

令和4年度
輸出先国の規格・基準等に対応した
性能検証等支援事業報告書

令和6年3月

一般社団法人 日本木材輸出振興協会

目次

I	事業目的	1
II	事業内容	1
1	検討委員会の開催等	
2	事業実施者の公募、選定、公表	
3	事業実施者による事業の実施	
4	成果報告会の開催及び成果の普及等	
III	検討委員会の実施結果	3
1	検討委員会の設置	3
2	検討委員会の開催	3
(1)	事業者選定検討委員会	
(2)	事業の進捗確認検討委員会	
(3)	事業評価検討委員会	
IV	事業実施者の公募、選定結果	7
1	公募	7
2	採択結果	7
1-2	再公募	
2-2	採択結果	
V	事業団体による事業概要と成果	11
1	事業内容と成果	11
(1)	ベトナム適合型木造軸組構造モデルの技術開発と性能等の検証	12
(2)	米国市場向け木製ガゼボ輸出キットの開発と性能実証	22
(3)	国産材を利用した韓国向け枠組壁工法用構造体の開発	43
(4)	海外の剣道場ニーズに合わせた『弾性剣道場床』の性能検証及び実証	56
2	事業の評価	66
VI	成果報告会	71
1	成果報告会の実施	71
2	成果報告会の講評	73
3	アンケートの実施	74
4	成果の普及	77

附属成果物（別冊） 1. 事業実施者による事業の成果報告書（1冊）

I 事業目的

2030 年に 5 兆円を目指す農林水産物・食品の輸出目標の実現に向け、林産物分野では、原材料で単価の低い丸太の輸出額が木材製品輸出総額の 4 割にものぼる近年の実態からのシフトチェンジを図ることが求められており、特に製材・合板等の付加価値の高い木材製品の輸出拡大を図っていくことが喫緊の課題となっている。

このため、輸出先国等のニーズや規格・基準等に対応した製品・技術開発や性能検査・実証を行う取組に対する支援を行い、付加価値の高い木材製品の輸出拡大を図ることを目的とする。

II 事業内容

1. 検討委員会の開催等

製材、合板等木材の加工・利用、木材輸出等の知見を有する学識有権者や木材関係団体等からなる検討委員会を設置し、審査選定基準の設定とそれに基づく審査、実施団体（事業実施者）への助言、実施結果の取りまとめ、事業の評価等を行う。

2. 事業実施者の公募、選定、公表

輸出先国のニーズや規格・基準等に対応した製品・技術開発や性能検査・実証を行う事業の募集、その審査、選定、通知、公表、選定した事業実施者に対する必要な経費の助成、進行政管理、検査等を実施する。

3. 事業実施者による事業の実施

選定された事業実施者は、事業の実施に必要な経費を対象とした助成金を申請し、その承認を受けて事業計画に基づいて事業を実施する。

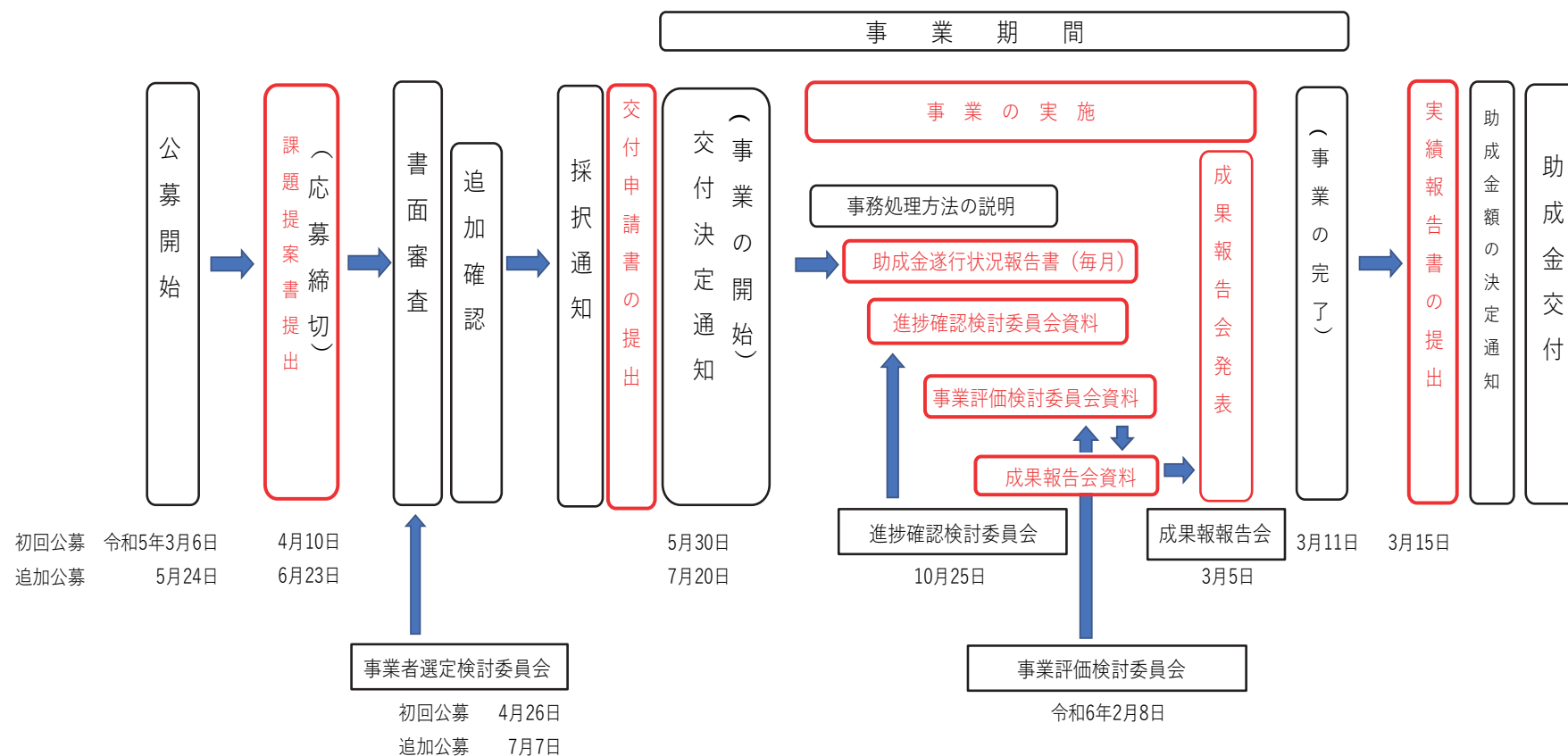
4. 成果報告会の開催及び成果の普及

事業実施者による事業の実施を踏まえて、その事業の成果を報告する成果報告会を開催するとともに、その成果の普及を図る。

また、成果等を取りまとめた報告書（30 部）を作成する。

別添 1

令和4年度輸出先国の規格・基準等に対応した性能検証等支援事業の流れ



注) は事業者の活動

Ⅲ 検討委員会の実施結果

1 検討委員会の設置

(1) 検討委員会の委員

製材、合板等木材の加工・利用、木材輸出等の知見を有する学識有権者や木材関係団体等からなる以下の委員による検討委員会を設置した。

委 員	所属・職名
神谷 文夫	セイホク株式会社 技師長
佐藤 雅俊	東京大学 名誉教授
服部 順昭	東京農工大学 名誉教授
平松 靖	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域長

(50音順)

(2) 検討委員会の役割

- ①審査選定基準に基づき、公募により提案された事業の内容等について審査し、事業の選定についての助言等を行う
- ②選定された事業の実施結果や波及効果を評価する
- ③その他必要事項を検討する

2. 検討委員会の開催

(1)-1 事業者選定検討委員会

公募期間中（令和5年3月6日～4月10日）に応募のあった提案について評価項目を踏まえた審査設定基準に基づいて審査を行い、採択する案件を決定した。

【評価項目】

- ①事業実施者の適格性
- ②事業内容の妥当性・有効性
- ③事業実施計画の妥当性・効率性
- ④事業成果の波及効果
- ⑤需要側ニーズとの整合性

検討委員会の概要は以下のとおりである。

1) 開催日時：令和5年4月26日（水）13：30～17：00

2) 開催場所：林友ビル 6階会議室

3) 出席者

■委員

東京農工大学 名誉教授 服部 順昭（委員長）

セイホク（株）技師長 神谷 文夫

東京大学 名誉教授、木材・合板博物館長 佐藤 雅俊

■林野庁 木材産業課

課長補佐 熊谷 有理

住宅資材技術係長 原田 憲佑

住宅資材技術係 海野 太一

■事務局（日本木材輸出振興協会）

事務局長 吉野 示右

総括参与 井上 幹博

業務部 佐々木 央

業務部 大屋敷 恭範

4) 議事

(1) 事業と応募状況について

(2) 応募案件の審査

(3) 今後の進め方

(4) その他

5) 配布資料

資料1 検討委員会の委員

資料2 輸出先国の規格・基準等に対応した技術開発等支援事業の目的等と
検討委員会の役割

資料3 応募状況について

資料4 審査選定について

資料5 今後の進め方

別添資料1 事業のフロー図

別添資料2 公募案内

別添資料3 事業の応募状況

別添資料4 審査選定基準

別添資料5 委員の事前採点結果

6) 開催概要

事務局より本事業の内容と公募の応募状況について説明した後、服部委員長による議事進行で応募のあった5件の提案の審査を行った。

検討委員会における指摘事項、確認必要事項等に関して協会が事業者ヒアリングを行い、令和5年5月24日付けで協会ホームページ上に選定3事業者名と取組課題を公表した。

(1)-2 事業者選定検討委員会（再公募）

5月24日付けで協会ホームページ上に掲載の他協会会員企業・団体にメール配信を行うと共に日刊木材新聞5月30日号に広報記事を掲載し、広く木材関係事業者等への周知を図った。

公募期間は令和5年5月24日～6月23日であり、応募提案の審査について同年7月7日（金）10:30～12:00に前回と同じ手順で検討委員会を開催し、4件の提案の審査を行った。7月20日付けで選定1事業者名と取組課題を協会ホームページ上に公表した。

(2) 事業の進捗確認検討委員会

実施している4件の事業について、事業者から進捗状況等を会場で相対により報告してもらい、委員による質疑等を実施した。

検討委員会の概要は以下のとおりである。

1) 開催日時：令和5年10月25日（火）13:30～16:00

2) 開催場所：住友不動産 ベルサール九段4階 ROOM 3

3) 出席者

■委員

東京農工大学 名誉教授 服部 順昭（委員長）

セイホク（株）技師長 神谷 文夫

東京大学 名誉教授、木材・合板博物館長 佐藤 雅俊

森林研究・整備機構 森林総合研究所 平松 靖

■林野庁 木材産業課

課長補佐 熊谷 有理

住宅資材技術係長 原田 憲佑

■事務局（日本木材輸出振興協会）

事務局長 吉野 示右

総括参与 井上 幹博

業務部 佐々木 央

4) 議事

- (1) 助成事業の進捗状況等について
- (2) その他

5) 配布資料

- 資料 1 検討委員会の出席者
- 資料 2 助成採択事業一覧
- 資料 3 事業者の発表資料

6) 開催概要

4 件の事業について、各事業者から事業の進捗状況を 15 分程度に纏めて報告してもらい、その報告に対して委員が質問、コメント等を行った。

委員からのコメントを参考にして、事業活動の達成に向けた今後の取り組みをどのように進めるか各事業者と確認を行った。

次回は 2 月 8 日に実施事業の評価を行う。

(3) 事業評価検討委員会

実施している 4 件の事業について、事業評価を行うために、事業者から事業の達成状況と結果、事業成果の活用と課題等を会場で相対により報告してもらい、委員による質疑等を実施した。

検討委員会の概要は以下のとおりである。

- 1) 開催日時：令和 6 年 2 月 8 日（木）13：30～17：00
- 2) 開催場所：住友不動産 ベルサール九段 4 階 ROOM 3
- 3) 出席者

■委員

東京農工大学 名誉教授 服部 順昭（委員長）
セイホク（株）技師長 神谷 文夫
東京大学 名誉教授、木材・合板博物館長 佐藤 雅俊
森林研究・整備機構 森林総合研究所 平松 靖

■林野庁 木材産業課

課長補佐 熊谷 有理

■事務局（日本木材輸出振興協会）

専務理事 吉野 示右

総括参与 井上 幹博
業務部 大屋敷 恭範

4) 議事

- (1) 事業評価の方法について
- (2) 事業者からの報告
- (3) 事業評価の取りまとめ

5) 配布資料

- 別紙 1 検討委員会の出席者
- 資料 2 助成採択事業一覧
- 資料 3 事業者の発表資料

6) 開催概要

4 件の事業について、各事業者から事業の達成状況と結果、事業成果の活用と課題等を 20 分で報告してもらい、その報告について委員から 20 分間の質問、コメント及び助言をいただいた。

委員会での報告等を踏まえて、各委員は事業ごとに 3 つの評価項目（事業の達成状況、事業の効果、今後に向けた助言等）について、評価内容を記載し事務局に提出する。事務局はそれを事業ごとに取りまとめて、事業評価とする。

IV 実施団体の公募、採択結果

1 公募

輸出先国のニーズや規格・基準等に対応した製品開発や性能検査・実証を行う事業を募集し、優れた提案を選定するために、令和 5 年 3 月 6 日から 4 月 10 日まで別紙 1 の内容で公募を行った。

公募は一般社団法人日本木材輸出振興協会（以下「輸出協会」という。）及び一般財団法人日本木材総合情報センターのホームページに掲載するとともに、輸出協会の会員にメールで情報発信するなどの周知活動を行った。

公募の結果、5 件の提案の応募があった。

2 採択結果

応募のあった 5 件の提案を検討委員会で評価項目を踏まえた審査設定基準に基づいて審査を行った結果、3 件の提案が採択された。

3 件の採択された提案は、以下のとおりである。

- ① 海外の剣道場ニーズに合わせた『弾性剣道場床』の性能検査及び実証
(株式会社五感)
- ② 国産材を利用した韓国向け枠組壁工法用構造体の開発
(都築木材株式会社)
- ③ ベトナム適合型木造軸組構造モデルの技術開発と性能等の検証
(ライフデザイン・カバヤ株式会社)

事業の概要については別紙 2 のとおりである。

1-2 再公募

令和 5 年 3 月 6 日から 4 月 10 日までの公募及びその後の検討委員会の審査の結果、追加公募が必要となり、令和 5 年 5 月 24 日から 6 月 23 日まで、助成額（国庫補助額）25 百万円で再公募を行った。

公募は一般社団法人日本木材輸出振興協会（以下「輸出協会」という。）及び一般財団法人日本木材総合情報センターのホームページに掲載するとともに、輸出協会の会員にメールで情報発信し、日刊木材新聞 5 月 30 日号に広報記事を掲載し、広く木材関係事業者等への周知を図った。

再公募の結果 4 件の提案の応募があった。

2-2 採択結果

応募のあった 4 件の提案を検討委員会で評価項目を踏まえた審査設定基準に基づいて審査を行った結果、1 件の提案が採択された。

採択された提案は、以下のとおりである。

- ① 米国市場向け木製ガゼボ輸出キットの開発と性能実証
(ポラテック株式会社)

事業の概要については別紙 2 のとおりである。

令和 4 年度木材製品等の輸出支援対策のうち

輸出先国の規格・基準等に対応した性能検証等支援事業の公募について

一般社団法人 日本木材輸出振興協会

1. 事業の趣旨

2030 年に 5 兆円を目指す農林水産物・食品の輸出目標の実現に向け、林産物分野では、原材料で単価の低い丸太の輸出額が木材製品輸出総額の 4 割にものぼる近年の実態からのシフトチェンジを図ることが求められており、特に製材・合板等の付加価値の高い木材製品の輸出拡大を図っていくことが喫緊の課題となっています。

このため、本事業は輸出先国等のニーズや規格・基準等に対応した製品開発や性能検査・実証を行う取組についての提案を募り、具体的な輸出拡大につなげていくことを目的としています。

一般社団法人日本木材輸出振興協会は、本募集要領に基づき輸出先国のニーズや規格・基準等に対応した製品開発や性能検証等を行う事業（以下「事業」という。）を募集し、優れた提案を選定します。事業の実施に当たっては、別に定める輸出先国の規格・基準等に対応した技術開発等支援事業助成金交付規程（以下「助成金交付規程」という。）によりその経費の定額を助成します。

2. 公募する事業

提案される事業は、次の要件が考慮されていることが求められます。

- (1) 輸出先国のニーズや規格・基準等への対応を踏まえたもの
- (2) 付加価値の高い日本産木材製品の輸出拡大に資するもの
- (3) 事業成果に波及効果が期待できるもの
- (4) 提案した事業を令和 6 年 3 月 11 日までに完了できるもの

3. 応募資格

応募者は、民間団体等であって、以下の全ての要件を満たす者とします。

- (1) 木材の利用、輸出及び海外市場等に関する知見を有すること
- (2) 提案した事業活動を行う意思及び具体的計画を有し、活動の内容を的確に実施できる能力を有すること
- (3) 事業の実施に係る経理その他の事務について、適切な管理体制及び対応能力を有すること
- (4) 事業の実施状況・結果の利用を制限せず、公益の利用に供することを認めること
- (5) 日本国内に所在し、交付された助成金の適正な執行に関し、責任を負うことができること

4. 事業規模

事業規模は助成額（国庫補助金額）として全体で約 69,624,000 円を予定しています。

5. 公募期間

令和 5 年 3 月 6 日（月）～令和 5 年 4 月 10 日（月）17 時まで（必着）

令和4年度 輸出先国の規格・基準等に対応した性能検証等支援事業

	事業者	事業名	対象国・地域	事業内容	事業の効果	事業者の所在市町村
1	ライフデザイン・カバヤ(株)	ベトナム適合型木造軸組構造モデルの技術開発と性能等の検証	ベトナム	ベトナムに適合する木造軸組み構造モデルの設計・技術開発、現地のニーズや性能の適合性の実証により、スギやヒノキ等の日本産製材並びにそれらを使った集成材やCLTを活かした建築部材の輸出拡大、日本の木造建築技術や木造処理技術を活用した付加価値の高い木造建築の海外向け普及を目的とする。 ①現地ニーズ、現地行政に求められる耐久性、省エネ性、換気等の性能・基準に適合する「ベトナム適合型木造軸組構造モデル」を設計、開発する。 ②設計、開発した構造モデルをベトナム建設省の建築研究所に実証のため組立て、現地ニーズや要求性能への適合性評価・検証を行う。また、構造モデルは工事中、完成後も関係者には公開し、日本産木材製品、加工技術、木造建築技術の認知向上を図る。 ③現地で木造住宅を建設するための木造軸組技術標準の整備に必要な事項。検討方針、標準の内容構成、推進スキーム等を検討する。	本事業により、以下の効果が期待できる。 ①軸組構造モデルの実証組立て現地適合性の検証、評価が可能となる。 ②組立現場説明会やセミナーで構造躯体プレカット技術、施工方法等の日本技術をベトナムの建築関係者に説明し、軸組構法の認知度や理解度が向上し輸出拡大に寄与する。 ③軸組構法の特長の短工期、設計における自由性の実証で、ベトナムへのスギ、ヒノキ等の国産材製品の販路拡大が期待できる。 ④現地での構造モデル組立て現地大工に施工技術の教育が図れる。また現地の建築規格を定める建築研究所と連携することで、現地の木造建築標準の整備進展と軸組構法の普及拡大が期待できる。 ⑤ベトナムに適合した軸組構法の技術の波及効果で付加価値の高い日本産木材製品の輸出拡大が期待できる。	岡山県岡山市
2	都築木材(株)	国産材を利用した韓国向け枠組壁工法用構造体の開発	韓国	国産材と在来軸組工法用プレカット加工機を使った枠組壁工法構造体を開発する。床や小屋に金物工法で加工した梁材を使った耐震壁を考案し、その性能検証を行う。 また、開発耐震壁に関して国産材と韓国の一般流通材両方で構造体サンプルを作成し、その生産性を比較検討する。	韓国のツーバイフォー市場の設計現場や施工現場の実態を把握することができる。また、国産材ディメンションランバーと枠組壁工法用のプレカットが持つ韓国での市場可能性を検証することができる。	長野県伊那市
3	ボラテック株式会社	米国市場向け木製ガゼボ輸出キットの開発と性能実証	アメリカ合衆国	米国における大きなガゼボ市場に向けて、スギ等の国産材、プレカット加工技術、木材の確実な保存処理技術を活用したプレハブ式ガゼボの開発(仕様設計、試作、現地での組立、仕様・性能の現地適合評価・確認)は、重点輸出品目とされる製材等の重点対象国の米国に向けて輸出拡大に大きな意義を持ち、重要な取組であると考えられる。これらの重要性に加え、米国のガゼボ市場のポテンシャルを考慮し、日本産製材の輸出拡大を目的とする。	本事業の効果は以下のとおりである。 1. 米国における日本産材の高付加価値化 2. スギ等日本産木材の認知度向上及び販路創出 3. SDGsの観点から植林木集成材と保存技術による外構材の提案が可能 4. プレカット金物工法を取り入れた新たなマーケットの創造 5. キット化による汎用性向上 上記により我が国の木材製品の輸出拡大、国内森林・林業・林産業の発展に寄与する。	埼玉県越谷市
4	(株)五感	海外の剣道場ニーズに合わせた『弾性剣道場床』の性能検査及び実証	アメリカ合衆国他	スギ大径材を使用する剣道場床を世界に輸出するための性能検証を行う。現在特許申請中の『弾性剣道場床』を用いて、素足の剣道に適した弾力性、緩衝効果値、振動減衰力時間、滑り抵抗値などのデータを収集する。	本事業により得られるデータによって海外の床材、床構造に対する『弾性剣道場床』の優位性を数値で表し差別化を図り、海外提案をスムーズに行うこととスギ大径木の高付加価値輸出に役立つことが期待できる。また、床が原因で発生する剣士のケガや故障を未然に防ぐことにも役立つことが期待できる。	東京都江東区

V 実施団体による事業概要と成果

1 事業内容と成果

公募の後、採択された4件の事業は、以下のとおりである。

事業の実施は、採択後に事業者は助成金を受けるために交付申請書を提出し、輸出協会が審査し、交付決定を行う。事業実施期間は、交付決定日から令和6年3月11日までである。事業の目的と成果については、事業者が成果報告会で報告した成果物を掲載する。

- (1) ベトナム適合型木造軸組構造モデルの技術開発と性能等の検証
(ライフデザイン・カバヤ株式会社)
- (2) 米国市場向け木製ガゼボ輸出キットの開発と性能実証
(ポラテック株式会社)
- (3) 国産材を利用した韓国向け枠組壁工法用構造体の開発
(都築木材株式会社)
- (4) 海外の剣道場ニーズに合わせた『弾性剣道場床』の性能検査及び実証
(株式会社五感)

令和4年度林野庁
輸出先国の規格・基準等に対応した性能検証等支援事業

ベトナム適合型 木造軸組構造モデルの 技術開発と性能等の検証

成果報告会

令和6年3月5日

ライフデザイン・カバヤ株式会社

事業の概要

本事業は、国産材の輸出拡大、更には木造建築の海外への普及拡大を目的とし、ベトナム向け木造軸組構造モデルの設計・技術開発、現地のニーズや性能適合性の実証、並びに規格基準の整備と認知度向上に向けた活動となる。

【実施項目】

ア 現地適合型軸組構造モデルの設計

- ① 検討委員会の設置と開催
- ② 構造モデルの設計
- ③ 現地IBST による部材実験

イ 構造モデルの組立による適合性実証

- ① 現地と連携した構造モデルの組立と適合性評価
- ② 現地向け軸組技術標準整備に向けた取組

ウ 成果を活用したプロモーションと情報共有

- ① 構造モデルを活用したセミナー・見学会の開催
- ② 成果報告会の開催



◆IBST敷地内の軸組構造モデル

Vietnam Institute for Building Science Technology ベトナム建設科学技術所

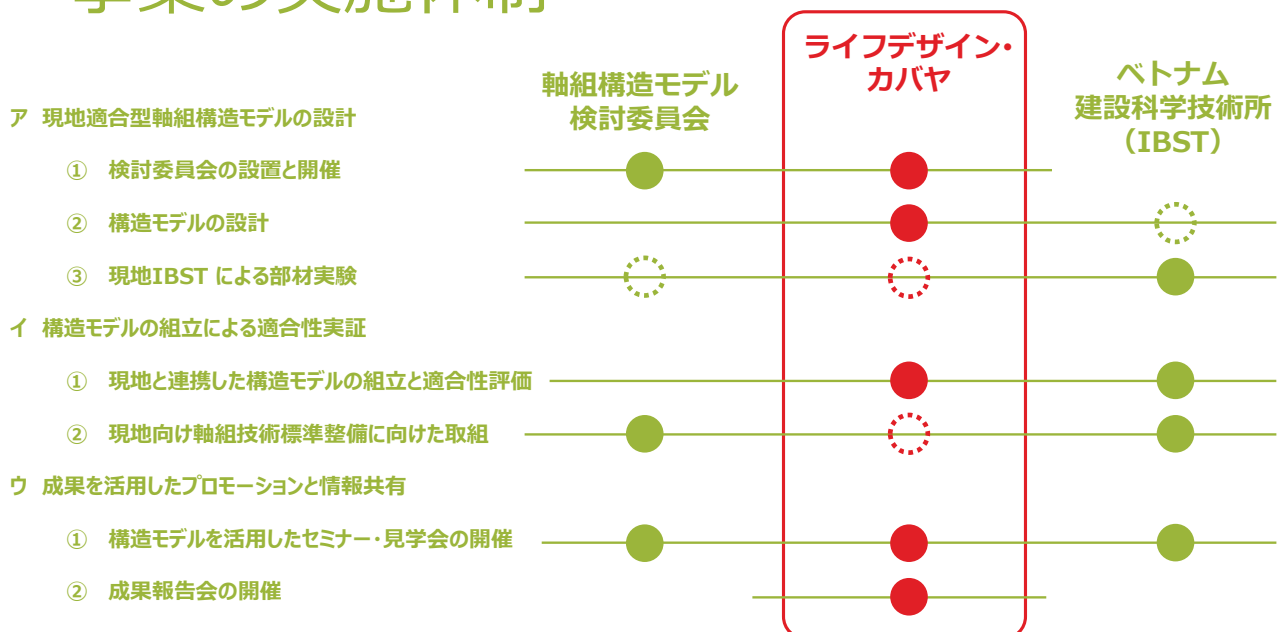
IBSTはベトナム建設省の傘下であり
建設業界における国家管理と
コンサルティングのための
主要な研究及びサービス機関。
主な任務は下記。

- ・ 科学技術の研究、**規制や基準の作成**
- ・ 建設、国家の重要な業務の国家管理
- ・ 建設コンサルティング
- ・ 投資プロジェクト
- ・ 材料、構造、設備の品質検査
- ・ 安全性、品質適合性の認定



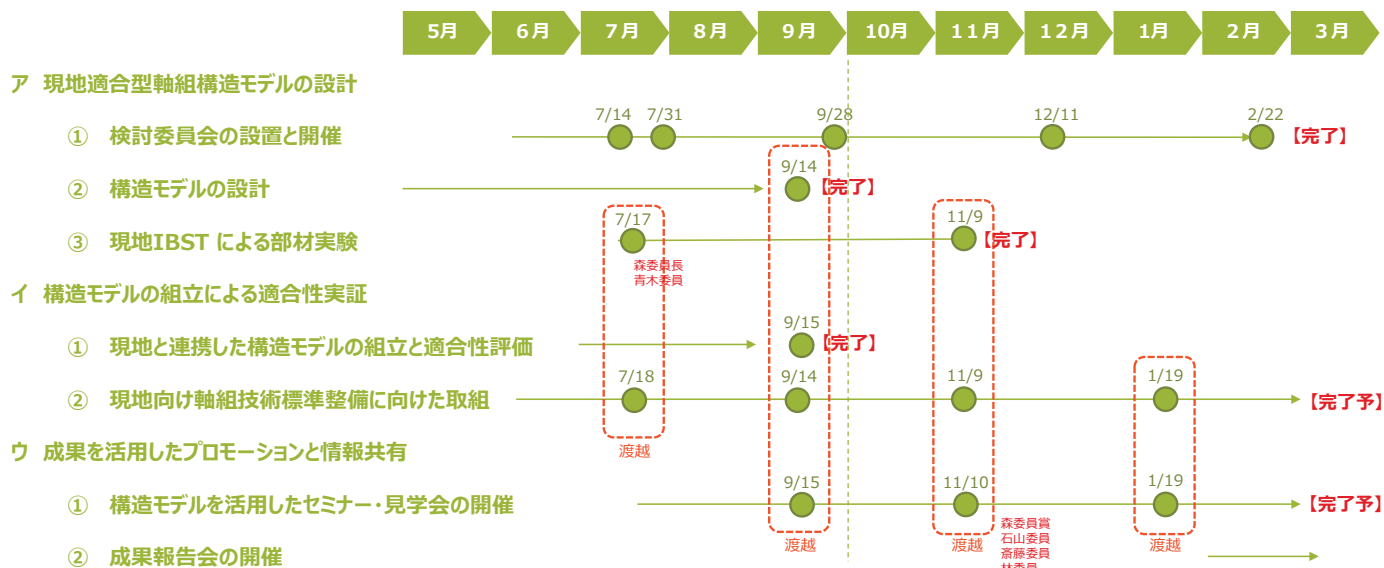
3

事業の実施体制



4

事業の進捗状況



5

事業の進捗状況

【実施事項 ア】 現地適合型軸組構造モデルの設計

① 検討委員会の設置と開催

- 委員の選定及び業務委嘱(6/12)
 - ・ 森准教授(広島大学)を委員長とし8名体制
- プレ委員会の開催(web/顔合わせ程度)(7/7)
- 第1回検討委員会の開催(対面/web)(7/14)
 - ・ 委員会の趣旨、課題、スケジュールの共有
 - ・ 現地向け木造建築基準整備の方向性
 - ・ 現地向け提案手引書の確認
- 第2回検討委員会の開催(web)(7/31)
 - ・ IBST会議及び木材実験の報告
 - ・ 11月講演向け木造概要論文について
- 第3回検討委員会の開催(web)(9/28)
 - ・ IBST会議及び木造モデル竣工の報告
 - ・ 木材実験の報告及び意見交換
 - ・ 提案手引書の進め方について意見交換
- 第4回検討会議の開催(web) (12/11)
 - ・ 手引書策定の来年度に向けての方向性
 - ・ 蒸暑地の含水率の検討について
- 第5回検討委員会の開催(web) (2/22)
 - ・ 今年度のまとめと今後の取り組み

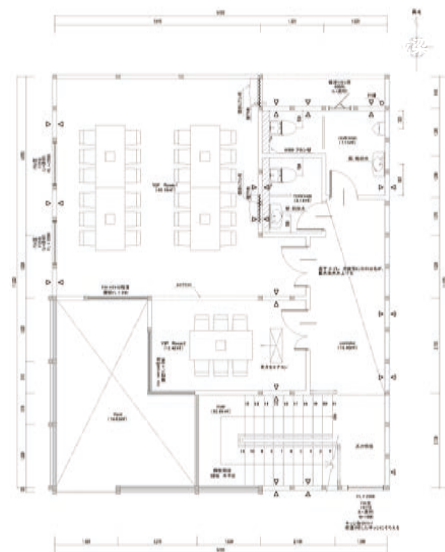
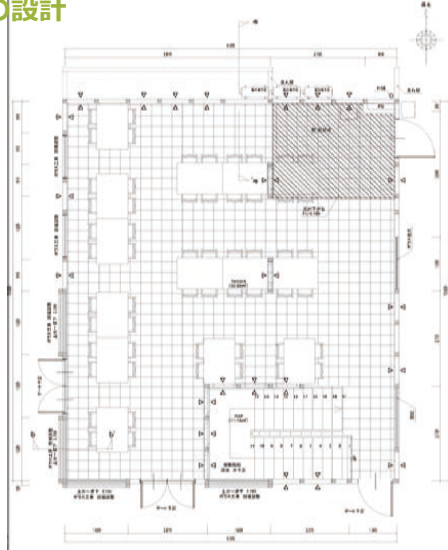
現地適合型軸組構造モデル検討委員会 委員構成			
氏名	所 属	職 名	
森 拓郎	広島大学 大学院先進理工系科学研究科	准教授	
青木 譲治	東京大学 大学院農学生命科学研究科	准教授	
恒次 祐子	東京大学 大学院農学生命科学研究科	教授	
齋藤 宏明	足利大学 工学部創生工学科	教授	
石山 央樹	大阪公立大学 大学院工学研究科	准教授	
林 英昭	静岡理科大学 理工学部建設学科	准教授	
馬 駿	ボラテック株式会社	取締役木材本部長	
杉目 勝也	BXカネシン株式会社	営業本部長	

6

事業の進捗状況【完了】

【実施事項 ア】 現地適合型軸組構造モデルの設計 ② 構造モデルの設計

- ◆意匠設計：IBST 構造設計：ライフデザイン・カバヤ
- ◆初期構造設計：簡易構造計算(壁量計算)
- ◆検証構造設計1：許容応力度計算(日本基準で計算)
- ◆検証構造設計2：ベトナム基準外力で許容応力度計算

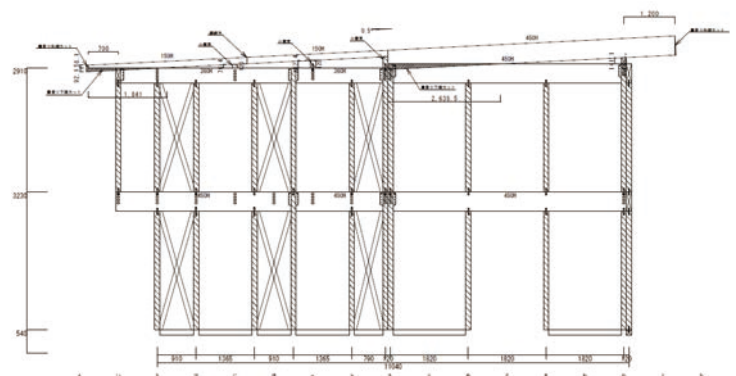
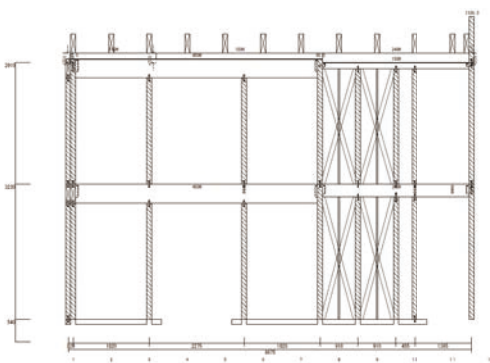


7

事業の進捗状況【完了】

【実施事項 ア】 現地適合型軸組構造モデルの設計 ② 構造モデルの設計

- ◆大きな開放的な空間とするためにスギ大断面集成材を多用
- ◆軒の出を強調するために登り梁にスギ大断面集成材を採用
- ◆構造部材の現し仕上げとするため部材寸法は意匠優先



8

事業の進捗状況【完了】

【実施事項 ア】 現地適合型軸組構造モデルの設計

③ 現地IBSTによる部材実験



- ◆ IBSTによる木材試験は、部材曲げ試験、部材せん断試験、接合部引張試験、接合部せん断試験の4通り
- ◆ 7/17検討会委員立会の下、試験方法及び判定基準の確認
- ◆ 7/17の試験体の一部は実験方法確認用のスギ製材を利用
- ◆ 8/31に残り試験体が第2便で到着、実験再開



9

事業の進捗状況【完了】

【実施事項 イ】 構造モデルの組立による適合性実証

① 現地と連携した構造モデルの組立と適合性評価



- ◆ 柱梁土台等構造部材は全てAZN乾式保存処理済のスギ集成材
- ◆ 日本国内で製造、プレカット、保存処理を実施、構造金物は現地取付
- ◆ 施工はベトナム側で入札によるIBST指定業者
- ◆ 日本側は構造設計と構造部材の提供及び建て方指導
- ◆ 構造金物取付を含め、建て方工期は7/11～7/15の4日間
- ◆ **IBST含めベトナム側の工期の速さに対する評価はかなり高かった**

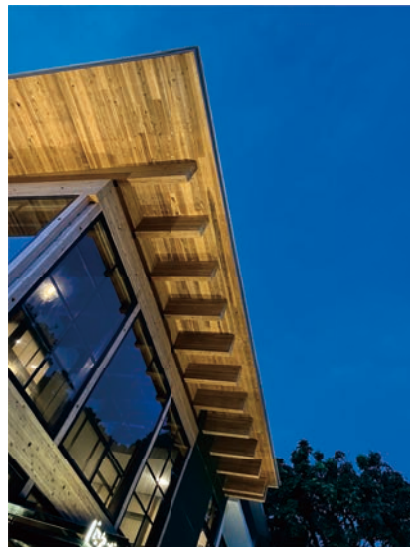
10

事業の進捗状況【完了】

【実施事項 イ】 構造モデルの組立による適合性実証

① 現地と連携した構造モデルの組立と適合性評価

- ◆ 内部吹抜け部分を構造設計段階で敢えて柱を抜き持出し構造にしたが、IBST側で竣工後ベトナム基準での載荷試験を実施し合格した
- ◆ 意匠設計段階からの軒の出を深くと提案しておりCLTを野地板に使用することで具現化した
- ◆ IBST側の要望として構造部材現しに拘ったが、仕上げはスギ集成材にオーク調の塗装仕上げとなった



11



事業の進捗状況

【実施事項 イ】 構造モデルの組立による適合性実証 ② 現地向け軸組技術標準整備に向けた取組

- 軸組構造モデル検討委員会で検討(7/14)
 - ・ 許容応力度計算も可能だが中国、韓国等で策定済みの簡易版が良い
 - ・ 木材の基準強度等はIBST側で検証・策定する
- IBSTに方向性の提示(7/17)
 - ・ 既存の韓国版木造軸組の手引書をベトナム版に見直す方針を提案
- IBST側から検討結果報告(9/14)
 - ・ 最初はマニュアルで運用し、時間を掛けてベトナム基準に上げたい
 - ・ ベトナムの建設マニュアルの構成は①木材②設計③施工④受入検査の4部構成
- マニュアルの基本事項すり合わせ(11/9)
 - ・ IBSTより予算、基本事項を詰めて実行リスト提示
 - ・ 内容を検討し来年度に向け調整を進める
- マニュアル策定の基本事項覚書締結(1/19)
 - ・ 材料強度に対する含水率の影響の検討を付加する
 - ・ 来年度実施事項の方針の覚書を締結

LDKからの提示

STT	Nội dung công việc	IBST	KAWA	Yêu cầu	Đầu vào	Thời hạn (Ngày)	Lưu ý
1	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		30 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.		Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
2	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		60 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	3	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
3	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		90 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.		Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
4	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		60 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	10	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
5	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		120 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	3	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
6	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		60 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	3	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
7	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		270 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	7	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
8	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		30 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.		Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
9	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		60 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	3	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
10	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		90 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.		Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
11	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		60 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	10	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
12	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		120 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	3	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
13	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		60 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	3	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
14	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		270 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	7	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
15	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		30 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.		Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
16	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		120 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	6	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
17	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		90 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.		Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
18	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		90 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	5	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
19	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		180 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	3	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
20	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		180 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	5	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
21	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		180 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	4	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
22	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		180 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	3	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
23	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		270 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	6	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
24	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		330 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	6	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.
25	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.	Y		360 ngày kể từ ngày ký hợp đồng.	Bản dự thảo tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ.	7	Thảo luận về tiêu chuẩn kết cấu khung gỗ theo yêu cầu của dự án và các quy định hiện hành.

IBST側の提示

13

事業の進捗状況

【実施事項 ウ】 成果を活用したプロモーションと情報共有 ① 構造モデルを活用したセミナー・見学会の開催

- IBST木造モデル竣工パーティー(9/15)
 - ・ ベトナムでの木造建築普及の意義とライフデザイン・カバヤの思いを映像で紹介
 - ・ 木造建築の特徴とIBSTの取組みと木造モデルの概要をIBSTが紹介
- 【来賓】 ベトナムコンクリート協会会長(元建設副大臣)
科学技術環境局長、科学技術環境副局長
国家検査局建設品質担当副局長
ベトナムJICA事務所代表、ジェトロハノイ首席代表
ベトナム建設コンサルティング公社 取締役会会長、副社長
第一キャピタル建設株式会社 取締役会長
- ベトビルド ハノイ 2023(9/20-24)
 - ・ ブース出展し、主に木造住宅のパネル、スギ集成材のプレカットサンプル等を展示
 - ・ 来場者数は4日間で218組
 - ・ 来場者に限ってという木造住宅の認知度は高く、評価も高い



14

事業の進捗状況

【実施事項 ウ】 成果を活用したプロモーションと情報共有 ① 構造モデルを活用したセミナー・見学会の開催

- 日越国交50周年記念事業(9/15-3/31)
 - ・ IBST木造モデル公開事業として登録、公開
- ハノイ建設大学での特別講義(11/9)
 - ・ ベトナムでの木造建築の可能性をテーマに3講座を実施
 - ・ 木質構造の可能性 広島大学 森准教授(委員長)
 - ・ 木質構造の耐久性 大阪公立大学 石山准教授(委員)
 - ・ 環境制御による木造建築の優位性 足利大学 齊藤教授(委員)
- IBST創立60周年記念国際科学会議で基調講演(11/10)
 - ・ 世界各国より100名以上の技術者が参加
 - ・ 森准教授及びLDK社長窪田による木造をテーマに基調講演
 - ・ 基調講演配布冊子に講演骨子のミニ論文を投稿
 - ・ ベトナム建築業界論文に活動報告論文を投稿
- IBST創立60周年記念式典会場にブース出展(11/10-17)
 - ・ 軸組モデルと住宅展示場のパネル展示
- ベトナム建築系企業へのアプローチ(1/19-20)
 - ・ VNCC社(大手ゼネコン)、RSP社(大手設計事務所)訪問
 - ・ 住友商事現地合弁会社訪問(北ハノイスマートシティ開発)

ハノイ建設大学特別講座

国際科学会議

北ハノイ
スマート
シティ
計画

15

The Role of Wooden Architecture in Sustainable Societies in Vietnam

Kentaro Kubota¹, Takao Mori², Kenji Asaki³, Yoko Tsunetsugu⁴, Hiroaki Sato⁵, Hiroaki Ishiyama⁶, Hiroaki Hayashi⁷
¹ President, Life Design Kubota Co., Ltd. Email: k.kubota@lkc.co.jp
² Doctor of Engineering, Hiroshima University Graduate School of Advanced Science and Engineering, Email: mori@hiroshima-u.ac.jp
³ Doctor of Agriculture, The University of Tokyo Graduate School of Agricultural and Life Sciences, Email: asakikenji@ag.az.k.u-t.ac.jp
⁴ Doctor of Engineering, The University of Tokyo Graduate School of Agricultural and Life Sciences, Email: ytsunetsu@ag.az.k.u-t.ac.jp
⁵ Doctor of Engineering, Aichi University Graduate School of Engineering, Email: sato@u-aichi.ac.jp
⁶ Doctor of Engineering, Osaka Metropolitan University Graduate School of Engineering, Email: shiratsufu@omu.ac.jp
⁷ Doctor of Engineering, Shizuoka Institute of Science and Technology Faculty of Science and Technology Department of Architecture, Email: hayashi.hiroaki@stt.ac.jp

ABSTRACT: Constructed with sustainable materials, wooden buildings are attracting attention for their potential contributions to maintaining and preserving the environment and reducing the environmental burden. Further, raw wood material is renewable and recyclable based on sustainable forest management and can absorb and store carbon dioxide during its growth and use. The potential of wooden architecture in Vietnam is discussed from the perspective of culture, earthquake resistance, durability, fire prevention, and energy conservation, and also its contribution to the local economy.

KEYWORDS: wooden architecture, earthquake resistance, durability, fire resistance, energy saving, carbon fixation, construction

TÓM TẮT: Được xây dựng từ vật liệu bền vững và có công nghệ thân thiện với môi trường, IBST, chúng tôi đã giới thiệu cách xây dựng bền vững và có thể tái chế dựa trên quản lý rừng bền vững và có thể hấp thụ và lưu trữ carbon dioxide trong quá trình sinh trưởng và sử dụng. Khả năng của kiến trúc gỗ ở Việt Nam được thảo luận từ góc độ văn hóa, khả năng chống động đất, độ bền, khả năng ngăn cháy, tiết kiệm năng lượng và đóng góp của nó đối với nền kinh tế địa phương.

TỪ KHÓA: Kiến trúc gỗ, khả năng chống động đất, độ bền, chống cháy, tiết kiệm năng lượng, cố định carbon, xây dựng

1. Introduction

Vietnam's first UNESCO World Heritage Site, the Complex of Hue Monuments, and Japan's first, the Buddhist Monuments in the Horyu-ji Area (Figure 1), were both entered in the UNESCO World Heritage List in 1993. Since that year, many other wooden

buildings in Asia have likewise made it onto the UNESCO World Heritage List. It has thus been 30 years since the value of the wooden architectural culture in Vietnam and Japan started receiving wide recognition around the world.

Of the remains that we can see today, the Bai Dinh Pagoda (Chùa Bái Đính, Thanh Hóa, Hà Nội), the Dao Temple (Chùa Đạo, thôn, xã, huyện, tỉnh, Hà Nội), the Dinh Tay Thang (Đình Tây Đằng, Hà Nội), the Dinh Tay Thang (Đình Tây Đằng, Hà Nội), and other buildings that have weathered hundreds of years

of exposure to the elements can be found in various parts of Vietnam. The deep, mansard-style, tiled roofs, clay chimneys, and traditional houses served as traditional Vietnamese community or all used to be made of wood. It is known that not the Viet people (Kinh, Việt) but many ethnic groups in Vietnam have their own unique culture of wood architecture. Vietnam is rare in a global context as a very diverse wooden architectural culture.

While influenced by the wooden architecture successive Chinese dynasties since ancient Vietnam gradually cultivated its own architectural culture owing to differences in vegetation and climate, which is a feature it has in common with Japanese traditional architectural culture. At the same time, despite the origins of wooden buildings in Vietnam and Japan from a similar civilization and technology, there are surprising differences in architectural expression, with a relationship like that of: who share a common ancestor.

With the introduction of Japanese architecture to Vietnam, we would like to prepare has been done in this project, what we want to challenge of spreading wooden architecture in Vietnam in the future.



Figure 2. IBST wooden model construction. In parallel with this project, we are promoting industry-academia collaboration with the Hanoi University of Civil Engineering. This study is a joint research project on the production and use of wood and their strength characteristics.

3. Wooden Model Construction

The wooden model construction, we constructed for this project used the "timber post and beam construction method." A "post and beam construction method" involves putting together a framework with elongated straight members such as posts, sills, and beams as well as fixing the bearing panel materials and bracing to make a structure that resists both vertical and horizontal forces such as wind pressure and seismic force. More than 70% of wooden houses built in Japan are built using this method, making it the mainstream architectural construction method even for large wooden buildings.

The wood used includes glued laminated timber (GLT), construction plywood, and CLT as specified in the Japanese Agricultural Standards, all of which are high-quality wooden materials that ensure strength and durability. The glued laminated timber and CLT were made of Japanese cedar, which is the most plastic wood in Japan (Table 1).

Moreover, metal joints were used to connect wooden materials that pre-cut wood (Figure 3). The performance evaluations. In addition, installing glued laminated timber, which is a new material in Vietnam,

and joints using it, IBST conducted the evaluations in order to verify their performance (Figure 4).



Figure 3. Example of metal joint (BX Joint).



Figure 4. Shear failure test of metal joint. Furthermore, the wooden model based on Japanese building standards (Vietnamese building standards) building standards are needed 10 times values as Japanese and internal standards when it comes to wind resistance. Thus, the earthquake performance sufficiently satisfy Vietnamese

standards when it comes to wind resistance. Thus, the earthquake performance sufficiently satisfy Vietnamese

standards when it comes to wind resistance. Thus, the earthquake performance sufficiently satisfy Vietnamese

For this wooden construction model, moisture control methods for Japanese wooden houses were modified and incorporated by taking into account Vietnam's climate conditions.

1) Roof: A pitched roof is used to prevent rainwater from stagnating on horizontal plane, and a gutter is provided to prevent rainwater affluence to the outer surface of vertical walls by flowing down from the roof edge. By having an overhang with a length of more than 1,000 mm, direct rain impact on the outer surface of the walls is reduced (Figure 5). For waterproofing, not only regular roof tile but also asphalt roofing with adequate sealing around eaves is applied to the upper surface of the roof board as a secondary waterproofing layer.



Figure 5. Eaves of the IBST wooden model. 2) Exterior walls: The exterior system uses a dry construction method with cement boards. As with the roof, asphalt felt is placed on the outside of the base exterior wall, and double waterproofing layers for preventing rain penetration into the inner layer of the secondary waterproofing layer are taken to the waterproofing layer to drain rainwater cavity is reached the back of the exterior material and to avoid moisture penetration into the inside of the secondary waterproofing layer by pressure equalization effect

3) Measures to prevent condensation (both exterior walls and roof): Assuming use of air conditioning system (cooling device), it is necessary to prevent internal condensation caused by the installation of insulation materials on the inside of the sheathed wall and ceiling. For this wooden construction model, prevention with a secondary waterproofing layer to prevent internal condensation and vapor diffusion in the layer of the wooden materials, arising from moisture sources in the outdoor air. Moreover, an internal vented wall was employed in the interior of the external walls and roof to ensure a dehumidification effect from the air conditioner (Figure 7).

3.2.1. Moisture Control in Buildings In terms of ensuring the durability of the construction, the main difference between concrete structures is ensuring dryness. Unlike concrete, wood materials induces wood attack, significantly reducing its life span. As a countermeasure, it is easier to adopt for waterproofing moisture penetration into the layer of the materials must be avoided at all costs.

3.2.2. Moisture Content of the Wood Material The basic moisture content of wood is internationally established at 12%. However, since this varies depending on the environment, various performance values need to be determined based on actual moisture content. Looking at the production of

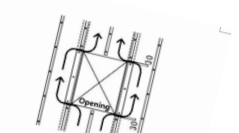


Figure 6. Example outer vented cavity. 3) Measures to prevent condensation (both exterior walls and roof): Assuming use of air conditioning system (cooling device), it is necessary to prevent internal condensation caused by the installation of insulation materials on the inside of the sheathed wall and ceiling. For this wooden construction model, prevention with a secondary waterproofing layer to prevent internal condensation and vapor diffusion in the layer of the wooden materials, arising from moisture sources in the outdoor air. Moreover, an internal vented wall was employed in the interior of the external walls and roof to ensure a dehumidification effect from the air conditioner (Figure 7).

