

目次	
第1章 はじめに	1
1.1 事業概要	1
1.1.1 事業の実施目的	1
1.1.2 検討すべき課題	1
1.2 委員会構成	2
1.3 事業の経過	4
第2章 枠組壁工法建築物の床及び屋根版に CLT を用いる検討	5
2.1 構造設計ガイドライン	5
2.1.1 構造設計ガイドライン（案）	5
2.1.2 構造設計ガイドライン（案）・同解説	8
1) 適用範囲	10
2) 材料	10
3) 床版	15
4) 壁枠組	25
5) 屋根版	28
2.2 材料	31
2.2.1 概要	31
2.2.2 対象とする CLT の仕様	31
2.2.3 断面構成図	32
2.2.4 材料強度	32
2.2.5 ラミナのヤング係数	32
2.3 接合部	33
2.3.1 接合方法の種類	33
2.3.2 接合部試験	39
1) 目的	39
2) 試験体概要	39
3) 結果	46
4) 考察	56
2.4 配置基準	58
2.4.1 製品規格	58
2.4.2 形状ルール	58
2.4.3 スパン割付	58
2.4.4 割付配置	59
2.4.5 床版の穴あけに関する検討	65
1) 給排水の場合	65
2) ダクトスペースの場合	75
2.5 スパン表の検討	78
2.5.1 CLT 断面性能	78
1) Kreuzinger による CLT 剛性の算定	78
2) CLT の基準曲げ強度	79

3) CLTの基準せん断強度.....	80
2.5.2 検討方針.....	82
2.5.3 設計荷重.....	84
1) 固定荷重.....	84
2) 積載荷重.....	85
3) 積雪荷重(雪止めあり).....	85
2.5.4 許容最大スパン算定.....	86
2.5.5 検討結果.....	90
2.6 その他の検討.....	91
2.6.1 CLT床版ダイアフラムフランジについて.....	91
2.6.2 上階オーバーハング・セットバックモデル CLT床版に作用する応力.....	95
1) 上階オーバーハング部分 CLT床版に作用する力.....	95
2) 上階セットバック部分(下階に壁のない場合)CLT床版に作用する力.....	95
2.6.3 床にCLTを使用する場合の壁量考察.....	96
1) 床のみにCLTを使用する場合.....	96
2) 床・屋根にCLTを使用する場合.....	98
2.6.4 たて枠の検討.....	100
2.6.5 屋根吹き上げの検討.....	106
1) 速度圧の算定.....	106
2) 吹き上がり力の算定.....	107
2.7 水平構面の検討.....	111
2.7.1 検討目的と方法.....	111
2.7.2 文献調査結果.....	111
2.7.3 文献値相互の比較.....	115
2.7.4 接合具1本あたりの許容せん断耐力.....	117
2.8 遮音性能.....	118
2.8.1 目的.....	118
2.8.2 試験体.....	118
2.8.3 試験方法.....	119
2.8.4 試験実施場所および試験実施日.....	120
2.8.5 試験結果.....	120
2.9 歩行振動性能.....	138
2.9.1 目的.....	138
2.9.2 性能試験.....	138
2.9.3 評価.....	138
2.9.4 総括.....	139
2.9.5 資料.....	139
資料-1 試験体設置計画 (CLT協会/三井ホーム).....	140
資料-2 CLT床の振動試験結果報告書.....	143
第3章 まとめ.....	165
第4章 おわりに.....	165

## 第1章 はじめに

### 1.1 事業概要

#### 1.1.1 事業の実施目的

近年、枠組壁工法による大規模施設系建築物や中層建築物が増加しているが、他工法との比較において環境面のみならず施工性においても同等または優位性をもたせることが今後の普及の鍵となっている。CLT はパネル形状で高い剛性を持つ材料で、欧州では異種構造に CLT 床パネルを組み合わせることで工期短縮の効果が得られていることから、枠組壁工法の水平構面である床版に CLT パネルを使用することは、施工を合理化する有効な手法と考えられる。しかし、現時点では、枠組壁工法技術基準告示（平13 国交告第1540号）では CLT が定義されていないため、今後の基準化に資する根拠となる各種データを本事業提案で整備するものである。

#### 1.1.2 検討すべき課題

関連法令の改正へとつなげるために、検討内容は次のア～エを想定した。

- ア 「床版として CLT を使用する枠組壁工法建築物」に関する構造設計法の調査（海外含む）
- イ 床構造 CLT 床版相互の接合部、建築物としての振動や遮音の評価、仕様開発
- ウ 接合部 耐力壁—CLT 床版接合部の開発、CLT 床版の支持方法等の評価
- エ 構造体 実大モデルでの荷重伝達性能の評価

このうち、接合部の耐力試験と荷重伝達性能に関しては、別の CLT 関連事業で進められており、その解析数値を用いた構造安全性について検討することとした。また、振動・遮音性能については、CLT 床特有の性状を示す可能性があり、他構造との比較をするため試験室試験を行うこととした。

## 1.2 委員会構成

委員会は学識経験者、業界団体で構成し実行組織としてのワーキングを設け、構造面の検討を主体に行い、遮音はサブワーキングを設けて専門家による検討を行った。

### 委員およびワーキング 名簿

	敬称略
■委員会	
委員長 安村 基	(静岡大学)
委員 河合 直人	(工学院大学)
五十田 博	(京都大学)
中島 史郎	(建築研究所)
荒木 康弘	(建築研究所)
宮武 敦	(森林総合研究所)
長尾 博文	(森林総合研究所)
杉本 健一	(森林総合研究所)
渋沢 龍也	(森林総合研究所)
青木 謙治	(森林総合研究所)
青井 秀樹	(森林総合研究所)
岡部 実	(ベタリーピング)
田中 学	(日本建築総合試験所)
鈴木 圭	(木構造振興)
三宅 辰哉	(日本システム設計)
河合 誠	(日本 CLT 協会)
塩崎 征男	(日本 CLT 協会)
池田 富士郎	(日本ツーバイフォー建築協会)
清野 明	(日本ツーバイフォー建築協会)
協力委員 中川 貴文	(国土技術政策総合研究所)
平光 厚雄	(国土技術政策総合研究所)
オブザーバー 西村 紘明	(林野庁)
辻村 行雄	(日本ツーバイフォー建築協会)
事務局 原 康之	(日本 CLT 協会)
岩坂 将	(日本 CLT 協会)
中島 洋	(日本 CLT 協会)
正木 祥子	(日本 CLT 協会)

## ■ワーキング

敬称略

主査	河合 直人	(工学院大学)
委員	中島 史郎	(建築研究所)
	荒木 康弘	(建築研究所)
	青木 謙治	(森林総合研究所)
	岡部 実	(ベターリビング)
	鈴木 圭	(木構造振興)
	河合 誠	(日本 CLT 協会)
	塩崎 征男	(日本 CLT 協会)
	清野 明	(日本ツーバイフォー建築協会)
	梅森 浩	(日本ツーバイフォー建築協会)
	松尾 和午	(日本ツーバイフォー建築協会)
協力委員	中川 貴文	(国土技術政策総合研究所)
オブザーバー	辻村 行雄	(日本ツーバイフォー建築協会)
コンサルタント	山崎 正己	(ろふと)
事務局	中島 洋	(日本 CLT 協会)
	岩坂 将	(日本 CLT 協会)
	正木 祥子	(日本 CLT 協会)
	原 康之	(日本 CLT 協会)

## ■遮音ワーキング

敬称略

主査	河野 友弘	(大和ハウス)
委員	田中 学	(日本建築総合試験所 試験研究センター)
	清野 明	(日本ツーバイフォー建築協会)
	森 則理	(大建工業)
	森本 知宏	(銘建工業)
	河合 誠	(日本 CLT 協会)
協力委員	平光 厚雄	(国土技術政策総合研究所)
行政	西村 紘明	(林野庁)
オブザーバー	木戸 準治	(ティアラー級建築士事務所)
	岡田 雅人	(日本乾式遮音二重床工業会)
	高倉 史洋	(日本乾式遮音二重床工業会)
事務局	塩崎 征男	(日本 CLT 協会)
	正木 祥子	(日本 CLT 協会)

## 1.3 事業の経過

平成 26 年 (2014 年)

3 月 19 日 第 1 回 WG

議題：事業概要説明、意見交換

4 月 18 日 第 1 回 委員会

議題：事業概要説明、方針・試験項目の確認

5 月 9 日 第 2 回 WG

議題：設計ルール・接合部・配置基準・スパン・床振動・遮音性能について検討

6 月 6 日 第 3 回 WG

議題：同上

7 月 23 日 第 4 回 WG

議題：同上

8 月 22 日 第 1 回遮音 WG

議題：試験計画等

9 月 10 日 第 5 回 WG

議題：同上

9 月 22 日 第 2 回 委員会

議題：中間報告、事業方針の確認、意見交換

10 月 23 日 第 2 回遮音 WG

議題：試験計画・試験結果速報

11 月 5 日 第 6 回 WG

議題：接合部仕様、ダイアフラムフランジ等

11 月 25 日 第 3 回遮音 WG

議題：遮音実験結果、今後の遮音 WG 活動について

平成 27 年 (2015 年)

1 月 14 日 第 7 回 WG

議題：構造設計ガイドライン、スパン表等

2 月 12 日 第 3 回委員会

議題：実験経過報告・報告書中間報告

## 第2章 枠組壁工法建築物の床及び屋根版にCLTを用いる検討

### 2.1 構造設計ガイドライン（案）

#### 2.1.1 構造設計ガイドライン（案）

本ガイドライン（案）は、枠組壁工法の床版及び屋根版としてCLTを使用するに当たり、構造設計に関する事項及び現時点での知見に基づき参考となる手法などをまとめたものであり、関連する法令・規格等の制定・改正に資することを目的としている。

#### 1. 適用範囲

本ガイドライン（案）は、平13国交告第1540号（枠組壁工法又は木質プレハブ工法を用いた建築物又は建築物の構造部分の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を定める件）及び平13国交告第1541号（構造耐力上主要な部分である壁及び床版に、枠組壁工法により設けられるものを用いる場合における技術的基準に適合する当該壁及び床版の構造方法を定める件）の規定に基づく枠組壁工法建築物（3階建以下）の床版若しくは屋根版にCLT（直交集成板）を使用する場合に適用する。

#### 2. 材料

床版及び屋根版を構成する材料及び規格は以下による。

##### 2.1 CLT

CLTは、直交集成板の日本農林規格（平成25年農林水産省告示第3079号）に規定するもののうち、次のいずれかに該当するものとする。

種別	樹種	強度等級	厚さ (mm)
A種	スギ	Mx60-3-3	90
		Mx60-5-5	150
		Mx60-5-7	210
		Mx60-7-7	210

##### 2.2 接合具

CLT相互の接合及びCLTと壁枠組及び小屋組の接合に使用する材料は、次による。

- 1) くぎ JISA5508（くぎ）に規定するCN、CNZ、BNのいずれか又は品質及び性能が明示された良質なものとす。
- 2) ビス 品質及び性能が明示された良質なものとす。
- 3) 金物 一般財団法人日本住宅・木材技術センターが定める木造建築物用接合金物規定によるCマーク表示金物、同等認定品及び性能認定品又は品質及び性能が明示された良質なものとす。

##### 2.3 その他材料

CLT相互の接合などに使用するスプラインは、合板の日本農林規格（平成20年農林水産省告示第1751号）に規定する構造用合板の特類とする。

#### 3. 床版

CLT床版は平13国交告第1540号第4の第1号から第7号までの規定は適用しない。

##### 3.1 床版の基本構成

- 1) 床版は、CLTで一体的に構成するものとし、その他の床組や床パネルなどと併用してはならない。
- 2) 床版におけるCLT相互の接合は、表層平行接合を基本とする。ただし、壁又は梁の上で接合する場合は、この限りではない。
- 3) 床版は、令第82条第1号から第3号までに定める構造計算により、構造耐力上安全であることを確かめなければならない。

##### 3.2 CLTの欠きこみ・穴あけ

CLTの中央部付近には構造耐力上支障のある欠きこみ・穴あけをしてはならない。必要な場合は、構造計算等により安全を確認する。

##### 3.3 CLTと壁の緊結

床版と壁及び梁との接合部は、作用する応力を伝達できる十分な耐力及び剛性を有するものとしなければならない。

##### 3.4 CLTの補強

- 1) 2階又は3階の耐力壁の直下に耐力壁を設けない場合は、当該耐力壁の直下のCLTは、構造耐力上有効に補強しなければならない。
- 2) 床版に設ける開口部は、構造耐力上有効に補強しなければならない。

#### 4. 壁枠組

次に掲げる事項を除き、壁枠組は平13国交告第1540号第5及び平13国交告第1541号の第1の規定による。

##### 4.1 必要壁量の確保

地震に対する必要壁量の算出にあつては、固定荷重の増加を見込んで、設計壁量の余裕率を十分にとらなければならない。

##### 4.2 たて枠相互の間隔

耐力壁は、固定荷重の増加を見込んで、たて枠に作用する鉛直荷重や水平荷重に対し安全であることを確認しなければならない。

##### 4.3 壁枠組の構成

- 1) 床版及び屋根版の直下に存する耐力壁の上部には、当該耐力壁の上枠と同寸法の断面を有する頭つなぎを設け、耐力壁相互及びCLT相互を構造耐力上有効に緊結しなければならない。
- 2) 吹き抜け及び床開口に接する耐力壁は、水平力を有効に伝達できる構造としなければならない。

## 5. 屋根版

小屋組は、平 13 国交告第 1540 号第 7 の規定による。

### 5.1 屋根版の基本構成

- 1) 屋根版は、CLT で一体的に構成するものとし、その他の屋根パネルなどと併用してはならない。
- 2) 屋根版における CLT 相互の接合は、表層平行接合を基本とする。ただし、梁、母屋、トラス又は壁の上で接合する場合は、この限りではない。
- 3) 屋根版は、令第 82 条第 1 号から第 3 号までに定める構造計算により、構造耐力上安全であることを確かめなければならない。

### 5.2 CLT の欠きこみ・穴あけ

CLT 中央部付近には構造耐力上支障のある欠きこみ・穴あけをしてはならない。必要な場合は、構造計算等により安全を確認する。

### 5.3 屋根版と壁との緊結

屋根版と梁、母屋、トラス又は壁との接合部は、作用する応力を伝達できる十分な耐力及び剛性を有するものとしなければならない。

### 5.4 CLT の補強

屋根版に設ける開口部は、構造耐力上有効に補強しなければならない。

## 2.1.2 構造設計ガイドライン（案）・同解説

CLT は、現時点では枠組壁工法技術的基準告示（平 13 国交告第 1540 号）に記載のない材料であること、また、基準強度・許容応力度が定められていないことから、枠組壁工法建築物の床版及び屋根版として使用することはできない。そこで、本ガイドライン（案）では、これまでの実験結果・海外の文献等を参考に、関連する法令・規格等の制定、改正に資することを目的として検討を進めてきたもので、構造設計に関する事項を抽出し、現時点での知見に基づき参考となる手法・材料などをまとめたものである。

検討にあたっては、床版及び屋根版として枠組壁工法で既に使用を認められている木質断熱複合パネルや木質接着複合パネルの規定に準じて進めた。なお、CLT の基準強度が法令で定められていないことから、Kreuzinger が提案している「せん断近似」<sup>7)</sup>と呼ばれる解析手法で構造設計に用いる特性値を設定し検討を進めた。今後、法令により基準強度が定められた場合は、改めて検討が必要となる。

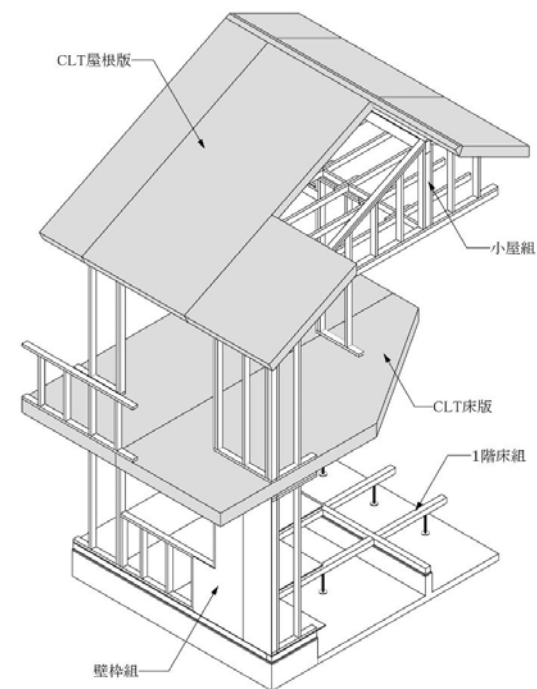


図 2-1-2-1 床版及び屋根版として CLT を使用した枠組壁工法建築物

参考)

## 平 13 国交告第 1540 号（抜粋）

### 第二 材料

三 次のいずれかに該当するもののうち、建築基準法（昭和二十五年法律第二百一十号。以下「法」という。）第三十七条第二号の国土交通大臣の認定を受けたもの（ロ、ハ、ニ又はホのいずれかに該当するものにあつては、国土交通大臣がその許容応力度及び材料強度の数値を指定したものに限る。）、建築基準法施行規則第八条の三の国土交通大臣の認定を受けた耐力壁に使用するもの又は前二号に掲げるもの以外の木材で国土交通大臣がその樹種、区分及び等級等に応じてそれぞれ許容応力度及び材料強度の数値を指定したものについては、前二号の規定にかかわらず、当該材料を構造耐力上主要な部分に使用する材料とすることができる。

イ 構造用鋼材のうち厚さ二・三ミリメートル未満の鋼板又は鋼帯としたもの（床根太、天井根太、耐力壁以外の壁の上枠、頭つなぎ、耐力壁以外の壁のたて枠及び耐力壁以外の壁の下枠に用いる場合に限る。）

ロ 木質接着成形軸材料

ハ 木質複合軸材料

ニ 木質断熱複合パネル

ホ 木質接着複合パネル

### 第四 床版

九 前号に掲げるもののほか、次に掲げる場合において、令第八十二条第一号から第三号までに定める構造計算により、構造耐力上安全であることを確かめられたものについては、第一号から第七号までの規定は、適用しない。この場合において、同条各号中「構造耐力上主要な部分」とあるのは、「床版」と読み替えて計算を行うものとする。

イ 一階の床版を鉄筋コンクリート造とする場合

ロ 床ばり又はトラスを用いる場合

ハ 床版に木質断熱複合パネルを使用する場合

ニ 床版に木質接着複合パネルを使用する場合

ホ 床根太、端根太又は側根太に木質接着成形軸材料又は木質複合軸材料を使用する場合

ハ 床根太に薄板軽量形鋼を使用する場合

### 第七 小屋組等

十二 母屋及び小屋つかを用いた小屋組とする場合又は木質断熱複合パネル若しくは木質接着複合パネルを用いた屋根版とする場合においては、令第八十二条第一号から第三号までに定める構造計算により、構造耐力上安全であることを確かめなければならない。この場合において、同条各号中「構造耐力上主要な部分」とあるのは、「小屋組又は屋根版」と読み替えて計算を行うものとする。

## 1) 適用範囲

### 1. 適用範囲

本ガイドライン（案）は、平 13 国交告第 1540 号（枠組壁工法又は木質プレハブ工法を用いた建築物又は建築物の構造部分の構造方法に関する安全に必要な技術的基準を定める件）

及び平 13 国交告第 1541 号（構造耐力上主要な部分である壁及び床版に、枠組壁工法により設けられるものを用いる場合における技術的基準に適合する当該壁及び床版の構造方法を定める件）の規定に基づく枠組壁工法建築物（3 階建以下）の床版若しくは屋根版に CLT（直交集成板）を使用する場合に適用する。

平 13 国交告第 1540 号において木質断熱複合パネルや木質接着パネルを床版及び屋根版として使用する場合は、令第 82 条第 1 号から第 3 号までに定める構造計算を求められていることから、許容応力度計算もしくは許容応力度等計算により、構造耐力上の安全を確認できる建築物に限定し、階数は 3 階までとしている。

なお、平 13 国交告第 1540 号第 4 第 10 号によれば、1 階の床組は構造計算により安全を確認すれば、技術的基準によらなくてよいとしており、1 階床に CLT を使用することが可能なことから、本ガイドライン（案）では検討の対象としていない。

## 2) 材料

### 2. 材料

床版及び屋根版を構成する材料及び規格は以下による。

#### 2.1 CLT

CLT は、直交集成板の日本農林規格（平成 25 年農林水産省告示第 3079 号）に規定するもののうち、次のいずれかに該当するものとする。

種別	樹種	強度等級	厚さ (mm)
A 種	スギ	Mx60-3-3	90
		Mx60-5-5	150
		Mx60-5-7	210
		Mx60-7-7	210

本ガイドライン（案）では、使用部位ならびにこれまでの材料強度試験の進捗状況を考慮し、CLT を 4 種類に限定している。Mx60-3-3 は主に屋根版として、Mx60-5-5、Mx60-5-7 及び Mx60-7-7 は床版若しくは屋根版に使用することを想定している。

CLT の基準強度・許容応力度が現時点では法令で定められていないことから、CLT のような製品の剛性予測において欧州では適していると考えられている、Kreuzinger が提案している「せん断近似」<sup>7)</sup>と呼ばれる解析手法で構造設計に用いる特性値を暫定的に設定し検討を進めた。今後、法令により定められた場合は、法令の値に従うこととなる。



① CLT の EI

Kreuzinger 一般式

$$B_A = \sum_{i=1}^n E \cdot I_i \quad B_A = EI$$

$$EI = \sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{b \cdot h^3}{12} + A \cdot y_i^2 \right) E_i \right]$$

b = 1000 mm h = 30 mm (ラミナ厚さ)

A = b · h

E<sub>0</sub> = 6000 N/mm<sup>2</sup> E<sub>90</sub> = E<sub>0</sub>/30

② 断面係数 Z 及び許容曲げモーメント

曲げに対し、強軸部分のみで抵抗するものとして断面係数 Z を算定し、JAS 基準で定められている引張り強さ (M60 の平均基準強度但し、3 層 3 プライの弱軸曲げは、中心ラミナの曲げ強度を使用する) を使用し基準曲げ耐力の算定を行う。断面二次モーメントの算定同様 5 層 7 プライは、外層 2 層は、M60 を使用する。

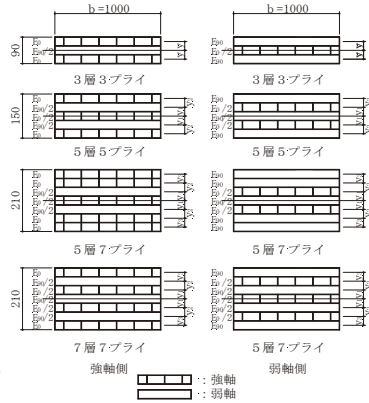


図 2-1-2-2 EI の算定モデル

③ せん断強度

平 12 建告第 1452 号に規定されているすぎのせん断基準強度 1.8N/mm<sup>2</sup> を使用し、強軸ラミナのみを有効とし、CLT 基準せん断強度を算定する。

表 2-1-2-1 CLT の断面性能

種類	強軸			弱軸		
	EI ×10 <sup>6</sup> N・mm <sup>2</sup>	M N・m	Q N	EI ×10 <sup>6</sup> N・mm <sup>2</sup>	M N・m	Q N
3 層 3 プライ	351225	15600	108000	18450	1500	54000
5 層 5 プライ	1335600	35460	162000	219825	3900	108000
5 層 7 プライ	4278600	81386	270000	317925	3900	108000
7 層 7 プライ	3140775	59400	216000	935325	8910	162000

M: 基準曲げ強度 Q: 基準せん断強度  
許容曲げモーメント = 荷重継続時間に係わる係数 × M/3

2.2 接合具

CLT 相互の接合及び CLT と壁枠組及び小屋組の接合に使用する材料は、次による。

- 1) くぎ JISA5508 (くぎ) に規定する CN、CNZ、BN のいずれか又は品質及び性能が明示された良質なものとする。
- 2) ビス 品質及び性能が明示された良質なものとする。
- 3) 金物 一般財団法人日本住宅・木材技術センターが定める木造建築物用接合金物規定による C マーク表示金物、同等認定品及び性能認定品又は品質及び性能が明示された良質なものとする。

CLT 相互の接合及び CLT と壁枠組及び小屋組の接合に使用する材料は、次による。

1) くぎ

くぎは、枠組壁工法で一般的に使用されている JISA5508 (くぎ) に規定する CN、CNZ 又は BN とする。くぎ打ちは、木口打ち (E)、斜め打ち (T)、平打ち (F) とし、木口打ちには CN90 (又は CNZ90、BN90) を、斜め打ちには CN75 (又は CNZ75、BN75) を、平打ちで材料厚さが 38 mm の場合には CN90 (又は CNZ90、BN90) を用いることを原則とする。また、くぎの長さは打ちつける板厚の 2.5 倍以上<sup>3)</sup>を原則とする。その他の釘を使用する場合は、「枠組壁工法建築物構造計算指針」<sup>2)</sup>に記載の試験などにより、あらかじめ許容耐力を確認する必要がある。

表 2-1-2-2 くぎの種類及び寸法

くぎの種類	長さ	胴部径	頭部径
CN50	50.8	2.87	6.76
CN65	63.5	3.33	7.14
CN75	76.2	3.76	7.92
CN90	88.9	4.11	8.74
CNZ50	50.8	2.87	6.76
CNZ65	63.5	3.33	7.14
CNZ75	76.2	3.76	7.92
CNZ90	88.9	4.11	8.74
BN50	50.8	2.51	6.76
BN65	63.5	2.87	7.54
BN75	76.2	3.25	7.92
BN90	88.9	3.43	8.74

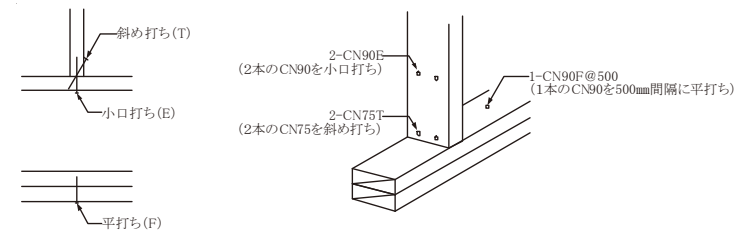


図 2-1-2-3 くぎの打ち方と表示例

2) ビス

CLT 相互の接合及び CLT と壁枠組及び小屋組の接合に使用する材料で、品質及び許容耐力などの性能が明確になっているビスとしては、断熱材施工ビス (ビス①)、金物



用のZマーク STS65(ビス②)及び全ネジビス(ビス③)を使用した接合方法がある。

ビス①部材相互接合ビス

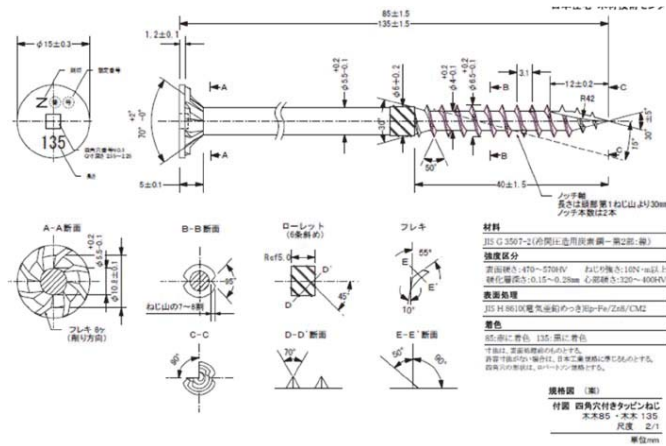


図 2-1-2-4 ビス①半ネジビス

ビス②金物用ビス Zマーク STS65

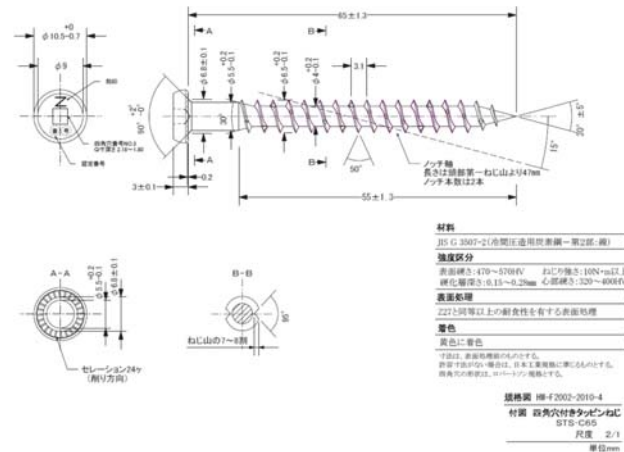


図 2-1-2-5 ビス②金物用ビス (Zマーク STS65)

ビス③全ネジビス

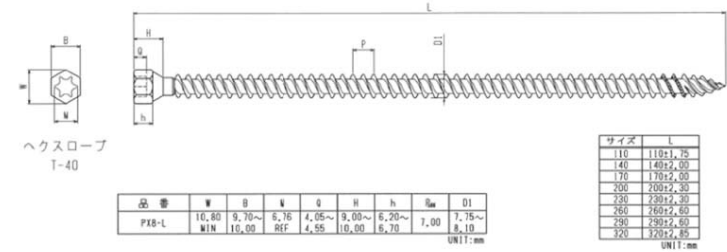


図 2-1-2-6 ビス③全ネジビス

3) 金物

接合部に発生する存在応力を有効に伝達するためには、品質及び性能が明確で良質な接合金物を選択することが重要である。枠組壁工法で広く普及している接合金物としては、一般財団法人日本住宅・木材技術センターが定める木造建築物用接合金物規定<sup>9)</sup>による C マーク表示金物、同等認定品及び性能認定品がある。

これら以外の金物を使用する場合は、あらかじめ品質及び性能を確認する必要がある。



No. (認定取得者-工場番号)

図 2-1-2-7 C マーク金物表示例

2.3 その他材料

CLT 相互の接合などに使用するスプラインは、合板の日本農林規格(平成 20 年農林水産省告示第 1751 号)に規定する構造用合板の特類とする。

2.3 その他材料

CLT 相互をスプラインにより接合する場合、スプラインは合板の日本農林規格(平成 20 年農林水産省告示第 1751 号)に規定する構造用合板の特類とする。

参考)

海外での CLT 建築物では、床版と壁の接合部に振動を吸収し低減するなどの目的で防振材を設ける事例がある。防振材を使用する場合は、我が国の関係法令や規格に適合することを事前に確認する必要がある。

- ①構造：壁と床の接合耐力や上階壁の剛性に支障がないことを事前に確認する。
- ②防火：火災時に燃焼を加速させることのないよう、防振材の防耐火性能を事前に確認する。
- ③化学物質：CLT を被覆せず表して使用する場合、建築基準法に定められているホルムアルデヒドについて、規定値以下であることを事前に確認する。  
また、厚生労働省が定めるその他の有害化学物質についても事前に確認するなど、使用する際には十分な注意を払う必要がある。
- ④耐久性：長期間の使用により機能や性質が劣化しないこと、また、施工中の雨掛りによる保水性の有無などを事前に確認する。



防振材

写真 2-1-2-8 防振材の事例

製品名称：シロディン  
 製造会社：日本ゲッツナー(株)  
 材質：エーテル系発泡ポリウレタン

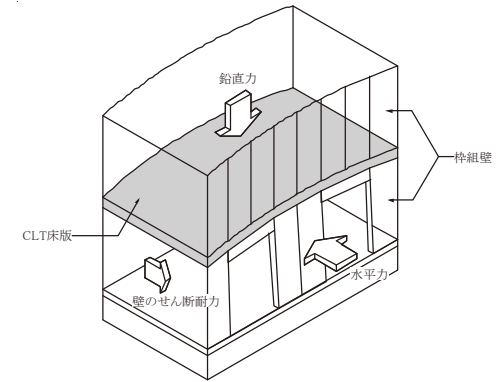


図 2-1-2-9 CLT 床版 (ダイヤフラム)

CLT と一般的な床根太による床組では、剛性や変形性能が異なることから、同一構面において併用することはできない。なお、設備配管等の理由により、一部を床根太で構成する床組とする場合、当該箇所は床開口として扱う。また、CLT も同一の規格で構成することが望ましい。

### 3) 床版

#### 3. 床版

CLT 床版は、平 13 国交告第 1540 号第 4 の第 1 号から第 7 号までの規定は適用しない。

##### 3.1 床版の基本構成

- 1) 床版は、CLT で一体的に構成するものとし、その他の床組や床パネルなどと併用してはならない。
- 2) 床版における CLT 相互の接合は、表層平行接合を基本とする。ただし、壁又は梁の上で接合する場合は、この限りではない。
- 3) 床版は、令第 82 条第 1 号から第 3 号までに定める構造計算により、構造耐力上安全であることを確かめなければならない。

##### 3.1 床版の基本構成

- 1) 柱組壁工法では、床根太と床合板により床面を一体的に構成した床版により、鉛直力と水平力に対して安全に耐力壁に伝える構造としている。既往の試験結果<sup>8)</sup>によれば、CLT による床の内面せん断性能は、柱組壁工法の一般的な床に比して高い剛性を有していることが知られており、柱組壁工法の床版として使用することができる。

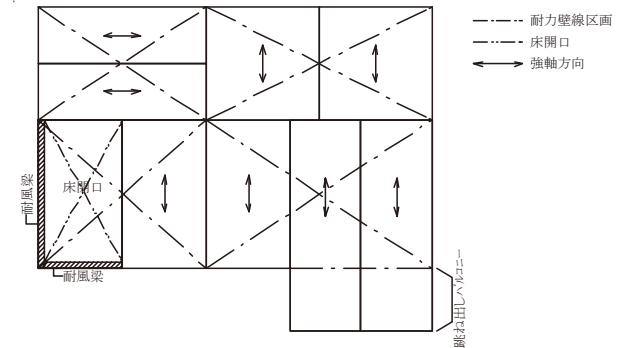


図 2-1-2-10 床版の割り付け例

CLT 床版は、外周壁外面まで伸ばし、ツーバーフォー工法のような端(側)根太を設ける必要はない。ただし、床構面に水平力が作用した場合、CLT 継ぎ手部分に生ずる引張力対して上枠・頭つなぎから床版に打つぎだけでは不十分なので、継手の木口に帯金物 (2-SW67) 又は合板などで補強することが望ましい。

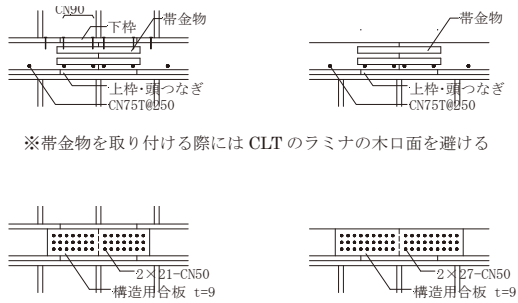


図 2-1-2-11 CLT 接合部（木口）の補強例

2) CLT 相互の接合方法は次のいずれかによる。

- ①バットジョイント
- ②ハーフラップドジョイント
- ③ダブルサーフェイススプライン
- ④シングルサーフェイススプライン
- ⑤シングルインターナルスプライン

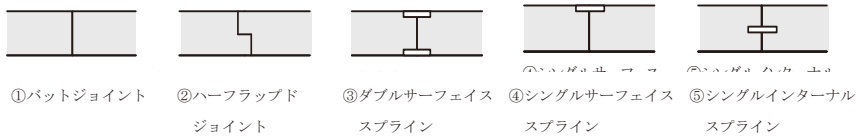


図 2-1-2-12 CLT 相互の接合方法

また、CLT には強軸と弱軸方向があり、接合面の方向の違いから次のように分類される。表層平行接合が基本であるが、壁や梁などで支持される場合は、いずれの場合でもよい。

- ①表層平行接合
- ②表層直行接合
- ③表層 T 字接合

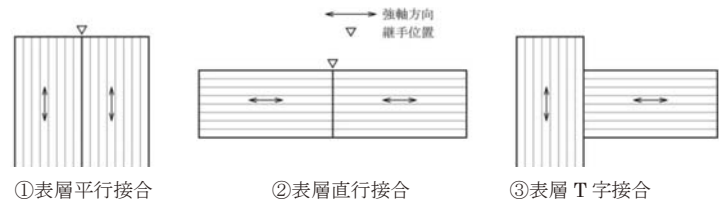


図 2-1-2-13 接合面の方向

3) 床版として CLT を使用する場合は、令第 82 条第 1 号から第 3 号までに定める構造計算を行い、安全性を確認しなければならない。とはいえ、基本計画時におおよそのスパンを理解しておく必要があることから、以下にスパン表を示す。ただし、スパンの決定に際しては、スパン表は目安とし歩行振動障害や重量衝撃音の低減などを含め、総合的に判断されたい。

床に対する長期変形制限は、以下の値を使用している。

床	スパン/450 以下
床(公共建築) <sup>5)</sup>	スパン/450 以下、10 mm 以下かつ固有振動数 8Hz 以下
バルコニー	スパン/200 以下 かつ 20 mm 以下

※床版クリープ変形の検討は、変形増大係数 2.0 とし、地震力算定用積載荷重との組合せ荷重により、床スパン/250 以下 ・ はね出し床 スパン/200 以下としている。

※1：長期変形制限は、「木質構造設計規準・同解説」<sup>4)</sup>に準ずる。

※2：固有振動数の制限は、「木造計画・設計基準」<sup>5)</sup>に準ずる。

※3：クリープ変形検討時荷重組合せは、告示第 1459 号に準ずる。

表 2-1-2-3 床スパン表

部位		異等級構成 許容スパン mm			
		3層3プライ Mx60-3-3	5層5プライ Mx60-5-5	5層7プライ Mx60-5-7	7層7プライ Mx60-7-7
床	一般住宅	2832	4293	6163	5559
	共同住宅	2499	3823	5529	4988
	事務所(一般建築)	2346	3601	5225	4713
	事務所(公共建築)	2346	3601	5033	4659
バルコニー(強軸)		1696	2515	3545	3198
バルコニー(弱軸)		456	705	677	1023

事務所：一般建築・公共建築変形制限が異なる。(固定荷重同一)

また、CLT 床の面内せん断性能は、CLT 相互を接合するビスの許容せん断耐力で確認することができる。現時点で接合耐力が明確なものは、シングルサーフェイススプライン方式とハーフラップドジョイント方式によるものがある。

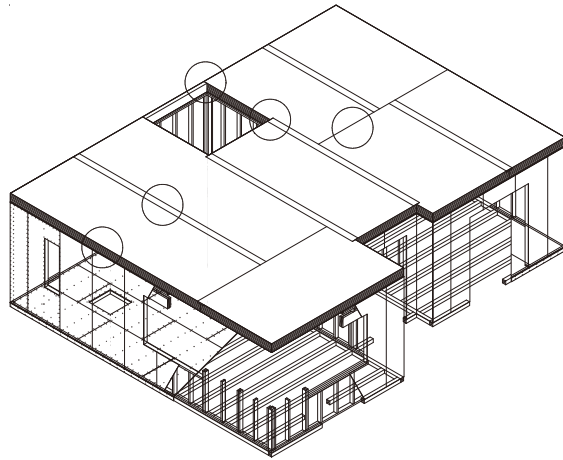
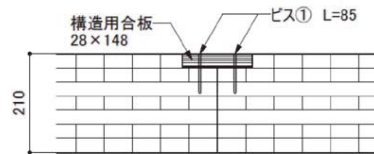
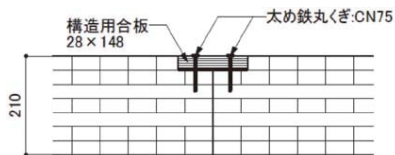


図 2-1-2-14 床版相互の接合

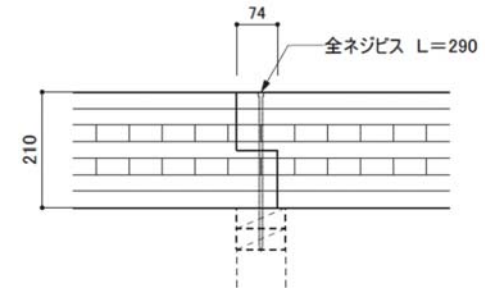


緊結する部分		緊結の方法	
		接合具	ビス1対当りの短期基準耐力(参考値)
CLT(5層7プライ)	構造用合板(厚28mm)	ビス①L=85	2.2kN



緊結する部分		緊結の方法	
		接合具	くぎ1対当りの短期基準耐力(参考値)
CLT(5層7プライ)	構造用合板(厚28mm)	CN75	1.5kN

図 2-1-2-15 床版相互の接合耐力 (シングルサーフェイスブライン)



緊結する部分		緊結の方法	
		接合具	ビス1本当りの短期基準耐力(参考値)
CLT(5層7プライ)	CLT(5層7プライ)	全ネジビス③L=290	4.5kN
CLT(5層7プライ)	枠組壁工法用製材(SPF)	全ネジビス③L=290	3.4kN

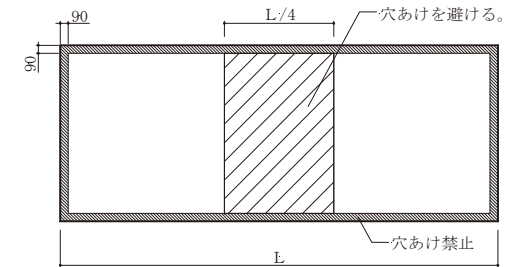
図 2-1-2-16 床版相互の接合耐力 (ハーフラップドジョイント)

### 3.2 CLT の欠きこみ・穴あけ

CLT の中央部付近には構造耐力上支障のある欠きこみ・穴あけをしてはならない。必要な場合は、構造計算等により安全を確認する。

### 3.2 CLT の欠きこみ・穴あけ

床版スパン中央 (スパンの 1/4) は、曲げ・変形とも最大となる部分なので穴あけをおこなうのは適切ではない。また、床版外周は、せん断力伝達のための接合具が配置されるため、縁から 90mm の範囲は、欠きこみや穴あけを禁止とする。



穴あけ40cm角以内

図 2-1-2-17 床版の穴あけ制限

### 3.3 CLT と壁の緊結

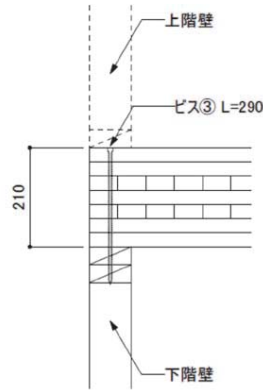
床版と壁及び梁との接合部は、作用する応力を伝達できる十分な耐力及び剛性を有するものとしなければならない。

### 3.4 CLT の補強

- 1) 2階又は3階の耐力壁の直下に耐力壁を設けない場合は、当該耐力壁の直下の CLT は、構造耐力上有効に補強しなければならない。
- 2) 床版に設ける開口部は、構造耐力上有効に補強しなければならない。

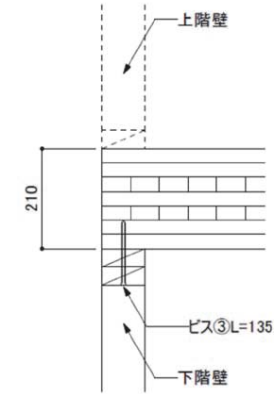
### 3.3 CLT と壁の緊結

床版と水平構面外周部壁との接合部においては、水平力に対して安全であることを確認するため、引抜力が引張耐力以下であることを確認しなければならない。床版と下階壁の接合は、ビスにより床版から下階壁に留めつけるほか下階壁の上枠から床版にビスで接合する方法がある。また、上階壁から床版への接合は、平 13 国交告第 1540 号第 4 及び第 5 によるくぎ接合若しくはビスによる接合方法がある。



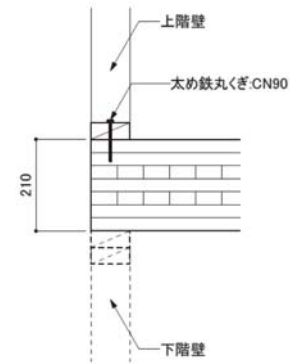
緊結する部分		緊結の方法	
		接合具	ビス1本当たりの短期基準耐力(参考値)
CLT(5層7プライ)	枠組壁工法用製材(SPF)	ビス③L=290	3.4kN

図 2-1-2-18 床版と下階壁の接合例 1



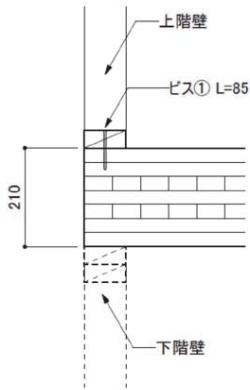
緊結する部分		緊結の方法	
		接合具	ビス1本当たりの短期基準耐力(参考値)
CLT(5層7プライ)	枠組壁工法用製材(SPF)	ビス③L=290	2.3kN

図 2-1-2-19 床版と下階壁の接合例 2



緊結する部分		緊結の方法	
		接合具	くぎ1本当たりの短期基準耐力(参考値)
CLT(5層7プライ)	枠組壁工法用製材(SPF)	CN90	1.1kN

図 2-1-2-20 床版と上階壁の接合例 1



緊結する部分	緊結の方法		
	接合具	ビス1本当たりの短期 基準耐力(参考値)	
CLT(5層7プライ)	枠組壁工法用製材(SPF)	ビス③L=290	2.3kN

図 2-1-2-21 床版と上階壁の接合例 2

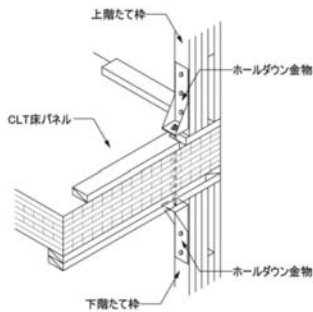
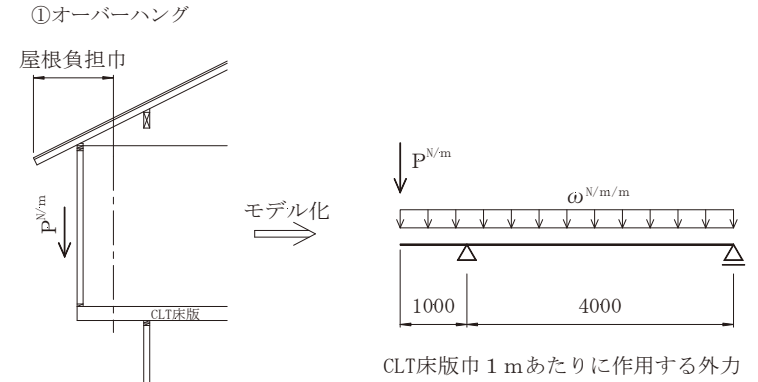


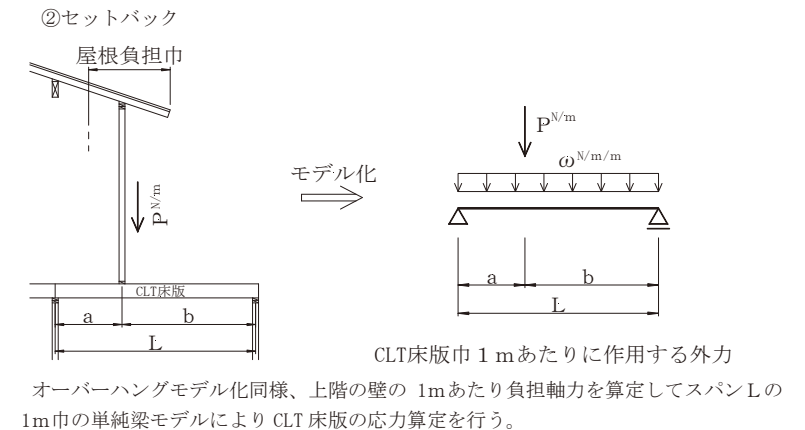
図 2-1-2-22 壁-壁の接合例

### 3.4 CLT の補強

- 1) 枠組壁工法においては、耐力壁の直下には耐力壁が存在することが望ましいが、セットバックやオーバーハングなど、設計上対応できないこともある。このような場合は、耐力壁は床版の強軸方向と直交するように配置するとともに、耐力壁にはたらく鉛直力及び水平力が床版を通じて下階に安全に伝えられるように構造計算により確認しなければならない。



CLT 床版を 1m 巾の梁として扱い、2 階外壁巾 1m あたり負担軸力(屋根重量・積雪荷重・2 階外壁 重量)を CLT 床版オーバーハング先端部分に集中力として作用させ、床に作用する固定荷重・積載荷重を 1m 巾あたりの当分布荷重として作用させ、応力算定を行う。



- 2) 階段などにより床版に開口部を設ける場合の大きさは、構造計算により安全を確認し決定する。その際に、CLT の強軸方向で切断する場合は、必要に応じて開口部端部の直下に支持壁や梁などを設ける。また、開口部が外部に面している場合は、耐風梁を設けるなど、構造耐力上有効に補強しなければならない。耐風梁と CLT 床版の継手は金物などにより構造耐力上有効に補強する。

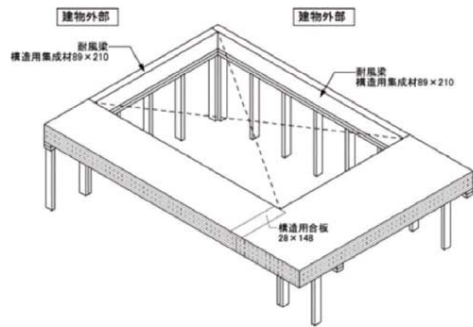
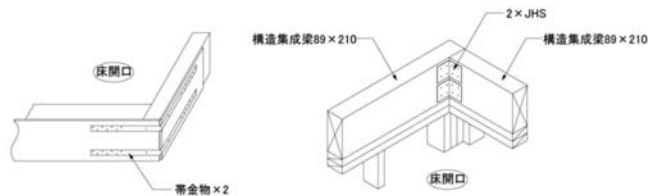


図 2-1-2-23 開口部の補強例



【床開口隅角部の緊結1】

【床開口隅角部の緊結2】

図 2-1-2-24 開口隅角部の補強例

4) 壁枠組

4. 壁枠組

次に掲げる事項を除き、壁枠組は平 13 国交告第 1540 号第 5 及び平 13 国交告第 1541 号第 1 の規定による。

4.1 必要壁量の確保

地震に対する必要壁量の算出にあっては、固定荷重の増加を見込んで、設計壁量の余裕率を十分にとらなければならない。

4.2 たて枠相互の間隔

耐力壁は、固定荷重の増加を見込んで、たて枠に作用する鉛直荷重や水平荷重に対し安全であることを確認しなければならない。

壁枠組は、平 13 国交告第 1540 号第 5 及び平 13 国交告第 1541 号第 1 の規定による。ただし、以下の事項は、CLT の特性を考慮し本ガイドライン（案）によることとしている。

