# 「中層大規模木造　構造設計データ集」公表にあたって

このたび、林野庁補助事業「平成 24 年度地域材供給倍増事業（木材利用技術整備等支援事業)」において実施しました中層大規模木造設計情報整備委員会での成果を「中層大規模木造　構造設計データ集」として公表することとなりました。

本事業は、中層大規模木造の設計を担う設計者を対象に、汎用構造解析ソフトによる三次元解析モデルを用いて構造設計を行う場合に必要なデータを整理して提供することを目的としております。大規模な木造を普及させていくためには、現在は建物毎に特注となっている材料や接合部の仕様などをある程度汎用性のあるものに統一し、構造検証の負担を軽くすることが不可欠と考えています。また、従来、様々な形で実証実験が行われてきていましたが、その成果を構造設計に活かすためには、研究とは異なる視点での情報の整理や提供の方法が必要であることを痛感しておりました。このたび、本事業にてその機会を得ることができ、まずは第一段階として本書を整備したところです。

本書では、潜在ニーズが高いと思われる「事務所」や「商業施設」の用途・規模を対象とした中層大規模木造を想定し、構造設計のポイントとなる、柱脚接合部、柱梁接合部、耐力壁、床の汎用性のある仕様について整備しております。

現段階では、仕様や材種、樹種について、まだまだ不足しておりますが、今後、様々な機会を活用し、これらのデータの充実を試みていくことを計画しております。また、現段階では、データが足りず詳細な判断が下せず、解説等が明快でない部分もございます。これらについても、順次検討を進めていく予定です。

これらのデータ整備は、一事業で行っていくのではなく、様々な開発や研究と連携を組み実施していくことが必要と考えています。本書をご覧の皆様にも、ご協力を頂く機会もあるかと思いますが、その節はご協力のほど、よろしくお願い致します。

本書の整備についての要望やご意見、ご提案などがありましたら、下記までお送り下さいますようよろしくお願い致します。本書の整備は、原則、委員を含む関係者のボランティアで実施しております。そのため、頂きましたご要望などを反映するには時間がかかる場合がございますがご容赦下さいますようお願い致します。

平成 25 年 7 月 30 日

中層大規模木造設計情報整備委員会
委員長　腰原幹雄
data-info★dot-co.jp
（★の部分を@としたメールアドレスとして下さい。）

# 中層大規模木造設計情報整備委員会　委員名簿

（平成 24 年度事業分）

（敬称略）

（委員）

| | |
|---|---|
| 腰原　幹雄 | 東京大学生産技術研究所 木質構造学　教授　（委員長） |
| 河合　直人 | 工学院大学 建築学部 建築学科　教授 |
| 稲山　正弘 | 東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻　教授 |
| 五十田　博 | 信州大学 工学部 建築学科　教授 |
| 神谷　文夫 | セイホク株式会社　技師長 |
| 青木　謙治 | 独立行政法人森林総合研究所 構造利用研究領域<br>木質構造居住環境研究室　主任研究員 |
| 中川　貴文 | 独立行政法人建築研究所 材料研究グループ　主任研究員 |
| 荒木　康弘 | 独立行政法人建築研究所 構造研究グループ　研究員 |
| 宮林　正幸 | 有限会社ティー・イー・コンサルティング一級建築士事務所　所長 |
| 李　元羽 | 株式会社キーテック 開発部 開発課　課長 |

（事務局）

日本集成材工業協同組合

日本合板工業組合連合会

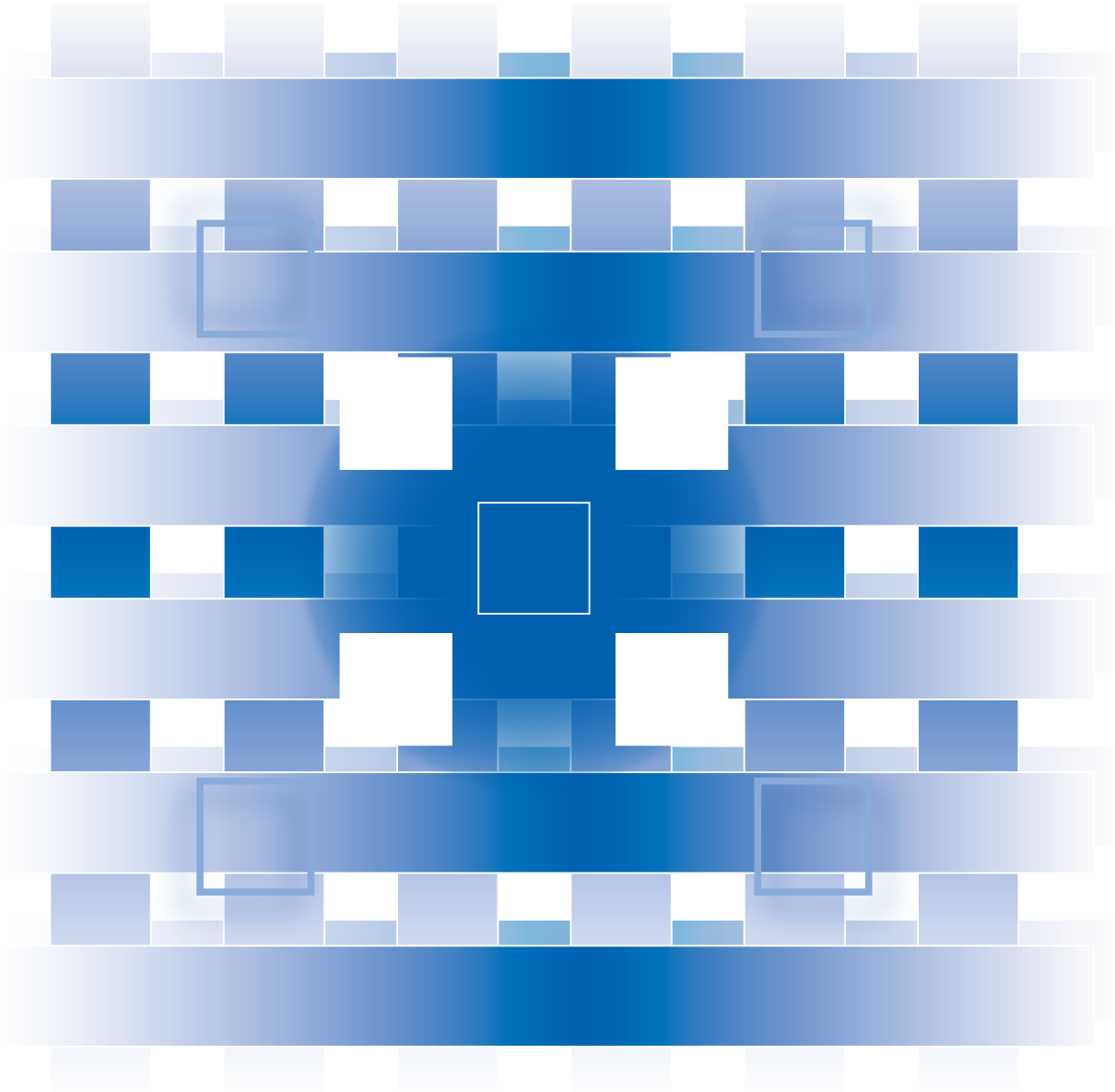
一般社団法人全国 LVL 協会

特定非営利活動法人 team Timberize

株式会社ドット・コーポレーション

平成 25 年（2013）7 月 30 日 第 1 版第 1 刷

# 構造設計データ集



# 構造設計データ集　目次


1.　はじめに……1

1.1　本データ集の目的 ……1
1.2　本データ集のデータの前提条件 ……3

2.　本データ集の構成と使い方 ……6

2.1 「3. データ」の構成……6
2.2 「データシート」の見方 ……9
2.2.1 「データシート」リスト（pp.28 ～ 30）……9
2.2.2　データシート（図 2.1-2 内の②参照）……10
2.2.3　使用シーンと注意事項……12

3.　データ……13

3.1　木質材料……13
3.1.1　構造用集成材 ……14
3.1.2　構造用単板積層材（LVL）……20
3.1.3　構造用合板 ……24
3.2　部位データ ……26

