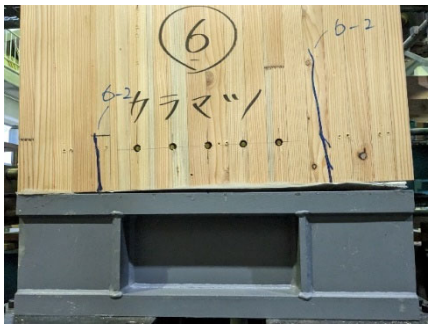


写真 3.6.3-3　破壊性状
（木材の割裂破壊）



写真 3.6.3-4　破壊性状
（木材の割裂破壊）

［特性値］

試験より得られた特性値を表 3.6.3-7 に示す。

表 3.6.3-7　特性値一覧

試験体名	No.	回転剛性 ($\times 10^3$kNm/rad)		最大耐力 (kNm)		最大耐力時変形角 ($\times 10^{-3}$rad)	
		実験値	平均値	実験値	平均値	実験値	平均値
G-IM	1	58.62	54.86	81.88	79.92	1.667	1.896
	2	56.27		89.52		2.271	
	3	49.69		68.34		1.750	
G-IM-ℓ	1	62.21	61.38	91.32	93.62	1.771	1.788
	2	66.52		96.56		1.667	
	3	55.41		92.98		1.927	

3.6.4　接合部の回転剛性及び曲げ耐力の推定方法

［推定概要］

参考文献[1)]の推定式より、回転剛性、最大モーメントを算出した。表 3.6.4-1 に推定式中の諸定数を示す。

$$R_\theta = \frac{K_T \cdot K_C}{K_T + K_C} \cdot (g-a)^2 \quad (1)$$

$$K_T = \frac{2}{3} \cdot P_v \cdot \alpha \quad (2)$$

$$P_v = A_t \cdot f_v \cdot R \quad (3)$$

$$A_t = \pi \cdot d \cdot l \quad (4)$$

$$R = \frac{\tanh \omega}{\omega} \quad (5)$$

$$\omega = \frac{0.016 \cdot l}{\sqrt{d}} \quad (6)$$

$$K_C = K_T + K_{W\perp} \quad (7)$$

$$K_{W\perp} = x_p \cdot y_p \cdot \frac{k_e}{3.4} \quad (8)$$

$$M_{max} = P_v \cdot (g-a) \quad (9)$$

R_θ　：回転剛性（kNm/rad）
K_T　：引張側ばね定数（kN/mm）
K_C　：圧縮側ばね定数（kN/mm）
g　：圧縮側材端から引張側 GIR 群までの距離（mm）
a　：圧縮側材端から圧縮側 GIR 群までの距離（mm）
P_v　：引き抜きせん断強度（kN）
α　：調整係数（繊維平行方向）（/mm）
f_v　：木材の引き抜きせん断強度（N/mm2）
R、ω　：埋め込み長さの増大による耐力増加の減衰を表す低減係数
d　：接合金物の先穴直径（mm）
l　：ねじ部の長さ（mm）
$K_{W\perp}$　：集成材繊維直交方向めり込み剛性（kN/mm）
x_p　：支圧長さ（mm）
y_p　：支圧幅（mm）
k_e　：集成材繊維平行方向面圧剛性（kN/mm3）
M_{max}　：最大モーメント（kNm）

表 3.6.4-1　推定式中の諸定

名称	記号	数値	単位
圧縮側材端から引張側GIR群までの距離	g	510	mm
圧縮側材端から圧縮側GIR群までの距離	a	90	mm
調整係数（繊維平行方向）	α	3.61	/mm
木材の引き抜きせん断強度（スギ）	f_v	5.4	N/mm^2
木材の引き抜きせん断強度（カラマツ）	f_v'	6.3	N/mm^2
接合金物の先穴直径	d	27	mm
ねじ部の長さ	l	200	mm
支圧長さ	x_p	180	mm
支圧幅	y_p	105	mm
集成材繊維平行方向面圧剛性（スギ）	k_e	0.029	kN/mm^3
集成材繊維平行方向面圧剛性（カラマツ）	k_e'	0.040	kN/mm^3

［推定結果］

図 3.6.4-2 に実験値と推定値の比較を示す。

回転剛性に関して、G-IM（スギ）では 35%程、G-IM-ℓ（カラマツ）では 27%程、実験値が推定値を上回った。

最大耐力に関して、G-IM（スギ）では 17%程、G-IM-ℓ（カラマツ）では 17%程、実験値が推定値を上回った。

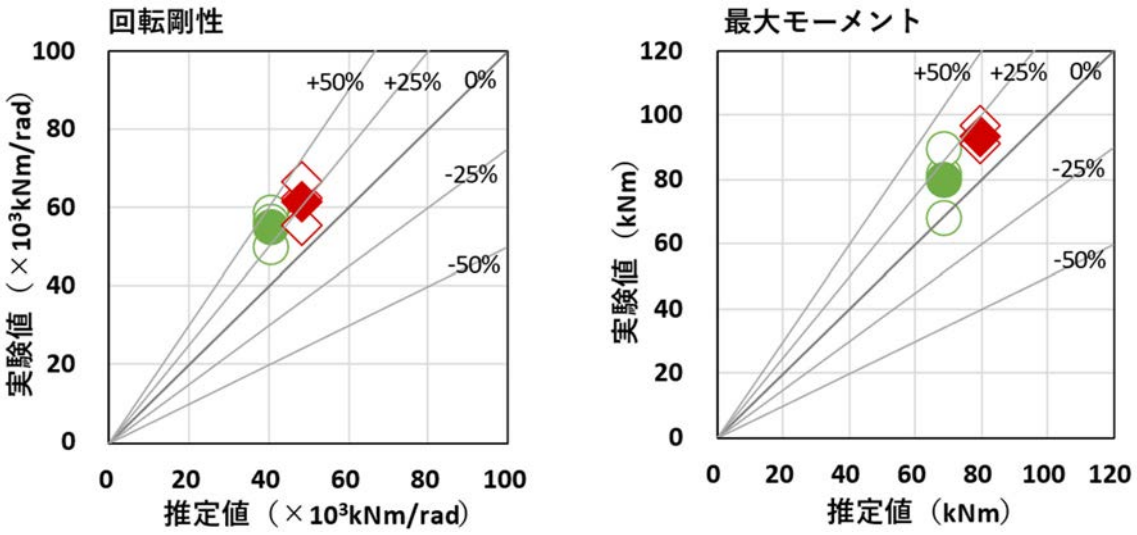


図 3.6.4-2　実験値と推定値の比較

3.6.5　まとめ

本章では、本年度実施の実大フレーム試験柱脚部の要素実験として、同仕様の試験体について、その性能の把握、また参考文献[1)]の手法を用いて推定を行い、その妥当性の検証を行った。

推定については、すべての試験体において最大耐力を概ね推定することができた。回転剛性についてはやや過大評価となった。

破壊性状は、すべての試験体で木破が生じるとともに、引張側2本のうち、外側の接合金物に沿う様に木材の割裂破壊が生じた。割裂破壊による耐力の低下は確認されなかった。また、試験後に試験体を解体したところ、せん断金物やドリフトピンに変形や破壊は見られなかった。

参考文献

1）佐藤賢一ほか：「接合金物と接着剤を併用した木材接合法の強度発現機構に関する研究（その26）モーメント抵抗接合部設計法の簡易化の検討」（日本建築学会九州支部研究報告　第62号　pp405-408　2023年3月）

3.7　LSB 接合部実験

3.7.1　試験体と実験条件

表 3.7.1-1 に試験体リスト、図 3.7.1-1 に試験体形状、図 3.7.1-1-2 に LSB 形状詳細を示す。

試験体の母材には、スギ集成材（E65-F225）及びカラマツ集成材（E105-F300）を用い、接合金物には LSB（ねじ山径 25mm、ねじ谷径 20mm、全長 500mm（埋め込み長さ 500mm））を用いた。接合金物本数は 4 本とし、金物間隔は 50mm とした。LSB と柱脚金物は、ハイテンションボルトにより締め付ける。ハイテンションボルト（強度区分 10.9、呼び名 M12）の締め付けはトルクレンチを用いて行い、50N・m で統一した。

表 3.7.1-1　試験体リスト

試験体名	母材	試験体 断面 （mm）	試験体 高さ （mm）	接合金物 種類	接合金物 埋め込み長さ （mm）	接合金物 本数	試験体数
L-IM	スギ集成材 対称異等級 E65-F225	105×600	2000	LSB (山径25mm) (谷径20mm)	500	4本	各3体 (計6体)
L-IM-ℓ	カラマツ集成材 対称異等級 E105-F300						

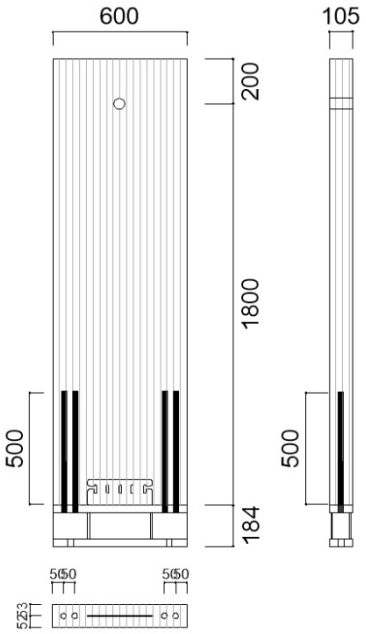


図 3.7.1-1 試験体形状（単位：mm）

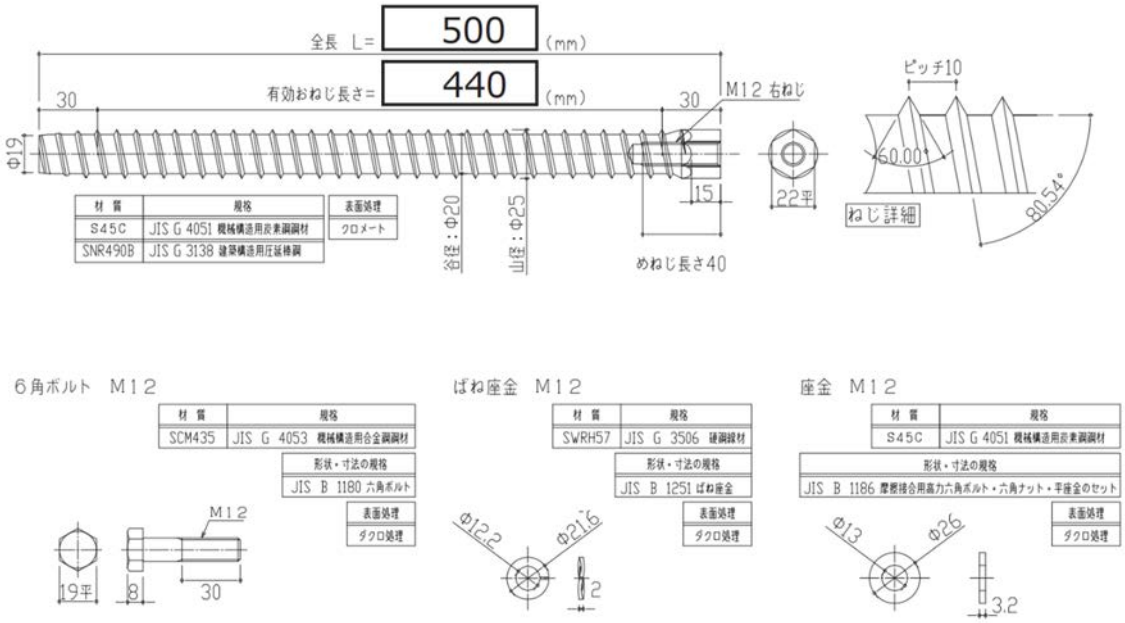


図 3.7.1-1-2　LSB 形状詳細図（単位：mm）

柱脚金物詳細

図 3.7.1-3 に柱脚金物詳細図、写真 3.7.1-1 に柱脚金物形状、写真 3.7.1-2 にドリフトピン形状を示す。接合金物が同時にせん断力を負担しないように、箱型金物上部にせん断金物（後施工金物４：カネシン製）が溶接されている。また、せん断金物にはドリフトピンを打ち込むための孔が 5 つ設けられている。この孔は縦に長いルーズホールとなっているが、これはモーメントが生じた際の引き抜き力をドリフトピン及びせん断金物が負担するのを防ぐためである。集成材に柱脚金物を取り付ける際、せん断金物の溶接部の隅肉が集成材の接合面と接触し、接合部に隙間が生じる問題が生じたため、集成材の隅肉部分が接する箇所には面取り加工を施した。接合金物と緊結する面はφ17mm の貫通穴が、高ナットと高力ボルトで緊結する面は、φ26mm の貫通穴が設けられている。箱型金物の材質は JIS G 3131 SPHC 相当とし、表面処理は錆止塗装（JIS K 5674 ）1 回塗りとした。また、せん断金物と柱は、φ12mm×103mm のドリフトピン（DP103：カネシン製、材質：JIS G 3505 SWRM8 相当）を用いて接合した。

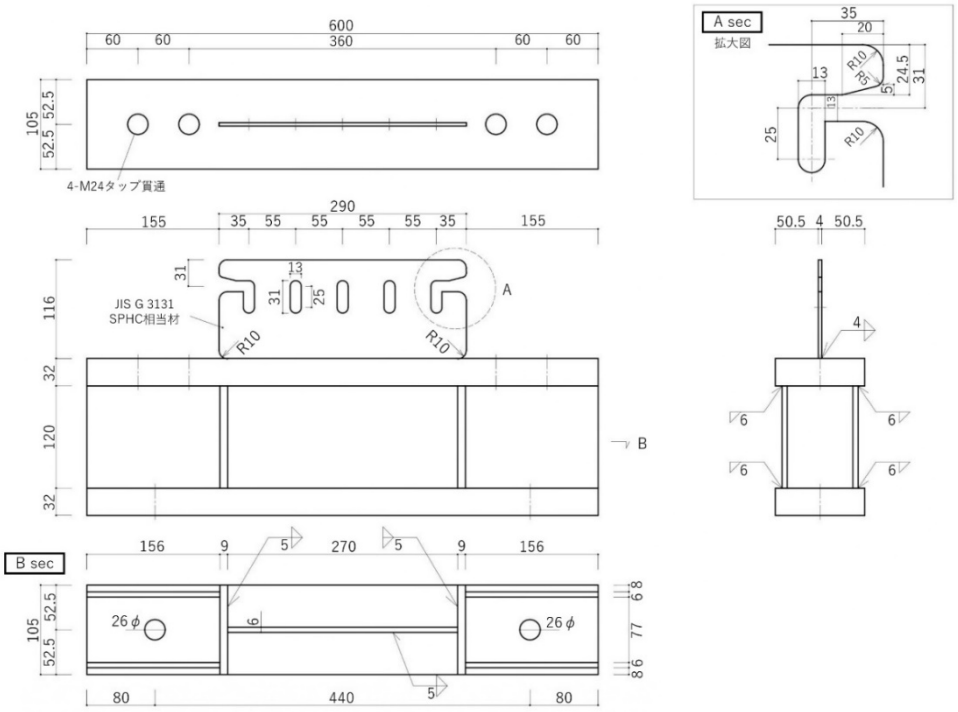


図 3.7.1-3 柱脚金物詳細図（単位：mm）



写真 3.7.1-1　箱型金物形状



写真 3.7.1-2　ドリフトピン形状

3.7.2　実験方法

図 3.7.2-1 に加力装置を示す。加力方法は、正負交番・同一履歴 3 回繰り返し加力とした。繰り返しは『木造軸組構法住宅の許容応力度設計（2017 年版）』に準拠し、見かけの変形角が 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30rad 変形時とし、その後は 1/15rad まで引ききりとした。なお、ジャッキの引き方向を正加力側、押し方向を負加力側とする。加力は 500kN 複動油圧ジャッキ（（株）理研精機：D5-500）により行った。

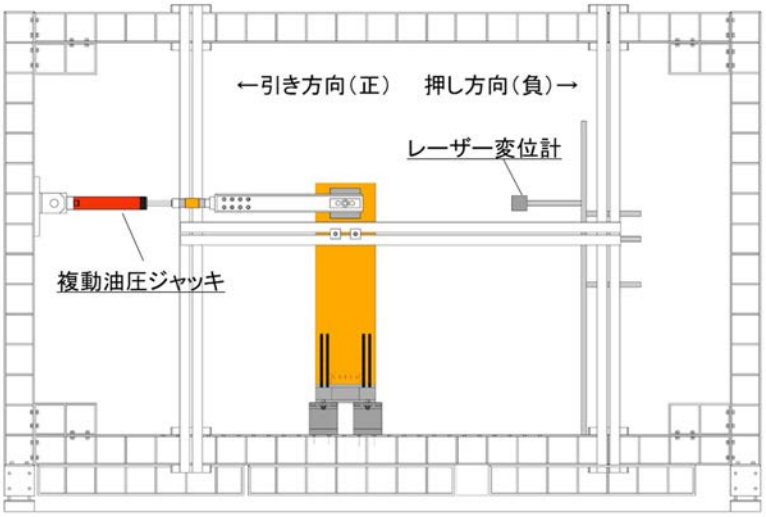


図 3.6.2-1　加力装置

3.6.3　実験結果

式 3.6.3-1 に接合部回転角の導出方法、図 3.6.3-1 に変位計の設置位置と詳細について示す。モーメント-接合部回転角曲線（以下、M-θ 曲線）の導出は、接合部モーメントは加力点から接合部までの距離と水平力の積によって求め、接合部回転角は下式によって求めた。

$$接合部回転角\theta = \frac{\delta_1 - \delta_2}{l_0}(\mathrm{rad}) \qquad \cdots（式\ 3.6.3\text{-}1）$$

ここで

・L-IM、L-IM-l シリーズ

δ_1＝CH003、CH008 の平均

δ_2＝CH007、CH012 の平均

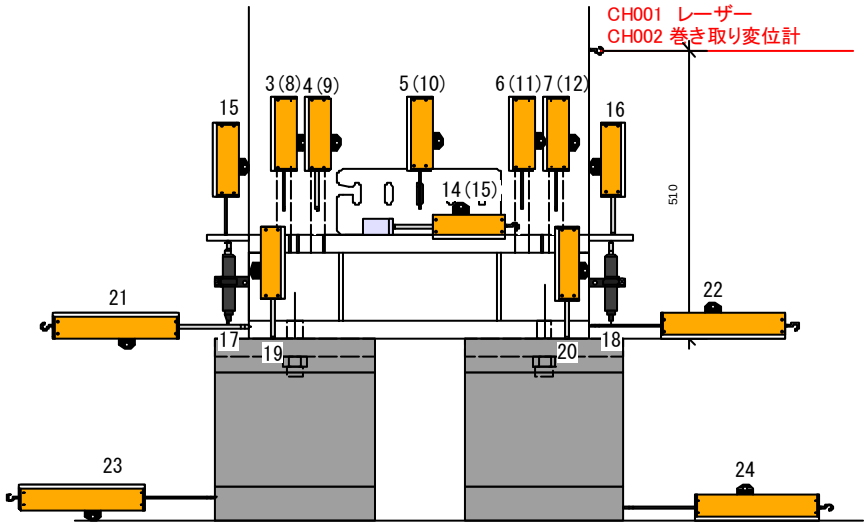


図 3.6.3-1 変位計の設置位置

CH00　ジャッキ荷重　　CH01　レーザー変位計

CH02　コネクター位置変位　　CH03～12　接合部の開き

CH13～14　柱脚治具と試験体の水平変位　　CH15～16　試験体と柱脚治具の浮き

CH17～18　柱脚金物の伸び　　CH19～20　治具と柱脚金物の浮き

CH21～22　柱脚金物水平変位　　CH23～24　柱脚治具の水平変位

L-IM シリーズ

表 3.7.3-1～3 に各試験体の試験結果、図 3.7.3-2～4 にモーメント変形角関係（以下、M−θ 関係とする）を示す。また、写真 3.7.3-1、2 に主な破壊性状を示す。

M-θ 関係は、破壊に至るまでモーメントが線形的に増加した。4 サイクル（見かけの変形角 1/150rad）まで高い剛性を維持し、5 サイクル（見かけの変形角 1/100rad）で降伏挙動を示し、その後緩やかに荷重が上昇し、7 サイクル（見かけの変形角 1/50rad）の正加力時に、接合部変形角 1/300rad 付近で破壊に至った。

破壊性状は、終局時、引張側のハイテンションボルトが 2 本同時に破断し、埋め込み位置に沿うように、木材に割裂破壊も見られた。また、試験後に試験体を解体したところ、せん断金物やドリフトピンに変形や破壊は見られなかった。

表 3.7.3-1　試験結果
（L-IM No.1）

破壊性状：
木材の割裂破壊
初期剛性：75.0×10^3 kN・m/rad
最大耐力：97.0kN・m

表 3.7.3-2　試験結果
（L-IM No.2）

破壊性状：
木材の割裂破壊
初期剛性：85.3×10^3 kN・m/rad
最大耐力：100.2kN・m

表 3.7.3-3 験結果
（L-IM No.3）

破壊性状：
木材の割裂破壊
初期剛性：72.7×10^3 kN・m/rad
最大耐力：98.7kN・m

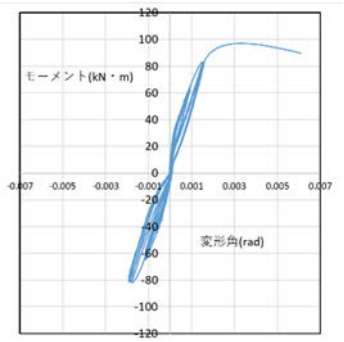


図 3.7.3-2　M-θ 関係
（L-IM No.1）

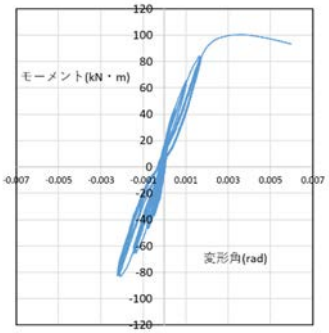


図 3.7.3-3　M-θ 関係
（L-IM No.2）

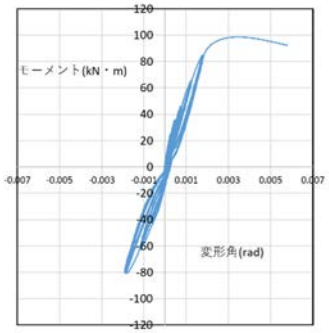


図 3.7.3-4　M-θ 関係
（L-IM No.3）



写真 3.7.3-1　破壊性状
（木材の割裂破壊）



写真 3.7.3-2　破壊性状
（ハイテンションボルトの破断）

L-IM-l シリーズ

表 3.7.3-4～6 に各試験体の試験結果、図 3.7.3-5～7 にモーメント変形角関係（以下、M−θ 関係とする）を示す。また、写真 3.7.3-3、4 に主な破壊性状を示す。

M-θ 関係は、破壊に至るまでモーメントが線形的に増加した。4 サイクル（見かけの変形角 1/150rad）まで高い剛性を維持し、5 サイクル（見かけの変形角 1/100rad）で降伏挙動を示し、その後緩やかに荷重が上昇し、7 サイクル（見かけの変形角 1/50rad）の正加力時に、接合部変形角 1/300rad 付近で破壊に至った。

破壊性状は、終局時、引張側のハイテンションボルトが 2 本同時に破断し、埋め込み位置に沿うように、木材に割裂破壊も見られた。また、試験後に試験体を解体したところ、せん断金物やドリフトピンに変形や破壊は見られなかった。

表 3.7.3-4　試験結果
（L-IM -l No.1）

破壊性状：
木材の割裂破壊
初期剛性：83.9×10^3 kN・m/rad
最大耐力：100.1 kN・m

表 3.7.3-5　試験結果
（L-IM -l No.2）

破壊性状：
木材の割裂破壊
初期剛性：67.9×10^3 kN・m/rad
最大耐力：102.0 kN・m

表 3.7.3-6　試験結果
（L-IM -l No.3）

破壊性状：
木材の割裂破壊
初期剛性：84.8×10^3 kN・m/rad
最大耐力：102.0 kN・m

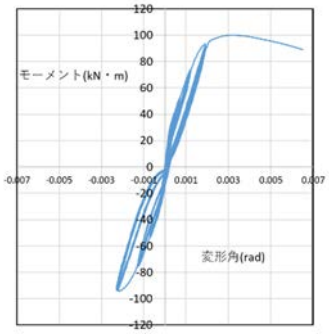


図 3.7.3-5　M-θ 関係
（L-IM -l No.1）

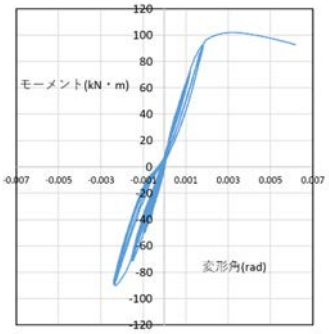


図 3.7.3-6　M-θ 関係
（L-IM -l No.2）

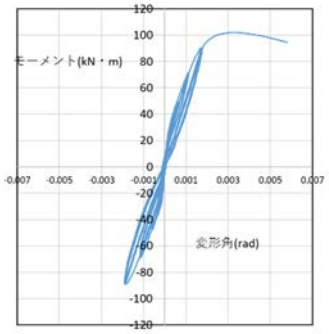


図 3.7.3-7　M-θ 関係
（L-IM -l No.3）



写真 3.7.3-3　破壊性状
（木材の割裂破壊）



写真 3.7.3-4　破壊性状
(ハイテンションボルトの破断)

［特性値］

試験より得られた特性値を表 3.7.3-7 に示す。

表 3.7.3-7　特性値一覧

試験体名	No.	回転剛性 ($\times 10^3$kN・m/rad)		降伏耐力 (kN・m)		降伏耐力時変形角 ($\times 10^{-3}$rad)		最大耐力 (kN・m)		最大耐力時変形角 ($\times 10^{-3}$rad)	
		K	平均	My	平均	θ y	平均	Mmax	平均	θ max	平均
L-IM	1	75.0	77.7	69.4	69.5	0.98	1.12	97.0	98.7	3.29	3.46
	2	85.3		66.7		0.99		100.2		3.54	
	3	72.7		72.4		1.37		98.7		3.55	
L-IM-ℓ	1	83.9	78.9	68.9	70.8	1.04	1.08	100.1	101.3	3.22	3.16
	2	67.9		73.4		1.18		102.0		3.09	
	3	84.8		70.2		1.03		102.0		3.17	

3.7.4　接合部の回転剛性及び曲げ耐力の推定方法

［推定概要］

参考文献[1)]の推定式より、回転剛性、最大モーメンを算出した。表 3.7.4 に推定式中の諸定数を示す。

$$R_\theta = \frac{K_T \cdot K_C}{K_T + K_C} \cdot (g-a)^2 \tag{1}$$

$$K_C = K_T + K_{W\perp} \tag{2}$$

$$K_{W\perp} = x_p \cdot y_p \cdot \frac{k_e}{3.4} \tag{3}$$

$$M_{max} = \left(1 + \frac{J_M - b - \lambda}{J_M - \lambda}\right) \cdot P_{max} \cdot (h - 2e) \tag{4}$$

$$M_y = \left(1 + \frac{J_M - b - \lambda}{J_M - \lambda}\right) \cdot P_y \cdot (h - 2e) \tag{5}$$

$$\lambda = \frac{K_T \cdot g + K_C \cdot a}{K_T + K_C} \tag{6}$$

R_θ：回転剛性（kNm/rad）
K_T：引張側ばね定数（kN/mm）
K_C：圧縮側ばね定数（kN/mm）
g：圧縮側材端から引張側 LSB 群までの距離（mm）
a：圧縮側材端から圧縮側 LSB 群までの距離（mm）
$K_{W\perp}$：集成材繊維直交方向めり込み剛性（kN/mm）
x_p：支圧長さ（mm）
y_p：支圧幅（mm）
k_e：集成材繊維平行方向面圧剛性（kN/mm^3）
M_{max}：最大モーメント（kNm）
M_y：降伏モーメント（kNm）
P_{max}：LSB 引抜き最大耐力と HTB 最大耐力の最小値（kN）
P_y：LSB 引抜き降伏耐力と HTB 降伏耐力の最小値（kN）

J_M：圧縮側材端から引張側外ボルト距離（mm）
h：柱せい（mm）
b：LSB 間距離（mm）
λ：圧縮側材端から中立軸までの距離（mm）
e：材端から外側 LSB 距離（mm）

表 3.7.4　推定式中の諸定数

名称	記号	数値	単位
圧縮側材端から引張側LSB群までの距離	g	525	mm
圧縮側材端から圧縮側LSB群までの距離	a	75	mm
LSB繊維平行方向引張 初期剛性（スギ）	K_T	533.8	N/mm
LSB繊維平行方向引張 初期剛性（カラマツ）	K_T'	531.6	N/mm
支圧長さ	x_p	180	mm
支圧幅	y_p	105	mm
集成材繊維平行方向面圧剛性（スギ）	k_e	0.029	kN/mm^3
集成材繊維平行方向面圧剛性（カラマツ）	k_e'	0.040	kN/mm^3
LSB引抜き最大耐力とHTB最大耐力の最小値	P_{max}	101.2	kN
LSB引抜き降伏耐力とHTB降伏耐力の最小値	P_y	91.0	kN
圧縮側材端から引張側外ボルト距離	J_M	550	mm
LSB間距離	b	50	mm
柱せい	h	600	mm
材端から外側LSB距離	e	50	mm

［推定結果］

図 3.7.4-1 に実験値と推定値の比較を示す。

回転剛性に関して、L-IM（スギ）では 27%程、L-IM-ℓ（カラマツ）では 25%程、実験値が推定値を上回った。

降伏耐力に関して、L-IM（スギ）では 16%程、L-IM-ℓ（カラマツ）では 15%程、実験値が推定値を下回る結果となった。

最大耐力に関して、L-IM（スギ）では 7%程、L-IM-ℓ（カラマツ）では 10%程、実験値が推定値を上回った。

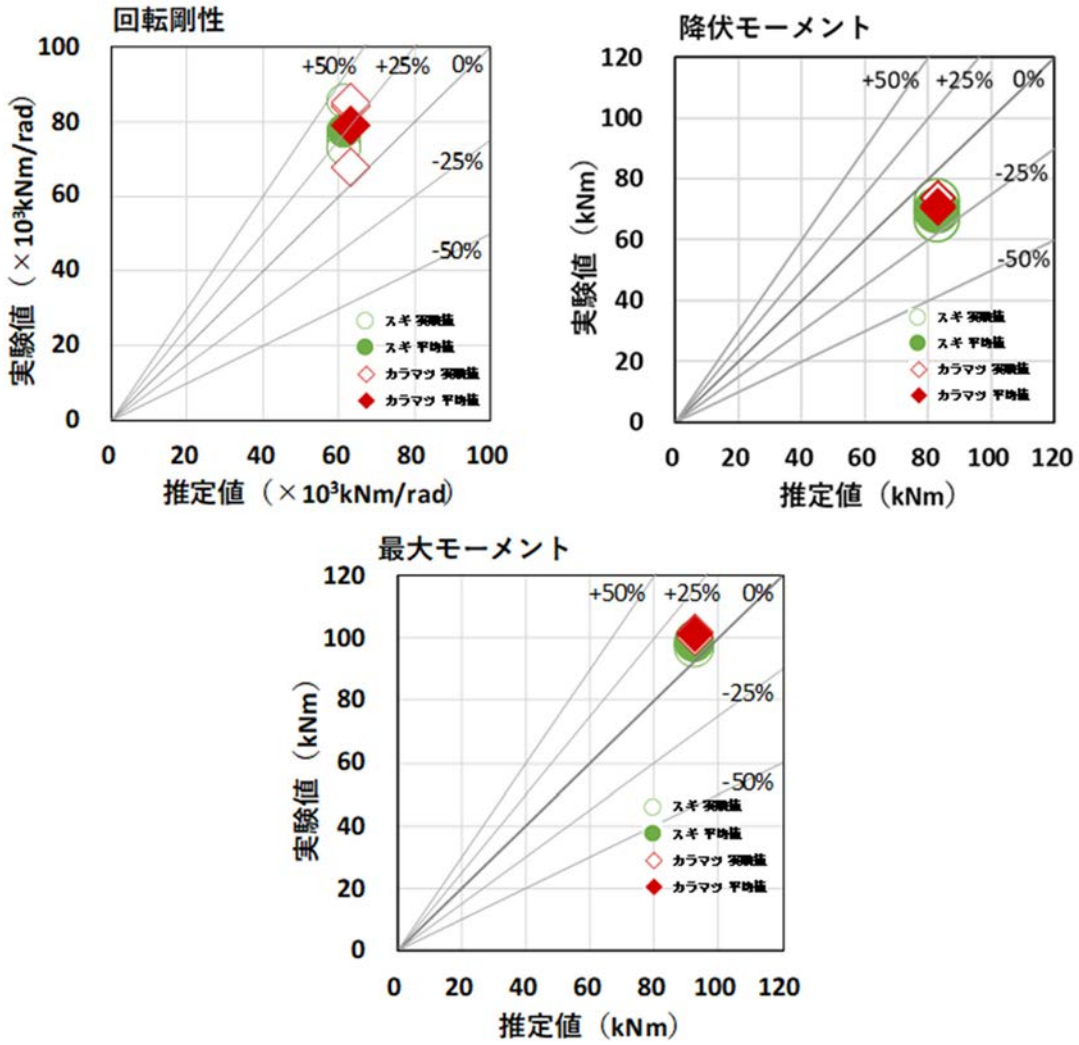


図 3.7.4-1　実験値と推定値の比較

3.7.5　まとめ

本章では、本年度実施の実大フレーム試験柱脚部の要素実験として、同仕様の試験体について、その性能の把握、また参考文献[1]）の手法を用いて推定を行い、その妥当性の検証を行った。

推定については、すべての試験体において最大耐力を概ね推定することができた。回転剛性についてはやや過大評価となり、幸福耐力に関しては、危険側の評価となった。

破壊性状は、終局時に、引張側のハイテンションボルトが 2 本同時に破断した。木材に割裂等の破壊は見られなかった。また、試験後に試験体を解体したところ、せん断金物やドリフトピンに変形や破壊は見られなかった。

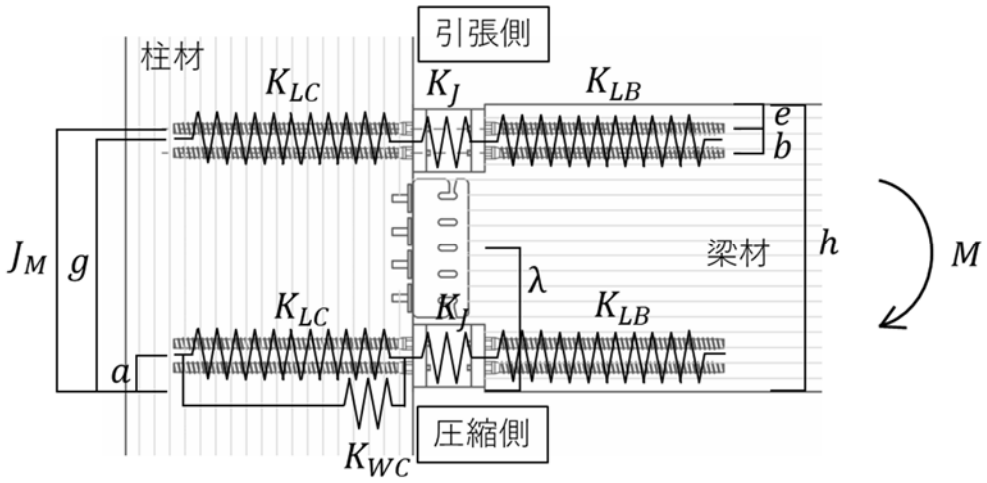
参考文献

1) 田川麗歩ほか：
「大断面集成材を用いたラグスクリューボルト接合に関する基礎的研究
（その 3：カラマツ集成材を用いた柱-梁モーメント抵抗接合部の
ばねモデルによる評価）」
（日本建築学会中国支部研究報告　第 47 号　2024 年 3 月）

3.8　柱梁接合部（LSB）の実験値と推定値の比較

本事業で提案する LSB による柱梁接合部の中立軸を接合部の各要素の剛比により算定する計算値について、実験結果との比較を行った。実験は、3.2 項～3.5 項までのカラマツ集成材、及び過去（2020 年度）に実施したスギ集成材を用いたものである。

図 3.8-1 に推定に用いたバネモデルを示す。図のような LSB を用いた柱梁接合部に、モーメントが作用した場合、上部が引張側、下部が圧縮側となる。引張側のバネは、柱側の LSB すべり変形、HTB の変形を含む箱形金物ののび変形、梁側の LSB すべり変形を直列バネとした。圧縮側のバネは、柱側の LSB すべり変形と接合金物の柱へのめり込み変形を並列バネとし、これと HTB の変形を含む箱形金物ののび変形、梁側の LSB すべり変形を直列バネとしてモデル化した。このモデルをもとに、式（3.8-1）～（3.8-3）を用いて、引張側及び圧縮側のバネ定数と圧縮側の材端から中立軸までの距離を算出した。推定に用いた各特性値を表 3.8-1 に示す。柱側及び梁側のすべり係数（K_{LC} 及び K_{LB}）は、3.2 項及び 3.3 項で示した LSB 引張試験の初期剛性の平均値を用い、箱形金物の引張剛性（K_J）は HTB の変形を含んだ値を用いた。繊維直交方向圧縮剛性（K_{WC}）は、3.5 項の値を用いた。



g：圧縮側の材端から引張側 LSB 群までの距離（mm）
a：圧縮側の材端から圧縮側 LSB 群までの距離（mm）
K_{LC}：柱側すべり係数（N/mm）
K_{WC}：箱形金物の柱へのめり込み剛性（N/mm）
K_J：箱形金物の引張剛性（N/mm）
K_{LB}：梁側すべり係数（N/mm）
J_M：圧縮側の材端から引張側外ボルト距離（mm）
h：梁せい（mm）
b：LSB 間距離（mm）
e：材端から外ボルト距離（mm）

図 3.8-1　推定に用いた力学モデル

$$\lambda = \frac{K_T \cdot g + K_C \cdot a}{K_T + K_C} \tag{3.8-1}$$

$$K_T = \frac{K_{LC} \cdot K_J \cdot K_{LB}}{K_{LC} \cdot K_J + K_J \cdot K_{LB} + K_{LC} \cdot K_{LB}} \tag{3.8-2}$$

$$K_c = \frac{(K_{LC} + K_{wC}) \cdot K_J \cdot K_{LB}}{(K_{LC} + K_{wC}) \cdot K_J + K_J \cdot K_{LB} + (K_{LC} + K_{wC}) \cdot K_{LB}} \tag{3.8-3}$$

ここで、

λ：圧縮側の材端から中立軸までの距離（mm）

K_T：引張側ばね定数（N/mm)

K_C：圧縮側ばね定数(N/mm)

表 3.8-1　計算に用いた各特性値

柱側すべり係数 K_{LC} （kN/mm）	187.7
箱形金物の柱へのめり込み剛性 K_{WC}（kN/mm）	45.4
梁側すべり係数 K_{LB}（kN/mm）	531.6
箱形金物の引張剛性 K_J（kN/mm）	366.4
繊維直交方向圧縮剛性 K_{WC}（kN/mm）	45.4

回転剛性（R）と最大及び降伏モーメント（M_{max} 及び M_y）は式（3.8-4）～（3.8-6）を用いて計算した。モーメントの算出に用いた最大耐力及び降伏耐力（P_{max} 及び P_y）を表 3.8-2 に示す。3.2 項及び 3.3 項で示した LSB 引張試験で得られた LSB1 本あたりの引抜き耐力の平均値と HTB の特性値のうち、最大耐力の最小値及び降伏耐力の最小値が、P_{max} 及び P_y であるとして、計算に供した。なお、表 3.8-2 に示す通り、P_{max} は HTB の最大耐力、P_y は LSB 1 本あたりの繊維直交方向引抜き耐力であった。

$$R = \frac{K_T \cdot K_C}{K_T + K_C} \cdot (g - a)^2 \tag{3.8-4}$$

$$M_{max} = \left(1 + \frac{J_M - b - \lambda}{J_M - \lambda}\right) \cdot P_{max} \cdot (h - 2e) \tag{3.8-5}$$

$$M_y = \left(1 + \frac{J_M - b - \lambda}{J_M - \lambda}\right) \cdot P_y \cdot (h - 2e) \tag{3.8-6}$$

ここで、

R：回転剛性（kNm/rad）

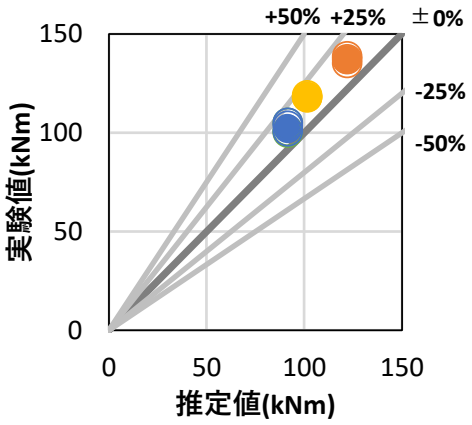
M_{max}：最大モーメント（kNm）

M_y：降伏モーメント（kNm）

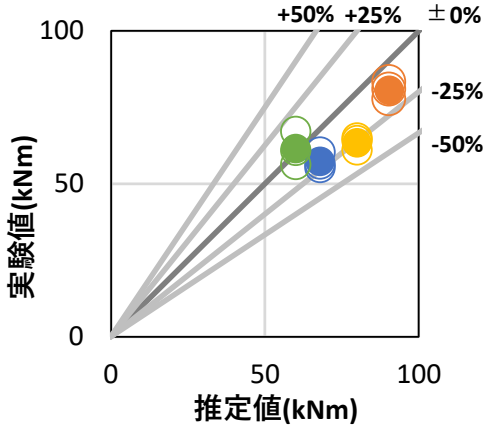
表 3.8-2　LSB1 本あたりの引抜き耐力と HTB の特性値

	最大耐力（kN）	降伏耐力（kN）
繊維平行方向	177.6	100.8
繊維直交方向	139.1	75.0
HTB	101.2	91.0
最小値（P_{max} 及び P_y）	101.2	75.0

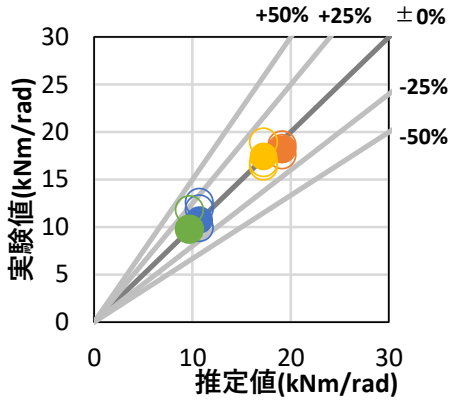
推定値と実験値の比較を図 3.8-2 及び表 3.8-3 に示す。最大モーメントは、樹種・材せいによらず実験値が推定値よりわずかに高く、いずれの試験体でも安全側の評価となった。降伏モーメントは、S2-600 は推定値と実験値が比較的良く一致したが、その他の試験体では降伏条件が異なるのか推定値が実験値を上回る結果となった。回転剛性は、スギ・カラマツともに材せいによらず推定値と良い一致が見られた。



最大モーメント



降伏モーメント



回転剛性

○K2-600-4
●K2-600-4 平均値
○K2-750-4
●K2-750-4 平均値
○S2-600-4
●S2-600-4 平均値
○S2-750-4
●S2-750-4 平均値

K：カラマツ集成材、S：スギ集成材
2：LSB を 105 幅で 2 段配置
600：600 せい、750：750 せい
4：後施工金物 4

図 3.8-2　推定値と実験値の比較

表 3.8-3　推定値と実験値の比較

樹種	試験体名	最大モーメント kN・m			降伏モーメント kN・m			回転剛性 (×10³)kN・m/rad		
		実験値	推定値	実験値/推定値	実験値	推定値	実験値/推定値	実験値	推定値	実験値/推定値
スギ	S2-600-4	102.1	91.5	1.12	61.6	60.0	1.03	10.8	9.7	1.12
	S2-750-4	118.5	101.6	1.17	63.5	79.9	0.79	17.4	17.2	1.01
カラマツ	K2-600-4	103.2	91.5	1.13	57.5	67.9	0.85	11.5	10.7	1.08
	K2-750-4	137.2	121.9	1.13	80.7	90.4	0.89	18.2	19.1	0.95

特性値算出の簡略化を目的として、式（3.8-1）を用いて中立軸を詳細に算出した場合及び中立軸を梁せい中央とした場合のそれぞれの推定値と実験値の比率を表 3.8-4 に示す。いずれの場合の推定値もほぼ同じ値を示したため、中立軸の算出は簡略化できると考える。しかし、カラマツの降伏モーメントはいずれの算出方法でも実験値に対して 0.80~0.90 倍となり危険側の推定となった。

表 3.8-4　中立軸を詳細計算した場合と梁中央とした場合の実験値との比較

スギ	S2-600-4			S2-750-4		
	実験値	推定値		実験値	推定値	
		詳細	梁中央		詳細	梁中央
最大モーメント (kN・m)	102.1	91.5 (1.12)	91.0 (1.12)	118.5	101.6 (1.17)	101.2 (1.17)
降伏モーメント (kN・m)	61.6	60.6 (1.03)	59.7 (1.03)	63.5	79.9 (0.79)	79.6 (0.80)

カラマツ	K2-600-4			K2-750-4		
	実験値	推定値		実験値	推定値	
		詳細	梁中央		詳細	梁中央
最大モーメント (kN・m)	103.2	91.5 (1.13)	91.0 (1.13)	137.2	121.9 (1.13)	121.4 (1.13)
降伏モーメント (kN・m)	57.5	67.9 (0.85)	67.5 (0.85)	80.7	90.4 0.89	90.0 (0.90)

（）内の値は、実験値を推定値で除した比率を示す。

第 4 章　実大フレーム実験

4.1　実大フレーム実験の概要

4.1.1　目的

中層大規模木造研究会 Ki で一般公開している 4 層木質ラーメン事務所建築における下部 2 層部分（図 4.1.1-1）のラーメン構造の実大フレーム実験を行う。木質ラーメン構造の設計に向けたデータ蓄積とフレームの構造特性及び破壊性状の把握を行うことを目的とする。ラーメン構造の接合部を GIR 接合および LSB 接合の 2 種類とし、各 1 体（計 2 体）で実施した。

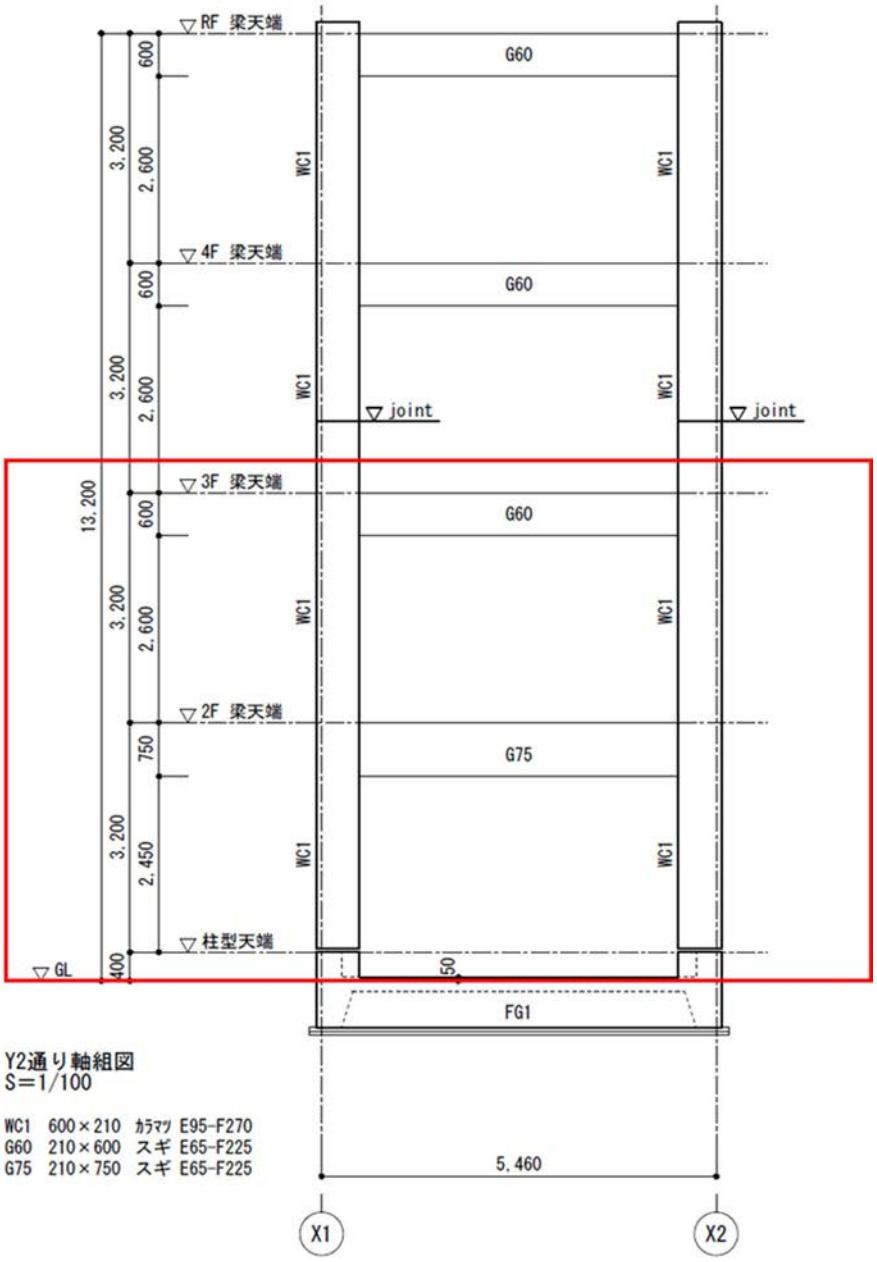


図 4.1.1-1　実験対象部分（赤枠、単位：mm）

4.1.2　事前解析

（1）試験体の長期荷重の設定

中層大規模木造研究会 Ki で一般公開している設計例の床荷重表および外壁荷重を表 4.1.2-1、表 4.1.2-2 に示す。建物用途は事務所とし、床荷重表を表 4.1.2-3 に示す。

表 4.1.2-1　設計例の床荷重

(N/m^2)

室名	項目	材料単位重量x厚	単位重量
屋根	ウレタン防水		25
	断熱材	0.3x30	9
	ALCパネル　t=100		650
	構造用合板 t=24	5x24	120
	野縁 45x45@300	5x(45x45x1000)/10^6/0.3x2	67.5
	強化石膏ボード t=25	8x25	200
	強化石膏ボード t=21	8x21	168
	小梁		100
			1339.5
			↓
			1350
事務所	カーペット		50
４階、３階	フリーアクセスフロア　t=40		100
２階	ALCパネル　t=100		650
	強化石膏ボード t21x2	8x21x2	336
	構造用合板 t=24	5x24	120
	野縁 45x45@300	5x(45x45x1000)/10^6/0.3x2	67.5
	強化石膏ボード t=25	8x25	200
	強化石膏ボード t=21	8x21	168
	小梁		100
			1791.5
			↓
			1800

表 4.1.2-2　設計例の外壁荷重

※４階建て仕様（耐火構造）　(N/m^2)

	項目	材料単位重量x厚	単位重量
外壁	窯業系サイディング t=18	12x18	216
	強化石膏ボード　t=21+21	8x21x2	336
	胴縁 18x90@455	5x(18x90x1000)/10^6/0.455	17.8
	OSB t24	5x24	120
	グラスウール	0.3x120	36
	軸組	150	150
	強化石膏ボード　t=25	8 x 25	200
	強化石膏ボード　t=21	8x21	168
			1243.8
			↓
			1250

表 4.1.2-3　建物用途を事務所とした場合の床荷重表

(N/m^2)

室名	D.L	床　用		ラーメン用		地震用	
		L.L	T.L	L.L	T.L	L.L	T.L
屋根	1350	490	1840	300	1650	200	1550
事務所	1800	2900	4700	1800	3600	800	2600

(2) 試験体長期荷重の入力

フレームが 1.82m 間隔で配置されると仮定して、試験体に長期荷重を考慮する。

・床荷重

梁が負担する合計重量を以下に算出する。

屋根

w_{roof} = **単位重量×負担幅×スパン**

$= 1.65\ \mathrm{kN/m^2} \times 1.82 \times 5.46 = 16.4\ \mathrm{kN}$

2F, 3F, 4F

w_{floor} = **単位重量×負担幅×スパン**

$= 3.60\ \mathrm{kN/m^2} \times 1.82 \times 5.46 = 35.8\ \mathrm{kN}$

・壁荷重

各階の直交梁から柱に伝達される合計重量を以下に算出する。

屋根

w = **単位重量×階高/2×負担幅**

$= 1.25\ \mathrm{kN/m^2} \times 3.2 / 2 \times 1.82 = 3.64\ \mathrm{kN} \rightarrow 3.7\ \mathrm{kN}$

2F, 3F, 4F

w = **単位重量×階高×負担幅**

$= 1.25\ \mathrm{kN/m^2} \times 3.2 \times 1.82 = 7.28\ \mathrm{kN} \rightarrow 7.3\ \mathrm{kN}$

試験体には床荷重を 2 点集中荷重として、壁荷重を直接柱に集中荷重として作用させる。試験体は 2 層であるため、R 階梁および 4 階梁が負担する荷重は 2 階柱に直接作用させる。また設計例では 210 幅のラーメンフレームを@1820 で配置しているが、試験体は 105 幅とするため、@1820 で負担する荷重をさらに 1/2 する。以下荷重の設定方法を示す（図 4.1.2-1)。

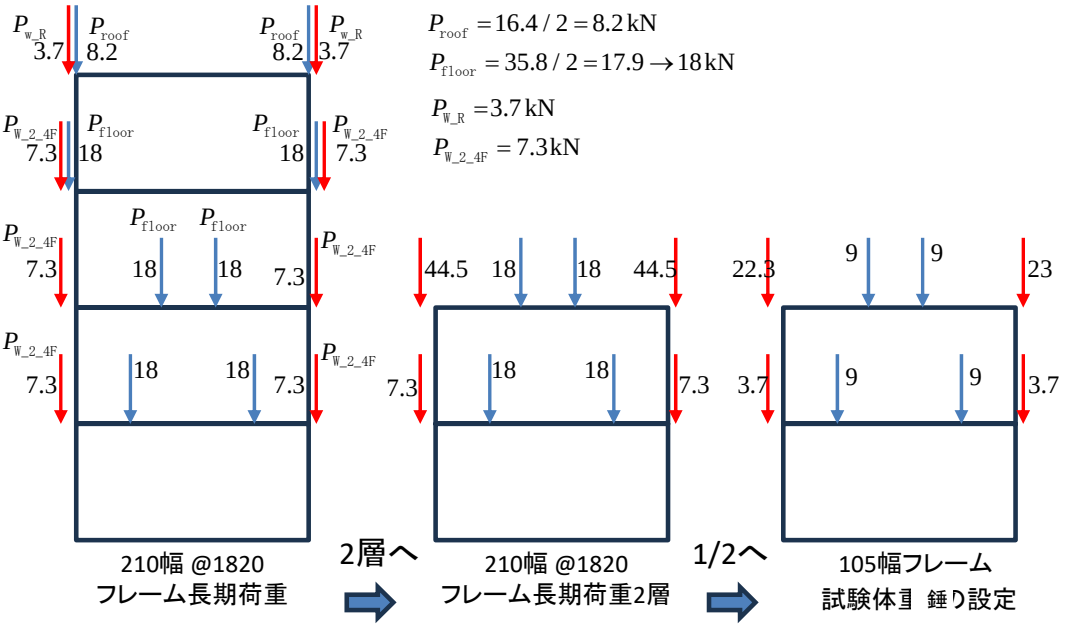


図 4.1.2-1　荷重の設定方法

（3）外力分布の設定

4 階建て設計例の地震層せん断力を 2020 年度公開資料（令和 2 年度報告書別冊講習会資料　講義 3-26､引きボルトによる構造計算例の解説講義にて使用｡E-learning にて配布｡）より抜粋する（表 4.1.2-4）。

表 4.1.2-4　4 階建て設計例の地震層せん断力

4. 9. 2. 地震力

用途係数･地域係数･振動特性係数

用途係数	U		1
地盤種別			第2種
地域係数	Z		1
標準層せん断力係数	C0	X方向	0. 2
		Y方向	0. 2
建築物高さと軒高さの平均	H		13. 35　m
設計用一次固有周期	T		0. 4005　sec
振動特性係数	Rt		1

層せん断力

Wi　：i階の重量
ΣWi　：i階より上部の重量
αi　：i階より上部の重量を地上部分の重量で除した値
Ai　：層せん断力の高さ方向の分布を表す係数
K　：水平震度
Ci　：層せん断力係数
Qi　：層せん断力

階	方向	Wi (kN)	ΣWi (kN)	αi	Ai･K	Ci	Qi (kN)
M3F	X	373. 475	373. 475	0. 19828	1. 74496	0. 348991	130. 339
	Y	373. 475	373. 475	0. 19828	1. 74496	0. 348991	130. 339
3F	X	497. 963	871. 438	0. 462651	1. 36659	0. 273317	238. 179
	Y	497. 963	871. 438	0. 462651	1. 36659	0. 273317	238. 179
2F	X	502. 343	1373. 78	0. 729348	1. 16067	0. 232134	318. 901
	Y	502. 343	1373. 78	0. 729348	1. 16067	0. 232134	318. 901
1F	X	509. 793	1883. 57	1	1	0. 2	376. 715
	Y	509. 793	1883. 57	1	1	0. 2	376. 715
基礎	X	1248. 98	3132. 55	—	K = 0. 1	—	501. 613
	Y	1248. 98	3132. 55	—	K = 0. 1	—	501. 613

設計例では建物全体で、柱断面 210×600 の門型ラーメンフレームを合計 13 配置していたため、参考に 1 フレーム当たりの 1 次設計時水平力 P_i を示す（表 4.1.2-5）。試験は 2 層で実施するため、外力分布は 3 階床レベル：2 階床レベル = 5.52：1.00 となる。

表 4.1.2-5　1 フレーム当たりの 1 次設計時水平力 P_i

階	Qi	Pi	Pi/13
4	130.3	130.3	10.0
3	238.1	107.8	8.29
2	318.9	80.80	6.22
1	376.7	57.80	4.45
			28.98

24.5
4.45

外力分布
5.52
1

（4）崩壊荷重の推定

＜試験体寸法＞

増分解析を行って試験体の崩壊荷重を推定する。試験体寸法および想定する外力分布を図 4.1.2-2 に示す。

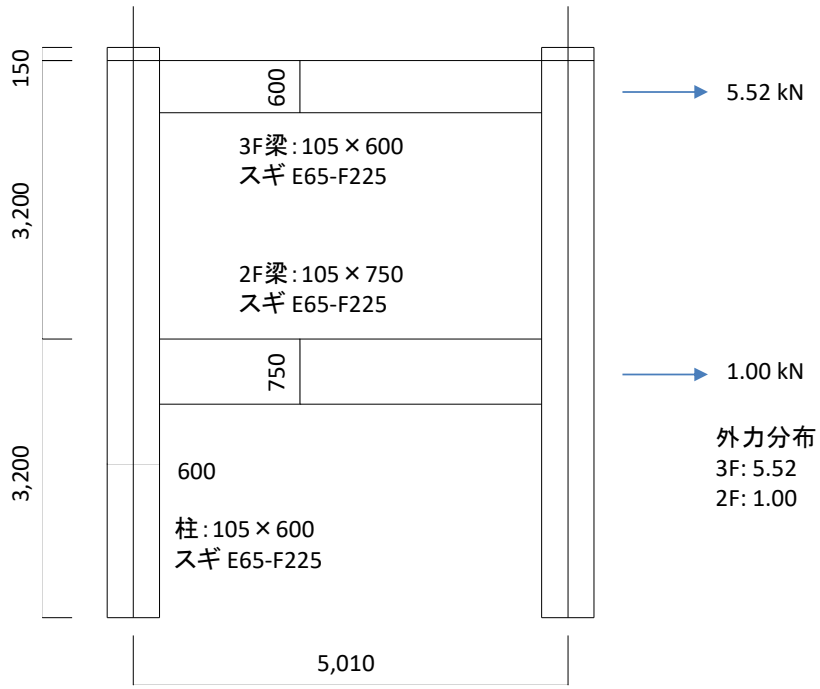


図 4.1.2-2　試験体寸法と想定する外力分布

＜フレームのモデル化＞

柱および梁を部材芯で線材置換してモデル化する。接合部の変形を考慮するために梁端と柱脚に回転ばねを配置し、柱梁接合部には剛域を設定する（図 4.1.2-3）。

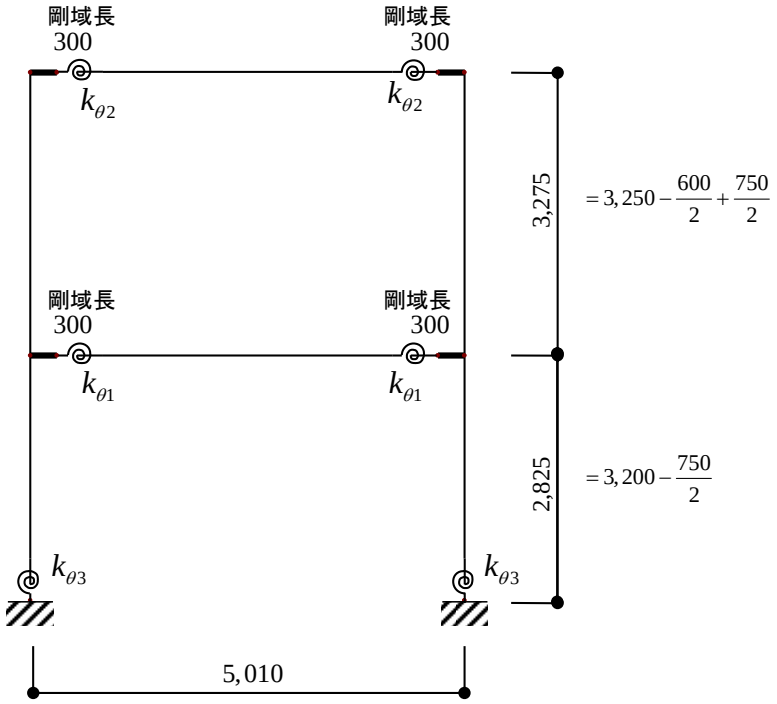


図 4.1.2-3　フレームのモデル化

＜GIR 接合部のモデル化＞

試験体毎に各特性値を求め（図 4.1.2-4）、つぎに各特性値の平均値を用いてスケルトンカーブを設定する（図 4.1.2-5）。この解析の目的は崩壊荷重を推定することであるため、耐力の平均値を用いている。

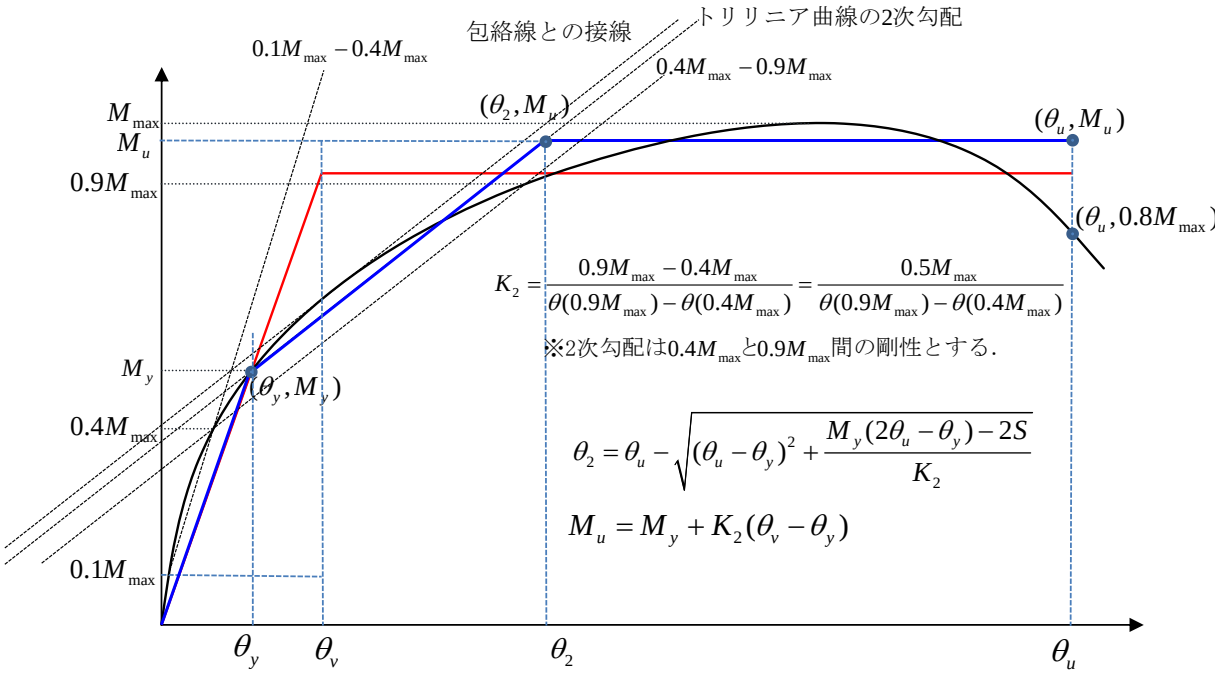


図 4.1.2-4　GIR 接合部のモデル化

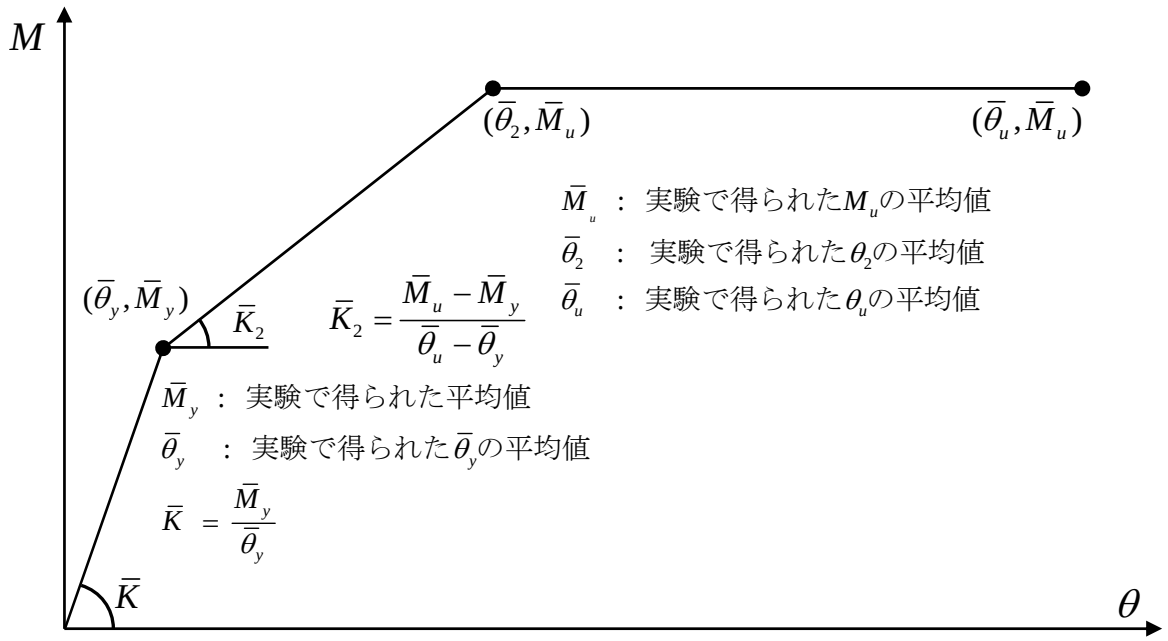


図 4.1.2-5　スケルトンカーブの設定

＜GIR 柱梁接合部　関係のモデル化手順＞

それぞれの試験体毎に特性値を求める。

① 完全弾塑性モデル化の手順に従って，θ_y，M_y を求める.

② 二次勾配 K_2 を求める.

$$K_2 = \frac{0.9M_{\max} - 0.4M_{\max}}{\theta(0.9M_{\max}) - \theta(0.4M_{\max})} = \frac{0.5M_{\max}}{\theta(0.9M_{\max}) - \theta(0.4M_{\max})}$$

③ θ_y，M_y，θ_u，S，K_2 より θ_2 を求める． $\theta_2 = \theta_u - \sqrt{(\theta_u - \theta_y)^2 + \frac{M_y(2\theta_u - \theta_y) - 2S}{K_2}}$

④ M_u を求める.

$$M_u = M_y + K_2(\theta_2 - \theta_y)$$

つぎに各試験体特性値の平均値を用いてスケルトンカーブを設定する.

⑤ M_y，M_u，θ_y，θ_2，θ_u の平均値 $\bar{M}_y$，$\bar{M}_u$，$\bar{\theta}_y$，$\bar{\theta}_2$，$\bar{\theta}_u$ を求める.

⑥ $\bar{K}$，$\bar{K}_2$ を求める． $\bar{K} = \frac{\bar{M}_y}{\bar{\theta}_y}$，$\bar{K}_2 = \frac{\bar{M}_u - \bar{M}_y}{\bar{\theta}_2 - \bar{\theta}_y}$

⑦ $(0,0) - (\bar{\theta}_y, \bar{M}_y) - (\bar{\theta}_v, \bar{M}_u) - (\bar{\theta}_u, \bar{M}_u)$ を結ぶ.

＜LSB 柱梁接合部　　関係のモデル化手順＞

ハイテンションボルト（以下、HTB）が破断して荷重低下する破壊性状が確認されているため、HTB M12（F10T）の耐力から計算した終局モーメントの値（令和 3 年度報告書第 5 章-46）を採用する。剛性および終局変形角は実験で得られた平均値を採用する（KiHP（https://www.ki-ki.info/cont8/24.html#link05）「梁成 750」2022.6 J-78、「梁成 600」2023.8 J-91）。

梁せい 600　　$M_u = 83.5\,\mathrm{kN \cdot m}$　$K = 9.67\times10^3\,\mathrm{kN/rad}$　$\theta_u = 19.5\times10^{-3}$ rad

梁せい 750　　$M_u = 94.8\,\mathrm{kN \cdot m}$　$K = 17.4\times10^3\,\mathrm{kN/rad}$　$\theta_u = 13.5\times10^{-3}\,\mathrm{rad}$

スケルトンカーブは $(0,0) - (M_u / K, M_u) - (\theta_u, M_u)$ の各点で定義する。

＜柱脚接合部　関係のモデル化手順＞

GIR 接合および LSB 接合のそれぞれの計算値から以下の値を設定する。

GIR 接合の終局耐力と回転剛性

$M_u = 82.3\mathrm{kN \cdot m}$　K=42.3×10^{3}kN/rad

LSB 接合の終局耐力と回転剛性

$M_u = 83.5\ \mathrm{kN \cdot m}$　K=40.2×10^{3}kN/rad

鉄骨柱脚の降伏耐力と回転剛性は、アンカーボルト 1-M24（SNR490B）の材料強度と断面積を用いて計算した値を設定する。

$$M_{bu} = 0.9 a_b \left(1.1F\right) d = 0.9 \times 375 \times 1.1 \times 325 \times 520 \times 10^{-3} = 62.7\mathrm{kN \cdot m}$$

$$K_{BS} = \frac{E \cdot n_t \cdot a_b \cdot \left(d_t + d_c\right)^2}{2 l_b} = \frac{2.05 \times 10^5 \times 375 \times 520^2}{2 \times 480} \times 10^{-9} = 21.7 \times 10^3 \mathrm{kN \cdot m/rad}$$

回転剛性は直列ばねでモデル化する。

GIR 接合

$$K_{柱脚} = \frac{K \cdot K_{BS}}{K + K_{BS}} = \frac{42.3 \times 10^3 \times 21.7 \times 10^3}{\left(42.3 + 21.7\right) \times 10^3} = 14.3 \times 10^3 \mathrm{kN \cdot m/rad}$$

LSB 接合

$$K_{柱脚} = \frac{K \cdot K_{BS}}{K + K_{BS}} = \frac{40.2 \times 10^3 \times 21.7 \times 10^3}{\left(40.2 + 21.7\right) \times 10^3} = 14.1 \times 10^3 \mathrm{kN \cdot m/rad}$$

終局変形角はアンカーボルトの伸びが 10%に達した時点の以下を設定する。

$$\theta_{u柱脚} = 480 \times 0.1 / 520 = 0.0923 = 92.3 \times 10^{-3} \mathrm{rad}$$

スケルトンカーブは $(0,0) - (M_{bu} / K_{柱脚}, M_{bu}) - (\theta_{u柱脚}, M_{bu})$ の各点で定義する。

＜接合部のスケルトンカーブ一覧＞

表 4.1.2-6　特性値の平均

	G-TMT-m(スギ) h=600	G-TMT-m(スギ) h=750	GIR 柱脚	LSB(スギ) h=600	LSB(スギ) h=750	LSB 柱脚
$\bar{M}_y$ $(\mathrm{kN\cdot m})$	62.8	80.3	41.8	55.7	63.2	41.8
$\bar{M}_u$ $(\mathrm{kN\cdot m})$	82.1	105	62.7	83.5	94.8	62.7
$\bar{\theta}_y$ $(\times 10^{-3}\mathrm{rad})$	3.53	2.38	2.92	5.76	3.63	2.96
$\bar{\theta}_2$ $(\times 10^{-3}\mathrm{rad})$	14.4	8.84	4.38	8.63	5.45	4.45
$\bar{\theta}_u$ $(\times 10^{-3}\mathrm{rad})$	41.7	25.8	92.3	19.5	13.5	92.3
$\bar{K}$ $(\mathrm{kN\cdot m\cdot 10^3/rad})$	17.8	33.7	14.3	9.67	17.4	14.1
$\bar{K}_2$ $(\mathrm{kN\cdot m\cdot 10^3/rad})$	1.77	3.74	14.3	9.67	17.4	14.1

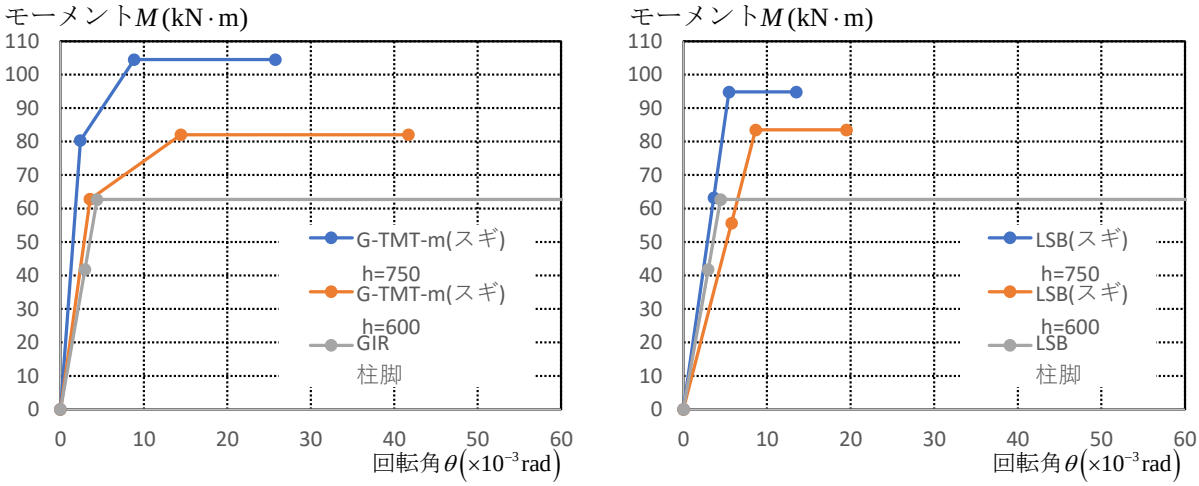


図 4.1.2-6　スケルトンカーブ

＜増分解析結果＞

増分解析の結果、GIR 接合ラーメン、LSB 接合ラーメンどちらも 2 階梁端接合部が終局変形角に達して荷重低下した。GIR 接合ラーメンの終局時の応力図および層せん断力 - 層間変形角、接合部モーメント - 回転角のグラフを図 4.2.2-7、図 4.2.2-8 に示す。

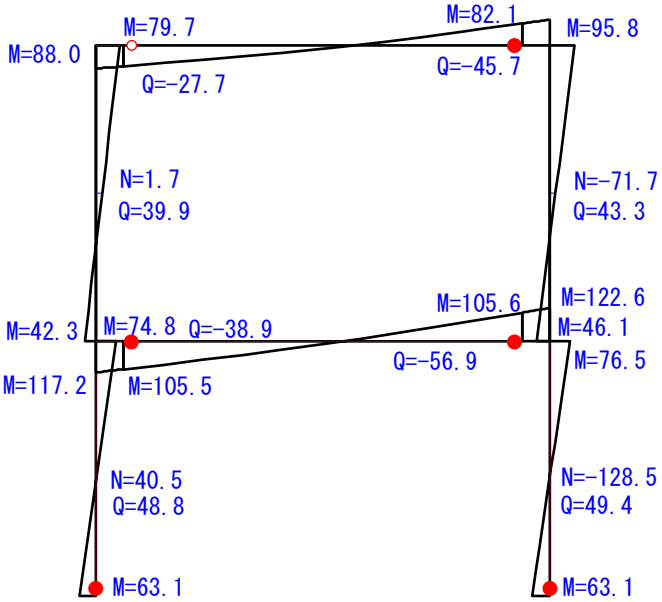


図 4.1.2-7　GIR 接合ラーメン　終局時応力図

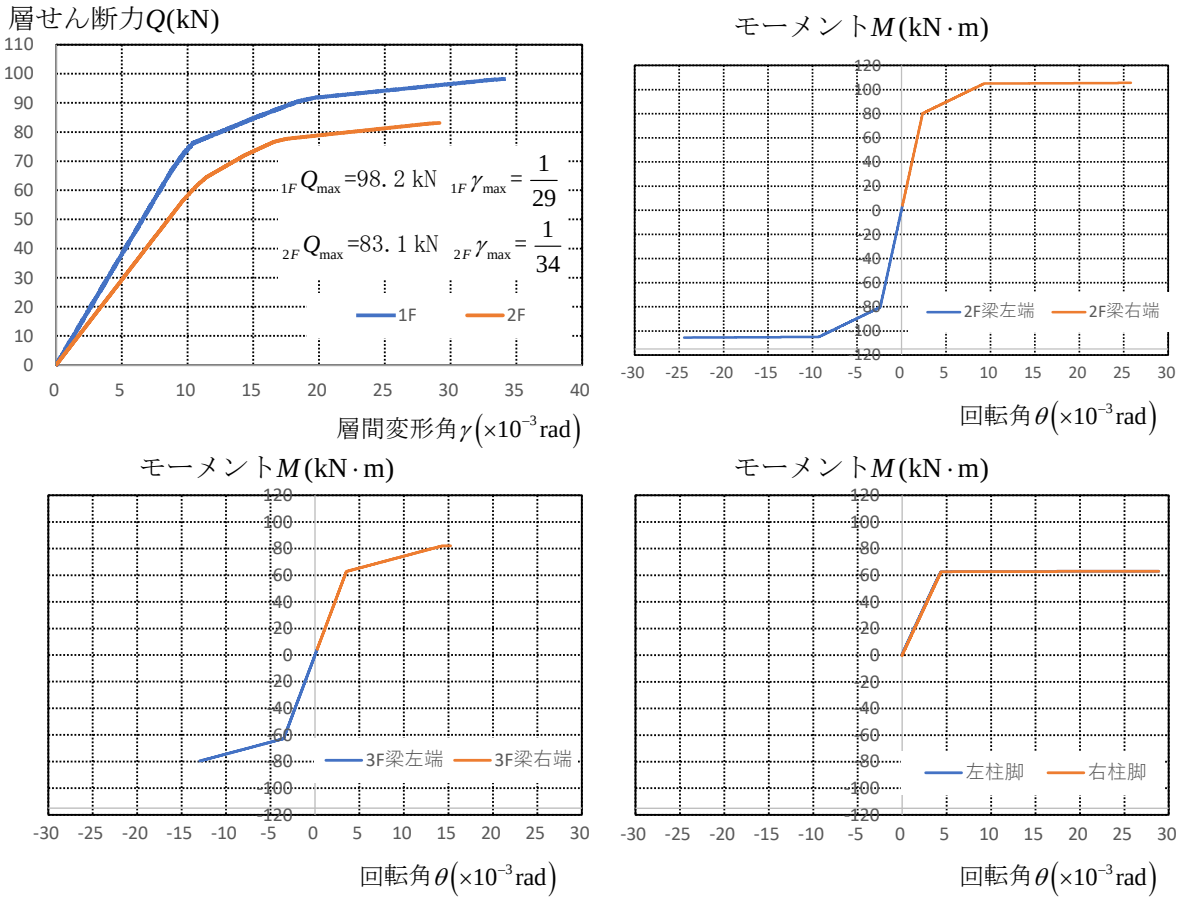


図 4.1.2-8　GIR 接合ラーメン　増分解析結果

LSB 接合ラーメンの終局時の応力図および層せん断力 - 層間変形角、接合部モーメント - 回転角のグラフを図 4.2.2-9、図 4.2.2-10 に示す。

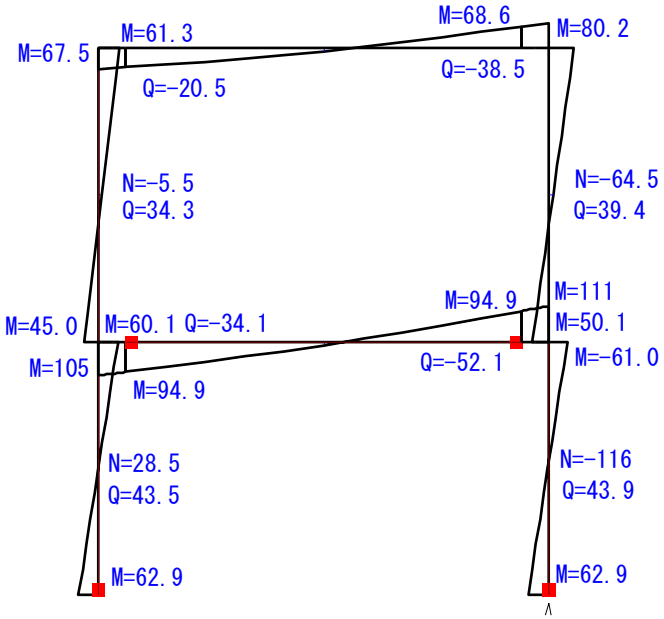


図 4.1.2-9　LSB 接合ラーメン　終局時応力図

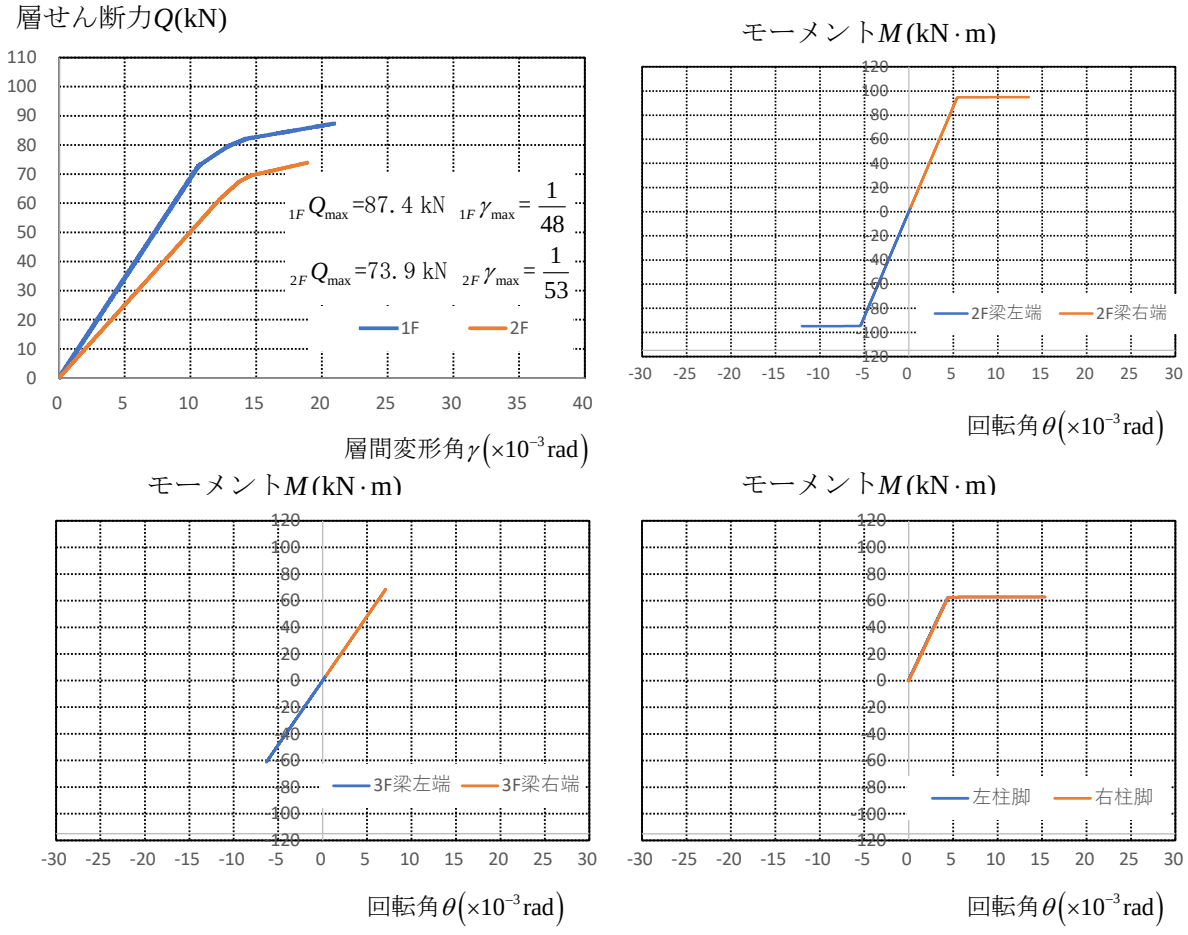


図 4.1.2-10　LSB 接合ラーメン　増分解析結果

4.1.3　試験体と実験条件

（1）母材概要

表 4.1.3-1 に試験体の母材概要を示す。柱及び梁材には、強度等級 E65-F225 の対称異等級スギ集成材を用いる。柱と 3 階梁の断面は、105×600mm とし、2 階梁の断面は、105×750mm とする。柱の全長は 6366mm、梁の全長は 4410mm である。図 4.1.3-1 に母材のラミナ構成を示す。

表 4.1.3-1　試験体母材概要

柱	断面(mm)	105×600
	樹種	スギ
	構成	対称異等級
	強度等級	E65-F225
	全長(mm)	6366
2階梁	断面(mm)	105×750
	樹種	スギ
	構成	対称異等級
	強度等級	E65-F225
	全長(mm)	4410
3階梁	断面(mm)	105×600
	樹種	スギ
	構成	対称異等級
	強度等級	E65-F225
	全長(mm)	4410

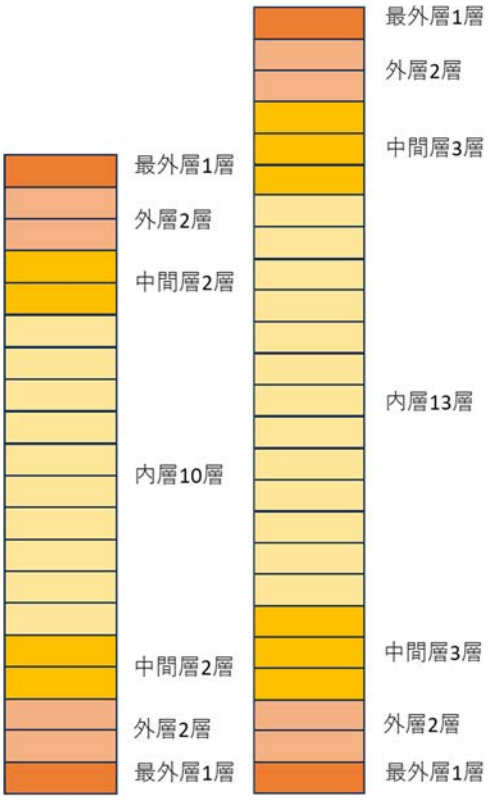


図 4.1.3-1　母材のラミナ構成（左：105×600 材、右：105×750 材）

（2）母材の材料特性・機械的特性

集成材の材料特性を明らかにすることを目的として圧縮試験及びめり込み試験、曲げ試験を行った。試験体のうち LSB の柱材から切り出して JIS Z2101 に従って試験体の加工を行った。圧縮試験については、約 20mm×20mm×40mm のサイズの試験体を各ラミナ 3 体（計 12 体)、めり込み試験については、約 20mm×20mm×180mm のサイズの試験体を最外層の 3 体、曲げ試験については約 20mm×20mm×400mm のサイズの試験体を各ラミナ 3 体（計 12 体）作製した。加力方法及び実験結果の抽出方法は、JIS Z2101 及び文献 1 を参考にした。それぞれの試験結果について、表 4.1.3-2～4.1.3.4 に示す。

材料試験から得たラミナごとのヤング係数から算出した等価曲げヤング係数と等価縦圧縮ヤング係数を表 4.1.3-5 に示す。文献 2 を参考に式（4.1.3-1)、式（4.1.3-2）から算出した。ラミナは 1 層あたり 30mm 厚とし、中立軸は断面の中心を通るとした。添え字は最外層、外層、中間層、内層の順に 1～4 とする。

$$E_{\mathrm{M}} = \frac{b}{I} \cdot 2\left\{\sum_{i=1}^{3} E_{\mathrm{M}i} \int_{h_{i+1}}^{h_i} x^2 dx + E_{\mathrm{M}4} \cdot \int_{0}^{h_4} x^2 dx\right\} \tag{4.1.3- 1}$$

$$E_{\mathrm{N}} = \sum_{i=1}^{4} \left(\frac{A_i}{\sum_{j=1}^{4} A_j} \cdot E_{\mathrm{N}i}\right) \tag{4.1.3- 2}$$

E_{M}：等価曲げヤング係数[N/mm^2]
b：断面幅[mm]、I：断面二次モーメント[mm^4]
$E_{\mathrm{M}i}$：ラミナごとの曲げヤング係数[N/mm^2]
h_i：中立軸位置から各ラミナ外縁までの距離[mm]
E_{N}：等価縦圧縮ヤング係数[N/mm^2]
$E_{\mathrm{N}i}$：ラミナごとの縦圧縮ヤング係数[N/mm^2]
A_i：ラミナごとの断面積[mm^2]

表 4.1.3-2　ラミナごとの特性値（圧縮）

	最外層	外層	中間層	内層
縦圧縮ヤング係数 E_{Ni}（N/mm^2）	11170.06	7691.33	9115.94	8930.48
圧縮強度（N/mm^2）	48.97	40.46	42.03	47.45

表 4.1.3-3　ラミナごとの特性値（めり込み）

	最外層
縮 5%時応力度（N/mm^2）	2.22
比例限度応力度（N/mm^2）	3.72

表 4.1.3-4　ラミナごとの特性値（曲げ）

	最外層	外層	中間層	内層
曲げヤング係数 E_{Mi}（N/mm^2）	9488.36	8330.40	9175.40	7428.78
曲げ強度（N/mm^2）	65.68	74.59	63.32	60.59

表 4.1.3-5　算出した等価ヤング係数

断面形状（mm）	105×600	105×750
等価曲げヤング係数 E_M（N/mm^2）	8716	8712
等価縦圧縮ヤング係数 E_N（N/mm^2）	8944	8956

（3）GIR 接合の試験体概要

図 4.1.3-2 に試験体形状及び寸法、表 4.3.1-6 に接合部の詳細を示す。柱梁接合部及び柱脚接合部ともに、充填用接着剤はエポキシ樹脂接着剤（AHC-E：ホームコネクター製）を用い、接着剤の養生期間は 6 日間とした。繊維平行方向の部材（柱梁接合部の梁部材、柱脚接合部の柱部材）の木口面が接着しないように、接合面にシートを挟んだ。

柱梁接合部の詳細を図 4.1.3-3、4.1.3-4 に示す。STKM13A の靭性型コネクターとして非ネジ部を持った中空の M24 （ホームコネクター）を用いた。接合金物の埋め込み長さ 1195mm（柱側 570mm、梁側 625mm）とし、4 本 1 列に配置した。せん断力を負担する金物として、後施工金物 4（カネシン製）を用いた。ドリフトピン孔は 5 か所のルーズホールとし、柱材に埋め込むダボは 4 か所とした。

柱脚接合部の詳細を図 4.1.3-5 に示す。柱脚接合部の GIR 接合には、STKM13A の中空の全ねじボルト M24（ホームコネクター製）を用いた。接合金物の埋め込み長さ 200mm とし、4 本 1 列に配置した。柱脚金物（カネシン製）の詳細図を図 4.1.3-6 に示す。せん断力を負担する後施工金物 4 のプレートを溶接した形状となっている。金物上部には GIR 取り付け用の M24 のタップと、接着材養生のためのビス孔 6mm があり、金物下部にはアンカーボルト止付け用の孔 26mm がある。アンカーボルトは、ABR490 の M24（長さ 500mm）を用いた。

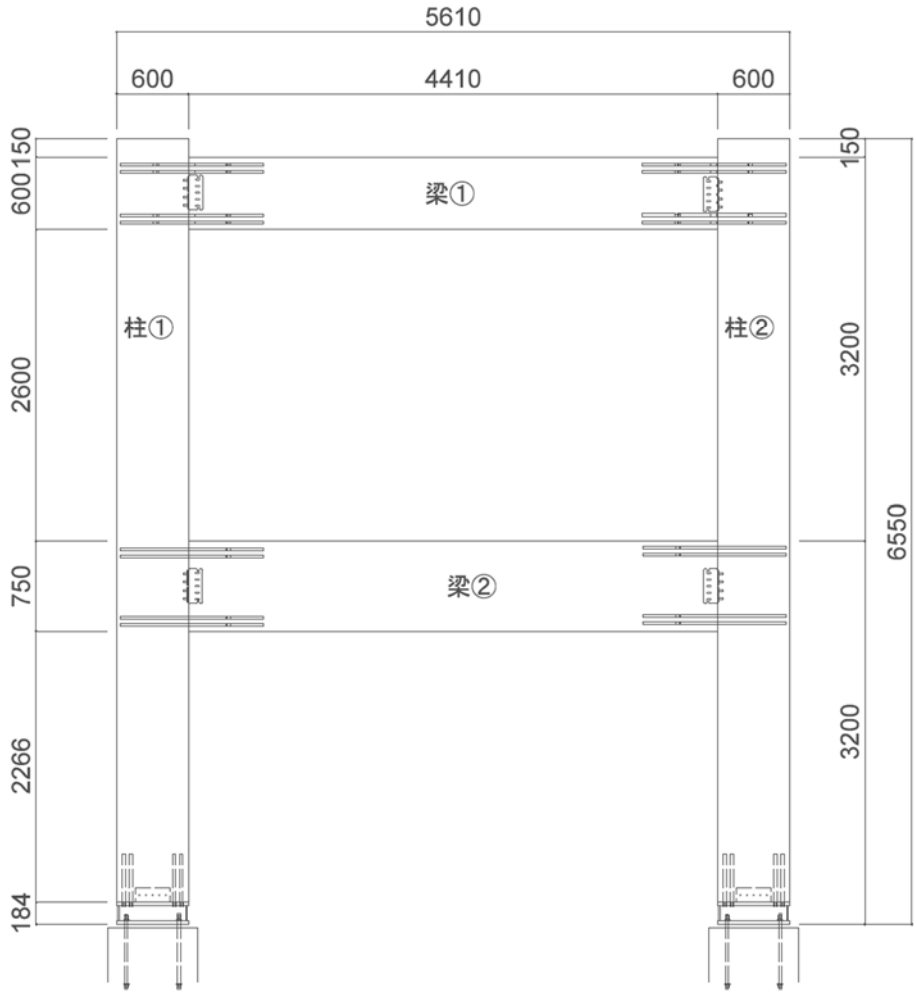
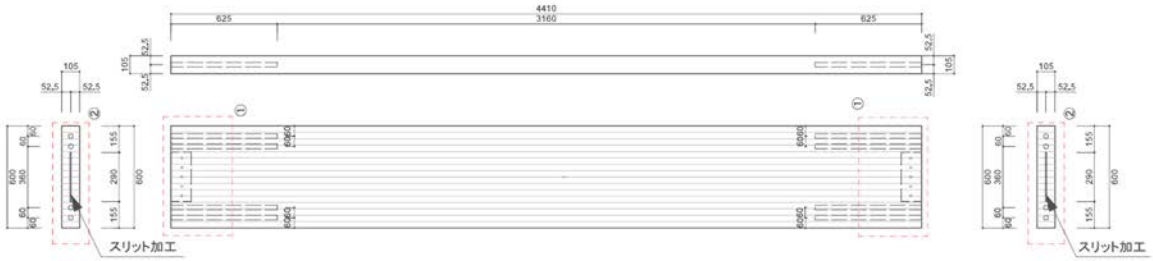


図 4.1.3-2　GIR 接合の試験体形状

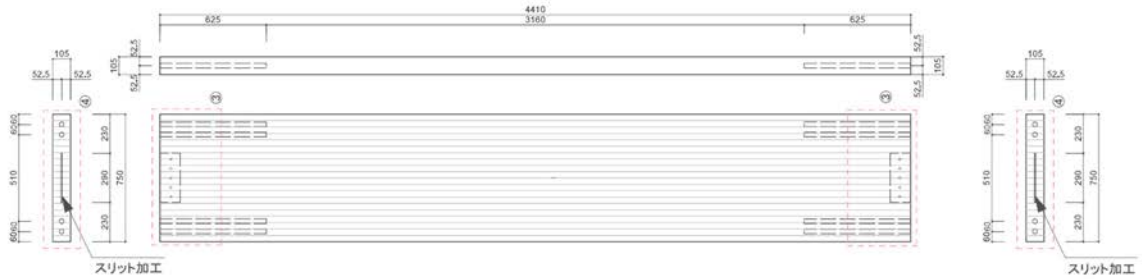
表 4.1.3-6　GIR 接合部詳細

柱梁接合部		埋め込み長さ（mm）	柱側：570 梁側：625
		接合金物長さ（mm）	1195
		接合金物本数	4
		接合金物種類	靭性型コネクターM24
		規格	STKM13A
柱脚接合部	GIR	埋め込み長さ（mm）	200
		接合金物長さ（mm）	200
		接合金物本数	4
		接合金物種類	中空全ねじボルトM24
		規格	STKM13A
	アンカーボルト	呼び名	M24
		長さ(mm)	500
		規格	ABR490