4.1 必要壁量の確保

床版及び屋根版に CLT を使用すると、一般的な枠組壁工法建築物より固定荷重が増加することから、必要壁量は重量比が増加させなければならない。告示必要壁量表の算定方法に準じ「木質構造設計規準・同解説」<sup>4)</sup>に記載されている荷重を使用して、必要壁量算定表を作成した。耐力壁の余裕率（設計壁量/必要壁量）をこの重量比以上として扱うことが考えられる。

①床のみにCLTを使用する場合

表 2-1-2-4 必要壁量算定表（床、一般地）

建物		屋根仕上げ	階	建物重量		重量比
				告示基準	CLT床版	
平屋建	軽い屋根	—	1080	1080	1.00	
	重い屋根	—	1470	1470	1.00	
2階建	軽い屋根	2	1080	1080	1.00	
		1	2780	3600	1.29	
	重い屋根	2	1470	1470	1.00	
		1	3170	3990	1.26	

表 2-1-2-5 必要壁量算定表（床、多雪地）

建物重量の比較（100cm積雪多雪区域）

建物	階	建物重量					重量比	
		告示基準			CLT床版			
		建物重量	積雪重量	合計重量	建物重量	積雪重量		合計重量
平屋建	—	1080	—	2445	1080	1365	2445	1.00
2階建	2	1080	—	2445	1080	1365	2445	1.00
	1	2780	—	4145	3600	—	4965	1.20

積雪重量 =  $100 \times 30 \times 0.35 \times 1.3 = 1365\text{N/m}^2$

建物重量の比較（200cm積雪多雪区域）

建物	階	建物重量					重量比	
		告示基準			CLT床版			
		建物重量	積雪重量	合計重量	建物重量	積雪重量		合計重量
平屋建	—	1080	—	3810	1080	2730	3810	1.00
2階建	2	1080	—	3810	1080	2730	3810	1.00
	1	2780	—	5510	3600	—	6330	1.15

積雪重量 =  $200 \times 30 \times 0.35 \times 1.3 = 2730\text{N/m}^2$

②屋根・床にCLTを使用する場合

表 2-1-2-6 必要壁量算定表（床+屋根、一般地）

建物		屋根仕上げ	階	建物重量		重量比
				告示基準	CLT床版・屋根版	
平屋建	軽い屋根	—	1080	1500	1.39	
	重い屋根	—	1470	2000	1.36	
2階建	軽い屋根	2	1080	1500	1.39	
		1	2780	4020	1.45	
	重い屋根	2	1470	2000	1.36	
		1	3170	4520	1.43	



表 2-1-2-7 必要壁量算定表 (床+屋根、多雪地)

建物重量の比較 (100cm積雪多雪区域)

建物	階	建物重量						重量比
		告示基準			CLT床版・屋根版			
		建物重量	積雪重量	合計重量	建物重量	積雪重量	合計重量	
平屋建	—	1080	1365	2445	1500	1365	2865	1.17
	2	1080		2445	1500		2865	1.17
2階建	1	2780		4145	4020		5385	1.30

積雪重量=100×30×0.35×1.3=1365N/㎡

建物重量の比較 (200cm積雪多雪区域)

建物	階	建物重量						重量比
		告示基準			CLT床版・屋根版			
		建物重量	積雪重量	合計重量	建物重量	積雪重量	合計重量	
平屋建	—	1080	2730	3810	1500	2730	4230	1.11
	2	1080		3810	1500		4230	1.11
2階建	1	2780		5510	4020		6750	1.23

積雪重量=200×30×0.35×1.3=2730N/㎡

#### 4.2 たて枠相互の間隔

耐力壁のたて枠相互の間隔は平 13 国交告第 1540 号第 5 第 8 号に規定されているが、固定荷重が増加することから、たて枠に作用する鉛直荷重や風圧力、水平力により生ずる付加圧縮軸力等に対して、たて枠が座屈に対して安全なことを確かめなければならない。以下にたて枠間隔の検討例を示したので参考にされたい。

表 2-1-2-8 たて枠間隔の検討例

屋根・床の CLT を使用する場合のたて枠間隔

単位: cm

建築物	3階建ての建築物の3階、2階建ての建築物の2階または平屋建ての建築物												3階建ての建築物の2階、2階建ての建築物の1階						3階建ての小屋裏利用建築物の1階								
	204材			206材			208材			204材			206材			208材			204材			206材			208材		
	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部			
多雪以外の区域における建築物	65	65	65	65	65	65	50	37	50	50	65	65	34	23	50	50	65	65	65	65	65	65	65	65			
多雪区域における建築物	垂直積雪量が1mの区域におけるもの																										
	垂直積雪量が1mを超え1.5m以下の区域におけるもの																										
	垂直積雪量が1.5mを超え2m以下の区域におけるもの																										

計算条件

1. 使用たて枠は、204材・206材・208材 S.P.F 甲種 2級とする。
2. 屋根に CLT 厚さ 90mm を使用する。
3. 屋根勾配は、6寸・軒の出 700mm、屋根仕上げは住宅用屋根化粧スレート葺・瓦葺きを想定
4. 建設地は、90cm積雪の一般地、1.0m・1.5m・2.0m積雪の多雪区域とする。
5. 床版に CLT 厚さ 210mm を使用する。床仕上げは、フローリングとする。
6. 外壁は、モルタル仕上げを想定
7. 屋根・床の負担巾は、外周壁 2.0m・内壁 4.0mとする。
8. 上記の条件で壁に作用する負担軸力を求め、各たて枠寸法に対して最大間隔を算定する。尚、最大間隔は、告示第 1540 号の規定に従う。
9. たて枠の許容圧縮力は、たて枠座屈より求める。

#### 4.3 壁枠組の構成

- 1) 床版及び屋根版の直下に存する耐力壁の上部には、当該耐力壁の上枠と同寸法の断面を有する頭つなぎを設け、耐力壁相互及び CLT 相互を構造耐力上有効に緊結しなければならない。
- 2) 吹き抜け及び床開口に接する耐力壁は、水平力を有効に伝達できる構造としなければならない。

#### 4.3 壁枠組の構成

- 1) CLT 床版の代表的な接合法であるシングルサーフェイスブラインでは、床上面は接合されるが、下面は拘束されていない。枠組壁工法においては、分割された壁を緊結するため、上枠と同寸の頭つなぎを設けることが一般的であることから、頭つなぎを介して壁と床版の接合を図る。その際に、床版の接合部と頭つなぎの継手の位置は 600mm 以上離すことが望ましい。

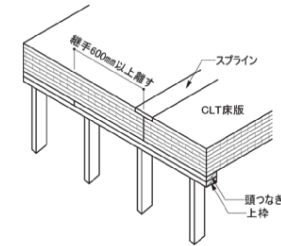


図 2-1-2-25 床版と下階壁の接合

- 2) 吹き抜けや床開口に接する耐力壁にあつては、水平力を有効に伝達できるように、階をまたいだ通し壁とせず梁を介して水平力を伝達することが望ましい。

#### 5) 屋根版

#### 5. 屋根版

小屋組は、平 13 国交告第 1540 号第 7 の規定による。

#### 5.1 屋根版の基本構成

- 1) 屋根版は、CLT で一体的に構成するものとし、その他の屋根パネルなどと併用してはならない。
- 2) 屋根版における CLT 相互の接合は、表層平行接合を基本とする。ただし、梁、母屋、トラス又は壁の上で接合する場合は、この限りではない。
- 3) 屋根版は、令第 82 条第 1 号から第 3 号までに定める構造計算により、構造耐力上安全であることを確かめなければならない。

#### 5.1 屋根版の基本構成

枠組壁工法においては、屋根版は床版と同様に水平力を各耐力壁に伝達するという役

割を有している。よって床版に準じて構成することが基本となる。

- 1) CLT と一般的なたきによる小屋組みでは、剛性や変形性能が異なることから、同一構面において併用することはできない。ただし、CLT の主屋根の上に垂木などにより小屋根を設けることはできる。
- 2) CLT 相互の接合などは床版の規定 3.1 に準じる。
- 3) 屋根版として CLT を使用する場合は、枠組壁工法における木質断熱複合パネルや木質接着パネルと同様に、令第 82 条第 1 号から第 3 号までに定める構造計算を行い、安全性を確認しなければならない。とはいえ、基本計画時におおよそのスパンを理解しておく必要があることから、以下にスパン表を示す。  
また、構造計算による安全が確認できれば、CLT を切妻屋根の妻壁に使用する<sup>1)</sup>こともできる。

表 2-1-2-9 屋根版スパン表

屋根許容スパン

地域	積雪量	部位	異等級構成 許容スパン mm			
			3層3プライ Mx60-3-3	5層5プライ Mx60-5-5	5層7プライ Mx60-5-7	7層7プライ Mx60-7-7
一般地 (軽い屋根)	30	一般部	5442	6999	8802	8147
		軒の出	2837	3968	5000	4628
		ケラバ	946	1293	1143	1727
	50	一般部	5442	6999	8802	8147
		軒の出	2837	3968	5000	4628
		ケラバ	946	1293	1143	1727
一般地 (重い屋根)	30	一般部	4869	6430	8219	7608
		軒の出	2446	3544	4669	4322
		ケラバ	757	1092	997	1506
	50	一般部	4869	6430	8219	7608
		軒の出	2446	3544	4669	4322
		ケラバ	757	1092	997	1506
多雪区域	100	一般部	3759	5212	6830	6322
		軒の出	1768	2679	3841	3465
		ケラバ	531	818	785	1186
	150	一般部	3349	4811	6339	5868
		軒の出	1576	2407	3477	3137
		ケラバ	446	697	676	1022
	200	一般部	3075	4528	5986	5540
		軒の出	1447	2220	3221	2906
		ケラバ	393	617	603	911

屋根に対する長期変形制限は、以下の値を使用している。

屋根・ケラバ・軒の出 スパン/200 以下 かつ 20 mm 以下

- ※1: 長期変形制限は、「木質構造設計規準・同解説」<sup>4)</sup>に準ずる。
- ※2: 固有振動数の制限は、「木造計画・設計基準」<sup>5)</sup>に準ずる。
- ※3: クリープ変形検討時荷重組合せは、告示第 1459 号に準ずる。

## 5.2 CLT の欠きこみ・穴あけ

CLT 中央部付近には構造耐力上支障のある欠きこみ・穴あけをしてはならない。必要な場合は、構造計算等により安全を確認する。

## 5.2 CLT の欠きこみ・穴あけ

CLT の欠きこみ・穴あけは床版の規定 3.2 に準じる。

## 5.3 屋根版と壁との緊結

屋根版と梁、母屋、トラス又は壁との接合部は、作用する応力を伝達できる十分な耐力及び剛性を有するものとしなければならない。

## 5.4 CLT の補強

屋根版に設ける開口部は、構造耐力上有効に補強しなければならない。

## 5.3 屋根版と壁との緊結

屋根版と下階壁との接合は、屋根の吹き上げを考慮し、たて枠にも金物を取り付けるようにすることが望ましい。<sup>1)</sup>

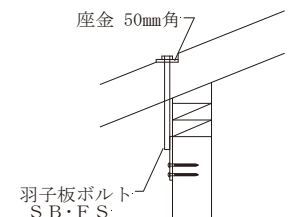


図 2-1-2-26 屋根版と壁等の接合例

## 5.4 CLT の補強

屋根版に開口部を設ける場合は、構造計算により安全を確認し決定する。

## 参考文献

- 1) 「2007 年枠組壁工法建築物設計の手引き」(一社)日本ツーバイフォー建築協会
- 2) 「2007 年枠組壁工法建築物構造計算指針」(一社)日本ツーバイフォー建築協会
- 3) 「フラット 35 対応枠組壁工法住宅工事仕様書」独立行政法人住宅金融支援機構
- 4) 「木質構造設計基準・同解説」(一財)日本建築学会
- 5) 「木造計画・設計基準」(一社)公共建築協会
- 6) 「木造建築物用接合金物規定」(一財)日本住宅・木材技術センター
- 7) 「CLT Handbook-Canadian Edition」FPInnovations
- 8) 平成 24 年度林野庁補助事業「木材利用技術整備等支援事業」青木謙治他

## 2.2 材料

### 2.2.1 概要

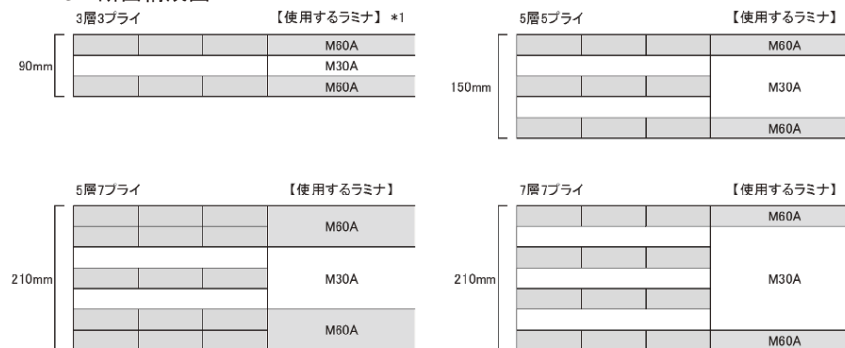
本書で対象とする CLT は、JAS（日本農林規格）製品かつ一般的に入手しやすい仕様とする。

### 2.2.2 対象とする CLT の仕様

表 2-2-2-1 対象とする CLT の仕様

項目	仕様	選定理由	備考
樹種	スギ	・ 原材料が国内に潤沢 ・ 国内の既存の検討もスギが中心（知見や製造ノウハウ）	今後の検討課題： 他の樹種
強度等級	Mx60	・ 一般に入手しやすい（スギの場合）	Mx：異等級構成、主に水平部材 S：同一等級構成、主に鉛直部材
種別	A 種		
構成の区分（強度等級も含めた JAS の標記）	3 層 3 プライ (Mx60-3-3) 5 層 5 プライ (Mx60-5-5) 5 層 7 プライ (Mx60-5-7) 7 層 7 プライ (Mx60-7-7)	・ 5 層 5 プライと比較して材積が 5 分の 3 であり、積載荷重の少ない部分での利用に有効 ・ 既存の研究の標準仕様 ・ 水平構面に特化した構成 ・ XY の 2 方向片持ちに有効	使用場所（未検討）： 屋根、（低層壁） 床、屋根、（中層壁） 床、屋根 床、屋根
ラミナの厚さ	30mm	・ 国内の既存の標準的な厚さ ・ 集成材用材と共通のサイズ	
ラミナの強度性能	外層：M60A 内層：M30A	・ 等級区分機による区分ラミナ ・ A 種は流通量・価格的にも入手しやすいため	
積層接着剤	水性高分子イソシアネート接着剤	・ 構造用の接着剤として国内で実績がある	今後の検討課題： レゾルシノール、ウレタン
寸法	短辺 2.7m、長辺 6m	・ 現在国内で製造されている最大の寸法 ・ 輸送の面から短辺は、2m～2.4m（トラック荷台幅もしくは荷台の内径、平積の場合）程度が問題なく輸送できる寸法	参照： ・ 道路法 第 47 条 第 1 項、および車両制限令 ・ 道路交通法 第 22 条 自動車の乗車又は積載の制限 （昭和 35 年 10 月 11 日政令第 270 号）

### 2.2.3 断面構成図



\*使用するラミナは「直交集成板の日本農林規格」に基づく構成の1例

図 2-2-3-1 検討した CLT の断面構成図

### 2.2.4 材料強度

表 2-2-4-1 「直交集成板の日本農林規格」における材料強度

樹種	強度等級	総厚	方向	曲ヤング係数 (10 <sup>9</sup> N/mm <sup>2</sup> )	曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> )
スギ	Mx60-3-3	90	強軸	5.2	11.6
			弱軸	—	—
	Mx60-5-5	150	強軸	4.2	9.8
			弱軸	—	—
	Mx60-5-7	210	強軸	4.8	11.0
			弱軸	—	—
	Mx60-7-7	210	強軸	3.6	3.0
			弱軸	—	—

直交集成板の日本農林規格（平成 25 年農林水産省告示第 3079 号）より抜粋

### 2.2.5 ラミナのヤング係数

表 2-2-5-1 「直交集成板の日本農林規格」におけるラミナのヤング係数例（等級区分機による等級の場合）

等級区分機による等級	曲げヤング係数 (GPa 又は 10 <sup>9</sup> N/mm <sup>2</sup> )		曲げ強さ (GPa 又は 10 <sup>9</sup> N/mm <sup>2</sup> )		引張り強さ (GPa 又は 10 <sup>9</sup> N/mm <sup>2</sup> )	
	平均値	下限値	平均値	下限値	平均値	下限値
M60A	6.0	5.0	27.0	20.0	16.0	12.0
M30A	3.0	2.5	19.5	14.5	11.5	8.5

直交集成板の日本農林規格（平成 25 年農林水産省告示第 3079 号）より抜粋

## 2.3 接合部

### 2.3.1 接合方法の種類

接合部材は、接合具または金物とし、また割れやせん断耐力確保のために接合具の端距離や縁距離を確保することが必要となる。

#### 1) くぎ

釘は2×4壁枠組からCLT床版への接合やCLT床版から2×4壁枠組への接合に使用する。また、スプラインを使用したCLT床版の接合にも使用する。なお主として2×4工法用の構造金物による接合にも釘を使用する。

表 2-3-1-1 枠組壁工法構造用製材におけるくぎ (CN釘、CNZ釘) 接合部の長期許容1面せん断耐力(N)

くぎの種類	胴部の径 d (mm)	基準値 (N)		
		D Fir-L	Hem-Fir	S-P-F W. Cedar
CN 50・CNZ 50	2.87	250	240	220
CN 65・CNZ 65	3.33	310	290	270
CN 75・CNZ 75	3.76	380	360	330
CN 90・CNZ 90	4.11	450	430	400
BN 50	2.51	190	180	170
BN 65	2.87	250	240	220
BN 75	3.25	300	280	260
BN 90	3.43	330	310	290

※2007年 枠組壁工法建築物構造計算指針より抜粋



写真 2-3-1-1 枠組壁工法金物に使用される金物 (釘接合) の例

#### 2) ビス

ビスはCLT床版から2×4壁枠組を接続するために使用する。施工性の良さが特徴であり、サイズや機能が様々である。参考として、下記に3種類のビスについて紹介する。断熱材施工ビス (半ネジビス)、金物用のZマーク STS65(半ネジビス)、全ネジビスを使った接合方法がある。

#### ビス① 部材相互接合用ビス/ 半ネジビス

住木センター規格とする予定。

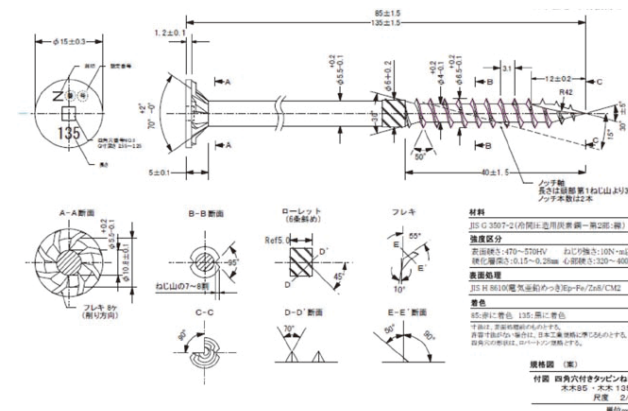


図 2-3-1-1 半ネジビスの仕様 (ビス①)

#### ビス② 部材相互接合用ビス/ 全ネジビス

住木センター規格とする予定。

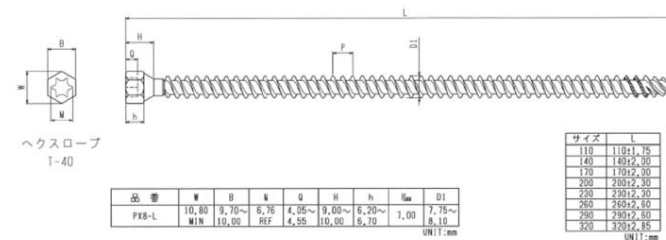


図 2-3-1-2 全ネジビスの仕様 (ビス③)

ビス③ 金物用ビス Zマーク STS65

住木センター規格となっている。

今回は実験等を行っていないので対象となる金物は設計していない。

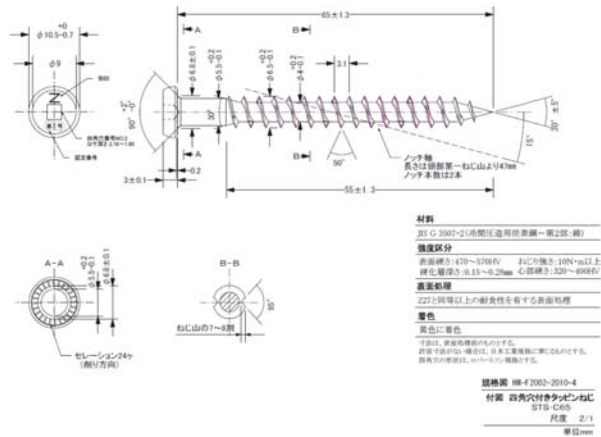


図 2-3-1-3 半ネジビスの仕様 (ビス③)

3) 接合部

接合部には、壁枠組から CLT 床版への接合、CLT 床版から 2×4 壁枠組への接合、またスプラインを使用した CLT 床版の接合等がある。CLT 床版と 2×4 壁枠組との間の接合方法について図に示した。

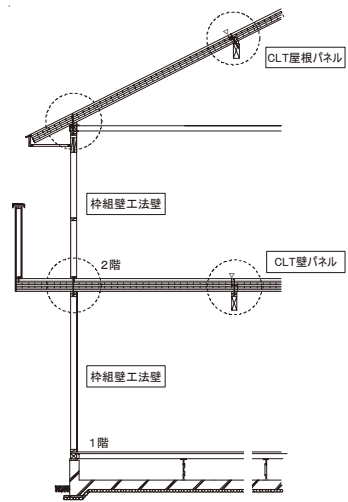


図 2-3-1-4 枠組壁工法壁と CLT 床の接合方法 1

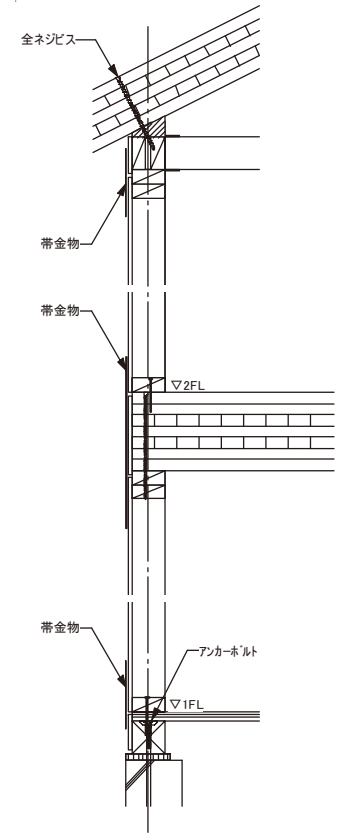


図 2-3-1-5 枠組壁工法壁と CLT 床の接合方法 2

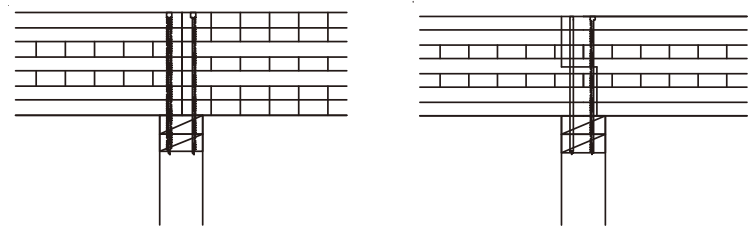


図 2-3-1-6 CLT 床の接合方法 1 (表層直行接合と表層 T 字接合は壁上での接合となる。)

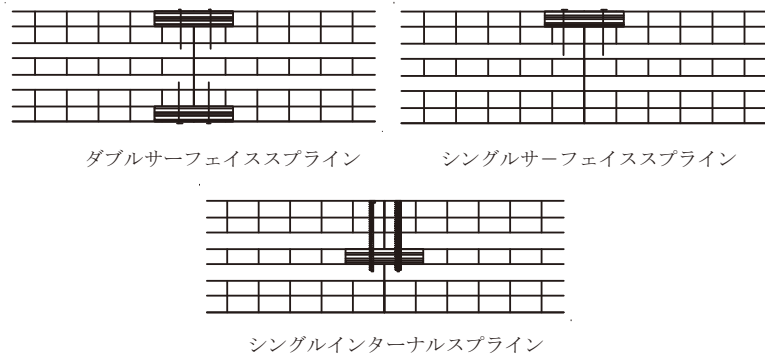


図 2-3-1-7 CLT 床の接合方法 2 (表層平行接合での接合方式)

CLT 床から下階の 2×4 壁枠組への接合方法は、半ネジビスを CLT 床版から下階の枠組壁工法壁へ垂直方向に打つことである。また下階の枠組壁工法壁から CLT 床版へ打つことも可能である。外周部であれば、CLT 床版のエッジ部分から下階の 2×4 壁枠組への斜め釘打ちも考えられるが、木口打ちとなる場合もあるので注意が必要である。

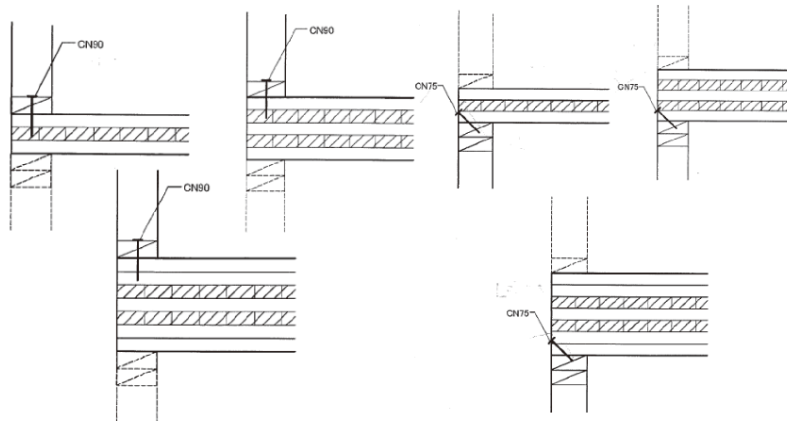


図 2-3-1-8 枠組壁工法壁と CLT 床の接合例 1

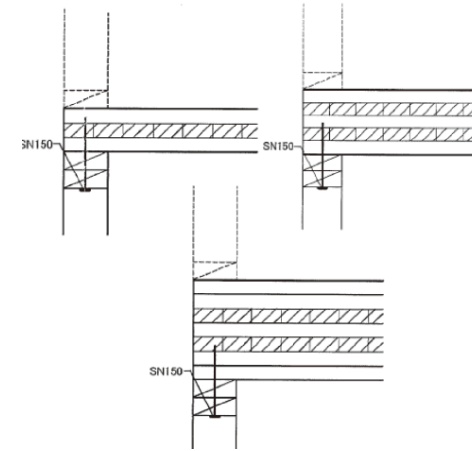


図 2-3-1-9 枠組壁工法壁と CLT 床の接合例 2

持ち出しバルコニーは、片持ち梁として、床または屋根パネルとなる CLT 床を拡張して設置する。接合方法は全ネジビスで CLT 床版より支持外壁へ垂直に打ちこむ方法による。

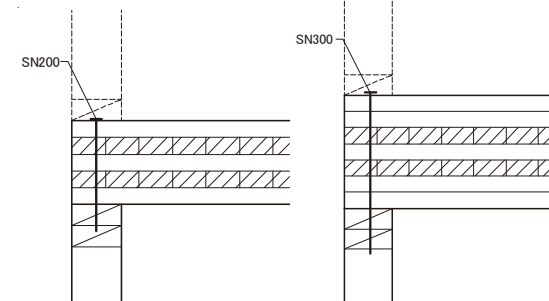


図 2-3-1-10 枠組壁工法壁と CLT 床の接合例 3

以上、代表的な接合方法の種類について整理したが、これらの中から枠組壁工法の告示 1540 号の、第 5 壁組十五にある、下枠と床版の緊結に必要な許容せん断耐力 1600N/m、第 4 床組七にある、端根太または側根太と土台の緊結に必要な許容せん断耐力 1100N/m、また、第 4 床組七にある、床版の枠組材と床材の緊結に必要な許容せん断耐力 2100N/m といった接合部耐力に対して、枠組壁工法枠組材と CLT との接合部における実際の耐力を把握するために接合部実験を行ったので、次項で報告する。



### 2.3.2 接合部試験

#### 1) 目的

CLT床構面の設計に資するためにCLT床とCLT床相互の接合部、CLT床と2×4部材との接合部について試験を行い、基礎的なデータを取得する。なお、既存の研究としては、CLT相互接合部のせん断試験結果が文献<sup>1)</sup><sup>2)</sup>より、軸組構法の梁桁軸組フレームにCLT床を用いた構面試験結果が文献<sup>3)</sup>より発表されている。

#### 2) 試験体概要

##### ①試験体材料

接合はくぎまたはビス接合とし、くぎについてはCN75及びCN90を用い、ビスについては図2-3-1-1、図2-3-1-2に示す規格のビスを使用した。

CLT部材はスギ/Mx60-5-7/A種を、構造用合板はスギ全層/特類2級/積層数9/板面の品質(C-D)を、2×4材はS-P-F/枠組壁工法用構造用製材甲種2級を使用した。

##### ②試験体の種類

試験の種類は表2-3-2-1のとおり、接合部位、強軸・弱軸、加力方向、接合具等に応じて14種類の試験を各6体ずつ実施した。この表における加力方向は、図2-3-2-1に示すとおり定義したものである。

試験体図を図2-3-2-2～図2-3-2-13に示す。なお、試験体TSS-N90aは幅はぎ位置にくぎが打たれたときの剛性低下を確認するための試験であり、試験体TSS-N90bをコントロールとする。また、試験体部材の密度と含水率を表2-3-2-2に示す。

表 2-3-2-1 試験体の種類

通し番号	試験体記号			接合部位	加力方向	接合具の種類	試験方法	試験体数	
	部位	加力方向	接合具						
1	F	S	S	L85	(1)CLT床-床接合(弱軸方向接合)	せん断・強軸方向加力	半ネジビスL85	せん断試験	6
2	F	W	S	N75	(1)CLT床-床接合(弱軸方向接合)	せん断・強軸方向加力	くぎCN75	せん断試験	6
3	F	W	T	L85	(1)CLT床-床接合(弱軸方向接合)	引張・弱軸方向加力	半ネジビスL85	引張試験	6
4	F	W	T	N75	(1)CLT床-床接合(弱軸方向接合)	引張・弱軸方向加力	くぎCN75	引張試験	6
5	F	S	S	L290	(2)CLT床-床接合(強軸方向接合)	せん断・弱軸方向加力	全ネジビスL290	せん断試験	6
6	F	S	T	L290	(2)CLT床-床接合(強軸方向接合)	引張・強軸方向加力	全ネジビスL290	引張試験	6
7	T	W	S	L85	(3)2×4壁枠組(上階)とCLT床板	せん断・弱軸方向加力	半ネジビスL85	せん断試験	6
8	T	S	S	L85	(3)2×4壁枠組(上階)とCLT床板	せん断・強軸方向加力	半ネジビスL85	せん断試験	6
9	T	S	S	N90a	(3)2×4壁枠組(上階)とCLT床板	せん断・強軸方向加力	くぎCN65 (幅はぎ一致)	せん断試験	6
10	T	S	S	N90b	(3)2×4壁枠組(上階)とCLT床板	せん断・強軸方向加力	くぎCN90 (幅はぎ不一致)	せん断試験	6
11	T	W	S	L290	(4)2×4壁枠組(下階)とCLT床板(下向き打ち)	せん断・弱軸方向加力	全ネジビスL290	せん断試験	6
12	T	S	S	L290	(4)2×4壁枠組(下階)とCLT床板(下向き打ち)	せん断・強軸方向加力	全ネジビスL290	せん断試験	6
13	T	W	S	L135	(4)2×4壁枠組(下階)とCLT床板(上向き打ち)	せん断・弱軸方向加力	半ネジビスL135	せん断試験	6
14	T	S	S	L135	(4)2×4壁枠組(下階)とCLT床板(上向き打ち)	せん断・強軸方向加力	半ネジビスL135	せん断試験	6
合計								84	

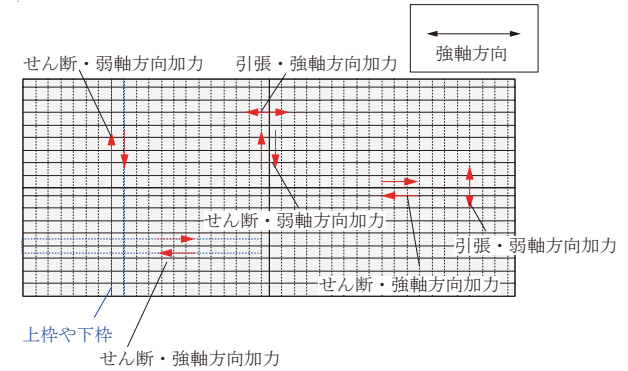


図 2-3-2-1 本報に於ける加力の種類と加力方向の定義

#### (1)CLT床-床接合(弱軸接合)

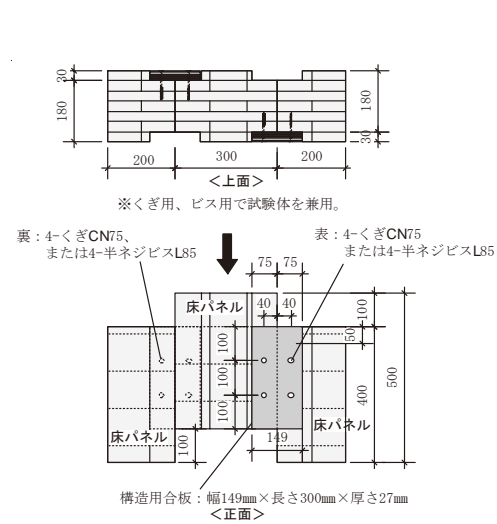


図 2-3-2-2 FSS-L85またはFSS-N75の試験体図

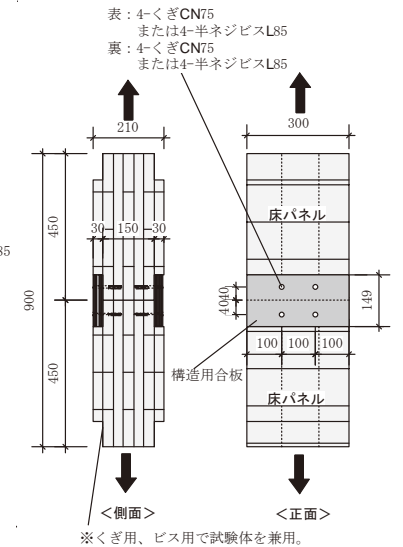


図 2-3-2-3 FWT-L85またはFWT-N75の試験体図



(2)CLT 床-床接合(強軸接合)

床-床接合の強軸接合は、ハーフラップジョイントとし、下階の頭つなぎと上枠も一緒に接合してしまおうという意図があるため、全ネジビス L290 で接合する。

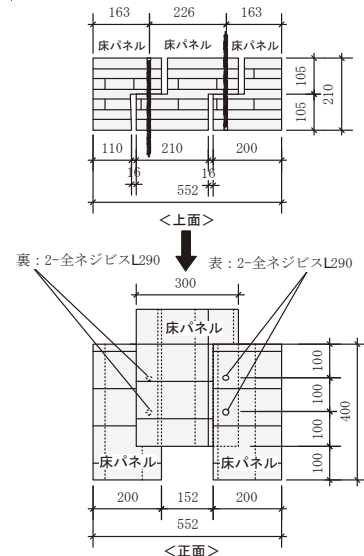


図 2-3-2-4 FSS-L290 の試験体図

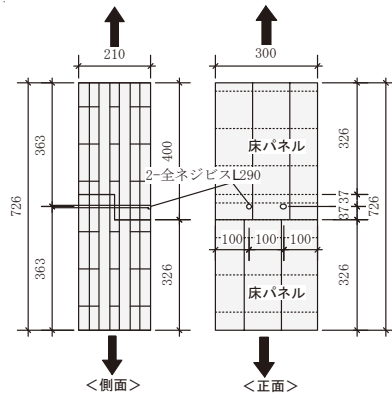


図 2-3-2-5 FST-L290 の試験体図

(3)2×4 壁枠組(上階)と CLT 床板

表: 2-半ネジビスL85  
裏: 2-半ネジビスL85

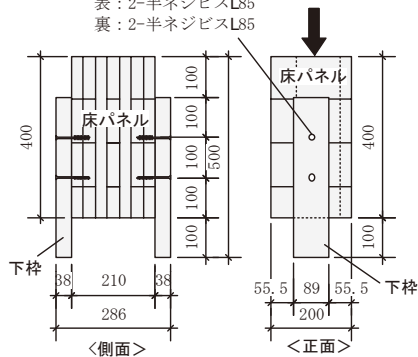


図 2-3-2-6 TWS-L85 の試験体図

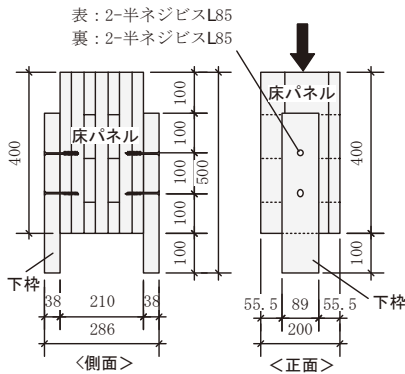


図 2-3-2-7 TSS-L85 の試験体図

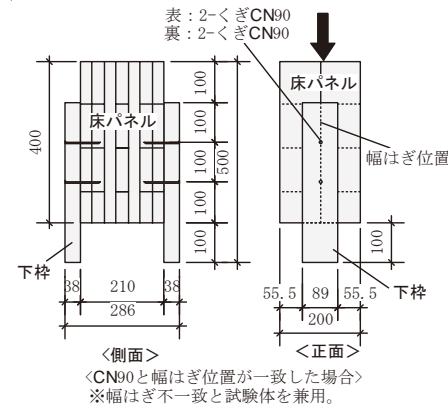


図 2-3-2-8 TSS-N90a の試験体図

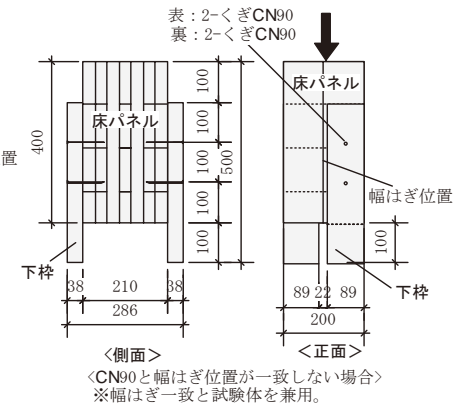


図 2-3-2-9 TSS-N90b の試験体図

(4)2×4 壁枠組(下階)と CLT 床板

(2)で言及した床-床接合の強軸接合部における全ネジビス接合との組み合わせを想定している。

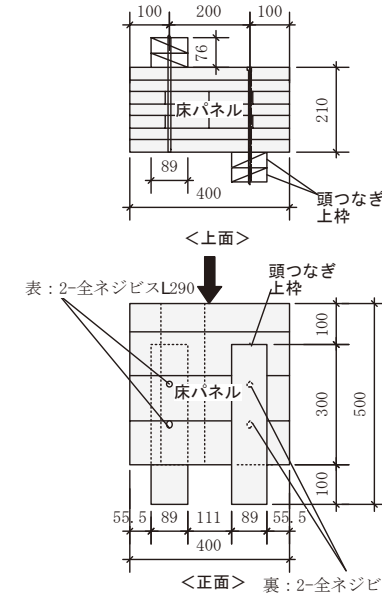


図 2-3-2-10 TWS-L290 の試験体図

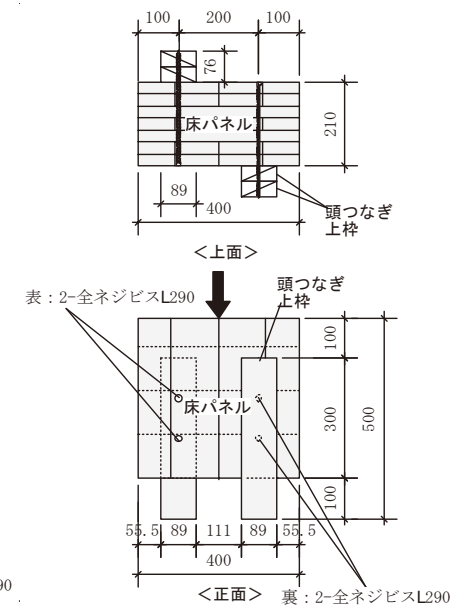


図 2-3-2-11 TSS-L290 の試験体図

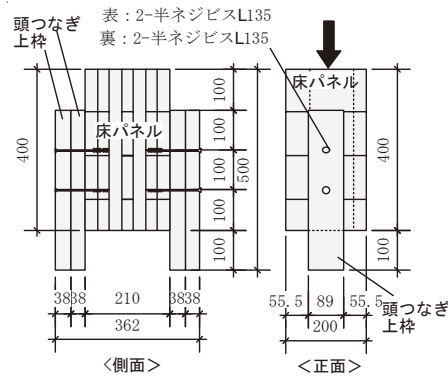


図 2-3-2-12 TWS-L135 の試験体図

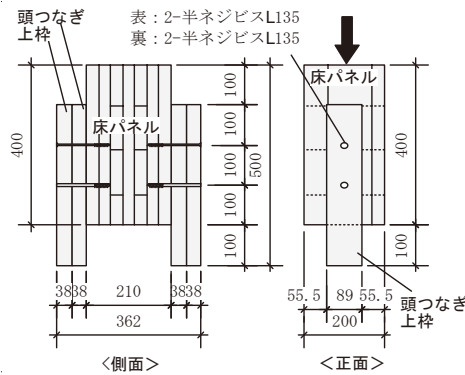


図 2-3-2-13 TSS-L135 の試験体図

表 2-3-2-2① 試験部材の密度及び含水率(その1)

試験体記号	部材の種類		密度 (kg/m³)	含水率 (%)	試験体記号	部材の種類		密度 (kg/m³)	含水率 (%)	
	部位	材質				部位	材質			
FSS-L85-1	スプライン	構造用合板	463	11.9	FWS-N75-3	スプライン	構造用合板	443	15.1	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	411	8.9		側材(床)	CLT Mx60-5-7	FSS-L85-3と同じ材のため省略		
	主材(床)	CLT Mx60-5-7	395	9.2		主材(床)	CLT Mx60-5-7			
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	409	9.4		側材(床)	CLT Mx60-5-7			
FSS-L85-2	スプライン	構造用合板	461	13.2	FWS-N75-4	スプライン	構造用合板	445	14.1	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	415	10.4		側材(床)	CLT Mx60-5-7	FSS-L85-4と同じ材のため省略		
	主材(床)	CLT Mx60-5-7	398	9.5		主材(床)	CLT Mx60-5-7			
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	406	9.4		側材(床)	CLT Mx60-5-7			
FSS-L85-3	スプライン	構造用合板	447	13.3	FWS-N75-5	スプライン	構造用合板	467	15.8	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	395	9.2		側材(床)	CLT Mx60-5-7	FSS-L85-5と同じ材のため省略		
	主材(床)	CLT Mx60-5-7	401	9.3		主材(床)	CLT Mx60-5-7			
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	395	8.1		側材(床)	CLT Mx60-5-7			
FSS-L85-4	スプライン	構造用合板	472	14.0	FWS-N75-6	スプライン	構造用合板	451	16.0	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	402	9.8		側材(床)	CLT Mx60-5-7	FSS-L85-6と同じ材のため省略		
	主材(床)	CLT Mx60-5-7	403	9.2		主材(床)	CLT Mx60-5-7			
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	396	9.6		側材(床)	CLT Mx60-5-7			
FSS-L85-5	スプライン	構造用合板	468	12.9	FWT-L85-1	スプライン	構造用合板	436	12.4	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	451	13.0		側材(床)	CLT Mx60-5-7			
	主材(床)	CLT Mx60-5-7	399	9.1		主材(床)	CLT Mx60-5-7			
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	413	8.9		側材(床)	CLT Mx60-5-7			
FSS-L85-6	スプライン	構造用合板	455	12.7	FWT-L85-2	スプライン	構造用合板	454	13.5	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	395	8.0		側材(床)	CLT Mx60-5-7			
	主材(床)	CLT Mx60-5-7	399	9.0		主材(床)	CLT Mx60-5-7			
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	408	8.3		側材(床)	CLT Mx60-5-7			
FWS-N75-1	スプライン	構造用合板	437	14.2	FWT-L85-3	スプライン	構造用合板	454	15.1	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	437	14.2		側材(床)	CLT Mx60-5-7			
	主材(床)	CLT Mx60-5-7	437	14.2		主材(床)	CLT Mx60-5-7			
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	456	13.3		側材(床)	CLT Mx60-5-7			
FWS-N75-2	スプライン	構造用合板	451	15.4	FWT-L85-4	スプライン	構造用合板	453	15.1	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	451	15.4		側材(床)	CLT Mx60-5-7			
	主材(床)	CLT Mx60-5-7	451	15.4		主材(床)	CLT Mx60-5-7			
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	438	15.5		側材(床)	CLT Mx60-5-7			

表 2-3-2-2② 試験部材の密度及び含水率(その2)

試験体記号	部材の種類		密度 (kg/m³)	含水率 (%)	試験体記号	部材の種類		密度 (kg/m³)	含水率 (%)	
	部位	材質				部位	材質			
FWT-L85-6	スプライン	構造用合板	430	14.0	TWS-L85-3	側材(下枠)	2×4材	469	13.5	
	上材(床)	CLT Mx60-5-7	407	10.8		主材(床)	CLT Mx60-5-7	404	9.3	
	下材(床)	CLT Mx60-5-7	425	10.1		側材(下枠)	2×4材	590	11.3	
	スプライン	構造用合板	435	14.6		側材(下枠)	2×4材	463	14.0	
FWT-N75-1	スプライン	構造用合板	439	13.3	TWS-L85-4	側材(下枠)	CLT Mx60-5-7	405	9.4	
	上材(床)	CLT Mx60-5-7	FWT-L85-1と同じ材のため省略	側材(下枠)		2×4材	471	12.5		
	下材(床)	CLT Mx60-5-7		側材(下枠)		2×4材	567	11.3		
	スプライン	構造用合板	440	51.4		主材(床)	CLT Mx60-5-7	412	9.1	
FWT-N75-2	スプライン	構造用合板	447	13.4	TWS-L85-5	側材(下枠)	2×4材	468	12.8	
	上材(床)	CLT Mx60-5-7	FWT-L85-2と同じ材のため省略	側材(下枠)		2×4材	571	11.3		
	下材(床)	CLT Mx60-5-7		主材(床)		CLT Mx60-5-7	408	9.3		
	スプライン	構造用合板	462	13.9		側材(下枠)	2×4材	455	13.5	
FWT-N75-3	スプライン	構造用合板	460	13.2	TSS-L85-1	側材(下枠)	2×4材	473	13.0	
	上材(床)	CLT Mx60-5-7	FWT-L85-3と同じ材のため省略	主材(床)		CLT Mx60-5-7	401	8.1		
	下材(床)	CLT Mx60-5-7		側材(下枠)		2×4材	467	12.3		
	スプライン	構造用合板	447	13.5		側材(下枠)	2×4材	458	13.6	
FWT-N75-4	スプライン	構造用合板	463	12.6	TSS-L85-2	主材(床)	CLT Mx60-5-7	405	8.7	
	上材(床)	CLT Mx60-5-7	FWT-L85-4と同じ材のため省略	側材(下枠)		2×4材	552	11.5		
	下材(床)	CLT Mx60-5-7		側材(下枠)		2×4材	571	11.1		
	スプライン	構造用合板	448	13.1		主材(床)	CLT Mx60-5-7	405	8.2	
FWT-N75-5	スプライン	構造用合板	459	14.0	TSS-L85-3	側材(下枠)	2×4材	476	12.3	
	上材(床)	CLT Mx60-5-7	FWT-L85-5と同じ材のため省略	側材(下枠)		2×4材	451	14.0		
	下材(床)	CLT Mx60-5-7		主材(床)		CLT Mx60-5-7	408	9.2		
	スプライン	構造用合板	445	15.5		側材(下枠)	2×4材	590	14.4	
FWT-N75-6	スプライン	構造用合板	466	13.4	TSS-L85-4	側材(下枠)	2×4材	542	12.4	
	上材(床)	CLT Mx60-5-7	FWT-L85-6と同じ材のため省略	主材(床)		CLT Mx60-5-7	403	8.4		
	下材(床)	CLT Mx60-5-7		側材(下枠)		2×4材	474	12.2		
	スプライン	構造用合板	450	14.3		側材(下枠)	2×4材	486	12.4	
FSS-L290-1	側材(床)	CLT Mx60-5-7	408	10.1	TSS-L85-5	主材(床)	CLT Mx60-5-7	389	9.1	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	400	9.5		側材(下枠)	2×4材	475	12.1	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	426	9.8		側材(下枠)	2×4材	489	12.6	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	427	9.7		側材(下枠)	2×4材	405	9.4	
FSS-L290-2	主材(床)	CLT Mx60-5-7	404	9.9	TSS-L85-6	側材(下枠)	2×4材	495	13.3	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	409	9.9		主材(床)	CLT Mx60-5-7	413	9.8	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	413	9.7		側材(下枠)	2×4材	494	12.1	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	411	9.9		側材(下枠)	2×4材	578	13.7	
FSS-L290-3	主材(床)	CLT Mx60-5-7	411	9.9	TSS-L85-7	主材(床)	CLT Mx60-5-7	419	8.6	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	435	9.9		側材(下枠)	2×4材	551	13.1	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	402	8.9		側材(下枠)	2×4材	492	13.5	
	主材(床)	CLT Mx60-5-7	394	8.9		主材(床)	CLT Mx60-5-7	411	9.6	
FSS-L290-4	側材(床)	CLT Mx60-5-7	412	9.5	TSS-L85-8	側材(下枠)	2×4材	554	12.5	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	421	8.7		側材(下枠)	2×4材	497	13.4	
	主材(床)	CLT Mx60-5-7	391	9.7		主材(床)	CLT Mx60-5-7	412	9.3	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	398	9.3		側材(下枠)	2×4材	483	13.0	
FSS-L290-5	側材(床)	CLT Mx60-5-7	411	10.2	TSS-L85-9	側材(下枠)	2×4材	548	13.1	
	主材(床)	CLT Mx60-5-7	411	9.7		主材(床)	CLT Mx60-5-7	398	9.7	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	419	9.0		側材(下枠)	2×4材	491	12.5	
	側材(床)	CLT Mx60-5-7	406	8.9		側材(下枠)	2×4材	469	11.4	
FST-L290-1	下材(床)	CLT Mx60-5-7	414	9.1	TSS-L85-10	主材(床)	CLT Mx60-5-7	TSS-N90a-1と同じ材のため省略		
	上材(床)	CLT Mx60-5-7	398	8.7		側材(下枠)	2×4材	448	11.5	
	下材(床)	CLT Mx60-5-7	404	8.4		側材(下枠)	2×4材	469	11.1	
	スプライン	構造用合板	443	13.6						
FST-L290-2	スプライン	構造用合板	454	13.5	TSS-L85-11	主材(床)	CLT Mx60-5-7	TSS-N90a-2と同じ材のため省略		
	上材(床)	CLT Mx60-5-7	426	11.7		側材(下枠)	2×4材	506	11.8	
	下材(床)	CLT Mx60-5-7	430	11.9		側材(下枠)	2×4材	470	11.5	
	スプライン	構造用合板	435	13.8						
FST-L290-3	スプライン	構造用合板	454	15.1	TSS-L85-12	主材(床)	CLT Mx60-5-7	TSS-N90a-3と同じ材のため省略		
	上材(床)	CLT Mx60-5-7	418	10.5		側材(下枠)	2×4材	568	11.5	
	下材(床)	CLT Mx60-5-7	414	11.1		側材(下枠)	2×4材	462	14.2	
	スプライン	構造用合板	459	13.9						
FST-L290-4	スプライン	構造用合板	442	15.0	TSS-L85-13	側材(下枠)	2×4材	457	13.0	
	上材(床)	CLT Mx60-5-7	414	10.2		主材(床)	CLT Mx60-5-7	TSS-N90a-4と同じ材のため省略		
	下材(床)	CLT Mx60-5-7	420	10.2		側材(下枠)	2×4材	469	12.6	
	スプライン	構造用合板	453	15.1						
FST-L290-5	スプライン	構造用合板	440	13.9	TSS-L85-14	側材(下枠)	2×4材	545	12.3	
	上材(床)	CLT Mx60-5-7	414	11.1						
	下材(床)	CLT Mx60-5-7	415	10.6						
	スプライン	構造用合板	435	14.1						