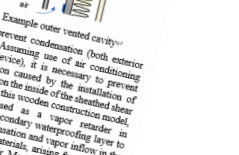


Figure 7. Secondary waterproofing layer and ventilation layer. 3.2.2. Moisture Content of the Wood Material The basic moisture content of wood is internationally established at 12%. However, since this varies depending on the environment, various performance values need to be determined based on actual moisture content. Looking at the production of

16

当事業の達成度と評価

【実施項目】

ア 現地適合型軸組構造モデルの設計

- ① 検討委員会の設置と開催
- ② 構造モデルの設計
- ③ 現地IBST による部材実験

イ 構造モデルの組立による適合性実証

- ① 現地と連携した構造モデルの組立と適合性評価
- ② 現地向け軸組技術標準整備に向けた取組

ウ 成果を活用したプロモーションと情報共有

- ① 構造モデルを活用したセミナー・見学会の開催
- ② 成果報告会の開催

【達成度評価】

120%

構造モデル設計では現地基準で安全評価できた。
国産木材の現地での部材試験では検討委員会指導の下、IBST独自で試験方法及び材料強度把握ができたことは大きい。

100%

日本の木造軸組構法の施工性、居住性を実証でき、技術基準整備に向けての実施項目を明確にできた。

120%

検討委員会委員による講義講演、論文発表、IBSTによる公開・アピールは認知度向上には想定以上の効果を生んだ。

17

当事業の今後の課題と対策

【実施事項 イ】 構造モデルの組立による適合性実証

② 現地向け軸組技術標準整備に向けた取組

- IBSTでの手引書策定のめどは立ったが納期は1年半後
 - ・ 来年度の取り組みとして進めるが年度内に完了しない
 - ・ 正式契約調印までもう少し内容を詰めることができるかがkey

□ 建築物の規模、用途を低層戸建/集合住宅に絞り納期を早める

【実施事項外】 手引書作成迄では木造建築実績にならない

- 早期実案件の創出
 - ・ 規格基準のめどは立つが実案件が出てこないと次に結びつかない
 - ・ 手引書或いは規格・基準策定までも実案件の実績が欲しい

□ デベロッパー系、デザイン事務所系へのアプローチを並行して進める



18



報告は以上です
有難うございました

米国市場向け木製ガゼボ 輸出キットの開発と性能実証

ポラテック株式会社
木材本部
馬 駿

1

目 次

1. 事業の目的と背景
2. 事業の実施内容
3. 輸出キットの商品開発
4. 現地説明会及び成果

2

●ニーズ検証・確認

スギ等の国産材、プレカット加工技術、木材の確実な保存処理技術を活用したプレハブ式ガゼボの開発(仕様設計、試作、**現地での組立、仕様・性能の現地適合評価・確認**) ⇒ 輸出拡大に大きな意義を持つ

●技術性アピール

一般住宅建築物や公園・休憩施設等の非住宅建築物の外構部に設置可能の新型木製ガゼボを設計・開発、製作する。

木製ガゼボに必要⇒高いデザイン性、耐久性能、現場施工効率の向上並びにその他関連成果

●脱炭素及びSDGs取組

日本国産スギ⇒ 付加価値の高い木製ガゼボ⇒ 米国市場

3

●無垢材の製品

耐久性、自然な風合い、天然木の独特の香り、吸湿性や通気性の良さ、健康に良い、環境汚染がない等⇒建築資材としてのアピール

●アウトドア活動

アウトドアレジャーやエンターテインメント活動に対する人々の需要が高まっている。米国の気候条件と文化により習慣化 ⇒ 木製ガゼボの需要の裏付け

●地政学の影響から生まれた市場アクセスチャンス

中国⇔米国 > 日本⇔米国

日本国産杉は高品質で、且つ米国においてフェンス材等において**認知度があり**、市場開拓に有利である。

4



5

目 次

1. 事業の目的と背景
2. 事業の実施内容
3. 輸出キットの商品開発
4. 現地説明会及び成果

6

ア 国産材利用のガゼボ輸出キットの設計と試作

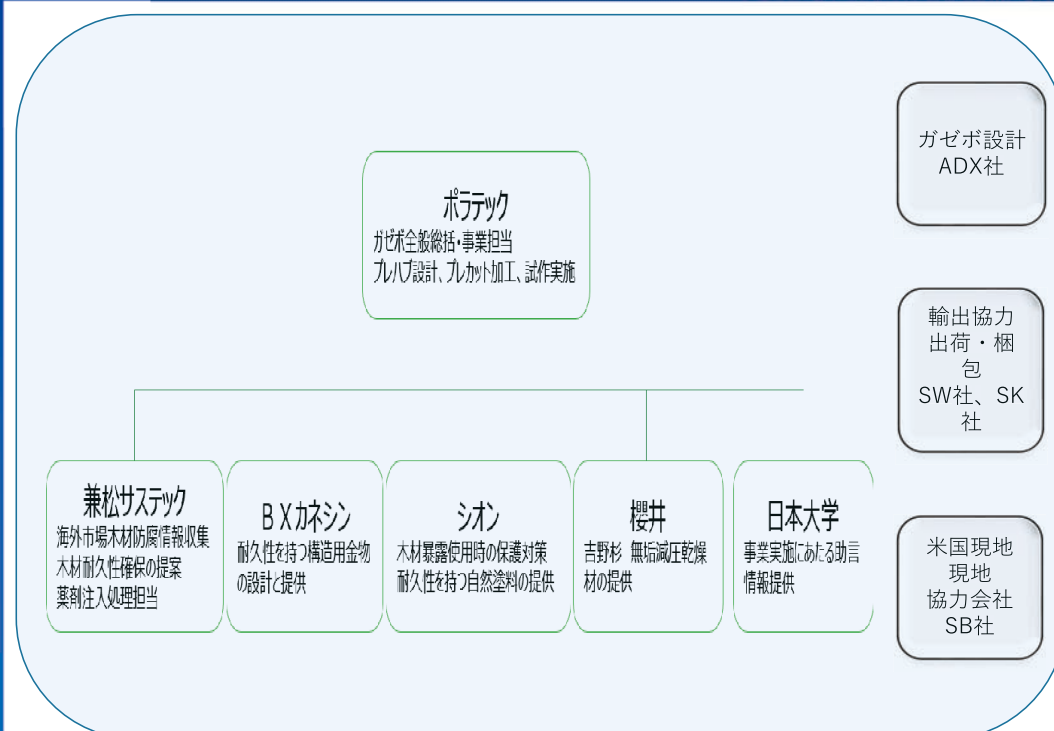
- ・「米国向け木製ガゼボ輸出キット開発」検討委員会の開催
- ・ガゼボ輸出キットの性能等満足条件の設定と仕様設計
- ・ガゼボ輸出キットの施策と組立マニュアルの整備

イ 開発したガゼボの米国ニーズと性能要求の適合性の実証と評価

- ・米国におけるガゼボの実証組立
- ・組立見学説明会の開催と現地関係者による評価の調査
- ・性能・仕様の実証結果と評価調査結果のフィードバック

ウ 実施報告書の取りまとめと情報共有

7



8

実施スケジュール

	2023 年							2024 年		
	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
開発検討委員会開催			○		○		○	○		
キットの設計と試作				○	○					
仕様と組立マニュアル作成					○	○	○			
現地組立実証								○		
見学説明会								○		
成果報告会での報告										○

目 次

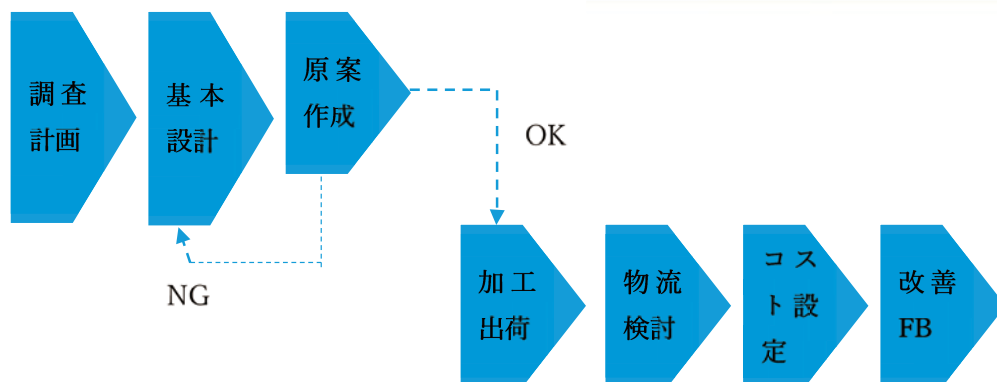
1. 事業の目的と背景
2. 事業の実施内容
3. 輸出キットの商品開発
4. 現地説明会及び成果

商品&市場戦略	既存商品	新規商品
既存市場	市場浸透戦略 (既存商品で既存市場を拡大させる⇒商品市場占有率)	新商品開発戦略 (新商品を既存市場へ投入する)
新規市場	新市場開拓戦略 (既存商品を新市場に投入する拡大戦略⇒ <u>新市場開拓</u>)	チャレンジ戦略 (新商品を新市場へ投入する⇒ 差別化 で <u>新顧客層を作る</u>)

技術Technology × 芸術Art = 差別化

11

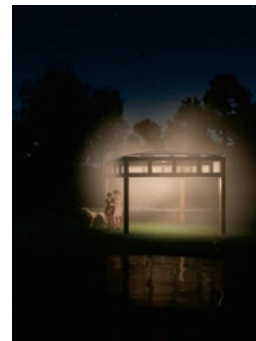
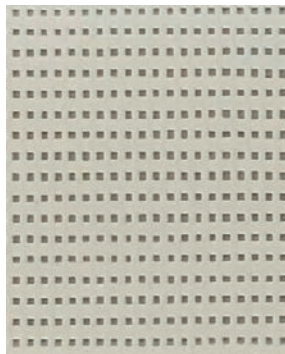
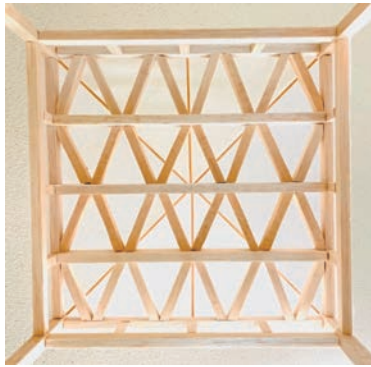
6カ月の戦い



委員会検討+外部有識者ヒヤリング+設計等外部協力者支援

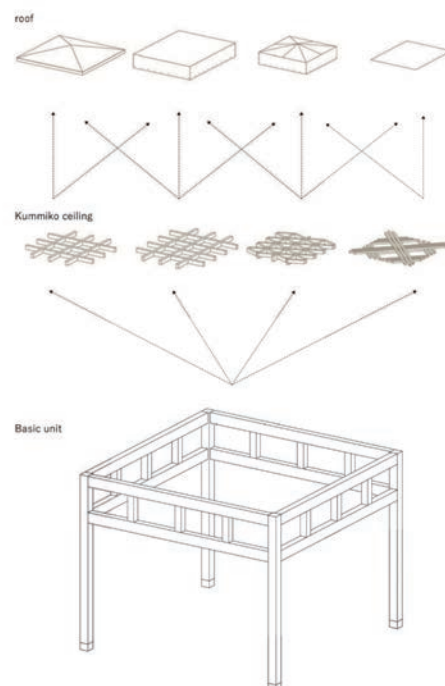
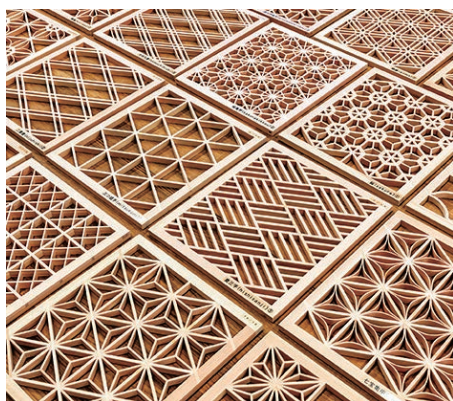


12



13

共通フレーム
+
組子天井



14

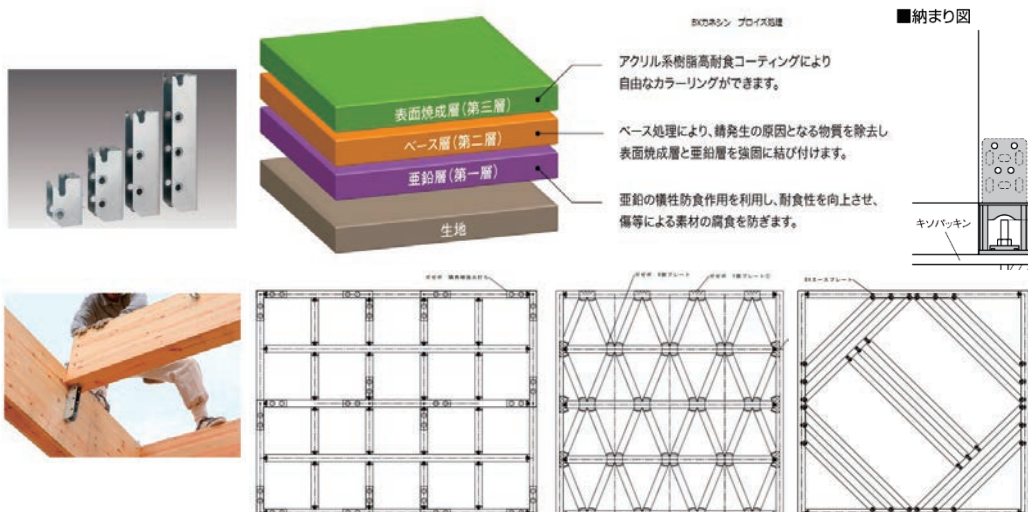


15



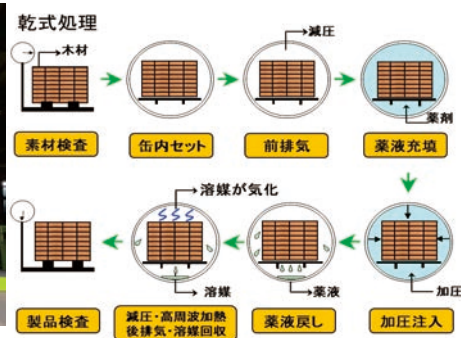
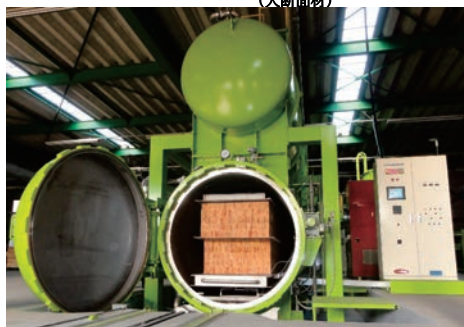
- 吉野杉減圧乾燥無垢材
- 背割れなし
- 150mm柱、120mm幅 梁・桁
- 45mm垂木羽柄材等

16



- プロイズ処理
- 高耐力柱脚PSBP-45（カバー付き）
- 隅部補強金物/XYプレート/DP-2 背割りプレート
- テント生地メッシュ 防炎・UVカット・遮熱

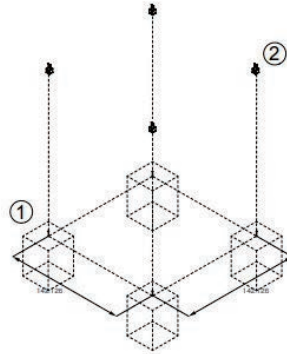
17



- 注入前後寸法変化無し
- 水を使用しない加圧処理
- 薬剤無色透明、基材色味保持
- 雨や湿気でも薬剤溶脱しない
- 金属腐食性なく、安全性が高い

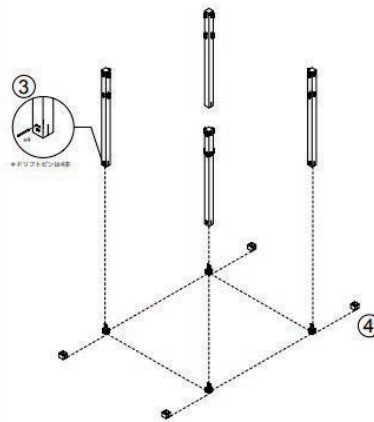
18

C-1 柱脚金物の設置



手順
①アンカーを埋め込んだ独立基礎を設置する。
※基礎の幅は200mm。
※アンカーボルトサイズ：M16
※参考埋め込み深さ：270mm-290mm（アンカーボルトの立ち上がり50-60mm（PZ-FA-16-37を使用した場合））
②アンカーボルトに柱脚金物PZ-PA-45（4箇所）を接続する。
※隅金金物を忘れずに取り付けると。

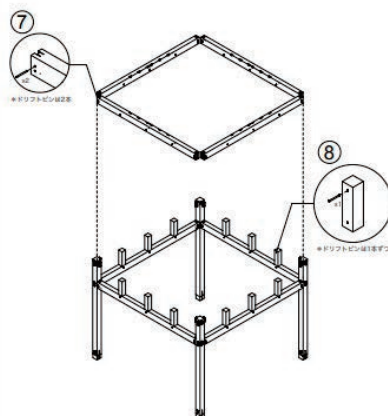
C-2 柱の取り付け



手順
③柱脚金物へ柱を乗せ、ドリフトピン（各4本）を打ち込んで固定する。
※ドリフトピンは120mmのものを使用する。（PZ-CP-118）
※ドリフトピンの打ち込みは密で密で密で行い、柱に揺がつかないように注意する。
④柱脚金物にナバーを取り付ける。
※ビスで固定
※ナバービットを使用

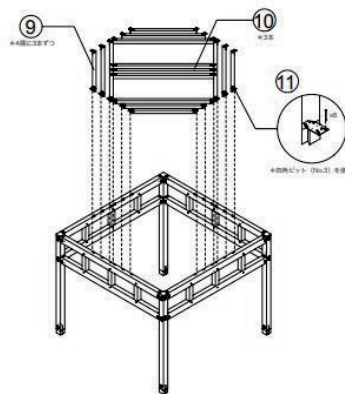
21

C-5 梁（2段目）の取り付け



手順
⑦柱の梁受け金物に乗せ、ドリフトピン（各2本）を打ち込んで固定する。
⑧梁をドリフトピン（上1本）を打ち込んで、梁（2段目）と固定する。
※ドリフトピンは120mmのものを使用する。（PZ-CP-118）
※ドリフトピンの打ち込みは密で密で密で行い、柱に揺がつかないように注意する。

C-6 組子天井（1段目）の取り付け



手順
⑨4本の組子材（各計12本）をはめ込む。
⑩中央の組子材を（3本）はめ込む。
⑪組子材の両端に角材プレート（DP-2）を取り付ける。
※四角ビット（No.3）を使用

22

目 次

1. 事業の目的と背景
2. 事業の実施内容
3. 輸出キットの商品開発
4. 現地説明会及び成果

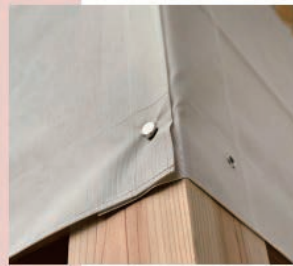
23

VAZEBO-A現地写真

VAZEBO TYPE A



24



25

VAZEBO TYPE B



26



27



**VAZEBO
TYPE C**



28



29

VAZEBO
TYPE D



30

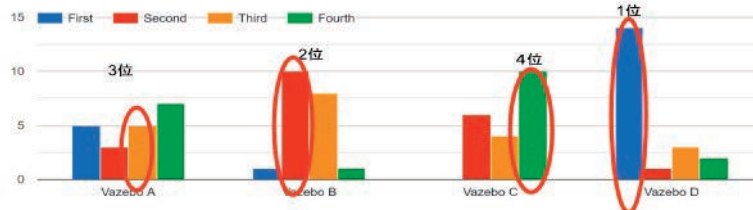


31

VAZEBOアンケート分析-1

① Please rank the four types of Vazebos first to fourth. Multiple answers cannot be selected in one column or row.

ガゼボランキング



TYPE A



TYPE B



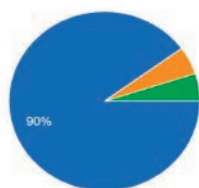
TYPE C



TYPE D

② Vazebo size Basic frame 12.0ft(W)x12.0ft(D)x9.5ft(H) If you have preferable size, please indicate it in "その他(meaning Other)" box. ガゼボサイズについて

20 件の回答



● Good
● Not Good
● 10ftx10ftx8ft (to the lower beam)
● Needs to be customizable

ほぼ良いが、一部カスタマイズや梁のサイズを下げる回答有

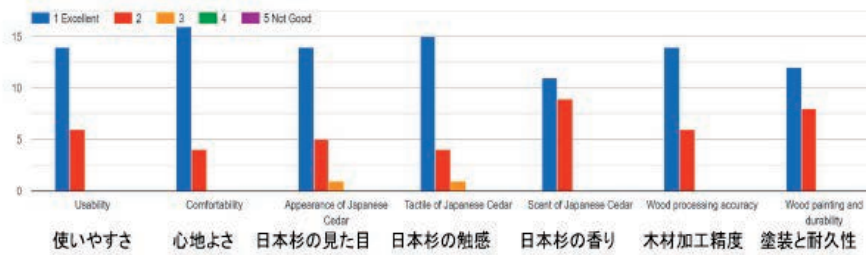
32

VAZEBOアンケート分析-2

進化する No.1 PRE-CUT SYSTEM by POLLUS-TEC

③ Using a scale of 1 Excellent to 5 Not Good, please rate the following aspect of Vazebo.

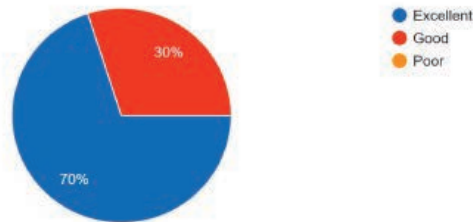
ガゼボについて



④ Explanation of the preservative performance of wood. If Other, please select "その他."

20 件の回答

木材の防腐性能の説明について



33

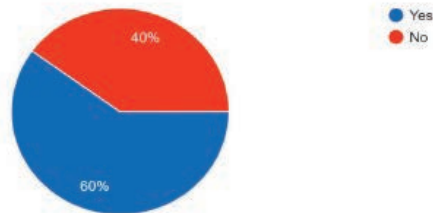
VAZEBOアンケート分析-3

進化する No.1 PRE-CUT SYSTEM by POLLUS-TEC

⑤ Is it okay to just paint without preservative?

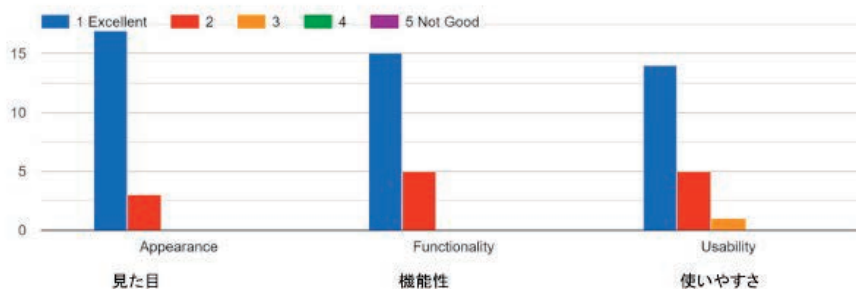
20 件の回答

防腐せず塗装だけでよい



⑥ Using a scale of 1 Excellent to 5 Not Good, please rate the following aspect of hardware.

金物について



34

褒め言葉：

- ① フレームの自由性、拡張性(環境に応じる変化と調和)
- ② セレクト杉の艶と木目に称賛
触感と淡い匂い、無垢柱と無垢梁の重厚感も加算点
- ③ プレカット加工の精確さ、木材部品加工の工業化
- ④ 金物と構造の外観フィット、強固な作りに安心感
- ⑤ 施工スピードに驚く
- ⑥ 現場ゴミがない⇒エコフレンドリー
- ⑦ 表面保護塗料のにおいがなく、色のバリエーション
今後設置環境とのマッチング

35

改善示唆：

- ① 現場調整の無くし リードタイム
- ② 仕口形状
- ③ ガゼボサイズ、柱・梁 部材寸法の選定
- ④ 金物設計
 - ◆柱脚金物スリット・ピンand/orパイプ・カバー
 - ◆フレーム特殊金物種類削減
 - ◆構造ビス割れ防止
- ⑤ 防腐・塗装 オプション設定の必要性
- ⑥ 施工手順書の充実
- ⑦ ADU(Accessory Dwelling Unit)への構造展開

36

ご清聴ありがとうございました



国産材を利用した韓国向け 枠組壁工法用構造体の開発

- ① 企画の背景と目的
- ② 企画の概要
- ③ 韓国式耐力壁の性能検証
- ④ サンプル小屋の組立と講習会
- ⑤ まとめと現地の評価

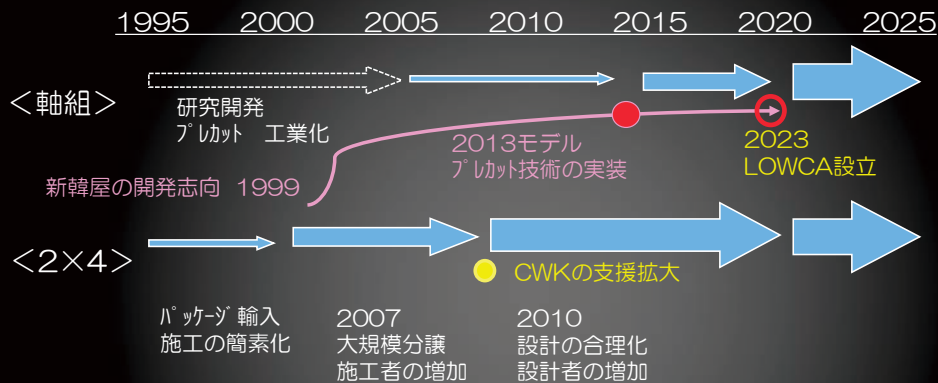
都築木材(株)
松本支店 園田真吾

1. 企画の背景と目的

1. 近年の木造の歴史

3

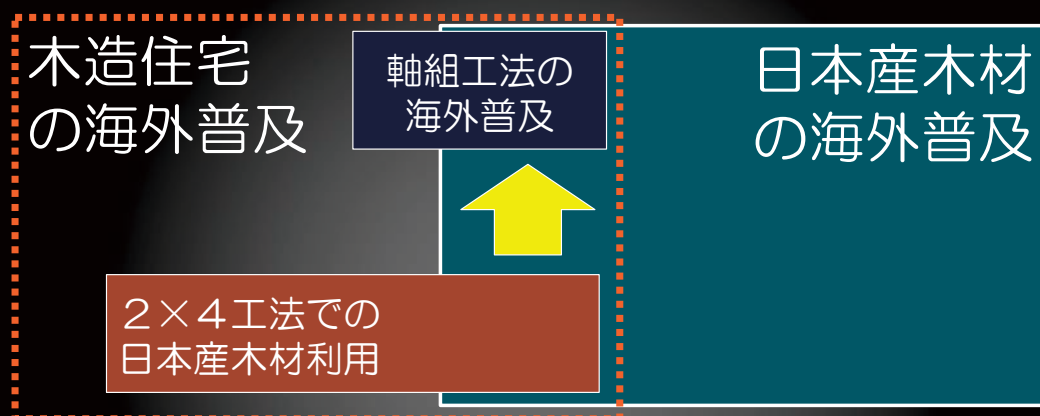
全体の流れ



- ・ 軸組構法も2×4構法も導入の着手時期としては同じ。
- ・ これまでは、CWKの強力な支援により2×4構法が、現状木造住宅のスタンダード。シェア 約90～95%
- ・ プレカットを使った軸組工法の認知は広がりつつあるが、
①サプライチェーン ②価格 ③設計 以上がボトルネック

1. 基本的な考え方

4



- ・ 市場が大きい2×4工法において日本産材を利用してもらう
- ・ 軸組工法への挑戦意欲を促進する

- ①サプライチェーン → 安価な加工設備、日本との分業可能性
- ②躯体価格 → 安価な現地材も使用 2×4の1.5倍が目安
- ③構造設計 → 現状のツーバイフォー設計を改良

1. 韓国の木造住宅の特徴 1

5

南面には、約3000mmの大開口サッシュを使用することが多い。



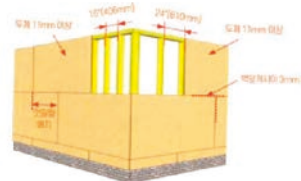
1. 韓国の木造住宅の特徴 2

6

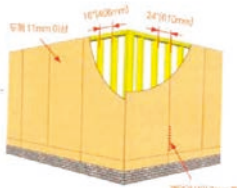
2. 벽골조

2.9. 벽돌개의 설치 방법

2.9-1. 전단벽체의 시공 간격과 벽돌개 설치(BC 2308 9.3., GTP 8-15)

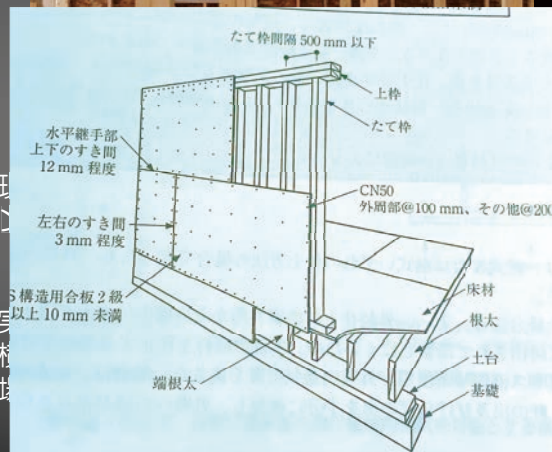


【스터드 방향의 적각시공】



【스터드 방향의 평행시공】

現地の施工マニュアル抜粋



日本の大臣認定 壁倍率1.5倍仕様（構造用合板）
一桝組壁工法住宅工事仕様書2023年版よりー

1. 企画の目的

7

サプライチェーン

- ① 2×4の構造体を、汎用性のある軸組プレカット技術の一部利用しながら生産する

サプライチェーン 構造設計

- ② 現地の既存の方法を大きく変更させず、耐力壁の性能を向上させる

構造設計

- ③ 同上の、構造体を現地で組立て、現地有識者と意見交換を行う

躯体価格

- ④ 同上を利用した構造体の、事業性（コスト）を検証する

2. 企画の概要

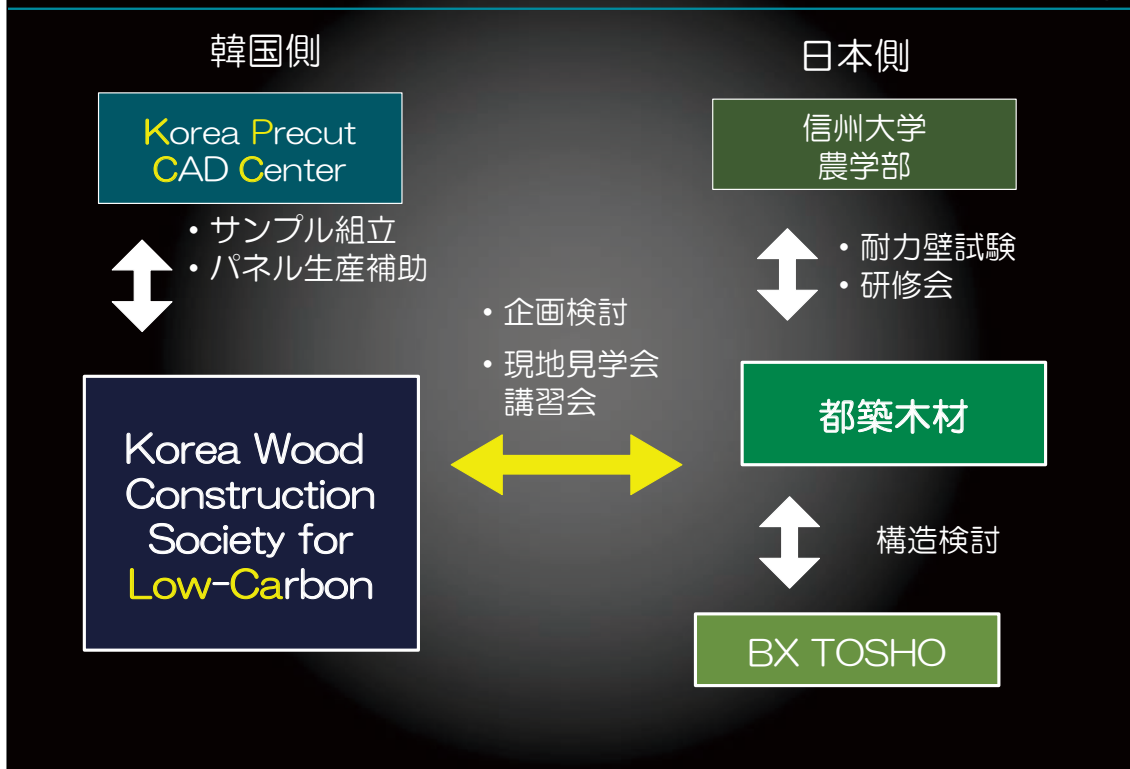
2. 実施した内容

9

1. 現状の韓国式耐力壁の性能検証
2. 1. を利用した、現状の2×4住宅の構造体の検証と、改善案の検討
3. 2の改善案を取り込んだ、軸組プレカット加工機を使った2×4構造体の製作と現地見学会の実施
4. 事業性の検討

2. 実施体制

10



3. 韓国式耐力壁の性能検証

3. 試験の概要

12

- | | |
|--------|--|
| ①試験場所 | 長野県林業総合センター（塩尻市） |
| ②試験協力者 | 信州大学農学部 未定助教と学生 |
| ③試験日 | 8月21～25日
9月5、8、12、13日 全9日間 |
| ④試験体 | <ul style="list-style-type: none">• 1220mm×2950mm
5種類×各3体+1体 全16体• 杉材のスタッド• 韓国から輸入したOSB11mmと釘65mm
@150mm 川の字打ち |
| ⑤試験内容 | 「枠組壁工法耐力壁及びその倍率の
試験・評価業務方法書」にしたがう。 |

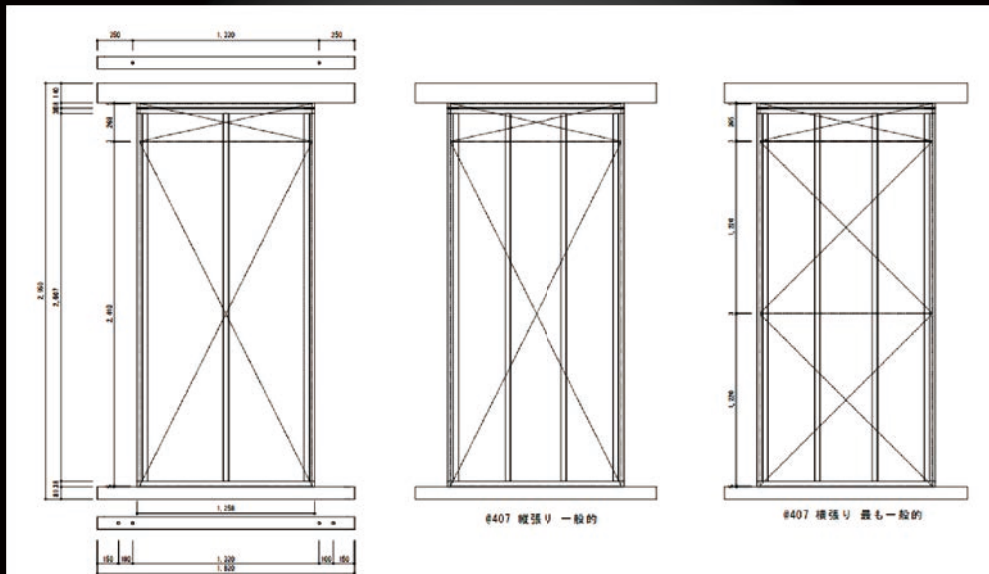
3. 試験体 1

13

610タテ 3体

407タテ 3体

407ヨコ 3体



現状の韓国の方法をおおよそ再現したもの

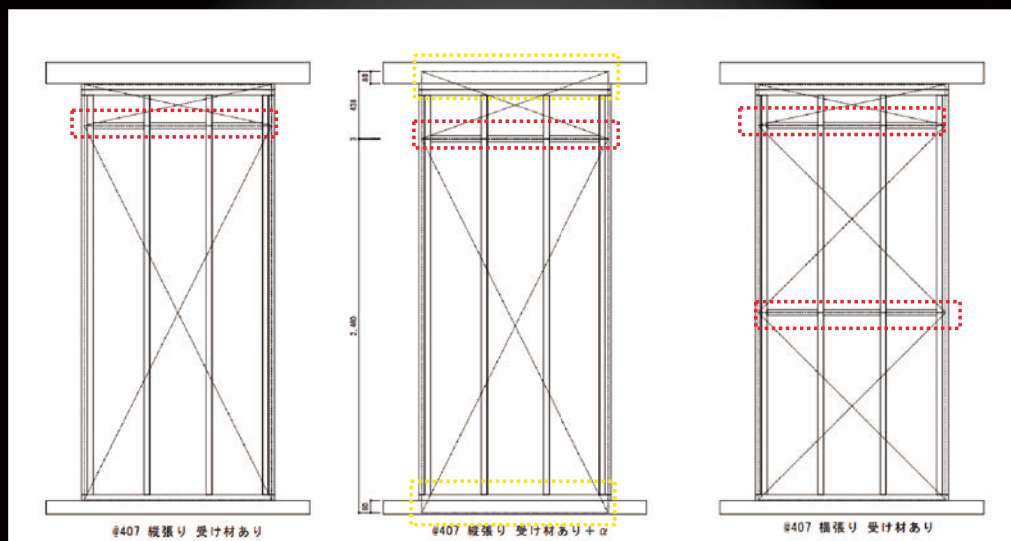
4. 試験体 2

14

407タテ受 3体

407タテ受 α 3体

407ヨコ受 1体



- ・ジョイントにつなぎ材を入れ、補強したもの
- ・面材を梁と土台まで貼り伸ばし、釘を打ち補強したもの

3. 試験風景 1

15

例) スタッド407ピッチ ジョイントつなぎ無し (韓国仕様)



3. 試験結果

16

表 2 特性値一覧

	610タテ		407タテ		407タテ受		407タテ受 α		407ヨコ		407ヨコ受
	Ave. (kN)	C.V. (%)	Ave. (kN)	C.V. (%)	Ave. (kN)	C.V. (%)	Ave. (kN)	C.V. (%)	Ave. (kN)	C.V. (%)	Value
P_y	4.96	13.9	6.70	1.21	9.18	4.15	9.61	7.91	5.82	3.17	9.30
$0.2P_{u/D_s}$	4.96	12.5	5.87	8.3	5.85	8.9	7.15	20.0	5.04	7.84	6.85
$2/3P_{max}$	5.68	13.8	8.10	2.60	10.93	4.25	12.24	7.66	7.64	7.70	11.07
P_{120}	5.67	12.2	6.29	2.23	6.75	7.48	8.49	5.79	5.09	5.54	6.63
P_0	4.63		5.64		5.60		6.47		4.85		6.63

1.93倍 2.35倍 2.34倍 2.70倍 2.02倍 2.77倍

- ① 11mmOSBでも、全体的に壁倍率の算定値は低くなった。
- ② つなぎ材を入れた場合、また合板を貼り伸ばした場合は、明らかに P_y や、 P_{max} の値は高くなった。
- ③ 試験体の問題もあり、枠材で破壊したケースがあったため、407と407（受材有）は、評価としては、ほぼ同じになった。ただし、 D_s 以外の指標は407受の方が大きな値となった。

3. 試験結果 考察

17

①610タテは、明らかに剛性が低い。面材の強度を生かしきれていない。

→ @407を基本としたい

②受け材があると弾性範囲内で剛性が上がることは、確実。

→ できれば、面材のジョイントに受け材を入れるか、長尺面材を利用したい

③面材を貼り伸ばすことによって剛性が向上することは、確実。
4指標のすべてでタテ受 α はタテ受を上回った。約15%の性能向上が予想される。

→ 側根太の代わりに梁を使用した場合、面材を貼り伸ばせるメリットを生かしたい

4. サンプル小屋の 組立と講習会

4. サンプル小屋の組立と講習会の概要

19

- ①組立現場 利川市内某公園の野外劇場
- ②日程 サンプル組立 2月20.21日
見学会と講習会 2月22日
- ③現地協力者 企画運営→LOWCA事務局
組立→LOWCA会員の工務店
- ④サンプル体
 - ・2階建て吹き抜けあり床面積約15.7坪
 - ・使用日本産材
 - STUD→杉 204・206
 - JOIST→206のみ杉
 - 床合板→国産針葉樹
 - 梁 →一部に米松・杉集成
- ⑤企画内容 サンプルの見学・説明会 並びに
木構造の講習会の開催（近隣ホテル）

4. サンプル小屋のプラン

20



韓国でありがちなプラン

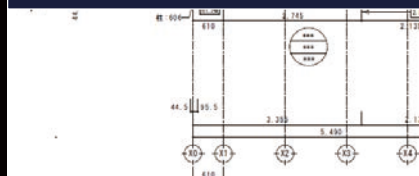
1. 大開口
2. 吹き抜け
3. 出入隅の開口
4. インチモジュール

4. 純粋な枠組壁工法による通常設計

21

1. 5倍仕様だと、韓国でありがちなプランでは、日本の基準上では、壁量やバランスでNGになりやすい。

この理由を説明し、それを解決できる 方法・ノウハウを同時に説明することで、韓日共同で開発すべき目的・方向性を現地に示す。



1.5倍壁仕様と3.0倍壁仕様の 両方で単純に検討

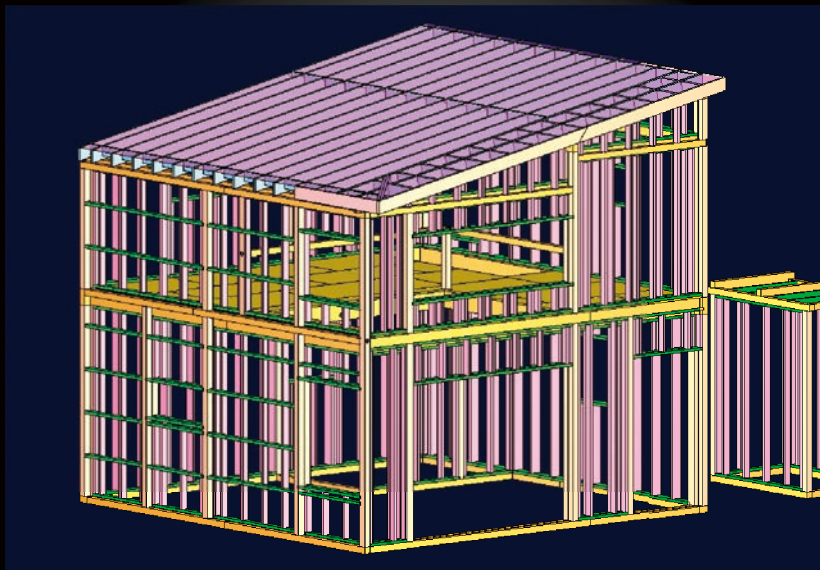
2.6. 必要壁量の算定

Le1 : 告示床面積による必要壁量
Le2 : 地震力による必要壁量
Lw1 : 告示見付面積による必要壁量
Lw2 : 風圧力による必要壁量

方	周	Ld(周)	他 蜜 诗				黑 江 诗			
			Lw1	Lx2	Lx/Ld	判定	Lw1	Lw2	Lx/Ld	判定
X	2	6.59	4.52	5.92	0.90	OK	6.50	7.15	1.09	NG !!!
	1	8.66	38.74	13.42	1.55	NG !!!	14.50	15.41	1.78	NG !!!
Y	2	8.78	48.52	5.92	0.67	OK	4.50	4.84	0.55	OK
	1	10.00	38.74	13.42	1.34	NG !!!	12.50	13.10	1.31	NG !!!

4. ノウハウを詰め込んだサンプル1

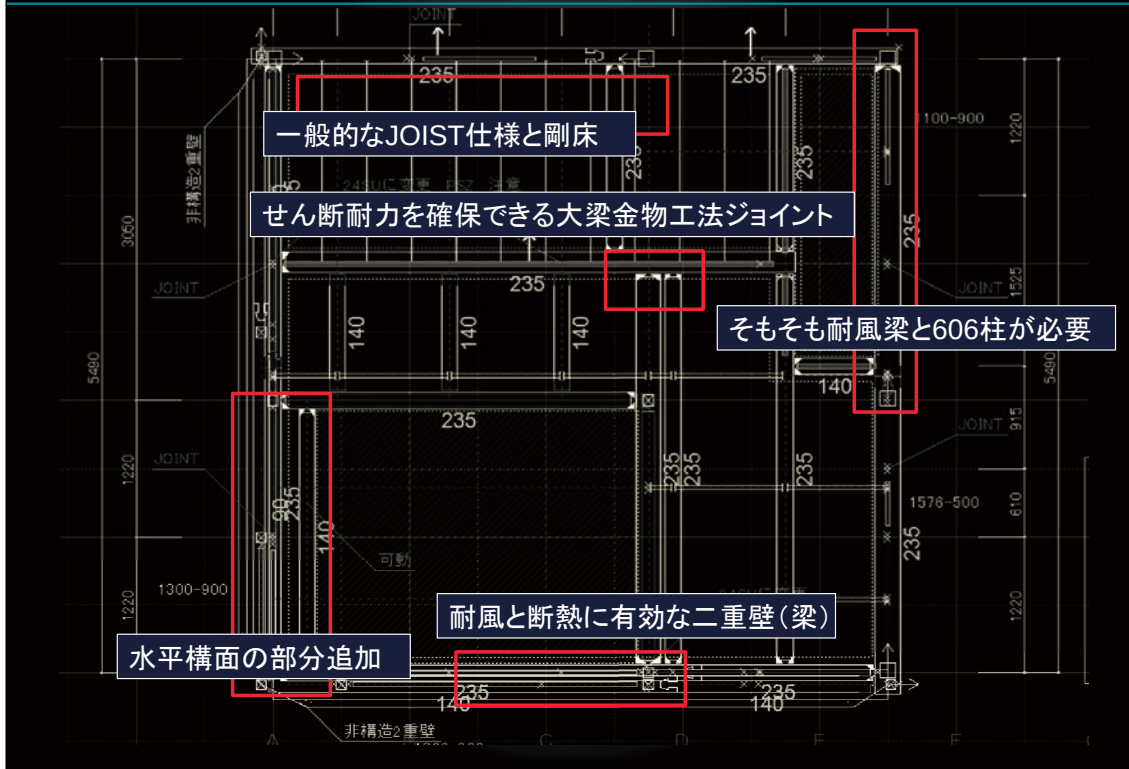
22



- ・在来プレカットCADにて構造と屋根材を加工データ化
- ・桹材はパネルソフトで加工データ化

4. ノウハウを詰め込んだサンプル2

23



4. サンプル小屋の見学・説明会

24



韓国人技術者に、工法開発の要点となるノウハウや、その考え方について、現物をみながら説明会を行った。

4. 木構造の講習会

25



講習内容

<日本>

- ①日本の枠組壁工法の歴史
- ②耐力壁と水平構面との関係

<韓国>

- ③韓国における枠組壁工法の発展の経緯
- ④せん断壁量算定のためのフリーソフト開発

工法開発の方向性や、ノウハウの意味を理解するために必要な講義を行った。また韓国人技術者には、枠組壁工法の発展の経緯や、現地フリーソフトに関する講義をしていただいた。

4. 事業性の検討

26

	開発型			枠組型		
	使用量	単価	価格	使用量	単価	価格
製材			40,590			40,590
集成材			220,480			93,080
製材			4,410			4,410
集成材			39,260			43,810
製材			22,680			12,780
製材			25,440			84,720
(仮) 針葉樹			57,120			35,700
			409,980			315,090
集成材			96,850			21,840
製材			47,610			8,730
製材			276,210			336,960
			420,670			367,530
製材			85,920			85,920
			38,160			38,160
			33,000			15,000
			157,080			139,080
現地カット			210,000			0
小計			1,197,730			821,700

現地でカットできれば、目先の目安であった、枠組壁工法のカット無し資材の1.5倍以下に収まる。

カット品を輸出した場合は約1.7倍以上となる。

- ①集成材の価格と製材品 (SPF・杉) との価格差
- ②現地での生産方法
- ③施工性向上の実証

以上が次なる大きな課題

※ 今回は、小さく特殊な物件のため、施工性の検証はできなかった。30坪程度の物件で、実証実験を行う必要がある。

5. まとめ

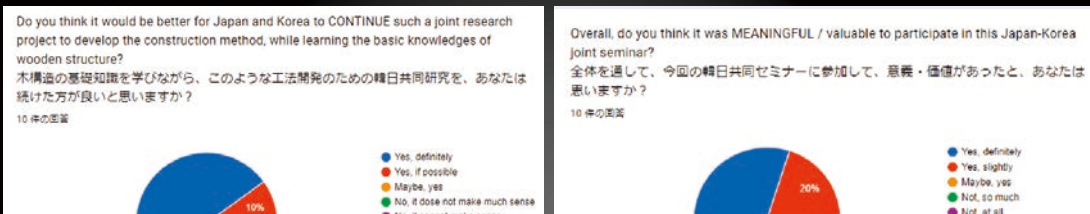
5. まとめ 開発行為の流れ

28

1. 現状の韓国式耐力壁の耐力を日本式に推測 実験
↓
2. 韓国の技術者にレクチャーと訴求 (2~6) 実験
①面材の貼り方によって耐力が変わる
②施工方法の改善により、現状より強い耐力壁が簡単に製作できる
↓
3. 耐力壁設計は、そのバランスと水平構面への考慮が必要 座学
↓
4. (2.3に配慮する場合) 座学
梁を使った軸組工法技術を構造体に一部導入することが有効 サンプル
↓
5. 今後の付加断熱用の下地を考慮した場合、加工部品数の増加のためプレカット技術が有効になる サンプル
↓
6. (4.5に配慮する場合) サンプル
日本産材の、精度が良く軽い杉スタッド、梁材や、日本式金物工法
プレカットが有効に活用できる
↓
7. 資材+カット賃に関しては、想定内となった。但し、施工性の
実証を行う必要がある。 検討

5. 現地評価と感想

29



ご清聴ありがとうございました。

LOWCA選抜の木造住宅関連の専門家（主に設計関係）10名には、高評価。企画を継続し、軸組工法の開発へ接続して欲しい、という要望もあり。

<開発形態の難易度>

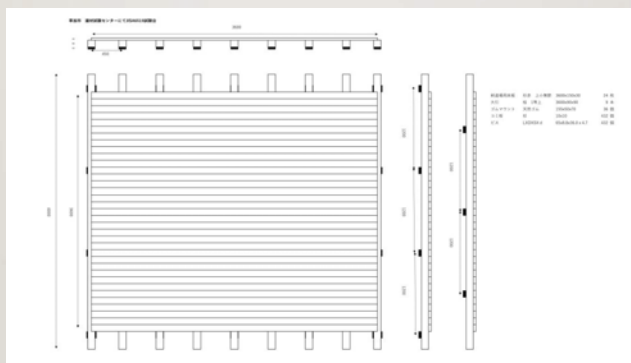
- | | |
|------------------------------|------------|
| level 1. 今あるニーズへの対応 | → シンプルな対応 |
| level 2. 将来必要になるニーズへの対応 | → 市場の先読み |
| level 3. 将来のニーズ自体を誘導 | → 市場形成 |
| + α 既成の破壊と再構築 | → 啓蒙的（最難関） |
| ↑ 現地の有識者・有力者から信頼を積み重ねることが最重要 | |

令和4年度輸出先国の規格・基準等に対応した性能検証等支援事業における 海外の剣道場ニーズに合わせた『弾性剣道場床』の性能検査及び実証の 成果報告

株式会社五感

ア 検討委員会の開催等

- 1.弾性剣道場床の設計 6/1
- 2.性能検査・実証の打ち合わせ 6/1、7/10、11、17



イ 製品・技術開発や性能検査・実証等

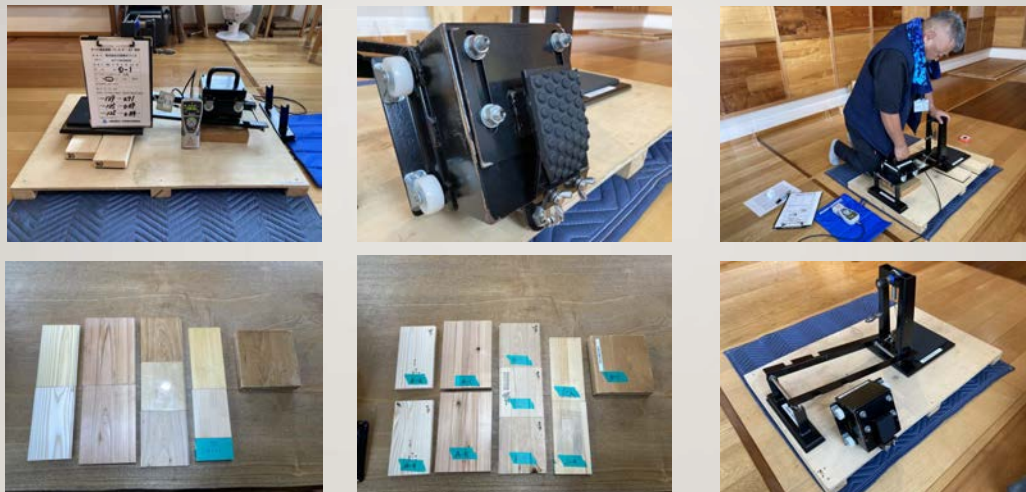
- 1.弾性剣道場床の試験台作成および搬入準備 7/17～30
- 2.一般財団法人建材試験センターでの JISA6519 試験 7/31～8/2
- 3.米国感応調査の試験台作成 8/22
- 4.新木場でのC.S.R.B値（素足の場合の滑り抵抗値）測定 8/28
- 5.米国感応調査準備、現地への試験台輸送準備、アンケート作成など 8/17～
- 6.米国感応調査打ち合わせ 9/3、4、11、23
- 7.アンケートの編集および翻訳 9/3～15
- 8.米国での感応データ収集用「弾性剣道場床」の輸出 9/16～
- 9.筑波大学鍋山隆弘准教授と米国出張、感応データ収集 9/27～10/2

- イ-1.弾性剣道場床の試験台作成および搬入準備 7/17～30
- イ-2.一般財団法人建材試験センターでの JISA6519 試験 7/31～8/2
-



イ-4.新木場での各種床材C.S.R-B値（素足の場合の滑り抵抗値） 測定 8/28

剣道場床に使用が想定される床材を9種類と京都武徳殿で実際に使用されている床板で計測



イ-5.米国感応調査準備、現地への試験台輸送準備アンケート作成など 8/17～

イ-7.アンケートの翻訳 9/3～15



イ-9.筑波大学男子剣道部監督鍋山隆弘准教授と米国出張、感応データ収集 9/27～10/2

ロサンゼルス・トーランスで開催された剣道の米国代表選手の合宿にて



米国木材小売り大手 ガナールランバー視察 9/28

JETROロサンゼルス 瀧所長面談情報交換 9/28



ウ) ロサンゼルスで実施したミニチュア剣道場床の使用感についてのアンケート

Please check out the questionnaire about your experience with miniature kendojō flooring.

Gender: _____ Age: _____ Kendo Rank: _____ Dan / Kyu _____ Years of experience in kendo: _____ year

	Extremely well	Very well	Moderately well	Slightly well	Not at all well
(1) Hardness of floor surface	☐	☐	☐	☐	☐
(2) Floor elasticity	☐	☐	☐	☐	☐
(3) Shock absorption	☐	☐	☐	☐	☐
(4) Floor surface deflection	☐	☐	☐	☐	☐
(5) Fimikiri-ashi (Left foot in case of chu-dan no kamae)	☐	☐	☐	☐	☐
(6) When turning around (Right foot in case of chu-dan no kamae)	☐	☐	☐	☐	☐
(7) Suri-ashi	☐	☐	☐	☐	☐
(8) Okuri-ashi	☐	☐	☐	☐	☐

Please tell us what you want about the kendojō flooring

Gokan, Inc.