梁　105×600mm



梁　105×750mm



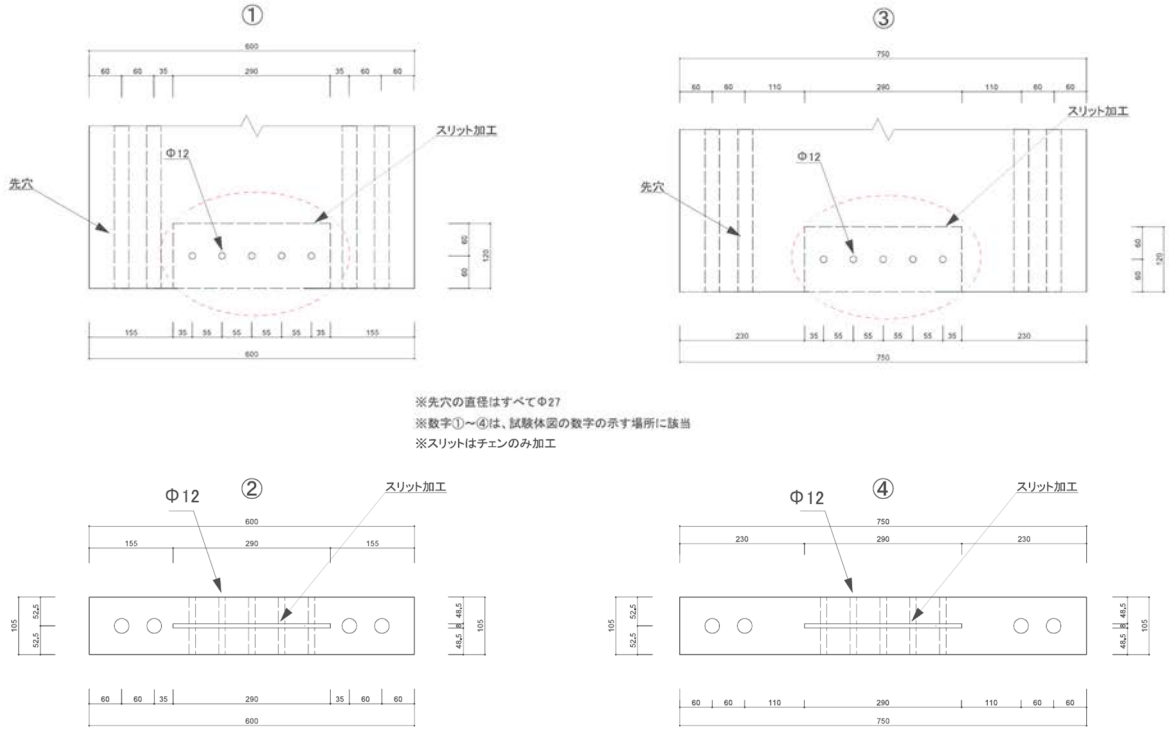


図 4.1.3-3　柱梁接合部詳細図（梁側）

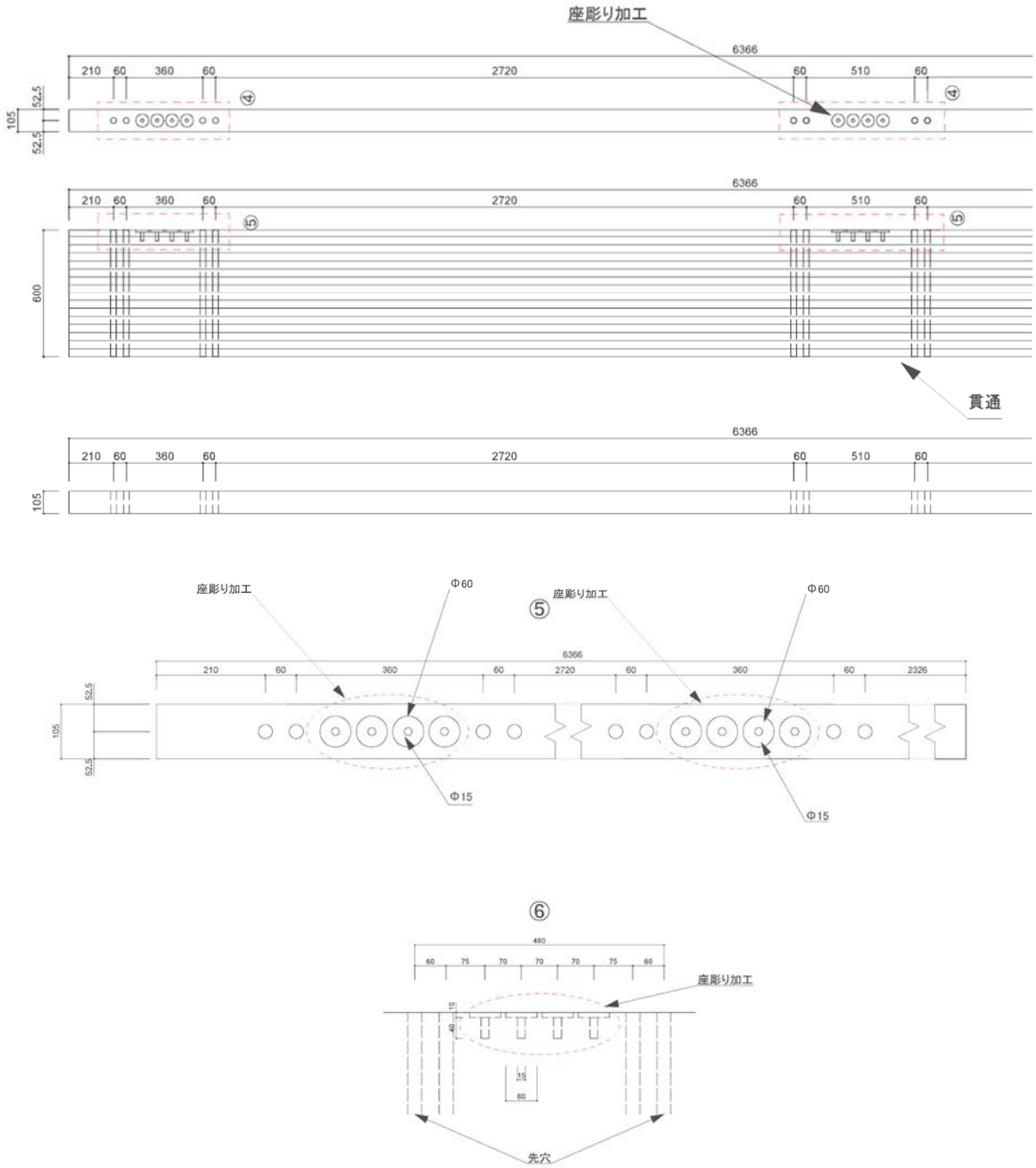


図 4.1.3-4　柱梁接合部詳細図（柱側）

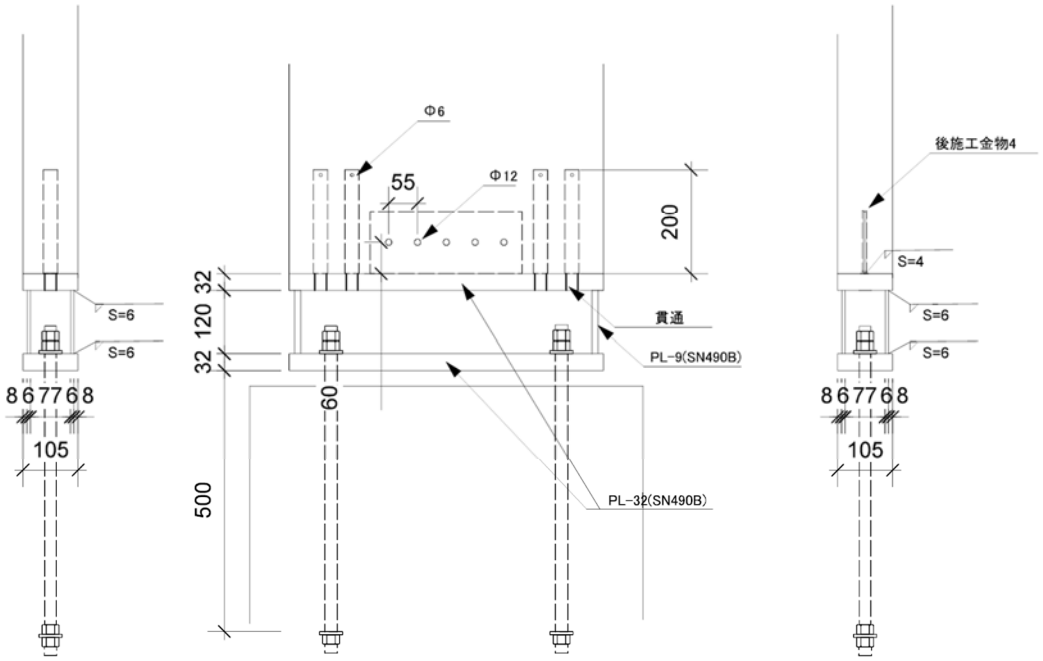


図 4.1.3-5　柱脚接合部詳細図

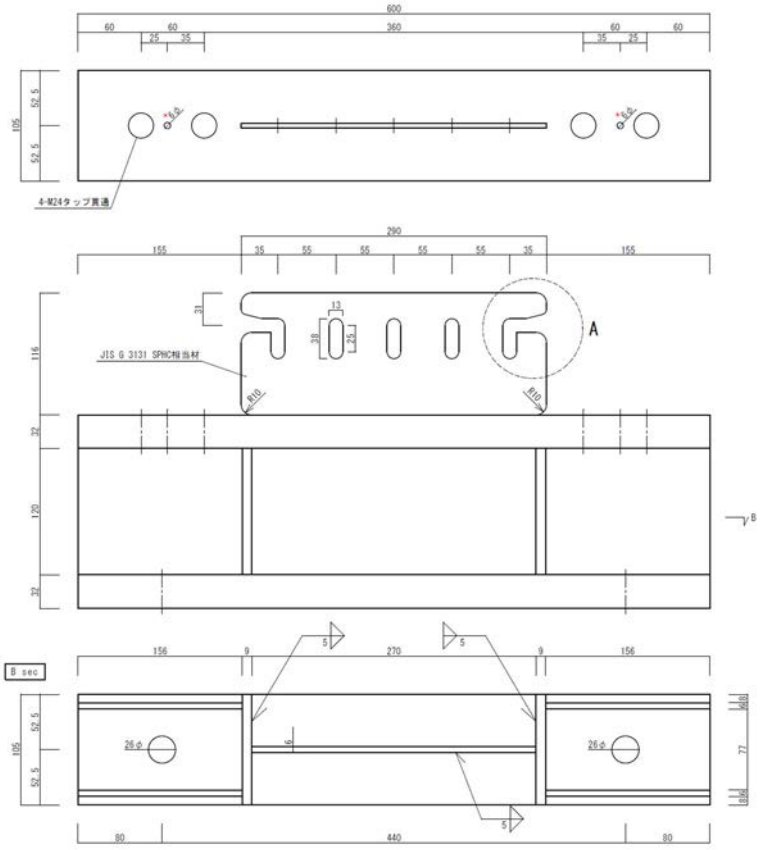


図 4.1.3-6　柱脚金物詳細図

（4）LSB 接合の試験体概要

図 4.1.3-7 に試験体形状及び寸法、表 4.3.1-7 に接合部の詳細を示す。試験体は、各部材に埋め込まれた LSB を、高力ボルト（強度区分 10.9、呼び名 M12：以下、HTB）と金物を用いて緊結することで構成した。HTB の締め付けは、スプリングワッシャーが食い込むまでのトルク値 50Nm をデジタルトルクレンチで測定しながら行った。

柱梁接合部の詳細を図 4.1.3-8、図 4.1.3-9 に示す。LSB はネジ山径 25mm、ネジ谷径 20mm、全長 475mm（埋め込み深さ 500mm、有効ネジ長さ 440mm）を用いて、4 本 1 列に配置した。せん断力を負担する金物として、後施工金物 4（カネシン製）を用いた。ドリフトピン孔は 5 か所のルーズホールとし、柱材に埋め込むダボは 4 か所とした。

柱脚接合部の詳細を図 4.1.3-10 に示す。LSB 接合には、柱梁接合部と同様に、ネジ山径 25mm、ネジ谷径 20mm、全長 475mm（埋め込み深さ 500mm、有効ネジ長さ 440mm）を用いて、4 本 1 列に配置した。柱脚金物とコンクリート部分の接合には、ABR490 の M24 のアンカーボルト（長さ 500mm）を用いた。図 4.1.3-11 に示す柱脚金物（カネシン製）は、せん断力を負担する後施工金物 4 のプレートを溶接した形状となっている。金物上部には LSB 取り付けのための孔 17mm、金物下部にはアンカーボルト止付け用の孔 26mm がある。

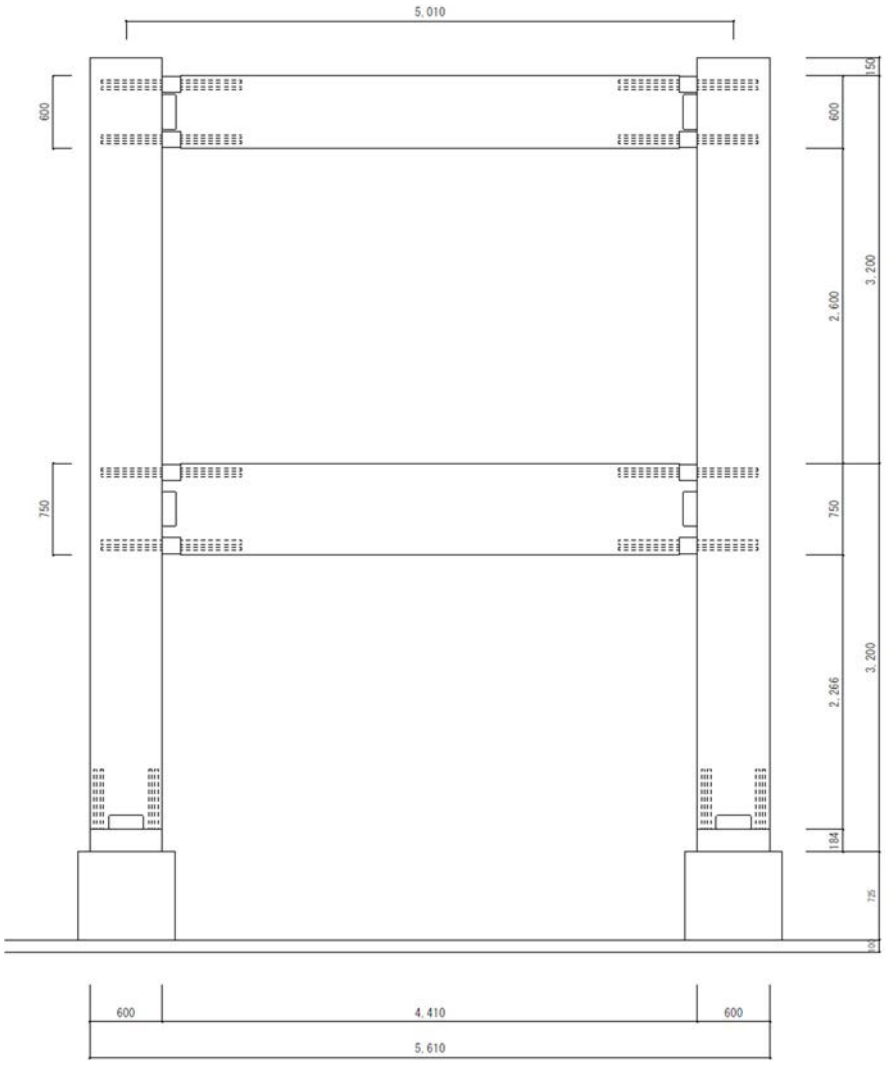


図 4.1.3-7　LSB 接合の試験体形状

表 4.1.3-7　LSB 接合部詳細

柱梁接合部	LSB	埋め込み長さ(mm)	500
		有効ネジ長さ(mm)	440
		接合金物本数	4
	高力ボルト	呼び名	M12
		強度区分	10.9
柱脚接合部	LSB	埋め込み長さ(mm)	500
		有効ネジ長さ(mm)	440
		接合金物本数	4
	高力ボルト	呼び名	M12
		強度区分	10.9
	アンカーボルト	呼び名	M24
		長さ(mm)	500
		規格	ABR490

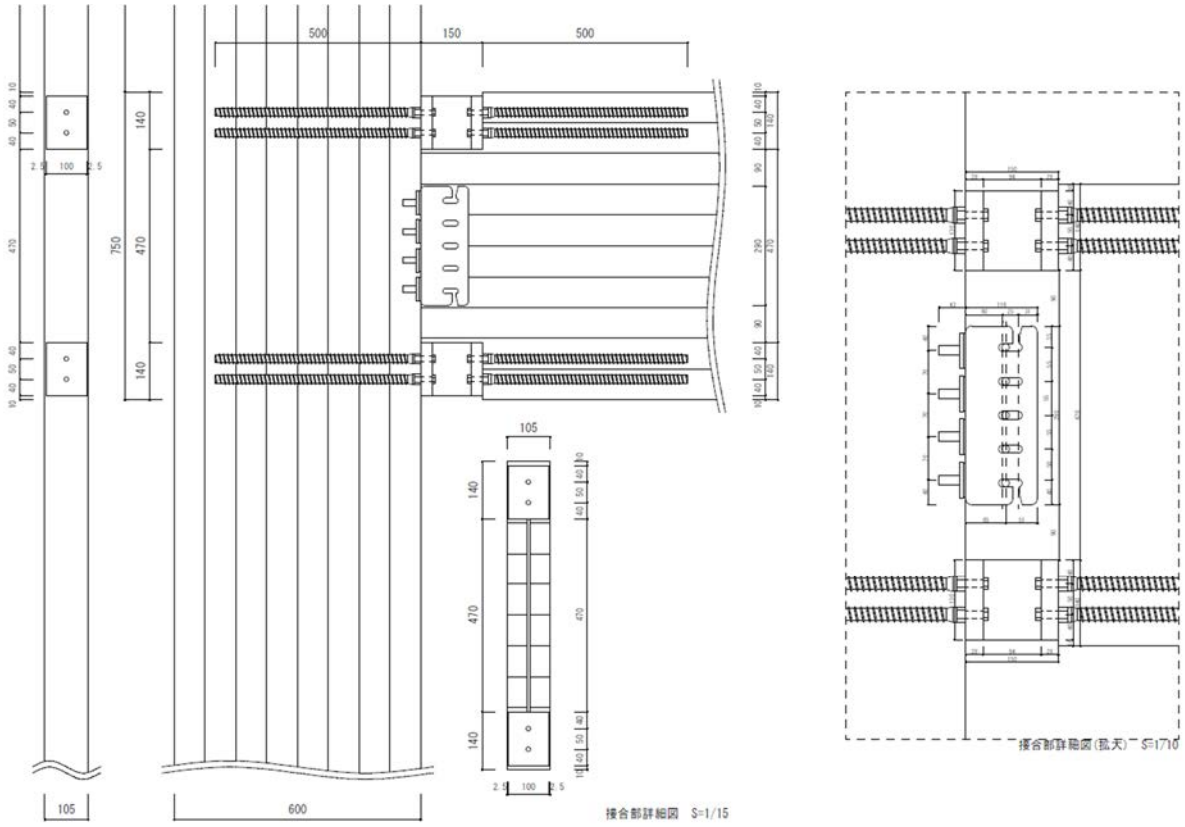


図 4.1.3-8　柱梁接合部詳細図（2 階梁）

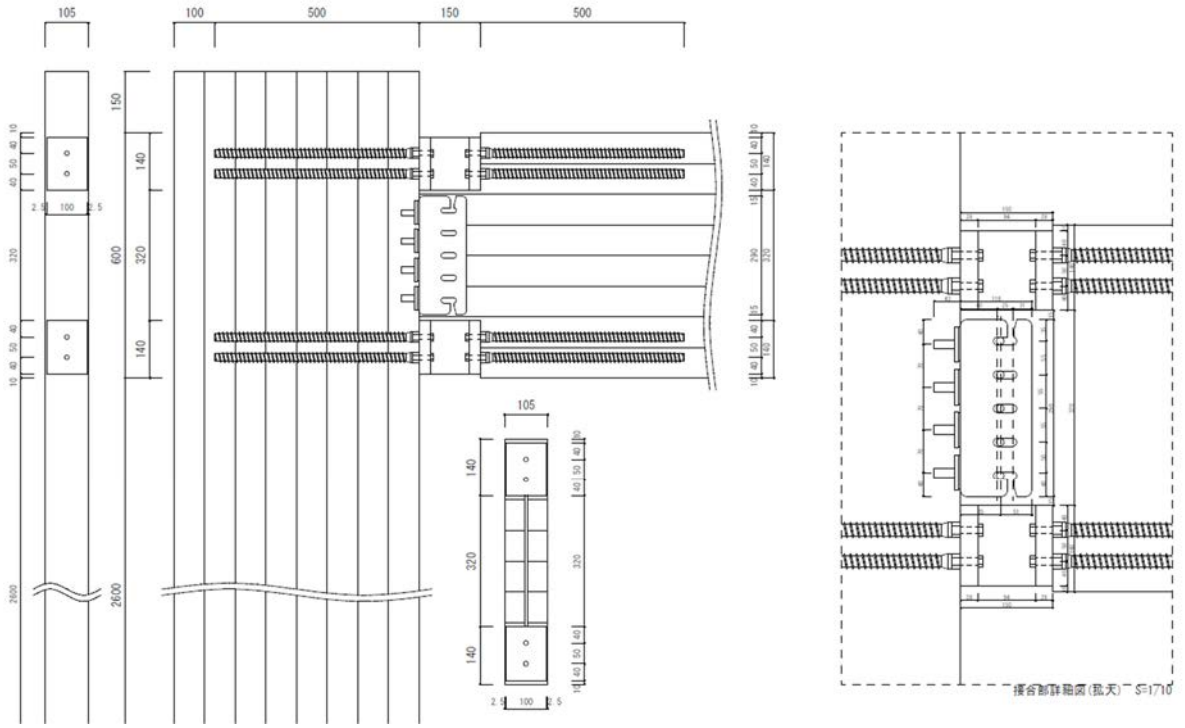


図 4.1.3-9　柱梁接合部詳細図（3 階梁）

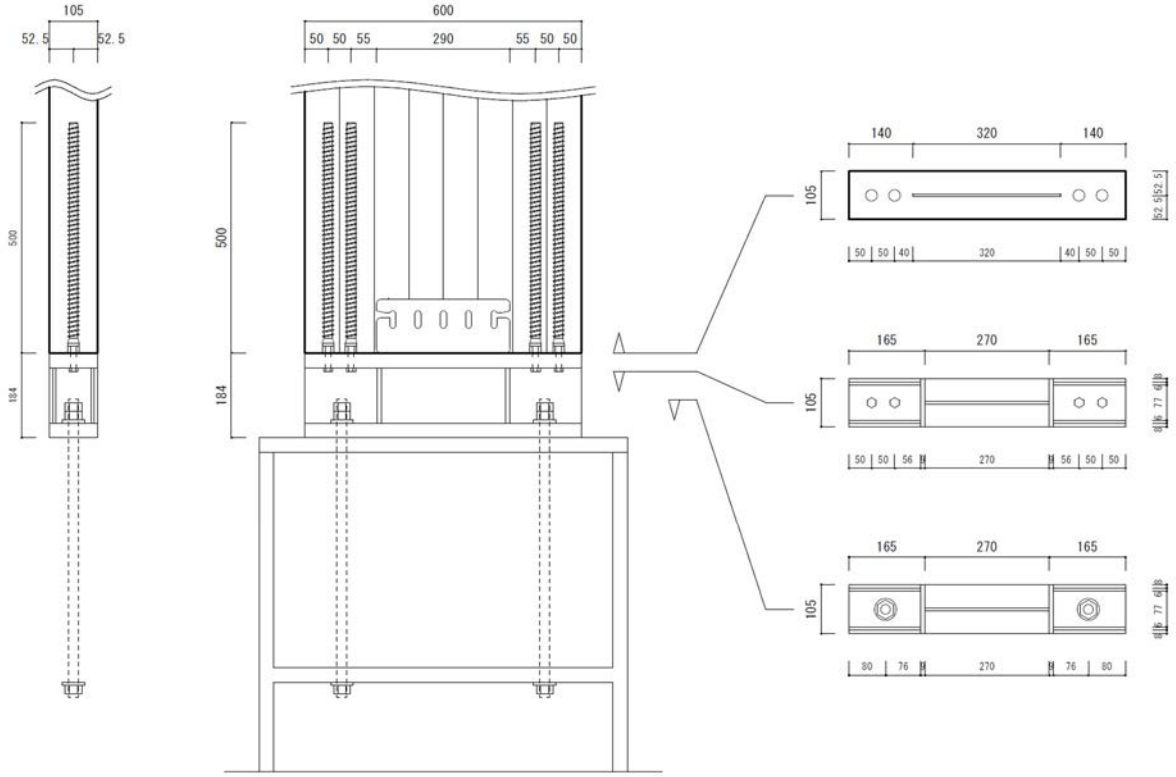


図 4.1.3-10　柱脚接合部詳細図

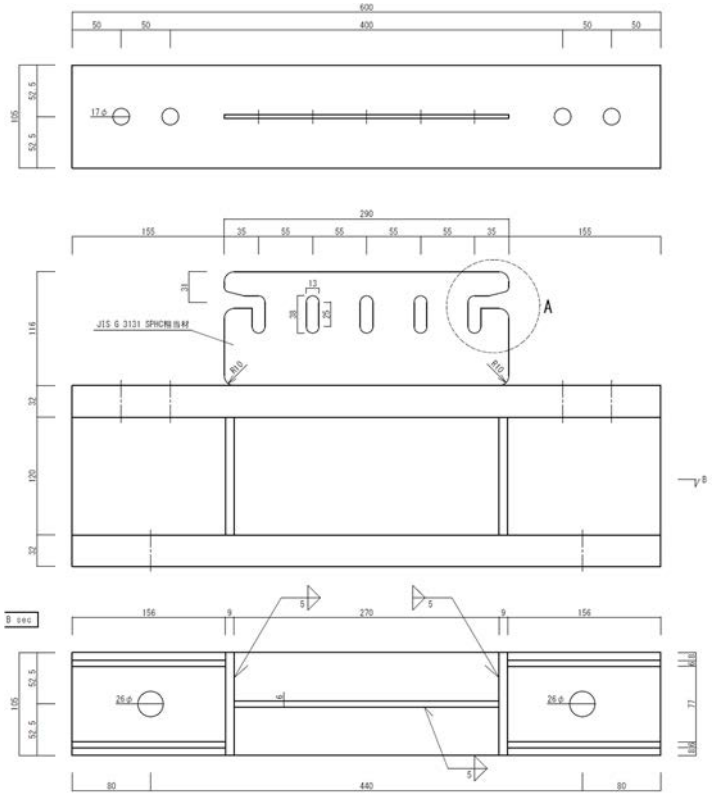


図 4.1.3-11　柱脚金物詳細図

4.1.4　実験方法

（1）セットアップ

図 4.1.4-1、写真 4.1.4-1 にセットアップ概要を示す。セットアップ図に定義した東西の向きを以降使用する。

コンクリート基礎を模した治具（コンクリート+鉄骨部材（反力側））に各柱脚金物をアンカーボルト 2 本ずつ接合し、試験体を設置した。レベル調整のため、コンクリートと試験体の柱脚の間に無収縮モルタル（デンカプレタスコン TYPE-1）を 15mm 厚で充填した。アンカーボルト計 4 本には初期導入張力として、19kN（ひずみ量 200×10^{-6} μ）程度を与えた。治具は浮き上がりや滑りが発生しないように、PC 鋼棒を用いて反力床に固定する。試験体が面外に倒れないように、アングル材を組み合わせてその先端に取り付けたタイヤで各梁 2 か所、振れ止めを行った（図 4.1.4-2）。

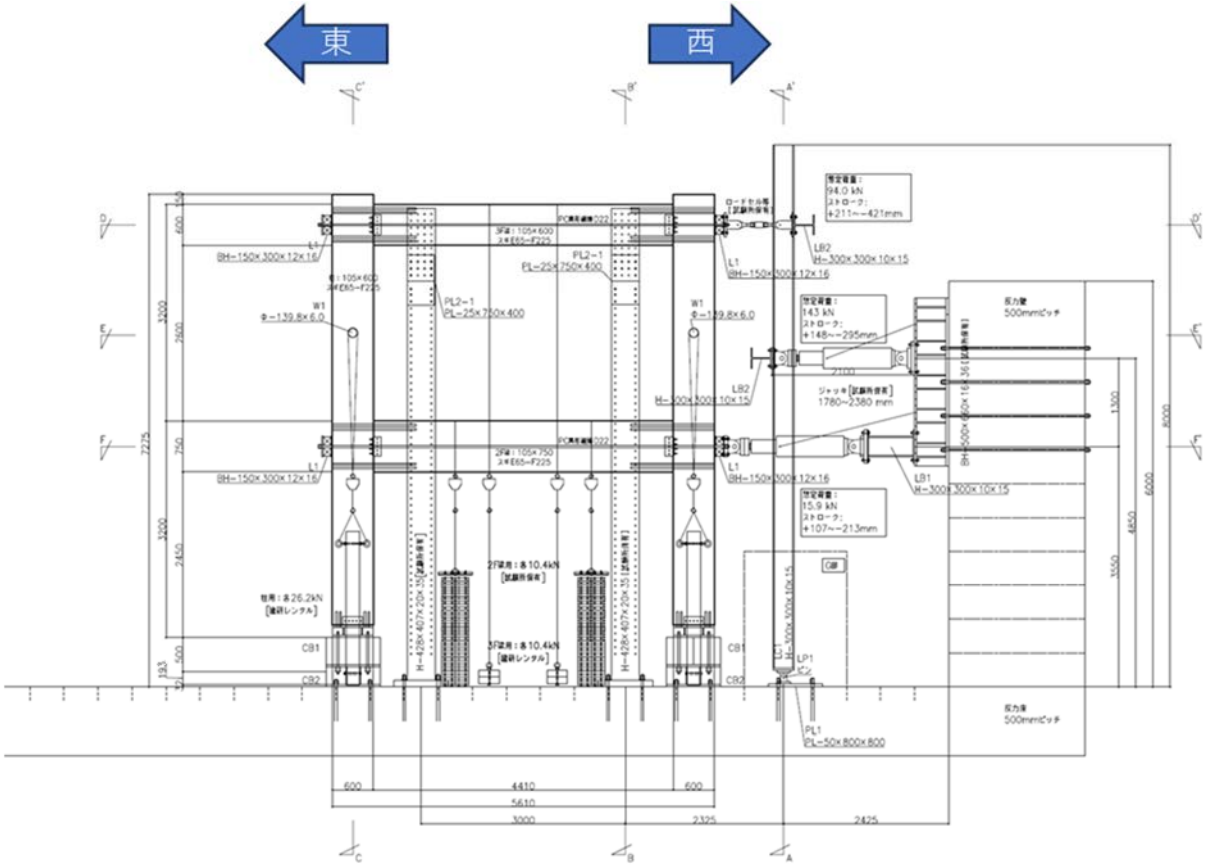


図 4.1.4-1　セットアップ概要

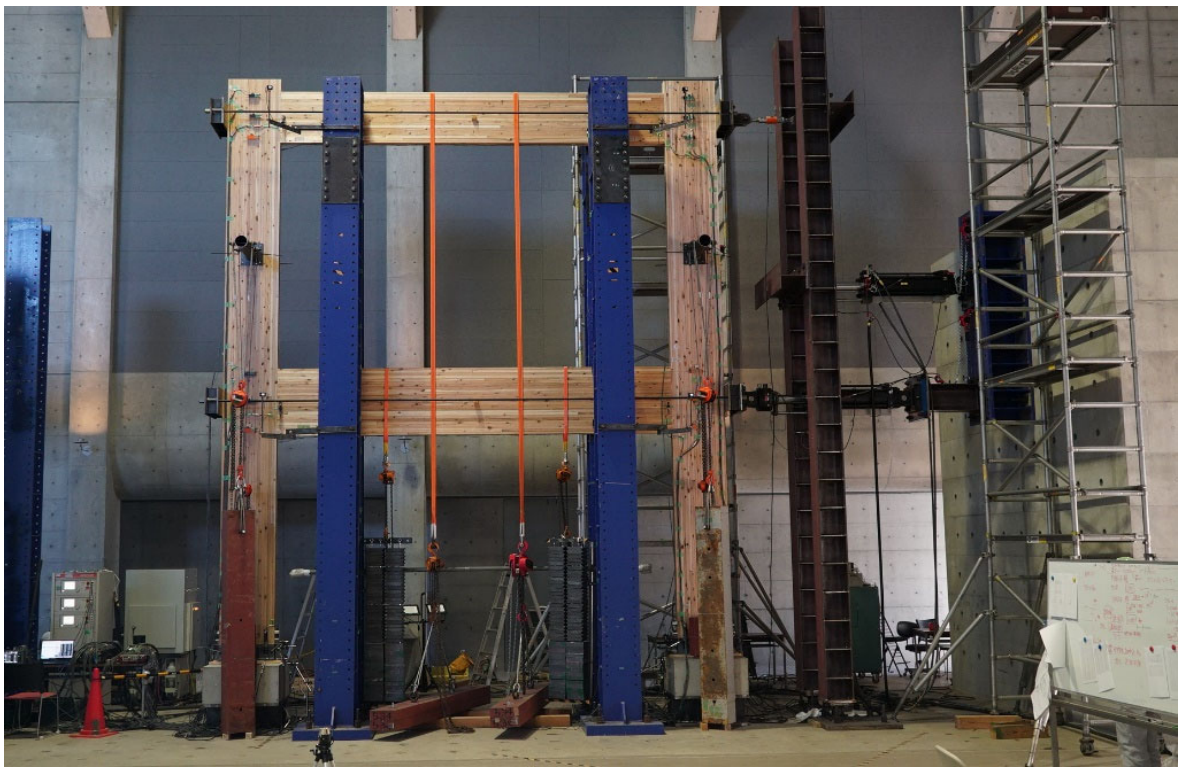


写真 4.1.4-1　セットアップ写真

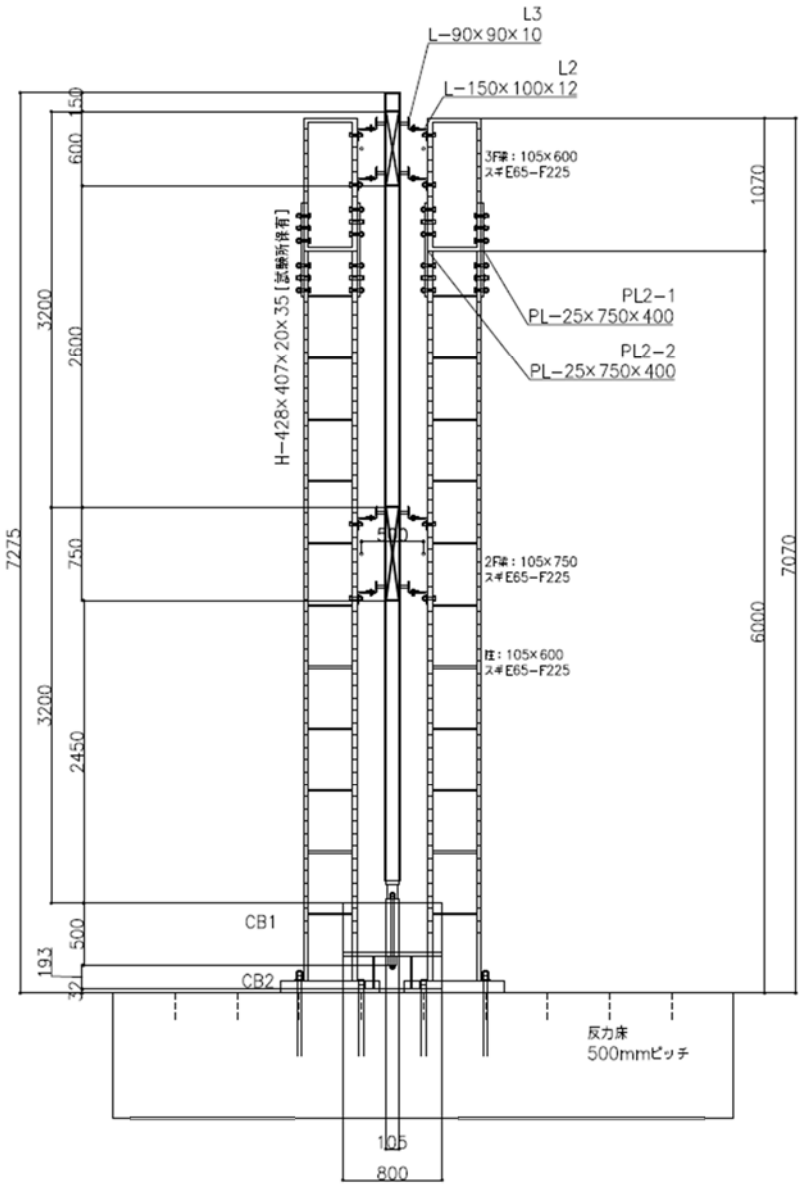


図 4.1.4-2　振れ止め方法（上：側面図、下：写真）

（2）水平荷重の加力方法

水平荷重加力方法を図 4.1.4-3 に示す。水平荷重は、試験体の上下梁を治具で挟んで PC 鋼棒で固定し、反力壁から油圧ジャッキで加力する。油圧ジャッキの性能を表 4.1.4-1 に示す。2 階梁は直接油圧ジャッキで加力するが、3 階梁は試験所の都合により、加力柱 2 本と加力梁を介して加力する。ジャッキはともに 2050mm の位置でセットした。また、載荷途中に加力柱のねじれにより試験体に水平加力できなくなったため、補強として、①PC 鋼棒治具と試験体をアングル材での止付け、②加力柱の頭つなぎとして梁の取り付けをおこなった（図 4.1.4-4）。

表 4.1.4-1　油圧ジャッキの性能

形式	定格圧力	容量		ストローク
		圧縮	引張	
500/300KN-600	21MPa	500kN	300kN	600mm （±300mm）

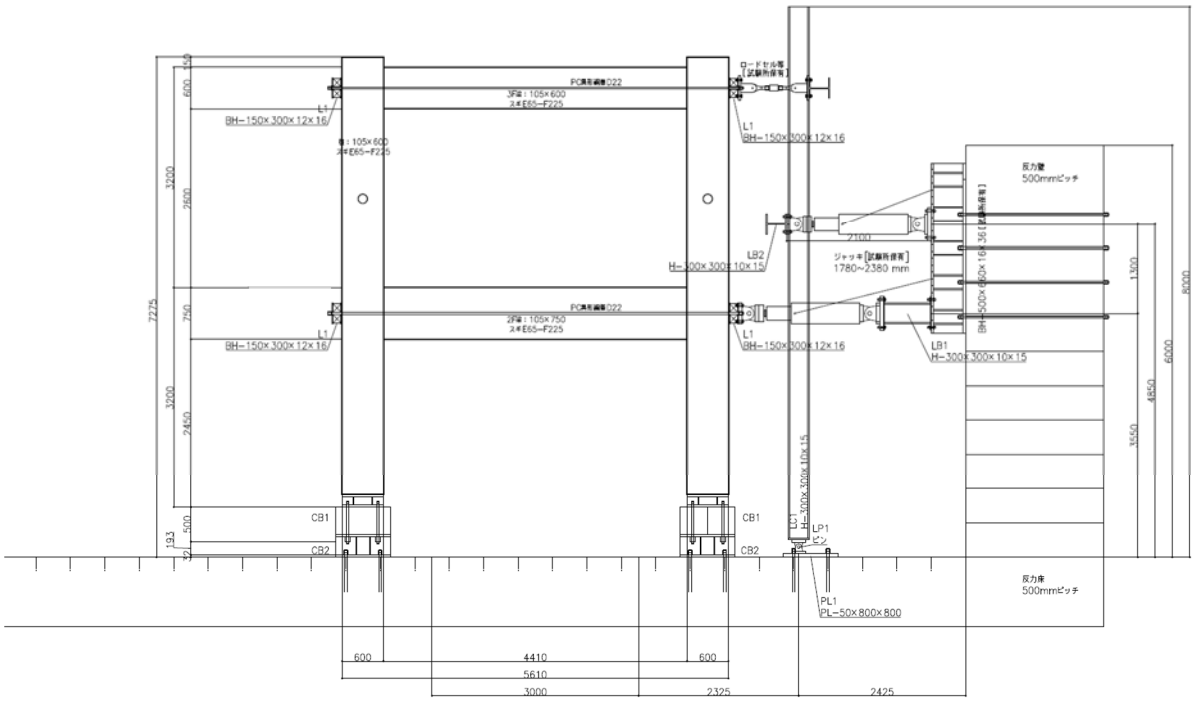
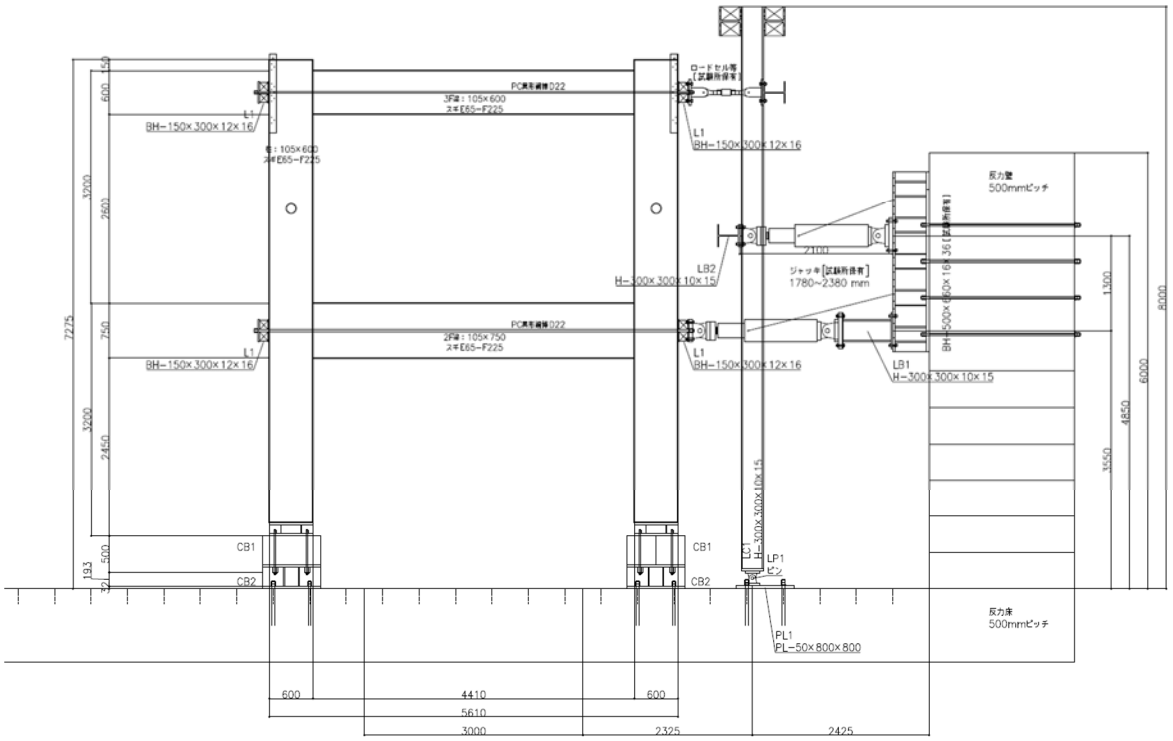


図 4.1.4-3　水平荷重加力方法（立面図）



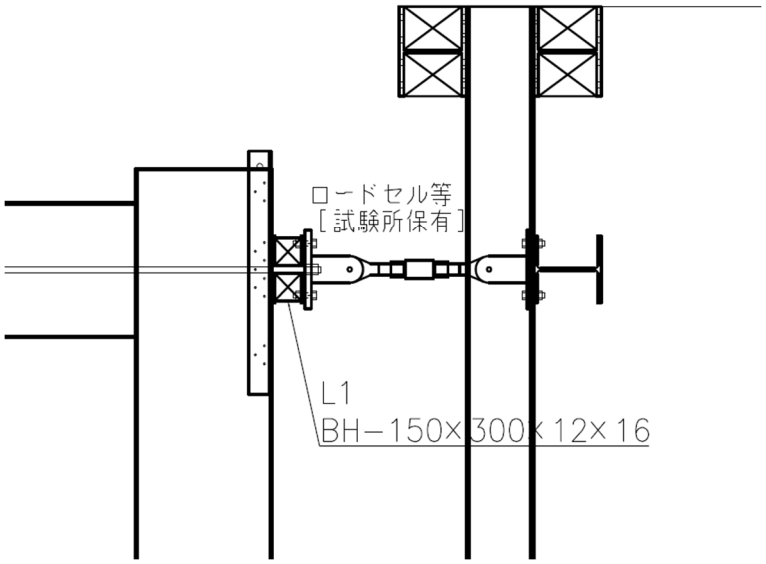


図 4.1.4-4　水平荷重加力補強（上：立面図、下：詳細図）

(3) 鉛直荷重の加力方法

鉛直荷重は、図 4.1.4-5 に示す位置で錘をかけることによって加力する。梁には各階の床荷重を等分布荷重と同程度のモーメント分布となる位置に錘をかける。柱には 3、4 階の床荷重と壁の荷重を合計した重量を荷重として与えている。錘をかける位置は 2 階柱の反曲点高さ（2 階梁芯から 1675mm、反力床から 5225mm）とした。表 4.1.4-2 に錘の寸法と使用した錘を示す。

表 4.1.4-2 錘の概要

No.	保管場所	寸法(mm)			重量			合計重量	
		L	B	t	kg	kN	保有数	ton	kN
①	生研柏	200	100	40	14.5	0.14	66	0.957	9.38
②	生研柏	200	100	40	12.5	0.12	203	2.538	24.87
③	1-建研(構造実験棟)	2280	300	200	1071.4	10.50	7	7.500	73.50
④	2-建研(構造実験棟)	2280	300	100	530.6	5.20	4	2.122	20.80
⑤	5-建研(構造実験棟)	400	400	200	244.9	2.40	12	2.939	28.80

場所	要求荷重 kN	1セット当たり				セット数
		錘No.	kN/個	使用数	kN	
柱	13	③	10.5	1	12.9	4
		⑤	2.4	1		
2F梁	9	①	0.1421	30	10.388	2
		②	0.1225	50		
3F梁	9	④	5.2	2	10.4	2

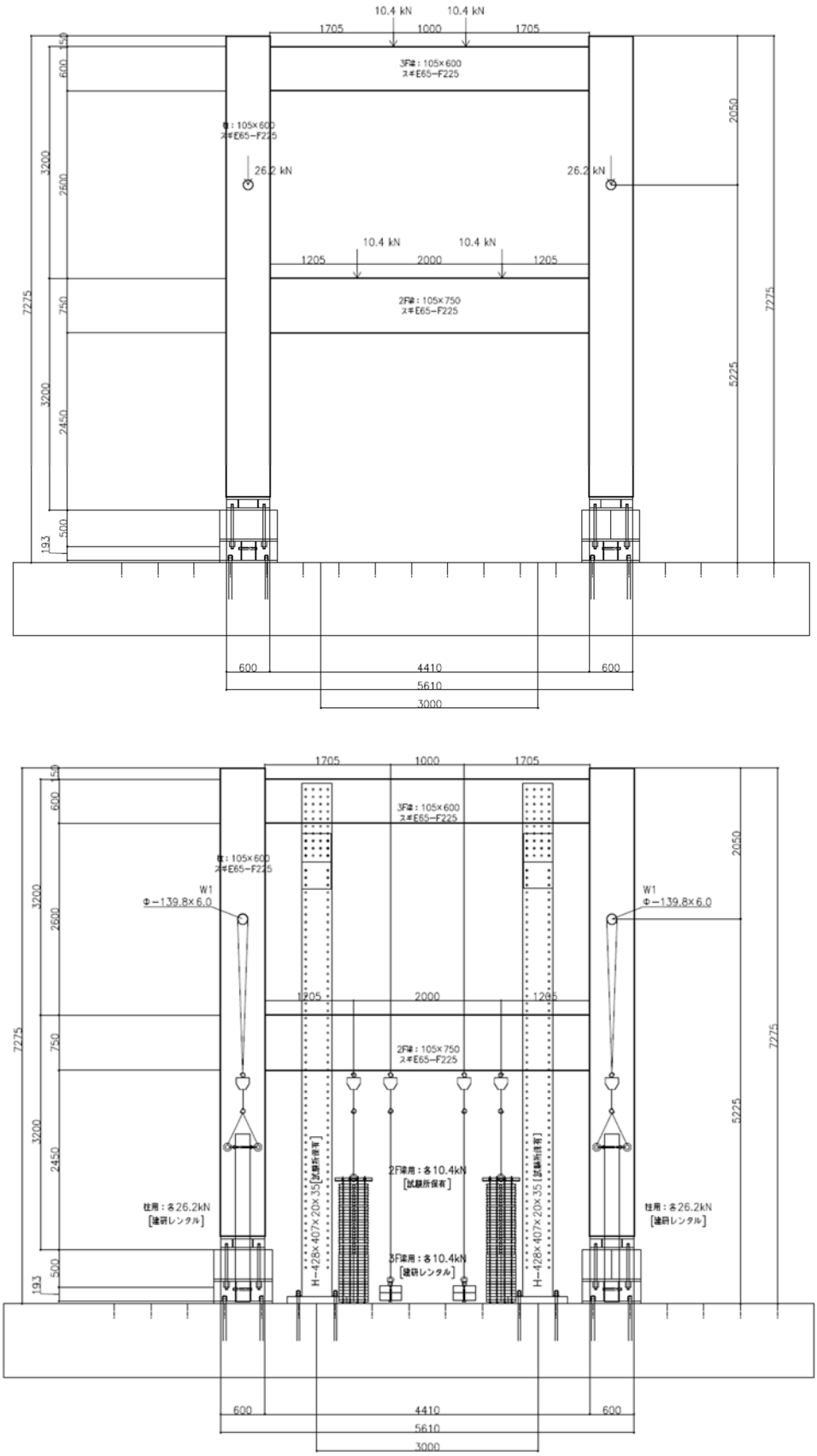


図 4.1.4-5　鉛直荷重加力方法（上：概念図、下：立面図）

（4）載荷計画

鉛直荷重の載荷手順は、柱の錘を地切り（錘を床から離し載荷。）したあと 3 階梁の錘、2 階梁の錘の順に地切りをした。

水平荷重の載荷方向を図 4.1.4-6 に示す。各階が同一層間変形角になるような変位制御とした。1階の層間変形角は、コンクリート天端から2階梁芯までの距離（2850mm）に対する 2 階梁芯の水平変位の比、また、2 階の層間変形角は、2 階梁芯から 3 階梁芯までの距離（3275mm）に対する 3 階梁芯の水平変位の比で設定した。載荷履歴は、正負交番・同一履歴 3 サイクルとし、文献 [3] に準拠し、1 階の層間変形角と 2 階の層間変形角がそれぞれ、1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30rad となるようにした（図 4.1.4-7）。正側載荷のみ 1/15rad で引き切りとしている。表 4.1.4-3 に目標変位を示す。下段ジャッキを自動制御で、1/200rad までは 0.1mm/sec とし、1/150rad 以降は 0.2mm/sec の加力速度とした。上段ジャッキの操作は手動で行った。

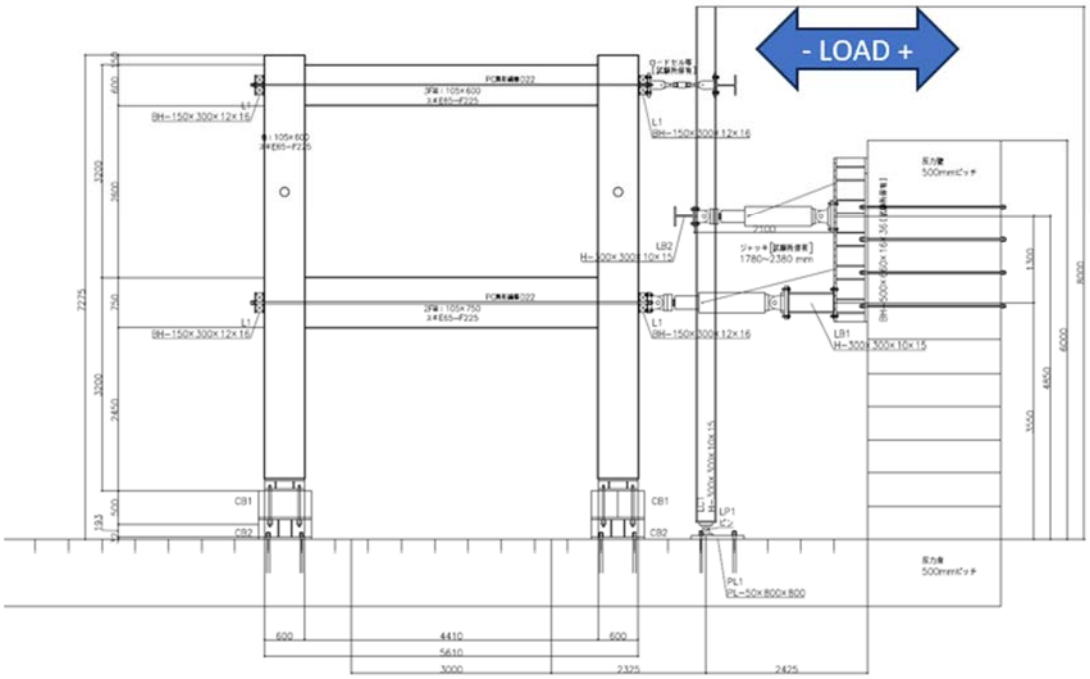


図 4.1.4-6　水平荷重の載荷方向

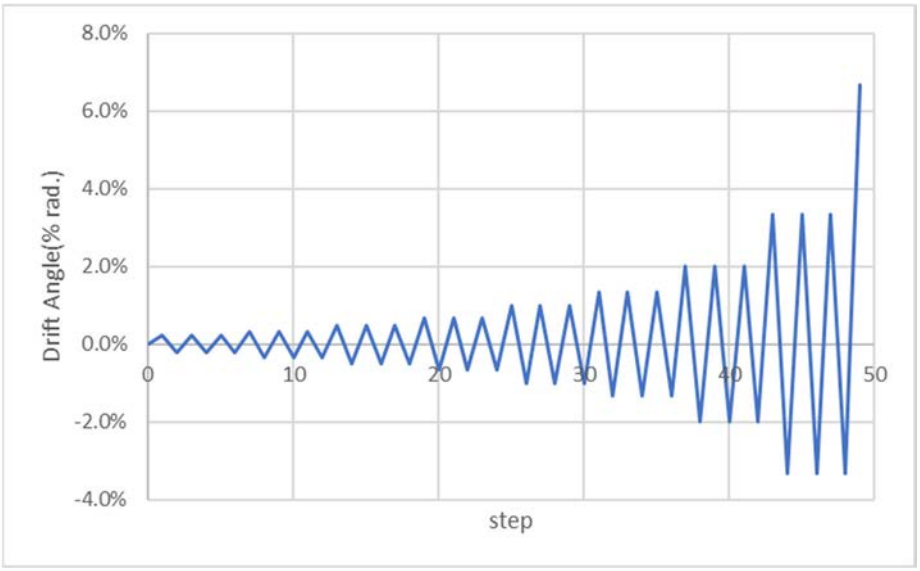


図 4.1.4-7　水平荷重の載荷履歴

表 4.1.4-3　層間変位の目標数値

rad	2F梁目標変位 (1階層間変位) (mm)	2階目標層間変位 (mm)	3F梁目標変位 (mm)
1/450	6.28	7.28	13.56
1/300	9.42	10.92	25.10
1/200	14.13	16.38	30.50
1/150	18.83	21.83	40.67
1/100	28.25	32.75	61.00
1/75	37.67	43.67	81.33
1/50	56.50	65.50	122.00
1/30	94.17	109.17	203.33
1/15	188.33	218.33	406.67

(5) 計測計画

チャンネルリストを表 4.1.4-4、ひずみ計測図を図 4.1.4-8、変位計測図を図 4.1.4-9 に示す。変位計の取付写真を写真 4.1.4-2～4.1.4-3 に示す。チャンネルリストの赤字及び、変位計測図の赤字は LSB 接合の試験体のみに使用する。

ロードセルについて、3 階梁に加力している荷重、アンカーボルトの引張力を測定する。

ひずみはそれぞれ柱・梁の側面に 3 断面ずつひずみゲージを貼りつけ測定する。柱の上・下段、梁の左端・右端で接合部の曲げ成分を推定し、柱の中段、梁の中央で部材の軸力成分を測定する。フィンガージョイントや節を避けて移動させている箇所もある。

変位はフレーム全体の水平変位として、2 階梁芯・3 階梁芯の水平変位を、巻取り式変位計を用いて計測する。また載荷時の水平変位制御に用いる。さらに、各接合部の変形を測定し、接合部の回転角を求めるための変位計を設置する。各接合部の変位測定位置は、接合部要素試験 [4] を参考にした。柱脚接合部は、鉛直変位を 2 か所、水平変位を 1 か所で計測する。また、柱梁接合部は、水平変位を 3 か所、鉛直変位を 1 か所で測定する。LSB 柱梁接合部については、箱型金物の水平変位も計測する。

表 4.1.4-4　チャンネルリスト

CH	計測記号	計測対象	計測器	
0	L1	2Fジャッキ　水平荷重		層せん断力
1	L2	2Fジャッキ　水平変位		
2	L3	3Fジャッキ　水平荷重		
3	L4	3Fジャッキ　水平変位		
4	L5	3Fロードセル	TCLP-200KNB	層せん断力
5	L6	東柱脚ロードセル1	KCM-200KNA	アンカーボルト軸力
6	L7	東柱脚ロードセル2	KCM-200KNA	アンカーボルト軸力
7	L8	西柱脚ロードセル1	KCM-200KNA	アンカーボルト軸力
8	L9	西柱脚ロードセル2	KCM-200KNA	アンカーボルト軸力
9	D1	東柱脚RC　水平変位	CDP-25	コンクリート基礎変形
10	D2	西柱脚RC　水平変位	CDP-25	コンクリート基礎変形
11	D3	東柱脚RC-BP　水平変位	CDP-25	BP変形
12	D4	西柱脚RC-BP　水平変位	CDP-25	BP変形
13	D5	東柱脚BP-W　水平変位	CDP-25	柱端せん断ずれ
14	D6	西柱脚BP-W　水平変位	CDP-25	柱端せん断ずれ
15	D7	東柱脚BP　浮き上がり1	CDP-100	アンカーボルト伸び
16	D8	東柱脚BP　浮き上がり2	CDP-100	アンカーボルト伸び
17	D9	西柱脚BP　浮き上がり1	CDP-100	アンカーボルト伸び
18	D10	西柱脚BP　浮き上がり2	CDP-100	アンカーボルト伸び
19	D11	東柱脚接合部　鉛直変位1	CDP-50	柱脚接合部変形角
20	D12	東柱脚接合部　鉛直変位2	CDP-50	柱脚接合部変形角
21	D13	西柱脚接合部　鉛直変位1	CDP-50	柱脚接合部変形角
22	D14	西柱脚接合部　鉛直変位2	CDP-50	柱脚接合部変形角
23	D15	2F梁中心表　水平変位	DP-500	層間変形
24	D16	2F梁中心裏　水平変位	DP-500	層間変形
25	D17	3F梁中心表　水平変位	DP-1000C	層間変形
26	D18	3F梁中心裏　水平変位	DP-1000C	層間変形
27	D19	2F東柱梁接合部表　鉛直変位	CDP-25	梁端せん断ずれ
28	D20	2F東柱梁接合部裏　鉛直変位	CDP-25	梁端せん断ずれ
29	D21	2F東柱梁接合部表　水平変位1	SDP-50ET	2F柱梁接合部変形角
30	D22	2F東柱梁接合部表　水平変位2	SDP-50ET	2F柱梁接合部変形角
31	D23	2F東柱梁接合部表　水平変位3	SDP-50CT	2F柱梁接合部変形角
32	D24	2F東柱梁接合部裏　水平変位1	SDP-50CT	2F柱梁接合部変形角
33	D25	2F東柱梁接合部裏　水平変位2	SDP-50CT	2F柱梁接合部変形角
34	D26	2F東柱梁接合部裏　水平変位3	SDP-50CT	2F柱梁接合部変形角
35	D27	2F東柱梁接合部上　金物　水平変位	CDP-10	金物絶対変形(LSBのみ)
36	D28	2F東柱梁接合部下　金物　水平変位	CDP-10	金物絶対変形(LSBのみ)
37	D29	2F東柱梁接合部表　金物-W　水平変位1	CDP-50	金物変形(LSBのみ)
38	D30	2F東柱梁接合部表　金物-W　水平変位2	CDP-50	金物変形(LSBのみ)
39	D31	2F東柱梁接合部裏　金物-W　水平変位1	CDP-50	金物変形(LSBのみ)
40	D32	2F東柱梁接合部裏　金物-W　水平変位2	CDP-50	金物変形(LSBのみ)

41	D33	2F西柱梁接合部表　鉛直変位	CDP-25	梁端せん断ずれ
42	D34	2F西柱梁接合部裏　鉛直変位	CDP-25	梁端せん断ずれ
43	D35	2F西柱梁接合部表　水平変位1	SDP-50CT	2F柱梁接合部変形角
44	D36	2F西柱梁接合部表　水平変位2	SDP-50CT	2F柱梁接合部変形角
45	D37	2F西柱梁接合部表　水平変位3	SDP-50CT	2F柱梁接合部変形角
46	D38	2F西柱梁接合部裏　水平変位1	SDP-50CT	2F柱梁接合部変形角
47	D39	2F西柱梁接合部裏　水平変位2	SDP-50CT	2F柱梁接合部変形角
48	D40	2F西柱梁接合部裏　水平変位3	SDP-50CT	2F柱梁接合部変形角
49	D41	2F西柱梁接合部上　金物　水平変位	CDP-10	金物絶対変形(LSBのみ)
50	D42	2F西柱梁接合部下　金物　水平変位	CDP-10	金物絶対変形(LSBのみ)
51	D43	2F西柱梁接合部表　金物-W　水平変位1	CDP-50	金物変形(LSBのみ)
52	D44	2F西柱梁接合部表　金物-W　水平変位2	CDP-50	金物変形(LSBのみ)
53	D45	2F西柱梁接合部裏　金物-W　水平変位1	CDP-50	金物変形(LSBのみ)
54	D46	2F西柱梁接合部裏　金物-W　水平変位2	CDP-50	金物変形(LSBのみ)
55	D47	3F東柱梁接合部表　鉛直変位	CDP-25	梁端せん断ずれ
56	D48	3F東柱梁接合部裏　鉛直変位	CDP-25	梁端せん断ずれ
57	D49	3F東柱梁接合部表　水平変位1	SDP-50ET	3F柱梁接合部変形角
58	D50	3F東柱梁接合部表　水平変位2	SDP-50ET	3F柱梁接合部変形角
59	D51	3F東柱梁接合部表　水平変位3	SDP-50CT	3F柱梁接合部変形角
60	D52	3F東柱梁接合部裏　水平変位1	SDP-50CT	3F柱梁接合部変形角
61	D53	3F東柱梁接合部裏　水平変位2	SDP-50ET	3F柱梁接合部変形角
62	D54	3F東柱梁接合部裏　水平変位3	SDP-50ET	3F柱梁接合部変形角
63	D55	3F東柱梁接合部上　金物　水平変位	CDP-10	金物絶対変形(LSBのみ)
64	D56	3F東柱梁接合部下　金物　水平変位	CDP-10	金物絶対変形(LSBのみ)
65	D57	3F東柱梁接合部表　金物-W　水平変位1	CDP-50	金物変形(LSBのみ)
66	D58	3F東柱梁接合部表　金物-W　水平変位2	CDP-50	金物変形(LSBのみ)
67	D59	3F東柱梁接合部裏　金物-W　水平変位1	CDP-50	金物変形(LSBのみ)
68	D60	3F東柱梁接合部裏　金物-W　水平変位2	CDP-50	金物変形(LSBのみ)
69	D61	3F西柱梁接合部表　鉛直変位	CDP-25	梁端せん断ずれ
70	D62	3F西柱梁接合部裏　鉛直変位	CDP-25	梁端せん断ずれ
71	D63	3F西柱梁接合部表　水平変位1	SDP-50CT	3F柱梁接合部変形角
72	D64	3F西柱梁接合部表　水平変位2	SDP-50CT	3F柱梁接合部変形角
73	D65	3F西柱梁接合部表　水平変位3	SDP-50CT	3F柱梁接合部変形角
74	D66	3F西柱梁接合部裏　水平変位1	SDP-50CT	3F柱梁接合部変形角
75	D67	3F西柱梁接合部裏　水平変位2	SDP-50ET	3F柱梁接合部変形角
76	D68	3F西柱梁接合部裏　水平変位3	SDP-50ET	3F柱梁接合部変形角
77	D69	3F西柱梁接合部上　金物　水平変位	CDP-10	金物絶対変形(LSBのみ)
78	D70	3F西柱梁接合部下　金物　水平変位	CDP-10	金物絶対変形(LSBのみ)
79	D71	3F西柱梁接合部表　金物-W　水平変位1	CDP-50	金物変形(LSBのみ)
80	D72	3F西柱梁接合部表　金物-W　水平変位2	CDP-50	金物変形(LSBのみ)
81	D73	3F西柱梁接合部裏　金物-W　水平変位1	CDP-50	金物変形(LSBのみ)
82	D74	3F西柱梁接合部裏　金物-W　水平変位2	CDP-50	金物変形(LSBのみ)

83	S1	1F東柱下段　東面	PL-60	1F柱モーメント
	S2	1F東柱下段　西面	PL-60	1F柱モーメント
84	S3	1F西柱下段　東面	PL-60	1F柱モーメント
	S4	1F西柱下段　西面	PL-60	1F柱モーメント
85	S5	1F東柱中段　東面	PL-60	1F柱モーメント/軸力
86	S6	1F東柱中段　西面	PL-60	1F柱モーメント/軸力
87	S7	1F西柱中段　東面	PL-60	1F柱モーメント/軸力
88	S8	1F西柱中段　西面	PL-60	1F柱モーメント/軸力
89	S9	1F東柱上段　東面	PL-60	1F柱モーメント
	S10	1F東柱上段　西面	PL-60	1F柱モーメント
90	S11	1F西柱上段　東面	PL-60	1F柱モーメント
	S12	1F西柱上段　西面	PL-60	1F柱モーメント
91	S13	2F東柱下段　東面	PL-60	1F柱モーメント
	S14	2F東柱下段　西面	PL-60	1F柱モーメント
92	S15	2F西柱下段　東面	PL-60	1F柱モーメント
	S16	2F西柱下段　西面	PL-60	1F柱モーメント
93	S17	2F東柱中段　東面	PL-60	2F柱モーメント/軸力
94	S18	2F東柱中段　西面	PL-60	2F柱モーメント/軸力
95	S19	2F西柱中段　東面	PL-60	2F柱モーメント/軸力
96	S20	2F西柱中段　西面	PL-60	2F柱モーメント/軸力
97	S21	2F東柱上段　東面	PL-60	2F柱モーメント
	S22	2F東柱上段　西面	PL-60	2F柱モーメント
98	S23	2F西柱上段　東面	PL-60	2F柱モーメント
	S24	2F西柱上段　西面	PL-60	2F柱モーメント
99	S25	2F梁東端　上面	PL-60	2F梁モーメント
	S26	2F梁東端　下面	PL-60	2F梁モーメント
100	S27	2F梁中央　上面	PL-60	2F梁モーメント/軸力
101	S28	2F梁中央　下面	PL-60	2F梁モーメント/軸力
102	S29	2F梁西端　上面	PL-60	2F梁モーメント
	S30	2F梁西端　下面	PL-60	2F梁モーメント
103	S31	3F梁東端　上面	PL-60	3F梁モーメント
	S32	3F梁東端　下面	PL-60	3F梁モーメント
104	S33	3F梁中央　上面	PL-60	3F梁モーメント/軸力
105	S34	3F梁中央　下面	PL-60	3F梁モーメント/軸力
106	S35	3F梁西端　上面	PL-60	3F梁モーメント
	S36	3F梁西端　下面	PL-60	3F梁モーメント
107	D75	2F梁中心表　水平変位	SDP-200R	層間変形
108	D76	3F梁中心表　水平変位	SDP-200R	層間変形

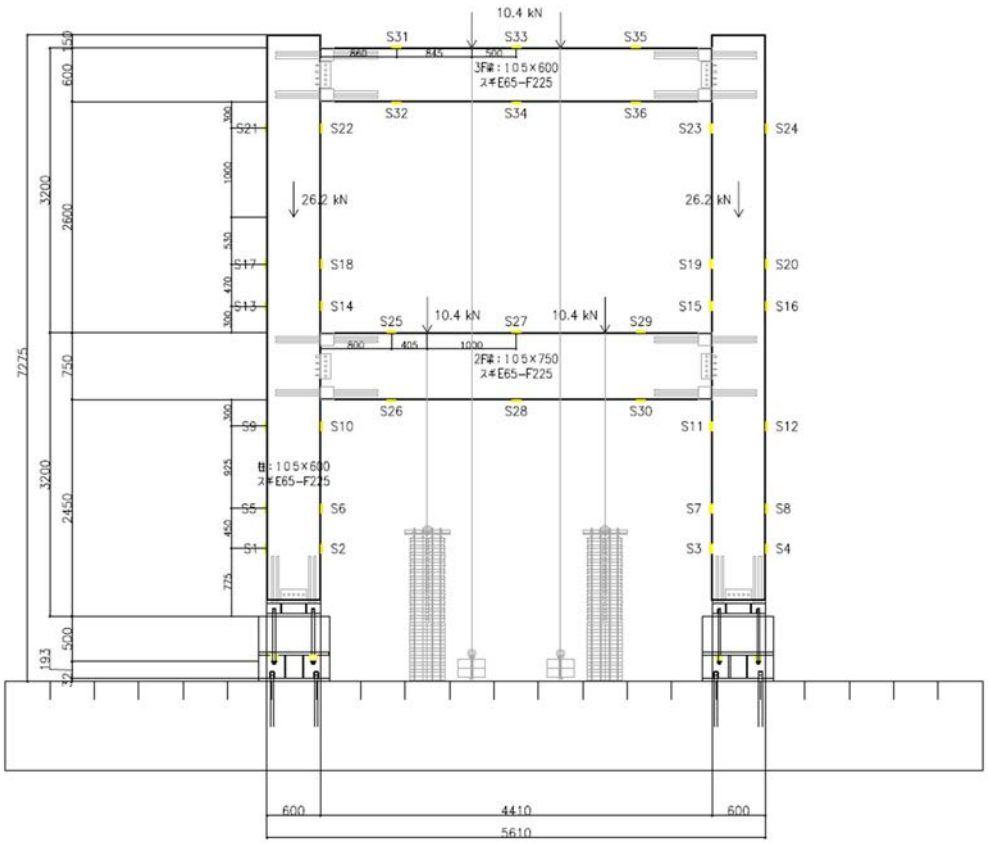


図 4.1.4-8　ひずみ計測図

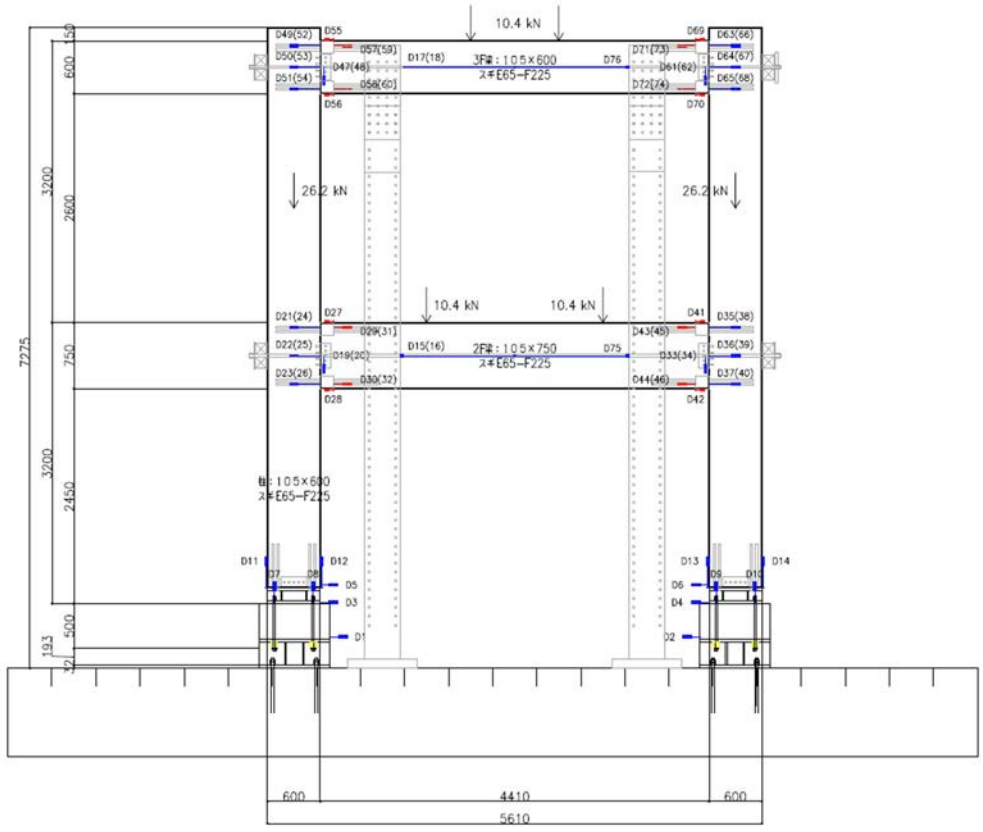


図 4.1.4-9　変位計測図（括弧内は裏側、赤は LSB のみ）

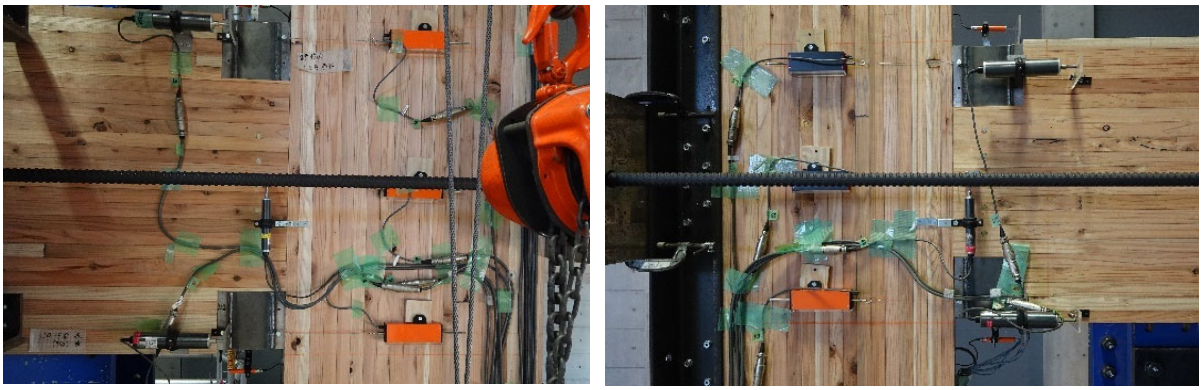


写真 4.1.4-2　柱梁変位計取付写真（左：2 階、右：3 階）



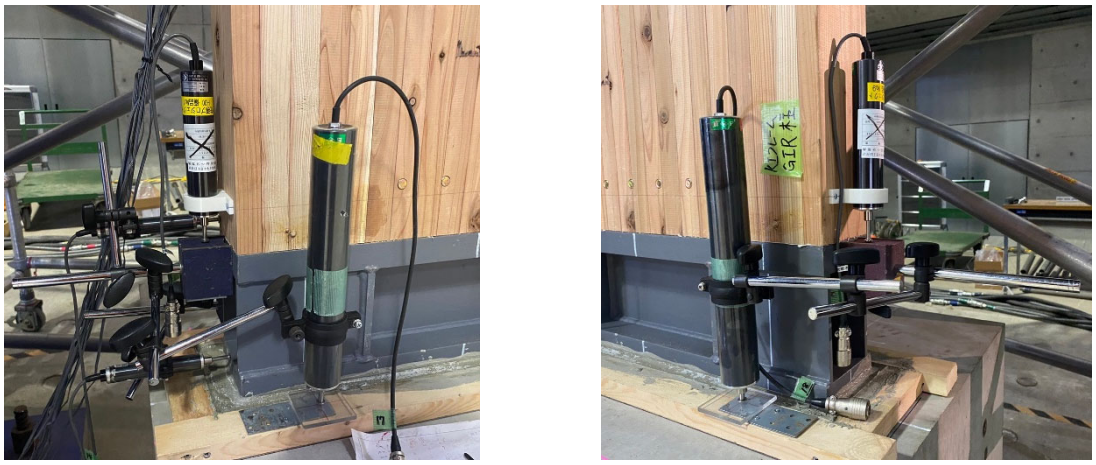


写真 4.1.4-3　柱脚部変位計取付写真

4.2 GIR 実大フレーム実験

4.2.1 実験結果

式（4.2.1-1）～（4.2.1-4）に層せん断力、層間変形角の算出方法を示す。層間変形角は層間変位を階高で割って算出したが、階高について 1 階はコンクリート天端から 2 階梁芯までの 2825mm、2 階は 2 階梁芯から 3 階梁芯の 3275mm とした。

$$Q_1 = (\mathrm{CH0}) + (\mathrm{CH4}) \tag{4.2.1-1}$$

$$Q_2 = (\mathrm{CH4}) \tag{4.2.1-2}$$

$$R_1 = \frac{\{\mathrm{Ave}(\mathrm{CH23、CH24}) - \mathrm{Ave}(\mathrm{CH11、CH12}) - \mathrm{Ave}(\mathrm{CH13、CH14})\}}{2825} \tag{4.2.1-3}$$

$$R_2 = \frac{\{\mathrm{Ave}(\mathrm{CH25、CH26}) - \mathrm{Ave}(\mathrm{CH23、CH24})\}}{3275} \tag{4.2.1-4}$$

Q_1：1 階層せん断力[kN]、Q_2：2 階層せん断力[kN]、R_1：1 階層間変形角[rad]、R_2：2 階層間変形角[rad]

式（4.2.1-5）～（4.2.1-18）に端部における曲げモーメント、式（4.2.1-19）～（4.2.1-30）に各計測位置における曲げモーメントを示す。端部の曲げモーメントは、計測位置 2 点から線形補完して算出している。したがって、全塑性状態におけるモーメントを考慮していない。

$$M_{\mathrm{EG2}} = -\frac{\left(3610 \times (\mathrm{CH99}) - 800 \times (\mathrm{CH102})\right)}{2810 \times 10^6} \times 750 \times E_{\mathrm{M750}} \times I_{750} \times 10^{-6} \tag{4.2.1-5}$$

$$M_{\mathrm{WG2}} = \frac{\left(3610 \times (\mathrm{CH102}) - 800 \times (\mathrm{CH99})\right)}{2810 \times 10^6} \times 750 \times E_{\mathrm{M750}} \times I_{750} \times 10^{-6} \tag{4.2.1-6}$$

$$M_{\mathrm{EG3}} = -\frac{\left(3550 \times (\mathrm{CH103}) - 860 \times (\mathrm{CH106})\right)}{2690 \times 10^6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \tag{4.2.1-7}$$

$$M_{\mathrm{WG3}} = \frac{\left(3550 \times (\mathrm{CH106}) - 860 \times (\mathrm{CH103})\right)}{2690 \times 10^6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \tag{4.2.1-8}$$

$$M_{\mathrm{EBP}} = M_{\mathrm{E1b}} = \frac{\left(2150 \times (\mathrm{CH83}) - 775 \times (\mathrm{CH89})\right)}{1375 \times 10^6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \tag{4.2.1-9}$$

$$M_{\mathrm{WBP}} = M_{\mathrm{W1b}} = \frac{\left(2150 \times (\mathrm{CH84}) - 775 \times (\mathrm{CH90})\right)}{1375 \times 10^6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \tag{4.2.1-10}$$

$$M_{\mathrm{EBlw}} = \frac{\left(1966 \times (\mathrm{CH83}) - 591 \times (\mathrm{CH89})\right)}{1375 \times 10^6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \tag{4.2.1-11}$$

$$M_{\mathrm{WBlw}} = \frac{\left(1966 \times (\mathrm{CH84}) - 591 \times (\mathrm{CH90})\right)}{1375 \times 10^6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \tag{4.2.1-12}$$

$$M_{\mathrm{E1t}} = \frac{\left(2050 \times (\mathrm{CH89}) - 675 \times (\mathrm{CH83})\right)}{1375 \times 10^6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \tag{4.2.1-13}$$

$$M_{\mathrm{W1t}} = \frac{\left(2050 \times (\mathrm{CH90}) - 675 \times (\mathrm{CH84})\right)}{1375 \times 10^{6}} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}14)$$

$$M_{\mathrm{E2b}} = \frac{\left(2675 \times (\mathrm{CH91}) - 675 \times (\mathrm{CH97})\right)}{2000 \times 10^{6}} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}15)$$

$$M_{\mathrm{W2b}} = \frac{\left(2675 \times (\mathrm{CH92}) - 675 \times (\mathrm{CH98})\right)}{2000 \times 10^{6}} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}16)$$

$$M_{\mathrm{E2t}} = \frac{\left(2600 \times (\mathrm{CH97}) - 600 \times (\mathrm{CH91})\right)}{2000 \times 10^{6}} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}17)$$

$$M_{\mathrm{W2t}} = \frac{\left(2600 \times (\mathrm{CH98}) - 600 \times (\mathrm{CH92})\right)}{2000 \times 10^{6}} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}18)$$

$$M_{\mathrm{CH99}} = -(\mathrm{CH99}) \times 10^{-6} \times 750 \times E_{\mathrm{M750}} \times I_{750} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}19)$$

$$M_{\mathrm{CH102}} = (\mathrm{CH102}) \times 10^{-6} \times 750 \times E_{\mathrm{M750}} \times I_{750} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}20)$$

$$M_{\mathrm{CH103}} = -(\mathrm{CH103}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}21)$$

$$M_{\mathrm{CH106}} = (\mathrm{CH106}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}22)$$

$$M_{\mathrm{CH83}} = (\mathrm{CH83}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}23)$$

$$M_{\mathrm{CH84}} = (\mathrm{CH84}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}24)$$

$$M_{\mathrm{CH89}} = (\mathrm{CH89}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}25)$$

$$M_{\mathrm{CH90}} = (\mathrm{CH90}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}26)$$

$$M_{\mathrm{CH91}} = (\mathrm{CH91}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}27)$$

$$M_{\mathrm{CH92}} = (\mathrm{CH92}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}28)$$

$$M_{\mathrm{CH97}} = (\mathrm{CH97}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}29)$$

$$M_{\mathrm{CH98}} = (\mathrm{CH98}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.2.1\text{-}30)$$

M_{EG2} ：2 階梁東端モーメント[kNm]、 M_{WG2} ：2 階梁西端モーメント[kNm]、
M_{EG3} ：3 階梁東端モーメント[kNm]、 M_{WG3} ：3 階梁西端モーメント[kNm]、
M_{E1b} ：1 階東柱脚モーメント[kNm] 、 M_{W1b} ：1 階西柱脚モーメント[kNm]、
M_{EBP} ：東柱脚 BP モーメント[kNm] 、 M_{WBP} ：西柱脚 BP モーメント[kNm]、
M_{EBlw} ：東柱脚 GIR モーメント[kNm] 、 M_{WBlw} ：西柱脚 GIR モーメント[kNm]、
M_{E1t} ：1 階東柱頭モーメント[kNm] 、 M_{W1t} ：1 階西柱頭モーメント[kNm] 、
$M_{\mathrm{CH(No.)}}$：CH(No.)の位置でのモーメント[kNm]

E_{M750}、E_{M600}：断面せい（750、600）に対する等価曲げヤング係数[N/mm^2]、
I_{750}、I_{600}：断面せい（750、600）に対する断面二次モーメント[mm^4]

式（4.2.1-31）～（4.2.1-34）に柱梁接合部回転角の導出方法を示す。変位量を外側のGIR 間の距離（2 階の梁は 630mm、3 階梁は 480mm）で除している。

$$\theta_{EG2} = \frac{\{\mathrm{Ave}(CH29、CH32) - \mathrm{Ave}(CH31、CH34)\}}{630} \quad (4.2.1\text{-}31)$$

$$\theta_{WG2} = -\frac{\{\mathrm{Ave}(CH43、CH46) - \mathrm{Ave}(CH45、CH48)\}}{630} \quad (4.2.1\text{-}32)$$

$$\theta_{EG3} = \frac{\{\mathrm{Ave}(CH57、CH60) - \mathrm{Ave}(CH59、CH62)\}}{480} \quad (4.2.1\text{-}33)$$

$$\theta_{WG3} = -\frac{\{\mathrm{Ave}(CH71、CH74) - \mathrm{Ave}(CH73、CH76)\}}{480} \quad (4.2.1\text{-}34)$$

θ_{EG2}：2 階梁東端回転角[rad]、θ_{WG2}：2 階梁西端回転角[rad]、
θ_{EG3}：3 階梁東端回転角[rad]、θ_{WG3}：3 階梁西端回転角[rad]

式（4.2.1-35）～（4.2.1-38）に柱脚接合部回転角の導出方法を示す。回転角は変位計の計測値を変位計間距離（柱脚金物と集成材間は 653 mm、柱脚 BP 部分は 440 mm）で除している。

$$\theta_{EBlw} = \frac{(CH19 - CH20)}{653} \quad (4.2.1\text{-}35)$$

$$\theta_{WBlw} = \frac{(CH21 - CH22)}{653} \quad (4.2.1\text{-}36)$$

$$\theta_{EBP} = \frac{(CH15 - CH16)}{440} \quad (4.2.1\text{-}37)$$

$$\theta_{WBP} = \frac{(CH17 - CH18)}{440} \quad (4.2.1\text{-}38)$$

θ_{EBlw}：東柱脚 GIR 回転角[rad] 、θ_{WBlw}：西柱脚 GIR 回転角[rad]、
θ_{EBP}：東柱脚 BP 回転角[rad] 、θ_{WBP}：西柱脚 BP 回転角[rad]、

(1) 破壊性状とモーメント図（GIR 接合試験体）

加力ピーク時の全体写真とモーメント図を表 4.2.1-1 に示す。モーメントの値はすべて正の値で表す。図中の枠付き値が計測値から算出したもので、太字の値が計測位置から線形補完して求めた値である。また、それぞれ接合部について、降伏した時は青の丸、破壊して耐力低下した時は黄色の丸で示す。

加力ピーク時の各接合部における破壊性状を表 4.2.1-2 に示す。

R=1/200rad 程度までは、各接合部における集成材のめり込みや開きの変位は目視で確認できるものは少なかった。

R=1/150rad の載荷サイクルでは、正側載荷時 1 サイクル目に 2 階梁端西側付近から大きな音が生じて、GIR の塑性化が始まったと推測される。その後も集成材のめり込む音などが確認された。写真にて 2 階梁端でのめり込みや開きが確認できた。

R=1/100rad の載荷サイクルでは、正側載荷において 2 階東側梁端付近から大きな音が生じ、負側載荷においては 2 階の西側梁端付近から音が生じていた。

R=1/75rad の載荷サイクルでは、2 階の柱梁接合部の開きが遠距離からも目視で確認できるほどになり、3 階梁端では写真にてめり込みと開きが確認できた。アンカーボルトの降伏により、東側柱脚及び西側柱脚で金物の浮き上がりが確認できた。また、*R*=-1/75rad 載荷中に集成材のめり込みが進展する音が断続的に生じた。*R*=-1/75rad では 2 サイクル目以降、加力柱と加力梁のねじれにより、層間変位が増加せずうまく加力できない状態となったため、加力治具の補強をおこなった。

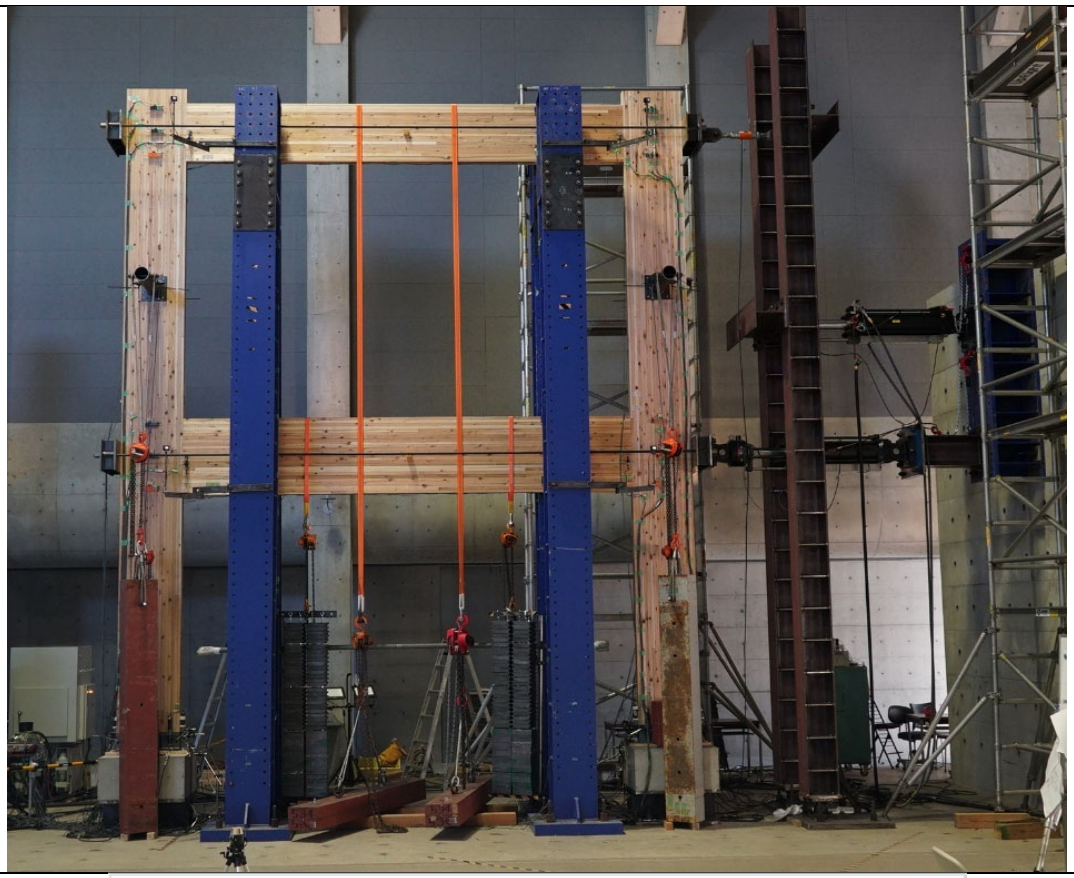
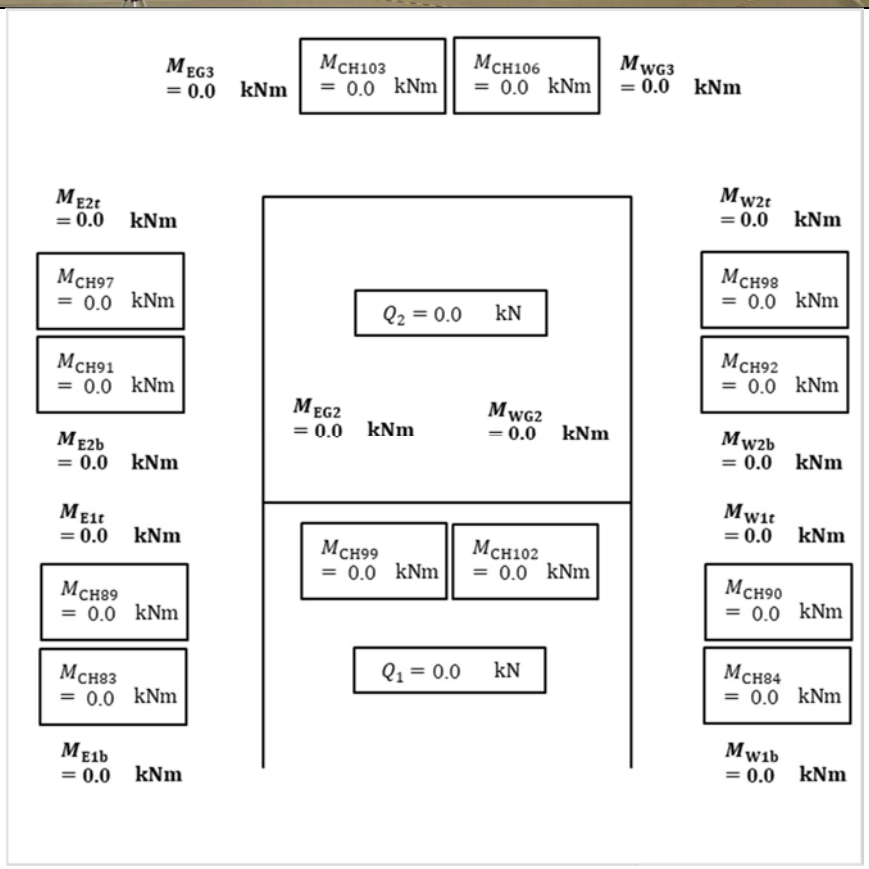
R=1/50rad の載荷サイクルでは、*R* =+1/50rad 載荷途中から 2 階東側柱梁接合部の梁下の開き部分から挿入されている GIR が見える状態となっていた。東西ともに 2 階梁端の開きが正側載荷の方が負側載荷よりも大きくなっていた。また柱脚金物の浮き上がりにより、無収縮モルタルの割れが確認できた。また正負ともに 2 階梁端部のめり込み音が断続的に生じていた。

R=1/30rad の載荷サイクルでは、載荷途中から 2 階柱梁部分で割れが進行した。また、柱脚部で耐力が負担できなくなり、下段ジャッキの荷重が 20kN 程度低下した。それとともに下段ジャッキと取りつく治具及び PC 鋼棒が大きく揺れて鈍い音が生じた。さらに正負載荷ともに、柱脚金物と集成材の部分で、明確に開きが生じていた。

R=+1/15rad の引ききりの載荷では、載荷開始直後から柱部分で割れが進行し、それに伴って断続的に大きな割れの音が生じていた。加力途中から最大耐力の 50%以下で荷重が増加しなくなったため、*R*=1/17rad 程度で加力を終了した。

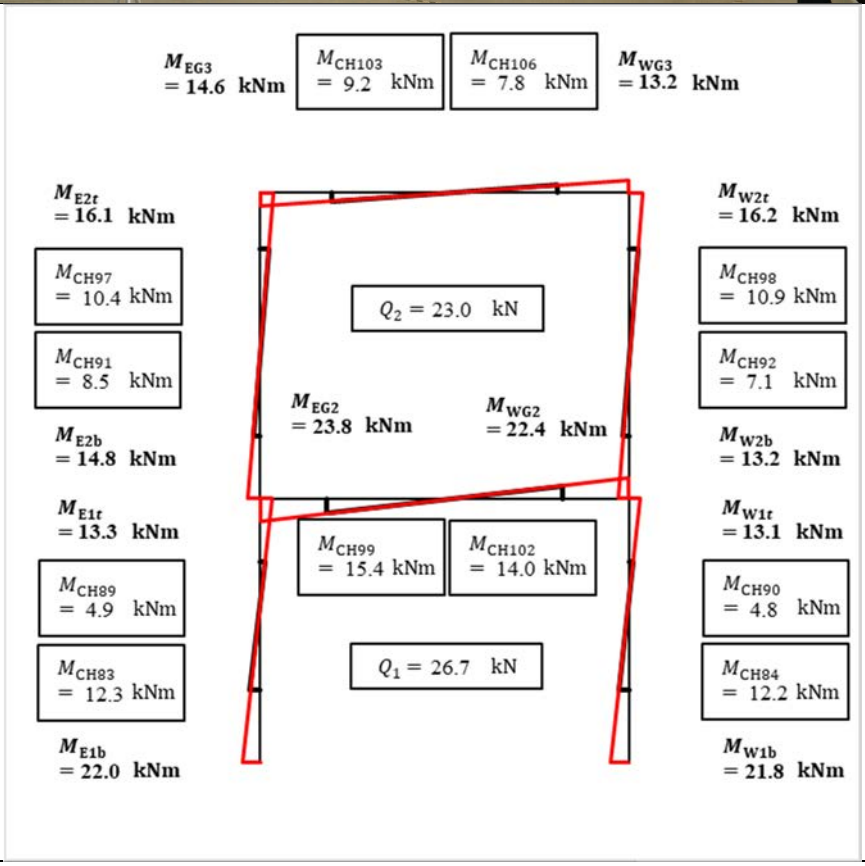
表 4.2.1-3 に解体後の各接合部の破壊性状、表 4.2.1-4 に解体後のアンカーボルトの写真を示す。

表 4.2.1-1　全体の変形進行状況とモーメント図（GIR 接合試験体）

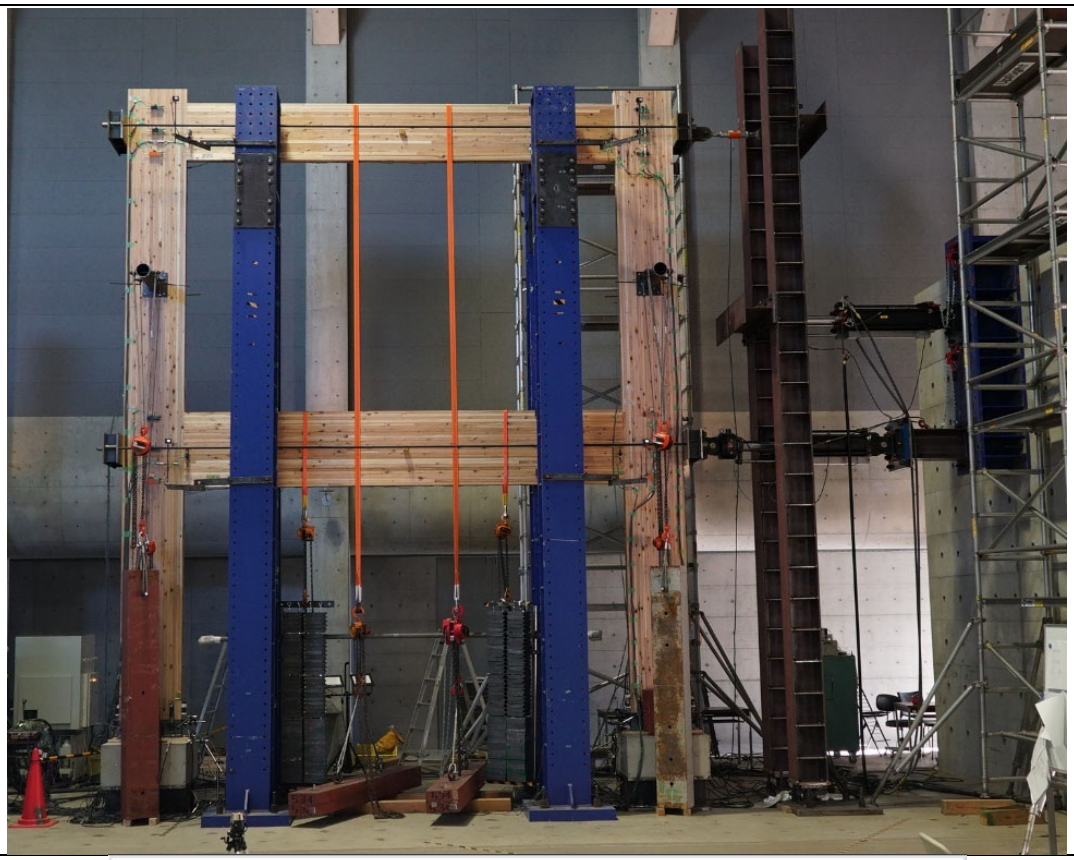
載荷前



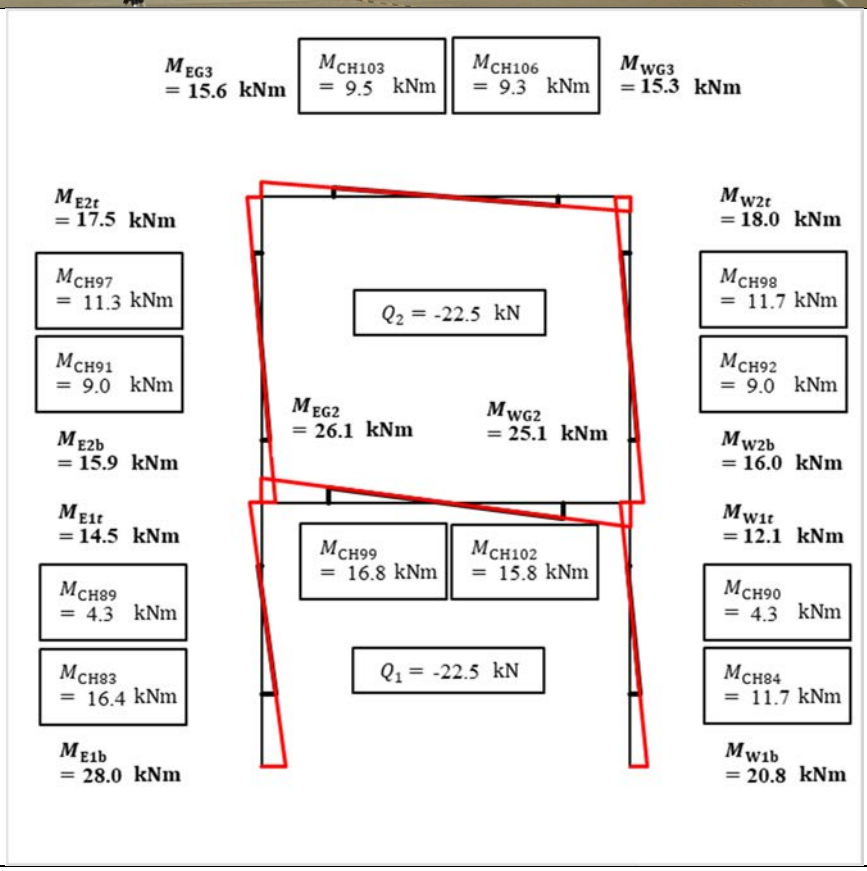
＋1/450rad



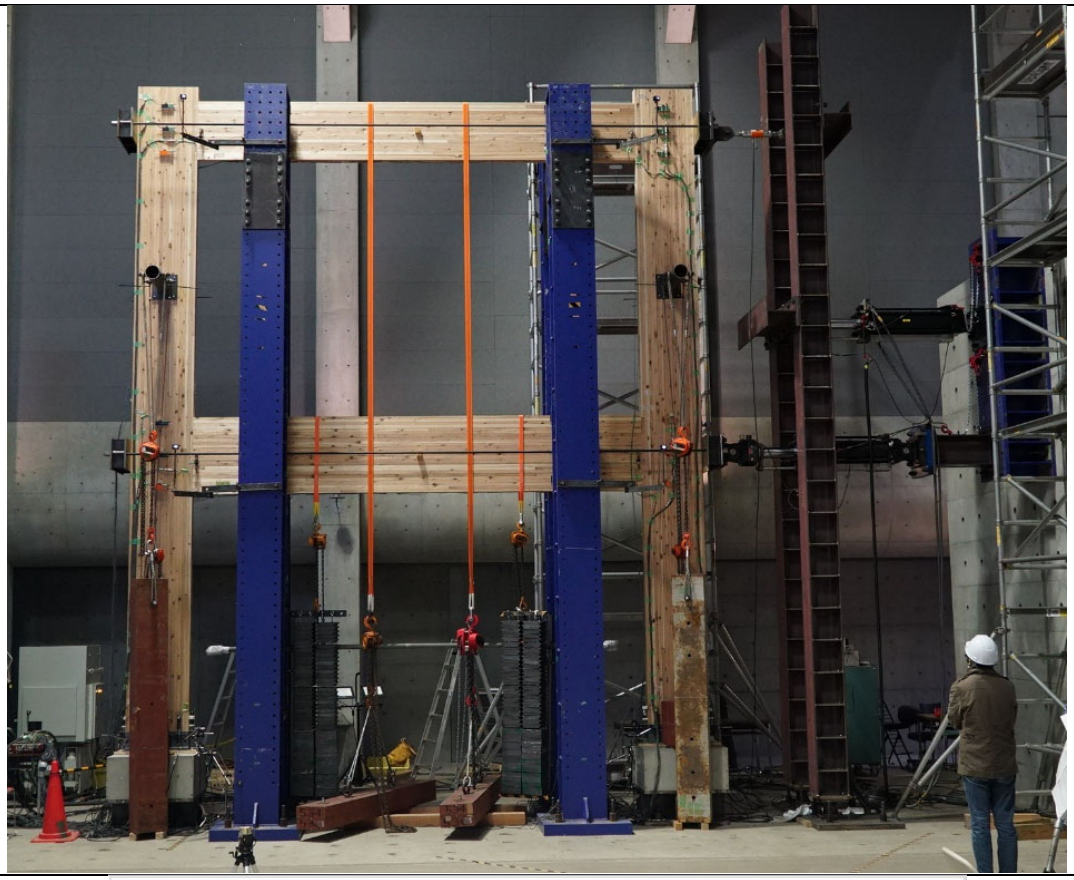

M_{EG3} = 14.6 kNm
M_{CH103} = 9.2 kNm
M_{CH106} = 7.8 kNm
M_{WG3} = 13.2 kNm
M_{E2t} = 16.1 kNm
M_{CH97} = 10.4 kNm
M_{CH91} = 8.5 kNm
M_{E2b} = 14.8 kNm
M_{E1t} = 13.3 kNm
M_{CH89} = 4.9 kNm
M_{CH83} = 12.3 kNm
M_{E1b} = 22.0 kNm
Q_2 = 23.0 kN
M_{EG2} = 23.8 kNm
M_{WG2} = 22.4 kNm
M_{CH99} = 15.4 kNm
M_{CH102} = 14.0 kNm
Q_1 = 26.7 kN
M_{W2t} = 16.2 kNm
M_{CH98} = 10.9 kNm
M_{CH92} = 7.1 kNm
M_{W2b} = 13.2 kNm
M_{W1t} = 13.1 kNm
M_{CH90} = 4.8 kNm
M_{CH84} = 12.2 kNm
M_{W1b} = 21.8 kNm