表 2-3-2-2③ 試験部材の密度及び含水率(その3)

試験体記号	部材の種類				試験体記号	部材の種類			
	部位	材質	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	含水率 (%)		部位	材質	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	含水率 (%)
T S S N90d-5	側材(下枠)	2×4材	515	11.8	T S S L290-6	側材(頭つなぎ)	2×4材	472	11.8
	主材(床)	CLT Mx60-5-7	TSS-N90a-5と同じ材のため省略			側材(上枠)	2×4材	512	12.5
T S S N90d-6	側材(下枠)	2×4材	507	13.4	T W S L135-1	主材	CLT Mx60-5-7	407	8.8
	側材(下枠)	2×4材	444	14.3		側材(上枠)	2×4材	512	11.3
T W S L290-1	主材(床)	CLT Mx60-5-7	TSS-N90a-6と同じ材のため省略		T W S L135-2	側材(頭つなぎ)	2×4材	509	12.3
	側材(下枠)	2×4材	567	11.1		側材(頭つなぎ)	2×4材	507	12.0
T W S L290-2	側材(頭つなぎ)	2×4材	574	12.4	T W S L135-3	側材(上枠)	2×4材	520	12.7
	側材(上枠)	2×4材	486	10.5		主材	CLT Mx60-5-7	406	9.1
T W S L290-3	主材	CLT Mx60-5-7	403	9.6	T W S L135-4	側材(上枠)	2×4材	475	12.1
	側材(上枠)	2×4材	498	11.6		側材(頭つなぎ)	2×4材	473	11.4
T W S L290-4	側材(頭つなぎ)	2×4材	547	11.1	T W S L135-5	側材(頭つなぎ)	2×4材	506	11.4
	側材(頭つなぎ)	2×4材	492	11.4		側材(上枠)	2×4材	505	13.2
T W S L290-5	側材(上枠)	2×4材	563	12.5	T W S L135-6	主材	CLT Mx60-5-7	409	9.2
	主材	CLT Mx60-5-7	403	8.0		側材(上枠)	2×4材	508	12.4
T W S L290-6	側材(上枠)	2×4材	476	10.6	T S S L135-1	側材(頭つなぎ)	2×4材	570	13.2
	側材(頭つなぎ)	2×4材	490	10.0		側材(頭つなぎ)	2×4材	509	12.0
T W S L290-7	側材(頭つなぎ)	2×4材	506	11.5	T S S L135-2	側材(上枠)	2×4材	505	14.1
	側材(上枠)	2×4材	553	12.7		主材	CLT Mx60-5-7	400	8.2
T W S L290-8	主材	CLT Mx60-5-7	397	8.8	T S S L135-3	側材(上枠)	2×4材	513	11.5
	側材(上枠)	2×4材	568	13.0		側材(頭つなぎ)	2×4材	506	12.6
T W S L290-9	側材(頭つなぎ)	2×4材	502	11.6	T S S L135-4	側材(頭つなぎ)	2×4材	517	12.2
	側材(頭つなぎ)	2×4材	497	12.5		側材(上枠)	2×4材	509	12.0
T W S L290-10	側材(上枠)	2×4材	557	10.7	T S S L135-5	主材	CLT Mx60-5-7	397	9.6
	主材	CLT Mx60-5-7	399	20.4		側材(上枠)	2×4材	505	12.9
T W S L290-11	側材(上枠)	2×4材	509	11.5	T S S L135-6	側材(頭つなぎ)	2×4材	509	12.5
	側材(頭つなぎ)	2×4材	507	12.8		側材(頭つなぎ)	2×4材	507	12.0
T W S L290-12	側材(頭つなぎ)	2×4材	548	12.8	T S S L135-7	側材(上枠)	2×4材	485	11.7
	側材(上枠)	2×4材	526	11.9		主材	CLT Mx60-5-7	409	7.9
T W S L290-13	主材	CLT Mx60-5-7	402	8.2	T S S L135-8	側材(上枠)	2×4材	500	13.0
	側材(上枠)	2×4材	548	10.7		側材(頭つなぎ)	2×4材	469	11.7
T W S L290-14	側材(頭つなぎ)	2×4材	542	12.6	T S S L135-9	側材(頭つなぎ)	2×4材	505	12.5
	側材(頭つなぎ)	2×4材	502	11.6		側材(上枠)	2×4材	522	11.9
T W S L290-15	側材(上枠)	2×4材	509	12.2	T S S L135-10	主材	CLT Mx60-5-7	396	9.4
	主材	CLT Mx60-5-7	393	8.3		側材(上枠)	2×4材	501	13.0
T S S L290-1	側材(上枠)	2×4材	551	12.0	T S S L135-11	側材(頭つなぎ)	2×4材	495	12.2
	側材(頭つなぎ)	2×4材	500	12.6		側材(頭つなぎ)	2×4材	518	11.9
T S S L290-2	側材(頭つなぎ)	2×4材	548	11.9	T S S L135-12	側材(上枠)	2×4材	495	12.8
	側材(上枠)	2×4材	500	12.2		主材	CLT Mx60-5-7	401	9.6
T S S L290-3	主材	CLT Mx60-5-7	406	9.0	T S S L135-13	側材(上枠)	2×4材	501	12.7
	側材(上枠)	2×4材	501	11.7		側材(頭つなぎ)	2×4材	459	11.7
T S S L290-4	側材(頭つなぎ)	2×4材	546	11.2	T S S L135-14	側材(頭つなぎ)	2×4材	513	12.5
	側材(頭つなぎ)	2×4材	501	10.8		側材(上枠)	2×4材	510	12.0
T S S L290-5	側材(頭つなぎ)	2×4材	495	11.6	T S S L135-15	主材	CLT Mx60-5-7	409	9.9
	主材	CLT Mx60-5-7	412	9.2		側材(上枠)	2×4材	469	11.8
T S S L290-6	側材(上枠)	2×4材	541	12.3	T S S L135-16	側材(頭つなぎ)	2×4材	489	12.1
	側材(頭つなぎ)	2×4材	503	11.6		側材(頭つなぎ)	2×4材	475	11.4
T S S L290-7	側材(頭つなぎ)	2×4材	493	12.1	T S S L135-17	側材(上枠)	2×4材	510	12.9
	側材(上枠)	2×4材	554	12.7		主材	CLT Mx60-5-7	412	9.5
T S S L290-8	主材	CLT Mx60-5-7	394	8.7	T S S L135-18	側材(上枠)	2×4材	460	11.6
	側材(上枠)	2×4材	541	11.8		側材(頭つなぎ)	2×4材	457	11.4
T S S L290-9	側材(頭つなぎ)	2×4材	486	12.2	T S S L135-19	側材(頭つなぎ)	2×4材	504	11.9
	側材(頭つなぎ)	2×4材	489	11.5		側材(上枠)	2×4材	515	12.0
T S S L290-10	側材(上枠)	2×4材	545	11.8	T S S L135-20	主材	CLT Mx60-5-7	410	10.1
	主材	CLT Mx60-5-7	409	9.6		側材(上枠)	2×4材	494	12.2
T S S L290-11	側材(頭つなぎ)	2×4材	507	10.6	T S S L135-21	側材(頭つなぎ)	2×4材	507	11.1
	側材(頭つなぎ)	2×4材	512	10.3		側材(頭つなぎ)	2×4材	507	12.2
T S S L290-12	側材(上枠)	2×4材	505	11.2	T S S L135-22	側材(上枠)	2×4材	540	12.4
	主材	CLT Mx60-5-7	409	9.0		主材	CLT Mx60-5-7	403	10.4
T S S L290-13	側材(上枠)	2×4材	478	10.8	T S S L135-23	側材(上枠)	2×4材	516	12.5
	側材(頭つなぎ)	2×4材	522	12.0		側材(頭つなぎ)	2×4材	515	11.8
					T S S L135-24	側材(頭つなぎ)	2×4材	570	12.3
						側材(上枠)	2×4材	488	11.4
					T S S L135-25	主材	CLT Mx60-5-7	413	9.1
						側材(上枠)	2×4材	537	11.4
						側材(頭つなぎ)	2×4材	435	14.1

③試験方法

試験は「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008年版)」<sup>4)</sup>に準じて行った。

せん断試験は、主材上面に置いたあて板を圧縮加力することにより、接合部にせん断力を生じさせる試験とし、加力方法は単調加力とした。変位の計測は4台の変位計を用い、パネルの前後面で主材と側材との相対変位を計測した。

引張試験は、ビス止めの引張器具を用いて下部材と試験装置に固定し、上部材を引張する試験とした。加力方法は、予備試験体1体を単調加力し、本試験体はその試験結果より求めた降伏変位 $\delta y$ の1/2, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16倍の順に一方向繰り返し加力を行った。

なお、試験は(一財)建材試験センター西日本試験所で実施した。



写真 2-3-2-1 せん断試験方法の例

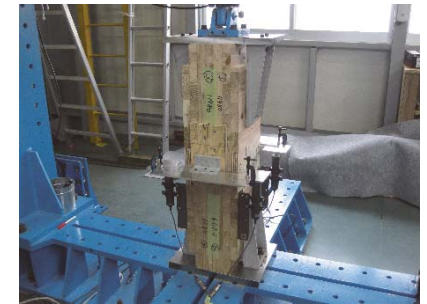


写真 2-3-2-2 引張試験方法の例

3) 結果

(1)CLT 床-床接合(弱軸接合)

半ネジビス L85 とくぎ CN75 のせん断試験結果として、荷重変位曲線を図 2-3-2-14～図 2-3-2-15 に、特性値を表 2-3-2-3～表 2-3-2-4 に、主な破壊性状を写真 2-3-2-3～写真 2-3-2-4 に示す。

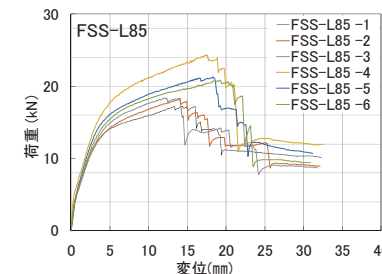


図 2-3-2-14 FSS-L85 荷重変位曲線

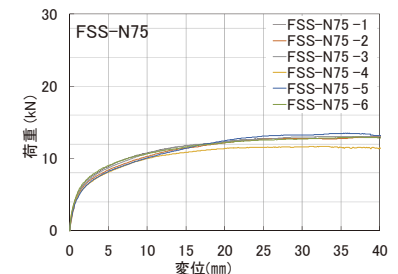


図 2-3-2-15 FSS-N75 荷重変位曲線

表 2-3-2-3 FSS-L85 特性値

項目	試験体記号	FSS-L85						平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値
		1	2	3	4	5	6					
2/3Pm (kN)		11.5	12.1	12.3	16.2	14.2	13.9	13.4	1.75	0.131	0.694	9.2
2/3 δ m (mm)		2.82	3.30	3.21	3.99	3.49	3.79	3.43	0.42			
Pm (kN)		17.2	18.2	18.4	24.3	21.3	20.9	20.1	2.63			
δ m (mm)		14.40	13.95	12.15	17.36	18.31	19.17	15.89	2.78			
降伏耐力 Py (kN)		11.0	11.1	11.1	15.0	13.3	13.0	12.4	1.63	0.131	0.694	8.6
δ v (mm)		2.62	2.78	2.73	3.37	3.04	3.28	2.97	0.31			
初期剛性 K (kN/mm)		4.20	3.99	4.07	4.45	4.38	3.96	4.18	0.20			
終局耐力 Pu (kN)		15.8	16.4	17.0	21.9	19.2	18.9	18.2	2.26	0.124	0.710	12.9
δ u (mm)		16.84	17.64	14.53	21.09	19.33	22.19	18.60	2.84			
降伏点変位 δ v (mm)		3.76	4.13	4.17	4.92	4.41	4.79	4.36	0.44			
塑性率 μ = δ u / δ v		4.48	4.27	3.48	4.29	4.38	4.63	4.26	0.40			
構造特性係数 Ds		0.35	0.36	0.41	0.36	0.36	0.35	0.37	0.02			
短期基準耐力(kN)											8.6	
接合具一対あたりの短期基準耐力(kN)											2.2	
接合具一対あたりの初期剛性(kN/mm)											1.05	

表 2-3-2-4 FSS-N75 特性値

項目	試験体記号	FSS-N75						平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値
		1	2	3	4	5	6					
2/3Pm (kN)		8.6	8.5	8.6	7.8	8.9	8.5	8.5	0.37	0.044	0.897	7.6
2/3 δ m (mm)		4.34	5.24	4.88	4.30	6.56	3.94	4.88	0.94			
Pm (kN)		12.8	12.8	13.0	11.6	13.3	12.7	12.7	0.58			
δ m (mm)		28.18	28.12	28.92	27.53	28.34	28.70	28.30	0.49			
降伏耐力 Py (kN)		7.1	6.9	7.0	6.3	7.0	7.3	6.9	0.34	0.049	0.886	6.1
δ v (mm)		2.36	2.52	2.48	2.20	2.91	2.43	2.48	0.24			
初期剛性 K (kN/mm)		3.01	2.74	2.82	2.86	2.41	3.00	2.81	0.22			
終局耐力 Pu (kN)		11.6	11.4	11.6	10.6	11.6	11.5	11.4	0.39	0.034	0.921	10.4
δ u (mm)		30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	0.00			
降伏点変位 δ v (mm)		3.86	4.16	4.09	3.74	4.85	3.84	4.09	0.41			
塑性率 μ = δ u / δ v		7.77	7.21	7.33	8.02	6.19	7.81	7.39	0.66			
構造特性係数 Ds		0.26	0.27	0.27	0.26	0.30	0.26	0.27	0.02			
短期基準耐力(kN)											6.1	
接合具一対あたりの短期基準耐力(kN)											1.5	
接合具一対あたりの初期剛性(kN/mm)											0.70	

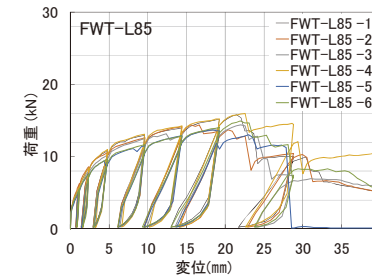


図 2-3-2-16 FWT-L85 荷重変位曲線

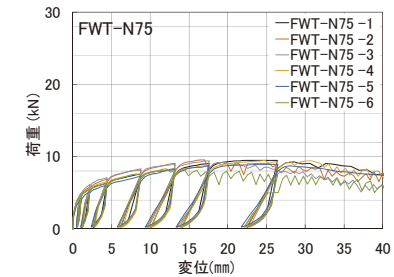


図 2-3-2-17 FWT-N75 荷重変位曲線

表 2-3-2-5 FWT-L85 特性値

項目	試験体記号	FWT-L85						平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値
		1	2	3	4	5	6					
2/3Pm (kN)		10.5	9.6	9.6	10.7	9.2	10.0	9.9	0.58	0.059	0.862	8.5
2/3 δ m (mm)		4.31	3.18	3.90	4.30	3.99	5.13	4.14	0.64			
Pm (kN)		15.8	14.4	14.4	16.0	13.8	14.9	14.9	0.86			
δ m (mm)		21.44	15.53	21.99	22.55	18.34	21.95	20.30	2.78			
降伏耐力 Py (kN)		9.7	8.4	8.4	9.8	7.9	8.6	8.8	0.77	0.088	0.794	6.9
δ v (mm)		3.40	2.22	2.75	3.39	2.67	3.27	2.95	0.48			
初期剛性 K (kN/mm)		2.85	3.78	3.05	2.89	2.96	2.63	3.03	0.39			
終局耐力 Pu (kN)		12.9	12.9	14.2	12.2	12.9	13.2	13.1	0.65	0.050	0.883	11.5
δ u (mm)		22.77	24.48	29.22	27.88	25.74	25.64	25.96	2.32			
降伏点変位 δ v (mm)		3.43	4.20	4.90	4.15	4.88	4.41	4.33	0.55			
塑性率 μ = δ u / δ v		6.64	5.83	5.96	6.72	5.27	5.81	6.04	0.55			
構造特性係数 Ds		0.29	0.31	0.30	0.28	0.32	0.31	0.30	0.01			
短期基準耐力(kN)											6.9	
接合具一対あたりの短期基準耐力(kN)											1.7	
接合具一対あたりの初期剛性(kN/mm)											0.76	

表 2-3-2-6 FWT-N75 特性値

項目	試験体記号	FWT-N75						平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値
		1	2	3	4	5	6					
2/3Pm (kN)		6.3	6.4	6.3	6.3	6.0	5.6	6.2	0.30	0.048	0.888	5.5
2/3 δ m (mm)		4.33	3.08	2.47	3.59	3.98	2.41	3.31	0.79			
Pm (kN)		9.5	9.5	9.4	9.5	8.9	8.3	9.2	0.49			
δ m (mm)		25.87	16.48	17.61	24.78	24.23	14.34	20.55	4.97			
降伏耐力 Py (kN)		5.3	5.4	5.5	5.5	4.8	4.5	5.2	0.42	0.081	0.811	4.2
δ v (mm)		1.82	1.56	1.45	1.94	1.69	1.01	1.58	0.33			
初期剛性 K (kN/mm)		2.91	3.46	3.79	2.84	2.84	4.46	3.38	0.65			
終局耐力 Pu (kN)		8.5	8.4	8.4	8.5	8.1	7.4	8.2	0.43	0.052	0.879	7.2
δ u (mm)		30.00	22.00	30.00	30.00	30.00	18.65	26.78	5.11			
降伏点変位 δ v (mm)		2.94	2.45	2.21	2.98	2.85	1.63	2.51	0.53			
塑性率 μ = δ u / δ v		10.20	8.98	13.57	10.07	10.53	11.44	10.80	1.57			
構造特性係数 Ds		0.23	0.24	0.20	0.23	0.22	0.21	0.22	0.01			
短期基準耐力(kN)											4.2	
接合具一対あたりの短期基準耐力(kN)											1.1	
接合具一対あたりの初期剛性(kN/mm)											0.85	

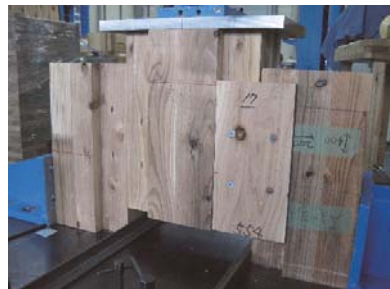


写真 2-3-2-3 FSS-L85 ビス頭のめり込み  
ビスの引き抜け、変形



写真 2-3-2-4 FSS-N75 くぎ頭のめり込み  
くぎの引き抜け、変形

半ネジビス L85 とくぎ CN75 の引張試験結果として、荷重変位曲線を図 2-3-2-16～図 2-3-2-17 に、特性値を表 2-3-2-5～表 2-3-2-6 に、主な破壊性状を写真 2-3-2-5～写真 2-3-2-6 に示す。





写真 2-3-2-5 FWT-L85 ビス頭のめり込み  
ビスの変形、引き抜け



写真 2-3-2-6 FWT-N75 くぎ頭のめり込み  
くぎの変形、引き抜け

(2)CLT 床・床接合(強軸接合)

全ネジビス L290 のせん断試験結果として、荷重変位曲線を図 2-3-2-18 に、特性値を表 2-3-2-7 に、主な破壊性状を写真 2-3-2-7 に示す。

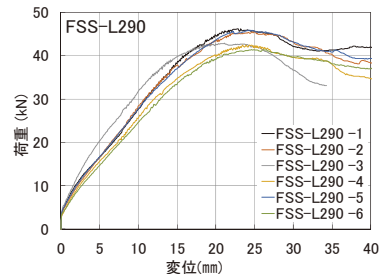


図 2-3-2-18 FSS-L290 荷重変位曲線



写真 2-3-2-7 FSS-L290 ビス頭めり込み  
その他、ビスの変形、CLT 材相互の離間

表 2-3-2-7 FSS-L290 特性値

項目	試験体記号						平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値
	1	2	3	4	5	6					
2/3Pm (kN)	30.8	30.4	28.6	28.3	30.6	27.6	29.4	1.38	0.047	0.890	26.1
2/3 δ m (mm)	11.23	10.92	8.56	11.17	11.33	11.54	10.79	1.11			
Pm (kN)	46.3	45.6	42.9	42.5	45.8	41.4	44.1	2.06			
δ m (mm)	23.22	25.10	21.12	24.36	24.23	24.60	23.77	1.44			
降伏耐力 Py (kN)	28.7	28.5	20.5	24.8	26.0	23.8	25.4	3.09	0.122	0.715	18.1
δ v (mm)	10.47	10.05	5.06	9.56	9.24	9.59	9.00	1.98			
初期剛性 K (kN/mm)	2.74	2.84	4.05	2.59	2.81	2.48	2.92	0.57			
終局耐力 Pu (kN)	45.7	44.1	39.6	41.0	44.3	40.3	42.5	2.51	0.059	0.862	36.6
δ u (mm)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	0.00			
降伏点変位 δ v (mm)	16.66	15.56	9.79	15.81	15.71	16.26	14.97	2.57			
塑性率 μ = δ u / δ v	1.80	1.93	3.06	1.90	1.91	1.85	2.08	0.48			
構造特性係数 Ds	0.62	0.59	0.44	0.60	0.61	0.58	0.61	0.07			
短期基準耐力(kN)											18.1
接合具1本あたりの短期基準耐力(kN)											4.5
接合具1本あたりの初期剛性(kN/mm)											0.73

全ネジビス L290 の引張試験結果として、荷重変位曲線を図 2-3-2-19 に、特性値を表 2-3-2-8 に、主な破壊性状を写真 2-3-2-8 に示す。なお、完全弾塑性モデルから Py が算出不可能だったため、0.4Pm の値を採用している。

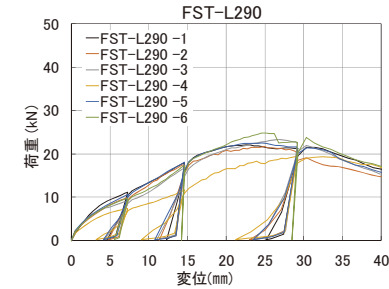


図 2-3-2-19 FST-L290 荷重変位曲線



写真 2-3-2-8 FST-L290 ビス頭めり込み  
その他、ビスの変形、CLT 材相互の離間

表 2-3-2-8 FST-L290 特性値

項目	試験体記号						平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値
	1	2	3	4	5	6					
2/3Pm (kN)	14.7	14.5	15.5	12.9	15.0	16.5	14.9	1.19	0.080	0.813	12.1
2/3 δ m (mm)	11.42	11.43	13.53	15.90	11.57	13.97	12.97	1.82			
Pm (kN)	22.0	21.8	23.3	19.4	22.5	24.8	22.3	1.79			
δ m (mm)	22.47	24.86	26.74	28.77	24.62	25.08	25.42	2.13			
降伏耐力 Py (kN)	8.8	8.7	9.3	7.7	9.0	9.9	8.9	0.73	0.082	0.808	7.1
δ v (mm)	4.39	5.55	7.69	8.40	5.47	7.50	6.50	1.58			
初期剛性 K (kN/mm)	2.00	1.57	1.21	0.92	1.65	1.32	1.45	0.38			
終局耐力 Pu (kN)	19.1	19.3	22.3	17.8	20.2	22.6	20.2	1.89	0.094	0.780	15.7
δ u (mm)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	0.00			
降伏点変位 δ v (mm)	9.50	12.30	18.40	19.30	12.30	17.10	14.82	3.98			
塑性率 μ = δ u / δ v	3.16	2.44	1.63	1.55	2.44	1.75	2.16	0.63			
構造特性係数 Ds	0.43	0.51	0.67	0.69	0.51	0.63	0.57	0.10			
短期基準耐力(kN)											7.1
接合具1本あたりの短期基準耐力(kN)											3.6
接合具1本あたりの初期剛性(kN/mm)											0.36

(3)2×4 壁枠組(上階)と CLT 床板

半ネジビス L85 とくぎ CN90 のせん断試験結果として、荷重変位曲線を図 2-3-2-20～図 2-3-2-23 に、特性値を表 2-3-2-9～表 2-3-2-12 に、主な破壊性状を写真 2-3-2-9～写真 2-3-2-12 に示す。

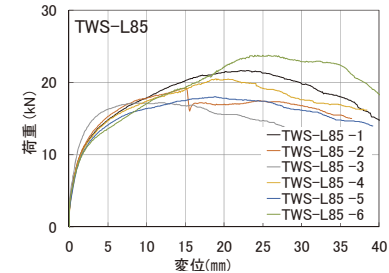


図 2-3-2-20 TWS-L85 荷重変位曲線

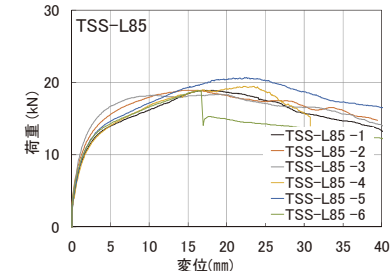


図 2-3-2-21 TSS-L85 荷重変位曲線

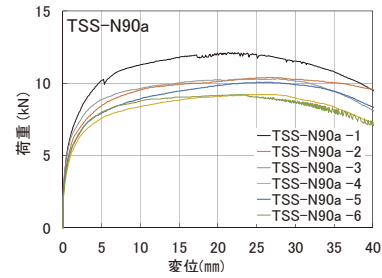


図 2-3-2-22 TSS-N90a 荷重変位曲線

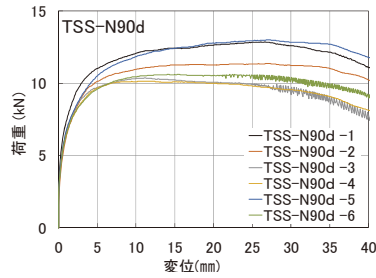


図 2-3-2-23 TSS-N90d 荷重変位曲線

表 2-3-2-9 TWS-L85 特性値

項目	試験体記号	TWS-L85						平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値
		1	2	3	4	5	6					
2/3Pm (kN)		14.4	12.9	11.5	13.7	12.0	15.9	13.4	1.62	0.121	0.717	9.6
2/3 δ m (mm)		4.61	2.86	1.38	3.91	2.82	8.24	3.97	2.36			
Pm (kN)		21.7	19.3	17.2	20.5	18.0	23.8	20.1	2.44			
δ m (mm)		23.22	15.14	12.10	19.19	18.84	24.32	18.80	4.66			
降伏耐力 Py (kN)		11.7	10.8	9.9	11.8	10.5	11.6	11.1	0.77	0.069	0.839	9.3
δ v (mm)		2.30	1.75	0.99	2.44	1.90	2.67	2.01	0.60			
初期剛性 K (kN/mm)		5.09	6.17	10.00	4.84	5.53	4.34	6.00	2.06			
終局耐力 Pu (kN)		19.6	17.2	16.0	18.5	16.7	20.1	18.0	1.65	0.092	0.785	14.1
δ u (mm)		30.00	30.00	27.84	30.00	30.00	30.00	29.64	0.88			
降伏点変位 δ v (mm)		3.85	2.78	1.59	3.82	3.02	4.64	3.28	1.06			
塑性率 μ = δ u / δ v		7.79	10.79	17.51	7.85	9.93	6.47	10.06	3.97			
構造特性係数 Ds		0.26	0.22	0.17	0.26	0.23	0.29	0.24	0.04			
短期基準耐力(kN)												<b>9.3</b>
接合具1本あたりの短期基準耐力(kN)												<b>2.3</b>
接合具1本あたりの初期剛性(kN/mm)												<b>1.50</b>

表 2-3-2-10 TSS-L85 特性値

項目	試験体記号	TSS-L85						平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値
		1	2	3	4	5	6					
2/3Pm (kN)		12.6	12.6	12.2	13.0	13.8	12.6	12.8	0.55	0.043	0.900	11.5
2/3 δ m (mm)		3.19	2.36		1.72	3.72	3.83	2.85	0.81			
Pm (kN)		18.9	18.9	18.3	19.5	20.7	18.9	19.2	0.83			
δ m (mm)		17.99	15.21	18.74	22.14	22.31	16.62	18.84	2.89			
降伏耐力 Py (kN)		11.1	11.0	10.5	11.0	11.8	11.2	11.1	0.42	0.038	0.911	10.1
δ v (mm)		2.17	1.60	1.17	2.23	2.32	1.98	1.91	0.44			
初期剛性 K (kN/mm)		5.12	6.88	8.97	4.93	5.09	5.66	6.11	1.57			
終局耐力 Pu (kN)		17.1	17.6	17.4	17.5	18.7	16.6	17.5	0.70	0.040	0.907	15.8
δ u (mm)		30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	16.93	27.82	5.34			
降伏点変位 δ v (mm)		3.33	2.57	1.94	3.54	3.66	2.94	3.00	0.66			
塑性率 μ = δ u / δ v		9.01	11.67	15.46	8.47	8.20	5.76	9.76	3.37			
構造特性係数 Ds		0.24	0.21	0.18	0.25	0.25	0.31	0.24	0.04			
短期基準耐力(kN)												<b>10.1</b>
接合具1本あたりの短期基準耐力(kN)												<b>2.5</b>
接合具1本あたりの初期剛性(kN/mm)												<b>1.53</b>

表 2-3-2-11 TSS-N90a 特性値

項目	試験体記号	TSS-N90a						平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値
		1	2	3	4	5	6					
2/3Pm (kN)		8.1	6.9	6.9	6.2	6.7	6.2	6.8	0.70	0.103	0.759	5.1
2/3 δ m (mm)		2.20	2.22	1.61	2.02	2.36	1.70	2.02	0.30			
Pm (kN)		12.1	10.4	10.3	9.2	10.1	9.2	10.2	1.06			
δ m (mm)		21.42	26.57	24.93	24.78	26.17	23.12	24.50	1.94			
降伏耐力 Py (kN)		6.9	6.1	6.0	5.6	6.2	5.4	6.0	0.52	0.087	0.797	4.7
δ v (mm)		1.29	1.29	0.95	1.49	1.73	1.11	1.31	0.28			
初期剛性 K (kN/mm)		5.35	4.73	6.32	3.76	3.58	4.86	4.77	1.02			
終局耐力 Pu (kN)		11.4	9.7	9.8	8.7	9.4	8.7	9.6	0.99	0.103	0.759	7.2
δ u (mm)		30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	0.00			
降伏点変位 δ v (mm)		2.12	2.06	1.54	2.29	2.63	1.79	2.07	0.38			
塑性率 μ = δ u / δ v		14.15	14.56	19.48	13.10	11.41	16.76	14.91	2.85			
構造特性係数 Ds		0.19	0.19	0.16	0.20	0.21	0.18	0.19	0.02			
短期基準耐力(kN)												<b>4.7</b>
接合具1本あたりの短期基準耐力(kN)												<b>1.2</b>
接合具1本あたりの初期剛性(kN/mm)												<b>1.19</b>

表 2-3-2-12 TSS-N90d 特性値

項目	試験体記号	TSS-N90d						平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値
		1	2	3	4	5	6					
2/3Pm (kN)		8.6	7.6	6.9	6.8	8.7	7.1	7.6	0.85	0.112	0.738	5.6
2/3 δ m (mm)		1.72	1.76	1.11	1.17	2.48	1.37	1.60	0.51			
Pm (kN)		12.9	11.4	10.4	10.2	13.0	10.6	11.4	1.26			
δ m (mm)		26.10	26.70	11.10	10.89	26.80	14.04	19.27	8.04			
降伏耐力 Py (kN)		7.8	6.4	5.9	5.6	7.5	6.1	6.6	0.90	0.136	0.682	4.5
δ v (mm)		1.21	1.06	0.70	0.61	1.53	0.84	0.99	0.35			
初期剛性 K (kN/mm)		6.45	6.04	8.43	9.18	4.90	7.26	7.04	1.58			
終局耐力 Pu (kN)		12.2	10.9	9.9	9.8	12.2	10.2	10.9	1.10	0.101	0.764	8.3
δ u (mm)		30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	0.00			
降伏点変位 δ v (mm)		1.90	1.81	1.18	1.07	2.46	1.41	1.64	0.52			
塑性率 μ = δ u / δ v		15.79	16.57	25.42	28.04	12.20	21.28	19.88	6.10			
構造特性係数 Ds		0.18	0.18	0.14	0.13	0.21	0.16	0.17	0.03			
短期基準耐力(kN)												<b>4.5</b>
接合具1本あたりの短期基準耐力(kN)												<b>1.1</b>
接合具1本あたりの初期剛性(kN/mm)												<b>1.76</b>



写真 2-3-2-9 TWS-L85 ビス頭めり込み  
ビスの変形



写真 2-3-2-10 TSS-L85 ビス頭めり込み  
ビスの変形



写真 2-3-2-11 TSS-N90a くぎの変形



写真 2-3-2-12 TSS-N90d くぎの変形

(4)2×4 壁枠組(下階)と CLT 床板

全ネジビス L290 と半ネジビス L135 のせん断試験結果として、荷重変位曲線を図 2-3-2-24～図 2-3-2-27 に、特性値を表 2-3-2-13～表 2-3-2-16 に、主な破壊性状を写真 2-3-2-13～写真 2-3-2-16 に示す。なお、TWS-L290 と TSS-L290 は完全弾塑性モデルから  $P_y$  が算出不可能だったため、 $0.4P_m$  の値を採用している

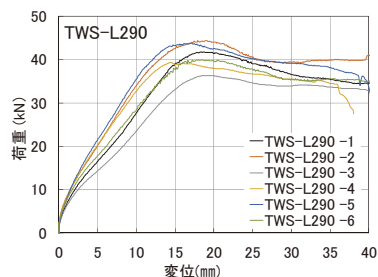


図 2-3-2-24 TWS-L290 荷重変位曲線

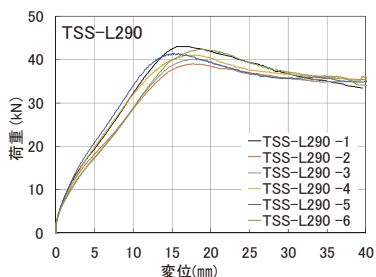


図 2-3-2-25 TSS-L290 荷重変位曲線

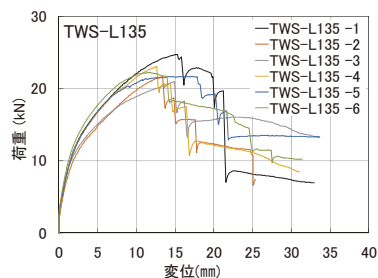


図 2-3-2-26 TWS-L135 荷重変位曲線

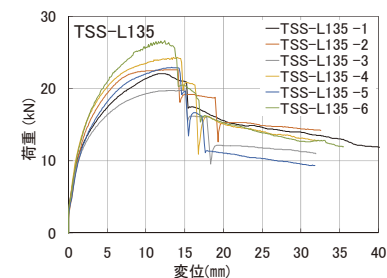


図 2-3-2-27 TSS-L135 荷重変位曲線

表 2-3-2-13 TWS-L290 特性値

項目	試験体記号	TWS-L290						平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値
		1	2	3	4	5	6					
2/3Pm (kN)		27.8	29.6	24.2	26.2	29.2	26.7	27.3	2.02	0.074	0.827	22.5
2/3 δ m (mm)		10.06	8.32	10.33	7.34	7.73	9.10	8.81	1.23			
Pm (kN)		41.8	44.4	36.4	39.4	43.8	40.0	41.0	2.99			
δ m (mm)		18.26	17.94	19.57	14.46	17.13	17.22	17.43	1.70			
降伏耐力 Py (kN)		16.7	17.8	14.5	15.7	17.5	16.0	16.4	1.23	0.075	0.825	13.5
δ v (mm)		5.10	4.15	5.12	3.30	3.62	4.08	4.23	0.75			
初期剛性 K (kN/mm)		3.27	4.29	2.83	4.76	4.83	3.92	3.98	0.81			
終局耐力 Pu (kN)		38.4	40.5	33.6	35.9	39.9	36.0	37.4	2.66	0.071	0.834	31.1
δ u (mm)		30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	0.00			
降伏点変位 δ v (mm)		11.70	9.50	11.80	7.50	8.20	9.20	9.65	1.78			
塑性率 $\mu = \delta u / \delta v$		2.56	3.16	2.54	4.00	3.66	3.26	3.20	0.58			
構造特性係数 Ds		0.49	0.43	0.50	0.38	0.40	0.43	0.44	0.05			
短期基準耐力(kN)											13.5	
接合具1本あたりの短期基準耐力(kN)											3.4	
接合具1本あたりの初期剛性(kN/mm)											1.00	

表 2-3-2-14 TSS-L290 特性値

項目	試験体記号	TSS-L290						平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値
		1	2	3	4	5	6					
2/3Pm (kN)		28.7	26.0	26.7	27.4	27.7	28.2	27.5	0.99	0.036	0.916	25.1
2/3 δ m (mm)		8.68	8.80	9.15	8.07	7.62	9.77	8.68	0.76			
Pm (kN)		43.1	39.0	40.1	41.1	41.5	42.3	41.2	1.48			
δ m (mm)		16.01	17.79	17.82	18.56	15.26	18.63	17.35	1.39			
降伏耐力 Py (kN)		17.2	15.6	16.0	16.4	16.6	16.9	16.5	0.59	0.036	0.916	15.1
δ v (mm)		4.04	3.72	4.32	3.71	3.40	4.82	4.00	0.51			
初期剛性 K (kN/mm)		4.26	4.19	3.70	4.42	4.88	3.51	4.16	0.50			
終局耐力 Pu (kN)		38.8	35.1	36.2	37.1	36.9	38.7	37.1	1.43	0.039	0.909	33.7
δ u (mm)		30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	0.00			
降伏点変位 δ v (mm)		9.10	8.40	9.80	8.40	7.60	11.00	9.05	1.21			
塑性率 $\mu = \delta u / \delta v$		3.30	3.57	3.06	3.57	3.95	2.73	3.36	0.43			
構造特性係数 Ds		0.42	0.40	0.44	0.40	0.38	0.47	0.42	0.03			
短期基準耐力(kN)											15.1	
接合具1本あたりの短期基準耐力(kN)											3.8	
接合具1本あたりの初期剛性(kN/mm)											1.04	

表 2-3-2-15 TWS-L135 特性値

項目	試験体記号	TWS-L135						平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値
		1	2	3	4	5	6					
2/3Pm (kN)		16.5	14.5	14.0	15.4	14.5	14.8	15.0	0.89	0.059	0.862	12.9
2/3 δ m (mm)		4.76	4.79	4.04	4.09	3.42	3.12	4.04	0.68			
Pm (kN)		24.7	21.7	21.0	23.0	21.7	22.2	22.4	1.31			
δ m (mm)		15.29	13.40	14.91	12.61	16.45	11.52	14.03	1.84			
降伏耐力 Py (kN)		12.5	10.8	11.0	11.9	11.4	11.7	11.6	0.62	0.053	0.876	10.1
δ v (mm)		2.35	2.23	2.07	2.09	1.99	1.75	2.08	0.21			
初期剛性 K (kN/mm)		5.32	4.84	5.31	5.69	5.73	6.69	5.60	0.63			
終局耐力 Pu (kN)		21.6	18.3	18.1	19.8	20.0	19.7	19.6	1.28	0.065	0.848	16.6
δ u (mm)		19.96	13.67	15.23	14.57	20.39	17.07	16.82	2.83			
降伏点変位 δ v (mm)		4.07	3.77	3.39	3.48	3.48	2.95	3.52	0.38			
塑性率 $\mu = \delta u / \delta v$		4.90	3.63	4.49	4.19	5.86	5.79	4.81	0.89			
構造特性係数 Ds		0.34	0.40	0.35	0.37	0.31	0.31	0.35	0.04			
短期基準耐力(kN)											10.1	
接合具1本あたりの短期基準耐力(kN)											2.5	
接合具1本あたりの初期剛性(kN/mm)											1.40	



表 2-3-2-16 TSS-L135 特性値

項目	試験体記号						平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき係数	5%下限値
	1	2	3	4	5	6					
2/3Pm (kN)	14.7	15.1	13.2	16.2	15.3	17.7	15.4	1.51	0.098	0.771	11.8
2/3 δ m (mm)	3.11	2.60	2.61	2.65	3.22	3.26	2.91	0.32			
Pm (kN)	22.1	22.6	19.8	24.3	22.9	26.6	23.1	2.27			
δ m (mm)	12.00	13.09	15.07	13.52	13.32	12.42	13.24	1.06			
降伏耐力 Py (kN)	11.7	12.5	10.9	13.5	12.3	14.6	12.6	1.31	0.104	0.757	9.5
δ v (mm)	1.62	1.76	1.60	1.72	1.95	2.10	1.79	0.20			
初期剛性 K (kN/mm)	7.22	7.10	6.81	7.85	6.31	6.95	7.04	0.51			
終局耐力 Pu (kN)	19.8	20.5	18.2	22.1	20.7	24.1	20.9	2.02	0.097	0.773	16.1
δ u (mm)	15.42	18.99	15.36	16.45	15.18	14.10	15.92	1.68			
降伏点変位 δ v (mm)	2.75	2.88	2.67	2.82	3.29	3.46	2.98	0.32			
塑性率 $\mu = \delta u / \delta v$	5.61	6.59	5.75	5.83	4.61	4.08	5.41	0.91			
構造特性係数 Ds	0.31	0.29	0.31	0.31	0.35	0.37	0.32	0.03			
短期基準耐力(kN)											9.5
接合具1本あたりの短期基準耐力(kN)											2.4
接合具1本あたりの初期剛性(kN/mm)											1.76



写真 2-3-2-13 TWS-L290 ビス頭のめり込み  
ビスの変形、引き抜け



写真 2-3-2-14 TSS-L290 ビス頭のめり込み  
ビスの変形、引き抜け



写真 2-3-2-15 TWS-L135 ビス頭のめり込み  
ビスの変形、折損、引き抜け



写真 2-3-2-16 TSS-L135 ビス頭のめり込み  
ビスの変形、折損、引き抜け

#### 4) 考察

##### (1)CLT 床-床接合(弱軸接合)

くぎ CN75 と半ネジビス L85 の降伏耐力  $P_y$  を比較すると、せん断試験、引張試験共に半ネジビス L85 の方が 1.5 倍程度高い結果となった。引張試験とせん断試験の降伏耐力  $P_y$  を比較するとくぎ CN75、半ネジビス L85 共にせん断試験の方が高い結果となったが、破壊性状を見る限り少なくとも縁距離の影響はないため、繊維の向き、せん断試験において合板の回転することによって生じる摩擦及び繰り返しの影響等が考えられる。

くぎ CN75 について引張試験とせん断試験の剛性 K を比較すると、引張試験の方がせん断試験より剛性が高い結果となった。せん断試験は CLT の表層が繊維平行方向のため、初期滑りが大きいと思われる。

##### (2)CLT 床-床接合(強軸接合)

図 2-3-28 に示すとおり荷重をビス 1 本あたりに換算して、FSS-L290 と FST-L290 を比較すると両者の強度性能にほとんど違いは見られないが、FST-L290 の方は 2 次剛性が生じていることにより、完全弾塑性モデルによる  $P_y$  の算定が不可能であったため、0.4Pm の値と  $P_y$  として算出している。このため、 $P_y$  は後者の方が低く評価されている。

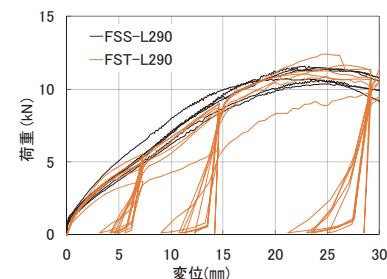


図 2-3-2-28 FSS-L290 と FST-L290  
ビス 1 本あたりの荷重変位曲線の比較

##### (3)2×4 壁枠組(上階)と CLT 床板

TWS-L85 と TSS-L85 の強度性能を比較すると、繊維方向による違いはほとんど見られなかった。TSS-N90a と TSS-N90d は、くぎ CN90 の打つ位置を幅はぎ部に一致する場合と一致しない場合を比較したものであるが、降伏耐力はほぼ違いは無いものの、幅はぎ位置にくぎを打つことによって剛性が約 7 割に低下することが分かった。前者の試験体はくぎが引き抜けやすくなるため、終局耐力もやや低い傾向にある。写真 2-3-2-16 のとおり破壊性状を比較すると(両者の試験は同じ試験体材を使って実施している)、くぎが幅はぎ位置に打たれた場合、幅はぎ部分を押し広げるようにくぎが貫入していることが分かる。このため滑りが生じ、剛性が低下しているものと考えられる。なお、ビスが幅はぎ位置に一致した場合には、文献<sup>5)</sup>によって影響がないことが明らかになっているため、試験を省略している。幅はぎ部分を接着した CLT 材については検証されていないが、安全側に考えて TWS-N90d の値を用いれば良いと思われる。

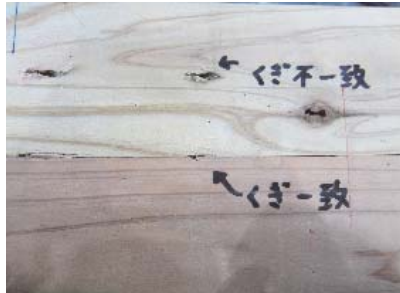


写真 2-3-2-17 TWS-N90a と TWS-N90d の試験終了後の材面の比較

#### (4)2×4 壁枠組(下階)と CLT 床板

TWS-L290 と TSS-L290 については、(2)の FST-L290 と同様、降伏耐力  $P_y$  が算出不可能なため  $0.4P_m$  の値が採用されていることから、(2)の FSS-L290 より低い評価となっている。また、(2)のハーフラップジョイントのせん断面は中央であるが、こちらはネジ先端よりにせん断面が位置するため、二次剛性が生じやすいと思われる。

全ネジビス L290 と半ネジビス L135 を比較すると、降伏耐力  $P_y$  は前者が上回るが、剛性  $K$  は後者が上回る結果となった。

### 文 献

- 1) Minoru OKABE, Motoi YASUMURA, Kenji KOBAYASHI, Takeshi HAEAMIISHI, Yo NAKASHIMA, Kazuhiko FUJITA : Effect of Vertical Load under Cyclic Lateral Load Test for Evaluating Sugi CLT Wall Panel : Proceedings of the WCTE2012, Auckland city, New Zealand, 2012
- 2) 木構造振興(株) : CLT パネルを用いた中高層建築物の接合部性能の検証事業報告書 (平成 25 年度林野庁補助事業),64-78,2013
- 3) 青木謙治、杉本健一、孕石剛志、村田忠、岡部実 : スギを用いた CLT をビス留めした床構面の面内せん断性能 : 木材工業,556-561,2013 No.11
- 4) (公財)日本住宅・木材技術センター編:木造軸組工法住宅の許容応力度設計.579-587(2008)
- 5) 林健太、小林研治、安村基、鈴木圭 : スギ CLT の強度性能に及ぼすラミナ物性の影響 (その 2)CLT 構造における鋼板添え板ビス接合部の一面せん断性能 : 2013 年度日本木材学会中部支部大会講演要旨集, 第 23 号, pp. 24-25, 2013

## 2.4 配置基準

### 2.4.1 製品規格

- 1) CLT パネルで床構面を構成する場合は CLT 床版とし厚 150mm 又は 210mm を用い、屋根構面を構成する場合は CLT 屋根版とし厚 90mm 又は 150mm を用いる。
- 2) CLT パネル幅は、基本モジュール (一般的に 1000mm を 1P とする) に従い、パネル幅は 2000mm (2P) を標準とする。サブモジュールは  $1/2P$ ,  $1/3P$ ,  $1/4P$  とすることができる。