ロサンゼルスで実施したミニチュア弾性剣道場床の使用感についてのアンケート結果

ミニチュア剣道場床の使用感についてアンケートにご協力ください。

性別	年齢	剣道段位	段・級	剣道経験年数	年		
			とても良い	良い	普通	悪い	とても悪い
(1) 床表面の硬さ			25	19	0	0	0
(2) 床の弾力性			21	20	3	0	0
(3) 衝撃吸収性			25	16	3	0	0
(4) 床面のたわみ			28	15	1	0	0
(5) 踏み切り足(中段の構えの場合は左足)			26	15	3	0	0
(6) 振り向き時の軸足(中段の構えの場合は右足)			27	13	3	1	0
(7) すり足			34	6	1	3	0
(8) おくり足			32	9	1	2	0

性別

男	33
女	11

年齢

60	1
50	4
40	10
30	10
20	9
10	10

段位

7段	10
6段	4
5段	4
4段	6
3段	5
2段	5
初段	3
1級	1
2級	2
3級	1
NON	3

経験年数

～5	3
6～10	3
11～15	15
16～20	5
21～	18

剣道場の床に求めることがあればお聞かせください。

性別	年齢	段位	経験年数
男	33	7段	10
女	11	6段	4
	40	5段	4
	30	4段	6
	20	3段	5
	10	2段	5
		初段	3
		1級	1
		2級	2
		3級	1
		NON	3

サンプルはまさに私が求めていた剣道場床です
踏み込み時の柔らかさと吸収性が素晴らしい
全体的に気に入っています。これまで通ったどの道場よりも良い。
柔らかいのが良い
柔らかい床が好きです
フットケアの鍵は、衝撃吸収性である
とても気に入っています。もう少しなめらかだったらいいのになあ。
アメリカのどの床よりも良いです。
床が柔らかく、弾力性があるのが好きです。
十分な吸収力と滑りすぎないサラサラ感のバランスは重要です
床の弾力がとても良い。踏み切り足をしても滑らない。
衝撃吸収性は大事です。
素晴らしい。
衝撃吸収性が素晴らしく、すべての剣道家に最適です。
接続用のブリッジ付近もクッション性が高いです。
剣士の強力な踏み込みによる膝の怪我を心配する必要がありません。
衝撃吸収性が良いので、関節痛が起こりにくい
とても柔らかくなめらかです
床板の凹凸があり、すり足しにくい。表面をもっと滑らかにしてほしい。
ローリングの上で横歩きすると、部分的に滑りが悪く感じます。
とても素敵なフロアです。
素晴らしい
素敵なフロア
板の間の隙間が少し怖いです
とても良い。柔らかい。これで練習したい。
床の質感が良い。

アンケート調査まとめ

- 今回は、剣道の米国代表選手が集う合宿での調査という事もあり、現役選手で経験値の高いメンバーが揃った。
- 質問の床表面の硬さ、床の弾力性、衝撃吸収性、床面のたわみ、踏み切り足、振り向き時の軸足、すり足、おくり足の全ての質問において高評価を得た。
- 特に弾力性においては、素晴らしい評価を得られた。
- 弾性剣道場床が、剣道にどれだけ適しているのかを実感してもらえた。

今回の取り組みのまとめ

●JIS A 6519（体育館用鋼製床下地構成材）の9.2鉛直載荷試験（9.2.1一般体育館，剣道場及び柔剣道場），9.3繰返し衝撃試験（9.3.1一般体育館，剣道場及び柔剣道場），9.4床の弾力性試験，9.5床の緩衝性試験及び9.6床の硬さ試験（9.6.1一般体育館，剣道場及び柔剣道場（剣道用）及び9.6.2柔道場及び柔剣道場（柔道用））に準じて行いました。

試験結果としては、全ての試験項目においてJIS A 6519の規定内の数値でした。

木質は、鋼製より品質が整いにくく数値化しにくいとされてきましたが、鋼製床組と同等の数値であることが確認できえました。建材試験センターの担当職員曰く木質の剣道場床でJIS A 6519による数値化は日本初の試みとなりました。

●C.S.R-B値測定（素足の場合の滑り抵抗値）においては、弾性剣道場床に使用する杉材が、剣道の聖地ともいわれる京都武徳殿の床材と近似の滑り抵抗値が計測された。

●米国での弾性剣道場床の感応調査は、44名のアンケートを収集。おおむね良好な結果となりました。日本の剣道場床でほとんど稽古されていない米国剣士にとっても弾性剣道場床は高評価だった。

●弾性剣道場床の英語版施工要領書の作成。

JIS A 6519 品質性能試験報告書

Japan Testing Center for Construction Materials
2023/08/21 9:45:59 +09:00

発行番号: 第23A0941号
発行日: 2023年 8月21日

品質性能試験報告書

依頼者: 一般財団法人 建材試験センター
依頼者住所: 東京都中央区新富町1-4-13-4F
依頼者代表: 佐野 貴博
依頼者代表住所: 東京都中央区新富町1-4-13-4F

試験項目: 鉛直載荷、繰返し衝撃、弾力性、弾力減衰性、床の硬さ

試験体: 試験体記号: 23A0941-01 (試験体の単位・寸法)

試験方法: JIS A 6519 (体育館用鋼製床下地構成材) の9.2鉛直載荷試験 (9.2.1一般体育館、剣道場及び柔剣道場)・9.3繰返し衝撃試験 (9.3.1一般体育館、剣道場及び柔剣道場)・9.4床の弾力性試験・9.5床の緩衝性試験及び9.6床の硬さ試験 (9.6.1一般体育館、剣道場及び柔剣道場 (剣道用) 及び9.6.2柔道場及び柔剣道場 (柔道用)) に準じて行った。

試験項目	測定位置			JIS 規定 (柔剣道場 (自由席))	
	A	B	C		
弾性 剣道場床	鉛直載荷	10.5	9.5	10.1	14.7kN/m ² (載荷時、各点の最大たわみ量は20mm以下)
	繰返し衝撃	0.2	0.1	0.2	各点の最大残変位たわみ量は1.5mm以下
	弾力性	0.192	0.108	0.184	使用上有害な破壊・破損・変形は認められなかった。
	弾力減衰	28	24	23	15~40
	弾力減衰係数 (E _{rel}) (%)	0.30	0.25	0.38	—
	弾力減衰係数 (E _{rel}) (%)	4434	4132	—	変形エネルギー N・cm
	弾力減衰係数 (E _{rel}) (%)	5091	4750	—	弾力減衰係数 3026~7350
	弾力減衰係数 (E _{rel}) (%)	5646	5362	—	弾力減衰係数 5635~7350
	床の硬さ G ₁ (mm)	—	948	—	B点で980mm以下
	床の硬さ G ₂ (mm)	—	627	—	B点で637mm以下

(注) 表中の試験の測定位置は、図1、図2に示す通りである。

図1 (図1-1) (図1-2) (図1-3) (図1-4) (図1-5) (図1-6) (図1-7) (図1-8) (図1-9) (図1-10) (図1-11) (図1-12) (図1-13) (図1-14) (図1-15) (図1-16) (図1-17) (図1-18) (図1-19) (図1-20) (図1-21) (図1-22) (図1-23) (図1-24) (図1-25) (図1-26) (図1-27) (図1-28) (図1-29) (図1-30) (図1-31) (図1-32) (図1-33) (図1-34) (図1-35) (図1-36) (図1-37) (図1-38) (図1-39) (図1-40) (図1-41) (図1-42) (図1-43) (図1-44) (図1-45) (図1-46) (図1-47) (図1-48) (図1-49) (図1-50) (図1-51) (図1-52) (図1-53) (図1-54) (図1-55) (図1-56) (図1-57) (図1-58) (図1-59) (図1-60) (図1-61) (図1-62) (図1-63) (図1-64) (図1-65) (図1-66) (図1-67) (図1-68) (図1-69) (図1-70) (図1-71) (図1-72) (図1-73) (図1-74) (図1-75) (図1-76) (図1-77) (図1-78) (図1-79) (図1-80) (図1-81) (図1-82) (図1-83) (図1-84) (図1-85) (図1-86) (図1-87) (図1-88) (図1-89) (図1-90) (図1-91) (図1-92) (図1-93) (図1-94) (図1-95) (図1-96) (図1-97) (図1-98) (図1-99) (図1-100) (図1-101) (図1-102) (図1-103) (図1-104) (図1-105) (図1-106) (図1-107) (図1-108) (図1-109) (図1-110) (図1-111) (図1-112) (図1-113) (図1-114) (図1-115) (図1-116) (図1-117) (図1-118) (図1-119) (図1-120) (図1-121) (図1-122) (図1-123) (図1-124) (図1-125) (図1-126) (図1-127) (図1-128) (図1-129) (図1-130) (図1-131) (図1-132) (図1-133) (図1-134) (図1-135) (図1-136) (図1-137) (図1-138) (図1-139) (図1-140) (図1-141) (図1-142) (図1-143) (図1-144) (図1-145) (図1-146) (図1-147) (図1-148) (図1-149) (図1-150) (図1-151) (図1-152) (図1-153) (図1-154) (図1-155) (図1-156) (図1-157) (図1-158) (図1-159) (図1-160) (図1-161) (図1-162) (図1-163) (図1-164) (図1-165) (図1-166) (図1-167) (図1-168) (図1-169) (図1-170) (図1-171) (図1-172) (図1-173) (図1-174) (図1-175) (図1-176) (図1-177) (図1-178) (図1-179) (図1-180) (図1-181) (図1-182) (図1-183) (図1-184) (図1-185) (図1-186) (図1-187) (図1-188) (図1-189) (図1-190) (図1-191) (図1-192) (図1-193) (図1-194) (図1-195) (図1-196) (図1-197) (図1-198) (図1-199) (図1-200) (図1-201) (図1-202) (図1-203) (図1-204) (図1-205) (図1-206) (図1-207) (図1-208) (図1-209) (図1-210) (図1-211) (図1-212) (図1-213) (図1-214) (図1-215) (図1-216) (図1-217) (図1-218) (図1-219) (図1-220) (図1-221) (図1-222) (図1-223) (図1-224) (図1-225) (図1-226) (図1-227) (図1-228) (図1-229) (図1-230) (図1-231) (図1-232) (図1-233) (図1-234) (図1-235) (図1-236) (図1-237) (図1-238) (図1-239) (図1-240) (図1-241) (図1-242) (図1-243) (図1-244) (図1-245) (図1-246) (図1-247) (図1-248) (図1-249) (図1-250) (図1-251) (図1-252) (図1-253) (図1-254) (図1-255) (図1-256) (図1-257) (図1-258) (図1-259) (図1-260) (図1-261) (図1-262) (図1-263) (図1-264) (図1-265) (図1-266) (図1-267) (図1-268) (図1-269) (図1-270) (図1-271) (図1-272) (図1-273) (図1-274) (図1-275) (図1-276) (図1-277) (図1-278) (図1-279) (図1-280) (図1-281) (図1-282) (図1-283) (図1-284) (図1-285) (図1-286) (図1-287) (図1-288) (図1-289) (図1-290) (図1-291) (図1-292) (図1-293) (図1-294) (図1-295) (図1-296) (図1-297) (図1-298) (図1-299) (図1-300) (図1-301) (図1-302) (図1-303) (図1-304) (図1-305) (図1-306) (図1-307) (図1-308) (図1-309) (図1-310) (図1-311) (図1-312) (図1-313) (図1-314) (図1-315) (図1-316) (図1-317) (図1-318) (図1-319) (図1-320) (図1-321) (図1-322) (図1-323) (図1-324) (図1-325) (図1-326) (図1-327) (図1-328) (図1-329) (図1-330) (図1-331) (図1-332) (図1-333) (図1-334) (図1-335) (図1-336) (図1-337) (図1-338) (図1-339) (図1-340) (図1-341) (図1-342) (図1-343) (図1-344) (図1-345) (図1-346) (図1-347) (図1-348) (図1-349) (図1-350) (図1-351) (図1-352) (図1-353) (図1-354) (図1-355) (図1-356) (図1-357) (図1-358) (図1-359) (図1-360) (図1-361) (図1-362) (図1-363) (図1-364) (図1-365) (図1-366) (図1-367) (図1-368) (図1-369) (図1-370) (図1-371) (図1-372) (図1-373) (図1-374) (図1-375) (図1-376) (図1-377) (図1-378) (図1-379) (図1-380) (図1-381) (図1-382) (図1-383) (図1-384) (図1-385) (図1-386) (図1-387) (図1-388) (図1-389) (図1-390) (図1-391) (図1-392) (図1-393) (図1-394) (図1-395) (図1-396) (図1-397) (図1-398) (図1-399) (図1-400) (図1-401) (図1-402) (図1-403) (図1-404) (図1-405) (図1-406) (図1-407) (図1-408) (図1-409) (図1-410) (図1-411) (図1-412) (図1-413) (図1-414) (図1-415) (図1-416) (図1-417) (図1-418) (図1-419) (図1-420) (図1-421) (図1-422) (図1-423) (図1-424) (図1-425) (図1-426) (図1-427) (図1-428) (図1-429) (図1-430) (図1-431) (図1-432) (図1-433) (図1-434) (図1-435) (図1-436) (図1-437) (図1-438) (図1-439) (図1-440) (図1-441) (図1-442) (図1-443) (図1-444) (図1-445) (図1-446) (図1-447) (図1-448) (図1-449) (図1-450) (図1-451) (図1-452) (図1-453) (図1-454) (図1-455) (図1-456) (図1-457) (図1-458) (図1-459) (図1-460) (図1-461) (図1-462) (図1-463) (図1-464) (図1-465) (図1-466) (図1-467) (図1-468) (図1-469) (図1-470) (図1-471) (図1-472) (図1-473) (図1-474) (図1-475) (図1-476) (図1-477) (図1-478) (図1-479) (図1-480) (図1-481) (図1-482) (図1-483) (図1-484) (図1-485) (図1-486) (図1-487) (図1-488) (図1-489) (図1-490) (図1-491) (図1-492) (図1-493) (図1-494) (図1-495) (図1-496) (図1-497) (図1-498) (図1-499) (図1-500) (図1-501) (図1-502) (図1-503) (図1-504) (図1-505) (図1-506) (図1-507) (図1-508) (図1-509) (図1-510) (図1-511) (図1-512) (図1-513) (図1-514) (図1-515) (図1-516) (図1-517) (図1-518) (図1-519) (図1-520) (図1-521) (図1-522) (図1-523) (図1-524) (図1-525) (図1-526) (図1-527) (図1-528) (図1-529) (図1-530) (図1-531) (図1-532) (図1-533) (図1-534) (図1-535) (図1-536) (図1-537) (図1-538) (図1-539) (図1-540) (図1-541) (図1-542) (図1-543) (図1-544) (図1-545) (図1-546) (図1-547) (図1-548) (図1-549) (図1-550) (図1-551) (図1-552) (図1-553) (図1-554) (図1-555) (図1-556) (図1-557) (図1-558) (図1-559) (図1-560) (図1-561) (図1-562) (図1-563) (図1-564) (図1-565) (図1-566) (図1-567) (図1-568) (図1-569) (図1-570) (図1-571) (図1-572) (図1-573) (図1-574) (図1-575) (図1-576) (図1-577) (図1-578) (図1-579) (図1-580) (図1-581) (図1-582) (図1-583) (図1-584) (図1-585) (図1-586) (図1-587) (図1-588) (図1-589) (図1-590) (図1-591) (図1-592) (図1-593) (図1-594) (図1-595) (図1-596) (図1-597) (図1-598) (図1-599) (図1-600) (図1-601) (図1-602) (図1-603) (図1-604) (図1-605) (図1-606) (図1-607) (図1-608) (図1-609) (図1-610) (図1-611) (図1-612) (図1-613) (図1-614) (図1-615) (図1-616) (図1-617) (図1-618) (図1-619) (図1-620) (図1-621) (図1-622) (図1-623) (図1-624) (図1-625) (図1-626) (図1-627) (図1-628) (図1-629) (図1-630) (図1-631) (図1-632) (図1-633) (図1-634) (図1-635) (図1-636) (図1-637) (図1-638) (図1-639) (図1-640) (図1-641) (図1-642) (図1-643) (図1-644) (図1-645) (図1-646) (図1-647) (図1-648) (図1-649) (図1-650) (図1-651) (図1-652) (図1-653) (図1-654) (図1-655) (図1-656) (図1-657) (図1-658) (図1-659) (図1-660) (図1-661) (図1-662) (図1-663) (図1-664) (図1-665) (図1-666) (図1-667) (図1-668) (図1-669) (図1-670) (図1-671) (図1-672) (図1-673) (図1-674) (図1-675) (図1-676) (図1-677) (図1-678) (図1-679) (図1-680) (図1-681) (図1-682) (図1-683) (図1-684) (図1-685) (図1-686) (図1-687) (図1-688) (図1-689) (図1-690) (図1-691) (図1-692) (図1-693) (図1-694) (図1-695) (図1-696) (図1-697) (図1-698) (図1-699) (図1-700) (図1-701) (図1-702) (図1-703) (図1-704) (図1-705) (図1-706) (図1-707) (図1-708) (図1-709) (図1-710) (図1-711) (図1-712) (図1-713) (図1-714) (図1-715) (図1-716) (図1-717) (図1-718) (図1-719) (図1-720) (図1-721) (図1-722) (図1-723) (図1-724) (図1-725) (図1-726) (図1-727) (図1-728) (図1-729) (図1-730) (図1-731) (図1-732) (図1-733) (図1-734) (図1-735) (図1-736) (図1-737) (図1-738) (図1-739) (図1-740) (図1-741) (図1-742) (図1-743) (図1-744) (図1-745) (図1-746) (図1-747) (図1-748) (図1-749) (図1-750) (図1-751) (図1-752) (図1-753) (図1-754) (図1-755) (図1-756) (図1-757) (図1-758) (図1-759) (図1-760) (図1-761) (図1-762) (図1-763) (図1-764) (図1-765) (図1-766) (図1-767) (図1-768) (図1-769) (図1-770) (図1-771) (図1-772) (図1-773) (図1-774) (図1-775) (図1-776) (図1-777) (図1-778) (図1-779) (図1-780) (図1-781) (図1-782) (図1-783) (図1-784) (図1-785) (図1-786) (図1-787) (図1-788) (図1-789) (図1-790) (図1-791) (図1-792) (図1-793) (図1-794) (図1-795) (図1-796) (図1-797) (図1-798) (図1-799) (図1-800) (図1-801) (図1-802) (図1-803) (図1-804) (図1-805) (図1-806) (図1-807) (図1-808) (図1-809) (図1-810) (図1-811) (図1-812) (図1-813) (図1-814) (図1-815) (図1-816) (図1-817) (図1-818) (図1-819) (図1-820) (図1-821) (図1-822) (図1-823) (図1-824) (図1-825) (図1-826) (図1-827) (図1-828) (図1-829) (図1-830) (図1-831) (図1-832) (図1-833) (図1-834) (図1-835) (図1-836) (図1-837) (図1-838) (図1-839) (図1-840) (図1-841) (図1-842) (図1-843) (図1-844) (図1-845) (図1-846) (図1-847) (図1-848) (図1-849) (図1-850) (図1-851) (図1-852) (図1-853) (図1-854) (図1-855) (図1-856) (図1-857) (図1-858) (図1-859) (図1-860) (図1-861) (図1-862) (図1-863) (図1-864) (図1-865) (図1-866) (図1-867) (図1-868) (図1-869) (図1-870) (図1-871) (図1-872) (図1-873) (図1-874) (図1-875) (図1-876) (図1-877) (図1-878) (図1-879) (図1-880) (図1-881) (図1-882) (図1-883) (図1-884) (図1-885) (図1-886) (図1-887) (図1-888) (図1-889) (図1-890) (図1-891) (図1-892) (図1-893) (図1-894) (図1-895) (図1-896) (図1-897) (図1-898) (図1-899) (図1-900) (図1-901) (図1-902) (図1-903) (図1-904) (図1-905) (図1-906) (図1-907) (図1-908) (図1-909) (図1-910) (図1-911) (図1-912) (図1-913) (図1-914) (図1-915) (図1-916) (図1-917) (図1-918) (図1-919) (図1-920) (図1-921) (図1-922) (図1-923) (図1-924) (図1-925) (図1-926) (図1-927) (図1-928) (図1-929) (図1-930) (図1-931) (図1-932) (図1-933) (図1-934) (図1-935) (図1-936) (図1-937) (図1-938) (図1-939) (図1-940) (図1-941) (図1-942) (図1-943) (図1-944) (図1-945) (図1-946) (図1-947) (図1-948) (図1-949) (図1-950) (図1-951) (図1-952) (図1-953) (図1-954) (図1-955) (図1-956) (図1-957) (図1-958) (図1-959) (図1-960) (図1-961) (図1-962) (図1-963) (図1-964) (図1-965) (図1-966) (図1-967) (図1-968) (図1-969) (図1-970) (図1-971) (図1-972) (図1-973) (図1-974) (図1-975) (図1-976) (図1-977) (図1-978) (図1-979) (図1-980) (図1-981) (図1-982) (図1-983) (図1-984) (図1-985) (図1-986) (図1-987) (図1-988) (図1-989) (図1-990) (図1-991) (図1-992) (図1-993) (図1-994) (図1-995) (図1-996) (図1-997) (図1-998) (図1-999) (図1-1000) (図1-1001) (図1-1002) (図1-1003) (図1-1004) (図1-1005) (図1-1006) (図1-1007) (図1-1008) (図1-1009) (図1-1010) (図1-1011) (図1-1012) (図1-1013) (図1-1014) (図1-1015) (図1-1016) (図1-1017) (図1-1018) (図1-1019) (図1-1020) (図1-1021) (図1-1022) (図1-1023) (図1-1024) (図1-1025) (図1-1026) (図1-1027) (図1-1028) (図1-1029) (図1-1030) (図1-1031) (図1-1032) (図1-1033) (図1-1034) (図1-1035) (図1-1036) (図1-1037) (図1-1038) (図1-1039) (図1-1040) (図1-1041) (図1-1042) (図1-1043) (図1-1044) (図1-1045) (図1-1046) (図1-1047) (図1-1048) (図1-1049) (図1-1050) (図1-1051) (図1-1052) (図1-1053) (図1-1054) (図1-1055) (図1-1056) (図1-1057) (図1-1058) (図1-1059) (図1-1060) (図1-1061) (図1-1062) (図1-1063) (図1-1064) (図1-1065) (図1-1066) (図1-1067) (図1-1068) (図1-1069) (図1-1070) (図1-1071) (図1-1072) (図1-1073) (図1-1074) (図1-1075) (図1-1076) (図1-1077) (図1-1078) (図1-1079) (図1-1080) (図1-1081) (図1-1082) (図1-1083) (図1-1084) (図1-1085) (図1-1086) (図1-1087) (図1-1088) (図1-1089) (図1-1090) (図1-1091) (図1-1092) (図1-1093) (図1-1094) (図1-1095) (図1-1096) (図1-1097) (図1-1098) (図1-1099) (図1-1100) (図1-1101) (図1-1102) (図1-1103) (図1-1104) (図1-1105) (図1-1106) (図1-1107) (図1-1108) (図1-1109) (図1-1110) (図1-1111) (図1-1112) (図1-1113) (図1-1114) (図1-1115) (図1-1116) (図1-1117) (図1-1118) (図1-1119) (図1-1120) (図1-1121) (図1-1122) (図1-1123) (図1-1124) (図1-1125) (図1-1126) (図1-1127) (図1-1128) (図1-1129) (図1-1130) (図1-1131) (図1-1132) (図1-1133) (図1-1134) (図1-1135) (図1-1136) (図1-1137) (図1-1138) (図1-1139) (図1-1140) (図1-1141) (図1-1142) (図1-1143) (図1-1144) (図1-1145) (図1-1146) (図1-1147) (図1-1148) (図1-1149) (図1-1150) (図1-1151) (図1-1152) (図1-1153) (図1-1154) (図1-1155) (図1-1156) (図1-1157) (図1-1158) (図1-1159) (図1-1160) (図1-1161) (図1-1162) (図1-1163) (図1-1164) (図1-1165) (図1-1166) (図1-1167) (図1-1168) (図1-1169) (図1-1170) (図1-1171) (図1-1172) (図1-1173) (図1-1174) (図1-1175) (図1-1176) (図1-1177) (図1-1178) (図1-1179) (図1-1180) (図1-1181) (図1-1182) (図1-1183) (図1-1184) (図1-1185) (図1-1186) (図1-1187) (図1-1188) (図1-1189) (図1-1190) (図1-1191) (図1-1192) (図1-1193) (図1-1194) (図1-1195) (図1-1196) (図1-1197) (図1-1198) (図1-1199) (図1-1200) (図1-1201) (図1-1202) (図1-1203) (図1-1204) (図1-1205) (図1-1206) (図1-1207) (図1-1208) (図1-1209) (図1-1210) (図1-1211) (図1-1212) (図1-1213) (図1-1214) (図1-1215) (図1-1216) (図1-1217) (図1-1218) (図1-1219) (図1-1220) (図1-1221) (図1-1222) (図1-1223) (図1-1224) (図1-1225) (図1-1226) (図1-1227) (図1-1228) (図1-1229) (図1-1230) (図1-1231) (図1-1232) (図1-1233) (図1-1234) (図1-1235) (図1-1236) (図1-1237) (図1-1238) (図1-1239) (図1-1240) (図1-1241) (図1-1242) (図1-1243) (図1-1244) (図1-1245) (図1-1246) (図1-1247) (図1-1248) (図1-1249) (図1-1250) (図1-1251) (図1-1252) (図1-1253) (図1-1254) (図1-1255) (図1-1256) (図1-1257) (図1-1258) (図1-1259) (図1-1260) (図1-1261) (図1-1262) (図1-1263) (図1-1264) (図1-1265) (図1-1266) (図1-1267) (図1-1268) (図1-1269) (図1-1270) (図1-1271) (図1-1272) (図1-1273) (図1-1274) (図1-1275) (図1-1276) (図1-1277) (図1-1278) (図1-1279) (図1-1280) (図1-1281) (図1-1282) (図1-1283) (図1-1284) (図1-1285) (図1-1286) (図1-1287) (図1-1288) (図1-1289) (図1-1290) (図1-1291) (図1-1292) (図1-1293) (図1-1294) (図1-1295) (図1-1296) (図1-1297) (図1-1298) (図1-1299) (図1-1300) (図1-

C.S.R-B すべり測定

株式会社 五感 御中

CSR-B すべり測定 (供試体 10 点)

ONO・PPSM による
CSR-B (すべり抵抗係数) 測定結果報告書
令和5年8月28日

一般社団法人 防滑適正推進協会

4. 測点写真

測点 D-1 (乾燥)



測点 D-1 (湿潤)



測点 A-1 (乾燥)



測点 A-1 (湿潤)



測点 A-2 (乾燥)



測点 A-2 (湿潤)



株式会社 五感 御中

C.S.R'-B測定結果表

品名: 五感床 試験体10点 CSR-Bすべり測定
測定者: 小杉健夫

測定日: 令和5年8月28日
すべり元: プレート型27% 凹凸

測点	状態	平均(CSR)	1回目(N)	2回目(N)	3回目(N)	備考
D-1	乾燥	0.68	0.71	0.69	0.64	
	湿潤	0.70	0.71	0.71	0.70	
A-1	乾燥	0.70	0.72	0.69	0.69	
	湿潤	0.72	0.74	0.71	0.72	
A-2	乾燥	0.62	0.62	0.62	0.63	
	湿潤	0.66	0.68	0.64	0.68	
A-4	乾燥	0.60	0.63	0.58	0.60	
	湿潤	0.69	0.68	0.71	0.68	
A-5	乾燥	0.65	0.64	0.67	0.64	
	湿潤	0.70	0.68	0.71	0.71	
B-2	乾燥	0.60	0.59	0.61	0.60	
	湿潤	0.71	0.73	0.68	0.74	
B-3	乾燥	0.75	0.73	0.77	0.76	
	湿潤	0.80	0.78	0.83	0.83	
B-4	乾燥	0.64	0.65	0.65	0.63	
	湿潤	0.70	0.70	0.71	0.71	
C-2	乾燥	0.64	0.65	0.66	0.63	
	湿潤	0.67	0.68	0.67	0.67	
C-4	乾燥	0.63	0.61	0.67	0.61	
	湿潤	0.71	0.72	0.69	0.73	
試験規格: JIS A 1509-12:2020						
測定器: ONO-PPSM (OH-101C)						
滑り抵抗係数の算出式: $C.S.R'-B = P_{max}/W + P_{min}/W$						
ここに、C.S.R'-B: 滑り抵抗係数						
P_{max} : 最大引張荷重(N) P_{min} : 最小引張荷重(N)						
W: 荷重荷重(196N)						

英語版施工要領書の作成

標準施工要領書 Standard Construction Guideline

弾性剣道場床工事標準施工要領書
Elastic Kendo Floor Standard Installation Guideline

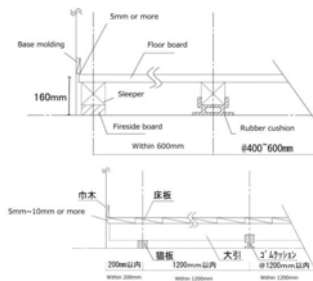


株式会社五感
Gokan Corporation

Construction Guideline

Pre Standard Marking/Sumidashi

The standard marks are based on a blue print and a working drawing. After that, practice setting layout and marking on rubber mounts and sleepers. It has to be done with the prescribed intervals. In addition, make sure to mark on a gymnasium base, entrance and exit related areas too. Fireside boards alongside the wall allocate with the prescribed positions. The height of floor is based on a reference level mark of building. Check the variance of the working drawing, then to do marking on the prescribed height and position of components. The average height should be set 160mm from floor base to the top(edge) of floor material. Unevenness is 3mm or less per 1m. If there is unevenness, it must adjust by using self-levelers and etc.



P-2

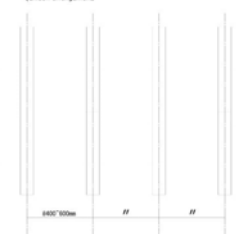
Layout of sleepers and rubber cushions

1. Layout of rubber cushions and fireside boards. Make sure to connect sleepers (pitch is 1200mm or less) and rubber cushions with screws. Fireside boards are connected with screws around the wall. No connection neither rubber cushions nor fireside boards to the floor base.

Screw 3.8x25mm

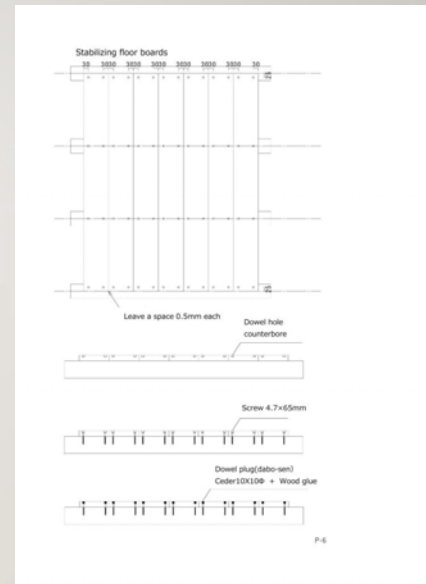
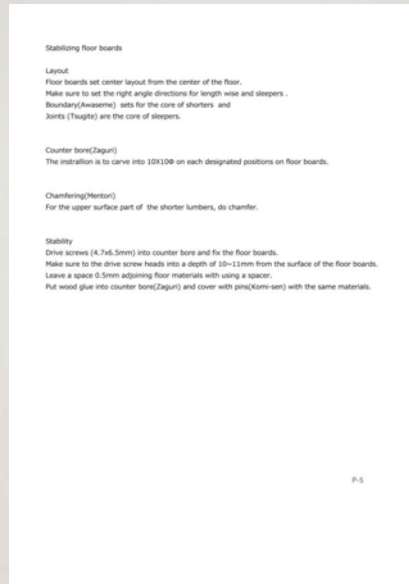
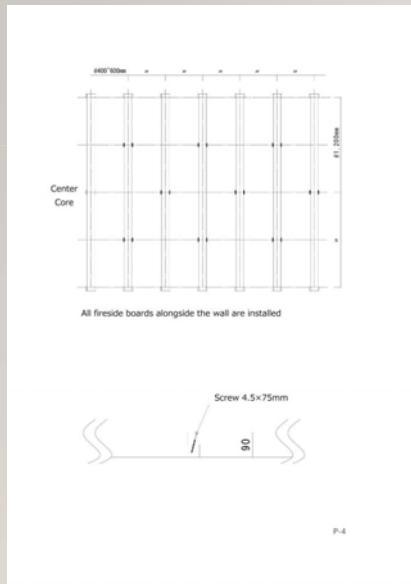


2. For the layout of sleepers, center allocation (400mm). For the other purposes, set up between 400 and 600mm. The installation on each row in equal interval or staggered layout. (Chiburi arrangement)



P-3

英語版施工要領書の作成



今年度の取り組みを実施した課題とその対応

- 施工要領書の作成に当たっては、剣道及び建築の専門用語が多く、外国人でも理解できるようにまとめていく作業は思いのほか時間を要し、コストも膨らんだ。
- ↳ 次年度以降、より詳細な見積りをとることを視野に入れる。
- 今回の取り組みでは、施工要領書の作成までであったが、二つの試験結果から得た弾性剣道場床の特性を発表する場を設けられたらよかった。
- ↳ この事業で完成した施工要領書を基に、今後のマーケティングで国内外へ発信していく。

今年度の取り組みをどう今後に生かすか

米国のナショナルチーム選手達にも高評価であったことから、今回得られたデータを元に、今後欧州に向けても日本産杉材を使用した弾性剣道場床をPRしていきたい。

次年度は、第19回世界剣道選手権大会を2024年（令和6年）7月4日～7日まで、イタリア・ミラノにて開催される。また、同時期の7月13日～14日に欧州の各代表選手が集まる剣道合宿がオランダにて開催されるので、そこでも普及活動していきたい。

米国同様に欧州にも剣道と国産杉の合わせ技で『日本の文化』と共に弾性剣道場床を発信していきたい。

2. 事業の評価

本事業の事業評価については、事業者から次の項目、

- ・ 事業の概要（背景、目的、計画内容、等）
- ・ 事業の達成状況と結果（実施状況、結果等）
- ・ 事業成果の活用と課題

について検討委員会で報告をしてもらい、委員が次の3つの評価項目、

- ①事業の達成状況
- ②事業の効果（事業成果の活用や波及効果など）
- ③今後に向けた助言等

について、事業ごとに評価表にその内容を記載する方法で実施した。

各委員からの評価表を事務局で取りまとめたものが、別紙3の事業ごとの事業評価である。

別紙3 各事業の事業評価

No.1 事業評価

事業名：ベトナム適合型木材軸組構造モデルの技術開発と性能実証（ライフデザイン・カバヤ株式会社）

事業の達成状況	・木造に関する基準が整備されていないベトナムへの国産材の輸出拡大、木造建築の普及に向けて、現地のニーズや環境に適合した木造軸組構造モデルの設計、現地での構造モデルの組立実証、ベトナム建設科学技術所（IBST）と連携した軸組技術標準の整備に向けた取り組み、セミナー、見学会が実施されており、概ね計画を達成していると考えられる。 ・一方で、今後の課題と対策に書かれている内容から達成状況が不十分と判断されるとの意見もあった。
事業の効果（事業成果の活用や波及効果等）	・国内でプレカットし、保存処理を行った材料を用いており、工法とあわせて付加価値の高い材料として国産材の輸出につながることが期待される。IBSTでの部材実験、現地の業者による構造モデルの組立実証により、現地での理解を得ることで、基準整備に向けた連携が強化されたものと考えられる。 ・現地適合型軸組構造モデルの設計、構造モデルの適合性の実証（建設）、成果を活用した報告会等の実施などを通して、事業成果が周知され、ベトナム版の木造軸組構法マニュアルが作成され、それを基にした実施行の実施が期待される。 ・ベトナムで得られた木造住宅の熱環境の設計手法は、同様の環境にある東南アジアでも適用できると考えられることから、今後、これらの地域へ木造住宅・建設技術を輸出する際に活用できよう。 ・木造住宅の規格基準が完成すれば、参入したい企業への波及効果が見込めるが、何時になるのかが見えない。いずれにしても、現地と連携した構造モデルが現地適合型軸組構造モデルなのか、日本の一般的な軸組工法との違いはなにか、違いが生じる理由は何かといった項目が明らかにできれば波及効果が期待できる。
今後に向けた助言等	・木造軸組工法の手引書（マニュアル）の整備に向けて、IBSTをはじめとする現地関係機関との連携をさらに強化していただきたい。構造モデル本体、それに使われている木材の耐久性に関する調査（表面の劣化、腐朽、蟻害等）は継続して実施し、蒸暑地域での木材、保存処理材の利用に関するデータの取得、構造モデルの仕上げやおさまり等の見直しへの活用に努め、得られた成果を広く公表していただきたい。 ・本事業で実施されて一連の実証を基に、ベトナム版木造軸組構法マニュアルや木造建築設計基準等が作成され、それに基づいた国産木材を用いた木造住宅等の建設へと事業が進行することを期待したい。 ・当地で木造建築の建築許可を容易に得るための基準策定は容易でないと思われる。それを可能にするには、同国で木造建築を推進しようとする人材を発掘するなり育成するなどして、研究機関・大学・企業等と協力体制を構築することが不可欠であろう。 ・木材を使うとCO2削減という表現は誤解を生むので、表現ぶりに工夫をしてほしい。本事業で建設した木造住宅がIBSTが進めるベトナム人向けの木造住宅とマッチしているか、そもそもベトナムに木造住宅は必要なのか、との検証が行われているのであれば、その説明を背景できるようにしてほしい。規格基準の完成が急務であるが、LDKからの提案が行われただけで、完成までのマイルストーンは見えていない。次年度末までに技術基準策定の為のマニュアルの完成と実物件の建設開始を期待する。

No. 2 事業評価

事業名：国産材を利用した韓国向け枠組み壁工法用構造体の開発（都築木材株式会社）

事業の達成状況	・韓国への国産材の輸出と現地において枠組み壁工法住宅への利用に向けて、調査の結果に基づき、高い性能を有する耐力壁の考案と実験、モデルプランの設計を行っているほか、モデルプランの小屋を現地で組立見学会を実施しており、実施項目に関しては、概ね事業の計画を達成していると考えられる。 ・一方で、今後のスケジュールに書かれている項目から判断すると、準備段階に時間が掛かりすぎて、期間内に達成できるかが疑問との指摘があったほか、耐力壁の強度試験では、予期せぬ理由で所定の成果を得ることはできなかったが、このことは、韓国向け構造体の開発を後退させるものではないとの意見もあった。
事業の効果（事業成果の活用や波及効果等）	・軸組プレカット技術を活かし、国内で製品の加工を行うことで付加価値をつけた製品の輸出につなげられると思われ、これにより、スギの枠組用構造用材の販路拡大につなげられると良い。 ・韓国で普及している2x4工法の改良型構法の提案で、2x4工法を基に軸組構法との混合構法を提案することで、国産材の利用と軸組構法の有用性が提案可能となり、韓国での普及が期待される。 ・韓国で好まれる南面に大きな開口を設けたプランや、それらの強度的安全性が不十分であることなどの韓国における技術的問題点が明らかになったことは、日本の技術力を背景に、木造住宅を売り込む武器になろう。 ・軸組工法用のプレカットシステムを使わずに、2×4プレカットシステムで木造軸組住宅を韓国に普及しようとする事業は他の参入企業に参考になるのか疑問なしとしないので、その点での検証が必要である。
今後に向けた助言等	・国産材を用いて高い性能を有し、コストとのバランスがとれた耐力壁を現地の機関と共同で提案し、現地での認知度の向上に努めるとともに、現地の木造関連の団体、ビルダーとの連携を強化していただきたい。 ・2x4工法と軸組構法との混合構法を提案することにより、2x4工法による課題等が解決でき、新たな構（工）法の対案が可能となることが期待できる。 ・面材張りの高耐力壁を設計する技術は日本にあるので、南面に大きな開口を設けたプランを実現するために、これらを活用するなどして限界にチャレンジして頂きたい。 ・用語を本来の意味からはみ出た使い方をしている箇所が散見されるので、再チェックを促したい。フィンガージョイントの弱さと韓国の建築基準法のまずさを見つけたことは評価するが、それらの第三者による検証と韓国建築学会に気付かせるための仕掛けを勧めたい。韓国に適した木造工法は南面に大きな窓が好まれるなら軸組とは思いますが、検証が必要ではないか。その上で、同工法に国産材を多用するコスバの高い技術開発を目指すべきと思料。

No. 3 事業評価

事業名：米国市場向け木製ガゼボ輸出キットの開発と性能実証（ポラテック株式会社）

事業の達成状況	・国産材を用いたガゼボの米国輸出に向けて、輸出用のガゼボキットの設計と試作、組立マニュアルの整備、現地での組立実証、現地でのアンケート調査を行い、概ね当初計画通り達成していると評価される。
事業の効果（事業成果の活用や波及効果等）	・国内でプレカットし、保存処理や塗装を行った材料を用いて、キットとして輸出できることから、高い材料として国産材の輸出につながろう。今回設計、組立を行った数種類のガゼボの現地でのアンケート調査で得られた結果をフィードバックすることで、より米国でのニーズに合い、日本産材の使用をアピールできるような商品の開発につながろう。 ・ニーズにマッチする製品が開発され次第、詳細が公開されれば、波及効果が期待できる。 ・国産材、プレカット技術、金物、防腐処理、などと多義にわたる技術の集合としてのガゼボの輸出は、今後の木材業界において興味がそそられる製品であると思われる、今後の展開が期待される。 ・本事業の当初目的のほかに、ADU (Accessory Dwelling Unit) の市場等の情報が得られたことは、これからの同事業の展開に有益であろう。
今後に向けた助言等	・本事業でガゼボに使用された木材はかなり良質な材であり、意匠的にも高級な仕様としたものと思われる。一方で、それほど良質な材を用いない普及版の開発等、バリエーションを増やすことも将来的には必要になってくるのではないかと思われるので、米国でのニーズをとらえ、国産材の良さ、加工品質の良さを生かした製品の開発を望む。 ・性能を仮定した謳い文句（カーペット同等の防火効果が期待可能）は避けるべき。また、建物の庇風と東屋風とでニーズが異なるように思えるので、その分析をされ、製品開発に活かされることを提案する。さらに、アンケート結果と合わせて、既に市販されている中国製との比較評価を行い、ユーザのニーズを汲み上げてもらいたい。 ・DIYが盛んな米国においては、木材と金物だけだと取り扱い上の問題が考えられるため、他材料との併用による商品があっても良いと考えられる。また、アンケート調査の結果から、米国において関心のある項目として、国産材を除き、①コスト、②金物のデザイン、③環境配慮型の防腐剤、④表面保護塗料などが挙げられており、これらの項目が、今後の技術課題であり、新たな展開を期待したい。 ・日本ブランドをPRするとともに、建売市場の現地ビルダーとのコラボなども検討されればどうか。

No. 4 事業評価

事業名：海外の剣道場ニーズに合わせた『弾性剣道場床』の性能検査及び実証
(株式会社五感)

事業の達成状況	・国外ではほとんど整備されていない剣道場床について、スギ材とゴムマウントを組み合わせた簡易な構成で形成し、床としての性能を明らかにしており、また、米国でのアンケート調査を実施し、施工要領書の作成に進んでおり、概ね当初計画通り事業の計画を達成していると考えられる。
事業の効果(事業成果の活用や波及効果等)	・これまで明らかにされていなかった剣道場床の性能を明らかにしており、将来的に国外(国内においても)で剣道場床を整備する際の指針となるよう活用いただきたい。剣道場床という性質上、品質の高い板材が必要になることはやむを得ないと思うが、国内の各地域のスギ材が使用できるよう検討することを希望する。 ・剣道床の性能測定から様々な床の性能別位置付けを行い、開発された床の長所がアピール出来ると、完成した施工要領書により日本のみならず海外への波及効果が期待できる。 ・「剣道場床の性能評価」と米国でのアンケート調査による評価から、当事業は高評価を得ており、施工書の作成及びそれらの周知により、特殊な用途ではあるが、波及効果は、大きいと考えられる。なお、当事業の成果は、海外にとどまらず、剣道場床の仕様がない国内においてもその普及が考えられる。 ・フローリング全盛の日本でも、スギの床板は、静かな人気があり、その性能は官能試験等で科学的根拠がることが示されており、剣道場でも実証されたことは大きな成果である。この成果はこれからのスギの輸出・利用において有益であろう。
今後に向けた助言等	・得られた実験データは大変貴重だと思うので、機会を見つけて公表いただくことを望む。今回使用されたスギ材の密度、曲げヤング係数、含水率等の物性を調べておくことで、剣道場床への利用に適したスギ材を効率的に選択できるようになると思われる。さらに、施工要領書とあわせて、スギ材の特徴について購入者や利用者が理解できるような説明、日常のメンテナンスや使用上の注意点等を記した資料も準備しておくとの良いのではないかな。 ・選手の評価が高い床の性能を把握し、コンクリート床をその性能に改善出来る施工要領書を作成されると、本事業の趣旨とは異なるが、選手の膝や足の保護につながり、剣道の普及に貢献しよう。また、欧州にミニチュア床を持ち込んで、評価してもらうのも必要だが、米国における第一号の実装が重要と思料。 ・施工書の英語版が作成されることにより、剣道場床の仕様が、日本文化を踏まえた伝統技術の輸出という面で新しい輸出の方向性が見出せることから、今後に期待したい。 ・剣道場だけでなく、素足で触れる他の床での展開も模索されたい。

VI 成果報告会

1 成果報告会の実施

今回実施した4件の事業について、その事業内容と成果等を広く普及することを目的に事業の成果報告会を令和6年3月5日（火）に Zoom ウェビナーにより実施した。

Zoom ウェビナーによる参加者を一般社団法人日本木材輸出振興協会のホームページ等を通じて募集し36名の視聴申し込みがあった。

成果報告会のプログラムは別紙4のとおりである。開催にあたり、一般社団法人日本木材輸出振興協会の専務理事吉野示右が挨拶を行い、事業の主管官庁を代表して林野庁林政部木材産業課の土居木材製品技術室長よりご挨拶をいただいた。

各事業者による発表（約15分）と質疑応答（約5分）の後に東京農工大学 服部順昭名誉教授が4件の発表に対する講評を行い、最後にアンケートを実施して閉会した。

（アンケートの結果は後述）

事業者による発表の様子



ライフデザイン・カバヤ株式会社
藤本和典氏



都築木材株式会社
園田真吾氏



ポラテック株式会社
馬駿氏



株式会社五感
前田英樹氏

別紙4 成果報告会のプログラム

林野庁補助事業 木材製品の輸出支援対策のうち 輸出先国の規格・基準等に対応した性能検証支援事業 成果報告会

■日 時：令和6年3月5日（火） 13：30～15：20

■参 加：ウェビナーによる聴講

次 第

1. 開会
13:30
2. 挨拶
 - 1) (一社) 日本木材輸出振興協会専務理事 吉野 示右
 - 2) 林野庁 木材産業課 木材製品技術室長 土居 隆行
3. 成果報告
 - 1) 13:40～14:00
ライフデザイン・カバヤ株式会社
「ベトナム適合型木材軸組構造モデルの技術開発と性能実証」
 - 2) 14:00～14:20
都築木材株式会社
「国産材を利用した韓国向け枠組み壁工法用構造体の開発」
 - 3) 14:20～14:40
ポラテック株式会社
「米国市場向け木製ガゼボ輸出キットの開発と性能実証」
 - 4) 14:40～15:00
株式会社五感
「海外の剣道場ニーズに合わせた『弾性剣道場床』の性能
検査及び実証」
4. 講評
東京農工大学 名誉教授 服部 順昭
5. その他（アンケート）
6. 閉会
15:20

2. 成果報告会の講評

成果報告会の最後に本事業の検討委員会の委員長を務めた服部東京農工大学名誉教授が事業者の発表について講評を行った。



服部順昭 東京農工大学名誉教授

服部委員長の講評

今年度の事業は、コロナ感染症の位置付けが昨年の5月8日から5類となり、経済活動などが元に戻りつつある中で、実施されました。本日はこれまでと趣の異なる分野も含めて4件の成果が発表されました。先ずは事業者と関連する皆さんにここまで達成されたことについて敬意を表します。

講評として、次の4つを申し上げたいと思います。

- ① 事業の達成状況についてですが、2月に開催の事業評価検討委員会では定性的には概ね達成されていると評価されましたが、本日の発表会において、定量的にはどうなのかを強調していただきたかったと思います。
- ② 事業成果の活用の程度や波及効果については、成果が輸出先国の規格などに反映されていく時間の掛かるものと、その様な障壁はなく、輸出が可能なものが見られました。後者については積極的に輸出事業を始められることを期待しますし、日本でも活用される可能性の高い成果も見られました。
- ③ 検討会の委員から頂いている今後に向けての助言をまとめますと、輸出先国の規格や基準を満たさなければならない製品については、再度輸出先国の規格や要求技術基準などを確認され、それを満たす成果物が造られるように、当該国でストレス無く使えるマニュアルや施工書を速やかに仕上げられること、輸出先国の規格などの制限を受けない製品については、それに加えて、利用者のニーズを把握し、対象者を絞り込むこと、その対象者が費用対効果を感じる製品に仕上げることを希望しま

す。事業担当の当事者になると申請書に記載の計画を達成しようとするあまり、大局的な見方が疎かになる場合もあるので、本事業終了後は、大所高所から輸出事業の可能性を如何に上げるかという検討も加えて、実現されて、輸出拡大に繋がっていくことを期待しています。

- ④ 終了後に事務局に提出することが求められている報告事項以外に、委員会からの要望ですが、事業による成果が具体化した場合や輸出実績が得られた場合に、速やかに事務局に報告いただけますと、それらを参考に、さらに横に発展させるにはといった次の事業が検討できますので、宜しくお願いします。

以上、簡単ですが講評とさせていただきます。最後に、1 年間事業達成にご尽力されたことに対しまして、事業を担当された皆様と関係者の皆様のご尽力に改めて感謝し、ご慰労を申し上げます。―

3. アンケートの実施

成果報告会の参加申込者 36 名に以下のアンケートを実施し 9 名からの回答を得た。質問票と回答は以下のとおりである。

輸出先国の規格・基準等に対応した性能検証等支援事業成果報告会（2024年3月5日（火））

アンケート

Q1 今回の報告会全般についての感想をお聞かせください(択一)

- ① 有意義 ② まあまあ有意義 ③ あまり役立たなかった ④ 役立たなかった

Q2 本報告会への来場目的について教えてください(複数回答可)

- ① 木材輸出に関する情報収集
- ② 関連事業者や知りがいが発表するから
- ③ 補助事業に関する情報収集
- ④ その他()

Q3 あなたは、次年度以降、機会があれば当事業に取り組んでみたいと思いますか？（択一）

- ① 補助を受けられるのであれば取り組みたい
- ② 補助が無くても自力で取り組みたい
- ③ 取り組みたいとは思わない
- ④ 民間企業等ではないので、該当しない
- ⑤ その他()

Q4 本事業や本報告会に関するご意見ご質問等をご記入ください。

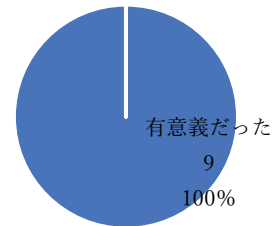
Q5 あなたの所属について教えてください(択一)

- 木材関連産業 住宅関連産業 家具関連産業 貿易関連産業
コンサルタント 行政関係 試験研究機関 その他()

ご協力ありがとうございました。

Q1. 今回の報告会全般についてのご感想をおきかせください（択一）

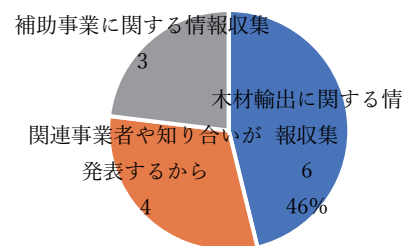
有意義	9
まあまあ有意義	0
あまり役立たなかった	0
役立たなかった	0
合計	9



Q2.本報

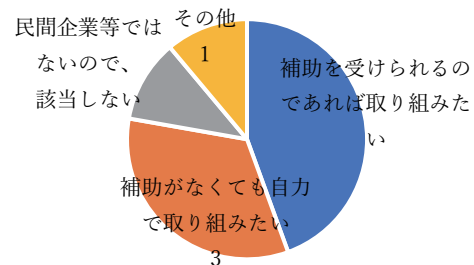
告会への来場目的についておしえてください
（複数回答可）

木材輸出に関する情報収集	6
関連事業者や知り合いが 発表するから	4
補助事業に関する情報収集	3
その他	0
合計	13



補助を受けられるのであれば 取り組みたい	4
補助が無くても自力で取り組みたい	3
取り組みたいとは思わない	0
民間企業等ではないので、該当しない	1
その他	1
合計	9

Q3.あなたは次年度以降、機会があれば当事業
に取り組んでみたいと思いますか？（択一）

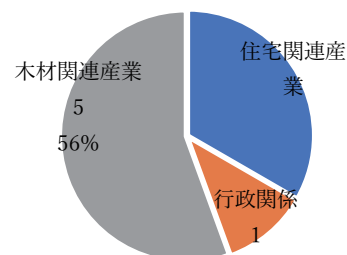


Q4.本事業や本報告会に関するご意見ご質問等、ご記入ください。

（別紙参照）

木材関連産業	5
住宅関連産業	3
家具関連産業	0
貿易関連産業	0
コンサルタント	0
行政関係	1
試験研究機関	0
その他	0
合計	9

Q5.あなたの所属について教えてください。（択一）



4. 成果の普及

令和6年3月5日に実施した成果報告会の発表資料を一般社団法人日本木材輸出振興協会のホームページに掲載し、誰でも閲覧できるようにした。

掲載 URL : <https://www.j-wood.org/assets/pwp/data/r4seino.pdf>

また、本事業の事業報告書を作成するとともに、4件の事業者が作成した成果報告書を一般社団法人日本木材輸出振興協会のホームページに掲載して、事業成果の普及を図る。

附属成果物（別冊）

1. 事業実施者による事業の成果報告書（1冊）

令和4年度補正予算 林野庁補助
輸出先国の規格・基準等に対応した性能検証等支援事業

令和4年度
輸出先国の規格・基準等に対応した
性能検証等支援事業報告書
(別冊 実施事業の成果報告書)

令和6年3月

一般社団法人 日本木材輸出振興協会

令和4年度輸出先国の規格・基準等に対応した 性能検証等支援事業報告書

- 1) ベトナム適合型木材軸組構造モデルの技術開発と・・・1
性能実証
ライフデザイン・カバヤ株式会社
- 2) 国産材を利用した韓国向け枠組み壁工法用構造体・・・115
の開発
都築木材株式会社
- 3) 米国市場向け木製ガゼボ輸出キットの開発と・・・125
性能実証
ポラテック株式会社
- 4) 海外の剣道場ニーズに合わせた『弾性剣道場床』・・・143
の性能検査及び実証
株式会社五感

令和4年度輸出先国の規格・基準等に対応した性能検証等支援事業
成果報告書

1. 事業名

ベトナム適合型木造軸組構造モデルの技術開発と性能等の検証

2. 事業者名

ライフデザイン・カバヤ株式会社

3. 事業の目的

本事業は、国産材の輸出拡大、更には木造建築の海外への普及拡大を目的とし、ベトナム向け木造軸組み構造モデルの設計・技術開発、現地のニーズや性能適合性の実証、並びに規格基準の整備と認知度向上に向けた活動となる。

4. 事業内容（実施方法等）

ア 現地適合型軸組構造モデルの設計

① 検討委員会の設置と開催

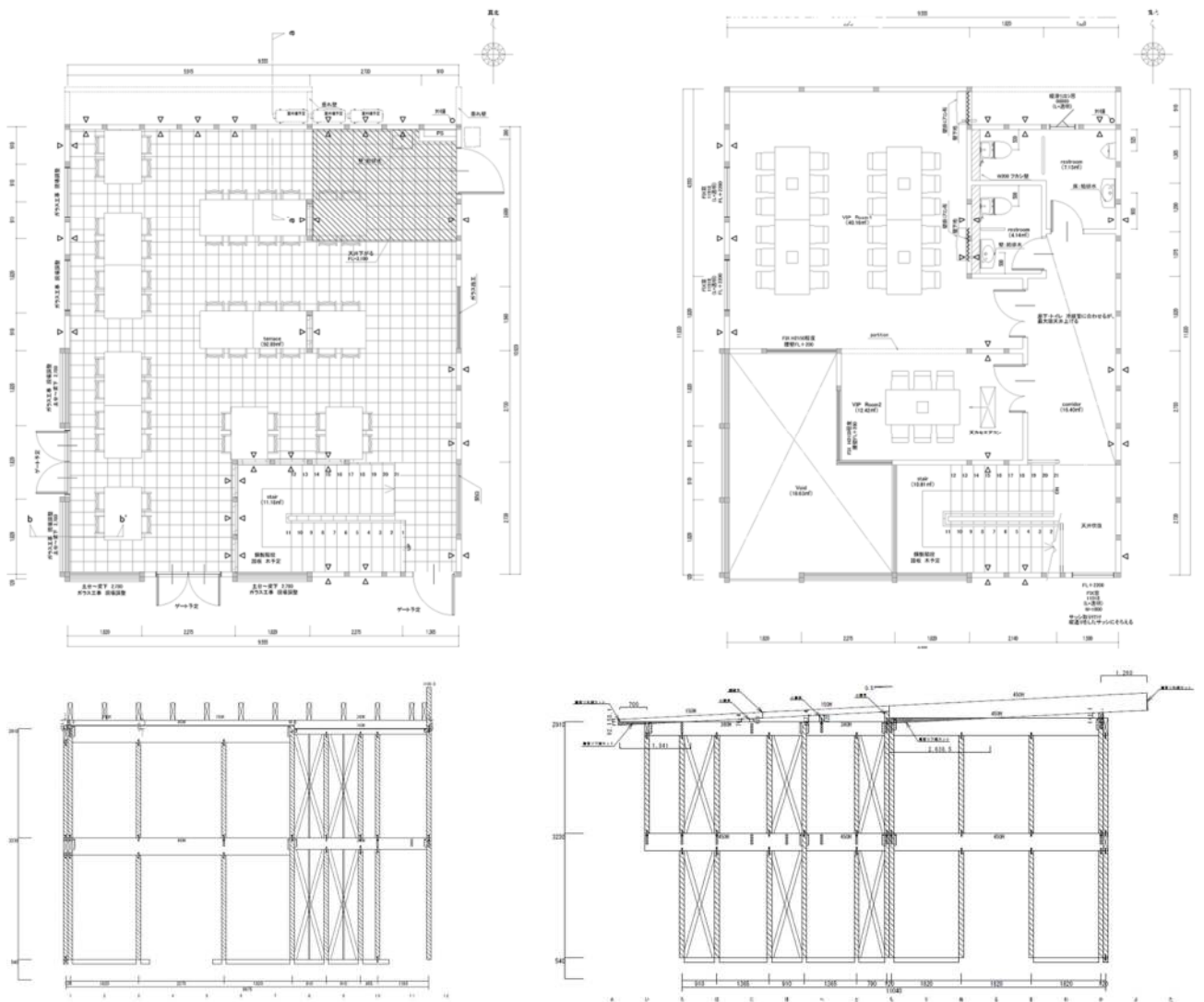
- 検討委員会の設置(7/14) 森准教授(広島大学)を委員長とする委員8名の構成
- 第1回開催(対面)7/14、第2回開催(web)7/31、第3回開催(web)9/28、第4回開催(web)12/11、第5回開催(web)2/22

現地適合型軸組構造モデル検討委員会 委員構成			
氏名	所 属 ・ 職 名		
森 拓郎	広島大学	大学院先進理工系科学研究科	准教授
青木 誠治	東京大学	大学院農学生命科学研究科	准教授
恒次 祐子	東京大学	大学院農学生命科学研究科	教授
齋藤 宏招	足利大学	工学部創生工学科	教授
石山 央樹	大阪公立大学	大学院工学研究科	准教授
林 英昭	静岡理科大学	理工学部建設学科	准教授
馬 駿	ボラテック株式会社	取締役木材本部長	
杉目 勝也	BXカネシン株式会社	営業本部長	

② 構造モデルの設計

- 意匠設計：IBST 構造設計：ライフデザイン・カバヤ株式会社
- 初期構造設計：簡易構造計算（壁量計算）
- 検証構造設計1：許容応力度計算（日本基準で計算）
- 検証構造設計2：ベトナム基準外力で許容応力度計算
- 大きな開放的な空間とするためにスギ大断面集成材を多用
- 軒の出を強調するために登り梁にスギ大断面集成材を採用

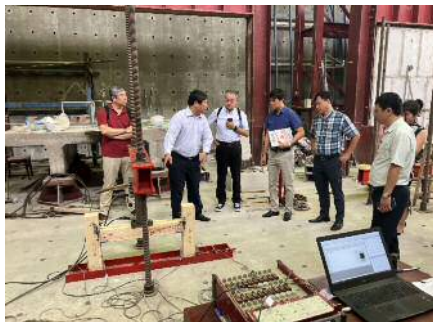
- 構造部材の現し仕上げとするため部材寸法は意匠優先



平面図・断面図

③ 現地 IBST による部材実験

- IBST による木材試験は、部材曲げ試験、部材せん断試験、接合部引張試験、接合部せん断試験の 4 通り
- 7/17 検討会委員立会いの下、試験方法及び判定基準の確認
- 7/17 の試験体の一部は実験方法確認用のスギ製材を利用
- 8/31 に残り試験体が第 2 便で到着、実験再開



イ 構造モデルの組立による適合性実証

① 現地と連携した構造モデルの組立と適合性評価

- 柱梁土台等構造部材は全て AZN 乾式保存処理済のスギ集成材
- 日本国内で製造、プレカット、保存処理を実施、構造金物は現地取付
- 施工はベトナム側で入札による IBST 指定業者
- 日本側は構造設計と構造部材の提供及び建て方指導
- 構造金物取付を含め、建て方工期は 7/11～7/15 の 4 日間
- IBST 含めベトナム側の工期の速さに対する評価はかなり高かった



- 内部吹抜け部分を構造設計段階で敢えて柱を持ち出し構造にしたが、IBST 側で竣工後ベトナム基準での載荷試験を実施し合格した。
- 意匠設計段階からの軒の出を深くと提案しており CLT を野地板に使用することで具現化した。
- IBST 側の要望として構造部材現しに拘ったが、仕上げ蓮日集成材にオーク長の塗装仕上げとなった。



② 現地向け軸組技術標準整備に向けた取組

- 軸組構造モデル検討委員会で検討(7/14)
 - 許容応力度計算も可能だが中国、韓国等で策定済みの簡易版が良い
 - 木材の基準強度等は IBST 側で検証・策定する
- IBST に方向性の提示(7/17)

- 既存の韓国版木造軸組の手引書をベトナム版に見直す方針を提案
- IBST 側から検討結果報告(9/14)
 - 最初はマニュアルで運用し、時間を掛けてベトナム基準に上げたい
 - ベトナムの建設マニュアルの構成は①木材②設計③施工④受入検査の4部構成
 - 手引書(マニュアル)作成はIBSTで行う
- マニュアルの基本事項すり合わせ(11/9)
 - IBSTより予算、基本事項を詰めて実行リスト提示
 - 内容を検討し来年度に向け調整を進める
- マニュアル策定の基本事項覚書締結(1/19)
 - 材料強度に対する含水率の影響の検討を付加する
 - 来年度実施事項の方針の覚書を締結

ウ 成果を活用したプロモーションと情報共有

① 構造モデルを活用したセミナー・見学会の開催

- IBST 木造モデル竣工パーティー(9/15)
 - ・ ベトナムでの木造建築普及の意義とライフデザイン・カバヤの思いを映像で紹介
 - ・ 木造建築の特徴とIBSTの取組みと木造モデルの概要をIBSTが紹介

【来賓】 ベトナムコンクリート協会会長(元建設副大臣)

科学技術環境局長、科学技術環境副局長

国家検査局建設品質担当副局長

ベトナム JICA 事務所代表、ジェトロハノイ首席代表

ベトナム建設コンサルティング公社 取締役会会長、副社長

第一キャピタル建設株式会社 取締役会長



- ベトビルド ハノイ 2023(9/20-24)
 - ・ ブース出展し、主に木造住宅のパネル、スギ集成材のプレカットサンプル等を展示
 - ・ 来場者数は4日間で218組
 - ・ 来場者に限って言うと木造住宅の認知度は高く、評価も高い



- 日越国交 50 周年記念事業(9/15 - 3/31)
 - ・ IBST 木造モデル公開事業として登録、公開
- ハノイ建設大学での特別講義(11/9)
 - ・ ベトナムでの木造建築の可能性をテーマに 3 講座を実施
 - ・ 木質構造の可能性 広島大学 森准教授(委員長)
 - ・ 木質構造の耐久性 大阪公立大学 石山准教授(委員)
 - ・ 環境制御による木造建築の優位性 足利大学 齊藤教授(委員)
- IBST 創立 60 周年記念国際科学会議で基調講演(11/10)
 - ・ 世界各国より 100 名以上の技術者が参加
 - ・ 森准教授及び LDK 社長窪田による木造をテーマに基調講演
 - ・ 基調講演配布冊子に講演骨子のミニ論文を投稿
 - ・ ベトナム建築業界論文集に活動報告論文を投稿
- IBST 創立 60 周年記念式典会場にブース出展(11/10-17)
 - ・ 軸組モデルと住宅展示場のパネル展示
- ベトナム建築系企業へのアプローチ(1/19-20)
 - ・ VNCC 社(大手ゼネコン)、RSP 社(大手設計事務所)訪問
 - ・ 住友商事現地合弁会社訪問(北ハノイスマートシティ開発)