接合具……30

●ラグスクリューボルト（LSB）……30
集成材／スギ／ E65-F255 ／ 120 × 240 × 1500 ／ LSB 4 本 ……32
集成材／スギ／ E65-F255 ／ 150 × 240 × 1500 ／ LSB 4 本 ……34
集成材／スギ／ E65-F255 ／ 190 × 240 × 1400 ／ LSB 4 本 ……36
集成材／スギ／ E65-F255 ／ 200 × 240 × 1400 ／ LSB 6 本 ……38
集成材／カラマツ／ E95-F315 ／ 120 × 240 × 1500 ／ LSB 4 本 ……40
集成材／カラマツ E95-F315 ／ 150 × 240 × 1500 ／ LSB 4 本 ……42
集成材／カラマツ／ E95-F315 ／ 190 × 240 × 1400 ／ LSB 4 本 ……44
集成材／カラマツ／ E95-F315 ／ 200 × 240 × 1400 ／ LSB 6 本 ……46
LVL ／カラマツ／ 120E-1 級／ 150 × 240 × 1400 ／ LSB 4 本 ……48
LVL ／カラマツ／ 120E-1 級／ 120 × 120 × 1400 ／ LSB 1 本 ……50
LVL ／カラマツ／ 120E-1 級／ 150 × 150 × 1400 ／ LSB 2 本 ……54

LVL ／カラマツ／ 120E-1 級／ 120 × 500 × 700 ／繊維直行方向 …… 58
データの解説　ラグスクリューボルト（LSB） …… 62
●構造用ビス …… 64
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／ 200 × 90 ／主材繊維方向に対する加力方向 0° 長ビス …… 66
集成材／カラマツ E105-F300 ／ 200 × 90 ／主材繊維方向に対する加力方向 90° 長ビス …… 68
データの解説　構造用ビス …… 70
●木栓（シラカシ） …… 72
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／ 200 × 90 ／主材繊維方向に対する加力方向 0° 木栓 φ 24 …… 74
集成材／カラマツ E105-F300 ／ 200 × 90 ／主材繊維方向に対する加力方向 0° 木栓 φ 18 …… 76
集成材／カラマツ E105-F300 ／ 200 × 90 ／主材繊維方向に対する加力方向 90° 木栓 φ 24 …… 78
集成材／カラマツ E105-F300 ／ 200 × 90 ／主材繊維方向に対する加力方向 90° 木栓 φ 18 …… 80
データの解説　木栓（シラカシ） …… 82
●接着剤併用ビス …… 84
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 105 × 50 ／ストレストスキンパネル 接着剤併用ビス …… 86
データの解説　接着剤併用ビス …… 88

接合部 …… 90
●LSB 柱脚接合部 …… 90
集成材／スギ／ E65-F255 ／ 240 × 600 ／ LSB 柱脚 …… 92
集成材／カラマツ／ E95-F315 ／ 240 × 600 ／ LSB 柱脚 …… 94
データの解説　LSB 柱脚接合部 …… 96
●LSB 柱梁接合部 …… 98
集成材／スギ／ E65-F255 ／柱 240 × 600・梁 180 × 600 ／ LSB 柱梁 …… 100
集成材／カラマツ／ E95-F315 ／柱 240 × 600・梁 180 × 600 ／ LSB 柱梁 …… 102
データの解説　LSB 柱梁接合部 …… 104
●合わせ柱梁接合部 …… 106
集成材／カラマツ E105-F300 ／柱 2-105 × 600・梁 180 × 600 ／合わせ柱梁 木栓φ 24 …… 108
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 600・梁 180 × 600 ／合わせ柱梁 木栓φ 18 …… 110
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 600・梁 180 × 600 ／合わせ柱梁 長ビス …… 112
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 600・梁 180 × 600 ／合わせ柱梁 接合具なし …… 114
データの解説　合わせ柱梁接合部 …… 116
●CLS 十字接合部 …… 118
LVL ／カラマツ／ 90E-1 級／柱 4-38 × 300・梁 4-38 × 360 ／ CLS 十字 …… 120
データの解説　CLS 十字接合部 …… 122
●ブレース端部接合部 …… 124
集成材／カラマツ／ E95-F270 ／ブレース 180 × 180 ／母材形状 a ドリフトピン 6 本× 2 φ 16 …… 126
集成材／カラマツ E95-F270 ／ブレース 180 × 180 ／母材形状 b ドリフトピン 6 本× 2 φ 16 …… 128
集成材／カラマツ E95-F270 ／ブレース 2-85 × 180 ／母材形状 a ボルト 6 本× 2 M16 …… 130
集成材／カラマツ E95-F270 ／ブレース 2-85 × 180 ／母材形状 b ボルト 6 本× 2 M16 …… 132
集成材／カラマツ E95-F315 ／柱 180 × 180・梁 180 × 330 ／柱頭接合部 ドリフトピン 4 本 φ 16 134
集成材／カラマツ E95-F315 ／柱 180 × 180・梁 180 × 330 ／柱脚接合部 ドリフトピン 4 本 φ 16 136
集成材／カラマツ／ E95-F270 ／ 180 × 180 ／ドリフトピン 1 本 φ 16 …… 138
集成材／カラマツ／ E95-F270 ／ 2-85 × 180 ／ボルト 1 本 M16 …… 140
データの解説　ブレース端部接合部 …… 142

壁 …… 144
●面材耐力壁 …… 144
合板／スギ／ t24 …… 146
合板／スギ／ t28 …… 148
合板／カラマツ／ t28 …… 150
データの解説　面材耐力壁 …… 152
●ブレース耐力壁 …… 154
集成材／カラマツ／ E95-F270 ／ブレース 180 × 180 …… 156
集成材／カラマツ／ E95-F270 ／ブレース 2-85 × 180 …… 158
データの解説　ブレース耐力壁 …… 160
●LSB 厚板耐力壁 …… 162
LVL 厚板／カラマツ／ 120E-1 級／ 150 × 1000 × 3000 …… 164
データの解説　LSB 厚板耐力壁 …… 168

床 …… 170
●面材床 …… 170
合板／スギ／ t24 …… 172
合板／スギ／ t28 …… 174
合板／カラマツ - スギ複合合板／ t28 …… 176
データの解説　面材床 …… 178
●ストレストスキンパネル床 …… 180
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 362 × 6000 ／実大曲げ C1 …… 182
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 362 × 9000 ／実大曲げ C1 …… 184
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 364 × 6000 ／実大曲げ C2 …… 186
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 364 × 9000 ／実大曲げ C2 …… 188
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 362 × 6000 ／実大曲げ CB1 …… 190
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 362 × 9000 ／実大曲げ CB1 …… 192

LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 364 × 6000 ／実大曲げ CB2 …… 194
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 364 × 9000 ／実大曲げ CB2 …… 196
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 362 × 6000 ／実大曲げ L1 …… 198
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 362 × 9000 ／実大曲げ L1 …… 200
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 364 × 6000 ／実大曲げ L2 …… 202
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 364 × 9000 ／実大曲げ L2 …… 204
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 362 × 6000 ／実大曲げ LB1 …… 206
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 362 × 9000 ／実大曲げ LB1 …… 208
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 364 × 6000 ／実大曲げ LB2 …… 210
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 364 × 9000 ／実大曲げ LB2 …… 212
データの解説　ストレストスキンパネル床（実大曲げ実験）…… 214
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 364 × 6000 ／クリープ …… 220
データの解説　ストレストスキンパネル床（クリープ実験）…… 222



# 1.　はじめに

## 1.1　本データ集の目的

**中層大規模木造建築を取り巻く状況**

平成 22 年 10 月に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が施行された。これまで大規模木造建築は体育館、美術館、博物館、ドームといった特殊な建築物に用いられることが多かったが、今後は事務所ビルや集合住宅といった普通の中層大規模木造建築の登場も期待されている。

木造建築は、構造解析や構造設計がしにくい建築物と言われている。木造建築のうち、木造住宅においては独特の平面モジュールや部材寸法が慣習化され、簡易な耐震性能検証法が用いられるなど、鉄筋コンクリート造や鉄骨造の建築物で行われる構造設計とは異なる環境が整備されている。しかし、大規模木造建築は体育館やドームといった特殊な用途に用いられることが多く、建物毎に詳細な設計がなされてきた結果、今なお設計が難しい建物と考えられがちである。