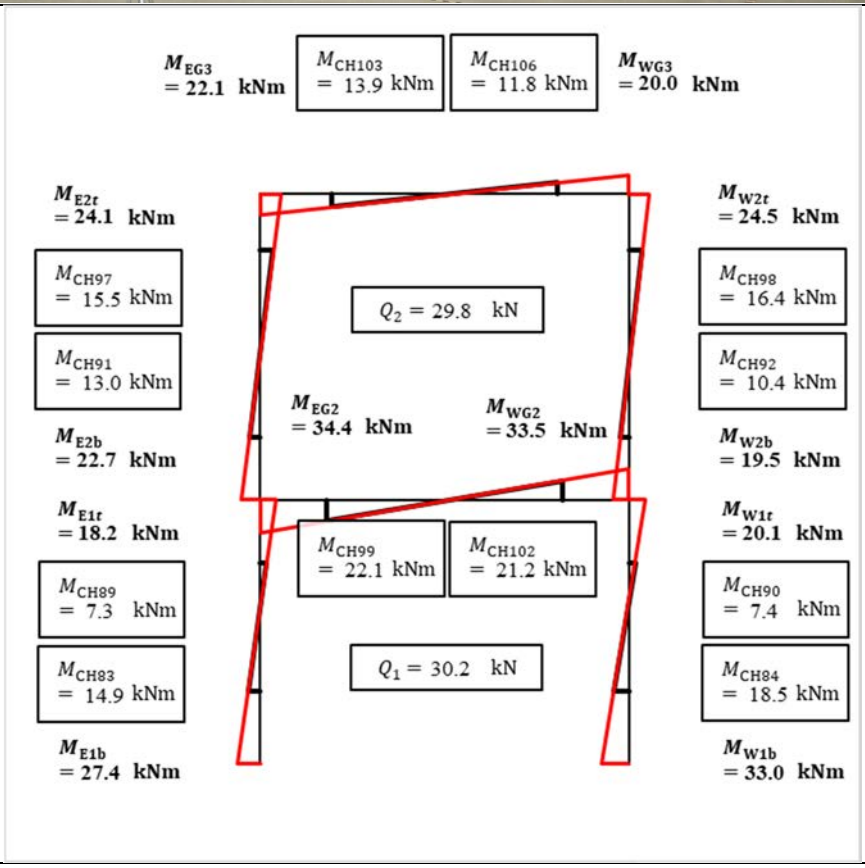
-1/450rad



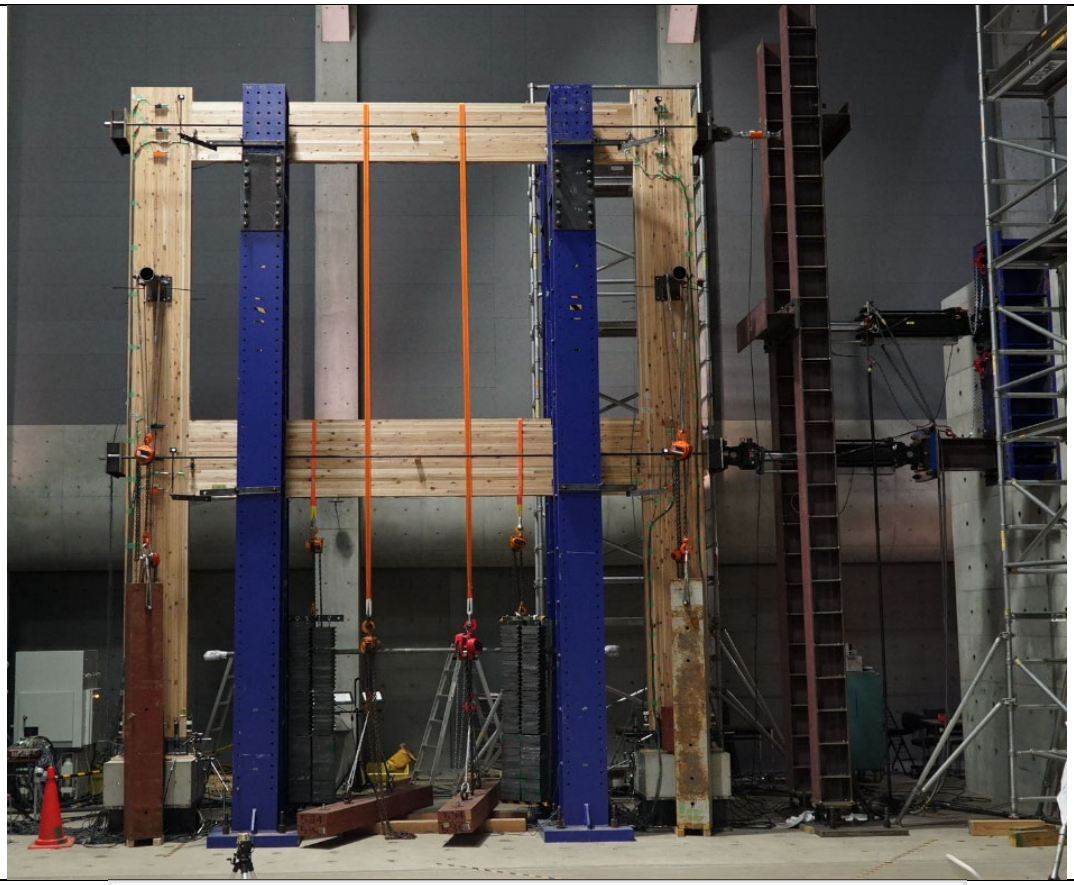

M_{EG3} = 15.6 kNm
M_{CH103} = 9.5 kNm
M_{CH106} = 9.3 kNm
M_{WG3} = 15.3 kNm
M_{E2t} = 17.5 kNm
M_{CH97} = 11.3 kNm
M_{CH91} = 9.0 kNm
M_{E2b} = 15.9 kNm
M_{E1t} = 14.5 kNm
M_{CH89} = 4.3 kNm
M_{CH83} = 16.4 kNm
M_{E1b} = 28.0 kNm
Q_2 = -22.5 kN
M_{EG2} = 26.1 kNm
M_{WG2} = 25.1 kNm
M_{CH99} = 16.8 kNm
M_{CH102} = 15.8 kNm
Q_1 = -22.5 kN
M_{W2t} = 18.0 kNm
M_{CH98} = 11.7 kNm
M_{CH92} = 9.0 kNm
M_{W2b} = 16.0 kNm
M_{W1t} = 12.1 kNm
M_{CH90} = 4.3 kNm
M_{CH84} = 11.7 kNm
M_{W1b} = 20.8 kNm

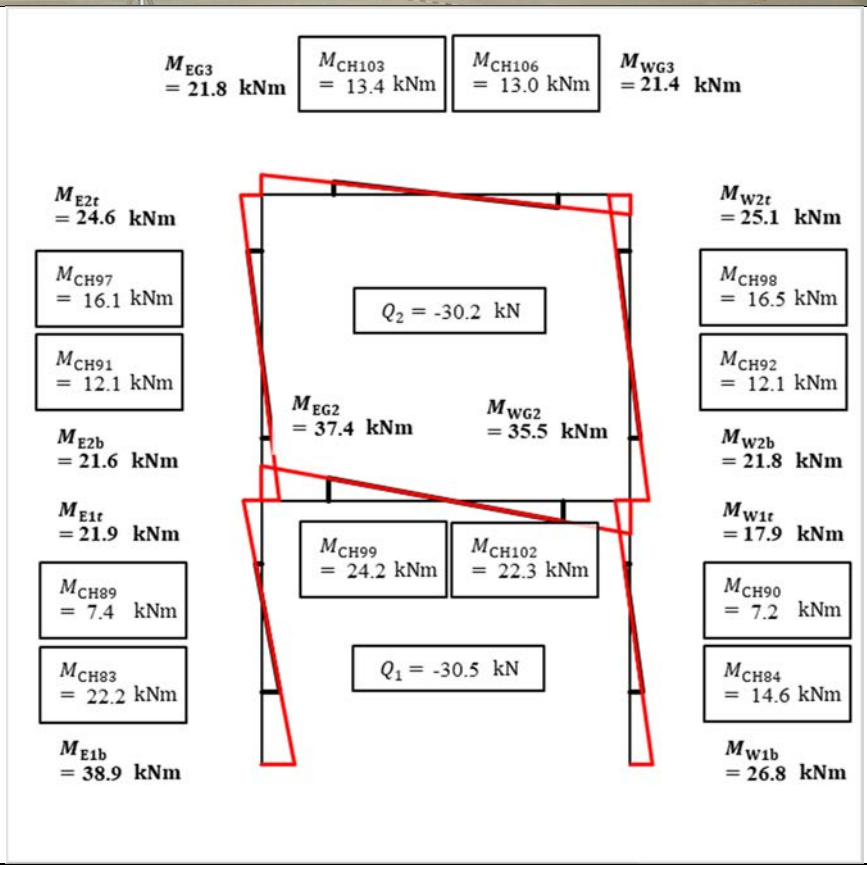
＋1/300rad



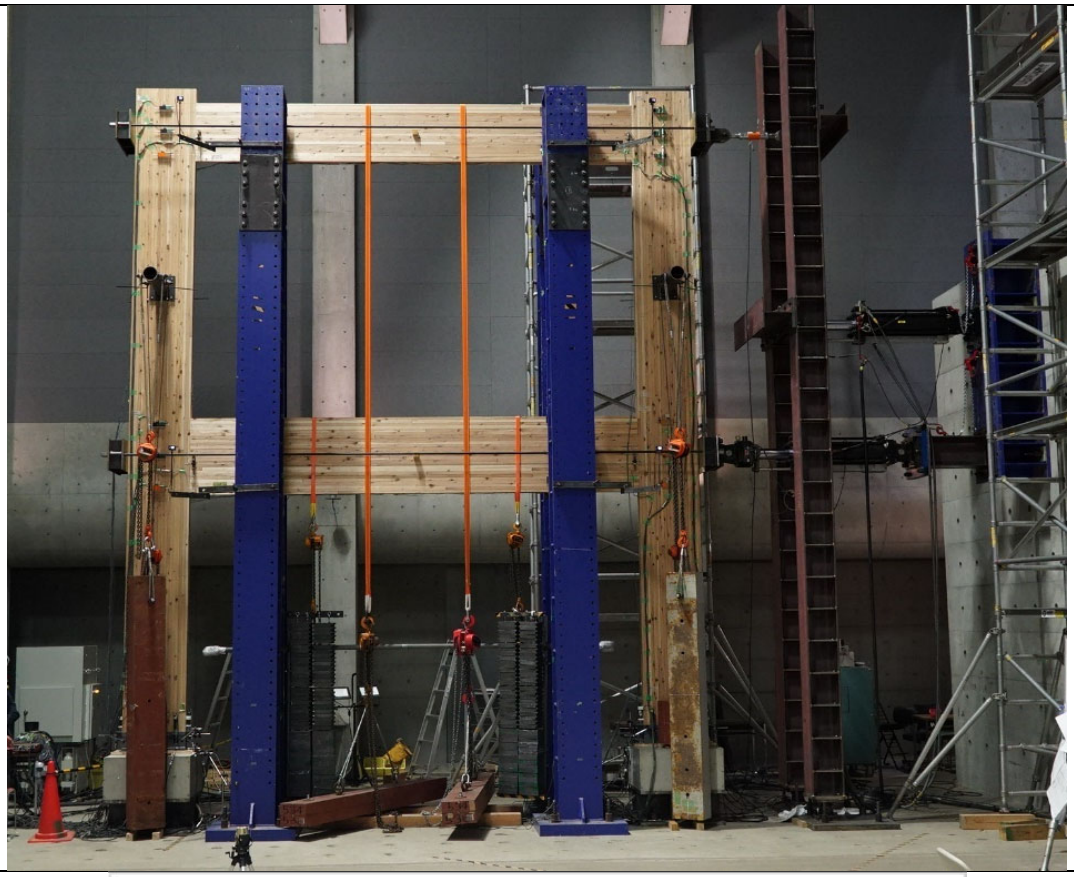

M_{EG3} = 22.1 kNm
M_{CH103} = 13.9 kNm
M_{CH106} = 11.8 kNm
M_{WG3} = 20.0 kNm
M_{E2t} = 24.1 kNm
M_{W2t} = 24.5 kNm
M_{CH97} = 15.5 kNm
M_{CH98} = 16.4 kNm
M_{CH91} = 13.0 kNm
M_{CH92} = 10.4 kNm
Q_2 = 29.8 kN
M_{EG2} = 34.4 kNm
M_{WG2} = 33.5 kNm
M_{E2b} = 22.7 kNm
M_{W2b} = 19.5 kNm
M_{E1t} = 18.2 kNm
M_{W1t} = 20.1 kNm
M_{CH99} = 22.1 kNm
M_{CH102} = 21.2 kNm
M_{CH89} = 7.3 kNm
M_{CH90} = 7.4 kNm
Q_1 = 30.2 kN
M_{CH83} = 14.9 kNm
M_{CH84} = 18.5 kNm
M_{E1b} = 27.4 kNm
M_{W1b} = 33.0 kNm

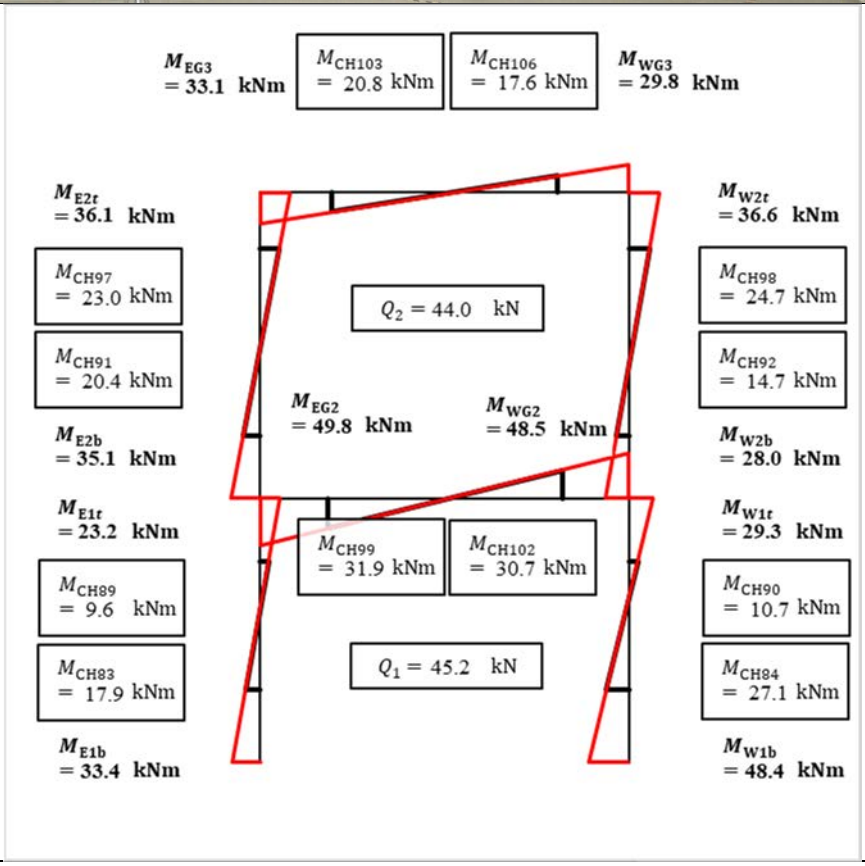
-1/300rad



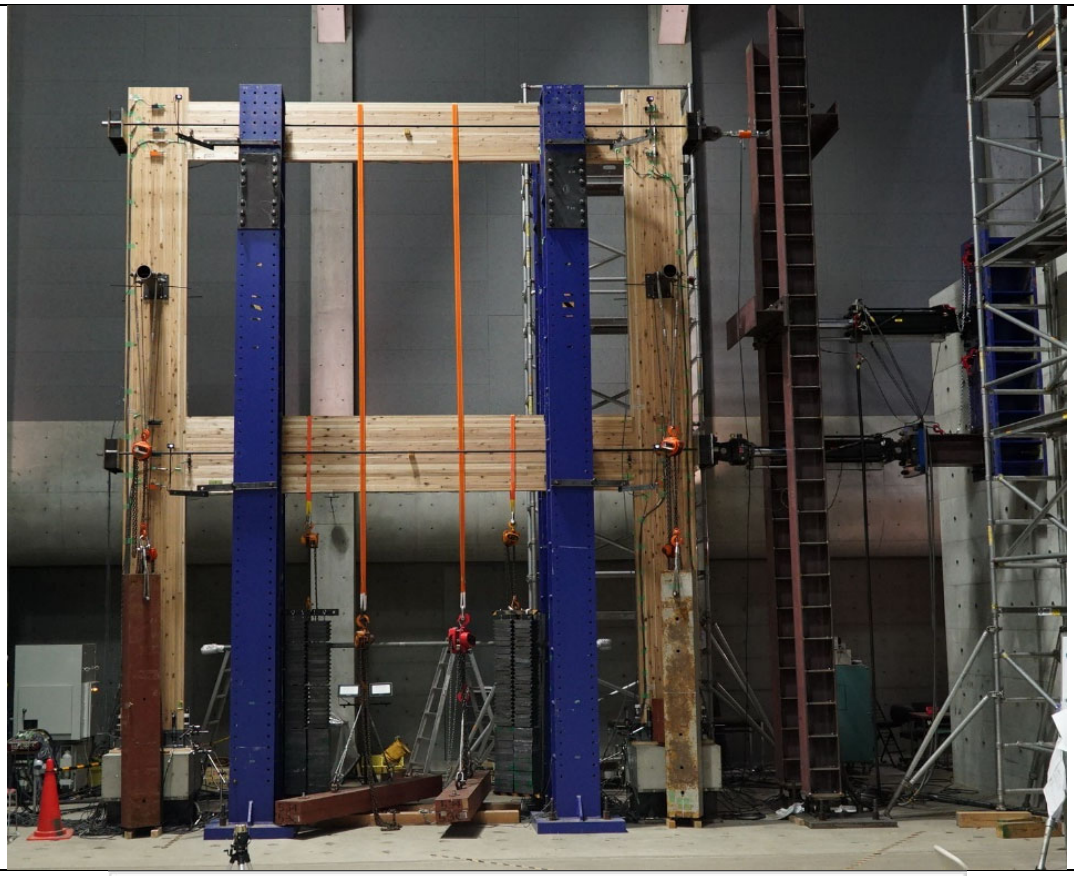

M_{EG3} = 21.8 kNm
M_{CH103} = 13.4 kNm
M_{CH106} = 13.0 kNm
M_{WG3} = 21.4 kNm
M_{E2t} = 24.6 kNm
M_{CH97} = 16.1 kNm
M_{CH91} = 12.1 kNm
M_{E2b} = 21.6 kNm
M_{E1t} = 21.9 kNm
M_{CH89} = 7.4 kNm
M_{CH83} = 22.2 kNm
M_{E1b} = 38.9 kNm
Q_2 = -30.2 kN
M_{EG2} = 37.4 kNm
M_{WG2} = 35.5 kNm
M_{CH99} = 24.2 kNm
M_{CH102} = 22.3 kNm
Q_1 = -30.5 kN
M_{W2t} = 25.1 kNm
M_{CH98} = 16.5 kNm
M_{CH92} = 12.1 kNm
M_{W2b} = 21.8 kNm
M_{W1t} = 17.9 kNm
M_{CH90} = 7.2 kNm
M_{CH84} = 14.6 kNm
M_{W1b} = 26.8 kNm

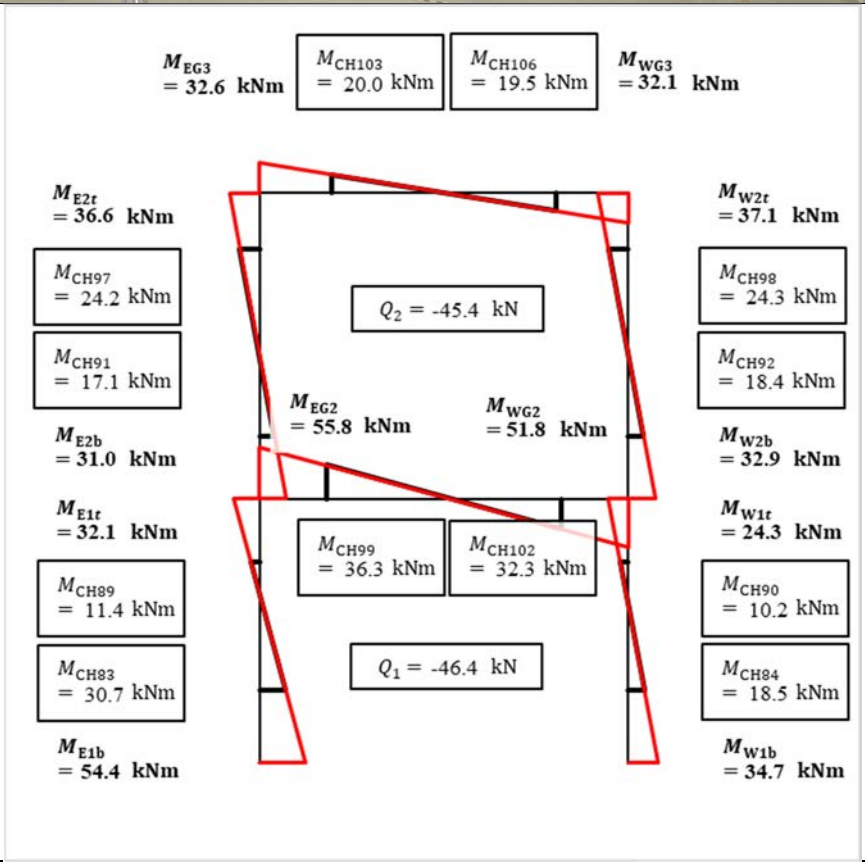
＋1/200rad



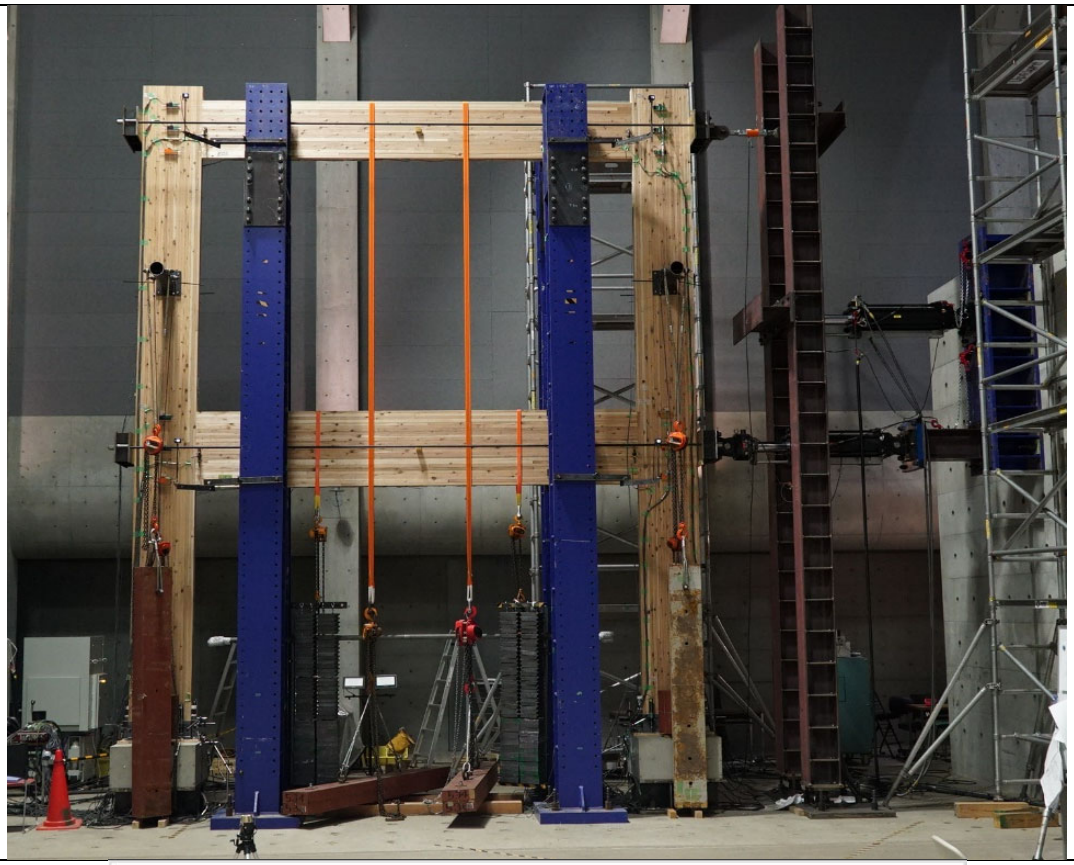

M_{EG3} = 33.1 kNm
M_{CH103} = 20.8 kNm
M_{CH106} = 17.6 kNm
M_{WG3} = 29.8 kNm
M_{E2t} = 36.1 kNm
M_{W2t} = 36.6 kNm
M_{CH97} = 23.0 kNm
M_{CH98} = 24.7 kNm
M_{CH91} = 20.4 kNm
M_{CH92} = 14.7 kNm
Q_2 = 44.0 kN
M_{EG2} = 49.8 kNm
M_{WG2} = 48.5 kNm
M_{E2b} = 35.1 kNm
M_{W2b} = 28.0 kNm
M_{E1t} = 23.2 kNm
M_{W1t} = 29.3 kNm
M_{CH99} = 31.9 kNm
M_{CH102} = 30.7 kNm
M_{CH89} = 9.6 kNm
M_{CH90} = 10.7 kNm
Q_1 = 45.2 kN
M_{CH83} = 17.9 kNm
M_{CH84} = 27.1 kNm
M_{E1b} = 33.4 kNm
M_{W1b} = 48.4 kNm

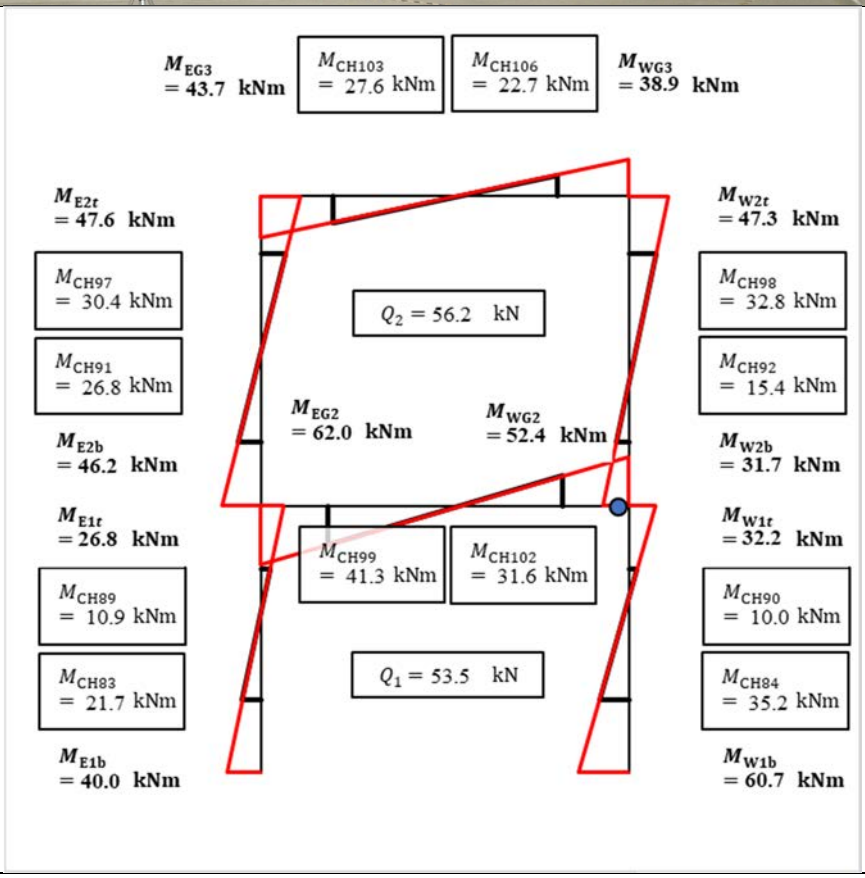
-1/200rad



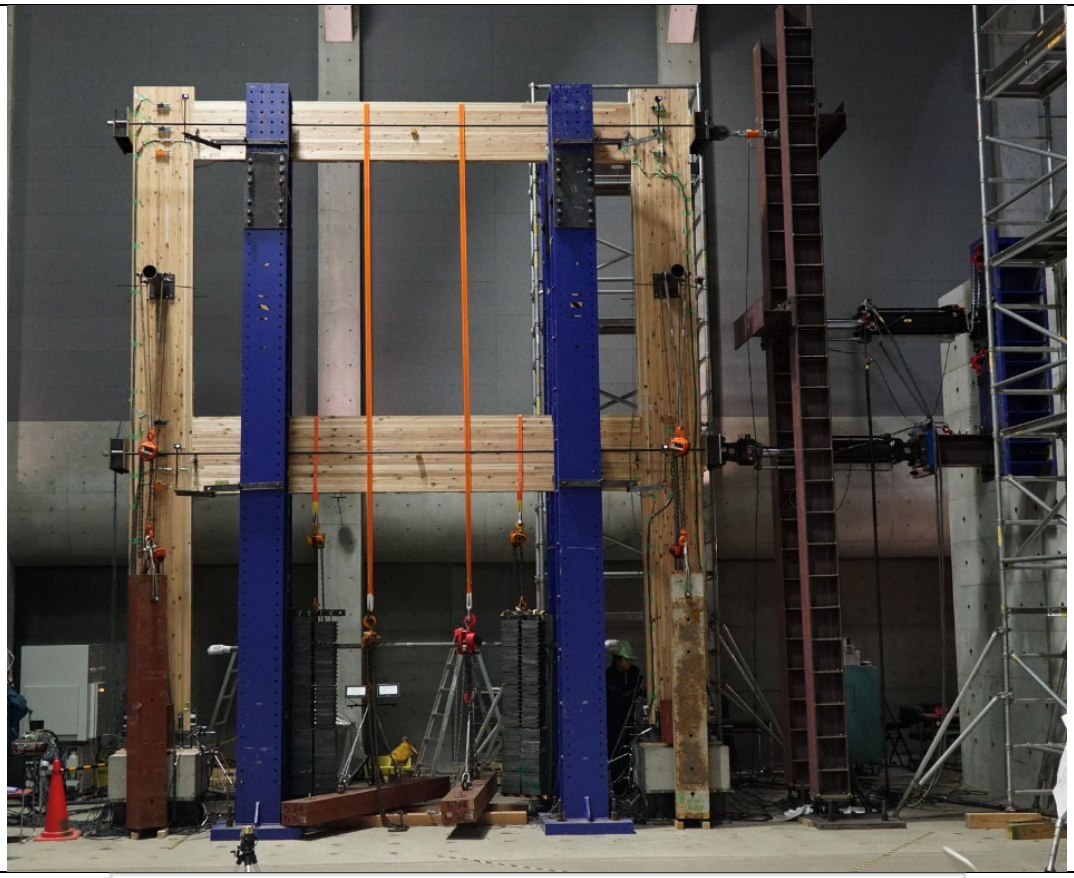

M_{EG3} = 32.6 kNm
M_{CH103} = 20.0 kNm
M_{CH106} = 19.5 kNm
M_{WG3} = 32.1 kNm
M_{E2t} = 36.6 kNm
M_{CH97} = 24.2 kNm
M_{CH91} = 17.1 kNm
M_{E2b} = 31.0 kNm
M_{E1t} = 32.1 kNm
M_{CH89} = 11.4 kNm
M_{CH83} = 30.7 kNm
M_{E1b} = 54.4 kNm
Q_2 = -45.4 kN
M_{EG2} = 55.8 kNm
M_{WG2} = 51.8 kNm
M_{CH99} = 36.3 kNm
M_{CH102} = 32.3 kNm
Q_1 = -46.4 kN
M_{W2t} = 37.1 kNm
M_{CH98} = 24.3 kNm
M_{CH92} = 18.4 kNm
M_{W2b} = 32.9 kNm
M_{W1t} = 24.3 kNm
M_{CH90} = 10.2 kNm
M_{CH84} = 18.5 kNm
M_{W1b} = 34.7 kNm

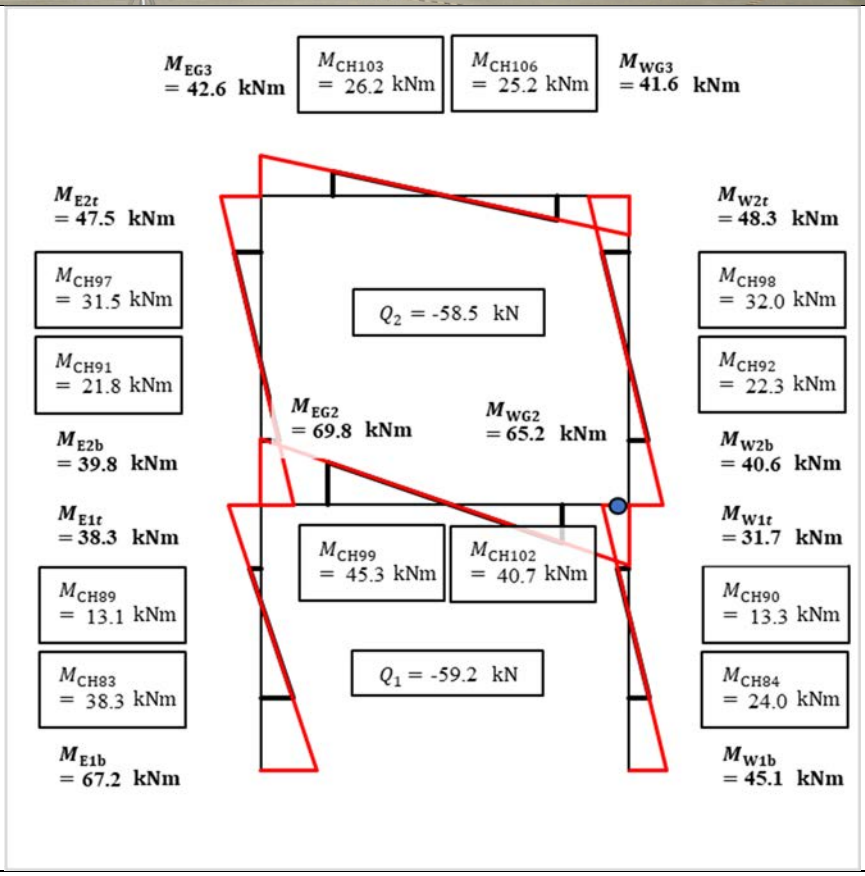
＋1/150rad



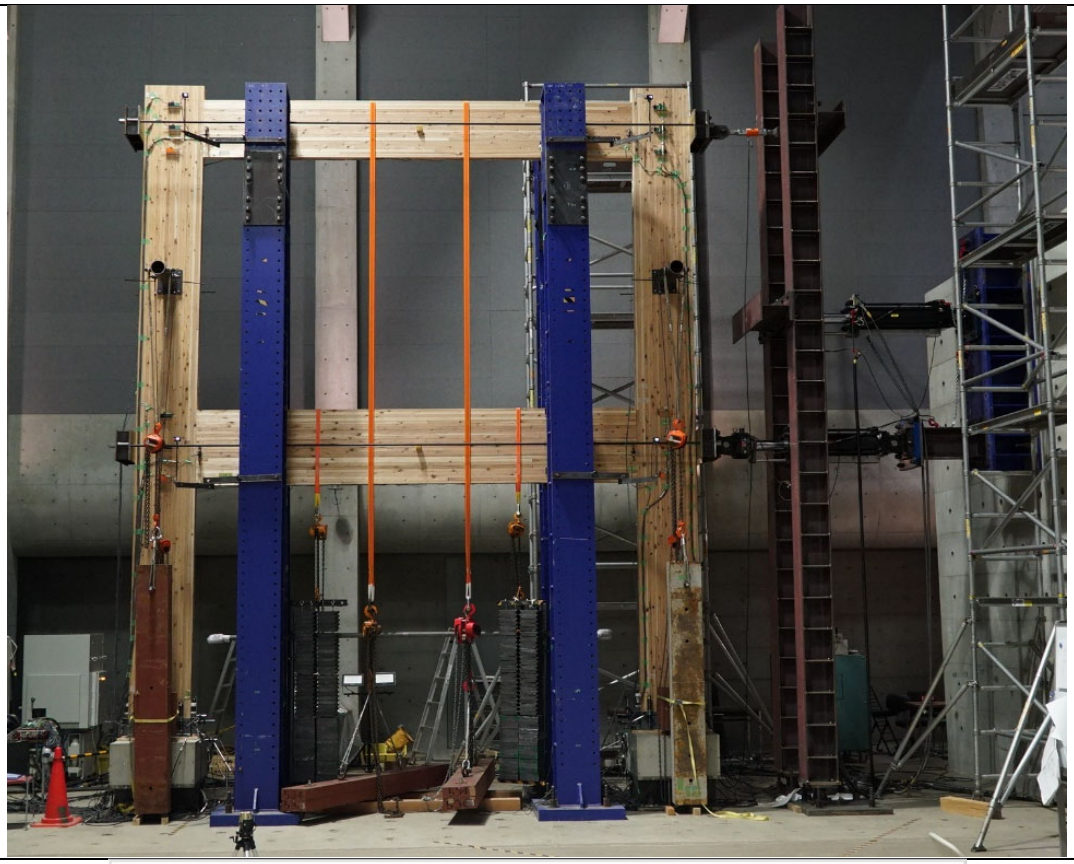

M_{EG3} = 43.7 kNm
M_{CH103} = 27.6 kNm
M_{CH106} = 22.7 kNm
M_{WG3} = 38.9 kNm
M_{E2t} = 47.6 kNm
M_{CH97} = 30.4 kNm
M_{CH91} = 26.8 kNm
M_{E2b} = 46.2 kNm
M_{E1t} = 26.8 kNm
M_{CH89} = 10.9 kNm
M_{CH83} = 21.7 kNm
M_{E1b} = 40.0 kNm
Q_2 = 56.2 kN
M_{EG2} = 62.0 kNm
M_{WG2} = 52.4 kNm
M_{CH99} = 41.3 kNm
M_{CH102} = 31.6 kNm
Q_1 = 53.5 kN
M_{W2t} = 47.3 kNm
M_{CH98} = 32.8 kNm
M_{CH92} = 15.4 kNm
M_{W2b} = 31.7 kNm
M_{W1t} = 32.2 kNm
M_{CH90} = 10.0 kNm
M_{CH84} = 35.2 kNm
M_{W1b} = 60.7 kNm

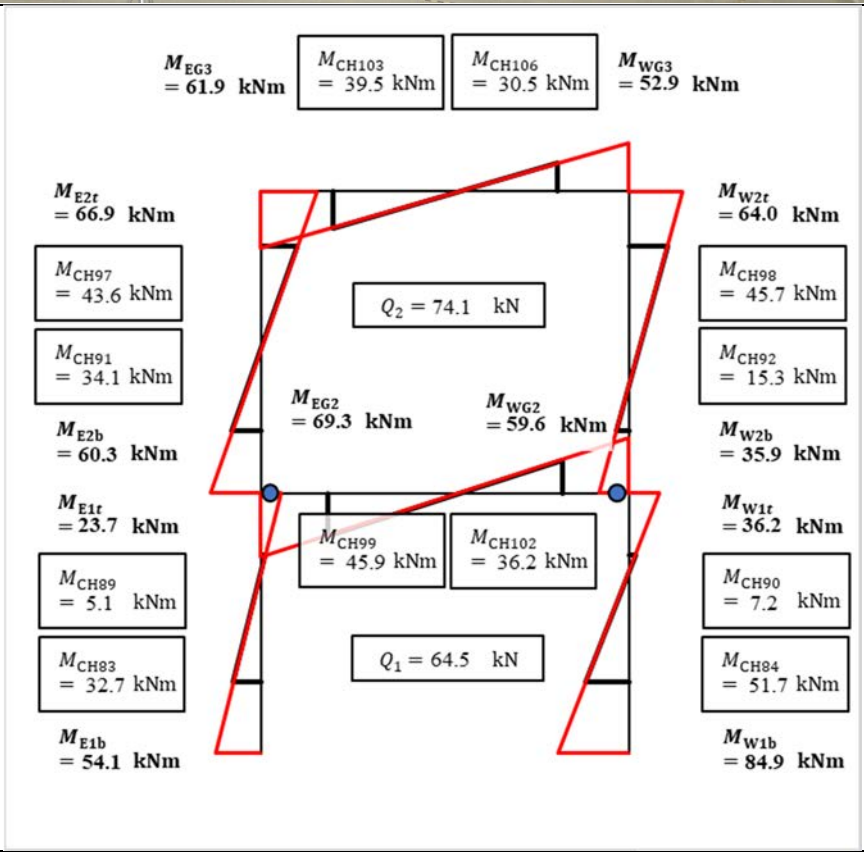
-1/150rad



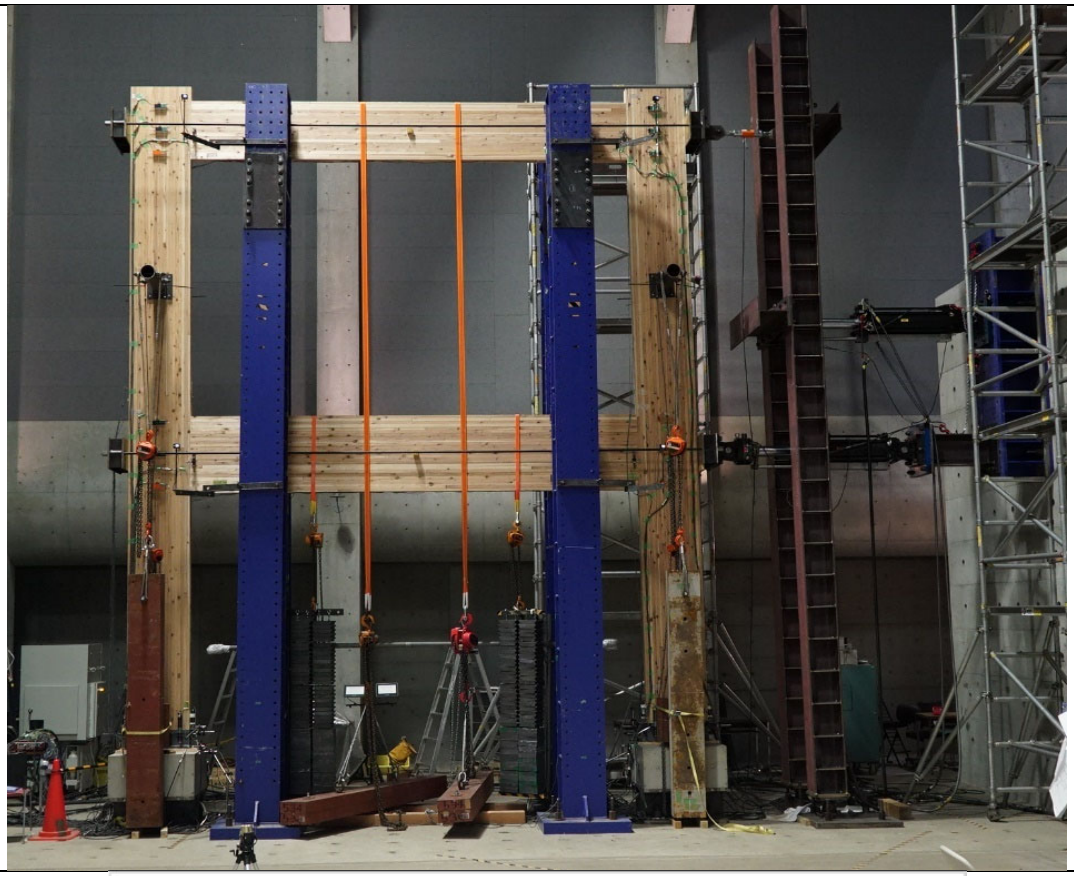

M_{EG3} = 42.6 kNm
M_{CH103} = 26.2 kNm
M_{CH106} = 25.2 kNm
M_{WG3} = 41.6 kNm
M_{E2t} = 47.5 kNm
M_{W2t} = 48.3 kNm
M_{CH97} = 31.5 kNm
M_{CH98} = 32.0 kNm
M_{CH91} = 21.8 kNm
M_{CH92} = 22.3 kNm
Q_2 = -58.5 kN
M_{EG2} = 69.8 kNm
M_{WG2} = 65.2 kNm
M_{E2b} = 39.8 kNm
M_{W2b} = 40.6 kNm
M_{E1t} = 38.3 kNm
M_{W1t} = 31.7 kNm
M_{CH99} = 45.3 kNm
M_{CH102} = 40.7 kNm
M_{CH89} = 13.1 kNm
M_{CH90} = 13.3 kNm
Q_1 = -59.2 kN
M_{CH83} = 38.3 kNm
M_{CH84} = 24.0 kNm
M_{E1b} = 67.2 kNm
M_{W1b} = 45.1 kNm

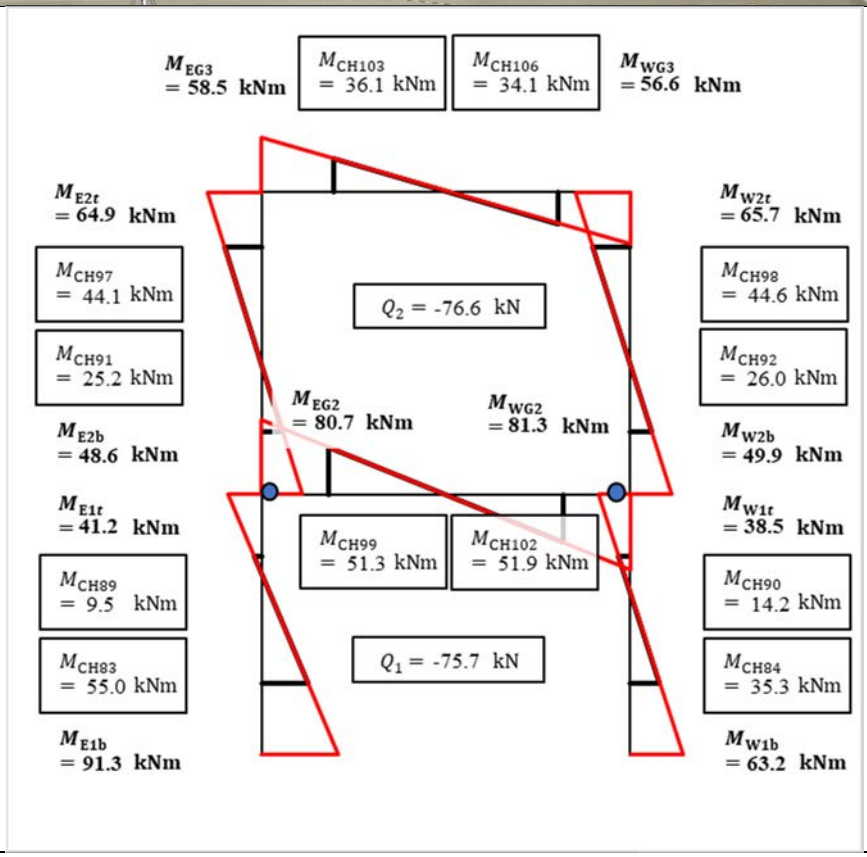
＋1/100rad




M_{EG3} = 61.9 kNm
M_{CH103} = 39.5 kNm
M_{CH106} = 30.5 kNm
M_{WG3} = 52.9 kNm
M_{E2t} = 66.9 kNm
M_{W2t} = 64.0 kNm
M_{CH97} = 43.6 kNm
M_{CH98} = 45.7 kNm
M_{CH91} = 34.1 kNm
M_{CH92} = 15.3 kNm
Q_2 = 74.1 kN
M_{EG2} = 69.3 kNm
M_{WG2} = 59.6 kNm
M_{E2b} = 60.3 kNm
M_{W2b} = 35.9 kNm
M_{E1t} = 23.7 kNm
M_{W1t} = 36.2 kNm
M_{CH99} = 45.9 kNm
M_{CH102} = 36.2 kNm
M_{CH89} = 5.1 kNm
M_{CH90} = 7.2 kNm
Q_1 = 64.5 kN
M_{CH83} = 32.7 kNm
M_{CH84} = 51.7 kNm
M_{E1b} = 54.1 kNm
M_{W1b} = 84.9 kNm

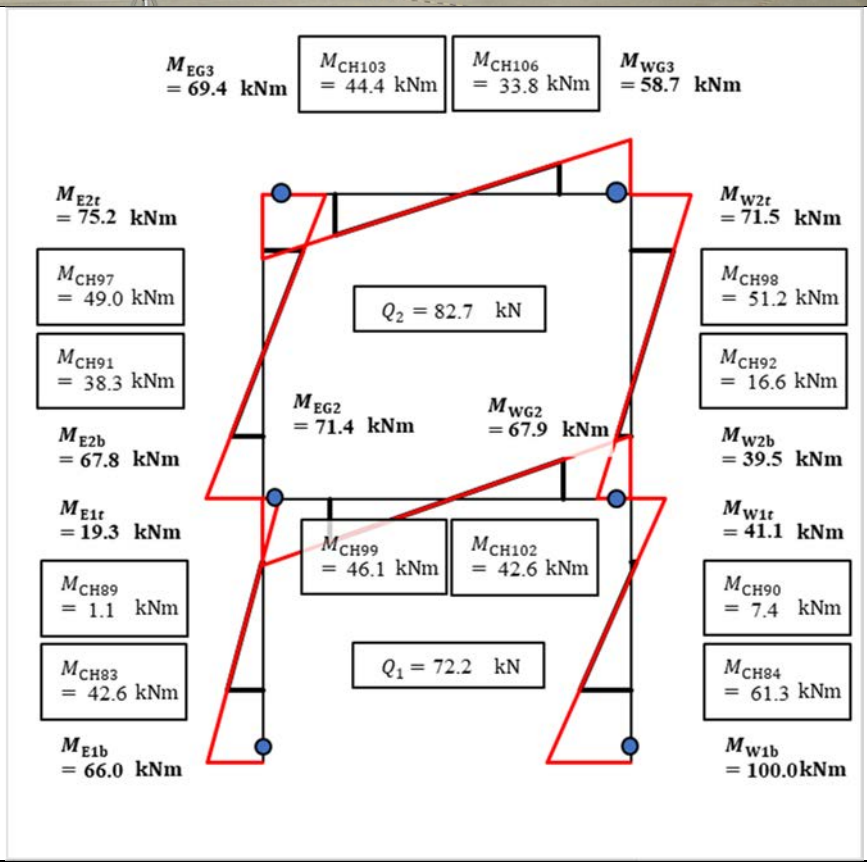
-1/100rad



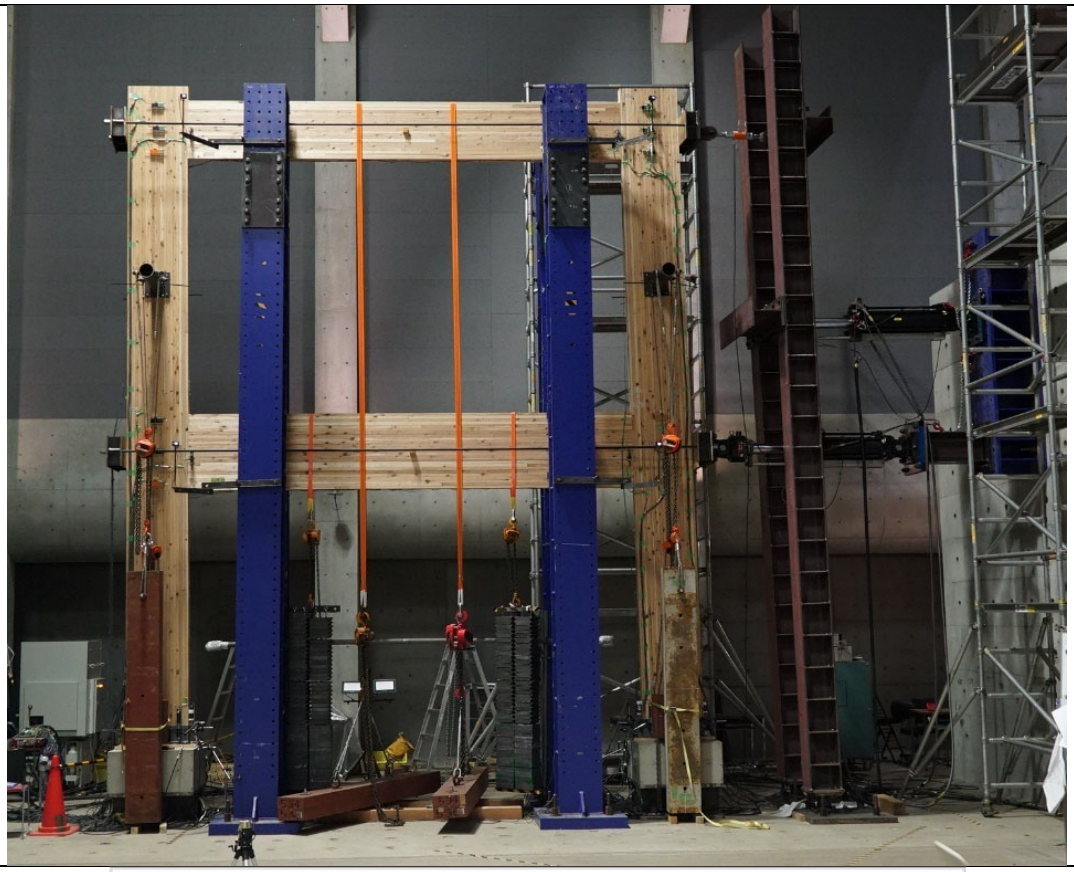

M_{EG3} = 58.5 kNm
M_{CH103} = 36.1 kNm
M_{CH106} = 34.1 kNm
M_{WG3} = 56.6 kNm
M_{E2t} = 64.9 kNm
M_{CH97} = 44.1 kNm
M_{CH91} = 25.2 kNm
M_{E2b} = 48.6 kNm
M_{E1t} = 41.2 kNm
M_{CH89} = 9.5 kNm
M_{CH83} = 55.0 kNm
M_{E1b} = 91.3 kNm
Q_2 = -76.6 kN
M_{EG2} = 80.7 kNm
M_{WG2} = 81.3 kNm
M_{CH99} = 51.3 kNm
M_{CH102} = 51.9 kNm
Q_1 = -75.7 kN
M_{W2t} = 65.7 kNm
M_{CH98} = 44.6 kNm
M_{CH92} = 26.0 kNm
M_{W2b} = 49.9 kNm
M_{W1t} = 38.5 kNm
M_{CH90} = 14.2 kNm
M_{CH84} = 35.3 kNm
M_{W1b} = 63.2 kNm

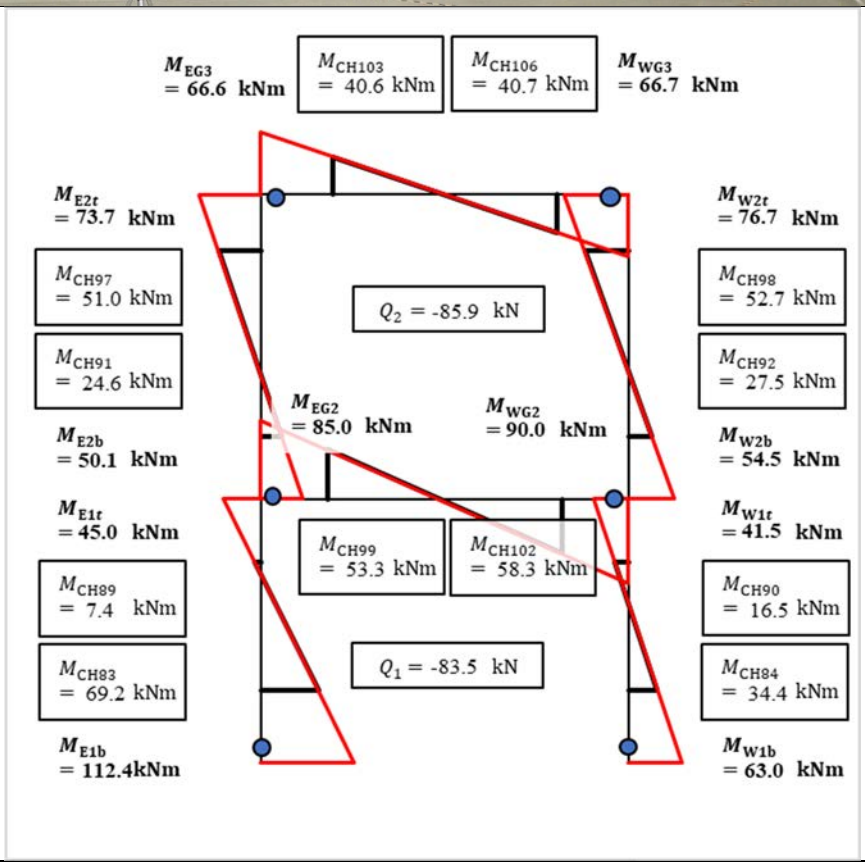
＋1/75rad



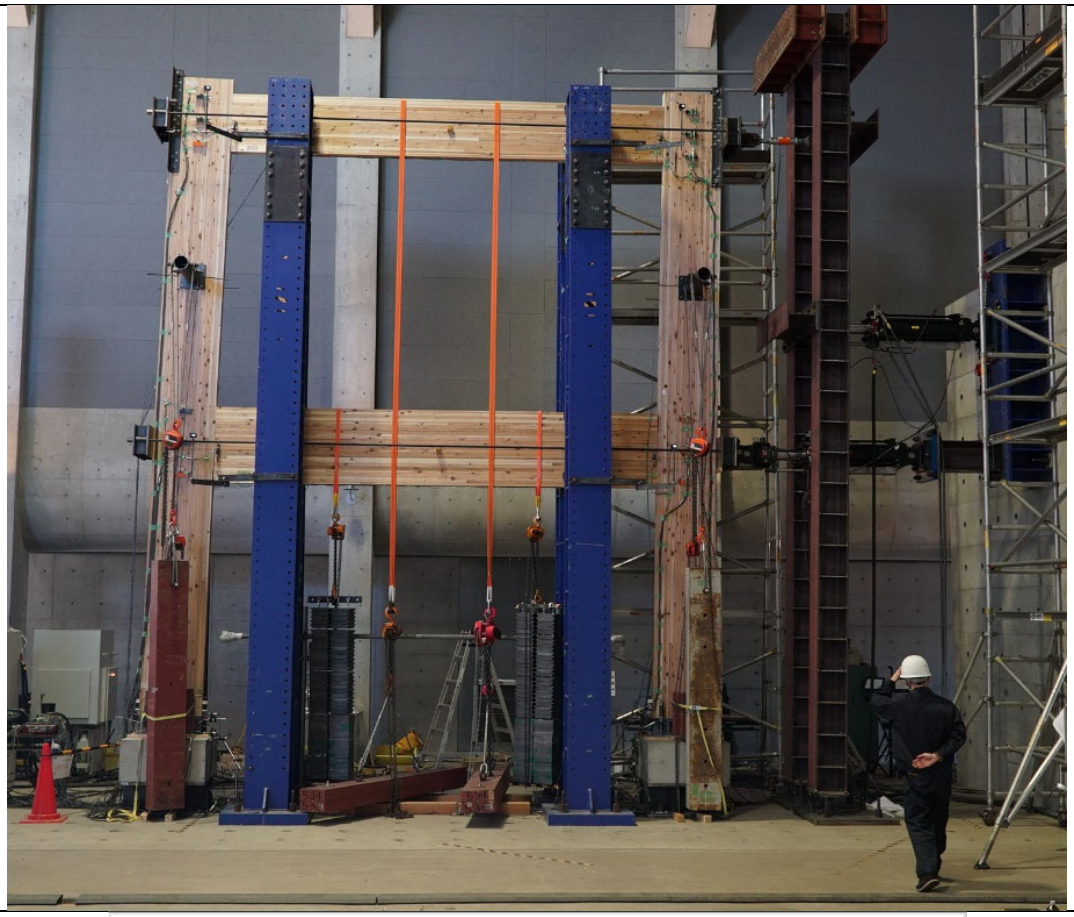

M_{EG3} = 69.4 kNm
M_{CH103} = 44.4 kNm
M_{CH106} = 33.8 kNm
M_{WG3} = 58.7 kNm
M_{E2t} = 75.2 kNm
M_{W2t} = 71.5 kNm
M_{CH97} = 49.0 kNm
M_{CH98} = 51.2 kNm
Q_2 = 82.7 kN
M_{CH91} = 38.3 kNm
M_{CH92} = 16.6 kNm
M_{EG2} = 71.4 kNm
M_{WG2} = 67.9 kNm
M_{E2b} = 67.8 kNm
M_{W2b} = 39.5 kNm
M_{E1t} = 19.3 kNm
M_{W1t} = 41.1 kNm
M_{CH99} = 46.1 kNm
M_{CH102} = 42.6 kNm
M_{CH89} = 1.1 kNm
M_{CH90} = 7.4 kNm
Q_1 = 72.2 kN
M_{CH83} = 42.6 kNm
M_{CH84} = 61.3 kNm
M_{E1b} = 66.0 kNm
M_{W1b} = 100.0kNm

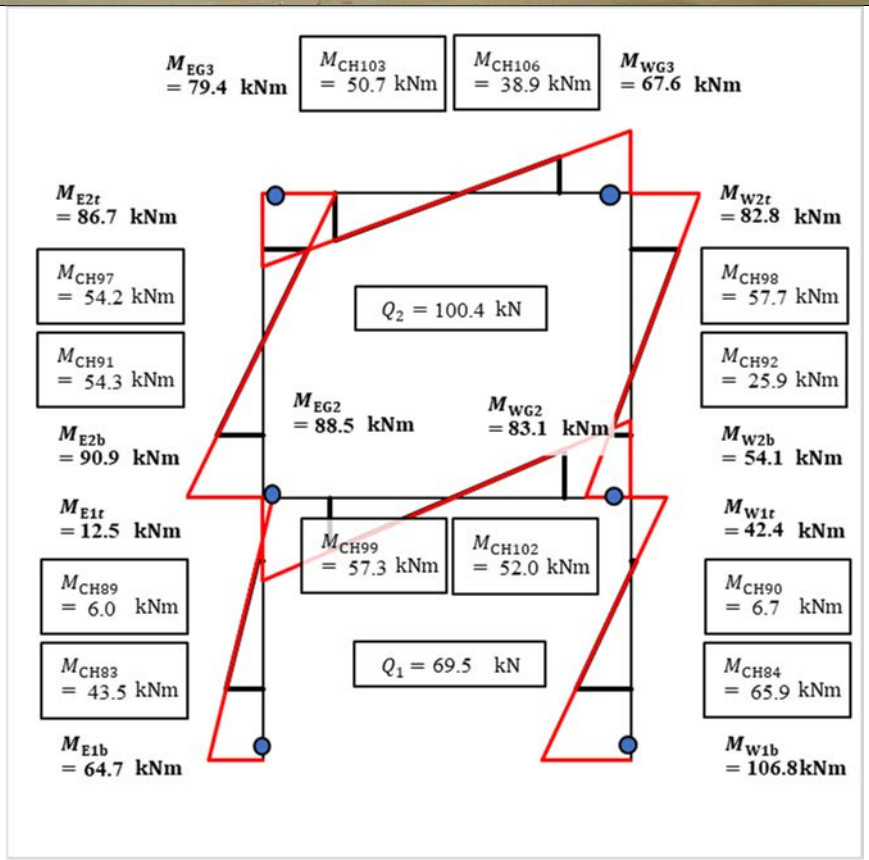
-1/75rad



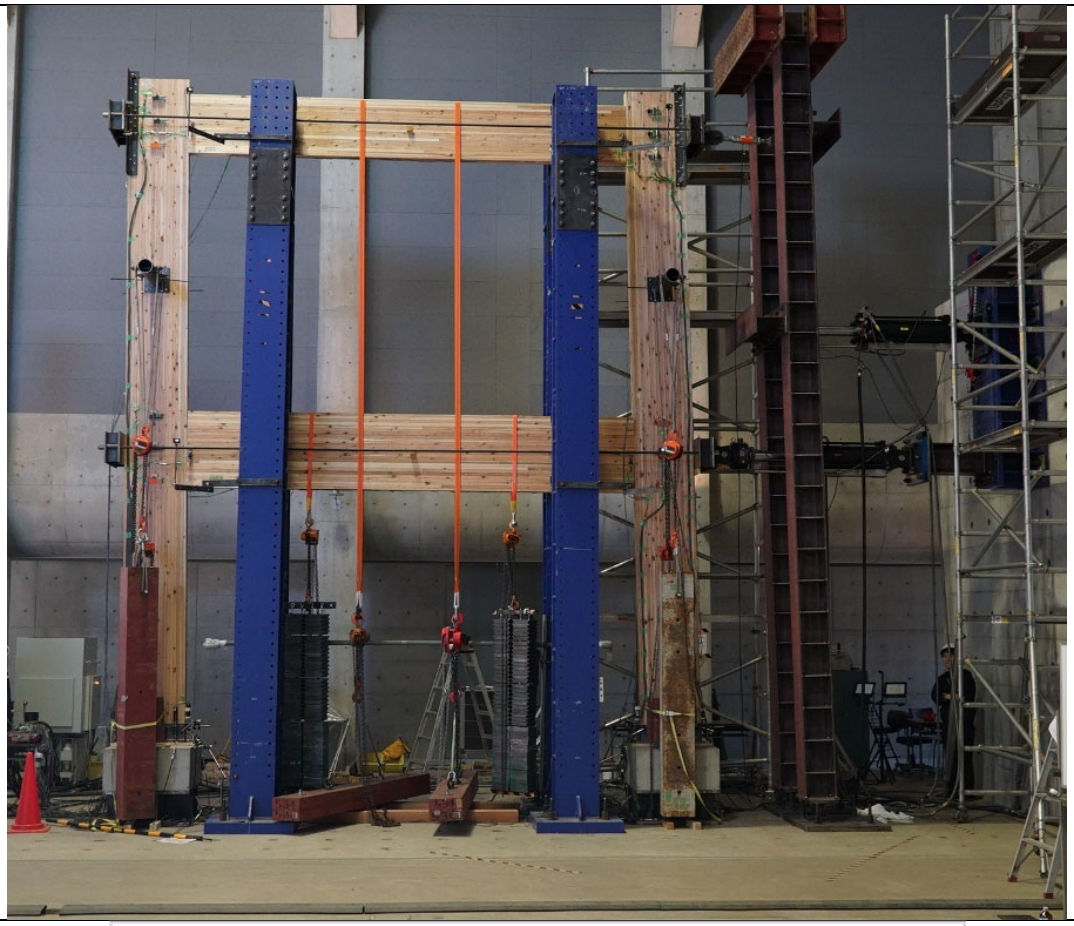

M_{EG3} = 66.6 kNm
M_{CH103} = 40.6 kNm
M_{CH106} = 40.7 kNm
M_{WG3} = 66.7 kNm
M_{E2t} = 73.7 kNm
M_{W2t} = 76.7 kNm
M_{CH97} = 51.0 kNm
M_{CH98} = 52.7 kNm
M_{CH91} = 24.6 kNm
M_{CH92} = 27.5 kNm
Q_2 = -85.9 kN
M_{EG2} = 85.0 kNm
M_{WG2} = 90.0 kNm
M_{E2b} = 50.1 kNm
M_{W2b} = 54.5 kNm
M_{E1t} = 45.0 kNm
M_{W1t} = 41.5 kNm
M_{CH99} = 53.3 kNm
M_{CH102} = 58.3 kNm
M_{CH89} = 7.4 kNm
M_{CH90} = 16.5 kNm
Q_1 = -83.5 kN
M_{CH83} = 69.2 kNm
M_{CH84} = 34.4 kNm
M_{E1b} = 112.4kNm
M_{W1b} = 63.0 kNm

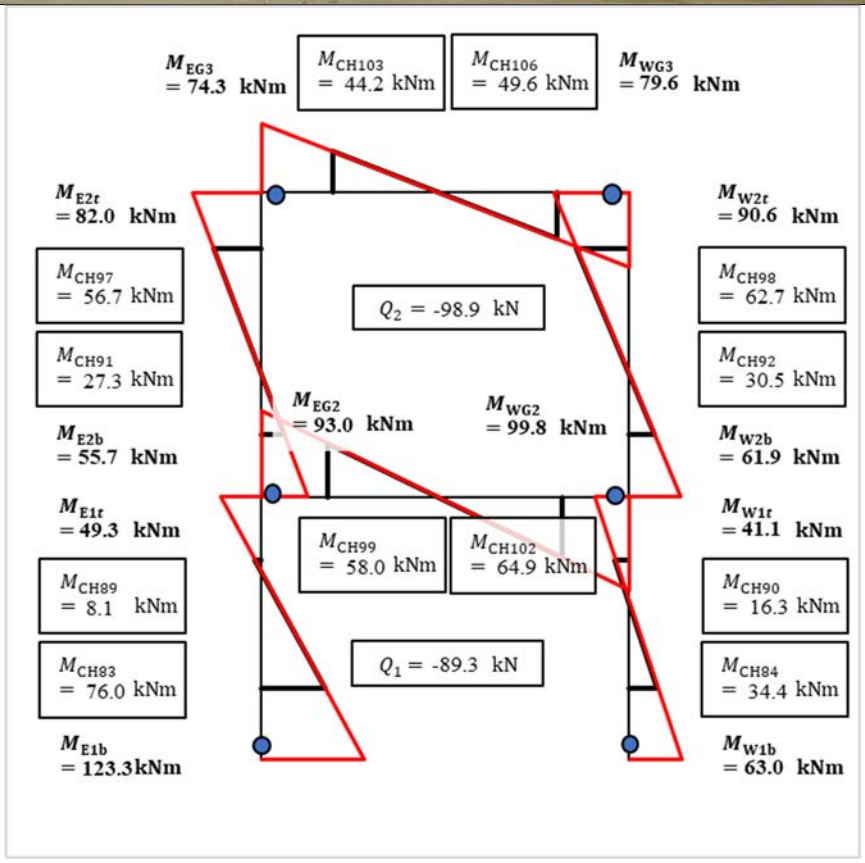
＋1/50rad



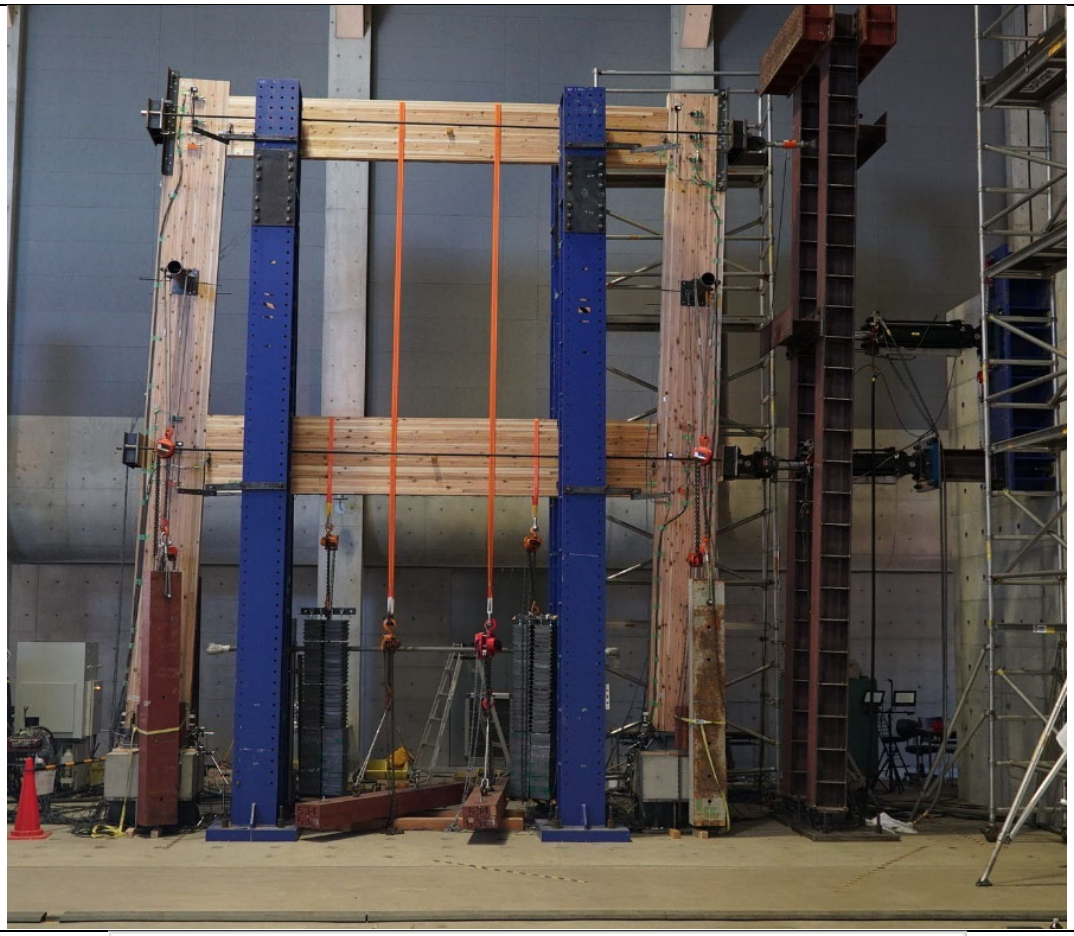

M_{EG3} = 79.4 kNm
M_{CH103} = 50.7 kNm
M_{CH106} = 38.9 kNm
M_{WG3} = 67.6 kNm
M_{E2t} = 86.7 kNm
M_{W2t} = 82.8 kNm
M_{CH97} = 54.2 kNm
M_{CH98} = 57.7 kNm
Q_2 = 100.4 kN
M_{CH91} = 54.3 kNm
M_{CH92} = 25.9 kNm
M_{EG2} = 88.5 kNm
M_{WG2} = 83.1 kNm
M_{E2b} = 90.9 kNm
M_{W2b} = 54.1 kNm
M_{E1t} = 12.5 kNm
M_{W1t} = 42.4 kNm
M_{CH99} = 57.3 kNm
M_{CH102} = 52.0 kNm
M_{CH89} = 6.0 kNm
M_{CH90} = 6.7 kNm
Q_1 = 69.5 kN
M_{CH83} = 43.5 kNm
M_{CH84} = 65.9 kNm
M_{E1b} = 64.7 kNm
M_{W1b} = 106.8kNm

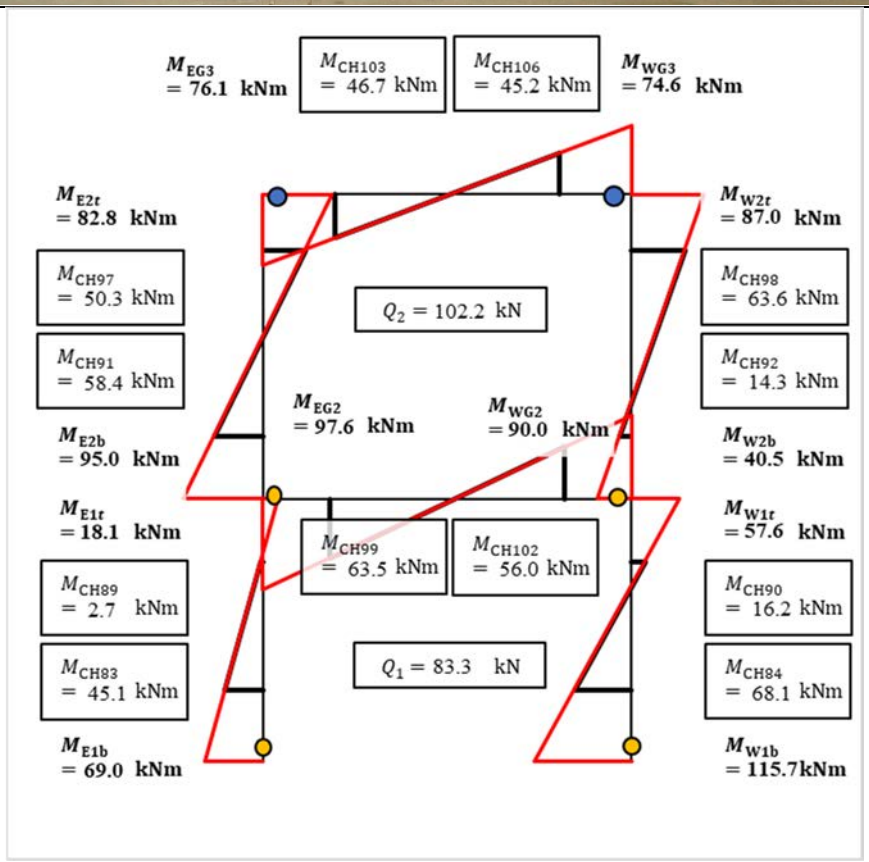
-1/50rad



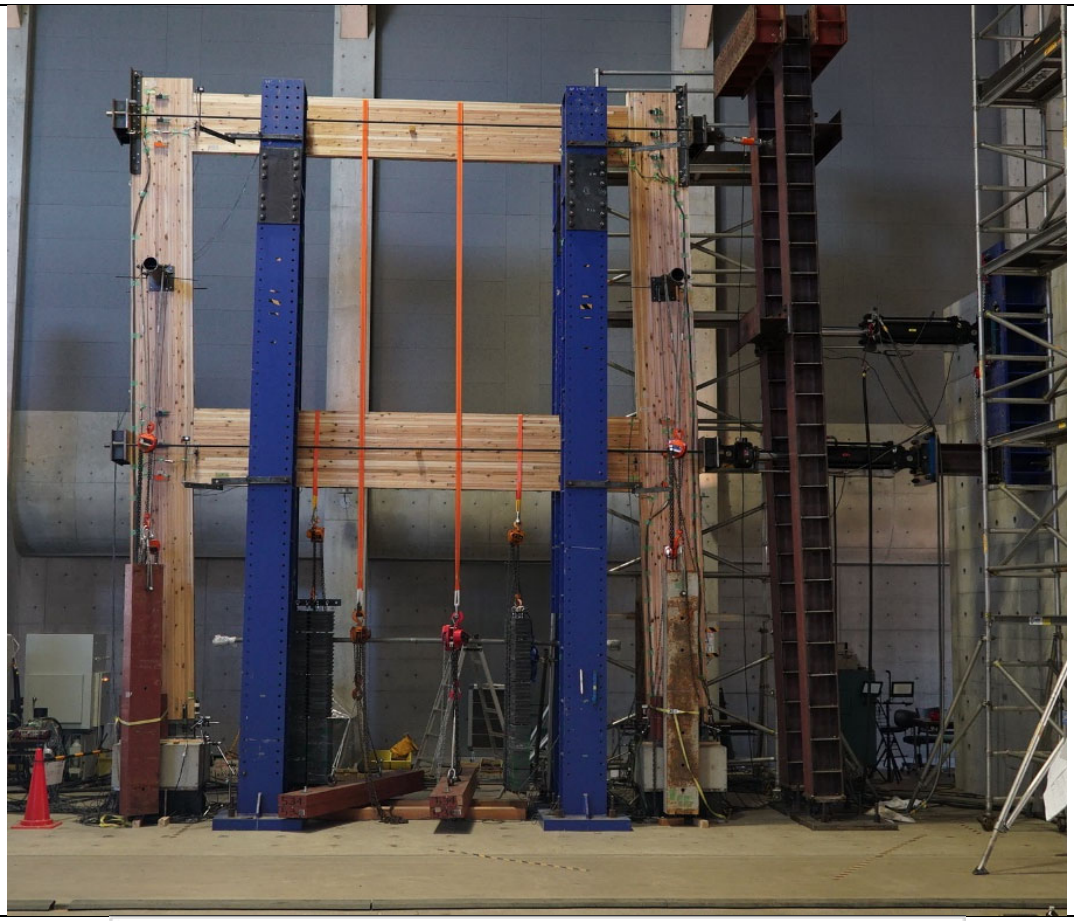

M_{EG3} = 74.3 kNm
M_{CH103} = 44.2 kNm
M_{CH106} = 49.6 kNm
M_{WG3} = 79.6 kNm
M_{E2t} = 82.0 kNm
M_{W2t} = 90.6 kNm
M_{CH97} = 56.7 kNm
M_{CH98} = 62.7 kNm
Q_2 = -98.9 kN
M_{CH91} = 27.3 kNm
M_{CH92} = 30.5 kNm
M_{EG2} = 93.0 kNm
M_{WG2} = 99.8 kNm
M_{E2b} = 55.7 kNm
M_{W2b} = 61.9 kNm
M_{E1t} = 49.3 kNm
M_{W1t} = 41.1 kNm
M_{CH99} = 58.0 kNm
M_{CH102} = 64.9 kNm
M_{CH89} = 8.1 kNm
M_{CH90} = 16.3 kNm
Q_1 = -89.3 kN
M_{CH83} = 76.0 kNm
M_{CH84} = 34.4 kNm
M_{E1b} = 123.3kNm
M_{W1b} = 63.0 kNm

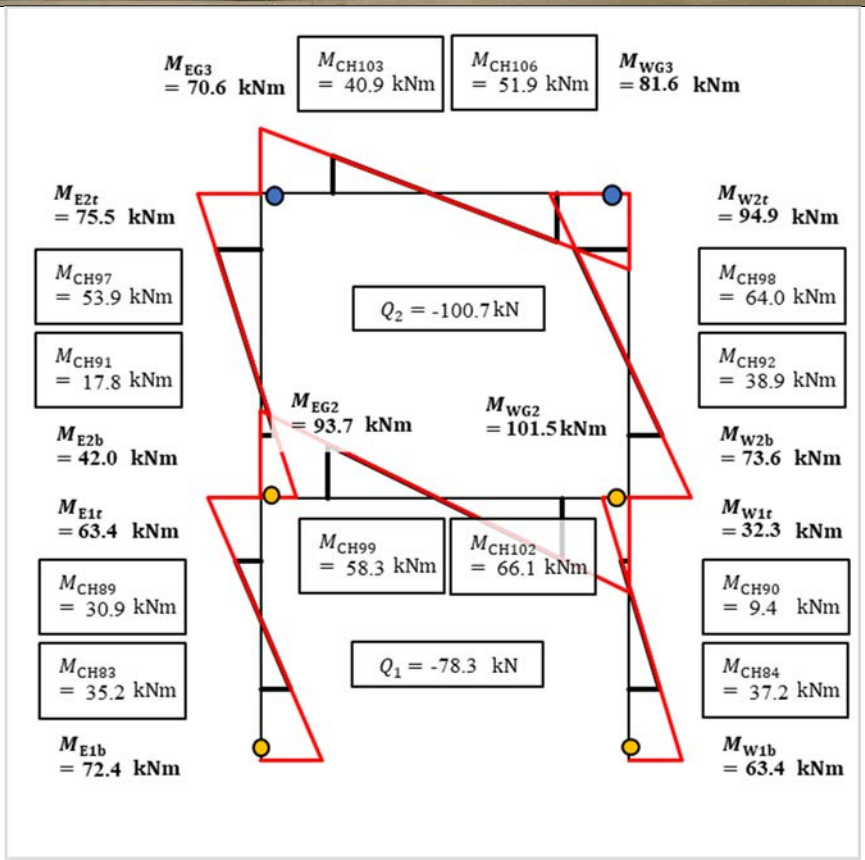
＋1/30rad



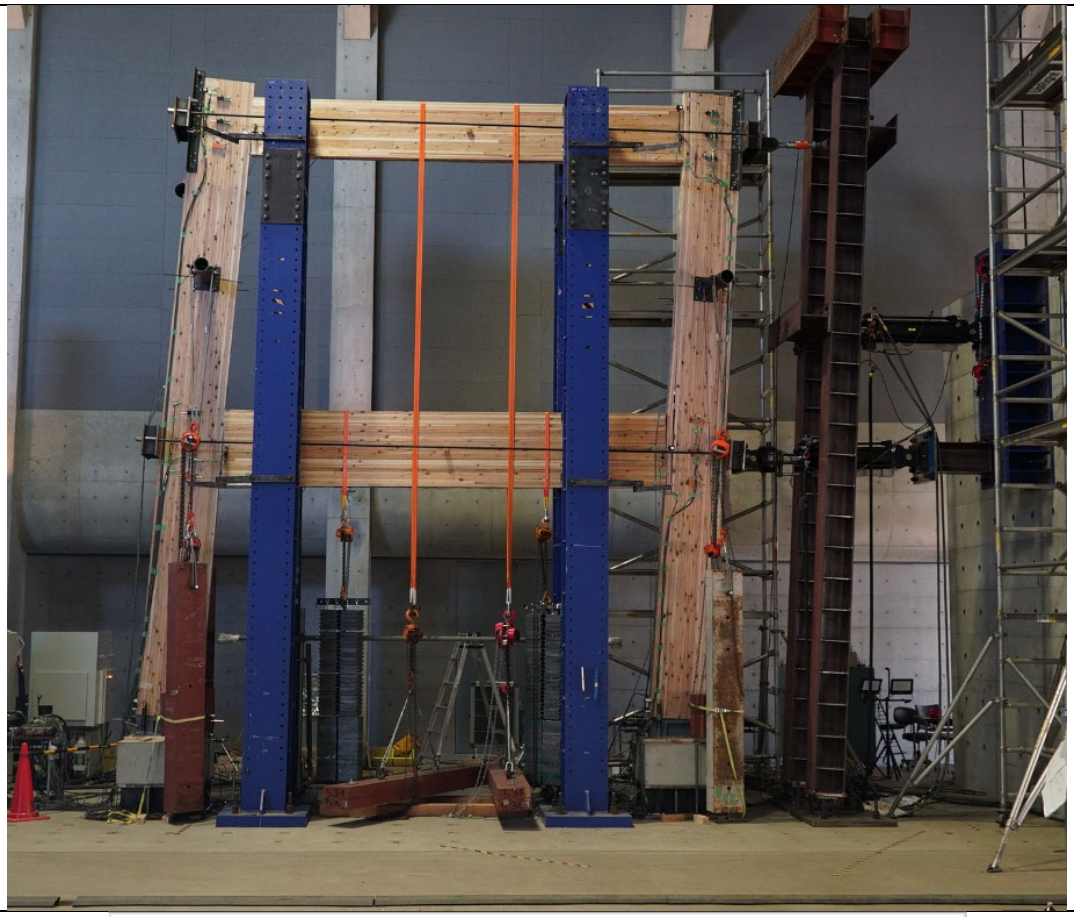

M_{EG3} = 76.1 kNm
M_{CH103} = 46.7 kNm
M_{CH106} = 45.2 kNm
M_{WG3} = 74.6 kNm
M_{E2t} = 82.8 kNm
M_{W2t} = 87.0 kNm
M_{CH97} = 50.3 kNm
M_{CH98} = 63.6 kNm
Q_2 = 102.2 kN
M_{CH91} = 58.4 kNm
M_{CH92} = 14.3 kNm
M_{EG2} = 97.6 kNm
M_{WG2} = 90.0 kNm
M_{E2b} = 95.0 kNm
M_{W2b} = 40.5 kNm
M_{E1t} = 18.1 kNm
M_{W1t} = 57.6 kNm
M_{CH99} = 63.5 kNm
M_{CH102} = 56.0 kNm
M_{CH89} = 2.7 kNm
M_{CH90} = 16.2 kNm
Q_1 = 83.3 kN
M_{CH83} = 45.1 kNm
M_{CH84} = 68.1 kNm
M_{E1b} = 69.0 kNm
M_{W1b} = 115.7kNm

-1/30rad




M_{EG3} = 70.6 kNm
M_{CH103} = 40.9 kNm
M_{CH106} = 51.9 kNm
M_{WG3} = 81.6 kNm
M_{E2t} = 75.5 kNm
M_{W2t} = 94.9 kNm
M_{CH97} = 53.9 kNm
M_{CH98} = 64.0 kNm
M_{CH91} = 17.8 kNm
M_{CH92} = 38.9 kNm
Q_2 = -100.7 kN
M_{EG2} = 93.7 kNm
M_{WG2} = 101.5 kNm
M_{E2b} = 42.0 kNm
M_{W2b} = 73.6 kNm
M_{E1t} = 63.4 kNm
M_{W1t} = 32.3 kNm
M_{CH99} = 58.3 kNm
M_{CH102} = 66.1 kNm
M_{CH89} = 30.9 kNm
M_{CH90} = 9.4 kNm
Q_1 = -78.3 kN
M_{CH83} = 35.2 kNm
M_{CH84} = 37.2 kNm
M_{E1b} = 72.4 kNm
M_{W1b} = 63.4 kNm

＋1/15rad



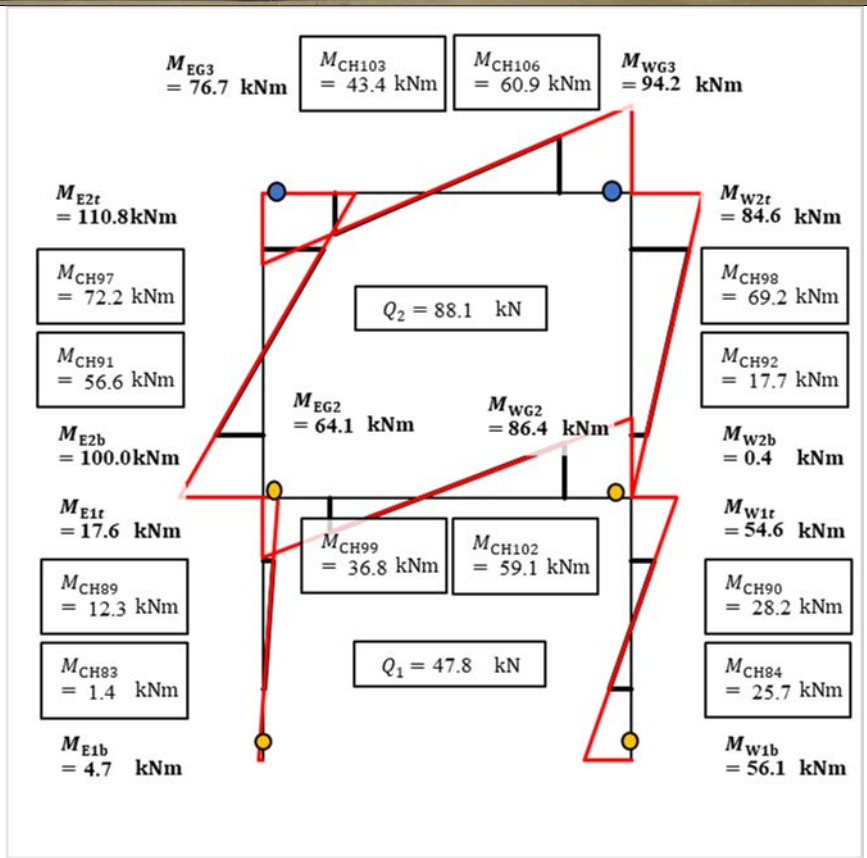
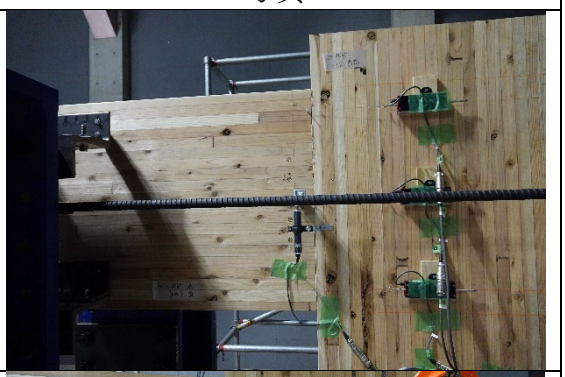
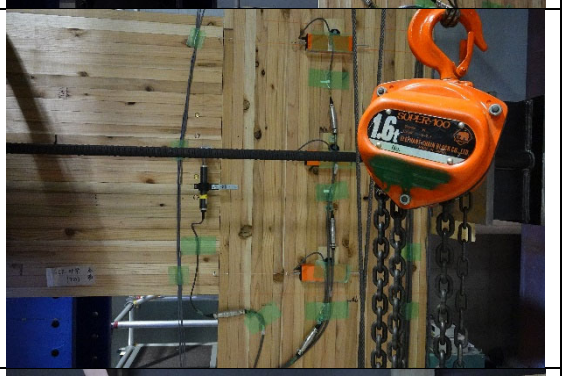
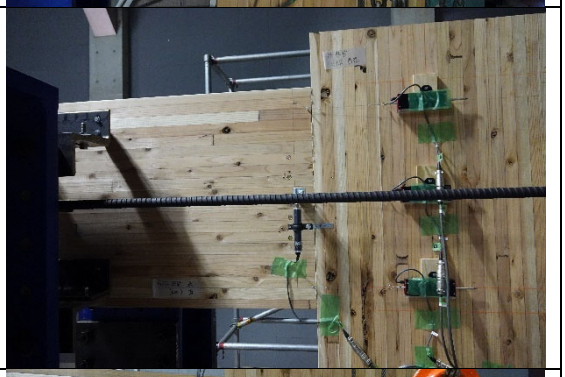
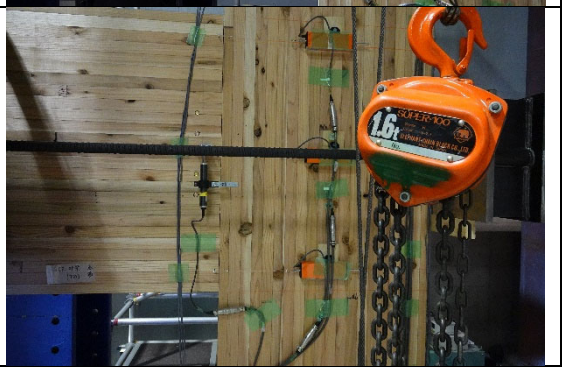
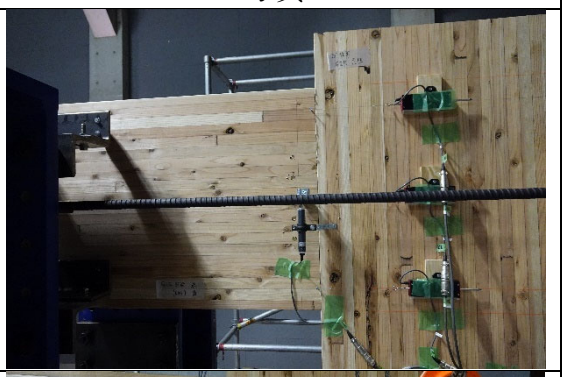
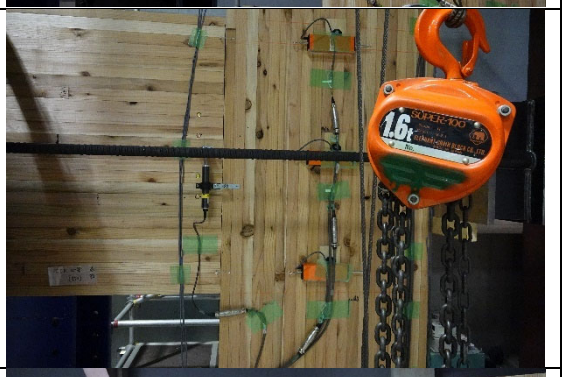
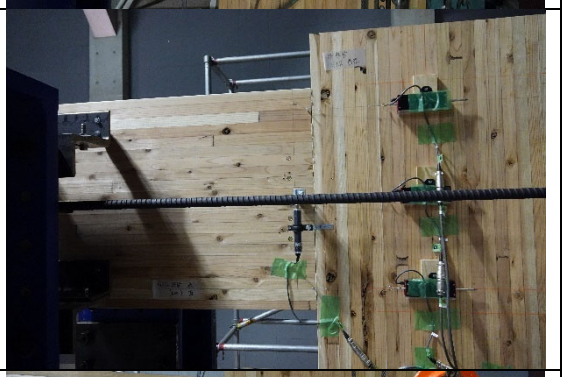
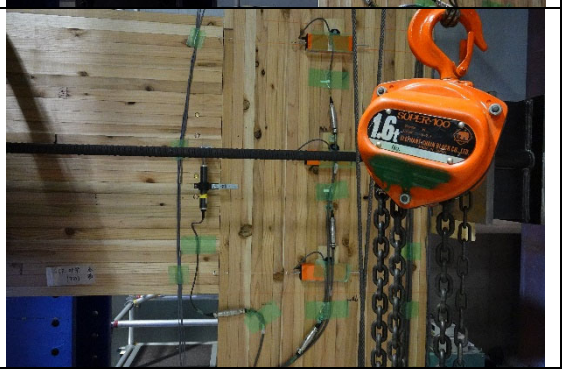
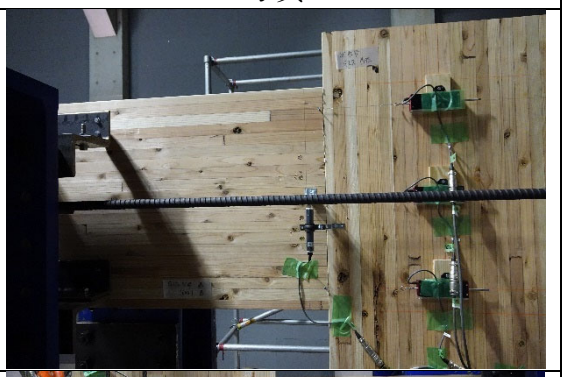
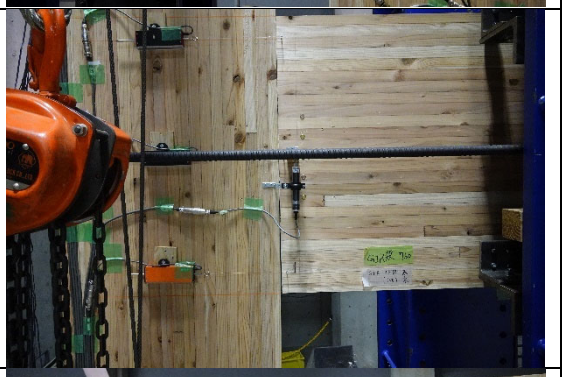
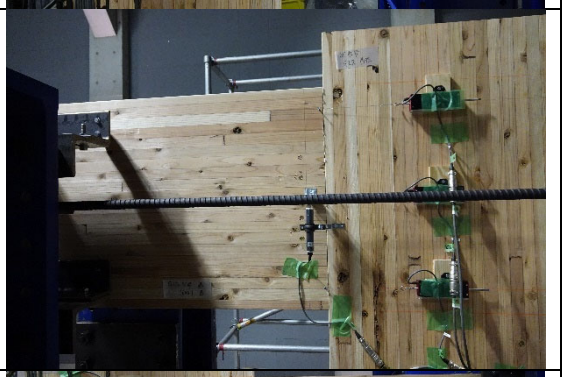
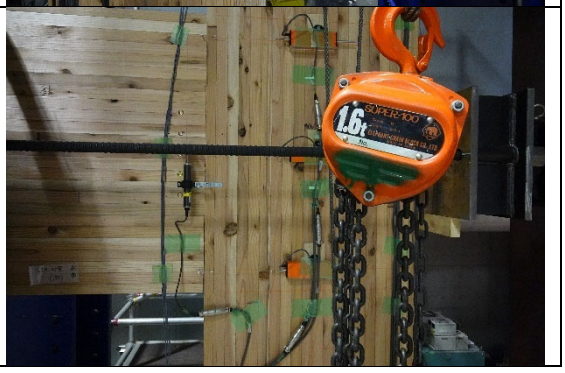
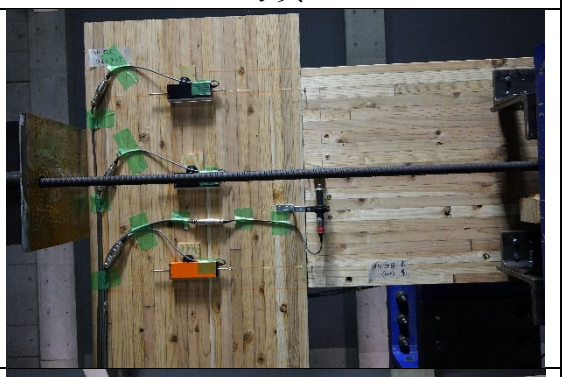
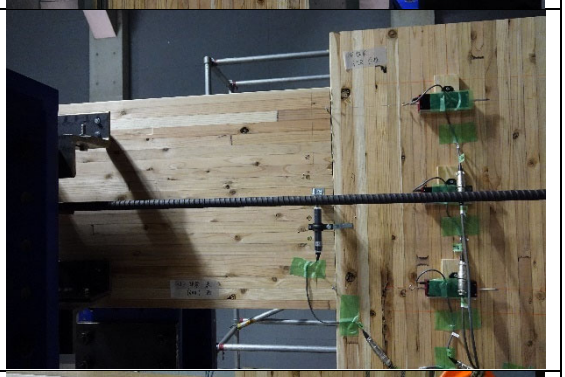
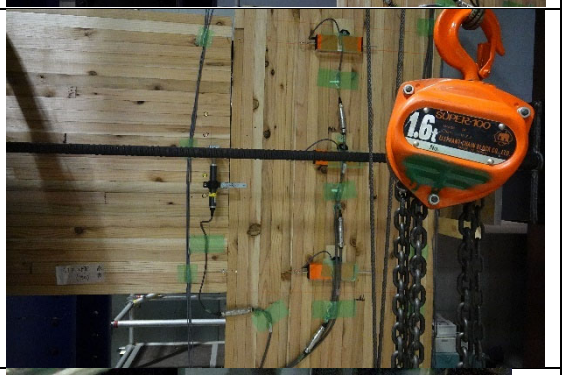