### 2.4.2 形状ルール

- 1) 床・屋根を構成する CLT パネル形状は原則矩形とし、現場での製品加工による凹凸加工は避ける。ただし工場や現場で加工可能な設備配管等の小開口 (丸穴や箱抜き) は除く。
- 2) CLT パネルで構成する床版・屋根版は、1) の矩形パネルを元に構成し、床開口や切欠きを設ける事が出来る。

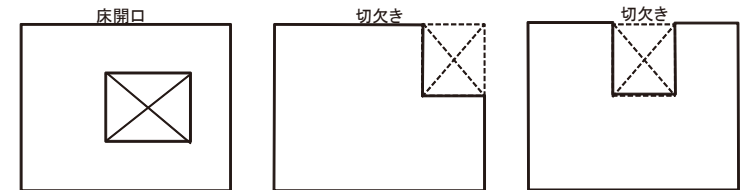


図 2-4-2-1

- 3) CLT 床版で耐力壁線に囲まれた部分の形状比は、短辺と長辺の比が  $1:3$  以下を原則とする。2) で切欠きを行う場合、切欠き部を除いた矩形形状比とする。なお CLT 屋根版は、前述の床形状比制限に従う。

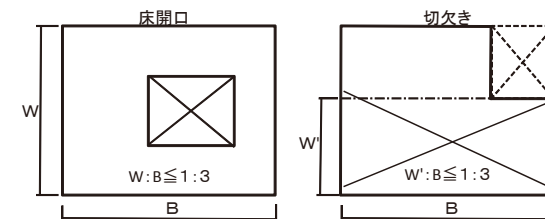


図 2-4-2-2

### 2.4.3 スパン割付

- 1) CLT パネルの支点間距離 (スパン) は、別途に設けた用途別床版・屋根版スパン表により設計する。なお床版のスパンは歩行振動を考慮する。また設計スパンを超える場合は床梁等の適切な床補強を行う。
- 2) CLT パネルは、一方方向スラブ単純梁 (持出し梁含む) として設計し、二方向スラブや連続梁とする場合は、別途構造計算を行い安全を確かめる。

3) CLTパネルは、枠組壁工法による耐力壁・支持壁、支持柱、またはこれに準ずる構造、及び構造用梁で支持する。

4) CLTパネルで構成する床版は、原則としてスパン方向が同一方向になるように設計を行う。但し床パネル切り返しを行う場合は、パネル同士の接合に注意して、下部に支持壁や支持梁を配置することにより配列・割付を行う。

#### 2.4.4 割付配置

1) CLT床版・屋根版は、矩形パネルのみの組合せで構成する配置設計とする。

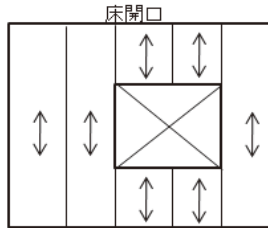


図 2-4-4-1

2) 床開口は建物幅・長さのそれぞれ  $1/2$  以下とする。その際、床開口の隅角部には、必ず CLT 床パネル相互に並行及び直交する引き寄せ金物補強を行って CLT 床版のせん断力に対する靱性を確保しなければならない。

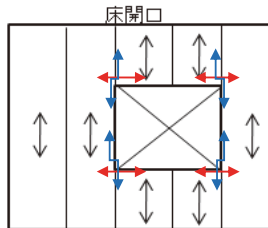


図 2-4-4-2

3) CLT床版・屋根版の標準的な接合は、スパン方向のパネル相互を合板スプラインによる上部嵌合接合とし、パネル端部の外周納まりを外壁端まで納めとし、パネル端部の内部納まりは内壁芯納め又は内壁芯納めとして割付ける。

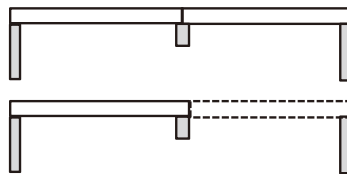


図 2-4-4-2

4) CLT床持ち出しバルコニーは、強軸スパン方向による一方向持ち出しを原則とする。なお、二方向持ち出しを行う場合、弱軸強度に留意したスパン表によるか、又は床梁を併用して床パネル切り返し設計とする。

5) CLT床版がセットバック、オーバーハングに関わる場合は、構造計算により安全を確かめる。ただし上階に耐力壁が乗るオーバーハングの出は 1m以内とする。

6) CLT床版に外周に接しない開口を設ける場合、開口のサイズは、別途に設ける「CLT床開口周辺の接合補強仕様表」を参照することとする。

7) CLT床版に外周に接する開口を設ける場合、開口外周につなぎ材を兼ねた耐風梁を設ける。なお耐風梁は別途構造計算により断面を決定する。

8) CLT床版の隅角に入隅を設ける場合、入隅のサイズは、別途に設ける「CLT床開口周辺の接合補強仕様表」による。

9) CLT床版では原則として、一つの構造区画内で床を交差させない。止むを得ず設ける場合は、床梁を用いて床を切返か隣接する床版により支持する。

10) 上下階の耐力壁線位置は床版厚み分のズレを除き、原則一致とする。但し、支持壁や間仕切壁のような鉛直荷重のみを負担するものは、構造計算により適切な補強を行って設ける事が出来るものとする。

11) CLT床版と土台又は耐力壁の頭つなぎとは、構造計算により求めた短期せん断力を安全に伝達できる接合部設計である事を確かめる。

※1・・・製品サイズは、2015年1月現在で生産可能なサイズとした。

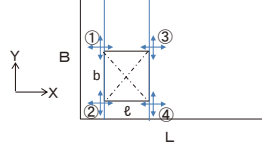
【CLT床開口周辺の接合補強仕様表】

仮定条件：CLT床接合金物・接合員の原則として、CLTパネル長さ方向(Y方向)の接合は「釘接合」とし、幅方向(X方向)の接合は構造用番金物として検討を行った。また金物仕様は、日本住宅木材技術センターのCマーク認定品とし、下表を用いた。

■HOWTEC接合金具

X方向	Cマーク帯金物短期許容耐力表	記号	耐力・D-fir/Hem-fir/SPF共通(KN)	接合金具	
				1	2
			2.4	S-30S	タピンネジSTS-C45×4
				S-60S	タピンネジSTS-C45×8
Y方向	釘接合		8.8	S-85S	タピンネジSTS-C65×1.6
				CN65@150	CN65@150x720N/本-1m
				CN65@100	CN65@100x720N/本-1m

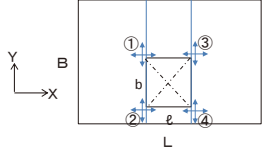
1. 外周寄り床開口の場合



X方向	Y方向	幅8m長さ12m床版 適用する開口幅(m)×開口長(m)	幅4m長さ12m床版 適用する開口幅(m)×開口長(m)
S-85S/CN65@100		1x1~1x4 2x1~2x4 3x1~3x2 4x1~4x2	1x1~1x2 2x1

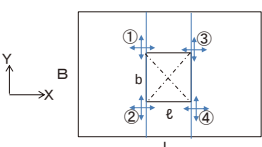
注)幅b/2以内の制限内で幅1m~4m長さ1m~4mの床開口の周辺に設ける接合金物

2. 内部一般開口の場合



X方向	Y方向	幅8m長さ12m床版 適用する開口幅(m)×開口長(m)	幅4m長さ12m床版 適用する開口幅(m)×開口長(m)
S-60S/CN65@150		1x1~1x4 2x1~2x4 3x1~3x4 4x1~4x4	1x1~1x4 2x1~2x4

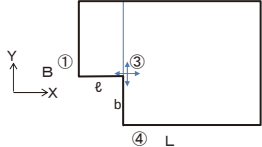
注)幅b/2以内の制限内で幅1m~4m長さ1m~4mの床開口の周辺に設ける接合金物



X方向	Y方向	幅8m長さ12m床版 適用する開口幅(m)×開口長(m)	幅4m長さ12m床版 適用する開口幅(m)×開口長(m)
S-60S/CN65@150		2x1~2x4 3x1~3x4 4x1~4x4	1x1~1x4 2x1~2x4

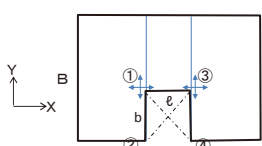
注)幅b/2以内の制限内で幅1m~4m長さ1m~4mの床開口の周辺に設ける接合金物

3. 切り欠きの場合



X方向	Y方向	幅8m長さ12m床版 適用する開口幅(m)×開口長(m)	幅4m長さ12m床版 適用する開口幅(m)×開口長(m)
S-60S/CN65@150		1x1~1x4 2x1~2x4 3x1~3x4 4x1~4x4	1x1~1x4 2x1~2x4

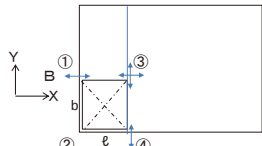
注)幅b/2以内の制限内で幅1m~4m長さ1m~4mの床開口の周辺に設ける接合金物  
※切り欠き(端部)は①、④の応力が下階壁線に拘束されるので、床パネル相互の接合は発生しないと考える



X方向	Y方向	幅8m長さ12m床版 適用する開口幅(m)×開口長(m)	幅4m長さ12m床版 適用する開口幅(m)×開口長(m)
S-85S/CN65@100		1x1~1x4 2x1~2x4 3x1~3x4 4x1~4x4	1x1~1x4 2x1~2x4

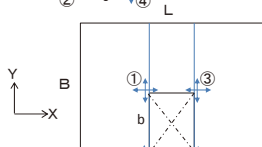
注)幅b/2以内の制限内で幅1m~4m長さ1m~4mの床開口の周辺に設ける接合金物  
※切り欠き(中央)は②、③の応力が下階壁線に拘束されるので、床パネル相互の接合は発生しないと考える

4. 端部開口(ツナギ梁有りの場合)



※該当金物無し・床開口内周下部に耐力壁または支持壁を設ける場合は設計可能

※端部隅角開口(梁有り)において①のY方向、④のX方向が下階壁線に拘束され、床パネル相互の接合は発生しないと考える。なお①のX方向、④のY方向は片面となるため解析節点に生じるせん断応力1/2とした



※端部中央開口(梁有り)において②のX方向、④のX方向が下階壁線に拘束され、床パネル相互の接合は発生しないと考える。なお②のY方向、④のY方向は片面となるため解析節点に生じるせん断応力1/2とした

12) 床開口部周辺のパネル割り付けルール

- ①モジュールに合わせて大版を割り付ける。
- ②床パネルの支持は原則として強軸方向2辺とする。

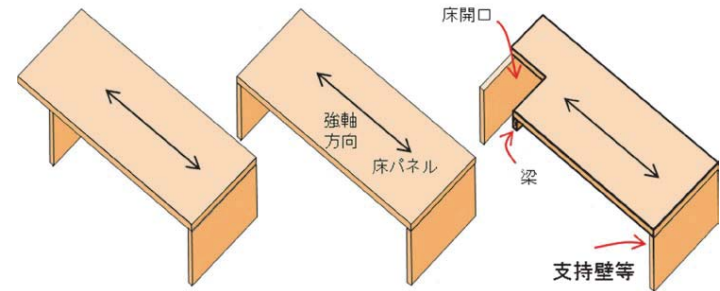


図 2-4-4-3

- ③床開口縁に梁又は支持壁を設けて端縁を梁で支持する。
- ④梁が設けられない場合は隣接する床パネルに乗せ架ける。

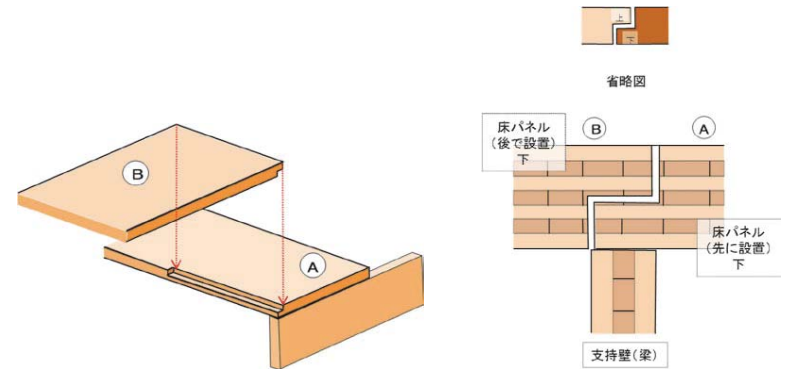
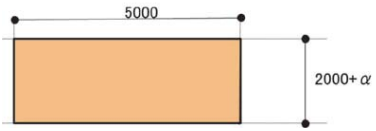


図 2-4-4-4

⑤以下に、開口部周辺のパネル割り付け例を示す



▽…支持部（梁または支持壁）

○A→○B…床ネル設置順序

\*パネルサイズはトラックに平積可能なサイズ

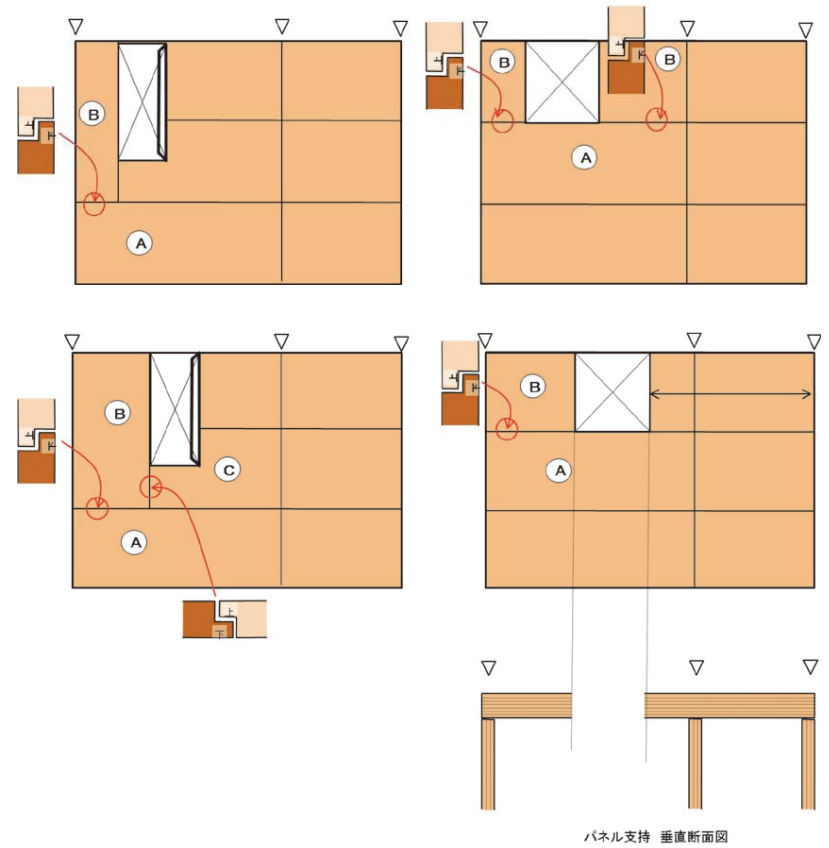
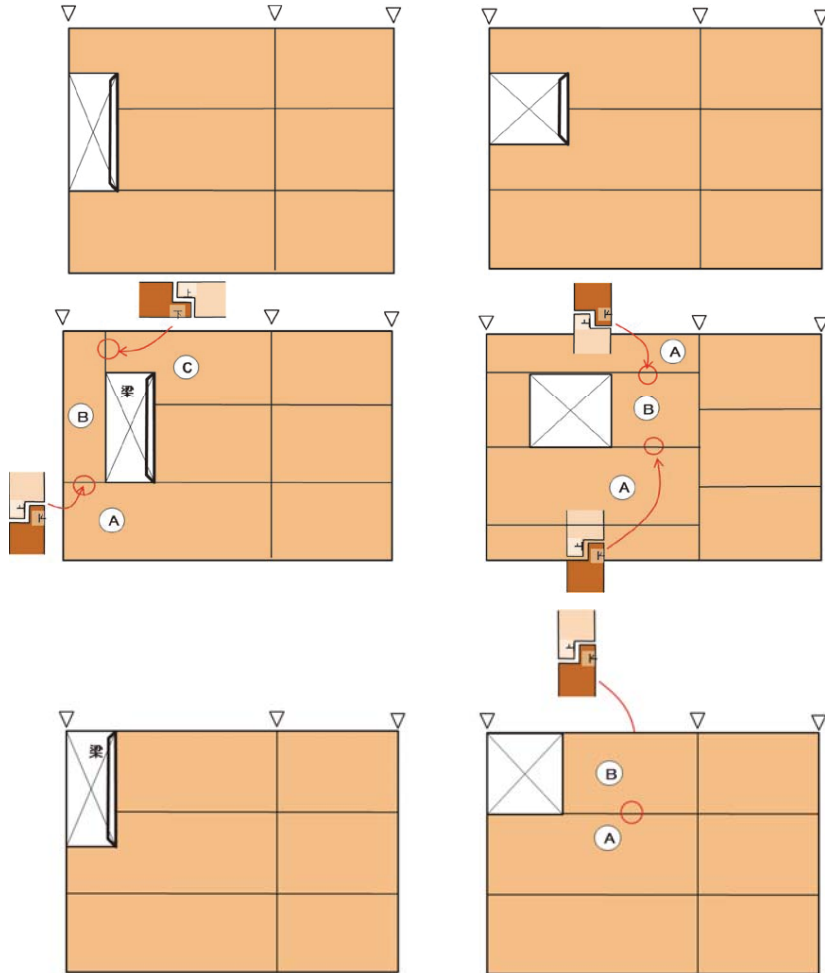


図 2-4-4-5

## 2.4.5 床版の穴あけに関する検討

### 1) 給排水の場合

スパン表、5層7プライ・共同住宅の床版検討結果を用いて、給排水管用穴あけを行う場合の断面欠損による床版の応力に対する検討を行う。

1. C L T床版は、5層7プライ、スパン 5529 mm（スパン表共同住宅床最大スパン）とする。
2. 床に作用する外力は、スパン表より C L T自重+共同住宅用床固定荷重+積載荷重=840+1680+1800=4320N/m<sup>2</sup>とする。
3. 5層7プライの基準曲げ強度は、108514N・mとする。
4. 床版穴あけは、400 mmとして以下に示すよう断面欠損率を算定し、基準曲げ強度の低減率とする。

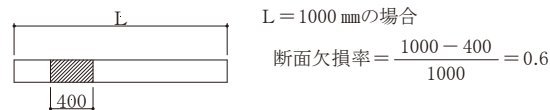


図 2-4-5-1 検討モデル

穴あけによる長期許容曲げモーメント = 基準曲げ強度 / 3 × 1.1 × 低減率  
 $= 108514 / 3 \times 1.1 \times 0.60 = 23873 \text{ N}\cdot\text{m}$

中央曲げモーメント =  $\frac{4320 \times 5.529^2}{8} = 16508 \text{ N}\cdot\text{m} < 23873 \text{ N}\cdot\text{m}$  (余裕率 0.69)

上記計算結果では、床版穴あけによる曲げモーメントに対する影響はないと判断できる。これは、スパン表計算において最大スパンを決定する要因が曲げではなく、変形制限に起因するためである。

床版スパン中央は、曲げ・変形とも最大となる部分なので穴あけをおこなうのは適切ではないと判断し、スパン中央よりスパン/8 の距離の部分の穴あけの回避を提案する。なお、C L T床版外周はせん断力伝達のための接合具が配置されるため、縁から 90 mm の範囲は穴あけ禁止とする。

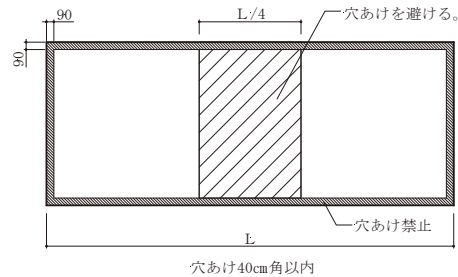


図 2-4-5-2 床版への穴あけルール

(参考) 有限要素法 (FEM) による解析例

参考として、一般住宅におけるトイレ給排水管設置による穴あけを行った床版の FEM 解析例を示す。以下に一般的な穴あけ位置を示す。

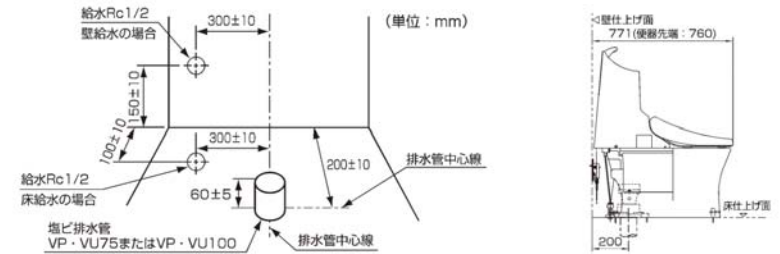


図 2-4-5-3 トイレ給排水管設置による一般的な穴あけ例

上記の寸法を構造躯体からの寸法に読み替えると以下ようになる。

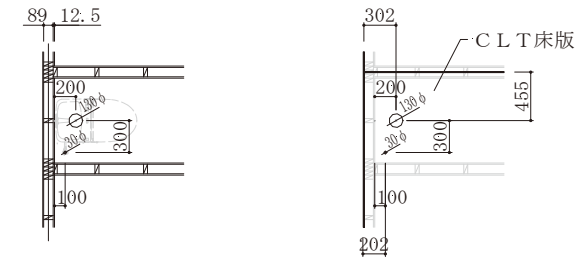


図 2-4-5-4 構造躯体からの寸法

巾 2000 mm × スパン 5000 mm の C L T床版に対し、上図に示すような給排水管設置のための穴あけがなされる場合についての検討を行う。応力算定には、Super Build/FEM (ユニオンシステム社製) を使用する。プログラムの制約上、穴径は給水・排水とも 130 φ に統一し、モデルは以下に示す 5 ケースおよび穴あけ無しの場合とする。

C L Tパネルの弾性係数は、参考文献 1) より強軸方向ヤング係数 4.041 kN/mm<sup>2</sup>、弱軸方向ヤング係数 0.866 kN/mm<sup>2</sup> とする。

C L T床版に作用する鉛直力は、単位面積あたり C L T床版自重 (840 N/m<sup>2</sup>) + 一般住宅用床仕上げ荷重 (180 N/m<sup>2</sup>) + 積載荷重 (1800 N/m<sup>2</sup>) の 2820 N/m<sup>2</sup> とし、両端ピンローラーモデルで解析を行う。



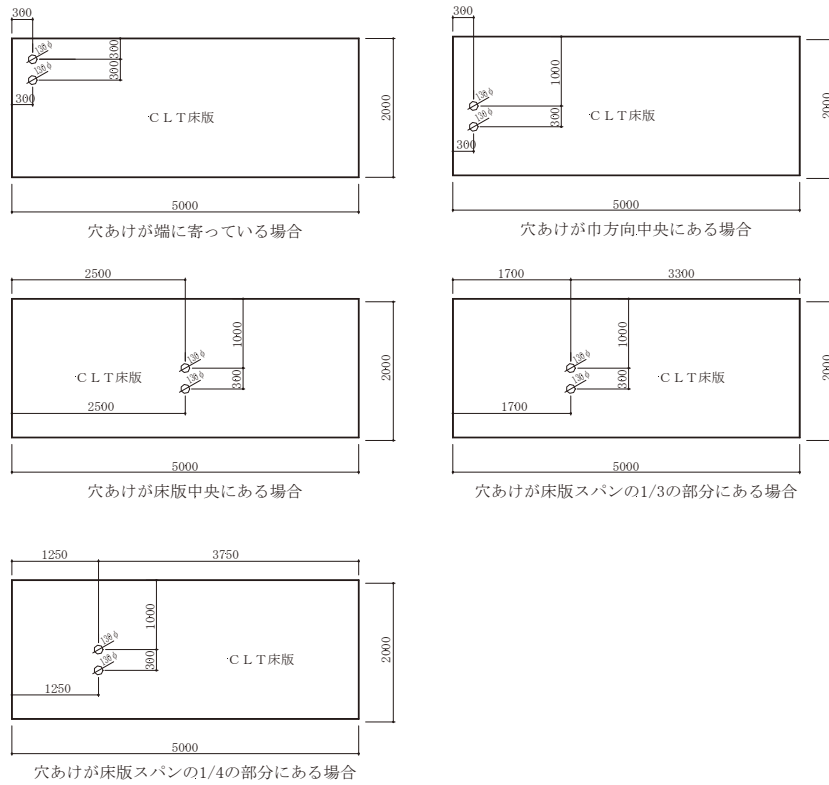


図 2-4-5-5 穴あけ位置による解析パターン

解析を行った結果、床版端部に比べて、床版中央部からスパン 1/4 の部分に穴あけを行った場合、穴まわりへの応力集中の度合いが大きくなることが確認された。このことから床版中央付近への穴あけは極力行わないこと、穴あけをする際には穴あけ位置の検討をあらかじめ行うことが望ましいと言える。検討を行うには今後CLT床版の許容応力および材料特性が明らかになることが必要である。

以下に、強軸および弱軸方向曲げ応力分布（コンタ図）を示す。

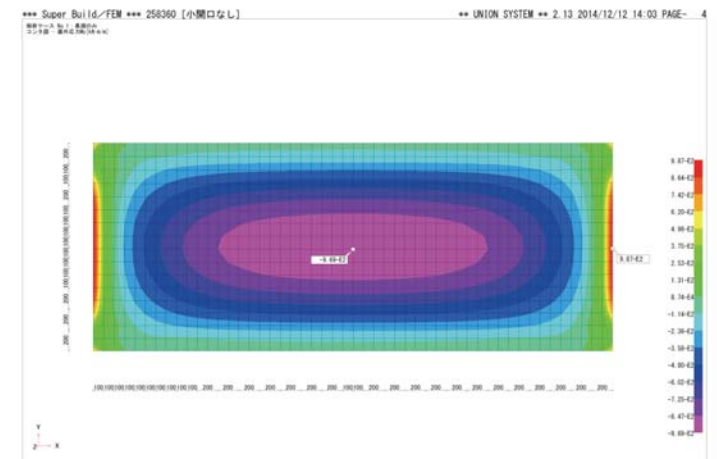
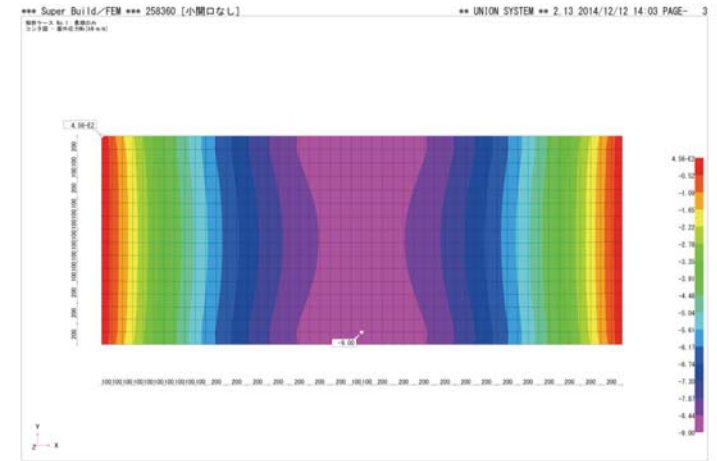


図 2-4-5-6 穴あけ無しの場合



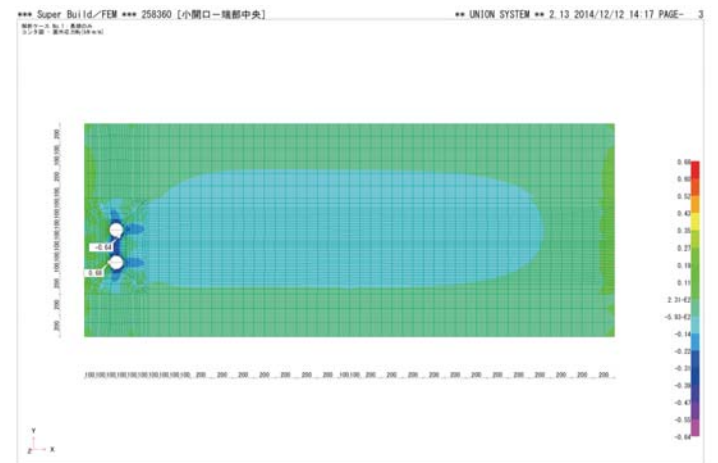
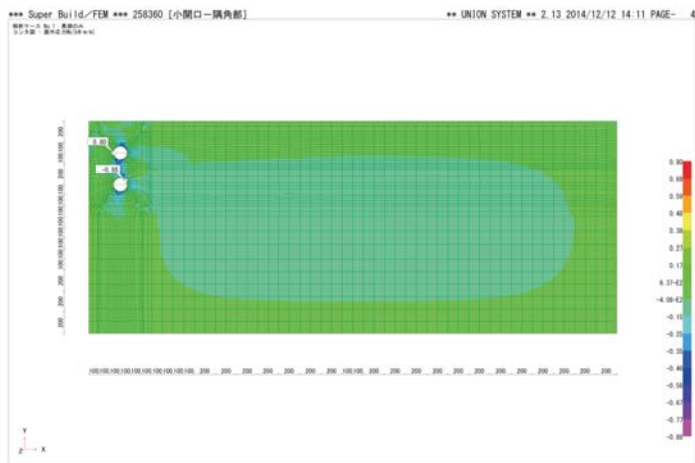
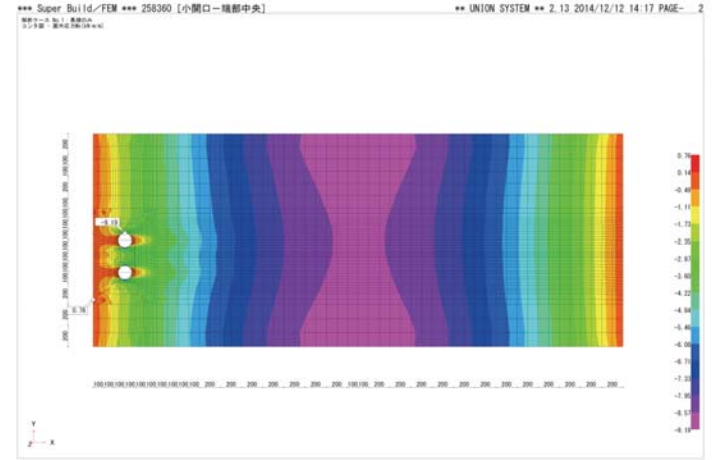
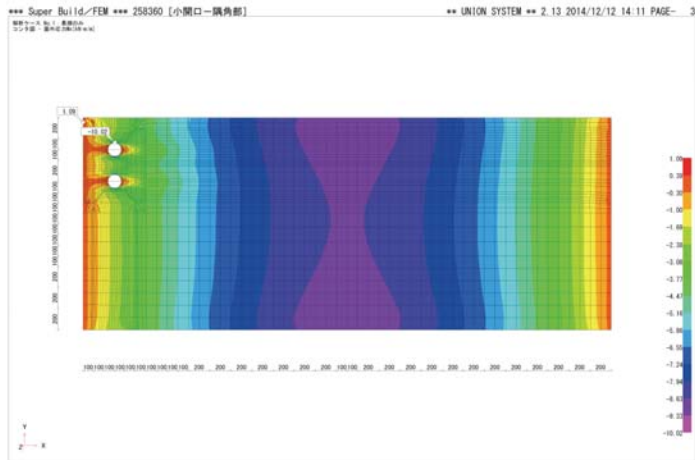


図 2-4-5-7 穴あけが端に寄っている場合

図 2-4-5-8 穴あけが巾方向中央にある場合

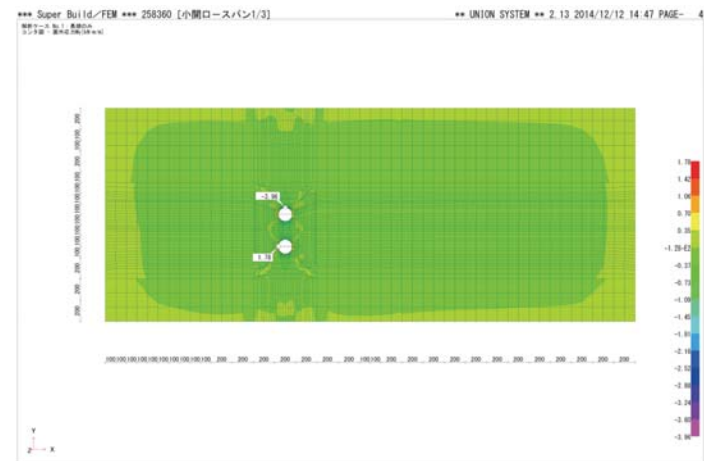
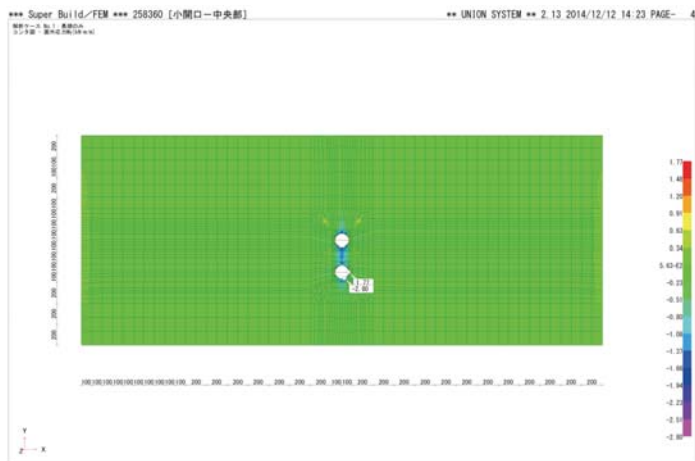
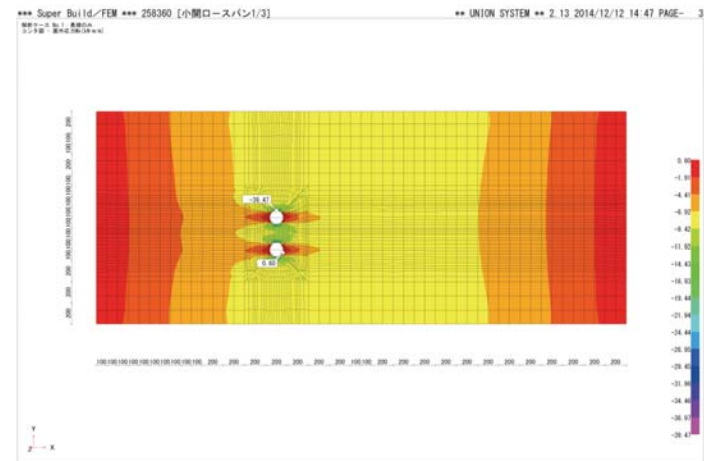
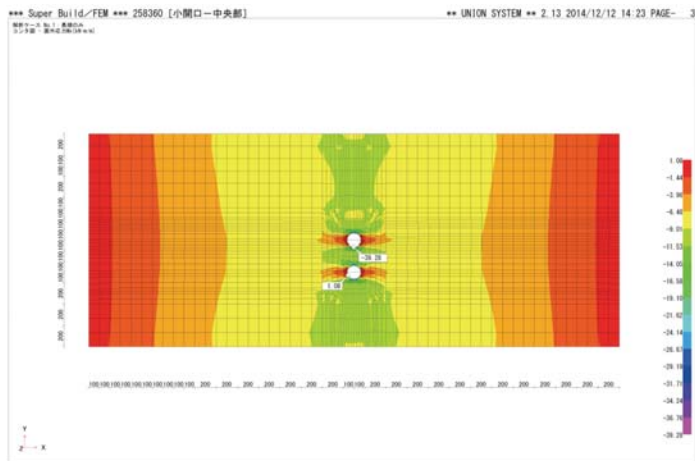


図 2-4-5-9 穴あけが床版中央にある場合

図 2-4-5-10 穴あけが床版スパンの 1/3 にある場合

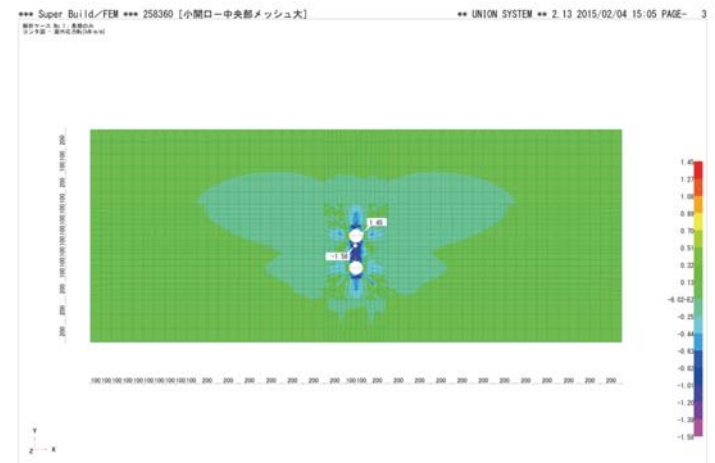
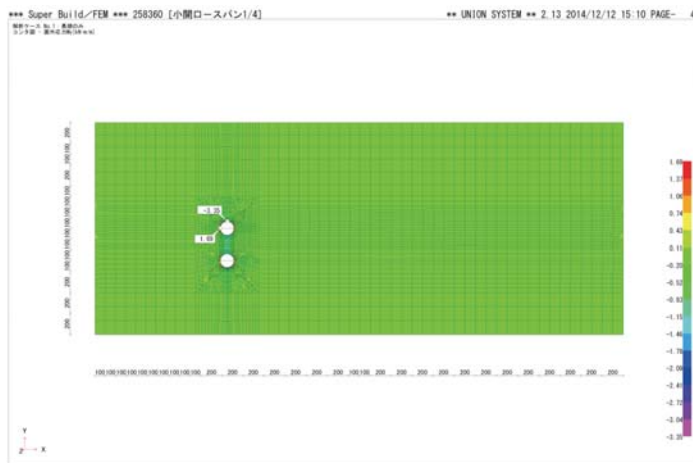
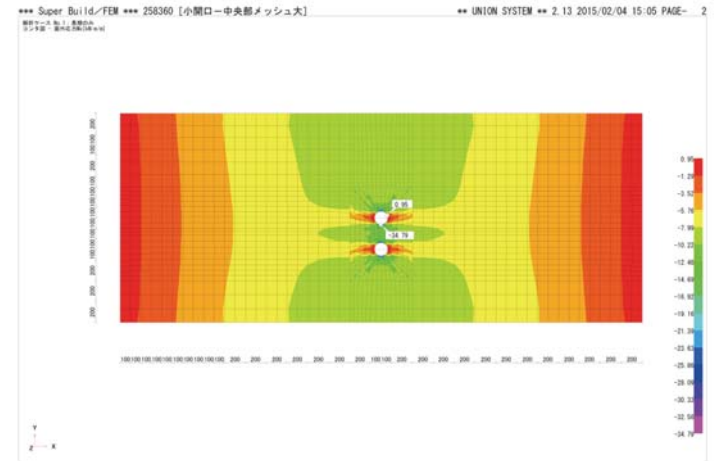
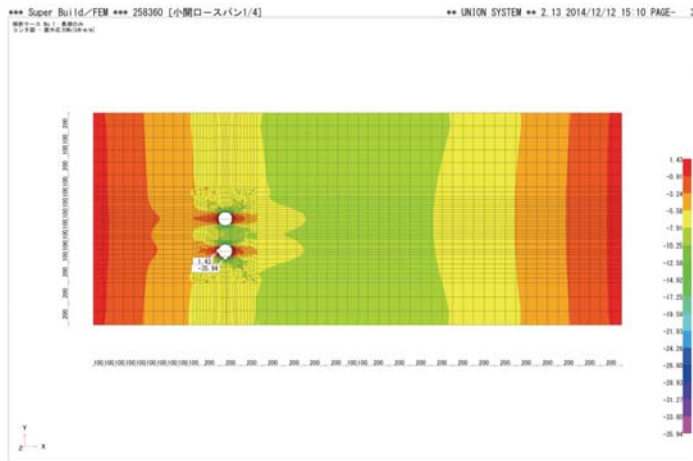


図 2-4-5-11 穴あけが床版スパンの 1/4 にある場合

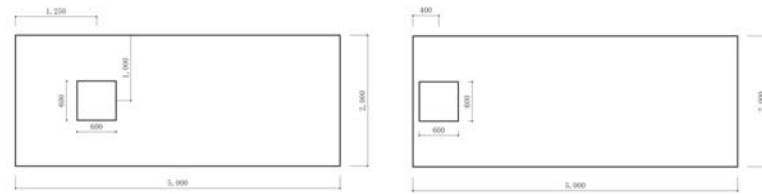
図 2-4-5-12 穴あけが床版中央にある場合：メッシュサイズを大きくした場合

さらに、穴あけを床版中央に行った場合について、穴まわりのメッシュサイズを大きくして再度 FEM 解析を行い、強軸および弱軸方向曲げ応力分布を求めた結果を以下に示す。これによると最大応力はメッシュサイズが細かい場合に比べて減少しており、実際の CL T 床版における応力集中度合いを再現するメッシュサイズ等の解析条件について、実験による検討が今後必要であると思われる。

2) ダクトスペースの場合

次に、ダクトスペースのための床開口についても FEM 解析による検討を行う。

巾 2000 mm × スパン 5000 mm の C L T 床版に対し、以下に示すようなダクトスペースのための穴あけがなされる場合についての検討を行う。応力算定の条件は前項と同じとし、穴あけ位置は下記に示す 2 ケースとする。



穴あけが床版スパンの 1/4 の部分にある場合

穴あけが巾方向中央にある場合

図 2-4-5-13 穴あけ位置による解析パターン

解析を行った結果、トイレ給排水のための穴あけと同様、穴あけ周囲における応力集中が発生していることが分かる。今後、C L T 床版に穴あけを行った際の応力集中を考慮した設計を行うためには、C L T の許容応力および材料特性を定めることが必要である。

以下に、強軸および弱軸方向曲げ応力分布（コンタ図）を示す。

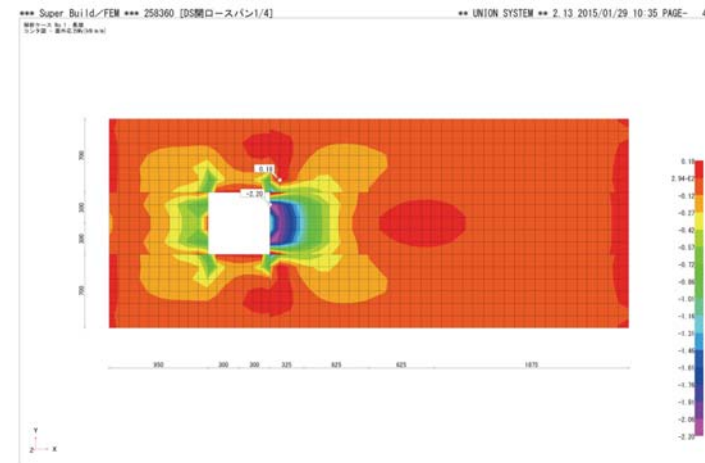
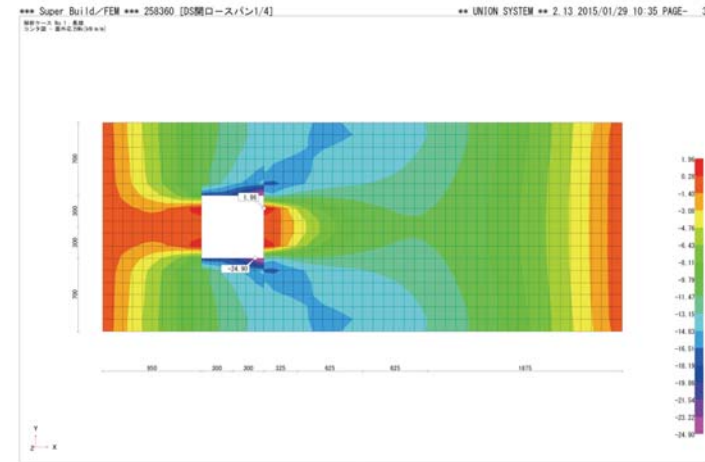


図 2-4-5-14 穴あけが床版スパンの 1/4 の部分にある場合

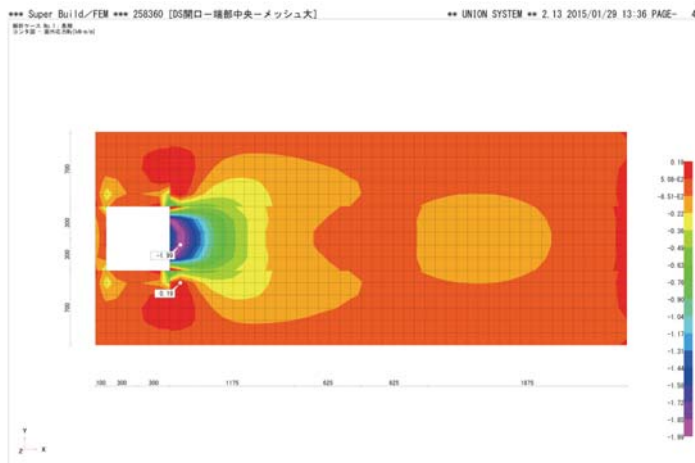
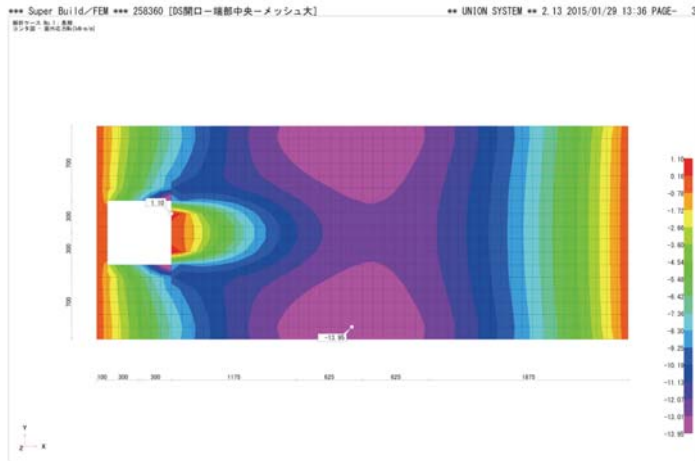


図 2-4-5-15 穴あけが巾方向中央にある場合

参考文献

- 1) CLTを用いた木造建築基準に高度化推進事業「E-ディフェンス振動台実験3層及び5層試験体の構造検討」、株式会社日本システム設計

2.5 スパン表の検討

2.5.1 CLT断面性能

現材、CLTの断面性能が告示化されていないため、Kreuzingerにより算定した断面性能を暫定的にCLT検討に使用する

1) KreuzingerによるCLT剛性の算定

断面二次モーメントの算定

$$B_A = \sum_{i=1}^n E_i \cdot I_i$$

外皮  $E_0 = 6000 \text{ N/mm}^2$  その他の部分は、外皮ヤング係数の1/2とする。

5層7プライのCLTは、外層2層は、 $E_0 = 6000 \text{ N/mm}^2$ のスプラインを使用

$$E_{90} = \frac{1}{30} E_0 = 200 \text{ N/mm}^2 \text{ とする。}$$

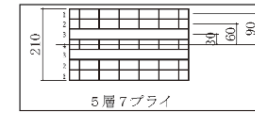
表 2-5-1-1

Mx60-7-7 (強軸)



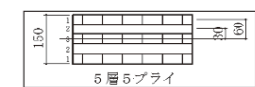
種類		層	ラミナ方向	E N/mm <sup>2</sup>	I mm <sup>4</sup>	A mm <sup>2</sup>	a mm	面数	Σ E I x N・mm <sup>2</sup>				
7層7プライ	1	強軸	6000	2250000	30000	90	2	294300000000	3140775000000				
	2	弱軸	100								60	2	220500000000
	3	強軸	3000								30	2	175500000000
	4	弱軸	100								0	1	225000000

Mx60-5-7 (強軸)



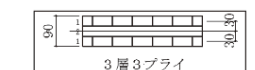
種類		層	ラミナ方向	E N/mm <sup>2</sup>	I mm <sup>4</sup>	A mm <sup>2</sup>	a mm	面数	Σ E I x N・mm <sup>2</sup>				
5層7プライ	1	強軸	6000	2250000	30000	90	2	294300000000	4278600000000				
	2	強軸	6000								60	2	1323000000000
	3	弱軸	100								30	2	5850000000
	4	強軸	3000								0	1	6750000000

Mx60-5-5 (強軸)



種類		層	ラミナ方向	E N/mm <sup>2</sup>	I mm <sup>4</sup>	A mm <sup>2</sup>	a mm	面数	Σ E I x N・mm <sup>2</sup>				
5層5プライ	1	強軸	6000	2250000	30000	60	2	1323000000000	1335600000000				
	2	弱軸	100								30	2	5850000000
	3	強軸	3000								0	1	6750000000

Mx60-3-3 (強軸)

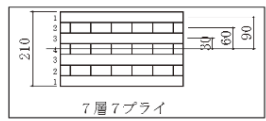


種類		層	ラミナ方向	E N/mm <sup>2</sup>	I mm <sup>4</sup>	A mm <sup>2</sup>	a mm	面数	Σ E I x N・mm <sup>2</sup>	
3層3プライ	1	強軸	6000	2250000	30000	30	2	351000000000	351225000000	
	2	弱軸	100							



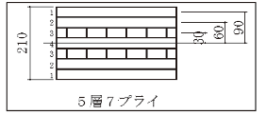
表 2-5-1-2

Mx60-7-7 (弱軸)



種類		層	ラミナ方向	E N/mm <sup>2</sup>	I mm <sup>4</sup>	A mm <sup>2</sup>	a mm	面数	Σ E I y N・mm <sup>2</sup>
7層7プライ		1	弱軸	200	2250000	30000	90	2	98100000000
	2	強軸	3000	661500000000					
	3	強軸	3000	175500000000					
	4	弱軸	100	225000000					
									935325000000

Mx60-5-7 (弱軸)



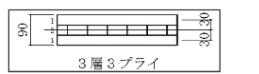
種類		層	ラミナ方向	E N/mm <sup>2</sup>	I mm <sup>4</sup>	A mm <sup>2</sup>	a mm	面数	Σ E I y N・mm <sup>2</sup>
5層7プライ		1	弱軸	200	2250000	30000	90	2	98100000000
	2	弱軸	200	44100000000					
	3	強軸	3000	175500000000					
	4	弱軸	100	225000000					
									317925000000