木造と他の構造形式の違いを見ると、鉄筋コンクリート造や鉄骨造などの建物では、部材が規格化され、標準的な接合部が整備されているため、経済的で効率の良い設計・施工が可能となっている。また、設計者・施工者・材料供給者の間で各部の仕様についての情報が共有化されることによって、設計図書におけるミスが施工図や現場作業の中で発見されるなど、多段階での安全性チェックにもつながっている。

一方、中層大規模木造建築では部材が規格化されておらず、建物毎に自由に選択されているため、製造しにくい部材を用いた設計が行われ、経済性の低下や工期の延長を招いていることが多い。また、設計者にとっても、さまざまな断面形状、材料特性の部材を選択することとなり、部材接合部などの構造特性を算定するに当たって、個別に実験を行って確認する必要が生じるなど、構造検証の負担が大きくなっている。

今後、中層大規模木造建築を普及させていくためには、これに関わる設計者、特に構造設計者の存在が不可欠であるが、現在のところ経験者は非常に少ない。特に大規模木造建築の実現に当たっては、大手組織事務所、総合建設業といった鉄筋コンクリート造、鉄骨造によって大型の建築物を実現してきた設計者の協力が欠かせない。ところが、こうした設計者の多くは、木質構造の設計の仕組みの独自性から、木質構造に対しての知識が不足していると考えて大規模木造建築を敬遠しがちである。

一方、これまで木造建築、中でも木造住宅を支えてきた地方の工務店においては、木材や木造建築に対する知識は豊富に蓄積されているが、大規模建築に求められる要求性能への意識は高くない。さらに、今後建設される中層大規模木造建築では、鉄筋コンクリート造、鉄骨造との混構造も選択肢として挙げられ、木造以外の知識も必要となってくる。

中層大規模木造建築の普及には、これまで大規模建築を担ってきた設計者・施工者と、木造住宅を中心とする木造建築を担ってきた設計者・施工者の双方に対して、それぞれが必要とする技術情報を整備する必要があるが、本データ集では、まず、前者を主な対象として、鉄筋コンクリート造や鉄骨造と類似の仕組みの

設計技術情報を提供することを目指している。

**すぐに使える設計データの提供**

現在の建築確認申請の運用においては、解析だけによる検証が敬遠されがちで、参考値ながら実験的検証を要求される場合が多く、大きな負担となっている。これを軽減するためには、汎用性のある仕様に対しては、誰もが利用できるよう共通の情報を整備しておくことが一助となる。

そこで本データ集では、潜在ニーズが高いと思われる「事務所」や「商業施設」の用途・規模を対象とした中層大規模木造建築物を想定し、構造設計のポイントとなる、柱脚接合部、柱梁接合部、耐力壁、床等の汎用性のある仕様について構造要素の実証実験を行い、構造設計用データを一揃い作成した。具体的には、適用範囲を明らかにし、理論式・計算式、提案モデル、特性値、荷重変形、破壊性状等を示すとともに、使用材料とその入手方法、最新の詳細情報についての問い合わせ先等についても示している。

なお、実証実験で得られたデータを実際の構造設計に活かすためには、通常の研究とは異なる視点での情報の整理や見せ方が必要となる。そこで、これらの実験を行うに当たっては、設計者にとって何が重要で必要な情報なのかについて、計画段階から実験実施、結果取りまとめの段階に至るまで、材料供給者・有識者の間で常に議論を行いながら、認識を共有化し整理を進めた。

**今後のデータの蓄積について**

木造建築の構法は様々にあり、全てを網羅することはできないため、本データ集に掲載している構造設計用データは限られたものである。しかし、本データ集の内容を設計者が必要とするデータのプロトタイプとして捉えると、今後の研究・開発の中で、このプロトタイプにそって情報を整理し提供することによって、データの種類と量をより充実させていくことができる。

一部の事業や関係者ができることには限界があるが、多くの設計者や開発者が自発的にデータを充実させることが可能な仕組みを構築することによって、将来的には多くのデータが蓄積されることにつながる。本データ集がその一助となれば幸いである。



## 1.2　本データ集のデータの前提条件

**想定する建物イメージ**

本データ集で想定している建物は、体育館やドームといった特殊な建築物ではなく、鉄骨造や鉄筋コンクリート造でごく一般的に建てられている２～３階建ての事務所や商業施設である。このような建物では長大スパンの大空間が求められず、木造の設計経験が少ない設計者でも取り組みやすい上に、潜在ニーズが高いと考えられるためである。

具体的な建物イメージとしては、延べ面積 1000m$^2$ 程度の規模を想定している。4 階建て以上では耐火建築物であることが求められるため、需要と実現性を加味して、準耐火建築物とすることができる３階建て以下を対象とする。平面モジュールは 1200mm を想定し、学校や事務所ビルとして使用されることを考えると、スパンは 6000mm（1200 × 5）、7200mm（1200 × 6）、8400mm（1200 × 7）程度となる。また、接合部や骨組み等は、誰もが利用できるオープンな部材を用いたものとしている。

図 1.2-1　想定する構法のイメージ

**構造計算の流れを意識したデータ整備の想定**

構造計算は、汎用構造解析ソフトによる３次元解析モデル（**図 1.2-2**）を用いることを前提としている。構造計算の流れは、使用材料の許容応力度を設定した上で材料特性（弾性係数（E）、等価弾性係数（K）、せん断弾性係数（G）、許容応力度（F））を適切に評価し、対象建物のモデル化を行い、外力を加え応力・変形・断面算定を行うというものである（**表 1.2-1**）。

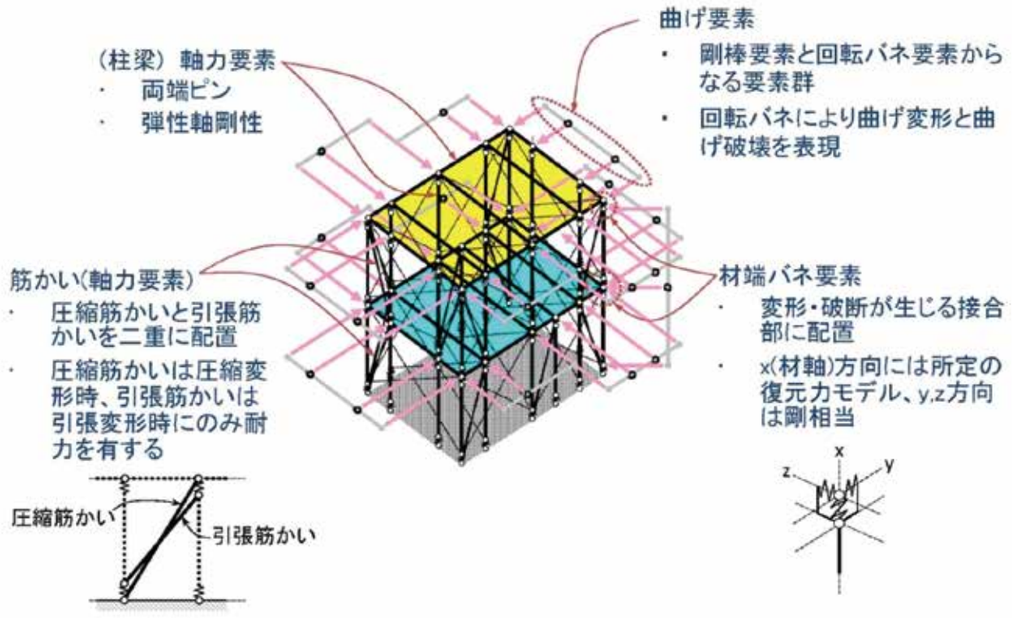



図 1.2-2　3 次元立体解析モデル（仮）



表 1.2-1　構造計算の流れとデータ情報

| 構造計算の流れ | データ情報 |
|---|---|
| 材料特性の評価 | 長期許容応力、短期許容応力（地震、風、積雪）<br>長期許容耐力、短期許容耐力（地震、風、積雪） |
| モデル化 | 線材要素、バネ要素、等価置換<br>包絡線、履歴特性（バイリニア、トリリニア、マルチリニア、・・・）<br>荷重条件　引張抵抗、せん断抵抗、曲げ抵抗<br>集中荷重、等分布荷重 |
| 応力、変形<br>断面算定 | 降伏荷重、最大耐力、終局耐力<br>降伏時変形、最大耐力時変形、終局変形 |