M_{EG3} = 76.7 kNm
M_{CH103} = 43.4 kNm
M_{CH106} = 60.9 kNm
M_{WG3} = 94.2 kNm
M_{E2t} = 110.8kNm
M_{W2t} = 84.6 kNm
M_{CH97} = 72.2 kNm
M_{CH98} = 69.2 kNm
Q_2 = 88.1 kN
M_{CH91} = 56.6 kNm
M_{CH92} = 17.7 kNm
M_{EG2} = 64.1 kNm
M_{WG2} = 86.4 kNm
M_{E2b} = 100.0kNm
M_{W2b} = 0.4 kNm
M_{E1t} = 17.6 kNm
M_{W1t} = 54.6 kNm
M_{CH99} = 36.8 kNm
M_{CH102} = 59.1 kNm
M_{CH89} = 12.3 kNm
M_{CH90} = 28.2 kNm
Q_1 = 47.8 kN
M_{CH83} = 1.4 kNm
M_{CH84} = 25.7 kNm
M_{E1b} = 4.7 kNm
M_{W1b} = 56.1 kNm

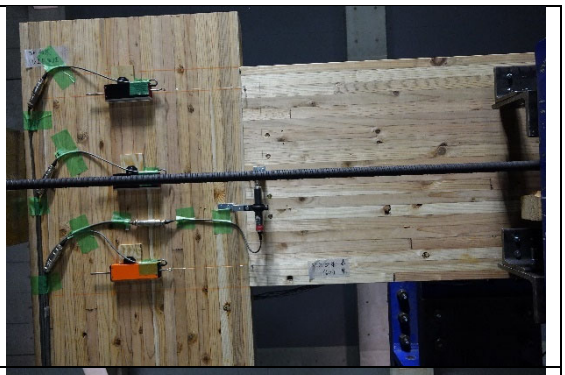
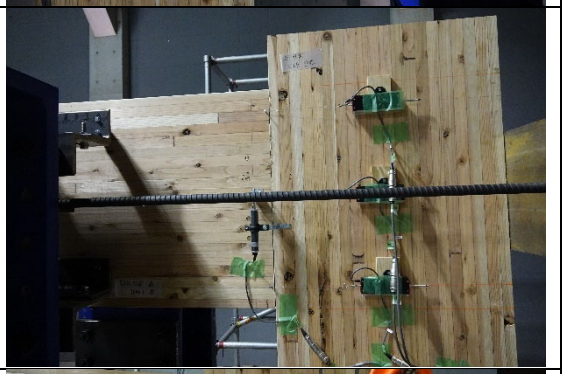
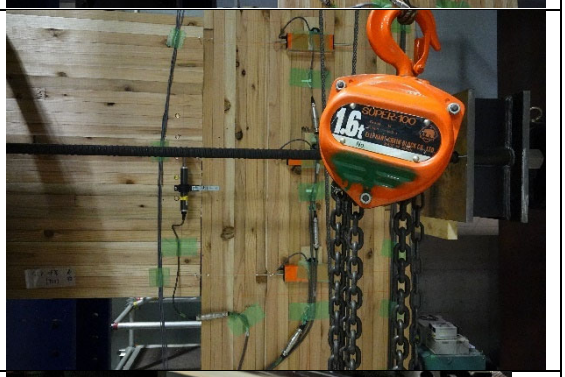
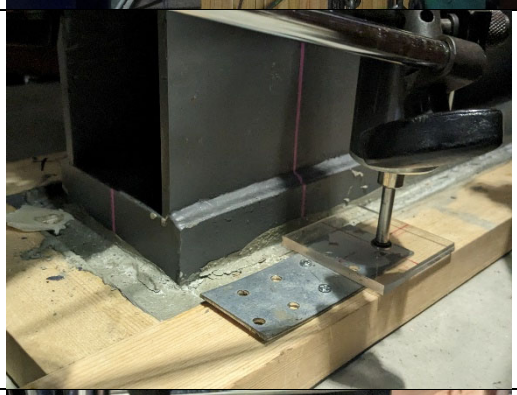
表 4.2.1-2　加力ピーク時の各接合部の破壊性状（GIR 接合試験体）

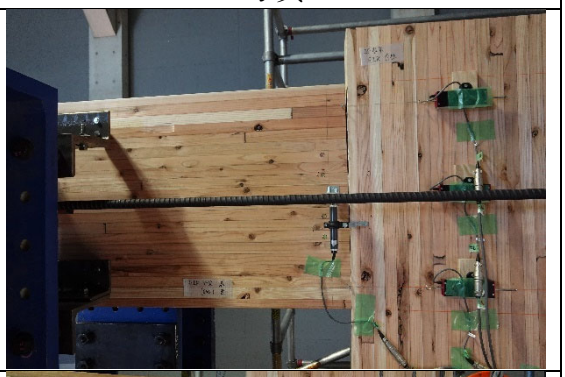
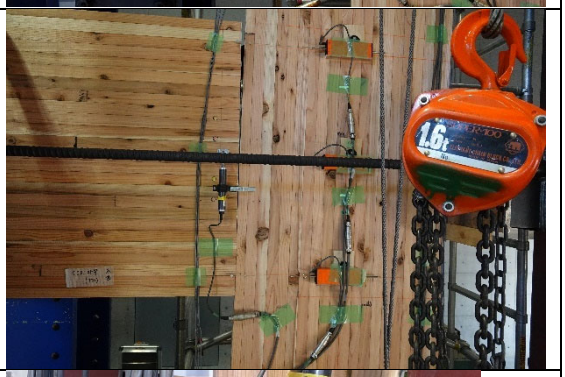
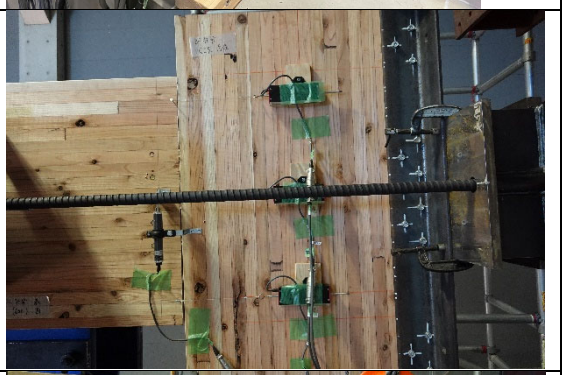
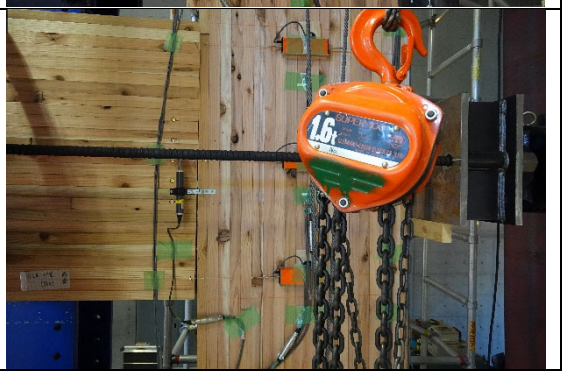
層間変形角	破壊性状	写真
+1/200rad	3 階西端 わずかなめり込みと開き	
	2 階西端 わずかなめり込みと開き	
-1/200rad	3 階西端 わずかなめり込みと開き	
	2 階西端 わずかなめり込みと開き	

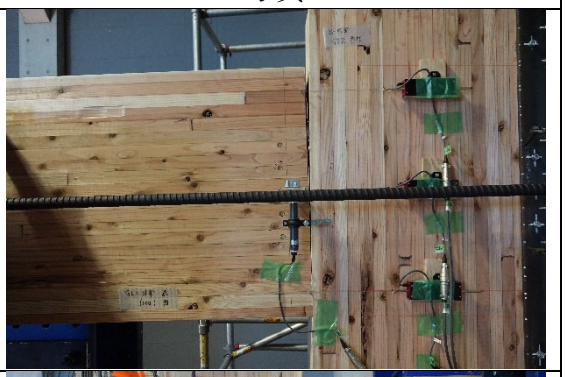
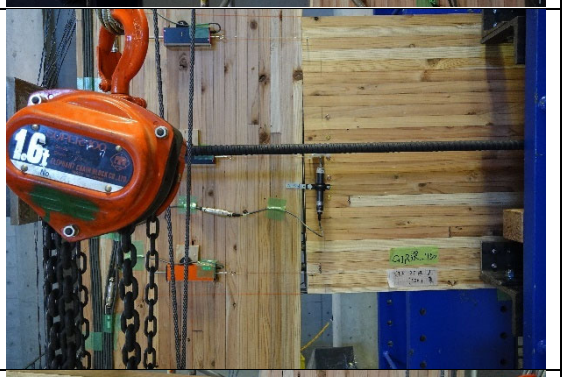
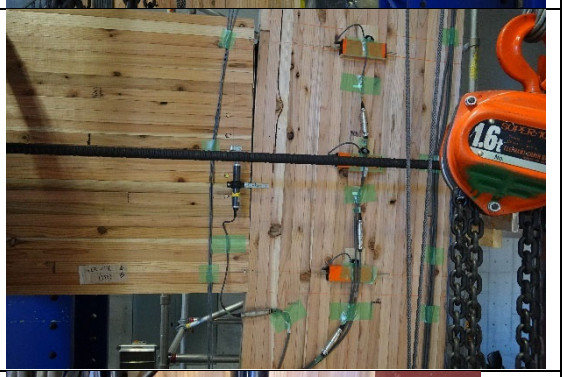
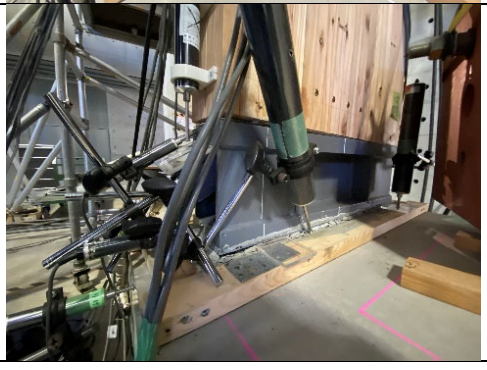
層間変形角	破壊性状	写真
+1/150rad	3 階西端 わずかなめり込みと開き	
	2 階西端：降伏 2mm 程度の開き、わずかなめり込み	
-1/150rad	3 階西端 わずかなめり込みと開き	
	2 階西端 わずかなめり込みと開き	

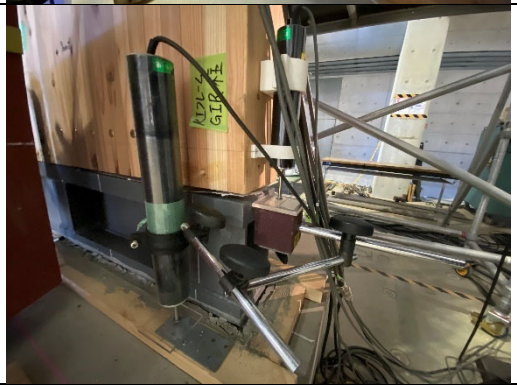
層間変形角	破壊性状	写真
+1/100rad	3 階西端 わずかなめり込みと開き	
	2 階東端：降伏 2~3mm 程度の開き、1.5mm 程度のめり込み	
-1/100rad	3 階西端 わずかなめり込みと開き	
	2 階東端：降伏 2mm 程度の開き、めり込み	
	2 階西端：降伏 2mm 程度の開き、めり込み	

層間変形角	破壊性状	写真
+1/75rad	3 階東端：降伏 2mm 程度の開き、めり込み	
	3 階西端：降伏 2mm 程度の開き、めり込み	
	2 階西端 5mm 程度の開き、3mm 程度のめり込み	
	柱脚 BP 西：降伏 2mm 程度の浮き上がり	

-1/75rad	3 階東端：降伏 2mm 程度の開き、めり込み	
	3 階西端：降伏 2mm 程度の開き、めり込み	
	2 階西端 2~3mm 程度の開き、めり込み	
	柱脚 BP 東：降伏 1.5mm 程度の浮き上がり	
	柱脚 BP 西：降伏 3mm 程度の浮き上がり	

層間変形角	破壊性状	写真
+1/50rad	3 階西端：降伏 5mm 程度の開き、2mm 程度のめり込み	
	2 階西端 9mm 程度の開き、3mm 程度のめり込み	
	柱脚 BP 東：降伏 2~4mm 程度の浮き上がり	
-1/50rad	3 階西端 5mm 程度の開き、めり込み	
	2 階西端 5mm 程度の開き、めり込み	

層間変形角	破壊性状	写真
+1/30rad	3 階西端 7mm 程度の開き、3mm 程度のめり込み	
	2 階東端：破壊 15mm 程度の開き、4mm 程度のめり込み	
	2 階西端：破壊 16mm 程度の開き、5mm 程度のめり込み	
	柱脚 BP 東 6mm 程度の浮き上がり 柱脚 GIR 東：破壊 1.5mm 程度の開き	
	柱脚 BP 西 8mm 程度の浮き上がり 柱脚 GIR 西：破壊	

-1/30rad	3 階西端 7mm 程度の開き、3mm 程度のめり込み	
	2 階東端：破壊 8mm 程度の開き、7mm 程度のめり込み	
	2 階西端：破壊 8mm 程度の開き、7mm 程度のめり込み	
	柱脚 BP 東 3mm 程度の浮き上がり 柱脚 GIR 東：破壊 15mm 程度の開き	
	柱脚 BP 西 8mm 程度の浮き上がり 柱脚 GIR 西：破壊 15mm 程度の開き	

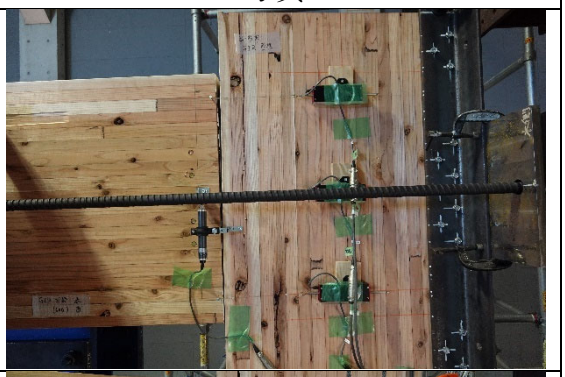
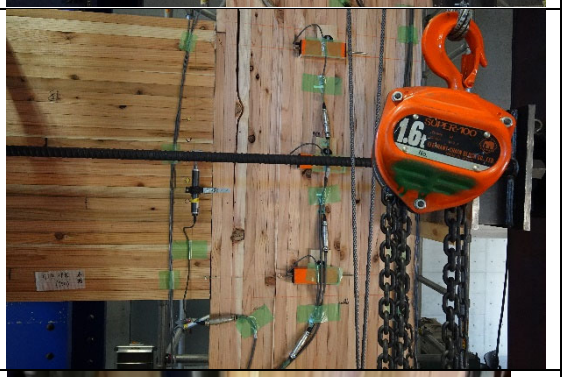
層間変形角	破壊性状	写真
+1/15rad	3 階西端 11mm 程度の開き、6mm 程度のめり込み 柱材のせん断割れ	
	2 階西端 2mm 程度の開き、8mm 程度のめり込み 柱材のせん断割れ	
	柱脚 BP 西 10mm 程度の浮き上がり	

表 4.2.1-3　解体後の各接合部破壊性状（GIR 接合試験体）

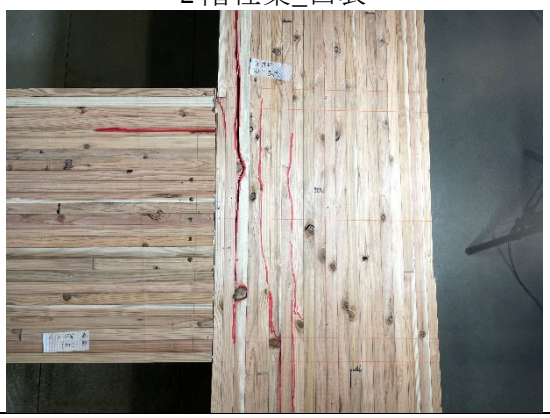
解体後	
3 階柱梁_東表 	3 階柱梁_西表 
2 階柱梁_東表 	2 階柱梁_西表 
柱脚_東表 	柱脚_西表 

表 4.2.1-4　解体後アンカーボルト（GIR 接合試験体）

東側（左：CH15、右：CH16） CH15：636mm、CH16：631mm	西側（左：CH17、右：CH18） CH17：628mm、CH18：634mm
 	 

（2）GIR の接着不良について

GIR 接合部において、接着剤が未注入の箇所があり、耐力や剛性に影響がみられた。接着剤の充填不良の詳細を図 4.2.1-1、表 4.2.1-5～4.2.1-9 に示す。これは、試験終了後、GIR 試験体の解体時に確認したものである。今回の試験体施工においては、GIR の長さが 1195mm と長い特注品に対して、手動による注入とした。柱梁接合部は、柱端部側面から接着剤を注入し梁側に回り、接着剤が柱端部に返ってくる仕組みで、柱側の孔から接着剤が出てきたら注入完了と判断する。しかし、充填中に注入ガン脇から出た接着剤を注入完了時の漏れ出た接着剤であると判断してしまったことから、充填不良が発生したと推測される。柱脚接合部では柱脚金物から接着剤を注入し、柱側にあけた孔から漏れ出ることで注入完了とするため、充填不良は起きなかったと考えられる。2 階柱梁接合部で充填不良が顕著にみられ、特に正側載荷の引張側になる GIR（⑧東 2 階-4 及び⑬西 2 階-1）では柱側の未充填長さが長くなっている。

なお、実際の施工では、手動ではなくエアータイプの加圧注入機で接着剤を注入するため、このような不具合は発生しない。また、GIR の長さが長い場合には確認孔を増やすなどの対策を施すとよい。

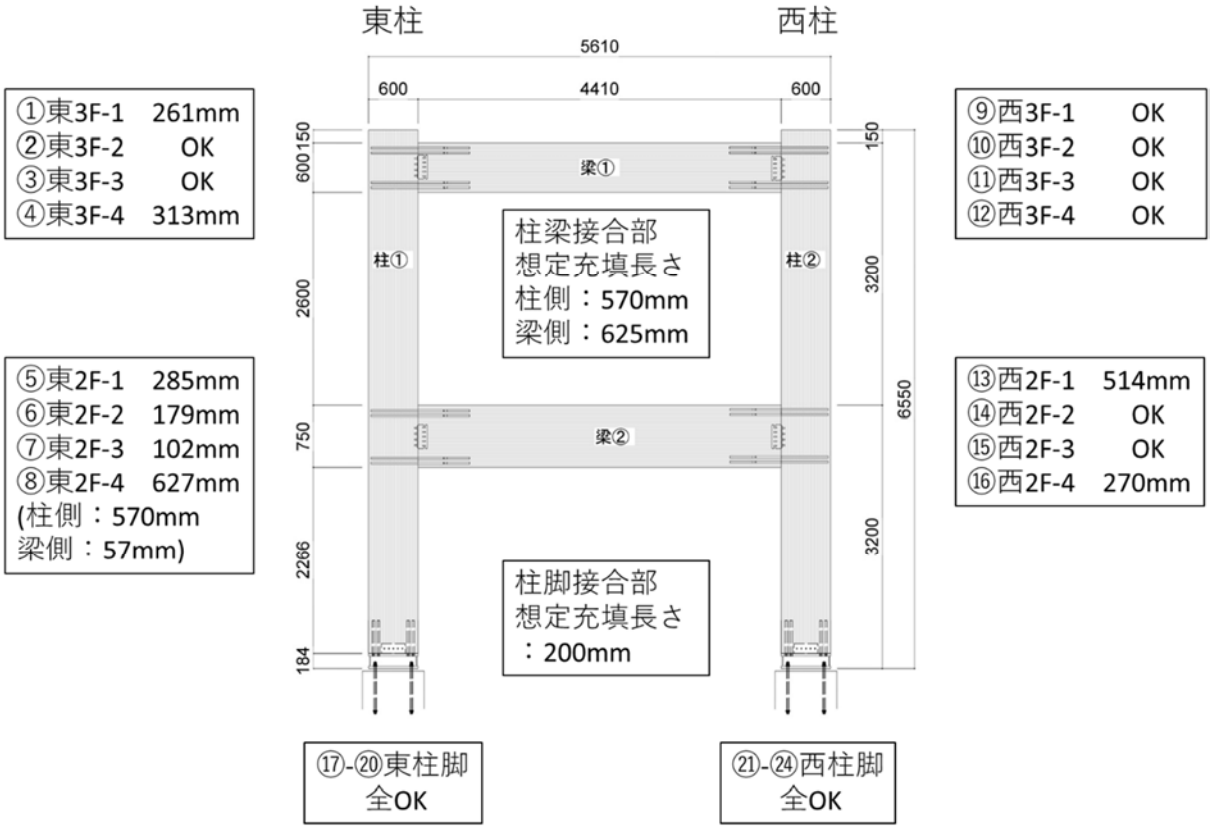


図 4.2.1-1　接着剤充填不良長さ詳細

表 4.2.1-5　柱梁接合部の接着剤充填長さ

	柱側		梁側		
	充填長さ	未充填長さ	充填長さ	未充填長さ	
想定	570	0	625	0	
①東3F-1	309	261	625	0	NG
②東3F-2	570	0	625	0	OK
③東3F-3	570	0	625	0	OK
④東3F-4	257	313	625	0	NG
⑤東2F-1	285	285	625	0	NG
⑥東2F-2	391	179	625	0	NG
⑦東2F-3	468	102	625	0	NG
⑧東2F-4	0	570	568	57	NG
⑨西3F-1	570	0	625	0	OK
⑩西3F-2	570	0	625	0	OK
⑪西3F-3	570	0	625	0	OK
⑫西3F-4	570	0	625	0	OK
⑬西2F-1	56	514	625	0	NG
⑭西2F-2	570	0	625	0	OK
⑮西2F-3	570	0	625	0	OK
⑯西2F-4	300	270	625	0	NG

表 4.2.1-6　柱脚接合部の接着剤充填長さ

	柱脚		
	充填長さ	未充填長さ	
想定	200	0	
⑰東柱脚-1	200	0	OK
⑱東柱脚-2	200	0	OK
⑲東柱脚-3	200	0	OK
⑳東柱脚-4	200	0	OK
㉑西柱脚-1	200	0	OK
㉒西柱脚-2	200	0	OK
㉓西柱脚-3	200	0	OK
㉔西柱脚-4	200	0	OK

表 4.2.1-7　柱梁接合部の充填長さ写真（3 階）

	
①東 3 階-1（柱側：261mm） ②東 3 階-2（OK）	⑨西 3 階-1（OK） ⑩西 3 階-2（OK）
	
③東 3 階-3（OK） ④東 3 階-4（柱側：313mm）	⑪西 3 階-3（OK） ⑫西 3 階-4（OK）

表 4.2.1-8　柱梁接合部の接着剤充填長さ写真（2 階）

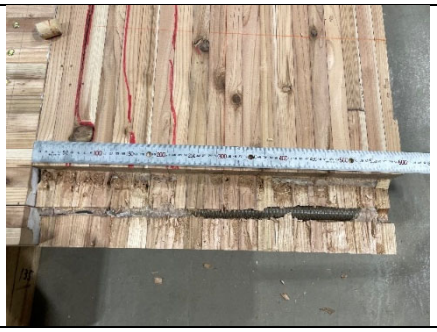
	
⑤東 2 階-1（柱側：285mm） ⑥東 2 階-2（柱側：179mm）	⑬西 2 階-1（柱側：514mm） ⑭西 2 階-2（OK）
	
⑦東 2 階-3（柱側：102mm） ⑧東 2 階-4（柱側：570mm、 梁側：57mm）	⑮西 2 階-3（OK） ⑯西 2 階-4（柱側：270mm）

表 4.2.1-9　柱脚接合部の接着剤充填長さ写真

	
⑰東柱脚-1（OK） ⑱東柱脚-2（OK）	⑲東柱脚-3（OK） ⑳東柱脚-4（OK）

	
㉑西柱脚-1（OK） ㉒西柱脚-2（OK）	㉓西柱脚-3（OK） ㉔西柱脚-4（OK）

（3）層せん断力と層間変形角の関係（GIR 接合試験体）

図 4.2.1-2 に層せん断力 - 層間変形角の関係、図 4.2.1-3 にその包絡線、表 4.2.1-10 に目標変形角到達時（あるいは 1 階層せん断力ピーク時）の層間変形角と層せん断力の一覧をそれぞれ示す。

1 階、2 階ともに R=1/200rad 程度までは高い剛性を示しており、正側載荷にて R=1/150rad で 2 階梁端西側の GIR の降伏が生じたが、層全体の荷重変形関係には大きな影響は見られなかった。R=1/100rad にて 2 階東側梁端の GIR の降伏が生じて徐々に剛性が低下し、R=1/75rad にて 3 階梁端・柱脚のアンカーボルトが降伏し、層全体では明確な履歴ループを描いていた。

1 階はR_1=1/50rad にて層せん断力の増加が緩やかになり、正側載荷では 1/30rad の途中（R_1=1/39rad）で最大耐力 83.3kN に達し、その直後、柱脚部の耐力低下によって、急激に 1 階層せん断力は低下した。R_1=+1/30rad 時に 2 階梁端東西両側の GIR の定着破壊が生じて、さらに層せん断力は低下した。負側載荷では 1/50rad の途中（R_1=1/63rad）で最大耐力 89.6kN に達した。これは、正側載荷での耐力低下が要因であると考えられる。正側負側ともにR_1=1/30rad の 2 サイクル目には最大耐力の 80%以下となった。R_1=1/15rad では最大耐力の 50%以下であった。

2 階はR_2=1/50rad にて層せん断力の増加が緩やかになり、正側載荷では 1/30rad 時で最大耐力 109.9kN に達し、負側載荷では途中（R_2=1/44rad）で最大耐力 100.7kN に達した。2 階梁端東西両側の GIR の定着破壊が生じて、正側負側ともにR_1=1/30rad の 2 サイクル目には最大耐力の 80%以下となった。

R=1/150rad 程度の弾性域では 1 階の層せん断力と 2 階の層せん断力は同程度になっているが、変形角制御により上段ジャッキに対して下段のジャッキが逆方向に荷重がかかっていたためである。R=1/100rad 程度から 1 階の層せん断力より 2 階の層せん断力が大きくなっている。2 階の梁端の GIR の降伏や柱脚のベースプレート部（以下、BP 部と記す。）での降伏によるものと推測される。

層せん断力と層間変形角の関係を完全弾塑性モデル[3]に置換したものを図 4.2.1-4 に示す。初期剛性及び降伏耐力とその時の変形角、終局耐力とその時の変形角、構造特性係数を算出したものを表 4.2.1-11 に示す。最大耐力の 0.8 倍となった時点を終局とした。

1 階は正側よりも負側の方が、初期剛性及び降伏耐力、最大耐力も高くなっている。これは正側載荷時に、引張側となる GIR の接着充填長さが顕著に短いことが要因であると推測される。また、先行でおこなった正側載荷で、R_1=1/30rad 時に柱脚 GIR 部と 2 階梁端の GIR 接着破壊が起こったため、負側載荷での最大耐力時変形角が小さくなったと考えられる。

2 階は、正負の初期剛性は同程度であるが、降伏耐力と最大耐力が正側のほうが大きくなっている。これは、正側載荷時に、2 階梁端のモーメントが 2 階柱脚側で大きく、1 階柱頭側に小さく分配されて、1 階層せん断力は小さく、2 階層せん断力は大きくなってしまうことが原因であると考えられる。

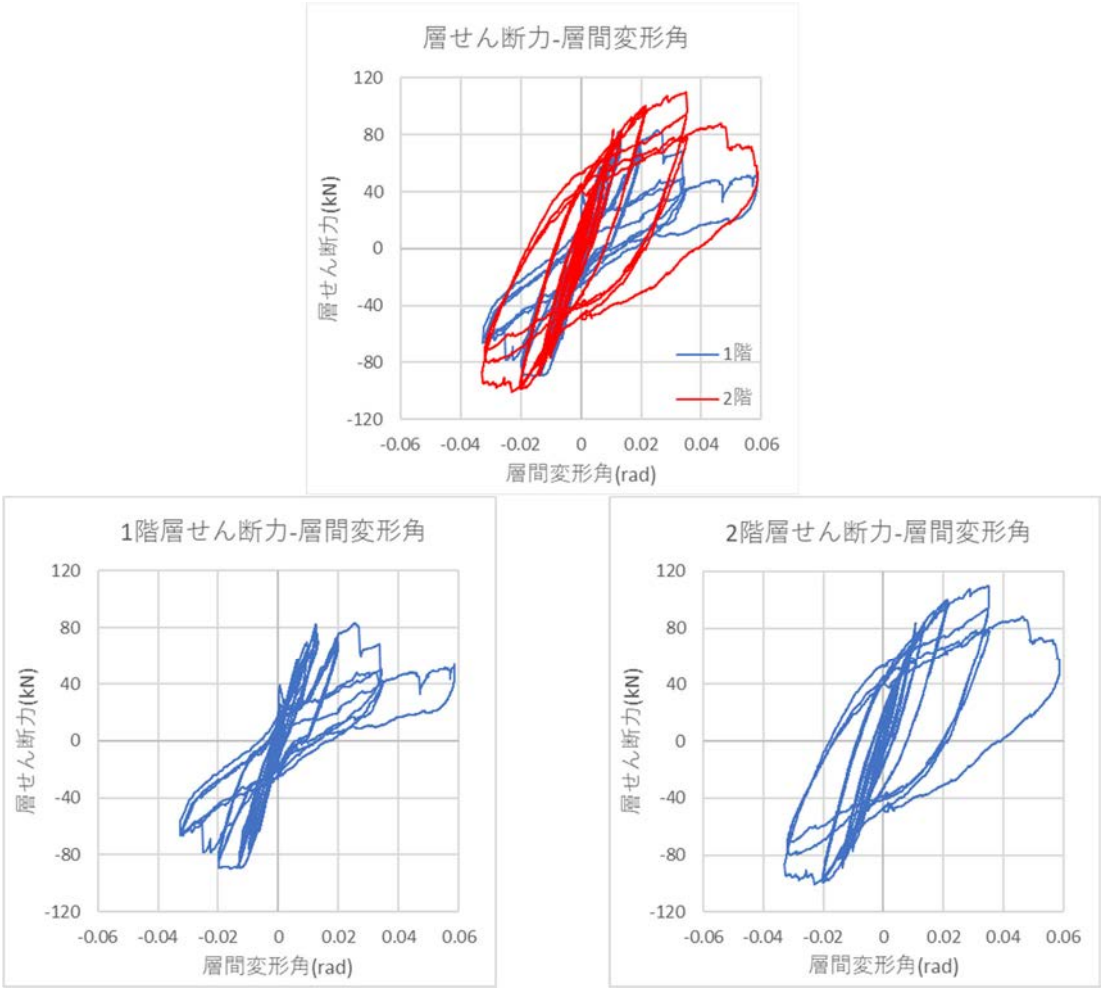


図 4.2.1-2　層せん断力－層間変形角関係（上：2 層分、下：各階）

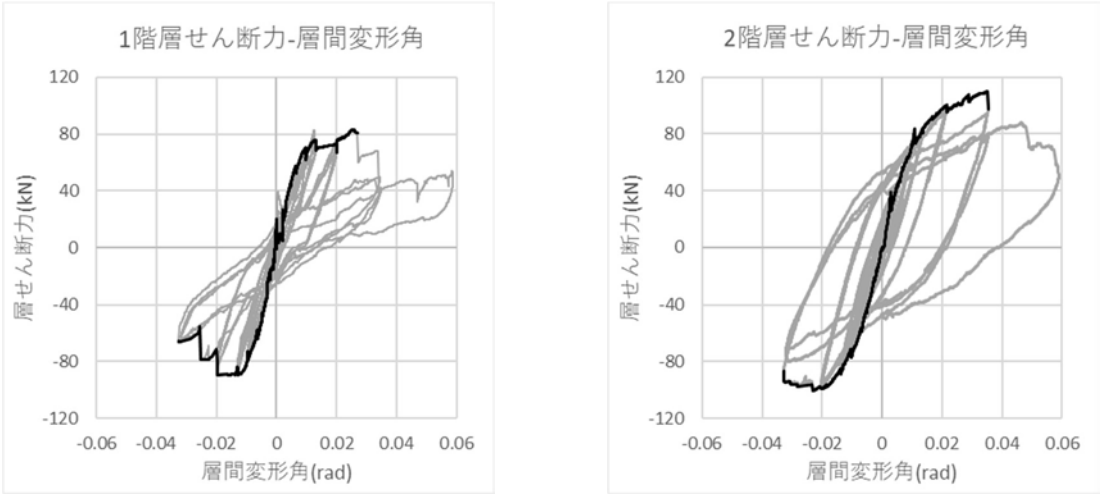


図 4.2.1-3　層せん断力－層間変形角関係の包絡線（左：1 階、右：2 階）

表 4.2.1-10　目標変形角到達時の層間変形角と層せん断力の一覧

		正側載荷				負側載荷			
		層間変形角		層せん断力		層間変形角		層せん断力	
		1階	2階	1階	2階	1階	2階	1階	2階
1/450rad	0.0022	0.0022	0.0023	26.7	23.0	-0.0020	-0.0024	-22.5	-22.5
1/300rad	0.0033	0.0033	0.0034	30.2	29.8	-0.0031	-0.0035	-30.5	-30.2
1/200rad	0.0050	0.0049	0.0050	45.2	44.0	-0.0047	-0.0052	-46.4	-45.4
1/150rad	0.0067	0.0065	0.0068	53.5	56.2	-0.0064	-0.0069	-59.2	-58.5
1/100rad	0.0100	0.0097	0.0103	64.5	74.1	-0.0096	-0.0103	-75.7	-76.6
1/75rad	0.0133	0.0131	0.0136	72.2	82.7	-0.0130	-0.0135	-83.5	-85.9
1/50rad	0.0200	0.0199	0.0215	69.5	100.4	-0.0196	-0.0203	-89.3	-98.9
1/30rad	0.0333	0.0337	0.0351	67.5	109.7	-0.0326	-0.0328	-64.9	-93.2
1/15rad	0.0667	0.0587	0.0588	48.3	51.6				

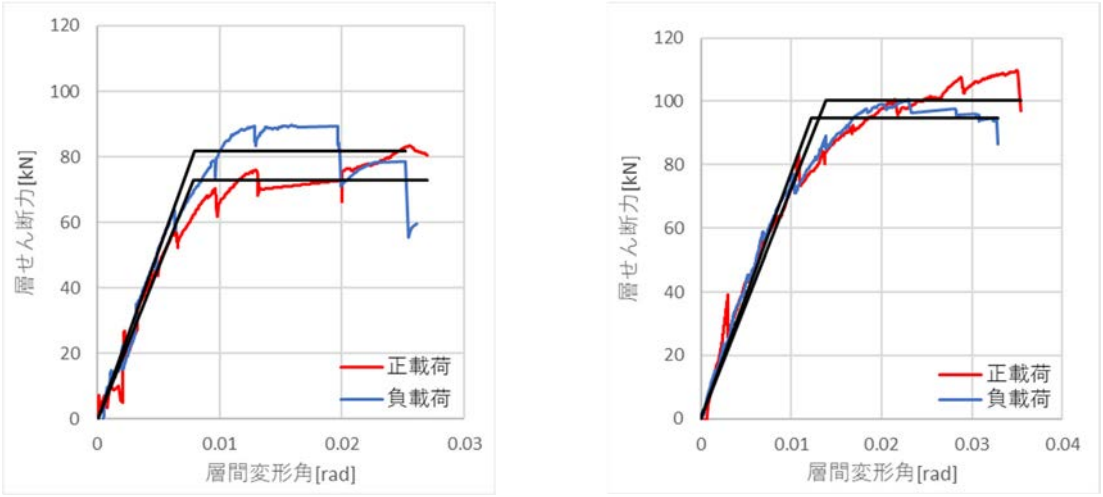


図 4.2.1-4　完全弾塑性モデル（左：1 階、右：2 階）

表 4.2.1-11　特性値一覧

GIR接合		初期剛性 K[kN/rad]	降伏耐力 Py[kN]	降伏時変形角 Ry[rad]		最大耐力 Pmax[kN]	最大耐力時 変形角Pmax[kN]		終局耐力 Pu[kN]	終局変形角 Ru[rad]		塑性率 μ	構造特性係数 Ds
1 階	正側	9310	50.9	0.0055	1/183	83.3	0.0256	1/39	72.9	0.0270	1/37	3.44	0.41
	負側	10224	57.8	0.0057	1/177	89.6	0.0159	1/63	81.6	0.0251	1/40	3.15	0.43
2 階	正側	7278	75.9	0.0104	1/96	109.9	0.0349	1/29	100.2	0.0354	1/28	2.57	0.49
	負側	7773	67.9	0.0087	1/115	100.7	0.0230	1/44	94.7	0.0329	1/30	2.70	0.48

（4）2 階柱梁接合部の荷重変形関係と接合部要素実験との比較（GIR 接合試験体）

M-θ 関係を図 4.2.1-5 に示す。東端では、R=1/150rad までは高い剛性を示し、正側負側ともに R=1/100rad 載荷時に降伏した。その後は緩やかに荷重が上昇し、1/30rad 加力時に耐力が最大耐力の 80%以下となった。西端では、1/200rad までは高い剛性を示し、正側載荷時は 1/150rad 載荷時に降伏して、負側載荷時は 1/100rad に降伏した。その後は緩やかに荷重が上昇した。1/30rad 加力時に耐力が最大耐力の 80%以下となった。

要素実験[4]との比較の M-θ 関係を図 4.2.1-6 に、特性値の比較を表 4.2.1-12 に示す。特性値の算出方法は層全体と同様である。回転剛性が 30%程度低く、降伏耐力は 17%程度、最大耐力は15%程度低い。全体として履歴ループの面積が小さくなっており、正負の載荷で履歴ループが対称になっていない。これらはすべて接着不良の影響であると考えられる。

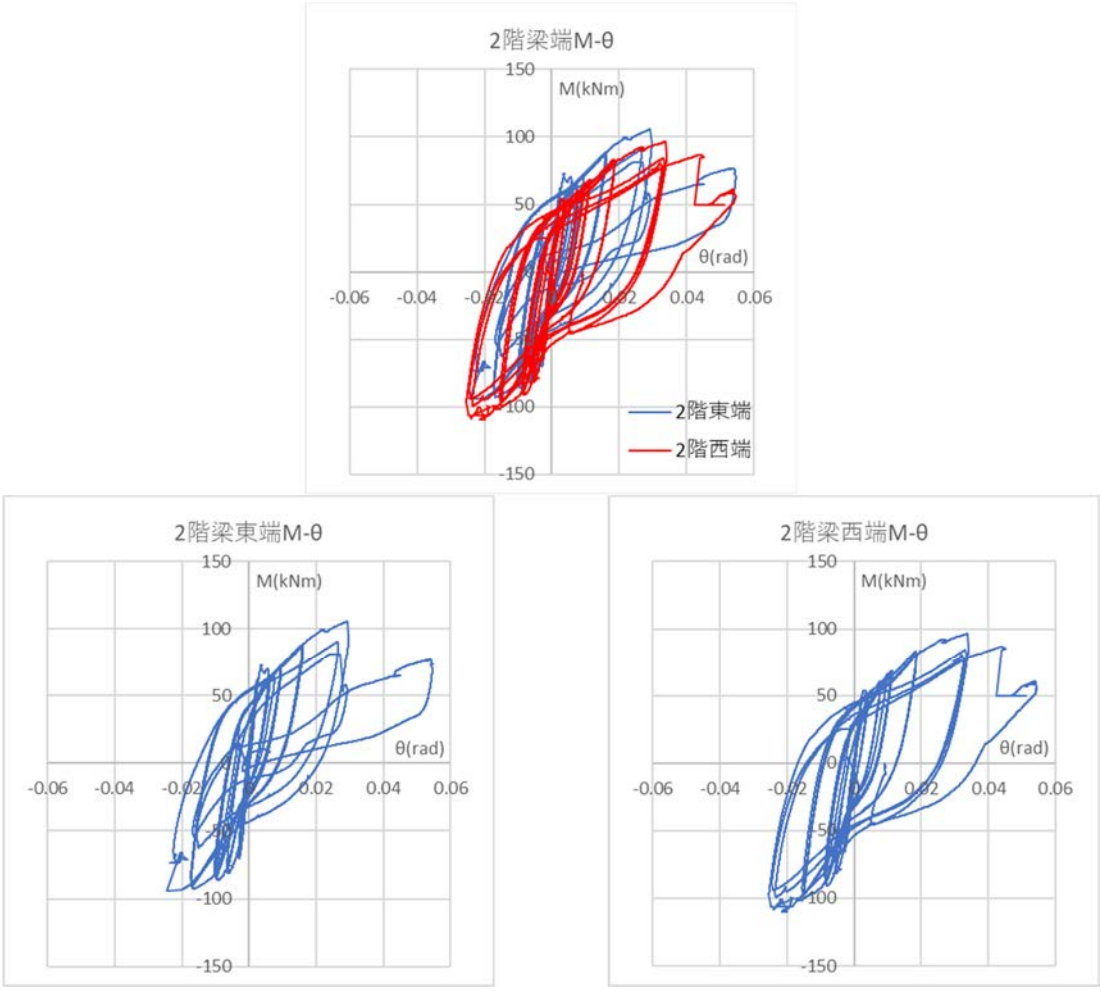


図 4.2.1-5　2 階柱梁接合部の M-θ 関係

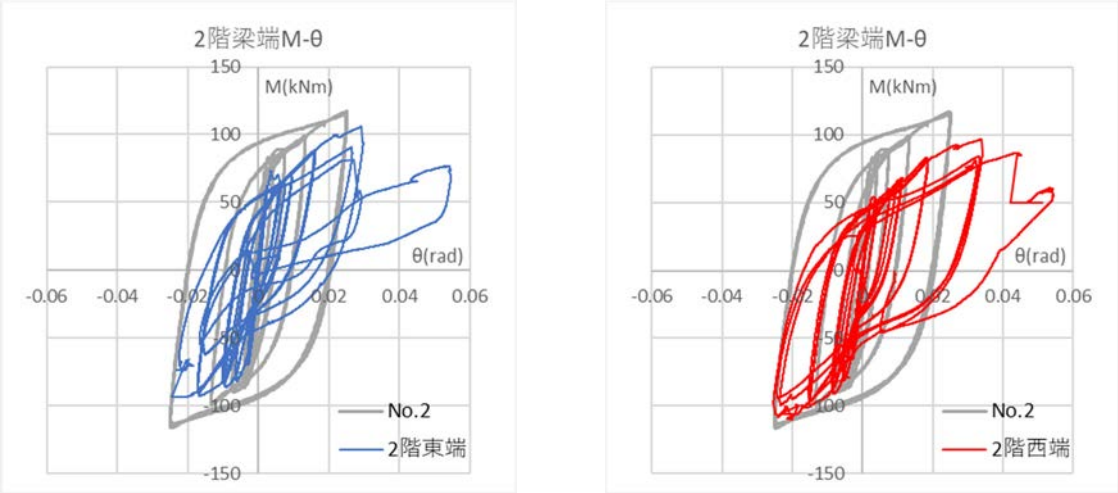


図 4.2.1-6　要素実験との比較（M-θ関係）

表 4.2.1-12　要素実験との比較（特性値）

接合部	No.	回転剛性 (×10³kN.m/rad)		降伏耐力 (kN.m)		降伏耐力時変形角 (×10⁻²rad)		最大耐力 (kN.m)		最大耐力時変形角 (×10⁻²rad)		塑性率 (μ)		構造特性係数 (Ds)	
		K	平均	My	平均	θy	平均	Mmax	平均	θmax	平均	μ	平均	Ds	平均
G-TMT-m-750 (105×750)	1	34.8	33.8	81.7	80.3	0.235	0.238	116.2	116.6	2.460	2.623	9.3	8.6	0.24	0.25
	2	33.8		79.3		0.234		117.2		2.947		8.4		0.25	
	3	32.7		80.0		0.245		116.3		2.462		8.1		0.26	
2階梁端東	正側	21.0		68.5		0.327		105.8		2.918		7.04		0.28	
	負側	25.0		66.1		0.264		93.9		2.456		7.03		0.28	
2階梁端西	正側	20.5		52.3		0.255		96.6		3.381		8.90		0.24	
	負側	18.6		68.8		0.369		109.7		1.998		4.75		0.34	

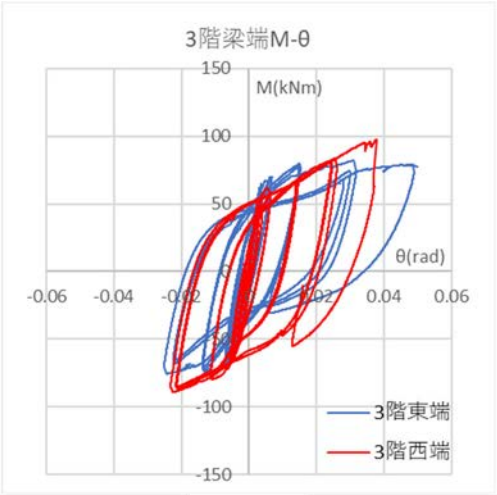
（5）3 階柱梁接合部の荷重変形関係と接合部要素実験との比較（GIR 接合試験体）

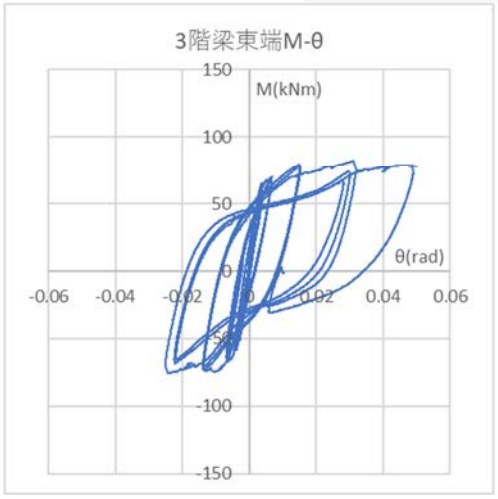
M-θ 関係を図 4.2.1-7 に示す。東端では、R=1/150rad までは高い剛性を示し、正側負側ともに R=1/100rad 載荷時に降伏した。その後は緩やかに荷重が上昇した。R=1/30rad 加力時に耐力が最大耐力の 80%以下となった。西端では、R=1/200rad までは高い剛性を示し、正側載荷時は R=1/150rad 載荷時に降伏し、負側載荷時は R=1/100rad に降伏した。その後は緩やかに荷重が上昇した。1/30rad 加力時に耐力が最大耐力の 80%以下となった。

要素実験[4]との比較の M-θ 関係を図 4.2.1-8 に、特性値の比較を表 4.2.1-13 に示す。特性値の算出方法は層全体と同様である。2 階梁端の破壊により試験が終了したため、最大耐力がまだ更新できる可能性は考えられる。

東側は、回転剛性が同程度であり、降伏耐力は同程度であり、最大耐力は10%程度低い。降伏耐力時の変形角が特に小さくなっており、塑性率が正側で大きくなっていると考えられる。全体として履歴ループの面積が少し小さくなっている。特に降伏後の 2 次勾配にちがいがみられる。

西側は回転剛性が 10%程度低く、降伏耐力は 10%程度低く、最大耐力は同程度となっている。全体として履歴ループの面積もおおむね同程度となっている。接着剤の充填不良がなかったため、東側に比べておおむね一致すると考えられる。





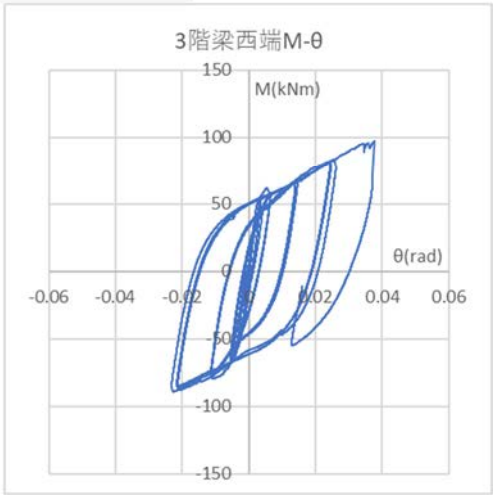


図 4.2.1-7　3 階柱梁接合部の M- θ 関係

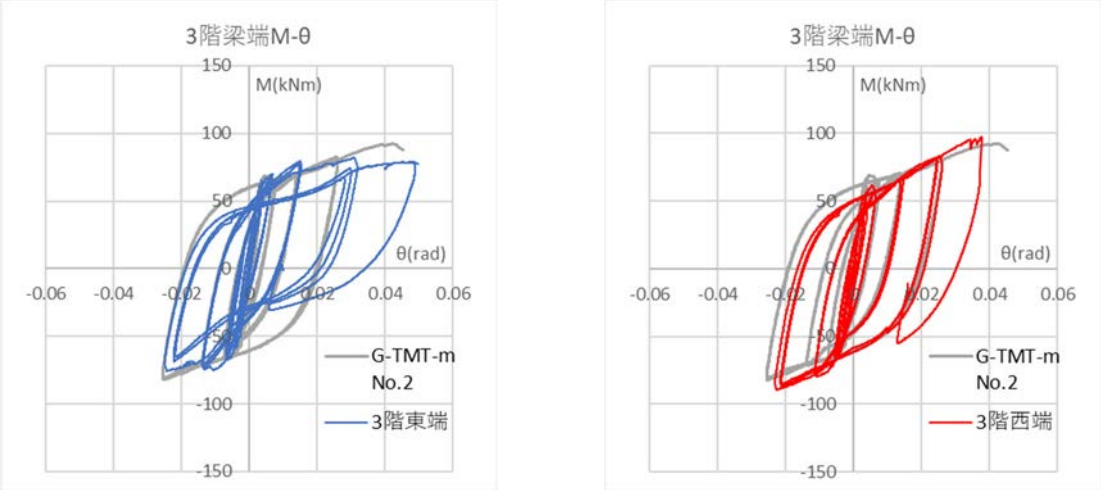


図 4.2.1-8　要素実験との比較（M- θ 関係）

表 4.2.1-13　要素実験との比較（特性値）

接合部	No.	回転剛性 (×10³kN.m/rad)		降伏耐力 (kN.m)		降伏耐力時変形角 (×10⁻²rad)		最大耐力 (kN.m)		最大耐力時変形角 (×10⁻²rad)		塑性率 (μ)		構造特性係数 (Ds)	
		K	平均	My	平均	θy	平均	Mmax	平均	θmax	平均	μ	平均	Ds	平均
G-TMT-m (105×600)	1	16.4	17.8	61.2	62.8	0.373	0.353	90.3	91.9	3.740	3.966	8.1	9.3	0.26	0.24
	2	18.2		65.7		0.361		92.2		4.233		10.2		0.23	
	3	18.9		61.5		0.326		93.3		3.925		9.7		0.23	
3階梁端東	正側	19.1		60.8		0.318		82.3		3.111		12.53		0.20	
	負側	18.1		48.5		0.267		75.8		2.424		6.44		0.29	
3階梁端西	正側	14.3		56.9		0.397		97.4		3.779		6.94		0.28	
	負側	16.6		57.0		0.343		89.4		2.267		4.70		0.34	

（6）柱脚 GIR 部の荷重変形関係と接合部要素実験との比較（GIR 接合試験体）

図 4.2.1-9 に M-θ 関係を示す。東側西側ともに、R=1/50rad までは高い剛性を示し、正側負側ともに R=1/30rad 載荷時の途中で降伏した。その後は急激に耐力が低下した。加力時に引張側（正側載荷の東柱脚、負側載荷の西柱脚）、圧縮側（正側載荷の西柱脚、負側載荷の東柱脚）で回転剛性や降伏耐力・最大耐力が異なるが、引張側と圧縮側それぞれで同様の傾向がみられる。

要素実験との比較の M-θ 関係を図 4.2.1-10 に、特性値の比較を表 4.2.1-14 に示す。引張側では、回転剛性は 20～30%程度低く、降伏耐力は同程度であり、最大耐力は 15～25%程度低い。圧縮側では、回転剛性は 10%程度低く、降伏耐力は 1.8 倍程度高く、最大耐力は 1.4 倍程度高くなっている。これは軸力の影響であると考えられる。

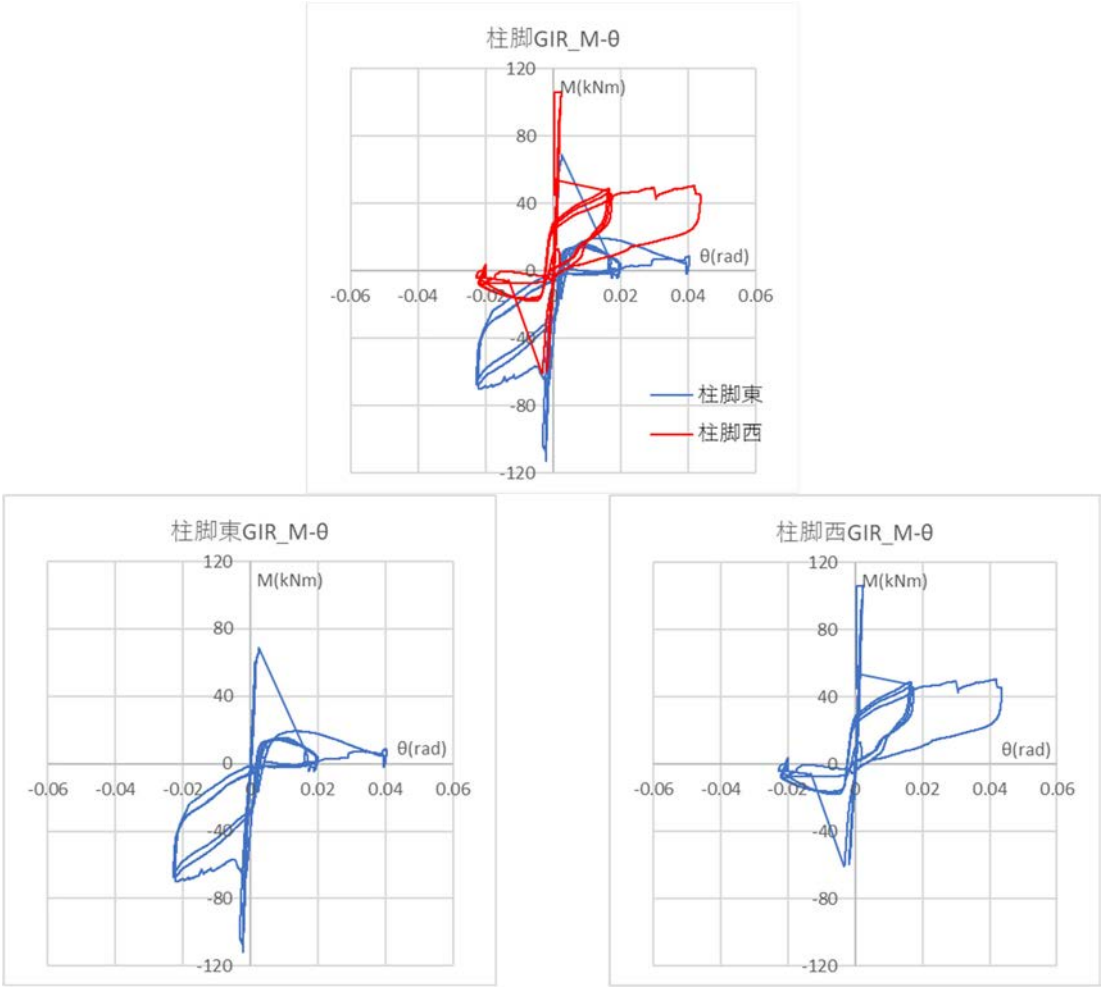
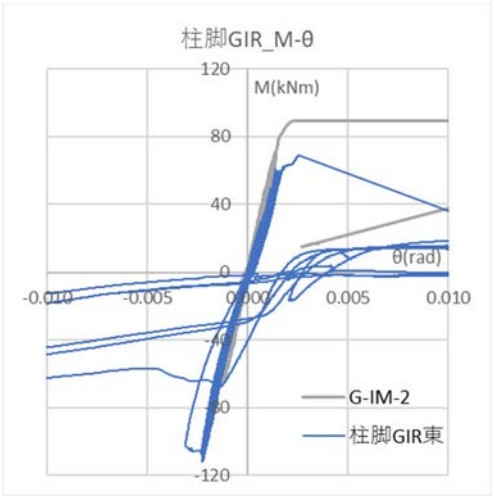


図 4.2.1-9　柱脚 GIR 部の M-θ 関係



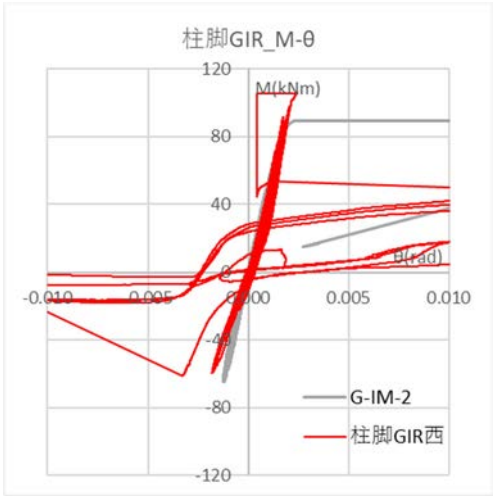


図 4.2.1-10　要素実験との比較（M- θ 関係）

表 4.2.1-14　要素実験との比較（特性値）

試験体名	No.	回転剛性 (×10³kN.m/rad)		降伏耐力 (kN.m)		降伏耐力時変形角 (×10⁻²rad)		最大耐力 (kN.m)		最大耐力時変形角 (×10⁻²rad)		塑性率 (μ)		構造特性係数 (Ds)	
		K	平均	My	平均	θ y	平均	Mmax	平均	θ max	平均	μ	平均	Ds	平均
G-IM (105×600)	1	58.6	54.9	72.7	54.4	0.124	0.098	81.9	79.9	0.167	0.190	1.25	1.37	0.82	0.76
	2	56.3		46.8		0.083		89.5		0.227		1.56		0.69	
	3	49.7		43.7		0.088		68.3		0.175		1.31		0.79	
柱脚東_GIR	正側	42.4		57.4		0.136		69.1		0.258		1.78		0.62	
	負側	47.8		94.5		0.189		112.1		0.226		1.36		0.76	
柱脚西_GIR	正側	48.2		99.1		0.199		106.3		0.242					
	負側	36.1		51.7		0.143		60.8		0.330		2.54		0.50	

（7）柱脚 BP 部の荷重変形関係（GIR 接合試験体）

図 4.2.1-11 に M-θ 関係、表 4.2.1-15 に特性値一覧を示す。東側では、*R*=1/100rad までは高い剛性を示し、正側は *R*=1/75rad、負側は *R*=1/50rad 載荷時に降伏した。その後は *R*=1/30rad で急激に耐力が低下した。西側では、*R*=1/100rad までは高い剛性を示し、正側負側ともに *R*=1/75rad 載荷時に降伏した。その後は *R*=1/30rad 載荷時の途中で急激に耐力が低下した。加力時に引張側（正側載荷の東柱脚、負側載荷の西柱脚）、圧縮側（正側載荷の西柱脚、負側載荷の東柱脚）で回転剛性や降伏耐力・最大耐力が異なるが、引張側と圧縮側それぞれで同様の傾向がみられる。

アンカーボルトの荷重と伸びの関係を図 4.2.1-12 に示す。4 本ともに 130kN 程度で降伏し、荷重増加が緩やかとなった。また最大耐力は 150kN 程度であった。

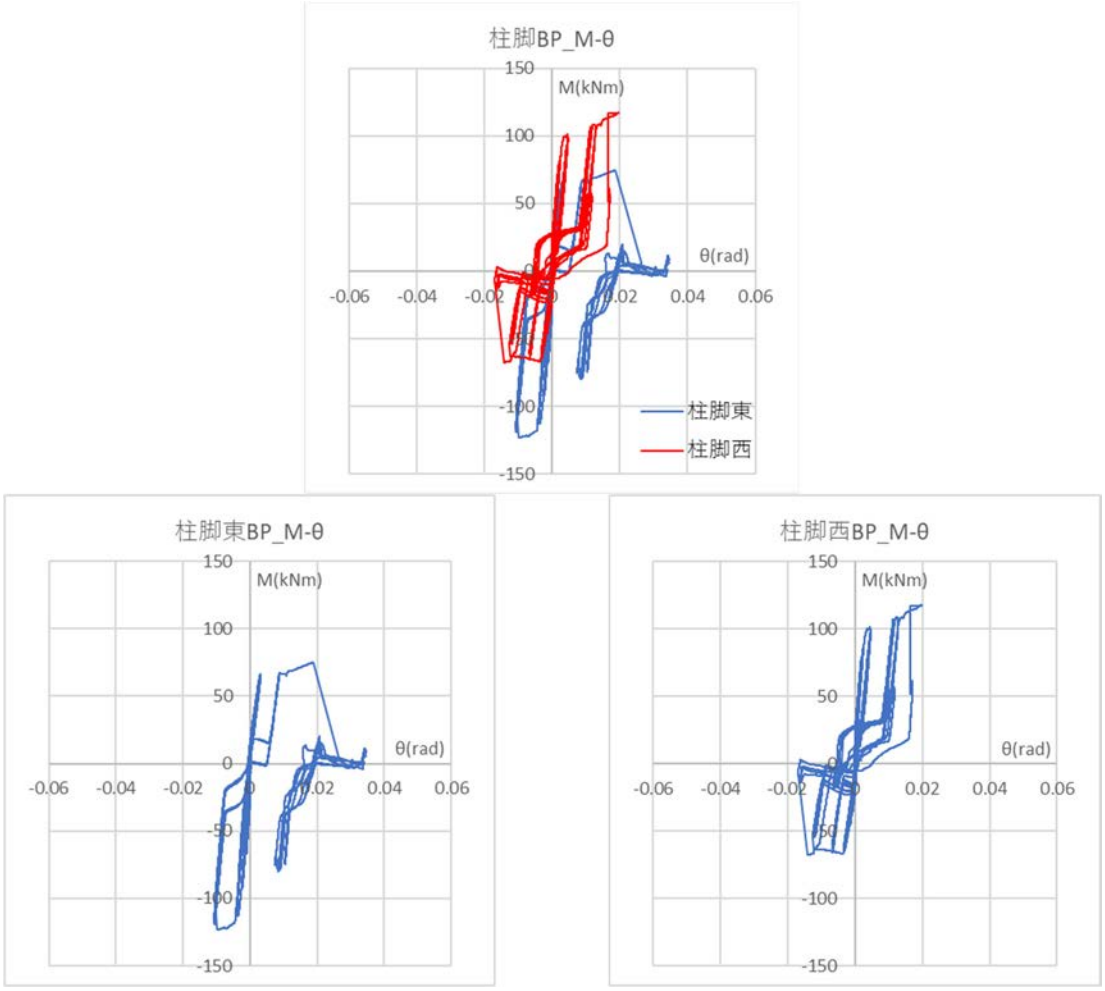


図 4.2.1-11　柱脚 BP 部の M-θ 関係

表 4.2.1-15　特性値一覧

		剛性（kN.m/rad）			0.4Mmax（kN.m）	$M_{0.4}$時変形角(rad)	降伏耐力（kN.m）	降伏時変形角（rad）	最大耐力（kN.m）	最大耐力時変形角（rad）	塑性率	構造特性係数
		1次	2次	3次								
		K1	K2	K3	$M_{0.4}$	$\theta_{0.4}$	My	θ y	Mmax	θ max	μ	Ds
柱脚東BP	正側	47354	16290	529	23.7	0.00050	66.6	0.00314	74.9	0.01873	8.13	0.26
	負側	271028	23335	1643	30.8	0.00011	113.0	0.00364	123.3	0.00991	6.60	0.29
柱脚西BP	正側	218235	22049	1074	24.9	0.00011	100.0	0.00352	117.4	0.01968	7.38	0.27
	負側	103463	13129	97	23.5	0.00023	66.5	0.00350	67.5	0.01416	12.02	0.21

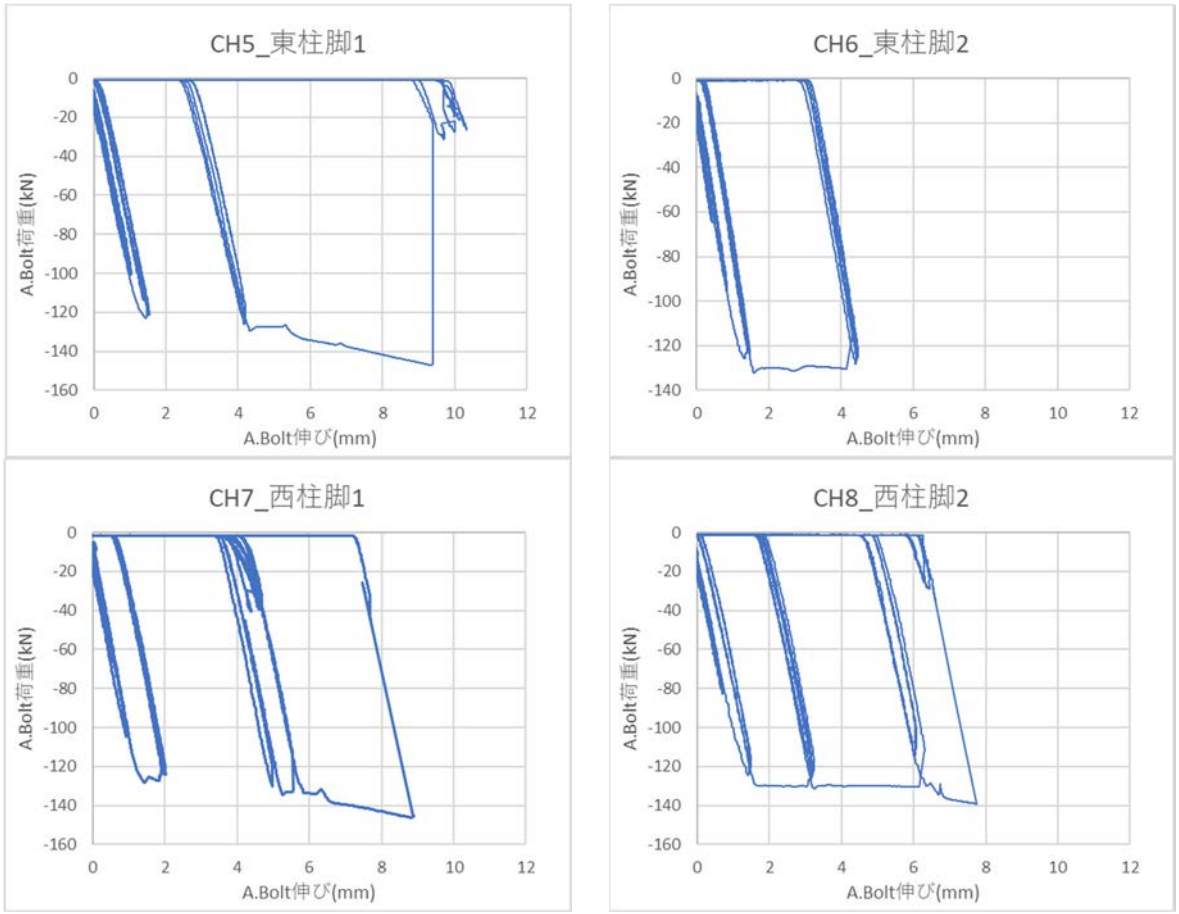


図 4.2.1-12　アンカーボルトの荷重と伸びの関係（上段：東柱脚、下段：西柱脚）

4.2.2　まとめ

実験後に接合部を解体したところ、各接合部における接着剤注入不足がみられたため、各接合部及びフレーム全体の剛性と耐力にその影響がみられた。破壊モードとしては、2 階柱梁接合部の降伏が先行し、その後、3 階梁端及び柱脚アンカーボルトが降伏して、フレーム全体の剛性低下がみられた。1 階は 1/40rad 程度で最大耐力（正負平均 86.5kN）に達した。2 階は 1/30rad で最大耐力（正負平均 105.3kN）に達した。柱脚のアンカーボルトでの損傷及び 2 階梁端での損傷で終局となった。正負平均で構造特性係数 D_s は、1 階 0.42、2 階 0.48、終局変形角 R_u は 1 階 1/38rad、2 階 1/29rad であった。

柱梁接合部では、接着不良の影響により接合部ごとに剛性や耐力に有意差がみられた。また、接合部要素実験に対して、初期剛性・降伏耐力・最大耐力が低下する傾向がみられたが、接着不良のなかった箇所では、おおむね同一の履歴ループを描いていた。今後、接着不良の無い GIR 接合実大フレーム実験で再確認する必要がある。

柱脚接合部では、GIR 部、BP 部ともに、軸力の影響により耐力や剛性に有意差がみられた。また、同 GIR 部について、要素実験と正確に比較するために、軸力を考慮した要素実験を行う必要がある。

4.3 LSB 実大フレーム実験

4.3.1 実験結果

式（4.3.1-1）～（4.3.1-4）に層せん断力、層間変形角の算出方法を示す。層間変形角は層間変位を階高で割って算出したが、階高について 1 階はコンクリート天端から 2 階梁芯までの 2825mm、2 階は 2 階梁芯から 3 階梁芯の 3275mm とした。

$$Q_1 = (\mathrm{CH0}) + (\mathrm{CH4}) \tag{4.3.1-1}$$

$$Q_2 = (\mathrm{CH4}) \tag{4.3.1-2}$$

$$R_1 = \frac{\{\mathrm{Ave}(\mathrm{CH23、CH24}) - \mathrm{Ave}(\mathrm{CH11、CH12}) - \mathrm{Ave}(\mathrm{CH13、CH14})\}}{2825} \tag{4.3.1-3}$$

$$R_2 = \frac{\{\mathrm{Ave}(\mathrm{CH25、CH26}) - \mathrm{Ave}(\mathrm{CH23、CH24})\}}{3275} \tag{4.3.1-4}$$

Q_1：1 階層せん断力[kN]、Q_2：2 階層せん断力[kN]、
R_1：1 階層間変形角[rad]、R_2：2 階層間変形角[rad]

式（4.3.1-5）～（4.3.1-18）に端部における曲げモーメント、式（4.3.1-19）～（4.3.1-30）に各計測位置における曲げモーメントを示す。端部の曲げモーメントは、計測位置 2 点から線形補完して算出している。したがって、全塑性状態におけるモーメントを考慮していない。

$$M_{\mathrm{EG2}} = -\frac{\left(3610 \times (\mathrm{CH99}) - 800 \times (\mathrm{CH102})\right)}{2810 \times 10^6} \times 750 \times E_{\mathrm{M750}} \times I_{750} \times 10^{-6} \tag{4.3.1-5}$$

$$M_{\mathrm{WG2}} = \frac{\left(3610 \times (\mathrm{CH102}) - 800 \times (\mathrm{CH99})\right)}{2810 \times 10^6} \times 750 \times E_{\mathrm{M750}} \times I_{750} \times 10^{-6} \tag{4.3.1-6}$$

$$M_{\mathrm{EG3}} = -\frac{\left(3550 \times (\mathrm{CH103}) - 860 \times (\mathrm{CH106})\right)}{2690 \times 10^6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \tag{4.3.1-7}$$

$$M_{\mathrm{WG3}} = \frac{\left(3550 \times (\mathrm{CH106}) - 860 \times (\mathrm{CH103})\right)}{2690 \times 10^6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \tag{4.3.1-8}$$

$$M_{\mathrm{EBP}} = M_{\mathrm{E1b}} = \frac{\left(2150 \times (\mathrm{CH83}) - 775 \times (\mathrm{CH89})\right)}{1375 \times 10^6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \tag{4.3.1-9}$$

$$M_{\mathrm{WBP}} = M_{\mathrm{W1b}} = \frac{\left(2150 \times (\mathrm{CH84}) - 775 \times (\mathrm{CH90})\right)}{1375 \times 10^6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \tag{4.3.1-10}$$

$$M_{\mathrm{EBlw}} = \frac{\left(1966 \times (\mathrm{CH83}) - 591 \times (\mathrm{CH89})\right)}{1375 \times 10^6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \tag{4.3.1-11}$$

$$M_{\mathrm{WBlw}} = \frac{\left(1966 \times (\mathrm{CH84}) - 591 \times (\mathrm{CH90})\right)}{1375 \times 10^6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \tag{4.3.1-12}$$

$$M_{\mathrm{E1t}} = \frac{\left(2050 \times (\mathrm{CH89}) - 675 \times (\mathrm{CH83})\right)}{1375 \times 10^6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \tag{4.3.1-13}$$

$$M_{\mathrm{W1t}} = \frac{\left(2050 \times (\mathrm{CH90}) - 675 \times (\mathrm{CH84})\right)}{1375 \times 10^{6}} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}14)$$

$$M_{\mathrm{E2b}} = \frac{\left(2675 \times (\mathrm{CH91}) - 675 \times (\mathrm{CH97})\right)}{2000 \times 10^{6}} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}15)$$

$$M_{\mathrm{W2b}} = \frac{\left(2675 \times (\mathrm{CH92}) - 675 \times (\mathrm{CH98})\right)}{2000 \times 10^{6}} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}16)$$

$$M_{\mathrm{E2t}} = \frac{\left(2600 \times (\mathrm{CH97}) - 600 \times (\mathrm{CH91})\right)}{2000 \times 10^{6}} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}17)$$

$$M_{\mathrm{W2t}} = \frac{\left(2600 \times (\mathrm{CH98}) - 600 \times (\mathrm{CH92})\right)}{2000 \times 10^{6}} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}18)$$

$$M_{\mathrm{CH99}} = -(\mathrm{CH99}) \times 10^{-6} \times 750 \times E_{\mathrm{M750}} \times I_{750} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}19)$$

$$M_{\mathrm{CH102}} = (\mathrm{CH102}) \times 10^{-6} \times 750 \times E_{\mathrm{M750}} \times I_{750} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}20)$$

$$M_{\mathrm{CH103}} = -(\mathrm{CH103}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}21)$$

$$M_{\mathrm{CH106}} = (\mathrm{CH106}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}22)$$

$$M_{\mathrm{CH83}} = (\mathrm{CH83}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}23)$$

$$M_{\mathrm{CH84}} = (\mathrm{CH84}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}24)$$

$$M_{\mathrm{CH89}} = (\mathrm{CH89}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}25)$$

$$M_{\mathrm{CH90}} = (\mathrm{CH90}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}26)$$

$$M_{\mathrm{CH91}} = (\mathrm{CH91}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}27)$$

$$M_{\mathrm{CH92}} = (\mathrm{CH92}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}28)$$

$$M_{\mathrm{CH97}} = (\mathrm{CH97}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}29)$$

$$M_{\mathrm{CH98}} = (\mathrm{CH98}) \times 10^{-6} \times 600 \times E_{\mathrm{M600}} \times I_{600} \times 10^{-6} \qquad (4.3.1\text{-}30)$$

M_{EG2}：2 階梁東端モーメント[kNm]、　M_{WG2}：2 階梁西端モーメント[kNm]、
M_{EG3}：3 階梁東端モーメント[kNm]、　M_{WG3}：3 階梁西端モーメント[kNm]、
M_{E1b}：1 階東柱脚モーメント[kNm] 、　M_{W1b}：1 階西柱脚モーメント[kNm]、
M_{EBP}：東柱脚 BP モーメント[kNm] 、　M_{WBP}：西柱脚 BP モーメント[kNm]、
M_{EBlw}：東柱脚 LSB モーメント[kNm] 、M_{WBlw}：西柱脚 LSB モーメント[kNm]、
M_{E1t}：1 階東柱頭モーメント[kNm] 、　M_{W1t}：1 階西柱頭モーメント[kNm] 、
$M_{\mathrm{CH(No.)}}$：CH(No.)の位置でのモーメント[kNm]

E_{M750}、E_{M600}：断面せい(750、600)に対する等価曲げヤング係数[N/mm^2]、
I_{750}、I_{600}：断面せい(750、600)に対する断面二次モーメント[mm^4]

式（4.3.1-31）～（4.3.1-34）に柱梁接合部回転角の導出方法を示す。変位量を外側の LSB 間の距離（2 階の梁は 650mm、3 階梁は 500mm）で除している。

$$\theta_{EG2} = \begin{bmatrix} \{\mathrm{Ave}(CH29、CH32) - (CH35) - \mathrm{Ave}(CH37、CH39)\} \\ -\{\mathrm{Ave}(CH31、CH34) - (CH36) - \mathrm{Ave}(CH38、CH40)\} \end{bmatrix} / 650 \quad (4.3.1\text{-}31)$$

$$\theta_{WG2} = -\begin{bmatrix} \{\mathrm{Ave}(CH43、CH46) - (CH49) - \mathrm{Ave}(CH51、CH53)\} \\ -\{\mathrm{Ave}(CH45、CH48) - (CH50) - \mathrm{Ave}(CH52、CH54)\} \end{bmatrix} / 650 \quad (4.3.1\text{-}32)$$

$$\theta_{EG3} = \begin{bmatrix} \{\mathrm{Ave}(CH57、CH60) - (CH63) - \mathrm{Ave}(CH65、CH67)\} \\ -\{\mathrm{Ave}(CH59、CH62) - (CH64) - \mathrm{Ave}(CH66、CH68)\} \end{bmatrix} / 500 \quad (4.3.1\text{-}33)$$

$$\theta_{WG3} = -\begin{bmatrix} \{\mathrm{Ave}(CH71、CH74) - (CH77) - \mathrm{Ave}(CH79、CH81)\} \\ -\{\mathrm{Ave}(CH73、CH76) - (CH78) - \mathrm{Ave}(CH80、CH82)\} \end{bmatrix} / 500 \quad (4.3.1\text{-}34)$$

θ_{EG2}：2 階梁東端回転角[rad]、θ_{WG2}：2 階梁西端回転角[rad]、
θ_{EG3}：3 階梁東端回転角[rad]、θ_{WG3}：3 階梁西端回転角[rad]

式（4.3.1-35）～（4.3.1-38）に柱脚接合部回転角の導出方法を示す。回転角は変位計の計測値を変位計間距離（柱脚金物と集成材間は 653mm、柱脚 BP 部分は 440mm）で除している。

$$\theta_{EBlw} = \frac{(CH19 - CH20)}{653} \quad (4.3.1\text{-}35)$$

$$\theta_{WBlw} = \frac{(CH21 - CH22)}{653} \quad (4.3.1\text{-}36)$$

$$\theta_{EBP} = \frac{(CH15 - CH16)}{440} \quad (4.3.1\text{-}37)$$

$$\theta_{WBP} = \frac{(CH17 - CH18)}{440} \quad (4.3.1\text{-}38)$$

θ_{EBlw}：東柱脚 LSB 回転角[rad] 、θ_{WBlw}：西柱脚 LSB 回転角[rad]、
θ_{EBP}：東柱脚 BP 回転角[rad] 、 θ_{WBP}：西柱脚 BP 回転角[rad]、

(1) 破壊性状とモーメント図（LSB 接合試験体）

加力ピーク時の全体写真とモーメント図を表 4.3.1-1 に示す。モーメントの値はすべて正の値で表す。図中の枠付き値が計測値から算出したもので、太字の値が計測位置から線形補完して求めた値である。また、それぞれ接合部について、降伏した時は青の丸、破壊して耐力低下した時は黄色の丸で示す。

加力ピーク時の各接合部における破壊性状を表 4.3.1-2 に示す。

R=1/300rad程度までは、各接合部における集成材のめり込みや開きの変位は目視で確認できるものはなかった。

R=1/200rad の載荷サイクルでは、負側 1 サイクル目に 2 階梁端部東側付近から集成材のめり込みの音が生じ、その後 2 サイクル目以降、2 階梁端部の東西両側において箱型金物の柱へのめり込みが確認できた。

R=1/150 rad の載荷サイクルでは、2 階梁端の東西両側で集成材のめり込む音が確認された。写真にて 2 階梁端での箱型金物の柱へのめり込みや開きが確認できた。

R=1/100rad の載荷サイクルでは、*R*=+1/100rad の 1 サイクル目において、3 階西柱上部で、LSB の端部位置（梁面から 500mm）に西側柱の割裂が発生した。その影響で 3 階梁に取りつく治具及び PC 鋼棒が大きく揺れて鈍い音が生じた。*R*=+1/100rad の 2 サイクル目以降は、西側柱の割裂が進行した。2 階梁端部の東西両側において箱型金物の柱へのめり込みと開きがわずかに確認できた。

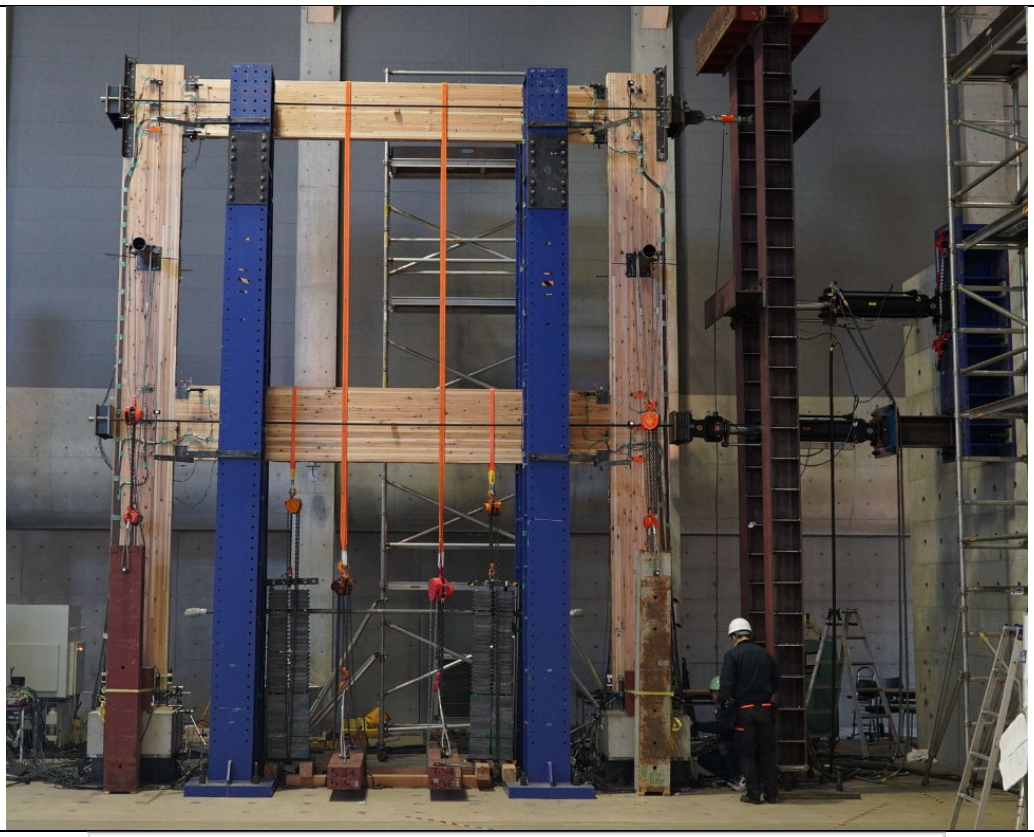
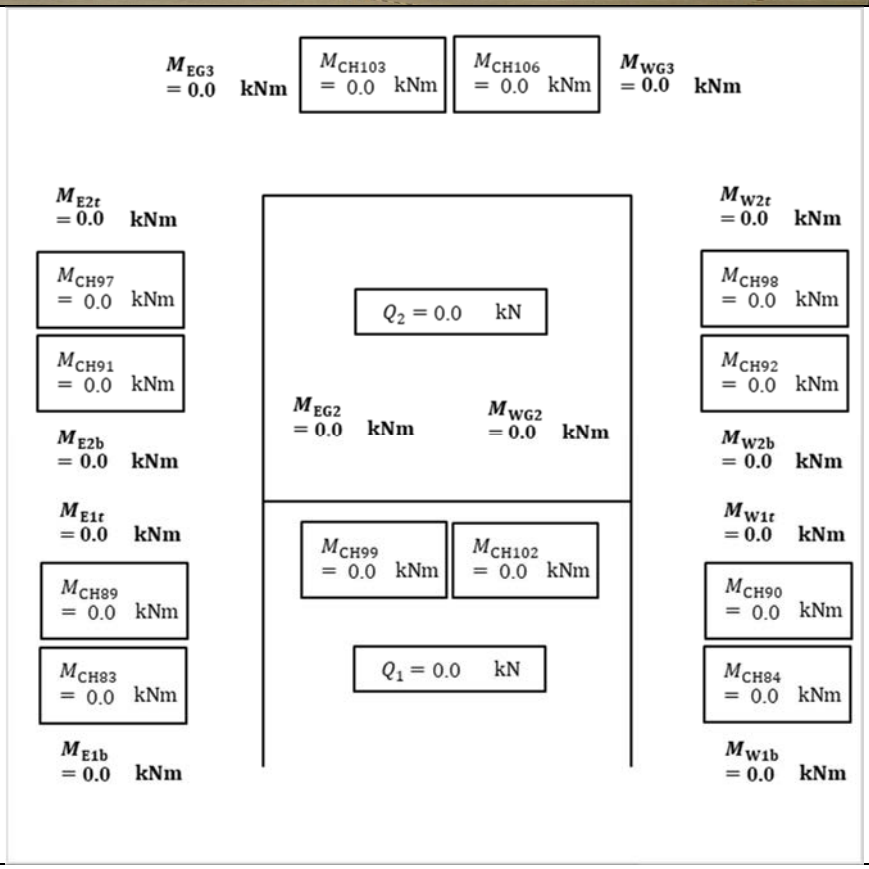
R=1/75rad の載荷サイクルでは、*R*=+1/75rad の 1 サイクル目にて東側のアンカーボルトが降伏し、*R*=-1/75rad の 1 サイクル目に東西両側の引張アンカーボルトが降伏し、*R*=+1/75rad の 2 サイクル目に西側のアンカーボルトが降伏した。それに伴って、柱脚金物の浮き上がりが確認され、無収縮モルタルに割れが生じた。また、2 階梁に取りつく治具及び PC 鋼棒が大きく揺れて鈍い音が生じた。*R*=-1/75rad の 3 サイクル目にはアンカーボルトがせん断耐力に耐えきれず、東側の柱脚金物が加力側（東側）に 8mm 滑った。また、正負ともに 2 階梁端の東西両側にて HTB の降伏により、集成材の開きと箱型金物のめり込みが顕著に表れた。

R=1/50rad の載荷サイクルでは、*R*=+1/50rad のピークで 2 階梁東端の下端柱側の HTB が 2 本とも破断した。*R*=-1/50rad のピークで 2 階梁東端の上端柱側の HTB が 2 本とも破断し、3 階梁端の東西両側の HTB が降伏した。HTB の破断により耐力が最大耐力の 80%以下となり加力終了とした。また、その時柱脚金物の横滑りも確認できた。

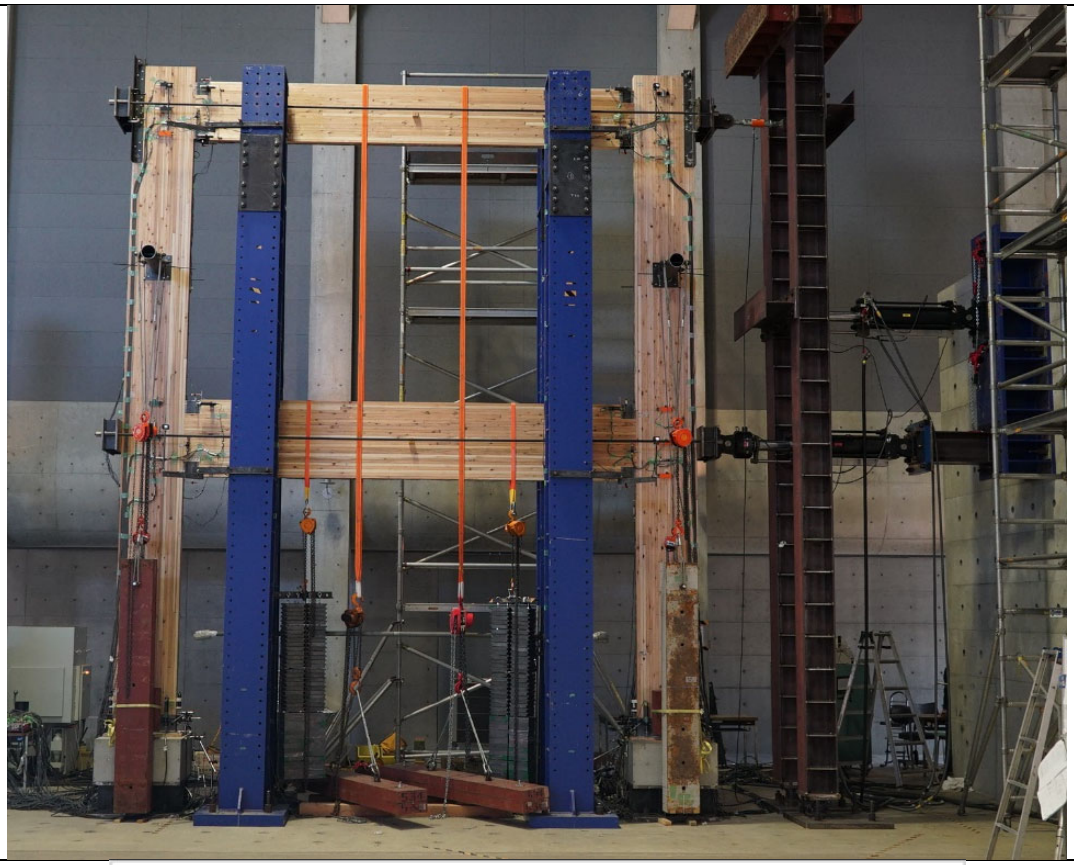
また、表 4.3.1-3 に解体後の各接合部の破壊性状、表 4.3.1-4 に解体後のアンカーボルトの写真を示す。図 4.3.1-1 に破断した HTB の写真を示す。

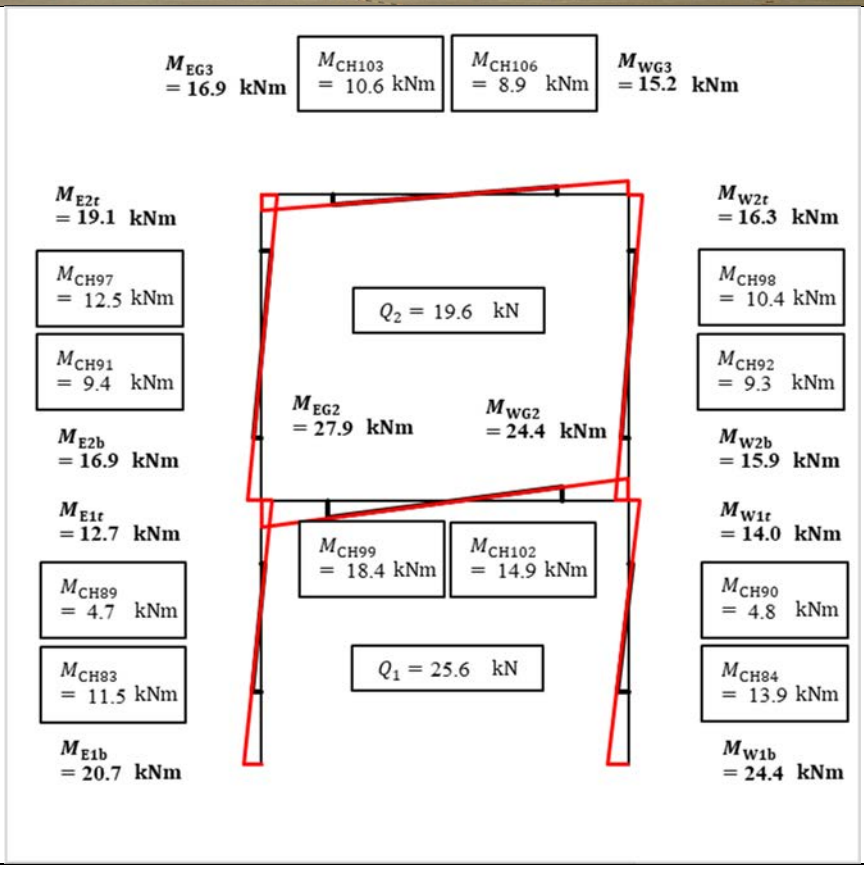
母材の割裂は *R*=+1/100rad で生じた 2 階西側柱の上部のみだった。また、アンカーボルト 4 本すべて先端部において、曲がっている様子が目視で確認できた。