Mx60-5-5 (弱軸)



種類		層	ラミナ方向	E N/mm <sup>2</sup>	I mm <sup>4</sup>	A mm <sup>2</sup>	a mm	面数	Σ E I y N・mm <sup>2</sup>
5層5プライ		1	弱軸	200	2250000	30000	60	2	41100000000
	2	強軸	3000	175500000000					
	3	弱軸	100	225000000					
									219825000000

Mx60-3-3 (弱軸)



種類		層	ラミナ方向	E N/mm <sup>2</sup>	I mm <sup>4</sup>	A mm <sup>2</sup>	a mm	面数	Σ E I y N・mm <sup>2</sup>
3層3プライ		1	弱軸	200	2250000	30000	30	2	11700000000
	2	強軸	3000	6750000000					
									18450000000

2) C L T の基準曲げ強度

曲げに対し、右図の示すハッチ部分 (強軸部分)のみで抵抗するものとして断面係数 Z を算定し、JAS 基準で定められている引張り強さ (M60 の下限値基準強度、但し 3 層 3 プライの弱軸曲げは、中心ラミナの曲げ強度下限値を使用する) を使用し許容曲げモーメントの算定を行う。

断面二次モーメントの算定同様 5 層 7 プライは、外層 2 層は、M60 を使用する。

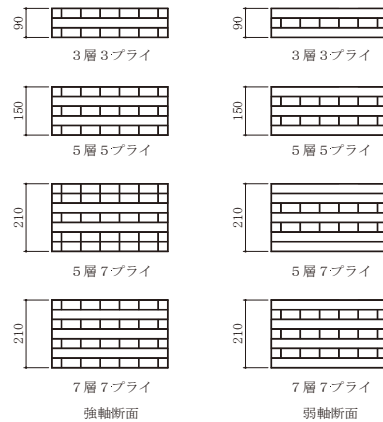
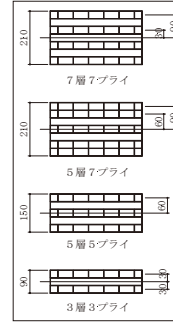


図 2-5-1-1

表 2-5-1-3

ヤング係数6000N/mm<sup>2</sup>とした場合の等価断面係数 Zx (強軸側)

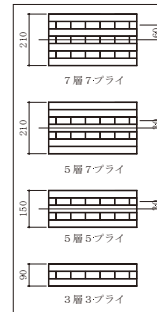


種類		I mm <sup>4</sup>	A mm <sup>2</sup>	E N/mm <sup>2</sup>	a mm	面数	Σ E I x N・mm <sup>2</sup>	等価 I mm <sup>4</sup>	y mm	等価 Z I mm <sup>3</sup>
7層7プライ		2250000	30000	6000	90	2	2943000000000	3118500000000	519750000	4950000
5層7プライ		2250000	30000	6000	90	2	1323000000000	4272750000000	712125000	6782143
5層5プライ		2250000	30000	6000	60	2	1323000000000	1329750000000	221625000	2955000
3層3プライ		2250000	30000	6000	30	2	3510000000000	3510000000000	585000000	1300000

種類	Ft N/mm <sup>2</sup>	等価 Zi mm <sup>2</sup>	M N・m
7層7プライ	12.0	4950000	59400
5層7プライ		6782143	81386
5層5プライ		2955000	35460
3層3プライ		1300000	15600

表 2-5-1-4

ヤング係数6000N/mm<sup>2</sup>とした場合の等価断面係数 Zy (弱軸側)



種類		I mm <sup>4</sup>	A mm <sup>2</sup>	E N/mm <sup>2</sup>	a mm	面数	Σ E I x N・mm <sup>2</sup>	等価 I mm <sup>4</sup>	y mm	等価 Zi mm <sup>3</sup>
7層7プライ		2250000	30000	3000	60	2	67500000000	668250000000	111375000	1485000
5層7プライ		2250000	30000	3000	30	2	175500000000	175500000000	29250000	650000
5層5プライ		2250000	30000	3000	30	2	175500000000	175500000000	29250000	650000
3層3プライ		—	—	—	—	—	—	—	—	150000

種類	Ft N/mm <sup>2</sup>	等価 Zi mm <sup>2</sup>	M N・m
7層7プライ	6.0	1485000	8910
5層7プライ		650000	3900
5層5プライ		650000	3900
3層3プライ		10.0	150000

3) C L T の基準せん断強度

C L T の基準せん断強度は、左図に示すラミナ強軸のみを有効として算定を行う。(例えば、3 層 3 プライの強軸方向では、せん断有効断面をラミナ 2 枚として扱う。)

ラミナ基準せん断強度は、告示第 1452 号に規定されているすぎの値 1.8N/mm<sup>2</sup> を使用する。

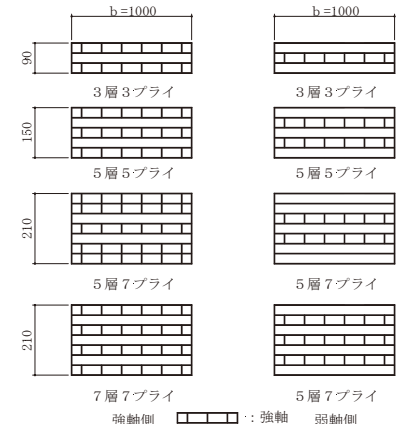


図 2-5-1-2

強軸側 : 強軸  
弱軸側 : 弱軸



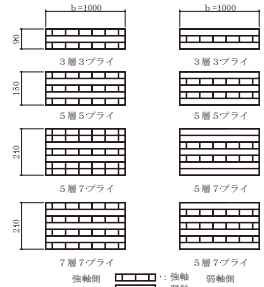


図 2-5-1-3

種類	強軸方向		弱軸方向	
	せん断に有効な ラミナ枚数	基準せん断強度 N	せん断に有効な ラミナ枚数	基準せん断強度 N
7層 7プライ	4	216000	3	162000
5層 7プライ	5	270000	2	108000
5層 5プライ	3	162000	2	108000
3層 3プライ	2	108000	1	54000

表 2-5-1-5

CLTの断面性能

種類	強軸			弱軸		
	E I $\times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm}^2$	M N·m	Q N	E I $\times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm}^2$	M N·m	Q N
3層 3プライ	351225	15600	108000	18450	1500	54000
5層 5プライ	1335600	35460	162000	219825	3900	108000
5層 7プライ	4278600	81386	270000	317925	3900	108000
7層 7プライ	3140775	59400	216000	935325	8910	162000

M：基準曲げ強度 Q：基準せん断強度  
許容曲げモーメント=荷重継続時間に係わる係数×M/3

表 8 A種構成に用いる等級区分機による区分ラミナの強度性能の基準

等級区分機 による等級	曲げヤング係数 (GPa又は $10^4 \text{N}/\text{mm}^2$ )		曲げ強さ (MPa又は $\text{N}/\text{mm}^2$ )		引張り強さ (MPa又は $\text{N}/\text{mm}^2$ )	
	平均値	下限値	平均値	下限値	平均値	下限値
M120A	12.0	10.0	42.0	31.5	25.0	19.0
M 90A	9.0	7.5	34.5	26.0	20.5	15.5
M 60A	6.0	5.0	27.0	20.0	16.0	12.0
M 30A	3.0	2.5	19.5	14.5	11.5	8.5

表 9 B種構成に用いる等級区分機による区分ラミナの強度性能の基準

等級区分機 による等級	曲げヤング係数 (GPa又は $10^4 \text{N}/\text{mm}^2$ )			曲げ強さ (MPa又は $\text{N}/\text{mm}^2$ )		引張り強さ (MPa又は $\text{N}/\text{mm}^2$ )	
	平均値	下限値	上限値	平均値	下限値	平均値	下限値
M120B	12.0	10.0	15.0	42.0	31.5	25.0	19.0
M 90B	9.0	7.5	12.0	34.5	26.0	20.5	15.5
M 60B	6.0	5.0	9.0	27.0	20.0	16.0	12.0
M 30B	3.0	2.5	6.0	19.5	14.5	11.5	8.5

図 2-5-1-3 直交集成材の日本農林規格 抜粋

2.5.2 検討方針

CLTを屋根・床に用いる場合の最大スパンについて次の条件により検討をおこなう。

1. 使用するCLTは、3層3プライ・5層5プライ・5層7プライ・7層7プライとし、断面性能は検討書『CLT断面性能』の計算結果を使用する。

表 2-5-2-1

単位巾(1m)あたりCLT断面性能(異等級構成 Mx60)

断面	厚さ mm	強軸E I $\times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm}^2$	弱軸E I $\times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm}^2$	強軸M N·m	弱軸M N·m	強軸Q N	弱軸Q N	重量 N/㎡
3層 3プライ	90	351225	18450	15600	1500	108000	54000	360
5層 5プライ	150	1335600	219825	35460	3900	162000	108000	600
5層 7プライ	210	4278600	317925	81386	3900	270000	108000	840
7層 7プライ	210	3140775	935325	59400	8910	216000	162000	840

M・Qは、基準強度を示す。

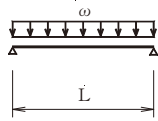
2. 屋根に対する検討は、陸屋根を想定しおこなう。  
屋根は、建物内部スパンの他、軒の出(CLT強軸)・ケラバの出(CLT弱軸)についても検討をおこなう。軒の出及びケラバの出部分の検討は、端部固定のはね出し梁のモデルとする。
3. 屋根材最大スパンに対する検討は、一般地積雪量 30 cm・50 cm、多雪区域積雪量 100 cm・150 cm・200 cmについておこなう。尚、屋根仕上げは、一般地瓦葺き・住宅用屋根化粧スレート葺き、多雪区域ガルバニューム鋼板葺きとする。
4. 床の検討は、住宅仕様・共同住宅仕様(シンダーコンクリート使用)・バルコニー・事務所仕様(事務所仕様は、シンダーコンクリート有無の2種類)の計5種類の仕様により検討をおこなう。  
バルコニーの検討は、端部固定のはね出し梁のモデルとする。
5. 屋根・床に対する長期変形制限<sup>※1</sup>は、以下の値を使用する。  
 屋根・ケラバ・軒の出・バルコニー スパン/200 以下 かつ 20 mm以下  
 床 スパン/450 以下  
 床(公共建築) スパン/450 以下、10 mm以下かつ固有振動数 8Hz 以下<sup>※2</sup>  
 床版クリープ変形<sup>※3</sup>の検討は、変形増大係数 2.0 とし地震力算定用積載荷重との組合わせ荷重により以下の制限を設ける。  
 床 スパン/250 以下 はね出し床 スパン/200 以下
6. 最大スパンは、次ページの式により求める。

※1：長期変形制限は、「木質構造設計標準・同解説」(日本建築学会)に準ずる。

※2：固有振動数の制限は、「木造計画・設計基準」(社団法人 公共建築協会)に準ずる。

※3：クリープ変形検討時荷重組合せは、告示第 1459 号に準ずる。

単純梁の場合



$$Q = \frac{\omega L}{2} \quad 1.5 Q \leq \text{荷重継続時間に係わる係数} \times Q_a \text{ より}$$

$$Q L_{\max} = \frac{2 \times \text{荷重継続時間に係わる係数} \times Q_a}{1.5 \omega}$$

$$M = \frac{\omega L^2}{8} \quad M \leq \text{荷重継続時間に係わる係数} \times M_a \text{ より}$$

$$M L_{\max} = \sqrt{\frac{8 \times \text{荷重継続時間に係わる係数} \times M_a}{\omega}}$$

屋根材変形制限

$$\delta = \frac{5 \omega L^4}{384 EI} \leq \frac{L}{200} \quad \text{かつ } 20 \text{ mm より}$$

$$\delta_1 L_{\max} = \sqrt[3]{\frac{384 EI}{1000 \omega}} \quad \delta_2 L_{\max} = \sqrt[4]{\frac{7680 EI}{5 \omega}}$$

床材変形制限

$$\delta = \frac{5 \omega L^4}{384 EI} \leq \frac{L}{450} \quad 10 \text{ mm以下(公共建築) より}$$

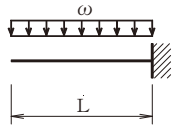
$$\delta_1 L_{\max} = \sqrt[3]{\frac{384 EI}{2250 \omega}} \quad \delta_2 L_{\max} = \sqrt[4]{\frac{3840 EI}{5 \omega}}$$

公共建築規定

固有振動数  $n$  固有周期  $T = \frac{1}{n} = \frac{2L^2}{\pi} \sqrt{\frac{W}{EIg}}$  固有振動数  $n \geq 8 \text{ Hz}$

床自重:  $W^N \ E^N/m^2 \ I^m^4 \ g = 9.80665 \text{ m/s}^2$

持ち出し梁の場合



$$Q = \omega L \quad 1.5 Q \leq \text{荷重継続時間に係わる係数} \times Q_a \text{ より}$$

$$Q L_{\max} = \frac{\text{荷重継続時間に係わる係数} \times Q_a}{1.5 \omega}$$

$$M = \frac{\omega L^2}{2} \quad M \leq \text{荷重継続時間に係わる係数} \times M_a \text{ より}$$

$$M L_{\max} = \sqrt{\frac{2 \times \text{荷重継続時間に係わる係数} \times M_a}{\omega}}$$

$$\delta = \frac{\omega L^4}{8 EI} \leq L/200 \quad \text{かつ } 20 \text{ mm より}$$

$$\delta_1 L_{\max} = \sqrt[3]{\frac{8 EI}{200 \omega}} \quad \delta_2 L_{\max} = \sqrt[4]{\frac{160 EI}{\omega}}$$

床クリープ変形

床版

$$\delta = \frac{5 \omega_E L^4}{384 EI} \leq \frac{L}{250} \text{ 以下 より } \delta_{\text{クリープ}} L_{\max} = \sqrt[3]{\frac{384 EI/2}{2250 \omega_E}}$$

はね出し床版

$$\delta = \frac{\omega_E L^4}{8 EI} \leq L/200 \text{ より } \delta_{\text{クリープ}} L_{\max} = \sqrt[3]{\frac{8 EI/2}{200 \omega}}$$

7. 検討荷重組合せと荷重継続時間に係わる係数は、以下のとおりとする。

屋根検討

一般地	多雪区域
$G + P \leq 1.1 \times Fb/3$	$G + P + 0.7 S \leq 1.43 \times Fb/3$
$G + P + S \leq 1.6 \times Fb/3$	$G + P + S \leq 1.6 \times Fb/3$

床検討

$$G + P \leq 1.1 \times Fb/3$$

### 2.5.3 設計荷重

1) 固定荷重

CLT 自重

Mx60-3-3 厚さ 90mm	$90 \times 0.4 \times 10 = 360 \text{ N/m}^2$
Mx60-5-5 厚さ 150mm	$150 \times 0.4 \times 10 = 600 \text{ N/m}^2$
Mx60-5-7 厚さ 210mm	$210 \times 0.4 \times 10 = 840 \text{ N/m}^2$

屋根

一般地仕様	住宅用屋根化粧スレート葺き(下地込み)	255 $\text{N/m}^2$
	瓦葺き(下地込み)	600 $\text{N/m}^2$
多雪区域仕様	ガルバニウム鋼板葺き(下地込み)	80 $\text{N/m}^2$

床

一般住宅 (バルコニー)	フローリング	180 $\text{N/m}^2$	480 $\text{N/m}^2$
	吊り天井	300 $\text{N/m}^2$	
共同住宅	フローリング	180 $\text{N/m}^2$	1680 $\text{N/m}^2$
	シンダーコンクリート 厚み 60 mm	1200 $\text{N/m}^2$	
	吊り天井	300 $\text{N/m}^2$	
事務所	フローリング	180 $\text{N/m}^2$	1380 $\text{N/m}^2$
	システムフロア	600 $\text{N/m}^2$	
	設備配管等	300 $\text{N/m}^2$	
	吊り天井	300 $\text{N/m}^2$	

システムフロア

仕様

パネル型式	ユニットサイズ	強度 (中央集中(50mm径))		質量 (表面材 含まず)	標準※ 床高さ	開口部	表面 仕上材
		剛性	終局荷重				
GCA500C	□500mm ×厚み 24mm	たわみ 2.0mm以下 5000N (500kgf)	10000N 以上 (1000kgf 以上)	55.6kg/m <sup>2</sup>	70mm～※	90mm× 45mm (2ヶ所)	タイル カーペット
GCA500S						なし	

※上記以外は受注生産品です。

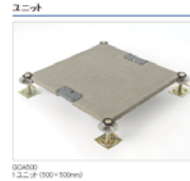


図 2-5-3-1

2) 積載荷重

住宅 1800 N/m<sup>2</sup>      事務所 2900 N/m<sup>2</sup>

3) 積雪荷重 (雪止めあり)

一般地 雪単位荷重 20 N/m<sup>2</sup>/cm      多雪区域 雪単位荷重 30 N/m<sup>2</sup>/cm  
 積雪量 30 cm 600 N/m<sup>2</sup>      積雪量 100 cm 3000 N/m<sup>2</sup>  
 50 cm 1000 N/m<sup>2</sup>      200 cm 6000 N/m<sup>2</sup>

2.5.4 許容最大スパン算定

①Mx-60-3-3

表 2-5-4-1

屋根許容最大スパンの算定

E I x=351225 N・mm<sup>2</sup>      E I y=18450 N・mm<sup>2</sup>      Mx=15600 N・m      My=1500 N・m  
 Qx=108000 N      Qy=54000 N

地域	積雪量	部位	固定荷重		積雪荷重 N/m <sup>2</sup>	ω		L max						
			CLT N/m <sup>2</sup>	仕上げ材 N/m <sup>2</sup>		長期時 N/m	積雪時 N/m	長期			積雪時			
			q L max	q L max		q1 L max	q2 L max	q L max	q L max	q L max	q L max	q L max	L max mm	
一般地 (軽い屋根)	30	一般部	360	255	600	615	1215	8626	85854	6030	5442	12820	63210	5442
		軒の出						4313	42927	2837	3092	3701	31605	2837
		ケラバ						946	21463	1063	1480	1405	15802	946
	50	一般部	360	255	1000	615	1615	8626	85854	6030	5442	11119	47554	5442
		軒の出						4313	42927	2837	3092	3210	23777	2837
		ケラバ						946	21463	1063	1480	1219	11889	946
一般地 (重い屋根)	30	一般部	360	600	600	960	1560	6904	55000	5199	4869	11314	49231	4869
		軒の出						3452	27500	2446	2766	3266	24615	2446
		ケラバ						757	13750	916	1324	1240	12308	757
	50	一般部	360	600	1000	960	1960	6904	55000	5199	4869	10093	39184	4869
		軒の出						3452	27500	2446	2766	2914	19592	2446
		ケラバ						757	13750	916	1324	1107	9796	757
多雪区域	100	一般部	360	80	3000	440 (2540)	3440	4839	20787	3759	3818	7619	22326	3759
		軒の出						2420	10394	1768	2169	3809	11163	1768
		ケラバ						531	5197	662	1038	835	5581	531
	150	一般部	360	80	4500	440 (3590)	4940	4071	14708	3349	3501	6358	15547	3349
		軒の出						2035	7354	1576	1989	3179	7773	1576
		ケラバ						446	3677	590	952	697	3887	446
	200	一般部	360	80	6000	440 (4640)	6440	3581	11379	3075	3284	5568	11925	3075
		軒の出						1790	5690	1447	1866	2784	5963	1447
		ケラバ						393	2845	542	893	610	2981	393

ω : ( )内変形計算用の値

床許容最大スパンの算定

E I x=351225 × 10<sup>6</sup>N/mm<sup>2</sup>      E I y=18450 × 10<sup>6</sup>N/mm<sup>2</sup>      Mx=15600 N・m      My=1500 N・m  
 Qx=108000 N・m      Qy=54000 N・m

部位	固定荷重		積載荷重		ω		L max						
	CLT N/m <sup>2</sup>	仕上げ材 N/m <sup>2</sup>	N/m <sup>2</sup>	N/m <sup>2</sup>	N/m	N/m	q L max	q L max	q1 L max	q2 L max	q L max	q L max	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
床	一般住宅	360	480	1800	600	2640	1440	4163	20000	2832	—	3346	2832
	共同住宅	360	1680	1800	600	3840	2640	3452	13750	2499	—	2734	2499
	事務所(一般建築)	360	1380	2900	800	4640	2540	3140	11379	2346	—	2769	2346
	事務所(公共建築)	360	1380	2900	800	4640	2540	3140	11379	2346	2761	2769	2346
パノルコニ(強軸)	360	480	1800	600	2640	1440	2082	10000	1746	2148	1696	1696	
パノルコニ(弱軸)	360	480	1800	600	2640	1440	456	5000	654	986	635	456	

②Mx-60-5-5

表 2-5-4-2

屋根許容最大スパンの算定  
E I x=1335600 N・mm<sup>2</sup> E I y=219825 N・mm<sup>2</sup>

Mx=35460 N・m My=3900 N・m  
Qx=162000 N Qy=108000 N

地域	積雪量	部位	固定荷重		積雪荷重 N/㎡	ω		L max							
			CLT N/㎡	仕上げ材 N/㎡		長期時 N/m	積雪時 N/m	長期				積雪時			
			qL max mm	qL max mm				δ1 L max mm	δ2 L max mm	δ1 L max mm	δ2 L max mm	L max mm			
一般地 (軽い屋根)	30	一般部	600	255	600	855	1455	11030	92632	8434	6999	17662	79175	6999	
		軒の出						5515	46316	3968	3976	5099	39588	3968	
		ケラバ						1293	30877	2175	2533	2071	26392	1293	
	50	一般部	600	255	1000	855	1855	11030	92632	8434	6999	15642	62102	6999	
		軒の出						5515	46316	3968	3976	4516	31051	3968	
		ケラバ						1293	30877	2175	2533	1834	20701	1293	
一般地 (重い屋根)	30	一般部	600	600	600	1200	1800	9310	66000	7533	6430	15880	64000	6430	
		軒の出						4655	33000	3544	3653	4584	32000	3544	
		ケラバ						1092	22000	1942	2327	1862	21333	1092	
	50	一般部	600	600	1000	1200	2200	9310	66000	7533	6430	14364	52364	6430	
		軒の出						4655	33000	3544	3653	4146	26182	3544	
		ケラバ						1092	22000	1942	2327	1684	17455	1092	
多雪区域	100	一般部	600	80	3000	680 (2780)	3680	6974	28489	5693	5212	11106	31304	5212	
		軒の出						3487	14245	2679	2961	5553	15652	2679	
		ケラバ						818	9496	1468	1886	1302	10435	818	
	150	一般部	600	80	4500	680 (3830)	5180	5942	20679	5116	4811	9361	22239	4811	
		軒の出						2971	10339	2407	2733	4680	11120	2407	
		ケラバ						697	6893	1319	1741	1098	7413	697	
200	一般部	600	80	6000	680 (4880)	6680	5264	16230	4719	4528	8243	17246	4528		
	軒の出						2632	8115	2220	2572	4122	8623	2220		
	ケラバ						617	5410	1217	1638	967	5749	617		

ω : ( )内変形計算用の値

③Mx-60-5-7

表 2-5-4-3

屋根許容最大スパンの算定  
E I x=4278600 N・mm<sup>2</sup> E I y=317925 N・mm<sup>2</sup>

Mx=81386 N・m My=3900 N・m  
Qx=270000 N Qy=108000 N

地域	積雪量	部位	固定荷重		積雪荷重 N/㎡	ω		L max							
			CLT N/㎡	仕上げ材 N/㎡		長期時 N/m	積雪時 N/m	長期				積雪時			
			qL max mm	qL max mm				δ1 L max mm	δ2 L max mm	δ1 L max mm	δ2 L max mm	L max mm			
一般地 (軽い屋根)	30	一般部	840	255	600	1095	1695	14766	120548	11448	8802	24791	113274	8802	
		軒の出						7383	60274	5387	5000	7157	56637	5000	
		ケラバ						1143	24110	2265	2611	1919	22655	1143	
	50	一般部	840	255	1000	1095	2095	14766	120548	11448	8802	22299	91647	8802	
		軒の出						7383	60274	5387	5000	6437	45823	5000	
		ケラバ						1143	24110	2265	2611	1726	18329	1143	
一般地 (重い屋根)	30	一般部	840	600	600	1440	2040	12876	91667	10449	8219	22598	94118	8219	
		軒の出						6438	45833	4917	4669	6523	47059	4669	
		ケラバ						997	18333	2067	2438	1749	18824	997	
	50	一般部	840	600	1000	1440	2440	12876	91667	10449	8219	20663	78689	8219	
		軒の出						6438	45833	4917	4669	5965	39344	4669	
		ケラバ						997	18333	2067	2438	1599	15738	997	
多雪区域	100	一般部	840	80	3000	920 (3020)	3920	10137	43709	8163	6830	16302	48980	6830	
		軒の出						5069	21854	3841	3880	8151	24490	3841	
		ケラバ						785	8742	1615	2026	1262	9796	785	
	150	一般部	840	80	4500	920 (4070)	5420	8732	32432	7391	6339	13864	35424	6339	
		軒の出						4366	16216	3477	3601	6932	17712	3477	
		ケラバ						676	6486	1462	1880	1073	7085	676	
200	一般部	840	80	6000	920 (5120)	6920	7786	25781	6846	5986	12269	27746	5986		
	軒の出						3893	12891	3221	3400	6135	13873	3221		
	ケラバ						603	5156	1354	1775	950	5549	603		

ω : ( )内変形計算用の値

床許容最大スパンの算定

E I x=1335600 × 10<sup>6</sup>N/mm<sup>2</sup>

E I y=219825 × 10<sup>6</sup>N/mm<sup>2</sup>

Mx=35460 N・m

My=3900 N・m

Qx=162000 N・m

Qy=108000 N・m

部位	固定荷重		積載荷重		ω		L max							
	CLT N/㎡	仕上げ材 N/㎡	N/㎡	N/㎡	N/m	N/m	qL max mm	qL max mm	δ1 L max mm	δ2 L max mm	δ1 L max mm	δ2 L max mm	L max mm	
	床	一般住宅	600	480	1800	600	2880	1680	6010	27500	4293	—	4961	4293
共同住宅		600	1680	1800	600	4080	2880	5049	19412	3823	—	4145	3823	
事務所(一般建築)		600	1380	2900	800	4880	2780	4617	16230	3601	—	4194	3601	
事務所(公共建築)		600	1380	2900	800	4880	2780	4617	16230	3601	3808	4194	3601	
ハコモノ(強軸)	600	480	1800	600	2880	1680	3005	13750	2647	2935	2515	2515		
ハコモノ(弱軸)	600	480	1800	600	2880	1680	705	9167	1451	1185	1378	705		

床許容最大スパンの算定

E I x=4278600 × 10<sup>6</sup>N/mm<sup>2</sup>

E I y=317925 × 10<sup>6</sup>N/mm<sup>2</sup>

Mx=81386 N・m

My=3900 N・m

Qx=270000 N・m

Qy=108000 N・m

部位	固定荷重		積載荷重		ω		L max							
	CLT N/㎡	仕上げ材 N/㎡	N/㎡	N/㎡	N/m	N/m	qL max mm	qL max mm	δ1 L max mm	δ2 L max mm	δ1 L max mm	δ2 L max mm	L max mm	
	床	一般住宅	840	480	1800	600	3120	1920	8747	42308	6163	—	6995	6163
共同住宅		840	1680	1800	600	4320	3120	7434	30556	5529	—	5950	5529	
事務所(一般建築)		840	1380	2900	800	5120	3020	6828	25781	5225	—	6015	5225	
事務所(公共建築)		840	1380	2900	800	5120	3020	6828	25781	5225	5033	6015	5033	
ハコモノ(強軸)	840	480	1800	600	3120	1920	4374	21154	3800	3849	3545	3545		
ハコモノ(弱軸)	840	480	1800	600	3120	1920	677	8462	1597	1429	1491	677		

④Mx-60-7-7

表 2-5-4-4

屋根許容最大スパンの算定  
E I x=3140775 N・mm<sup>2</sup> E I y=935325 N・mm<sup>2</sup>

Mx=59400 N・m My=8910 N・m  
Qx=216000 N Qy=162000 N

地域	積雪量	部位	固定荷重		積雪荷重 N/㎡	ω		L max							
			CLT N/㎡	仕上げ材 N/㎡		長期時 N/m	積雪時 N/m	長期				積雪時			
								qL <sub>max</sub> mm	qL <sub>max</sub> mm	δ1 L <sub>max</sub> mm	δ2 L <sub>max</sub> mm	δ1-7 L <sub>max</sub> mm	δ2-7 L <sub>max</sub> mm		
一般地 (軽い屋根)	30	一般部	840	255	600	1095	1695	12614	96438	10327	8147	21179	90619	8147	
		軒の出						6307	48219	4859	4628	6114	45310	4628	
		ケラバ						1727	36164	3245	3419	2900	33982	1727	
	50	一般部	840	255	1000	1095	2095	12614	96438	10327	8147	19050	73317	8147	
		軒の出						6307	48219	4859	4628	5499	36659	4628	
		ケラバ						1727	36164	3245	3419	2609	27494	1727	
一般地 (重い屋根)	30	一般部	840	600	600	1440	2040	11000	73333	9426	7608	19306	75294	7608	
		軒の出						5500	36667	4435	4322	5573	37647	4322	
		ケラバ						1506	27500	2962	3193	2644	28235	1506	
	50	一般部	840	600	1000	1440	2440	11000	73333	9426	7608	17652	62951	7608	
		軒の出						5500	36667	4435	4322	5096	31475	4322	
		ケラバ						1506	27500	2962	3193	2417	23607	1506	
多雪区域	100	一般部	840	80	3000	920 (3020)	3920	8660	34967	7364	6322	13927	39184	6322	
		軒の出						4330	17483	3465	3592	6963	19592	3465	
		ケラバ						1186	13113	2314	2653	1907	14694	1186	
	150	一般部	840	80	4500	920 (4070)	5420	7460	25946	6667	5868	11844	28339	5868	
		軒の出						3730	12973	3137	3333	5922	14170	3137	
		ケラバ						1022	9730	2095	2462	1622	10627	1022	
200	一般部	840	80	6000	920 (5120)	6920	6651	20625	6176	5540	10482	22197	5540		
	軒の出						3326	10313	2906	3148	5241	11098	2906		
	ケラバ						911	7734	1941	2325	1435	8324	911		

ω : ( )内変形計算用の値

床許容最大スパンの算定

E I x=3140775 × 10<sup>6</sup>N/mm<sup>2</sup>

E I y=935325 × 10<sup>6</sup>N/mm<sup>2</sup>

Mx=59400 N・m

My=8910 N・m

Qx=216000 N・m

Qy=162000 N・m

部位	固定荷重		積載荷重		ω		L max							
	CLT N/㎡	仕上げ材 N/㎡	N/㎡	N/㎡	N/m	N/m	qL <sub>max</sub> mm	qL <sub>max</sub> mm	δ1 L <sub>max</sub> mm	δ2 L <sub>max</sub> mm	δ1-7 L <sub>max</sub> mm	δ2-7 L <sub>max</sub> mm		
床	一般住宅	840	480	1800	600	3120	1920	7473	33846	5559	—	6310	5559	
	共同住宅	840	1680	1800	600	4320	3120	6351	24444	4988	—	5367	4988	
	事務所(一般建築)	840	1380	2900	800	5120	3020	5834	20625	4713	—	5426	4713	
	事務所(公共建築)	840	1380	2900	800	5120	3020	5834	20625	4713	4659	5426	4659	
	バルコニー(強軸)	840	480	1800	600	3120	1920	3737	16923	3428	3562	3198	3198	
バルコニー(弱軸)	840	480	1800	600	3120	1920	1023	12692	2289	1321	2136	1023		

⑤固有振動数を考慮した床版最大スパンの算定

表 2-5-4-5

床仕上げ重量=1380N/㎡

固有振動数 8Hz以上

種類	C L T		床自重 N/m	固有振動数による 最大スパン mm	応力による 最大スパン mm	許容 最大スパン mm
	E I × 10 <sup>6</sup> N・mm	重量 N/㎡				
Mx60-3-3	351225	360	1740	4243	2346	2346
Mx60-5-5	1335600	600	1980	6341	3601	3601
Mx60-5-7	4278600	840	2220	8928	5033	5033
Mx60-7-7	3140775	840	2220	8118	4659	4659

## 2.5.5 検討結果

表 2-5-5-1

屋根許容スパン

地域	積雪量	部位	異等級構成 許容スパン mm			
			3層3プライ Mx60-3-3	5層5プライ Mx60-5-5	5層7プライ Mx60-5-7	7層7プライ Mx60-7-7
一般地 (軽い屋根)	30	一般部	5442	6999	8802	8147
		軒の出	2837	3968	5000	4628
		ケラバ	946	1293	1143	1727
	50	一般部	5442	6999	8802	8147
		軒の出	2837	3968	5000	4628
		ケラバ	946	1293	1143	1727
一般地 (重い屋根)	30	一般部	4869	6430	8219	7608
		軒の出	2446	3544	4669	4322
		ケラバ	757	1092	997	1506
	50	一般部	4869	6430	8219	7608
		軒の出	2446	3544	4669	4322
		ケラバ	757	1092	997	1506
多雪区域	100	一般部	3759	5212	6830	6322
		軒の出	1768	2679	3841	3465
		ケラバ	531	818	785	1186
		一般部	3349	4811	6339	5868
	150	軒の出	1576	2407	3477	3137
		ケラバ	446	697	676	1022
		一般部	3075	4528	5986	5540
		軒の出	1447	2220	3221	2906
	200	ケラバ	393	617	603	911

床許容スパン

部位	異等級構成 許容スパン mm				
	3層3プライ Mx60-3-3	5層5プライ Mx60-5-5	5層7プライ Mx60-5-7	7層7プライ Mx60-7-7	
床	一般住宅	2832	4293	6163	5559
	共同住宅	2499	3823	5529	4988
	事務所(一般建築)	2346	3601	5225	4713
	事務所(公共建築)	2346	3601	5033	4659
バルコニー(強軸)	1696	2515	3545	3198	
バルコニー(弱軸)	456	705	677	1023	

事務所：一般建築・公共建築変形制限が異なる。(固定荷重同一)

## 2.6 その他の検討

### 2.6.1 CLT床版ダイアフラムフランジについて

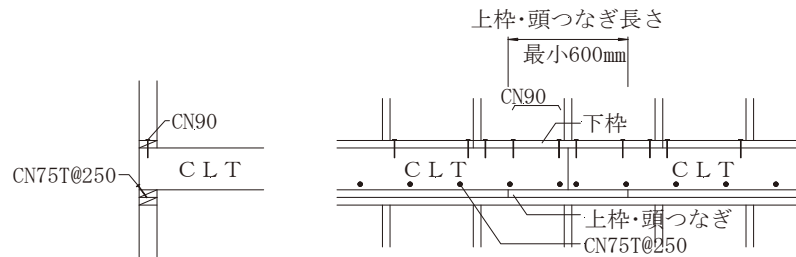


図 2-6-1-1

CLT床版は、上記に示すよう外周壁外面まで伸ばし、ツーバーフォー工法のような端(側)根太を設けない。床ダイアフラムのフランジの相当する部分は、上階壁下枠・下階壁頭つなぎ上枠とする。

床構面に水平力が作用した場合 CLT床版継ぎ手部分に左図に示すようなT(引張力)が生ずる。左図に示すTに対して上枠・頭つなぎとCLT床版に打つなぎが抵抗するものとする。CLT床版継ぎ位置でのくぎ必要本数は、以下の式により求める。

$$T_i = \frac{M_i}{D}$$

$$\text{CN75T本数} = \frac{\text{頭つなぎ長さ}}{250}$$

$$\text{CN90必要本数} = \frac{T_i - \text{CN75T本数} \times \text{CN75T短期許容せん断力}}{\text{CN90短期許容せん断力}}$$

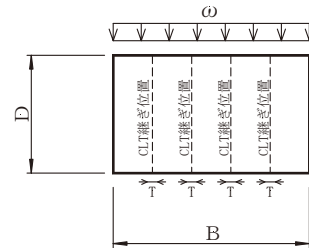


図 2-6-1-2

### CLT 継ぎ手部分の検討

床面に生ずる風荷重を右図の寸法より査定を行い CLT 継ぎ手部分に生ずる引張力の算定を行う。  
基準風速 36m/s、建物最高高 10mとする。

$$\text{屋根平均高さ } H = (10 + 6.21)/2 = 8.105 \text{ m}$$

$$\text{粗度区分 III } Z_b = 5.0 \text{ m } Z_G = 450 \text{ m } \alpha = 0.20$$

$$H > Z_b \therefore E_r = 1.7 \times \left( \frac{H}{Z_G} \right)^\alpha = 1.7 \times \left( \frac{8.105}{450} \right)^{0.2} = 0.761$$

ガスト影響係数 粗度区分 III  $G_f = 2.5$ とする。

$$E = E_r^2 \times G_f = 0.761^2 \times 2.5 = 1.448$$

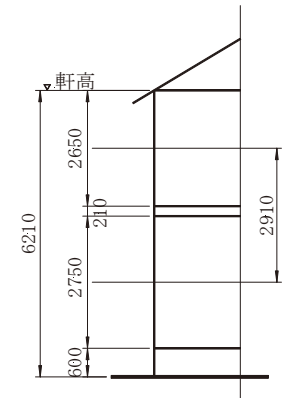
$$\text{設計風圧力 } q = 0.6 \times E \times V_0^2 = 0.6 \times 1.448 \times 36^2 = 1126 \text{ N/m}^2$$

外壁風力係数

$$Z_i = (6.21 - 0.6)/2 + 0.6 = 3.405 \text{ m} < Z_b$$

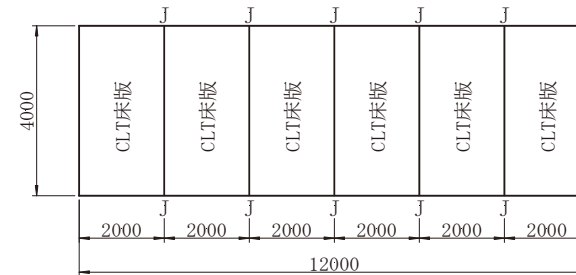
$$k_z = \left( \frac{Z_b}{H} \right)^{2\alpha} = \left( \frac{5.0}{8.105} \right)^{0.4} = 0.824$$

$$0.8 k_z + 0.4 = 0.8 \times 0.824 + 0.4 = 1.06$$



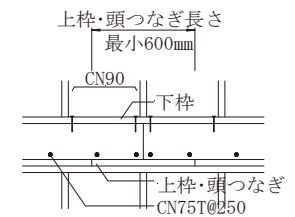
2階建て矩形図

図 2-6-1-3



CLT床版割付け図

図 2-6-1-4



接合部床構面中央が最大となるため、中央部接合部にて検討を行う。

$$\omega = 1126 \times 1.06 \times (2.75/2 + 2.65/2 + 0.21) = 3473 \text{ N/m}$$

$$M = \frac{3473 \times 12^2}{8} = 62514 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad T = \frac{62514}{4.0} = 15629 \text{ N}$$

$$\text{CN75T本数} = \frac{455}{250} = 2 \text{ 本 } \quad \text{CN75T短期許容せん断力} = 330 \times 2 \times 5/6 = 550 \text{ N/本}$$

$$\text{CN90必要本数} = \frac{15629 - 550 \times 2}{800} = 19 \text{ 本}$$



補強例

下枠くぎ打ちたて枠間に4本とすると

$$\text{CN90短期許容せん断力} = 800 \times 4 = 3200 \text{ N}$$

$$\text{許容 } T = 3200 + 550 \times 2 = 4300 \text{ N}$$

$$M = 62514 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$T = \frac{62514}{4.0} - 4300 = 11329 \text{ N}$$

$$\text{帯金物 } 2 \times \text{S-65 引張耐力} = 6.09 \times 2 = 12.18 \text{ kN} > 11.329 \text{ kN}$$

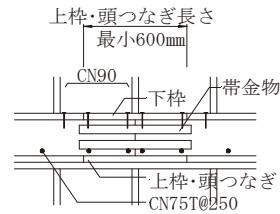


図 2-6-1-5

上階下枠がない場合

$$\text{許容 } T = 550 \times 2 = 1100 \text{ N}$$

$$M = 62514 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$T = \frac{62514}{4.0} - 1100 = 14529 \text{ N}$$

$$\text{帯金物 } 2 \times \text{SW-67 引張耐力} = 9.96 \times 2 = 19.92 \text{ kN} > 14.529 \text{ kN}$$

又は

$$\text{帯金物 } 3 \times \text{S-65 引張耐力} = 6.09 \times 3 = 18.27 \text{ kN} > 14.529 \text{ kN}$$

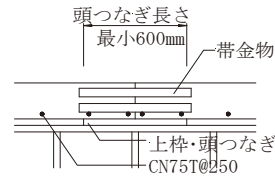


図 2-6-1-6

C L T 側面合板張りとする場合

構造用合板 t=9mm くぎ CN50 くぎ 1本あたりせん断耐力=590 N/本

$$M = 62514 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$T = \frac{62514}{4.0} - 4300 = 11329 \text{ N}$$

$$\text{くぎ必要本数} = \frac{11329}{590} = 19.2 \text{ 本}$$

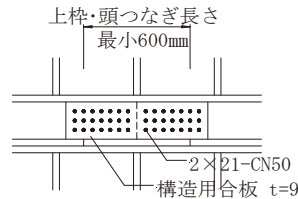


図 2-6-1-7

上階下枠がない場合

構造用合板 t=9mm くぎ CN50 くぎ 1本あたりせん断耐力=590 N/本

$$M = 62514 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$T = \frac{62514}{4.0} - 1100 = 14529 \text{ N}$$

$$\text{くぎ必要本数} = \frac{14529}{590} = 24.6 \text{ 本}$$

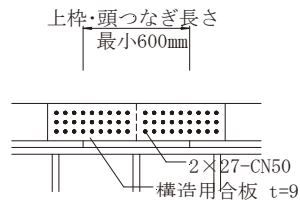


図 2-6-1-8

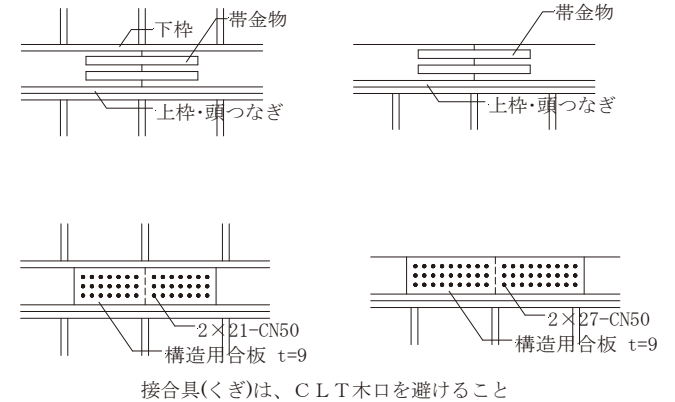


図 2-6-1-9

## 2.6.2 上階オーバーハング・セットバックモデル CLT 床版に作用する応力

オーバーハング・セットバック部分上階壁は、CLT 床版強軸方向に直交するように載せる。

### 1) 上階オーバーハング部分 CLT 床版に作用する力

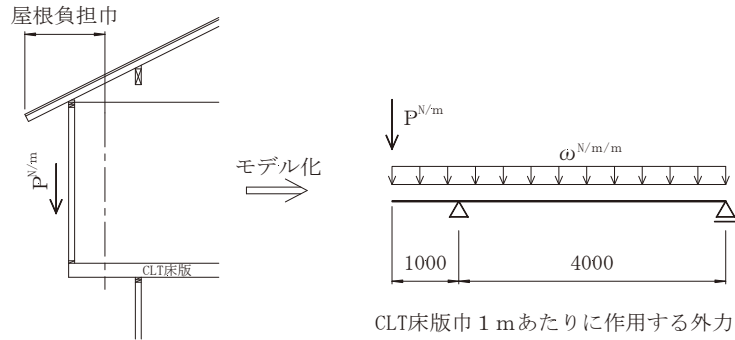


図 2-6-2-1

CLT 床版を 1m 巾の梁として扱い、2 階外壁巾 1m あたり負担軸力(屋根重量・積雪荷重・2 階外壁重量)を CLT 床版オーバーハング先端部分に集中力として作用させ、床に作用する固定荷重・積載荷重を 1m 巾あたりの当分布荷重として作用させ、応力算定を行う。

### 2) 上階セットバック部分(下階に壁のない場合)CLT 床版に作用する力

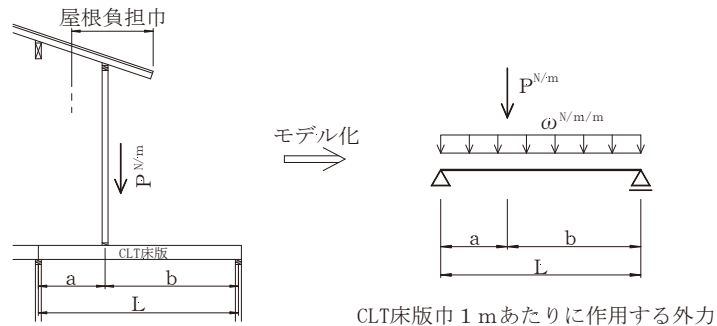


図 2-6-2-2

オーバーハングモデル化同様、上階の壁の 1m あたり負担軸力を算定してスパン L の 1 m 巾の単純梁モデルにより CLT 床版の応力算定を行う。

## 2.6.3 床に CLT を使用する場合の壁量考察

床版に CLT を使用する場合の固定荷重増加による必要壁量と告示第 1540 号に記載されている必要壁量表の値との比較検討を行う。

CLT 床版を使用する場合の固定荷重は以下の値を使用し、必要壁量算定は、告示必要壁量表の算定方法に準じ「木質構造設計規準・同解説」に記載されている値を使用する。

### 1) 床のみに CLT を使用する場合

床		
フローリング	180 N/m <sup>2</sup>	} 1320 N/m <sup>2</sup>
吊り天井	300 N/m <sup>2</sup>	
CLT (5 層 7 プライ)	840 N/m <sup>2</sup>	
地震荷重算定用床重量=床重量+積載荷重=1320+600=1920 N/m <sup>2</sup>		

告示壁量表根拠となる重量

軽い屋根=1080 N/m<sup>2</sup> 重い屋根=1470 N/m<sup>2</sup>

壁(床面に対して)=60 N/m<sup>2</sup>

2 階重量=床重量+壁重量=1920+600=2520 N/m<sup>2</sup>

### 必要壁量表の検証

告示必要壁量表算定は、2 階建部分の  $\alpha$ ・一次固有周期をそれぞれ 0.3、0.2 秒と仮定し、 $A_i$  を 1.4

と算出しているが、固定荷重変更により  $A_i$  を再計算し、 $A_i$  値変更の必要性について検証を行う。

軽い屋根の場合

$$2\text{階重量} = 1080 \text{ N/m}^2 \quad 1\text{階重量} = 1080 + 2520 = 3600 \text{ N/m}^2 \quad \alpha_2 = \frac{1080}{3600} = 0.30$$

$$A_2 = 1 + \left( \frac{1}{\sqrt{\alpha_2}} - \alpha_2 \right) \frac{2T}{1 + 3T} = 1 + \left( \frac{1}{\sqrt{0.30}} - 0.30 \right) \frac{2 \times 0.2}{1 + 3 \times 0.2} = 1.38$$

重い屋根の場合

$$2\text{階重量} = 1470 \text{ N/m}^2 \quad 1\text{階重量} = 1470 + 2520 = 3990 \text{ N/m}^2 \quad \alpha_2 = \frac{1470}{3990} = 0.37$$

$$A_2 = 1 + \left( \frac{1}{\sqrt{\alpha_2}} - \alpha_2 \right) \frac{2T}{1 + 3T} = 1 + \left( \frac{1}{\sqrt{0.37}} - 0.37 \right) \frac{2 \times 0.2}{1 + 3 \times 0.2} = 1.32$$

上記計算結果より、 $A_i$  の値は、現状の値を使用することとする。

以上の計算結果より、告示必要壁量表の根拠となる計算仮定 ( $A_i$ ・一次固有周期) を変更していないため、必要壁量は、告示必要壁量表の数値の建物重量比により求めることができる。

検討結果

告示基準と CLT 床版を使用する建物重量比は、表 2-6-3-1 から表 2-6-3-2 のようになる。  
床面積に対する必要壁量は、1 階必要壁量が重量比が増加となる。従って、CLT 床版使用の建物において、耐力壁の余裕率（設計壁量/必要壁量）をこの重量比以上として扱うことが考えられる。

表 2-6-3-1 建物重量の比較（一般地）

建物	屋根仕上げ	階	建物重量		重量比
			告示基準	CLT床版	
平屋建	軽い屋根	—	1080	1080	1.00
	重い屋根	—	1470	1470	1.00
2階建	軽い屋根	2	1080	1080	1.00
		1	2780	3600	1.29
	重い屋根	2	1470	1470	1.00
		1	3170	3990	1.26

表 2-6-3-2 建物重量の比較（100 cm積雪多雪区域）

建物	階	建物重量						重量比
		告示基準			CLT床版			
		建物重量	積雪重量	合計重量	建物重量	積雪重量	合計重量	
平屋建	—	1080	1365	2445	1080	2445	1.00	
2階建	2	1080		2445	1080	2445	1.00	
	1	2780	4145	3600	4965	1.20		

積雪重量 =  $100 \times 30 \times 0.35 \times 1.3 = 1365 \text{ N/m}^2$

表 2-6-3-3 建物重量の比較（200 cm積雪多雪区域）

建物	階	建物重量						重量比
		告示基準			CLT床版			
		建物重量	積雪重量	合計重量	建物重量	積雪重量	合計重量	
平屋建	—	1080	2730	3810	1080	3810	1.00	
2階建	2	1080		3810	1080	2730	3810	1.00
	1	2780	5510	3600	6330	1.15		

積雪重量 =  $200 \times 30 \times 0.35 \times 1.3 = 2730 \text{ N/m}^2$

2) 床・屋根に CLT を使用する場合

軽い屋根		
住宅屋根用スレート	260 N/m <sup>2</sup>	920 N/m <sup>2</sup>
吊り天井	300 N/m <sup>2</sup>	
CLT（3層3プライ）	360 N/m <sup>2</sup>	