構造計算に当たっては、材料特性の情報が必要であることと、各部材を線材や接合部バネに置換して各要素（**図 1.2-2** 参照）の構造特性を適切に設定する必要がある。適切な解析モデルが作成できれば、許容応力度計算の他、限界耐力計算、時刻歴応答解析にも対応することができる。

そこで、このような構造計算の流れ・３次元立体解析モデルを意識しながら、必要なデータを本データ集に整理した（**表 1.2-2**）。

表 1.2-2　本データ集に整理したデータ

| | | 材料特性 |
|---|---|---|
| 材料 | 集成材、LVL、合板 | E、G、F |
| 接合具 | 釘、ねじ、ラグスクリュー、ボルト、・・・ | K、F |
| 接合部 | 柱－基礎、柱－梁、ブレース端部 | K、F |
| 組立部材 | 合板耐力壁、合板床、合わせ梁、ストレストスキンパネル | K、F |

# 2. 本データ集の構成と使い方

## 2.1 「3. データ」の構成

本データ集では、事務所や商業施設の用途・規模を対象とした中層大規模木造建築物を想定し、構造関係の実証実験データをすぐに設計に使える形で**「3. データ」**の章に整備した。

**「3. データ」**は、**「3.1 木質材料」**と**「3.2 部位データ」**の大きく２つの節に分かれている。構成を**図 2.1-1**に示す。

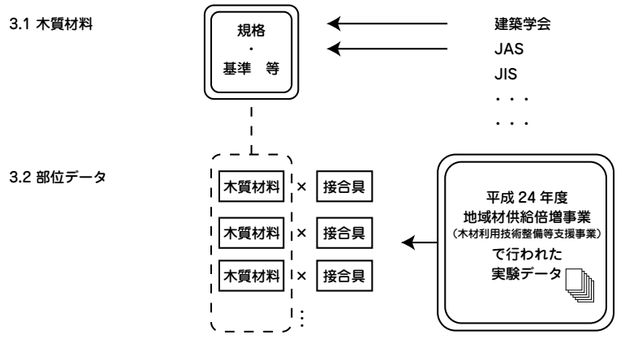



図 2.1-1「3. データ」の構成

**「3.1 木質材料」**

本データ集で対象とした木質材料（構造用集成材、単板積層材（LVL）、構造用合板等）について、その規格や基準値の根拠を解説し、強度データ等をまとめて掲載している。現在の森林資源の実情に合った部材の強度等級や、想定する中層大規模木造建築物において必要とされ、かつ、現状の生産設備で対応可能な部材寸法についても示している。

**「3.2 部位データ」**

本データ集作成に当たって実施した実証実験で得られた個別の構造設計用データを掲載している。これは、実証実験で得られた結果のエッセンスを、設計者にとって使いやすい形に整理して編集したものである。

大きく接合具・接合部・壁・床に分かれている。これらの部位にはいくつかの仕様が存在し、各仕様は**①接合具・部材の解説**、**②データシート**、**③データの解説**の３つのシートから構成されている（**図 2.1-2**）。現在の仕様の一覧を**表 2.1-1** に示す。①～③には以下のような内容が示されている。

**①接合具・部材の解説**

対象とする接合具や部材についての解説である。使用部位や工法を説明し、寸法・樹種違いなどの場合の対応方法についても掲載している。

**②データシート**

今回実験を行った個々のデータについて、姿図・寸法図、適用条件、概要、接合具、問い合わせ先、理論式、計算式、モデル化、特性値、荷重変形、破壊性状のデータを掲載している。同仕様の接合具や接合部で、構造体の断面寸法が異なる場合や樹種が異なる場合等はデータシートを都度用意している。そのため各データシートで適用条件、概要等の項目の記述が重複していることもあるが、各データシート内で必要な情報が完結しているように、敢えてそのような記述方法を採っている。また、シートには載せきれない詳細な元データについては、連絡先や問い合わせ先 URL などによって最新情報の在処を示しているので、そちらもぜひ参照していただきたい。

データシートの見方については **2.2** を参照のこと。

**③データの解説**

構造システム、解析方法、施工に関する注意点、破壊性状などの②データシートだけでは伝えきれない部分を文章で解説している。

なお、先述したように本データ集は今後も追加実験や情報提供等によって、種類や量を充実させていく予定である。

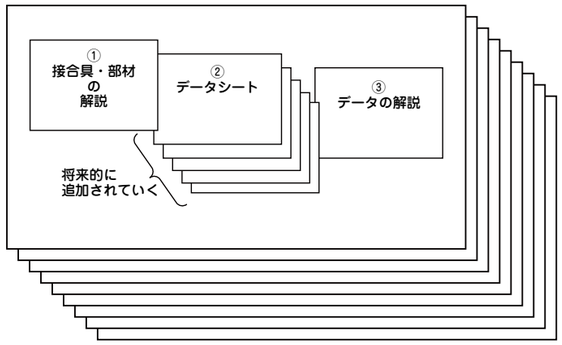



図 2.1-2 「3.2 部位データ」の構成

表 2.1-1「ロ . 仕様の類似する実験データとその解説」のセットの一覧

| 仮番号 | INDEX | 仕様等 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 木質材料 | 接合具 | その他 |
| 1 | 接合具 | ラグスクリューボルト（LSB） | 集成材・LVL | LSB | |
| 2 | | 構造用ビス | 集成材 | ビス | |
| 3 | | 木栓（シラカシ） | 集成材 | 木栓 | |
| 4 | | 接着剤併用ビス | LVL | ビス | |
| 5 | 接合部 | LSB 柱脚接合 | 集成材 | LSB | |
| 6 | | LSB 柱梁接合 | 集成材 | LSB | |
| 7 | | 合わせ柱梁接合 | 集成材 | | |
| 8 | | CLS 十字接合 | LVL | | |
| 9 | | ブレース端部 | 集成材 | | |
| 10 | 壁 | 面材耐力壁 | 合板 | | |
| 11 | | ブレース耐力壁 | 集成材 | | |
| 12 | | LSB 厚板耐力壁 | LVL | | |
| 13 | 床 | 面材床 | 合板 | | |
| 14 | | ストレストスキンパネル床 | LVL | | 実大曲げ実験 |
| 15 | | | LVL | | クリープ実験 |

※ LSB とはラグスクリューボルト（Lugscrewbolt）の略称である。

※ CLS とは Cross-Lapped-Screwed の略称であり、LVL を接着ビス止めした木質ラーメン構法をいう。



## 2.2 「データシート」の見方

### 2.2.1 「データシート」リスト（pp.28 〜 30）

**3.2 部位データ**では**データシート**（**図 2.1-2** 内の②参照）を多数掲載している。そのリスト（**図 2.2.1-1**）を **3.2 部位データ**の先頭に掲載している。最右列に掲載頁を記しており、目次として御利用いただける。

データシートは、構造体の断面寸法や樹種が異なるだけでほぼ同じ形式の整理となっており見分けが付きにくい。そこで、それぞれのデータシートの違いが分かるように、「INDEX」「仕様」「母材の種類」「樹種」「強度」「寸法」「タイプ等」の列で区分している。なお、違いを際立たせるための表示上の工夫として、前後の行で内容が異なる場合に交互に網掛け表示を行っている。