表 4.3.1-1　全体の変形進行状況とモーメント図（LSB 接合試験体）

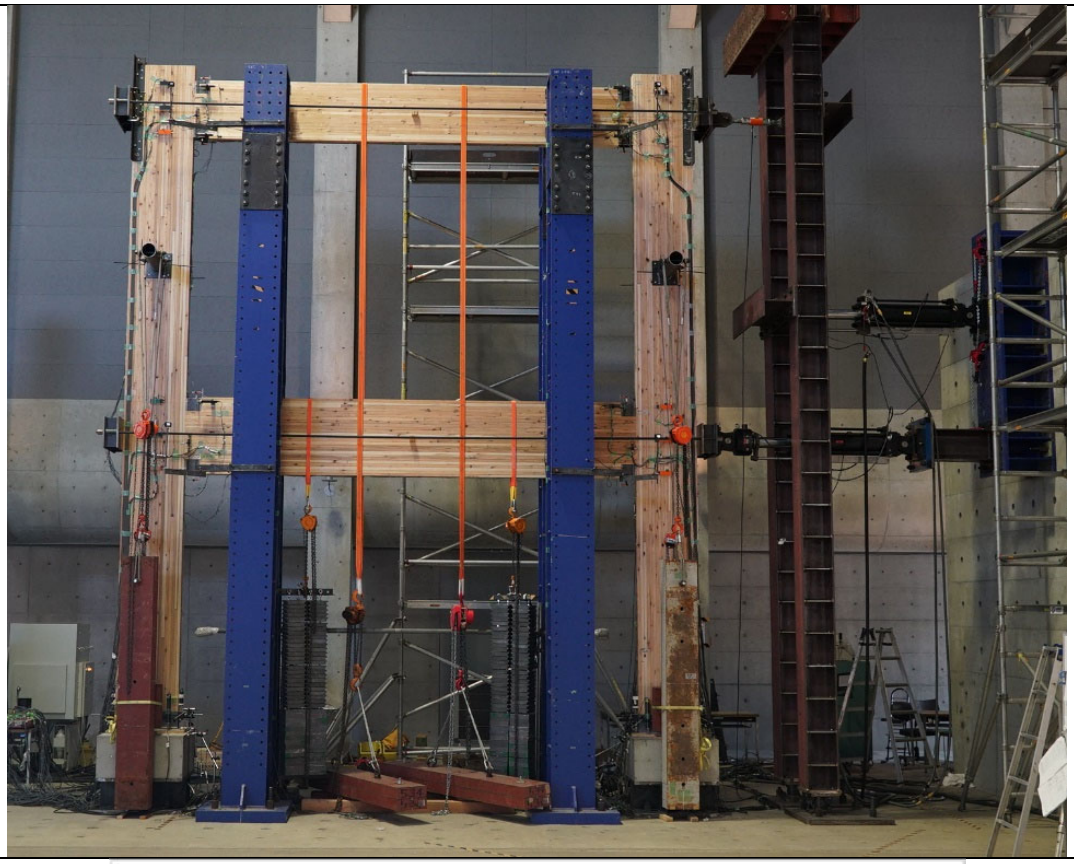
載荷前



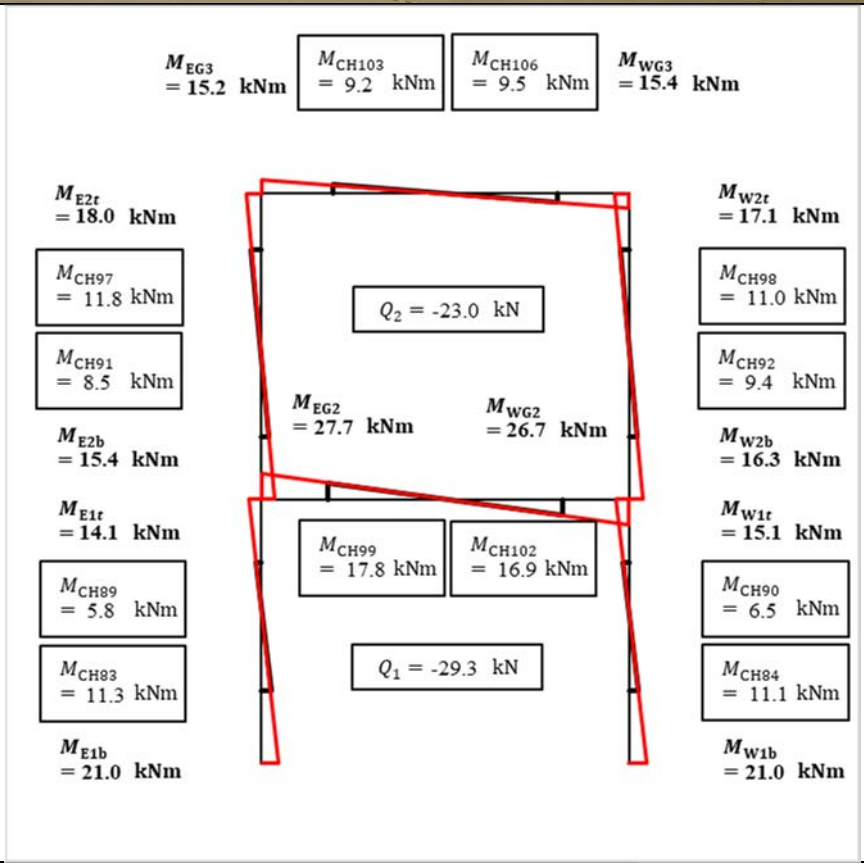
＋1/450rad



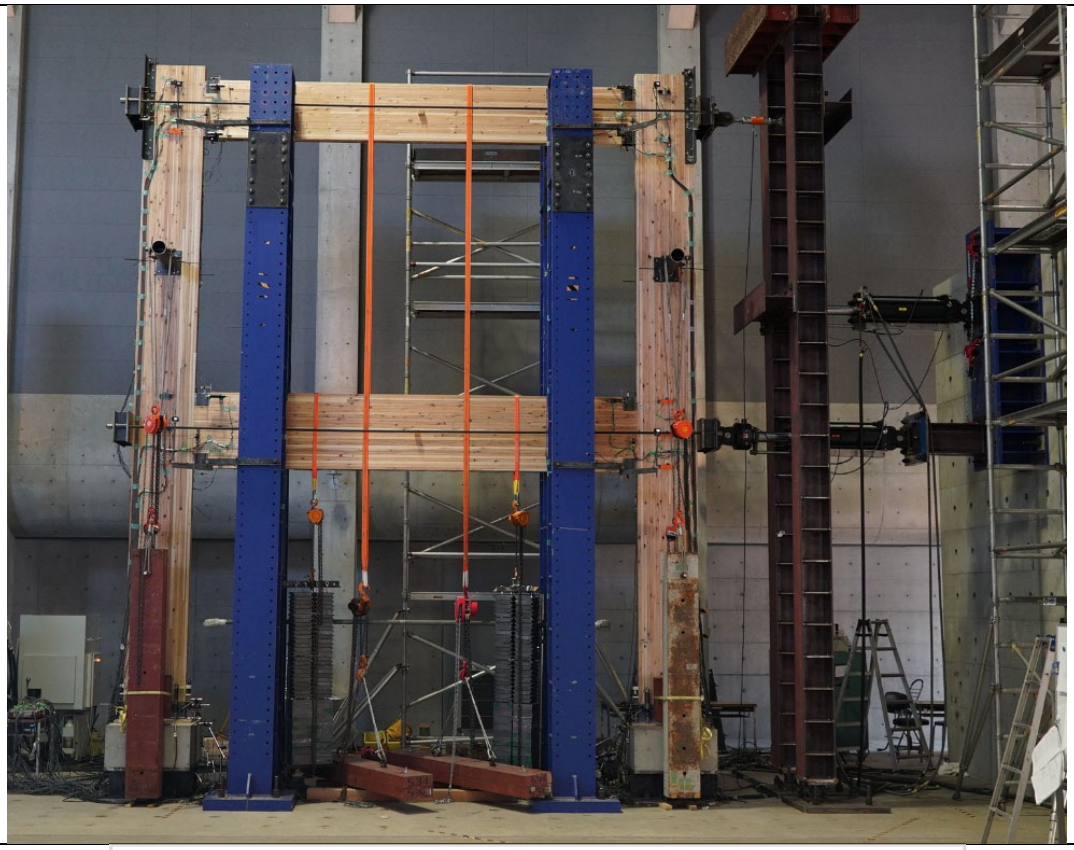

M_{EG3} = 16.9 kNm
M_{CH103} = 10.6 kNm
M_{CH106} = 8.9 kNm
M_{WG3} = 15.2 kNm
M_{E2t} = 19.1 kNm
M_{CH97} = 12.5 kNm
M_{CH91} = 9.4 kNm
M_{E2b} = 16.9 kNm
M_{E1t} = 12.7 kNm
M_{CH89} = 4.7 kNm
M_{CH83} = 11.5 kNm
M_{E1b} = 20.7 kNm
Q_2 = 19.6 kN
M_{EG2} = 27.9 kNm
M_{WG2} = 24.4 kNm
M_{CH99} = 18.4 kNm
M_{CH102} = 14.9 kNm
Q_1 = 25.6 kN
M_{W2t} = 16.3 kNm
M_{CH98} = 10.4 kNm
M_{CH92} = 9.3 kNm
M_{W2b} = 15.9 kNm
M_{W1t} = 14.0 kNm
M_{CH90} = 4.8 kNm
M_{CH84} = 13.9 kNm
M_{W1b} = 24.4 kNm

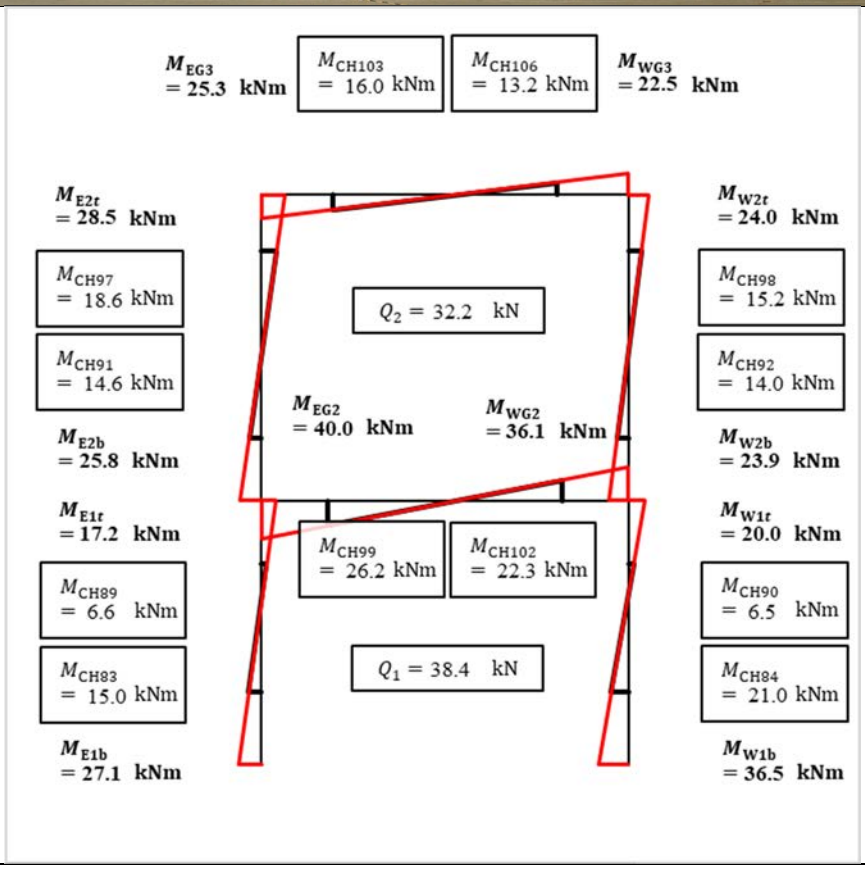
-1/450rad



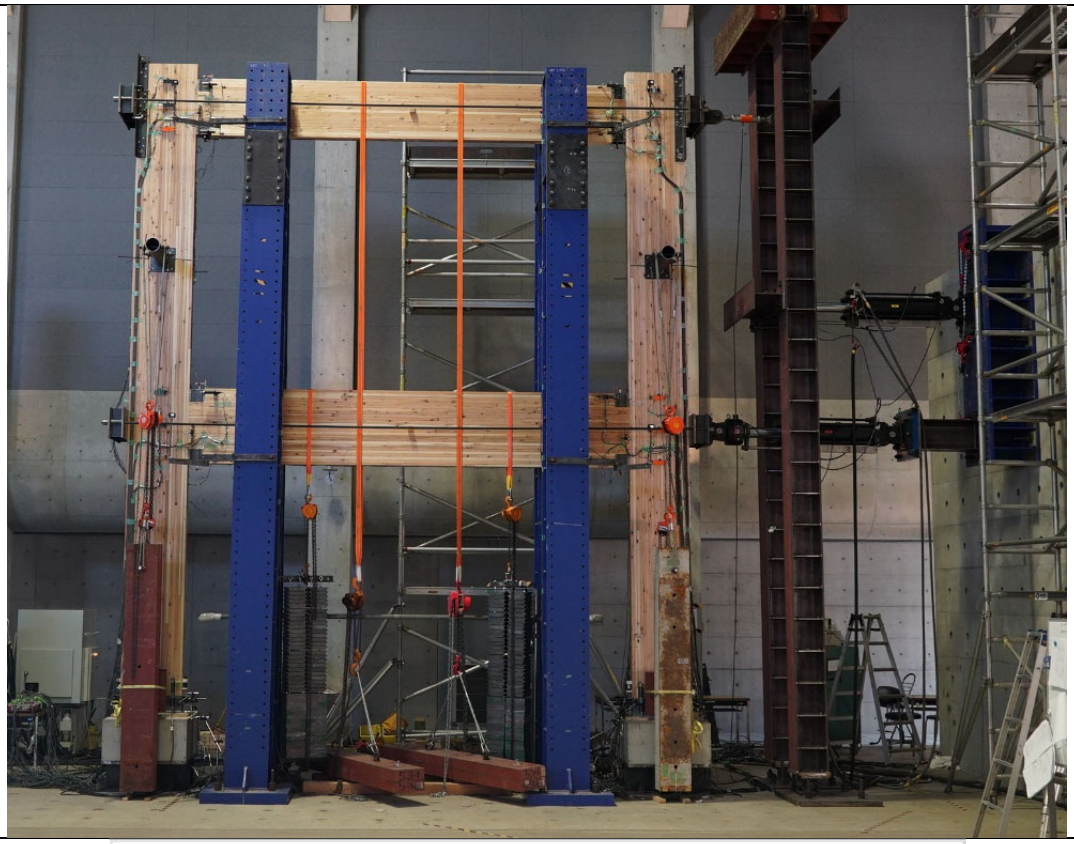

M_{EG3} = 15.2 kNm
M_{CH103} = 9.2 kNm
M_{CH106} = 9.5 kNm
M_{WG3} = 15.4 kNm
M_{E2t} = 18.0 kNm
M_{CH97} = 11.8 kNm
M_{CH91} = 8.5 kNm
M_{E2b} = 15.4 kNm
M_{E1t} = 14.1 kNm
M_{CH89} = 5.8 kNm
M_{CH83} = 11.3 kNm
M_{E1b} = 21.0 kNm
Q_2 = -23.0 kN
M_{EG2} = 27.7 kNm
M_{WG2} = 26.7 kNm
M_{CH99} = 17.8 kNm
M_{CH102} = 16.9 kNm
Q_1 = -29.3 kN
M_{W2t} = 17.1 kNm
M_{CH98} = 11.0 kNm
M_{CH92} = 9.4 kNm
M_{W2b} = 16.3 kNm
M_{W1t} = 15.1 kNm
M_{CH90} = 6.5 kNm
M_{CH84} = 11.1 kNm
M_{W1b} = 21.0 kNm

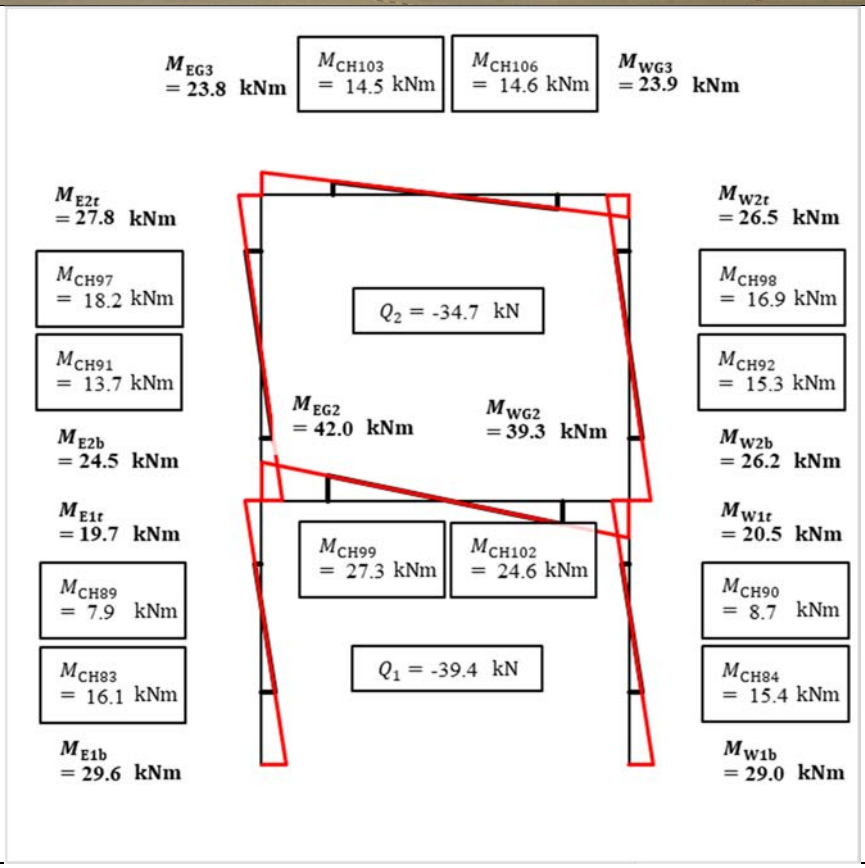
＋1/300rad



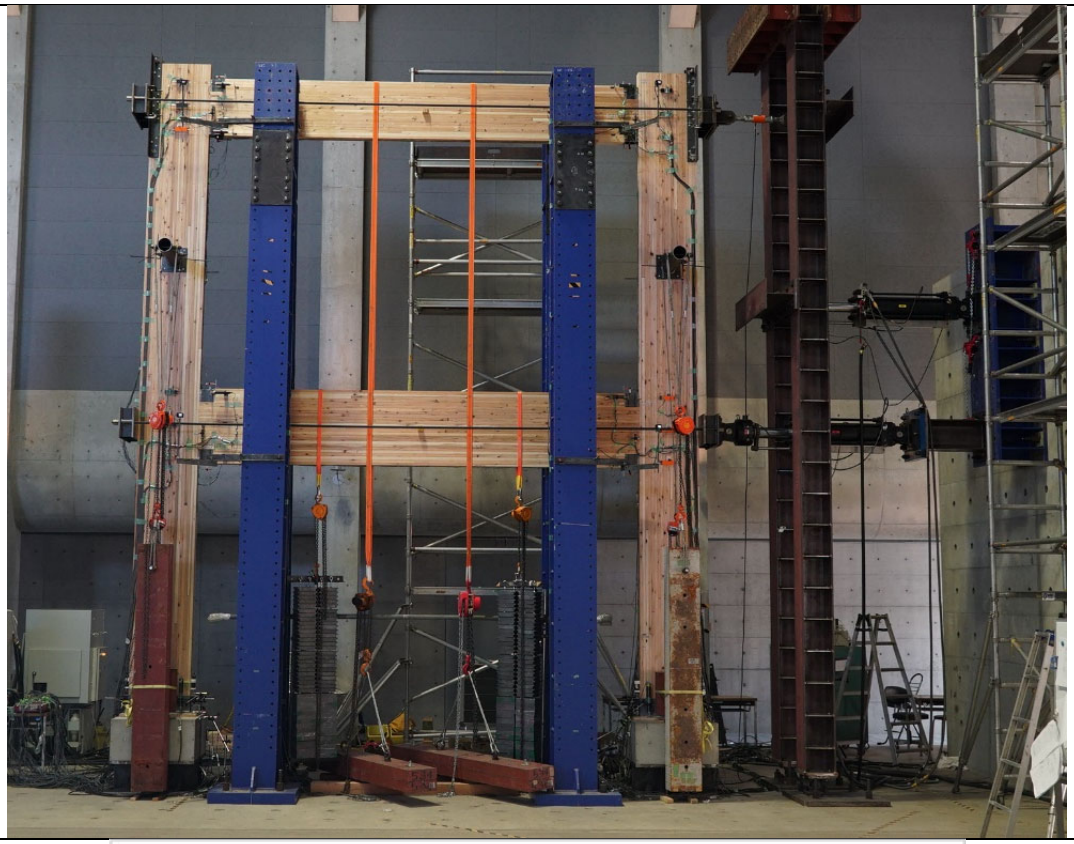

M_{EG3} = 25.3 kNm
M_{CH103} = 16.0 kNm
M_{CH106} = 13.2 kNm
M_{WG3} = 22.5 kNm
M_{E2t} = 28.5 kNm
M_{CH97} = 18.6 kNm
M_{CH91} = 14.6 kNm
M_{E2b} = 25.8 kNm
M_{E1t} = 17.2 kNm
M_{CH89} = 6.6 kNm
M_{CH83} = 15.0 kNm
M_{E1b} = 27.1 kNm
Q_2 = 32.2 kN
M_{EG2} = 40.0 kNm
M_{WG2} = 36.1 kNm
M_{CH99} = 26.2 kNm
M_{CH102} = 22.3 kNm
Q_1 = 38.4 kN
M_{W2t} = 24.0 kNm
M_{CH98} = 15.2 kNm
M_{CH92} = 14.0 kNm
M_{W2b} = 23.9 kNm
M_{W1t} = 20.0 kNm
M_{CH90} = 6.5 kNm
M_{CH84} = 21.0 kNm
M_{W1b} = 36.5 kNm

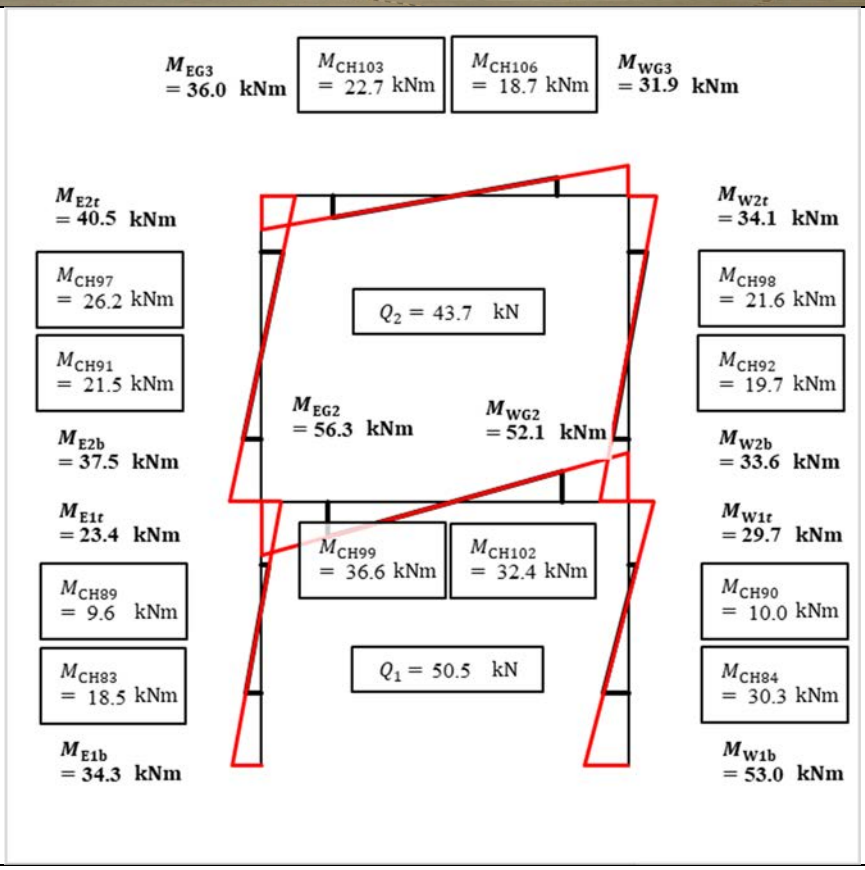
-1/300rad



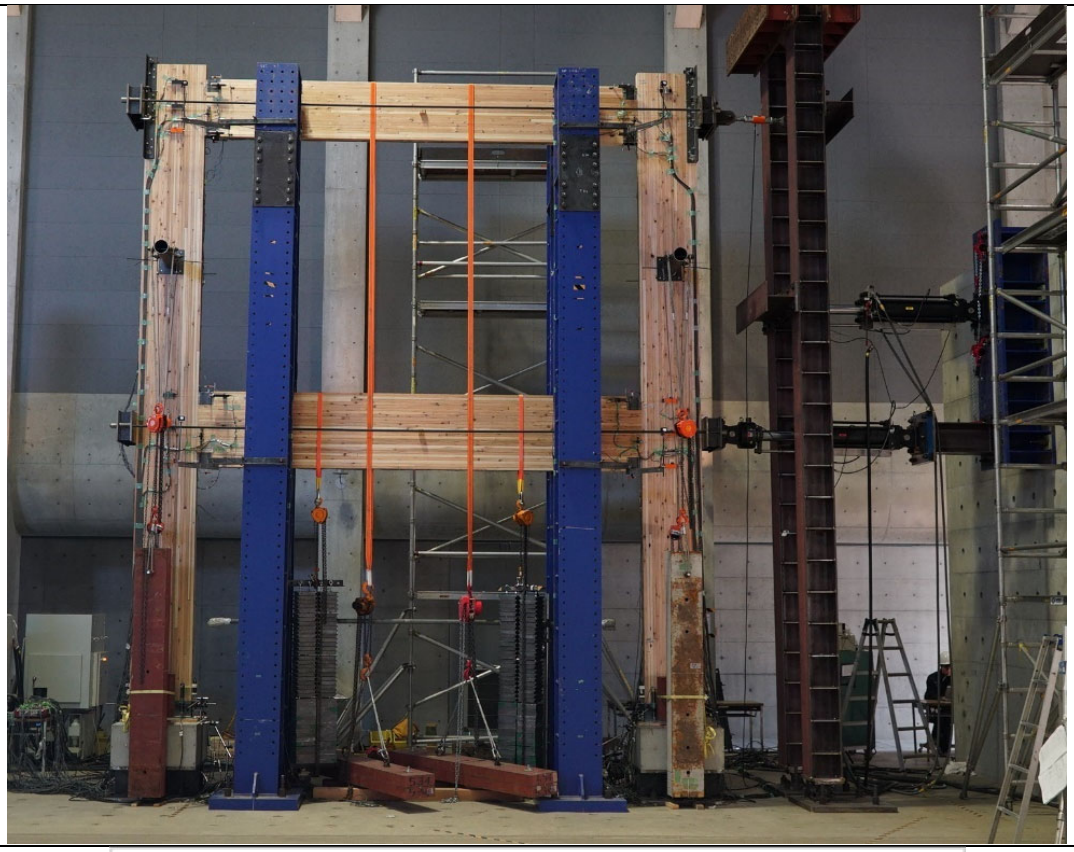

M_{EG3} = 23.8 kNm
M_{CH103} = 14.5 kNm
M_{CH106} = 14.6 kNm
M_{WG3} = 23.9 kNm
M_{E2t} = 27.8 kNm
M_{CH97} = 18.2 kNm
M_{CH91} = 13.7 kNm
M_{E2b} = 24.5 kNm
M_{E1t} = 19.7 kNm
M_{CH89} = 7.9 kNm
M_{CH83} = 16.1 kNm
M_{E1b} = 29.6 kNm
Q_2 = -34.7 kN
M_{EG2} = 42.0 kNm
M_{WG2} = 39.3 kNm
M_{CH99} = 27.3 kNm
M_{CH102} = 24.6 kNm
Q_1 = -39.4 kN
M_{W2t} = 26.5 kNm
M_{CH98} = 16.9 kNm
M_{CH92} = 15.3 kNm
M_{W2b} = 26.2 kNm
M_{W1t} = 20.5 kNm
M_{CH90} = 8.7 kNm
M_{CH84} = 15.4 kNm
M_{W1b} = 29.0 kNm

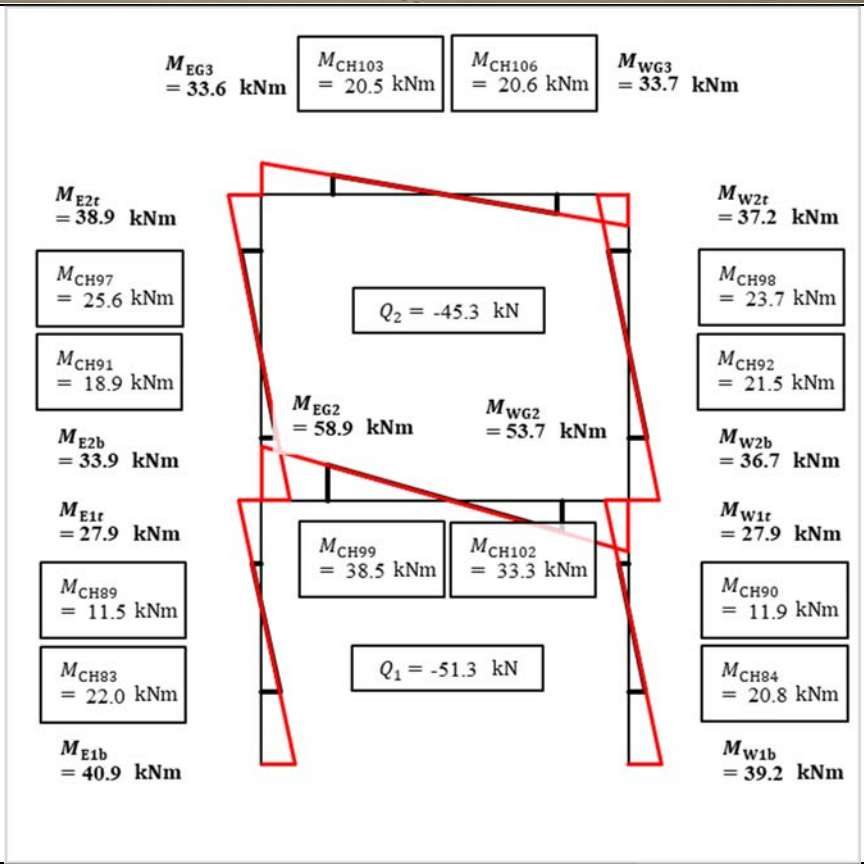
＋1/200rad



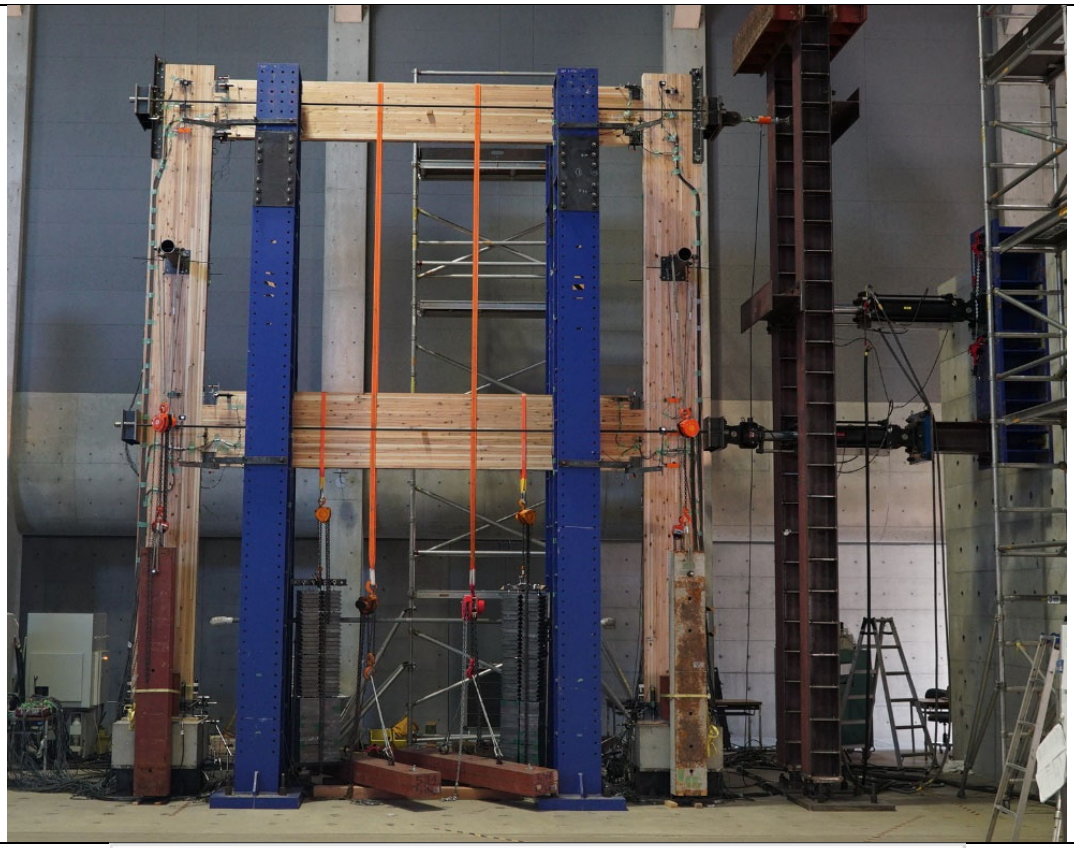

M_{EG3} = 36.0 kNm
M_{CH103} = 22.7 kNm
M_{CH106} = 18.7 kNm
M_{WG3} = 31.9 kNm
M_{E2t} = 40.5 kNm
M_{CH97} = 26.2 kNm
M_{CH91} = 21.5 kNm
M_{E2b} = 37.5 kNm
M_{E1t} = 23.4 kNm
M_{CH89} = 9.6 kNm
M_{CH83} = 18.5 kNm
M_{E1b} = 34.3 kNm
Q_2 = 43.7 kN
M_{EG2} = 56.3 kNm
M_{WG2} = 52.1 kNm
M_{CH99} = 36.6 kNm
M_{CH102} = 32.4 kNm
Q_1 = 50.5 kN
M_{W2t} = 34.1 kNm
M_{CH98} = 21.6 kNm
M_{CH92} = 19.7 kNm
M_{W2b} = 33.6 kNm
M_{W1t} = 29.7 kNm
M_{CH90} = 10.0 kNm
M_{CH84} = 30.3 kNm
M_{W1b} = 53.0 kNm

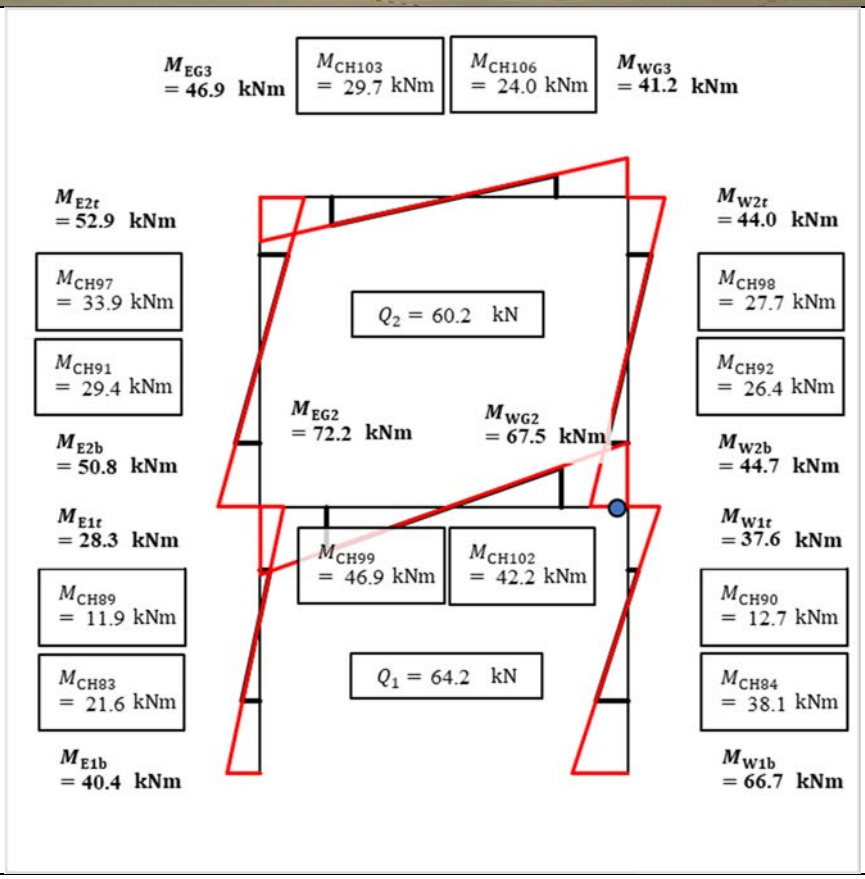
-1/200rad



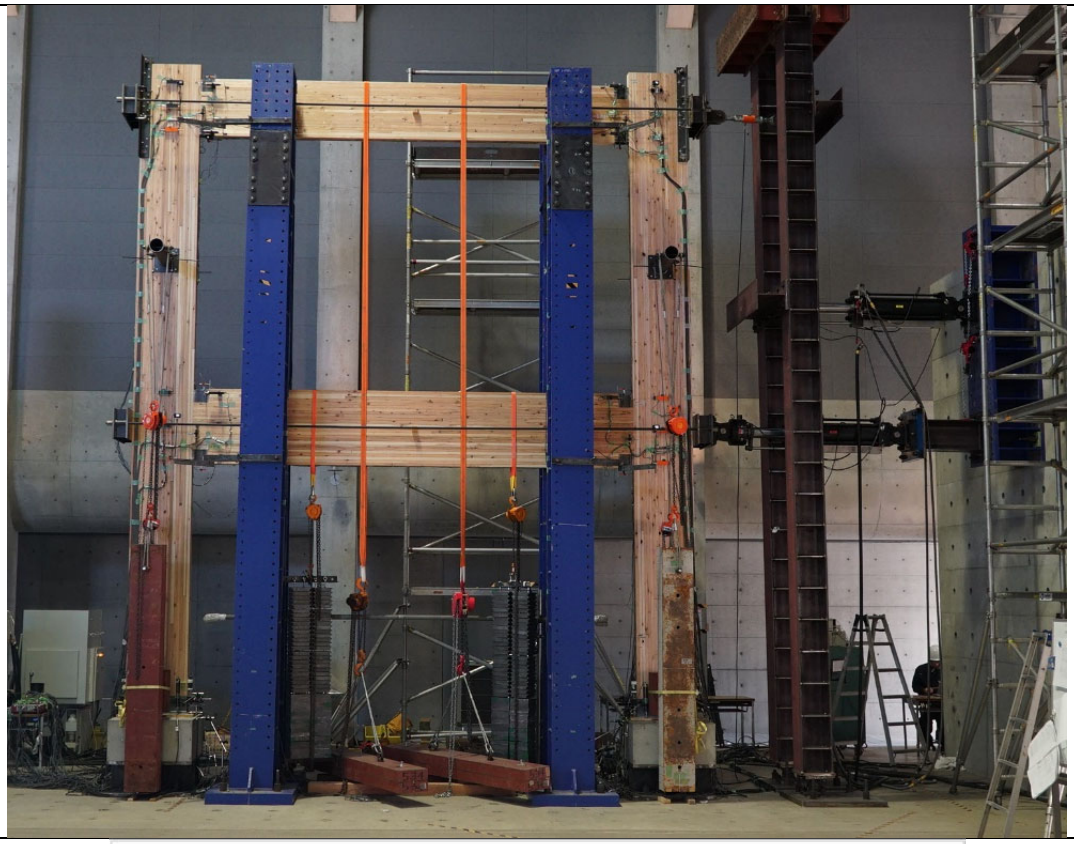

M_{EG3} = 33.6 kNm
M_{CH103} = 20.5 kNm
M_{CH106} = 20.6 kNm
M_{WG3} = 33.7 kNm
M_{E2t} = 38.9 kNm
M_{CH97} = 25.6 kNm
M_{CH91} = 18.9 kNm
M_{E2b} = 33.9 kNm
M_{E1t} = 27.9 kNm
M_{CH89} = 11.5 kNm
M_{CH83} = 22.0 kNm
M_{E1b} = 40.9 kNm
Q_2 = -45.3 kN
M_{EG2} = 58.9 kNm
M_{WG2} = 53.7 kNm
M_{CH99} = 38.5 kNm
M_{CH102} = 33.3 kNm
Q_1 = -51.3 kN
M_{W2t} = 37.2 kNm
M_{CH98} = 23.7 kNm
M_{CH92} = 21.5 kNm
M_{W2b} = 36.7 kNm
M_{W1t} = 27.9 kNm
M_{CH90} = 11.9 kNm
M_{CH84} = 20.8 kNm
M_{W1b} = 39.2 kNm

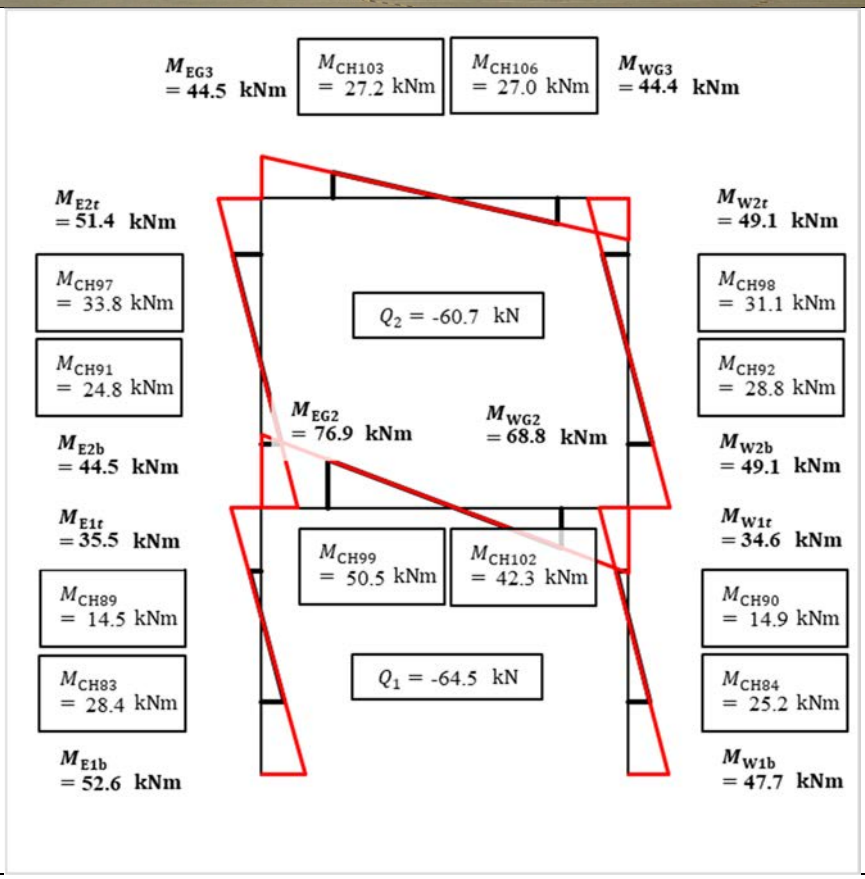
＋1/150rad



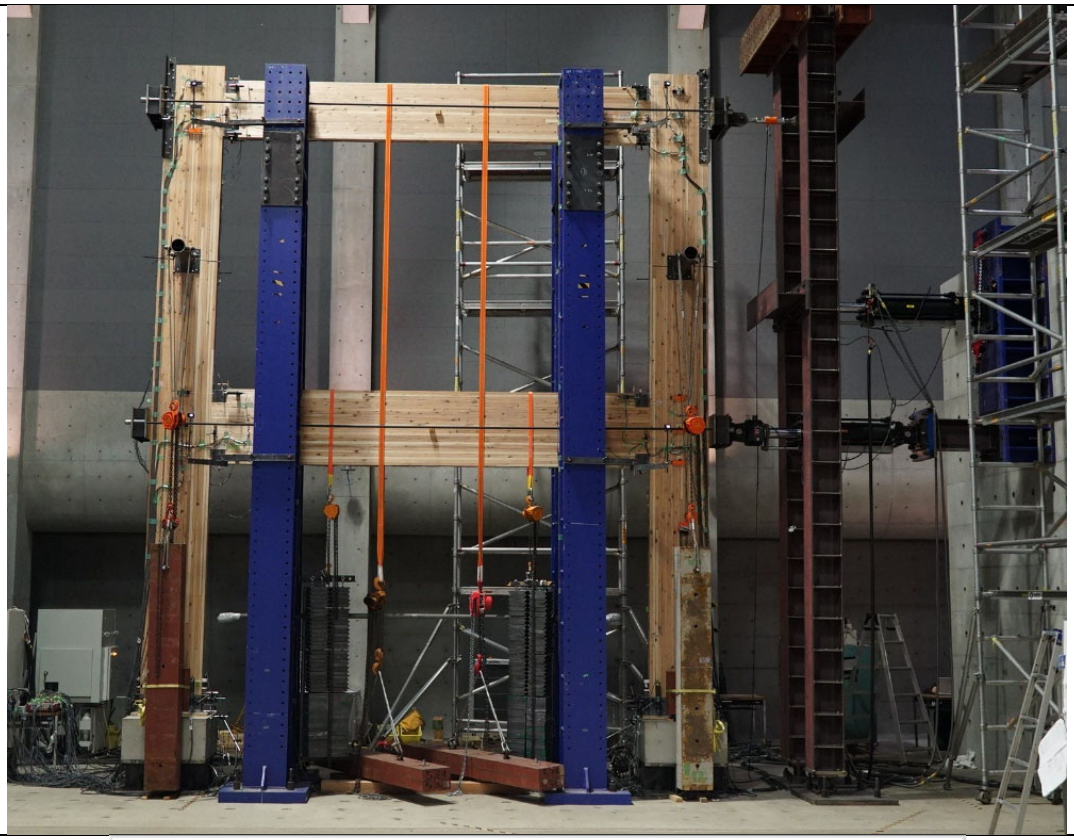

M_{EG3} = 46.9 kNm
M_{CH103} = 29.7 kNm
M_{CH106} = 24.0 kNm
M_{WG3} = 41.2 kNm
M_{E2t} = 52.9 kNm
M_{CH97} = 33.9 kNm
M_{CH91} = 29.4 kNm
M_{E2b} = 50.8 kNm
M_{E1t} = 28.3 kNm
M_{CH89} = 11.9 kNm
M_{CH83} = 21.6 kNm
M_{E1b} = 40.4 kNm
Q_2 = 60.2 kN
M_{EG2} = 72.2 kNm
M_{WG2} = 67.5 kNm
M_{CH99} = 46.9 kNm
M_{CH102} = 42.2 kNm
Q_1 = 64.2 kN
M_{W2t} = 44.0 kNm
M_{CH98} = 27.7 kNm
M_{CH92} = 26.4 kNm
M_{W2b} = 44.7 kNm
M_{W1t} = 37.6 kNm
M_{CH90} = 12.7 kNm
M_{CH84} = 38.1 kNm
M_{W1b} = 66.7 kNm

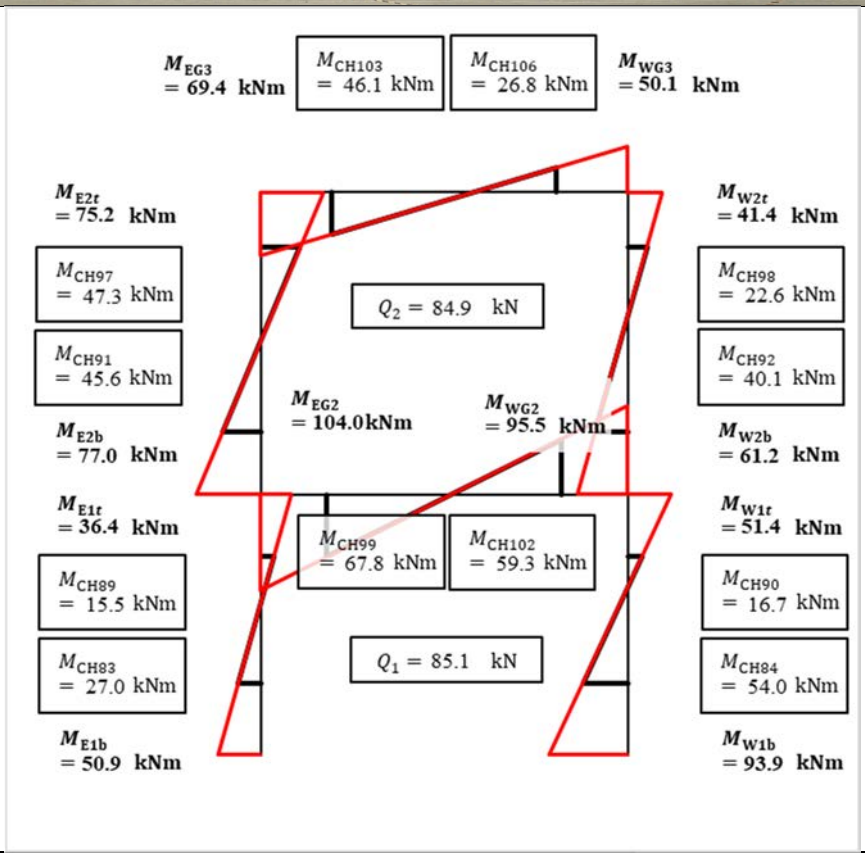
-1/150rad



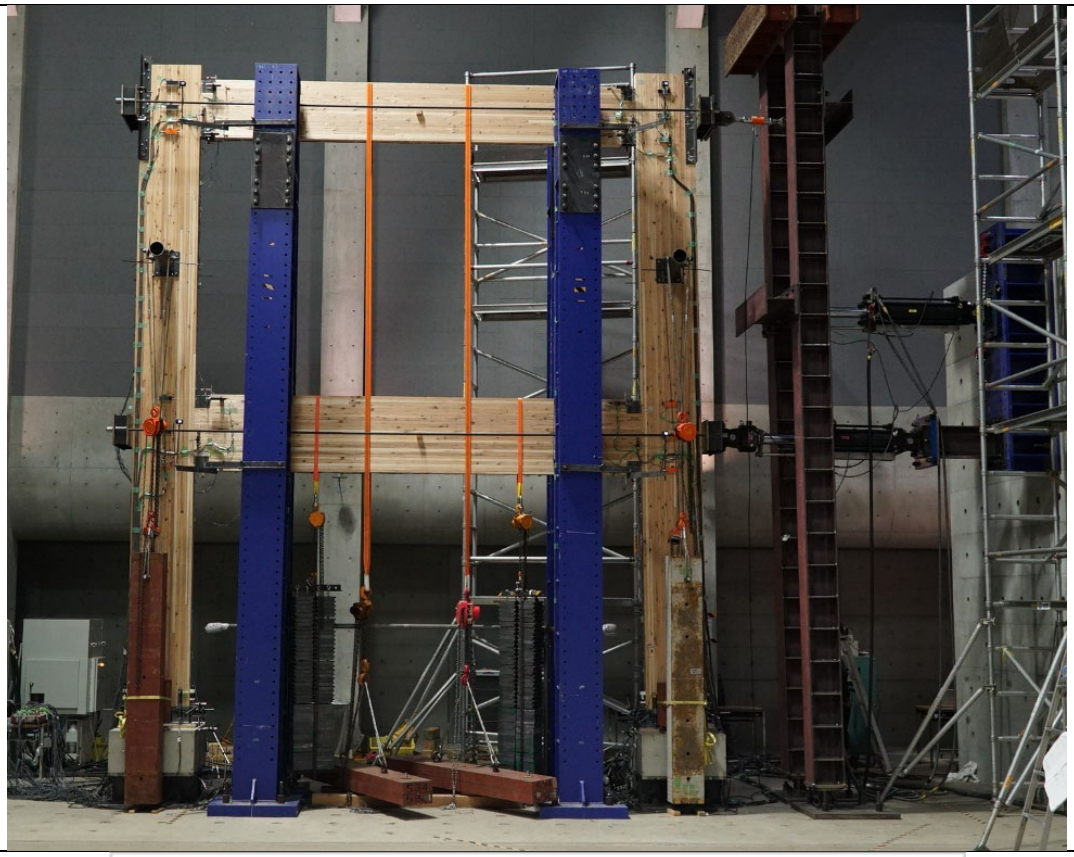

M_{EG3} = 44.5 kNm
M_{CH103} = 27.2 kNm
M_{CH106} = 27.0 kNm
M_{WG3} = 44.4 kNm
M_{E2t} = 51.4 kNm
M_{CH97} = 33.8 kNm
M_{CH91} = 24.8 kNm
M_{E2b} = 44.5 kNm
M_{E1t} = 35.5 kNm
M_{CH89} = 14.5 kNm
M_{CH83} = 28.4 kNm
M_{E1b} = 52.6 kNm
Q_2 = -60.7 kN
M_{EG2} = 76.9 kNm
M_{WG2} = 68.8 kNm
M_{CH99} = 50.5 kNm
M_{CH102} = 42.3 kNm
Q_1 = -64.5 kN
M_{W2t} = 49.1 kNm
M_{CH98} = 31.1 kNm
M_{CH92} = 28.8 kNm
M_{W2b} = 49.1 kNm
M_{W1t} = 34.6 kNm
M_{CH90} = 14.9 kNm
M_{CH84} = 25.2 kNm
M_{W1b} = 47.7 kNm

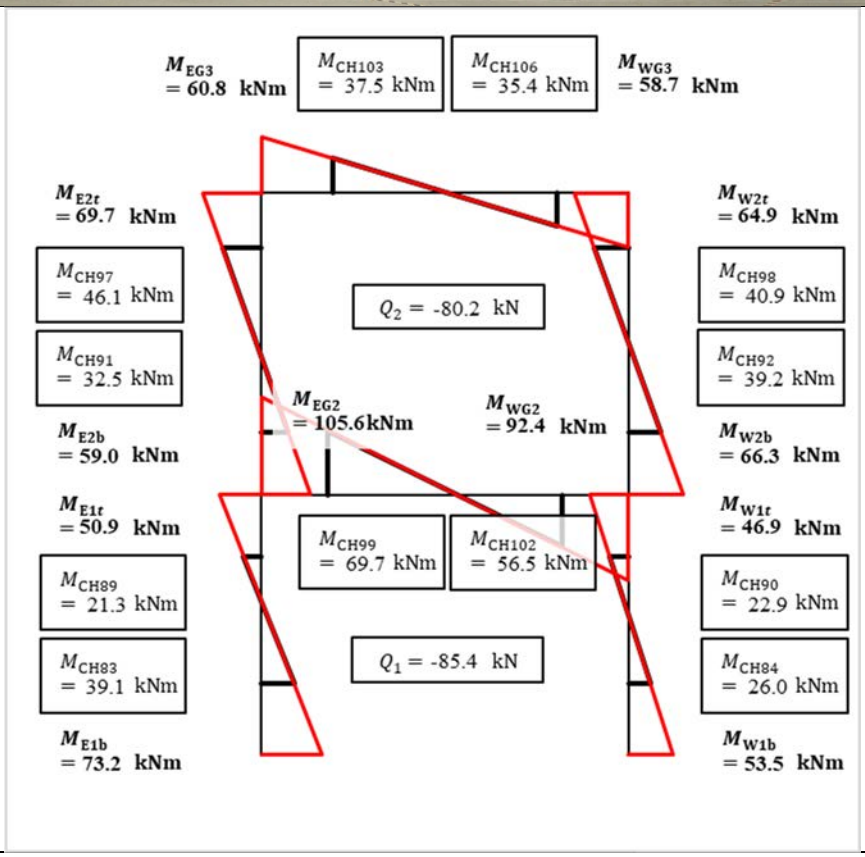
＋1/100rad



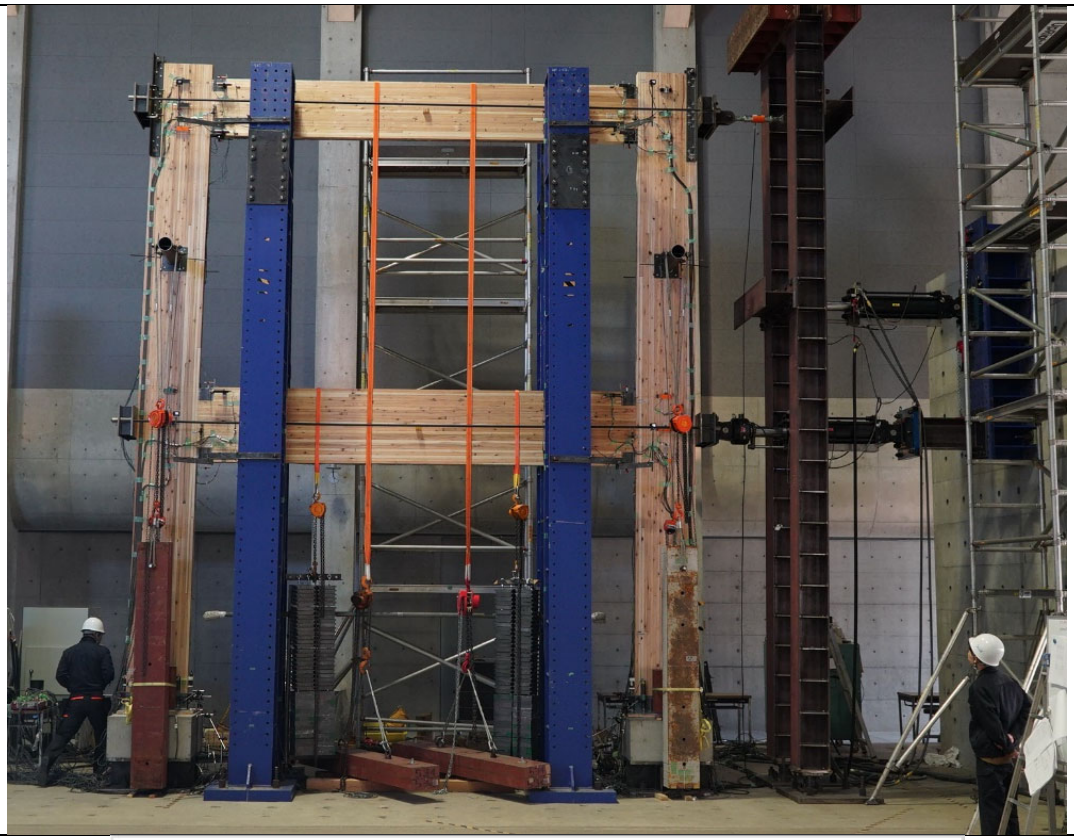

M_{EG3} = 69.4 kNm
M_{CH103} = 46.1 kNm
M_{CH106} = 26.8 kNm
M_{WG3} = 50.1 kNm
M_{E2t} = 75.2 kNm
M_{W2t} = 41.4 kNm
M_{CH97} = 47.3 kNm
M_{CH98} = 22.6 kNm
Q_2 = 84.9 kN
M_{CH91} = 45.6 kNm
M_{CH92} = 40.1 kNm
M_{EG2} = 104.0kNm
M_{WG2} = 95.5 kNm
M_{E2b} = 77.0 kNm
M_{W2b} = 61.2 kNm
M_{E1t} = 36.4 kNm
M_{W1t} = 51.4 kNm
M_{CH99} = 67.8 kNm
M_{CH102} = 59.3 kNm
M_{CH89} = 15.5 kNm
M_{CH90} = 16.7 kNm
Q_1 = 85.1 kN
M_{CH83} = 27.0 kNm
M_{CH84} = 54.0 kNm
M_{E1b} = 50.9 kNm
M_{W1b} = 93.9 kNm

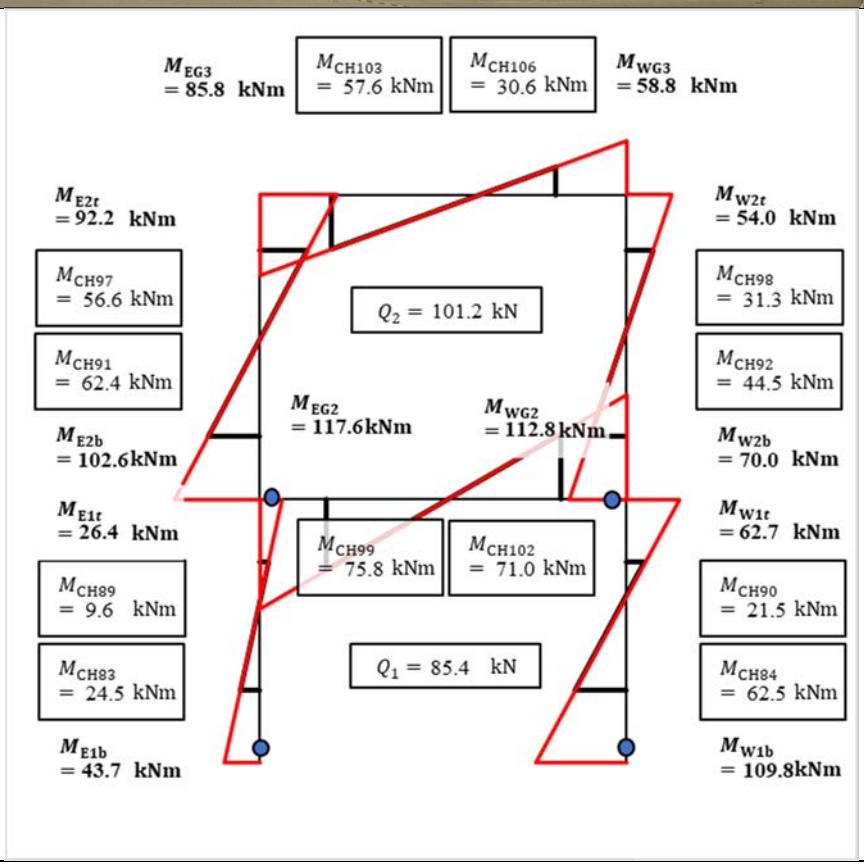
-1/100rad



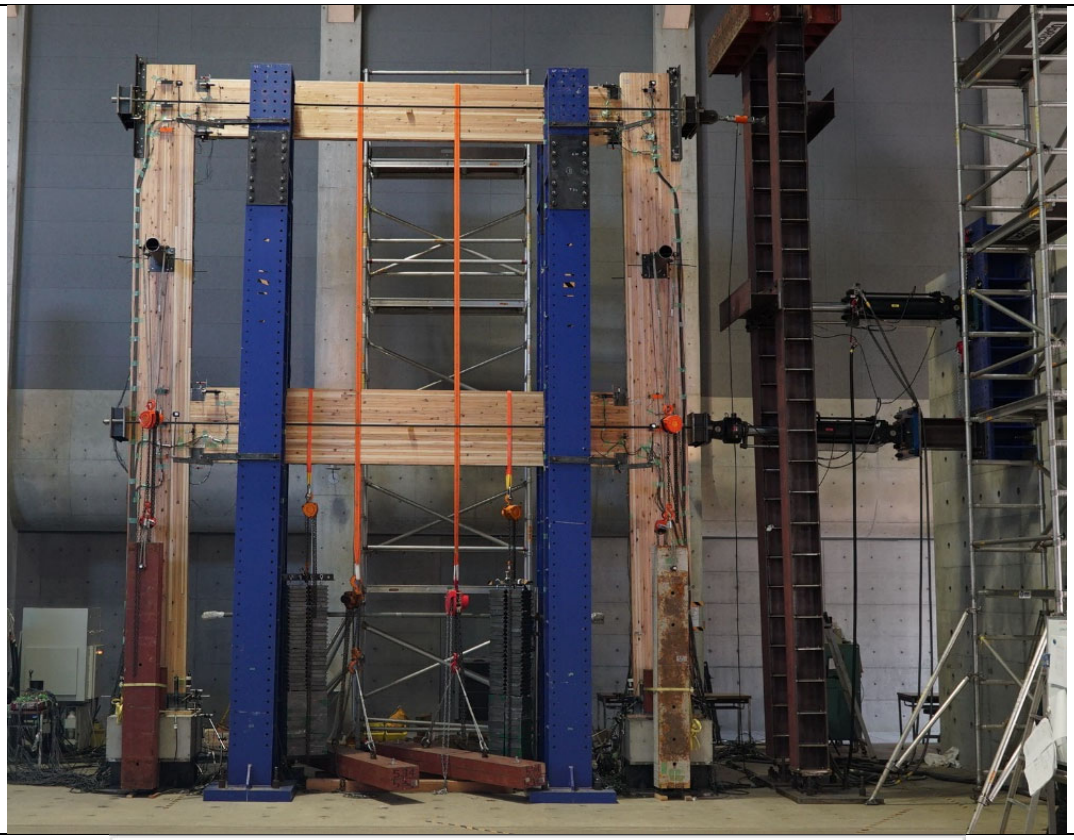

M_{EG3} = 60.8 kNm
M_{CH103} = 37.5 kNm
M_{CH106} = 35.4 kNm
M_{WG3} = 58.7 kNm
M_{E2t} = 69.7 kNm
M_{CH97} = 46.1 kNm
M_{CH91} = 32.5 kNm
M_{E2b} = 59.0 kNm
M_{E1t} = 50.9 kNm
M_{CH89} = 21.3 kNm
M_{CH83} = 39.1 kNm
M_{E1b} = 73.2 kNm
Q_2 = -80.2 kN
M_{EG2} = 105.6kNm
M_{WG2} = 92.4 kNm
M_{CH99} = 69.7 kNm
M_{CH102} = 56.5 kNm
Q_1 = -85.4 kN
M_{W2t} = 64.9 kNm
M_{CH98} = 40.9 kNm
M_{CH92} = 39.2 kNm
M_{W2b} = 66.3 kNm
M_{W1t} = 46.9 kNm
M_{CH90} = 22.9 kNm
M_{CH84} = 26.0 kNm
M_{W1b} = 53.5 kNm

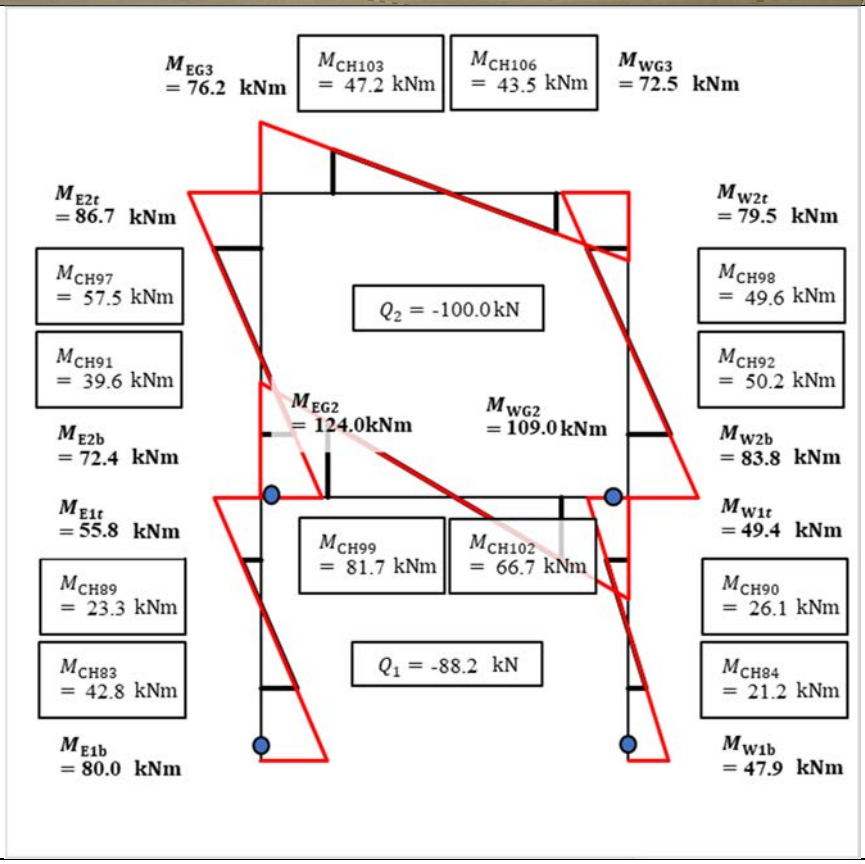
＋1/75rad



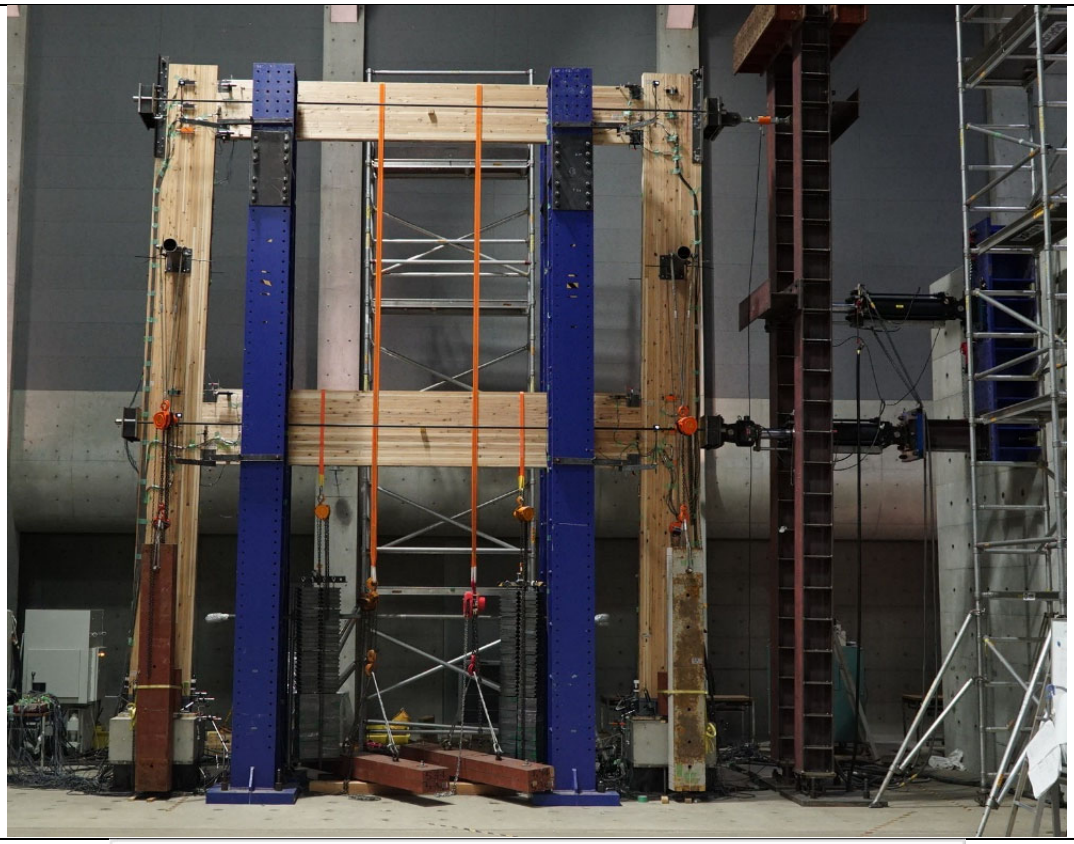

M_{EG3} = 85.8 kNm
M_{CH103} = 57.6 kNm
M_{CH106} = 30.6 kNm
M_{WG3} = 58.8 kNm
M_{E2t} = 92.2 kNm
M_{CH97} = 56.6 kNm
M_{CH91} = 62.4 kNm
M_{E2b} = 102.6kNm
M_{E1t} = 26.4 kNm
M_{CH89} = 9.6 kNm
M_{CH83} = 24.5 kNm
M_{E1b} = 43.7 kNm
Q_2 = 101.2 kN
M_{EG2} = 117.6kNm
M_{WG2} = 112.8kNm
M_{CH99} = 75.8 kNm
M_{CH102} = 71.0 kNm
Q_1 = 85.4 kN
M_{W2t} = 54.0 kNm
M_{CH98} = 31.3 kNm
M_{CH92} = 44.5 kNm
M_{W2b} = 70.0 kNm
M_{W1t} = 62.7 kNm
M_{CH90} = 21.5 kNm
M_{CH84} = 62.5 kNm
M_{W1b} = 109.8kNm

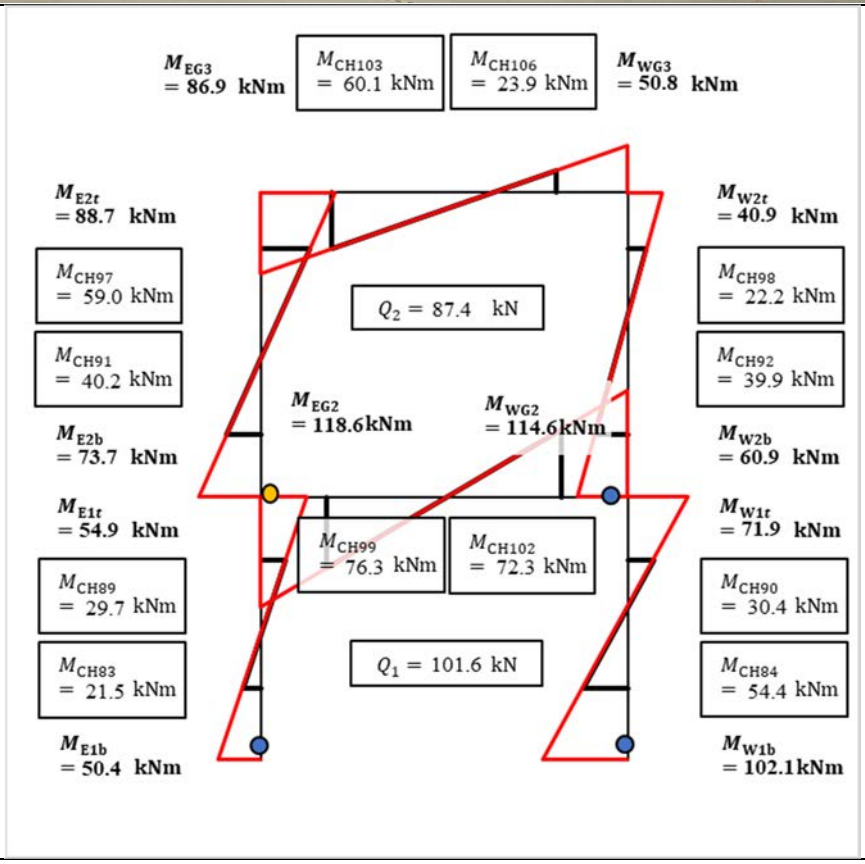
-1/75rad



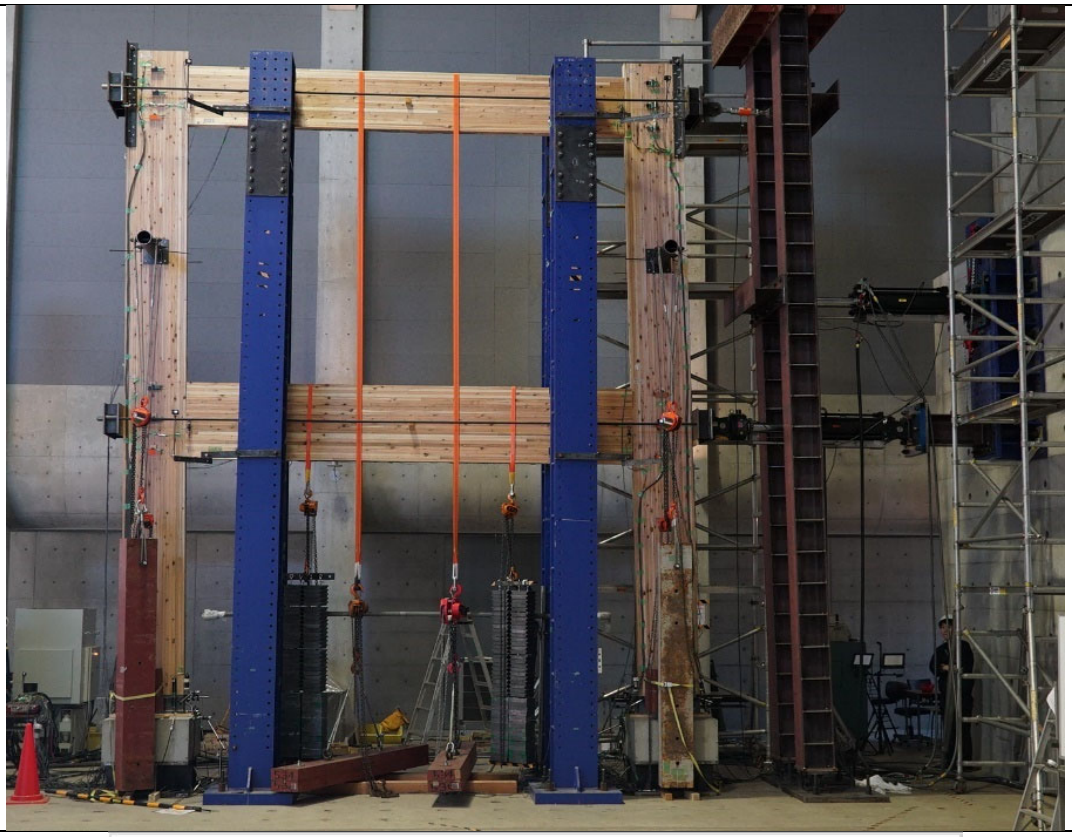

M_{EG3} = 76.2 kNm
M_{CH103} = 47.2 kNm
M_{CH106} = 43.5 kNm
M_{WG3} = 72.5 kNm
M_{E2t} = 86.7 kNm
M_{CH97} = 57.5 kNm
M_{CH91} = 39.6 kNm
M_{E2b} = 72.4 kNm
M_{E1t} = 55.8 kNm
M_{CH89} = 23.3 kNm
M_{CH83} = 42.8 kNm
M_{E1b} = 80.0 kNm
Q_2 = -100.0 kN
M_{EG2} = 124.0kNm
M_{WG2} = 109.0 kNm
M_{CH99} = 81.7 kNm
M_{CH102} = 66.7 kNm
Q_1 = -88.2 kN
M_{W2t} = 79.5 kNm
M_{CH98} = 49.6 kNm
M_{CH92} = 50.2 kNm
M_{W2b} = 83.8 kNm
M_{W1t} = 49.4 kNm
M_{CH90} = 26.1 kNm
M_{CH84} = 21.2 kNm
M_{W1b} = 47.9 kNm

＋1/50rad




M_{EG3} = 86.9 kNm
M_{CH103} = 60.1 kNm
M_{CH106} = 23.9 kNm
M_{WG3} = 50.8 kNm
M_{E2t} = 88.7 kNm
M_{W2t} = 40.9 kNm
M_{CH97} = 59.0 kNm
M_{CH98} = 22.2 kNm
Q_2 = 87.4 kN
M_{CH91} = 40.2 kNm
M_{CH92} = 39.9 kNm
M_{EG2} = 118.6kNm
M_{WG2} = 114.6kNm
M_{E2b} = 73.7 kNm
M_{W2b} = 60.9 kNm
M_{E1t} = 54.9 kNm
M_{W1t} = 71.9 kNm
M_{CH99} = 76.3 kNm
M_{CH102} = 72.3 kNm
M_{CH89} = 29.7 kNm
M_{CH90} = 30.4 kNm
Q_1 = 101.6 kN
M_{CH83} = 21.5 kNm
M_{CH84} = 54.4 kNm
M_{E1b} = 50.4 kNm
M_{W1b} = 102.1kNm

-1/50rad



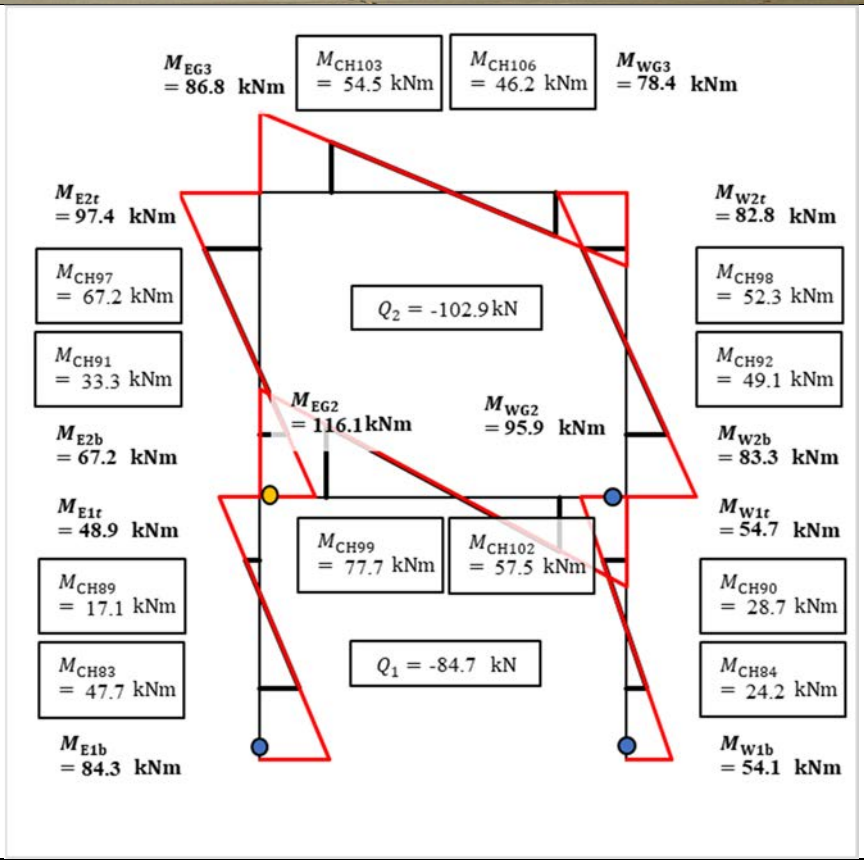
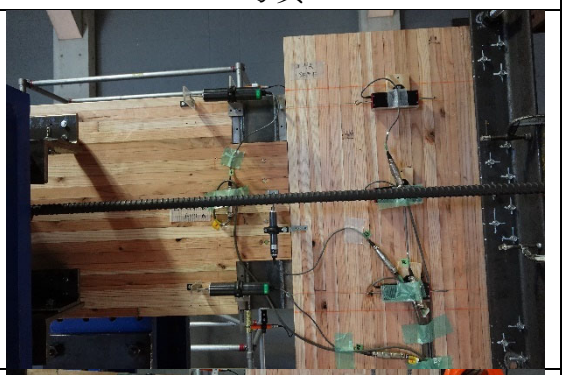
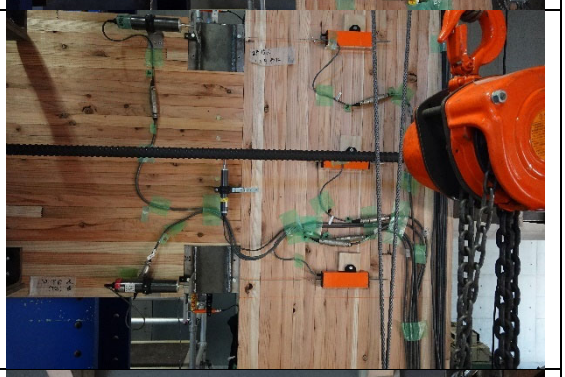
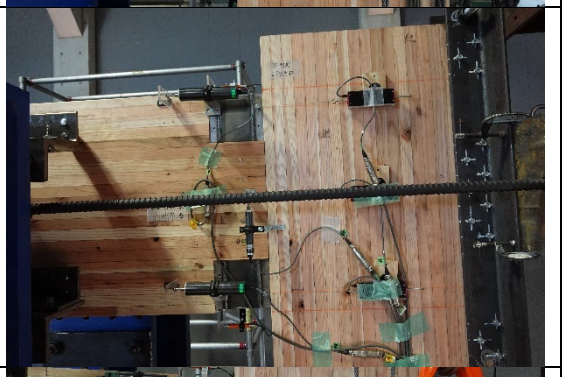
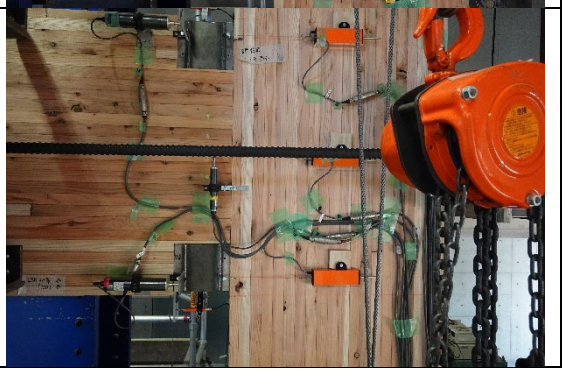
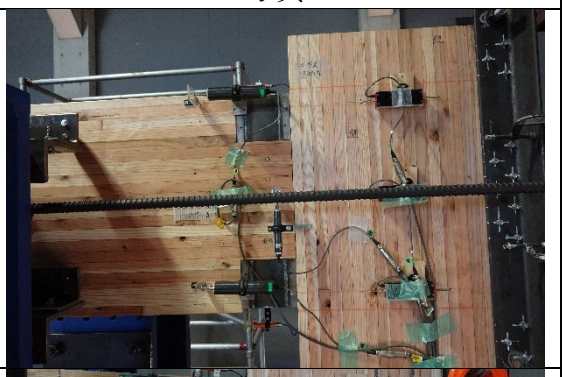
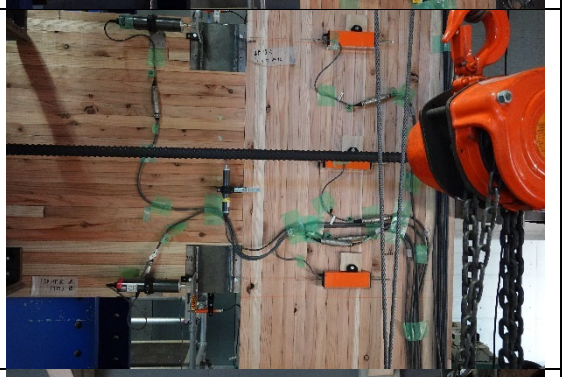
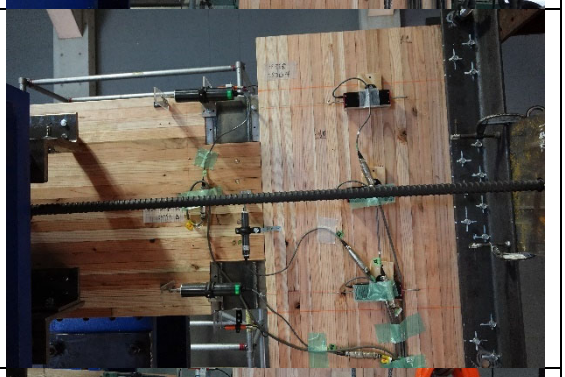
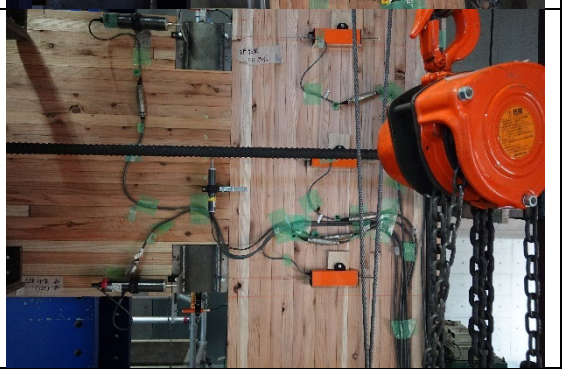
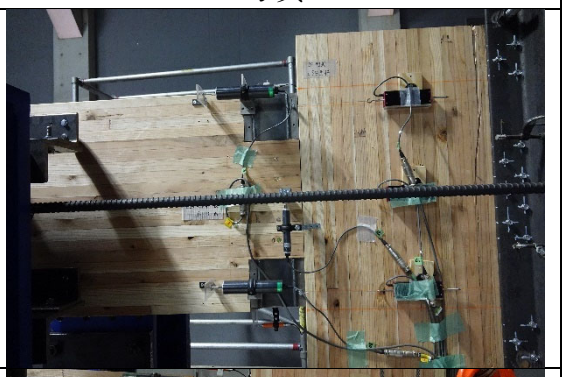
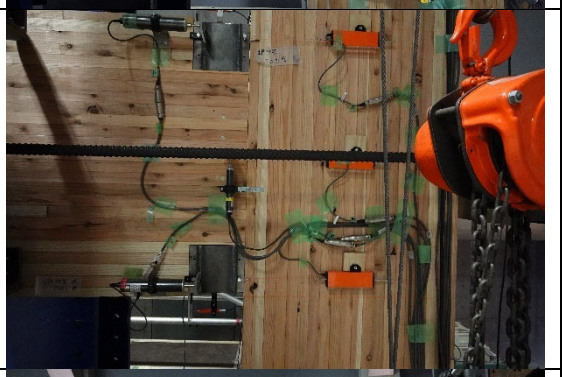
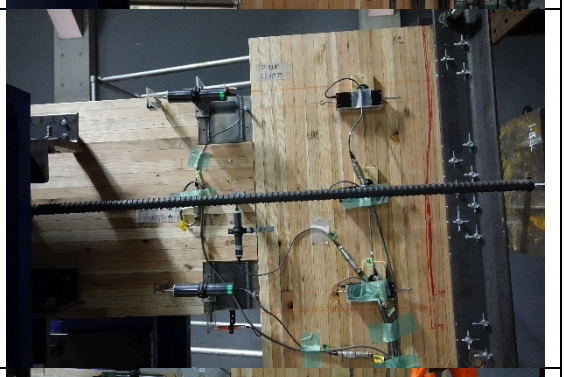
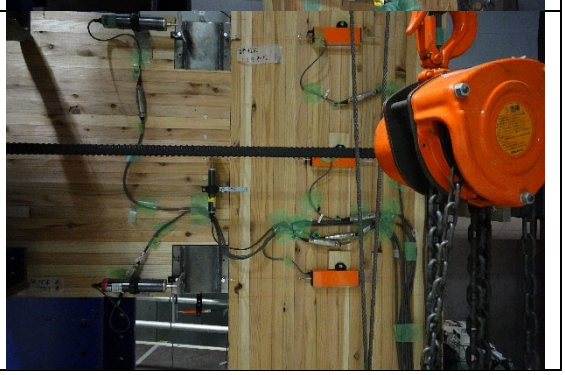
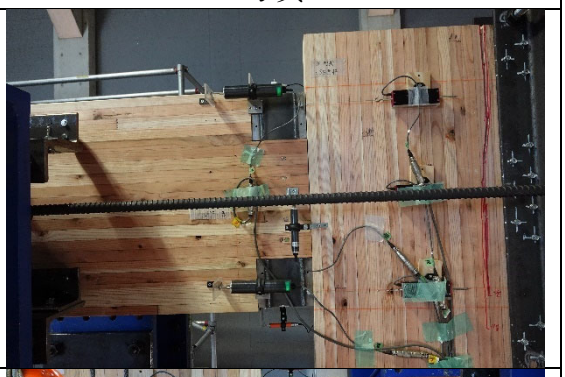
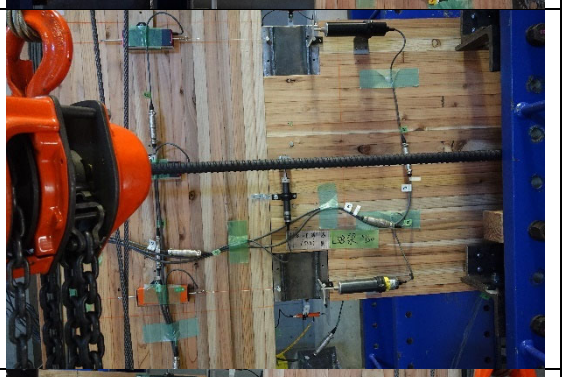
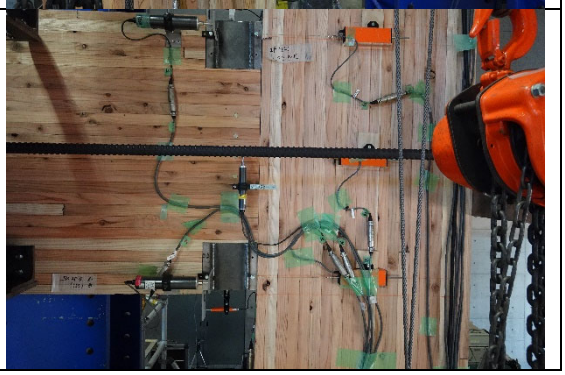

M_{EG3} = 86.8 kNm
M_{CH103} = 54.5 kNm
M_{CH106} = 46.2 kNm
M_{WG3} = 78.4 kNm
M_{E2t} = 97.4 kNm
M_{W2t} = 82.8 kNm
M_{CH97} = 67.2 kNm
M_{CH98} = 52.3 kNm
Q_2 = -102.9 kN
M_{CH91} = 33.3 kNm
M_{CH92} = 49.1 kNm
M_{EG2} = 116.1 kNm
M_{WG2} = 95.9 kNm
M_{E2b} = 67.2 kNm
M_{W2b} = 83.3 kNm
M_{E1t} = 48.9 kNm
M_{W1t} = 54.7 kNm
M_{CH99} = 77.7 kNm
M_{CH102} = 57.5 kNm
M_{CH89} = 17.1 kNm
M_{CH90} = 28.7 kNm
Q_1 = -84.7 kN
M_{CH83} = 47.7 kNm
M_{CH84} = 24.2 kNm
M_{E1b} = 84.3 kNm
M_{W1b} = 54.1 kNm

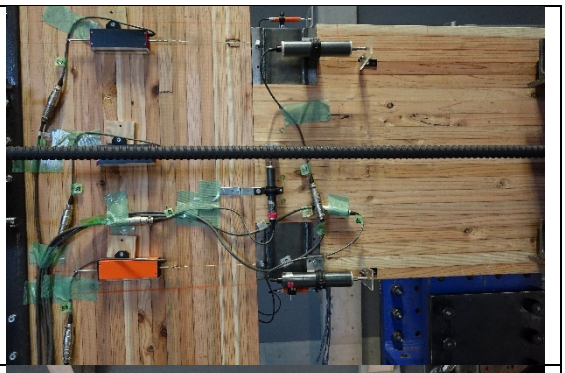
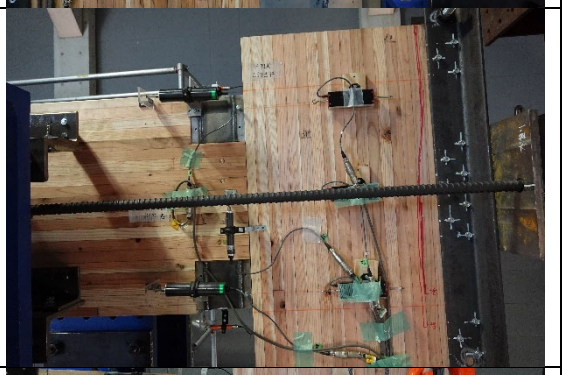
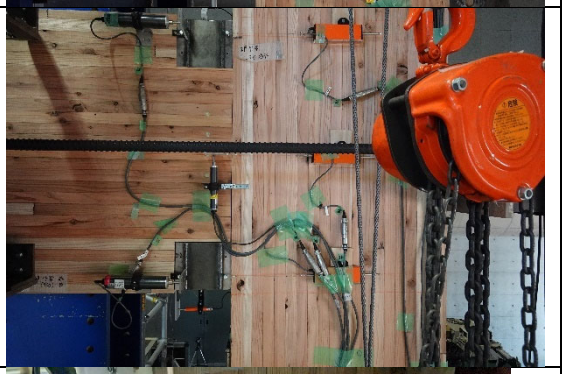
表 4.2.1-2　加力ピーク時の各接合部の破壊性状（LSB 接合試験体）

層間変形角	破壊性状	写真
+1/200rad	3 階西端 わずかなめり込みと開き	
	2 階西端 わずかなめり込みと開き	
-1/200rad	3 階西端 わずかなめり込みと開き	
	2 階西端 わずかなめり込みと開き	

層間変形角	破壊性状	写真
+1/150rad	3 階西端 わずかなめり込みと開き	
	2 階西端 わずかなめり込みと開き	
-1/150rad	3 階西端 わずかなめり込みと開き	
	2 階西端 わずかなめり込みと開き	

層間変形角	破壊性状	写真
+1/100rad	3 階西端 柱のせん断割れ、1.5mm 程度の開き	
	2 階西端 2mm 程度の開き、1.5mm 程度のめり込み	
-1/100rad	3 階西端 1.5mm 程度の開き	
	2 階西端：降伏 2mm 程度の開き、1.5mm 程度のめり込み	

層間変形角	破壊性状	写真
+1/75rad	3 階西端 2mm 程度の開き、めり込み	
	2 階東端：降伏 3mm 程度の開き、2mm 程度のめり込み	
	2 階西端：降伏 3mm 程度の開き、2mm 程度のめり込み	

-1/75rad	3 階東端：降伏 2mm 程度の開き、めり込み	
	3 階西端：降伏 2mm 程度の開き、めり込み	
	2 階西端 2~3mm 程度の開き、めり込み	
	柱脚 BP 東：降伏 2mm 程度の浮き上がり、無収縮モルタルの割れ、せん断ずれ	
	柱脚 BP 西：降伏 2mm 程度の浮き上がり、せん断ずれ	

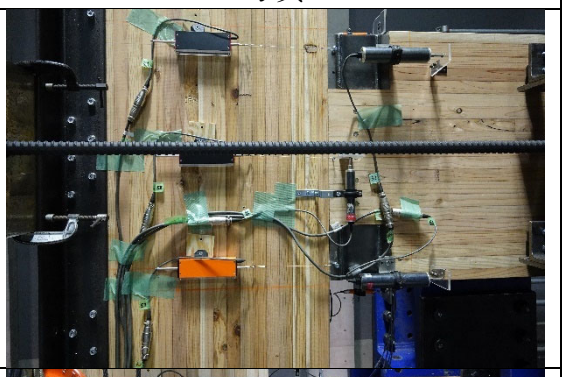
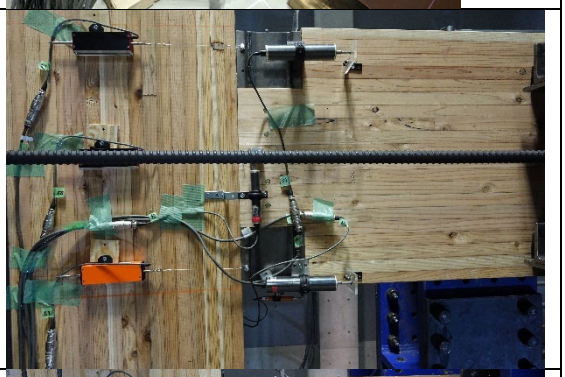
層間変形角	破壊性状	写真
+1/50rad（+1/70rad 程度）	3 階東端 2mm 程度の開き、めり込み	
	2 階東端：破壊 22mm 程度の開き、3mm 程度のめり込み	
	柱脚 BP 東：降伏 2~4mm 程度の浮き上がり	
-1/50rad（-1/70rad 程度）	3 階西端 10mm 程度の開き、2mm 程度めり込み	
	2 階東端：破壊 6mm 程度の開き、めり込み	

表 4.3.1-3　解体後の各接合部破壊性状（LSB 接合試験体）

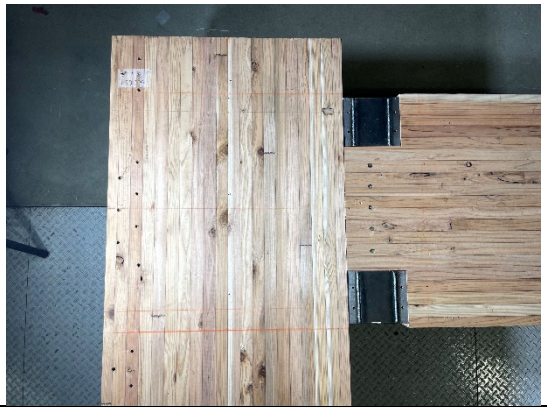
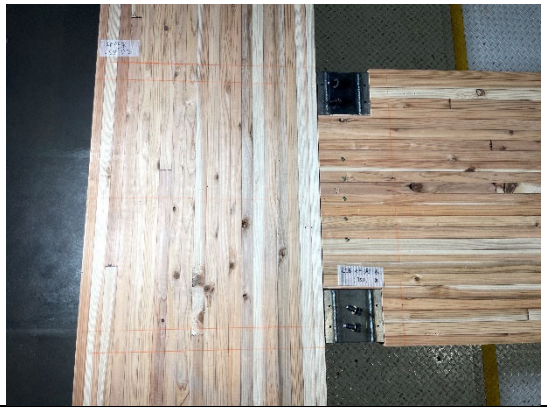
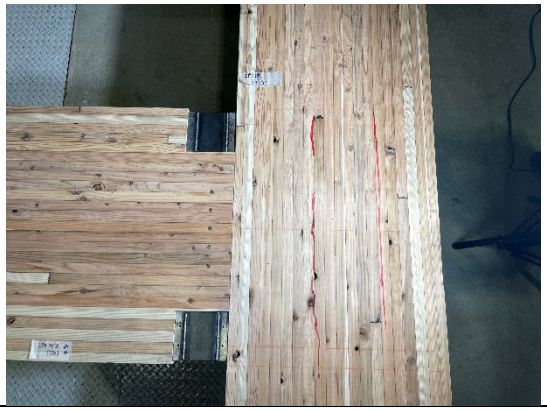
解体後	
3 階柱梁_東表	3 階柱梁_西表
	
2 階柱梁_東表	2 階柱梁_西表
	
柱脚_東表	柱脚_西表
	

表 4.3.1-4　解体後アンカーボルト（LSB 接合試験体）

東側（左：CH15、右：CH16） CH15：633mm、CH16：631mm	西側（左：CH17、右：CH18） CH17：630mm、CH18：632mm
 	 



図 4.3.1-1　破断した HTB（上：接合部全体、左下：上端 HTB、右下：下端 HTB）

（2）層せん断力と層間変形角の関係（LSB 接合試験体）

図 4.3.1-2 に層全体の荷重変形関係、図 4.3.1-3 に 1 階、2 階の包絡線、表 4.3.1-5 に目標変形角到達時あるいはピーク時の層間変形角と層せん断力の一覧をそれぞれ示す。

1 階、2 階ともに R=1/100rad 程度までは高い剛性を示しており、層せん断力と層間変形角は同程度の値となっている。

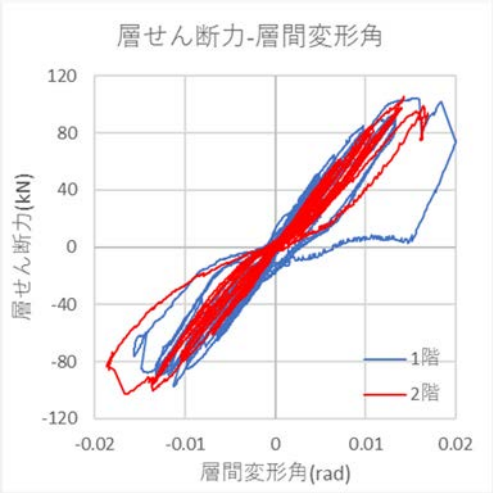
1 階はR_1=1/75rad にて 2 階梁端及びアンカーボルトの降伏により、層せん断力の増加が緩やかになり、正側載荷では 1/50rad の途中（R_1=1/65rad）で最大耐力 104.5kN に達し、その直後(1/64rad)、2 階梁端の HTB の破断により、急激に耐力が低下し終局となった。負側載荷では 1/75rad の途中（R_1=1/89rad）で最大耐力 97.7kN に達し、1/50rad の途中（R_1=1/67rad）で 2 階梁端の HTB の破断により、急激に耐力が低下し終局となった。正側で先に HTB が破断したため、最大耐力時の変形角及び終局変形角が小さくなったと推測される。

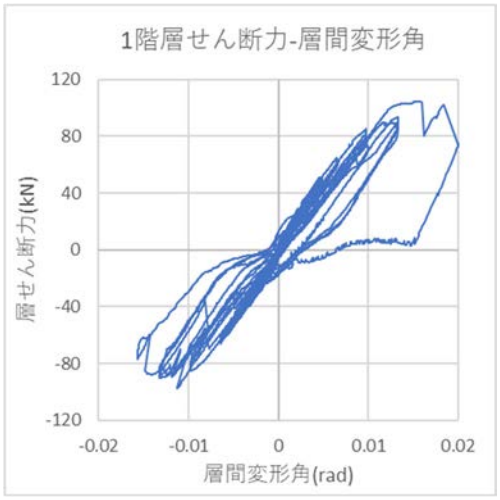
2 階はR_2=1/50rad でも剛性は高く、HTB 破断によって急激に耐力が低下した。正側載荷では 1/50rad の途中（R_2=1/70rad）で最大耐力 105.6kN に達し、その直後、2 階梁端の HTB の破断により、終局状態になった。負側載荷では 1/50rad の途中（R_2=1/74rad）で最大耐力 100.8kN に達し、その直後で 2 階梁端の HTB の破断により、急激に耐力が低下し終局となった。