ハノイ建設大学特別講座



北ハノイスマートシティ計画

4. 今後実施予定の取組項目と実施予定時期

ア 現地適合型軸組構造モデルの設計

- ① 検討委員会の設置と開催
- ② 構造モデルの設計
- ③ 現地 IBST による部材実験

【達成度評価】 120%

構造モデル設計では現地基準で安全評価できた。

国産木材の現地での部材試験では検討委員会指導の下、IBST 独自で試験方法及び材料強度把握ができたことは大きい。

イ 現地適合型軸組構造モデルの設計

- ① 現地と連携した構造モデルの組立てと適合性評価
- ② 現地向け軸組技術標準整備に向けた取組み

【達成度評価】 100%

日本の木造軸組工法の施工性、居住性を実証でき、技術基準整備に向けての実施項目を明確にでき

た。

ウ 成果を活用したプロモーションと情報共有

- ① 構造モデルを活用したセミナー・見学会の開催
- ② 成果報告会の開催

【達成度評価】 120%

検討委員会委員による講義講演、論文発表、IBSTによる公開・アピールは認知度向上に想定以上の効果を生んだ。

6. 事業成果の活用と課題

【実施事項 イ】 構造モデルの組立による適合性実証

- ② 現地向け軸組技術標準整備に向けた取組

(課題) IBSTでの手引書策定のめどは立ったが、納期は1年半後
来年度の取り組みとして進めるが年度内に完了しない。

正式契約調印までにもう少し内容を詰める必要ができるかがKey

(対策) 建築物の規模、用途を低層戸建／集合住宅に絞り納期を早める。

【実施事項外】

(課題) 手引書作成迄では木造建築実績にならない。

早期実案件の創出が必要。規格基準のめどは立つが実案件が出てこないと次に結びつかない。手引き書あるいは規格・基準策定までも実案件の実績が欲しい。

(対策) デベロッパー系、デザイン事務所系へのアプローチを並行して進める。

7. 添付資料

- ベトナムにおける活動報告論文（ベトナム建築業界論文集掲載、IBST 創立 60 周年記念国際科学会議で基調講演）
- IBST の木材の構造耐力性能に関する研究論文

ベトナムの持続可能な社会における木造建築の役割

窪田 健太郎¹, 森 拓郎², 青木 謙治³, 恒次 祐子⁴, 齋藤 宏昭⁵, 石山 央樹⁶, 林 英昭⁷

¹ 取締役社長、ライフデザイン・カバヤ株式会社, Email: k-kubota@ld-kabaya.co.jp

² 博士(工学)、広島大学大学院先進理工系科学研究科, Email: moritaku@hiroshima-u.ac.jp

³ 博士(農学)、東京大学大学院農学生命科学研究科, Email: aoken@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

⁴ 博士(工学)、東京大学大学院農学生命科学研究科, Email: a-yukot@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

⁵ 博士(工学)、足利大学工学部創生工学科, Email: saito.hiroaki@g.ashikaga.ac.jp

⁶ 博士(工学)、大阪公立大学大学院工学研究科, Email: ishiyama@omu.ac.jp

⁷ 博士(工学)、静岡理工科大学理工学部建築学科, Email: hayashi.hideki@sist.ac.jp

ABSTRACTS: 木造建築は、持続可能な材料で構築されていることから環境の維持・保全、環境負荷の低減への貢献に期待され、注目されている。また、構成材料である木材は、持続可能な森林管理を前提とした再生可能な循環型建材であり、その成長および使用期間における二酸化炭素の吸収と貯蔵が期待されている。ベトナムにおける木造建築の可能性について、文化、耐震、耐久、防火、省エネなどの観点に加え、地域経済への貢献も交えて述べる。

KEYWORDS: 木造建築, 耐震, 耐久, 防耐火, 省エネ, 炭素固定量, 施工

1. はじめに

ベトナムの最初のユネスコ世界遺産である「フエの建造物群」と日本で最初の「法隆寺地域の仏教建造物」(図1)は、いずれも1993年にユネスコ世界遺産リストに登録されている。この年から広くアジアの木造建築もユネスコ世界遺産リストに登録されることとなった。ベトナムと日本の木造建築文化の価値が広く世界に認められたこの年から30年となる。



図1. フエの建造物群と法隆寺地域の仏教建造物

今日私たちが見ることのできる遺構についても、大悲寺(Chùa Bối Khê, Thanh Oai, Hà Nội)、

延應寺(Chùa Dâu, Thuận Thành, Bắc Ninh)、ディン・テイ・ダン(Đình Tây Đằng, Ba Vì, Hà Nội)など、数百年の風雪を耐えた建造物が、ベトナム各所に存在している。ベトナムの伝統的な共同体の拠点となったディン、廟殿、寺院、宮殿、氏族祠堂、伝統的住宅は、本来はそれら全てが木造建築である。また越族(Người Việt)の伝統建築だけではなく、広くベトナムの多数の民族がそれぞれに固有の木造建築の文化を持つことが知られている。ベトナムは世界的にみても珍しく、非常に多種多様な木造建築文化を持つ地域でもある。

古代より歴代の中華文明の木造建築の影響を受けながら、植生や気候風土の違いによって、少しずつ独自の建築文化を育んできたという側面は、日本の伝統的な建築文化と同様の背景を

持つ。一方でベトナムと日本の木造建築は、同様な文明と技術を背景に持ちながら、その発露した建築表現には驚くべき相違があり、祖を同じくする親族のような関係にある。

日本の木造建築をベトナムへ導入するにあたり、本プロジェクトで実施してきた事や実施したい事、今後ベトナムで木造建築を普及させるための課題について紹介したい。

2. LDK の想い

日本の木造建築は第 2 次世界大戦からの復興期に国民生活に最も重要な課題「衣食住」の一つとして住宅の工法として発展してきた。現在では 3 階建て以下の低層住宅の 82.2% (※2019 年国土交通省調査)が木造で建築されている。その大きな要因は日本には大工職が 30 万人おり、木造住宅に特化した建築基準が存在し、規格化された木構造部材が何処でも常に入手でき、更には内需産業の柱として政府からのバックアップで“何時でも何処でも誰にでも建築できる”環境にあることが一つ、また大地震毎に建築基準法が改正され、個々に建築確認により一定の品質が担保される仕組みが整備されており、住み心地よく慣れ親しんだ木造住宅が“安心安全で快適であることを国民が知っている”ことである。

日本政府は 1966 年から「住宅政策 5 か年計画」を策定し 8 期 40 年に渡り住宅の数の供給から質の向上へと推進してきた。その中で木造住宅の課題であった耐震性、耐久性、耐火性を工業化し基準を整備することで、住宅投資では 22 兆円、関連産業で 18 兆円の経済効果をもたらす“住宅産業”となった。現在では環境負荷の極めて小さい持続可能な産業と位置付けられ、カー

ボンニュートラルに向け木造建築は住宅から非住宅へと広がり始めてきた。

沖縄は前述とは異なる事情があり低層住宅の 95%が鉄筋コンクリート造である。日本に返還される 1972 年までは米国が復興を担ってきたのが大きな要因である。しかし現在では日本の 47 都道府県の中で木造住宅の増加率は一番高い。新たな住宅市場を求めて日本のビルダーが進出し始めたことが要因で、ライフデザイン・カバヤもその一つである。沖縄の住宅の耐久性と快適性と省エネルギー性については日本の木造住宅ではなく、亜熱帯地域の住宅が参考になり、更には東南アジアをはじめとする世界の蒸暑地住宅にまで可能性を広げるものである。

ライフデザイン・カバヤは 2019 年に日本国内での戸建住宅事業拡大のため CAD センターとしてベトナム/ハノイに子会社を設立した。同時に日本の大工職の高齢化対策としてベトナム人大工実習生の採用を始めた。しかし日本で大工実習を終えたベトナム実習生のベトナムでの活躍、今後さらに縮小する日本の住宅需要を考えると、ベトナム事業の本質はそこではなく、日本の高い木造建築技術を活用して新たな産業を創出し成長させることにあると気付く。歴史的に日本と同じ中国文化の流れを汲むベトナムは木造文化に親しみがあり、両国の技術者が協力し合えば大きな市場が生まれると考えた。

2022 年ベトナム建設省の Dr.Vu Ngoc Anh - Director of the Science and Technology and Environment Department と面談しライフデザイン・カバヤの取組みとその思いをお伝えしたことがきっかけで、IBST との新たな接点が生まれた。そして IBST 敷地内に木造モデルプロジェクト

トとして建築できる機会を頂いた。意匠設計は IBST、構造設計はライフデザイン・カバヤ、そして施工は木工事のみライフデザイン・カバヤという共同事業である。またベトナムでの木造建築の設計施工の手引書を策定することと木材強度基準の整備にも合意した。

IBST 木造モデルプロジェクトの概要は、木造 2 階建て、延べ面積 195m²、構造部材は柱梁とも日本産スギ集成材に木材保存処理を施したもの、屋根の野地板は日本産スギ CLT(Cross Laminated Timber)¹⁾ (厚み 90 mm 3 層 3 プライ)に木材保存処理を施したものを使用している(図 2)。



図 2. IBST 木造モデル施工木工事様子

本プロジェクトと並行してハノイ建設大学と産学連携を進める。その内容はベトナム国内で利用する木材及び木質材料の生産や強度特性の評価に関する共同研究である。

3. 木造モデルの建設

3.1 耐震設計と木材

今回建設した木造モデルは、「木造軸組構法」を採用している。軸組構法とは、柱、土台、梁といった細長い線材によって骨組みを形成し、そこに面材料や筋交いを留め付けることで、鉛直力や、風圧力や地震力等の水平力に抵抗する構造である。日本で建設される木造住宅の 7 割

以上はこの軸組構法で建てられており、大型の木造建築物でも主流の建築構法となっている。

使用する木材には、日本農林規格(Japanese Agricultural Standards : JAS)で製造方法が規定された構造用集成材(Glued Laminated Timber)²⁾、構造用合板(Plywood)³⁾、CLT が使用されており、いずれも強度性能や耐久性能が担保された高品質の木質材料である。今回用いた集成材や CLT に用いた樹種は、日本で最も多く植林されているスギ材を用いている(表 1)。

表 1. 本木造モデル使用集成材の日本の性能値

Allowable stress (wood) ※the bottom row is width direction						
Tree species	Standard strength "F" (N/mm ²)					Young's Modulus (N/mm ²) E _b
	Compression F _c	Stretching F _t	Bending F _b	Shearing F _s	Embedment F _{cv}	
Cedar (ungraded)	17.70	13.50	22.20	1.80	6.00	7000
E65-F255	20.60	18.00	25.50	2.70 2.10	6.00	6500
E65-F255	16.70	14.60	22.50 15.00	2.70 2.10	6.00	6500

また、木材同士の接合部には接合金物を用いており、予め加工した木材に金物を取り付け、木材をはめ込んで緊結することで強固な接合部を形成している(図 3)。それぞれの接合部においても日本における性能評価により、その強度性能が担保されている。これらに加えて、ベトナムにとって新しい材料である集成材とそれを用いた接合部を採用しているため、IBST によって、これらの材料強度及び接合部強度の性能評価実験の実施、及びその性能確認が実施されている(図 4)。

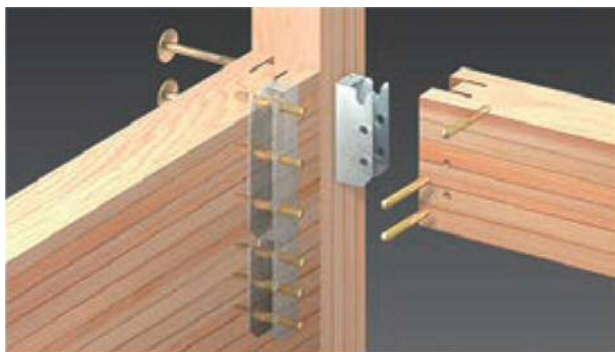


図 3.接合金物の一例(BX Kaneshin)



図 4.接合金物の IBST でのせん断破壊試験

なお、今回の木造モデルは日本の耐震設計基準に基づいて設計⁴⁾されているが、ベトナムの設計基準^{5),6)}と比較した場合、地震に対する設計値は日本の方が約 10 倍大きく、風に対する設計値や鉛直荷重に対する設計値は、日本を含めた国際的な標準値とほぼ同等である。したがって、耐震性能としてはベトナムの基準を十分満足する性能を有していると判断できる。

3.2 耐久設計

3.2.1 外皮の水分管理

木造建築の耐久性確保において、鉄筋コンクリート造と大きく異なるのが躯体の乾燥状態の確保である。コンクリートと異なり、木材の湿潤状態は腐朽・蟻害などを誘発し、構造耐力を著しく低下させる。この対策としては、①木材を濡らさない②仮に濡れたとしても速やかに乾燥させる仕様とすることが必要不可欠である。特に軸組内への水分の浸入は絶対に避けなけれ

ばならないため、防水・乾燥については、二重、三重のフェイルセーフのアプローチを採用している。

今回の木造モデルでは、日本の木造住宅における水分管理の考え方に、ベトナムの気象条件を考慮した対策が採用されている。

1) 屋根：雨水の滞留を避けるよう、勾配屋根とし、屋根端部から流下する雨水が外壁に付着しないよう樋を設ける。軒の出を 1000mm 以上確保することにより、外壁への雨がかりを減少させる(図 5)。防水は屋根葺き材だけでなく、2 次防水層として野地板上面に釘穴止水性の高いアスファルトルーフィングを施工する。

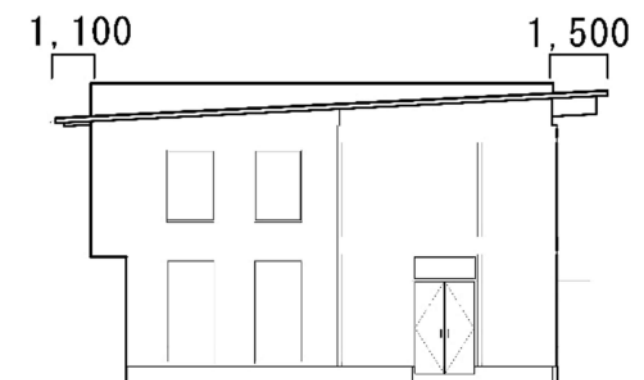


図 5.IBST 木造モデルの軒の出

2) 外壁：外装システムは、セメント板を用いた乾式工法である。屋根と同様に、外壁においても 2 次防水層としてアスファルトフェルトを下地材の外側に配置し、躯体内への雨水浸入に対し 2 重の防止策を採っている。外装材と 2 次防水層の間には通気層を設け、外装材裏面に到達した雨水を排水するとともに、等圧効果により 2 次防水層内側への水分の浸入を防止する(図 6)。

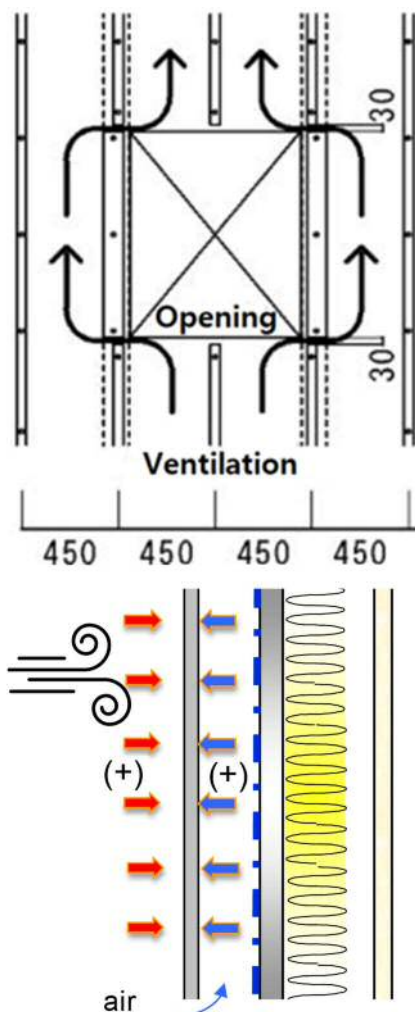


図 6.通気層の施工例

3) 結露防止措置（外壁・屋根共通）：空調（冷房）の使用を前提とする場合、大壁内や天井面への断熱材の施工により生じる内部結露を防止する必要がある。本木造モデルでは、内部結露防止のためにアスファルトフェルトを Vapor retarder として 2 次防水層と併用し、外部からの躯体内への水蒸気流入を防止する。また、外壁・屋根の室内側にも通気層を設け、エアコンによる除湿効果を得られるよう配慮している (図 7)。

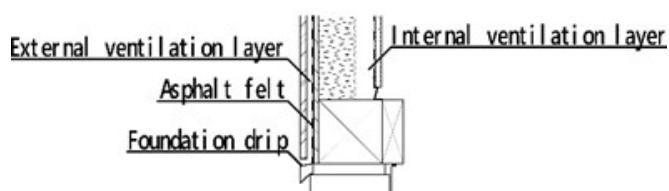


図 7.2 次防水層と通気層

3.2.2 木材の含水率

木材の含水率については、国際的に 12%がその基本となっている。ただし、これは環境によって異なるため、この含水率状態を元に様々な性能値が決まっているということである。日本での集成材の製造をみると、集成材を構成するラミナの含水率は、約 10%前後であり、積層接着されて集成材として出荷される時点でもほぼ同様の含水率状態である。その後、建物内で使用されると一般的には、10~12%前後となる。

一方、ベトナムの気温と湿度の状態を勘案すると木材の含水率は 20%前後となると考えられる。木材は含水率上昇に伴い、強度性能がわずかに低下するが木材の劣化リスクは 26~30%前後の状態となると急激に上昇する。そのため、3.2.1 に示した部材を守るための処置が必要となり、この処置が適切であれば、外気環境による含水率上昇は、そこまで高いリスクとはならない。加えて、部材の耐久性向上のために、木材の化学的な耐朽処理の技術がある。薬剤注入及び塗布の技術である。これらを付与することにより、木材における生物劣化と呼ばれる腐朽やシロアリからの損傷を防ぐことができる。ただし、継続した処理が必要となる。

3.2.3 接合金物の腐食防止措置

金物類は腐食しないように適切な防錆処置をほどこすことが必要である。金物の腐食は電気化学的反応なので、木材の含水率が高くなり、電気伝導度が上昇すると、金物の腐食速度も上昇する。このことから木材の含水率は極力低い状態に保つことが望ましいことがわかる。また、耐久性処理のための木材保存剤の中には金物の腐食速度を上昇させるものがあることが知

られている。例えば銅を含む薬剤に接する金物は、銅よりも鉄の方がイオン化傾向が高いことから、腐食が速く進む。このような場合、金物の素材をステンレスとすることや、バリア型被膜と犠牲防食型被膜による複合皮膜を施すことが望ましい。

3.2.4 耐久設計の実験棟での実証

今回の木造モデル建設に先立ってベトナムでの施工検証と環境実証を目的とした木造実験施設棟を2022年ハノイに設置した。同施設棟では、施工検証を行うとともに、蒸暑地向け木造建築温熱仕様を施し1年間の建物内の環境を実測した。ここで言う蒸暑地向け木造建築温熱仕様とは年間を通じて温湿度の高い地域であり、実測の目的はエアコンを使用する室内環境において構造躯体の木材の乾燥状態の維持、かつ快適な居住環境を確保することである。ポイントは①屋根の遮熱・断熱性を上げ強い陽射しを遮ること、②外壁における戸外から室内への湿気流入を徹底遮断すること、③外壁内部には通気層を設けて常に乾燥状態を保つこと、④軒、庇などによる壁面雨量の低減により外壁内への漏水リスクを最小限にすることである（図8）。

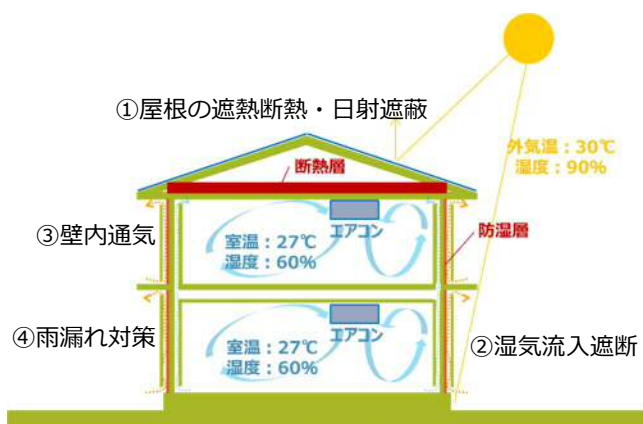


図8.蒸暑地向け木造温熱仕様のイメージ

木造実験施設棟での実証実験では、上述②と③が年間通じて実現できているかを実証するものである。木造実験施設棟では温湿度センサーを屋外、室内、外壁内部に設置した。ここでは、温度差が大きく条件が不利な南面の壁のデータを示す(図9)。

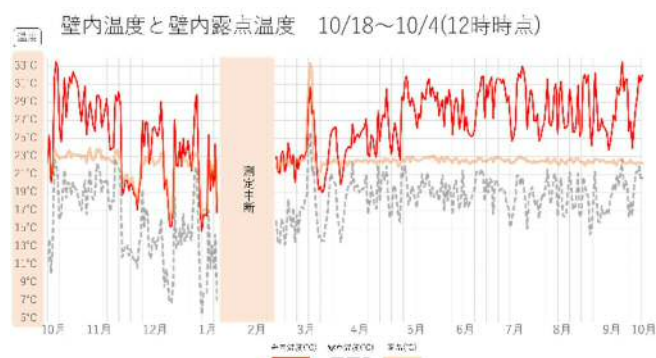


図9.木造実験施設棟での壁内温度と露点温度

結果は外気温が高く湿度も高い夏季において、エアコンにより室内温度が下がっても壁内部温度が露点温度を下回ることはなく、外壁内については内部結露が発生しないことが確認できた。

3.2.5 木材の耐久性検証

木材の湿潤状態は腐朽・蟻害などを誘発し、構造耐力を著しく低下させることに対し、3.2.1では木造建築の設計手法として対策を述べた。ここでは温帯地域で育った木材に保存処理を施すことで蒸暑地での建材としての可能性の検証について述べたい。

日本では木材保存処理については、日本農林規格(JAS)で定められている(表2)。

表 2.JAS による木材処理剤の性能区分 8)

性能区分	木材の使用状態	具体的内容
K1	屋内の乾燥した条件で腐朽・蟻害の恐れのない場所で、乾材害虫に対して防虫性能のみを必要とするもの。	ヒラタキイムシを対象とする。 ヒラタキイムシは、ラワン材、ナラ材などの広葉樹の辺材部分に存在するでん粉を栄養として食害する。したがって、スギ材などの針葉樹は食害を受けないため、この処理の対象とはならない。
K2	低温で腐朽や蟻害の恐れのある条件下で高度の耐久性の期待できるもの。	比較的慣例な地域での建材部材用。 例えば、「住宅の品質確保の促進に関する法律（品確法）」の評価方法基準では、青森県及び北海道地域で使用する土台には、K2 相当以上の処理を要求している。
K3	通常の腐朽・蟻害の恐れのある条件下で高度の耐久性の期待できるもの。	土台等の建築部材用 例えば、「住宅の品質確保の促進（品確法）」の評価方法基準では、青森県及び北海道地域以外で使用する土台には、K3 相当以上の処理を要求している。
K4	通常より激しい腐朽・蟻害のおそれのある条件下で高度の耐久性の期待できるもの。	屋外で風雨に直接さらされる部材用。 腐朽やシロアリの被害が激しい地域での建築部材には、性能区分 K4 の製材を用いることが望ましい。
K5	極度に腐朽・蟻害の恐れのある環境下で高度の耐久性の期待できるもの。	電柱、枕木、海中使用等極めて高い耐久性が要求される部材用

日本国内での木造建築の場合、建築基準法により基礎と直接接する土台の性能区分を K3 と定めている。この度の IBST 木造モデルは、全ての木材について、屋外で風雨に直接さらされる部材向けの腐朽やシロアリの被害が著しい地域を対象として定められている性能区分である K4 に相当する保存処理を施している。ただし、今回、安全を期して K4 処理を用いているが、ベトナムで建設に使用するための木材保存処理として K3 でも十分であるかについては、今後検証をしていきたい。

そのため 2021 年からハノイにおいて暴露試験として、日本工業規格(JIS)で定められている保存処理効果確認試験(JIS K 1571)と米国木材保存協会(AWPA)で定められている確認試験の 2 通りの方法で実施している。

JIS の確認試験(図 10)は、30 mm 角のスギの角棒 350 mm と 600 mm を土中に埋めて経年の腐朽度合いを確認する。AWPA の確認試験(図 11)は、スギの集成材 120 mm×300 mm×300 mm を地面の上に地面と直接触れない様に設置し、直接雨が

掛からない様に通風性のあるカバーをかけ経年での腐朽度合いを確認する。

2021 年 10 月から実験を開始し 2 年が経過するが、木造モデルの性能区分 K4 相当の保存処理をした試験体には殆ど腐朽の様子は見られない。



図 10.JIS の確認試験



図 11.AWPA の確認試験

3.3 防耐火の考え

一般的に木造建築は燃えやすいと思われているが、(表 3)に示す構造種別の木造、非木造の出火件数においては木造が 56%、非木造が 44%となっており、発火事例を検証する限り、木造が非木造に比べて極端に燃えやすいとは言えない。つまり、鉄筋コンクリート造や鉄骨造に比べて、木造だからといって火災発生頻度が高いということではない(表 3)。また、(表 3)より延焼率、延焼件数などは木造は非木造に比べて大幅に高くなっているが、日本では、初期延焼拡大防止性能、避難安全性能などの評価により木造であっても耐火建築に準ずる準耐火建築とすることが可能になっており、木造の防耐火性能が評価されている。日本における防耐火の考え方は以下のようになっている。

表 3.火元建物の構造別損害状況(改)⁹⁾

構造種別		2021年				
		出火件数 (件)		延焼率 (%)	延焼 件数 (件)	1件当たり 焼損床 面積(㎡)
木造	木造	7,543	9,629	31.6	2,383	76.7
	防火造	1,826		14.4	263	31.4
	準耐火木造	260		56%	10.0	26
非木造	準耐火非木造	2,209	7,659	7.3	161	44.4
	耐火造	5,450	44%	1.8	100	15.3
その他・不明		2,261		30.1	681	72.4
建物全体		19,549		18.5	3,614	50.6

※2021年度版消防白書の火元建物の構造別損害状況をもとに作成

※延焼率は、火元建物以外の別棟に延焼した火災件数の割合

※延焼件数は、火元建物以外の別棟に延焼した火災件数

日本において建築物に求められる主な防火性能は、①出火を容易にさせない性能（**出火防止性能**）、②火災の初期に早く火災が拡大延焼することを防止する性能（**初期延焼拡大防止性能**）、③安全に避難ができる性能（**避難安全性能**）、④火災の範囲を局限化し、倒壊を防止する性能（**防・耐火性能**）、⑤消防活動上を支援する性能（**消防活動支援性能**）等である。これらの大半は、法・告示等により立地・規模・用途等に応じて建築物や建築物の部分に対して一定水準の防・耐火性能が要求されている。

立地に関しては防火地域や準防火地域では、建築物相互の延焼拡大を防止、あるいは抑制するため、建築物には耐火建築物や準耐火建築物などの建築物としての防・耐火性能が要求され、外壁、軒裏、開口部等で「延焼のおそれのある部分」に一定の防・耐火性能が要求される。

規模に関しては、木造では4階建て程度までを想定しており、大規模建築物が炎上すると、消火が困難になるだけでなく、倒壊した場合に周辺への影響も大きいと、建築物の高さと面積に応じて、主要構造部（柱、はり、壁、床、階段、屋根、軒裏）に防・耐火性能が要求される。

用途に関しては、物販店舗や学校のような多数の利用者がある用途の建築物、あるいは、可燃物が多量に持ち込まれる倉庫等の用途の建築物については、避難安全確保の観点や火災が発生した際の影響の大きさの観点から、耐火建築物や準耐火建築物、避難時倒壊防止建物の建築物としての防・耐火性能が要求される。

このような防・耐火性能の中で、木造建築では「燃えしろ（計算）」(表4)という考え方で耐火建築物に準ずる建築物として準耐火建築物として認められている。燃えしろとは、木材の燃え進む速度が遅いという特徴を利用し、火災が起こったとしても、木材の厚さにより建物が火災で倒壊するまでの所定の時間を確保し、その間に利用者が避難できるようにし、人命を守るものである。木材も立派な防火被覆材ということである。このように木造建物の防耐火性能はさらに拡大する方向で法整備が進められている

(図13)。

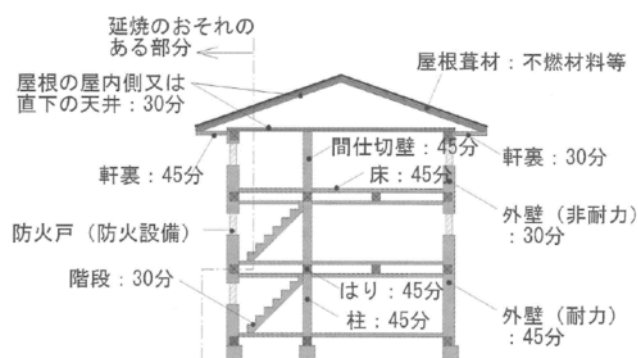
図 13.準耐火構造の概要¹⁰⁾

表 4.耐火時間と燃えしろ寸法

耐火時間	柱・はりの燃えしろ寸法		壁・床・屋根の燃えしろ寸法 (CLTなど)	
	集成材	製材	レゾルシノールフェノール樹脂接着剤	左記以外の接着剤
45分	30mm	45mm	35mm	45mm
60分	45mm	60mm	45mm	60mm

木材断面

残存断面 燃えしろ 加熱側

木材の炭化速度は材料や使用する接着剤によって異なるが、おおよそ 0.75～1.0 mm/min (表 4) であり、厚さ 60 mm 程度で 1 時間程度の避難に要する時間を確保することができることになり、残存断面で倒壊しないことを確認することができる。このような準耐火構造の梁、柱等の各部位は実験を行い所定の性能を確認することにより使用できるように法律で位置づけられている。

ライフデザイン・カバヤ(株)においても木造軸組み工法に用いる準耐火構造用の壁の大臣認定を取得しているので、ここで一例を紹介する。

耐火要件：準耐火構造に用いる外壁 (45 分)

構造：木造軸組構法

被覆仕様：(屋外側) 窯業系サイディング、
(屋内側) CLT 厚さ 60 mm

試験は燃焼炉にて焼射面に(図 14)に示す加熱温度時間曲線による載荷加熱を行ったもので、耐火時間(45 分間)非焼射面の温度が規定値を超えないこと、構造体が崩れないことを確認するものである。その結果、非焼射面の温度は(図 15)に示すように平均温度、最高温度ともに限界値を超えず、(図 15)(図 16)に示すように崩壊し

ないことが確認された。また、試験体の断面図を(図 18)に示す。

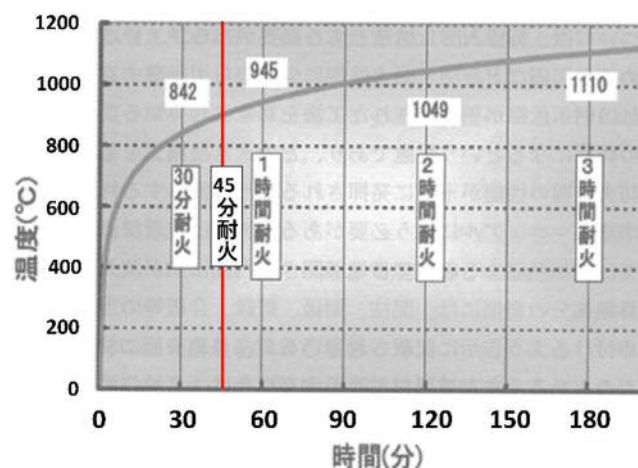


図 14.標準加熱温度時間曲線(改)

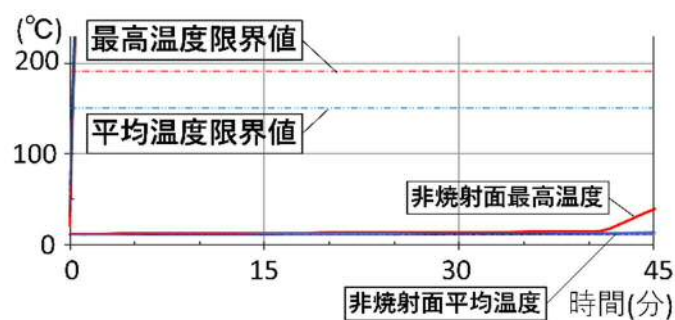


図 15.非焼射面温度の試験結果



図 16.試験後の非焼射面



図 17. 燃焼試験後の焼射面

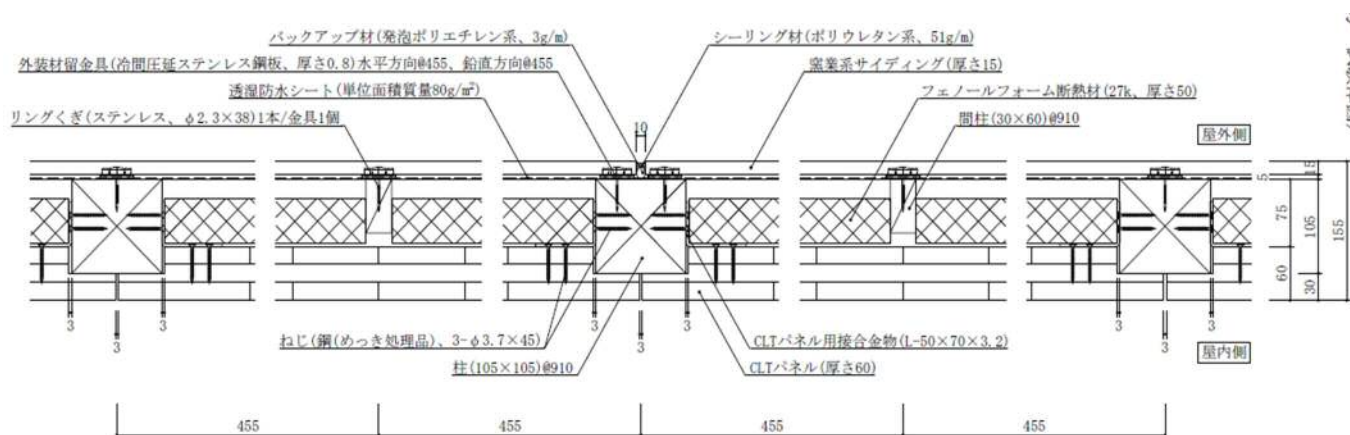


図 18. 試験体の断面形状

木造住宅の耐火性能について、隣の建物から延焼しない、隣の建物を延焼させないこと、火災時に当該建物が避難に必要な時間内に倒壊しないことが重要な事項となっている。

本木造モデルは、外壁をセメント板としていること、また隣の建物が鉄筋コンクリート造であることから、もらい火をすることは比較的低いリスクとなっている。なお、集成材の燃焼速度を勘案した燃えしろ設計においては、集成材は 60 分で 45mm 厚さしか燃えないとなっている。したがって、ある程度大きな断面の集成材を用いることで、建物の倒壊を防ぎつつ内部にいる人間を救助する時間を確保することがで

きる。木材は燃える材料であるが、燃え尽きるまでには時間がかかる材料であることがわかる。

3.4 省エネ設計

ベトナムは、東南アジアの特徴であるモンスーンの影響を受けるため、年間を通じて外気の温湿度が高く、室内を快適な環境に維持するためには冷房エネルギーが卓越する。そのため、木造モデルでは躯体・開口部への日射遮蔽対策を行い、外部から室内への熱の侵入を防ぐとと

もに、気密性を高め高温な空気の流入を防止している。また、エネルギーは設備によって消費されるため、高効率設備の導入が不可欠である。

1) 外壁・天井の断熱・気密化

大壁内や天井裏に断熱材を施工し、躯体からの熱の侵入を防止している。躯体の断熱は、気密措置と同時に行い、テープやシール処理することにより、外部からの高温な空気の侵入を防止する事が望ましい。

2) 開口部の日射遮蔽

開口部は外部からの熱の侵入の 70%を占めるため、日射遮蔽対策が必須である。南面については、軒の出寸法を十分に確保することにより、窓への日射授受を極力減らす。また、東西面は

低放射複層ガラスやブラインド等の日射遮蔽部材を用いて、窓からの透過日射量を削減する事が望ましい。

3) 高効率設備の利用

冷房設備：冷房設備はヒートポンプ式エアコンを用いる。ヒートポンプ式エアコンのエネルギー削減のためには、外部からの熱の侵入に加え内部発熱等の冷房負荷に応じた定格能力と、出来るだけ高い成績係数（COP）の機種を選択する。

照明設備：照明設備の省エネは、光源としてLEDを採用し、また、廊下、トイレ等の点灯時間の短い室については、人感センサーやタイマーを使用し、不要な点灯を避ける事が望ましい。

4) 鉄筋コンクリート造と木造との比較

前述の木造実験施設棟の1室と同等面積の鉄筋コンクリート造のハノイに立地する5階建教育施設の1階の1室で比較した。木造実験施設棟の仕様は屋根・外壁を断熱材で覆っている(図19)、鉄筋コンクリート造の仕様は1階で3方向外気に面しており断熱材は施工されていない(図20)。同じエアコンを設置し、設定温度をどちらも23℃に設定し常時稼働状態で電力消費量を比較してみた(図21)。なお、実験期間においては、木造実験施設棟は殆ど人の出入りが無い状態に対し、鉄筋コンクリート造の教室は若干人の出入りがあった。また木造実験施設棟は断熱施工を施し、鉄筋コンクリート造の教室は無断熱である。



図 19.木造実験施設棟



図 20.鉄筋コンクリート造教室

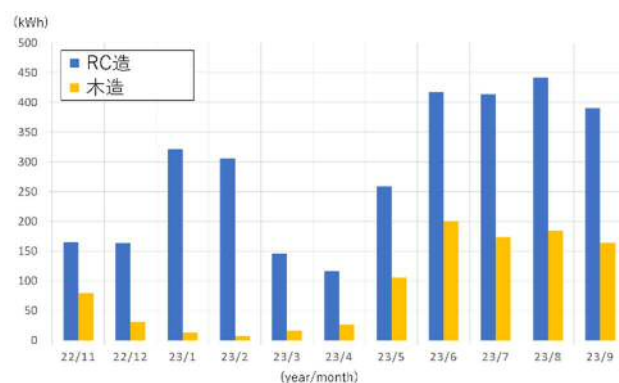


図 21.鉄筋コンクリート造と木造の電気消費量比較

(図21)より、木造の電力消費量が明らかに少なく、また比較的涼しい時期にも大きな差が現れていた。この結果から、屋根、外壁に断熱を施すことで外部からの熱の侵入を最小限に抑え、空調エネルギーを大幅に削減できることが確認できる。また、無断熱の鉄筋コンクリート造で

は、熱容量も大きく躯体のコンクリートから熱が侵入し、設定温度の維持に大きな空調負荷が生じ、電力消費が増大したと言えよう。このため、連続空調を前提とした場合、ベトナムのような蒸暑地においても、断熱を施すことで、省エネルギー性の高い仕様となる可能性が示唆された。

3.5 木材の環境への貢献（炭素固定量と脱炭素）

近年、建築物は建設、維持管理、改修、解体というその生涯を通じた期間で排出される二酸化炭素の総和の改善が課題となっている。例えば、(図 22)に示すように、木造建築は鉄筋コンクリート造や鉄骨造に比べて、炭素貯蔵量が多く材料製造時の二酸化炭素の排出量が少ないことがわかる。従って、木造建築の普及は木材の炭素の貯蔵効果や、鉄、コンクリートといった建材から置き換わることで二酸化炭素の排出量の削減に貢献出来ると考える。

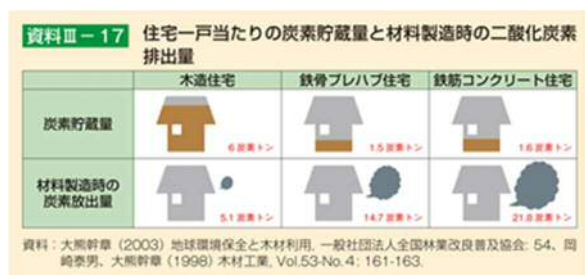


図 22. 住宅一戸当たりの炭素貯蔵量と材料製造時の二酸化炭素排出量¹¹⁾

次に資源の循環利用の観点からみると、木造建築に使用する木材が再生可能資源といえるためには木造建築物の寿命が森林成長に要する時間より長くなければならない。言い換えれば木造建築の耐久性を維持しリユースなどを含め100年程度社会的に利用すれば70年～90年で成長する木材をベースとする持続的な炭素固定

化に結びつく。

二酸化炭素の吸収量を維持するためには、木材生産を目的として持続的に経営を行っている森林において適切な時期に伐採し、その後には必ず再造林をして森林を若返らせることが必要である。木造建築の普及は森林の若返りを推進し吸収源機能を復活させる意義があるといえる。さらに、コンクリートの多くがリユース出来ない有限的な建材である一方、木材は解体後も部材や家具として利用可能でありまさに持続可能な建材であると言える。

木造建築物にはカーボンストレージと呼ばれる炭素貯蔵の効果もあるといえる。仮に木材使用量原単位を $0.2\text{m}^3/\text{m}^2$ とし、この度の IBST 木造モデルで試算すると、延べ面積 195m^2 で使用木材スギの気乾密度 $0.35\text{t}/\text{m}^3$ で約 6t 二酸化炭素の炭素貯蔵量となる。35年生のスギ1本あたりの炭素貯蔵量が 68kg-C との試算例¹²⁾があるので、これはスギ87本に相当する。今後住宅を中心にコンクリートの建築物が木造建築に置き換わってくると相当量の木材及び木材中炭素が都市部に存在するようになることができる。木造建築物は「都市の森林」とも呼ばれる所以である。

4. ベトナムにおける木造住宅の課題

4.1 木材の評価・輸入材から国産材へ

世界的に注目されている環境問題における木材利用の有効性を考える上で、海外の木材の利用より、輸送時の二酸化炭素排出の少ない、ベトナムの国産材利用は重要な変換であると考え

ベトナムの国産材の現状を見ると、木材の取り扱い総量に対する国産材の割合は 60%であり、植林面積では、アカシア類が 56%、ユーカリ類が 4%、マツ類が 7%の面積を占めている。使用用途は、木製家具、合板、ペレット、チップが代表的なものとなっている。ここに建築用材としての用途が追加されることにより、建築用材としての価格の安定が図られ、経済的な安定による植林面積の増加が期待できると考える。ただし、ベトナムにおけるこれらの樹種の建築構造物としての評価は必要であると考ええる。

そのため、今回 IBST 並びにハノイ建設大学と共同で実施する木材及び木質材料の性能評価実験は重要であると考ええる。なぜなら、ベトナムで木造建築を促進するにあたり、本手法を用いることでのベトナムの国産材の建築への適用のための評価、簡便な接合システムの提案、そして、次に述べる設計施工の整備に繋がると考えるからである。

まず、産学連携の取り組みとしてハノイ建設大学との木材に関する共同研究による有用樹種の選定とその評価が第一の課題となる。現在ベトナムで、単価が抑えられ、ある程度継続して入手できる樹種を選定し、その性能評価、またその材料を用いた木質材料、特に集成材、構造用合板を含む木質面材の製造とその評価が重要と考える。日本で主に用いられている樹種より、ベトナム国産材の方が、密度の高い樹種の入手が可能と考えるため、その性能も高いのではないかと期待する。

つぎに、接合金物の性能評価と開発が挙げられる。鉛直荷重による長期性能に関わる評価については、各国それほど変わらない評価となっ

ているため、それに伴って必要とされる金物はほぼ共通であると考ええる。そのため、より安価な金物製作が可能であること、国産材の高耐力を有する樹種を用いることによるさらなるコスト削減も可能と考えられ、価格を抑えるための開発も重要と考える。

国産材の将来性として、「伐って使って植える」の循環を促進することにより、二酸化炭素の観点も含め、環境に良い影響が出てくる(図 23)。



図 23.森林資源の循環イメージ 11)

4.2 ベトナム向け木造建築設計施工手引きの整備

木造軸組構法をベトナムで採用する場合、その設計法や施工法を広く周知する必要がある。従って我々からは、将来的に「ベトナム向け木造建築設計施工手引き」に取りまとめて提供する予定としている。

設計法に関しては、日本で一般的に用いられている計算方法をベースとしつつ、ベトナムの耐震基準に合わせたものを検討している。また、耐久性や温熱環境性能についても、ベトナムの気候や風土に合わせた設計法を採用すべきと考えている。このあたりはIBST と共同しながら設計法として取り纏めていきたい。

施工法に関しては、木造軸組構法の耐久性を確保するために、前述した外皮の水管理に配慮した設計・施工が不可欠であり、これらが十分に担保されない場合、甚大な被害が生じる恐れがある。対策としては、気候風土を考慮した仕様書及び施工マニュアルの整備に加え、基本的な劣化外力や建築物の設計施工者への継続的な教育・研修が不可欠である。また定期的な点検、維持管理を行い、細部にわたる施工品質を長期にわたり確保できるようにすることが、木造住宅の耐久性確保において重要である。現在ライフデザイン・カバヤで研修している大工が順調に育っているのも、彼らが母国に帰って日本の木造建築技術を広めるのに大いに活躍してくれると考えている。

4.3 木造建築関連の産業促進と雇用拡大

ベトナム政府は、2017 年作成の『2030 年に向けた SDGs の国家活動計画』で、4 つの最優先区分を定めた。そこに国民の健康と安全安心な暮らしのための住宅政策が加わり、その役割を木造住宅及びその関連産業が担うことができると、ベトナム SDGs 達成に大きく弾みがつくはずである。木造建築産業の特徴は木材のサプライチェーンにある。木材を原材料として供給する立場にある森林管理者や丸太の生産者から始まる。そして、製材生産者や運搬業者、木材加工業者ならびにプレカット業者という中間に位置する企業群、最後に施工会社や建築主といった最終的な建築提供者と利用者という産業構造にある。したがって、木造建築が普及することはその周辺産業の成長を促進し、その地域経済の発展を助ける。つまり、新たに大工職という職種が生まれ、製材やプレカット工場に投

資が生まれる。こうした木材の供給や加工、流通、建築技術の育成などにより新たな雇用機会や経済的な利益を創出する。

さらには、ベトナムにおける国産材を日本の規格を参考に木材の建築用部材としての基準を定め、輸入に頼っている建築用木材を国内で調達できる木材に転換することで、国内の温室効果ガス削減に直接的に結び付く。将来、木造建築の周辺インフラが整ってることにより生産性が上がりコストが下がる。結果として国民に対し健康で快適な暮らしを幅広く展開する産業を生むことができる。

産業促進や雇用拡大の視点からも今後 10 年～15 年先において木造建築は鉄筋コンクリート造や鉄骨造と同様にベトナムでの主要構法となりうるポテンシャルを持っている。

5. 世界の木造建築への潮流

世界規模での環境問題を背景に木造建築に対する見解は好転を迎えている。前述したように建築物のカーボンニュートラルや脱炭素に向けた国策への貢献度は大きい。建築物における木造へのシフトが環境問題に対する施策の貢献度から鑑みても大きな可能性を持っていることを世界の潮流からも見てとれる。

■ Gaia (シンガポール) 2023 年竣工

南洋理工大学の木造校舎であり、地上 6 階建て、床面積 43,500 m²、全長 220m。床面積ではアジア最大規模の木造建築。ギリシャ神話の

大地の女神「ガイア」にちなんで命名された
(図 24)

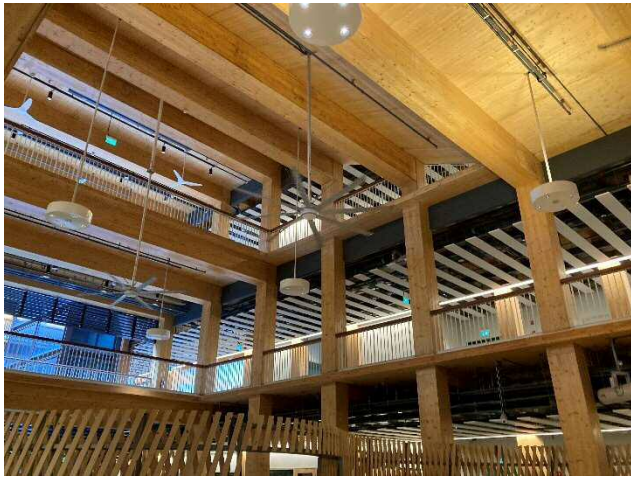


図 24.Gaia

■平成学園認定こども園ひまわり幼稚園（日本）2020 年竣工

幼保連携型認定のこども園であり地上 2 階建て、床面積 2,982 m²。採光性・通気性の確保の為、CLT の小幅パネルを市松に組み合わせる技術、接合部に金物が現れない技術を使用して粘り強い変形性能を持つ高耐力壁が実現出来ている。(図 25)

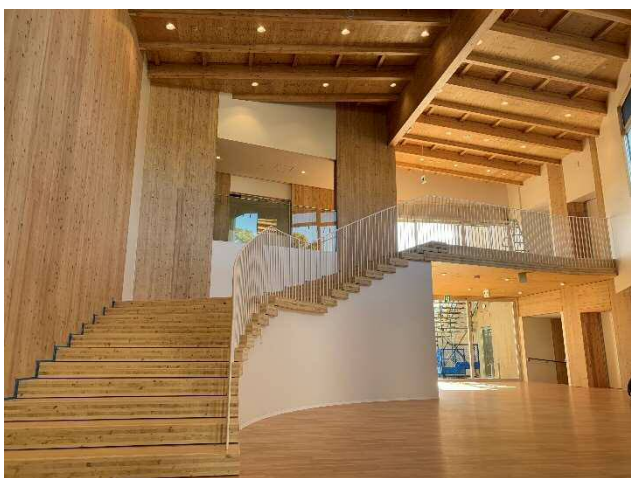


図 25.ひまわり幼稚園

■N 社 社員寮（日本）2019 年竣工

N 社の社員寮であり地上 3 階建て、高さ 10 m、床面積 1,214 m²。CLT 構造。耐力壁を建物のコアとなるように配置し、それ以外の部分は壁のない空間の確保を可能としたため、1 階に大空間の配置を実現させている。(図 26)



図 26. N 社 社員寮

■Brock Commons（カナダ）2017 年竣工

ブリティッシュ・コロンビア大学の学生寮であり地上 18 階建て、高さ 53 m、床面積 15,120 m²。CLT を用いた混構造。基礎や 1 階の柱部と天井、エレベーターシャフトは鉄筋コンクリート造。2 階より上が木造となっている。(図 27)



図 27. Brock Commons

6. おわりに

エンボディドカーボン(embodied carbon)が少ない木造建築の普及は、建築物の一生涯にわたる環境負荷が小さいため、地球規模での環境維持・保全に貢献することになる。さらにはベトナム政府のSDGsやカーボンニュートラルといった政策にも大いに貢献し、さらなる経済効果を生むと考える。また、国民の豊かで健康で安全な暮らしにも結びつく。その第1歩としてIBSTの木造モデルプロジェクトがあり、木造建築設計の手引書策定があり、木材の基準創りがあると考える。この論文がより多くのベトナムの方々がご覧になり、認知度を上げベトナムの持続可能な社会における木造建築の役割を大きく推進する機会となることを期待する。

References

- 1) https://www.maff.go.jp/j/jas/jas_standard/attach/pdf/index-172.pdf
https://www.maff.go.jp/j/jas/jas_standard/attach/pdf/index-169.pdf
- 2) https://www.maff.go.jp/j/jas/jas_standard/attach/pdf/index-291.pdf
- 3) https://www.maff.go.jp/j/jas/jas_standard/attach/pdf/index-175.pdf
- 4) Japan Housing and Wood Technology Center, Allowable stress design of post and beam conventional houses construction, 2017
- 5) <https://datafiles.chinhphu.vn/cpp/files/vbpq/2022/10/02-bxd.pdf>, pp.38-64, QCVN 02:2022/BXD
- 6) <https://datafiles.chinhphu.vn/cpp/files/vbpq/2022/10/02-bxd.pdf>, pp.65-106, QCVN 02:2022/BXD
- 7) The Japan Wood Research Society, Wood Science - Basics-, pp.11-19, 2023
- 8) http://www.jlira.jp/jas_2D.html
- 9) <https://www.fdma.go.jp/publication/hakusho/r3/63931.html>
- 10) 木造建築物の防・耐火設計マニュアルー一般 社団法人日本建築センター, pp.19
- 11) https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/30hakusyo_h/all/chap4_3_1.html



建設省
Ministry of Construction

ベトナム建設技術科学所
Vietnam Institute for Building Science and Technology

住所: No. 81 Tran Cung, Nghia Tan, Cau Giay, ハノイ - Tel: 84. 43. 7544196 - Fax: 84. 43. 8361197
Website: www.ibst.vn - Email: vkcnxd@fpt.vn

研究成果報告書

木材の機械・物理的特性、燃焼特性および集成材の構造の耐力・
安全性に関する研究

コード: RDV 02-23

ハノイ、2023年10月



建設省

Ministry of Construction

ベトナム建設技術科学所

Vietnam Institute for Building Science and Technology

住所: No. 81 Tran Cung, Nghia Tan, Cau Giay, ハノイ - Tel: 84. 43. 7544196 - Fax: 84. 43. 8361197

Website: www.ibst.vn - Email: vkhnxd@fpt.vn

研究成果報告書

木材の機械・物理的特性、燃焼特性および集成材の構造の耐
力・安全性に関する研究

コード: RDV 02-23

主著: ド・ティエン・チン博士

共著者: グエン・フン・トゥン修士 (秘書)

ファム・アイン・トゥアン博士

ゴー・マイン・トアン修士

ファム・ミン・ディエン修士

2023年10月 日

2023年10月 日

研究プロジェクトの

研究プロジェクトの主著

主導機関の長

目次

I.	前文	4
1.1.	GLT集成材の概要	4
1.2.	研究の目的	6
II.	研究内容	7
2.1	集成材の材料および構造に関する規格、文献の収集・調査	7
2.2	モデルハウスの建築工事の紹介	10
2.3	集成材（GLT）の一部の燃焼特性に関する試験研究と試験結果の評価	12
2.3.1	ISO1182規格に基づく不燃性試験	12
2.3.2	ISO5657規格に基づく着火性試験	16
2.3.3	ISO5659規格に基づく発煙性試験	21
2.4	集成材（GLT）の一部の機械・物理的特性に関する試験研究と試験結果の評価	24
2.4.1	ブロックせん断試験	24
2.4.2	集成材（GLT）の曲げ試験	27
2.4.3	集成材（GLT）の構造の曲げ試験	32
2.5	一部集成材の柱梁接合部の耐力性能に関する試験研究と試験結果の評価	40
2.5.1	試験サンプル	40
2.5.3	引張柱梁接合部の試験の手順	47
2.6	静荷重試験による床構造の耐力性能に関する試験研究	59
III.	結論と建議	62

I. 前文

木構造は、数千年前に人類が住宅の建築工事のために最も早く使用した構造の1つである。この構造は、ヨーロッパ、日本、カナダ、アメリカ、ロシアなどの温帯および寒帯気候の国で一般的に使用されている。熱帯諸国でも、以前は木造住宅構造が広く使用されていたが、最近ではレンガ、石、コンクリートなどのその他の構造に取って代わってられており、少数民族が高床式の木造住宅に使用しているだけにとどまる。

日本は木造住宅を使用する長い伝統を持つ国である。現在、個人住宅の80%が木造住宅である。木造住宅の使用は日本人の文化的伝統となっている。

木構造は環境に優しい構造の一つである。木材は、コンクリートや鉄のように、その製造過程で炭化水素をまったく使用しない。使用されなくなった木材は、レンガ、石、コンクリートなどの材料のように大量の廃棄物を発生させることはなく、完全にリサイクルすることができる。ベトナム政府が2050年までにCO2排出量をゼロにするCOP26協定に署名したことにより、建設業界における環境に優しい材料の使用が非常に必要となっている。

1.1. GLT集成材の概要

集成材（glued laminated timber、glulam、GLT）は、近年日本で広く使われている木材である。現在、日本および世界の多くの国でこの種の材料の規格が定められている。集成材（GLT）は、同じ大きさの木片を構造軸に沿って平行に接着剤で接着したもので、梁や柱などの構造物の耐力部材として使用できる。多数の薄いパネルから作られており、これらの薄いパネルは、継ぎ目の無いフルサイズの木片から作ることも、あるいは、耐久性に影響を与える欠陥を除去した短い木片を接合して作ることもできるが、できれば真っ直ぐな木目方向の木材であることが望ましい。木材に見られる自然欠陥のほとんどは、機械的損傷と見られている。これらの欠陥を取り除き、残った木材を接着剤で接着した積層製品の機械的特性は、元の木材と同等以上になる。積層梁は、それぞれ図1および図2に示

すように、真直または湾曲した部材として使用できる。集成材は、その柔軟性、高い強度対重量比、優れた防火性、防食性により、建設業界で広く使用されている。この材料の柔軟性により、追加の装飾被覆を必要とせずに見た目の美しい構造の設計が可能となり、時間とコストを節約できる。また、スパンが50mを超える構造の設計も可能になった[1]。

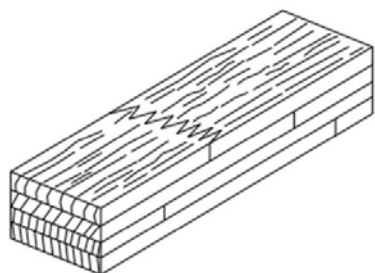


図1. 真直の積層梁

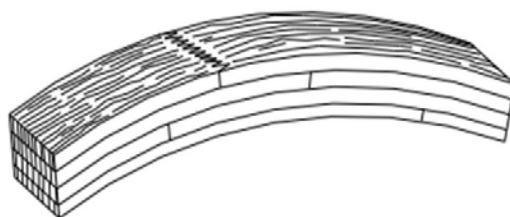
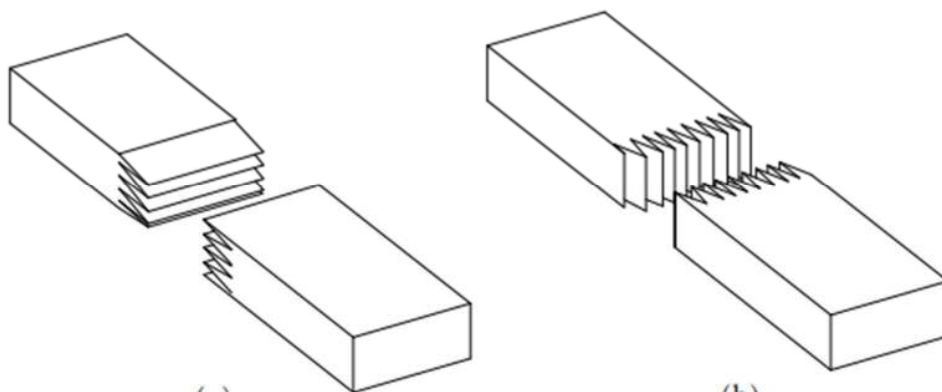


図2. 湾曲の積層梁

集成材の接合方向は、接合断面の配置により水平接合（図3a）と垂直接合（図3b）の2種類に分けられる。接合方式の決定は、荷重が掛かっている状態において接合部での応力分布の方向を確認した上で決定されなければならない。内装には水平接合がよく使われ、ジグザグの形状を隠し、均一な面を表側に出す。垂直接合はより安定しており、接着による建築によく利用される。ただし、集成材の製造では水平接合と垂直接合の両方が広く使用されている。

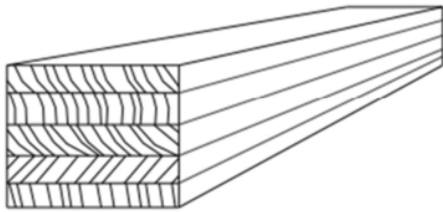


(a) 水平接合

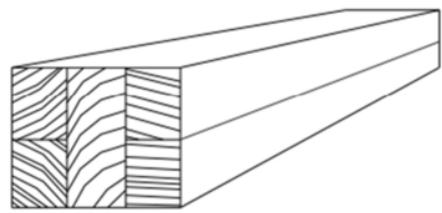
(b) 垂直接合

図3. 接合の方向

接合部の方向に加えて、木材の積層方向も最終用途によって異なる。積層梁には、水平積層梁(図4a)と垂直積層梁(図4b)の2種類がある。水平積層接着は、ほとんどの建設工事で使用される一般的な構造である。垂直積層接着は、テント状の円形屋根に使用される鴨居など、平面図で見て湾曲を必要とする部分に使用される。



(a) 水平積層梁



(b) 垂直積層梁

図4. 積層梁の種類

接着剤に関して、集成材の業界で最も一般的な合成接着剤は、フェノール・レゾルシノール・ホルムアルデヒド (PRF)、尿素ホルムアルデヒド(UF) およびポリウレタン (PUR) である。これまで、集成材による木造住宅の多くはPRF接着剤を使用して作られていた。近年、ポリウレタン (PUR) と呼ばれる新しいタイプの構造の接着剤が普及しつつある。硬化剤や充填剤の添加を必要としない1液型接着剤である。接着による接合の結果は、耐久性があり、頑丈である。ただし、硬化が早いため、特別な塗布方法が必要である。そのため、専門の接着剤塗布機を備え、熟練作業員により短時間で組み立て作業が可能な集成材工場を必要とする。

1.2. 研究の目的

住宅建築に使用される集成材は、多くの国で非常に人気がある。しかし、ベト

ナムではまだ集成材は住宅建築に使われていない。従って、ベトナムにはこの材料の機械的基準と燃焼特性を研究する経験がほとんどない。また、ベトナム建設技術科学研究所と有限会社カバヤベトナムとの協力プロジェクトの一環として、カバヤ社が供給・施工し、主要な耐力構造部分のすべてに集成材を使用したモデルハウスを研究対象としている。この研究の目的は以下のとおりである。

1. 集成材の燃焼特性および機械・物理的特性に関する試験研究を行う。
2. 集成材の柱梁接合部の耐力性能に関する試験研究を行う。
3. 木造住宅工事への導入・実用化に役立てる。

II. 研究内容

2.1 集成材の材料および構造に関する規格、文献の収集・調査

本研究プロジェクトの枠組みにおける主な研究対象は、日本の規格に従ってスギで作られた集成材である[5]。従って、木材の機械的特性もこれらの規格に準拠する。特に、木材材料の燃焼に関する技術特性は、ISO規格およびQCVN 06:2022/BXDで規定された分類に従ってテストされる。以下の資料と規格は、本研究プロジェクトの枠組み内で収集および調査された。

1. An Overview of Manufacturing Process of Glued Laminated Timber, How SS, Sik HS & Anwar UMK, *Timber Technology Bulletin*, Malaysia, 2016.
2. Overview of Cross-Laminated Timber (CLT) and Timber Structure Standards, Across the World, Shaghayegh Kurzinski, Paul Crovella, & Paul Kremer, *Mass Timber, Construction Journal*, Vol. 5 2022.
3. Recent research and development on sugi (Japanese cedar) structural glued laminated timber, Tomoyuki Hayashi, Atsushi Miyatake, *Japan Wood Science Journal*, 2015.
4. The Global Cross-Laminated Timber (CLT) Industry: A Systematic Review and a Sectoral Survey of Its Main Developers, Victor De Araujo, André Christoforo,

Sustainability Journal, 2023.