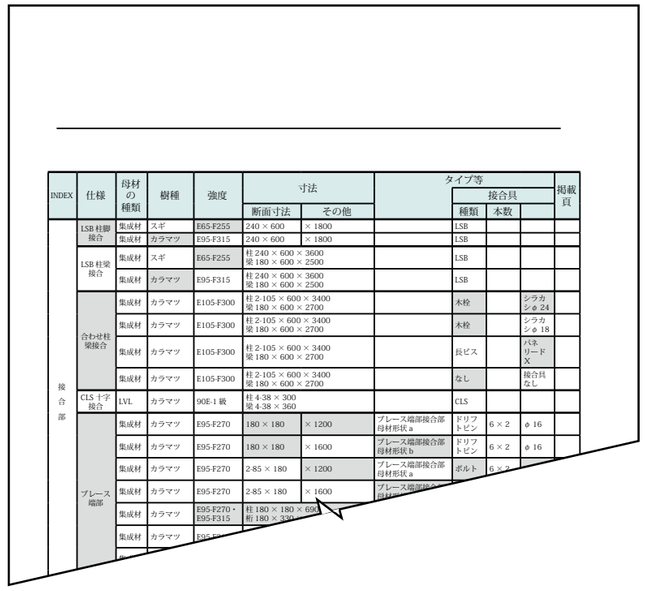
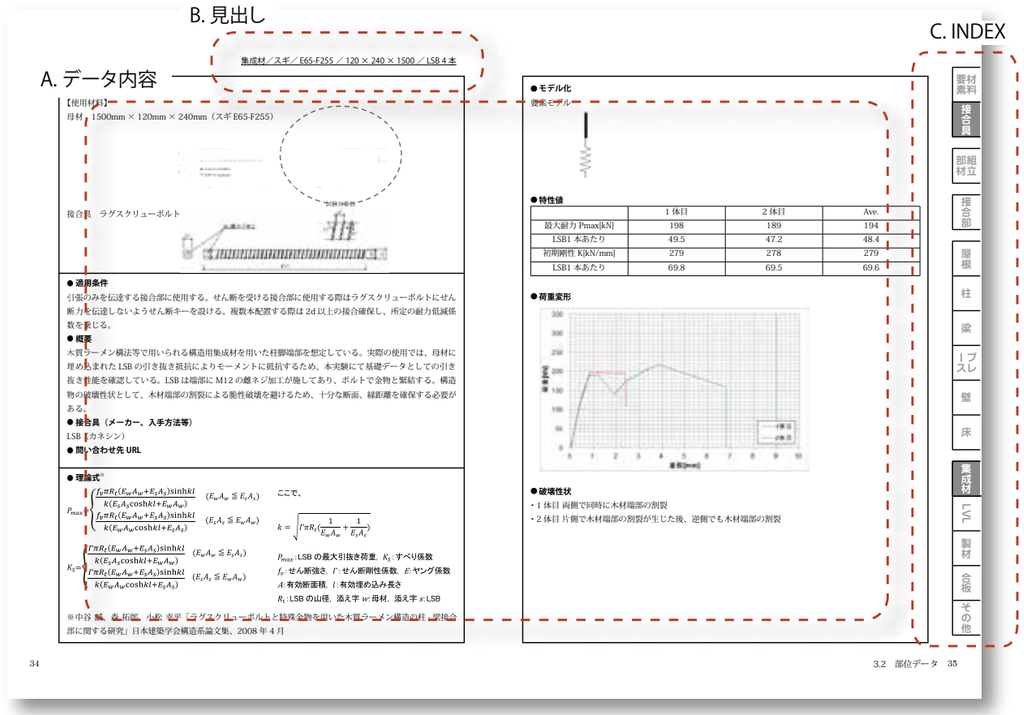



図 2.2.1-1　データシートリスト

## 2.2.2　データシート（図 2.1-2 内の②参照）

データシートの誌面イメージを**図 2.2.2-1** に示す。**「A. データ内容」「B. 見出し」「C. INDEX」**の３つの要素で構成されている。それぞれの要素について記す。




| | 1 体目 | 2 体目 | Ave. |
|---|---|---|---|
| 最大耐力 Pmax[kN] | 198 | 189 | 194 |
| LSB1 本あたり | 49.5 | 47.2 | 48.4 |
| 初期剛性 K[kN/mm] | 279 | 278 | 279 |
| LSB1 本あたり | 69.8 | 69.5 | 69.6 |



図 2.2.2-1　データシートの誌面イメージ

**「A. データ内容」について**（図 2.2.2-1）

姿図・寸法、適用条件、概要、接合具、問い合わせ先、理論式、計算式、モデル化、特性値、荷重変形、破壊性状を示している。

情報がない場合は「—」と示している。

**「B. 見出し」について**（図 2.2.2-1）

見出しには母材（構造体）の種類 / 樹種 / 強度 / 寸法 / タイプ等の順にスラッシュを挟んで仕様の情報を羅列している。データシートの判別のしやすさによって「タイプ等」の記述があるものと無いものがある。

**「C. INDEX」について（図 2.2.2-1）**

設計者が検索する場合に、利用する INDEX を設けている。INDEX は**「データの区分」「部位」「木質材料」**の３つの要素で構成されている（**図 2.2.2-2**）。例えば、柱と梁の接合部で、母材（構造体）の種類を集成材とした場合のデータを検索したい場合には、「データの区分」の「接合部」、「部位」の「柱」と「梁」、「木質材料」の「集成材」が網掛けされているシートを選択する。

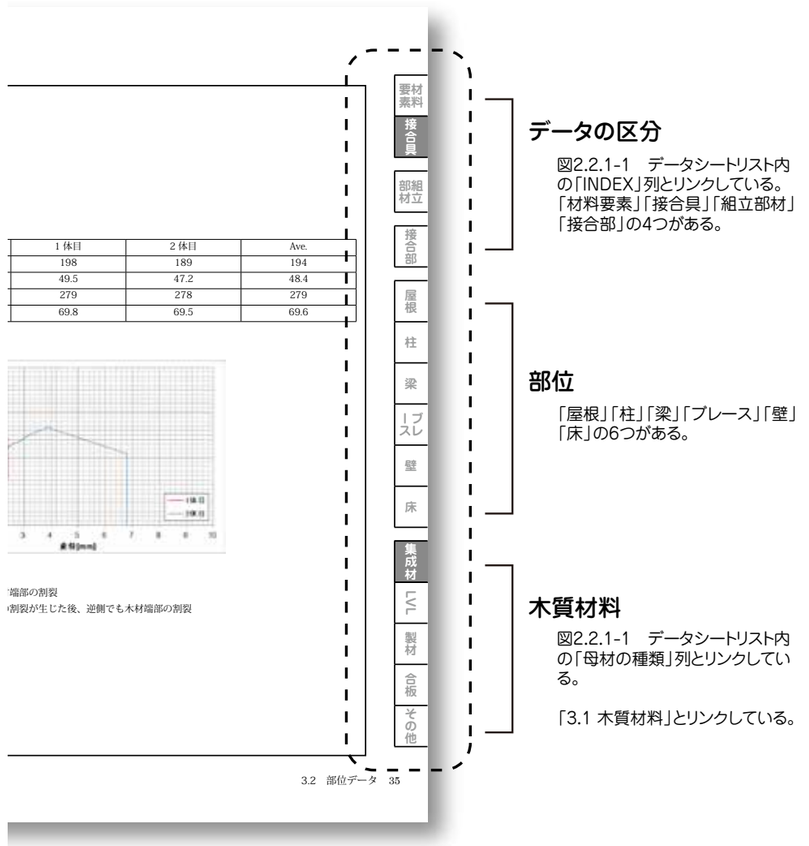



図 2.2.2-2「C. INDEX」の構成

### 2.2.3　使用シーンと注意事項

**1. はじめに**に記したように、本データ集は汎用構造解析ソフトによる３次元解析モデルでの活用を想定し、構造計算に必要なデータを整理した。このデータは設計毎に必要なデータをデータシートを部分的に抜き出して使用することを想定しており、なるべくそのページやシート内で情報が完結するように作成している。そのため、各シートには重複する内容の部分が存在する。

なお、今後のデータ整備にて加除によりページ数が変更する可能性がある。データシートを抜き出して使用し、本データ集に戻って再度確認を行う場合には、ページ番号で判別するのではなく、**図 2.2.2-1** の「B 見出し」部分で確認するなど注意していただきたい。



# 3.　データ

本章は、「3.1 木質材料」「3.2 部位データ」の２つの節に分かれている。「3.2 部位データ」の情報を中心として、それに使用されている木質材料のデータを参照できるように構成している。