層せん断力と層間変形角の関係を完全弾塑性モデル[3]に置換したものを図 4.3.1-4 に示す。初期剛性及び降伏耐力とその時の変形角、終局耐力とその時の変形角、構造特性係数を算出したものを表 4.3.1-6 に示す。最大耐力の 0.8 倍となった時点を終局とした。

1 階は正負で初期剛性・降伏耐力は同程度、おおむね同一の包絡線を描いている。正側のほうが、最大耐力や終局耐力が高いのは、正側を負側に先行して加力しているためであると考えられる。塑性率や構造特性係数は同程度であった。

2 階は、正負の特性値おおむね同程度である。1 階と同様に、正側のほうが最大耐力が高いのは、正側を負側に先行して加力しているためであると考えられる。





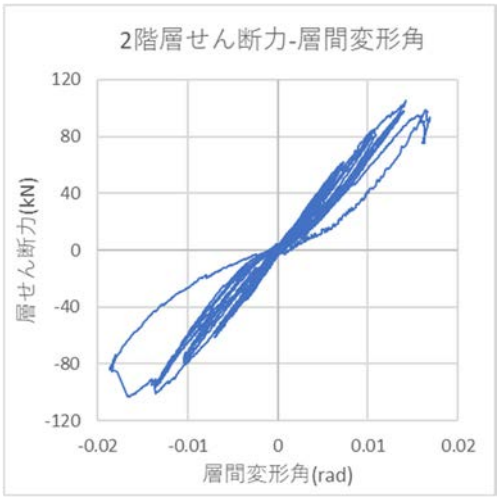
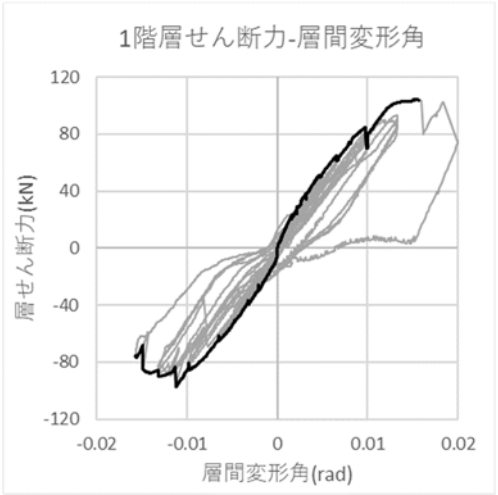


図 4.3.1-2　層せん断力－層間変形角関係（上：2 層分、下：各階）



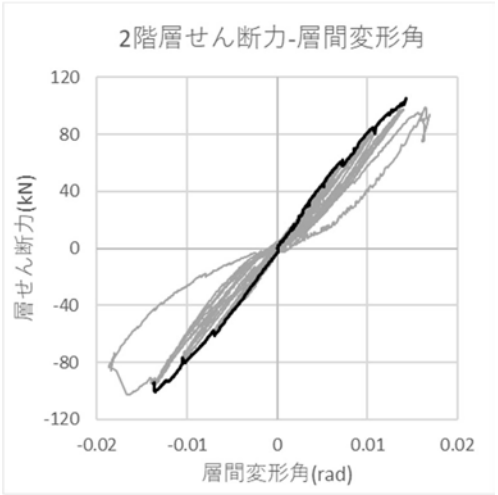


図 4.3.1-3　層せん断力－層間変形角関係の包絡線（左：1 階、右：2 階）

表 4.3.1-5　目標変形角到達時の層間変形角と層せん断力の一覧

		正側載荷				負側載荷			
		層間変形角		層せん断力		層間変形角		層せん断力	
		1階	2階	1階	2階	1階	2階	1階	2階
1/450rad	0.0022	0.0021	0.0024	25.6	19.6	-0.0021	-0.0022	-29.3	-23.0
1/300rad	0.0033	0.0032	0.0035	38.4	32.2	-0.0032	-0.0035	-39.4	-34.7
1/200rad	0.0050	0.0048	0.0052	50.5	43.7	-0.0048	-0.0052	-51.3	-45.3
1/150rad	0.0067	0.0065	0.0070	64.2	60.2	-0.0064	-0.0070	-64.5	-60.7
1/100rad	0.0100	0.0098	0.0106	85.1	84.9	-0.0098	-0.0103	-85.4	-80.2
1/75rad	0.0133	0.0133	0.0140	85.4	101.2	-0.0132	-0.0136	-88.2	-100.0
1/50rad	0.0200	0.0182	0.0163	101.6	87.4	-0.0149	-0.0167	-84.7	-102.9

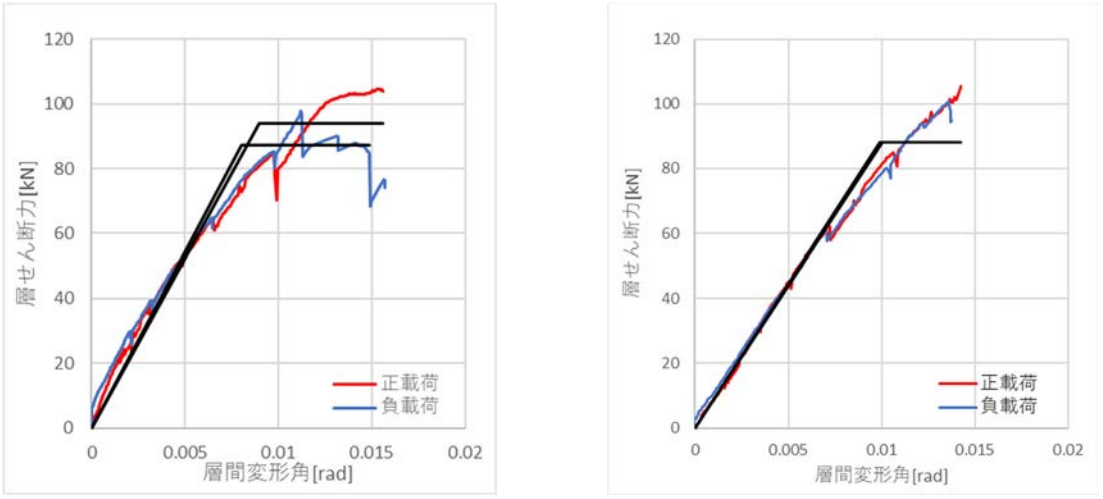


図 4.3.1-4　完全弾塑性モデル（左：1 階、右：2 階）

表 4.3.1-6　特性値一覧

LSB接合		初期剛性 K[kN/rad]	降伏耐力 Py[kN]	降伏時変形角 Ry[rad]		最大耐力 Pmax[kN]	最大耐力時 変形角Pmax[kN]		終局耐力 Pu[kN]	終局変形角 Ru[rad]		塑性率 μ	構造特性係数 Ds
1階	正側	10447	54.3	0.0052	1/192	104.5	0.0153	1/65	93.9	0.0156	1/64	1.74	0.64
	負側	10879	51.0	0.0047	1/213	97.7	0.0112	1/89	87.4	0.0149	1/67	1.85	0.61
2階	正側	8907	53.8	0.0060	1/166	105.6	0.0142	1/70	88.0	0.0143	1/70	1.44	0.73
	負側	8783	57.6	0.0066	1/152	100.8	0.0136	1/74	88.2	0.0138	1/73	1.37	0.76

（3）2 階柱梁接合部の荷重変形関係と接合部要素実験との比較（LSB 接合試験体）

M-θ 関係を図 4.3.1-5 に示す。R=1/100rad までは高い剛性を示し、正側負側ともに R=1/75rad 載荷時に降伏し、少し剛性が低くなった。東側は、R=+1/50rad 載荷の途中（R_1=+1/63rad）で下端の HTB が破断し、急激に耐力が低下した。R=-1/50rad 載荷では、R_1=-1/67rad 程度で上端の HTB が破断し、急激に耐力が低下した。西側では、東側の HTB の破断と同時に耐力が低下した。

要素実験[4]との比較の M-θ 関係を図 4.3.1-6 に、特性値の比較を表 4.3.1-7 に示す。特性値の算出方法は層全体と同様である。回転剛性が 1.7 倍、降伏耐力は東西の正負で異なるが 1.1～1.3 倍程度高い。最大耐力はおおむね同程度であるが、最大耐力時の変形角が小さい。これは、加力方法により梁に軸力が入っていることが要因であると推測される。初期剛性が高いため降伏時変形角が小さく、終局変形角が小さいため、塑性率はおおむね同程度になったと考えられる。

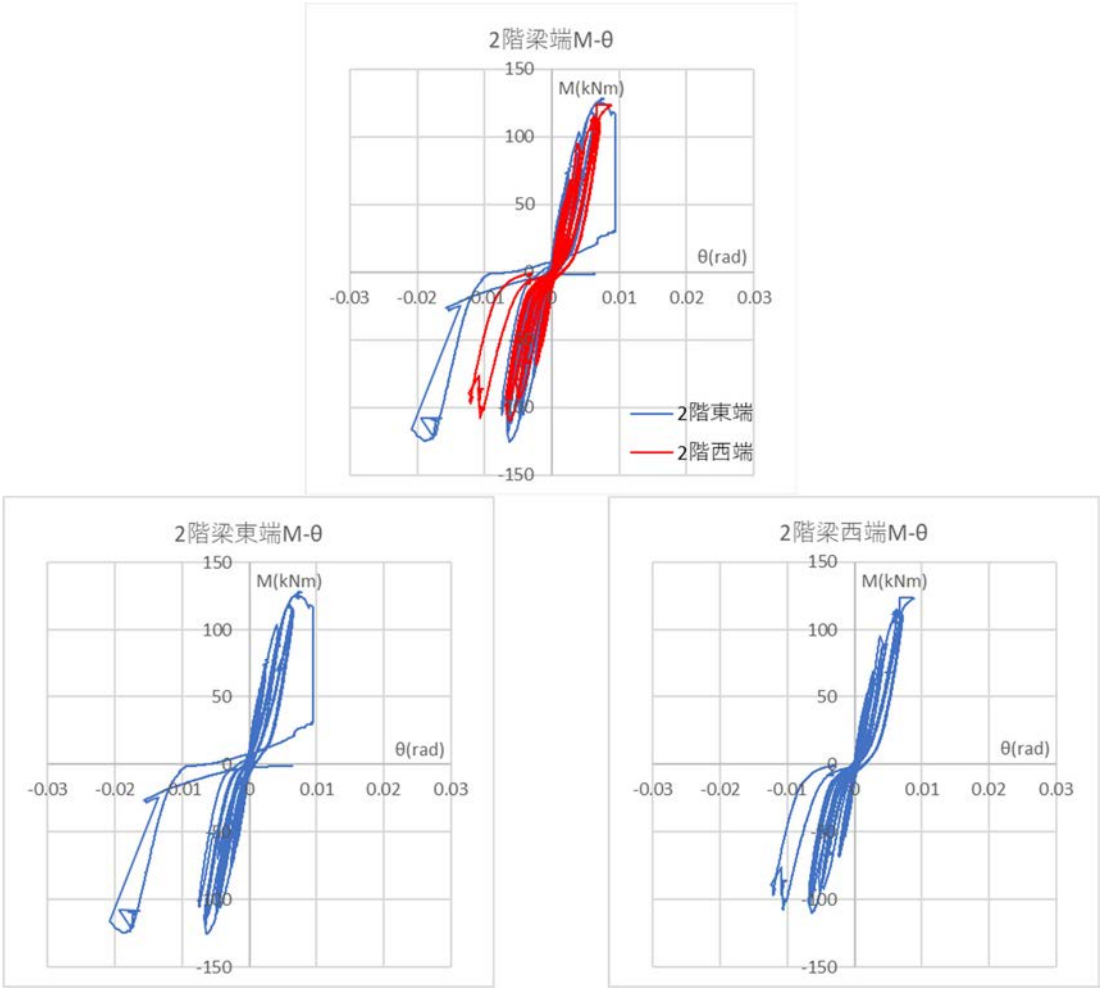
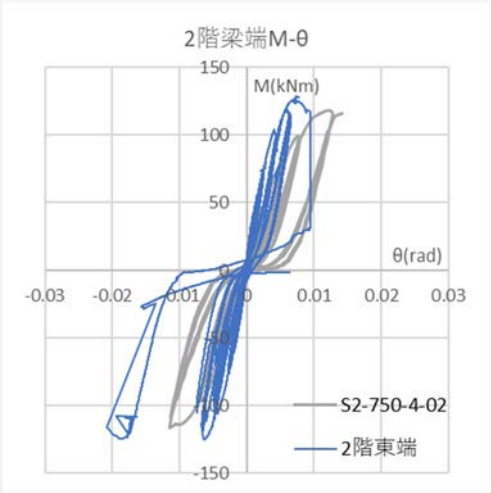


図 4.3.1-5　2 階柱梁接合部の M-θ 関係



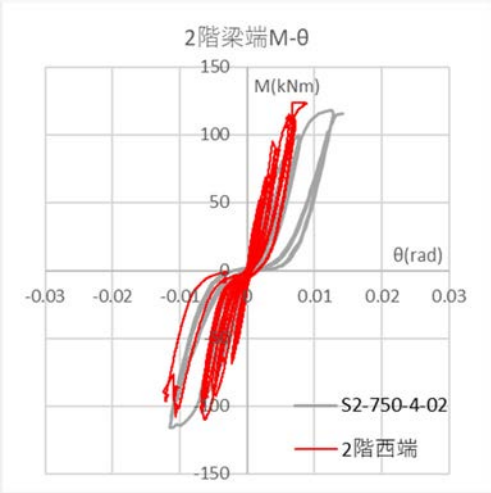


図 4.3.1-6　要素実験との比較（M-θ関係）

表 4.3.1-7　要素実験との比較（特性値）

接合部	No.	回転剛性（×10³kNm/rad）		降伏耐力（kNm）		降伏耐力時変形角（×10⁻²rad）		最大耐力（kNm）		最大耐力時変形角（×10⁻²rad）		塑性率（μ）		構造特性係数（Ds）	
		K	平均	My	平均	θy	平均	Mmax	平均	θmax	平均	μ	平均	Ds	平均
S2-750-4（105×750）	1	16.4	17.4	64.3	63.5	0.334	0.347	118.3	118.5	1.290	1.193	2.23	2.19	0.54	0.54
	2	16.8		61.2		0.364		118.0		1.219		2.17		0.55	
	3	19.0		65.1		0.343		119.1		1.070		2.18		0.55	
2階梁端東	正側	29.3		74.1		0.253		128.4		0.727		2.31		0.53	
	負側	30.2		65.9		0.219		125.3		0.632		2.29		0.53	
2階梁端西	正側	24.7		87.1		0.353		123.8		0.665		1.97		0.58	
	負側	32.9		59.6		0.181		110.1		0.633		2.52		0.50	

（4）3 階柱梁接合部の荷重変形関係と接合部要素実験との比較（LSB 接合試験体）

M-θ 関係を図 4.3.1-7 に示す。東端では、R=1/75rad までは高い剛性を示し、R=+1/50 rad 載荷時に降伏したが、2 階梁東端での HTB の破断により、最大耐力が更新されず加力終了となった。西端も同様の傾向がみられたが、R=+1/100rad で 2 階西柱上部にせん断割れが生じ、柱の断面せいが 600mm から 500mm 程度に減少したことによって、耐力が上昇せず 60kNm 程度にとどまっていると考えられる。

要素実験[4]との比較の M-θ 関係を図 4.3.1-8 に、特性値の比較を表 4.3.1-8 に示す。特性値の算出方法は層全体と同様である。梁端の破壊により試験が終了し、最大耐力がまだ更新できる可能性は考えられるため、最大耐力・変形角、塑性率、構造特性係数は参考値とする。

東西ともに、正負で回転剛性が異なっており、これは加力方法による誤差であると推測される。治具で押されている側（東端の正側及び西端の負側）の回転剛性は高くなっている。接合部の要素実験と比較し回転剛性が高くなっているのは、梁に軸力が入っているためだと推測される。西端の正側載荷において、最大耐力が低くなっているのは前述した通りである。

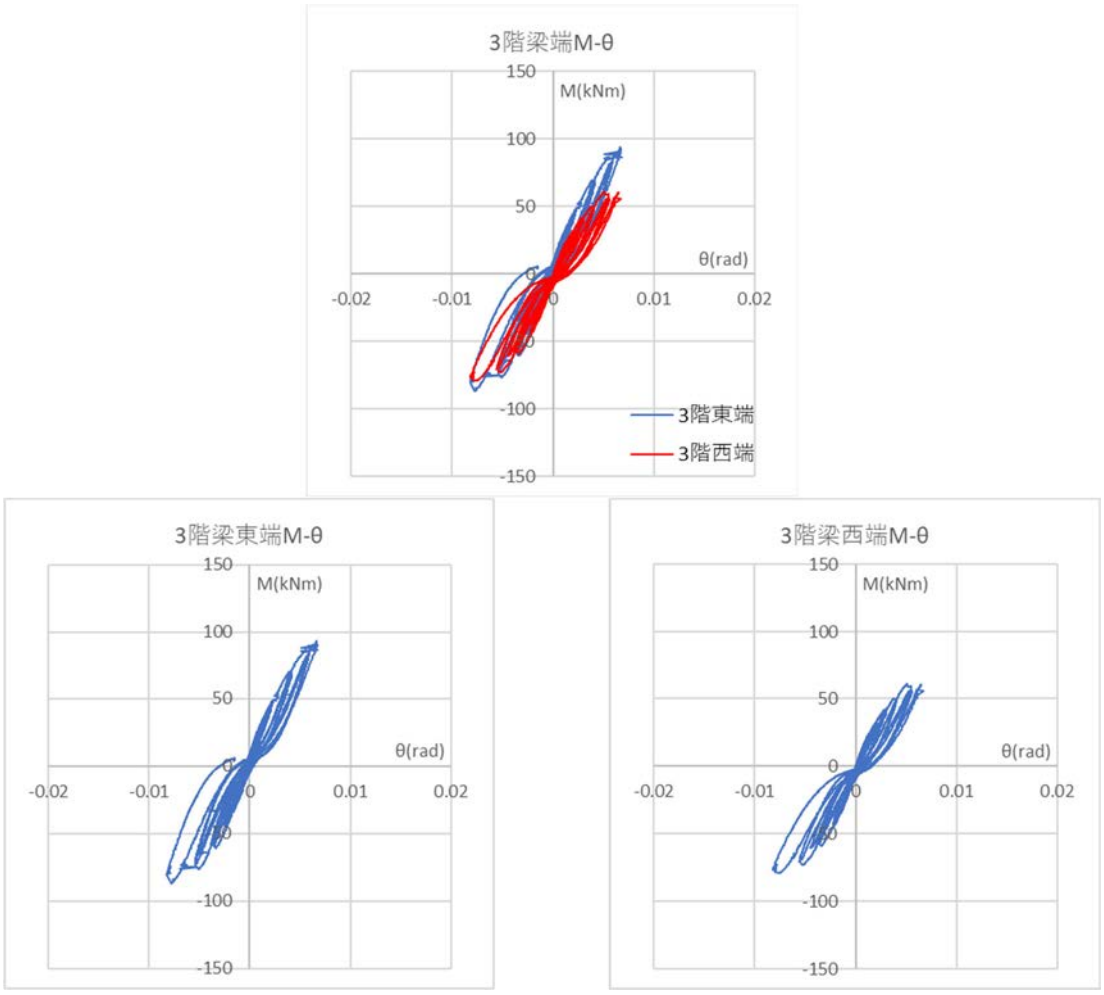
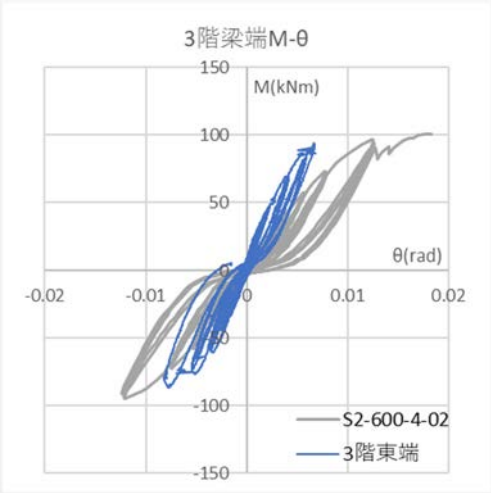


図 4.3.1-7　3 階柱梁接合部の M-θ 関係



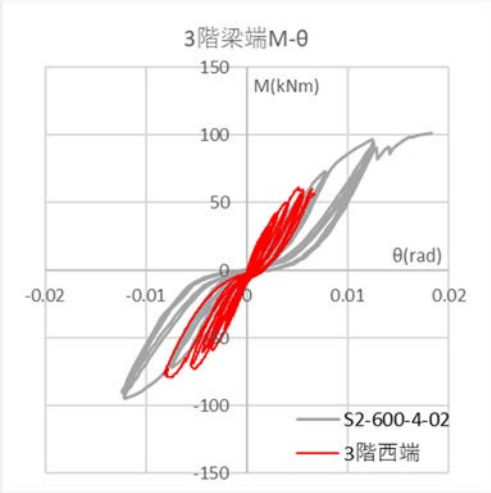


図 4.3.1-8　要素実験との比較（M-θ関係）

表 4.3.1-8　要素実験との比較（特性値）

接合部	No.	回転剛性 (×10³kNm/rad)		降伏耐力 (kNm)		降伏耐力時変形角 (×10⁻²rad)		最大耐力 (kNm)		最大耐力時変形角 (×10⁻²rad)		塑性率 (μ)		構造特性係数 (Ds)	
		K	平均	My	平均	θy	平均	Mmax	平均	θmax	平均	μ	平均	Ds	平均
S2-600-4 (105×600)	1	7.4	9.7	67.3	61.6	0.911	0.671	91.4	92.2	2.2283	1.9	1.74	1.97	0.64	0.59
	2	9.8		61.1		0.624		92.2		1.8289		1.91		0.60	
	3	11.8		56.4		0.478		93.0		1.7921		2.26		0.53	
3階梁端東	正側	21.7		46.8		0.215		93.9		0.666		1.82		0.62	
	負側	15.6		62.2		0.399		86.9		0.777		1.56		0.69	
3階梁端西	正側	15.4		32.3		0.209		61.1		0.512		1.89		0.60	
	負側	21.5		41.7		0.194		78.9		0.744		2.55		0.49	

(5) 柱脚 LSB 部の荷重変形関係と接合部要素実験との比較（LSB 接合試験体）

図 4.3.1-9 に M-θ 関係を示す。東側西側ともに、R=1/50rad までは高い剛性を示し、正側負側ともに R=1/30rad 載荷時に降伏した。その後は急激に耐力が低下した。加力時に引張側（正側載荷の東柱脚、負側載荷の西柱脚）、圧縮側（正側載荷の西柱脚、負側載荷の東柱脚）で回転剛性や降伏耐力・最大耐力が異なるが、東西の柱で同様の傾向がみられる。

要素実験との比較の M-θ 関係を図 4.3.1-10 に、特性値の比較を表 4.3.1-9 に示す。引張側・圧縮側ともに、回転剛性、降伏耐力が大きく異なっている。これは軸力の影響であると考えられる。また実大フレーム実験では、2 階梁端の破壊により試験が終了したため、最大耐力がまだ更新できる可能性は考えられ、最大耐力・変形角、塑性率、構造特性係数は参考値である。

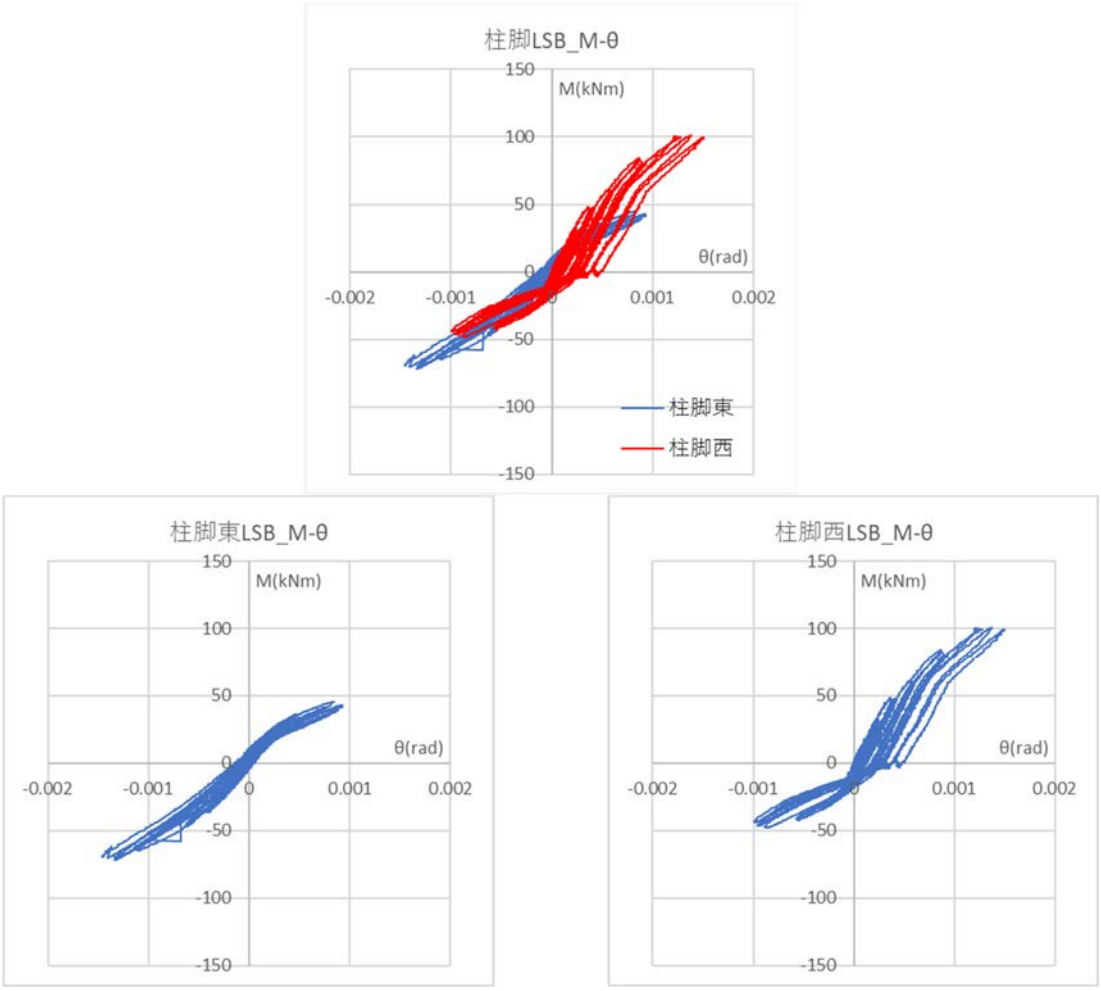
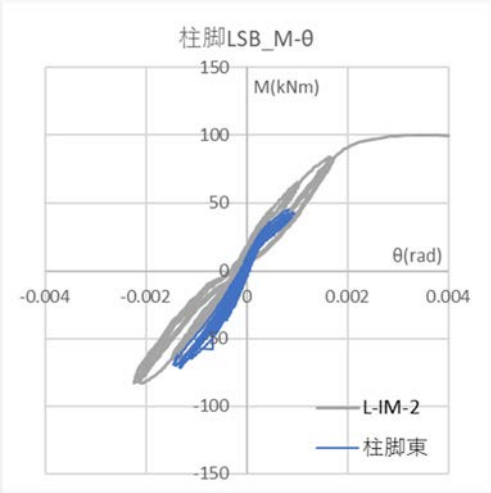


図 4.3.1-9　柱脚 LSB 部の M-θ 関係



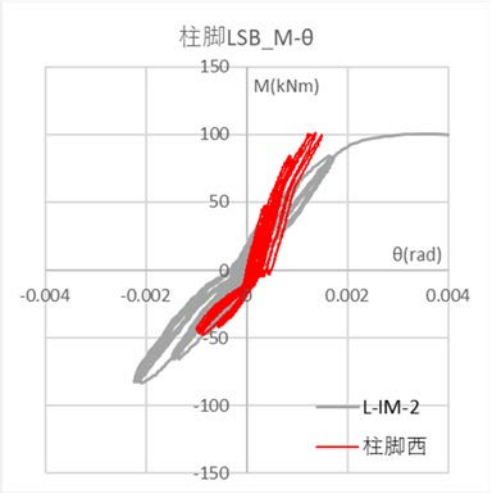


図 4.3.1-10　要素実験との比較（M- θ 関係）

表 4.3.1-9　要素実験との比較（特性値）

試験体名	No.	回転剛性（×10³kN.m/rad）		降伏耐力（kN.m）		降伏耐力時変形角（×10⁻²rad）		最大耐力（kN.m）		最大耐力時変形角（×10⁻²rad）		塑性率（μ）		構造特性係数（Ds）	
		K	平均	My	平均	θ y	平均	Mmax	平均	θ max	平均	μ	平均	Ds	平均
L-IM（105×600）	1	86.0	76.7	49.1	48.9	0.057	0.066	97.0	98.7	0.329	0.346	5.66	10.41	0.31	0.26
	2	85.7		47.8		0.056		100.2		0.354		5.46		0.32	
	3	58.6		49.8		0.085		98.7		0.355		20.10		0.16	
柱脚東_LSB	正側	94.3		28.2		0.030		45.2		0.084		2.17		0.55	
	負側	78.7		37.9		0.048		72.0		0.134		1.74		0.63	
柱脚西_LSB	正側	111.8		56.9		0.051		101.0		0.137		1.81		0.62	
	負側	145.3		28.9		0.020		47.7		0.087		3.40		0.42	

（6）柱脚 BP 部の荷重変形関係（LSB 接合試験体）

図 4.3.1-11 に M-θ 関係、表 4.3.1-10 に特性値一覧を示す。*R*=1/75rad の 1 サイクル目まで、変位計の当てている位置が無収縮モルタルを型枠桟木の上であったため、実際のアンカーボルトの伸び量が計測できていない。*R*=1/75rad の 3 サイクル目以降は RC 部にあてるように変更したまたアンカーボルトのせん断耐力が負担できずにせん断ずれも起こったため、柱脚 BP 部の適切な評価はできない。そのため、M-θ 関係のグラフ及び特性値は参考値である。東西ともに、*R*=1/100rad までは高い剛性を示し、*R*=1/75rad 載荷時に降伏した。軸力の影響により耐力に差が生じていると推測される。圧縮側では耐力が高く、引張側では耐力が低くなる傾向がみられた。

アンカーボルトの荷重と伸びの関係を図 4.3.1-12 に示す。4 本ともに 130kN 程度で降伏し、荷重増加が緩やかとなった。伸び量は *R*=1/75rad 載荷時まで桟木の浮きあがり分を考慮できていないため、参考値である。

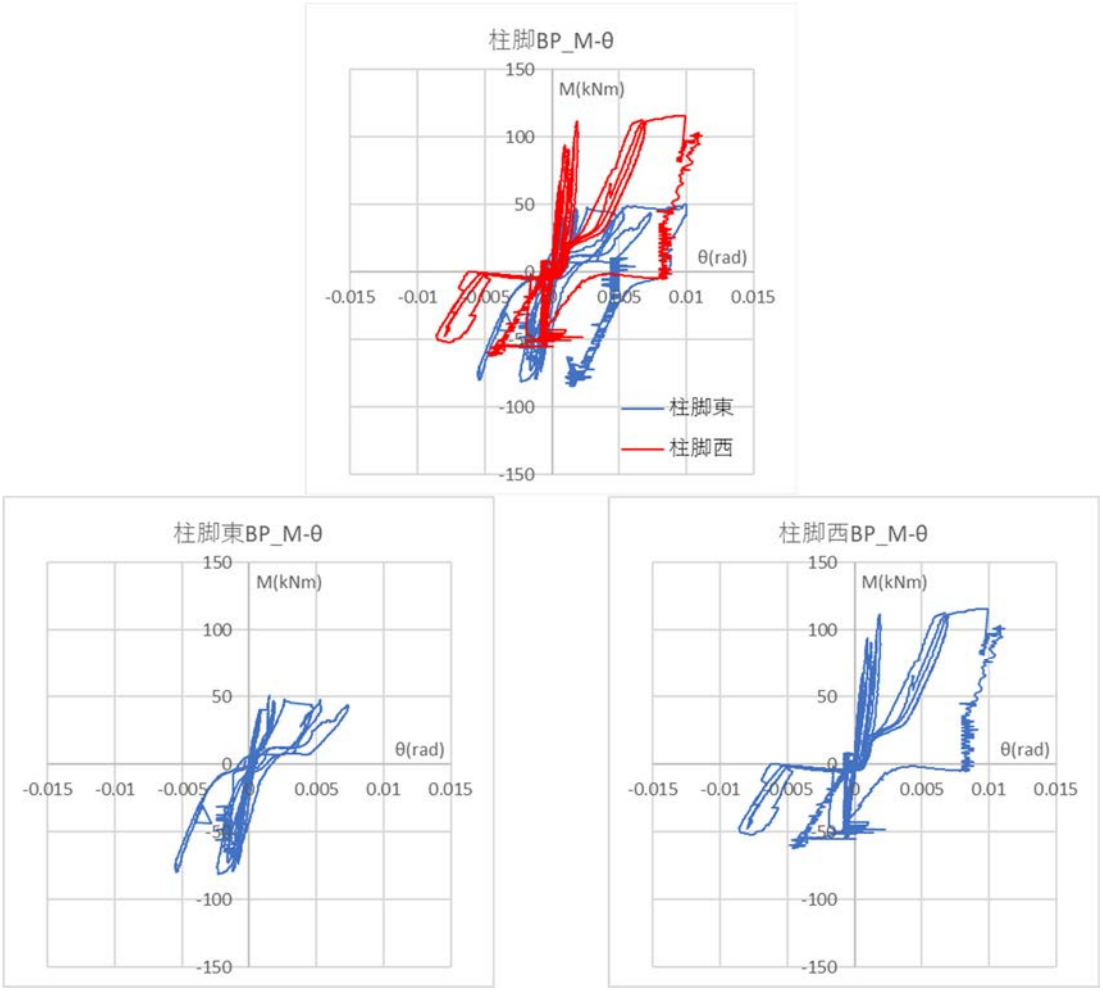


図 4.3.1-11　柱脚 BP 部の M-θ 関係

表 4.3.1-10　特性値一覧

		剛性（kN.m/rad）			0.4Mmax（kN.m）	$M_{0.4}$時変形角(rad)	降伏耐力（kN.m）	降伏時変形角（rad）	最大耐力（kN.m）	最大耐力時変形角（rad）	塑性率	構造特性係数
		1次	2次	3次								
		K1	K2	K3	$M_{0.4}$	$\theta_{0.4}$	My	θ y	Mmax	θ max	μ	Ds
柱脚東BP	正側	47354	16290	529	23.7	0.00050	66.6	0.00314	74.9	0.01873	8.13	0.26
	負側	271028	23335	1643	30.8	0.00011	113.0	0.00364	123.3	0.00991	6.60	0.29
柱脚西BP	正側	218235	22049	1074	24.9	0.00011	100.0	0.00352	117.4	0.01968	7.38	0.27
	負側	103463	13129	97	23.5	0.00023	66.5	0.00350	67.5	0.01416	12.02	0.21

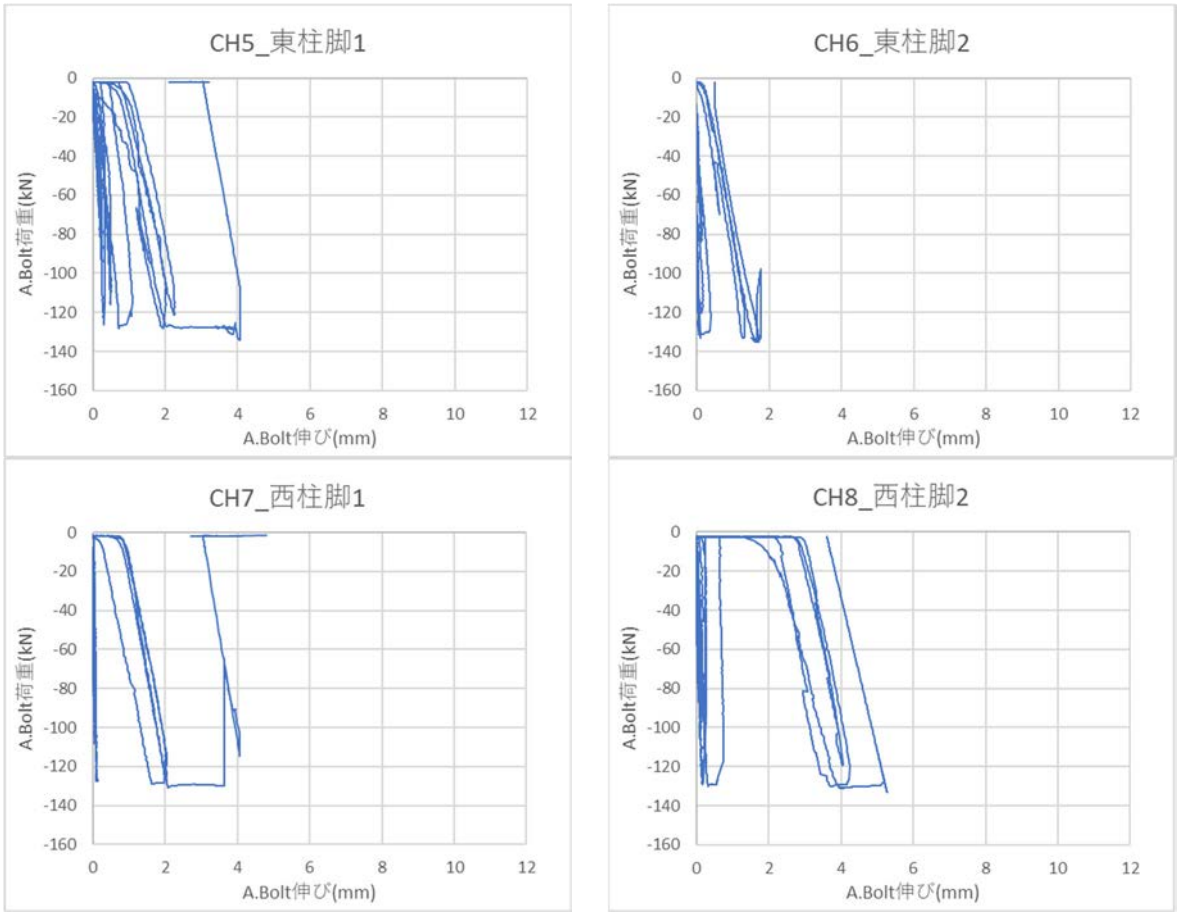


図 4.3.1-12　アンカーボルトの荷重と伸びの関係（上段：東柱脚、下段：西柱脚）

4.3.2　まとめ

層せん断力―層間変形角関係について、1 階は、2 階梁端及びアンカーボルトの降伏により荷重増加が緩やかになり、1/65rad 程度で最大耐力（正側 104.5kN）に達した。1/64rad 程度で 2 階柱梁接合部の HTB の破断により、急激に耐力が低下したため終局とした。2 階は剛性が高いまま、1/70rad で最大耐力（正側 104.5kN）となり、HTB の破断により急激に耐力が低下し終局とした。正負平均で構造特性係数 D_s は、1 階 0.62、2 階 0.75、終局変形角 R_u は 1 階 1/66rad、2 階 1/71rad であった。

柱梁接合部では、各接合部での履歴はおおむね同程度であったが、接合部要素実験に対しては、初期剛性・降伏耐力・最大耐力すべてにおいて高い傾向がみられた。これは加力方法の兼ね合いで梁に軸力が入っているためであると示唆される。当実験においては、載荷治具によると見られる西側柱の割裂が生じ、柱の断面せいが 600mm から 500mm 程度に減少した影響があった。試験方法を再考し LSB 接合実大フレーム実験で再確認する必要がある。

柱脚接合部では、LSB 部、BP 部ともに、軸力の影響により耐力に有意差がみられた。また、同 LSB 部について、要素実験と正確に比較するために、軸力を考慮した要素実験を行う必要がある。その際には、アンカーボルトでせん断耐力が負担できない状態となり、フレーム全体で滑りが生じたため、BP 部を含めた接合部要素実験での検証が必要である。

第 4 章引用文献

1　東京大学生産技術研究所腰原研究室：明治神宮新材・ 古材材料試験実験報告書, 2023.5

2　桑村仁：建築の力学 ―弾性論とその応用―，㈱技法堂出版，2001.4

3　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（2008 年版），2008.12

4　（株）ドット・コーポレーション，特定非営利活動法人 team Timberize：令和 4 年度大断面集成材を用いたラーメンフレームによる中層大規模木造の標準仕様の整備とその普及事業（設計者支援情報の拡充事業），2023.4

4.4　実験値と解析値の比較

4.4.1　解析概要

本節では「4.2　GIR 実大フレーム実験」、「4.3　LSB 実大フレーム実験」の実験仕様の構造性能に合わせた解析を行い、実験結果と解析結果の比較を行う。解析には SNAP Ver. 8（株式会社構造システム）を用い、平面フレームによる弾塑性解析とした。解析モデルを図 4.4.1-1 に示す。柱・梁は線材として材芯に配置した。柱・梁のヤング係数は、実験により得られた各ラミナのヤング係数から求めた等価曲げヤングで、105×600mm（E = 8,716 N/mm^2）と 105×750mm（E = 8,712 N/mm^2）の平均値とし、せん断弾性係数はヤング係数の 1/15 とした。梁端部には柱芯から梁木口までに 300mm の剛域を設けた。梁にはそれぞれ 10.4kN×2、柱には 26.2kN の鉛直荷重を、実験で設けた位置に入力した。水平荷重は実験と同様に 1 層と 2 層の層間変形角が同じになるように変位増分で入力した。ベースプレート接合部の回転バネは計算により、柱脚接合部・2F 柱梁接合部・RF 柱梁接合部の回転バネは実験結果を参考にして定めた。

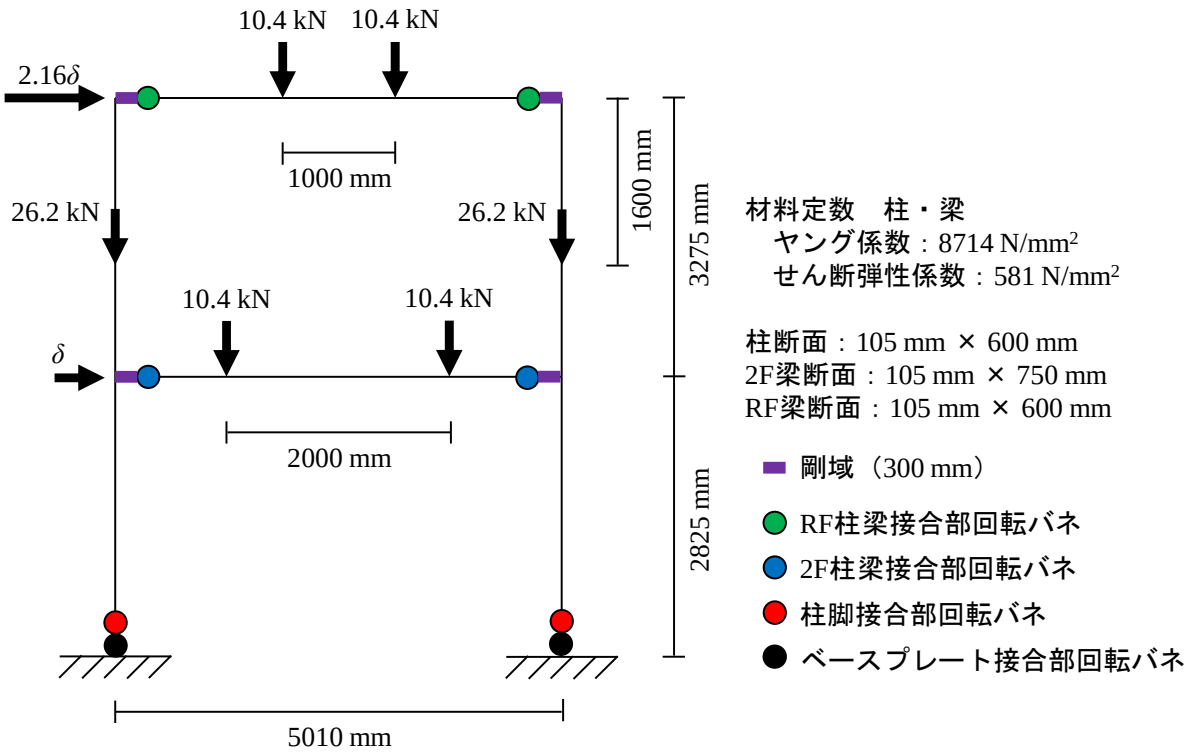


図 4.4.1-1　解析モデル

(1) ベースプレート接合部の回転バネ

ベースプレート接合部の回転バネを図 4.4.1-2 に示す。回転バネは、「鋼構造接合部設計指針」の「露出型柱脚の設計」で、アンカーボルトのヤング係数 E = 205,000 N/mm^2、引張側アンカーボルトの本数 n_t = 1 本、アンカーボルト軸部断面積 A_b = 375mm^2、柱断面図心より引張側アンカーボルト群図心までの距離 d_t = 220mm、柱断面図心より圧縮側のベースプレート外縁までの距離 d_c = 300mm、アンカーボルト長さ l_b = 500mm、軸力が 0 としたときの性能とした。GIR 実大フレーム実験及び LSB 実大フレーム実験でのベースプレートの形状は同じであるので、どちらの解析モデルにも図 4.4.1-2 の回転バネを用いた。

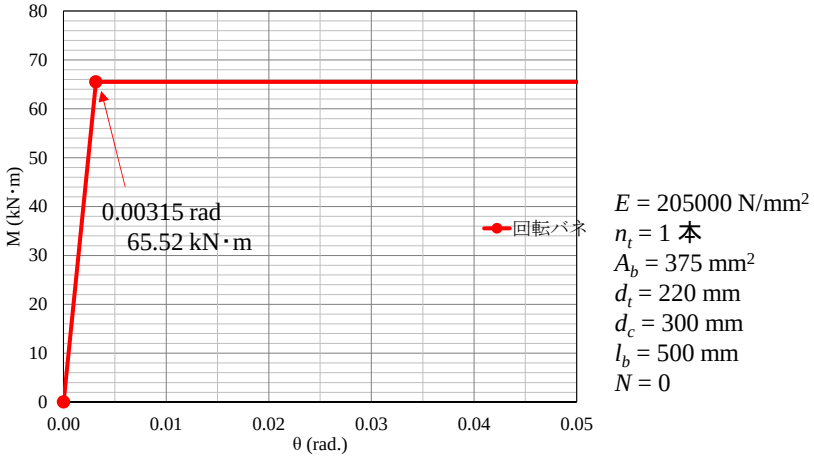
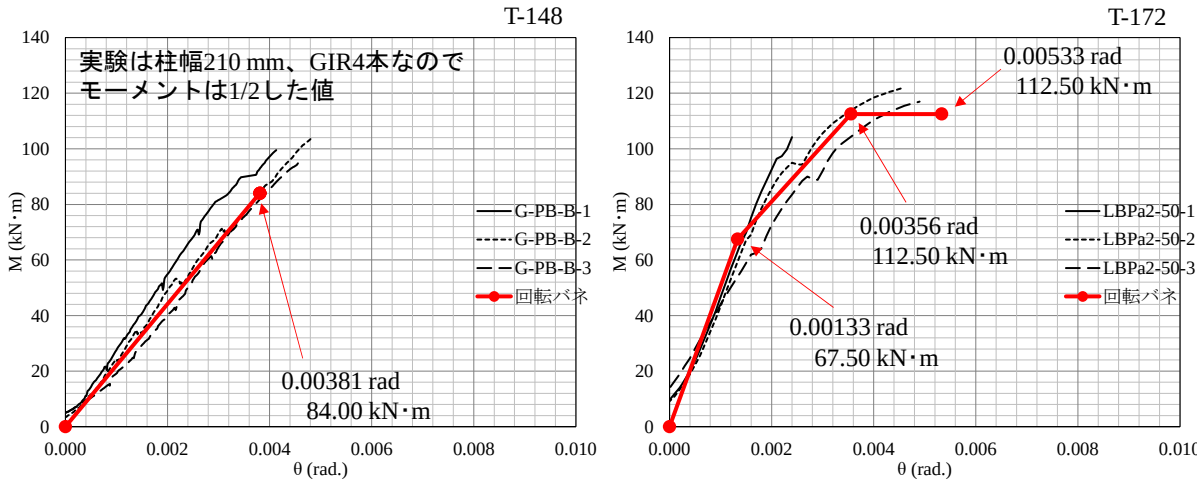


図 4.4.1-2　ベースプレート接合部の回転バネ

(2) 柱脚接合部の回転バネ

柱脚接合部の回転バネを図 4.4.1-3 に示す。GIR の回転バネは Ki 接合具データシートの T-148 のモーメントー回転角関係から、LSB の回転バネは Ki 接合具データシートの T-172 のモーメントー回転角関係から定めた。T-148 は柱幅が 210mm で GIR が片側に 4 本配置されているので、モーメントを 1/2 した値にしている。

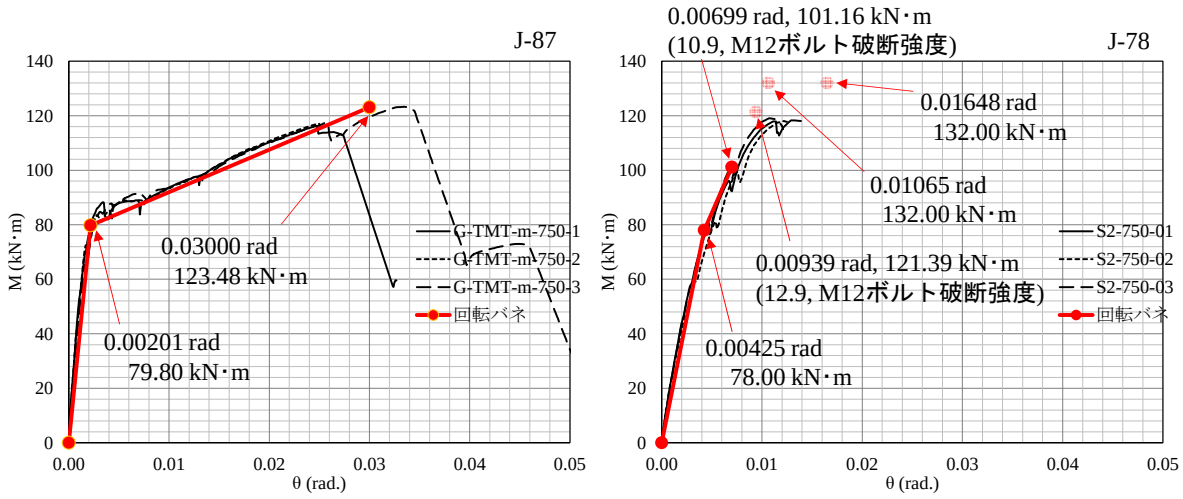


GIR　　LSB

図 4.4.1-3　柱脚接合部の回転バネ

（3）2F 柱梁接合部の回転バネ

2F 柱梁接合部の回転バネを図 4.4.1-4 に示す。GIR の回転バネは Ki 接合部データシートの J-87 のモーメントー回転角関係から、LSB の回転バネは Ki 接合部データシートの J-78 のモーメントー回転角関係から定めた。LSB の J-78 では M12 で強度区分 12.9 のボルトが破断して耐力低下したが、LSB の実大フレーム実験では M12 で強度区分 10.9 のボルトを使用したため､回転バネはボルトの破断強度までのバイリニアとして設定した。

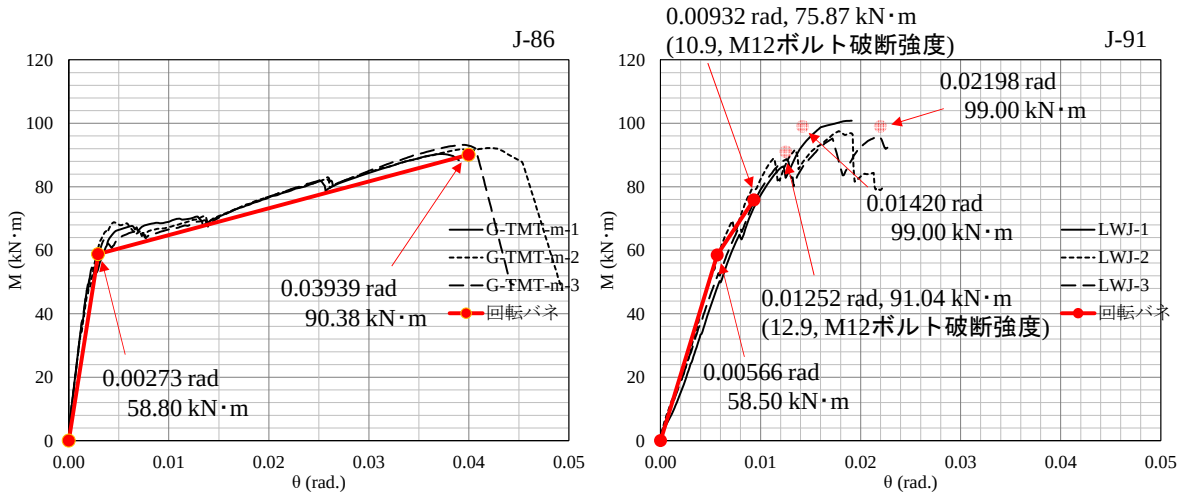


GIR　　LSB

図 4.4.1-4　2F 柱梁接合部の回転バネ

（4）RF 柱梁接合部

RF 柱梁接合部の回転バネを図 4.4.1-5 に示す。GIR の回転バネは Ki 接合部データシートの J-86 のモーメントー回転角関係から、LSB の回転バネは Ki 接合部データシートの J-91 のモーメントー回転角関係から定めた。LSB の J-91 では M12 で強度区分 12.9 のボルトが破断して耐力低下したが、LSB の実大フレーム実験では M12 で強度区分 10.9 のボルトを使用したため、回転バネはボルトの破断強度までのバイリニアとして設定した。



GIR　　LSB

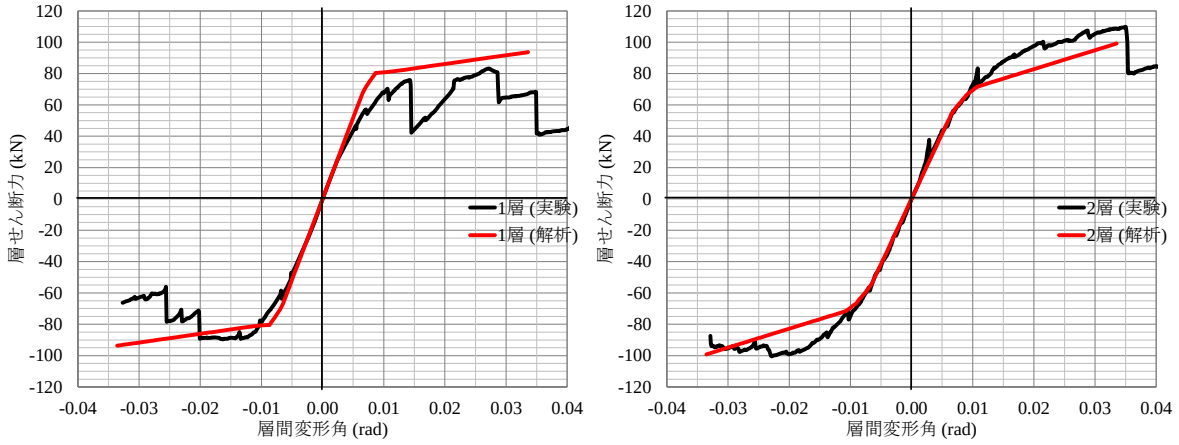
図 4.4.1-5　RF 柱梁接合部の回転バネ

4.4.2　フレーム解析結果

実大フレームの実験と平面フレームによる弾塑性解析で得られた層せん断力－層間変形角の比較を図 4.4.2-1、図 4.4.2-2 に示す。平面フレームによる弾塑性解析では、GIR と LSB 共に正加力時柱圧縮側の 2F 柱梁接合部の破壊（LSB は M12・強度区分 10.9 のボルトの破断）により解析が終了した。

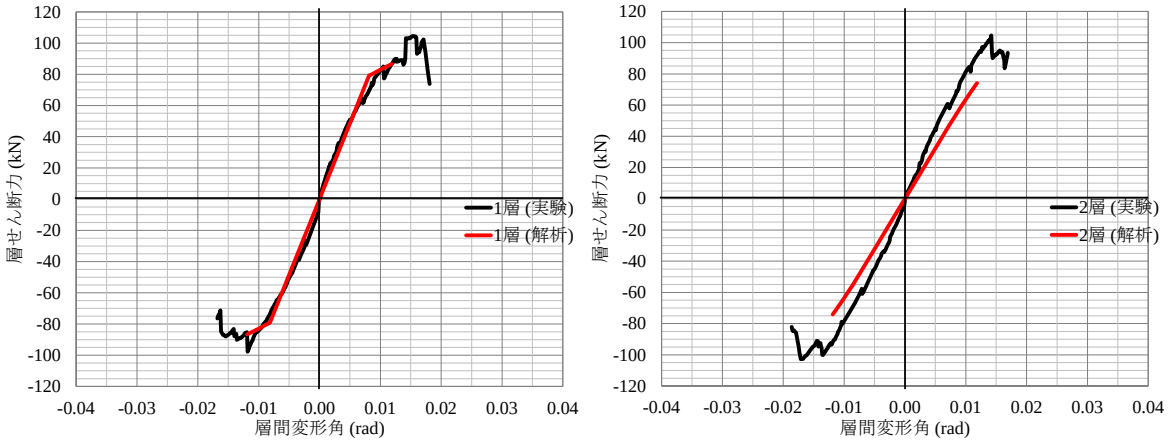
GIR の実験結果と解析結果の比較から、2 層の剛性・降伏点・終局耐力・終局変形角を精度よく推定できていることが確認できたが、1 層に関しては降伏耐力や終局耐力は解析結果の方が高い結果となった。これは、GIR の接着不良による耐力低下を回転バネの性能に反映できていないことが原因であるといえる。

LSB の実験結果と解析結果の比較では、1 層の剛性及び降伏点を精度よく推定できているが、終局耐力・終局変形角は解析結果の方が小さい結果になった。これは M12・強度区分 10.9 のボルトの下限値の破断強度を破壊として回転バネを設定したのが原因であると考えられる。また、2 層に関しては解析結果が実験結果よりも少し低い結果になったが、これについての原因は今のところわかっていない。



1 層　　2 層

図 4.4.2-1　GIR 実大フレームの実験結果と解析結果の比較



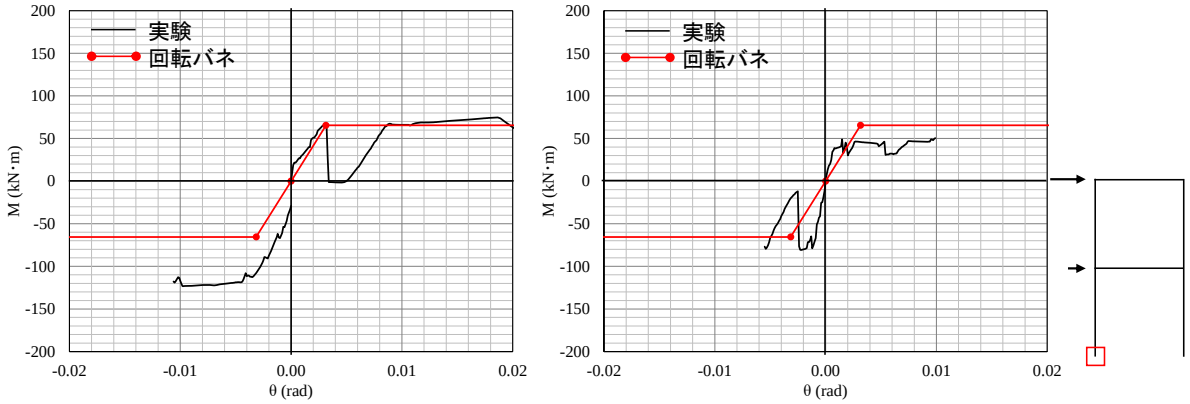
1 層　　2 層

図 4.4.2-2　LSB 実大フレームの実験結果と解析結果の比較

(1) ベースプレート接合部

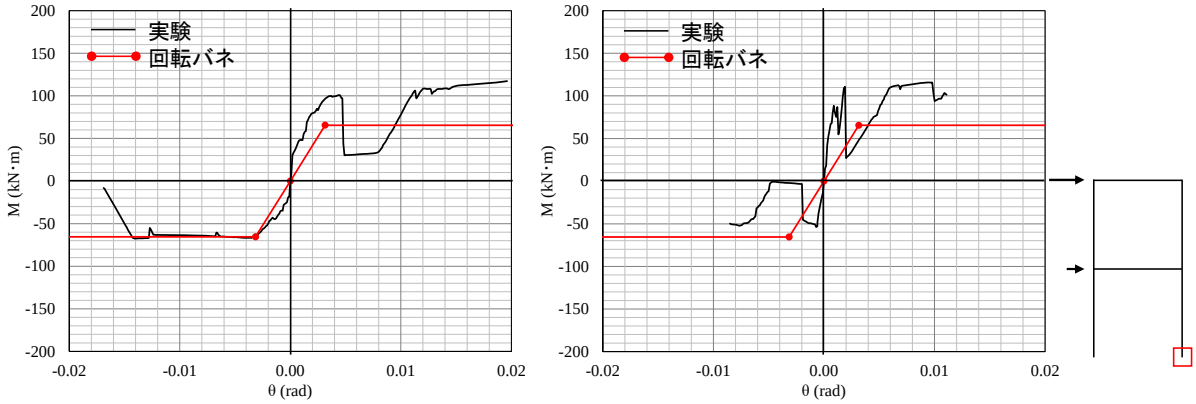
実大フレームの実験で得られたベースプレート接合部のモーメントー回転角関係と解析モデルに用いた回転バネの比較を図 4.4.2-3、図 4.4.2-4 に示す。

実験値と回転バネの比較から、GIR の柱が引張になる時の降伏点・終局耐力共に同程度の値になったが、柱が圧縮になる時は圧縮軸力の影響で実験値の終局耐力が高くなる結果となった。LSB に関しては実験での計測が部分的にできない状況になったこと（1/75rad の載荷サイクル時において、柱脚金物の浮き上がり・横滑り、無収縮モルタルの割れがあり、計測する基点が動いた。）もあり、実験値と回転バネが異なる結果となった。



GIR　　LSB

図 4.4.2-3　ベースプレート接合部（正加力時柱引張側）



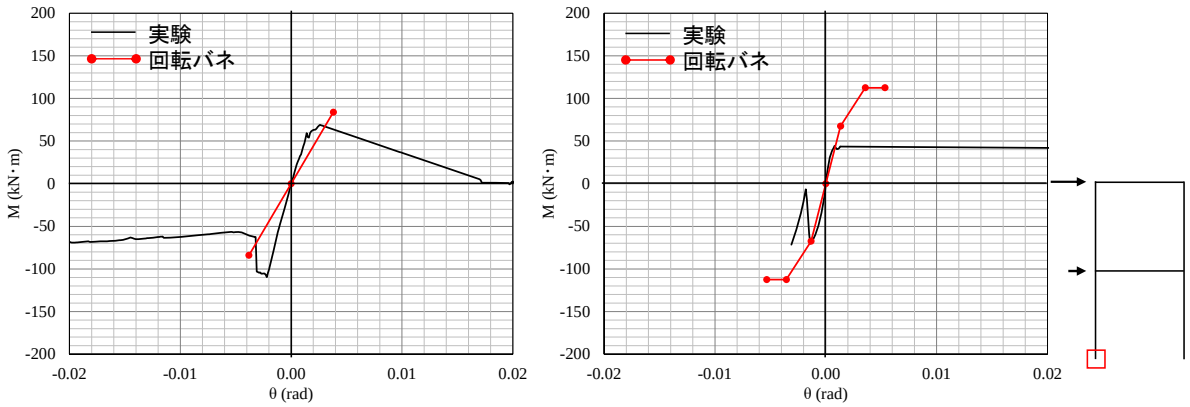
GIR　　LSB

図 4.4.2-4　ベースプレート接合部（正加力時柱圧縮側）

(2) 柱脚接合部

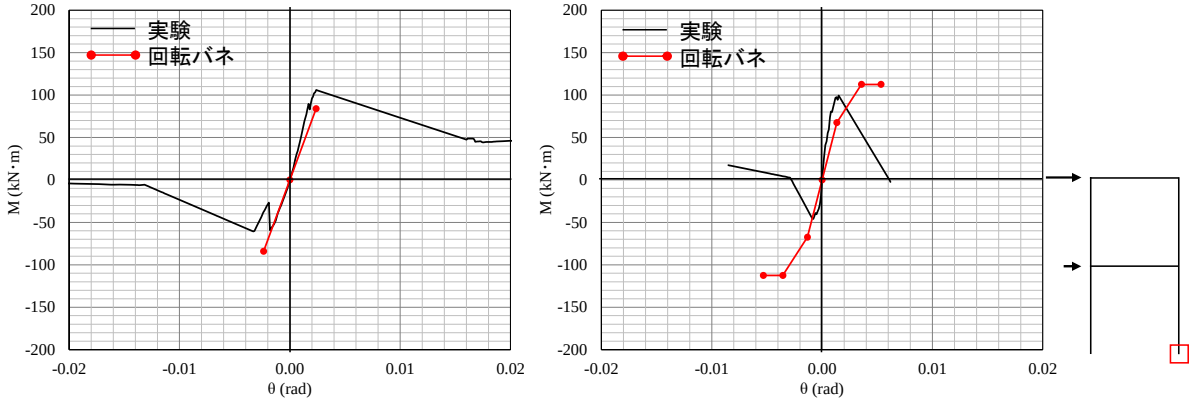
実大フレームの実験で得られた柱脚接合部のモーメントー回転角関係と解析モデルに用いた回転バネの比較を図 4.4.2-5、図 4.4.2-6 に示す。

実験値と回転バネの比較から、GIR・LSB 共に剛性及び耐力が異なる結果となった。この原因として軸力の影響等が考えられる。



GIR　　LSB

図 4.4.2-5　柱脚接合部（正加力時柱引張側）



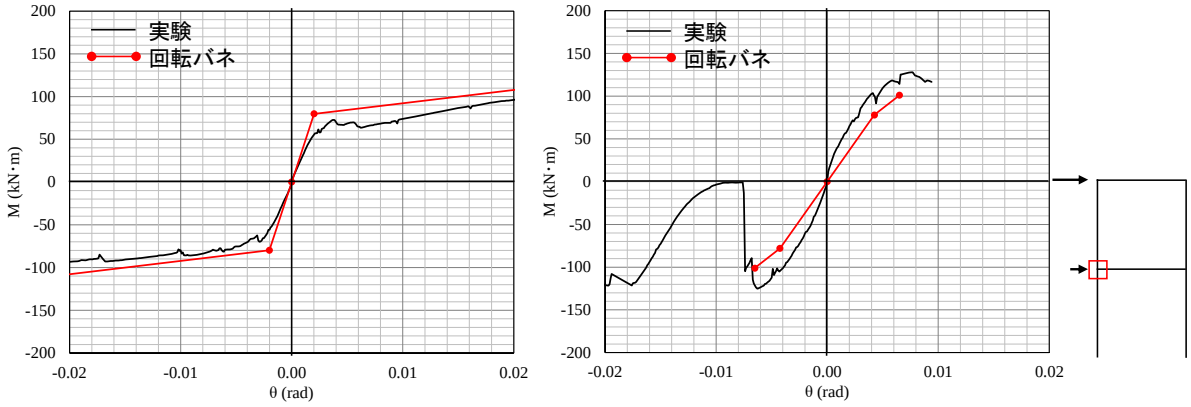
GIR　　LSB

図 4.4.2-6　柱脚接合部（正加力時柱圧縮側）

(3) 2F 柱梁接合部

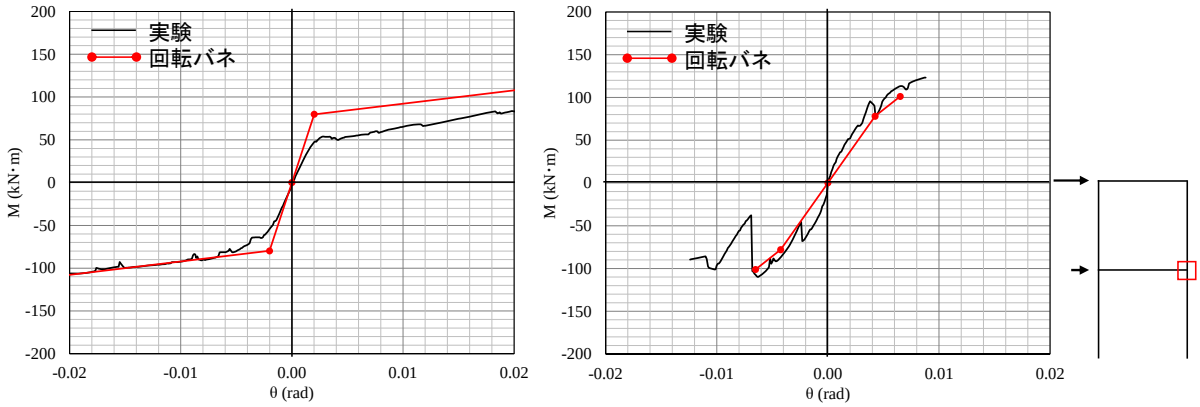
実大フレームの実験で得られた 2F 柱梁接合部のモーメントー回転角関係と解析モデルに用いた回転バネの比較を図 4.4.2-7、図 4.4.2-8 に示す。

実験値と回転バネの比較から、GIR では剛性・降伏点・終局耐力・終局変形角が実験値の方が低い結果となった。これは、接着不良が原因であると考えられる。LSB では剛性・降伏点・終局耐力・終局変形角が実験値の方が高い結果となった。これは圧縮軸力の影響であると考えられる。



GIR　　LSB

図 4.4.2-7　2F 柱梁接合部（正加力時柱引張側）

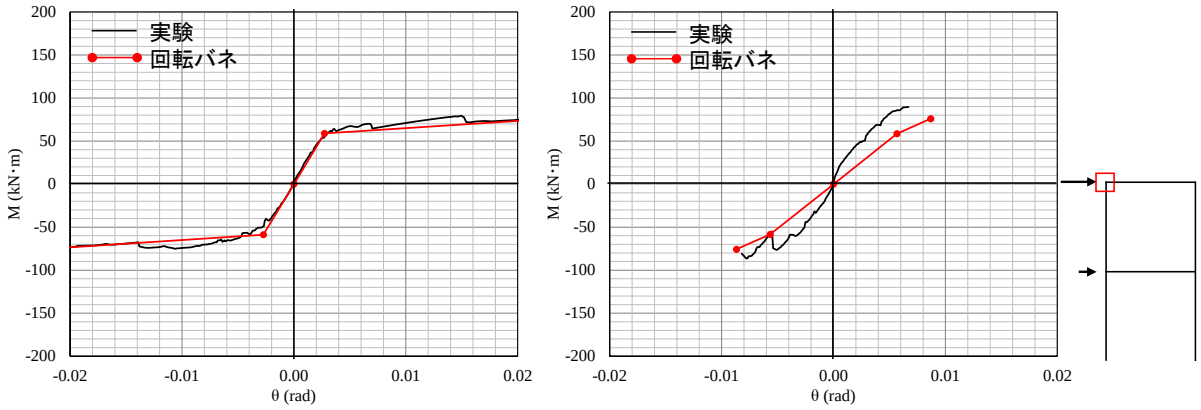


GIR　　LSB

図 4.4.2-8　2F 柱梁接合部（正加力時柱圧縮側）

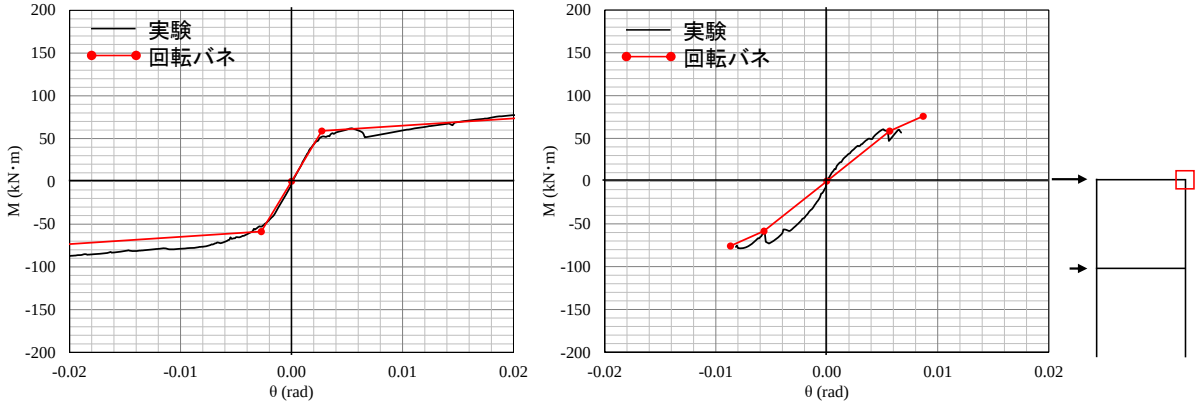
（4）RF 柱梁接合部

実大フレームの実験で得られた RF 柱梁接合部のモーメントー回転角関係と解析モデルに用いた回転バネの比較を図 4.4.2-9、図 4.4.2-10 に示す。実験値と回転バネの比較から、GIR では剛性・降伏点・終局耐力共に同程度の値になっているが、LSB では剛性・降伏点・終局耐力・終局変形角が実験値の方が高い結果となった。LSB のみ実験値の方が高くなった原因は不明である。



GIR　　LSB

図 4.4.2-9　RF 柱梁接合部（正加力時柱引張側）



GIR　　LSB

図 4.4.2-10　RF 柱梁接合部（正加力時柱圧縮側）

4.4.3　まとめ

本節では実大フレーム実験とフレーム解析の比較をおこなった。その結果、GIR では解析結果の耐力が高くなり、LSB では解析結果の耐力が低くなる結果となった。これについては、解析モデルでは GIR の接着不良の影響や回転バネでモデル化したことによる軸力の影響が考慮できていなかったことが原因であると考えられる。今後は、接合部の解析モデルを軸力の影響を考慮できるマルチスプリングモデルに変更し、解析的な検討をする必要がある。

第５章　添付資料

5.1　全体委員会および内部打合せの議事録（時系列）

本事業で実施した委員会及び内部打合せは以下の通りである。

	日　時	場　所
第 1 回委員会	令和 5 年 6 月 16 日（金）17：00～18：00	Teams
第 2 回委員会	令和 5 年 12 月 4 日（月）13：00～14：30	同上
第 3 回委員会	令和 6 年 2 月 13 日（火）15：00～17：00	同上

※Teams によるオンラインミーティングを Teams と表記する。

本事業で実施した内部打合せ等は以下の通りである。

接合部・構造計算	日　時	場　所
TF01	令和 5 年 5 月 10 日（水）16：00～18：00	Zoom
TF02	令和 5 年 5 月 22 日（月）14：30～16：00	同上
TF03	令和 5 年 6 月 9 日（火）15：00～17：00	同上
TF04	令和 5 年 6 月 27 日（火）13：30～15：30	同上
TF05	令和 5 年 7 月 7 日（金）13：00～14：15	同上
TF06	令和 5 年 7 月 24 日（月）10：00～12：00	同上
TF07	令和 5 年 8 月 7 日（月）16：30～18：30	同上
TF08	令和 5 年 8 月 28 日（月）10：30～12：30	同上
TF09	令和 5 年 9 月 28 日（木）18：00～20：00	同上
TF10	令和 5 年 10 月 6 日（金）18：00～20：00	同上
TF11	令和 5 年 10 月 13 日（金）18：00～20：00	同上
TF12	令和 5 年 10 月 20 日（金）18：30～20：30	同上
TF13	令和 5 年 11 月 2 日（木）18：00～20：00	同上
TF14	令和 5 年 12 月 25 日（月）9：00～11：00	同上
TF15	令和 6 年 1 月 6 日（土）9：00～12：00	同上
TF16	令和 6 年 1 月 17 日（水）10：00～12：00	同上
TF17	令和 6 年 2 月 1 日（木）17：00～19：00	同上

防・耐火	日　時	場　所
TF01	令和 5 年 7 月 12 日（水）16：00～18：00	Zoom
TF02	令和 5 年 8 月 29 日（火）13：00～14：30	同上
TF03	令和 5 年 10 月 27 日（金）10：00～12：00	同上

※Zoom によるオンラインミーティングを Zoom と表記する。

次ページから、議事録（TF は議事メモ）を掲載する。

令和5年度　林野庁補助事業／令和5年度　森林・林業・木材産業グリーン成長総合対策　建築用木材供給・利用強化対策のうちCLT・LVL等の建築物への利用環境整備事業　(7)CLT建築物等の設計者等育成

中層大規模木造設計情報整備委員会

第1回委員会　議事録

日時	2023年　6月　16日　金曜日　17:00～18:00				
場所	ZOOM				
参加者 （敬称略）	委員長	腰原幹雄			
	委員	河合直人	稲山正弘	~~五十田博~~	青木謙治
		荒木康弘	田中圭	森拓郎	小林研治
		岡本滋史	中島昌一	宮田雄二郎	宮林正幸
		望陀佐和子	北村俊夫	小谷竜城	中谷誠
		~~秋山信彦~~	安井昇		
	オブザーバー	加來千紘	~~五月女元良~~		
		福島	早瀬		
	行政	原田憲佑			
	事務局	平野陽子	中村亜弥子	佐々木留美	

配付資料

資料01_R5中層大規模木造　委員会名簿

資料02_R5交付申請書（抜粋）Ki

資料03_R5_LSBのデータ収集概要と接合部試験体図

資料04-1改_230616_ki4層実大フレーム実験_委員会

資料04-2_Ki_GIRフレーム試験体_20230616

資料04-3_Ki_LSBフレーム試験体_20230616

資料05_R5　中層大規模木造　年間スケジュール

1. 林野庁の挨拶　原田

2. 今年度の実施内容について （資料02）　事務局

・　今年度は、主に以下の3点を中心に実施する。
  - 木造建築にかかる防耐火関係の設計情報整備
  - これまでに整備した接合部等のバリエーションの拡充　等
  - 実大フレーム（これまでに整備した接合部仕様を用いたもの）での評価実験

3. 防耐火設計情報整備について　事務局

・　昨年度 KiHP・e-learning による情報整備・提供した。今年度は、以下の整備を行う予定。
  - FAQ の作成
  - Ki 接合部・構造システムとの連携
  - 設備計画との耐火被覆貫通の関係について注意点等

- KiHP 内の見せ方の整備
- 1.5h 耐火の告示仕様の改正・施行による仕様シートの追加
- 告示仕様の被覆構成別の耐火被覆の概算重量のデータ作成

・ 構造設計にあたり、防耐火関連で困っていることや整理してほしい情報などがあれば事務局まで寄せる。（全員）

・ KiHP に防耐火のページが増えたことが知られていない。広報活動としては、以下のサイトにて展開している他、木活協のメールニュースにて毎月情報を会員に提供していただいている。

- 中大規模木造建築ポータルサイト：https://mokuzouportal.jp/cgi-bin/disp.cgi?no=401&mode=one&code=10001131
  →サイトの紹介のみで、年度ごとに更新している情報の紹介はしていない。随時更新が可能か、サイト運営に相談する。（事務局）
- 林野庁（建築用木材の技術開発及び設計者等の育成の成果）：https://www.rinya.maff.go.jp/j/mokusan/outcomes_technique_development.html
  →KiHPに当リンクを掲載する。（事務局）

→委員等の皆様にも宣伝をお願いする。（全員）

→KiHPの構成を工夫するなど、防耐火の情報が目立つようにする。（事務局）

4. 樹種ちがい（カラマツ）での要素試験について（資料03） 森

・ 昨年度までLSB・GIRの接合具の引き抜き・曲げ・圧縮実験（スギ）と、接合部試験（スギ・カラマツ）を実施した。接合具の実験（要素実験）はスギでしか実施していないので、今年度は、樹種をカラマツとした場合における、LSBの接合具引抜き及び圧縮試験を実施する。過去に実施した要素実験から接合部の設計に必要な実験を選択。

・ GIRについては、木部と接着剤の界面で壊れる接着剤は使用せず引き抜き性能は木部のせん断性能で見ることとなっている。スギとカラマツの場合、せん断がスギ＜カラマツであり、実験を実施する必要はない。

・ スギよりも性能の高い樹種を求める場合、東日本ではカラマツの入手が比較的容易であるが、西日本ではヒノキとなる。ヒノキのデータ収集も視野に入れるべきでは。

→昨年度、接合部試験をカラマツで実施したため、スギと同じようにカラマツのデータを一通り揃えておくこととした。データ収集の手法も確立したため、今後、新しい樹種・接合具の性能において効率的なデータ収集を進めることが可能である。

→LSBはヒノキの集成材のデータがあるが、製材のデータは無い。GIRはヒノキの製材のデータがあるが、ヒノキの集成材のデータはない。製材の場合、スギよりヒノキの方が性能は高く、西日本においてカラマツに代替する樹種になり得る。

→ヒノキの集成材を製造できるメーカーを増やせるかが課題である。

→日集協ではヒノキの集成材で実験を行う際は、銘建工業に試験体製作を依頼してきた。ヒノキの場合、スギと比較して、LSBの貫入部分で割れが発生することが多く注意が必要である。下穴の径、トルク値の技術的基準を守れるメーカーであれば対応は可能だと考える。

→ヒノキの製材を扱うJAS認定工場であれば、ラミナ製造が可能＝集成材製造が可能と言える。 ・ ヒノキの大断面集成材が製造可能な工場はどこか。Kiのプロトタイプの建物に必要な、長辺600mm・750mm、短辺105mm・120mm、長さ7mが製造できる工場は。 →日集協から検索可能（https://www.syuseizai.com/ko-item/）。日集協に問い合わせる。（宮林）→後日、日集協清水様から連絡有り、今すぐであれば斎藤木材ができるとのこと。 →もりんく（https://molink.jp/）にてヒノキの製材を扱うJAS認定工場を地域別に検索可能。 →これらから、協業できるパートナー工場を探し、データ整備と試施工を実施しては。	
5. 実大フレーム実験について（資料04） （構造関連） ・ Kiのプロトタイプの4層建物で想定しているLSB・GIRの接合部仕様（スギ）でのフレーム実験（下2層部分の実大実験）を行う。特性値、Dsを確認する予定。 ・ これまで、要素実験・接合部実験などから得られたデータから理論値を導き、その組み合わせによって構造計算を行ってきた。今回のフレーム実験により、設計手法の妥当性を確認する。 ・ 別途TFにて実験方法等について検討しているところである。 ・ 実施場所については、東大柏キャンパス生産技術研究所の研究実験棟にて行う。建研の構造複合実験棟等での実施も検討したが、別事業での実験との調整がありスケジュール的に厳しく、また今後の大規模木造関連の実験体制を整える観点から東大柏での決定に至った。 （スケジュール） ・ 実大フレーム試験体の製作完了が10月中旬～11月下旬と幅を持たせている理由は。東大柏は11月に実験が可能である。 →試験体数が確定しておらず、手配時期が曖昧になっているため。スギ・カラマツのいずれかもしくは両方実験するかが決まっていなかったことから、幅のある納期になっていると考えられる。 スギ2体（GIR・LSB各一体ずつ）に確定し、スケジュール・見積を取る。（森） ・ 試験体の最終的な加工図には、錘・装置の取り合い部分る穴開け等の反映が必要。これらの対応は、後日行う。 ・ 実大フレーム試験体用のLSB40本は発注済。近々に納期について連絡をいただける予定。要素実験用のLSBは準備完了。両方合わせての納品となる。 ・ GIRは発注から1か月後に納品される。集成材の納期が決まってから発注する。	早瀬
6. その他（資料05） ・ 実験の速報の報告を想定し、12月頃を目標に第2回委員会を実施する。	事務局

令和5年度　林野庁補助事業／令和5年度　森林・林業・木材産業グリーン成長総合対策　建築用木材供給・利用強化対策のうちCLT・LVL等の建築物への利用環境整備事業　(7)CLT建築物等の設計者等育成

中層大規模木造設計情報整備委員会

第2回委員会　議事録

日時	2023年　12月　4日　月曜日　13:00～14:30				
場所	ZOOM				
参加者 （敬称略）	委員長	腰原幹雄			
	委員	~~河合直人~~	稲山正弘	五十田博	青木謙治
		荒木康弘	田中圭	森拓郎	小林研治
		岡本滋史	~~中島昌一~~	宮田雄二郎	~~宮林正幸~~
		望陀佐和子	北村俊夫	小谷竜城	中谷誠
		~~秋山信彦~~	安井昇		
	オブザーバー	加來千紘	~~五月女元良~~		
		福島佳浩	早瀬由衣加		
	行政	原田憲佑			
	事務局	平野陽子	中村亜弥子	佐々木留美	

配付資料

資料01_20230616 Ki第1回委員会議事録（案）

資料02-1_防耐火情報の整備の進捗状況

資料02-2_Ki の接合部・構造システムとの連携（TF3時点）

資料02-3_Ki防耐火FAQ（TF3時点）

資料03　LSBのデータ収集（カラマツ要素試験）報告

資料04-1 231204_ki4層実大フレーム実験

資料04-3_GIR実験と解析の比較

資料04-4_LSB実験と解析の比較

資料05_R5　中層大規模木造　年間スケジュール

1．前回の議事録の確認　　事務局

2．防耐火設計情報整備について（資料02シリーズ）　　安井・事務局

（HP 防耐火版の整備状況）（資料 02-1）

・　現時点において、以下の整備が終了している。
  - 防耐火版のHPアカウントを追加取得し、構造バージョンと双子のサイトを開設。
  - 1.5h耐火の告示仕様の改正・施行による仕様シートの追加
  - 告示仕様の耐火被覆構成別の各部位の概算重量のデータ作成

・　KiHP防耐火版の広報活動としては以下の情報発信を行った。
  - 中大規模木造建築ポータルサイトに防・耐火サイト開設の掲載等。
  - 同サイトのリレーコラム「もくlog」に安井委員から同サイトを紹介。

（Ki 接合部・構造システムとの連携）（資料 02-2）

- Kiでは、3階建て燃え代設計の準耐火建築物と4階建て被覆型耐火建築物で構造計算書を作成して公開しているところ。接合部の防火被覆をどうするかなど詳細な仕様の検討には至っておらず、防耐火の観点からの注意点と設計のヒントをHPに公開する。
- 意匠図（平・立）・軸組図・詳細図（接合部）の各部に注意点と概要（告示仕様・燃えしろ）・リンク先情報を示す。これをインデックスに、既に公表している仕様シート、FAQ に飛ぶことを想定している。
- 燃えしろ設計で内装制限のかかる室の場合、軸材等の見付けの合計が室の表面積の 1/10 までとされている。「建築物の防火避難規定の解説 2016（第 2 版）」日本建築行政会議 P112、P192 質問と回答 No92 により、見付けの合計は3面（コの字）の合計として運用されている。基整促でこの1/10ルールの緩和が検討され、告示改正の見込み。天井高さと室の規模をパラメータに見付け面積が緩和される計算式が提示されると思われる。

（FAQ の作成）（資料 02-3）

- 桜設計集団に個別に来ていた質問を網羅し、回答をHPに掲載する。木造初心者から、上級者レベルまでを対象とする。

4. 樹種ちがい（カラマツ）での要素試験について（資料03） 中谷

- Kiで推奨する105幅シリーズ・LSB接合具で、集成材の樹種をカラマツ（E105-F300）とした下記の要素実験を各3体実施した。圧縮試験については12月末から1月にかけて実施予定。

  引張り：繊維平行方向・繊維直交方向

  曲げ：繊維平行方向

- 試験体の条件はスギ105幅シリーズに合わせ、以下のとおりとした。

  LSBの ϕ25（ネジ谷 ϕ20）、埋込み深さ500mm

  LSB2本を1列2段配置（LSBの間隔と端距離は各50mm）

- 試験結果（スギ試験体との比較（カラマツ/スギ））

試験		Pmax	Py	2/3Pmax	Pu	K	破壊性状
引張（繊維平行）	平均値	1.4	1.3	1.4	1.4	1.0	LSBの引き抜けと母材の割裂（3体）
	5%下限値	1.5	1.3	1.5	1.2		
	50%下限値					1.3	
引張（繊維直交）	平均値	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	LSBの引き抜け（3体）、接合具間の母材の共抜け（2体）
	5%下限値	1.1	0.7	1.1	1.1		
	50%下限値					1.3	
曲げ	平均値	1.5	1.5	1.5	1.2	1.3	外側に配置したLSBに沿って母材の割裂（3体）
	5%下限値	1.4	1.6				
	50%下限値					1.5	

スギに比べてカラマツの方が概ね高い耐力があることを確認した。引張剛性についてはほぼ同程度、曲げ剛性はカラマツの方がやや高いことを確認した。

5. 実大フレーム実験について（資料04シリーズ） 早瀬

（実験結果速報）（資料04-1）

- Kiのプロトタイプの4層建物で想定しているLSB・GIRの接合部仕様（スギ）でのフレーム実験（下2層部分の実大実験）を11月末（GIR：11/14～17, 20、LSB：11/27,28）に実施。
- GIRについては、1/30rad の1回目の正側載荷で1階層せん断力が最大耐力150.9kNに達した。その後、1/15rad載荷の途中で80%以下となったため、実験を終了した。
- LSBについては、1/50 radのサイクルで1階層せん断力が最大耐力104.5kNに達した。そこで、2階柱梁接合部のHTBが破断し、耐力が最大耐力の80%以下となったため、実験を終了した。

（実験値と解析の比較（速報））（資料04-2） 岡本

- 事前解析と実験で同じ荷重分布（積載荷重・固定荷重）を用いている。
- 実験値と事前解析について、GIR（図1）とLSB（図2）共に、概ね合致する結果となった。
- 加力分布が事前解析と実験（速報）で若干異なるため、今後精査する予定。

  →実験では層間変形角を制御しながら加力した。例えば、実験では1/200だが、事前解析では1/200に満たないなど若干異なる。事前解析で1階と2階の層間変形角がほぼ同じだったため、実験では1階と2階を同じ層間変形角となるよう加力した。
- 事前解析は荷重増分解析である。今後、変位増分解析を実施する予定。

- GIRの試験体施工において、各接合部に設置した4本中2本で施工不良が確認された。柱側に全く接着剤が入っていなかったものは20本中１本のみ。解析に用いた要素試験と実験時の耐力が異なる可能性があったが、上述の比較で解析と一致した理由は不明。木部の破壊で終局しており、接合部の接着していた部分だけでもある程度の耐力があったことが考えられる。今後、理由について検討していくとともに、半分の接着でどの程度の剛性耐力だったか計算する予定。
- 施工不良について、今後行う柱脚金物の実験などでの再発防止、そこから得られる成果の報告をお願いしたい。

  →実際の施工では、エアータイプで接着剤を注入するのだが、今回は手動で注入した。また、今回のGIRが特注の長いものだった。今後は、エアータイプで注入し、長いタイプの場合は、確認孔を増やすなどの対策をしたい。

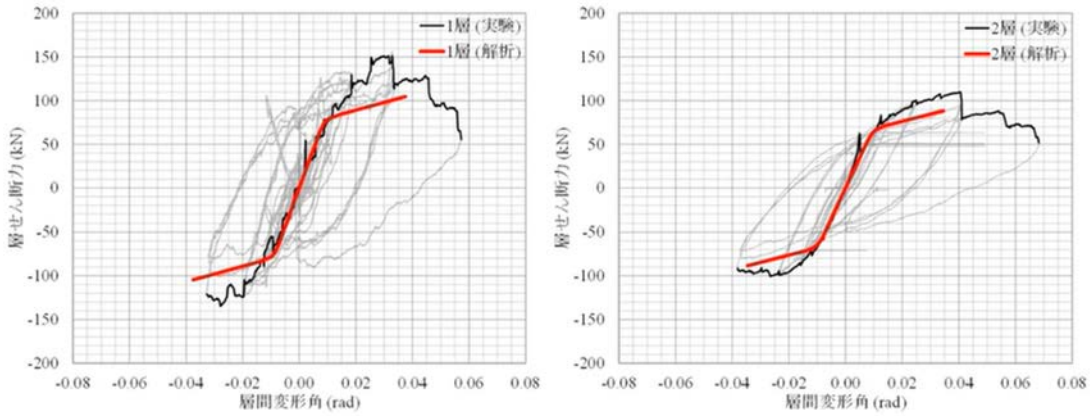


図1　GIRの実験値と解析の比較（速報）

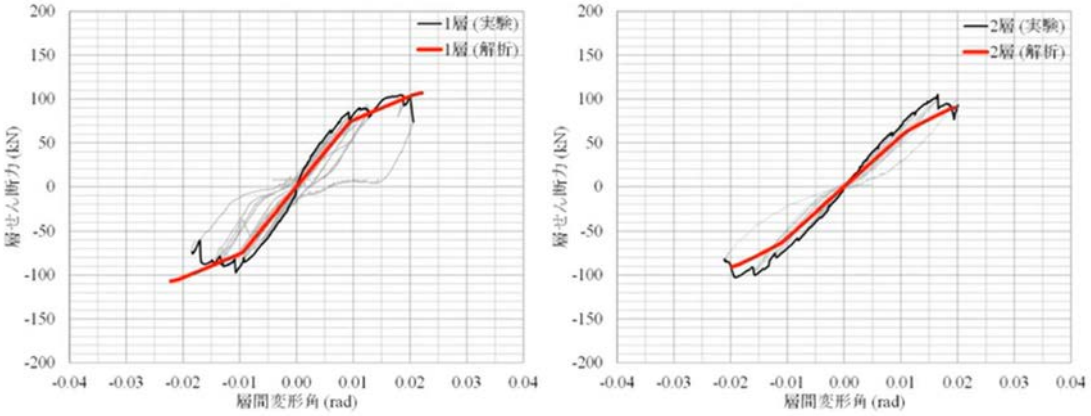


図2　LSBの実験値と解析の比較（速報）

6. その他（資料05）

事務局

・　柱脚の要素実験を12月・1月に実験を実施する。

・　次回第3回委員会　令和6年2月13日（火）15:00～17:00

　・ 実大フレーム実験と解析の詳細報告

　・ GIR・LSB柱脚の要素実験の速報

・　12 月末までに、構造設計にあたり、防耐火関連で困っていることや整理してほしい情報などがあれば事務局まで寄せる。（全員）

令和5年度　林野庁補助事業／令和5年度　森林・林業・木材産業グリーン成長総合対策　建築用木材供給・利用強化対策のうちCLT・LVL等の建築物への利用環境整備事業　(7)CLT建築物等の設計者等育成

中層大規模木造設計情報整備委員会

第3回委員会　議事録

日時	2024年　2月　13日　火曜日　15:00～17:00				
場所	ZOOM				
参加者 （敬称略）	委員長	腰原幹雄			
	委員	~~河合直人~~	稲山正弘	~~五十田博~~	青木謙治
		荒木康弘	田中圭	森拓郎	小林研治
		岡本滋史	中島昌一	宮田雄二郎	宮林正幸
		望陀佐和子	北村俊夫	小谷竜城	中谷誠
		秋山信彦	安井昇		
	オブザーバー	加來千紘	~~五月女元良~~		
		福島佳浩	早瀬由衣加		
	行政	原田憲佑			
	事務局	平野陽子	中村亜弥子	佐々木留美	

配付資料 資料1_20231204 Ki第2回委員会議事録（案） 資料2-1_Ki防耐火FAQ 資料2-2_Ki　の接合部・構造システムとの連携 資料3_ LSBのデータ収集（カラマツ要素試験・圧縮）の報告 資料4_LSB・GIRデータ収集(スギ・カラマツ接合部試験・柱脚)の報告 資料5-1_Ki実大フレーム実験 資料5-2_実験と解析の比較 資料6-1_HPの閲覧数等の報告 資料6-2_今後のやること整理リスト 資料7_☆R5　中層大規模木造　年間スケジュール 資料8_令和5年度　中層大規模木造　目次（案） 資料9_ホームページからのお問い合わせ	
1．前回の議事録の確認（資料1）	事務局
2．防耐火設計情報整備について（資料2シリーズ） （FAQ の作成）（資料 2-1） ・　桜設計集団に個別に来ていた質問及び委員からの質問に対する回答を19項目にわたって取りまとめ、Kiver.FIRE HPに公開した。 ・　耐火構造の被覆を貫くビス等の熱橋の影響調査（今年度別事業）で得られた知見（コーチボルトは注意が必要など）を、別事業完了後に追加予定。	安井

（Ki 接合部・構造システムとの連携）（資料 2-2）

・ Kiでは、3階建て燃え代設計の準耐火建築物と4階建て被覆型耐火建築物で構造計算書を作成して公開しているところ。それに対する防耐火の観点からの注意点と設計のヒントをシートに取りまとめた。

・ 意匠図（平・立）・詳細図（接合部）の各部に注意点と概要（告示仕様・燃えしろ）・リンク先情報を示す。リンク先情報は、既に公表している仕様シート、FAQ である。

・ 現在仮配置している伏せ図等を意匠図（平・断）に差し替え後、Kiver.FIRE HP から PDF をダウンロードできるようにする予定。

3. 樹種ちがい（カラマツ）での要素試験について（資料3） 中谷

（概要）

・ Kiで推奨する105幅シリーズ・LSB接合具で、集成材の樹種をカラマツ（E105-F300）とした圧縮試験（集成材のみ、LSBのみ、集成材+LSBについて、各3体）を実施。

（結果）

・ 過去に実施したスギ試験と比較するとカラマツの方が強度・剛性が高い。

・ 「LSBのみ」と「集成材のみ」を足し合わせた方が「LSB+集成材」よりも、約15%初期剛性が高い。強度はほぼ一致した。

（質疑）

・ 理論式の結果と実験データを比較する目的なのか、そもそも理論式が無いため、特定の寸法の場合の特性値を収集する目的なのか。この実験による特性値でどの範囲までの寸法に適用できるのか。

→現在のLSBの理論式では、引張と圧縮の強度を同数値で扱っている。そこで、当実験により引張と圧縮が同じ性能になることを確認する目的があった。

→引張の樹種違いの影響を考慮すればよいという結論になるのか。

→そのとおり。スギは確認済。カラマツは確認予定。

・ Kiのデータシートの値+最低限必要な実験があれば設計できるのか。例えば、木材のヤング係数が分かれば接合具の性能が確定し設計できるのか。

→最終的には木材の密度やヤング係数から性能を導きたいが、LSBの種類が多く、Kiで実験した形状以外のLSBに用いることができない。その場合は、そのLSBの引き抜き実験による強度と剛性の確認が必要。ただし、LSB研究会に所属する接合具メーカーは、接合具ごとにこのデータを持っている。Kiデータシートにも押し抜き実験のデータを公表している。

→どういう方向でのデータ提供を目標としているのか。設計者は何をみれば設計できるのか。接合具メーカーがデータを蓄積し情報提供する体制を作ろうとしているのか。

→そのとおりと考える。

→だとすると、この実験自体はKiで行う実験ではないのでは。

→まだデータ蓄積の枠組みが整っておらず、その枠組みが成立するかの確認も兼ねた。

・ 設計にLSBを採用する場合は、特注品を製作することになるのか。

→完全な特注ではなく、かつ在庫化はせず、接合具メーカーがある程度の製品バリエーションを示し、設計に必要な性能に合わせて製作・提供することになると考える。

・ どういう実験を行い、どういう性能を公開すれば設計者の役に立つという情報をKiで公開し、メーカーがそれを参考に製品と樹種の組合せによるデータを公開する。これがKiの目指す流れであって、研究者がすべての製品のデータを蓄積するというものではない。データ蓄積の全体像について検討が必要。

メーカーは、例えば180mm巾で接合具2列使いの製品化など、独自性を出したがる。設計者としては比較検討ができるよう、例えば105mm巾シリーズなど基本条件を揃えたデータがほしい。設計者の使いやすさを重視してほしい。

→データ蓄積の全体像について検討を進める。また、後者についてはメーカー側に伝える。

4. LSB・GIRデータ収集（スギ・カラマツ接合部試験・柱脚）の報告（資料4） 田中

（概要）

・ 要素実験データを用いた解析値と実大フレーム実験の結果を比較するため、柱脚の実験データを取得した（昨年度のフレーム解析では柱脚のみ実験値を用いていない。）。柱脚金物は後施工金物4を予め溶接したもので、実大フレーム実験のために設計した特注品である。