5. JAS for glued laminated timber (GLT), Japan Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery
6. JAS for cross laminated timber (CLT), Japan Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery.
7. Structural Timber Strength Test Manual, Japan Housing and Wood Technology Center, 2011.
8. ISO 5657 Reaction to fire tests — Ignitability of building products using a radiant heat source
9. ISO 5659 Plastics — Smoke generation
10. ISO 1182 Reaction to fire tests for products — Non-combustibility test
11. QCVN 06:2022/BXD 火災安全に関する国家技術規格、建設省。

資料No. 5 に関して：

日本の集成材の規格には以下の項目が含まれる。

- ・ 適用範囲
- ・ 用語の定義
- ・ 等級と分類
- ・ 完成集成材の技術要件
- ・ 集成材の構成層をなすひき板（ラミナ）の技術要件
- ・ 集成材の機械的特性の試験手順

この規格は、集成材に関する非常に完全な技術要件を規定している。木材の材質は、マツ、カラマツなど、寒冷地でよく使われる木材の種類である。木材の種類は、強度レベルおよび日本の木構造の設計基準を参考にして等級分け、分類分けされる。

資料No.6 に関して：

日本の直交集成板の規格には以下の項目が含まれる。

- ・ 適用範囲
- ・ 用語の定義
- ・ 等級と分類
- ・ 完成直交集成板の技術要件
- ・ 直交集成板の構成層をなすひき板（ラミナ）の技術要件
- ・ 直交集成板の機械的特性の試験手順

資料No.7 では、各種木材や各種の木造部材の接合部の試験方法について示している。

資料No.8、9、10は、材料の燃焼の技術的特性の試験方法に関するものである。

本研究プロジェクトで研究した集成材（GLT）は日本のスギ（和名はスギ、英名はJapanese Cedar）である。強度レベルはE65～F225である（図5を参照）。



図5. 集成材（GLT）の規格

2.2 モデルハウスの建築工事の紹介

研究プロジェクト（コードRDV 02-23）の実施。研究テーマのチームは、スギから製造された集成材の燃焼特性に関する試験を実施した。この材料は、ベトナム建設技術科学研究所と有限会社カバヤベトナムとの間の協力プロジェクトの枠組み内において、有限会社カバヤベトナムから提供を受け、モデルハウスに使用されたものである。試験サンプルはモデルハウスの柱部材から採取したものである。これは住宅の主要な耐力部材である。

モデルハウスはダイニングの機能を備えた2階建て、間取りサイズは (9.55×11.83) mである。基礎構造は、高さ800mmの補強リブを備えた厚さ200mmの鉄筋コンクリートのベタ基礎。また、柱脚との接続箇所には、基礎の立ち上がりを厚さ150mm、高さ240mmで基礎を構築した。集成材の柱の断面は (120×120) mmである。集成材の梁の断面は (120×450) 、 (120×300) 、 (120×120) mmである。断面 (30×120) mmの筋交は住宅の水平剛性を高める効果がある。2階の床のパネルは厚さ24mmの直交集成板で、屋根のパネルは厚さ90mmの直交集成板である。その上に防水シートとトタン屋根がある。壁構造は、最外層がセメントボードパネル、次いで厚さ10mmの合板、内側がグラスウール、最内層が石膏ボードとなっている。

構造設計はカバヤ社が担当した。適用される基準、規格には、日本の建築基準法、構造設計基準、および日本の材料規格が含まれる。

モデルハウス2階の床構造の平面図を図6に示す。モデルハウスの断面図を図7に示す。モデルハウスの実際の画像を図8に示す。

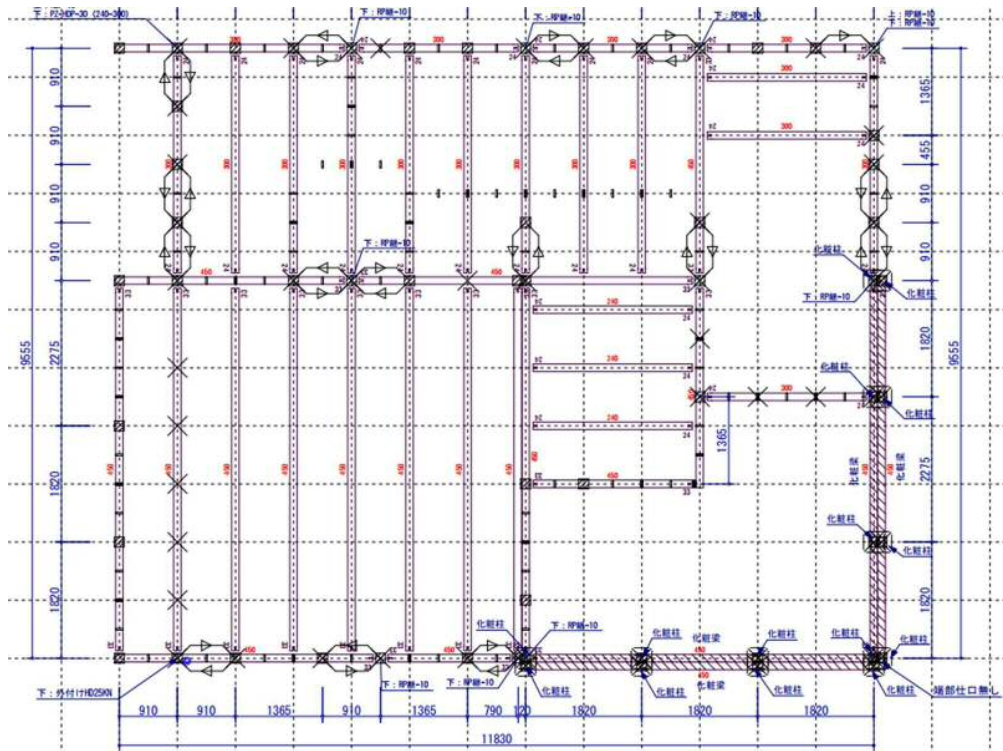


図6.モデルハウス2階の構造の平面図

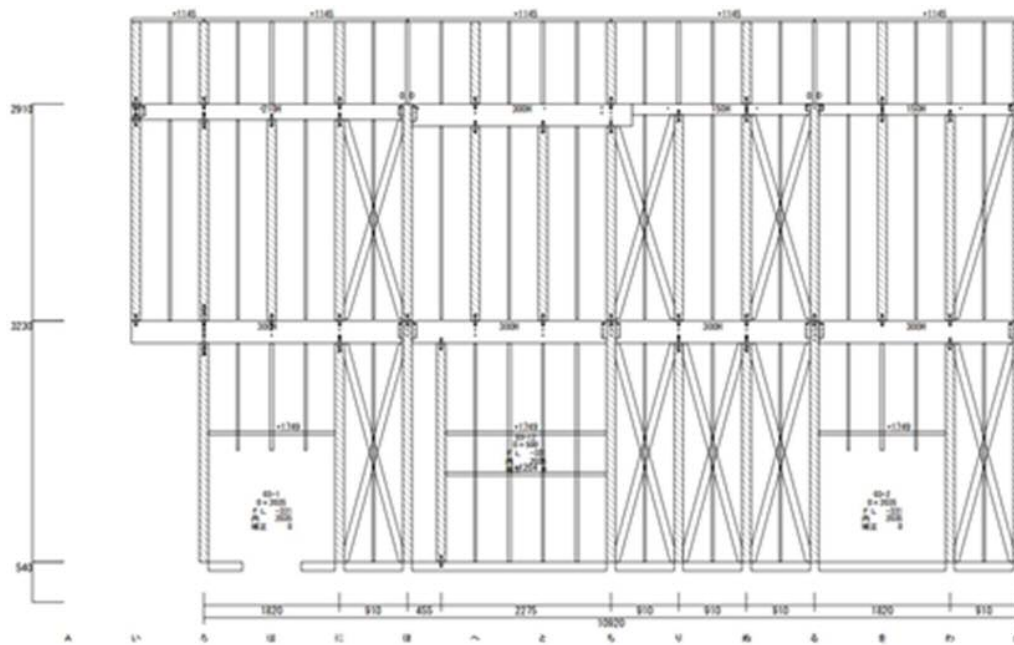


図7. モデルハウスの断面図



図8. 完成したモデルハウスの実際の画像

2.3 集成材（GLT）の一部の燃焼特性に関する試験研究と試験結果の評価

QCVN06:2022/BXDによると、材料の火災の危険性を評価するには、可燃性、着火性、発煙性、表面の延焼性、毒性などの多くの燃焼に関する技術的特性がある。研究プロジェクトの枠組みの中で、集成材（GLT）については、以下の特性の研究を最初に行った。

- ・ 不燃性試験（ISO1182規格に基づく）
- ・ 着火性試験（ISO5657規格に基づく）
- ・ 発煙性試験（ISO5659規格に基づく）

その他の燃焼に関する技術的特性については、以降の研究テーマにおいて引き続き研究する。

2.3.1 ISO1182規格に基づく不燃性試験

試験手順

燃焼室の安定性

- + 熱電対によって測定され、焼却室内の平均温度が少なくとも約10分間 $(750 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ で安定するように焼却室内の温度を調整する。この10分間の 2°C 以下の偏差と平均温度からの最大許容偏差は約10分間で 10°C 以下とする。
- + 試験を実施する前に、必要な設備が正常に動作することを確認しなければならない(例：空気の流れを安定させるチューブが清潔であること、試験サンプルを焼却室に入れる道具が正常に動作すること、サンプル・ホルダーが焼却室内の所定位置に配置されること)。
- + 準備および養成された試験サンプルをサンプル・ホルダーに入れて架台に取り付ける。
- + 焼却室内でのサンプル・ホルダーの位置を特定し、この作業時間が5秒を超えないようにする。
- + サンプルを焼却室に入れたらすぐにタイマーのスイッチを押す。
- + 試験中に、焼却室の熱電対によって測定された温度を記録し、必要に応じて、表面の熱電対と中心部の熱電対によって測定された温度を記録する。焼却室の熱電対によって測定された温度値は、校正プロセスに従って補正される。
- + 試験を30分以内で実行する。
- + 焼却室の熱電対によって測定された温度差が10分以内に 2°C 以下である場合に、温度平衡に達したとする。30分以内に温度平衡に達した場合は、試験を停止する。30分経過しても温度平衡に達しない場合は、試験を続行し、5分ごとに最終平衡温度を再確認する。温度平衡に達したとき、または60分後に試験を停止し、試験時間を記録する。次に、試験サンプルを焼却室から取り出す。試験の終了は最終5分間または60分間の終了である。

+ 試験サンプルをデシケーター内で室温まで冷却させた後、試験サンプルの質量を量って質量を特定する。試験中に管内に落ちた試験サンプルの燃え片、灰、破片を回収して、これらの破片を試験サンプルの燃えていない部分に混合させる。

+ 上記の手順で5つの試験サンプルの全部を試験する。

試験中に観察する。

+ 各サンプルに対して試験前後に質量をグラム(g)単位で記録して、試験中に試験サンプルの挙動を観察するように注意する。

+ 持続炎の様子に注意し、燃焼時間を秒単位で記録する。燃焼ガスの領域が安定した青色に光っている様子に注目すること。

+ 焼却室の熱電対によって測定された温度を $^{\circ}\text{C}$ 単位で記録する。

a) 初期温度 T_i は、規格で規定されている安定期間の最後の10分間の平均温度である。

b) 最高温度 $T_{\max}$ は、試験全体の任意の時点における個別の温度の測定値である。

c) 最終温度 T_f は、規定に基づく試験の最後の1分間の平均温度である。

結果の記録

a. 質量損失

5つの試験サンプルのそれぞれについて質量損失を%で算定して記録する。それを規格の規定に基づいて特定される、当初の試験サンプルの質量のパーセンテージで表示する。

b. 燃焼過程

規格の規定に基づいて測定された5つの試験サンプルのそれぞれについて、持続炎の合計持続時間を秒単位で算定して記録する。

c. 温度上昇

規格で規定されている熱電対によって記録された5つの試験サンプルのそれぞれについて、温度上昇 $\Delta T = T_{\max} - T_f$ (°C) を算定して記録する。

試験の結果

試験の結果を表1に示す。

表1. 木材の不燃性試験の結果

指標		単位	サンプル記号				
			M1	M2	M3	M4	M5
試験サンプルの質量	試験前	g	38.15	37.98	39.55	37.85	37.93
	試験後	g	-	-	-	-	-
	減少	%	-	-	-	-	-
燃焼室の温度	初期	°C	746.1	747.2	748.9	748.9	751.5
	最高温度		-	-	-	-	-
	試験の終わり		-	-	-	-	-
	温度上昇		-	-	-	-	-
試験サンプルの 表面温度	最高温度	°C	-	-	-	-	-
	試験の終わり		-	-	-	-	-
	温度上昇		-	-	-	-	-
安定した燃焼 時間		秒	> 20	> 20	> 20	> 20	> 20

備考：

「-」：サンプルは20秒以上安定して燃焼したため、データは記録しなかった。

結論：QCVN 06:2022/BXDに従って材料を分類すると、これは可燃性材料である。



図9. 木材試験サンプル



図10. 試験の画像

2.3.2 ISO5657規格に基づく着火性試験

試験手順

初期の手順

- + 試験前に、試験サンプルとベースプレートを、温度 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $(50\pm 5)\%$ で、両側から空気対流を加えて、一定質量になるまで硬化させるものとする。
- + 試験装置のセットアップ：パイロット火炎のノズルにはプロパンと空気の混合物が供給され、その速度は圧力・流量制御バルブの後ろで測定する必要がある、プロパン流量を19～20ml/分、空気流量を160～180ml/分に調整して、空気圧・流量計に接続された火炎に直接供給する必要がある。
- + サンプルとベースプレートの組み合わせの重量を量り、準備・硬化環境に戻す。
- + サンプルとベースプレートの組み合わせをトレイ内のサイディング上に置き、位置決めするとき、サンプルの上面とプレートの底面の間に $(20\pm 2)\text{N}$ の力が生じるようにカウンターウェイト機構を調整する。この調整はA.6.1で指定された方法で実施することができるが、標準サンプルの代わりに、サンプルとベースプレートの組み合わせと同じ質量のダミープレートのセットを使用する。
- + ダミーの試験サンプル・プレートをトレイに置く。
- + $50\text{kW}/\text{m}^2$ (または必要に応じて他のレベル)の放射レベルに対応する校正手順に従って、コントローラーの温度設定を適切な値に設定する。
- + 加熱装置を平衡状態に達させる。コントローラーの温度ゲージが示すように、温度が平衡に達したら、ダミーの試験サンプルの表面を火孔を覆い始める前にさらに5分間待つ必要がある。
- + 二次温度プローブの値が校正中に設定された値と比較して $\pm 2^{\circ}\text{C}$ に相当する範囲内にあるかどうかを確認する。この許容差を超えた場合は、最初から調整し直す必要がある。
- + 準備した試験サンプルを養成箱から取り出して、試験サンプルの位置決めトレイに置く。
- + サンプルのカバーをプレート上に置く。

- + パイロット火炎の設定機構を開始する。
- + パイロット火炎の設定機構のブレーキを調整して、ダミーの試験サンプルの表面と点火器との間に10mmの距離が維持されるようにする。
- + サンプルのカバーをプレート上に置く。
- + サイディングを下げ、ダミーの試験サンプルを取り外して、試験サンプルが入ったサンプル位置決めトレイと置き換える。
- + サイディングをを取り外す。
- + パイロット火炎が再度の点火位置にある状態で、試験サンプルのカバーを取り外して、タイマーの設定を開始する。

試験サンプルの要件

- + 選択した各放射線強度レベル、そしてそれぞれ異なる露出面ごとに5つのサンプルを試験する必要がある。
- + 試験サンプルは製品を代表するものであり、各辺が 165^{+0}_{-5} mmの正方形でなければならない。
- + 厚さが70mm以下の材料および複合材料の場合は、その厚さ全体にわたって試験する必要がある。
- + 厚さが70mmを超える材料および複合材料の場合は、その厚さを 70^{+0}_{-3} mmに減らすために、試験サプルの非露出面を切断する必要がある。
- + 表面が凹凸のある製品から試験サンプルを切断する時、表面の最高点を試験サンプルの中心に配置する必要がある。
- + 製品が、通常、明確に特定されたベース材料に取り付けられる材料または複合材料である場合、付随する取り付け技術（例：適切な接着剤で接着する、または機械的に固定する）を使用して、そのベース材料と一緒に試験する必要がある。
- + 使用される実際のベース材料が不燃性の材料、または弱可燃性の材料である場合、その材料または複合材料を実際のベース材料より比重が低い代替のベース材

料を使用して試験しても良い。

試験中の観察

- + 各サンプルを試験する時に、安定した表面発火が発生した時間を記録する必要がある。
- + 試験全体を通じて観察し、試験サンプルの挙動を記録し、次の点に特に注意を払う。
- + 発火の時間、位置、性質。
- + 試験サンプルの分解。
- + 試験サンプル表面の溶融、発泡、膨れ、亀裂、膨張または収縮。

試験の結果

a) 18.3kW/m²の放射線レベルでの試験

表2. 18.3kW/m²の放射線レベルでの試験の結果

項番	試験 サンプル	サンプルの記号	試験の放射線 (kW/m ²)	発火の時間(秒)
1	柱材	M1	18.3	233
2		M2		255
3		M3		272
4		M4		243
5		M5		250

b) 22.3kW/m²の放射線レベルでの試験

表3. 22.3kW/m²の放射線レベルでの試験の結果

項番	試験 サンプル	サンプルの記号	試験の放射線 (kW/m ²)	発火の時間(秒)
1	柱材	M1	22.9	175
2		M2		209
3		M3		138

4		M4	133
5		M5	140

c) 36.5kW/m²の放射線レベルでの試験

表4. 36.5kW/m²の放射線レベルでの試験の結果

項番	試験サンプル	サンプルの記号	試験の放射線 (kW/m ²)	発火の時間(秒)
1	柱材	M1	36.5	41
2		M2		36
3		M3		43
4		M4		36
5		M5		39

QCVN 06:2022/BXD: BC3に定める可燃性に応じて材料を分類する。





図11. 試験前後の試験サンプルの画像



図12. 試験中の画像

2.3.3 ISO5659規格に基づく発煙性試験

試験の前のデバイスの校正手順

デバイスの電源をオンにする

燃焼室壁の温度を60～120にする。

+ 25kW/m²の放射線レベルで試験した場合は40±5度に達する

+ 50kW/m²の放射線レベルで試験した場合は55±5度に達する

a) PM（電源ユニット）の校正

- ・ 燃焼室壁の温度が安定した後（放射線レベルが25kW/m²の場合は45度、放射線レベルが50kW/m²の場合は50度）。
- ・ 制御ソフト（Smokebox3.5ソフトウェア）にアクセスして[Start Test（試験の開始）]ボタンをクリックする。
- ・ 試験する放射線レベルを選択する。25kW/m²または50kW/m²。

備考：

+ 熱流束センサーで記録された25kW/m²または50kW/m²の放射線レベルは電圧測定範囲が-100mV～+100mVのDMM7510型7.5桁グラフィカル・サンプリング・マルチメータによって制御される。

・ PM（電源ユニット）の校正：

・ ゼロ値を設定する

+ 黄色のライトが暗い位置で点灯するまで[Filter Mode（フィルターモード）]ボタンを押下する。

+ ドメインスイッチを0.1の位置に回す。

+ 0に近い値(0.0000345など)までに調整して、ソフトウェア上の[Zero（ゼロ）]をクリックする。

・ スパン値を設定する

+ 緑色のライトが暗い位置で点灯するまで[Filter Mode（フィルターモード）]ボタンを押下する。

- + ドメインスイッチを100の位置に回す。
- + 100に近い値(99.8…99.9など)までに調整して、ソフトウェア上の[Span (スパン)]をクリックする。
- + [OK]ボタンをクリックする。

b) 試験を実施する

- + コンピューターの電源を入れ、3.5SR2b制御ソフトを起動する。
- + [Start Test (試験の開始)]ボタンをクリックして、試験の放射線レベルを選択する。25kW/m²または50kW/m²(試験サンプルの試験要件に応じて)。
- + デバイス上で試験サンプルトレイの重量を量り、[風袋重量]ボタンをクリックして0値を記録する。
- + 試験サンプルをアルミホイルで包んでからトレイに置き、試験サンプルトレイを燃焼室に入れる。試験サンプルの質量を記録する(画面に表示されるもの)。

備考:

- + 試験サンプルの質量を記録する測定器(ロードセル)は質量範囲が10g~100gの標準の金属製重量によって制御される。
- + 燃焼室の扉を閉める。
- + 下部通気口、上部通気口を閉じる。
- + デバイスで[Ignition (点火)]ボタンを押下し、試験環境でのソフトウェアで[Start (開始)]ボタンを押下する。
- + 標準の燃焼時間: 600秒(標準の燃焼時間と違う場合はお客様の要件に従う)。
- + 燃焼が終了した後、[Lower Vent (下部通気口)]ボタンを押下して開き、[Extraction (抽出)]ボタンを押して排煙ファンをオンにする。
- + 光透過率値(%)が安定するまで排煙を行って記録する。

備考：「安定」とは、制御ソフトウェアに表示される測定値が変動しないことを意味する。具体的な値は、実際の試験時の各材料の発煙レベルによって異なる。

試験の結果

表5. 発煙性試験の結果

放射線レベル (Kw/m2)	試験サンプル	最大放射線 不透過性密度	初期質量 (g)	終了質量 (g)	煙発係数 (m2/kg)		煙発係数の分類 (**)
					各サンプル	平均値	
50Kw/m2 点火器がない	1	1320	45.0	33.0	465	458	SK2
	2	1320	41.2	29.0	457		
	3	1320	46.0	33.7	453		

コメント：試験の結果から、集成材（GLT）のサンプルがQCVN 06:2022/BXDに定めるグループSK2に該当することが分かる。

結論

試験の結果から次のことを結論できる。

集成材は可燃材料であり、可燃性がBC3で、発煙レベルがSK2である。

2.4 集成材（GLT）の一部の機械・物理的特性に関する試験研究と試験結果の評価

2.4.1 ブロックせん断試験

a. 試験サンプルを準備する。

試験サンプルを図13に示す寸法に準備し加工する

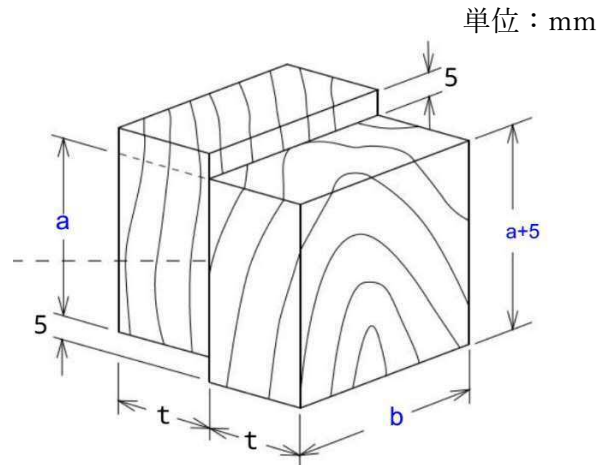


図13. ブロックせん断の試験サンプル

b. 試験装置

試験用装置は以下の通り。

- 1mm単位で目盛りを備えるスチール定規；
- 精度0.01mmキャリパー；
- 多目的試験機（DTU 900 MHA）；
- 日本製の専用サンプル治具

c. 試験図

木造の試験サンプルと治具を図14のように設置する。

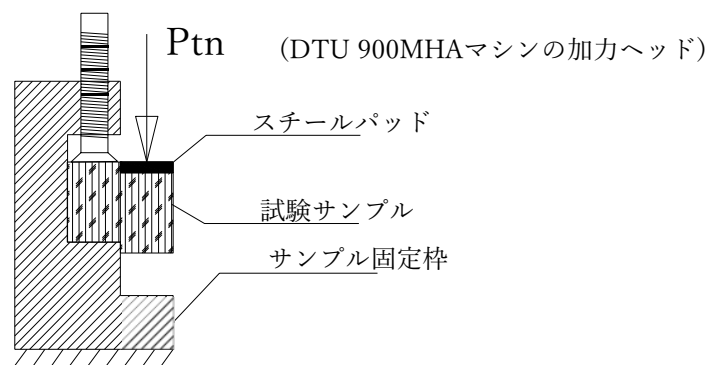


図14. ブロックせん断試験の設置図

d. 試験手順

滑り領域のa、bの寸法を0.5mm単位の精度まで測定する。

試験サンプルの集成材は荷重が木目方向にかかるようにスライダーの中に設置する。

約20秒後にサンプルが破壊されるように荷重を一定の速度でかける。

e. 結果の算定と評価

せん断強度は式（1）で算定される。

$$f_s = \frac{P}{a \times b} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (1)$$

ここでP：試験サンプルの破壊力。単位：N

a：粘着部の断面の高さ。単位：mm

b：粘着部の断面の幅。単位：mm

f) ブロックせん断試験の結果

本試験は2023年09月14日に実施された。

試験時の木材の含水率は12%であった。

試験したサンプルの数：11

試験結果を表6に示す。試験の結果から分かるのは木材サンプルのせん断強度は6.01MPa～8.05MPaであり、平均値は6.91MPaである。試験の画像を図15に示す。

表6. 2023年9月15日のブロックせん断試験の結果

試験サンプル	せん断断面の寸法 (mm)			試験荷重 (N)	せん断強度 (Mpa)	平均せん断強度 (Mpa)
#1	29.5	×	30.6	6198	6.87	6.91
#2	29.8	×	30.2	6323	7.03	
#3	29.9	×	30.6	5802	6.34	
#4	30.2	×	30.4	6367	6.94	

#5	29.5	×	30.8	5463	6.01	
#6	29.7	×	30.2	6358	7.09	
#7	29.8	×	31.1	6721	7.25	
#8	30.3	×	31.1	7588	8.05	
#9	29.6	×	30.9	7220	7.89	
#10	29.7	×	30.3	5422	6.03	
#11	29.9	×	30.6	6011	6.57	

資料No.5の第5条の技術要件によると、グレード6の木材(スギ)の場合は試験サンプルのブロックせん断強度は5.4MPa以上、木目の破壊率は70%以上である。

結論：試験サンプルはスギの要件に合格した。

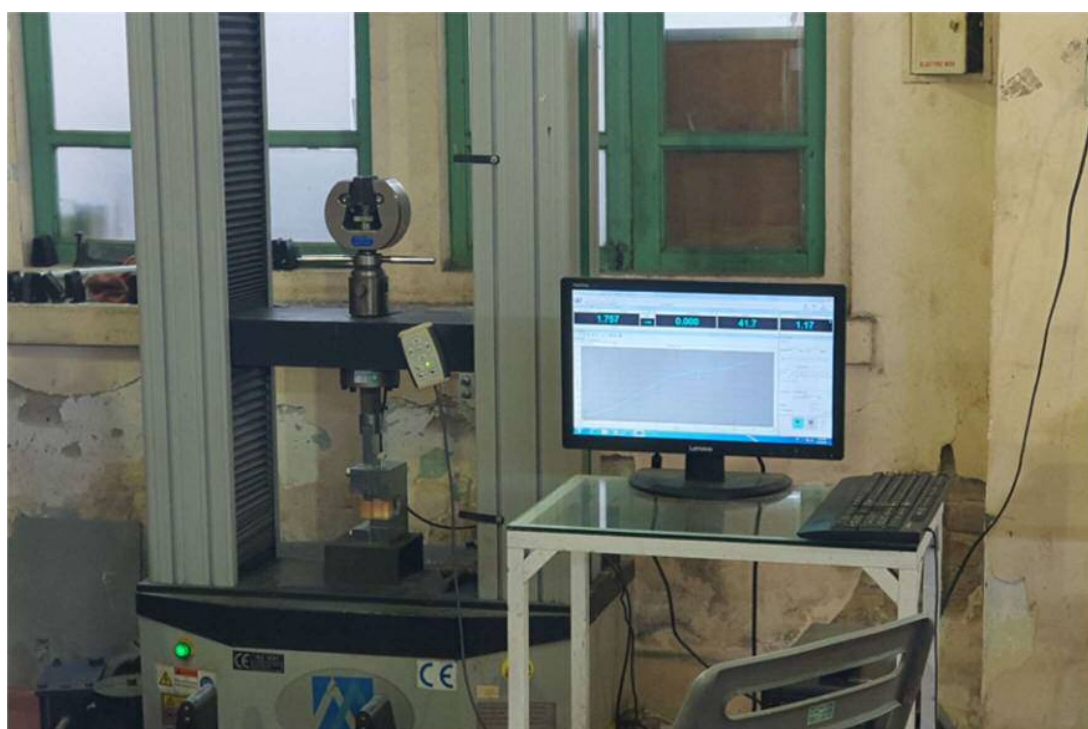


図15. 2023年9月14日のブロックせん断試験の画像

2.4.2 集成材（GLT）の曲げ試験

a. 試験サンプルを準備する。

試験サンプルの最小長さは、試験スパンが断面高さの約21倍となるように確保する必要がある。試験サンプルの長さは断面の高さの25倍以上であり、断面の寸法($b \times h$)は120mm $\times$ 30mmである。

試験サンプルは資料No.5で定めるように、スパンの中間位置に指の接合部を備えて製作される。

実際に測定する必要がある寸法は次のとおり。断面の高さ (h) と断面の幅 (b)。最小の厚さはサンプル集成材の厚さの $1/2$ に相当する。最小の幅はサンプル集成材の幅の $1/2$ に相当する。

b. 試験装置

試験用装置は以下の通り。

- ・1mm単位で目盛りを備えるスチール定規；
- ・精度0.01mmキャリパー；
- ・多目的試験機（DTU 900 MHA）；
- ・50mm単位と0.01mm単位で目盛りを備える曲げたわみ計。

c. 試験図

試験図を図16に示す（C法による曲げ）

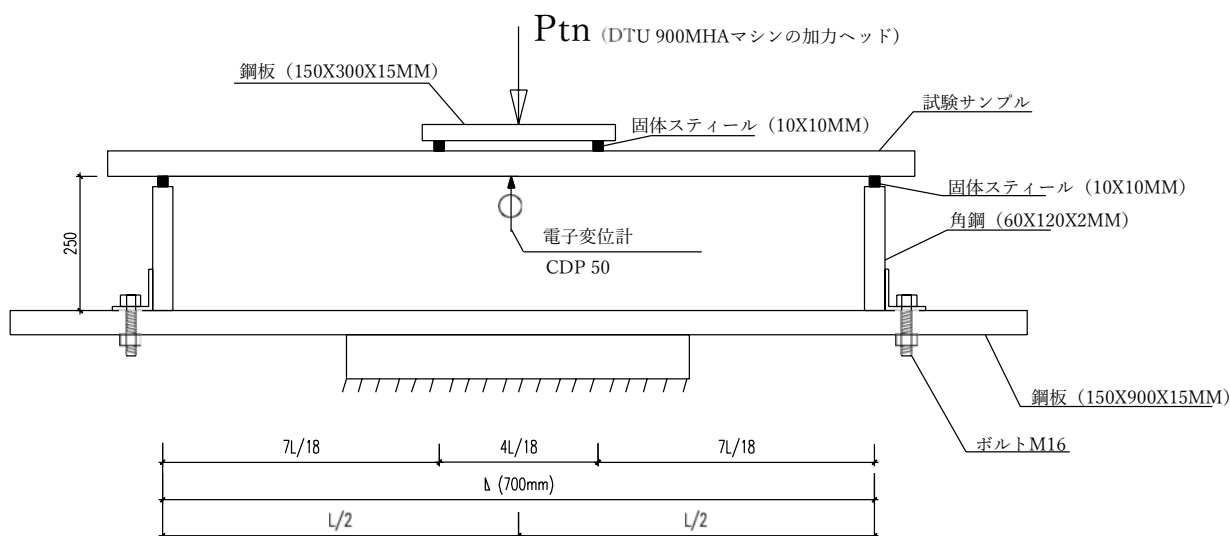


図16. C法による曲げ試験の設置図

d. 試験手順

断面のhとbの寸法と曲げスパンを1mmまでの精度で測定する。

試験サンプルは単純な支持台の上に置かれる。

試験が180秒を超えて約300秒以内に終了するように一定の速度で荷重をかける。

理想的な荷重をかける速度は予備試験の結果を元に決定される。

曲げスパンの中心にある試験サンプルの垂直変位を測定する。

かける最大荷重は弾性フェーズの制限荷重値を超えてはならない。

e. 結果の算定と評価

曲げ弾性率は式(2)で算定される。

$$E = \frac{\Delta P \cdot (l - S)(2l^2 + 2S - S^2)}{8\Delta_y \cdot b \cdot h^3} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (2)$$

ここで ΔP : 弾性領域における上限荷重と下限荷重の差。単位 : N

Δy : 上限荷重と下限荷重における対応する垂直変形の差。単位 : mm。

S : 2つの荷重点の間の距離。S=375mm。

l : 曲げスパン、l=750mm

b : 断面の幅。b=120mm

h : 断面の高さ。h=30mm。

曲げ強度は式(3)で算定される。

$$= \frac{3Pb \cdot (l - S)}{2b \cdot h^2} \quad (3)$$

ここで、Pbは最大の試験力である。

挽板の曲げ試験の結果

本試験は2023年7月18日に実施された。

試験時の木材の含水率は11.85%であった。

試験したサンプルの数：08

試験結果を次のように示す。

表7. 試験の画像を図17に示す。

表7. 集成材の曲げ試験の結果

2.1 静的曲げ強度試験結果

試験 サンプル	断面の寸法 (mm)	曲げスパン (mm)	試験荷重 (N)	静的曲げ強 度 (MPa)	平均の静的曲げ強度 (MPa)
#1	122.2 x 30.50	630	5700	36.9	35.9
#2	122.6 x 30.30	630	5400	35.3	
#3	123.1 x 30.40	630	5350	34.6	
#4	122.5 x 30.30	630	5100	33.3	
#5	122.9 x 30.40	630	6135	39.7	
#6	122.8 x 30.30	630	5527	36.0	
#7	123.3 x 30.40	630	6250	40.3	
#8	123.4 x 30.30	630	4785	31.0	

2.2 静的曲げ弾性率の試験結果

試験 サンプル	断面 t x b(mm)	曲げス パン (mm)	試験荷重(N)		たわみ(mm)		静的曲げ弾性率 (MPa)	
			F ₁	F ₂	a ₁	a ₂	単独の値	平均値
#1	30.5 x 122.2	630	600	2400	1.53	5.70	5906	6110
#2	30.3 x 122.6	630	600	2400	1.45	5.80	5755	
#3	30.4 x 123.1	630	600	2400	1.31	5.12	6480	
#4	30.3 x 122.5	630	600	2400	1.47	6.02	5507	
#5	30.4 x 122.9	630	600	2400	1.31	5.02	6666	
#6	30.3 x 122.8	630	600	2400	1.45	5.71	5867	
#7	30.4 x 123.3	630	600	2400	1.23	4.94	6644	
#8	30.3 x 123.4	630	600	2400	1.77	5.88	6052	



図17. 集成材の曲げ試験の画像

曲げ試験の結果は以下の通り。

- 木材サンプルの曲げ強度は31.0MPa～40.3MPaであり、平均値は35.9MPaである。

- 木材サンプルの曲げ弾性率は5507MPa～6666Mpaであり、平均値は6110MPaである。

資料No.5の第5条の技術要件に基づくと、試験された木材サンプルの強度は技術要件に合格した。

2.4.3 集成材（GLT）の構造の曲げ試験

a. 試験サンプルを準備する。

試験サンプルは平均長さが2.8mで、断面が120mm×120mmである。

測定する必要がある実際の寸法は次のとおり。断面の高さ（h）と断面の幅（b）。最小の厚さはサンプル集成材の厚さの1/2に相当する。最小の幅はサンプル集成材の幅の $1/2$ に相当する。

試験サンプルの部材を加工するとき、負荷をかける表面が滑らかになるように特別な注意を払う必要がある。

b. 試験装置

試験用装置：

- 油圧ジャッキ、0.1kNまでの精度で測定可能なロードセル；
- 1mm単位で目盛りを備えるスチール定規；
- 精度0.01mmキャリパー；
- 50mm単位と0.01mm単位で目盛りを備える曲げたわみ計。

c. 試験図

試験図を図18に示す（A法による曲げ）

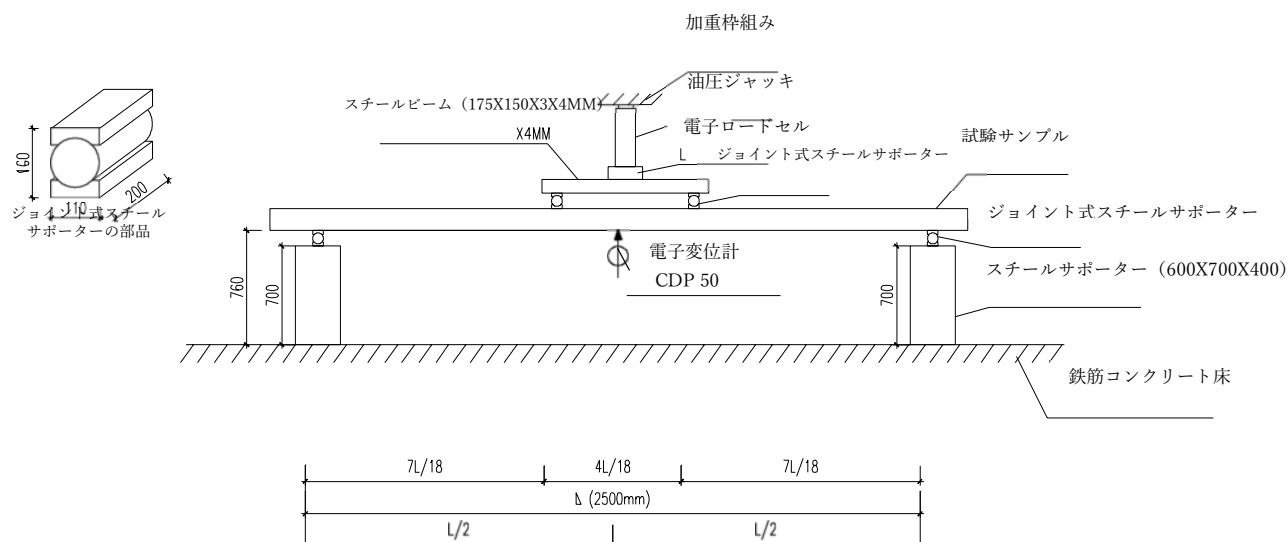


図18. A法による曲げ試験の設置図

d. 試験手順

断面のhとbの寸法と曲げスパンを1mmまでの精度で測定する。

試験サンプルは単純な支持台の上に置かれる。

曲げスパンの中心における試験サンプルの垂直変形を測定する。

かける最大荷重は弾性フェーズの制限荷重値を超えてはならない。

e. 結果の算定と評価

曲げ弾性率は式（4）で算定される。

$$E = \frac{\Delta P \cdot (l - S)(2l^2 + 2S - S^2)}{8\Delta_y \cdot b \cdot h^3} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (4)$$

ここで：

ΔP ：弾性領域における上限荷重と下限荷重の差。単位：N

Δy ：上限荷重と下限荷重における対応する垂直変形の差。単位：mm。

S：2つの荷重点の間の距離。単位：mm。

l：曲げスパン。単位：mm

b：断面の幅。単位：mm

h：断面の高さ。単位：mm

曲げ強度は式(5)で算定される。

$$= \frac{3Pb.(l-S)}{2b.h^2} \quad (5)$$

ここで、Pbは最大の試験力である。

集成材の構造の曲げ試験の結果。

本試験は2023年9月14日に実施された。

試験時の木材の含水率は11.85%であった。

試験したサンプルの数：08；

試験結果を表8と表9に示す。試験の画像を図19に示す。

曲げ試験の結果は以下の通り。

- ・木材サンプルの曲げ強度は38.8MPa～45.9MPaであり、平均値は42.1MPaである。

- ・木材サンプルの曲げ弾性率は6569MPa～8857Mpaであり、平均値は7825MPaである。

資料No.5の第5条の技術要件によると、

試験の弾性率の平均値は6.5GPa以上であり、

試験の弾性率の値の95%以上であり、5.5GPaの値以上である。

試験の曲げ強度値の95%以上であり、断面の高さ100mm～150mmの試験サンプルの場合は22.5MPaに調整係数k=0.96を乗じた値以上である。

表8. 集成材の構造の曲げ強度試験の結果

2.1静的曲げ強度試験結果							
試験サ ンプル	断面の寸法			曲げスパン (mm)	試験荷重 (N)	静的曲げ強度	平均の静的曲げ強度 (Mpa)
	(mm)					(MPa)	
#1	120	x	120	2520	27000	45.9	42.1
#2	121	x	122	2520	25000	40.8	
#3	120	x	120	2520	24000	40.8	
#4	121	x	120	2520	26000	43.9	
#5	120	x	121	2520	25000	41.8	
#6	120	x	120	2520	24000	40.8	
#7	122	x	120	2520	26000	43.5	
#8	121	x	120	2520	23000	38.8	

表9. 集成材の構造の弾性率試験の結果

2.2静的曲げ弾性率の試験結果									
試験サ ンプル	断面		曲げ スパン (mm)	試験荷重 (N)		たわみ (mm)		静的曲げ弾性率 (Mpa)	
	h x b (mm)			F ₁	F ₂	a ₁	a ₂	単独の値	平均値
#1	120	x 120	2520	3000	12000	5.28	21.30	8223	7825
#2	122	x 121	2520	3000	12000	5.06	21.50	7562	
#3	120	x 120	2520	3000	12000	8.58	27.51	6959	
#4	120	x 121	2520	3000	12000	4.83	19.93	8652	
#5	121	x 120	2520	3000	12000	6.39	25.95	6569	
#6	120	x 120	2520	3000	12000	6.44	25.02	7090	
#7	120	x 122	2520	3000	12000	4.85	19.48	8857	
#3	120	x 121	2520	3000	12000	4.99	20.03	8686	



図19. 集成材（GLT）の構造の曲げ試験の画像

2.4.4 木造の柱梁接合部の耐力性能の試験のための加重枠組みの研究、設計、製造

木造の柱梁接合部は特殊な構造であり、ベトナム建設技術科学所で初めて試験される。ベトナム建設技術科学所の既存の加重枠組みは本試験の要件に適しない。従って、本試験の要件に適した新しい加重枠組みを設計および製造する必要がある。

柱梁接合部のせん断耐力の加重枠組みを図20から図22まで示す。柱梁接合部の引張耐力の加重枠組みを図23から図24まで示す。

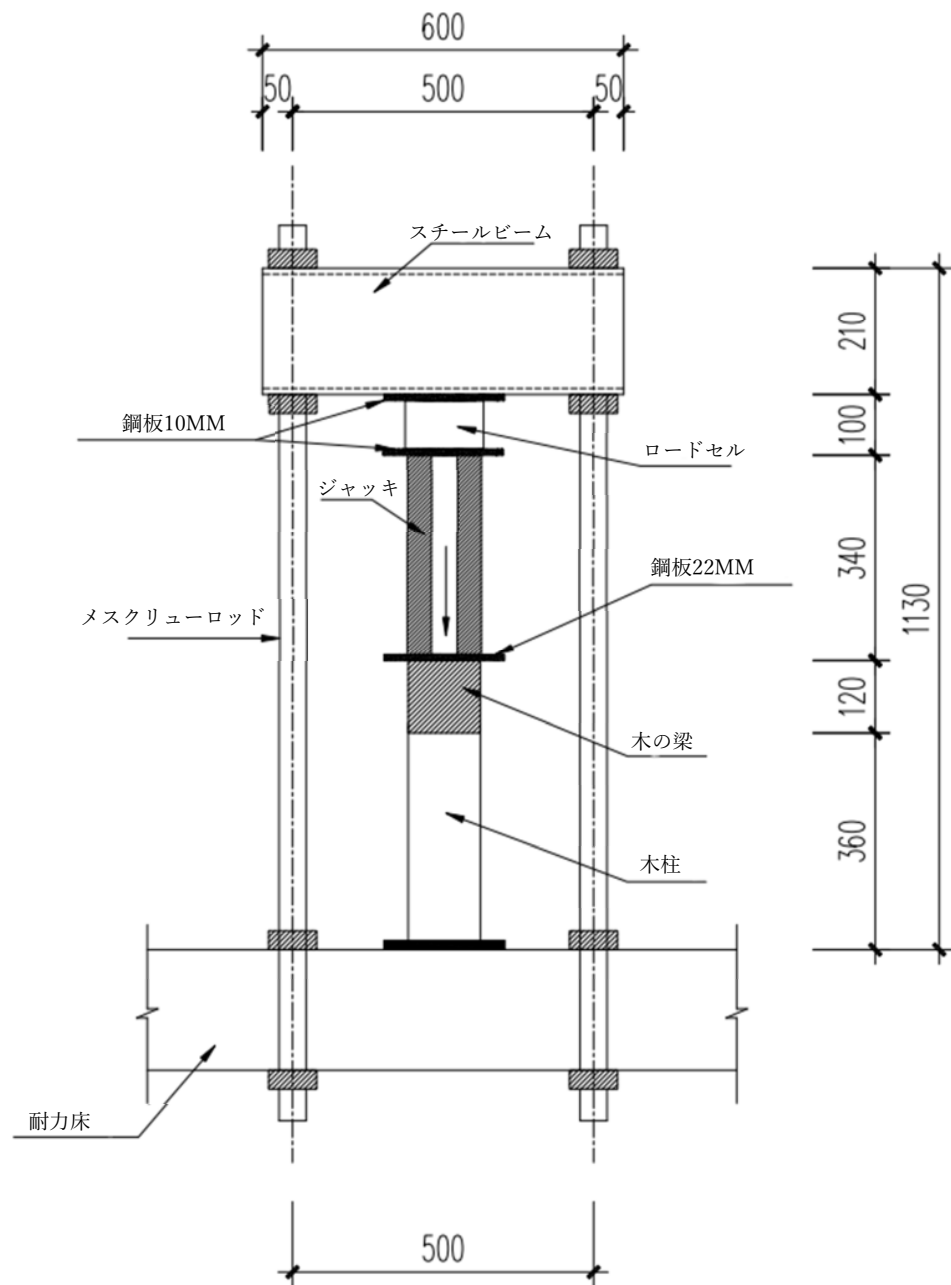
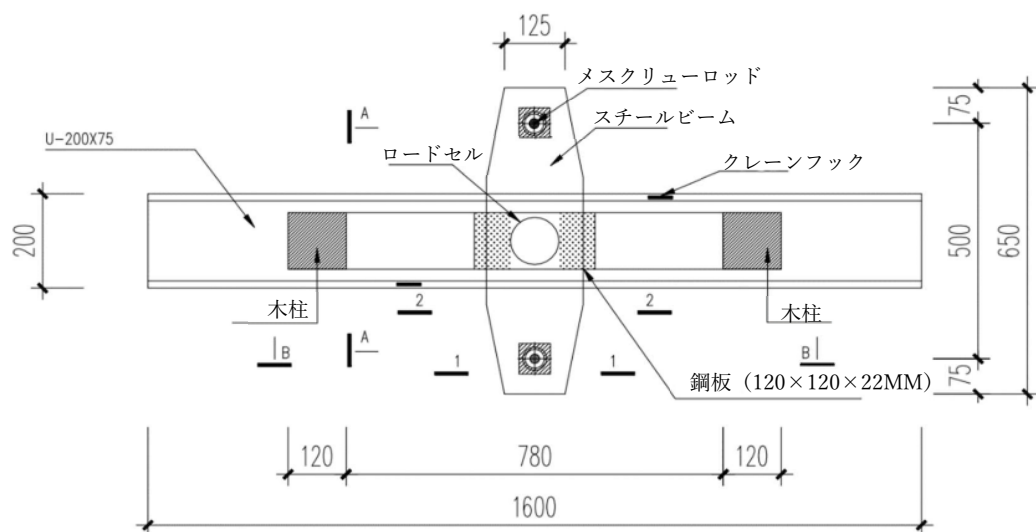