重い屋根		
瓦葺き	600 N/m <sup>2</sup>	1260 N/m <sup>2</sup>
吊り天井	300 N/m <sup>2</sup>	
CLT（3層3プライ）	360 N/m <sup>2</sup>	

床		
フローリング	180 N/m <sup>2</sup>	1320 N/m <sup>2</sup>
吊り天井	300 N/m <sup>2</sup>	
CLT（5層7プライ）	840 N/m <sup>2</sup>	

地震荷重算定用床重量 = 床重量 + 積載荷重 =  $1320 + 600 = 1920 \text{ N/m}^2$

告示壁量表根拠となる重量

軽い屋根 = 勾配補正後の屋根重量 + 壁上部重量 =  $1.3 \times 920 + 600/2 = 1496 \text{ N/m}^2 \rightarrow 1500 \text{ N/m}^2$

重い屋根 = 勾配補正後の屋根重量 + 壁上部重量 =  $1.3 \times 1260 + 600/2 = 1938 \text{ N/m}^2 \rightarrow 2000 \text{ N/m}^2$

壁(床面に対して) =  $60 \text{ N/m}^2$

2階重量 = 床重量 + 壁重量 =  $1920 + 600 = 2520 \text{ N/m}^2$

A<sub>i</sub> の算定

軽い屋根の場合

2階重量 =  $1340 \text{ N/m}^2$  1階重量 =  $1500 + 2520 = 4020 \text{ N/m}^2$   $\alpha_2 = \frac{1500}{4020} = 0.37$

$$A_2 = 1 + \left( \frac{1}{\sqrt{\alpha_2}} - \alpha_2 \right) \frac{2T}{1+3T} = 1 + \left( \frac{1}{\sqrt{0.37}} - 0.37 \right) \frac{2 \times 0.2}{1+3 \times 0.2} = 1.32$$

重い屋根の場合

2階重量 =  $2020 \text{ N/m}^2$  1階重量 =  $2000 + 2520 = 4520 \text{ N/m}^2$   $\alpha_2 = \frac{2000}{4520} = 0.44$

$$A_2 = 1 + \left( \frac{1}{\sqrt{\alpha_2}} - \alpha_2 \right) \frac{2T}{1+3T} = 1 + \left( \frac{1}{\sqrt{0.44}} - 0.44 \right) \frac{2 \times 0.2}{1+3 \times 0.2} = 1.27$$

告示必要壁量表算定は、2階建部分の A<sub>i</sub> を 1.4 と算出している。上記の計算結果ではこの値を下回るが、安全側であると判断し、告示で使用されている 1.4 を使用する。従って、必要壁量は、告示必要壁量表の数値の建物重量比により求めることができる。

表 2-6-3-4 建物重量の比較 (一般地)

建物	屋根仕上げ	階	建物重量		重量比
			告示基準	CLT床版・屋根版	
平屋建	軽い屋根	—	1080	1500	1.39
	重い屋根	—	1470	2000	1.36
2階建	軽い屋根	2	1080	1500	1.39
		1	2780	4020	1.45
	重い屋根	2	1470	2000	1.36
		1	3170	4520	1.43

表 2-6-3-5 建物重量の比較 (100 cm積雪多雪区域)

建物	階	建物重量					重量比	
		告示基準			CLT床版・屋根版			
		建物重量	積雪重量	合計重量	建物重量	積雪重量		合計重量
平屋建	—	1080	—	2445	1500	—	2865	1.17
2階建	2	1080	1365	2445	1500	1365	2865	1.17
	1	2780		4145	4020		5385	1.30

積雪重量 =  $100 \times 30 \times 0.35 \times 1.3 = 1365\text{N/m}^2$

表 2-6-3-6 建物重量の比較 (200 cm積雪多雪区域)

建物	階	建物重量					重量比	
		告示基準			CLT床版・屋根版			
		建物重量	積雪重量	合計重量	建物重量	積雪重量		合計重量
平屋建	—	1080	—	3810	1500	—	4230	1.11
2階建	2	1080	2730	3810	1500	2730	4230	1.11
	1	2780		5510	4020		6750	1.23

積雪重量 =  $200 \times 30 \times 0.35 \times 1.3 = 2730\text{N/m}^2$

## 2.6.4 たて枠の検討

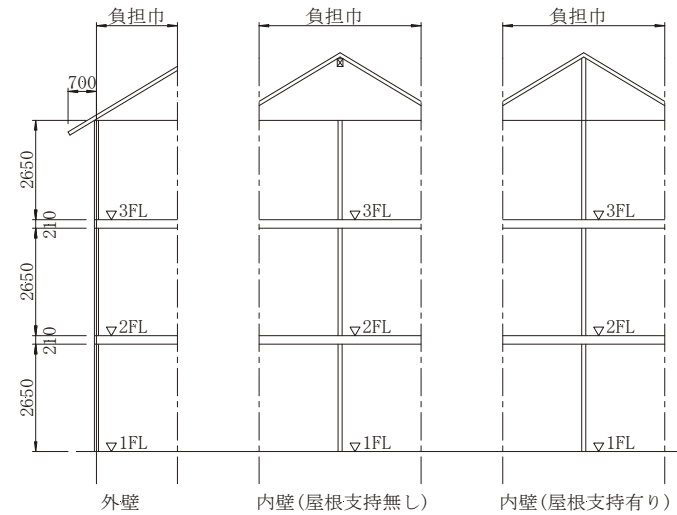


図 2-6-4-1

上図に示す3ケースについてたて枠の検討を行う。検討条件を以下に示す。

1. 使用たて枠は、204材・206材・208材 S.P.F 甲種 2級とする。
2. 屋根に CLT 厚さ 90mm を使用する。
3. 屋根勾配は、6寸・軒の出 700mm、屋根仕上げは住宅用屋根化粧スレート葺・瓦葺きを想定
4. 建設地は、90cm積雪の一般地、1.0m・1.5m・2.0m積雪の多雪区域とする。
5. 床版に CLT 厚さ 210mm を使用する。床仕上げは、フローリングとする。
6. 外壁は、モルタル仕上げを想定
7. 屋根・床の負担巾は、外周壁 2.0m・内壁 4.0mとする。
8. 上記の条件で壁に作用する負担軸力を求め、各たて枠寸法に対して最大間隔を算定する。  
尚、最大間隔は、告示第 1540 号の規定に従う。
9. たて枠の許容圧縮力は、たて枠座屈より求める。

固定荷重

屋根

住宅用屋根化粧スレート葺き(下地込み)	255 N/m <sup>2</sup>	}	615 N/m <sup>2</sup>
屋根版 (CLT 90 mm)	360 N/m <sup>2</sup>		

瓦葺き(下地込み)	600 N/m <sup>2</sup>	}	960 N/m <sup>2</sup>
屋根版 (CLT 90 mm)	360 N/m <sup>2</sup>		

天井	300 N/m <sup>2</sup>
----	----------------------

床

フローリング	180 N/m <sup>2</sup>	}	1320 N/m <sup>2</sup>
床版 (CLT 210 mm)	840 N/m <sup>2</sup>		
吊り天井	300 N/m <sup>2</sup>		

内壁

枠材	120 N/m <sup>2</sup>	}	360 N/m <sup>2</sup>
せっこうボード両面	240 N/m <sup>2</sup>		

外壁

モルタル	320 N/m <sup>2</sup>	}	650 N/m <sup>2</sup>
構造用合板	60 N/m <sup>2</sup>		
枠材	120 N/m <sup>2</sup>		
ロックウール	30 N/m <sup>2</sup>		
せっこうボード	120 N/m <sup>2</sup>		

積載荷重 1300 N/m<sup>2</sup>

積雪荷重

一般地	積雪量 90 cm	積雪荷重=20×90=1800 N/m <sup>2</sup>
多雪区域	積雪量 100 cm	積雪荷重=30×100=3000 N/m <sup>2</sup>
	積雪量 150 cm	積雪荷重=30×150=4500 N/m <sup>2</sup>
	積雪量 200 cm	積雪荷重=30×200=6000 N/m <sup>2</sup>

たて枠の許容圧縮力 (壁高 2650 mm)

$$h = 2650 - 38 \times 3 = 2536 \text{ mm}$$

たて枠 204 材の場合

$$A = 33.8 \text{ cm}^2 \quad i = 2.57 \text{ cm} \quad \lambda = 253.6/2.57 = 99 \quad f_k = (1.3 - 0.01 \times 99) \times 17.4/3 = 1.8 \text{ N/mm}^2$$

たて枠 204材許容圧縮力 = 荷重継続時間に係わる係数 × 1.8 × 3380  
= 荷重継続時間に係わる係数 × 6084 N/本

たて枠 206 材の場合

$$A = 53.2 \text{ cm}^2 \quad i = 4.04 \text{ cm} \quad \lambda = 253.6/4.04 = 63 \quad f_k = (1.3 - 0.01 \times 63) \times 17.4/3 = 3.9 \text{ N/mm}^2$$

たて枠 206材許容圧縮力 = 荷重継続時間に係わる係数 × 3.9 × 5320  
= 荷重継続時間に係わる係数 × 20748 N/本

たて枠 208 材の場合

$$A = 69.9 \text{ cm}^2 \quad i = 5.31 \text{ cm} \quad \lambda = 253.6/5.31 = 48 \quad f_k = (1.3 - 0.01 \times 48) \times 17.4/3 = 4.8 \text{ N/mm}^2$$

たて枠 208材許容圧縮力 = 荷重継続時間に係わる係数 × 4.8 × 6990  
= 荷重継続時間に係わる係数 × 33552 N/本

表 2-6-4-1

一般地積雪量90cm 外壁 屋根仕上げ：瓦葺き 単位：cm

負担巾	階	壁高 mm	部位	単位重量 N/㎡	重量 N/m	組合せ重量		たて枠											
						G+P N/m	G+P+S N/m	204材	206材	208材									
2.0	3	2650	屋根	1120	3024	5557	10417	65	65	65									
			積雪	1800	4860														
			天井	300	810														
			内壁	360	954														
			外壁	650	1723														
			床	2620	5240														
	2	2650	2650	床	2620	5240	12520	17380	50	50	65								
				外壁	650	1723													
				1	2650	2650						床	2620	5240	19483	24343	34	50	65
												外壁	650	1723					

たて枠間隔=1000/(min.(G+P軸力)/(たて枠許容圧縮\*1.1), G+P+S/(たて枠許容圧縮\*1.6))

多雪区域積雪量100cm 外壁 屋根仕上げ：住宅用屋根化粧スレート葺き 単位：cm

負担巾	階	壁高 mm	部位	単位重量 N/㎡	重量 N/m	組合せ重量		たて枠											
						G+P N/m	G+P+S N/m	204材	206材	208材									
2.0	3	2650	屋根	1120	3024	5557	13657 (11227)	50	65	65									
			積雪	3000	8100														
			天井	300	810														
			内壁	360	954														
			外壁	650	1723														
			床	2620	5240														
	2	2650	2650	床	2620	5240	12520	20620 (18190)	45	50	65								
				外壁	650	1723													
				1	2650	2650						床	2620	5240	19483	27583 (25153)	34	50	65
												外壁	650	1723					

たて枠間隔=100/必要たて枠本数 ( )内G+P+0.7S

必要たて枠本数

=max(G+P/(たて枠許容圧縮\*1.1), G+P+0.7/(たて枠許容圧縮\*1.43), G+P+S/(たて枠許容圧縮\*1.6))

多雪区域積雪量150cm 外壁 屋根仕上げ：住宅用屋根化粧スレート葺き 単位：cm

負担巾	階	壁高 mm	部位	単位重量 N/㎡	重量 N/m	組合せ重量		たて枠											
						G+P N/m	G+P+S N/m	204材	206材	208材									
2.0	3	2650	屋根	1120	3024	5557	17707 (14062)	50	65	65									
			積雪	4500	12150														
			天井	300	810														
			内壁	360	954														
			外壁	650	1723														
			床	2620	5240														
	2	2650	2650	床	2620	5240	12520	24670 (21025)	35	50	65								
				外壁	650	1723													
				1	2650	2650						床	2620	5240	19483	31633 (27988)	31	50	65
												外壁	650	1723					

たて枠間隔=100/必要たて枠本数 ( )内G+P+0.7S

必要たて枠本数

=max(G+P/(たて枠許容圧縮\*1.1), G+P+0.7/(たて枠許容圧縮\*1.43), G+P+S/(たて枠許容圧縮\*1.6))

多雪区域積雪量200cm 外壁 屋根仕上げ：住宅用屋根化粧スレート葺き 単位：cm

負担巾	階	壁高 mm	部位	単位重量 N/㎡	重量 N/m	組合せ重量		たて枠											
						G+P N/m	G+P+S N/m	204材	206材	208材									
2.0	3	2650	屋根	1120	3024	5557	21757 (16897)	45	65	65									
			積雪	6000	16200														
			天井	300	810														
			内壁	360	954														
			外壁	650	1723														
			床	2620	5240														
	2	2650	2650	床	2620	5240	12520	28720 (23860)	34	50	65								
				外壁	650	1723													
				1	2650	2650						床	2620	5240	19483	35683 (30823)	27	50	65
												外壁	650	1723					

たて枠間隔=100/必要たて枠本数 ( )内G+P+0.7S

必要たて枠本数

=max(G+P/(たて枠許容圧縮\*1.1), G+P+0.7/(たて枠許容圧縮\*1.43), G+P+S/(たて枠許容圧縮\*1.6))

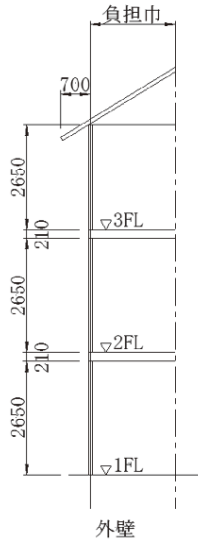


表 2-6-4-2

一般地積雪量90cm 内壁 屋根仕上げ：瓦葺き 単位：cm

負担巾	階	壁高 mm	部位	単位重量 N/㎡	重量 N/m	組合せ重量		たて枠											
						G+P N/m	G+P+S N/m	204材	206材	208材									
4.0	3	2650	屋根	1120	4480	6844	14044	65	65	65									
			積雪	1800	7200														
			天井	300	1410														
			内壁	360	954														
			床	2620	10480														
			内壁	360	954														
	2	2650	2650	床	2620	10480	18278	25478	37	50	65								
				内壁	360	954													
				1	2650	2650						床	2620	10480	29712	36912	23	50	65
												内壁	360	954					

たて枠間隔=1000/(min.(G+P軸力)/(たて枠許容圧縮\*1.1), G+P+S/(たて枠許容圧縮\*1.6))

多雪区域積雪量100cm 内壁 屋根仕上げ：住宅用屋根化粧スレート葺き 単位：cm

負担巾	階	壁高 mm	部位	単位重量 N/㎡	重量 N/m	組合せ重量		たて枠											
						G+P N/m	G+P+S N/m	204材	206材	208材									
4.0	3	2650	屋根	1120	4480	6844	18844 (15244)	50	65	65									
			積雪	3000	12000														
			天井	300	1410														
			内壁	360	954														
			床	2620	10480														
			内壁	360	954														
	2	2650	2650	床	2620	10480	18278	30278 (26578)	32	50	65								
				内壁	360	954													
				1	2650	2650						床	2620	10480	29712	41712 (38112)	23	50	65
												内壁	360	954					

たて枠間隔=100/必要たて枠本数 ( )内G+P+0.7S

必要たて枠本数

=max(G+P/(たて枠許容圧縮\*1.1), G+P+0.7/(たて枠許容圧縮\*1.43), G+P+S/(たて枠許容圧縮\*1.6))

多雪区域積雪量150cm 内壁 屋根仕上げ：住宅用屋根化粧スレート葺き 単位：cm

負担巾	階	壁高 mm	部位	単位重量 N/㎡	重量 N/m	組合せ重量		たて枠											
						G+P N/m	G+P+S N/m	204材	206材	208材									
4.0	3	2650	屋根	1120	4480	6844	24844 (19444)	39	65	65									
			積雪	4500	18000														
			天井	300	1410														
			内壁	360	954														
			床	2620	10480														
			内壁	360	954														
	2	2650	2650	床	2620	10480	18278	36278 (30878)	27	50	65								
				内壁	360	954													
				1	2650	2650						床	2620	10480	29712	47712 (42312)	20	50	65
												内壁	360	954					

たて枠間隔=100/必要たて枠本数 ( )内G+P+0.7S

必要たて枠本数

=max(G+P/(たて枠許容圧縮\*1.1), G+P+0.7/(たて枠許容圧縮\*1.43), G+P+S/(たて枠許容圧縮\*1.6))

多雪区域積雪量200cm 内壁 屋根仕上げ：住宅用屋根化粧スレート葺き 単位：cm

負担巾	階	壁高 mm	部位	単位重量 N/㎡	重量 N/m	組合せ重量		たて枠											
						G+P N/m	G+P+S N/m	204材	206材	208材									
4.0	3	2650	屋根	1120	4480	6844	30844 (23644)	32	65	65									
			積雪	6000	24000														
			天井	300	1410														
			内壁	360	954														
			床	2620	10480														
			内壁	360	954														
	2	2650	2650	床	2620	10480	18278	42278 (35078)	23	50	65								
				内壁	360	954													
				1	2650	2650						床	2620	10480	29712	53712 (46512)	18	50	65
												内壁	360	954					

たて枠間隔=100/必要たて枠本数 ( )内G+P+0.7S

必要たて枠本数

=max(G+P/(たて枠許容圧縮\*1.1), G+P+0.7/(たて枠許容圧縮\*1.43), G+P+S/(たて枠許容圧縮\*1.6))

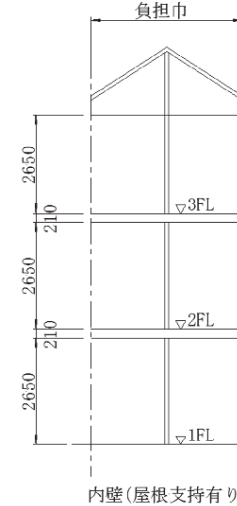
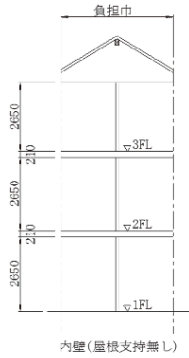




表 2-6-4-2



一般地積雪量90cm 内壁 屋根負担なし 単位: cm

負担巾	階	壁高 mm	部位	単位重量	重量	組合せ重量 G+P N/m	たて枠		
				N/m <sup>2</sup>	N/m		204材	206材	208材
4.0	3	2650	天井	300	1410	2364	65	65	65
			内壁	360	954				
	2	2650	床	2620	10480	13798	49	50	65
			内壁	360	954				
	1	2650	床	2620	10480	25232	27	50	65
			内壁	360	954				

たて枠間隔=1000/(min.(G+P軸力/(たて枠許容圧縮\*1.1), G+P+S/(たて枠許容圧縮\*1.6)))

表 2-6-4-3

告示第1540号第8の規定のたて枠間隔

単位: cm

建築物	3階建ての建築物の3階、 2階建ての建築物の2階または 平屋建ての建築物			3階建ての建築物の2階、 2階建ての建築物の1階			3階建ての小屋裏利用建築物 の1階			
	204材	206材	208材	204材	206材	208材	204材	206材	208材	
多雪以外の区域における建築物	65	65	65	50	50	65	45	50	65	
多雪区域 における 建築物	垂直積雪量が1mの区域 におけるもの	50	65	65	45	50	65	35	50	65
	垂直積雪量が1mを超え 1.5m以下の区域におけ	50	65	65	35	50	65	31	50	65
	垂直積雪量が1.5mを超え 2m以下の区域におけ	45	65	65	35	50	65	31	50	65

屋根・床のCLTを使用する場合のたて枠間隔

建築物	3階建ての建築物の3階、 2階建ての建築物の2階または 平屋建ての建築物						3階建ての建築物の2階、 2階建ての建築物の1階						3階建ての小屋裏利用建築物 の1階						
	204材		206材		208材		204材		206材		208材		204材		206材		208材		
	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部	外周	内部	
多雪以外の区域における建築物	65	65	65	65	65	65	50	37	50	50	65	65	34	23	50	50	65	65	
多雪区域 における 建築物	垂直積雪量が1mの区域 におけるもの	50	50	65	65	65	65	45	32	50	50	65	65	34	23	50	50	65	65
	垂直積雪量が1mを超え 1.5m以下の区域におけ	50	39	65	65	65	65	35	27	50	50	65	65	31	20	50	50	65	65
	垂直積雪量が1.5mを超え 2m以下の区域におけ	45	32	65	65	65	65	34	23	50	50	65	65	27	18	50	50	65	65

### 2.6.5 屋根吹き上げの検討

CLT屋根版を使用する場合の屋根吹き上げ力に対する検討を行う。  
検討条件を以下に示す。

1. 風荷重算定用の建物高さは、図 2-6-5-1 に示す値を使用する。
2. CLT屋根版は、Mx60-3-3(厚さ90mm)を使用する。
3. 風力係数は、屋根吹き上げ風力係数の最大-1.0を使用し、屋根勾配を10度とする。
4. 軒の部分の屋根吹き上げ力に図 2-6-5-2 に示すよう外壁にあたる風による吹き上げ力(風力係数 0.8kz)も考慮する。
5. スパン表の結果より軒の出2.4m、屋根版スパン5.4mとする。
6. 基準風速は、36m/sとする。
7. 屋根仕上げは、ガルバニウム鋼板葺き(仕上げ重量80 N/m<sup>2</sup>、CLT自重360 N/m<sup>2</sup>、計440 N/m<sup>2</sup>)とする。

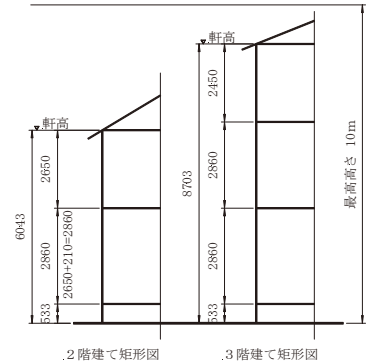
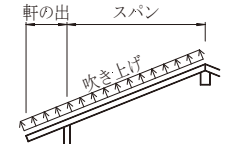


図 2-6-5-1 矩計図



屋根高さ  $H = (6.043 + 10.0) / 2 = 8.022 \text{ m}$   
 粗度区分Ⅲ  $Z_b = 5.0 \text{ m}$   $Z_G = 450 \text{ m}$   $\alpha = 0.20$   
 図-2 屋根に作用する吹き上げ力  
 $H > Z_b \therefore E_r = 1.7 \times \left( \frac{H}{Z_G} \right)$

ガスト影響係数 粗度区分Ⅲ  $H > 10 \text{ m}$   $G_r = 2.5$

$$E = E_r^2 \times G_r = 0.760^2 \times 2.5 = 1.444$$

$$\text{速度圧 } q = 0.6 \times E \times V_0^2 = 0.6 \times 1.444 \times 36^2 = 1123 \text{ N/m}^2$$

風力係数の算定

屋根負の風力係数 = -1.0

外壁

風上側  $0.8k_z$  風下側 0.4

$$H \leq Z_b \quad k_z = 1.0 \quad H > Z_b \quad Z_i \leq Z_b \quad k_z = \left( \frac{Z_b}{H} \right)^{2\alpha}$$

$$Z_i > Z_b \quad k_z = \left( \frac{Z_i}{H} \right)^{2\alpha}$$

2階外壁

$$Z_i = 6.043 - 2.65/2 = 4.718 \text{ m} < Z_b \quad k_z = \left( \frac{Z_b}{H} \right)^{2\alpha} = \left( \frac{5.0}{8.022} \right)^{0.4} = 0.828$$

$$0.8 k_z = 0.8 \times 0.828 = 0.66$$

3階建て

$$\text{屋根高さ } H = (8.703 + 10.0)/2 = 9.352 \text{ m}$$

$$\text{粗度区分 III} \quad Z_b = 5.0 \text{ m} \quad Z_G = 450 \text{ m} \quad \alpha = 0.20$$

$$H > Z_b \quad \therefore E_r = 1.7 \times \left( \frac{H}{Z_G} \right)^\alpha = 1.7 \times \left( \frac{9.352}{450} \right)^{0.2} = 0.783$$

$$\text{ガスト影響係数 粗度区分 III} \quad H > 10 \text{ m} \quad G_f = 2.5$$

$$E = E_r^2 \times G_f = 0.783^2 \times 2.5 = 1.533$$

$$\text{速度圧 } q = 0.6 \times E \times V_0^2 = 0.6 \times 1.533 \times 36^2 = 1192 \text{ N/m}^2$$

風力係数の算定

$$\text{屋根負の風力係数} = -1.0$$

外壁

3階外壁

$$Z_i = 8.073 - 2.45/2 = 6.848 \text{ m} > Z_b \quad k_z = \left( \frac{Z_i}{H} \right)^{2\alpha} = \left( \frac{6.848}{9.352} \right)^{0.4} = 0.883$$

$$0.8 k_z = 0.8 \times 0.883 = 0.71$$

2) 吹き上がり力の算定

$$\text{A点吹き上がり力} = (\text{速度圧} - \text{屋根重量}) \times (\text{軒の出} + \text{スパン}/2) + \text{速度圧} \times \text{壁風力係数}$$

$$\text{B点吹き上がり力} = (\text{速度圧} - \text{屋根重量}) \times \text{スパン}/2$$

2階建て

$$\text{A点吹き上がり力} = (1123 - 440) \times (2.4 + 5.4/2) + 1123 \times 0.66 = 4224 \text{ N/m}$$

$$\text{B点吹き上がり力} = (1123 - 440) \times 5.4/2 = 1844 \text{ N/m}$$

3階建て

$$\text{A点吹き上がり力} = (1192 - 440) \times (2.4 + 5.4/2) + 1192 \times 0.71 = 4682 \text{ N/m}$$

$$\text{B点吹き上がり力} = (1192 - 440) \times 5.4/2 = 2030 \text{ N/m}$$

接合例

羽子板ボルト SB・FSを1m間隔

$$\text{SB} \cdot \text{FS} \text{短期許容耐力} = 10.8 \text{ kN} > 4.682 \text{ kN} \quad \text{O.K.}$$

CLT側座金の検討

$$\text{すぎ基準めり込み強度} = 6.0 \text{ N/mm}^2$$

(木質構造設計規準より)

$$\text{座金必要面積} = \frac{4682}{6.0/3 \times 2.0} = 1171 \text{ mm}^2$$

→ 35mm角 (A = 1225 mm<sup>2</sup>) 以上

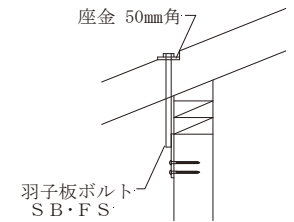
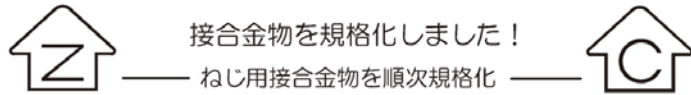


図 2-6-5-3

(参考)

平成23年8月1日



(財)日本住宅・木材技術センター

当センターは、かねてから要望のあったタッピンねじ及びタッピンねじ用接合金物を平成23年8月1日付で接合金物規格に下記のとおり追加しました。

1. 四角穴付きタッピンねじ（以下「タッピンねじ」という。）STS・HC90を規格化しました。

タッピンねじSTS・HC90は、引き抜き抵抗用の接合具です。昨年規格化したせん断抵抗用のタッピンねじSTS・C45及び65と異なり長いのが特徴です。タッピンねじは、長くなるとねじ込み難くなることから、ノッチやローレット加工を設けるとともに、頭部は四角穴付き六角頭になっていますので四角ビット又は六角ビットソケットで容易にねじ込むことができます。

図1 四角穴付きタッピンねじ

記号	形状・寸法 (単位: mm)
STS・HC90	

2. Zマーク表示金物に8種類のタッピンねじ用接合金物を規格化しました。

タッピンねじ用接合金物として、ひら金物SM-15S、コーナー金物CP・ZS、短ざく金物S・S、かね折り金物SA・S、羽子板ボルトSB・FS、羽子板ボルトSB・ES、羽子板パイプSP・ES及び火打金物HB・Sの8種類を追加しました（図2参照）。

図2 Zマーク表示金物

記号	形状・寸法 (単位: mm)	用途
ひら金物 SM-15S		くぎ使用のかど金物CP・L、CP・T、ひら金物SM-12、SM-40、山形プレートVPと同様の用途で、柱と横架材等の補強
コーナー金物 CP・ZS		接合具: (柱) 3-STS・C65 (土台) 3-STS・HC90 短期許容耐力: 8.3kN (中柱)
短ざく金物 S・S		接合具: 8-STS・C65 短期許容耐力: 10kN 六角ボルト使用の帯金物Sと同様の用途で、床梁及び管柱の連結等の補強

記号	形状・寸法 (単位: mm)	用途
かね折り金物 SA・S		接合具: 8-STS・C65 短期許容耐力: 10kN 六角ボルト使用のかね折り金物SAと同様の用途で、隅柱と2方向の隅差との補強
羽子板ボルト SB・FS		接合具: 3-STS・C65 1-W6.0×60 短期許容耐力: 10.8kN (中柱) 六角ボルト使用の羽子板ボルトSB及び羽子板パイプSPと同様の用途で、横架材と柱及び横架材と横架材の補強
羽子板ボルト SB・ES		接合具: 3-STS・C65 1-W6.0×60 短期許容耐力: 10.8kN (中柱)
羽子板パイプ SP・ES		接合具: 3-STS・C65 1-W6.0×60 短期許容耐力: 10.8kN (中柱)
火打金物 HB・S		接合具: 12-STS・C65 耐力: 従来のHBと同等 六角ボルト使用の火打金物HBと同様の用途で、床組及び小壁組の隅角部の補強 (跨張長さ: 760mm)

3. Cマーク表示金物に1種類のタッピンねじ用接合金物を規格化しました。

タッピンねじ用接合金物として、枠組壁工法用の帯金物SW-26Sを追加しました（図3参照）。

図3 Cマーク表示金物

記号	形状・寸法 (単位: mm)	用途
帯金物 SW-26S		接合具: 11-STS・C65 短期許容耐力: 8.7kN (中柱(たて枠)) くぎ使用のS-50、SW-67、及びSA-65と同様の用途で、開口部端部の土台との補強

4. その他

これらの接合金物は、当センターの承認基準に適合した製造工場から供給されます。よって、供給時期は、承認後になります。承認を受けた工場は、当センターのHP等で紹介します。

問い合わせ先: (財)日本住宅・木材技術センター 認証部 吉野、山田  
電話: 03(5653)7581

## 2.7 水平構面の検討

### 2.7.1 検討目的と方法

枠組壁工法の床と CLT 床の剛性を比較して壁-床の接合耐力などを検討したいとお話を伺い、過去に森林総研の屋外実験エリアで行った実大床構面の水平加力試験データを比較してみることにした。参照したデータは次の 6 種類である。

### 2.7.2 文献調査結果

#### 1) 神谷らによる枠組壁工法床の水平加力試験<sup>1)</sup>

1984 年に報告されたもので、住宅金融公庫仕様（当時）に準拠して製作した幅 12P（10.92m）、奥行き 4P（3.64m）の枠組壁工法床に対し、床両端を支持し 3 本のジャッキを用いて、4 等分点 5 点荷重方式の正負繰り返し加力を行ったものである（図 2-7-1）。

床枠組に用いた材料は、Hem-Fir の 208 材、受材は同じく 204 材であった。複数行った実験のうち、合板張り仕様（No.5）はラワン合板 1 級 12mm を CN50 で外周 150mm、中通り 200mm で留め付けた。PB 張り仕様（No.6）は 200 タイプ 15mm 厚の PB を CN65 釘で外周 150mm、中通り 200mm で施工した。

得られたグラフ（図 2-7-2-2）は、試験体に加えられた総荷重とスパン中央のたわみの関係を示したものである。No.5,6 共に最大荷重は 120kN 程度で大きな差は現れなかったが、太い釘（CN65）を使った No.6 の方が初期剛性は高くなり、Pmax 到達時の中央たわみは No.5 の 7 割程度に抑えられている。

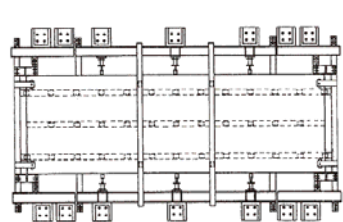


図 2-7-2-1 加力試験の概要

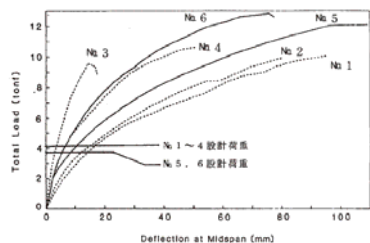


図 2-7-2-2 総荷重とスパン中央たわみの関係

#### 2) 野口らによる枠組壁工法床の水平加力試験<sup>2)</sup>

1992 年に報告されたもので、1)と同じく 12P×4P の枠組壁工法床に対し、4 等分点 5 点荷重方式の正負繰り返し加力を行ったものである（図 2-7-2-3）。

床枠組には SPF の 208 材を使用している。合板はラワン合板 1 級の 12mm 厚を用い、CN50 釘で外周 150mm、中通り 200mm で留め付けている。

得られたグラフ（図 2-7-2-4）は、試験体に加えられた総荷重とスパン中央のたわみの関係を示したものである。凡例の（ベイマツ）（ベイツガ）は、上記 1)に示した No.5, 6 の結果を示しているようである。最大荷重は 50kN 程度、たわみも 50mm 前後と 1)と比較して半分程度に落ちているが、特に 1)の No.5 と比べると、枠組材の樹種群が変わったことくらいしか違いが無く、床枠組のフランジ材としての曲げ剛性の差がこのような結果の差に繋がったものと思われる。

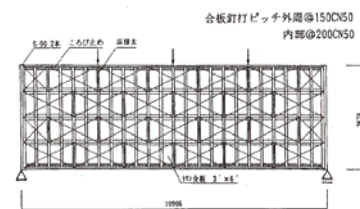


図 2-7-2-3 合板張り床構面の概略

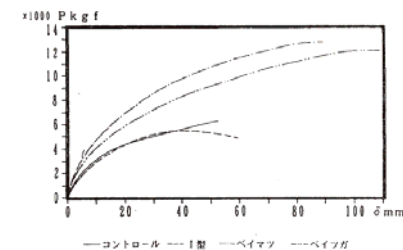


図 2-7-2-4 総荷重とスパン中央たわみの関係

#### 3) 河合らによる枠組壁工法床の水平加力試験<sup>3)</sup>

1992 年に発表されたもので、1),2)と同様に 12P×4P の枠組壁工法床に対し、4 等分点 5 点荷重方式の正負繰り返し加力を行ったものである（図 2-7-2-5）。

床枠組には SPF 甲種 2 級の 208 材、受材は同 204 材を使用しており、2P×4P のユニットを 6 個並列に並べた形の床組となっている。面材には厚さ 15.5mm の OSB を使用し、CN65 釘を外周 150mm、中通り 200mm で施工している。試験体 MP412A は各ユニット（2P×4P）に大判の OSB（1820×3640mm）を 1 枚張りした仕様で、試験体 MP412B は各ユニットに 3 枚の OSB（1213×1820mm）を張った仕様である。

得られたグラフ（図 2-7-2-6）は、試験体に加えられた総荷重とスパン中央のたわみの関係を示したものである。2)の仕様と比較して、CN65 釘と 15mm 厚面材を使用しているため、釘接合部の一面せん断耐力が高い。従って、総荷重も 70~80kN と高くなっている。Pmax 時のたわみも 70mm 前後と 2)よりも 3 割ほど大きい。

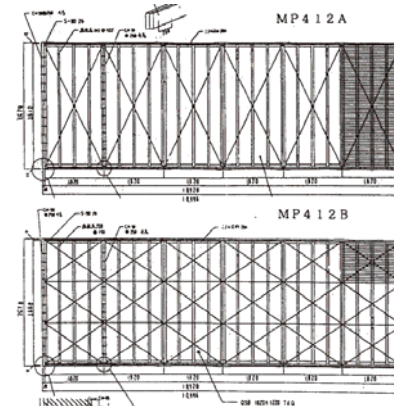


図 2-7-2-5 OSB 張り床構面の概略  
（上：MP412A、下：MP412B）

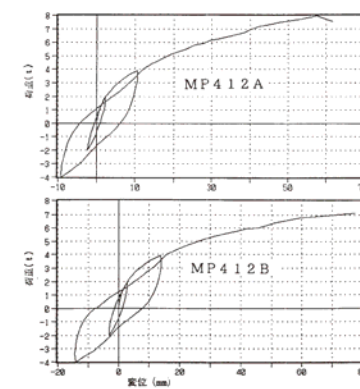


図 2-7-2-6 総荷重とスパン中央たわみの関係  
（上：MP412A、下：MP412B）

4) 杉本らによる枠組壁工法床の水平加力試験<sup>4)</sup>

1999年の報告で、12P×4Pの枠組壁工法床に対し、4等分点5点荷重方式の正負繰り返し加力を行ったものである(図2-7-2-7)。

床枠組にはSPF甲種2級の208材を使用しており、面材には厚さ12mmの針葉樹構造用合板(JAS特類2級)を使用し、CN50釘を外周150mm、中通り200mmで施工している。なお、試験体A,Bは在来構法床で、試験体Cが枠組壁工法床(本稿の検討対象)となっている。

得られたグラフ(図2-7-2-8)は、試験体に加えられた総荷重とスパン中央のたわみの関係を示したものである。試験体Cを見ると、最大荷重が約90kN、最大荷重時のたわみが100mm強となっている。

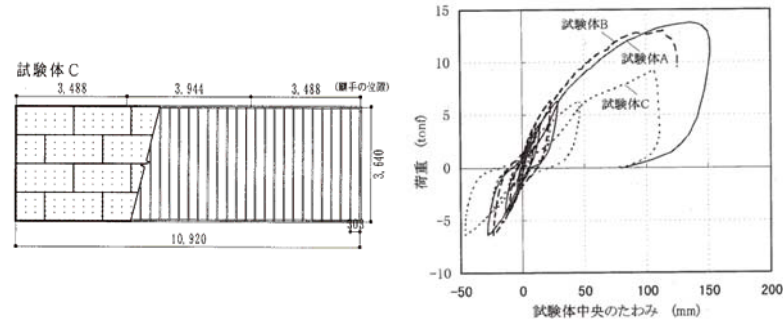


図2-7-2-7 針葉樹合板張り  
枠組壁工法床の概略

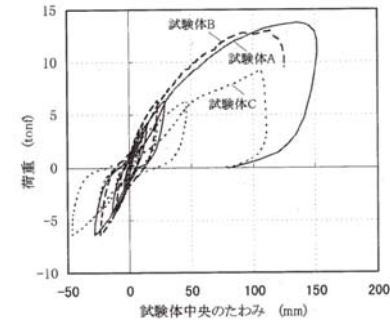


図2-7-2-8 総荷重とスパン中央たわみの関係  
(試験体Cが枠組壁工法床)

5) 杉本らによる厚物合板張り軸組構法床の水平加力試験<sup>5)</sup>

2011年の報告で、8P×4Pの軸組構法床に対し、2等分点3点荷重方式の正負繰り返し加力を行ったものである(図2-7-2-9)。

軸組床は、構造用集成材(JAS対称異等級構成E120-F330、断面寸法:105×210mm、樹種:ベイマツ)を用いて構成しており、仕口は腰掛け蟻継ぎとし、910mm間隔で梁を掛け、合板の継ぎ目部分には105角の受け材を設けている。面材は厚さ24mmの構造用合板(JAS特類2級、全層スギ)を用い、N75釘を外周150mm、中通り200mmで施工している。この報告では全6仕様の試験をしており、通常の直張り仕様以外に、面材を梁の上端と面が揃うように落とし込んだ仕様等も行っている。従って本稿では、試験体No.1を検討対象とする。

得られたグラフ(図2-7-2-10)は、試験体に加えられた総荷重とせん断変形角(スパン中央たわみをせん断長さ1820mmで除したもの)の関係を示したものである。試験体No.1を見ると、最大荷重が175kN程度、最大荷重時変位が0.04rad(中央部変位で約73mm)程度となっている。厚さ24mmの厚物合板を用い、N75釘を用いていることで、釘接合部の一面せん断耐力が大幅に上がり、床構面としてのせん断耐力が上昇したと考えられる。

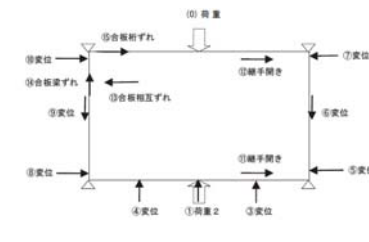


図2-7-2-9 軸組構法床の加力試験の概要

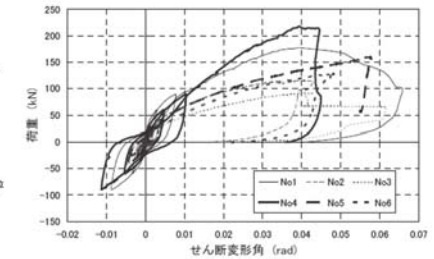


図2-7-2-10 総荷重とせん断変形角の関係  
(試験体No.1が合板直張り軸組床)

6) 青木らによるCLT張り軸組構法床の水平加力試験<sup>6)</sup>

2013年の報告で、8P×4Pの軸組構法床組に厚さ135mmのCLTをビス留めした床構面に対し、スパン中央付近の3点で加力する5点荷重方式の正負繰り返し加力を行ったものである(図2-7-2-11)。

床組は、構造用集成材(JAS対称異等級構成E105-F300、断面寸法:120×240mm、樹種:カラマツ)を用いて構成しており、仕口は腰掛け蟻継ぎとし、加力軸線上にも梁を掛けている。受け材等はいっていない。面材は厚さ135mmのCLT(5層5ply、寸法:135×1820×3640mm、樹種:スギ)で、2種類の方法でビス留めている。仕様(1)は、長さ215mmのビスを用いパネル外周梁上部分を150mm間隔で施工し、パネル間継手部分は突きつけで長さ155mmのビスを斜め打ちで緊結している。仕様(2)は、長さ220mmのビスを用いパネル外周梁上部分を150mm間隔で施工し、パネル間継手部分は合板スプライン(厚さ28mmの厚物合板)を介して長さ80mmのビスを150mm間隔で施工している。

得られたグラフ(図2-7-2-12)は、東西各構面に分配された荷重(総荷重の半分)とせん断エリア(幅2730mm分)の変形角の関係を示したものである。仕様(1)は全ネジ型ビスの引張抵抗により荷重が上昇し、最終的には外周部のビスが引き抜けることにより荷重が低下した。仕様(2)ではせん断抵抗型ビスの降伏で荷重上昇が緩やかになり、合板スプラインのビス接合部でビス頭がパンチングアウトして終局を迎えた。

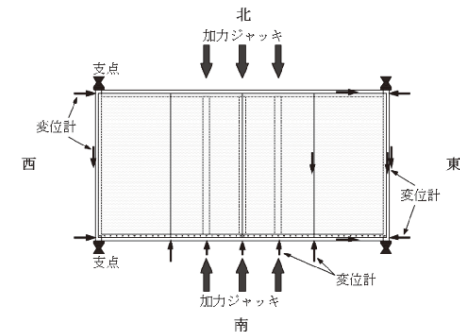


図2-7-2-11 CLT張り床構面の水平加力試験概略



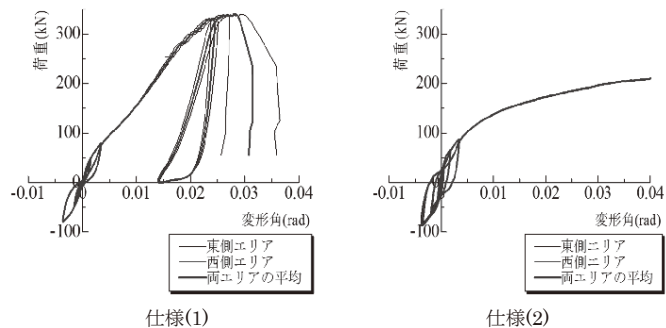


図 2-7-2-12 入力されたせん断力と変形角の関係

### 2.7.3 文献値相互の比較

以上のデータから、比較対象試験体の荷重と変位の関係を重ねてトレースしてみると、図 2-7-3-1 のようになる。ただし、1)~5)は試験体全体に加えた荷重であるのに対し、6)は試験体半分のエリアに加えられた荷重であるため、1)~5)の荷重は半分にして考える必要がある。

また、1)~4)はスパン中央のたわみであるため、図 2-7-3-2 のように総荷重の 1/2 のせん断力を負担しているエリア (3p 分) で比較すると、全て同じ条件での比較が可能となる。継ぎ手の影響などを無視して純粋にせん断変形のみ生ずると仮定すると、1)~4)の変位は概ね 75%に縮小すれば良い。5)は中央集中のため、中央のたわみをそのまま利用できる (変形角は変位に換算している)。これらの換算を行うと、せん断力と変形量の関係は図 2.7-15 のようになる。

これより、CLT をビス留めした床構面が、合板や OSB を張った枠組壁工法床あるいは軸組構法床と比較して圧倒的に大きなせん断力を負担できることが分かる。変形性能についても同等以上と判断できることから、CLT を枠組壁工法建築物の床版に用いる事は、水平せん断力負担の面から考えると非常に有効性の高い使用方法であると結論づけられる。枠組壁工法建築物において CLT を床版に用いる場合は、文献 6)のように梁上 (あるいは根太) に CLT を載せる工法ではなく、枠組壁上の頭つなぎ材の上に直接 CLT を施工する工法を採用すると考えられる。CLT と頭つなぎあるいは CLT と上階側の壁下枠との接合部に関しては、ビス接合やくぎ接合等により構造耐力上必要なせん断耐力を確保することにより、水平力に対する建物としての安全性を担保することが十分可能であると考えられる。

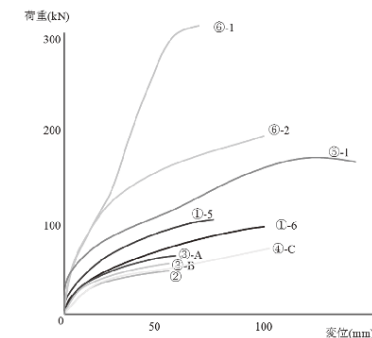


図 2-7-3-1 荷重-変位曲線の重ね合わせ

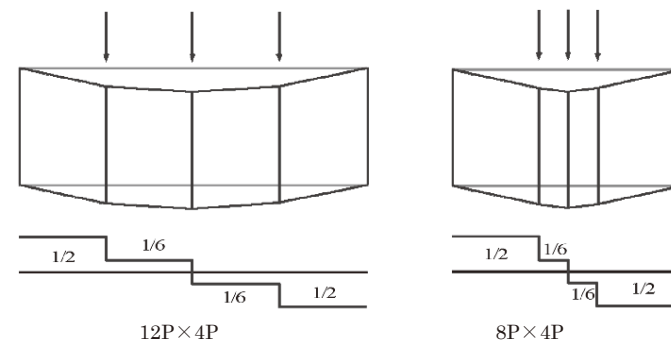


図 2-7-3-2 加力形式とせん断力分布

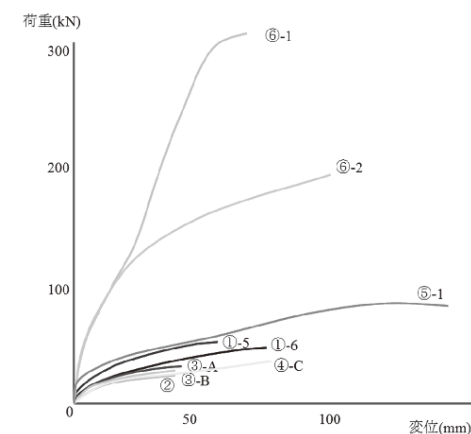


図 2-7-3-3 1/2 せん断エリアのせん断力と変位の関係



## 2.7.4 接合具 1 本あたりの許容せん断耐力

参考までに、接合具 1 本あたりの短期許容せん断耐力を比較してみた(表 2-7-4-1)。出典は、枠組壁工法建築物構造計算指針(緑本)<sup>7)</sup>、ネダノンマニュアル<sup>8)</sup>、ビスメーカー提供資料である。ビスメーカー提供資料は接合条件等の詳細が明らかでは無いが、胴部径が太いこともあり、釘接合に比べると許容せん断耐力そのものが非常に大きいことが見て取れる。

表 2-7-4-1 接合部 1 本あたりの許容せん断耐力比較

接合具	主材	側材	短期許容せん断耐力(N)	出典
釘 CN50	SPF	合板 12mm	433	緑本、Py(650N)×2/3
釘 CN65		合板 15mm	587	緑本、Py(880N)×2/3
釘 CN75		合板 24mm	810	ネダノンマニュアル(緑本計算式)
ビス⑥-1	木-木接合		2480	Würth 社提供資料
ビス⑥-2	木-木接合		3640	Rotho Blass 社提供資料

文献

- 1) 神谷文夫、畑山義男、田代信一：12P のプレファブ工法床と枠組壁工法床の水平加力試験ならびに水平方向振動試験、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.2669-2670、1984
- 2) 野口弘行、鈴木秀三、神谷文夫、杉本健一：木質ダイヤフラムに関する研究(1) 全体の概要およびコントロール、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.97-98、1992
- 3) 河合誠、岡田圭一郎、鈴木秀三、野口弘行、神谷文夫、杉本健一：木質ダイヤフラムに関する研究(5) OSB パネルで構成された床組、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.105-106、1992
- 4) 杉本健一、三井信弘、神谷文夫、照井清貴、大口仁：在来軸組工法床(受材なし、受材あり)の水平加力試験、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.77-78、1999
- 5) 杉本健一、青木謙治、神谷文夫：厚物合板を床梁と同一レベルに落とし込んだ床組の水平加力試験、日本木材学会大会講演要旨集、61、H18-04-1100、2011
- 6) 青木謙治、杉本健一、孕石剛志、村田忠、岡部実：スギを用いた CLT をビス留めた床構面の面内せん断性能、木材工業、68(11)、556-561、2013
- 7) (社)日本ツーバーフォー建築協会編：枠組壁工法建築物構造計算指針、工業調査会、p.70、2007
- 8) 東京・東北合板工業組合編：ネダノンマニュアル Ver.8、日本合板工業組合連合、p.38、2008