・ 下記の材料の組合せで柱脚の曲げ実験を行った。

GIR* スギ・カラマツ 柱105×600 後施工金物4（1仕様×3体）

LSB箱型金物有 スギ・カラマツ 柱105×600 後施工金物4（1仕様×3体） 合計12体

＊柱脚試験に用いたGIRは伸びないタイプである。

（結果）

・ GIR：樹種ごとに荷重−変位関係が同じ履歴となった。1/75rad時に破壊に至った。破壊性状はすべての試験体で木破が生じるとともに接合金物周辺の木材の割裂破壊が生じた。終局が木破によるため、最大耐力は各試験体でバラツキがあった。スギよりもカラマツの方がせん断強度が高いことから、最大耐力も高くなった。

・ LSB：樹種ごとに荷重−変位関係が同じ履歴となった。1/50rad時に破壊に至った。破壊性状はすべての試験体で接合金物周辺の木材の割裂破壊が生じるとともに、ハイテンションボルトの破断が生じた。終局がボルトの破断で決まるため、最大耐力は樹種に関わらずほとんど同じ値となった。

（質疑）

・ LSBのボルトに加えた初期の張力は、トルク管理しているか。

→LSBマニュアルにあるトルク管理（50N/m）をしている。

・ 初期に加えた張力によって初期剛性が高く出ていると思われ、初期剛性の取り方を工夫した方がよい。

→承知した。

5. 実大フレーム実験の報告（資料5シリーズ） 早瀬

（実験のまとめ）（資料5−1）

・ Kiのプロトタイプの4層建物で想定しているLSB・GIRの接合部仕様（スギ）でのフレーム実験（下2層部分の実大実験）を実施した。水平荷重は、各階が同一層間変形角になるような変位制御とした。 ・ GIRの柱梁接合部については、各接合部における接着剤注入不足がみられたため、各接合部及びフレーム全体の剛性と耐力にその影響がみられた。 ・ LSBの柱梁接合部については、加力方法の要因で梁に軸力が入っているため、要素実験に対して、初期剛性・降伏耐力・最大耐力すべてにおいて高い傾向がみられた。 ・ 柱脚接合部については、ベースプレート（以下、「BP」と記す。）部分での損傷がフレーム全体の耐力低下につながったり（GIR）、アンカーボルトでせん断耐力が負担できない状態となりフレーム全体で滑りが生じたり（LSB）した。 （実験と解析の比較）（資料5-2） ・ 変位増分解析を行い実験と比較した（第2回委員会で示した事前解析は荷重増分解析である。）。 ・ 柱脚接合部のバネは、前述の4項で実施した実験データを用いた。（資料中GIRの解析値の入力ミスがあり報告書までに修正予定。今回の報告と結果はあまり変わらない。） ・ GIRとLSB共に、実験値と解析値は概ね合致する結果となった。 ・ 今後、回転バネを圧縮・引張に分けた場合（資料は回転バネ1つ）や柱脚に軸力を考慮した場合について検討する予定。 （質疑） ・ 柱脚に圧縮軸力が入るか否かで、耐力が変わるのか。 →圧縮が入ることで耐力が上がる。解析モデルにはBPとコンクリートの側はバネの値が入力できるが、BPと木の側は難しい。 ・ 柱脚のバネ設定が設計にどこまで必要か。 →層間変形角をみるとそれほど影響がないため、設計では考慮する必要がないかもしれない。柱脚の柱の圧縮側と引張側の挙動の違いなど、解析の対象にならない部位をどうするかが課題。 ・ 実験時にBP部が損傷した。それがひずみ測定にどのような影響を与えたのか、どの変形角までは信頼できるが、それ以降は損傷の影響があるのかなど、実験のデータの確からしさを明確にしてほしい。図1ではGIR・LSB共に左右対称になっていないが解析では左右対称としているが。 →図1、2の黄色破線は柱脚に圧縮が掛かった範囲、緑破線は引張が掛かった範囲である。圧縮が掛かっている方が耐力が大きい。解析での柱脚の状況は確認していない。後日確認したものを共有する。 →GIRはアンカーボルトの降伏以降、LSBは初めから無収縮モルタルの部分でBPの浮き上がりが生じた。明記しておく。 ・ 回転バネの解析ではなくマルチスプリングによる解析が必要になるのか。 →実物件でマルチスプリングによる解析を行うのはハードルが高く、回転バネで検討を進めたい。	岡本

・　回転バネを2つ入れる必要があるか。圧縮側と引張側でバネを変えるか。

→保有水平耐力を確認する際には回転バネを2つ入れる必要があると考える。ルート2の場合は脆性破壊しないことを確認すれば保有水平耐力の確認は不要。鉄骨の場合、弾性剛性の1/2として入力している。これを木造に準用した場合に不具合が無いか検討が必要。

・　接合部のM−θのMはどのように算出したのか。接合部も、等価曲げヤング係数×I により曲げモーメントを求めていると考えてよいか。その場合のヤング係数は実測値か。

→接合部も、等価曲げヤング係数×I により曲げモーメントを求めている。解体後の集成材の要素実験を行いヤング係数を算出した。

これらのデータから柱のせん断力を計算し、1階と2階の層せん断力と比較・確認した。

・　曲げモーメント（M）−軸力（N）の関係について、これらのデータからNを考慮すれば解析の見込みが立っているということか。

→まだ見込みが立っていない。検討中。

・　層間変形角の補正（プラスとマイナスを逆にしていないか）を再確認する。（早瀬）

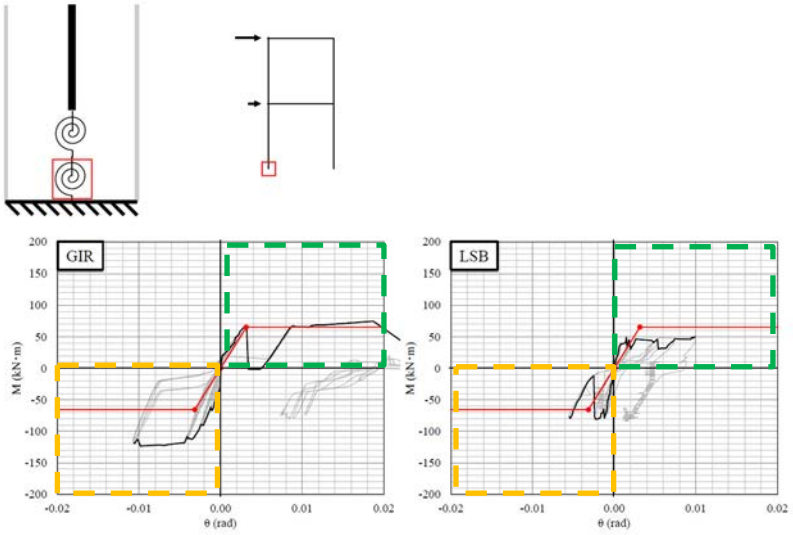


図1　BP（柱引張側）（資料5−2より抜粋に破線を追記）

（図1、図2共に、黄色破線は圧縮が掛かった範囲、緑破線は引張が掛かった範囲）

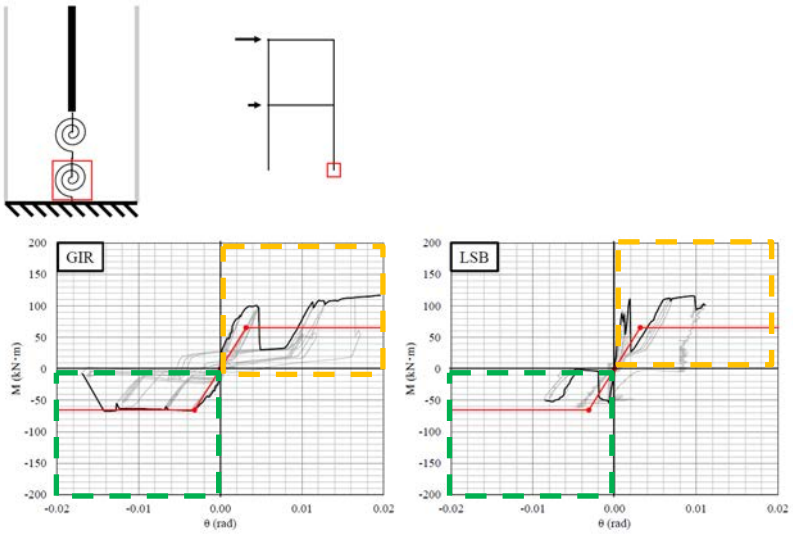


図2　BP（柱圧縮側）（資料5-2より抜粋に破線を追記）

6. その他

事務局

（KiHP、Kiver.FIREのアクセス解析）（資料6-1）

・　現時点でのアクセス解析を報告した。

（来年度以降の検討課題）（資料6-2）

・　実大フレーム実験、柱脚接合部の軸力違いの実験方法の確立、実施を計画。

・　LSBの引張（https://media.toriaez.jp/b0409/865.pdf）の再試験は不要。今後問い合わせが来た際には、その企業にデータを作ってもらうように相談する。

・　地震調査などに利用できるような古い木造の非住宅建築物のデータの整備を挙げていたが、本事業に直接関係があるものではなく、かつ、アイデア段階であるため、検討課題から削除する。住木センターのデータベース（https://www.google.com/maps/d/embed?mid=1uSk-7sNJn_WYuCI-aFdUBH7-hWHYgmdO&ehbc=2E312F）が存在するが、調査目的としての整備ではない。

・　「よんもく」内の技術者の情報交換の場の設置を挙げている。この「よんもく」とは、4 階建て木造建築物の構法提案を行うことでその普及拡大しようとする事業（住木センター主催）の愛称である。提案者・審査員には Ki 委員会の委員が重複している。「よんもく」の委員会には技術者以外の委員も多く、各種団体への連絡調整も兼ねているため、技術者同士のざっくばらんな意見交換の場を提供することが必要。

（ホームページからの問い合わせ）

・　丸くさび内蔵鋼管型の接合金物について、KiHPへの掲載依頼があった。

→いただいた資料では試験方法が定かでない、回転剛性がLSB、GIRの1/10程度であり、引きボルトよりも性能が低い。中層木造に採用できるか定かでない。掲載は難しい。

（スケジュール）

・　3 月 22 日事業完了、3 月 31 日実績報告提出。

Ki　構造関係TF　議事録メモ

主な出席者：腰原、森、田中、中谷、岡本、宮田、早瀬、福島、坂下、田川（広大）、曾我部（広大）、澤野（大分大）、曽根（大分大）、平野、中村

目次

1. 105シリーズの要素試験：LSB・カラマツでの柱梁接合部データ取得 2
2. 105シリーズの要素試験：柱脚の実験データの取得 3
3. 実大フレーム実験 4

（目的） 4
（場所） 4
（実験日） 5
（試験体） 5
（試験方法の検討） 6
（試験体発注：銘建工業） 6
（加力治具等発注：アシス） 7
（柱脚治具等発注：アシス） 7
（柱脚金物・後施工金物4発注：カネシン） 8
（接合具発注） 9
（足場レンタル：オートレント） 9
（錘の調達：建研） 9
（建て方：アシス） 9
（試験体建て方） 9
（錘の吊り位置・吊り方法） 10
（計測計画） 11
（加力スケジュール） 13
（実験報告） 13

4. 解析値との比較 16

（要素実験と事前解析の比較） 16
（要素実験と実大フレーム実験の解析比較） 17

5. HPの整備 18
6. 今後について 19
7. 報告書 22

黄色マーカーは、作業担当者を示す。

1. 105シリーズの要素試験：LSB・カラマツでの柱梁接合部データ取得

（目的）

・樹種がカラマツになった場合の理論式での接合部の検討に用いる要素試験の実験値が無いので、カラマツでのデータを今年度取得する。（TF1）

・LSBについては、ハイテンションボルトの破断で性能が決定するが、設計上はボルトの短期許容耐力で行う。ただし、実際には短期許容耐力よりも高い値を示すので、その値に対して、LSBの木材からの引き抜け耐力が十分大きいことを確認しておく必要がある。（TF1）

・GIRは木部と接着剤の界面で壊れる材は使用しないことになっているため、引き抜き性能は木部のせん断性能で見ることとなっている。スギとカラマツの場合、せん断がスギ<カラマツなので、実験を実施する必要はない。（TF1）

（試験体概要）

・過去のスギで実施した要素試験をカラマツでも実施する。ただし、過去のスギでの要素実験のうち、以下のものに限定して行う。（TF1）

・LSBのみで実験を実施。全て1列2段（間隔50mm）。試験体数は各3体。

試験	部材情報（単位mm）	2020年度報告書（スギ）
①繊維平行方向の引張試験	断面105×300（600せいのラミナ構成で製造。LSBを外層側に配置）	4.4項
②繊維直交方向の引張試験	部材寸法105×600×1800	4.6項
③繊維平行方向の曲げ試験	断面105×600	4.5項
④繊維直交方向の圧縮 集成材のみの圧縮、LSBのみの圧縮、集成材+LSBの圧縮	材料は③の試験後の材から切り出して利用（①は600mmの材を半分にカットしたと想定したラミナ構成とするため利用不可。）。	4.8項

（実験日・場所）

①②　9月18日週 実施　@大分

③　　9月25日週 実施　@宮崎

④　　1月実施　　@宮崎（中谷）

→実施場所は、過去に実施したスギでの試験場所に倣う。

→①～③は、建築学会（9/12-15）の日程を外した。

→④について、曲げ試験の試験体の破壊しなった部分で圧縮の試験体を製作することにしているが、思ったよりも破壊しているため、前回同様900mmを採取。引張試験の試験体も破壊が大きく同じような状況（大分からの送付はしない。）。

（発注）

・LSBの施工が必要であるため、カラマツ集成材の発注先を銘建にした。発注済（TF3）。発注担当は森。納期８月末。

・加工覚え：チェンのみ（袋状）：8mm以上（6mmは加工不可）、丸のこ（貫通）：6mmも加工可能

・反力用接合具は、GIRとする。スクリムテックに提供依頼。依頼担当は田中。

・LSBをダイロックに発注済（TF3）。発注担当は森。

（実験速報）

・引張試験：カラマツはスギの結果（過去実験）と大差なかった。（TF9）

・曲げ試験：スギ（過去実験）よりカラマツの方が耐力が1.3倍程度上がった。（TF9）

・引張試験において、装置に設置するナットの緩みが1体あり、途中で締め直して加力を続けた。曲げ試験においても同様のことが起き、木材の使用していない側にLSBを挿入しなおして再実験した。破壊性状をみるとその影響はないと考える。今回は締め付ける道具がナット部分に入らず手締めとなり、変位計取付の際に緩んだものが更に動くなど不具合が起きたと考える。（TF9）

・圧縮試験：「LSBのみ」と「集成材のみ」を足し合わせた方が「LSB+集成材」よりも、約15%剛性が高い。過去に実施したスギ試験と比較するとカラマツの方が耐力が高い。（TF16）

2. 105シリーズの要素試験：柱脚の実験データの取得

（目的）

・要素実験データを用いた解析値と実大フレーム実験の結果を比較するため、柱脚の実験データを取得する。（昨年度のフレーム解析では柱脚のみ実験値を用いていない。）（TF8）

（実験日）

・GIR：1月9日、10日実施済。（接着剤注入・養生があるため。）

・LSB：12月20日、21日実施済。

（試験体）

・下記の材料の組合せで柱脚の曲げ実験を行う。@大分大学（TF8）

GIR*1	スギ・カラマツ　柱105×600　後施工金物4（1仕様×3体）	
LSB*2	スギ・カラマツ　柱105×600　後施工金物4（1仕様×3体）	合計12体

＊1柱脚試験に用いたGIRは伸びないタイプである。

＊2 LSBのハイテンションボルトは強度10.9に統一している。今回の実験では、F10T相当（10.9高力ボルト）とした。12.9高力ボルトの方が性能は高いが、告示に基準強度が定められておらず安全率を掛けるとF10Tと差がなくなること、建築物に使用することが無いことが挙げられ、確認申請時等で設計者が扱いやすい。（20230104宇佐美氏ヒアリングより）（TF13）

・加力位置は高さ2020mm、試験体長さは2500mmとする。LSBは箱金物上面からの寸法である。（TF8）

→資料「20230828 フレーム解析.pdf」（以下、「事前解析」と記す。）の反曲点高さは1500mm程度だが、フレームの左右で150mm程度異なる。（TF8）

→要素実験で想定した階高は設計例もしくはフレーム実験の階高より少し短めとした。これは、試験場の高さ制限と引き抜き力によって架台の損傷を防ぐための治具を挟んだためである。今回は専用の柱脚金物を設置することから、損傷防止の治具は不要。（TF8）

（発注）

・集成材を銘建工業に発注済。12月15日頃納品済。

・柱脚金物（後施工金物4付）12個をカネシンに発注済。10月中旬納品済。

（実験結果）

・GIR：樹種ごとに荷重-変位関係が同じ履歴となった。1/75rad時に破壊に至った。破壊性状はすべての試験体で木破が生じるとともに接合金物周辺の木材の割裂破壊が生じた。（TF16）

・LSB：樹種ごとに荷重-変位関係が同じ履歴となった。1/50rad時に破壊に至った。破壊性状はすべての試験体で接合金物周辺の木材の割裂破壊が生じるとともに、ハイテンションボルトの破断が生じた。（TF16）

・特性値一覧（TF16）

試験体名	No,	初期剛性 (10^3×kN.m/rad)		2/3MmaxまたはPy (kN.m)		最大耐力 (kN.m)		最大耐力時変形角 (rad)	
		K	Ave.	2/3Mmax	Ave.	Mmax	Ave.	θmax	Ave.
G-IM	1	63.40	56.19	54.59	53.28	81.88	79.92	0.001667	0.00190
	2	54.87		59.68		89.52		0.002271	
	3	50.31		45.56		68.34		0.00175	
G-IM-I	1	62.21	61.38	60.88	62.41	91.32	93.62	0.001771	0.00179
	2	66.52		64.37		96.56		0.001667	
	3	55.41		61.99		92.98		0.001927	
L-IM	1	85.98	76.75	49.11	48.89	97.02	98.65	0.00329	0.00346
	2	85.70		47.83		100.21		0.00354	
	3	58.56		49.75		98.73		0.00355	
L-IM-I	1	83.87	78.85	46.83	50.02	100.05	101.33	0.00322	0.00316
	2	67.91		52.89		101.96		0.00309	
	3	84.78		50.33		101.98		0.00317	

・G-IM_No.3が他の２体に比べて耐力が著しく低い。これは木材の性能のバラツキによると考える。（TF16）

・最大耐力時変形角について、LSBの方がGIRよりも大きい。これはハイテンションボルトの伸びが影響していると考える。LSBのPyは、完全弾塑性モデルで解いたものを使用。ハイテンションボルトの伸びを加えない状態で評価しなければならない。（TF16）

→降伏点をどこにするか決める議論が必要。（TF16）

3. 実大フレーム実験

（目的）

・要素実験データを基にした設計法の妥当性を確認するため、基本寸法（材幅105mm等）の実大フレームの実大実験を実施。

（場所）

東大柏キャンパス生産技術研究所の研究実験棟（以下「東大柏」と記す。）。

〒277-8574千葉県柏市柏の葉5-1-5　生産技術研究所実験棟１腰原研究室（担当者名・電話番号省略）

・実験場所①～③を検討した。（TF2）実験体制を整える観点から、①に決定。（TF3）

①東大柏

→実施・準備は腰原研究室+田中+森で対応する。（TF2）

→クレーン（５ｔクレーン2基）は、高さ10.6mまで対応可能であり、ワイヤー・地切り寸法を除くと、高さ7.5mサイズの試験体の吊り上げが可能。吊り代を確保するため、吊り天秤を用いることも可。その場合は、ワイヤーと吊り天秤は2m以内に収める必要がある。（TF4）5tクレーンと反力壁の間にある10tクレーンが有るが反力壁に試験体を近接させる際の影響は無い。（TF5）

→地組に必要な角材や接合部を補強する板材、実験で廃棄された鉄鋼など多数あり。
→東大柏の備品のローリングタワーは3.7m。
→荷降し方法：フォーク使用可。
→10t車の構内乗り入れ可。
②建研の構造複合実験棟（試験場及び実施者のスケジュールが合わず不可）
→実施・準備はBL岡部に発注。（TF2）
→GIRの試験体を寝かせて養生するスペースはギリギリ確保できそう。（TF2）
→錘数、ジャッキ数・ストローク幅など問題なく実施可能。（TF2）
→構造複合実験棟の図面提供者は建研中島。（TF2）
→実施可能なスケジュールが11月第2週以降となり、少し遅い。（7月にもやれるチャンスはあるが早すぎる。）（TF2）
③ボラス暮らし科学研究所（担当照井）（改装により設備がなくなったため不可）
→実施・準備は腰原研究室+田中+森で対応することになる。（TF2）

（実験日）
GIR：11月14日（火）～17日（木）、20日（月）済
LSB：11月27日（火）～28日（水）済

（公開実験）
GIR：11月14日（火）13：00～　関係者公開実験（ヘルメットレンタル10）
→１体目（GIR）は実験日が確定しないため、関係者（スポンサー含む）への公開とする。見学希望の連絡があれば情報を提供・前日夕方までに確定連絡。（事務局）（TF6）
→見学者23名（GIR研究会8名含む）
LSB：11月28日（火）~~11月24日（金）~~13：00～　公開実験
→関係者以外30名で募集（11/17募集終了）
→HPに告知する。無償提供についても告知に含める。延期の可能性もあることを承知していただく。前日夕方までに確定連絡。（TF6）
・当日資料の作成（事務局）
→以下無償提供等の情報を当日資料に含める。（事務局）（TF12）
・当実験は、林野庁補助事業「建築用木材供給・利用強化対策のうち（省略）CLT建築物等の設計者等育成」により実施します。
・特注GIRを株式会社スクリムテック様から、パネリード鋼をシネジック株式会社様から無償でご提供いただきました。建築研究所様から錘を無償で貸し出しいただきました。銘建工業株式会社、株式会社ダイロック、アシス株式会社、BXカネシン株式会社等、様々な方々にご協力いただきました。御礼申し上げます。
・両実験を撮影し、e-learnigで公開する。（TF6）

（試験体）
・引きボルトによる試設計4階建ての1～2階分を完全に再現した1フレーム（柱105×600、1階梁105×750，2階梁105×600）とする。柱頭部分はめり込みなどに配慮し150mm程度柱を高くする。（TF1）

・GIR接合・LSB接合によるフレームを各1体。樹種はスギとカラマツが考えられフレーム検討はカラマツで行っているが、スギを優先して実施。(TF1)
→スギでも設計が成立するか確認した上で、カラマツを実施するか決定する。(TF1)
→予算的に実験体制の整備を優先する必要があるため。カラマツは今年度の実施無し。(TF3)

(試験方法の検討)

・実験は立てて実施する。寝かせて軸力をかけるより、錘をぶら下げる方がシンプルなため。(TF1)
・荷重を掛ける際にモーメント接合部に影響しないようにフレームを固定する方法を検討した。(TF2)
・梁上下レベルで試験体全体を挟み込む方法:モーメント接合部を拘束する可能性がある。(TF2)
→床面がフレームの一体化の役割を担っていると考え、梁上下で拘束するのを上側のみにする方法はどうか。(TF2)
・梁中央に穴をあけ鋼棒を挿入するか、溝形鋼を設置しそれにジャッキを取り付ける方法も考えられるが、押し引きする際に接合部の片方は圧縮、もう片側は引っ張り力が生じる。(TF2)
→引っ張り力が生じる対策としては両方向で押す方法があるか？ (TF2)
→引っ張り力が生じるというのは不利側だからよいか？ (TF2)

(作業分担)

・実験の概要作成：早瀬
・GIRの試験体図作成：田中
・LSBの試験体図作成：森
・事前解析（フレーム検討をスギにした場合)：宮田
・試験管理：腰原研（福島・早瀬・坂下・田中・森）

(試験体発注：銘建工業)

・試験体発注・加工図支給：7/7済。(東大柏着を連絡済。) (TF4、TF5)
→10/13頃納材を可能とするための集成材寸法確定期限は7/7（TF4後のメールより）
→同、接合ディテール確定・加工図支給期限：~~7/21~~（TF04後のメールより）8/10（TF5）
→集成材に加工するスリット深さ、ドリフトピン孔位置は、柱脚金物の寸法（溶接代など）が関係する。接合金物のドリフトピン孔は長孔のため、多少の誤差は問題ない。溶接代が当たる部分は、現場で面取りすることも可能。(TF5)
・錘を吊るための穴の有無や位置は変更の可能性有。そのため、必要に応じて、穴あけ加工は自分たちで行う（銘建に依頼しない)。
→試験体柱のϕ140穴あけ加工（八木下建築）発注（TF12)、加工済。
・LSB用の柱に後施工金物4を大分大チームで設置済（11/3）
・要素実験の集成材の見積がフレーム実験の見積よりも高いが、特殊なラミナ構成等煩わしい作業を依頼していること、量が少ないことから、値下げ交渉はしないこととする。(TF5)
・試験体納期：10月11日(水）朝9時頃
・車両：10t車（平ボディ または ウイング） 1台で納品。

（加力治具等発注：アシス）

・アシスの作成する製作図（柱脚治具の配筋部分含む）にて確認し、8/28アシスへチェックバックし確定。（TF8）

→覚え：見積り・納期確認開始（6/20）（TF4）

→10/30組立開始予定。（TF7）

・予算の範囲内において性能面で拡張性のある加力治具とする方法を検討。（TF3）

・予算的に下記のうちB案とする。（TF3）

A_コスト潤沢案：約1千万円。製作が容易。試験体を支持する治具の鉄量増・ジャッキ1要調達。

B_コスト節約案：約5百万円。試験体を支持する治具の鉄量減。ジャッキの調達不要。

→以下、コスト減の手法あり。（TF3）

・鉄骨をレンタルにする。

・方杖で治具を支えれば、治具の頭つなぎの鉄骨が不要になるなど、コスト削減の余地あり。（TF3）

・既存の柱治具を延長できる可能性あり。（TF3）

・試験体の振れ止めの断面を軽量化するよう工夫。（TF4）

・S38の実大実験の一部を東大柏で実施し、治具を共有する。費用の一部をS38で負担。

・予算がオーバーした場合、腰原研での負担も検討する。

・ジャッキとつなげるF字型の治具については、今後の実験にも（240mm幅のフレーム、105mm幅の2.5倍の荷重、8m高さ等）にも転用できるよう、H-300×300×10×15のH鋼とする。（TF3、TF4）

・S38実験の加力高さに合わせ、治具にロードセルを設置する穴加工が必要。加力高さが決定次第共有する。（TF8）（S38のWGで共有済）

→東大柏で実験する予定の試験体は、2段の筋かいによるフレームで高さ6m以下のものとなる予定。（TF8）

→昨年度実施した試験体図等（S38　報告書の抜粋　第2章2.2　筋交い耐力壁実験_修正.pdf、S38　加力装置　計測計画（昨年分）.pdf）を共有。追加購入の必要がある機材の有無を確認。（TF8）

（柱脚治具等発注：アシス）

・柱脚治具は、アシスにて製作し、完成品を東大柏に納品する。（TF7）

→東大柏ではコンクリート打設時に発生する排水の処理ができないため。

→柱脚コンクリートの移動は、アンカーボルト用のさや管に「フック受け」を挿入して行う。

→見積（材料費・柱脚製作、加力装置組立作業費（フレームの建て方を含む。）、アンカー筋）・発注済。（腰原研）

・鉄骨のコンクリート側に頭付スタッド・さや管を付け、その上にコンクリートを打つ。そのため、鉄骨とコンクリート部は一体となる。柱脚治具は1つ製作し、GIR・LSBフレーム実験で使いまわす。ただし、設備化はせず実験終了後は廃棄する。

→設備化するとコストアップになる。（TF4）

・柱脚治具の天端ならしの方法は無収縮グラウトに決定。（TF13）

→箱型金物とコンクリートの間に何も敷かないと、試験体の建ち精度が悪くアンカーボルトの摩擦が十分発揮できない可能性がある。天端ならしが必要。コンクリートの天端の精度確保は無収縮グラウトもしくは石こうのどちらかになる。無収縮グラウトは入替時にハツり作業ができない。

→GIRとLSBの試験体入替に天端ならし部分のハツり作業をなくす（柱脚治具との離れをよくする）ため、柱脚治具に接する柱脚金物に剥離剤を塗布する。天端ならしの無収縮グラウトは、実験時・入替時に柱脚治具の破損を予防する効果もある。（TF11）

→試験体寸法に影響しないように天端ならし部分を合わせて柱脚治具高さ725mmにする。柱脚治具の天端ならしを15～20mm厚とする。全体の高さが変わらないように、柱脚治具本体のコンクリート部で調整する。（TF11）

・アンカーボルト径はφ24とする。（TF07）

→φ27とする必要があるか議論した。設計例はφ24としている。アンカーボルトを降伏させる設計であり、φ27だとそうならない可能性がある。φ24でよい。（TF07）

・アンカーボルトφ24を入れるさや管はφ34.0×ｔ2.3とした。（TF8）

→アンカーボルトのさや管の内径が大きい方が施工しやすい。この大きさであってもスリップしないだろう。

→TFでは、まず設備化する前提で、φ27が入るφ30程度の内径とすることとした。（柱脚治具が当実験のみの使い捨てであればφ24が入るφ27程度の内径でよい）

・柱脚治具の鉄鋼部分は、さや管のボルトを締めるための道具（トルクレンチ）が入るよう、高さ・スチフナ位置を確認し決定した。（TF2）

→道具が入らない場合は、柱脚金物の高さを高く必要がある。アンカーボルトの底部からトルク値の計測が可能なので、試験体図（TF2）の隙間でも実験は可能だが、実際の施工で柱脚金物の空き部分が必要。アンカーを外に広げることで対応も可能だが、柱脚の耐力が上がる・変形能が下がるなど想定と異なることになり不可。試験場の高さ制限がある場合は、集成材の寸法を短くする必要も出てくる。（TF2）

・基礎部を高くし、鉄鋼を小さくすると費用が安くなる可能性があるが修正は可能か。（TF7）

→さや管の長さを500mmとし、そこからの逆算で基礎部と鉄鋼の高さを決定しているため修正なし。（TF7）

（柱脚金物・後施工金物4発注：カネシン）

・カネシン（遠藤）に柱脚金物（4個）の製作発注済。（TF4、TF5）納品済。

・後施工金物4（8個）発注済。（TF5）

・アンカーボルトの穴径は、26mm（24φ用）とする。（TF7）

→接合金物のドリフトピン孔は長孔のため、多少の誤差は問題ない。（TF7）

・資料：カネシン　20230731_Ki実験用.pdf 内のA詳細部分（後施工金物4の端部突起が無くなった）がR4年度製作した形状と異なっているのは、リフォーム梁受での使用も想定し、引張力も期待しており、他の後施工金物と同じドリフトピン位置で引張にも効くように変更したとのこと。

・柱脚部のせん断金物は、後施工金物4を溶接する。GIRは伸ばさない設計のためルーズホールは不要だが、LSBと仕様を合わせる。（TF2）

・後施工金物4とベースプレートの溶接高さを4mmから6mmに変更。

→溶接高さが4mmだと、後施工金物4の両サイドのR部分のRの高さまで回らず、健全な溶接ができないため6mmに変更。（TF7）

（接合具発注）

・特注GIR及び接着剤（いずれもLSB要素実験分を含む）をスクリムテックに発注済（TF3)、無償提供。納品済。

・ダイロックにLSB40本の製作がある旨は通してあり、正式に発注。要素試験で製作中のLSBと一緒に納品とする。銘建工業へ送る段取りとする。(TF4)

（足場レンタル：オートレント）

・試験体の観察、入替の必要があることから、固定足場ではなくローリングタワー2台（シングルタイプ4段(最大床面高6.96m、最大作業可能高8.96m)とする。東大柏のローリングタワーは高さ不足のため、レンタルする。

・~~試験体の裏面に固定足場、表面の作業台はローリングタワーとする。~~（TF6、上記に変更）

（錘の調達：建研）

・11/1（水）建研から搬入済

・12/12（火）建研へ返却済

東大柏と建研の所有する錘一覧

		寸法	mm		重量		
	保管場所	L	B	t	kg	kN	保有数量
①	生研柏	200	100	40	14.5	0.14	66
②	生研柏	200	100	40	12.5	0.12	191
③	1-建研(構造実験棟)	2280	300	200	1071.4	10.50	7
④	2-建研(構造実験棟)	2280	300	100	530.6	5.20	4
⑤	4-建研(構造実験棟)	700	340	100	183.7	1.80	6
⑥	5-建研(構造実験棟)	400	400	200	244.9	2.40	12
⑦	12-建研(複合実験棟)	1820	300	60	255.1	2.50	2
⑧	13-建研(複合実験棟)	400	400	40	51.0	0.50	31

・サイズ・形状によって試験体と治具の離間距離が変わるためセットアップ計画で注意する。(TF3)

（建て方：アシス）

・高所作業のため、試験体の組立は鳶に依頼。建屋内部で組み立てる。(TF2)

・木造系では、木村建造、中村商事が挙がったが、木材加工が入らず作業内容とコストが乖離すること、当事業の目的がS造施工者が木造に取り組めるようにすることから、S造系の施工者に決定。

・東大柏で常時作業を請け負っているアシスに打診。(TF4)

（試験体建て方）

GIR：

・GIRは地組みしてクレーンで吊り上げて設置する。(TF4)

・地組み時は、GIR接着剤挿入のための水平出しは角材を井桁に組んでジャッキで調整する。田中・大分大学生で施工。(TF4)

・GIR接合部の性能を正確に測るため、接着剤が接合箇所以外に着かないよう、梁の小口面をビニルで養生する。(実際の施工では、性能が高くなることから安全側になるため養生は不要。)(TF4)

・GIRの吊り上げは、柱の錘の天秤用の穴にスリングを通して吊る。吊り上げの際の補強材は不要。(TF13)

・建ち合わせは、振れ止めのタイヤで押す。レーザー隅出し機２台（東大柏備品）で位置出し。（TF12）

LSB：GIRの組立の状況からB案の地組みに決定した。

A案：実験位置で建て方をする。その場合柱単体で吊り上げる必要があることから、ワイヤーを付けるための治具（アイボルト等）を柱頭に付ける。梁を設置するまでの間、柱の振れ止め（仮筋かい等）の工夫が必要。（TF4）

B案：地組みする。GIRの養生スペースと併せて倍のスペースが必要。（TF4）

→B案とする場合は、GIRとLSBの両方が完成した状態で実験棟内にフレームが2体あるタイミングがあるが、GIRを先に実験すれば入れ替えるだけであり、2体分の平置きスペースは必要ない。

・吊り上げる時に試験体のたわみを防止する措置が必要。（TF4）

→木材で補強し実験時に取り外す。（TF4）

→たわみ防止用に補強することを検討していたが組立時に安定していたため不要とした。

・2体目LSBについては、計測用の線引きを予め行い、計測器の設置の工期を短縮した。

（GIRの接着剤注入）

・11/2、3GIR組立・接着剤注入済。

→養生期間1週間の見込みだったが、気温が高く、3日の養生でOK。

・施工は田中、大分大学生4名。クレーンでの作業は坂下対応。（TF10）

・備品調達の割り振り（省略）

（錘の吊り位置・吊り方法）

・柱の2階部分と1階部分に分割して錘を架ける提案している。2階の柱に架ける錘を、1階柱に集約するよう変更してよいか。（TF5）

→錘は１か所につき、41ｋNとなる。柱脚のコンクリートを避けるため、跳ね出し600mmで錘を吊るす。柱に140φの穴を開け、錘を吊るす鋼材を貫通させる。（TF6）

→錘の設置はジャッキを用いる方法と吊り上げる方法がある。現在の図面では両方ともスペースが足りない可能性がある。（TF6）

→錘の吊り下げ高さを2階とする（錘の位置は同じ位置とする。）。作業スペースが確保でき、試験体も安定する（横倒れを抑制する）ため。（TF6）

→昨年度のフレーム検討において、軸力は柱脚のみに影響しパネルゾーンへの影響は考えていないため、錘は1階、2階のどちらに設置しても問題ない。（TF7）

・ジャッキ分の荷重が試験体に影響しないよう、1階ジャッキは反力壁から吊る。（ジャッキ分の荷重は錘から引いていない。）（TF5TF6）

・TF07の図面では、2階柱の錘を吊る天秤（長さ1300mm）の強度は不足しているので確認が必要。

・TF07の図面では、錘を吊るための柱の穴径が大きいため、せん断で柱が壊れる可能性あり。跳ね出しが大きいため、プレート金物+ラグスクリュー（コーチスクリュー）ボルトで吊る方法は難しい。鋼管の端にツバを付け、ボルト（M12～16）で柱に縫い（貫通させる）、それに吊る方法とするか。

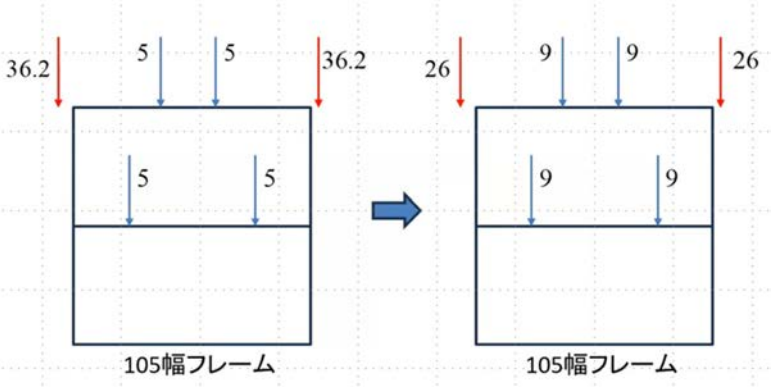
（TF7）

・梁の錘をなるべく小分けにし、等分布荷重に近づける。（TF5）

・梁に載せる錘は天秤状に2つに分けてぶら下げる予定。錘の大きさにもよるが、表と裏の錘がぶつからないように距離をとるための治具（鋼板）が必要。その幅によってひずみ計測点を中央に寄せることができそう。（TF11）

→荷重の変更により、錘の配置バランスを変更する。その際に、表と裏の錘がぶつからないようにする。（天秤にする（治具が必要）、天秤にせずスリングで1まとめで吊るす等。）（TF11）

・錘位置の変更（TF11）



・梁の荷重は9kNに変更するが、錘の関係で10.4 kNになる予定。（TF11）

・１階梁の10.4 kNの錘を吊るすアイボルトの許容荷重が足りないがよいか。（TF12）

→保証荷重が３～4倍はあり、動的荷重をかけないことから、良しとする。アイボルトを使用せず、錘にワイヤーを通して吊るすことも可能。（TF12）

→現場判断とする。（腰原研）（TF12）

・2階梁に掛ける錘のスリングが1階梁に干渉しないように、105mmよりも幅のある例えば150幅の木材などを１層目梁の直上に設置する。１階梁に位置出ししておく。層間変位が出た時に外れないようにある程度の長さが必要。中空で留めることも検討。（TF12）

→現場判断とする。（腰原研）（TF12）

（計測計画）

・各接合部にどの程度のモーメントが作用し、変形がどの程度あるか測定する。柱脚の引張側と圧縮側、梁の左右で違いがあるだろう。（TF8）

（計測機器）

・腰原研の新しい計測器は60ch。ISW-50G、IHW-50は互換性有（腰原研所有の古い計測器は互換性がない。）。中埜研が所有している50ch(IHW-50G)を1台借りることになった。合計で110ch測定可能。（TF9）

・各変位計からデータロガーまでのケーブルの長さの確認。いつもはスイッチボックスとデータロガーの間は空けず横づけにしている。どの程度離せるか確認。（腰原研）（TF12）

型番	GIR 使用数	LSB 使用数	柏	宮崎	広島	大分	合計
CDP-100	4	4	4				4
CDP-50	4	20	10	10			20
CDP-25	14	14	7		10		17
DP-1000G	2	2	1				3
DP-1000E				1			
DP-1000C			1				
DP-500G	2	2	2		2		4
SDP-50ET	24	24	0	12	5	8	25
CDP-10	0	8	0	8	4		12
ロードセル用ケーブル	5	5	5				5
変位計用ケーブル	50	74	74	12	12	12	110
マグネットベース	8	8	11				11
ミニマグネットベース	0	8	4		4		8
変位計あて金物	32	32	20				20
SDP-50ET留め付け治具	24	24	0				0
CDP-50留め付け治具	0	16	0				0
CDP-25留め付け治具	8	8	0				0

（ひずみ計測点）

・接合具の無い位置で計測する。接合具がある位置は剛域にかかるため、ひずみが計測できないため。（TF9）

・TF09を受け、梁の測定点（S37-44）を荷重が掛ける位置より外側に配置した。それに伴い、錘の吊位置が集中荷重に近くなった。片側2点の離間距離（385mm）。（TF10）

→TF09の荷重位置、測定点に戻す。測定点、荷重の偏りが大きくなったため。ただし、接合具との離間距離は現状程度（木口から1035mm）とする。（TF10）

→柱の測定点が下記から減るため、その分を梁に配置してもよい。梁は曲げブリッジを組むなどで数を調整する。（TF10）

・TF10を受け、TF09の荷重位置、測定点に戻した。測定点、荷重の偏りが大きくなったため。（TF11）

・柱の梁際の測定点（梁から100mm位置、S13-20、S33-36）を削除。その代わりに、残りの測定点を梁側に300mm程度移す。層間の中央（6箇所）を測定する。柱が降伏しないとすれば、モーメントは直線分布と想定してよいと考えるため。→チャンネル数は4減（TF10）

・軸力の測定位置を柱の層間中央に配置。その際、2階には荷重位置が干渉するため、その下に配置。（TF10）

・GIR試験体の建て方前に、ひずみゲージを取り付ける。（TF12）

→吊り上げ時にどこをどう吊るか確認。ひずみゲージが邪魔になる可能性があるため。（TF12）

・パネルゾーンの計測については、今回の目的外であることから設置しない。（TF9）

（変位計測点）

・LSBは金物と柱、梁の2か所の変位を測定する。GIRは伸びないため1か所でよい。
・軸力を考慮しない場合、柱脚のアンカーの伸び量が46mm。引張側の変位計を100mmとする（当初50mmを想定していた。）。（TF10）
・柱脚接合部の鉛直変位の測定点（D9-11）の高さを確認する。40mmか50mmのどちらか。（中谷）回転角を計測するためであれば、柱の側面に２か所でよい。変更する。柱の浮き上がりの測定点との干渉を避けるようずらす。（TF10）
・層間変位角の計測（D15-22、8チャンネル）について、浮き上がった場合を考慮し、梁の長さ方向中央での計測（表裏2チャンネル×2層分で4チャンネル）に変更する。（TF10）
・柱梁接合部水平変位計（D27、D32、D39、D44は中立軸を取るならば必要。層間変位角の計測位置の変更に伴い、中央位置に配置する。（TF10）
・D25-27等接合部の変位測定部分について、上記で減ったチャンネル数を表裏の計測に配置する。（TF10）
・LSBの梁側の接合具の全てに変位計を付ける（＋8）。（TF10）
・サイズ調整済の変位計を広大・宮崎から送付。（TF12）

（加力スケジュール）
・構造計画について全体崩壊形を想定し、各層が同じ変形角で崩壊に至ることを確認する。変形制御は同じ変形角になるよう制御する。（TF13）
→当初１層目が層崩壊することを想定していたが全体崩壊に変更する。（TF13）
・載荷プログラムはAi分布とする。（TF12、TF13）

2F	1.00
RF	5.44

1F-2F (mm)	2825
2F-RF (mm)	3275

・2つのジャッキの制御は手動制御とする。曲げ戻しの際に、どちらのジャッキに合わせるか臨機応変に対応する必要があるため。（TF9）
・試験体取付（11/9）前に、ジャッキとデータロガーの制御確認。（坂下）
・アンカーボルトのトルク管理はトルクレンチではなく、ロードセルで行う。建て方時にロードセルのみロガーを繋いでおく。ロードセルはリセットせず、生値を取り逆算する。加力時にリセットする。（TF12）

（実験時のタイムスケジュール）
・作業人員：大分大2名、広島大2名（田川、曾我部）、東大3名/日（TF13）
・作業内容は、「変位計を確認・観察」「撮影」（TF13）
→共有フォルダ内の「Ki実験日程調整（共同作業用）.xlsx」で作業人員を把握した。（TF13）
・平置きできない錘の吊込み手順を検討・確認する。（福島）（TF13）

（実験報告）
・実大実験と接合部実験で壊れ方が異なるということはδuも異なるということ。実験で決まるDSと、

予めδuを想定することで決める設計DSとは異なる。（TF15）

・中高層とする場合には安全限界変形角を住宅よりも抑える必要があるとすると、住宅用のDSの算定方法をそのまま用いることはできないのでは。（TF15）

・実大実験で1/30radまでいかなかった。保有水平耐力計算で安全限界変形角を1/30radとしていいのか。（TF15）

→LSBは、剛性重視の接合部を採用しており、変形角は1/50radにはいかないことを想定している。接合部実験では偶然母材の割裂によって靭性があがっただけ。今後の接合部は耐力には余力があるが、剛性で設計することになる。HTの強度が要素実験（12.9）と実大実験（10.9）と異なることも考慮する必要がある。

・LSB のDSの算定方法の例（TF15）

・1/100rad時をPuにし、そこまででDsを算出。

・DS=0.75にするためには、終局変形がいくつまでOKか、DS=1.0になると、どう変わるか。

・一次設計と二次設計の剛性を変える方法。δu、δyをいくつに設定するとどの程度性能を落として設計しなければならないというように、DSを整理する。

・後施工金物4（せん断金物）は、せん断のみに作用し、接合部のドリフトピン位置での割裂による梁断面の減少は起きなかった。（TF15）

・GIRとLSBごとに①実験結果、②要素実験から得られたバネによる解析、③実大実験から導いたバネによる解析でDsを算出し比較した。Dsを算出する際の終局変形角は1/35,1/50,1/75,1/100（rad）とした。②を比較とした取り上げたのは、③は梁に軸力が入っており、②の方が剛性・耐力共に実際の建築物に近いと考えられるため。（TF16）

・Kiの４階建て木造ビルの平面図を想定し、終局変形角を複数1/27～1/100（rad）想定し、それらごとに105幅の門型フレームが何フレーム必要か算出した。比較対象として、設計例に示している210幅の引きボルトによる門型フレームの場合は13フレームであり、105幅として換算すると26フレームとなる。GIRの場合は、終局変形角が1/75rad以上であれば引きボルトよりもフレーム数を少なくすることが可能である。LSBの場合は、終局変形角を1/100rad以上としてもフレーム数を少なくすることが可能である。（TF16）

・実験では、GIRは1/30rad、LSBは1/70radで層せん断力の低下がみられた。なぜ、1/75radを終局変形角とするのか。（TF16）

→S造、RC造の安全限界変形角が1/75radに設定されており、木造も中層建築物とする場合は同じ程度にする必要があると考えた。

→S造はDs=0.25、塑性率8.5となり、層間変形角1/200rad程度として設計する。同じ評価法とすると木造の場合は、1/30radにしないと、Ds=0.25にならない。安全限界変形角と、Dsを算定する際の終局変形角とは分けて考える必要があるのでは。

→木造はDsに「$\sqrt{2\mu-1}$」を加味しているが、他構造は加味せず決定している。木造が不利になっていて、S造・RC造と単純な比較ができない。ただし、中高層になると振動障害やpΔ効果も顕著になることから、1/30radではたしていいのか疑問がある。外装材の脱落の問題もある。ルート3で設

計する場合の課題として捉える。

・GIRの解析結果②③が実験結果①と異なる要因として、加力方法が挙げられているが違和感がある。同じ加力条件になるようにモデル化しているため加力方法は要因にはならない。要因を挙げるとすれば、実験結果のせん断力が異なるのかどうかでは。接着不良が原因なのか、梁が負担した軸力が原因なのか。（TF16）

→実験結果と単純に比較しただけでは不明。軸力を考慮し、解析するなど、ひとつずつつぶしていく必要がある。

・②と③ともに柱脚の解析分は理論値を採用している。圧縮側が効いていない想定での理論値で低めに設定した。（TF16）

→今後、今年度実施した要素実験の解析値に差し替えて検討を進める。1.5倍程度の性能向上が見込める。

・GIRの1階について、解析値に対して実験結果が下回っている。解析値が下回るのが理想である。（TF16）

→GIRは2階よりも1階の接合部の方が注入不良が多く、その影響が表れており、今年度実施した要素実験の解析値に差し替えると、より一層、実験結果とは乖離する。

・柱脚の接着は健全だった。無収縮モルタルの型枠に計測受けを設置したが、加力により型枠が浮き上がり、アンカーボルトの伸びが計測できていない。（TF16）

→アンカーボルトの伸びは、ロードセルの荷重と断面と長さによって推定できる。補正を試みる。

・マルチスプリングにしないまでも、どこかに軸バネが必要か。（TF16）

（GIR）

・層せん断力-層間変形角のグラフ中、1/30radで層せん断力の急激な低下がみられた。理由として、アンカーボルトの耐力の低下が影響していると考える。その直後に梁端が損傷した。（TF15）

→アンカーボルトの伸び量が19.5mm、140kN負担していたのが、突如5kNになり、残留変形が残った。アンカーボルトは切れてはいない。宮田の解析では柱脚が壊れないことを前提としていた。実験上では、二次応力が働いたと考える。実際の建築物にも、二次応力が働くことから、それを保証できるディテールとする必要がある。（TF15）

→柱脚はピンになってもよく、柱脚の耐力低下を終局点としない。岡本の解析では、終局は2階の接合部の破壊としている。（TF15）

（LSB）

・TF14で指摘のあった、3階接合部の層せん断力-層間変形角のグラフで、変位計のプラスマイナスの取り方を修正した。（TF15）

→データを解析チーム、森と共有する（ヤング係数も追記）。TF14後に共有したリストで、LSBで、値が飛んでいるところや、プラスとマイナスが反対になっているところがあった。処理された後のデータを共有し、同じPδを用いるようにする。計算式の残っているデータを共有する。（早瀬）（TF15）

・TF14で指摘のあった、柱脚金物と集成材のM-θ関係で残留変形が増加する理由は、中立軸位置の移動が考えられる。今後、柱脚接合部の接合部実験の結果（１月第２週実施予定）と照らし合わせる予

定。（TF15）

・２階梁西端のM-θ変位で、柱の割れの際に変位のズレがみられる。補正しつなげる。（TF14）
・実大フレーム実験のMは実大フレーム実験に使用した集成材の材料実験から得たEを用いた。（TF14）

（GIR：接着剤注入不良のあった接合部のM-θ関係）
・4か所の柱梁接合部のうち、3か所で接着剤注入不良個所があった。その3か所では、M-θ関係のグラフに乱れが見られた。接着が健全な場合と接着剤注入不良の場合の引き抜き耐力推定値とフレーム実験の各接合部のM-θ関係を比較したところ、3か所中2か所は、接着が健全な場合の推定値の方が近い結果となった。（TF14）
・引き続き検証する。（TF14）

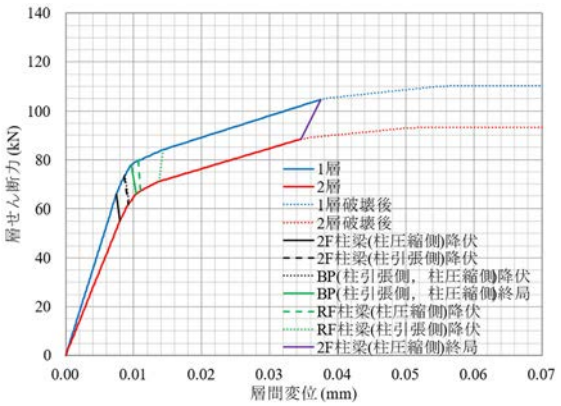
4. 解析値との比較

（要素実験と事前解析の比較）

（目的）
・実験前にワンフレーム（LSB・GIR）について解析し共有した。（TF7）
→目標は、引きボルトと同様にGIR・LSBもDsを計算で出せるようにすること。（TF7）

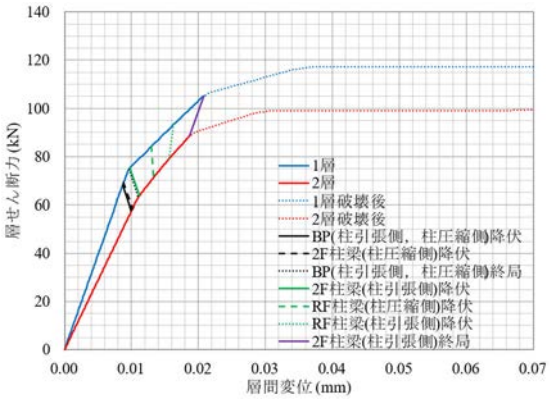
【GIR】2023-11-06_15:24岡本チャット「解析結果.xlsx」（TF13）

	step	層間変形角		層せん断力	
		1層	2層	1層	2層
2F柱梁(柱圧縮側)降伏	47	0.007	0.008	65.6	55.4
2F柱梁(柱引張側)降伏	54	0.009	0.009	72.8	61.5
BP(柱引張側，柱圧縮側)降伏	55	0.009	0.009	73.6	62.2
BP(柱引張側，柱圧縮側)終局	61	0.010	0.010	78.0	65.9
RF柱梁(柱圧縮側)降伏	66	0.011	0.011	79.5	67.2
RF柱梁(柱引張側)降伏	85	0.014	0.014	84.0	71.0
2F柱梁(柱圧縮側)終局	219	0.038	0.035	104.6	88.4



【LSB】2023-11-06_15:24岡本チャット「解析結果.xlsx」(TF13)

	step	層間変形角		層せん断力	
		1層	2層	1層	2層
BP(柱引張側，柱圧縮側)降伏	57	0.009	0.010	68.1	57.5
2F柱梁(柱圧縮側)降伏	58	0.009	0.010	69.3	58.5
BP(柱引張側，柱圧縮側)終局	63	0.010	0.011	74.7	63.1
2F柱梁(柱引張側)降伏	64	0.010	0.011	75.3	63.6
RF柱梁(柱圧縮側)降伏	80	0.013	0.013	84.3	71.2
RF柱梁(柱引張側)降伏	97	0.016	0.016	93.4	78.9
2F柱梁(柱引張側)終局	120	0.021	0.019	105.0	88.7



(要素実験と実大フレーム実験の解析比較)

(要素実験を利用したモデル（3の②とは異なる）と実大フレーム実験の解析比較)

・解析には、要素実験の結果からのバイリニアを用いた。実大フレーム実験における接合部、全体それぞれが要素実験のデータを用いた解析値よりも剛性が高い。引き続き確認する。(TF14)

・GIRの柱脚接合部（210幅の要素実験）の解析値（105幅用に1/2に補正）は、軸力を考慮し、実験よりも早い段階で終局することとした。(TF14)

・解析に用いる各接合部のバネには、フレーム実験からの値、接合部要素実験からの値、要素解析（理論式）値がある。解析モデルがどれを使っているのか分かるように表示して整理する。また、軸力の効果の有無でバネが違うのであれば、両方を示した上でどちらを使用したか示すなど。(TF14)

・不足・不明部分を明らかにしておくことで今後の整備につながる。(TF14)

・軸力の効果を期待する設計となるのかどうか要検討。LSB、GIR別に検討する。(TF14)

→期待する設計となり、軸力の効果を加味した解析とするには、2つの方法が考えられる。(TF14)

①接合部の実験を軸力を考慮した方法とする。ただし、実験方法がかなり難しくなり、現実的ではない。(TF14)

②解析モデルの接合部をマルチスプリングにする。(回転バネでは再現不可能) ただし、構造設計時に手間がかかり、当該システムの普及を考えた場合、大きなハードルとなる。(TF14)・自重の軸力、変動軸力のどちらの軸力の影響が大きいのか。(TF14)

→変動軸力の影響が大きいと考えられるが、確認する。(TF14)

・１層よりも２層の方が総せん断力が高くなるという逆位相になった影響はないか。(TF14)

→壊れた後に逆位相になるため問題はないと考える。確認する。(TF14)

・実大フレーム実験の解析について、以下の点をTF14から変更し解析した。(TF16)

・実大フレーム実験に使用した集成材の材料実験から得たヤング係数を用いた。(TF16)

・軸バネを入れた。(TF16)

・回転バネのモデルに加え、マルチスプリングのモデルを追加した。(TF16)

・回転バネのみの解析とマルチスプリングを入れた解析で大きな差はなかった。マルチスプリングの方が少し耐力が上がる。(TF16)

・実務的にはこのような解析はできない。ベースプレート部分のみマルチスプリングを入れる、MN要素を入れるなどであれば可能性がある。(TF16)

・報告書は、回転バネのみの解析を優先する。今後、軸バネを入れ、軸力を変化させた検討も予定している。間に合えばそれも報告書に記載する。(TF16)

5. HPの整備

(データシート：2022年度の成果)

・GIRデータシート（2022年度実験分）(田中執筆)　→HPアップ済（8/7）

→図面修正有り。修正し差し替え。(田中修正中)

・LSBデータシート（2022年度実験分）(森執筆)　→HPアップ済（8/7、8/8）

・LSBの接合部データシート解説・注意点（森執筆）　→HPアップ済（8/7）

(データシート：2023年度の成果)

・〆切：2024年3月29日（金）(田中・森・中谷)

(データシート：2022年度以前の積み残し・外部実験)

・接合部/グルードインロッド（GIR）柱梁・柱脚　モーメント抵抗　のデータシート（スクリムテック分G-TMCT600、G-IMCT、G-LMCTいずれも部材断面120×600作成済み（スクリムテック確認中)

・接合具/ラグスクリューボルト（LSB）　引張（一部押抜等）(集成材／スギ／E65-F225／150 × 500 ／ LSB1本）→HPアップ済（10/17）

→https://media.toriaez.jp/b0409/865.pdf

→PickPointが通らないデータ（3体中2体）を見直したが、やはり解析できず。そのため、2体についてはPy、Puなどの特性値を載せていない。→今後問い合わせが来たら、その企業にデータを作ってもらうように相談。(TF17)

・接合具/グルードインロッド（GIR）引張のうち、「製材スギ」のデータシート2シート（2017年度執筆分のGIR-1-10(T-46)と同GIR-1-11(T-47)）に試験体に「17」という番号が記されている写真が重複していた。

→データシートリストを製材スギのみで1断面寸法、2接合具種類の順でソートしたところ、T-46が17番目となったためT-46の写真を活かし、T-47の写真を削除して掲載済。(8/28)

→T-47の写真を探す。（田中）

・新たに以下の2つのデータシートで写真が同じことが判明。（田中確認中）

設計データ用原稿GIR-1-6(T-42).docx

https://media.toriaez.jp/b0409/143.pdf

設計データ用原稿GIR-1-8(T-44).docx

https://media.toriaez.jp/b0409/545.pdf

→上記順番が正しければ、T-47の試験体番号は15番、T-42は3番、T-44は8番。

・LSBの接合部データシート解説・注意点（森）

https://www.ki-ki.info/cont8/24.html#link06

→原稿をアップしていますが、これまでの成果を踏まえて、追記、修正が必要か。

・GIR接合部データシート解説・注意点（田中執筆）

https://www.ki-ki.info/cont8/24.html#link03 →接合具の解説を仮にアップ中

→これまでの成果も含めて、接合部としての解説が必要（特注靭性型GIRにする理由など）。

→GIRについて、木部と接着剤の界面で壊れる材は使用しないことになっているため、引き抜き性能は木部のせん断性能で見ることとなっている。スギとカラマツの場合、せん断がスギ<カラマツなので、実験を実施する必要はない。その旨をGIR研究会で検討中の接着剤の仕様書に掲載する予定。その旨を、DBの解説に明記。その場合、「日本で用いられている構造用の針葉樹樹種」をこの考え方の適用範囲とする。仕様書が公表され次第、KiHPのデータシートにリンクを貼る。（田中掲載連絡→事務局）（TF02）

・接合具　せん断機構　後施工金物3の解説・データ解説（田中執筆）

https://www.ki-ki.info/cont8/23.html#link12

・接合具　せん断機構　後施工金物4の解説・データ解説（後施工金物3を下敷きに執筆）（森執筆）

（論文リスト）

・事務局で検索した論文リストはHPにアップする。（事務局）

・大会発表した論文のリストを事務局へ提供（田中）

・森分は、発表先決まり次第事務局へ連絡（森）

（解説動画）

・要素実験の結果を追加した解説動画を作成。〆切：3月15日（田中・森）

・実大フレーム実験について、接合部実験データを用いた解析値との比較を行い、**来年度**解説動画を作成する。講師は解析チーム（岡本・宮田）。

6.　今後について

・東大柏で実験するならば、銘建工業よりも近い集成材工場を選択するとよいのでは。次年度は、藤寿・斎藤木材など近場から材料を調達することを検討する。LSBの加工が可能かどうかがポイント。（TF5）

・今後、Ki親委員会に、金物メーカーや集成材メーカー等に参加してもらい、各社の開発につながる仕

組みを構築したい。(TF5)

・規模の大きい建築物まで対象を広げるなどで今後の保証設計を考えると、Ds値を検討する必要がある。同規模の実験を重ね、バラツキを見る必要がある。(TF14)

→昨年度、接合部要素実験のデータから増分解析したところ、GIRはDs＝0.49、LSBはDs＝0.78だった。長期軸力を入れると柱脚の必要耐力が見かけで上がるためそれが危険側になるならば注意が必要。それが無ければ、軸力の影響を無視すれば過小評価（設計に無駄が多い)、考慮すれば剛性・耐力が上がり設計可能と言えるのでは。(TF14)

→軸力の有無のどちらが安全側か分からないため、どちらも計算しておく必要があるのでは。(TF14)

→接合具ごとに課題が異なる。(TF14)

・木質系耐力壁は実験数が多く評価法が確立しているが、木質系ラーメン構造はフレーム実験がほとんどなされておらず実験数が少なく確立していない。実験を重ねる必要がある。混構造とする場合を想定して、他構造の考え方とも整合性を取る必要がある。(TF15)

・LSBは、靭性型箱型金物の開発の話があったが、現段階では中止状態。靭性を高めると剛性が下がるため、それほど有利な接合部はできない可能性が高い。(TF15)

・今後の実験方法の検討、設計法の根拠となる事項の洗い出しは来年度以降に実施する。別事業「よんもく」の成果にも影響する。(TF14)

(実験関連)

・早瀬さんから大分大学・広島大学にデータを引継ぐ。(TF14)

→実験データの整理は一人で行う。一つのエクセルで一覧とする。圧縮時・引張時の変位情報、補正が必要となる場合の理由を備考欄に記述する。補正箇所を明確にするため、変位・ひずみが飛んだところを明確にする。(TF14)

(2024年度の計画：軸力を加味した柱脚接合部の実験)

・軸力を加味した柱脚接合部の実験（軸力3種×LSB・GIR×スギで計6体）(2023TF17)

→軸力0では3体実施済なので、それとの比較のため今回は軸力別に1体ずつでＯＫ。

→この試験をすることによって、実大フレーム実験時に変動軸力を考慮せず実施し、解析時に軸力を評価することができる可能性がある。

→2023年度の実大フレーム実験での軸力（26kN程度）であれば、RC造の縮小実験ができる試験場で実施可能。大分大、広島大で可能。東大でも実施可能で、治具などは中埜研から借用可能か。

・軸力の入れ方（実験方法）の検討

・ボルトで引っ張って軸力を入れてはどうか。軸力0の実験では、梁からの抑え込みがなく、接合部が延びた分、梁が逃げることになる。逃げない状況を再現する。

・L字形の柱にして、柱を押し引きしてはどうか。変動軸力を与えやすい。

→接合部の実験時に柱に課す軸力の変動をどの程度にするかは要確認。

→2023年度の実大フレーム実験でも軸力を計測していたが、ひずみゲージから測定しており計測し切れていない。

（2024年度の計画：実大フレーム実験（LSB・GIR）の再実験）（2023TF17）

・GIRの接着剤の注入不良の無いフレームで実施する。実際の現場では機械注入のため注入不良は起きえない。実験では手動注入だったため生じた。再実験時は、機械注入とする。（2023TF17）

・LSBで加力治具のめり込み対策のアングル部で柱に割れが発生し、3階接合部（西）の著しい耐力低下の要因となった可能性が有る。それらの確認のために、治具を改良した上で、LSBのフレームも再実験が必要。（2023TF17）

・実大フレーム実験の実験方法の検討

・柱・梁接合部は実際の建築物においては床による剛性の向上が見込まれるので、実大フレーム実験時にはこれを考慮する必要があるか。今回の実験の加力治具のように梁を鋼棒で水平に挟み拘束して加力することで再現できる可能性がある。加力点も、梁の中心ではなく、床レベルとするとよいか。（2023TF16）

・加力治具のめり込み対策を別方法とする。（2023TF14）

→LSBの接合部要素試験と実大フレーム実験の接合部のM-θ関係を比較すると、3階接合部（東西共）で大きく異なっている。理由としては、軸力の効果が考えられる。実大フレーム実験結果の東西を比較すると、西の最大耐力が要素試験よりも著しく低い。柱に割れが発生した影響が考えられる。（2023TF14）

→GIRの1/50radの加力時に治具が平行に押せなかったこと、柱へのめり込みがあったことから、治具の頂部を固定する補強と柱側の補強アングルを設置した。LSBでは、最初から柱にアングルで補強したが、アングル設置位置で柱が繊維平行方向に割れている。接合部付近では割れは面より150mm程度の位置になり、LSBの柱（600）への貫入深さが500mmであるため、割れ部分に50mm程度かかっている。（2023TF14）

→新たな実験方法としても、その実験が成功するとは限らない。今後の「よんもく」で実験をするためにも実験方法を確立する必要がある。（2023TF17）

・せん断力が1層＜2層となったのは、1層、2層共、同じ層間変形角（1層：2層＝1：1）で加力したためでは。今回（2023年フレーム実験）はAi分布荷重で加力した。（2023TF17）

→変位制御としても荷重制御としても、現実と異なることは否めない。降伏し始めた後は刻々と変形角が変化していくことから、その変位増分制御が難しい。荷重制御の場合も、降伏し始めた後は解析によって荷重を決定する必要があり荷重増分制御は不可能。（2023TF17）

→Ai分布荷重のまま、1層：2層＝1.x：1と、予め変位を割り増しておくことは可能。（2023TF17）

・柱脚金物に変位計を取り付けるためのスペースがなく、配置に苦労した。今後の実験では注意する。（2023TF16）

（2024年度の計画：その他）

・解析モデルの改善点を検討する。（2023TF16）

・フレームの比較検討の更新、動画の更新（宮田）

・「よんもく」の技術者のみのWGをKi内で設定する。

・実際に建っている中層木造建築物のデータを整備しデータベース化する。これまでに、各研究者が集成材メーカーなどから収集している（物林・銘建など）。今後の劣化調査や地震時の災害調査につな

げる。まずは、エクセルでのリストでOK。網羅する必要はなく、入手できた情報を蓄積していくイメージ。
将来的には、情報収集に協力した研究者で共有できる仕組みが作ることが望ましい。

（別年度）
・フレーム検討を重ねた上で、別年度にGIR・LSBバージョンの構造計算書（使用ソフト：WOOD-ST）の作成（宮田）・講習会を実施する。
・Kiのデータを使用した実建物があれば、工事中以降（竣工後を含む）の調査したいところ。
・2023年度の報告書をマイダスジャパン、構造計画研究所、NTTファシリティーズ、構造システム、アークデータ研究所に共有する。

7. 報告書
・**〆切：2024年2月28日（水）**
・GIR・LSBともに、実験の整理と、接合部要素実験に基づく要素解析との比較において何が足りないか、何をする必要があるかの提案を記載する。（TF14）
・LSBは、カラマツの要素実験のデータを用いて、接合部の解析を行い、田川（広大）が建築学会中国支部で発表予定。これを報告書に入れる。（TF14）
・「実験値と解析値の比較」では、要素実験に基づくデータでの設計が可能となる条件を書く。今後の課題とは書き分ける。（TF14）
・105シリーズLSBカラマツ引張曲げ：森
・105シリーズLSBカラマツ圧縮：中谷
・105シリーズの柱脚の接合部実験：田中（TF14）
・第4章実大フレーム実験の執筆担当：下記以外は早瀬（TF14）
4.1.2 事前解析→設計方法　荷重の設定等（宮田）（TF14）
4.4実験値と解析値の比較（岡本）（TF14）

Ki　耐火関係 TF　議事録メモ

主な出席者：腰原、安井、加來、北村、小谷、平野、中村

内容

【防耐火情報の整備の進捗状況】 2

【HP 整備】 2

【FAQ】 3

【Ki の接合部・構造システムとの連携】 5

【設備計画との関係】 6

【その他】 6

【防耐火情報の整備の進捗状況】

KiHP 耐火バージョンサイトの整備

- HP アカウントを追加取得し、構造バージョンと双子のサイトとする。ターゲットは絞らず、初心者から玄人向けに情報発信する。(TF1)
- 安井さんの講習会情報は、数日間のスケジュールで深く学べる、かつ、一般参加者に公開しているもの(日経アーキ主催と木の建築フォラム主催等)に限り案内のリンクを掲載する。(TF1)
  →講習会情報の提供(安井→事務局が更新)(TF1)
- KiHP に防耐火のページが増えたことが知られていない。広報活動としては、以下のサイトにて展開している他、木活協のメールニュースにて毎月情報を会員に提供していただいている。(TF1)
- 中大規模木造建築ポータルサイト:https://mokuzouportal.jp/cgi-bin/disp.cgi?no=401&mode=one&code=10001131
  →毎月更新可能。耐火ページが増えた情報を追加依頼。キーワードに防耐火、防火、耐震を加える(素人向け)。(事務局)(TF1)
  →サイト開設の際に掲載依頼(事務局)(TF1)

【HP 整備】

トップページ

- 渋谷俯瞰写真を建物火災の写真に差し替え。(TF02 後対応済)
- 委員構成に加來を追加する。(TF2 後対応済)
- 既存 KiHP との相互リンクがトップページの下方にあるが、スクロールが必要となるため、記事ボックスの一番上に移動する。(TF2 後対応済)

告示仕様シート https://www.ki-ki.info/cont10/36.html

- 1.5 時間耐火(平 12 建告第 1399 号(令和 5 年 3 月 20 日改正公布、同 4 月 1 日施行)の仕様シート作成済(資料:b-1.法令・告示仕様リスト追加_20230712.docx)。KiHP にアップ。(TF1)(TF1 後対応済)
- 告示仕様の耐火被覆の重量目安が別ページあることを記載しリンクを貼る。→告示仕様の耐火被覆の重量のシートを掲載後対応(TF2 後対応済)
- 当シートの作成意図、編集方針をHPに追記する。→済(TF03 資料 Ki-Fire HP 文章追加部分.pdf)(TF3)
- 60 分耐火仕様シート内の誤植(75 分→60 分)を修正。(TF2 後対応済)
- 当シートの作成意図、編集方針(現在よく使われているものを上に示しているとか)をHPに追記する。。(TF2 後対応済)

耐火被覆の重量 https://www.ki-ki.info/cont10/36.html https://media.toriaez.jp/b0409/047.pdf

- 1h 耐火の告示仕様の構成で荷重を概算し、その他の建築物(グレー本の例示図面の仕様)と比較した(固定荷重 230705.pdf)。(TF1 後対応済)
- 今後、1.5h 耐火等の告示仕様の荷重の概算を追加する。(TF1)

・ TF02 で、グレー本の例示図面の仕様（その他の建築物）、告示仕様の耐火構造、準耐火構造の各部位の荷重を概算し、シートを作成した。参考にその他の建築物（グレー本の例示図面の仕様）の荷重の何倍になるかを示した。HP に掲載。（TF2 後対応済）。
・ 当シート作成の意図、使用方法、あくまで目安である旨を HP に追記する。（TF2）→済（TF03 資料 Ki-Fire HP 文章追加部分.pdf）（TF3）
・ 屋根の仕様は耐火・準耐火に関係なく、平 12 建告第 1358 号第 5 第一号（30 分準耐火）とする。（TF2）
・ 1.5 時間耐火の床の告示仕様が未発出のため、該当部分を空欄とする。（TF2）
・ 資料にはいつ時点の法令に基づく情報かを明記している。（TF2）
・ 設計者目線で確認（小谷）後、KiHP にアップする。（事務局）（TF2）

仕様に関する情報 https://www.ki-fire.info/cont2/13.html

・ 日集協 HP（https://www.syuseizai.com/spt/、技術資料：ビデオ「③－３ 燃えしろ設計に付随する接合部の防火設計について」）にて燃え代設計時の接合部の埋木について解説しており、リンクを掲載する。（TF2）
→日集協へ掲載許可取得→日集協 OK（8/30）→掲載済（9/15）
・ 大断面集成材に住宅用の金物が使えるのか。2.3mm の鋼板でも採用されいてるか。（TF2）
→使える。部材巾 150mm 程度までは無理なく対応可能。180mm 以上になると、ドリフトピンの穴をまっすぐ貫通させる加工が難しい。加工機によっては可能なものもある。設計者にとっては、加工機の問題は関係なく、コストダウンのために許容耐力を満たすならば採用する方は多い。燃えしろ設計の場合は、燃え代分をカウントしない寸法で許容耐力を満たすことになり、断面寸法が大きいものであっても採用されるケースはある。（TF2）

木造関連法令一覧 https://www.ki-fire.info/cont1/8.html

研究論文 https://www.ki-ki.info/cont10/37.html

・ 論文のタイトル・文献名が重複しており見にくく、スクロール操作性も悪いため、連番のものを一つにまとめる。（資料：（改良案）防・耐火関連の研究論文・参考書籍リスト s.pdf）著者名は「その 1」のものを掲載する。（TF1 後対応済）
・ リスト・概要シート作成の意図、使用方法を追記する。（TF2）→済（TF03 資料 Ki-Fire HP 文章追加部分.pdf）（TF3）

【FAQ】

・ FAQ の項目案（Ki_FAQ 案 230712.docx）を作成。（TF1）
・ FAQ の項目案（Ki 防耐火 FAQ_230829F.xlsx）を作成。（TF2）
・ FAQ の項目案（Ki 防耐火 FAQ_231027.xlsx）を作成。（TF3）
→項目案以外で追加項目を挙げる。（北村・小谷）（TF1）
→確認審査機関の方がいれば依頼するか。（TF1）
→まずは現状あがってきているものを公開し、問い合わせに対応することでもよい。（TF1）
・ A については、きちんと書こうとすれば A4 用紙一枚程度のボリュームになるが、設計者がそこまで求めていないと感じており、ポイントのみを記述し参考リンク等を示すこととした。（TF2）

→公表後、質問があれば、詳しい資料を作成する。(TF2)

- 質問内容のレベルに違いがある。HP の構成で、ビギナーレベルと上級者レベルに分けるなど工夫する。(TF2)
- 検索しやすいように、表内に「燃えしろ設計」「小屋裏隔壁」等、キーワードを入れる。(TF2)
- 「20230821　防耐火関連の困り事(小谷).pdf」(小谷さん困りごと安井加筆 0829.pdf)は構造に関わらず挙げられている。(TF2)

  →課題として FAQ のリストに入れる。A を作成可能か、QA に取り上げるべきか検討する。エクセルは作業用と公開用で分ける。構造以外の Q について、作業用エクセルに網掛けするなどを対応。(TF2)

- HP への掲載方法については、記事ボックスに分けるのではなく、一括してダウンロードできるように工夫する。(TF2)
- キーワードと参考欄はダウンロードする PDF も HP も両方載せる。見せ方を HP 上でどうするかは要検討。(事務局)(TF3)
- HP は記載できるスペースが限られることから、HP 表示とダウンロード用 PDF の 2 段階構成とし、HP を概要入りの目次扱いとし、PDF にはボリュームを気にせず製作する。(TF3)

(項目案)

- 項目:外装材の留め付けの際にメンブレンを貫通していいビスの径は？ (TF1)

  →ビス頭が同じサイズでは、長く太くなればビス温度が下がる。今年度(R5)の住木センターの事業で行う実験結果を紹介予定。(TF1)
- 項目:準耐火建築物では層間変形角を 1/150 以下とする基準(令 109 条の 2 の 2)があるが、耐火建築物でも要求されるか。実務では主事への事前相談で、外装材の脱落防止と併せて 1/200 で計画することがあった。(TF1)

  →法律上は 1/150 以下が要求される。(TF1)

  建築確認の際の根拠資料となるよう回答を作成する。1/100rad まで押して変形させた試験体の火災実験を行い性能が落ちなかった。その情報を紹介しつつ回答する。(TF1)
- 小規模建築物ではあるが、EV や階段が耐火被覆を貫通する際の納まりに苦労している。(TF1)

  →メーカー側で解決・提示すべき問題。FAQ で回答を上げるのであれば、なんらかのフィーをいただく。メーカー側のリンクを貼ることは無償で可能。(TF1)

  →今年度(R5)の住木センターの事業で行う実験結果を紹介することは可能。(TF1)
- Q:耐火被覆の貫通が許容されるビス等の寸法はどのくらいでしょうか？(TF2)

  →1 時間耐火構造におけるビス等の被覆貫通による火災時の内部温度への影響について、2023 年 9 月 22 日に実験予定(参考資料 1(耐火構造被覆貫通).pdf)。結果を FAQ に反映させる予定。(TF2)
- Q:耐火建築物においても層間変形角 1/150 を満たす必要がありますか？(TF2)

  補足する参考資料(参考資料 2 一時間準耐火構造 100 の一 rad.pdf、参考資料 3 その他構造 30 の一 rad.pdf)を共有した。(TF2)

  →この実験自体は法律の根拠ではなく、法律の後追い確認を行ったと長谷見先生から聞いている。法律は 1987 年時点で 1/120rad よりは厳しくしようということで 1/150 に決めた。現在は、振動障害や外装材の落下防止の観点からも妥当との意見がある。(TF2)

【Ki の接合部・構造システムとの連携】

- Ki では、3 階建て燃え代設計で構造計算書を作成して公開しているところ。防耐火の観点から見て、矩計図・詳細図をインデックスとして注意点を解説する、FAQ に飛ぶなどするとよい。(TF1)
  →今年度の最低限の対応はインデックスを用意することを目標。必要な情報で不足している分などについての詳細は来年度(R6)の作業とする。(TF1)
- 体裁は PDF とし、HP からダウンロードできるようにする。(TF3)
- TF2 資料:[設計例 2]準耐火建築物サンプル 0829F.pdf は、「3 階建ての大断面ブレースの建築物(2015 年度成果物)」に防耐火上配慮すべき点を記したものである。(TF2)
  →「3 階建ての大断面ブレースの建築物(2015 年度成果物関連)」ではなく、「3 階建て準耐火建築物(燃えしろ設計)(2018 年度成果物)」をベースに意匠図・矩計図を作成する。(TF2)

- HP の表現としては、意匠図(平・立)・軸組図に注意ポイントがある部分を示す。(TF2)
  手順 1:意匠図(平・立)・軸組図の各注意ポイントに記号(番号)と簡単なタイトル(概要を兼ねる)を振る。(TF2)
  手順 2:記号(番号)の表を作成し、リンク先を示す。(TF2)
  以上をインデックスとする。(TF2)
  インデックスから、詳細に解説するために別途作成する矩計図(説明付き)や各部納まり図、既に公表している仕様シート、FAQ に飛ぶことを想定している。(TF2)
  →矩計図をインデックスにしたい場合も出てくる可能性がある(2 階層とする方法もある)。詳細は HP 構成時に再検討することとし、現時点では入れるべき項目の抽出と資料の作成に集中する。(TF2)
- 意匠図(平・立)・軸組図・詳細図(接合部)の各注意ポイントに部位(四角囲み)と概要(告示仕様・燃えしろ)・リンク先情報を示す。これをインデックスに、既に公表している仕様シート、FAQ に飛ぶことを想定している。(TF3)
- 3 面燃えしろの注意点など、図と共に同じ資料上に入れる。(TF3)
  →吹抜き部の 4 面燃えしろの注意点も追記する。(TF3)
- 竪穴区画、排煙と梁成の関係、各部位の仕様について解説する。各部位の仕様に付いては、既存の仕様シートにリンクを貼る。(TF2)
- 燃えしろ設計の告示(平 12 建告第 1358 号等)に「木材その他の材料で防火上有効に被覆された部分を除く。」とあり、その事例を紹介する。合わせ柱の内側の燃えしろを取らなくていい件など質問が多い。(TF2)
- 構造用合板 28mm を床に採用する場合はフローリング等で 2mm 以上の木材が上に張られていれば合計 30mm 以上の木材となり、準耐火構造の告示仕様になることを記載する。(TF2)
- 接合部のボルト先端・ナット部分を火熱にさらさない工夫を文章とポンチ絵で示す。(TF2)
- 主要構造部の被覆は連続性を確保する必要があるが、設計・施工上特に注意すべき点について、各部納まり図を示す。(TF2)
  →イ準耐による準耐火建築物と耐火建築物の設計概要図(日経アーキの講習会資料)を叩き台に、構造設計者が知っておくべき情報という視点を持ちつつ記述する。(TF2)
  →耐火構造の場合は室内側の耐火被覆を土台まで張り下ろす必要がある。ロ準耐(第一号)では外壁の耐火被覆が途切れないようにする必要がある。(TF2)

→耐火被覆が床で切れる場合、切らない場合、それぞれで構造材をどうはどうするかが知りたい。(TF2)

・ Ki の想定建物の 4 階屋根に J パネルが採用されている。これは、鳥取 CLT の大臣認定仕様を想定したもの。特定の会社の情報になるが、他に現しでできるものがないことから、その情報を記入しておく。ただし、この大臣認定は、断熱材の種類・厚さを含んでいる。近年の省エネの要求水準が上がり、断熱性能が足りないため、実際の設計では付加断熱が必要になる。今回は耐火の情報のため温熱環境関連の情報は入れない。(TF3)

・ 座彫りの埋め木について、鉛直支持金物以外は、埋め木の必要が無い。例えば梁中央の引きボルトのみで長期のせん断耐力があれば、上下端の引きボルトが火災時に燃え落ちてもよい。その説明を追加する。(TF3)

・ 接合部の金物の防火被覆について、日集協の下記手引きと、解説のリンクを追加する。HP「仕様に関する情報」に追記し、リンクできるようにする。(TF3)

「準耐火構造(集成材建築物)における接合部の防火設計の手引き」 https://www.syuseizai.com/data02 https://www.syuseizai.com/jlwa/wp-content/uploads/2016/04/boukatebiki-1.pdf

・ 軸組図に床・壁等を追記し、意匠図に近い図面とする。部位の仕様は当初荷重想定時の仕様を宮田に確認する。(TF3)

【設備計画との関係】

・ 設備設計において木造の場合に注意する点は、最上階に振動する設備や重い設備(冷却塔など)を置かないなどがあるという。木造の設計の経験のある設備設計者からの情報が得られれば、それらも加わえていく。(内容によって構造HP、防耐火HPに振り分ける。)(TF1)

・ S 造の意匠設計者は木造梁に貫通孔が開けられないという基本的なことを知らないことが多い。(TF1)

→構造的に問題のない開口サイズは住宅レベルの構造ではほぼ決まっていた。規模の大きな木造に対しての開口サイズの検討は整理されつつある。ただし、配管部分に防火被覆を行うと、使用できる管径が小さくなる。(TF1)

→梁貫通については構造の HP からもリンクで飛べるようにしておくのがよい。(TF1)

→FAQ にまとめる。(TF1)

【その他】

・ 次年度以降に構造チームと連携して講習会を行う。そのため、今年度は動画配信を行わない。(TF3)

5.2 配布資料

下表の資料を収録している。

第 1 章関連　実大フレーム実験の公開実験における配布資料

資料名	配布場所
・4 階建て木造を想定した 実大フレーム（接合部 GIR）関係者公開実験	東大柏
・4 階建て木造を想定した 実大フレーム（接合部 LSB）関係者公開実験	東大柏

第 2 章関連　KiHPver.FIRE に掲載した資料

資料名	公開場所
・仕様シート耐火 1 時間	KiHPver.FIRE
・固定荷重（告示仕様）の目安	〃
・構造設計例における防・耐火上の注意点	〃
・FAQ	〃

Ki 中層大規模木造研究会

4 階建て木造を想定した 実大フレーム（接合部 GIR）
関係者公開実験

2023 年 11 月 14 日（火）13：00 ～

東京大学 柏キャンパス生産技術研究所 研究実験棟 I



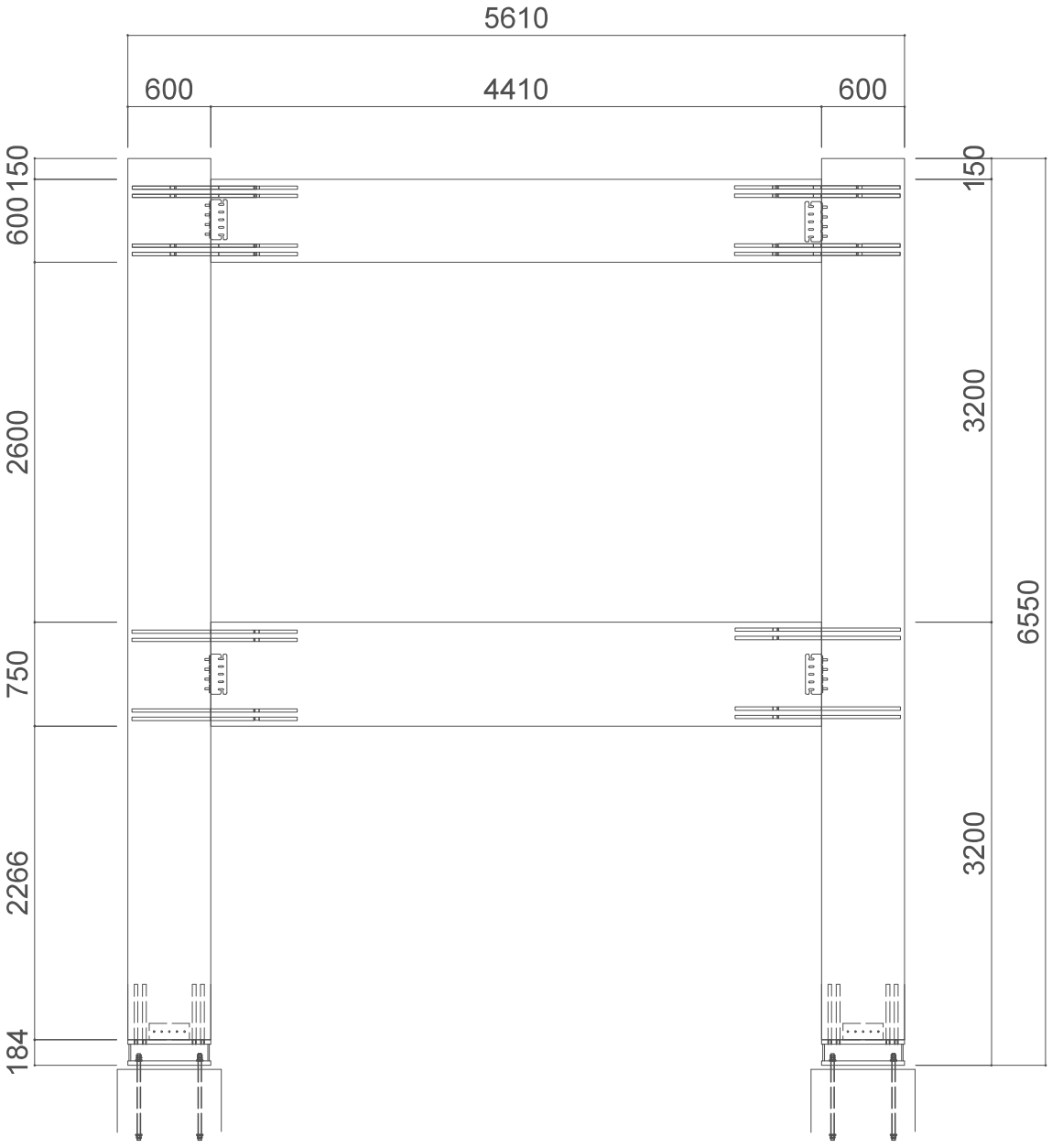
©Firas Hawasly・中層大規模木造研究会



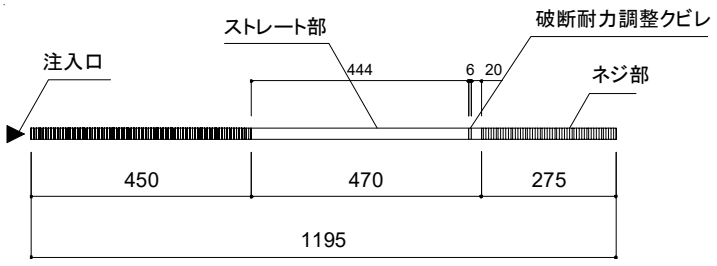
©Firas Hawasly・中層大規模木造研

当実験は、林野庁補助事業「建築用木材供給・利用強化対策のうち（省略）CLT 建築物等の設計者等育成」により実施します。
特注 GIR を株式会社スクリムテック様から、パネリード鋼をシネジック株式会社様から無償でご提供いただきました。建築研究所様から錘を無償で貸し出しいただきました。銘建工業株式会社、株式会社ダイロック、アシス株式会社、BX カネシン株式会社等、様々な方々にご協力いただきました。御礼申し上げます。

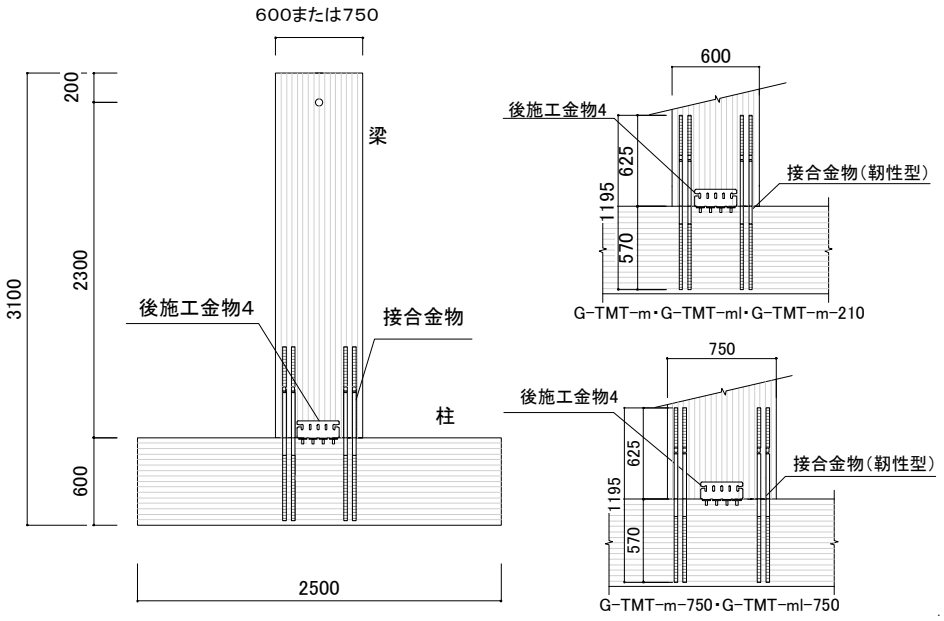
集成材：構造用集成材 スギ 異等級対象構成 E65-F225　使用環境 A
柱：断面 105mm × 600mm
梁：１階断面 105mm × 750mm、２階以上 105mm × 600mm
接合具：GIR（グルードインロッド）　靭性型コネクター　　１列２段配置
　　埋込長さ ; 柱 570mm、梁 625mm、柱脚 200mm
せん断金物：後施工金物 4
図面作成：大分大学 理工学部 創生工学科 建築学コース 木質構造研究室



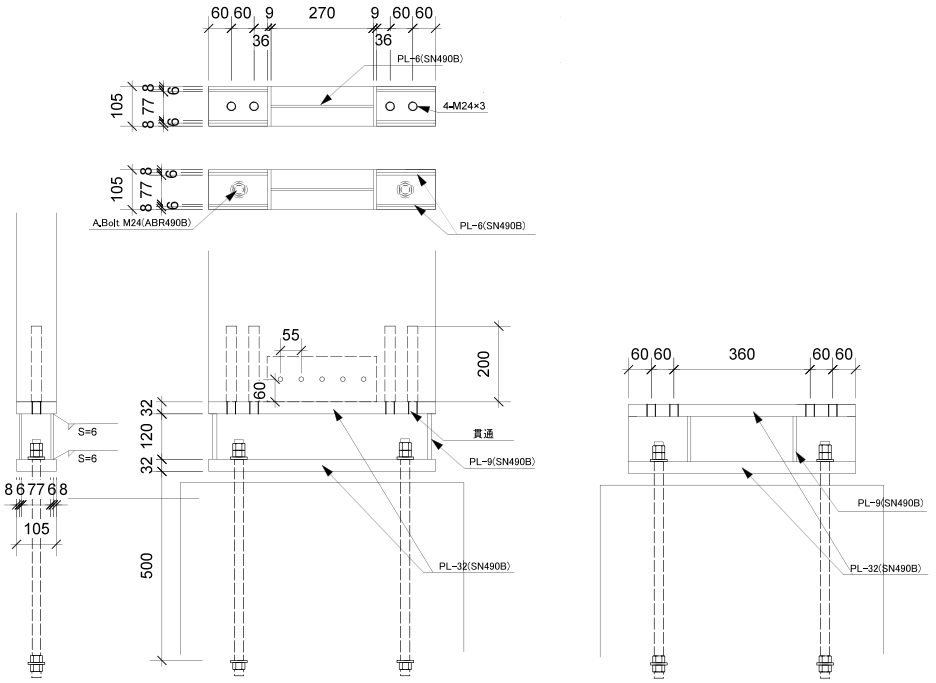
フレーム全体図（単位：mm）



靭性型コネクター形状（単位：mm）



接合部詳細図（単位：mm）



柱脚詳細図（単位：mm）

Ki 中層大規模木造研究会

４階建て木造を想定した 実大フレーム（接合部 LSB）
関係者公開実験

2023 年 11 月 28 日（火）13：00 ～

東京大学 柏キャンパス生産技術研究所 研究実験棟 I



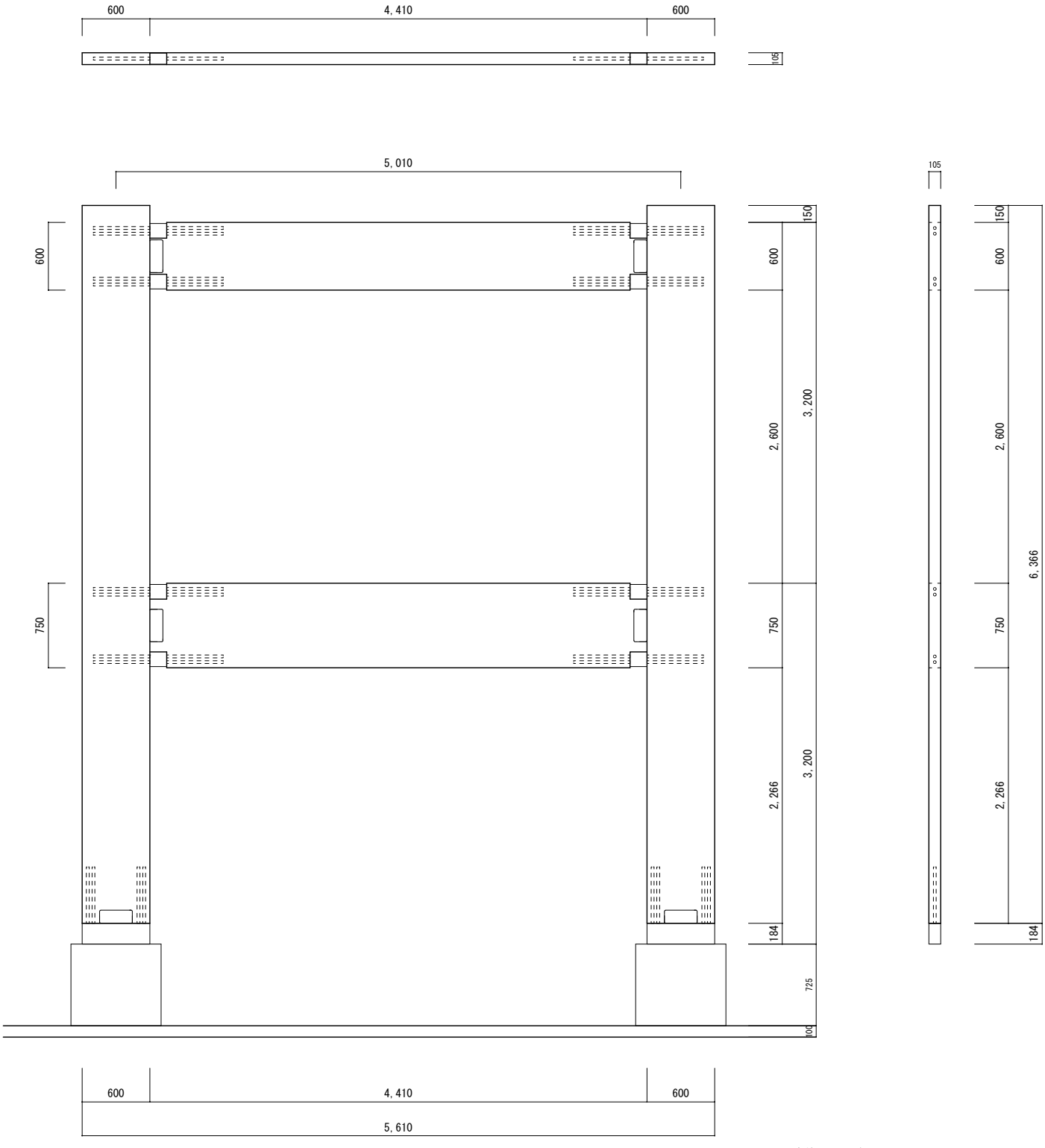
©Firas Hawasly・中層大規模木造研究会



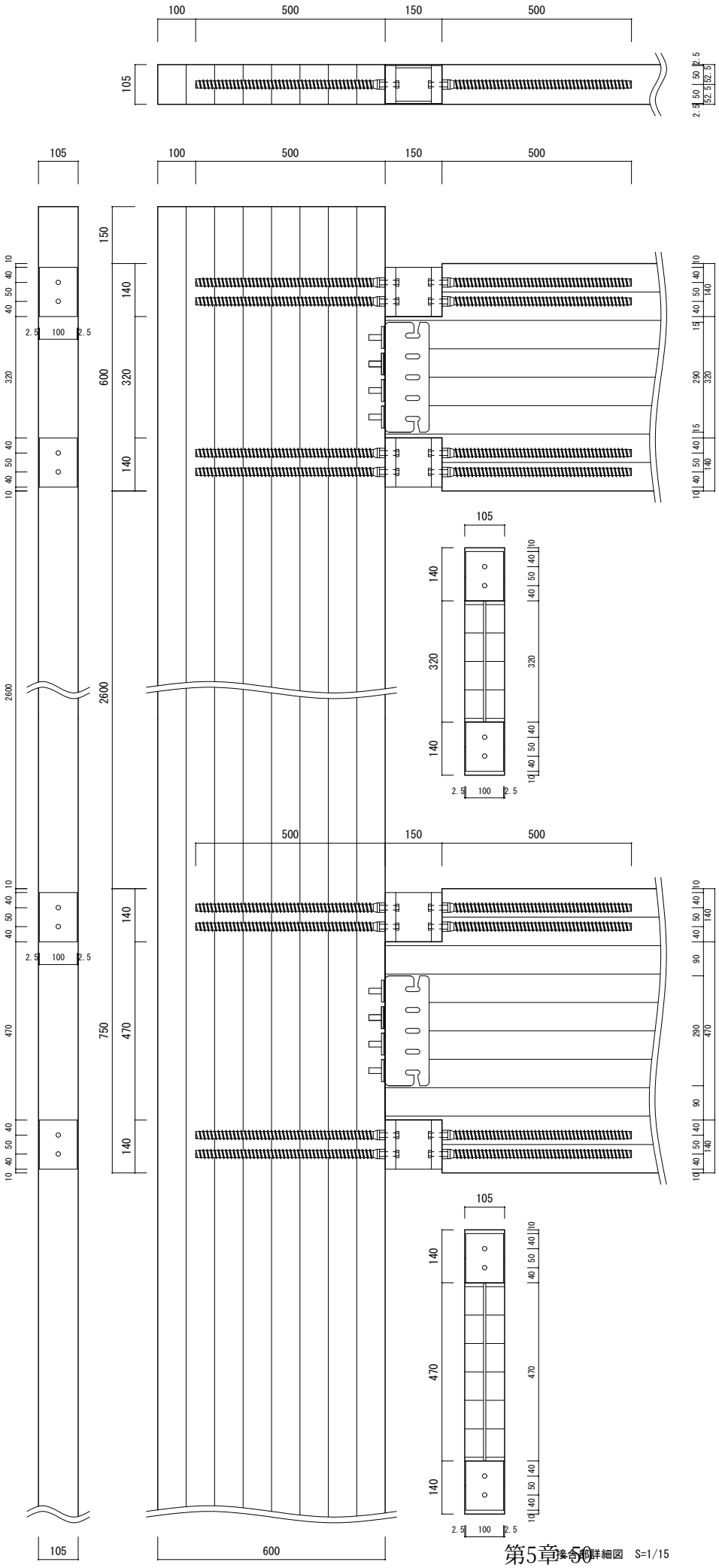
©Firas Hawasly・中層大規模木造研究会

当実験は、林野庁補助事業「建築用木材供給・利用強化対策のうち（省略）CLT 建築物等の設計者等育成」により実施します。
特注 GIR を株式会社スクリムテック様から、パネリード鋼をシネジック株式会社様から無償でご提供いただきました。建築研究所様から錘を無償で貸し出しいただきました。銘建工業株式会社、株式会社ダイロック、アシス株式会社、BX カネシン株式会社等、様々な方々にご協力いただきました。御礼申し上げます。