図20. せん断試験用加重枠組み



平面図

図21. せん断試験用加重枠組みの平面図

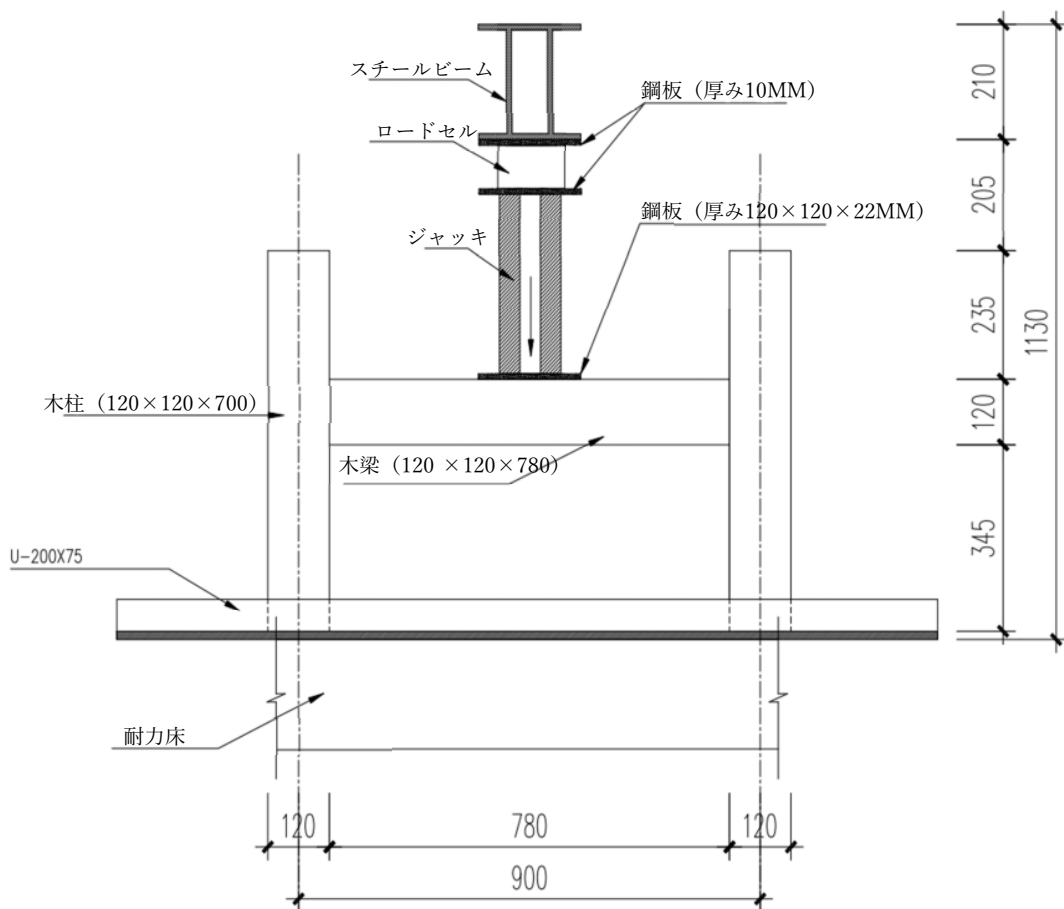


図22. せん断試験用加重枠組みの立面図

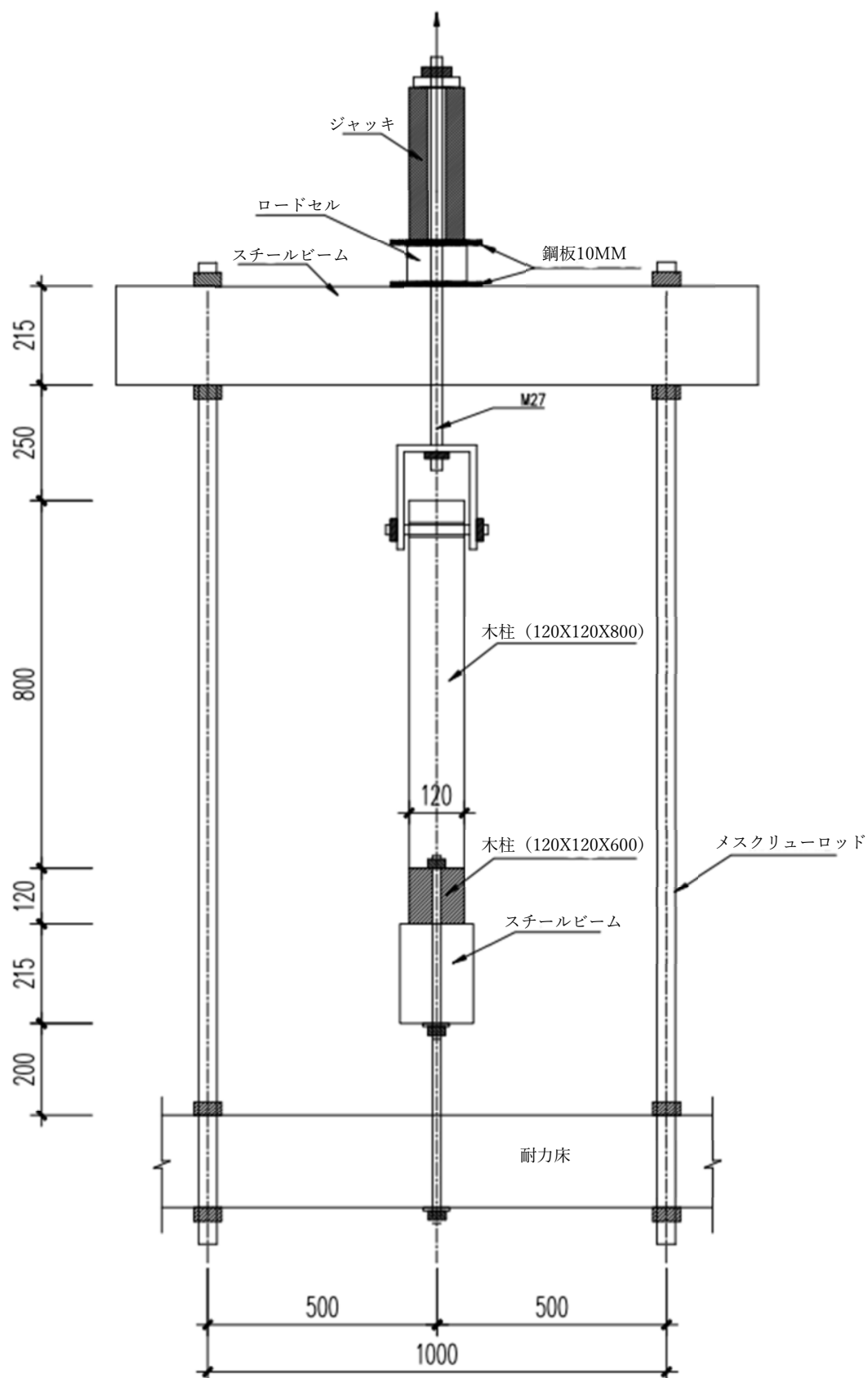


図23. 引張試験用加重枠組み

大型サンプルの場合：M12のボルト4つ、 $\phi 12$ のピン4つ、梁支柱の肩部品：Presetor SU PS-33SU柱梁接合部の詳細コンポーネントの画像を図〇〇に示す。

試験サンプルの寸法と規格を図25～図30に示す。試験サンプルの実際の画像を図〇〇と図〇〇に示す。

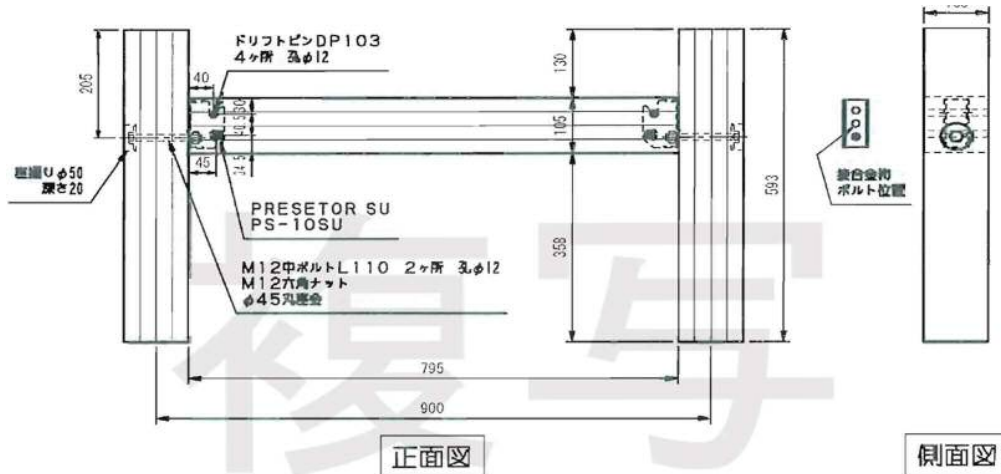


図25. 小型サンプルのせん断柱梁接合部の構造

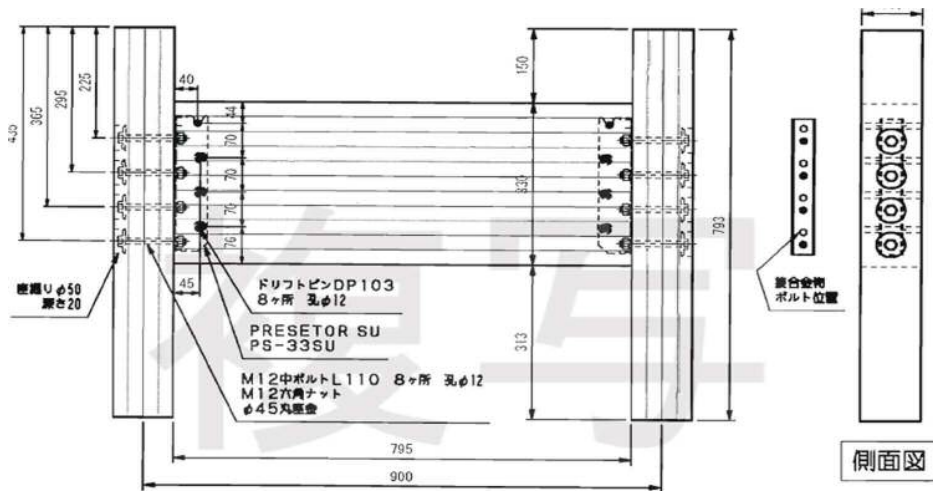


図26. 大型サンプルのせん断柱梁接合部の構造



図27. 柱梁接合部の詳細コンポーネントの画像

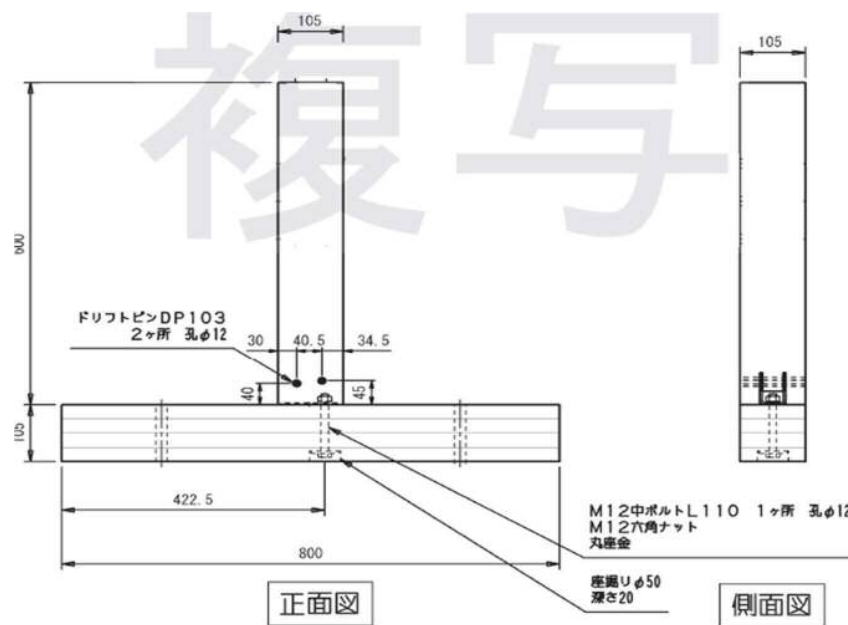


図28. 小型サンプルの引張柱梁接合部の構造



a) 小型サンプル (T1)



b) 大型サンプル(T2)

図31. 引張柱梁接合部

2.5.2 せん断柱梁接合部の試験手順

a) 試験図：

せん断柱梁接合部の試験サンプルの試験図を図32に示す。

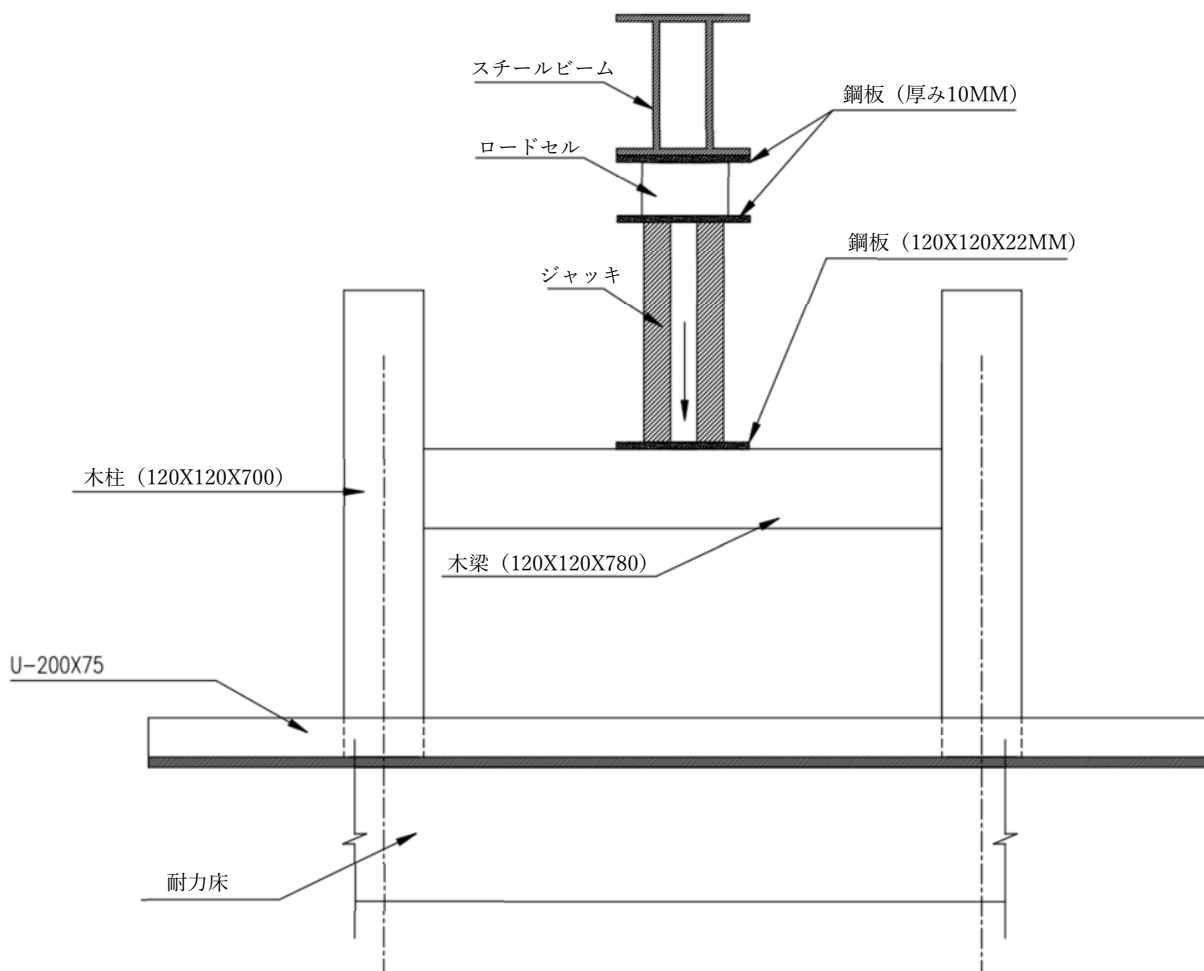


図32. せん断柱梁接合部の試験サンプルの試験図

試験サンプルを加重枠組みに配置する。試験サンプルにかかる試験荷重は加重枠組み内の油圧ジャッキによって生成される。

b) 測定器：

ロードセルは試験サンプルに加えられた力を測定するために試験サンプルの頂上に配置される。

4つの変位計（CDP）（CDP1、CDP2、CDP3、CDP4）（日本製）は試験荷重によるサンプルの梁と柱の間の相対滑り変位を測定するために配置される。そのうち、CDP1はCDP4の対称に、CDP2はCDP3の対称に配置される。（図33の参照）。

c) 加重の手順：

加えられた力をレベルごとに徐々に増加する。タイプ1のせん断サンプルの場合、各レベルは1kNで、タイプ2のせん断サンプルの場合、各レベルは2kNで徐々に増加する。各荷重レベルでは、サンプルに現れる損傷を確認する。

サンプルが完全に破壊されるまで荷重を増やす（試験サンプルの耐力性能の急減、サンプルの破壊等）。

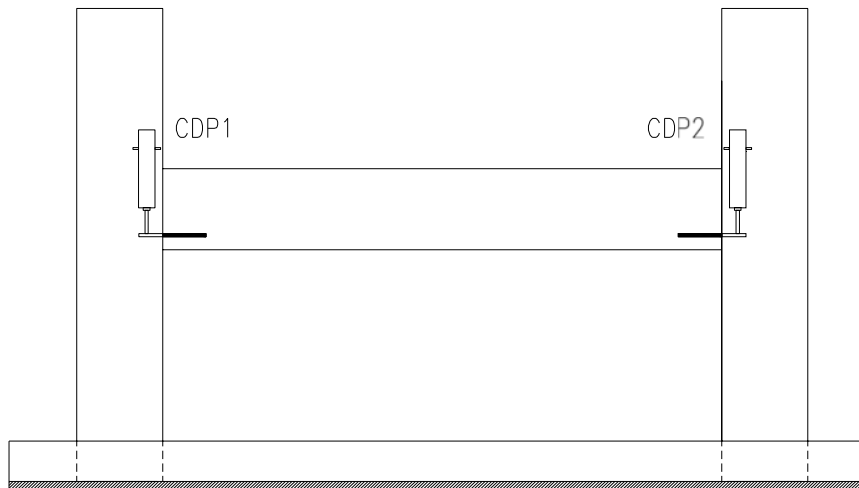


図33. 変位計（CDP）の設置位置



a) 小型せん断サンプル(S1)



b) 大型せん断サンプル (S2)

図34. 柱梁接合部のせん断試験

2.5.3 引張柱梁接合部の試験の手順

a) 試験図：

引張柱梁接合部の試験サンプルの試験図を図35に示す。

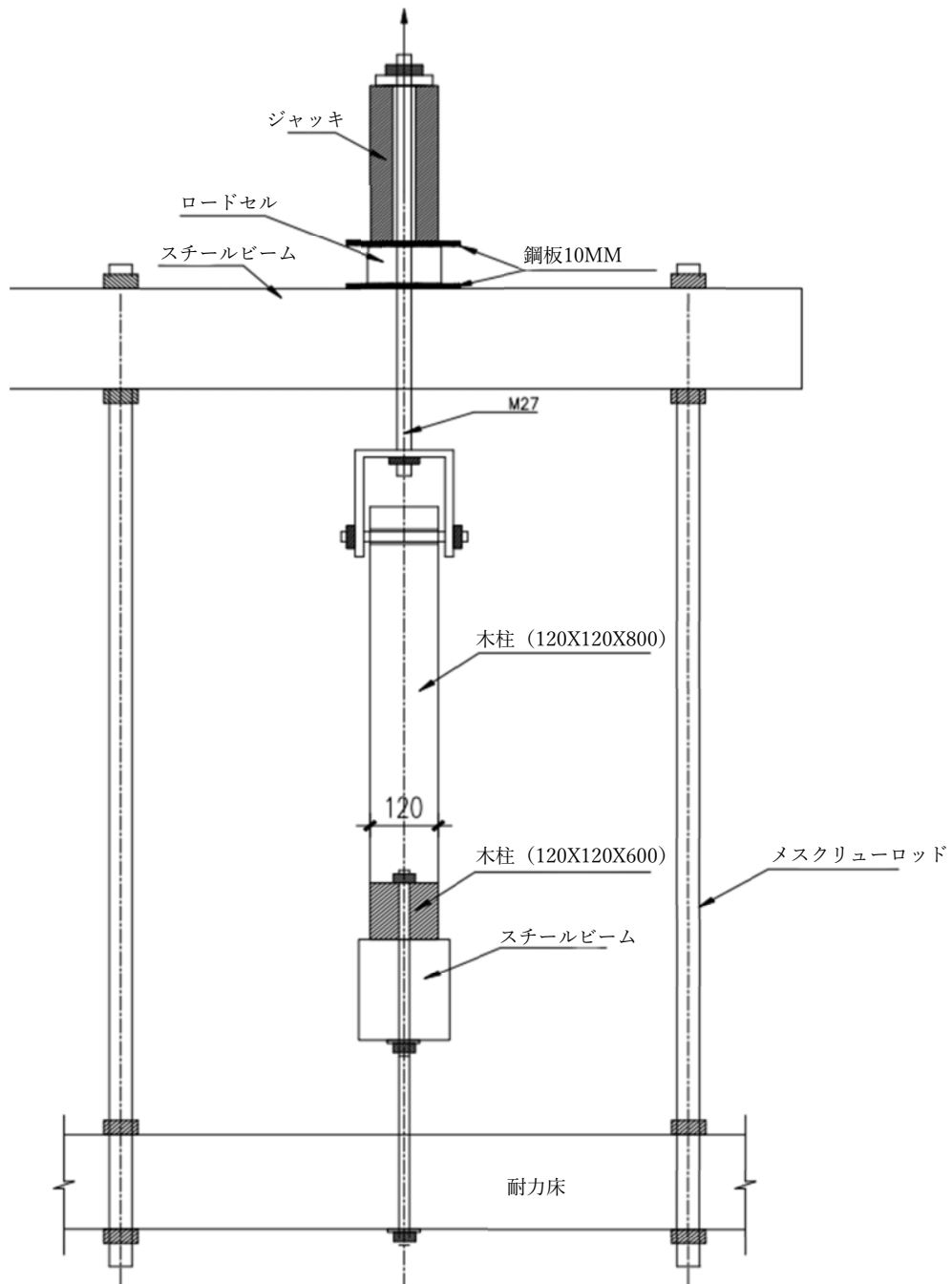


図35. 引張柱梁接合部の試験サンプルの試験図

試験サンプルを加重枠組みに配置する。試験サンプルにかかる試験荷重は加重枠組み内の油圧ジャッキによって生成される（詳細は図36を参照）

b) 測定器：

ロードセルは試験サンプルに引張力を測定するために試験サンプルの頂上に配置される。

2つの変位計（CDP）（CDP1、CDP2）（日本製）は試験荷重によるサンプルの梁と柱の間の相対的な滑り変位を測定するために配置される。

c) 加重の手順：

引張力をレベルごとに徐々に増加する。大型引張サンプルの場合、各レベルは2kNで、小型引張サンプルの場合、各レベルは1kNで徐々に増加する。各荷重レベルでは、サンプルに現れる損傷を確認する。

サンプルが完全に破壊されるまで荷重を増やす（試験サンプルの耐力性能の急減、サンプルの破壊等）

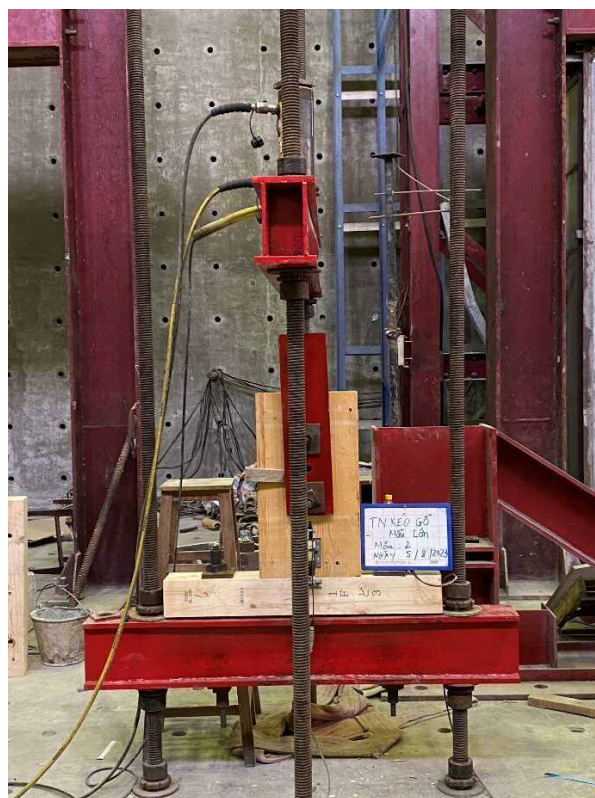


図36. 柱梁接合部の引張試験

2.5.4 試験の結果は以下の通り。

2.5.4.1 セン断柱梁接合部の試験

せん断柱梁接合部の試験は2023年9月20日～9月30日まで建築構造研究所の地震試験室で実施された。

試験中に梁と柱の間の相対滑り変位値と加えられた力の値を記録した。

小型せん断サンプルおよび大型せん断サンプルの最大試験力値とそれに対応する平均変位値を表10に示す。

表10. 柱梁接合部のせん断試験の結果

試験サンプルのタイプ	試験サンプル	最大力(kN)	平均値(kN)	対応する平均変位値(mm)	平均変位値(mm)
試験サンプル 小型サンプル (S1)	S1-01	37.6	35.9	8.36	7.5
	S1-02	36.4		8.34	
	S1-03	31		6.12	
	S1-04	34.4		5.91	
	S1-05	45.6		9.46	
	S1-06	30.2		6.84	
大型サンプル (S2)	S2-01	133	132.8	14.88	15.7
	S2-02	136.4		16.21	
	S2-03	132.4		13.76	
	S2-04	129.2		17.79	

処理後のせん断耐力値は次のとおり。

小型サンプル (S1): 15.23kN

大型サンプル(S2) : 83.94kN

メーカーの接合部の公称せん断性能は、小型サンプルの場合は8.7kN、大型サンプルの場合は35.8kNである。

結論：合格。

図37および図38に試験サンプルの試験荷重と梁と柱の間の相對滑り変位の關係を示す。相對滑り変位の平均値は全変位計（CDP）の平均値から算定される。

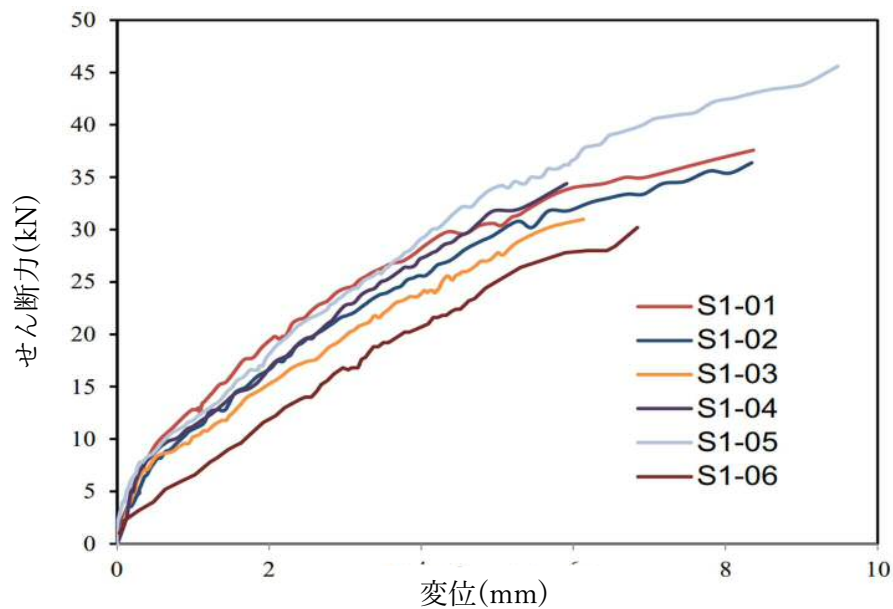


図37. 小型せん断サンプルの力と平均変位値の關係

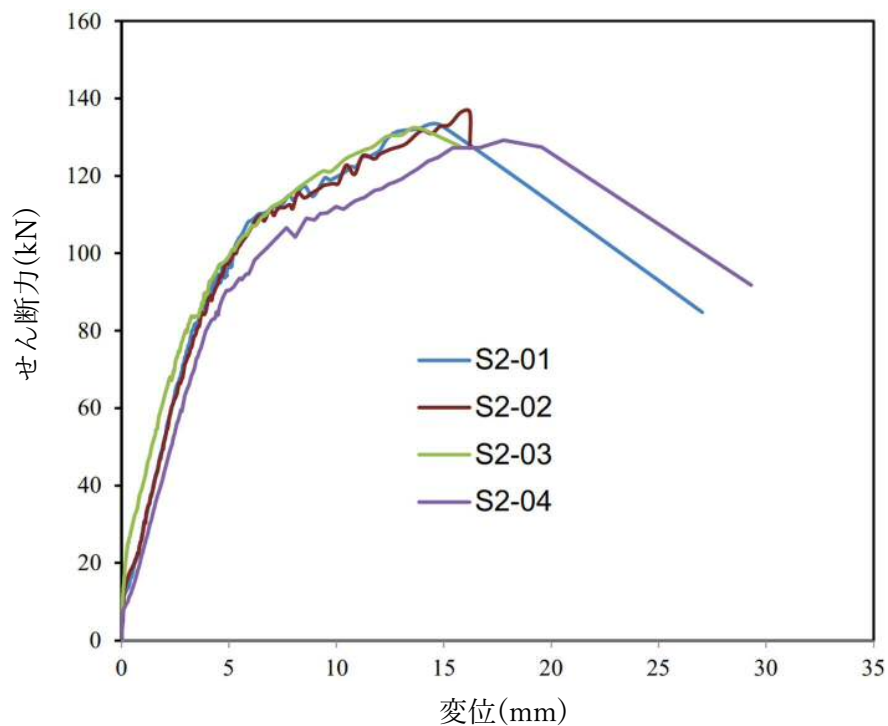


図38. 大型せん断サンプルの力と平均変位値の関係

残りのせん断サンプルの力と平均変位値の関係を示す図の詳細は付録Aをご参照のこと。

試験結果表に基づいて、タイプ1のサンプルのせん断耐力は比較的均一であるが、サンプル5は他のサンプルよりも相対的に大きな耐力性能を持っていることが分かる。タイプ1のせん断サンプルの損傷/破壊の形成と進行を表11に示し、タイプ2のせん断サンプルの損傷/破壊の形成と進行を表12に示す。せん断サンプルの破壊状態の画像については付録Bをご参照のこと。

表11. タイプ1のせん断サンプルの損傷/破壊の形成と進行

タイプ1のせん断サンプルの損傷/破壊の形成と進行	
試験サンプル	説明
S1-01	荷重レベル37.6kNでは、サンプルは梁断面で破壊し、接合部にひび割れが形成され、梁長さに沿って進展した。

S1-02	破壊はサンプル1と同様に発生した。サンプルに加えられた最大力は36.4kNであった。
S1-03	破壊はサンプル1と同様に発生した。サンプルに加えられた最大力は31kNであった。
S1-04	破壊はサンプル1と同様に発生した。サンプルに加えられた最大力は34.4kNであった。
S1-05	破壊はサンプル1と同様に発生した。サンプルに加えられた最大力は45.6kNであった。
S1-06	破壊はサンプル1と同様に発生した。サンプルに加えられた最大力は30.2kNであった。

表12. 大型せん断サンプルの損傷/破壊の形成と進行

タイプ1のせん断サンプルの損傷/破壊の形成と進行	
試験サンプル	説明
S2-01	133kNで力を加えた時点で試験サンプルが破壊された。その原因は木材が耐力限界に達したからである。破壊は木造の柱に発生して、そのひび割れがボルト締め位置から形成して柱長さに沿って進展した。
S2-02	136.4kNで力を加えた時点で試験サンプルは梁断面で破壊し、ひび割れが接合部から形成して梁長さに沿って進展した。
S2-03	破壊はサンプル1と同様に発生した。サンプルに加えられた最大力は132.4kNであった。
S2-04	破壊はサンプル1と同様に発生した。サンプルに加えられた最大力は129.2kNであった。

試験結果表に基づいて、大型サンプルのせん断耐力は小型サンプルより比較的均一であることが分かる。

S1-03サンプル



S2-01サンプル

S2-02サンプル

図39. せん断サンプルの破壊状態の画像

2.5.4.1 引張柱梁接合部の試験

引張柱梁接合部の試験は2023年9月26日～9月30日まで建築構造研究所の地震試験室で実施された。

試験中に梁と柱の間の相対滑り変位値と加えられた引張力の値を記録した。

タイプ1の引張サンプルおよびタイプ2の引張サンプルの最大試験力値とそれに対応する平均変位値を表13に示す。

図40および図41に試験サンプルの試験荷重と梁と柱の間の相対滑り変位の関係を示す。相対滑り変位の平均値は2つの変位計（CDP）の平均値から算定される。

表13. 柱梁接合部の引張試験の結果

試験サンプルのタイプ	試験サンプル	最大力(kN)	平均値(kN)	対応する平均変位値(mm)	平均変位値(mm)
タイプ1のサンプル	T1-01	71.6	80.9	22.6	18.3
	T1-02	86.2		20.17	
	T1-03	78.4		17.18	
	T1-04	84.8		23.35	
	T1-05	75.4		10.75	
	T1-06	89.2		15.52	
タイプ2のサンプル	T2-01	27.8	29.4	43.5	39.8
	T2-02	33.8		34.58	
	T2-03	33.2		40.84	
	T2-04	26.8		39.28	
	T2-05	28.4		32.4	
	T2-06	26.4		47.9	

処理後の引張耐力値は次のとおり。

タイプ1のサンプル (大型): 43,25kN

タイプ2のサンプル (小型): 14,52kN

メーカーの接合部の公称引張性能は、小型サンプルの場合は10.2kN、大型サンプルの場合は24.8kNである。

結論：合格。

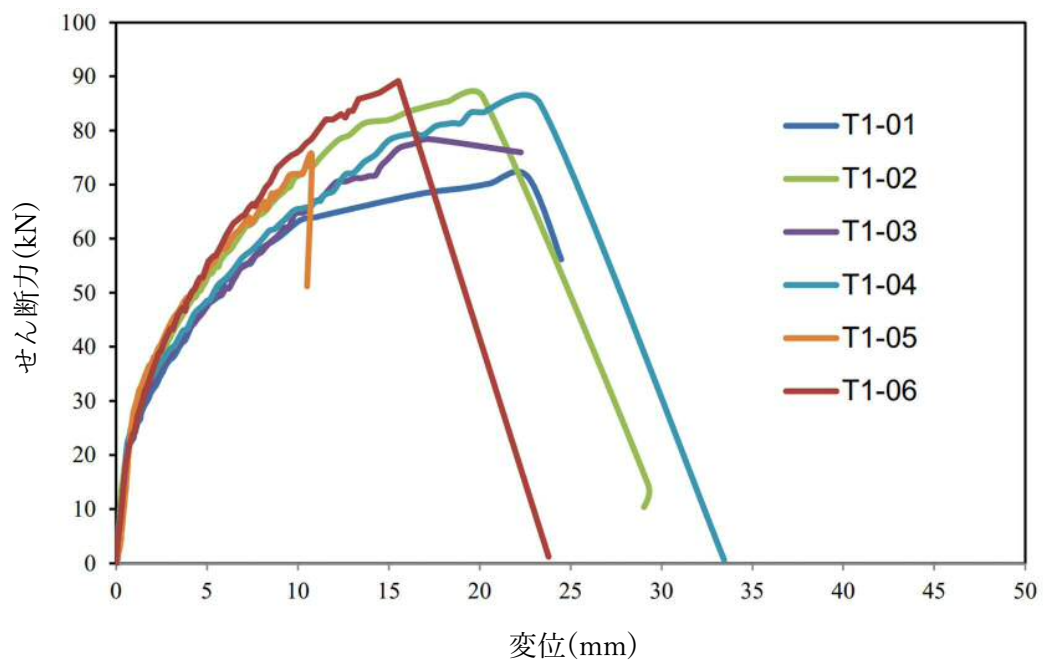


図40. タイプ1の引張サンプルの力と平均変位値の関係

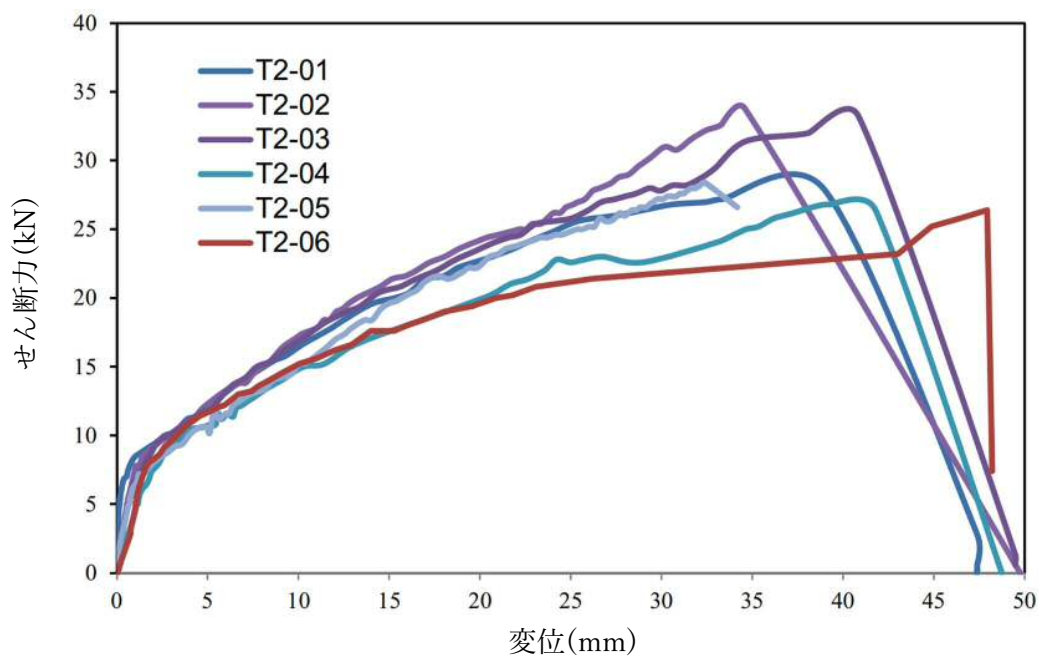


図41. タイプ2の引張サンプルの力と平均変位値の関係

残りの引張サンプルの力と平均変位値の関係を示す図の詳細は付録Aをご参照

のこと。

タイプ1の引張サンプルの損傷/破壊の形成と進行を表14に示し、タイプ2の引張サンプルの損傷/破壊の形成と進行を表15に示す。せん断サンプルの破壊状態の画像については付録Bをご参照のこと。

表14. タイプ1の引張サンプルの損傷/破壊の形成と進行

タイプ1の引張サンプルの損傷/破壊の形成と進行	
試験サンプル	説明
T1-01	加重で引張力が徐々に増加すると、接合部には梁と柱の間に隙間が生じ始め、加えられた力の増加に伴ってその隙間が広がっていく。 引張力が71.6kNの値に達すると、試験サンプルが柱で破壊される。その原因は木材が耐力限界に達したため柱が壊れたからである。
T1-02	引張力が86.2kNの値に達すると、試験サンプルが梁で破壊される。その原因は木材が耐力限界に達したため梁が壊れたからである。
T1-03	破壊はサンプル2と同様に発生した。サンプルに加えられた最大引張力は78.4であった。
T1-04	破壊はサンプル2と同様に発生した。サンプルに加えられた最大引張力は84.8kNであった。
T1-05	破壊はサンプル1と同様に発生した。サンプルに加えられた最大引張力は75.4kNであった。
T1-06	破壊はサンプル2と同様に発生した。サンプルに加えられた最大引張力は89.2kNであった。

表15. タイプ2の引張サンプルの損傷/破壊の形成と進行

タイプ2の引張サンプルの損傷/破壊の形成と進行	
試験サンプル	説明
T2-01	加重で引張力が徐々に増加すると、接合部には梁と柱の間に隙間が生じ始め、加えられた力の増加に伴ってその隙間が広がっていく。 荷重27.8kNでは、試験サンプルは接続鋼板の変形により柱梁接合部に破壊される。
T2-02	加重で引張力が徐々に増加すると、接合部には梁と柱の間に隙間が生じ始め、加えられた力の増加に伴ってその隙間が広がっていく。 荷重33.8kNでは、試験サンプルは柱梁接合部に破壊される。その原因は接続鋼板が変形し壊れて、アンカーボルトから抜けて接合部を分離させるからである。
T2-03	破壊はサンプル2と同様に発生した。サンプルに加えられた最大引張力は33.2kNであった。
T2-04	破壊はサンプル2と同様に発生した。サンプルに加えられた最大引張力は26.8kNであった。
T2-05	破壊はサンプル2と同様に発生した。サンプルに加えられた最大引張力は28.4kNであった。
T2-06	破壊はサンプル2と同様に発生した。サンプルに加えられた最大引張力は26.4kNであった。



T2-02サンプル



T2-03サンプル



T1-03サンプル



T1-05サンプル

図42. 引張サンプルの破壊状態の画像

2.5 静荷重試験による床構造の耐力性能に関する試験研究

a) 荷重範囲

荷重試験を行うフロアセルの位置は2階で、セルの寸法は(2.61×3.05)mで、耐荷重面積は7.96m²である。

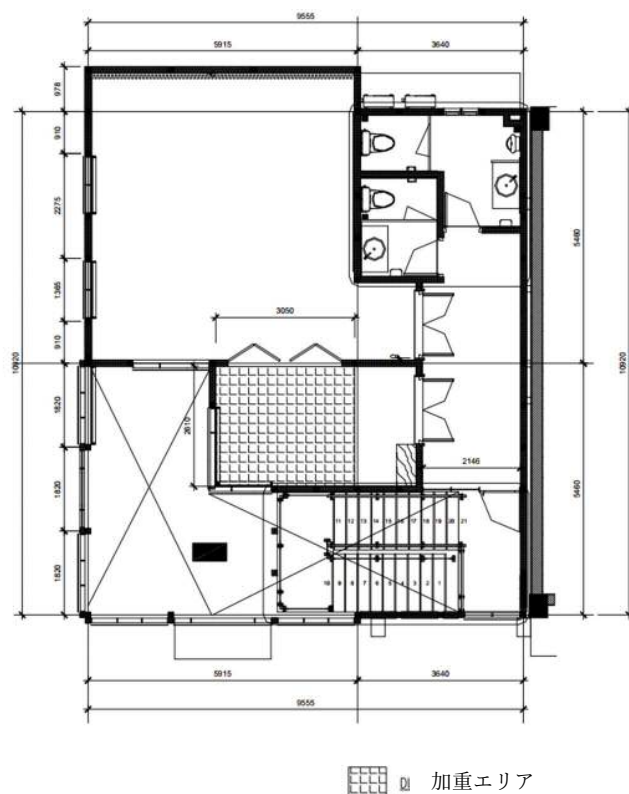


図43. 試験場所の平面図

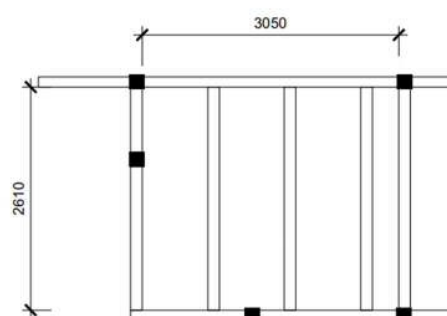


図44. 試験対象フロアセルの構造

b) 試験荷重

設計によると、2階は食道エリアである。TCVN 2737:2023によると、設計上荷重は300daN/m²である。

試験荷重を300daN/m²にする；

試験荷重レベルの分類はTCVN 9344:2012のセクション8—「試験荷重」の定めに従って行われる。規定によると、各荷重レベルは試験荷重の25%を超えては

ならない。

試験荷重を等しい荷重レベルに分類する。荷重レベルの順序は表16に示すとおり。

表16. 荷重レベルの順序と各荷重レベルでの監視時間

項番	荷重レベル	試験荷重		荷重保持時間 (分)	監視指標
		1m2あたり (daN/m2)	総荷重(daN)		
1	0%Ptn	0	0	0	変位、ひび割れ、構造的損傷。
2	17%Ptn	50	398	15	
3	33%Ptn	100	796	15	
4	50%Ptn	150	1194	15	
5	67%Ptn	200	1592	15	
6	83%Ptn	250	1990	15	
7	100%Ptn	300	2388	360(6時間)	
8	67%Ptn	200	1592	15	
9	33%Ptn	100	796	15	
10	0%Ptn	0	0	60(1時間)	

試験荷重を作るための資材は铸铁球（各重量25daN）である。各荷重レベルの荷重は、構造物に乗せラエル铸铁球の数に応じて制御される。

c) 調査内容

調査内容は試験の目標に基づいて決定される。具体的には次のとおり。

- ・試験荷重を受けたときの床のたわみを測定する。

- ・荷重試験前および荷重試験中に発生したひび割れ（ある場合）は試験中に測定され、ひび割れパラメータ（位置、長さ、幅を含む）は試験中に監視および記

録される。

- ・各荷重レベルで荷重を加えている間、床の部分および関連する構造物を観察して、他の局部変形が発生しているかどうかを確認する。

d) 試験装置と測定器の配置

- ・ 0.01mmの精度までの電子たわみ測定器（日本製）；
- ・ TDS信号受信機(日本製)；
- ・ 電算機；
- ・ ひび割れ幅測定器：倍率15倍でひび割れを検出する顕微鏡、ピンゲージ；
- ・ 巻尺、カメラ、その他の補助ツール。

調査内容に基づいて、次のように構造物のたわみ測定器を使用および配置する。

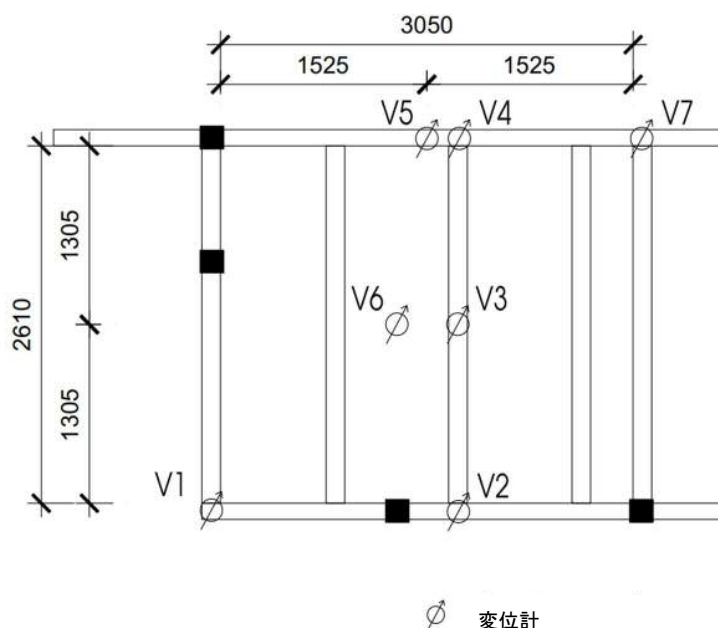


図45. 変位計配置図

本試験は2023年7月08日に実施された。

本試験は試験概要書に従って実施され、荷重を最大荷重レベル100%まで加え、試験概要書に記載される通りに荷重の保持と解除を十分に実施する。

試験中に、構造は安定して動作し、局所的または全体的なひび割れや破壊がなかった。

カンチレバーの先端位置の最大変位（V1ゲージ）は1.05mmである。

主な梁の最大たわみ（V7ゲージ）は0.94mmである。

梁の中央における根太の最大たわみ（V3ゲージ）は1.14mmである。

III. 結論と建議

3.1 結論

プロジェクトチームは日本のスギ由来の木材の機械・物理的特性、燃焼特性および集成材の構造の耐力・安全性に関する研究を実施した。研究結果は以下のことを示した。

- 1) 燃焼の技術的特性に関しては、QCVN 06:2022/BXDに従って分類すると、試験された日本のスギの木材サンプルは可燃性材料として分類され、可燃性レベルはBC3で、発煙レベルはSK2レベル(平均)である。
- 2) GLT集成材の機械・物理的特性については、曲げ強度、弾性率、ブロックせん断強度の基準がすべてE65-F225グループの木材の要件を満たしている。
- 3) 柱梁接合部のせん断耐力と引張耐力については、すべてメーカーの要件を満たしている。
- 4) 床構造の荷重試験の試験結果：荷重試験の床構造は耐力性能を確保する。
- 5) 設計・製造された加重枠組みは所定の要件を満たしている。

3.2 建議

研究結果から、プロジェクトチームは次のような建議を述べる。

- 1) GLT集成材を木造建築の構造に適用することはまだ実現されていない。従って、今後も日本のスギ由来の集成材の他の機械・物理的特性、燃焼特性に関する研究を継続するとともに、日本産やベトナム産の他の木材を対象とした研究を進めて、GLT集成材の技術要件に関する基準やGLT集成の住宅構造設計基準の整備などの今後の研究のためのベトナムの集成材の機械・物理的特性、燃焼特性に関するデ

ータベースを構築する必要がある。

2) 機械・物理的特性、燃焼特性に加えて、木材の耐久性も非常に重要な課題であり、特にベトナムのような高温多湿な環境条件では、ベトナムでの環境における集成材の長期耐久性についてより深い研究が必要である。

付録A

試験の結果

#5	30.4	x	122.9	630	600	2400	1.31	5.02	6666
#6	30.3	x	122.8	630	600	2400	1.45	5.71	5867
#7	30.4	x	123.3	630	600	2400	1.23	4.94	6644
#8	30.3	x	123.4	630	600	2400	1.77	5.88	6052

		建設省 Ministry of Construction ベトナム建設技術科学所 Vietnam Institute for Building Science and Technology 住所: No. 81 Tran Cung, Nghia Tan, Cau Giay, ハノイ - Tel: 84.43.7544196 - Fax: 84.43.8361197 Website: www.ibst.vn - Email: vkcnxd@fpt.vn
---	--	--

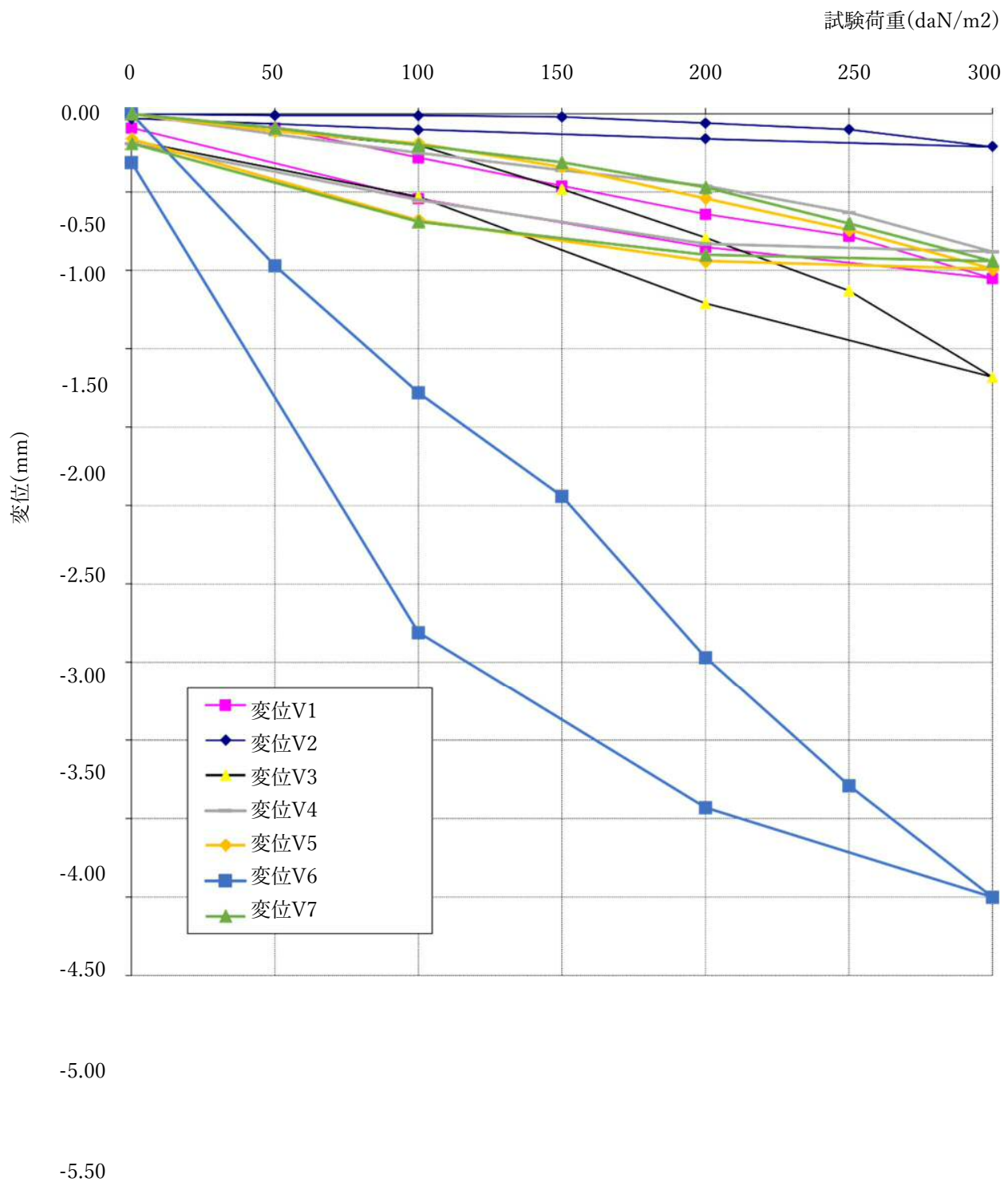
				試験結果シート No.03							
I.一般事項											
建築工事				：研究プロジェクト：RDV：02-23（木材の機械・物理的特性、燃焼特性および集成材の構造の耐力・安全性に関する研究）							
試験サンプル				：天然木集成材							
試験の指標				：静的曲げ強度、静的曲げ弾性率							
試験実施場所				：ベトナム建設技術科学所、No. 81 Tran Cung、Cau Giay、ハノイ							
II.結果											
サンプル受領日				：2023/05/08				試験実施日		：2023/05/19～23	
試験方法											
試験装置：ノギス、電子天秤、乾燥炉、試験機（DTU-900MHA）											
2.1 静的曲げ強度試験結果											
試験 サンプル	断面の寸法			曲げ スパン	試験 荷重 (N)	静的曲げ強度		平均の静的曲げ強度			
	(mm)					(MPa)					
	#1	121	x			121.00	2520	27800	46.1		47.8
#2	120	x	122.00	2520	30000	49.4					
2.2 静的曲げ弾性率の試験結果											
試験 サンプル	断面			曲げ スパン	試験荷重(N)		たわみ(mm)		静的曲げ弾性率(Mpa)		
	t x b (mm)				F ₁	F ₂	a ₁	a ₂	単独の 値	平均値	
#1	121	x	121.0	2520	3000	12000	7.90	27.35	6552	6587	
#2	122	x	120.0	2520	3000	12000	8.58	27.51	6622		

表2. 荷重試験中の変位測定の結果

項番	荷重レベル	試験荷重		荷重保持 時間(分)	測定位置での変位(mm) (-記号はたるみを表す)							根太のたわみ (mm)
		1m2あたり (daN/m2)	総荷重 (daN)		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	
1	0%Ptn	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	17%Ptn	50	398	15	-0.09	-0.01	-0.11	-0.13	-0.11	-0.97	-0.09	-0.04
3	33%Ptn	100	796	15	-0.28	-0.01	-0.20	-0.25	-0.19	-1.78	-0.20	-0.07
4	50%Ptn	150	1194	15	-0.46	-0.02	-0.48	-0.36	-0.34	-2.44	-0.31	-0.29
5	67%Ptn	200	1592	15	-0.64	-0.06	-0.79	-0.46	-0.54	-3.47	-0.47	-0.53
6	83%Ptn	250	1990	15	-0.78	-0.10	-1.13	-0.63	-0.74	-4.29	-0.70	-0.77
7	100%Ptn	300	2388	360	-1.02	-0.15	-1.65	-0.88	-1.00	-4.91	-0.91	-1.14
8	6時間後は 100%Ptn	300	2388	(6時間)	-1.05	-0.21	-1.68	-0.88	-0.99	-5.00	-0.94	-1.14
9	67%Ptn	200	1592	15	-0.85	-0.16	-1.21	-0.83	-0.94	-4.43	-0.90	-0.72

10	33%Ptn	100	796	15	-0.54	-0.10	-0.53	-0.55	-0.68	-3.31	-0.69	-0.21
11	0%	0	0	60(1時間)	-0.12	-0.04	-0.38	-0.37	-0.34	-0.45	-0.35	-0.18
12	1時間後は 0%	0	0		-0.09	-0.03	-0.17	-0.19	-0.16	-0.31	-0.19	-0.06