## 3.1　木質材料

ここでは、本データ集で対象とした木質材料（構造用集成材、単板積層材（LVL）、構造用合板等）を中心に、その規格や基準値の根拠を解説し、強度データをまとめて掲載している。現在の森林資源の実情に合った部材の強度等級や、想定する中層大規模木造建築物において必要とされ、かつ、現状の生産設備に対応した部材寸法についても示している。

本データ集の**「3.2 部位データ」**で使用している木質材料は、**表 3.1-1** のとおりである。それぞれの木質材料の規格や基準については、**3.1.1** 以降に記す。

表 3.1-1　本データ集で使用している木質材料

| 種　類 | 樹　種 | 強度・等級 | その他 | 入手の容易性（比較的入手しやすい木質材料を○、入手しにくいものを×） |
|---|---|---|---|---|
| 構造用集成材 | カラマツ | E95-F315 | 同一等級構成 | ○ |
| 構造用集成材 | スギ | E65-F255 | 同一等級構成 | ○ |
| 構造用集成材 | スギ | E55-F225 | 同一等級構成 | ○ |
| 構造用集成材 | カラマツ | E105-F300 | 対象異等級構成 | ○ |
| 構造用集成材 | カラマツ | E95-F270 | 対象異等級構成 | ○ |
| 構造用単板積層材（LVL） | カラマツ | 120E-1 級 | 50V-43H | ○ |
| 構造用単板積層材（LVL） | カラマツ | 90E-1 級 | 45V-38H | ○ |
| 構造用単板積層材（LVL） | スギ | 80E-1 級 | 40V-34H | × |
| 構造用単板積層材（LVL） | スギ | 60E-1 級 | 40V-34H | × |
| 構造用単板積層材（LVL） | スギ | 60E-1 級 | 35V-30H | ○ |
| 構造用合板 | スギ | t24　特類２級 | | ○ |
| 構造用合板 | スギ | t28　特類２級 | | ○ |
| 構造用合板 | カラマツ・スギ複合 | t28　特類２級 | | ○ |
| 構造用合板 | カラマツ | t28　特類２級 | | ○ |

### 3.1.1　構造用集成材

**JAS、告示、学会規準で定められていること**

木質材料の規格や基準値については、日本農林規格（JAS）、建築基準法関係告示、日本建築学会規準などに渡って定められており、木造建築物の設計における理解のハードルの 1 つとなっている可能性がある。それぞれに何か定められ、どのような関係になっているかを整理する。

構造用集成材は「集成材の日本農林規格（平成 19 年 9 月 25 日農林水産省告示第 1152 号、一部改正平成 24 年 6 月 21 日農林水産省告示第 1587 号）」によって、その品質や表示事項について規格化されている。ラミナ（ひき板）の品質基準は、目視等級区分によるものと等級区分機による機械等級区分・MSR 区分の 3 つに区分されている。

本データ集で使用している対称異等級構成集成材と同一等級構成集成材については、樹種にかかわりなく、ヤング係数（E）、曲げ強度（F）及びひき板の積層数に基づいて、その強度等級が細区分されている（E-F 表示）。強度関係の数値としては、曲げ性能（曲げヤング係数及び曲げ強さ）のみが強度等級毎に基準として示されている。

建築基準法関係の告示では、平成 13 年国土交通省告示第 1024 号（最終改正：平成 20 年 8 月 11 日国土交通省告示第 969 号）において、許容応力度の算定式や材料強度が法律上に定められている。対称異等級構成集成材、特定対称異等級構成集成材及び非対称異等級構成集成材の場合は、圧縮、引張り及び積層方向と幅方向の曲げ基準強度が JAS の強度等級毎に数値が定められ、同一等級構成集成材の場合は、圧縮、引張り及び曲げの基準強度が JAS の強度等級毎に定められている。せん断の基準強度はラミナの樹種毎に積層方向と幅方向別に定められている。又、めりこみに対する基準強度は樹種毎に数値が定められている。

以上の各基準強度のうち集成材の積層方向の曲げ基準強度については、集成材の厚さ方向の辺長（長辺）に対応して、集成材の日本農林規格に規定する寸法調整係数を乗ずる必要がある。対称異等級構成集成材、特定対称異等級構成集成材及び非対称異等級構成集成材の寸法調整係数を**表 3.1.1-1** に、同一等級構成集成材の寸法調整係数を**表 3.1.1-2** に示す。許容応力度については、同告示にこれらの基準強度を用いた算定式が定められている。

実際の設計においては、上記の告示で定められた数値以外にも必要な特性値が存在し、それらは日本建築学会の『木質構造設計規準・同解説－許容応力度・許容耐力設計法－』に示されている。対称異等級構成集成材と同一等級構成集成材の場合、圧縮、引張り及び曲げの基準材料強度、基準許容応力度及び基準弾性係数が JAS の強度等級毎に示されているほか、せん断に対する特性値として基準材料強度、基準許容応力度及び基準弾性係数が樹種毎に、材の方向に応じて示されている。さらに、めりこみに対しては基準材料強度と基準許容応力度が樹種毎に示され、これらは部分圧縮（材の中間部と材端の別）と全面圧縮の別に応じて細かく分かれている。

表 3.1.1-1 異等級構成集成材等の寸法調整係数

| 試料集成材、試験片又はモデル試験体の厚さ方向の辺長（mm） | | 係　数 |
|---|---|---|
| | 150 以下 | 1.08 |
| 150 超 | 200 以下 | 1.05 |
| 200 超 | 250 以下 | 1.02 |
| 250 超 | 300 以下 | 1.00 |
| 300 超 | 450 以下 | 0.96 |
| 450 超 | 600 以下 | 0.93 |
| 600 超 | 750 以下 | 0.91 |
| 750 超 | 900 以下 | 0.89 |
| 900 超 | 1,050 以下 | 0.87 |
| 1,050 超 | 1,200 以下 | 0.86 |
| 1,200 超 | 1,350 以下 | 0.85 |
| 1,350 超 | 1,500 以下 | 0.84 |
| 1,500 超 | 1,650 以下 | 0.83 |
| 1,650 超 | 1,800 以下 | 0.82 |
| 1,800 超 | | 0.80 |

表 3.1.1-2 同一等級構成集成材の寸法調整係数

| 試料集成材、試験片又はモデル試験体の厚さ方向の辺長（mm） | | 係　数 |
|---|---|---|
| | 150 以下 | 0.96 |
| 150 超 | 200 以下 | 0.93 |
| 200 超 | 250 以下 | 0.90 |
| 250 超 | 300 以下 | 0.89 |
| 300 超 | | 0.85 |

**本データ集で使用している材料の強度データ**

本データ集で使用している構造用集成材について、告示第 1024 号と日本建築学会規準に定められている数値をまとめて示す。対称異等級構成集成材については**表 3.1.1-3** に、同一等級構成集成材については**表 3.1.1-4** に掲載する。