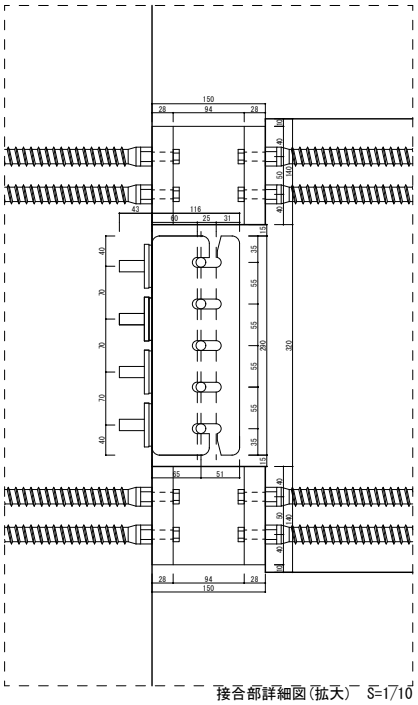
集成材：構造用集成材 スギ 異等級対象構成 E65-F225　使用環境 A
柱：断面 105mm × 600mm
梁：１階断面 105mm × 750mm、２階以上 105mm × 600mm
接合具：LSB（ラグスクリューボルト）箱型金物付　φ 25（M10.9）
　　埋込長さ 500mm　１列２段配置
せん断金物：後施工金物４
図面作成：広島大学大学院 先進理工系科学研究科 建築学プログラム 建築構造力学研究室



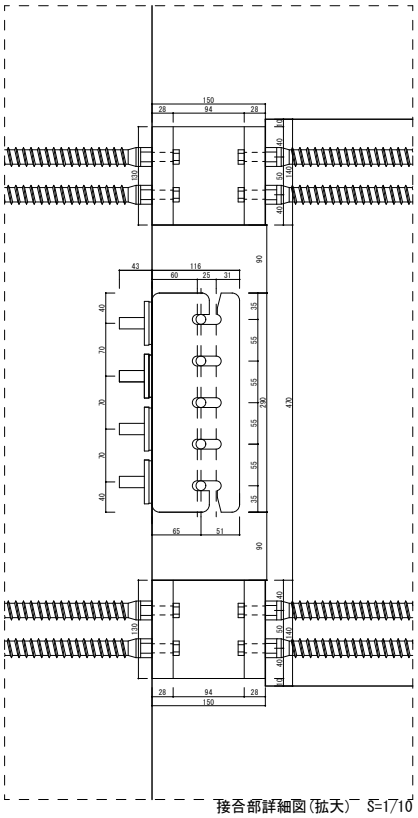
フレーム全体図　S=1/50



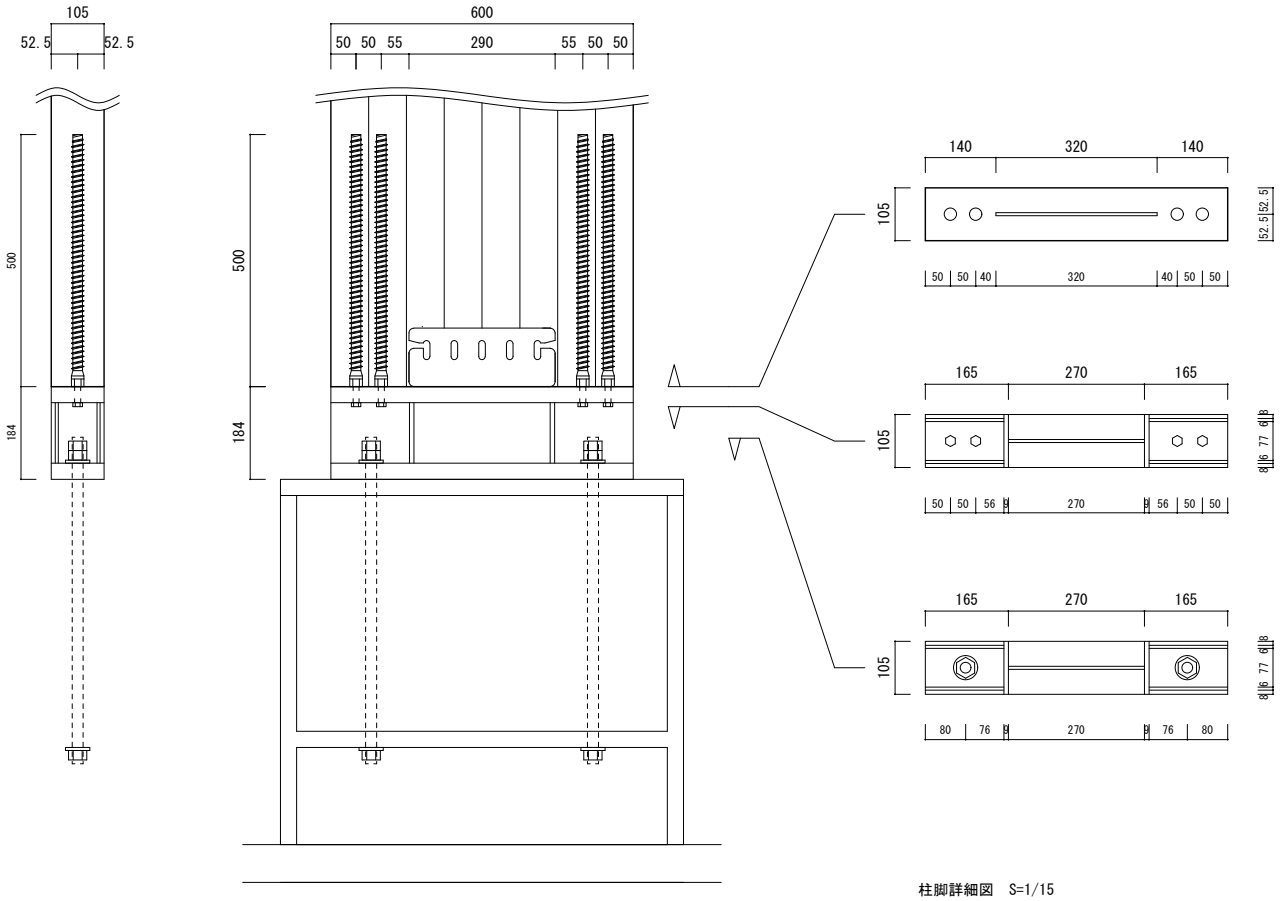
接合部詳細図 S=1/15



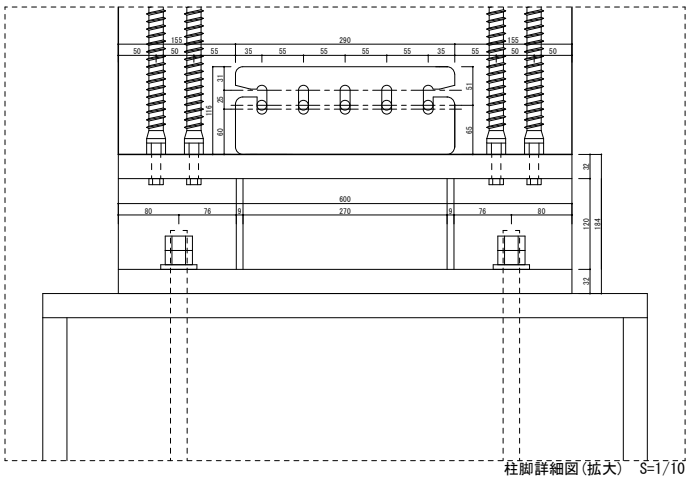
接合部詳細図(拡大) S=1/10



接合部詳細図(拡大) S=1/10



柱脚詳細図　S=1/15



柱脚詳細図(拡大)　S=1/10

A. 耐火構造（90 分）告示

部位			防耐火時間	告示	
1	間仕切壁	耐力壁	90分	[被覆型]	平成12年建設省告示第1399号第1第二号
		非耐力壁		[被覆型]	平成12年建設省告示第1399号第1第三号
2	外壁	耐力壁		[被覆型]	平成12年建設省告示第1399号第1第五号
		非耐力壁		[被覆型]	平成12年建設省告示第1399号第1第六号
3	柱			[被覆型]	平成12年建設省告示第1399号第2第三号
4	床			[被覆型]	平成12年建設省告示第1399号第3第二号
5	はり			[被覆型]	平成12年建設省告示第1399号第4第三号

＜注記＞

・本資料の内容は、2023 年 7 月時点の告示の内容に基づき記載する。

・断熱材は、いずれの部位にも不燃性断熱材（グラスウール・ロックウール等）を用いてもよい。

・被覆材の留付方法及び荷重支持部材に用いる集成材の接着剤について、国土交通省からの**技術的助言あり**（下記内容を参照）。

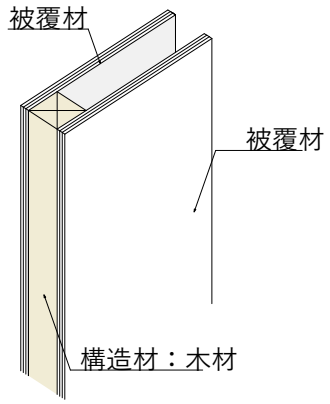
建築基準法施行令の一部を改訂する政令等の施行について 令和 5 年 3 月 24 日

第 4　階数に応じて要求される耐火性能基準の合理化（令第 107 条関係）

https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/content/001596417.pdf

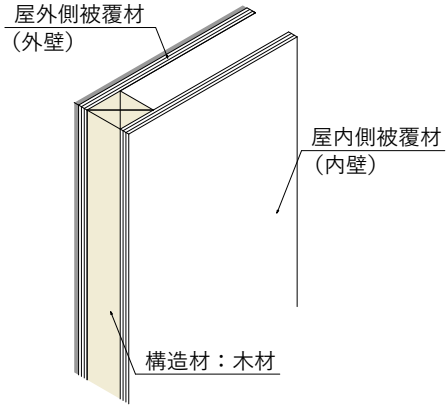
A-1：間仕切り壁（耐力壁・非耐力壁）

	被覆材（両面それぞれに張る） [いずれかを選択]
90分	□強化せっこうボード※を3枚以上張ったもので、 合計厚さが63mm以上のもの



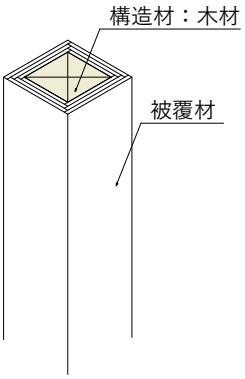
※強化せっこうボードは、せっこうの含有率が95%以上、ガラス繊維の含有率が0.4%以上、ひる石の含有率が2.5%以上のものに限る（GB-F(V)）。

A-2：外壁（耐力壁・非耐力壁）

	屋外側被覆材（外壁）　[いずれかを選択]	屋内側被覆材（内壁）　[いずれかを選択]
90分	□強化せっこうボード※を3枚以上張ったもので、合計厚さが63mm以上のもの の上に、金属板、軽量気泡コンクリートパネル若しくは窯業系サイディングを張るかモルタル若しくはしっくいを塗ったもの	□強化せっこうボード3枚以上張ったもので、合計厚さが63mm以上のもの
		

※強化せっこうボードは、せっこうの含有率が95%以上、ガラス繊維の含有率が0.4%以上、ひる石の含有率が2.5%以上のものに限る（GB-F(V)）。

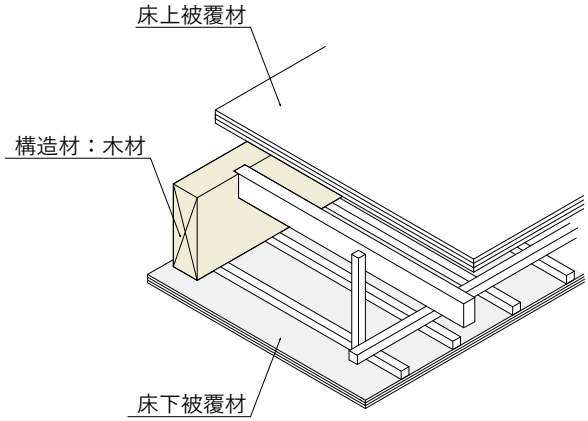
A-3：柱

	被覆材
90分	□強化せっこうボード※を3枚以上張ったもので、合計厚さが63mm以上のもの 

※強化せっこうボードは、せっこうの含有率が95%以上、ガラス繊維の含有率が0.4%以上、ひる石の含有率が2.5%以上のものに限る（GB-F(V)）。

A-4：床

	床上被覆材	床下被覆材
90分	□強化せっこうボード※を3枚以上張ったもので、合計厚さ63mm以上のもの	□強化せっこうボード※を3枚以上張ったもので、合計厚さが63mm以上のもの

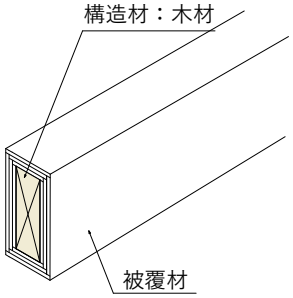


注）防火被覆の取合い等の部は、裏面に当て木を設ける等、内部への炎の侵入を有効に防止する。

※強化せっこうボードは、せっこうの含有率が95％以上、ガラス繊維の含有率が0.4％以上、ひる石の含有率が2.5％以上のものに限る（GB-F(V)）。

A-5：はり

	被覆材
90分	□強化せっこうボード※を3枚以上張ったもので、合計厚さが63mm以上のもの



※強化せっこうボードは、せっこうの含有率が95％以上、ガラス繊維の含有率が0.4％以上、ひる石の含有率が2.5％以上のものに限る（GB-F(V)）。

分類	仕様		単位	作成
告示仕様	A.耐火構造	1.5	時間	○
	A.耐火構造	1	時間	○
	B.準耐火構造	90	分	○
	C.準耐火構造	75	分	○
	D.準耐火構造	60	分	○
	E.準耐火構造	45・30	分	○
	F.防火構造	30	分	X

https://www.ki-fire.info/cont2/11.html

告示仕様-A.耐火構造（1.5時間）の固定荷重の目安　　【2023年7月時点】

名称	項目	t	γ	w	Σw	①採用Σw
		mm	kN/㎥	N/㎡	N/㎡	N/㎡
屋根 ※30分	屋根面				1206	1250
	金属板			50		
	アスファルトルーフィング			30		
	野地合板	12	9.0	108		
	束・母屋・垂木			150		
	屋根面合計			338		
	水平投影面に対して　勾配　4.00 寸					
	屋根面　338　÷　cos　21.8°			364		
	構造用合板厚24	24	6.0	144		
	小屋組（梁組，構造下地含む，スパン6m以下）			200		
	天井吊り材			50		
	強化せっこうボード厚12.5+厚15	27.5	9.0	248		
	仕上げ（二重天井，下地を含む）			200		
	水平投影面合計			1206		
室内床 ※軽量床	仕上げ（フローリング，下地を含む）			200	2052	2100
	強化せっこうボード厚21×3枚	63	9.0	567		
	構造用合板厚28	28	6.0	168		
	床組（梁組・構造下地含む，スパン6m以下）			300		
	天井吊り材			50		
	強化せっこうボード厚21×3枚	63	9.0	567		
	仕上げ（二重天井，下地を含む）			200		
外壁	サイディング（下地含む）			200	1642	1650
	強化せっこうボード厚21×3枚	63	9.0	567		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	木軸（厚120～150程度，柱，間柱含む）			150		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	強化せっこうボード厚21×3枚	63	9.0	567		
	仕上げ（断熱材含む）			50		
内壁 ※間仕切壁	仕上げ			50	1492	1500
	強化せっこうボード厚21×3枚	63	9.0	567		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	木軸（厚120～150程度，柱，間柱含む）			150		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	強化せっこうボード厚21×3枚	63	9.0	567		
	仕上げ			50		

参考：一般的な住宅の固定荷重（木造軸組工法住宅の許容応力度設計2017年版モデルプラン2）

名称	項目	t	γ	w	Σw	②採用Σw	固定荷重の比
		mm	kN/㎥	N/㎡	N/㎡	N/㎡	①/②
屋根	屋根面				547	550	**2.27**
	金属板（下地，垂木含む）			200			
	天井（せっこうボード）			150			
	屋根面合計			350			
	水平投影面に対して　勾配　4.00 寸						
	屋根面　350　÷　cos　21.80°			377			
	梁・桁（スパン6m以下）			170			
	水平投影面合計			547			
室内床	フローリング（厚15，甲乙梁，床下地含む）			340	660	700	**3.00**
	梁・桁（スパン6m以下）			170			
	天井（せっこうボード）			150			
外壁	サイディング（下地含む）			100	350	350	**4.71**
	壁の軸組（柱，間柱，筋かい含む）			150			
	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100			
内壁	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100	350	350	**4.29**
	壁の軸組（柱，間柱，筋かい含む）			150			
	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100			

告示仕様-A.耐火構造（1時間）の固定荷重の目安　　【2022年12月時点】

名称	項目	t	γ	w	Σw	①採用Σw
		mm	kN/㎥	N/㎡	N/㎡	N/㎡
屋根 ※30分	屋根面				1206	1250
	金属板			50		
	アスファルトルーフィング			30		
	野地合板	12	9.0	108		
	束・母屋・垂木			150		
	屋根面合計			338		
	水平投影面に対して　勾配　4.00 寸					
	屋根面　338　÷　cos　21.8°			364		
	構造用合板厚24	24	6.0	144		
	小屋組（梁組，構造下地含む，スパン6m以下）			200		
	天井吊り材			50		
	強化せっこうボード厚12.5+厚15	27.5	9.0	248		
	仕上げ（二重天井，下地を含む）			200		
	水平投影面合計			1206		
室内床 ※軽量床	仕上げ（フローリング，下地を含む）			200	1710	1750
	強化せっこうボード厚21×2枚	42	9.0	378		
	構造用合板厚28	28	6.0	168		
	床組（梁組・構造下地含む，スパン6m以下）			300		
	天井吊り材			50		
	強化せっこうボード厚21+厚25	46	9.0	414		
	仕上げ（二重天井，下地を含む）			200		
外壁	サイディング（下地含む）			200	1264	1300
	強化せっこうボード厚21×2枚	42	9.0	378		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	木軸（厚120～150程度，柱，間柱含む）			150		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	強化せっこうボード厚21×2枚	42	9.0	378		
	仕上げ（断熱材含む）			50		
内壁 ※間仕切壁	仕上げ			50	1114	1150
	強化せっこうボード厚21×2枚	42	9.0	378		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	木軸（厚120～150程度，柱，間柱含む）			150		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	強化せっこうボード厚21×2枚	42	9.0	378		
	仕上げ			50		

参考：一般的な住宅の固定荷重（木造軸組工法住宅の許容応力度設計2017年版モデルプラン2）

名称	項目	t	γ	w	Σw	②採用Σw	固定荷重の比
		mm	kN/㎥	N/㎡	N/㎡	N/㎡	①/②
屋根	屋根面				547	550	**2.27**
	金属板（下地，垂木含む）			200			
	天井（せっこうボード）			150			
	屋根面合計			350			
	水平投影面に対して　勾配　4.00 寸						
	屋根面　350　÷　cos　21.80°			377			
	梁・桁（スパン6m以下）			170			
	水平投影面合計			547			
室内床	フローリング（厚15，甲乙梁，床下地含む）			340	660	700	**2.50**
	梁・桁（スパン6m以下）			170			
	天井（せっこうボード）			150			
外壁	サイディング（下地含む）			100	350	350	**3.71**
	壁の軸組（柱，間柱，筋かい含む）			150			
	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100			
内壁	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100	350	350	**3.29**
	壁の軸組（柱，間柱，筋かい含む）			150			
	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100			

告示仕様-B.準耐火構造（90分）の固定荷重の目安　【2022年12月時点】

名称	項目	t	γ	w	Σw	①採用Σw
		mm	kN/㎥	N/㎡	N/㎡	N/㎡
屋根 ※30分 軒裏を除く	屋根面					
	金属板			50		
	アスファルトルーフィング			30		
	野地合板	12	9.0	108		
	束・母屋・垂木			150		
	屋根面合計			338		
	水平投影面に対して　勾配　4.00 寸				921	950
	屋根面　338　÷　cos　21.8°			364		
	構造用合板厚24	24	6.0	144		
	小屋組（梁組，構造下地含む，スパン6m以下）			200		
	天井吊り材			50		
	強化せっこうボード厚12.5	12.5	9.0	113		
	仕上げ			50		
	水平投影面合計			921		
室内床 ※軽量床						
	2022年12月時点で告示なし					
	告示が制定され次第更新					
外壁	サイディング（下地含む）			200		
	強化せっこうボード厚21×3枚	63	9.0	567		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	木軸（厚120～150程度，柱，間柱含む）			150	1642	1650
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	強化せっこうボード厚21×3枚	63	9.0	567		
	仕上げ（断熱材含む）			50		
内壁 ※間仕切壁						

参考：一般的な住宅の固定荷重（木造軸組工法住宅の許容応力度設計2017年版モデルプラン2）

名称	項目	t	γ	w	Σw	②採用Σw	固定荷重の比
		mm	kN/㎥	N/㎡	N/㎡	N/㎡	①/②
屋根	屋根面						
	金属板（下地，垂木含む）			200			
	天井（せっこうボード）			150			
	屋根面合計			350			
	水平投影面に対して　勾配　4.00 寸				547	550	1.73
	屋根面　350　÷　cos　21.80°			377			
	梁・桁（スパン6m以下）			170			
	水平投影面合計			547			
室内床	フローリング（厚15，甲乙梁，床下地含む）			340			
	梁・桁（スパン6m以下）			170			
	天井（せっこうボード）			150			
					660	700	-
外壁	サイディング（下地含む）			100			
	壁の軸組（柱，間柱，筋かい含む）			150			
	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100			
					350	350	4.71
内壁	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100			
	壁の軸組（柱，間柱，筋かい含む）			150			
	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100			
					350	350	-

告示仕様-C.準耐火構造（75分）の固定荷重の目安　　【2022年12月時点】

名称	項目	t	γ	w	Σw	①採用Σw
		mm	kN/㎥	N/㎡	N/㎡	N/㎡
屋根 ※30分 軒裏を除く	屋根面				921	950
	金属板			50		
	アスファルトルーフィング			30		
	野地合板	12	9.0	108		
	束・母屋・垂木			150		
	屋根面合計			338		
	水平投影面に対して　勾配　4.00 寸					
	屋根面　338　÷　cos　21.8°			364		
	構造用合板厚24	24	6.0	144		
	小屋組（梁組，構造下地含む，スパン6m以下）			200		
	天井吊り材			50		
	強化せっこうボード厚12.5	12.5	9.0	113		
	仕上げ			50		
	水平投影面合計			921		
室内床 ※軽量床	仕上げ（フローリング，下地を含む）			200	1510	1550
	強化せっこうボード厚21×2枚	42	9.0	378		
	構造用合板厚28	28	6.0	168		
	床組（梁組・構造下地含む，スパン6m以下）			250		
	天井吊り材			50		
	強化せっこうボード厚21+厚25	46	9.0	414		
	仕上げ			50		
外壁	サイディング（下地含む）			200	1264	1300
	強化せっこうボード厚21×2枚	42	9.0	378		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	木軸（厚120～150程度，柱，間柱含む）			150		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	強化せっこうボード厚21×2枚	42	9.0	378		
	仕上げ（断熱材含む）			50		
内壁 ※間仕切壁	仕上げ			50	1114	1150
	強化せっこうボード厚21×2枚	42	9.0	378		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	木軸（厚120～150程度，柱，間柱含む）			150		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	強化せっこうボード厚21×2枚	42	9.0	378		
	仕上げ			50		

参考：一般的な住宅の固定荷重（木造軸組工法住宅の許容応力度設計2017年版モデルプラン2）

名称	項目	t	γ	w	Σw	②採用Σw	固定荷重の比
		mm	kN/㎥	N/㎡	N/㎡	N/㎡	①/②
屋根	屋根面				547	550	**1.73**
	金属板（下地，垂木含む）			200			
	天井（せっこうボード）			150			
	屋根面合計			350			
	水平投影面に対して　勾配　4.00 寸						
	屋根面　350　÷　cos　21.80°			377			
	梁・桁（スパン6m以下）			170			
	水平投影面合計			547			
室内床	フローリング（厚15，甲乙梁，床下地含む）			340	660	700	**2.21**
	梁・桁（スパン6m以下）			170			
	天井（せっこうボード）			150			
外壁	サイディング（下地含む）			100	350	350	**3.71**
	壁の軸組（柱，間柱，筋かい含む）			150			
	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100			
内壁	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100	350	350	**3.29**
	壁の軸組（柱，間柱，筋かい含む）			150			
	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100			

告示仕様-D.準耐火構造（60分）の固定荷重の目安　　【2022年12月時点】

名称	項目	t	γ	w	Σw	①採用Σw
		mm	kN/㎥	N/㎡	N/㎡	N/㎡
屋根 ※30分 軒裏を除く	屋根面				921	950
	金属板			50		
	アスファルトルーフィング			30		
	野地合板	12	9.0	108		
	束・母屋・垂木			150		
	屋根面合計			338		
	水平投影面に対して　勾配　4.00 寸					
	屋根面　338　÷　cos　21.8°			364		
	構造用合板厚24	24	6.0	144		
	小屋組（梁組，構造下地含む，スパン6m以下）			200		
	天井吊り材			50		
	強化せっこうボード厚12.5	12.5	9.0	113		
	仕上げ			50		
	水平投影面合計			921		
室内床 ※軽量床	仕上げ（フローリング，下地を含む）			200	1056	1100
	強化せっこうボード厚12.5×1枚	12.5	9.0	113		
	構造用合板厚28	28	6.0	168		
	床組（梁組・構造下地含む，スパン6m以下）			250		
	天井吊り材			50		
	強化せっこうボード厚12.5×2枚	25	9.0	225		
	仕上げ			50		
外壁	サイディング（下地含む）			200	895	900
	硬質木片セメント板厚18	18	9.0	162		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	木軸（厚120～150程度，柱，間柱含む）			150		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	強化せっこうボード厚12.5×2枚	25	9.0	225		
	仕上げ（断熱材含む）			50		
内壁 ※間仕切壁	仕上げ			50	808	850
	強化せっこうボード厚12.5×2枚	25	9.0	225		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	木軸（厚120～150程度，柱，間柱含む）			150		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	強化せっこうボード厚12.5×2枚	25	9.0	225		
	仕上げ			50		

参考：一般的な住宅の固定荷重（木造軸組工法住宅の許容応力度設計2017年版モデルプラン2）

名称	項目	t	γ	w	Σw	②採用Σw	固定荷重の比
		mm	kN/㎥	N/㎡	N/㎡	N/㎡	①/②
屋根	屋根面				547	550	1.73
	金属板（下地，垂木含む）			200			
	天井（せっこうボード）			150			
	屋根面合計			350			
	水平投影面に対して　勾配　4.00 寸						
	屋根面　350　÷　cos　21.80°			377			
	梁・桁（スパン6m以下）			170			
	水平投影面合計			547			
室内床	フローリング（厚15，甲乙梁，床下地含む）			340	660	700	1.57
	梁・桁（スパン6m以下）			170			
	天井（せっこうボード）			150			
外壁	サイディング（下地含む）			100	350	350	2.57
	壁の軸組（柱，間柱，筋かい含む）			150			
	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100			
内壁	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100	350	350	2.43
	壁の軸組（柱，間柱，筋かい含む）			150			
	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100			

告示仕様-E.準耐火構造（45分/30分）の固定荷重の目安　【2022年12月時点】

名称	項目	t	γ	w	Σw	①採用Σw
		mm	kN/㎥	N/㎡	N/㎡	N/㎡
屋根 ※30分 軒裏を除く	屋根面				921	950
	金属板			50		
	アスファルトルーフィング			30		
	野地合板	12	9.0	108		
	束・母屋・垂木			150		
	屋根面合計			338		
	水平投影面に対して　勾配　4.00 寸					
	屋根面　338　÷　cos　21.8°			364		
	構造用合板厚24	24	6.0	144		
	小屋組（梁組，構造下地含む，スパン6m以下）			200		
	天井吊り材			50		
	強化せっこうボード厚12.5	12.5	9.0	113		
	仕上げ			50		
	水平投影面合計			921		
室内床 ※軽量床	仕上げ（フローリング，下地を含む）			200	939	950
	せっこうボード厚9.5	9.5	9.0	86		
	構造用合板厚28	28	6.0	168		
	床組（梁組・構造下地含む，スパン6m以下）			250		
	天井吊り材			50		
	強化せっこうボード厚15	15	9.0	135		
	仕上げ			50		
外壁	金属板（下地含む）			200	756	800
	せっこうボード厚12.5	12.5	9.0	113		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	木軸（厚120～150程度，柱，間柱含む）			150		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	せっこうボード厚15	15	9.0	135		
	仕上げ（断熱材含む）			50		
内壁 ※間仕切壁	仕上げ			50	628	650
	せっこうボード厚15	15	9.0	135		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	木軸（厚120～150程度，柱，間柱含む）			150		
	構造用合板厚9	9	6.0	54		
	せっこうボード厚15	15	9.0	135		
	仕上げ			50		

参考：一般的な住宅の固定荷重（木造軸組工法住宅の許容応力度設計2017年版モデルプラン2）

名称	項目	t	γ	w	Σw	②採用Σw	固定荷重の比
		mm	kN/㎥	N/㎡	N/㎡	N/㎡	①/②
屋根	屋根面				547	550	1.73
	金属板（下地，垂木含む）			200			
	天井（せっこうボード）			150			
	屋根面合計			350			
	水平投影面に対して　勾配　4.00 寸						
	屋根面　350　÷　cos　21.80°			377			
	梁・桁（スパン6m以下）			170			
	水平投影面合計			547			
室内床	フローリング（厚15，甲乙梁，床下地含む）			340	660	700	1.36
	梁・桁（スパン6m以下）			170			
	天井（せっこうボード）			150			
外壁	サイディング（下地含む）			100	350	350	2.29
	壁の軸組（柱，間柱，筋かい含む）			150			
	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100			
内壁	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100	350	350	1.86
	壁の軸組（柱，間柱，筋かい含む）			150			
	せっこうボードクロス張り（下地含む）			100			

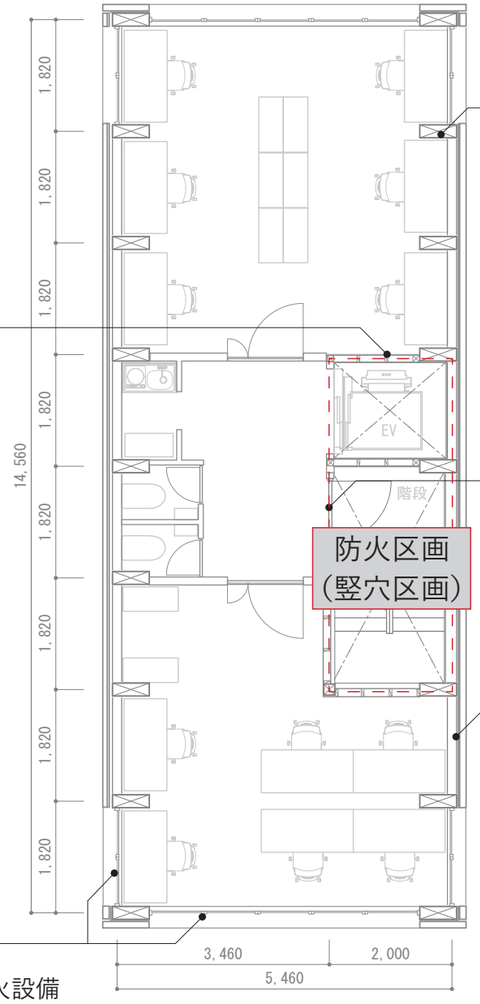
諸元

延べ面積：238.49m^2（EV10.92m^2 含む）

最高の高さ・軒の高さ：10.30m・10.00m

KiHP のリンク

Ki 講習会・セミナー動画の無料配信内「3 階建て（準耐火）・4 階建て（耐火）木造ビルの構造計算講習会」



柱　45 分準耐火構造
［H12 建設省告示 1358 号 第 2］
・ 燃えしろ設計
（集成材・LVL：35mm、製材：45mm）
・ せっこうボード厚 15mm

間仕切壁
45 分準耐火構造
［H12 建設省告示 1358 号 第 1］
・ せっこうボード厚 15mm（両面）
・ せっこうボード厚 9.5mm+12.5mm（両面）

開口部　防火設備（遮煙性能付き）
［H12 建設省告示 1360 号］
・ 鉄扉
・ スチールシャッター

防火区画（竪穴区画）

外壁　45 分準耐火構造
［H12 建設省告示 1358 号 第 1］
［大臣認定］
・ 屋外側：
窯業系サイディング厚 16mm（NYG），
軽量セメントモルタル厚 15mm（NSK）
屋内側：せっこうボード厚 15mm

外壁開口部
延焼のおそれのある部分は防火設備
［H12 建設省告示 1360 号］
［大臣認定］
・ アルミ製（アルミ樹脂複合を含む）防火サッシ
・ 樹脂製防火サッシ
・スチールサッシ＋網入りガラス

1F ～ 3F 平面図　縮尺 1/100

内装制限　3 階建て 500m^2 超の場合にかかる
（本プランは 238m^2 のため適用除外）
居室：天井・壁→難燃材料　または
天井：準不燃材料、壁：木材等
（H12 建設省告示第 1439 号）
廊下・階段（避難路）：天井・壁→準不燃材料

KiHP ver.FIRE のリンク

告示一覧へ

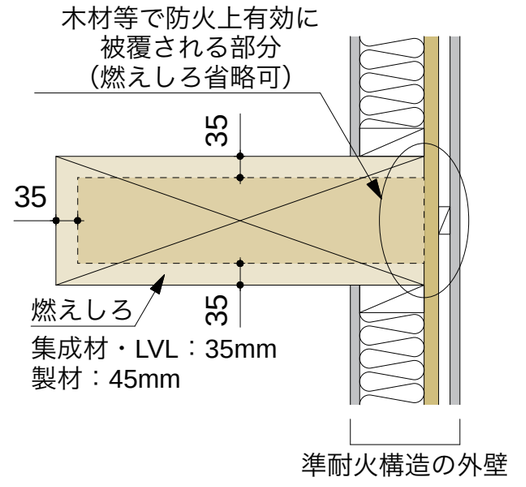
大臣認定一覧及び動画へ

耐火被覆重量一覧へ

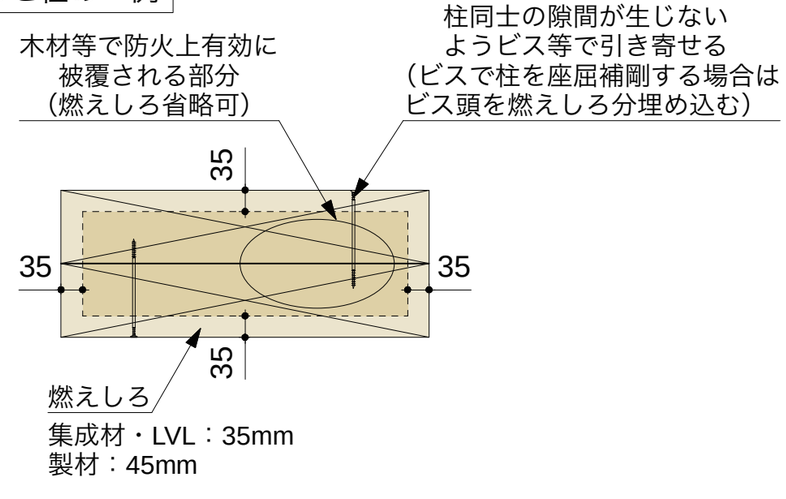
燃えしろ設計における木材等で防火上有効に被覆される部分の除き方の一例　縮尺 1/10

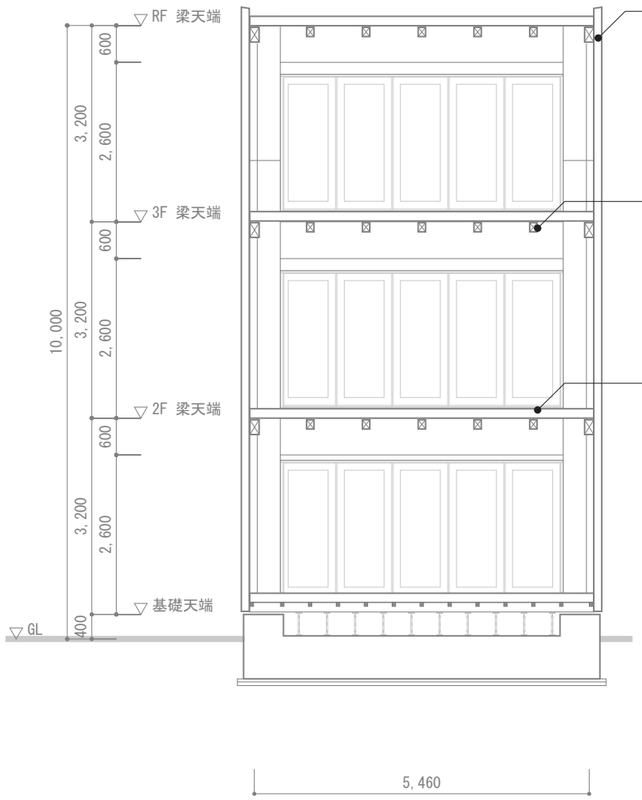
※燃えしろ設計する材料は JAS 材に限る

外壁と柱（燃えしろ設計）との取り合い部の一例



合わせ柱の一例





柱 45 分準耐火構造

[H12 建設省告示 1358 号 第 2]

- 燃えしろ設計（集成材・LVL：35mm、製材：45mm）
- せっこうボード厚 15mm

梁 45 分準耐火構造

[H12 建設省告示 1358 号 第 4]

- 燃えしろ設計（集成材・LVL：35mm、製材：45mm）
- 強化せっこうボード厚 15mm

床 45 分準耐火構造

[H12 建設省告示 1358 号 第 3]

- 床上面：木材総厚 30mm 以上（構造用合板厚 24mm の上に仕上げ材）
- 床下面：強化せっこうボード厚 15mm
- CLT、集成材厚板による燃えしろ設計も可能

［国土交通大臣認定］（日本合板工業組合連合会）

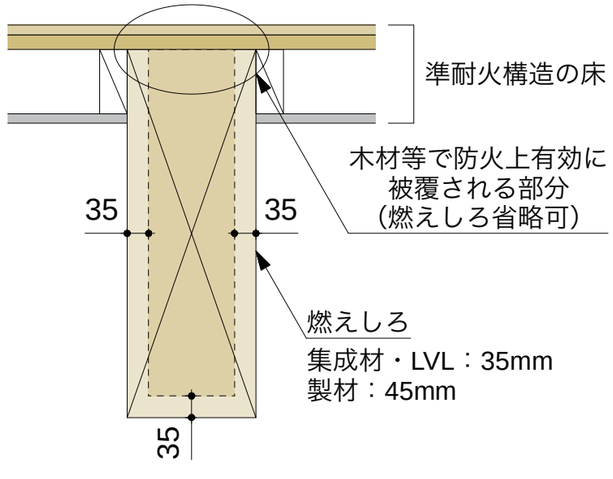
- 床上面：構造用合板厚 28mm
- 床下面：強化せっこうボード厚 15　mm

断面図　縮尺 1/100

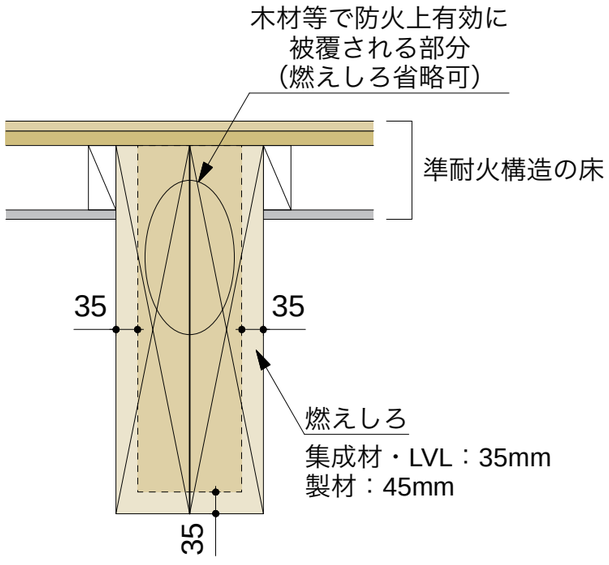
燃えしろ設計における木材等で防火上有効に被覆される部分の除き方の一例　縮尺 1/10

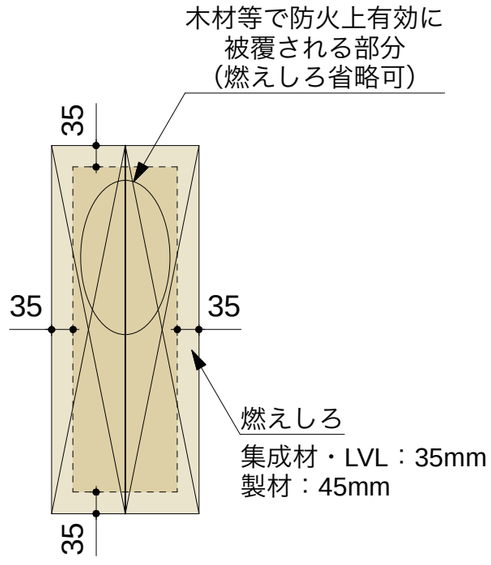
※燃えしろ設計する材料は JAS 材に限る

床とはり（燃えしろ設計）との取り合い部の一例



合わせはりの一例





屋根　30 分準耐火構造

［H12 建設省告示 1358 号 第 5］

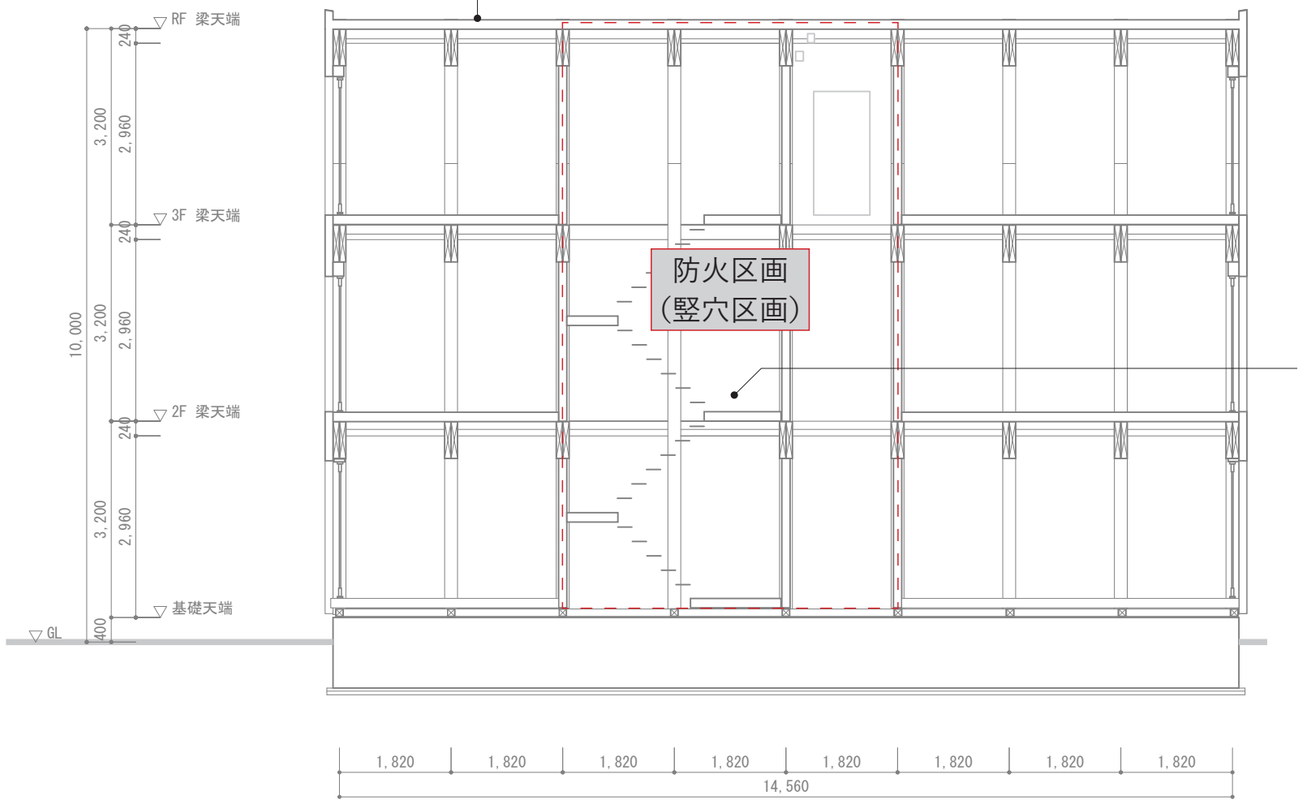
・ CLT、集成材厚板による燃えしろ設計も可能

［国土交通大臣認定］

・ 強化せっこうボード厚 12.5mm ＋不燃材料の屋根葺き材

・ 強化せっこうボード厚 12.5mm ＋野地板厚 9mm ＋（屋根葺き材自由）

・ J パネル厚 36mm+ 床根太＋野地板厚 12mm（鳥取 CLT 社（右図参照））



階段　30 分準耐火構造

［H12 建設省告示 1358 号 第 6］

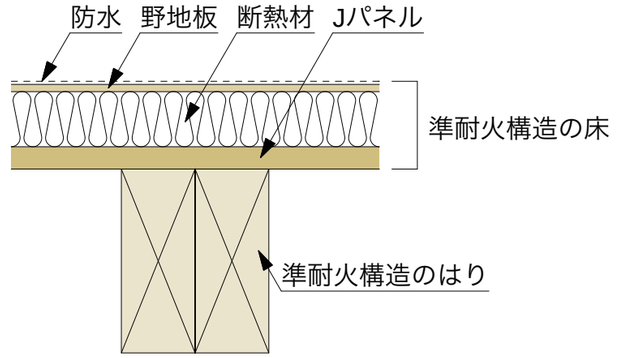
・ 木材厚 60mm（ささら桁、段板）

・ 木材厚 35mm+ 強化せっこうボード厚 12.5mm

・ 鉄造［H12 建設省告示 1399 号 第 6］耐火構造

断面図　縮尺 1/100

Jパネルを用いた準耐火構造の屋根



※詳細は認定取得者の鳥取CLT社へ連絡下さい

接合部

原則：

- 接合金物が直接加熱されないようにする。
- 接合金物が加熱を受ける場合は金物の温度上昇を考慮して金物周辺に燃えしろをとって安全性を確認する。
- 日本集成材工業協同組合の燃えしろ設計マニュアルを参照する。なお、接合金物の厚さが重要なので、厚 9mm 未満の場合は、別途検討が必要。

柱梁接合金物の耐火被覆（柱の外壁側）

外壁の準耐火構造の屋外側の耐火被覆・柱の耐火被覆もしくは厚さ 30mm 以上の木材で埋め木または当て木する。
または、座掘部を考慮した燃えしろ設計で安全性を確認する。

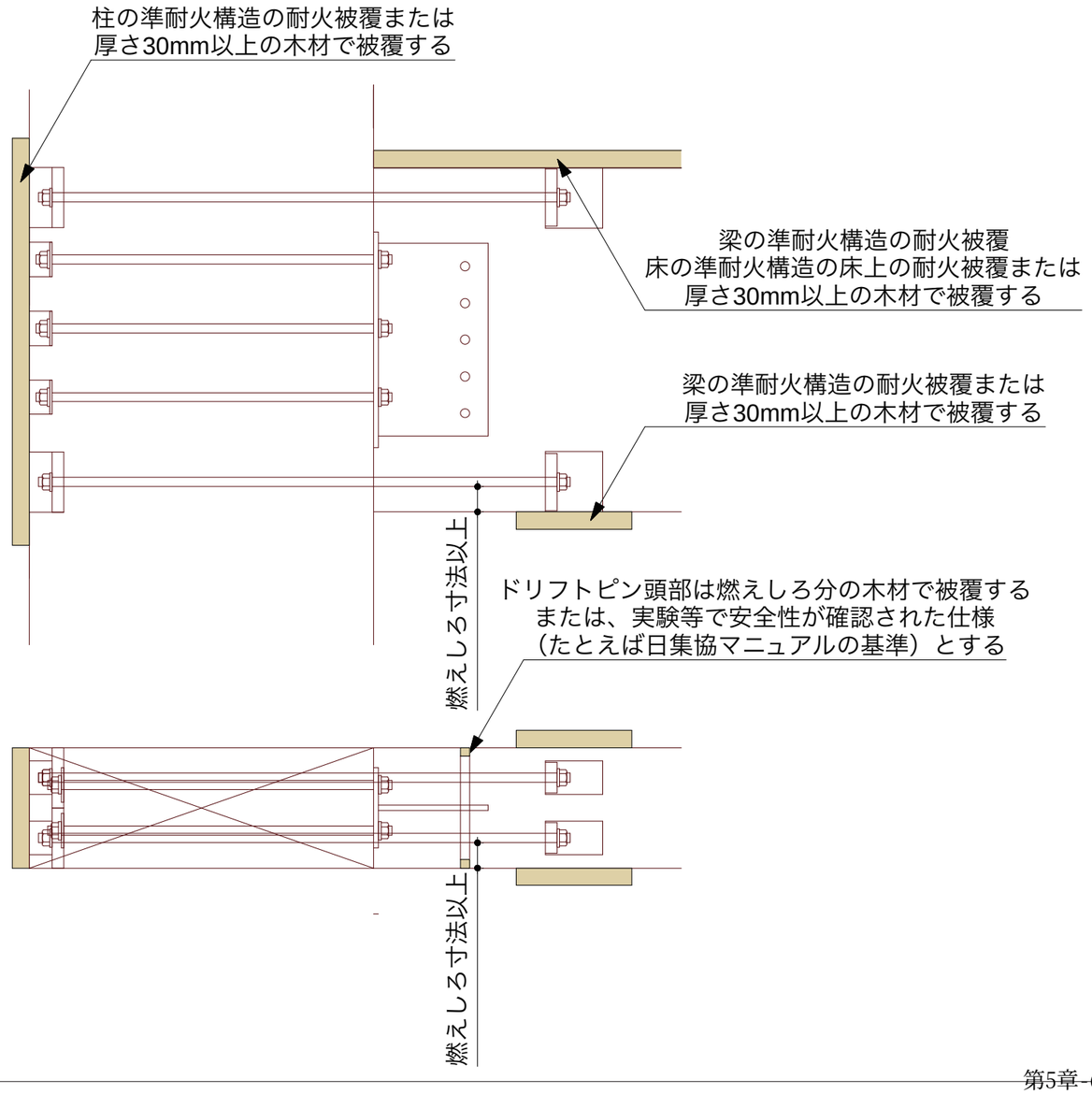
柱梁接合金物の耐火被覆（梁）

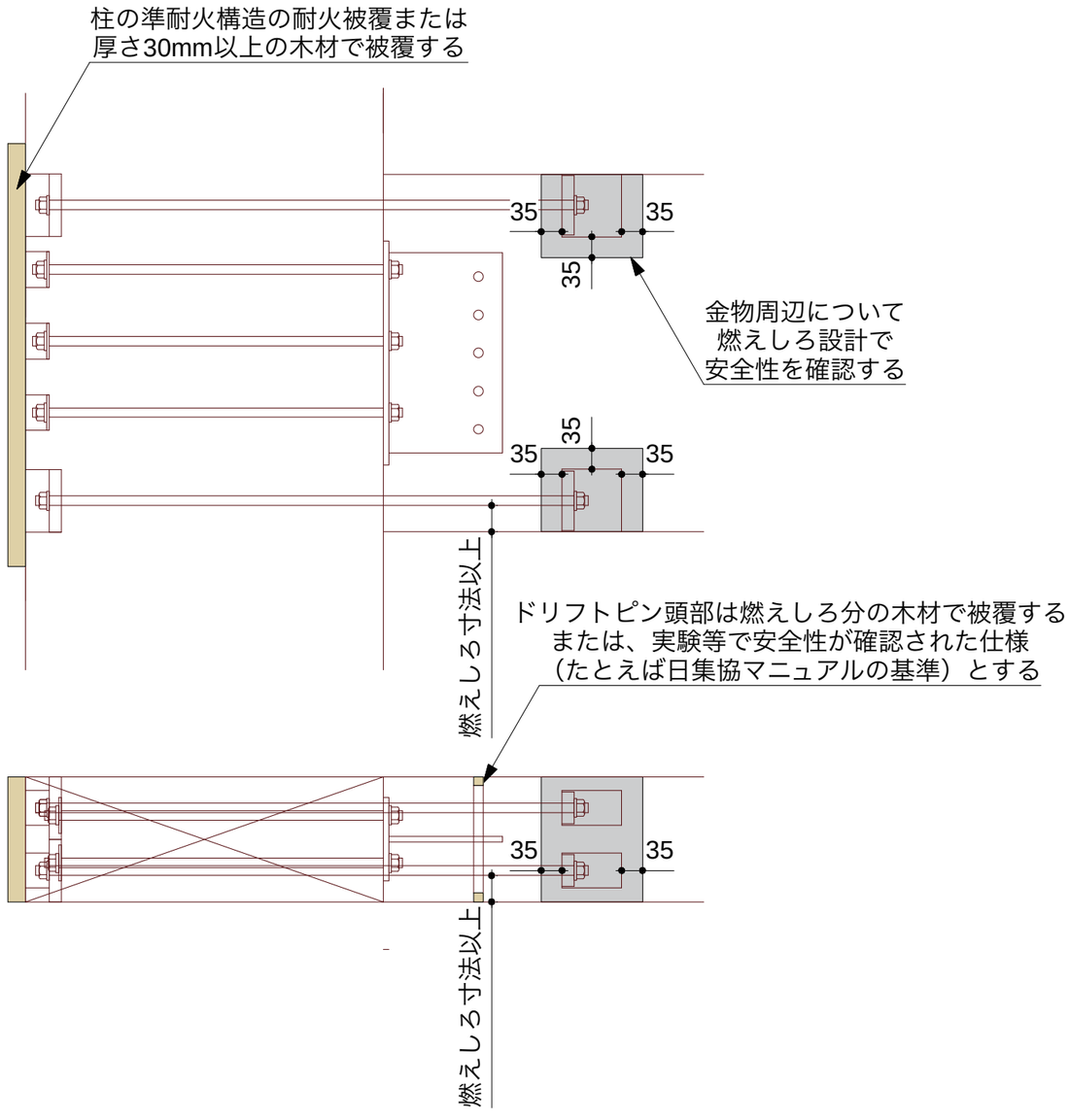
床上面の準耐火構造の耐火被覆もしくは厚さ 30mm 以上の木材で埋め木または当て木する。
床下面の準耐火構造の耐火被覆・はりの耐火被覆もしくは厚さ 30mm 以上の木材で埋め木または当て木する。
または、座掘部を考慮した燃えしろ設計で安全性を確認する。

柱梁接合金物の耐火被覆（柱）

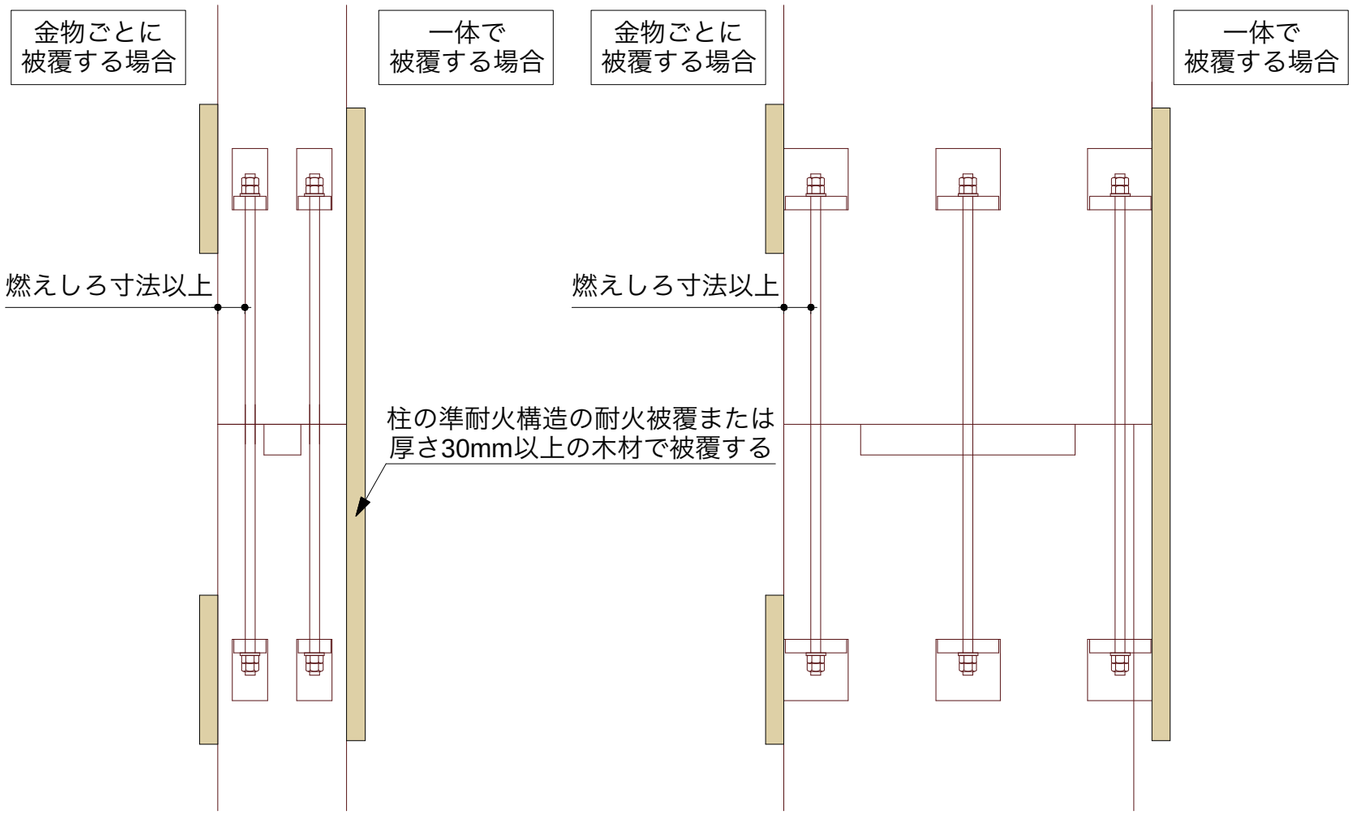
柱の準耐火構造の耐火被覆もしくは厚さ 30mm 以上の木材で埋め木または当て木する。
または、座掘部を考慮した燃えしろ設計で安全性を確認する。

柱-はり接合部の耐火被覆の一例

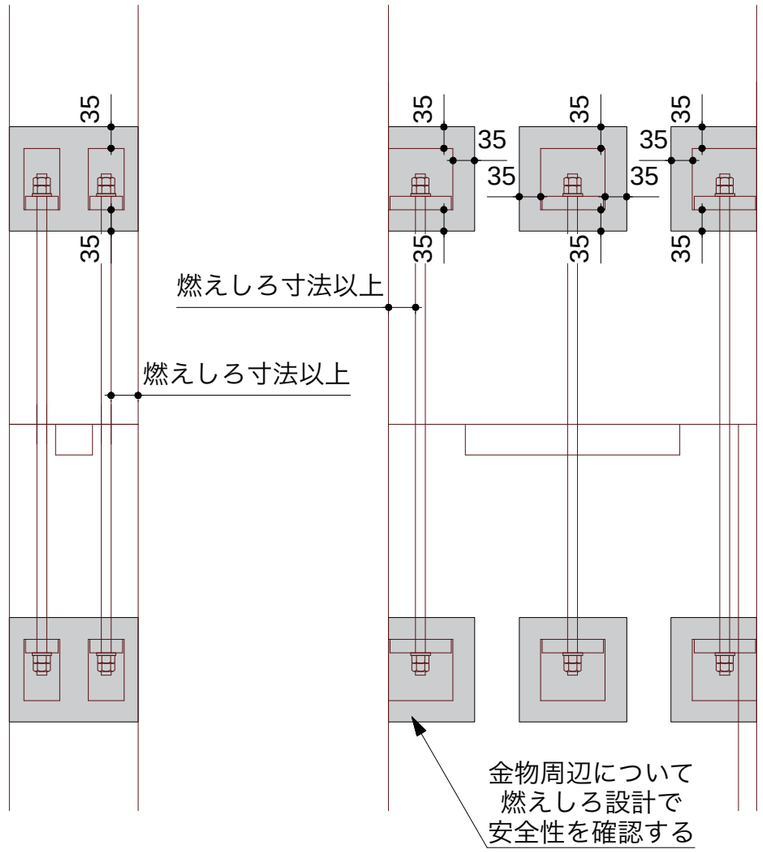




柱-柱接合部の耐火被覆の一例



柱-柱接合部の耐火被覆の一例



接合部

原則：

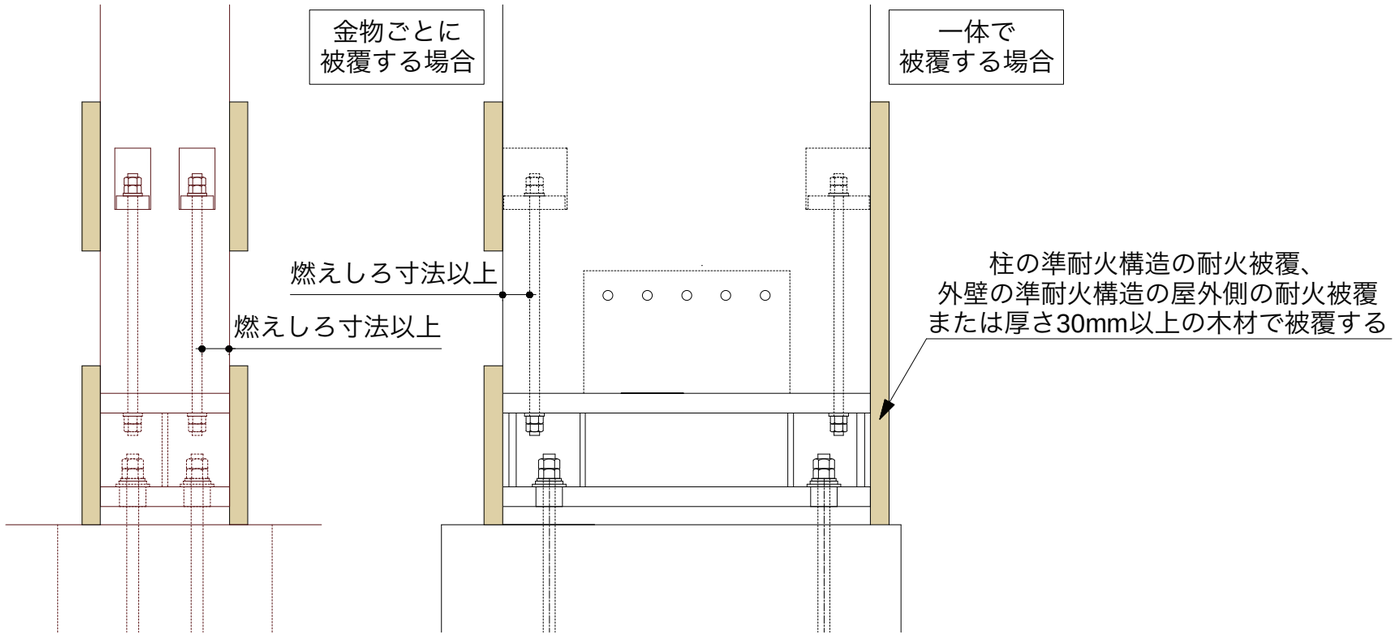
- 接合金物が直接加熱されないようにする。
- 接合金物が加熱を受ける場合は金物の温度上昇を考慮して金物周辺に燃えしろをとって安全性を確認する。
- 日本集成材工業協同組合の燃えしろ設計マニュアルを参照する。なお、接合金物の厚さが重要なので、厚 9mm 未満の場合は、別途検討が必要。

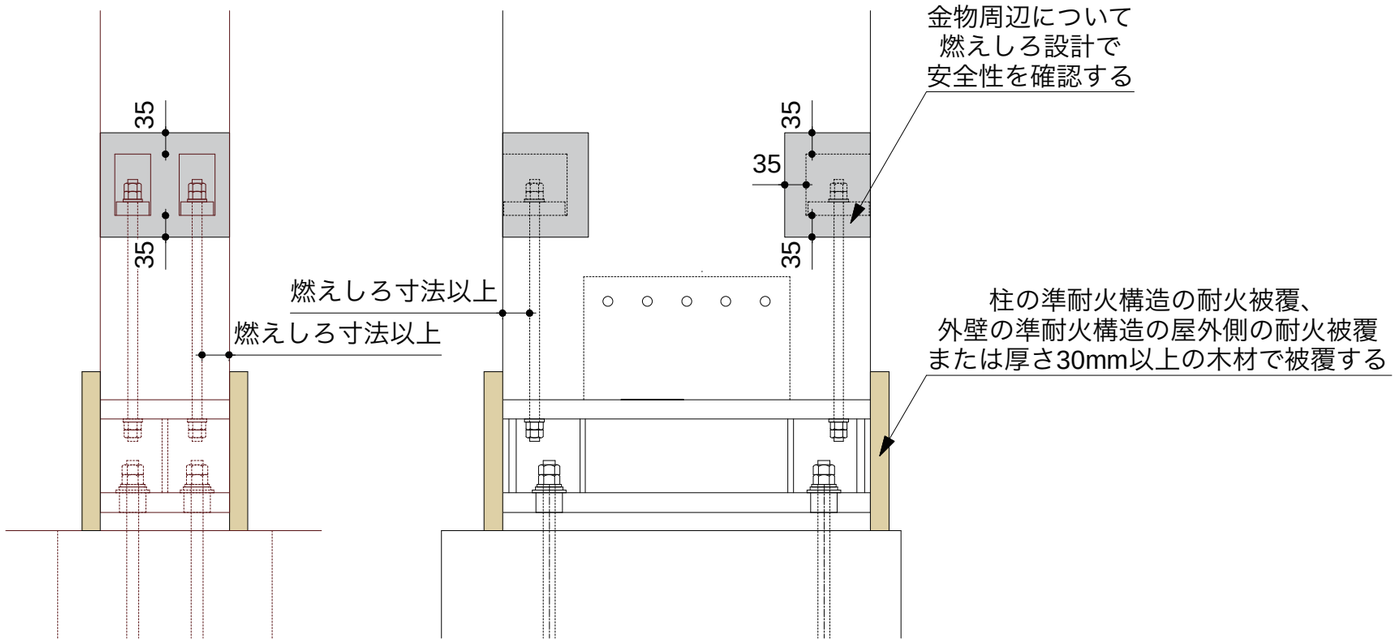
柱脚金物の耐火被覆

柱の準耐火構造の耐火被覆、外壁の準耐火構造の屋外側の耐火被覆、もしくは厚さ 30mm 以上の木材で埋め木または当て木する。

または、座掘部を考慮した燃えしろ設計で安全性を確認する。

柱脚部の耐火被覆の一例





構造設計例における防・耐火上の注意点：耐火建築物 1

当シートは、Ki で作成した「3 階建て（準耐火）・4 階建て（耐火）木造ビル」の構造設計例を一例として、防・耐火上の注意点をまとめています。

諸元

延べ面積：319.99m^2（EV14.56m^2 含む）

最高の高さ・軒の高さ：13.50m・13.20m

KiHP のリンク

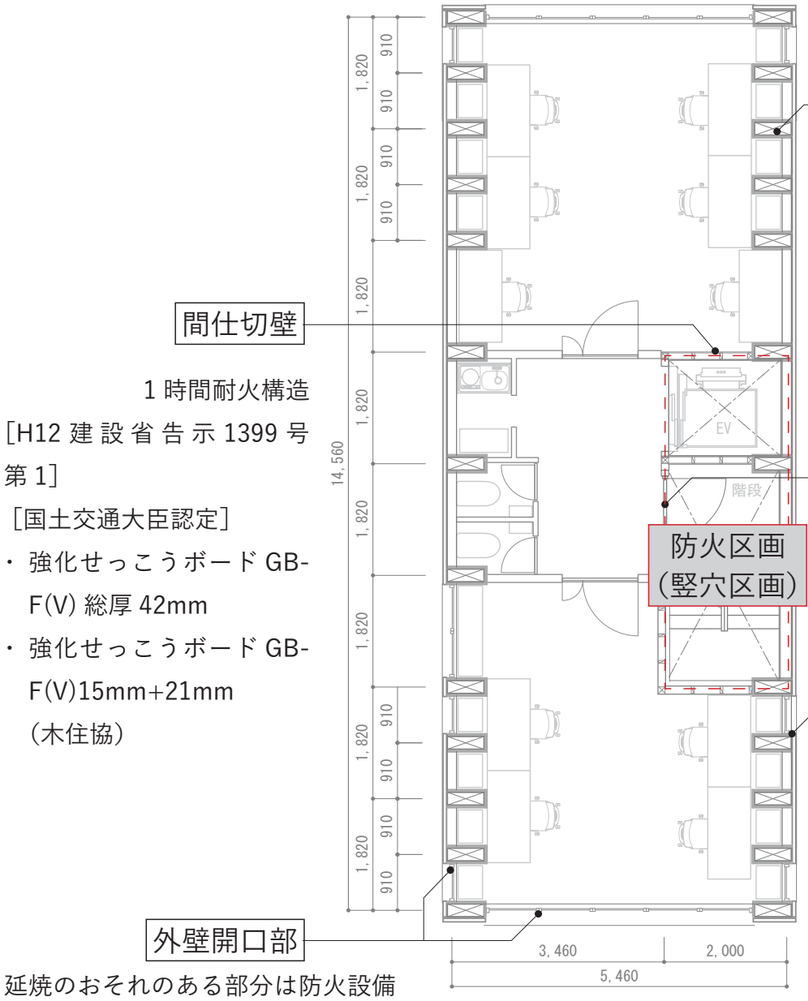
Ki 講習会・セミナー動画の無料配信内「3 階建て（準耐火）・4 階建て（耐火）木造ビルの構造計算講習会」

KiHP ver.FIRE のリンク

告示一覧へ

大臣認定一覧及び動画へ

耐火被覆重量一覧へ



柱 1 時間耐火構造※

［H12 建設省告示 1399 号 第 2］［大臣認定］

・ 強化せっこうボード GB-F(V) 総厚 46mm

・ 強化せっこうボード GB-F(V)21mm+21mm（木住協）

間仕切壁

1 時間耐火構造

［H12 建設省告示 1399 号 第 1］

［国土交通大臣認定］

・ 強化せっこうボード GB-F(V) 総厚 42mm

・ 強化せっこうボード GB-F(V)15mm+21mm（木住協）

開口部 防火設備（遮煙性能付き）

［H12 建設省告示 1360 号］

・ 鉄扉

・ スチールシャッター

防火区画（竪穴区画）

外壁 1 時間耐火構造

［H12 建設省告示 1399 号 第 1］

・屋外側：金属板＋強化せっこうボード GB-F(V) 総厚 42mm

屋内側：強化せっこうボード GB-F(V) 総厚 42mm

外壁開口部

延焼のおそれのある部分は防火設備

［H12 建設省告示 1360 号］

［大臣認定］

・ アルミ製（アルミ樹脂複合を含む）防火サッシ

・ 樹脂製防火サッシ

・ スチールサッシ＋網入りガラス

・ スチールシャッター

1F ～ 4F 平面図　縮尺 1/100

※樹種制限は特になし

内装制限 3 階建て 500m^2 超の場合にかかる

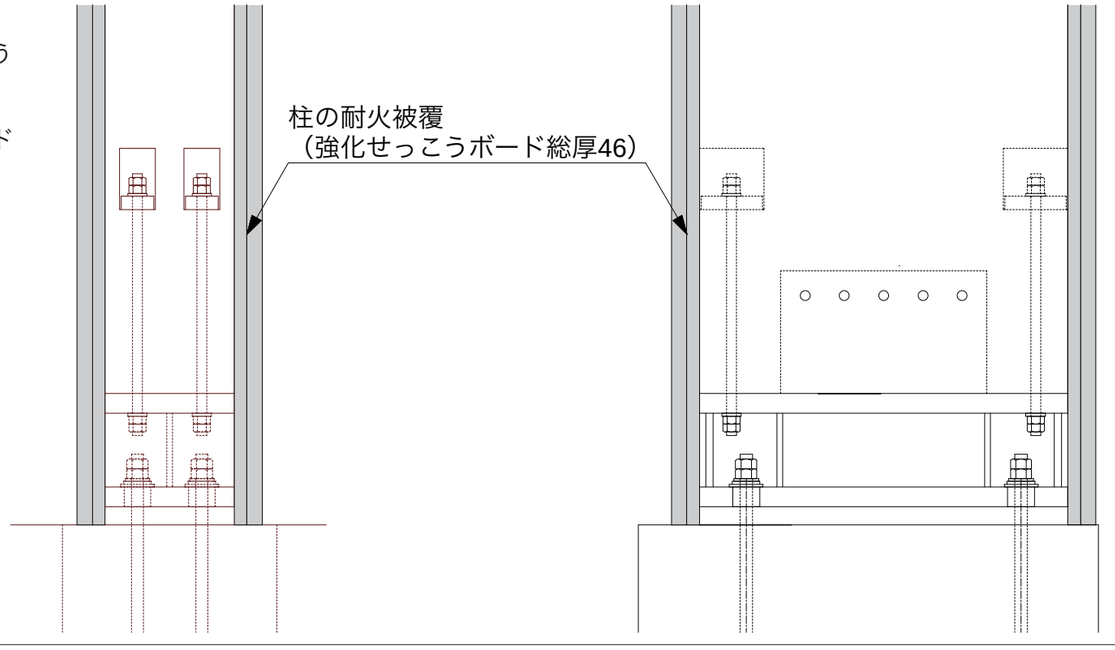
（本プランは 320m^2 のため適用除外）

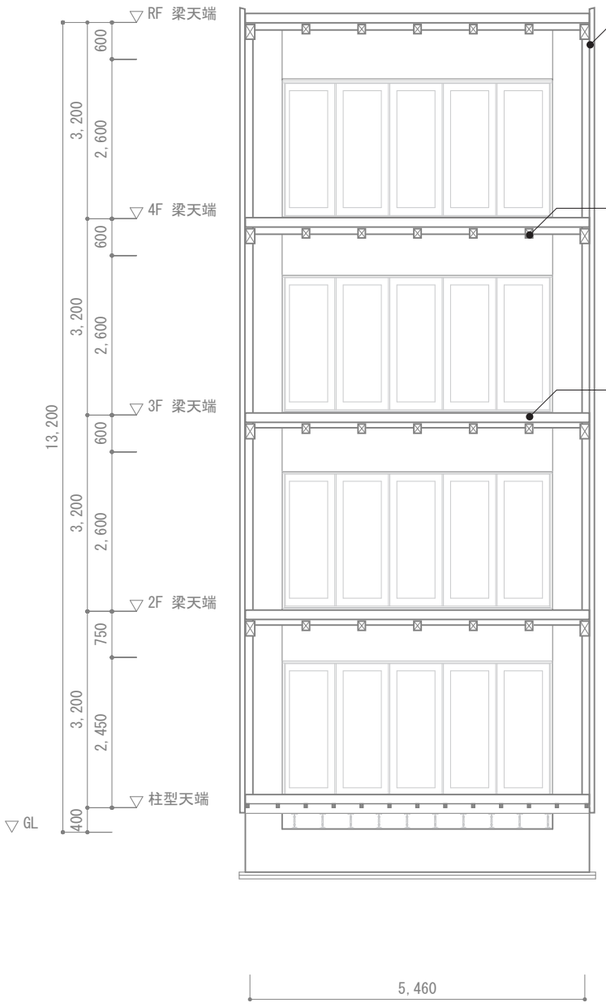
居室：天井・壁→難燃材料　または

天井：準不燃材料、壁：木材等（H12 建設省告示第 1439 号）

廊下・階段（避難路）：天井・壁→準不燃材料

柱脚部の耐火被覆の一例





柱 1 時間耐火構造※

［H12 建設省告示 1399 号 第 2］［大臣認定］

- 強化せっこうボード GB-F(V) 総厚 46mm
- 強化せっこうボード GB-F(V)21mm+21mm（木住協）

梁 1 時間耐火構造※

［H12 建設省告示 1399 号 第 4］

- 強化せっこうボード GB-F(V) 総厚 46mm

床 1 時間耐火構造※

［H12 建設省告示 1399 号 第 3］

- 床上面：強化せっこうボード GB-F(V) 総厚 42mm
- 床下面：強化せっこうボード GB-F(V) 総厚 46mm

［国土交通大臣認定］

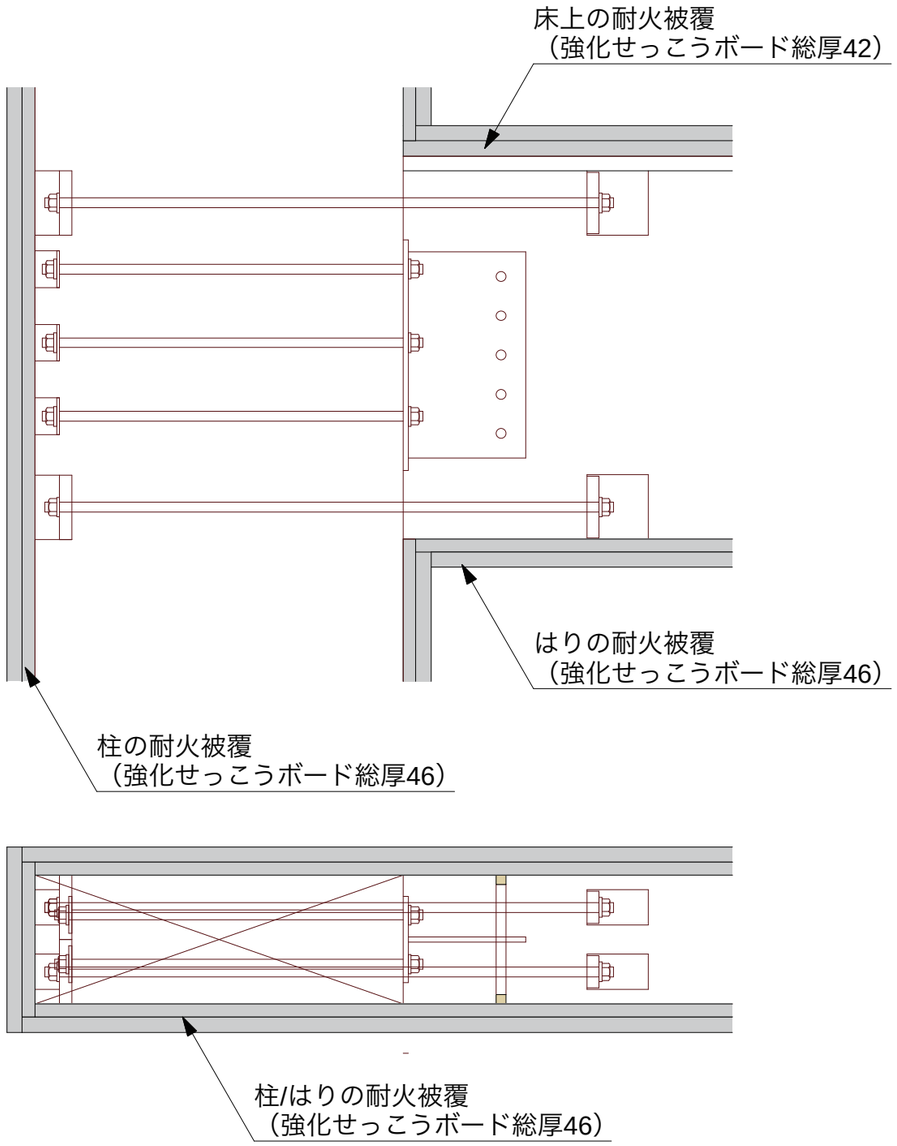
- 床上面：強化せっこうボード GB-F(V)21mm+15mm
- 床下面：強化せっこうボード GB-F(V)21mm+21mm

（木住協）

※樹種制限は特になし

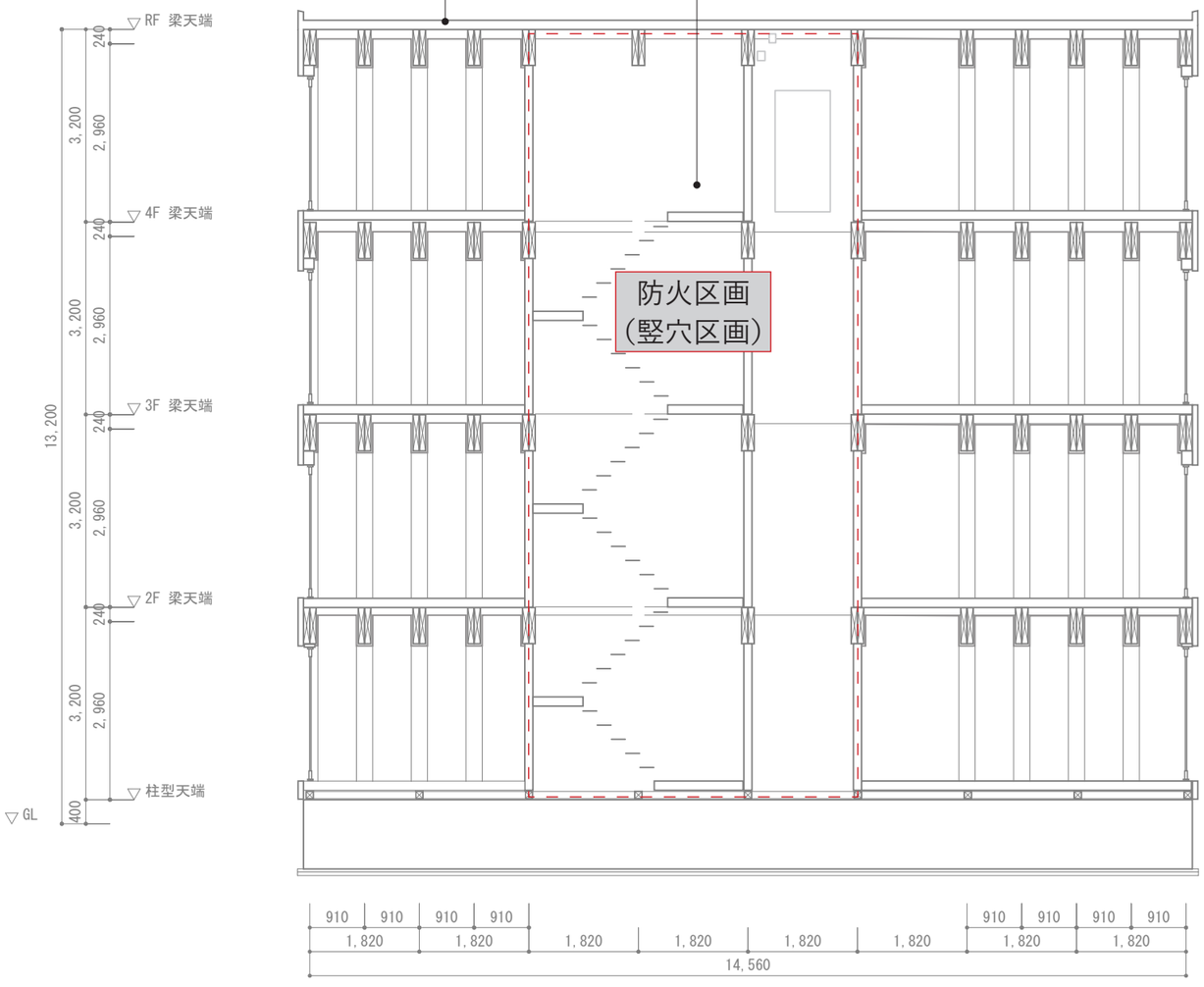
断面図　縮尺 1/100

柱-はり接合部の耐火被覆の一例



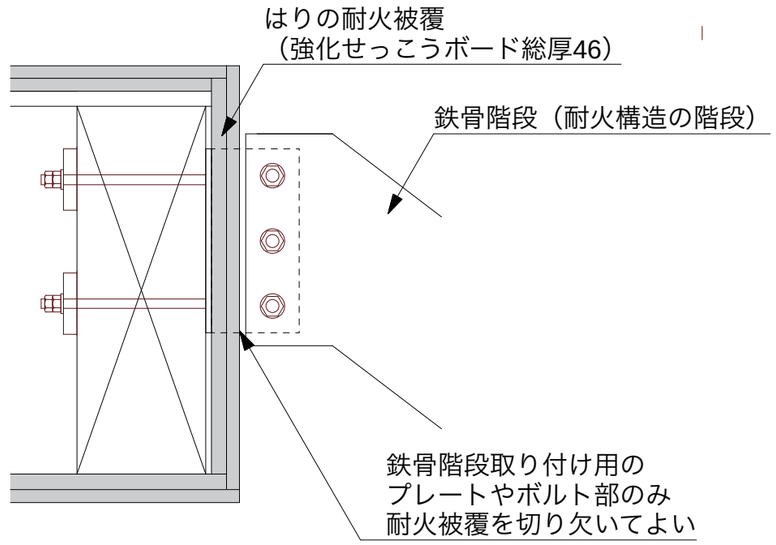
屋根　30 分準耐火構造
［H12 建設省告示 1399 号 第 5］
［国土交通大臣認定］
・強化せっこうボード GB-F(V) 総厚 27mm
・強化せっこうボード GB-F(V)21 mm（木住協）

階段　30 分準耐火構造
［H12 建設省告示 1399 号 第 6］
・鉄造
・強化せっこうボード GB-F(V) 総厚 27mm

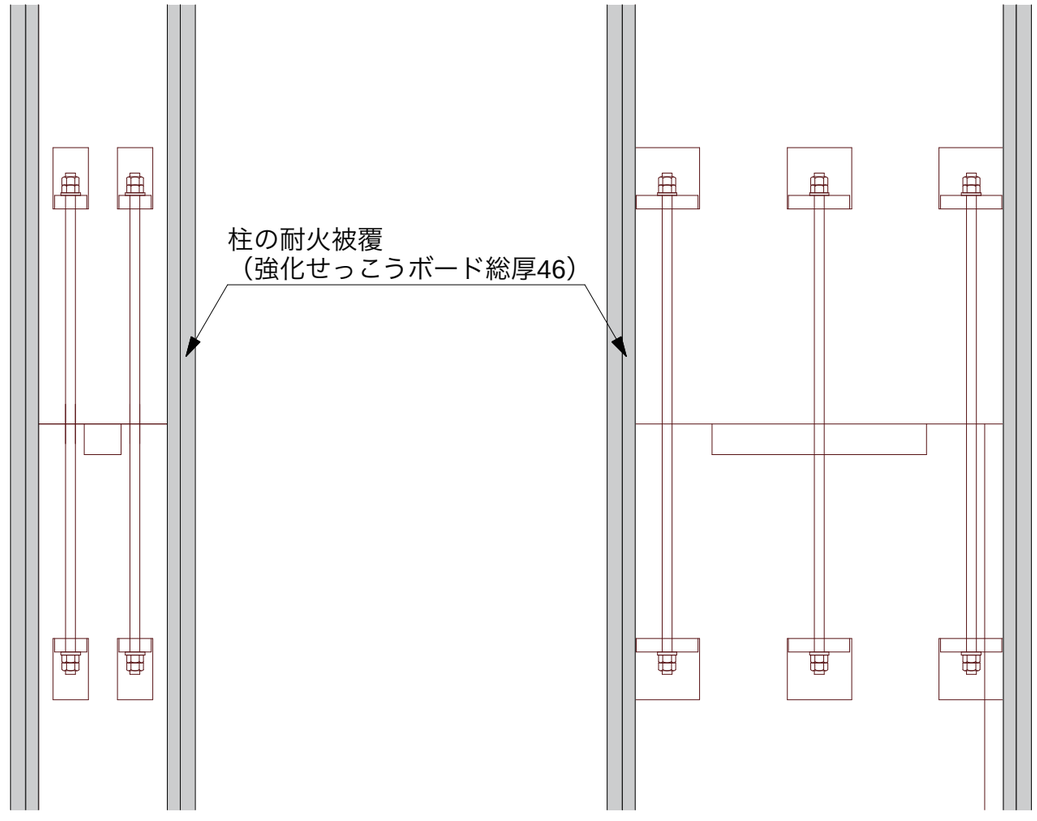


断面図　縮尺 1/100

はり-鉄骨階段接合部の耐火被覆の一例



柱-柱接合部の耐火被覆の一例



No.	分類			FAQ	
1	A	共通	法21条 法27条 法61条	Q	「耐火建築物」・「準耐火建築物」・「その他建築物」の違いは何ですか？
				A	火災時の建物の自立性能が高い順に、「耐火建築物（倒壊しない）」「準耐火建築物（一定時間倒壊しない）」「その他建築物（倒壊抑制を法令では求めない））」となります。建築基準法第21条（周辺危害抑制）、27条（避難安全性確保）、61条（市街地火災抑制）の3つの法令から、「耐火建築物」「準耐火建築物」「その他建築物」のいずれとするかが決まります。 それぞれの建築物を構成する耐火構造、準耐火構造、防火構造は、H12建設省告示第1399号（耐火構造）、H12建設省告示第1358号（45分準耐火構造）、R1国土交通省告示第195号（1時間準耐火構造）、H12建設省告示第1359号（防火構造）に例示されています。
					参考リンク：各告示のページ
2	A	共通	通達	Q	住防発第14号「部分により構造を異にする建築物の棟の解釈について（昭和26年3月6日建設省通達）」の耐火構造部分に水平力を負担させられますか？
				A	別棟の扱いはあくまで旧建設省通達のため、明確には決まっておらず、実設計では主事判断による部分が大きいです。 水平力を負担させた事例として京丹波町役場などがあります。また、この通達による扱いは2024年4月の改正建築基準法施行により、「防火別棟」として、建築基準法に位置付けされます。
3	B	その他建築物	法26条 令113条 R1国交告197号	Q	防火壁に要求される自立性能とは何ですか？
				A	防火壁は火災を建物全体に拡げないために延べ面積1000㎡以内ごとに設けるもので、火災が発生した建物部分の倒壊時に引き倒されないよう自立することが求められます。2019年の改正建築基準法施行時に、従来の「防火壁」に加えて、建物の上下で延焼抑制する「防火床」が追加されました。
4	B	その他建築物	法26条 令113条 R1国交告197号	Q	防火壁に設ける開口部の規制はありますか？
				A	令113条に「防火壁に設ける開口部の幅及び高さはそれぞれ2.5m以下とし、かつ、これに特定防火設備を設ける」とあります。すなわち、1箇所あたり、2.5m角以下となります。個数については、記載はありませんが、防火壁は両側の建物間の延焼を抑制する区画壁であるため、開口部が増えると鉄扉の裏面温度上昇により延焼の危険が増えるので、個数が多い場合は、鉄扉の温度上昇による輻射熱を考慮した周辺部材の設計が必要と言えます。

5	B C	その他建築物 準耐火建築物	法61条 R1国交告194号	Q	準延焼防止建築物とは何ですか?
				A	準延焼防止建築物は、1987年に法令に位置づけられた「準防火地域内の木造3階建て戸建て住宅の基準（準防木三戸と呼ばれた）」が、2019年の改正建築基準法施行時に再位置付けされたものです。準防火地域の3階建て、延べ面積500㎡以下の建築物（戸建て住宅によらず）について、準耐火建築物によらず設計でき、柱や梁を120角以上とすれば、燃えしろ設計によらず、現しにできる点が特徴です。一方で、隣地との距離に応じて、外壁開口部の面積が制限されるため、窓が少なめの建築物に向いています。
6	B C	その他建築物 準耐火建築物	令114条	Q	トラス構造をあらわしとする建築において桁行12m以内ごとに設ける小屋裏隔壁は必要ですか？
				A	準小屋裏隔壁は天井裏に火炎が侵入した際に下面からは見えない小屋裏部を延焼拡大することを準耐火構造の隔壁で抑制することを目的としていると考えられます。天井がトラス下面に張られていない場合は、どの部分を小屋裏とみるか、トラスの場合は小屋裏がないと見るかは建築主事の判断による部分が多いため、事前に行政等との協議を行うことをお薦めします。
7	C	準耐火建築物	S62建告1898, 1901 H12建告1358 R1国交告195	Q	燃えしろ設計とは何ですか？
				A	木材による耐火被覆で、柱・梁（JAS構造用製材・集成材・LVL）、壁・床・屋根（JAS構造用集成材・LVL・CLT）の部材・材質ごとに燃えしろ寸法が定められています。構造設計において、想定断面から燃えしろ寸法を差し引いた断面に生じる応力度が短期許容応力度を超えないことを確認します。 なお、JAS製材においては、120mmを超える材料が準備できる工場は少ないので、事前調査が必要です。
					参考リンク：JAS構造用製材の製造工場一覧　http://www.jlira.jp/data/factory.html
8	C	準耐火建築物	S62建告1898, 1901 H12建告1358 R1国交告195	Q	製材の燃えしろ寸法が集成材に比べて大きい理由は何ですか？
				A	芯持ち製材の場合、燃え残り部分に芯付近の節や割れなどの構造上の欠点が含まれる可能性があります。そのため、燃えしろ寸法を実際に燃える寸法よりも大きくして、負担できる荷重を抑制して安全率をみています。
					参考リンク：
9	C	準耐火建築物	S62建告1898, 1901 H12建告1358 R1国交告195	Q	燃えしろ設計の接合部の金物は必ず木材等で被覆しないといけないのでしょうか。
				A	基本は、燃えしろを除いた内部で接合されていることです。しかし、法令上は部材の燃えしろ設計と接合部の燃えしろ設計の両方が 成立すればよいとされています。すなわち、所定の時間まで接合部が先行破壊しないようなディテールを加熱実験等から明らかにすればよいとされています。

10	C	準耐火建築物	S62建告1898, 1901 H12建告1358 R1国交告195	Q	燃えしろ設計において木材の割れはどのように考えればよいですか？
				A	割れには貫通割れと表面割れの2種類があります。貫通割れは空気の流動により火災時に部材の内部や裏面へと燃え込みますが、表面割れは幅3mm程度であればほぼ燃え混まないことが加熱実験等から明らかになっています。すなわち、貫通割れや、幅3mmを超える表面割れが生じた際は、埋め木や木工用パテ等で空気の流動を留める措置を行う必要があると言えます。
11	C	準耐火建築物	S62建告1898, 1901 H12建告1358 R1国交告195	Q	燃えしろ設計において合わせ柱、合わせ梁とする際の注意点は何かありますか？
				A	ビス等で座屈補剛するかどうかで考え方が異なります。座屈補剛しない場合は、柱や梁同士に隙間が生じないようにビス等で 引き寄せればよいです。一方、座屈補剛する場合はビスの温度上昇により補剛効果の低下が生じるおそれがあるので燃えしろ分、ビス頭を埋め込むか、 そうしない場合は、載荷加熱実験で所定時間、座屈や曲げ破壊しないことを確かめればよいと言えます。

12	C	準耐火建築物	S62建告1898, 1901 H12建告1358 R1国交告195	Q	張弦梁を燃えしろ設計する場合、引張部材に鋼材を用いる際の注意点は何かありますか？
				A	火災時に鋼材の温度が上昇すると引張効果が著しく低下します。また、鋼材の温度上昇により、木製梁と鋼材の取り合い部の燃焼が顕著になります。そのため、鋼材がなくても梁が脱落しないように燃えしろ設計したり、鋼材と木材が接触する部分も燃えしろ設計するなどして、屋根が所定の時間、倒壊しないよう配慮が必要です。
13	C	準耐火建築物	令109条の3	Q	ロ準耐火建築物1号（外壁耐火構造）を木造で設計できますか？
				A	建築基準法上は、設計可能です。しかし、実設計では耐火構造外壁の被覆の連続性の確保（外壁と基礎・梁・屋根等との取り合い部において、外壁の耐火被覆が途切れないようにする）と、火災で耐火構造以外の部分が倒壊、脱落する際に耐火構造の外壁の自立性の確保が難しいと言えます。それらに配慮した意匠設計・構造設計とする必要があります。
14	D	耐火建築物 耐火同等建築物	法21条 法27条 R1国交告193号 H27国交告255号	Q	火災時倒壊防止建築物、避難時倒壊防止建築物とは何ですか?
				A	2015年及び2019年の改正建築基準法施行により、建築基準法第21条、法第27条が性能規定化されて、4階建てや、3階部分に特殊建築物用途となる建築物は従来の「耐火建築物」に加えて、「耐火建築物同等の建築物」で設計可能となりました。法第21条から耐火要件がかかる場合の「耐火建築物同等の建築物」が「火災時倒壊防止建築物」、法第27条から耐火要件がかかる場合の「耐火建築物同等の建築物」が「避難時倒壊防止建築物」と呼ばれます。こららの建物は耐火構造によらず、1時間を超える準耐火構造で設計可能ですので、燃えしろ設計として木材あらわしにすることが可能です。
15	D	耐火建築物	令107条 H12建告1399号	Q	木造による耐火構造の手法はどのような方法がありますか？
				A	木造躯体を強化せっこうボード等で耐火被覆する方法が、木造耐火建築物の99%以上を占めます。この手法は1時間、90分耐火構造について、H12建設省告示第1399号に例示されています。 また、個別の協会（全国LVL協会）、会社（ゼネコン、ハウスメーカー）が、柱、梁について、個別の大臣認定（1時間、90分、2時間、3時間耐火構造）を取得しています。 木造ではありませんが、鉄骨造の柱・梁を木材で耐火被覆する方法で、日本集成材協同工業組合が、個別の大臣認定（1時間耐火構造）を取得しています。
16	D	耐火建築物	令107条 H12建告1399号	Q	耐火建築物において木造耐火部材と水平力負担部材（筋交い等）との取り合い部の注意点はありますか？
				A	木造の耐火構造では、火災時に構造躯体が燃焼しないことが求められます。そのため、耐火構造の柱・梁等の耐火被覆から露出する鋼製プレートやボルト等からの入熱により、柱・梁が燃焼しはじめないようディテールに配慮が必要です。また、筋交い等の断面が大きい場合、想定する火災時間（1時間耐火構造の場合は1時間）を超えて燃焼し続けると、柱や梁の耐火被覆の性能が足りなくなる可能性があるため筋交い等が想定火災時間中に燃え尽きる断面にする、柱・梁の耐火被覆の厚さを増すなど配慮が必要です。

17	D	耐火建築物	令107条 H12建告1399号	Q	耐火建築物において鉄骨造と木造水平力負担部材（筋交い、耐震パネル等）との取り合い部の注意点はありますか？
				A	木造水平力負担部材が、想定する火災時間（1時間耐火構造の場合は1時間）を超えて燃焼し続けると、鉄骨造の柱や梁の耐火被覆の性能が足りなくなる可能性があるため、筋交いや耐震パネルが、想定火災時間中に燃え尽きる断面にする、柱・梁の耐火被覆の厚さを増すなど配慮が必要です。
18	D	耐火建築物	令107条 H12建告1399号	Q	耐火建築物においてRC造と木造水平力負担部材（筋交い、耐震パネル等）との取り合い部の注意点はありますか？
				A	木造水平力負担部材が、想定する火災時間（1時間耐火構造の場合は1時間）を超えて燃焼し続ける場合は、コンクリートのかぶり厚さを燃焼時間に応じて増すなど配慮が必要です。
19	D	耐火建築物	令107条	Q	耐火建築物においても層間変形角1/150を満たす必要がありますか？
				A	耐火建築物は準耐火建築物よりも上位となるため、準耐火建築物に要求されるものは上位の耐火性能にも要求されます。