荷重試験中の荷重とたわみの関係図



付録B

試験の画像



試験サンプルの重量を量って乾燥させて木材の含水率を確認する



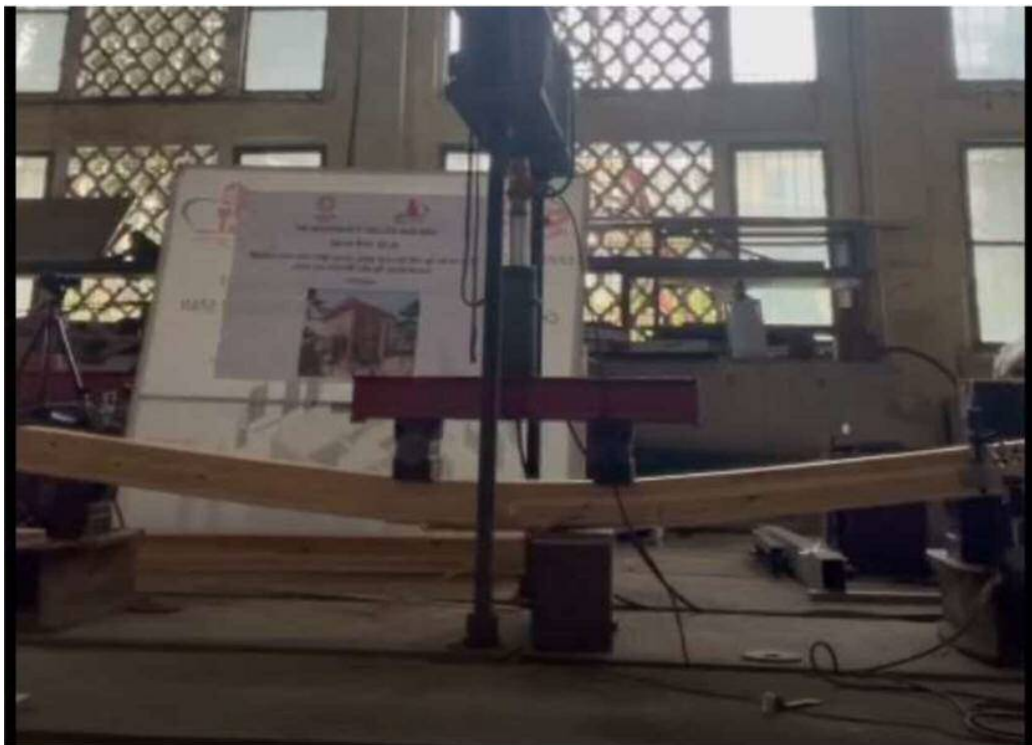
ブロックせん断試験



材料曲げ試験



集成材（GLT）の構造の曲げ試験



試験後の破壊木材サンプル



図B.1. タイプ1の柱梁接合部のせん断試験



図B.2. タイプ1のせん断試験サンプルの破壊状態-サンプル1



図B.3. タイプ1の柱梁接合部の引張試験-引張サンプル1



図B.4. タイプ2の柱梁接合部の引張試験-引張サンプル1



コンピュータに接続される、変位信号受信の電子デバイス



荷重試験されるフロアセルの下の領域



荷重試験での変位計の配置



荷重試験対象のフロアセルに荷重をかける。荷重レベル：17% P_{tn}



荷重試験対象のフロアセルに荷重をかける。荷重レベル：33%P_{tn}



荷重試験されるフロアセルの下の領域。荷重レベル：67%P_{tn}



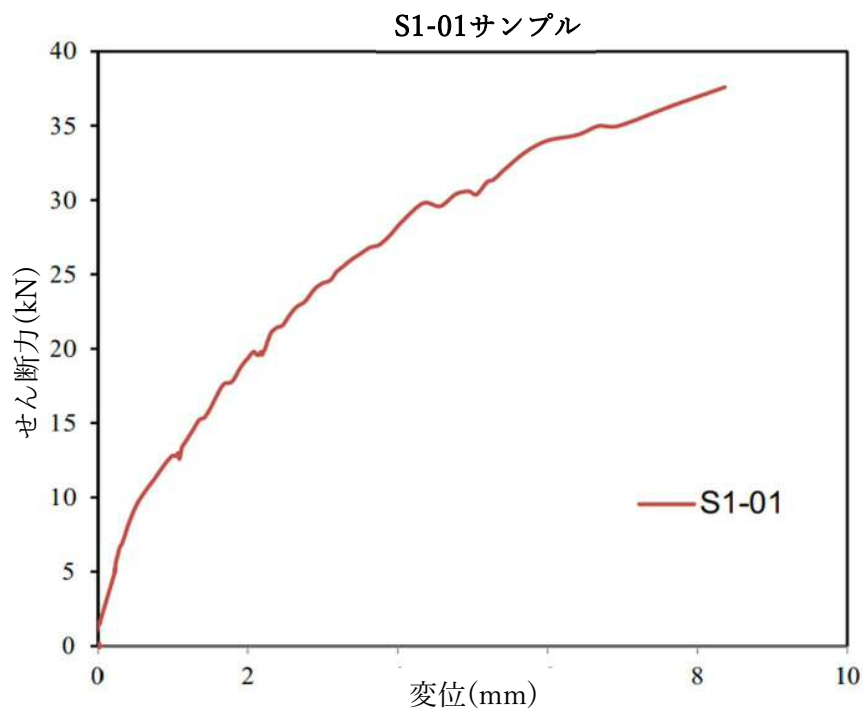
荷重試験対象のフロアセルに荷重をかける。荷重レベル：83%P_{tn}



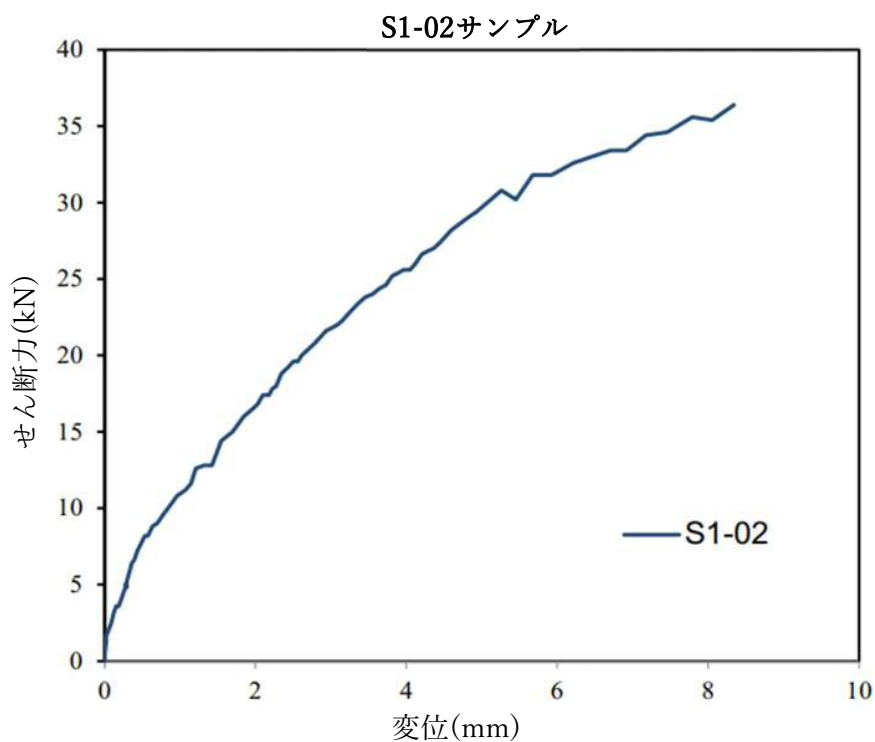
荷重試験対象のフロアセルに荷重をかける。荷重レベル：100%P_{tn}

付録C. せん断サンプルと引張サンプルの力と平均変位値の関係を示す図

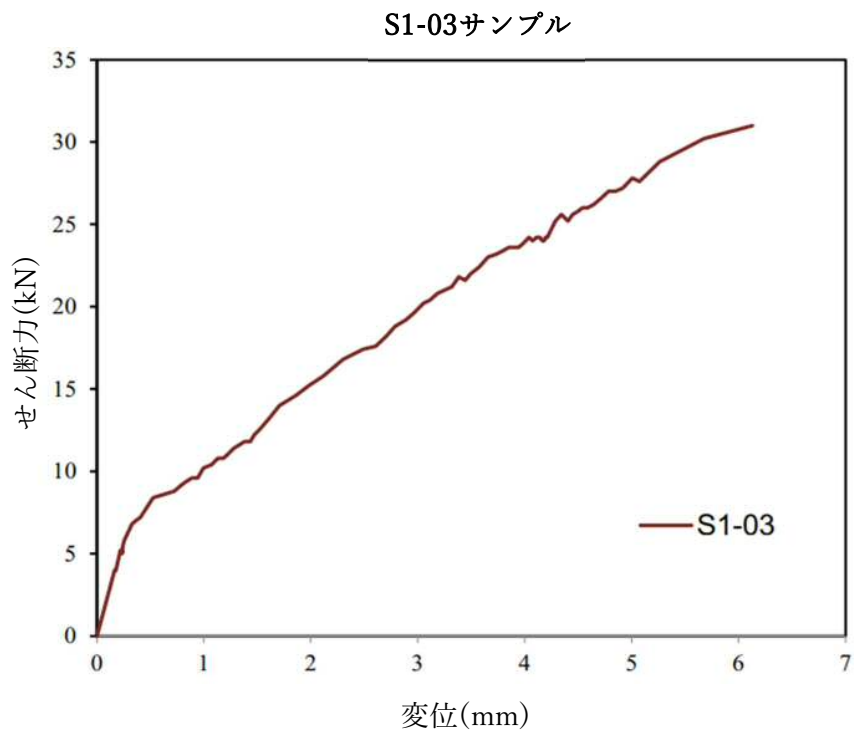
せん断試験



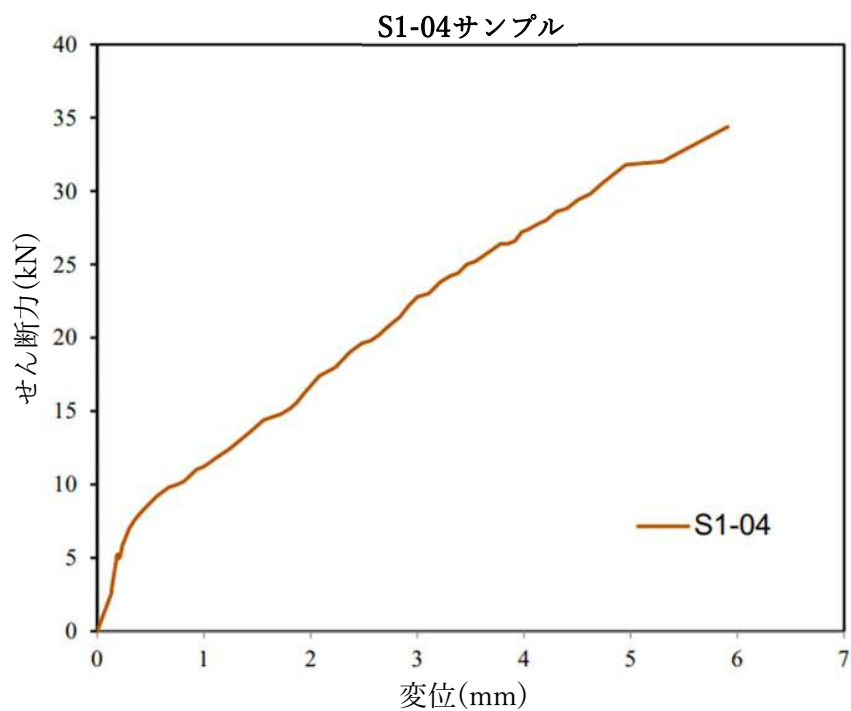
図A.1. S1-01サンプルの力と平均変位値の関係



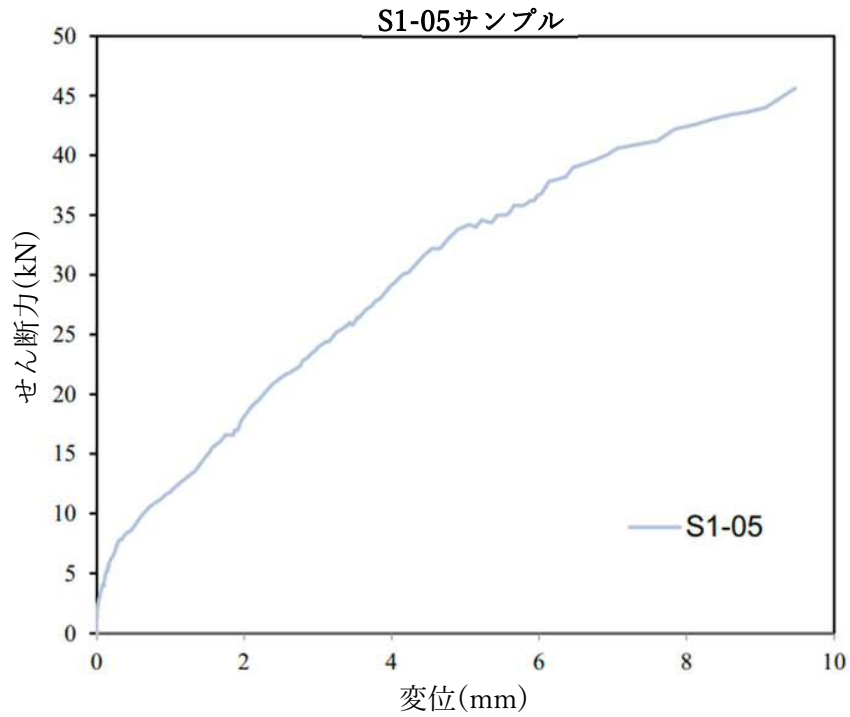
図A.2. S1-02サンプルの力と平均変位値の関係



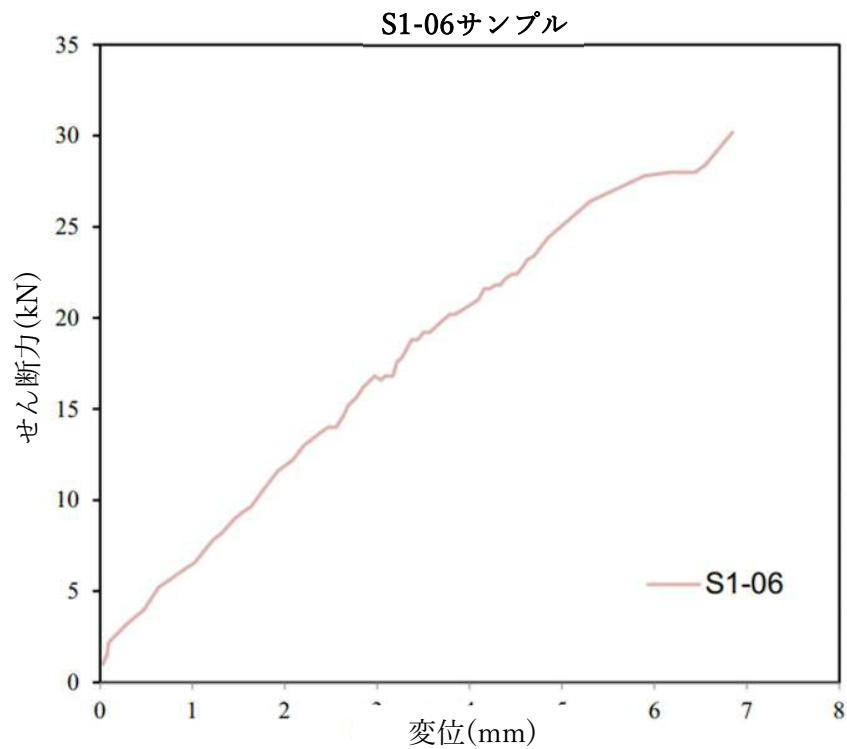
図A.3. S1-03サンプルの力と平均変位値の関係



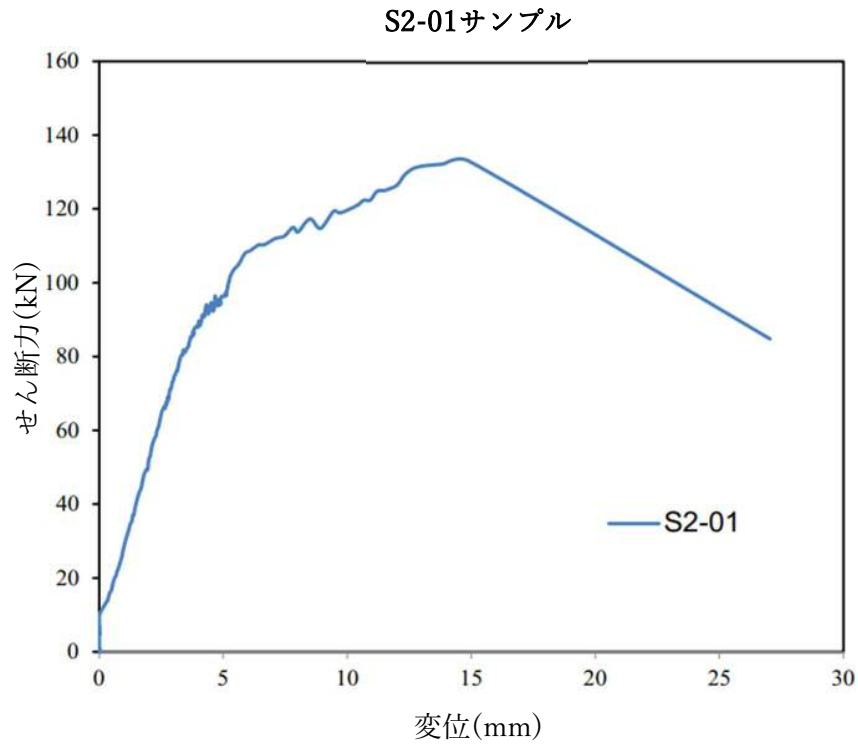
図A.4. S1-04サンプルの力と平均変位値の関係



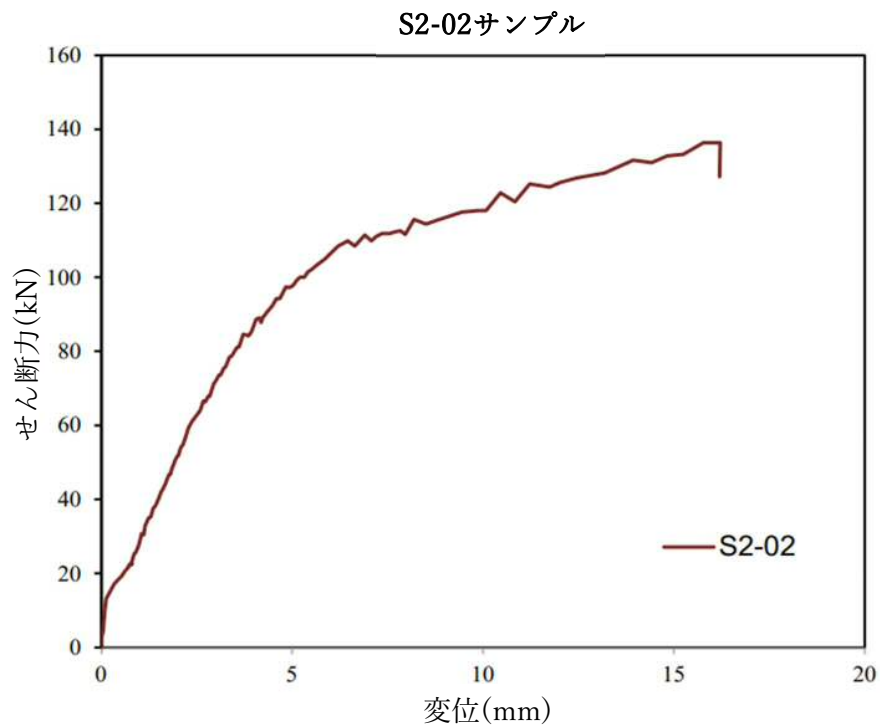
図A.5. S1-05サンプルの力と平均変位値の関係



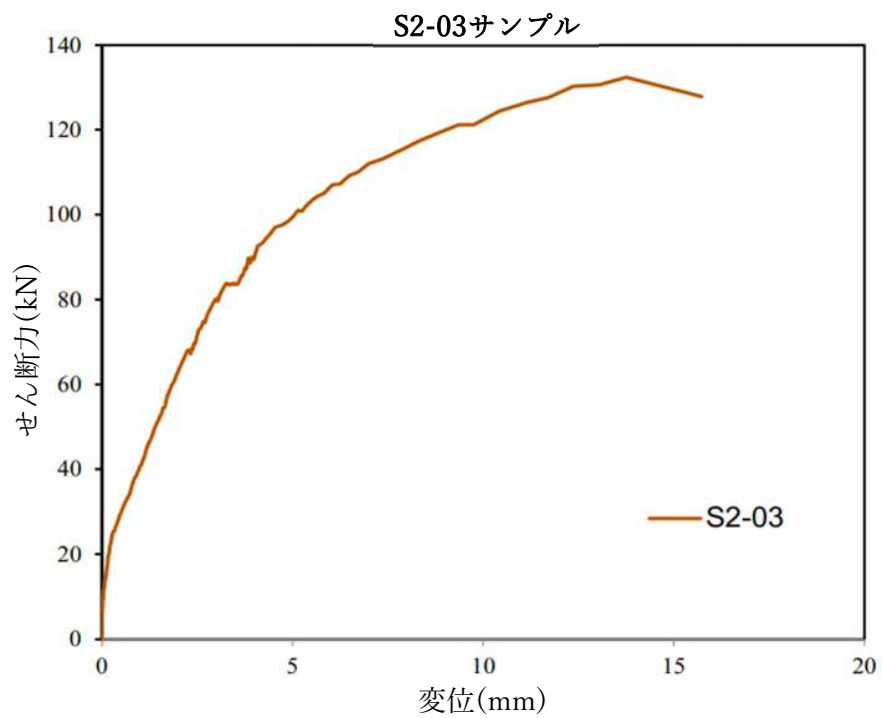
図A.6. S1-06サンプルの力と平均変位値の関係



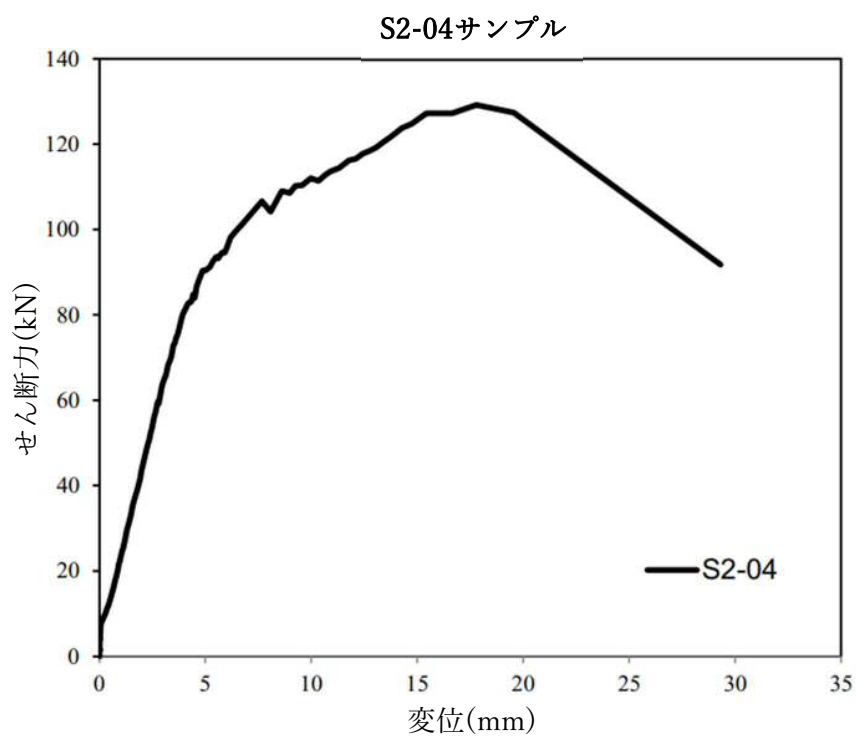
図A.7. S2-01サンプルの力と平均変位値の関係



図A.8. S2-02サンプルの力と平均変位値の関係

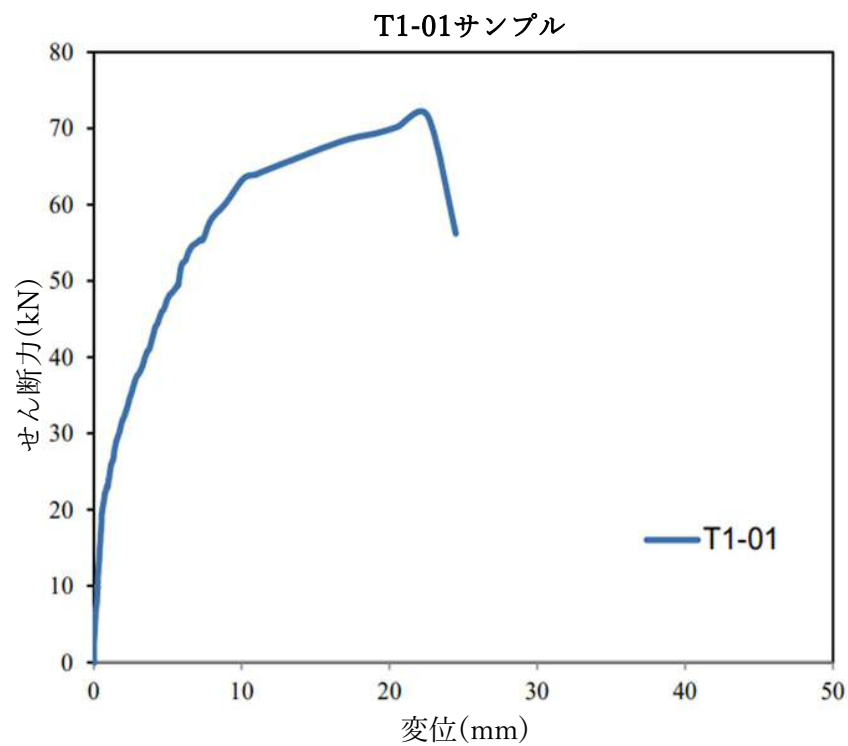


図A.9. S2-03サンプルの力と平均変位値の関係

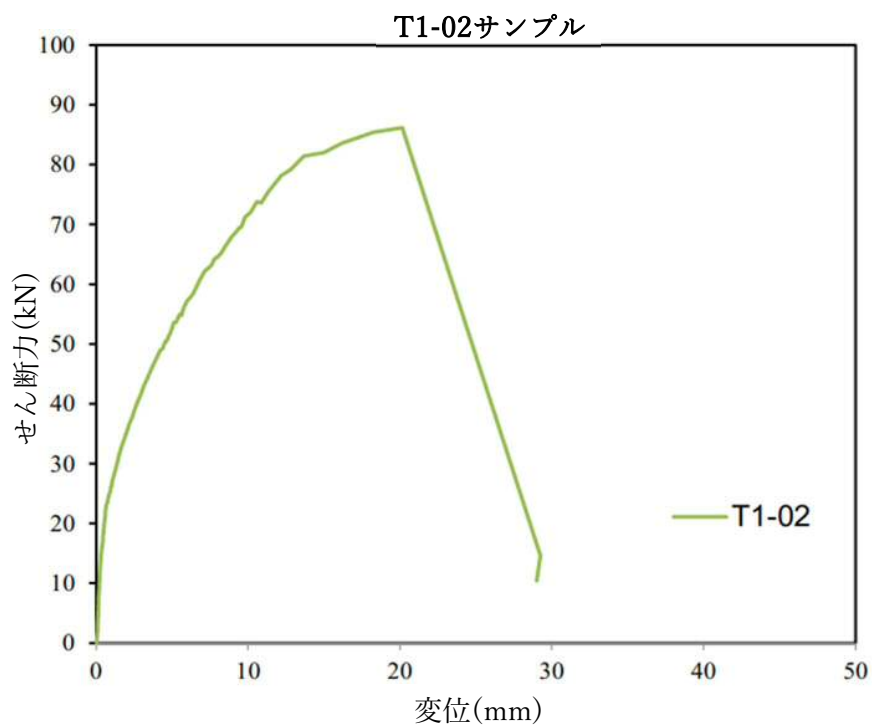


図A.10. S2-04サンプルの力と平均変位値の関係

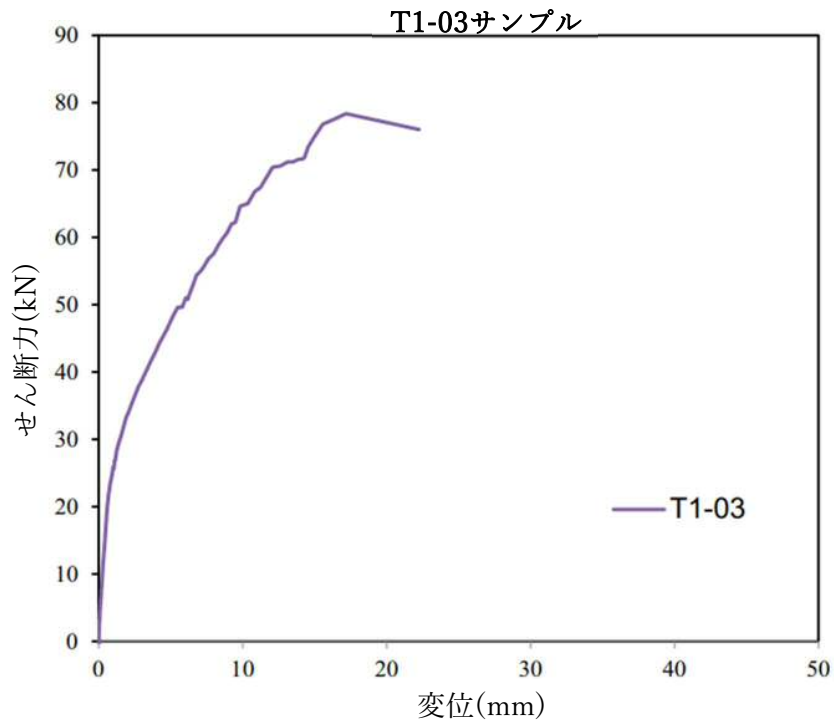
引張試験



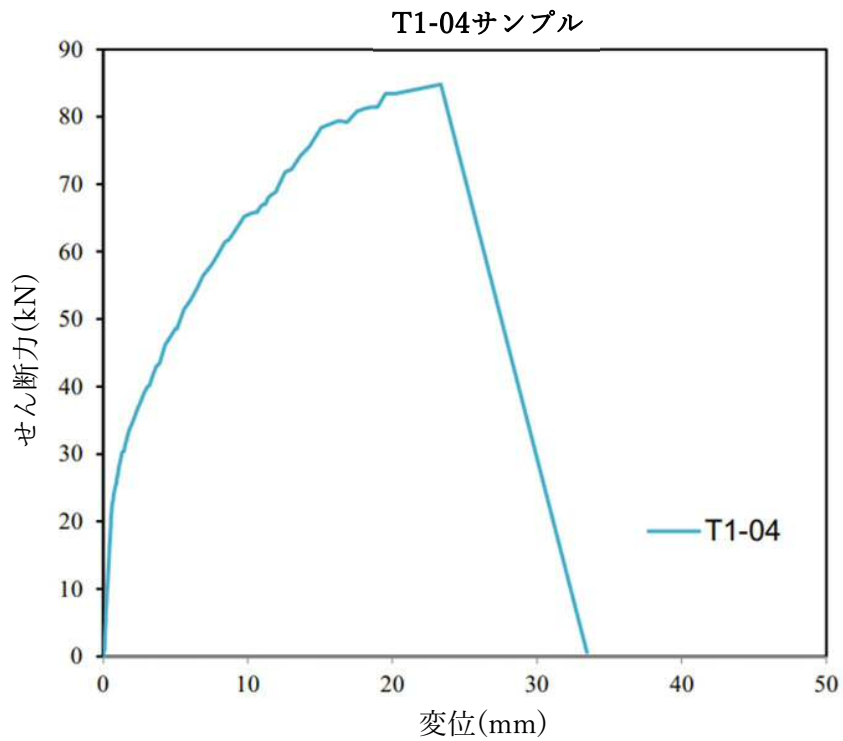
図A.11. T1-01サンプルの力と平均変位値の関係図



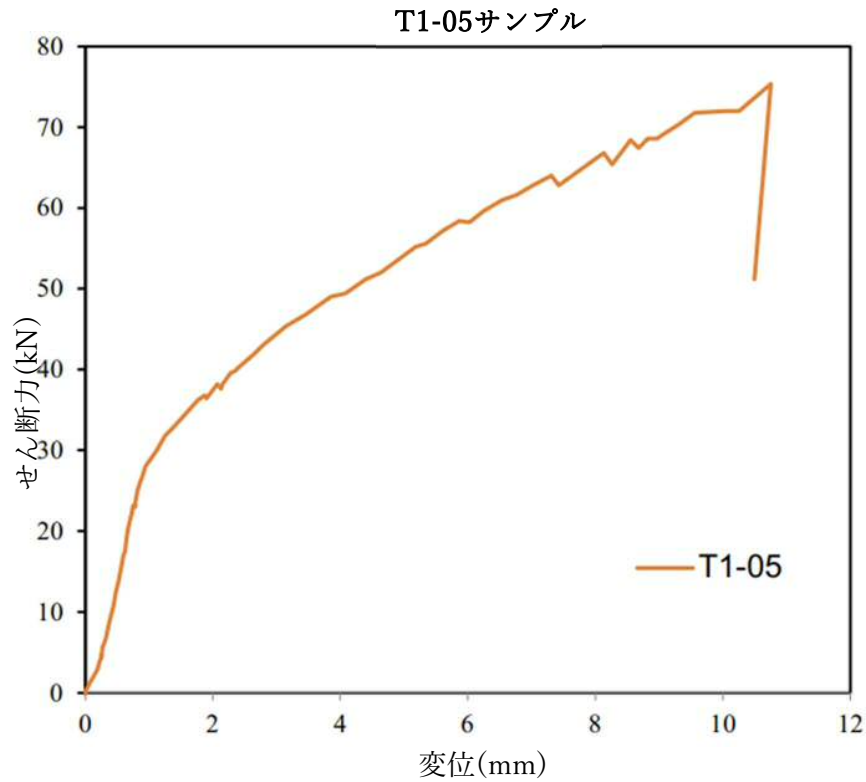
A.12. T1-02サンプルの力と平均変位値の関係



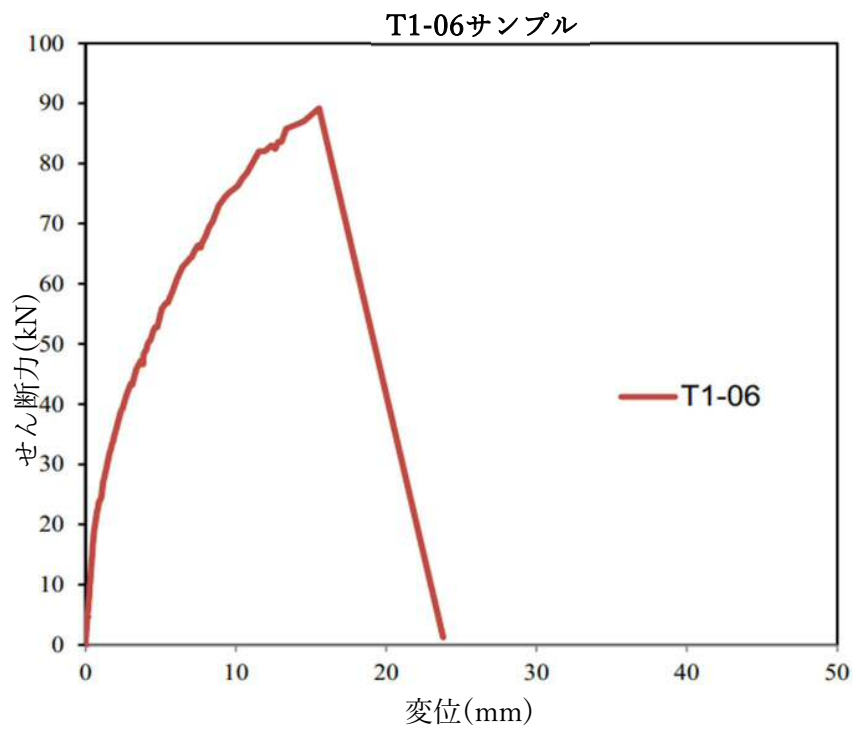
図A.13. T1-03サンプルの力と平均変位値の関係



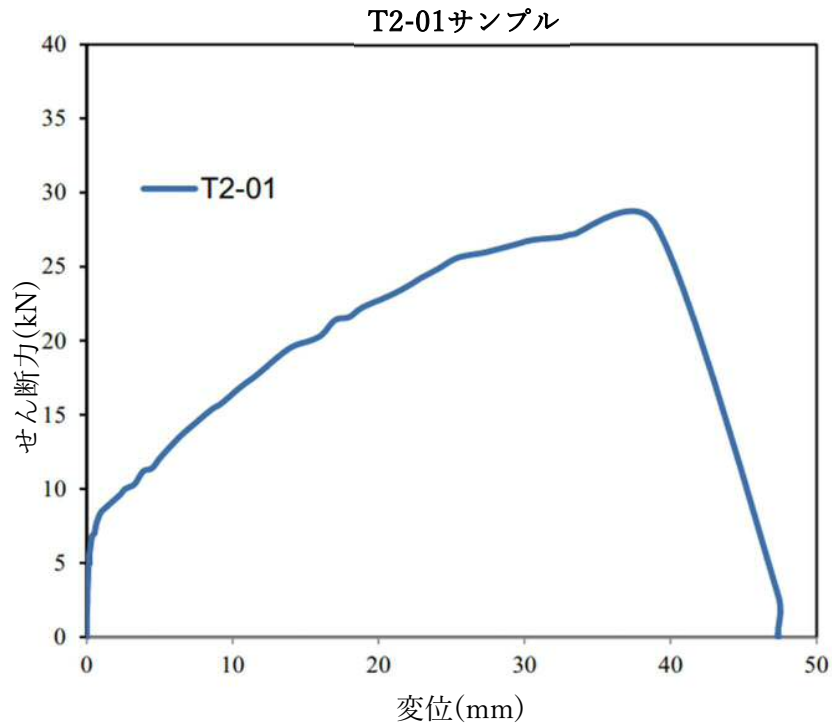
図A.14. T1-04サンプルの力と平均変位値の関係



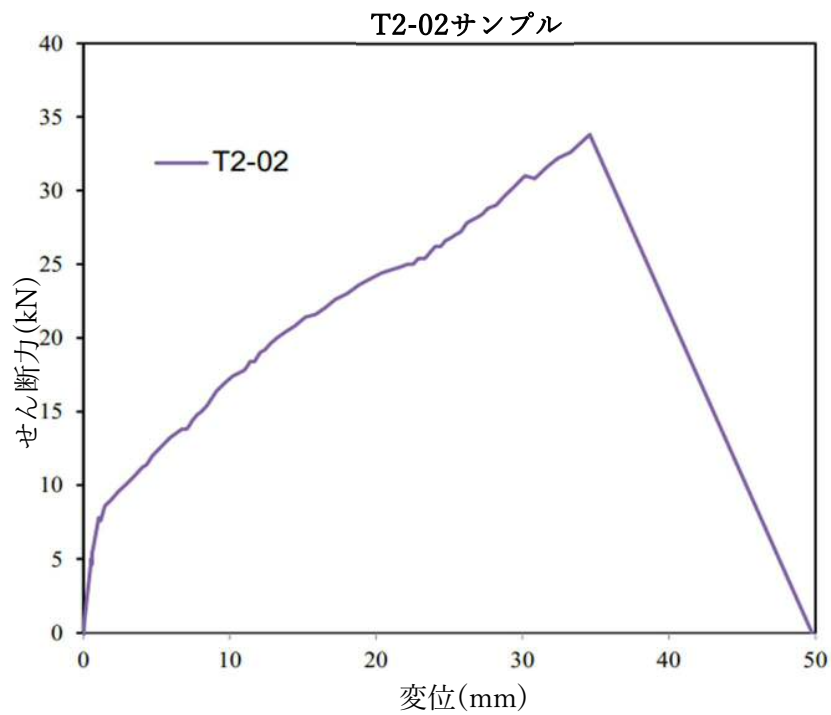
図A.15. T1-05サンプルの力と平均変位値の関係



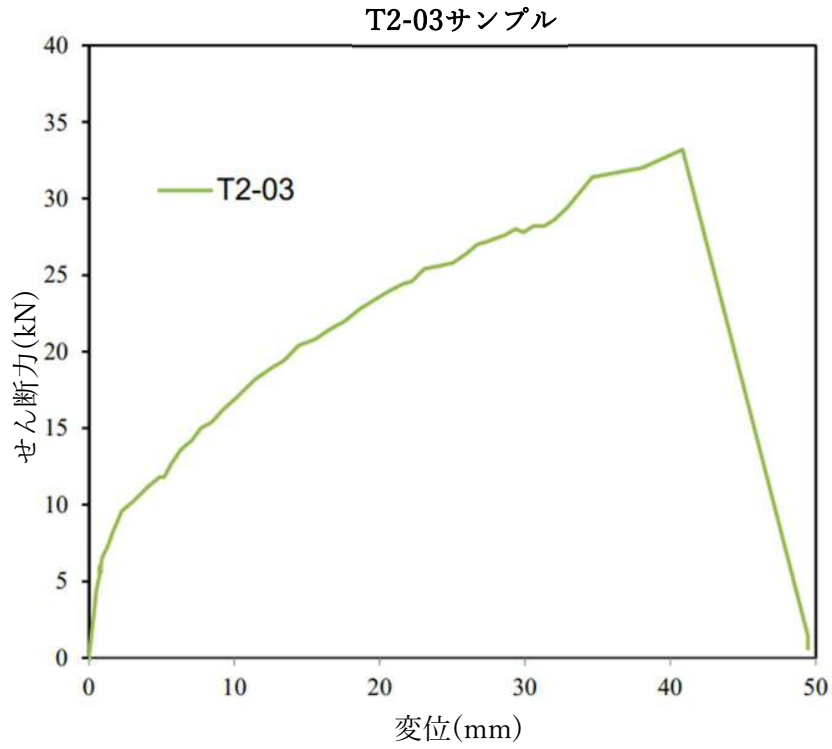
図A.16. T1-06サンプルの力と平均変位値の関係



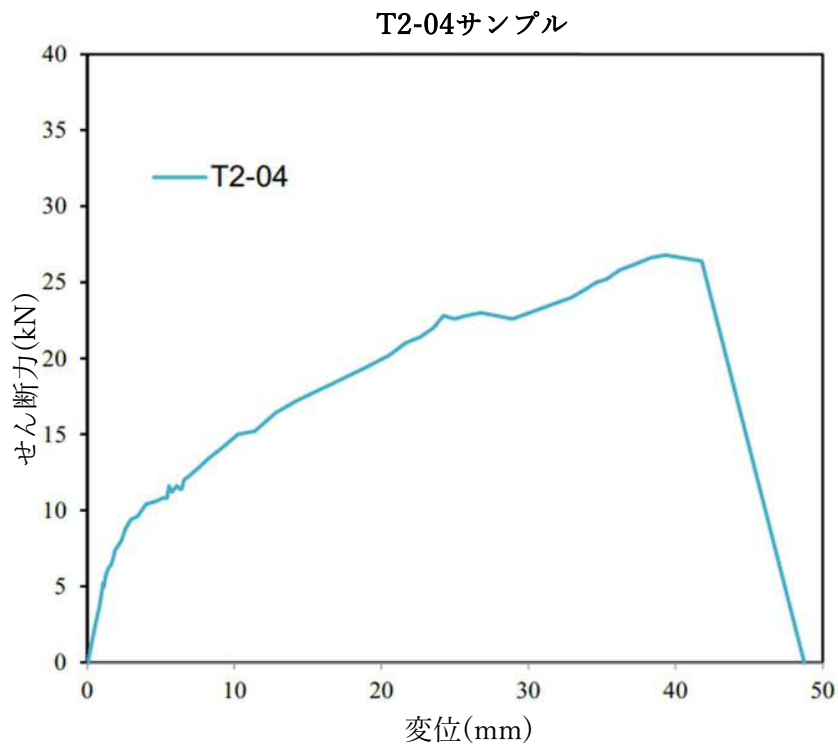
図A.17. T2-01サンプルの力と平均変位値の関係



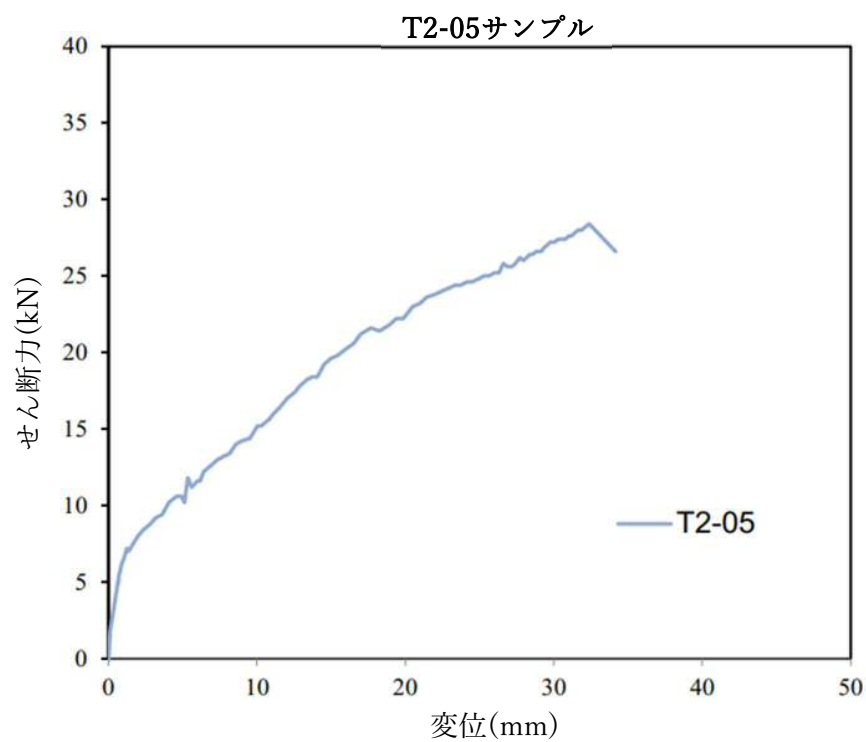
図A.18. T2-02サンプルの力と平均変位値の関係



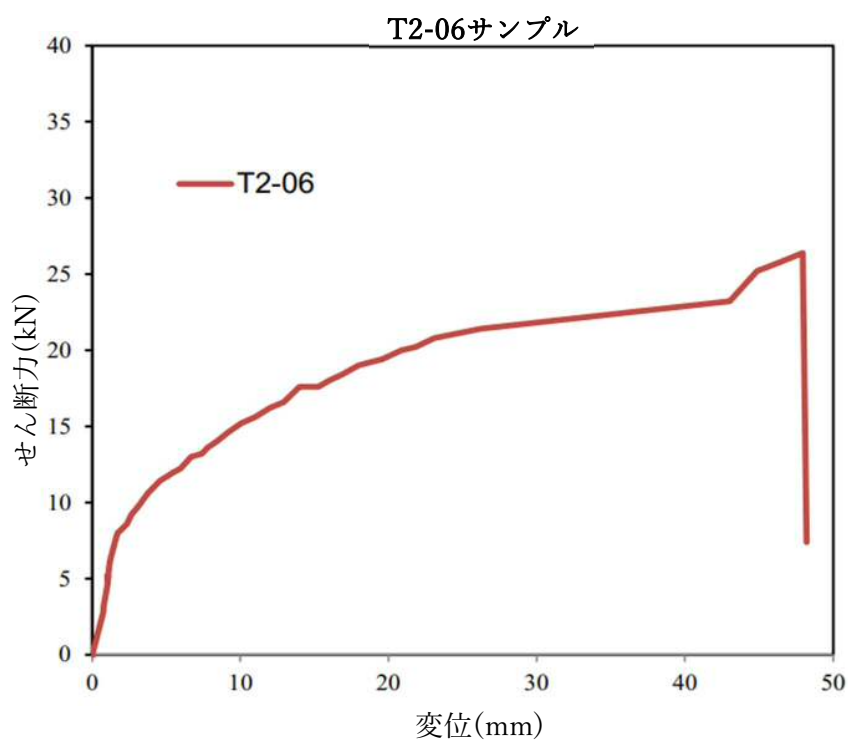
図A.19. T2-03サンプルの力と平均変位値の関係



図A.20. T2-04サンプルの力と平均変位値の関係



図A.21. T2-05サンプルの力と平均変位値の関係



図A.22. T2-06サンプルの力と平均変位値の関係

参考文献

1. An Overview of Manufacturing Process of Glued Laminated Timber, How SS, Sik HS & Anwar UMK, *Timber Technology Bulletin*, Malaysia, 2016.
2. Overview of Cross-Laminated Timber (CLT) and Timber Structure Standards Across the World, Shaghayegh Kurzinski, Paul Crovella, & Paul Kremer, *Mass Timber Construction Journal*, Vol. 5 2022.
3. Recent research and development on sugi (Japanese cedar) structural glued laminated timber, Tomoyuki Hayashi, Atsushi Miyatake, *Japan Wood Science Journal*, 2015.
4. The Global Cross-Laminated Timber (CLT) Industry: A Systematic Review and a Sectoral Survey of Its Main Developers, Victor De Araujo, André Christoforo, *Sustainability Journal*, 2023.
5. JAS for glued laminated timber (GLT), Japan Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery
6. JAS for cross laminated timber (CLT), Japan Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery.
7. Structural Timber Strength Test Manual, Japan Housing and Wood Technology Center, 2011.
8. ISO 5657 Reaction to fire tests — Ignitability of building products using a radiant heat source
9. ISO 5659 Plastics — Smoke generation
10. ISO 1182 Reaction to fire tests for products — Non-combustibility test
11. QCVN 06:2022/BXD QCVN 06:2022/BXD 火災安全に関する国家技術規格、建設省。

令和4年度輸出先国の規格・基準等に対応した技術開発等支援事業
成果報告書

1. 事業名 韓国向け木造キットの設計開発

2. 事業者名 都築木材株式会社

3. 事業の目的

3-1 背景・動機

韓国では、2000 年ごろから軸組工法と桝組壁工法の両方の導入が始まった。その結果、現在では毎年全土で約 8 千～1 万棟の木造戸建て住宅が建設されているが、軸組工法のシェアは約 5%に過ぎないと考えられている。この要因には様々なものが考えられるが、特に、①法規が桝組壁工法に沿った形で整備されていること、②現地の施工者が同工法に慣れ親しんでいること、③同工法用の資材が一般的に広く流通していること。以上を考えると、そのシェアを奪うことは容易ではないことが分かる。

したがって本企画では、国産材を利用しやすい軸組工法導入の前段階として、桝組壁工法の中で国産材を利用してもらうことを考えた。同時に、その先に軸組工法への挑戦意欲を刺激できる工法の開発を志向した。

韓国では大きな開口部を設ける習慣があるために、耐力壁や水平構面の設計は非常に重要である。しかし、実際の設計・施工現場ではそれらに対する知識が不足している。したがって、それらの知識を補いつつ耐力の高い構造体の作り方を提案・提供できれば、現地に受け入れられると考えた。

3-2 目的

- ① 2×4 構造体を、軸組プレカット技術の一部利用しながら生産する
- ② 現地の既存の方法を大きく変更せず、耐力壁の性能を向上させる
- ③ 同上の構造体を現地で組立て、現地有識者と意見交換を行う
- ④ 同上の構造体の、事業性（コスト）を検証する

4. 事業内容（実施方法等）

4-1 韓国式耐力壁の性能検証

4-1-1 試験概要

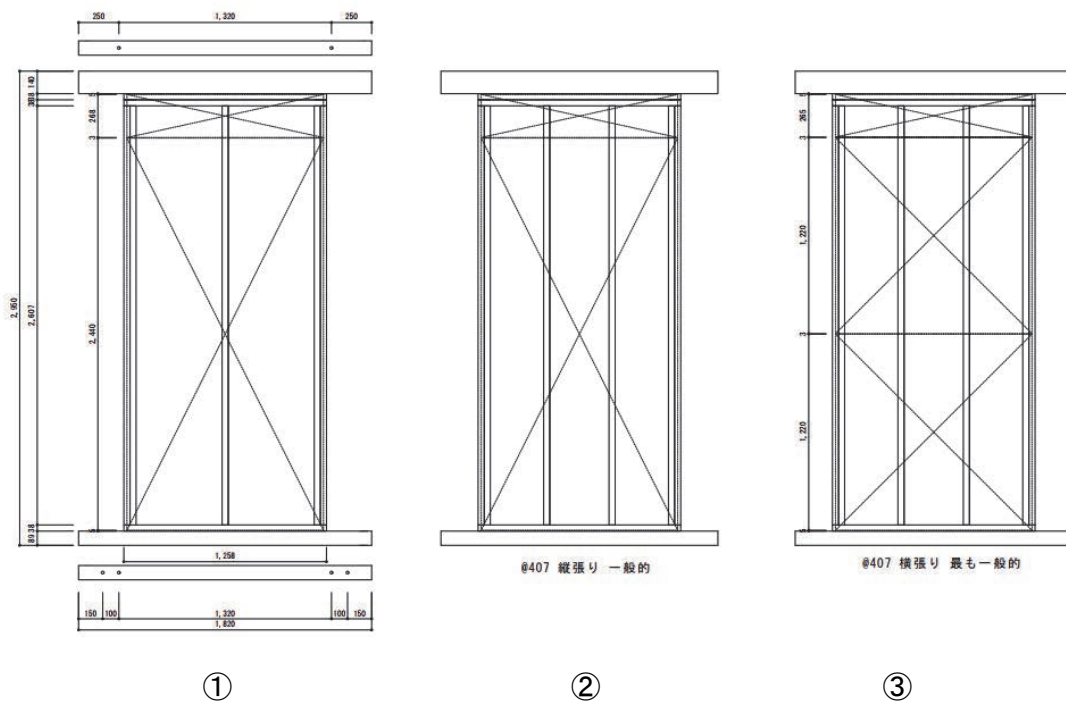
- ・ 場所 長野県林業総合センター
- ・ 日程 8 月 21 日～25 日 9 月 5, 8, 12, 13 日
- ・ 試験体 1220 mm×2950mm 5 種類×各 3 体+1 体 全 16 体

杉材のスタッドと韓国から輸入したOSB11mmと釘6.5mmを使用
 外周・内部ともに6インチ≒150mmにて釘打ち

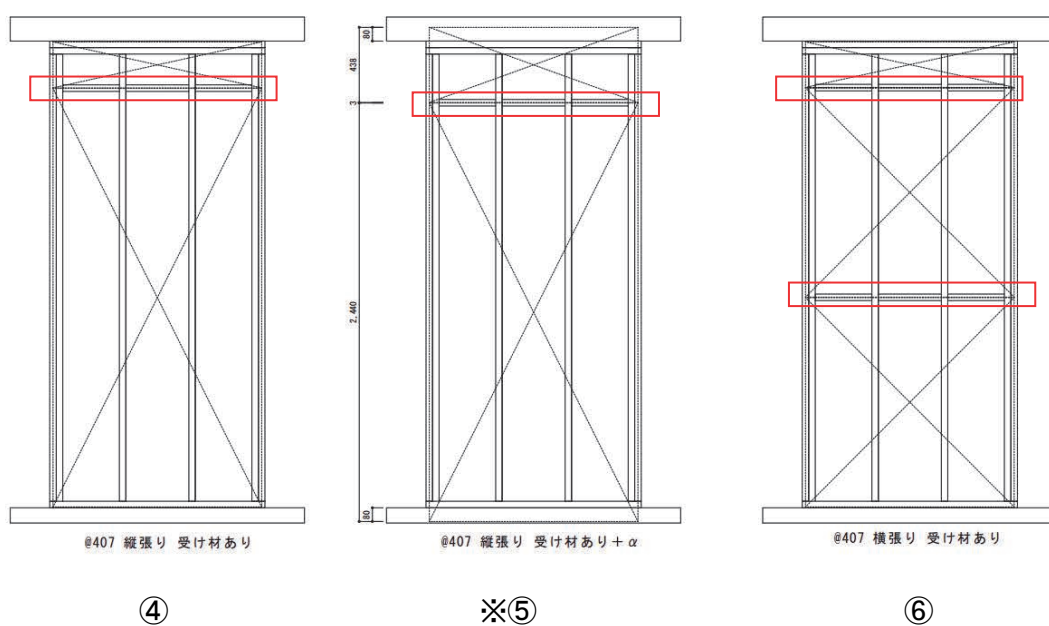
4-1-2 試験体

韓国の現状を再現したものと、それに受け材等の補強を施したものを用意した。

－韓国の現状を再現したもの－



－受け材を入れて補強したもの－



※⑤については、面材を土台と梁まで貼り伸ばした

4-1-3 試験風景



受け材の補強がない場合の破壊状況

4-1-4 試験結果と考察

—結果—

表 2 特性値一覧

	610タテ		407タテ		407タテ受		407タテ受 α		407ヨコ		407ヨコ受
	Ave. (kN)	C.V. (%)	Ave. (kN)	C.V. (%)	Ave. (kN)	C.V. (%)	Ave. (kN)	C.V. (%)	Ave. (kN)	C.V. (%)	Value
P_y	4.96	13.9	6.70	1.21	9.18	4.15	9.61	7.91	5.82	3.17	9.30
$0.2P_u/D_s$	4.96	12.5	5.87	8.3	5.85	8.9	7.15	20.0	5.04	7.84	6.85
$2/3P_{max}$	5.68	13.8	8.10	2.60	10.93	4.25	12.24	7.66	7.64	7.70	11.07
P_{120}	5.67	12.2	6.29	2.23	6.75	7.48	8.49	5.79	5.09	5.54	6.63
P_θ	4.63		5.64		5.60		6.47		4.85		6.63

①

②

④

⑤

③

⑥

- ・壁倍率として ①1.93 倍 ②2.35 倍 ③2.02 倍 ④2.34 倍 ⑤2.7 倍 ⑥2.77 倍の結果となった。
- ・11 mmのOSBを使用した、全体的に壁倍率の算定値は低くなった。
- ・試験体の問題もあり、枠材で破壊したケースがあったため、補強の受け材が無い②と繋ぎ材補強を入れた④が同じほぼ算定値となった。しかし、 P_{max} や P_y では明らかに④の方が上回った。

—考察—

- ・ 受け材があると、弾性範囲内で剛性が上がることが事実であるため、できれば面材のジョイントに受け材を入れる仕様を現地に薦めたい。
- ・ 面材を貼り伸ばすことによって剛性が向上することが分かった。4 指標のすべてで⑤は④を上回ったため、側根太の代わりに梁を用いる場合は合板を貼り伸ばせるメリットを生かしたい。

4-2 サンプル小屋の見学説明会と木構造の講習会

4-2-1 企画概要

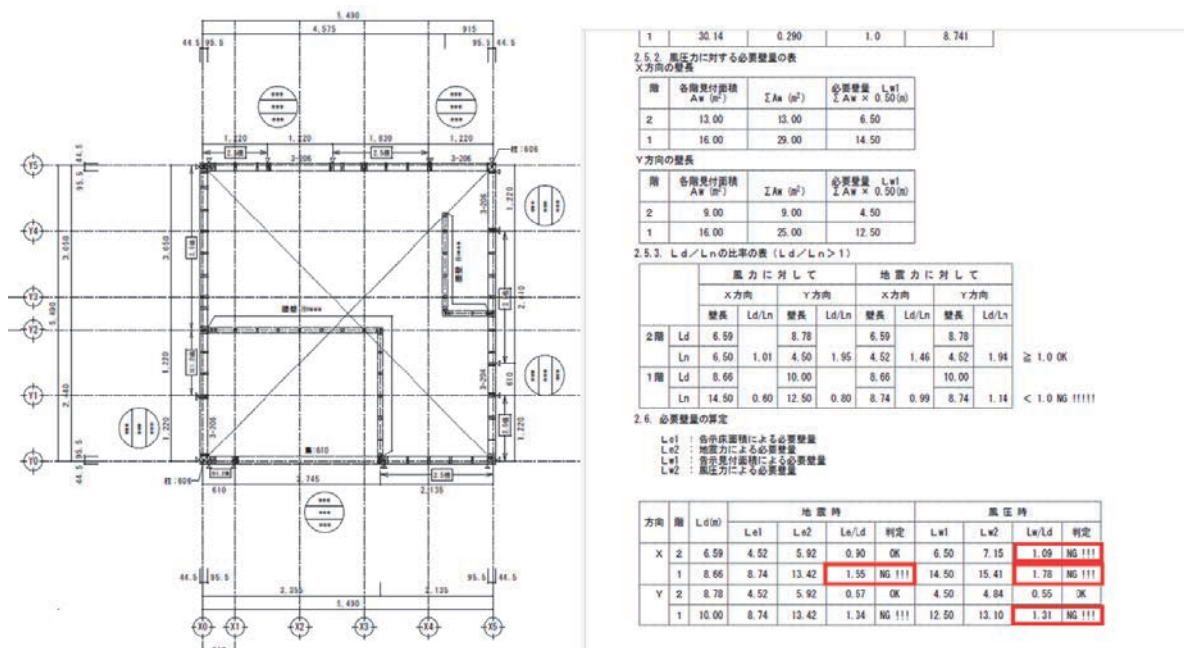
- ・ 場所 利川市内のホテルならびに、野外劇場
- ・ 日程 サンプル小屋の組立 2 月 20, 21 日
見学説明会と講習会 2 月 22 日
- ・ サンプル体 2 階建て 15.7 坪
使用国産材 スタッド、ジョイスト → 杉 204・206
床合板 → 国産針葉樹合板
梁 → 一部に、米松・杉集成材
- ・ 企画内容 野外劇場にてサンプル小屋の見学説明会、近隣のホテルの会場にて、木構造の講習会を行った。