表 3.1.1-3　対称異等級構成集成材の強度データ

※告示第 1024 号（最終改正平成 20 年 8 月 11 日）が根拠／積雪時の値は除く

| | 種類 | | | | 対象異等級構成 | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 強度等級 | | | | E65-F225 | E85-F255 | E95-F270 | E105-F300 | |
| | 樹種 | | | | スギ* | トドマツ | ヒノキ | カラマツ* | |
| 告示第 1024 号 | 材料強度 N/mm² | Fc | | | 16.7 | 19.5 | 21.7 | 23.2 | Fbx-x は、左欄の数値に厚さ方向の辺長が対応する JAS の寸法調整係数(表 3.1.1-1）を乗じたものとする。 |
| | | Ft | | | 14.6 | 17.0 | 18.9 | 20.2 | |
| | | Fbx-x | | | 22.0 | 25.5 | 27.0 | 30.0 | |
| | | Fby-y | | | 15.0 | 18.0 | 20.4 | 21.6 | |
| | | めり込み | | | 6.0 | 6.0 | 7.8 | 7.8 | 樹種で決定 |
| | | せん断 | Fvx（積層方向） | | 2.7 | 3.0 | 3.6 | 3.6 | 樹種で決定 |
| | | | Fvy（幅方向） | | 2.1 | 2.4 | 3.0 | 3.0 | |
| 学会規準（参考） | 基準許容応力度 N/mm² | 繊維と平行 | f c | | 5.6 | 6.4 | 7.2 | 7.6 | fb は、次式の寸法調整係数 $K_Z$ を乗じたものとする。($h$: せい、$h$ が 300mm 以下は 1.0) $k_z = \left(h/300\right)^{1/9}$ |
| | | | f t | | 4.8 | 5.6 | 6.2 | 6.6 | |
| | | | f b x-x | | 7.4 | 8.4 | 9.0 | 9.8 | |
| | | | f by-y | | 5.0 | 6.0 | 6.8 | 7.2 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み | 材中間部 | 2.0 | 2.2 | 2.7 | 2.7 | 樹種で決定 |
| | | | | 材端 | 1.6 | 1.7 | 2.2 | 2.2 | |
| | | | 全面圧縮 | | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.0 | |
| | | せん断 | Fvx（積層方向） | | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 樹種で決定 |
| | | | Fvy（幅方向） | | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.0 | |
| | 長期許容応力度 N/mm² | 繊維と平行 | f c | | 6.2 | 7.0 | 7.9 | 8.4 | |
| | | | f t | | 5.3 | 6.2 | 6.8 | 7.3 | |
| | | | f b | | 8.1 | 9.2 | 9.9 | 10.8 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み | 材中間部 | 2.2 | 2.4 | 3.0 | 3.0 | 樹種で決定 |
| | | | | 材端 | 1.8 | 1.9 | 2.4 | 2.4 | |
| | | | 全面圧縮 | | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.1 | |
| | | せん断 | Fvx（積層方向） | | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.3 | |
| | | | Fvy（幅方向） | | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.1 | |
| | 短期許容応力度 N/mm² | 繊維と平行 | f c | | 11.2 | 12.8 | 14.4 | 15.2 | |
| | | | f t | | 9.6 | 11.2 | 12.4 | 13.2 | |
| | | | f b | | 14.8 | 16.8 | 18.0 | 19.6 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み | 材中間部 | 4.0 | 4.4 | 5.4 | 5.4 | 樹種で決定 |
| | | | | 材端 | 3.2 | 3.4 | 4.4 | 4.4 | |
| | | | 全面圧縮 | | 1.4 | 1.6 | 2.0 | 2.0 | |
| | | せん断 | Fvx（積層方向） | | 1.8 | 2.0 | 2.4 | 2.4 | |
| | | | Fvy（幅方向） | | 1.4 | 1.6 | 2.0 | 2.0 | |
| | 基準弾性係数 kN/mm² | E(c、t)0 | | | 6.0 | 7.5 | 8.5 | 9.5 | |
| | | E(c、t)0.05 | | | 5.0 | 6.5 | 7.0 | 8.0 | |
| | | E(bx-x)0 | | | 6.5 | 8.5 | 9.5 | 10.5 | |
| | | E(bx-x)0.05 | | | 5.5 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | |
| | | E(by-y)0 | | | 6.0 | 7.5 | 8.5 | 9.5 | |
| | | E(by-y)0.05 | | | 5.0 | 6.5 | 7.0 | 8.0 | |
| | | せん断 | | | 0.43 | 0.57 | 0.63 | 0.70 | E0 の 1/15 |
| | 材料強度 N/mm² | 繊維と平行 | Fc | | 16.8 | 19.2 | 21.6 | 22.8 | 一部の値が告示第 1024 号と異なる |
| | | | Ft | | 14.4 | 16.8 | 18.6 | 19.8 | |
| | | | Fbx | | 22.2 | 25.2 | 27.0 | 29.4 | |
| | | | Fby | | 15.0 | 18.0 | 20.4 | 21.6 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み | 材中間部 | 6.0 | 6.6 | 8.1 | 8.1 | 樹種で決定 |
| | | | | 材端 | 4.8 | 5.1 | 6.6 | 6.6 | |
| | | | 全面圧縮 | | 2.1 | 2.4 | 3.0 | 3.0 | |
| | | せん断 | F s x-x | | 2.7 | 3.0 | 3.6 | 3.6 | 告示第 1024 号と同じ値 |
| | | | F s y-y | | 2.1 | 2.4 | 3.0 | 3.0 | 樹種で決定 |

※湿潤状態のめりこみの許容応力度は、70％の値とする。
＊本データ集で使用している材料

表 3.1.1-4　同一等級構成集成材の強度データ

※告示第 1024 号（最終改正平成 20 年 8 月 11 日）が根拠／積雪時の値は除く

| | 種類 | | | 同一等級構成 | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 強度等級 | | | E65-F255 | E85-F300 | E95-F315 | E95-F315 | |
| | 樹種 | | | スギ* | トドマツ | ヒノキ | カラマツ* | |
| 告示第 1024 号 | 材料強度 N/mm² | 圧縮 | Fc | 20.6 | 24.3 | 26.0 | 26.0 | Fb は、左欄の数値に厚さ方向の辺長が対応する JAS の寸法調整係数（表 3.1.1-2）を乗じたものとする。 |
| | | 引張 | Ft | 18.0 | 21.2 | 22.7 | 22.7 | |
| | | 曲げ | Fb | 25.5 | 30.0 | 31.5 | 31.5 | |
| | | めり込み | | 6.0 | 6.0 | 7.8 | 7.8 | 樹種で決定 |
| | | せん断 | Fvx（積層方向） | 2.7 | 3.0 | 3.6 | 3.6 | 樹種で決定 |
| | | | Fvy（幅方向） | 2.1 | 2.4 | 3.0 | 3.0 | |
| 学会規準（参考） | 基準許容応力度 N/mm² | 繊維と平行 | f c | 6.8 | 8.0 | 8.6 | 8.6 | fb は、次式の寸法調整係数 $K_z$ を乗じたものとする。（$h$：せい、$h$ が 300㎜以下は 1.0）$k_z=\left(h/300\right)^{1/9}$ |
| | | | f t | 6.0 | 7.0 | 7.6 | 7.6 | |
| | | | f b | 8.4 | 9.7 | 10.4 | 10.4 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み 材中間部 | 2.0 | 2.2 | 2.7 | 2.7 | 樹種で決定 |
| | | | 部分めり込み 材端 | 1.6 | 1.7 | 2.2 | 2.2 | |
| | | | 全面圧縮 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.0 | |
| | | せん断 | Fvx（積層方向） | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 樹種で決定 |
| | | | Fvy（幅方向） | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.0 | |
| | 長期許容応力度 N/mm² | 繊維と平行 | f c | 7.5 | 8.8 | 9.5 | 9.5 | |
| | | | f t | 6.6 | 7.7 | 8.4 | 8.4 | |
| | | | f b | 9.2 | 10.7 | 11.4 | 11.4 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み 材中間部 | 2.2 | 2.4 | 3.0 | 3.0 | 樹種で決定 |
| | | | 部分めり込み 材端 | 1.8 | 1.9 | 2.4 | 2.4 | |
| | | | 全面圧縮 | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.1 | |
| | | せん断 | Fvx（積層方向） | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.3 | |
| | | | Fvy（幅方向） | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.1 | |
| | 短期許容応力度 N/mm² | 繊維と平行 | f c | 13.6 | 16.0 | 17.2 | 17.2 | |
| | | | f t | 12.0 | 14.0 | 15.2 | 15.2 | |
| | | | f b | 16.8 | 19.4 | 20.8 | 20.8 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み 材中間部 | 4.0 | 4.4 | 5.4 | 5.4 | 樹種で決定 |
| | | | 部分めり込み 材端 | 3.2 | 3.4 | 4.4 | 4.4 | |
| | | | 全面圧縮 | 1.4 | 1.6 | 2.0 | 2.0 | |
| | | せん断 | Fvx（積層方向） | 1.8 | 2.0 | 2.4 | 2.4 | |
| | | | Fvy（幅方向） | 1.4 | 1.6 | 2.0 | 2.0 | |
| | 基準弾性係数 kN/mm² | E(c、t、b)0 | | 6.5 | 8.5 | 9.5 | 9.5 | |
| | | E(c、t、b)0.05 | | 5.5 | 7.0 | 8.0 | 8.0 | |
| | | せん断 | | 0.43 | 0.57 | 0.63 | 0.63 | E0 の 1/15 |
| | 材料強度 N/mm² | 繊維と平行 | Fc | 20.4 | 24.0 | 25.8 | 25.8 | 一部の値が告示第 1024 号と異なる |
| | | | Ft | 18.0 | 21.0 | 22.8 | 22.8 | |
| | | | Fb | 25.2 | 29.4 | 31.2 | 31.2 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み 材中間部 | 6.0 | 6.6 | 8.1 | 8.1 | 樹種で決定 |
| | | | 部分めり込み 材端 | 4.8 | 5.1 | 6.6 | 6.6 | |
| | | | 全面圧縮 | 2.1 | 2.4 | 3.0 | 3.0 | |
| | | せん断 | Fvx（積層方向） | 2.7 | 3.0 | 3.6 | 3.6 | 告示第 1024 号と同じ値 樹種で決定 |
| | | | Fvy（幅方向） | 2.1 | 2.4 | 3.0 | 3.0 | |