## 2.8 遮音性能

本節では、CLT 床版の遮音性能試験結果の概要について報告する。なお、遮音試験結果の詳細については「CLT 床版の遮音性能試験報告書」を参照されたい。

### 2.8.1 目的

本試験の目的は、CLT を用いた全 15 仕様の床版について、以下の遮音性能を把握することであった。

表 2-8-1-1 測定した遮音性能項目の一覧

測定した遮音性能項目	評価の対象となる想定騒音源
(1)軽量床衝撃音遮断性能(タッピングマシン)	硬いものの落下、靴のヒールでの歩行
(2)重量床衝撃音遮断性能(タイヤ衝撃源)	子供の裸足での跳びはね・飛び降り
(3)重量床衝撃音遮断性能(ボール衝撃源)	素足状態での歩行・小走り
(4)空気音遮断性能(音響透過損失)	会話音、テレビなどAV機器からの音
(5)衝撃インピーダンス	床の固有振動数など振動特性の把握
(6)床の硬さ(転倒衝突時の頭部衝撃性)	床表面の硬さ(転倒時の安全性)

### 2.8.2 試験体

試験体は、依頼者が製作した全 15 仕様の床版(W4170mm×L2680mm×T150~547.5mm)である。構造体となるCLTの厚さが150mmおよび210mmの2仕様あり、そのほか天井の有無および床下地材・床仕上げ材の種類などが異なる。試験体仕様の概要を表2-8-1-2および表2-8-5-12に示す。

表 2-8-1-2 試験体仕様の概要

No.	CLT 版	天井	床下地材	床仕上げ材	備考
①	厚 150mm	なし	なし	なし	目地 SPL 無
②					
③	厚 210mm	なし	石膏ボード 12.5mm + 構造用合板 12mm	なし	目地 SPL 無
④					
⑤					
⑤-1					カーペット(薄)
⑤-2					カーペット(厚)
⑤-3					防音フローリング
⑥					乾式置き床
⑦-1					乾式二重床A
⑦-2					乾式二重床B
⑧					ダンパー付き二重床
⑨	SR パー天井	なし			
⑩	独立天井				
⑪					乾式二重床B

注) 目地 SPL 無=目地スプライン加工無し

### 2.8.3 試験方法

試験は、(一財)日本建築総合試験所(所在地:大阪府吹田市藤白台 5-8-1)の第2および第4残響室を用い、両残響室間の開口に試験体を設置して行った。

各試験方法を以下に述べる。また測定装置ブロック図を図 2-8-5-1~2-8-5-4 に示す。

#### 1) 軽量床衝撃音遮断性能(タッピングマシン)

試験方法は、ISO 10140-3 "Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 3: Measurement of impact sound insulation" に基づき、標準軽量衝撃源(タッピングマシン)による規準化床衝撃音レベルの測定を行った。なお、測定は中心周波数 50~5000Hz の 21 帯域 1/3 オクターブバンドについて行い、その測定結果から中心周波数 63~4000Hz の 7 帯域 1/1 オクターブバンドの値も算出した。

#### 2) 重量床衝撃音遮断性能(タイヤ衝撃源)

試験方法は、ISO 10140-3 "Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 3: Measurement of impact sound insulation" に準じて、JIS A 1418-2:2000「建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法-第2部:標準重量衝撃源による方法」に規定される衝撃力特性(1)の標準重量衝撃源(タイヤ衝撃源)による重量床衝撃音レベルの測定を行った。なお、測定は中心周波数 20~630Hz の 15 帯域 1/3 オクターブバンドについて行い、その測定結果から中心周波数 31.5~500Hz の 5 帯域 1/1 オクターブバンドの値も算出した。

#### 3) 重量床衝撃音遮断性能(ボール衝撃源)

試験方法は、ISO 10140-3 "Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 3: Measurement of impact sound insulation" に準じて、JIS A 1418-2:2000「建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法-第2部:標準重量衝撃源による方法」に規定される衝撃力特性(2)の標準重量衝撃源(ボール衝撃源)による重量床衝撃音レベルの測定を行った。なお、測定は中心周波数 20~630Hz の 15 帯域 1/3 オクターブバンドについて行い、その測定結果から中心周波数 31.5~500Hz の 5 帯域 1/1 オクターブバンドの値も算出した。

#### 4) 空気音遮断性能(音響透過損失)

試験方法は、JIS A 1416:2000「実験室における建築部材の空気音遮断性能の測定方法」および ISO 10140-2 "Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 3: Measurement of airborne sound insulation" に基づき、中心周波数 100~5000Hz の 18 帯域 1/3 オクターブバンドについて音響透過損失の測定を行った。

#### 5) 衝撃インピーダンス

試験体に振動加速度ピックアップを固定し、その近傍をインパルスハンマで加振し、加振力および振動速度を測定した。これらの信号を F F T 分析器に入力し、衝撃時間内応答

インピーダンス、全時間応答インピーダンス、床版の固有振動数の解析を行った。なお、試験は試験体①~④を対象に実施した。

#### 6) 床の硬さ(転倒衝突時の頭部衝撃性)

試験方法は、JIS A 6519「体育館用鋼製床下地構成材」9.6床の硬さ試験に規定される床の硬さ測定装置(ヘッドモデル)を用い、各測定位置における転倒衝突時の硬さを求めた。なお、試験は試験体①~⑧を対象に実施した。

### 2.8.4 試験実施場所および試験実施日

場所:一般財団法人 日本建築総合試験所(所在地:大阪府吹田市藤白台)  
日程:平成 26 年 10 月 17 日~同月 31 日, 及び平成 27 年 1 月 26 日~同年 2 月 4 日

### 2.8.5 試験結果

試験結果の一覧を表 2-8-5-1 に示す。なお、同表においては、測定結果に対して JIS A

表 2-8-5-1 試験結果の一覧

No.	軽量床衝撃音遮断性能 (タッピングマシン)	重量床衝撃音遮断性能 (タイヤ衝撃源)	重量床衝撃音遮断性能 (ボール衝撃源)	空気音遮断性能 (音響透過損失)	床の硬さ (転倒衝突時の頭部衝撃性)
①	Lr-98	Lr-69	Lr-72	Rr-28	G=101
②	Lr-97	Lr-69	Lr-68	Rr-29	G=101
③	Lr-94	Lr-64	Lr-66	Rr-21	G=100~104
④	Lr-93	Lr-66	Lr-67	Rr-32	G=103~104
⑤	Lr-84	Lr-65	Lr-66	Rr-34	G=101~109
⑤-1	Lr-72	Lr-65	Lr-66	Rr-34	G=90~95
⑤-2	Lr-52	Lr-65	Lr-63	Rr-34	G=77~81
⑤-3	Lr-63	Lr-65	Lr-65	Rr-34	G=81~89
⑥	Lr-58	Lr-65	Lr-57	Rr-35	G=47~50
⑦-1	Lr-69	Lr-72	Lr-63	Rr-38	G=46~51
⑦-2	Lr-66	Lr-70	Lr-59	Rr-39	G=53~58
⑧	Lr-67	Lr-66	Lr-55	Rr-42	G=54~61
⑨	Lr-80	Lr-65	Lr-66	Rr-36	-
⑩	Lr-76	Lr-64	Lr-58	Rr-42	-
⑪	Lr-57	Lr-64	Lr-55	Rr-46	-
RC150	Lr-82	Lr-57	Lr-53	Rr-47	G=114
2x4	Lr-80	Lr-72	Lr-69	Rr-34	G=43~74

注) 衝撃インピーダンスの試験結果は 2.8.5 の 5) 節および表 2-8-5-10 に示す。  
1419-2:2000「建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法-第2部:空気音遮断性能」の

L等級および JIS A 1419-1, -2:2000「建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法—第1部：空気音遮断性能」のR等級を準用した評価値を 1dB 単位で求め、遮音性能の結果とした。また参考として、鉄筋コンクリート(厚 150mm)製の床版(以下、「RC150」と記載)および枠組壁工法の床版(以下、「2x4」と記載)での同様の測定結果を同表中に記載した。

1) 軽量床衝撃音遮断性能 (タッピングマシン)

各試験体の Lr 等級による遮音性能の順を表 2-8-5-2 に、試験体⑤を基準とした時の相対性能を表 2-8-5-3 にそれぞれ示す。目地スプライン加工をした C L T 床版の軽量床衝撃音遮断性能 (タッピングマシン) は、厚 150mm の時に Lr-97、厚 210mm の時に Lr-93 であった。鉄筋コンクリート床(厚 150mm)の素版 (RC150) の Lr-82、枠組壁工法床の素版 (2x4) の Lr-80 と比べて、2~3 ランク大きな値である。厚 150mm の鉄筋コンクリート床の素版 (RC150) と比較すると、C L T 床版の素面 (試験体②, ④) は 400Hz~1250Hz 帯域においてピークを持ち 1600Hz 帯域以上では急激に小さくなる特性がある。

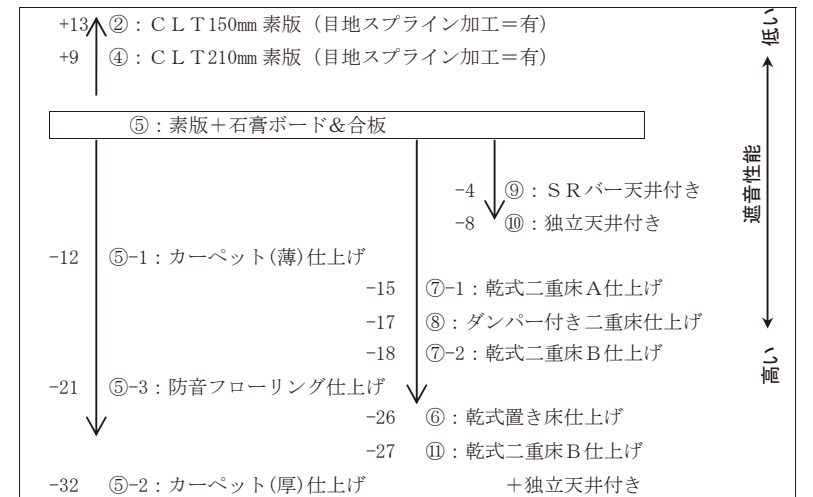
素面状態の C L T 床版 (試験体①~④) では、目地スプライン加工の有無による差異は僅かであるが、加工有 (試験体②, ④) が加工無 (試験体①, ③) より 1dB 程度小さい。これは、スプライン加工による版の一体化により加振される版の振動が抑制される影響と推測される。

素面状態の C L T 床版 (試験体④) の上面に、石膏ボードおよび合板を敷設すると (試験体⑤) 250Hz 帯域以上で大きく低減し、特に 1000~2000Hz 帯域では 15dB 程度の低減が見られる。この効果は Lr 値で 9dB の変化として表れている。

表 2-8-5-2 軽量床衝撃音遮断性能の試験結果の一覧

遮音性能	該当する試験体仕様	
Lr-95~99	①②: C L T 150mm 素版 (目地スプライン加工=無/有)	低い ↑ 遮音性能 ↓ 高い
Lr-90~94	③④: C L T 210mm 素版 (目地スプライン加工=無/有)	
Lr-85~89		
Lr-80~84	⑤: 素版+石膏ボード&合板 RC150: 鉄筋コンクリート床 (厚 150mm) 素版 2x4: 枠組壁工法床(独立天井付き)の素版	
Lr-75~79	⑨: S R バー天井付き ⑩: 独立天井付き	
Lr-70~74	⑤-1: カーペット(薄)仕上げ	
Lr-65~69	⑦-1: 乾式二重床A仕上げ ⑧: ダンパー付き二重床仕上げ ⑦-2: 乾式二重床B仕上げ	
Lr-60~64	⑤-3: 防音フローリング仕上げ	
Lr-55~59	⑥: 乾式置き床仕上げ ⑪: 乾式二重床B仕上げ+独立天井付き	
Lr-50~54	⑤-2: カーペット(厚)仕上げ	

表 2-8-5-3 代表的な試験体の軽量床衝撃音遮断性能(Lr 値)の比較



試験体⑤(上面に石膏ボードと合板を敷設)を枠組壁工法床(独立天井付き)の素版 (2x4) と比較すると、周波数特性は類似した傾向を示しているが、400Hz~1600Hz 帯域では試験体⑤の方が約 5dB 大きい値である。

試験体⑤の上にカーペットや防音フローリングを敷設すると（試験体⑤-1～⑤-3）、80Hz以上の帯域で大幅に低減している。3 試験体の中では、試験体⑤-2(カーペット(厚)仕上げ)が Lr-52 で最も遮音性能が高く、試験体⑤-1(カーペット(薄)仕上げ)が Lr-72 で最も遮音性能が低い。カーペットや防音フローリングを敷設することで、Lr 値で 12～32dB の低減効果であった。

試験体⑥(乾式置き床を敷設)は、試験体⑤-3(防音フローリングを敷設)とほぼ同じ遮音性能であり、乾式置き床の敷設は Lr 値で 26dB の低減効果であった。

乾式二重床を敷設した試験体⑦-1、⑦-2、およびダンパー付き二重床を敷設した試験体⑧は、乾式置き床を敷設した試験体⑥とほぼ類似した周波数特性を示しているが、これら 4 体の中では Lr 値で最大 11dB の差異が見られ、試験体⑥の遮音性能が最も高い。試験体⑤-1～3 と比較すると、試験体⑤-1(カーペット(薄)仕上げ)と試験体⑤-3(防音フローリング仕上げ)の間程度の遮音性能であった。

天井を付加した試験体⑨(SRバー天井付き)および試験体⑩(独立天井付き)は、天井が無い試験体⑤と比べ 160Hz 以上の帯域で遮音性能の向上を示し、Lr 値では 4～8dB の低減効果があった。試験体⑨と試験体⑩では、100Hz～500Hz 帯域において試験体⑩の方が遮音性能が高い。

乾式二重床 B と独立天井を施工した試験体⑪は、試験体⑤-2(カーペット(厚)仕上げ)に次いで 2 番目に遮音性能が高く、Lr-57 であった。乾式二重床 B と独立天井を施工することでベースとなる試験体⑤に対して Lr 値で 27dB の低減効果がみられた。

## 2) 重量床衝撃音遮断性能 (タイヤ衝撃源)

各試験体の Lr 等級による遮音性能の順を表 2-8-5-4 に、試験体⑤を基準とした時の相対性能を表 2-8-5-5 にそれぞれ示す。また、遮音性能の評価上重要な 1/1 オクターブバンド 63Hz 帯域の床衝撃音レベルによる相対性能を表 2-8-5-5 に示す。

表 2-8-5-4 重量床衝撃音遮断性能 (タイヤ衝撃源) の試験結果の一覧

遮音性能	該当する試験体仕様
Lr-70～74	2x4 : 枠組壁工法床(独立天井付き)の素版 ⑦-1 : 乾式二重床 A 仕上げ ⑦-2 : 乾式二重床 B 仕上げ
Lr-65～69	①② : C L T 150mm 素版 (目地スプライン加工=無/有) ④ : C L T 210mm 素版 (目地スプライン加工=有) ⑧ : ダンパー付き二重床仕上げ ⑤ : 素版+石膏ボード&合板 ⑤-1 : カーペット(薄)仕上げ ⑤-2 : カーペット(厚)仕上げ ⑤-3 : 防音フローリング仕上げ ⑥ : 乾式置き床仕上げ ⑨ : SRバー天井付き
Lr-60～64	③ : C L T 210mm 素版 (目地スプライン加工=無) ⑩ : 独立天井付き ⑪ : 乾式二重床 B 仕上げ+独立天井付き
Lr-55～59	RC150 : 鉄筋コンクリート床 (厚 150mm) 素版

↑ 11dB  
遮音性能  
↓ 11dB

表 2-8-5-5 代表的な試験体の重量床衝撃音遮断性能(タイヤ衝撃源, Lr 値)の比較

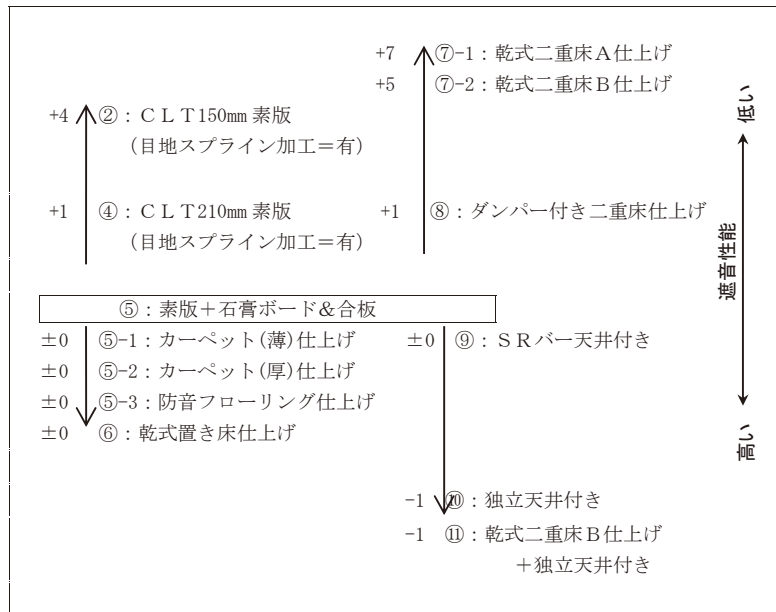
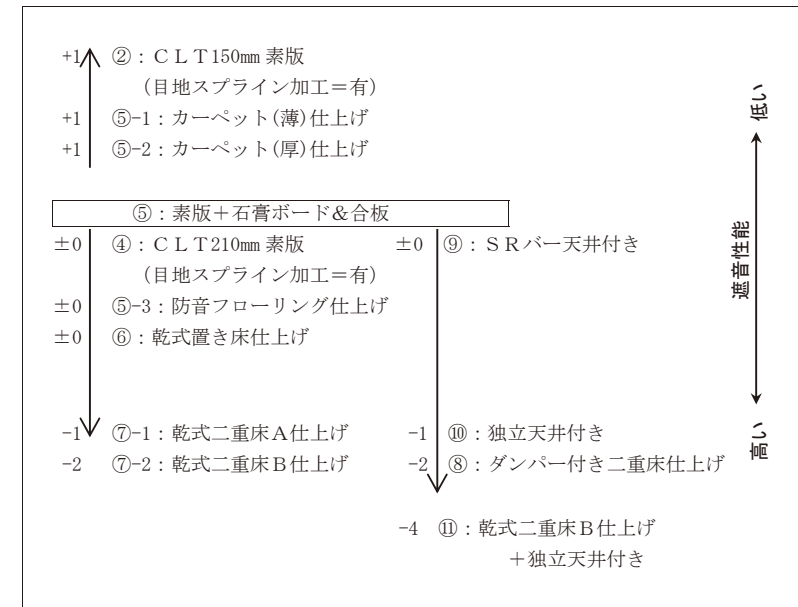


表 2-8-5-6 重量床衝撃音レベル(タイヤ衝撃源, 63Hz 帯域 1/1 Oct.Band)の比較



目地スプライン加工をした C L T 床版の重量床衝撃音遮断性能 (タイヤ衝撃源) は、厚 150mm の時に Lr-69、厚 210mm の時に Lr-66 であった。鉄筋コンクリート床 (厚 150mm) の素版 (RC150) の Lr-57 と比べると 2~3 ランク大きい、枠組壁工法床の素版 (2x4) の Lr-72 と比べると、厚 150mm の床版で同程度、厚 210mm の床版で 1 ランク程度小さな値である。31.5Hz 帯域附近にピークを持ち、周波数が高くなるにつれて急激に床衝撃音レベルが小さくなる特徴は、鉄筋コンクリート床 (厚 150mm) の素版 (RC150) や枠組壁工法床の素版 (2x4) と同様の傾向である。

表面状態の C L T 床版 (試験体①~④) では、目地スプライン加工の有無による差異は僅かであるが、加工有 (試験体②, ④) が加工無 (試験体①, ③) より Lr 値では 1dB 程度大きい。これは、スプライン加工による版の一体化により床版の固有振動数が変化し、重量床衝撃音レベルのピークとなる周波数帯域が移動した影響と推測される。

表面状態の C L T 床版 (試験体④) の上面に、石膏ボードおよび合板を敷設しても (試験体⑤)、重量床衝撃音レベルの変化は僅かであり、効果は Lr 値で 1dB の変化にとどまる。

試験体⑤の上にカーペットや防音フローリングを敷設しても (試験体⑤-1~⑤-3)、125Hz 以下の低い周波数帯域では重量床衝撃音の変化はほとんど見られず、Lr 値の変化は生じなかった。

試験体⑥ (乾式置き床を敷設) も、試験体⑤とほぼ同じ遮音性能であるが、80Hz 帯域にやや大きなピークを持ち、160Hz 以上の帯域では低減する傾向が見られた。

乾式二重床を敷設した試験体⑦-1 および試験体⑦-2 では、試験体⑤よりも重量床衝撃音遮断性能の低下がみられ Lr 値で 5~7dB の上昇となった。周波数帯域毎の値を詳しくみると、乾式二重床の施工により 80Hz 以上の帯域で増幅傾向が見られ、これが Lr 値の上昇の原因といえる。一方、遮断性能の評価上で重要となることの多い 1/オクターブバンドの 63Hz 帯域の床衝撃音レベルについては乾式二重床の施工により Lr 値で 1~2dB の低減があり、効果があると判断される。

ダンパー付き二重床を敷設した試験体⑧でも、80Hz 以上の帯域で増幅傾向がみられるものの、乾式二重床の場合ほど大幅では無いが Lr 値では 1dB の上昇となった。一方、63Hz 帯域の床衝撃音レベルでは試験体⑤より 2dB の低減がみられ、試験体⑦-2 と同程度の効果がみられる。

天井を付加した試験体⑨と⑩については、試験体⑨(S R パー天井付き)は試験体⑤と同程度の遮断性能であり、試験体⑩(独立天井付き)は試験体⑤より Lr 値で 1dB 小さい結果であった。

乾式二重床 B と独立天井を施工した試験体⑪は、今回のすべての試験体の中で最も遮断性能が高く、Lr-64 の性能を示した。また 63Hz 帯域の重量床衝撃音レベルは 83.3dB と試験体⑤と比べて 4dB の低減効果がみられ、鉄筋コンクリート床(厚 150mm)の素版(RC150)の 79.7dB との差異も僅か 3.6dB であった。

### 3) 重量床衝撃音遮断性能 (ボール衝撃源)

各試験体の Lr 等級による遮断性能の順を表 2-8-5-7 に、試験体⑤を基準とした時の相対性能を表 2-8-5-8 にそれぞれ示す。

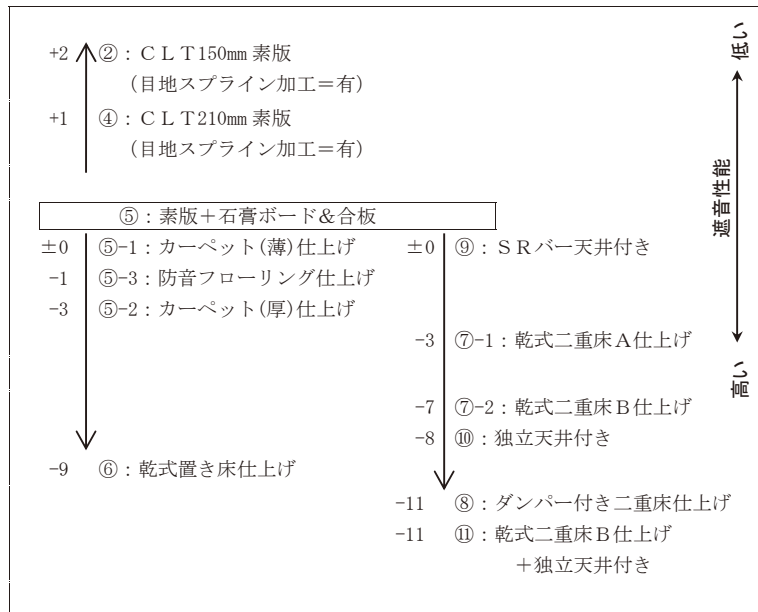
まず、ボール衝撃源による重量床衝撃音遮断性能の測定結果の特徴として、1/1 オクターブバンドの 250Hz 帯域で遮断性能が決定される試験体が多いことが挙げられる。

表 2-8-5-7 重量床衝撃音遮断性能 (ボール衝撃源) の試験結果の一覧

遮断性能	該当する試験体仕様	
Lr-70~74	①: C L T 150mm 素版 (目地スプライン加工=無)	↑ 遮断性能 ↓
Lr-65~69	2x4: 枠組壁工法床(独立天井付き)の素版 ②: C L T 150mm 素版 (目地スプライン加工=有) ④: C L T 210mm 素版 (目地スプライン加工=有) ③: C L T 210mm 素版 (目地スプライン加工=無) ⑤: 素版+石膏ボード&合板 ⑤-1: カーペット(薄)仕上げ ⑨: S R パー天井付き ⑤-3: 防音フローリング仕上げ	
Lr-60~64	⑦-1: 乾式二重床 A 仕上げ ⑤-2: カーペット(厚)仕上げ	
Lr-55~59	⑦-2: 乾式二重床 B 仕上げ ⑩: 独立天井付き ⑥: 乾式置き床仕上げ ⑧: ダンパー付き二重床仕上げ ⑪: 乾式二重床 B 仕上げ+独立天井付き	
Lr-50~54	RC150: 鉄筋コンクリート床 (厚 150mm) 素版	



表 2-8-5-8 代表的な試験体の重量床衝撃音遮断性能(ボール衝撃源, Lr 値)の比較



これは、ボール衝撃源の衝撃力特性の影響と考えられる。鉄筋コンクリート(厚 150mm)の素版(RC150)、枠組壁工法床の素版(2x4)、およびC L T版の素版(試験体①~④)においても、こうした傾向を示す。

ボール衝撃源の場合、タイヤ衝撃源では低減効果がほとんど見られなかった試験体でも、低減効果がみられる場合があった。試験体⑤に対して、特に、乾式置き床を敷設した試験体⑥ではLr値が9dBの低減、ダンパー付き二重床を敷設した試験体⑧でLr値が11dBの低減、乾式二重床と独立天井を施工した試験体⑩でLr値が11dBの低減など、大幅に低減しているものが多くみられた。乾式二重床を施工した試験体⑦-1および⑦-2もタイヤ衝撃源の場合にはLr値の上昇を示したが、ボール衝撃源の場合には-3dBまたは-7dBの低減を示した。

そのほか、防音フローリングを敷設した試験体⑤-3でLr値が1dBの低減、カーペット(厚)を敷設した試験体⑤-2でLr値が3dBの低減、独立天井を施工した試験体⑩でLr値が8dBの低減を示した。

一般的にタイヤ衝撃源の場合より各対策での低減効果が大きく表れており、実生活上の衝撃力に近いボール衝撃源程度の衝撃に対しては対策の効果が期待できる。

#### 4) 空気音遮断性能(音響透過損失)

各試験体のRr等級による遮断性能の順を表2-8-5-9に示す。

全般に、試験体の面密度(面積当たりの質量)、および二重構造などによる厚さの増加に応じた遮断性能の順になっている。C L T版(厚 150mm)の素版(目地スプライン加工=有)の試験体②でRr-29の遮断性能、C L T版(厚 210mm)の素版(目地スプライン加工=有)の試験体④でRr-32の遮断性能であった。最も遮断性能が高いのは、乾式二重床と独立天井を施工した試験体⑩でRr-46の遮断性能であり、鉄筋コンクリート(厚 150mm)の素版(RC150)のRr-47とほぼ同じ程度の遮断性能であった。

試験体③④を比較すると目地スプラインの有無で空気音遮断性能が大きく変わるが、これは試験体③においてC L T版の目地部の隙間を約2mm設定した影響である。試験体①②においてはC L T版の間は完全に付き付け密着としており、差異は見られなかった。

なお、天井の効果では、S Rバー天井を施工した試験体⑨では試験体⑤に対してRr値が2dBの性能改善しか見られなかったが、独立天井を施工した試験体⑩では試験体⑤に対してRr値で12dBの性能改善が見られた。

表 2-8-5-9 空気音遮断性能(音響透過損失)の試験結果の一覧

遮断性能	該当する試験体仕様
Rr-45~49	RC150:鉄筋コンクリート床(厚150mm)素版 ⑩:乾式二重床B仕上げ+独立天井付き
Rr-40~44	⑧:ダンパー付き二重床仕上げ ⑩:独立天井付き
Rr-35~39	⑦-2:乾式二重床B仕上げ ⑦-1:乾式二重床A仕上げ ⑨:S Rバー天井付き ⑥:乾式置き床仕上げ
Rr-30~34	2x4:枠組壁工法床(独立天井付き)の素版 ⑤:素版+石膏ボード&合板 ⑤-1:カーペット(薄)仕上げ ⑤-2:カーペット(厚)仕上げ ⑤-3:防音フローリング仕上げ ④:C L T 210mm 素版(目地スプライン加工=有)
Rr-25~29	①②:C L T 150mm 素版(目地スプライン加工=有/無)
Rr-20~24	③:C L T 210mm 素版(目地スプライン加工=無)

#### 5) 衝撃インピーダンス

試験体①~④に対する衝撃インピーダンスの測定結果を表2-8-5-10に示す。

C L T版の1次固有振動数は、厚150mmの場合、目地スプライン加工が無い状態(試験体①)で18Hz、目地スプライン加工が有る状態(試験体②)で27Hzであった。また、厚210mmの場合、目地スプライン加工が無い状態(試験体③)で22Hz、目地スプライン加工が有る状態(試験体④)で29Hzであった。

表 2-8-5-10 衝撃インピーダンスの試験結果の概要

	C L T (厚 150mm)		C L T (厚 210mm)	
	SPL 加工無し 試験体①	SPL 加工有り 試験体②	SPL 加工無し 試験体③	SPL 加工有り 試験体④
1次固有振動数	18 Hz	27 Hz	22 Hz	29 Hz
衝撃時間内応答インピーダンス	—	91.9 dB	—	93.6 dB

また、試験体中央位置におけるインパルスハンマーによる衝撃時間内応答インピーダンスは、厚 150mm の試験体②の場合に 91.9dB、厚 210mm の試験体④の場合に 93.6dB、であった。

6) 床の硬さ（転倒衝突時の頭部衝撃性）

試験体①～⑧に対する床の硬さの測定結果を表 2-8-5-11 に示す。

C L T 版の素版の場合（試験体①～④）、いずれも G 値は 100G を超えており、表面が硬いことを示している。表面に石膏ボードと合板を施工した試験体⑤も 100G を超えており、試験体①～⑤は鉄筋コンクリート床（厚 150mm）の素版（RC150）とほぼ同じ水準の硬さであった。

表面に軟質の材料を施工することで G 値は小さくなり、カーペット（厚）を敷設した試験体⑤-2 では G 値が 77～81G となり、枠組壁工法床の素版（2x4）の床根太直上と同程度の硬さであった。

床の硬さに対しては、乾式置き床（試験体⑥）、乾式二重床（試験体⑦-1、⑦-2）、ダンパー付き二重床（試験体⑧）を施工した場合に G 値の低減が大きく、試験体⑥または試験体⑦の場合には、枠組壁工法床の素版（2x4）の床根太の中間位置と同じ程度の緩衝性を示した。

表 2-8-5-11 床の硬さ（転倒衝突時の頭部衝撃性）の試験結果の一覧

床の硬さ	該当する試験体仕様	
G=100～109	RC150：鉄筋コンクリート床（厚 150mm）素版 ⑤：素版+石膏ボード&合板 ③：C L T 210mm 素版（目地スプライン加工=無） ④：C L T 210mm 素版（目地スプライン加工=有） ①②：C L T 150mm 素版（目地スプライン加工=無/有）	↑ 硬い 床の硬さ ↓
G=90～99	⑤-1：カーペット（薄）仕上げ	
G=80～89	⑤-3：防音フローリング仕上げ	
G=70～79	⑤-2：カーペット（厚）仕上げ 2x4：枠組壁工法床（独立天井付き）の素版（床根太の直上）	
G=60～69		
G=50～59	⑧：ダンパー付き二重床仕上げ ⑦-2：乾式二重床 B 仕上げ	↓ 軟らかい
G=40～49	⑥：乾式置き床仕上げ ⑦-1：乾式二重床 A 仕上げ 2x4：枠組壁工法床（独立天井付き）の素版（床根太の中間）	

表 2-8-5-12 試験体仕様（断面）の概要(1)

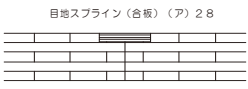
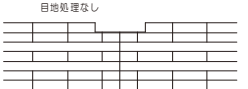

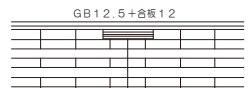

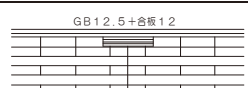
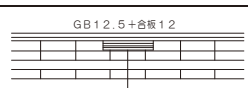

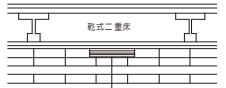

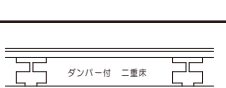
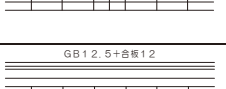

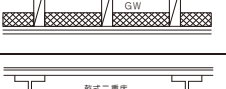
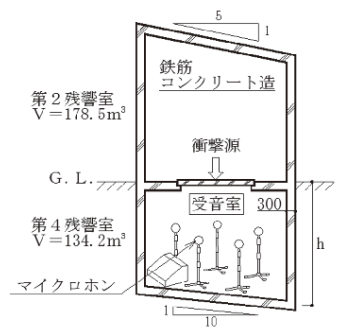
試験体No	CLT	仕様	床上構成	天井構成
①	厚150	目地処理なし 	なし	なし
②	厚150	目地スプライン（合板）（ア）28 	なし	なし
③	厚210	目地処理なし 	なし	なし
④	厚210	目地スプライン（合板）（ア）28 	なし	なし
⑤	厚210	GB12.5+合板12 	合板12 GB厚12.5	なし
⑤-1	厚210	GB12.5+合板12 	カーペット（薄） （部分敷） 合板12 GB厚12.5	なし
⑤-2	厚210	GB12.5+合板12 	カーペット（厚） （部分敷） 合板12 GB厚12.5	なし
⑤-3	厚210	GB12.5+合板12 	防音フローリング （部分敷） 合板12 GB厚12.5	なし

表 2-8-5-12 試験体仕様（断面）の概要(2)

試験体No	CLT	仕様	床上構成	天井構成
⑥	厚210	乾式置き床 	乾式置き床 合板12 GB厚12.5	なし
⑦-1	厚210	乾式二重床 	乾式二重床 合板12 GB厚12.5	なし
⑦-2	厚210	乾式二重床 	制振マット8 乾式二重床 合板12 GB厚12.5	なし
⑧	厚210	ダンパー付二重床 	ダンパー付二重床 合板12 GB厚12.5	なし
⑨	厚210	GB12.5+合板12 	合板12 GB厚12.5	SRバー GB厚12.5×2
⑩	厚210	GB12.5+合板12 	合板12 GB厚12.5	GW24kg/m <sup>2</sup> 厚50 206独立天井 GB厚12.5×2
⑪	厚210	乾式二重床 	制振マット8 合板12 GB厚12.5	GW24kg/m <sup>2</sup> 厚50 206独立天井 GB厚12.5×2



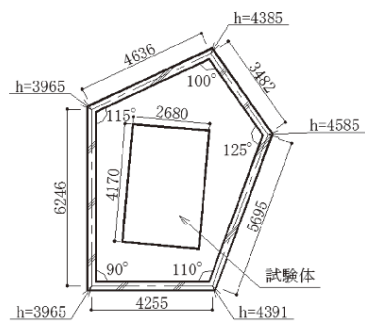
【第2・第4残響室断面図】

【音源装置】

標準軽量衝撃源 (クッピングマシン) :  
B & K 3204, 質量 17.2kg

標準重量衝撃源  
(衝撃力特性(1): バングマシン)  
サツキ製作所 T型, 質量42.4kg

標準重量衝撃源  
(衝撃力特性(2): ゴムボール)  
リオン YI-01, 質量 2.5kg



【第2残響室平面図】

(壁寸法・隅部高さ(h)は第4残響室の値)

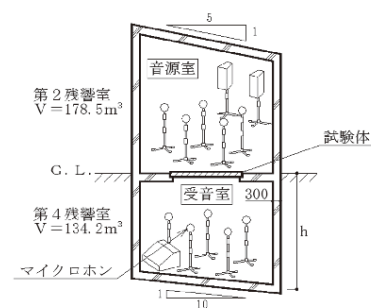
【受音装置】

マイクロホン: 小野測器 MI-1233

プリアンプ: 小野測器 MI-3110

多チャンネル信号分析器:  
小野測器 DS-2100

【測定機器】



【第2・第4残響室断面図】

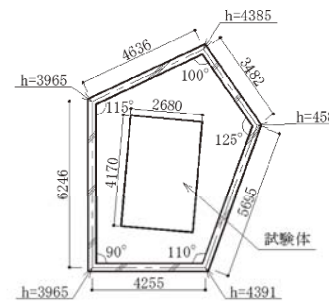
【音源装置】

多チャンネル信号分析器:  
小野測器 DS-2100

イコライザ: ヤマハ Q2031B

アンプ: ヤマハ HC2700

スピーカ:  
エレクトロ・ボイス T251+



【第2残響室平面図】

(壁寸法・隅部高さ(h)は第4残響室の値)

【受音装置】

マイクロホン: 小野測器 MI-1233

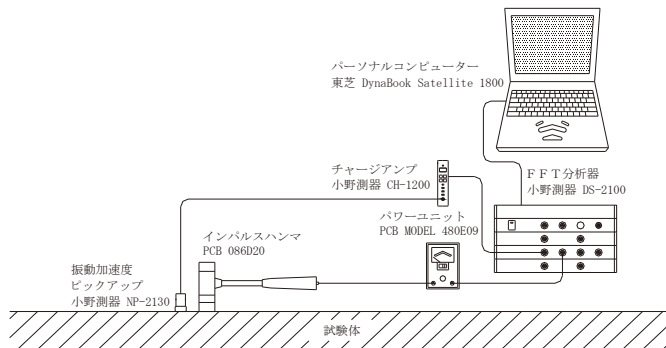
プリアンプ: 小野測器 MI-3110

多チャンネル信号分析器:  
小野測器 DS-2100

【測定機器】

図 2-8-5-2 空気音遮断性能試験装置の概要およびブロック図 (寸法単位: mm)

図 2-8-5-1 床衝撃音遮断性能試験装置の概要およびブロック図 (寸法単位: mm)



【測定装置ブロック図】

【測定方法】

試験体に振動加速度ピックアップを固定し、その近傍をインパルスハンマで加振し、加振力および振動速度を測定した。これらの信号をFFT分析器に入力し、下記①～②の解析を行なった。サンプリング周波数は12800Hz、測定時間は1.28秒とした。インパルスハンマはPCB 086D20にメディアムヘッドを取り付けたもの（衝撃周波数：約200Hz）を用いた。

①衝撃時間内応答インピーダンス

衝撃時間内における加振力および振動速度の時間波形から衝撃時間内応答インピーダンスを求めた。なお、各測定点に対して3回の測定結果を算術平均した。

②全時間応答インピーダンス

加振力および振動速度の時間波形を高速フーリエ変換し、3回測定のパワースペクトル算術平均値を用いて全時間応答インピーダンスを求めた。

図 2-8-5-3 衝撃インピーダンス試験装置の概要およびブロック図

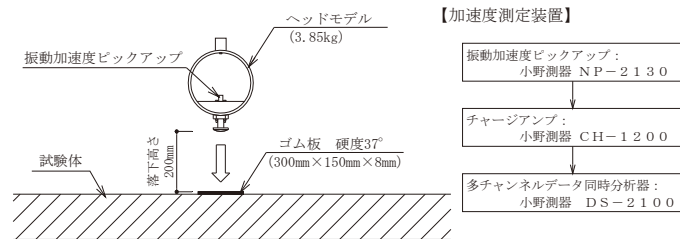


図 2-8-5-4 床の硬さ試験装置の概要およびブロック図

2.9 歩行振動性能

2.9.1 目的

地球環境保護対策等に期待の大きい新木質建築材料「直交集成板CLT」に関し、実用居住性能の一つである床歩行振動について客観的工学的知見を得るための試験及び評価を行う。

2.9.2 性能試験

- 1) 試験名称 直交集成板CLT床の床歩行振動試験
- 2) 試験日時 2014年10月4日(土) 9:00~17:00
- 3) 試験場所 独立行政法人 森林総合研究所  
茨城県つくば市松の里1 屋外試験場
- 4) 試験委託先 東京工業大学大学院理工学研究科建築学専攻 横山研究室
- 5) 試験項目
  - ・床版の固有振動数、減衰特性などの振動特性測定
  - ・床版上に静的載荷時の床版のたわみ変形測定(100kg錘)
  - ・床版の梁間、桁行き二方向について、床歩行時に他の人的載荷条件による歩行振動特性測定
  - ・床歩行者に対し受振被験者による官能評価試験
  - ・試験項目詳細については、東京工業大学横山研究室の【CLT床の振動試験報告書】参照
- 6) 試験体
  - ・床版試験体のスパンは、用途別に計算で求めたスパンを参考に、版厚により以下の2種類とした。

種類	5層5プライ	5層7プライ
床版厚さ	150mm	210mm
用途	専用住宅用	3841mm
	共同住宅用	3420mm
	事務所(民間)	3222mm
	事務所(公共)	3222mm
試験体スパン	4000mm	5500mm

- ・試験体形状、試験体の設置計画は【資料-1】試験体設置計画参照
- ・試験体の支持壁体は、枠組壁及びCLT壁(ともに厚90mm)の2種とした
- 7) 試験結果
  - ・試験結果詳細については、東京工業大学横山研究室の【資料-2】「CLT床の振動試験報告書」参照

2.9.3 評価

- ・CLT床の振動特性は、他の木造床と比べて、固有振動数、減衰共に比較的小さく、定量化によるたわみ変形は比較的大きい床と評価される。
- ・歩行振動の官能評価は、認知度が高く「はっきり気付く」程度であり、気になり度も「かなり気になる」程度である。

## 2.9.4 総括

- ・今回、国産スギ材を使用したCLT床版の振動特性を評価する試験を実施した。
- ・結果として、現状性能では床歩行振動における居住性に課題があることが判明した。
- ・課題の要因と考えられる固有振動数や減衰性能に関して、改善の必要性が考えられる。今後、本試験データを基盤として、実用化のための開発が望ましい。

## 2.9.5 資料

- ・資料-1 試験体設置計画 (CLT協会/三井ホーム)
- ・資料-2 CLT床の振動試験結果報告書

(東京工業大学横山研究室)

## 資料-1 試験体設置計画 (CLT協会/三井ホーム)

### ■森林総研 屋外試験場におけるCLT床版の振動特性測定試験

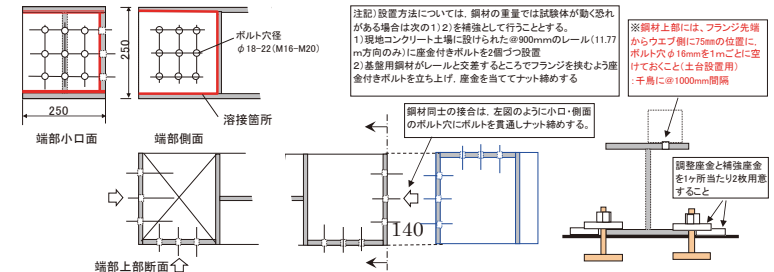
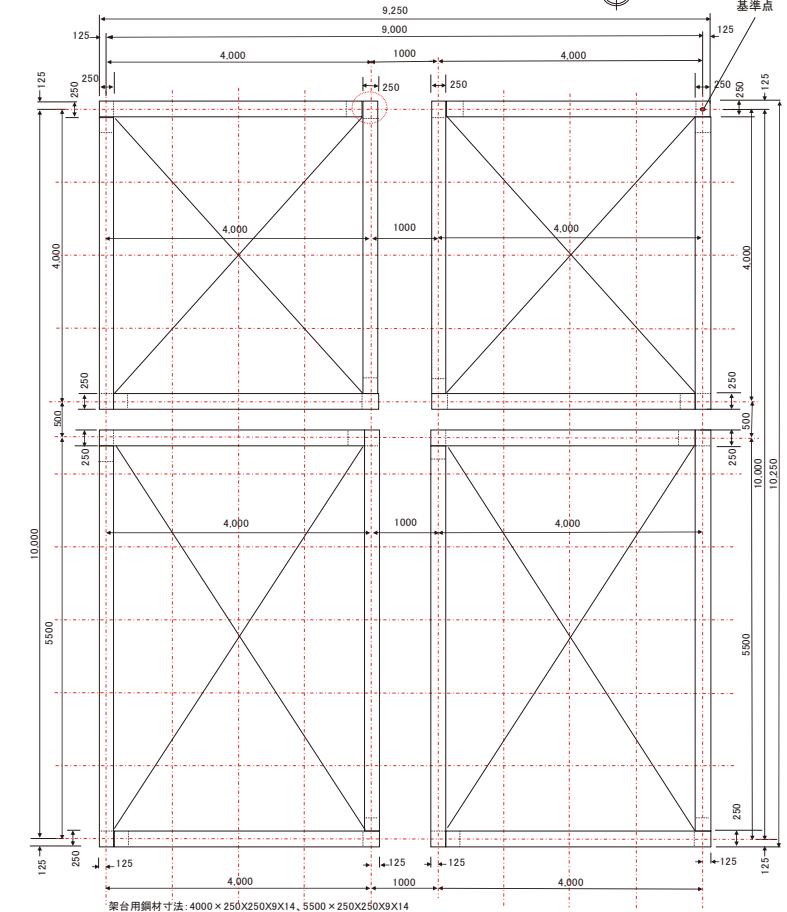
#### □概況

当該屋外試験場は、タイフラム水平試験が行われている場所で、森林総合研究所の北端に位置する。実験場の大きさは、14.56m×10.77mであり、短辺側に支持鋼材固定用レールが敷設されている。

平成26年9月17日

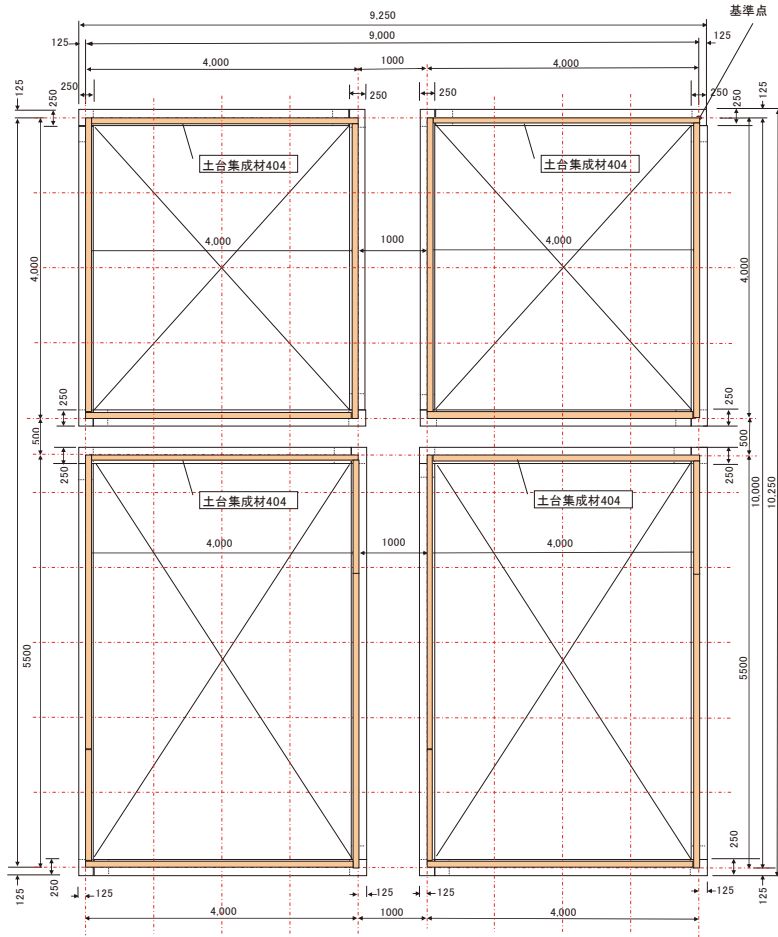
CLT協会/2X4協会(三井ホーム)

#### □架台用鋼材配置





□土台配置



□試験用組立部品仕様

- ① 土台 ……集成材404 (長さ4m品×18本)  
他に、土台固定用ボルト(M12, L=100), ワッシャ座金, ワッシャナットWHB245のボルトセット
- ② 留め付け用スクリューネイル…メーカー・品番未定