4-2-2 サンプル小屋プラン



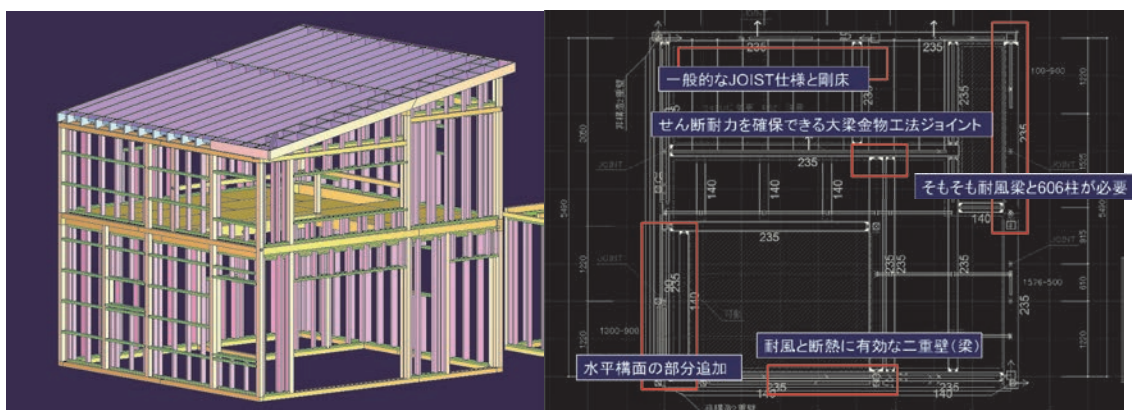
韓国の設計でありがちな、大開口、吹き抜け、出隅隅の開口、インチモジュールを再現した。

4-2-3 一般的な枠組壁工法による構造設計



日本には横貼りの耐力壁として、大臣認定 1.5 倍の壁仕様が存在する。実験結果では O S B の横貼りの壁倍率は 1.9 倍程度となったが、性能の比較検討することを目的としたため、日本式の 1.5 倍の壁仕様と 3.0 倍の壁仕様の両方で壁量計算を行った。その結果、1.5 倍の壁仕様であると、日本の基準上では、壁量やバランスで NG となった。これを解決するための方法やノウハウを現地に説明することで、韓日共同で開発すべき目的や方向性を指し示した。

4-2-3 ノウハウを詰め込んだサンプル



軸組プレカットでデータ化

ノウハウを詰め込んだ箇所

- ・ 躯体のすべてを軸組用のプレカット CAD でデータ化した
- ・ 壁上はすべて、プレカットされた梁とし、OSB を土台と梁まで貼り伸ばした。

- ・耐風と付加断熱に有効な二重壁を一部に採用した
- ・一般的な JOIST の仕様と剛床仕様とをミックスさせた
- ・軸組用プレカットで枠組壁工法特有のゲーブル垂木を加工した

4-2-4 サンプル小屋の見学説明会

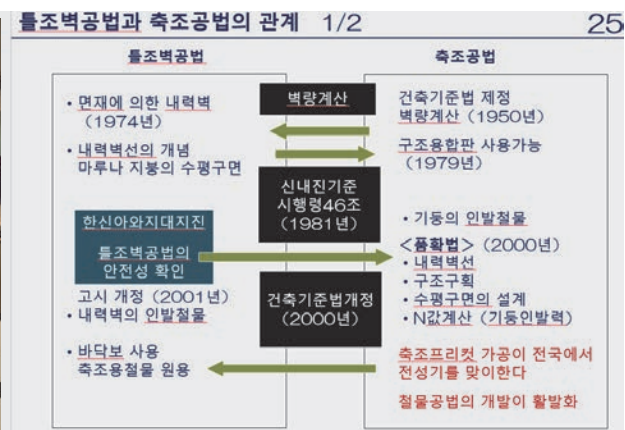


韓国人技術者に、工法開発の要点となるノウハウや、その考え方について現物を見ながら約一時間の説明会を行った。韓国人技術者からは、構造に関する今回の目的以外内容についても数多くの質問を受けた。実物があると説明がしやすいため、できる限りの追加説明を行った。

4-2-5 木構造に関する講習会



講習会の様子



講義：日本の枠組壁工法の歴史

工法開発の方向性やノウハウの意味を深く理解するために、大学レベルの木構造に関する講義を行った。また、共同で開発を続けるためには、日本人が韓国の現状を理解することも重要と考え、韓国人技術者にも日本人に向けて講義をしていただいた。

—講義内容—

- 日本サイド → ①日本の枠組壁工法の歴史
 ②耐力壁と水平構面の関係
- 韓国サイド → ③韓国における枠組壁工法の発展の経緯
 ④せん断壁量算定のためのフリーソフトの開発

4-3 事業性の検討

サンプル小屋で使用した資材費+カット賃と、4-2-3にて設計した一般的な枠組壁工法の資材費とを比較した。その結果、現地でカットができれば、企画当初に目安としていた一般的な枠組壁工法用の資材費の約1.5倍程度なることが分かった。しかしながら、日本でカットをした場合、その費用が約1.7倍以上となることが想定され、現状のままでは競争力を持つことが難しいと思われる。

いずれにせよ今後、カットされたことによって現地でどれほどの施工費の差が生じるのか、を実証する必要がある。

課題は、①インチサイズの集成材の価格と製材品（SPF・杉）との価格差

②現地での生産方式の確立

③施工性向上の実証

	開発型			枠組型		
	使用量	単価	価格	使用量	単価	価格
製材			40,590			40,590
集成材			220,480			93,080
製材			4,410			4,410
集成材			39,260			43,810
製材			22,680			12,780
製材			25,440			84,720
(仮) 針葉樹			57,120			35,700
			409,980			315,090
集成材			96,850			21,840
製材			47,610			8,730
製材			276,210			336,960
			420,670			367,530
製材			85,920			85,920
			38,160			38,160
			33,000			15,000
			157,080			139,080
現地カット			210,000			0
小計			1,197,730			821,700

5. 事業成果

5-1 事業の達成度

当初予定していた企画のすべてを実行することができた。今回の開発行為の流れをまとめると以下ようになる。

—内容—	—方法—
① 現状の韓国式耐力壁の耐力を日本式に推測	(実験)
② 韓国人技術者にレクチャーと訴求 (②～⑥)	
・ 面材の貼り方によって耐力が変わる	(実験)
・ 施工方法の改善により、現状より強い耐力壁が作れる	
③ 耐力壁設計は、そのバランスと水平構面への考慮が必要である	(座学)
④ ②③に配慮する場合	
プレカットされた梁を構造体に一部導入することが有効である	(座学・サンプル)
⑤ 付加断熱用の下地を考慮した場合、加工部品数が増加する	(サンプル)
ため、プレカット技術が有効である	
⑥ ④⑤に配慮する場合	
精度が良く軽い杉スタッド、梁材、日本式金物工法プレカット	(サンプル)
が有効に活用できる	
⑦ 一般的な枠組壁工法と今回の工法を比較して、資材＋カット賃	(検討)
を検証した	

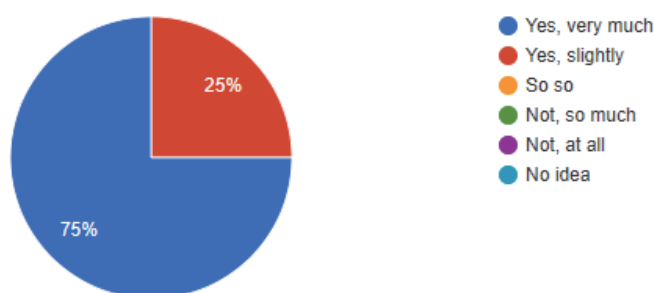
5-2 現地の評価

事業終了後、見学会と講習会に参加した韓国人技術者 12 名に、6 項目の簡単なアンケート調査を行った。現地の評価は非常に高かった。そのうち 3 問のみをここに記す。

Have you been able to EXPAND your horizons with the various know-hows on developing construction methods incorporated into the sample house?

サンプルハウスに盛り込まれた、工法開発に関する様々なノウハウによって、あなたの視野が広がりましたか？

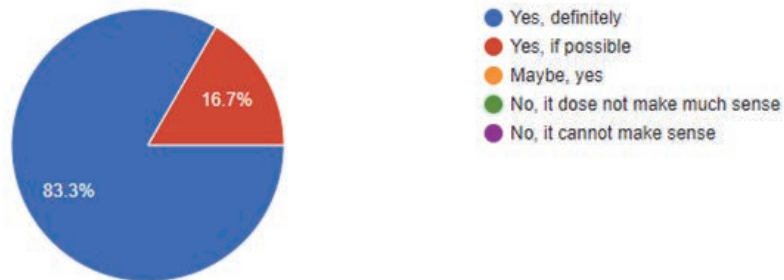
12 件の回答



Do you think it would be better for Japan and Korea to CONTINUE such a joint research project to develop the construction method, while learning the basic knowledges of wooden structure?

木構造の基礎知識を学びながら、このような工法開発のための韓日共同研究を、あなたは続けた方が良いと思いますか？

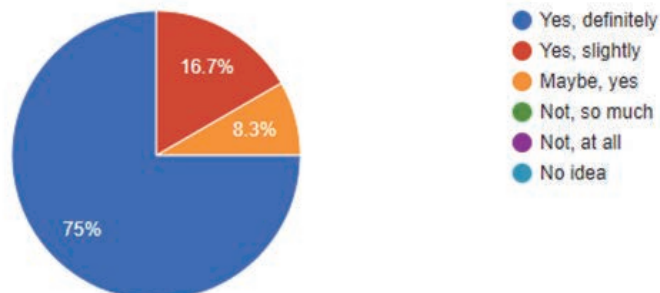
12 件の回答



Overall, do you think it was MEANINGFUL / valuable to participate in this Japan-Korea joint seminar?

全体を通して、今回の韓日共同セミナーに参加して、意義・価値があったと、あなたは思いますか？

12 件の回答



サンプル小屋の説明見学会によって、すべての韓国人技術者が何か新たな発見をしたことになる。時間も労力も予算も費やした甲斐があった。また、このような韓日共同による工法開発の必要性を感じてくれたことは大きな成果だと言える。

フリーコメントの中には、軸組工法についても韓日共同で工法開発を行うべきだ。という意見があった。ただ、依頼されたものを作って輸出するだけでなく、韓日共同で商品を作っていくことができれば、長期的な取引が見込めるため、このような共同開発作業を続けてゆく意義があると思われる。

6. 事業成果の活用と課題

・韓国式耐力壁の性能検証

現状の耐力壁が面材の強度を活かしきれていないことや、受け材を入れることによって耐力が向上することは、現地技術者に十分理解された。

したがって、次回は釘のピッチを変えることで、耐力が向上できることを実験で示したい。その結果、最終的に枠組壁工法における「耐力壁の韓国式評価方法」が創出されれば、様々な耐力壁が現地に生まれることとなり、構造体への深い理解と品質確保の契機となるだろう。また当然それは、軸組工法に応用可能であるだけでなく、同工法は耐力壁開発の自由度が高いことにも特徴があるために、結果として、軸組工法導入への動機が増していくことが想定される。

・軸組プレカットを一部利用した枠組壁工法用構造体

現地技術者には、そのノウハウや加工技術の有効性について理解を得ることができた。したがって、この延長で開発を進めることに意義があると思われる。基本的に自動機で加工できるために、生産設備を所有している現地企業とともに、生産方法を確立することはそれほど難しくない。しかし、施工性に関しては、施工者の熟練度によって大きく差がでるために、現地で立ち合いながら実証実験を行う必要があるだろう。

4の項の中でも述べたが、資材費＋カット賃＋運賃＋施工費の合計によって、その構造体のコスト競争力を示すことができるため、まずは25坪以上の構造体で、その合計コストを正確に把握する必要があるだろう。

・木構造に関する講習会

これまで日本が供給してきた木造建築に関する講習会は、初心者を対象としたものが多かった。一方、今回は大学レベルの高度な講義を行い、韓国人技術者にはこれが大変好評であった。また、韓国人技術者から講義を受けることも初めての体験であり、同行していた日本人にも好評であった。したがって、この韓日共同、相互学習型講習会を続けてゆけば良いと考える。

これからは、このように現地でルール作りを行えるような、リーダーを育てるための高度な講習会を継続して企画したい。現地の協力団体に尋ねてみると、現地でもある程度予算を用意できるとのことであった。少数精鋭を相手に講義を行うこと自体にそれほど予算はかからない。これからは予算も含め、韓日で協力しながら長期的な講習プログラムを立案し、それを実行してゆけば良いだろう。

令和4年度輸出先国の規格・基準等に対応した性能検証等支援事業
成果報告書

1. 事業名

米国市場向け木製ガゼボ輸出キットの開発と性能実証

2. 事業者名

ポラテック株式会社

3. 事業の目的

近年、木材のエクステリア利用が注目されていますが、アメリカではこの市場で使用されていたベイスギ（ウェスタンレッドシーダー）の供給が減少しているため、これに代わる木材が求められています。日本のスギは色調がベイスギと類似しており、ある程度の耐久性があることから、スギ材を使ったエクステリアの開発及び海外市場への展開に着眼し、米国市場向け木製ガゼボ輸出キットの開発を企画しました。

コロナ以来も米国において、アウトドアレジャーやエンターテインメント活動に対する人々の需要が高まっています。米国の気候条件と文化により、人々はアウトドア活動に慣れてきており、アウトドア製品としての木製ガゼボは、多くの家庭や商業施設で購入され、使用されています。

米国のガゼボ市場のポテンシャルを考慮し、日本産製材の輸出拡大を狙いとし、本事業は米国に適合する木製ガゼボの設計・開発と現地のニーズや性能の適合性の実証により、日本のプレカット技術を活かし、一般住宅建築物や公園・休憩施設等の非住宅建築物の外構部に設置可能な新型木製ガゼボを設計・開発、製作します。木製ガゼボに必要とされる高いデザイン性、耐久性能、現場施工効率の向上並びにその他関連成果の波及効果を図っていくと考えました。

今回の事業について、一連の設計・開発・製作・宣伝以外で、成果物としては、コンセプトブック及び組立マニュアルを作成しました。外部へも共有できるものにしており、事業化の前準備として完成しております。また商品のブランドもガゼボより造語を考え、和製ガゼボと連想させ、VAZEB0（和ワ+ゼボ）と名付けしました。今後のネット検索の中でも、アイキャッチャーになりやすく、Vも「Victory 市場勝機」を獲得

する」 また「品質をチェックする✔」 と連想させ、最終 VAZEB0 として命名しました。

脱炭素及び SDGs 取組として日本国産スギ等の木材を利用し、米国の大きなガゼボ市場に向けて、国産材、プレカット加工技術、木材の確実な保存処理技術を活用したプレハブ式ガゼボの開発(仕様設計、試作、現地での組立、仕様・性能の現地適合評価・確認)は、製材等の輸出拡大に大きな意義を持ちます。木製ガゼボは建築制限のハードルが低く、適切な構造また法定建築面積以下であれば、許認可も不要となり、海外でも取組しやすい面があります。

米国の市場も、ご周知のとおり、年間新設住宅着工約 140 万戸、中古住宅取引 380 万戸となります。金利下げの影響で、戸建住宅件数の下げ傾向から、2024 年以降復調の予測がでています。戸建の増加により、敷地内のアウトドア関連施設需要も発生すると分析しております。また米国民間の方、転居する習慣もあり、生活空間の変化に伴い、外構の飾りとしてガゼボ設置の需要もあると思われ、リフォーム需要高位安定、既築中古販売に合わせて外構ユニットの提案も良い拡販チャンスとみています。

4. 事業内容（実施方法等）

本事業について、具体的に下記三つの部分を分けて実施してまいりました。

ア 国産材利用のガゼボ輸出キットの設計と試作

- ・「米国向け木製ガゼボ輸出キット開発」検討委員会の開催
- ・ガゼボ輸出キットの性能等満足条件の設定と仕様設計
- ・ガゼボ輸出キットの施策と組立マニュアルの整備

イ 開発したガゼボの米国ニーズと性能要求の適合性の実証と評価

- ・米国におけるガゼボの実証組立
- ・組立見学説明会の開催と現地関係者による評価の調査
- ・性能・仕様の実証結果と評価調査結果のフィードバック

ウ 実施報告書の取りまとめと情報共有

現状米国国内流通している木製ガゼボは中国から輸入しているものが多く、米国市場

において一定のシェアを獲得しています。一方、地政学の影響を受け、米中対立との世界情勢の元、今後米国が中国からの購入量を維持できるかが問題となり、日本にとって、木製ガゼボ商品開発及び市場参入のチャンスが生まれています。また無垢材の製品は、その耐久性、自然な風合い、天然木の独特の香り、吸湿性や通気性の良さ、健康に良い、環境汚染がない等の理由から、建築資材として広く米国市場で好まれています。さらに日本国産杉は高品質で、且つ米国においてフェンス材等において認知度があり、市場開拓に有利である点も否めません。

下記の表にも、米杉と日本杉の比較を用意しました。米杉と比べ、耐久性がやや劣りますが、蓄積量が圧倒的に豊富で、価値を伸ばす利用方法が見つかれば、十分戦えると考えます。

Western Red Cedar 米杉		Japanese Cedar 日本杉
産地	ロッキー山脈北部と太平洋岸北西部	本州北部から南は屋久島まで生育
蓄積量	8000万㎡	19億m3
気乾比重	0.35	0.38
材質	軟	軟
加工性	良 ねじれ、そり等が非常に少なく加工が容易	中 木目に沿って縦方向に割れやすいが、脂気が少ない上、やや軽軟で加工は容易
耐久性	高	中
木肌	中程度からやや粗め	板目から見ると展型的な山型をしていて肌目は粗め

下記の写真は、米国ヒューストン市内住宅展示場にある現地風のガゼボとなります。屋根がない構造は、パーゴラと称します。



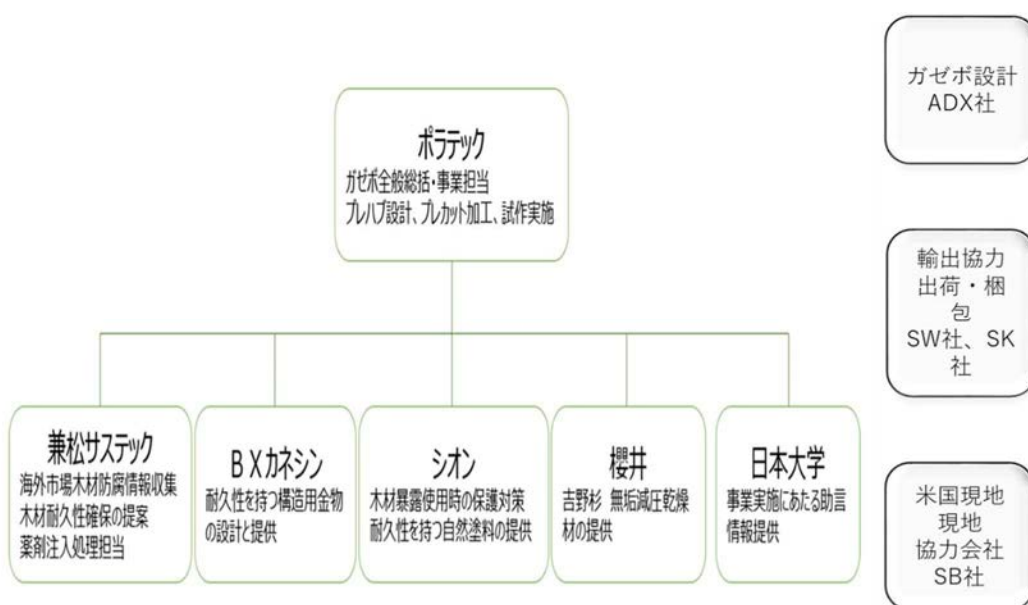
下記の写真は、米国ヒューストンハーマンパークの中にある和小屋となります。普段現地の方ものんびりと利用しており、和風の人気度も感じ取ることができました。



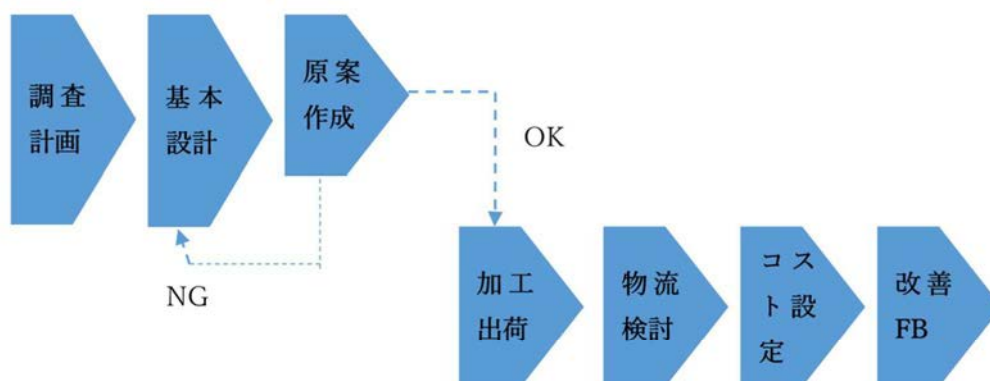
下記の写真は、米国ロサンゼルス市内住宅街に使われている木製外構材となります。



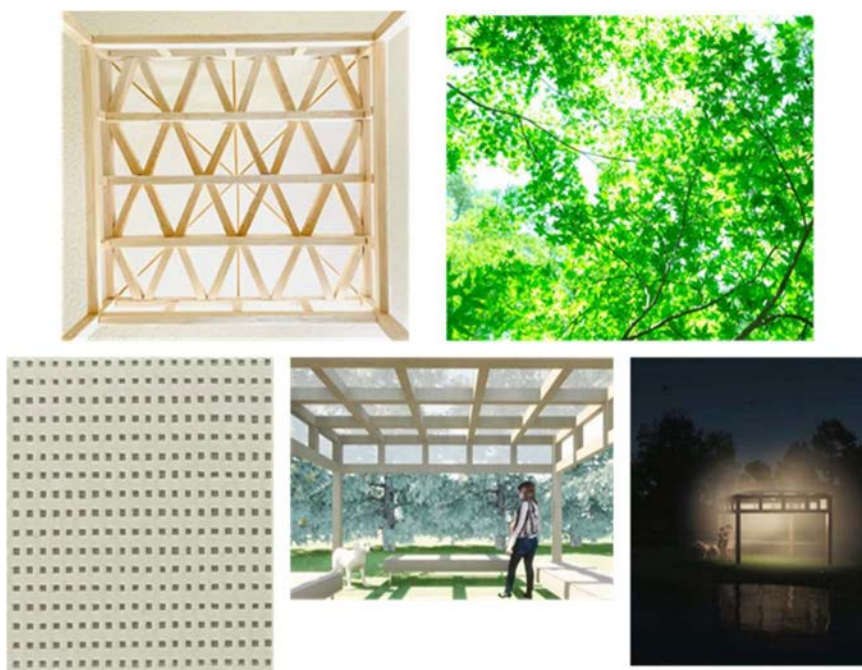
今回のガゼボ開発チームとしては、全般統括はポラテックとなり、日本大学、兼松サステック社、BX カネシン社、シオン社、櫻井社、ADX 社等より多大なご協力を頂きました。各社の役割分担について、下記図のようにまとめました。



調査計画から出荷までのフローは下記となります。

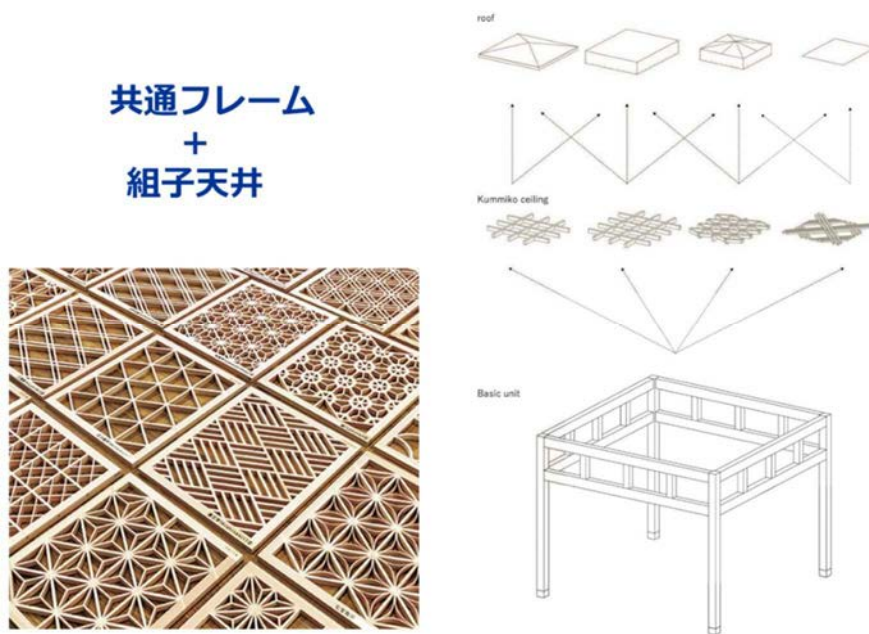


まず、基本設計から始まり、リサーチを踏まえて西洋のガゼボを見てみると、外部からの視線を意識したモニュメンタルな形態を持ったものが多く、西洋建築との共通点が多く見られました。そこで、今回日本発のオリジナルなガゼボを作るにあたり、私たちが取り組むべき方向性は日本の建築空間と共通点を持つガゼボの設計であると分析されました。



上記の分析を出発点とし、日本の建築空間が追い求める内部からの体験や環境との一体感を構成する要素をさらにリサーチする中で、屋根あるいは天井面の大きな役割が明らかとなりました。日本庭園における借景などの手法は、庇や天井を連続させることが日本固有のユニークな体験を生み出しており、ガゼボにおいても屋根や天井にフォーカスしてデザインを開発することが取り組むべき課題であると結論づけました。

構造設計については、固定四方のフレームを先に作り、その上に好みによって、組天井のパターン+屋根形状とのバリエーションを設けました。自由度を増す狙いがあり、自然と融合する設計を心がけてきました。開発の間も日本大学からご指導・ご助言をいただき、デザインの実施について、(株)ADX社の努力を積み重ね、最後まで完成しました。



委員企業各社の取組等について、

- 1) 全般の構造設計、プレカット加工、事業統括 ⇒ ポラテック社

事業の進捗はもとより、材料加工、防腐工程管理、塗装養生、化粧材梱包等において、細部まで細心の注意を払い、無事に任務を果たしました。



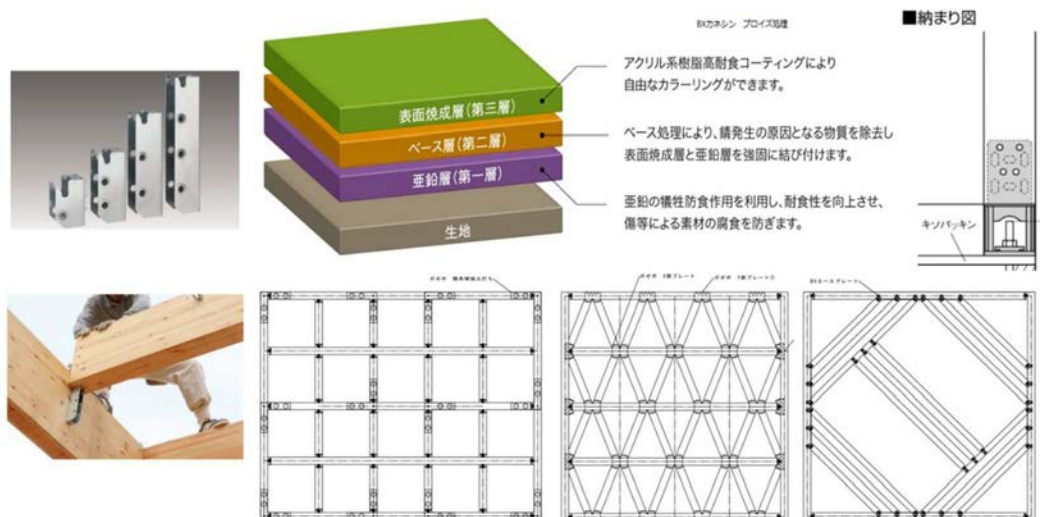
2) 木材供給 ⇒ 櫻井社

吉野セレクトの減圧乾燥杉を採用しており、背割れがありません。心材と辺材の色差が少なく、木目が非常にきれいな素材を選びました。



3) 金物設計 ⇒ BX カネシン社

金物について、防錆プロイズ処理、柱脚及び水平構面の強度を計算し十分成り立つ構造として設計しました。またテント生地も厳選しており、通気性を保ちながら、防災・UV カット・遮熱タイプに絞ることができました。



4) 防腐防蟻実施 ⇒ 兼松サステック社

注入前後寸法変化を抑える処理が必要で、兼松サステック社の協力を頂きました。薬剤も無色透明、基材の色味が保持でき、雨や湿気でも薬剤溶脱せず、安全性が高い処理仕様となっています。



自然塗料を使用し、木目を見せるためでクリア塗装を実施しました。

木部用 | 屋外専用



木守り専科
三菱化学株式会社 木部保護部

WEATHER
Protect 専用

屋外で最長約 8年

色落ちしにくい高い耐候性と、 木材保護性能を持つ

「高耐候木部塗料」

植物油をベースに高耐候成分（フッ素樹脂・高UVカット剤）を配合。
 [1] 防蟻防虫、2 防腐、3 防カビの木材保護性能も備えた
 JAS118 M307 木材保護塗料（Wpシステム）乾燥混合品。
 公共物件、大型物件における屋外建物の採用実績あり。

JAS118
M307

木材保護塗料
（Wpシステム）
乾燥混合品

F★★★★ 環境配慮

低価格

速乾性

着色性

耐水性

化学薬品 低

木部用 | 屋内・屋外用



木守り専科
日本塗料工業会認定登録企業

FIRE

Protect

製品

日本初！

塗るだけで木の炎焼を防ぐ 防炎効果が期待できる 「防炎木部塗料」

難燃塗をベースにホウ素系防炎成分を配合、塗るだけで防炎効果が期待できる木部塗料。木に塗るだけで身の周りの防炎カーテン、カーペット同様の防炎効果が期待可能。



消防法
「防炎製品」
 認定
 難燃塗製品

★★★★★
商品満足度

防炎色

防炎色

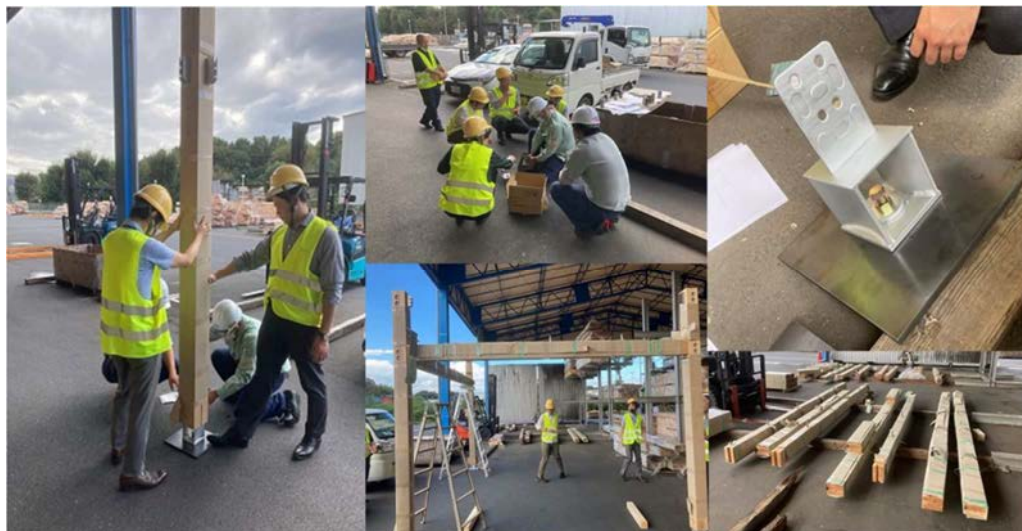
防炎色

防炎色

防炎色



◆ 出荷前ポラテックの坂東工場にて仮組を実施し、接合部の検証を行いました。



- ◆ 材料が外部にさらされるため、表面塗装の実施、再梱包、港のバンニングとコンテナ出荷をスムーズに行いました。



5. 事業成果

本開発事業について、2023年7月下旬より ガゼボプロジェクトをスタートさせ、プロジェクトへの参加企業様よりアドバイス及びご協力をいただきながら、開発から最後の検証まとめまで6ヵ月の戦いとして進めてまいりました。事業実施の時間軸としては、下記となります。

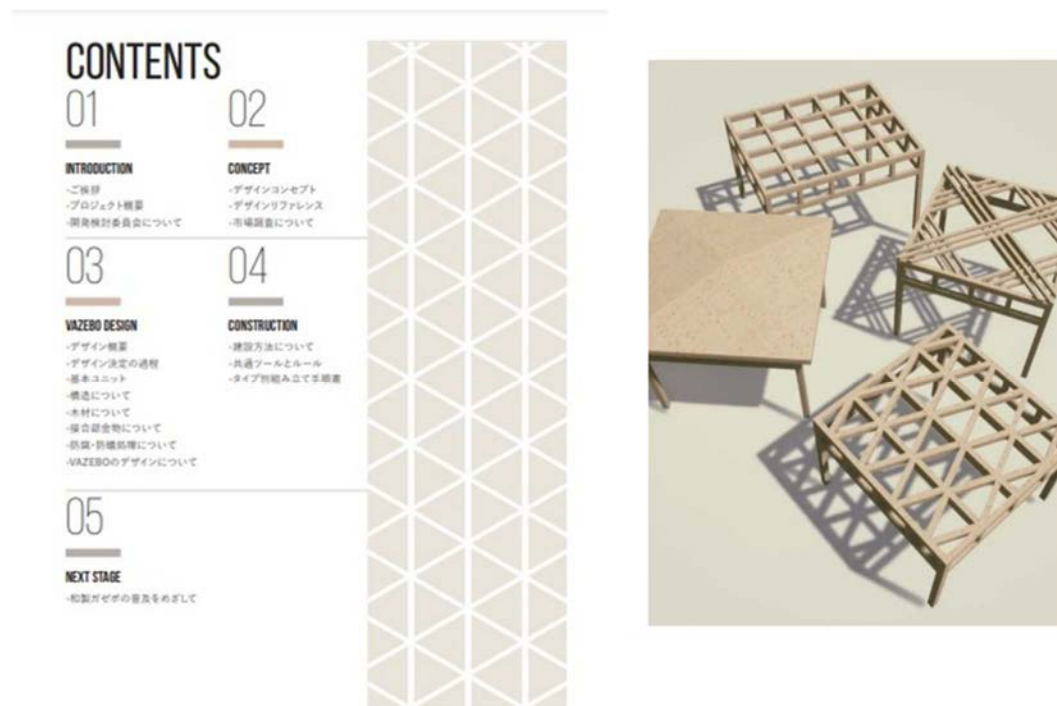
実施スケジュール

	2023 年							2024 年		
	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
開発検討委員会開催			○		○		○	○		
キットの設計と試作				○	○					
仕様と組立マニュアル作成					○	○	○			
現地組立実証								○		
見学説明会								○		
成果報告会での報告										○

事業計画として、国産材利用のガゼボ輸出キットの設計と試作、開発したガゼボの米

国ニーズと性能要求の適合性の実証と評価を完了し、情報共有と発信も行いました。また文書としての成果物は、下記のように、VAZEBO のコンセプトブック及び VAZEBO の組立マニュアルとなります。日本語版と英語版 2 種類を設け、英語版も米国現地需要を考えインチ表示にて作っております。宣伝物のツールとして今後十分活用できると考えます。

◆VAZEBO コンセプトブック



◆VAZEBO 組立マニュアル



外構材のキット成果物が12月初旬米国のロサンゼルスに無事に到着し、2024年1月中旬、米国のロサンゼルスにて、現地の協力者により、現地組立・説明会を無事に開催することができました。日本ガゼボチームがMADE IN JAPANの技術力また優れたデザイン力を米国現地の方へアピールすることができ、今後国産材の輸出ビジネス展開に布石を打ちました。

6. 事業成果の活用と課題

米国現地にて4つのVazeboを展示し、多くの意見もいただくことができました。参加業者の中で、一番多いタイプは、不動産流通業者・デベの方であり、建材・建築関係の方もいました。高価格帯の商品となっており、米国現地の施工も伴うため、次のマーケティングを進めていくためには、現地パートナー企業との連携が不可欠となります。実際不動産を販売する業者の意見を今後も継続的に取り入れ、Vazeboの拡販に力を注いでいきます。

**VAZEBO
TYPE A**



**VAZEBO
TYPE B**

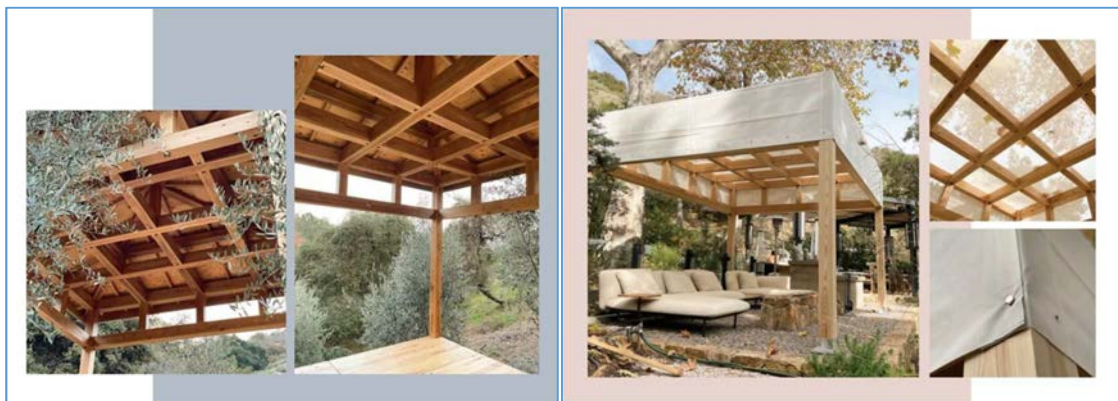


**VAZEBO
TYPE C**



**VAZEBO
TYPE D**





現地設置・説明会を経て、得た評価また課題もありました。

【評価】

- ＞フレームの自由性、拡張性を理解し、評価してもらいました。
- ＞艶と木目がきれいで、周囲環境と映り、見栄えが良い（メーカー減圧乾燥の良さがでている）。杉の触感と匂いも加算点になっています。
- ＞米国現地大型木製ガゼボの施工期間が必要となりますが、Vazeboに関して 3 人 半日 1 セットの設置スピードに対して驚きが隠せませんでした。
- ＞金物と構造の外観フィット、強度面強固なイメージを強く感じてもらいました。
- ＞無垢柱と無垢梁の重厚感に対して、評価を頂きました。
- ＞プレカット加工による木材加工の工業化に賛同する声が多くありました。
- ＞現場ゴミがないエコの部分についても評価をもらいました。
- ＞表面保護塗料のにおいがなく、色に関する豊富なバリエーションに称赞の声がありました。今後ガゼボ設置環境との融合において利用しやすい点となります。

【課題】

＞現場調整の無くし

日本で加工して、防腐・塗料塗布・海上輸送を経て、米国にて開梱し使い始めたまで、今回約 3 ヶ月かかりました。環境湿度の影響により材料膨張の現象、調整が発生する懸念があり、リードタイムを短縮することが必要です。

＞仕口形状

一部仕口の落とし込みがきつく、仕口形状の再検討も大切です。現地側が図面をあまり見ないでスムーズに組み立てられるように仕口タイプの削減も考えられます。

＞部材寸法の選定

日本側強い耐震設計、耐風設計、外観等の設計要素を考慮し、ガゼボフレーム構造の考案をしていました。一方、大梁の梁成を縮小させるなどのスリム化検討も可能と感じ

ました。ガゼボのサイズ、部材のサイズも今後オプションとして組み込む必要があります。

>金物設計

柱脚金物スリット・ピン打ち方式より、パイプとカバーの一体型が収まり上、設置上便利となるケースもあります。また天井用特殊金物等も、施工性を加味し再度取捨選択を行い、構造ビス割れが発生しにくい配慮もしていきます。

>防腐設計

防腐ありとなしの必要性について、意見が分かれました。今後販売のオプションとして検討します。カリフォルニア州にシロアリが出現しており、現在 Vazebo 採用している兼松サステック製の薬剤に関して、シロアリに対して効果ありと理論武装ができており、コストが許す限り杉+K4 防腐のパターンで進めます。現地の細かい要望も今後時間をかけてヒヤリングを継続していきます。

>施工手順書の充実、施工指導の必要性

現地の施工チームとも交流があり、日本の金物工法に触れているのも初めての経験です。この後も実践を含め組立ノウハウを含めた詰め込み教育も必要と感じます。拡販するにあたり、パートナー企業を見つけ、現地で施工手順を理解した人材集団を作っていけたらと考えます。

本事業スタートして以来、非常に短期間の中で、開発・製作・展示・現地のフィードバックまで、数多くの方より貴重なご指導をいただき進めてまいりました。4 つの Vazebo を設計・完成させ、コンセプトブックまで仕上げられたことで、ご協力いただいた皆様へ改めて御礼申し上げます。

和風ガゼボブランドの樹立を目指した本プロジェクトは、商品の差別化に注目し、商品の機能自体は顧客にとって意味があるか、ほかのサービス・物が提供できていないものを提供しているのかと常に問いながら、設計プランの練り直し、資材の選択、木材加工と金物取付の検証、物流を含めたコストダウン検討、オプション価格設定等、諸々活動を実施してきました。設計(完了)、加工(完了)、展示(完了)、マーケティング(これから)と一連の活動を通して、これからも絶えず商品の改良を繰り返し、顧客サービス(シリーズの対応、インチ表示、その他外構キットの提案)の充実を図っていきたいと考えております。

日本からの施工支援チームが米国現地到着後、荷物確認を行い、金物取付、先行ピンの打ち込みなどの準備を行い、現地協力側のスタッフとともに、組み立てを進めました。現地フレーマーとの共同作業となり、その過程の中、日本国産材の品質の良さ、また加工精度及び技術力について称賛を頂きました。現地説明会においては、日本の木材、加工、金物、防腐、塗料の先端技術力を4つの小さな Vazebo に集約し、米国の現地の方々へお見せすることができました。この外構商品が米国に根付き、形成された施工部隊と

顧客層を通じ、日本の木材を用いた木造建築工法がより一層米国へ広がっていくことを切に願うとともに、実現まで全力にて取り組んでいきたい所存であります。VEZEB0 が世界中に広まり、より良い社会を形成する一助となることを期待します。

7. 別添資料

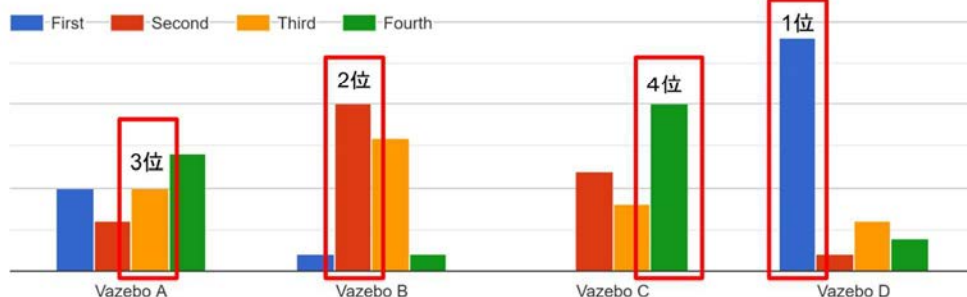
＜現地アンケート参考＞

以上

別添 <現地アンケート参考>

① Please rank the four types of Vazebos first to fourth. Multiple answers cannot be selected in one column or row.

ガゼボランキング



TYPE A



TYPE B



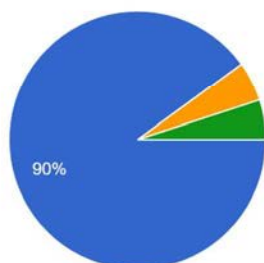
TYPE C



TYPE D

② Vazebo size Basic frame 12.0ft(W)x12.0ft(D)x9.5ft(H) If you have preferable size, please indicate it in "その他(meaning Other)" box.

ガゼボサイズについて

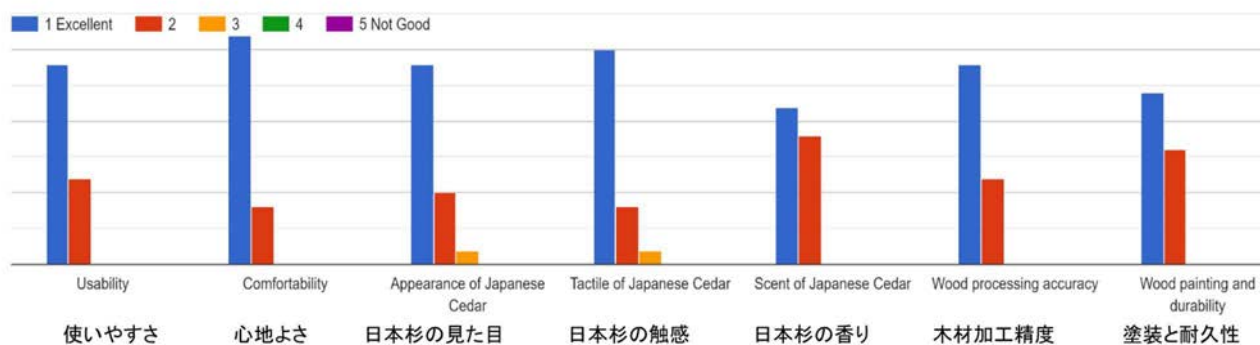


- Good
- Not Good
- 10ftx10ftx8ft (to the lower beam)
- Needs to be customizable

ほぼ良い回答だが、一部カスタマイズや梁のサイズを下げる回答有

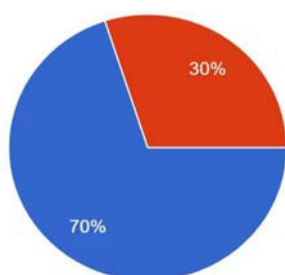
③ Using a scale of 1 Excellent to 5 Not Good, please rate the following aspect of Vazebo.

ガゼボについて



④ Explanation of the preservative performance of wood. If Other, please select "その他."

木材の防腐性能の説明について

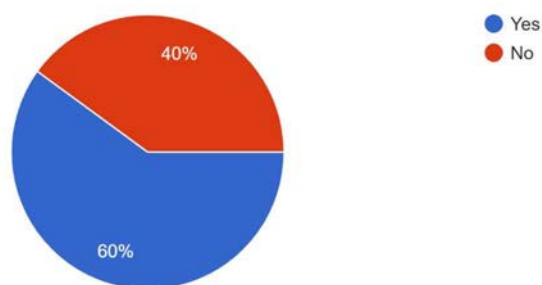


- Excellent
- Good
- Poor

別添 <現地アンケート参考>

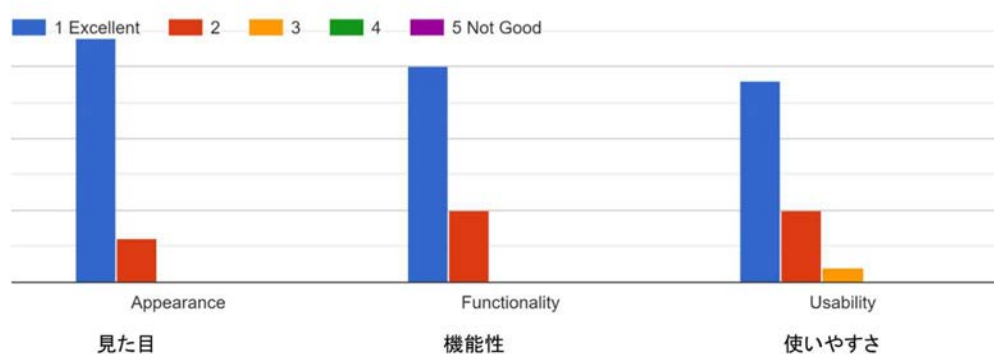
⑤ Is it okay to just paint without preservative?

防腐せず塗装だけでよいか



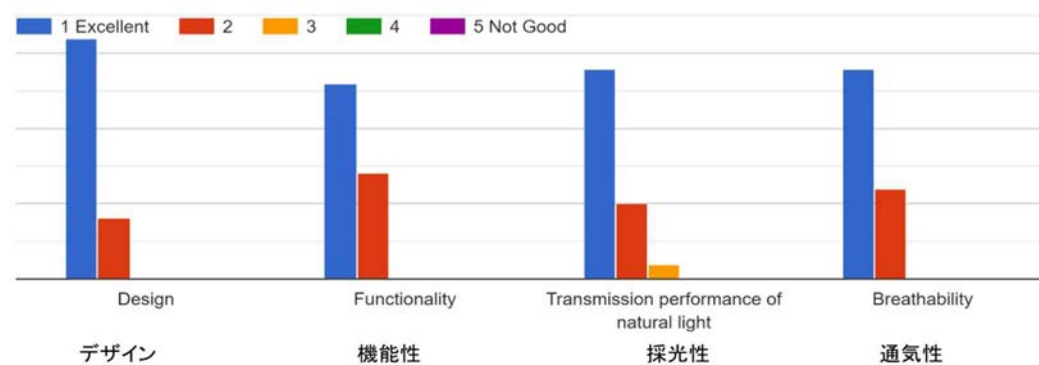
⑥ Using a scale of 1 Excellent to 5 Not Good, please rate the following aspect of hardware.

金物について



⑦ Using a scale of 1 Excellent to 5 Not Good, please rate the following aspect of Tent.

テントについて



⑧ Any other things that you think is good.

その他良い点について

perfect

fine

Fast construction

Adding four more wood bars on the base would be easier for consumers to add sliding doors.

Image look good quality

工事の速さ、質の良さについて良いと回答あり。
その他スライドドアを付けられるよう下地があると良いとの提案あり。

別添 <現地アンケート参考>

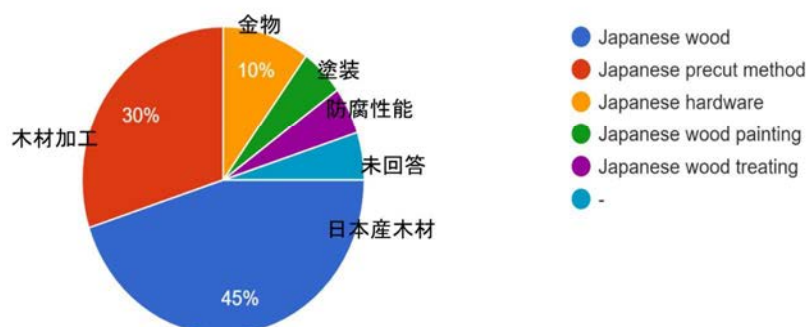
⑨ Any other things that you think should be improved.

改善点について

Design	デザインや LED ライトがあると良いとの回答あり。
design	
Better have LED lighting	

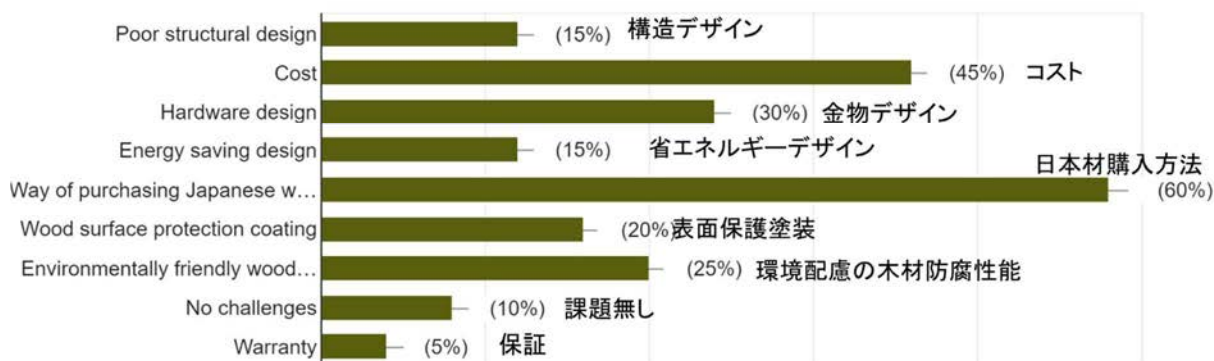
⑩ The most interesting part in this tour. If Other, please select "その他."

一番興味深かったことは



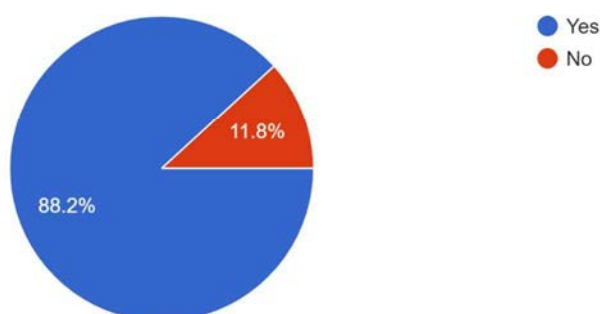
⑪ What are the challenges with Post and Beam framed architecture in the United States? If Other, please select "その他."

米国での木軸建築(Post and Beam)の課題は何か



⑫ Would you like to attend an upcoming similar tour?

次回見学会があれば参加希望か



令和4年度輸出先国の規格・基準等に対応した性能検証等支援事業
成果報告書

1. 事業名

海外の剣道場ニーズに合わせた『弾性剣道場床』の性能検査及び実証

2. 事業者名

株式会社五感

3. 事業の目的

日本文化のひとつである剣道。剣道において重要な足さばきは、それを行う床環境によって大きく左右されるきらいがある。弊社は長年、材木屋としての視点と剣士としての視点から独自の調査を行い、剣道に最適な床材と床構造の研究を続ける中で、日本産杉大径木を利用した『弾性剣道場床』を開発した。しかしながら現在に至るまで日本でも海外でも剣道場床の明確な設置基準がなく、床の弾力性や衝撃吸収性など剣士たちの怪我を防ぎ、剣道の動きに対応するような剣道場床は確立されていない。そこで本事業において『弾性剣道場床』の具体的な優位性を数値化し、客観的データとすることで日本の優れた剣道場床の海外展開とともに日本産材の利用促進を図ります。

4. 事業内容（実施方法等）

『弾性剣道場床』の機能性試験と実証

⇒ ・ JISA 6519 体育館用鋼製床下地構成材に沿って①弾力性、②緩衝性、

③硬さ、④たわみ、⑤繰り返し衝撃性の性能を調査

・ 一般社団法人 防滑適正推進協会にて素足の滑り抵抗値 CSR-B 測定

・ 米国での感応調査と実証



JISA6519試験



JISA6519試験



CSR-B値測定



米国での感応調査



米国での感応調査

英語版施工要領書の作成

⇒収集データをもとに施工要領書の作図と作成、海外向けに

英語版施工要領書を作成

5. 事業成果

本事業の実施により、『弾性剣道場床』の具体的な数値データが収集でき、その優位性や独自性を改めて確認することができた。米国での感応調査ではおおむね数値に見合った結果を得ることができ、今後の海外展開での明るい提案材料となった。データをもとに、今までできていなかった英語版の施工要領書も完成し、当初の実施計画をすべて達成できた。今回のデータおよび成果物によって、海外輸出に向けたマーケティングの強化を図ることができると思う。

6. 事業成果の活用と課題

（注）事業成果の活用方法や今後の課題などを記載。

今回得られた数値データや米国での検証結果を、今後の海外でのマーケティングに用いて積極的に『弾性剣道場床』をアピールし、同時に日本産杉大径木を高付加価値木材として利用促進を図る。来年欧州で開催される剣道世界大会では『弾性剣道場床』を展示し、できる限り多くの人に日本産材を利用した剣道場床に触れてもらいたい。

今後の課題としては、施工要領書にそった現地での施工指導や施工環境の整備を考えていく必要がある。現在問い合わせのある欧州、アジア、南米、オセアニア、中東地域などの施工に関する工具や電圧などの現地調査や輸送テストを行っていきたい。

7. 別添資料

施工要領書（略）