③

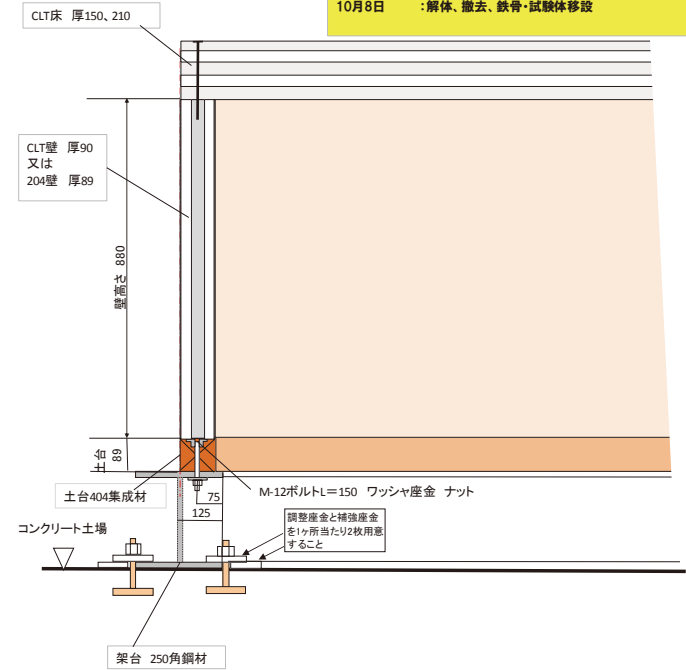
④

- ⑤ 其他資材 ……10mx10m用雨養生ブルーシート4枚 必須

□施工

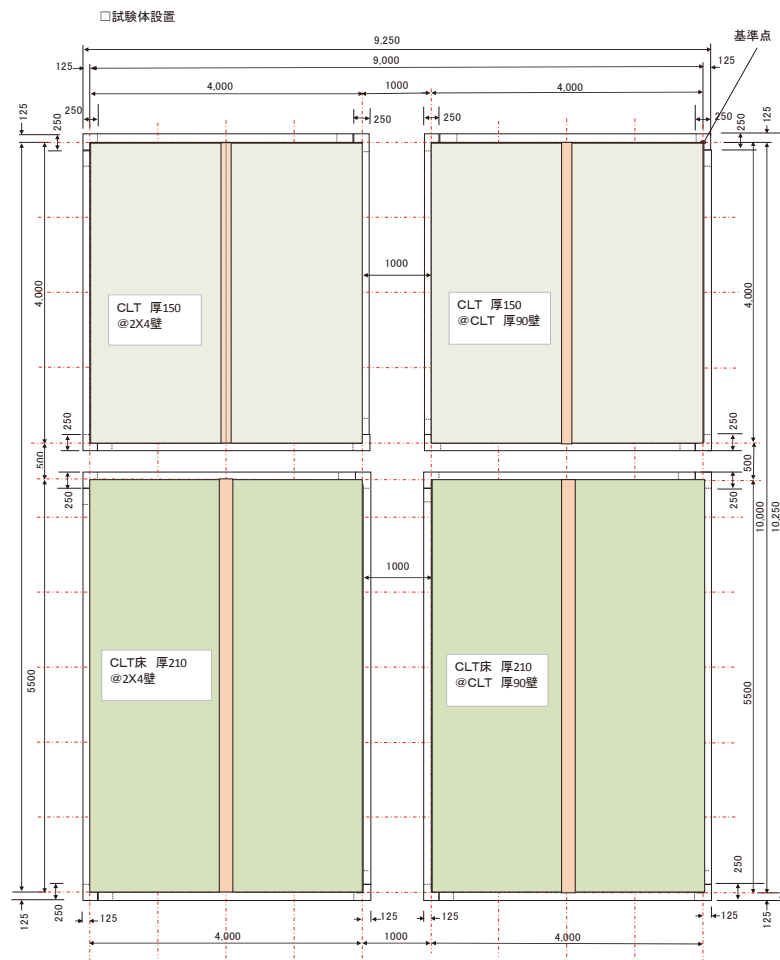
□詳細

<スケジュール>  
 10月1日、2日: 仮設材搬入～鉄骨架台敷設  
 10月2日 : CLT朝層、2X4パネル・土台層  
 10月3日 : 試験体組立  
 10月4日、6日: 振動測定  
 10月8日 : 解体、撤去、鉄骨・試験体移設

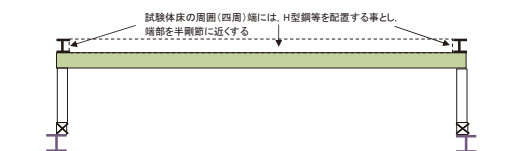


## CLT床の振動試験結果報告書

2014年12月11日 東京工業大学 横山研究室



□試験体設置後の処理



### ■1. 目的

森林総研屋外試験場に設置したCLT床の振動特性を概略把握するとともに、居住性の観点から歩行時の床振動を評価する。

#### 【本試験で適用した評価方法の特徴】

居住性からみた床振動の評価に関しては、日本建築学会から「建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説」が発行されている。しかし、この指針は、おもに単一の振動数で振幅の時間変化がない正弦波を対象とした振動感覚試験結果に基づいて策定されたものであり、複数の振動数成分を有しかつ振幅の時間変化が大きい歩行時に発生する複雑な振動(以降“歩行振動”と記す)に適用するのは困難であることが、多くの研究者から指摘されている。また、歩行振動の性状も、8畳間程度の大きさまでの木造、軽量鉄骨造の住宅床などと、数メートルから十数メートルスパンのS、RC造のオフィス床などでは大きく異なり、それぞれ独自の評価方法が検討、提案されている。このような状況の中、近年新たに開発されてきた木造大スパン床については、評価方法はもとより、歩行振動の性状についても未知な部分が多かった。

現在、東京工業大学横山研究室では、木造大スパン床で発生する歩行振動の性状や、その妥当な評価方法について研究している<sup>1)3)</sup>。これまでの研究の結果、木造大スパン床で発生する歩行振動の性状は、比較的剛性の低い床と高い床で大きく異なり、前者は木造住宅床などで発生する歩行振動の性状と比較的近似しているのに対し、後者はS、RC造オフィス床などで発生する歩行振動の性状と比較的近似していることが明らかとなっている。今回対象としたCLT床は、後者に分類できる。また、後者に関しては、歩行振動に対する人間の感覚、評価と対応する物理量(以降“性能値”と記す)として、“振動加速度レベル”や“振動レベル”に基づいたいくつかの性能値が提案されている。そこで、本試験では、CLT床の歩行振動の測定結果からこれらの性能値を抽出し、これまでの研究で提示されている人間の感覚、評価との関係図と照合することにより、居住性の観点から評価することとした。

## ■2. 日時, 測定者, 立合者

日 時 : 2014年10月4日(土) 9:00~17:00

測定者 : 東京工業大学横山研究室 横山 裕(教授)ほか学生6名

立合者 : 三井ホームコンポーネント株式会社, 日本CLT協会, 独立行政法人森林総合研究所 計4名

## ■3. 試験対象床

試験対象床として, 以下に示す4種の試験体を製作した。

- ・スパン 4,000mm, CLT厚 150mm, 壁 2×4
- ・スパン 5,500mm, CLT厚 210mm, 壁 2×4
- ・スパン 4,000mm, CLT厚 150mm, 壁 CLT厚 90mm
- ・スパン 5,500mm, CLT厚 210mm, 壁 CLT厚 90mm

## ■4. 試験概要および結果

### 4.1 固有振動数および減衰時間

図1に、各試験体上に設定した加振点K、K'、受振点J、J'、および歩行路A、Bの概要を示す。図に示すK点またはJ点をハンマーで加撃した際の床の自由振動を、K点およびJ点のCLT裏面に取り付けられた加速度計で測定した。測定条件は、以下の4種とした。ここで、床上受振者には、所定の位置に、全身の力を抜いて立つよう指示した。また、受振者の履物はくつ下とした。測定は、各条件とも3回実施した。

1. 加撃点 : K, 床上受振者 : なし
2. 加撃点 : K, 床上受振者 : J点に1名(体重75kg)
3. 加撃点 : K, 床上受振者 : J点に1名(体重75kg), J'点に1名(体重65kg)
4. 加撃点 : J, 床上受振者 : なし

測定された加速度・時間曲線をFFTアナライザを用いて振動数分析し、1次固有振動数を求めた。また、加速度・時間曲線から加速度等価ピーク値(時定数25ms)・時間曲線を算出した。図2に、加速度・時間曲線および加速度等価ピーク値・時間曲線の例を示す。これらの測定結果より、図に示すように、振幅が、加撃直後の最大値 $A_{max}$ (加速度・時間曲線から抽出)から1/2, 1/4, 1/8まで減衰するのに要する時間を、1/2減衰時間, 1/4減衰時間, 1/8減衰時間として求めた。

以上の方法で求めた固有振動数, 減衰時間を、表1に一覧にして示す。表に示した値は、3回実施した測定結果の平均値である。表より、以下の事項が考察できる。

### ●固有振動数について

- ・スパン 4,000mm, CLT厚 150mmの方がスパン 5,500mm, CLT厚 210mmより高く、壁 2×4の方が壁 CLT厚 90mmより低くなっている
- ・K点とJ点で差はない
- ・床上受振者の有無, 人数によりほとんど変化しない

### ●減衰時間について

- ・スパン 4,000mm, CLT厚 150mmの方がスパン 5,500mm, CLT厚 210mmより短くなっている。また、壁 2×4と壁 CLT厚 90mmでは大きな違いはみられない
- ・K点とJ点を比較すると、K点加撃時にはK点、J点加撃時にはJ点の方がわずかに長い傾向がみられるが、逆転している場合もある
- ・床上受振者なしの場合のK点加撃時とJ点加撃時を比較すると、K点加撃時のK点とJ点加撃時のJ点は比較的近似している。同様に、K点加撃時のJ点とJ点加撃時のK点も比較的近似している
- ・床上受振者なしと比較して、受振者1名の方が短くなっている。また、受振者1名と比較して、2名の方がさらに短くなっている

ここで、東京工業大学横山研究室でこれまでに蓄積した木造大スパン床の1次固有振動数, 減衰時間のデータの範囲は、以下の通りである。

### ●スパン 4,550mmの床, 加撃点 : K, 床上受振者 : なし, 振動測定点 : J

- ・1次固有振動数 : 21.0~27.5Hz
- ・1/2減衰時間 : 0.103~0.246s
- ・1/4減衰時間 : 0.204~0.368s
- ・1/8減衰時間 : 0.295~0.538s

### ●スパン 5,460mmの床, 加撃点 : K, 床上受振者 : なし, 振動測定点 : J

- ・1次固有振動数 : 18.0~26.5Hz
- ・1/2減衰時間 : 0.060~0.273s
- ・1/4減衰時間 : 0.198~0.449s
- ・1/8減衰時間 : 0.306~0.605s

表1の「K点加撃」-「J点」の欄に示した本試験結果を上記の範囲と比較すると、1次固有振動数は、上記の範囲の下限近傍に近いことがわかる。また、減衰

時間は上記の範囲をいずれも上回っている。すなわち、本試験で対象とした試験体は、スパンが同程度の木造床の中では、1次固有振動数が比較的小さく、減衰が比較的小さい床と位置付けることができる。

#### 4.2 静的載荷時の変形

図1に示すK点またはJ点に100kgfの静荷重を載荷した場合の床の変形を、K点およびJ点のCLT裏面に取り付けられた変位計で測定した。

測定の結果得られた変形量を、表2に一覧にして示す。表より、以下の事項が考察できる。

- ・スパン4,000mm, CLT厚150mmの方がスパン5,500mm, CLT厚210mmより大きく、壁2×4の方が壁CLT厚90mmより大きくなっている
- ・K点載荷時にはK点の方がJ点より大きくなっているが、J点載荷時にはJ点とK点は同程度となっている

ここで、東京工業大学横山研究室でこれまでに蓄積した木造大スパン床の100kgf静的載荷時の変形のデータの範囲は、以下の通りである。

- スパン4,550mmの床、載荷点：K、測定点：K
  - ・100kgf静的載荷時の変形：0.212～0.296mm
- スパン5,460mmの床、載荷点：K、測定点：K
  - ・100kgf静的載荷時の変形：0.083～0.312mm

表2の「K点に100kgf載荷時の変形(mm)」-「K点」の欄に示した本試験結果を上記の範囲と比較すると、上回っているか、上記の範囲の上限近傍に近いことがわかる。すなわち、本試験で対象とした試験体は、スパンが同程度の木造床の中では、100kgf静的載荷時の変形が比較的大きい床と位置付けることができる。

#### 4.3 歩行振動

図1に示す歩行路AまたはBを成人男子1名(年齢25歳、体重75kg)が歩調2Hzで歩行した際に床に発生する振動を、J点のCLT裏面に取り付けられた変位計および加速度計で測定した。測定条件は、以下の2種とした。ここで、床上受振者には、所定の位置に、全身の力を抜いて立つよう指示した。また、歩行者および受振者の履物はくつ下とした。測定は、各条件とも5回実施した。

1. 歩行路：A, 床上受振者：J点に1名(体重60kg)
2. 歩行路：B, 床上受振者：J点に1名(体重60kg)

さらに、測定された加速度・時間曲線から、以下の1)～3)の3種のレベル・時間曲線を算出した。

- 1)wVAL(T.C.: 25ms)：補正振動加速度レベル(時定数：25ms)
- 2)wVAL(T.C.: 10ms)：補正振動加速度レベル(時定数：10ms)
- 3)VL(T.C.: 10ms)：振動レベル(時定数：10ms)

ここで、補正振動加速度レベル(wVAL)とは、振動加速度レベル(VAL, 基準値： $10^{-5}\text{m/s}^2$ )を下式にしたがって補正したものである。

卓越振動数 $f \leq 8\text{Hz}$ の場合： $wVAL = VAL$

卓越振動数 $f > 8\text{Hz}$ の場合： $wVAL = VAL + 20 \cdot \log(8/f)$

この補正式は、日本建築学会居住性能評価指針のV曲線に基づいて、卓越振動数 $f$ の振動のVALを、卓越振動数8Hzの場合のVALに換算するものである。

図3に、変形・時間曲線、加速度・時間曲線、および各種レベル・時間曲線の例を示す。これらのレベル・時間曲線より、図に示す要領で、以下のA)～D)の4種の性能値を求めた。

A)wVALmax, VLmax：レベルの最大値

歩き始めから終わりまでの間のwVAL, VLの最大値

B) $\sum_{n=1}^{\text{全歩数}}(wVAL_n - wVAL_{ref}), \sum_{n=1}^{\text{全歩数}}(VL_n - VL_{ref})$ ：1歩ごとのレベルの最大値の和  
1歩ごとのwVAL, VLの最大値wVALn, VLnのうち、参照値wVALref = 67dB, VLref = 67dB以上のwVALn, VLnを対象に、wVALn-wVALref, VLn-VLrefを加算したもの

C) $\int (wVAL - wVAL_{ref})dt, \int (VL - VL_{ref})dt$ ：レベルの積分値

wVAL, VLが参照値wVALref = 67dB, VLref = 67dB以上の範囲を対象に、wVALn-wVALref, VLn-VLrefを時間で積分したもの

D)wVALmax + 20·log(T<sup>1/4</sup>), VLmax + 20·log(T<sup>1/4</sup>)：レベルの最大値+継続時間

wVAL, VLが参照値wVALref = 67dB, VLref = 67dB以上となっている時間を継続時間Tとして求め、A)に20·log(T<sup>1/4</sup>)を加算したもの。ただし、Tcr = 1sとし、T < Tcrの場合はT = Tcrとする

以上の方法で求めた性能値を、表3に一覧にして示す。表に示した値は、5回実施した測定結果の平均値である。

#### 4.4 歩行振動に関する官能検査

図1に示すJ点に検査員を立たせ、歩行路AまたはBを所定の歩行者が歩行

した際に感じる振動について判断を求め、官能検査を実施した。

表 4 に、官能検査概要を示す。構成する尺度は、歩行振動に気付くか、あるいはどの程度大きく感じるかを表す“認知大きさ尺度”と、住居の居室を想定した場合どの程度気になるかを表す“気になり具合評価尺度”の 2 種とした。尺度構成手法は、系列範ちゅう法とした。判断範ちゅうは、表に示す通りである。

検査試料は、試験体 4 種×歩行路 2 種=8 種の歩行振動とした。歩行者は成人男子 1 名(年齢 25 歳, 体重 75kg)とし、歩調は 2Hz とした。一方、検査員は、成人男女 11 名(年齢 21~60 歳, 体重 53~83kg)とした。検査員の姿勢は立位とし、J 点に歩行路を背にする向きに立たせた。ここで、歩行者および検査員の履物はくつ下とした。

表 5 に、官能検査結果を示す。系列範ちゅう法により構成される心理学的尺度では、尺度上に検査に用いた判断範ちゅうの位置が与えられる。表の“判断範ちゅうの尺度値”の欄に示した値が①~⑦の各判断範ちゅうの位置を表すもので、東京工業大学横山研究室でのこれまでの研究で求められたものである。これらの判断範ちゅうの尺度値に基づいて、検査試料とした 8 種の歩行振動ごとに検査員の回答を統計的に処理し、各検査試料の尺度値を算出したのが、表の“検査試料の尺度値”の欄に示した値である。また、表の“判断範ちゅうとの関係”の欄には、各検査試料の尺度値がどの判断範ちゅうの間に位置しているかを示した。表より、以下の事項が考察できる。

- ・ CLT 試験体で発生する歩行振動の認知大きさ度合いは「②やや大きく感じる」~「④かすかに気付く」に分布しており、分布の中心は「③はっきり気付く」程度となっている。また、住居の居室を想定した場合の気になり度合いは「②.....」~「⑤やや気になる」に分布しており、分布の中心は「③かなり気になる」~「④.....」となっている
- ・ 尺度値の変化に、試験体のスパン、CLT 厚や壁、および歩行路による明確な傾向はみられない

#### 4.5 心理学的尺度と性能値の関係

図 4 に、東京工業大学横山研究室でのこれまでの研究で提示されている、2 種の心理学的尺度と 12 種の性能値の関係図を示す。これらの関係図上に、4.4 で構成した心理学的尺度と 4.3 で求めた性能値をプロットした結果を、図に△で示す。これらの図より、以下の事項が考察できる。

- ・ 上から 2 行目の B)1 歩ごとのレベルの最大値の和では、△で示した CLT 試験体による点が●で示した既存の点よりやや上側にプロットされる傾向がみられるが、全体的にみて△で示した点は●で示した点と同様の対応を示している。すなわち、CLT 試験体の評価にも 4.3 で求めた性能値が適用できる

#### 5. まとめ

本試験で対象とした CLT 床の振動特性および歩行振動について、以下の事項が明らかとなった。

- ・ 本試験で対象とした CLT 床は、スパンが同程度の木造床の中では、1 次固有振動数が比較的小さく、減衰が比較的小さく、100kgf 静的載荷時の変形が比較的大きい床と位置付けられる
- ・ 本試験で対象とした CLT 床で発生する歩行振動の認知大きさ度合いは「③はっきり気付く」程度である。また、住居の居室を想定した場合の気になり度合いは「③かなり気になる」程度かそれをやや下回る程度である
- ・ 歩行振動の測定結果からも、上記評価を裏付ける値が得られている

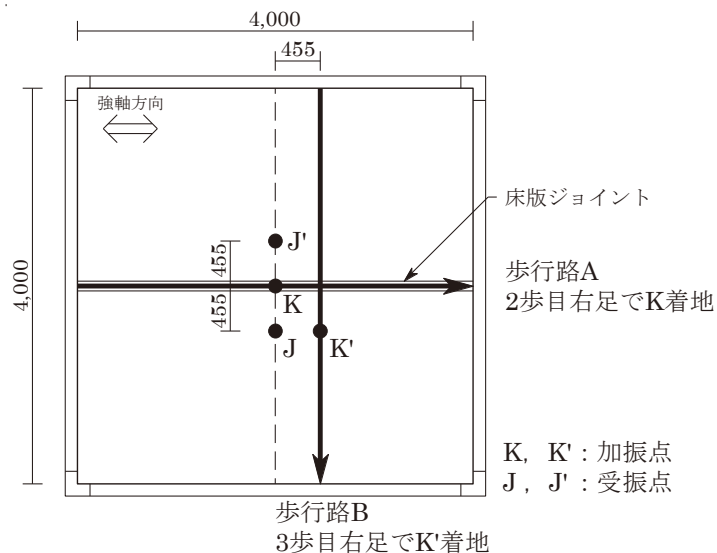
#### 参考文献

- 1)横山 裕: 複数歩連続した歩行振動の性能値に関する基礎的検討, 木造大スパン床の歩行振動の居住性からみた評価方法(その1), 日本建築学会環境系論文集, 第78巻, 第691号, pp.689-695, 2013.9
- 2)黒田瑛一, 横山 裕: 居住性からみた木造大スパン床の歩行振動の評価方法に関する基礎的研究, その4 心理学的尺度との関係を検討する物理量の導出, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, pp.379-380, 2014.9
- 3)横山 裕, 黒田瑛一: 居住性からみた木造大スパン床の歩行振動の評価方法に関する基礎的研究, その5 心理学的尺度と物理量の関係の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1, pp.381-382, 2014.9

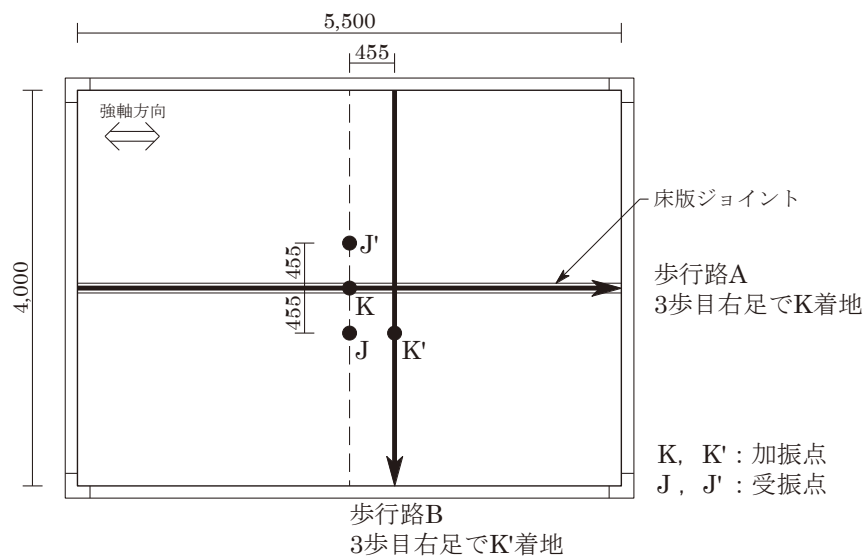
図表リスト

- 図1 試験体上に設定した加振点, 受振点, 歩行路の概要
- 図2 ハンマー加撃時の加速度・時間曲線および加速度等価ピーク値・時間曲線の例
- 図3 歩行時の変形・時間曲線, 加速度・時間曲線および各種レベル・時間曲線の例
- 図4 心理学的尺度と性能値の関係

- 表1 固有振動数, 減衰時間の測定結果
- 表2 100kgf 静的載荷時の変形の測定結果
- 表3 床振動の測定結果の例
- 表4 官能検査概要
- 表5 官能検査結果



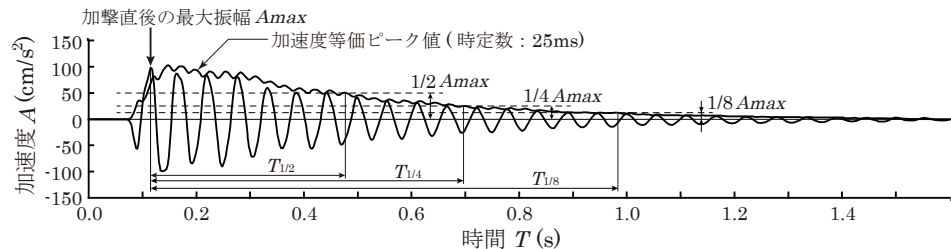
(1) スパン4,000, CLT厚150の試験体



(2) スパン5,500, CLT厚210の試験体

図1 試験体上に設定した加振点, 受振点, 歩行路の概要





スパン 5,500mm, CLT 厚 210mm, 壁 2×4  
 加撃点: K, 床上受振者: なし, 測定点: K, 1 回目

図2 ハンマー加撃時の加速度・時間曲線および加速度等価ピーク値・時間曲線の例

表1 固有振動数, 減衰時間の測定結果(その1)

(1) スパン4,000, CLT厚150, 壁2×4の試験体

スパン4,000, CLT厚150, 壁2×4		K点	J点
K点加撃	1次固有振動数(Hz)	21.00	21.00
	1/2減衰時間(s)	0.332	0.283
	1/4減衰時間(s)	0.503	0.468
	1/8減衰時間(s)	0.683	0.651
K点加撃 J点を受振者1名	1次固有振動数(Hz)	21.00	21.00
	1/2減衰時間(s)	0.185	0.172
	1/4減衰時間(s)	0.297	0.280
	1/8減衰時間(s)	0.377	0.357
K点加撃 J点を受振者1名 J'点を受振者1名	1次固有振動数(Hz)	21.50	21.50
	1/2減衰時間(s)	0.124	0.122
	1/4減衰時間(s)	0.208	0.188
	1/8減衰時間(s)	0.279	0.268
J点加撃	1次固有振動数(Hz)	21.00	21.00
	1/2減衰時間(s)	0.307	0.306
	1/4減衰時間(s)	0.476	0.509
	1/8減衰時間(s)	0.656	0.712

(2) スパン5,500, CLT厚210, 壁2×4の試験体

スパン5,500, CLT厚210, 壁2×4		K点	J点
K点加撃	1次固有振動数(Hz)	18.00	18.00
	1/2減衰時間(s)	0.364	0.313
	1/4減衰時間(s)	0.596	0.565
	1/8減衰時間(s)	0.876	0.869
K点加撃 J点を受振者1名	1次固有振動数(Hz)	18.00	18.00
	1/2減衰時間(s)	0.202	0.191
	1/4減衰時間(s)	0.338	0.294
	1/8減衰時間(s)	0.441	0.461
K点加撃 J点を受振者1名 J'点を受振者1名	1次固有振動数(Hz)	18.50	18.50
	1/2減衰時間(s)	0.187	0.160
	1/4減衰時間(s)	0.303	0.276
	1/8減衰時間(s)	0.392	0.388
J点加撃	1次固有振動数(Hz)	18.00	18.00
	1/2減衰時間(s)	0.340	0.371
	1/4減衰時間(s)	0.565	0.599
	1/8減衰時間(s)	0.807	0.861

表1 固有振動数，減衰時間の測定結果(その2)

(3) スパン4,000, CLT厚150, 壁CLT厚90の試験体

スパン4,000, CLT厚150, 壁CLT厚90		K点	J点
K点加撃	1次固有振動数(Hz)	23.50	23.50
	1/2減衰時間(s)	0.333	0.295
	1/4減衰時間(s)	0.516	0.494
	1/8減衰時間(s)	0.701	0.693
K点加撃 J点を受振者1名	1次固有振動数(Hz)	24.00	24.00
	1/2減衰時間(s)	0.193	0.178
	1/4減衰時間(s)	0.286	0.282
	1/8減衰時間(s)	0.385	0.380
K点加撃 J点を受振者1名 J'点を受振者1名	1次固有振動数(Hz)	24.50	24.50
	1/2減衰時間(s)	0.127	0.119
	1/4減衰時間(s)	0.196	0.188
	1/8減衰時間(s)	0.245	0.247
J点加撃	1次固有振動数(Hz)	23.50	23.50
	1/2減衰時間(s)	0.281	0.307
	1/4減衰時間(s)	0.486	0.503
	1/8減衰時間(s)	0.693	0.709

(4) スパン5,500, CLT厚210, 壁CLT厚90の試験体

スパン5,500, CLT厚210, 壁CLT厚90		K点	J点
K点加撃	1次固有振動数(Hz)	19.00	19.00
	1/2減衰時間(s)	0.363	0.342
	1/4減衰時間(s)	0.647	0.636
	1/8減衰時間(s)	0.878	0.864
K点加撃 J点を受振者1名	1次固有振動数(Hz)	19.50	19.50
	1/2減衰時間(s)	0.206	0.202
	1/4減衰時間(s)	0.357	0.356
	1/8減衰時間(s)	0.514	0.518
K点加撃 J点を受振者1名 J'点を受振者1名	1次固有振動数(Hz)	20.00	20.00
	1/2減衰時間(s)	0.180	0.179
	1/4減衰時間(s)	0.249	0.256
	1/8減衰時間(s)	0.379	0.380
J点加撃	1次固有振動数(Hz)	19.50	19.50
	1/2減衰時間(s)	0.338	0.372
	1/4減衰時間(s)	0.617	0.673
	1/8減衰時間(s)	0.827	0.946

表2 100kgf静的載荷時の変形の測定結果

	K点に 100kgf静的載荷時の変形(mm)		J点に 100kgf静的載荷時の変形(mm)	
	K点	J点	K点	J点
スパン4,000 CLT厚150 壁2×4	0.438	0.306	0.320	0.308
スパン5,500 CLT厚210 壁2×4	0.280	0.203	0.226	0.217
スパン4,000 CLT厚150 壁CLT厚90	0.360	0.251	0.246	0.258
スパン5,500 CLT厚210 壁CLT厚90	0.234	0.177	0.180	0.177

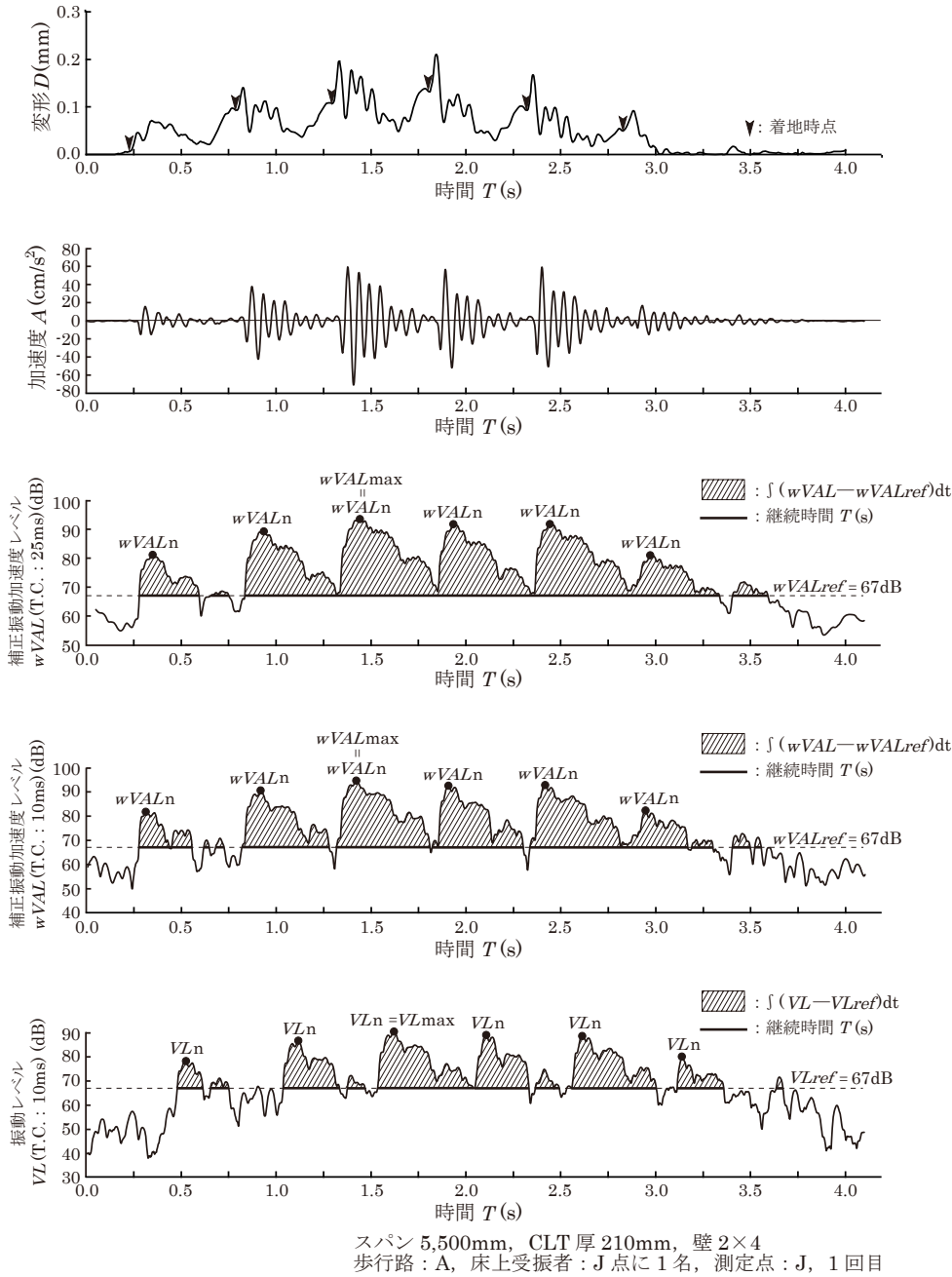


図3 歩行時の変形・時間曲線、加速度・時間曲線および各種レベル・時間曲線の例

表3 床振動の測定結果(その1)  
(1) wVAL(T.C.:25ms)

歩行路	振動加速度レベルwVAL (T.C.:25ms)		
	全歩数 $\sum_{n=1} (wVAL_n - wVAL_{ref})$ (dB)	$\int (wVAL - wVAL_{ref}) dt$ (dB·s)	$wVAL_{max} + 20 \cdot \log(T^{1/4})$
スパン4,000 CLT厚150 壁2×4	A	85.4	85.6
	B	85.6	86.3
スパン5,500 CLT厚210 壁2×4	A	85.9	87.4
	B	85.0	85.8
スパン4,000 CLT厚150 CLT厚90	A	83.0	82.6
	B	84.0	83.8
スパン5,500 CLT厚210 CLT厚90	A	85.3	86.9
	B	82.8	83.5

1) wVAL (T.C.: 25ms): 補正振動加速度レベル(時定数: 25ms)  
 振動加速度レベルwVAL (時定数: 25ms, 基準値:  $10^{-5} m/s^2$ )を下  
 にしたがって補正したもの  
 卓越振動数  $f \leq 8Hz$  の場合:  $wVAL = VAL$   
 卓越振動数  $f > 8Hz$  の場合:  $wVAL = VAL + 20 \cdot \log(8/f)$   
 この補正式は、日本建築学会居住性能評価指針のV曲線に基づ  
 いて、卓越振動数  $f$  の振動の VAL を、卓越振動数 8Hz の場合の  
 VAL に換算するものである

A)  $wVAL_{max}$ : レベルの最大値  
 歩き始めから終わりまでの間の wVAL の最大値  
 B)  $\sum (wVAL_n - wVAL_{ref})$ : 1歩ごとのレベルの最大値の和  
 1歩ごとの wVAL の最大値  $wVAL_n$  のうち、参照値  $wVAL_{ref} = 67dB$  以  
 上の wVAL を対象に、 $wVAL_n - wVAL_{ref}$  を加算したもの  
 C)  $\int (wVAL - wVAL_{ref}) dt$ : レベルの積分値  
 $wVAL$  が参照値  $wVAL_{ref} = 67dB$  以上の範囲を対象に、  
 $wVAL - wVAL_{ref}$  を時間で積分したもの  
 D)  $wVAL_{max} + 20 \log(T^{1/4})$ : レベルの最大値 + 継続時間  
 $wVAL$  が参照値  $wVAL_{ref} = 67 dB$  以上となっている時間を継続時間  $T$   
 として求め、A)に  $20 \cdot \log(T^{1/4})$  を加算したもの  
 ただし、 $T_{cr} = 1s$  として  $T < T_{cr}$  の場合  $T = T_{cr}$  とする

表3 床振動の測定結果 (その2)

(2)  $wVAL$ (T.C.:10ms)

	歩行路	振動加速度レベル $wVAL$ (T.C.:10ms)			
		$wVAL_{max}$ (dB)	$\sum_{n=1}^{全歩数} (wVAL_n - wVAL_{ref})$ (dB)	$\int (wVAL - wVAL_{ref}) dt$ (dB·s)	$wVAL_{max} + 20 \cdot \log(T^{1/4})$
スパン4,000 CLT厚150 壁2×4	A	86.6	70.4	9.8	86.8
	B	86.9	72.8	9.9	87.4
スパン5,500 CLT厚210 壁2×4	A	86.6	87.6	16.0	87.9
	B	86.0	60.6	10.7	86.6
スパン4,000 CLT厚150 CLT厚90	A	85.1	61.0	5.9	84.4
	B	85.3	61.9	6.0	84.9
スパン5,500 CLT厚210 CLT厚90	A	85.7	82.9	14.9	87.1
	B	83.7	59.3	8.6	84.2

2)  $wVAL$  (T.C.: 10ms): 補正振動加速度レベル(時定数: 10ms)

振動加速度レベル  $wVAL$  (時定数: 10ms, 基準値:  $10^{-5} m/s^2$ ) を下式に代えて補正したもの

卓越振動数  $f \leq 8Hz$  の場合:  $wVAL = VAL$

卓越振動数  $f > 8Hz$  の場合:  $wVAL = VAL + 20 \cdot \log(8/f)$

この補正式は、日本建築学会居住性能評価指針のV曲線に基づいて、卓越振動数  $f$  の振動の  $VAL$  を、卓越振動数  $8Hz$  の場合の  $VAL$  に換算するものである

A)  $wVAL_{max}$ : レベルの最大値  
歩き始めから終わりまでの間の  $wVAL$  の最大値

B)  $\sum (wVAL_n - wVAL_{ref})$ : 1歩ごとのレベルの最大値の和  
1歩ごとの  $wVAL$  の最大値  $wVAL_n$  のうち、参照値  $wVAL_{ref} = 67dB$  以上の  $wVAL_n$  を対象に、 $wVAL_n - wVAL_{ref}$  を加算したもの

C)  $\int (wVAL - wVAL_{ref}) dt$ : レベルの積分値

$wVAL$  が参照値  $wVAL_{ref} = 67dB$  以上の範囲を対象に、 $wVAL - wVAL_{ref}$  を時間で積分したもの

D)  $wVAL_{max} + 20 \log(T^{1/4})$ : レベルの最大値 + 継続時間

$wVAL$  が参照値  $wVAL_{ref} = 67 dB$  以上となっている時間を継続時間  $T$  として求め、A) に  $20 \cdot \log(T^{1/4})$  を加算したものである  
ただし、 $T_{cr} = 1s$  として  $T < T_{cr}$  の場合  $T = T_{cr}$  とする

表3 床振動の測定結果 (その3)

(3)  $VZ$ (T.C.:10ms)

	歩行路	振動レベル $VZ$ (T.C.:10ms)			
		$VZ_{max}$ (dB)	$\sum_{n=1}^{全歩数} (VZ_n - VL_{ref})$ (dB)	$\int (VZ - VL_{ref}) dt$ (dB·s)	$VZ_{max} + 20 \cdot \log(T^{1/4})$
スパン4,000 CLT厚150 壁2×4	A	84.58	55.70	18.80	85.30
	B	84.16	61.00	19.30	85.20
スパン5,500 CLT厚210 壁2×4	A	83.09	76.00	25.10	84.70
	B	82.33	44.70	18.40	83.30
スパン4,000 CLT厚150 CLT厚90	A	83.05	47.30	14.10	83.20
	B	83.35	55.90	15.20	83.80
スパン5,500 CLT厚210 CLT厚90	A	82.26	71.30	24.00	84.00
	B	81.00	45.40	16.60	81.90

3)  $VZ$  (T.C.: 10ms): 振動レベル(時定数: 10ms)

A)  $VZ_{max}$ : レベルの最大値  
歩き始めから終わりまでの間の  $VZ$  の最大値

B)  $\sum (VZ_n - VL_{ref})$ : 1歩ごとのレベルの最大値の和  
1歩ごとの  $VZ$  の最大値  $VZ_n$  のうち、参照値  $VL_{ref} = 67dB$  以上の  $VZ_n$  を対象に、 $VZ_n - VL_{ref}$  を加算したもの

C)  $\int (VZ - VL_{ref}) dt$ : レベルの積分値

$VZ$  が参照値  $VL_{ref} = 67dB$  以上の範囲を対象に、 $VZ - VL_{ref}$  を時間で積分したもの

D)  $VZ_{max} + 20 \log(T^{1/4})$ : レベルの最大値 + 継続時間

$VZ$  が参照値  $VL_{ref} = 67 dB$  以上となっている時間を継続時間  $T$  として求め、A) に  $20 \cdot \log(T^{1/4})$  を加算したものである  
ただし、 $T_{cr} = 1s$  として  $T < T_{cr}$  の場合  $T = T_{cr}$  とする

表4 官能検査概要

構成する尺度	認知大きさ尺度	気になり具合評価尺度
尺度構成手法	系列範ちゅう法	
質問事項	住居内で、周りを人が歩行した際に、このような床振動を感じたら、この振動は	
判断範ちゅう	①非常に大きく感じる ②やや大きく感じる ③はっきり気付く ④かすかに気付く ⑤気付くか気付かないかの境界 ⑥ほとんど気付かない ⑦全く気付かない	①非常に気になる ②・・・・・・・・ ③かなり気になる ④・・・・・・・・ ⑤やや気になる ⑥・・・・・・・・ ⑦全く気にならない
検査試料	試験体4種×歩行路2種＝8種の歩行振動	
歩行者	成人男子(年齢25歳, 体重75kg), 歩調2Hz, 履物くつ下	
検査員	成人男子11名(年齢21～60歳, 体重53～83kg)	
受振姿勢	立位	
履物	くつ下	

表5 官能検査結果

(1) 認知大きさ尺度

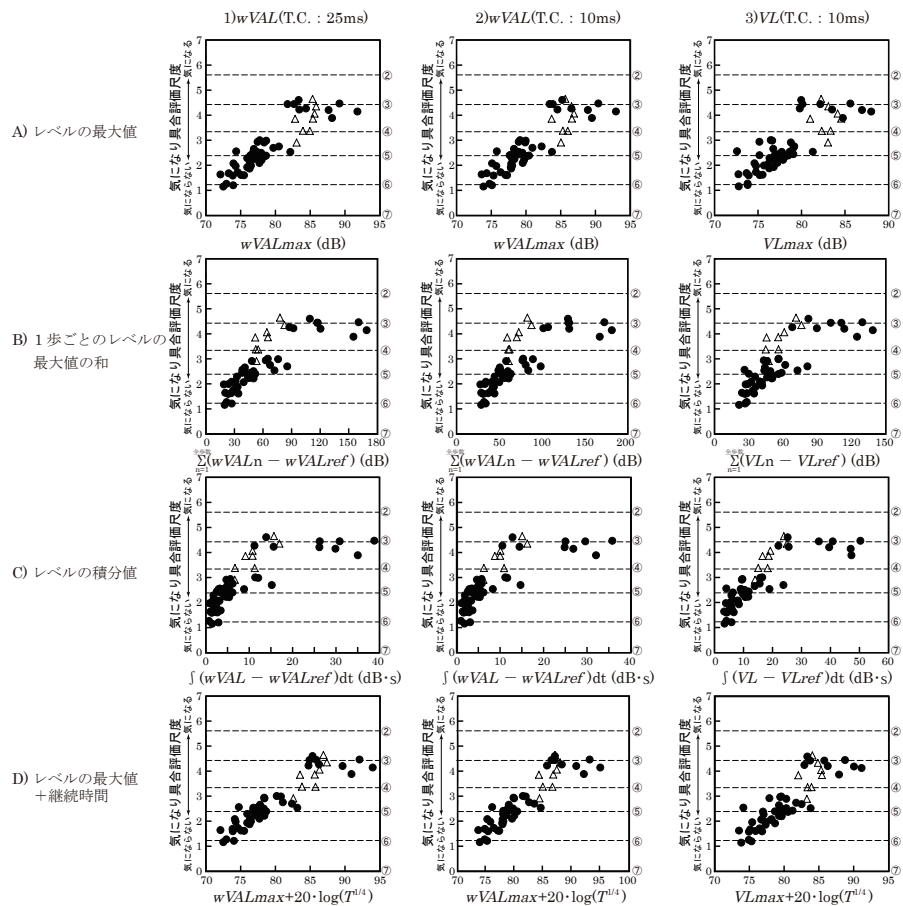
判断範ちゅう	判断範ちゅうの尺度値
①非常に大きく感じる	6.52
②やや大きく感じる	5.37
③はっきり気付く	4.01
④かすかに気付く	2.82
⑤気付くか気付かないかの境界	1.79
⑥ほとんど気付かない	0.77
⑦全く気付かない	0.00

試験体	歩行路	検査試料の尺度値	判断範ちゅうとの関係
スパン4,000 CLT厚150 壁2×4	A	4.41	②～③
	B	4.19	②～③
スパン5,500 CLT厚210 壁2×4	A	4.38	②～③
	B	3.79	③～④
スパン4,000 CLT厚150 CLT厚90	A	3.59	③～④
	B	3.72	③～④
スパン5,500 CLT厚210 CLT厚90	A	5.09	②～③
	B	4.29	②～③

(2) 気になり具合評価尺度

判断範ちゅう	判断範ちゅうの尺度値
①非常に気になる	5.61
②・・・・・・・・	5.61
③かなり気になる	4.43
④・・・・・・・・	3.34
⑤やや気になる	2.38
⑥・・・・・・・・	1.23
⑦全く気にならない	0.00

試験体	歩行路	検査試料の尺度値	判断範ちゅうとの関係
スパン4,000 CLT厚150 壁2×4	A	3.87	③～④
	B	4.07	③～④
スパン5,500 CLT厚210 壁2×4	A	4.35	③～④
	B	3.38	③～④
スパン4,000 CLT厚150 CLT厚90	A	2.91	④～⑤
	B	3.38	③～④
スパン5,500 CLT厚210 CLT厚90	A	4.65	②～③
	B	3.86	③～④

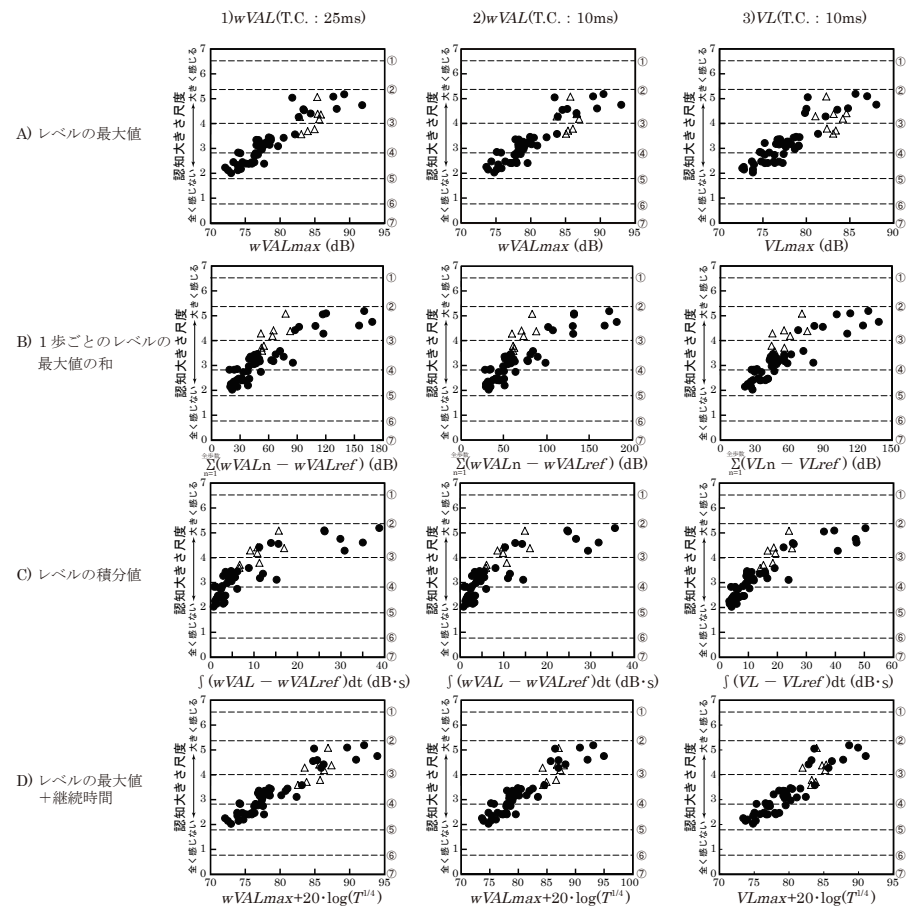


△ : CLT 試験体

気になり具合評価尺度
①非常に気になる
②.....
③かなり気になる
④.....
⑤やや気になる
⑥.....
⑦全く気にならない

(2) 気になり具合評価尺度

図4 心理学的尺度と性能値の関係 (その2)



△ : CLT 試験体

認知大きさ尺度
①非常に大きく感じる
②やや大きく感じる
③はっきり気付く
④かすかに気付く
⑤気付くか気付かないかの境界
⑥ほとんど気付かない
⑦全く気付かない

(1) 認知大きさ尺度

図4 心理学的尺度と性能値の関係 (その1)



### 第3章 まとめ

1.1.2 検討すべき課題に対して検討結果は次の通りである。

ア. 「床版として CLT を使用する枠組壁工法建築物」に関する構造設計法の調査（海外含む）

CLT の日本における法規準には現在位置づけられていない為に上記の構造設計法は存在していない。海外文献についても調査したが枠組壁工法建築物の床に CLT を用いる構造設計法は確認できなかった。今回の、枠組壁工法との混構造設計ガイドラインが唯一の設計法となる。

イ. 床構造、CLT 床版相互の接合部、建築物としての振動や遮音の評価、仕様開発

- CLT 床版相互の接合部は水平構面として版相互のせん断力伝達の為に接合具等によるせん断耐力試験を行った。試験仕様はスプライン接合と長ビスによる CLT 相互の直接接合とし、結果は 2.3 接合部に記載した。
- 床振動について実大の床歩行振動試験を行った。試験仕様は厚 150mm と厚 210mm でスパンを 4m および 5.5m とした。試験内容は振動特性測定（固有振動数減衰特性、静的たわみ変形測定および官能評価試験）を行った。結果は 2.9 歩行振動に記載した。
- 床遮音については合計 15 仕様について軽量床衝撃音、重量床衝撃音（タイヤ・ボール）透過損失について実験室試験を行った。試験結果については RC、枠組壁工法との比較も含めて 2.8 遮音性能に記載した。

ウ. 接合部、耐力壁と CLT 床版接合部の開発、CLT 床版の支持方法等の評価

- 枠組壁工法の壁と CLT 床版の接合部には、せん断耐力が要求される為に接合具としてビスを主体にせん断耐力試験を行った。試験結果は 2.3 接合部に記載した。
- CLT 床版の支持方法について  
床版の配置ルール、設計スパン（許容応力度は仮にクライジンガーの式を用いて算定した）、床版の穴明け、床開口周りの補強について試算を行い 2.4 配置規準に記載した。

エ. 構造体 実大モデルでの荷重伝達性能の評価

水平構面の剛性については既往の実大試験データを統一的に評価できる様に解析し 2.7 水平構面床の検討に記載した。

その他設計例として各部構造の構造計算を行った。又、設計荷重（自重）が一般の枠組壁工法に比べ増加する為に必要壁量の算出、たて枠の検定も行い 2.6 設計例に記載した。

### 第4章 おわりに

本事業の総まとめとして構造設計ガイドライン（案）および同解説を作成した。

材料の基準強度等が今後明確になった時点で、一部の修正を行った上でガイドラインが完成する。この機会に床遮音性能、歩行振動に対してさらなる改良が加えられることにより実用化に近い仕様設定が可能となり、床版の配置ルールや床開口部の補強方法についてもさらに検討を加える必要がある。