※湿潤状態のめりこみの許容応力度は、70%の値とする。
＊本データ集で使用している材料

**標準的な強度等級と部材寸法**

木造住宅においては、105mm、120mm 幅という標準部材寸法が存在し、経済的な生産体制が確立されている。木造住宅向けの構造用集成材は、柱用の小断面集成材（同一等級構成集成材）と梁などの横架材に使用される中断面集成材（対称異等級構成集成材）が既製品として流通している。製品サイズは柱用が 105mm 角と 120mm 角、梁用は幅が 105mm、120m、梁せいは 150mm ～ 420mm の製品が流通している。

一方、大規模木造建築においては、ほとんどすべての部材が一品生産の特注品であり、部材設計、接合部設計も個々に対応せざるを得ない状況である。しかしながら、限られた予算の中で魅力的な建築をつくるには、屋根などの部位はコストをかけて魅力的な架構とし、その分通常の部位に用いられる水平・鉛直部材は経済性を重視するなど、コストのメリハリをつけて全体のバランスをとることが必要となってくる。

また、材料性能に頼らずに構造システムによっていかに建物の性能を確保するかは、構造設計者の腕の見せ所でもあるので、現在の森林資源の実情に合った部材を設計で使用していただき、その分、材料供給者は経済的な部材生産システムを構築していくことが理想的である。

現在の国産材資源の状況を考えると、対称異等級構成集成材では

E65-F225（スギ）、E85-F255（トドマツ）、
E95-F270（ヒノキ）、E105-F300、E95-F270（カラマツ）

が、標準的な強度等級となる。同一等級構成集成材では、

E65-F255（スギ）、E85-F300（トドマツ）、
E95-F315（ヒノキ）、E105-F345、E95-F315（カラマツ）

が、標準的な強度等級となる。

また、大規模木造建築では固定荷重・積載荷重が大きくなり、要求される防耐火性能も高くなるため、通常の木造住宅よりも大きな部材断面寸法が必要となってくる。このため

150、180、210、240mm（幅）×　450、600、750、900mm（せい）

といった断面の部材が標準的となる。

国産材ラミナを使用した集成材の部材幅は、原材料のひき板寸法等から単一材の場合には 210mm 程度までが供給しやすいが、幅はぎラミナの使用や二次接着により幅広の部材も供給可能である。集成材の JAS 規格では、同一条件で製造された集成材同士の幅方向の接着やラミナを積層接着した複数の構成要素同士の積層方向の接着も二次接着として認めており、例えば 120mm 幅の集成材を 2 材接着することにより 240mm 幅の製品も生産可能である。大規模木造建築では、部材長の考え方も戸建て住宅用部材とは異なってくる。学校の教室では 7.2 m、8 mといったスパンを架け渡す梁が必要であり、事務所でも 6m 程度は必要となるため、梁部材としては、6 m材、8 m材が必要となってくる。建物の階高も高くなるため、柱部材も 4 m、8 m程度の部材長が必要とされる。

## 3.1.2　構造用単板積層材（LVL）

**JAS、告示、学会規準で定められていること**

木質材料の規格や基準値については、日本農林規格（JAS）、建築基準法関係告示、日本建築学会の規準などに渡って定められており、木造建築物の設計における理解のハードルの 1 つとなっている可能性がある。それぞれに何が定められ、どのような関係になっているかを整理する。

構造用単板積層材は「単板積層材の日本農林規格（平成 20 年 5 月 13 日農林水産省告示第 701 号）」によって、その品質や表示事項について規格化されている。単板の積層数及びたて継ぎの配置に応じて、特級、1 級、2 級の 3 つに区分される。また、接着の程度に応じて、水平せん断性能が 35V-30H から 65V-55H までの 7 段階に区分される。さらに、曲げヤング係数区分として 60E から 180E までの 10 段階に区分され、曲げ性能（曲げヤング係数及び曲げ強さ）の規準が示されている（E- 強度等級表示）。

建築基準法関係の告示では、平成 13 年国土交通省告示第 1024 号（最終改正　平成 20 年 8 月 11 日国土交通省告示第 969 号）において、許容応力度の算定式や材料強度が法律上に定められている。構造用単板積層材の場合、圧縮、引張り及び曲げの基準強度は、JAS の曲げヤング係数区分と等級（特級、1 級、2 級）の組み合わせ毎に、数値が定められている。せん断の規準強度については、JAS の水平せん断性能毎に数値が定められている。

これらの各基準強度のうち積層方向の曲げ基準強度については、単板積層材の厚さ方向の辺長に対応して、単板積層材の日本農林規格に規定する寸法調整係数を乗ずる必要がある（**表 3.1.2-1**）。許容応力度については、同告示にこれらの基準強度を用いた算定式が定められている。

実際の設計においては、上記の告示で定められた数値以外にも必要な特性値が存在し、それらは日本建築学会の『木質構造設計規準・同解説－許容応力度・許容耐力設計法－』に示されている。構造用単板積層材の場合、圧縮、引張り及び曲げの基準材料強度、基準許容応力度及び基準弾性係数が JAS の曲げヤング係数区分と等級（特級、1 級、2 級）毎に示されているほか、せん断に対する特性値として基準材料強度、基準許容応力度及び基準弾性係数が JAS の水平せん断性能毎に、材の方向に応じて示されている。さらに、めりこみに対しては基準材料強度と基準許容応力度が樹種毎に示され、これらは部分圧縮（材の中間部と材端の別）と全面圧縮の別に応じて細かく分かれている。

**本データ集で使用している材料の強度データ**

本データ集で使用している構造用単板積層材について、告示第 1024 号と日本建築学会規準に定められている数値をまとめて示す。カラマツについては**表 3.1.2-2** に、スギについては**表 3.1.2-3** に掲載する。

**標準的な強度等級と部材寸法**

木造住宅においては、105mm、120mm 幅という標準部材寸法が存在し、経済的な生産体制が確立されている。一方、大規模木造建築においては、ほとんどすべての部材が一品生産の特注品であり、部材設計、接合部設計も個々に対応せざるを得ない状況である。しかしながら、限られた予算の中で魅力的な建築をつくるには、屋根などの部位はコストをかけて魅力的な架構とし、その分通常の部位に用いられる水平・鉛直部材は経済性を重視するなど、コストのメリハリをつけて全体のバランスをとることが必要となってくる。また、材料性能に頼らずに構造システムによっていかに建物の性能を確保するかは、構造設計者の腕の見せ所でもあるので、現在の森林資源の実情に合った部材を設計で使用していただき、その分、材料供給者は経済的な部材生産システムを構築していくことが理想的である。

現在の国産材資源の状況を考えると、単板積層材では

60E（スギ）、 120E（カラマツ）

が、標準的な強度等級区分となる。

大規模木造建築では固定荷重・積載荷重が大きくなり、要求される防耐火性能も高くなるため、通常の木造住宅よりも大きな部材断面寸法が必要となってくる。また、大規模木造建築では、部材長の考え方も戸建て住宅用部材とは異なってくる。学校の教室では 7.2m、8m といったスパンを架け渡す梁が必要であり、事務所でも 6m 程度は必要となるため、梁部材としては、6m 材、8m 材が必要となってくる。建物の階高も高くなるため、4m 程度の部材長が必要とされる。このため、

150、180、210、240mm（ 巾 ）　×　450、600、750、900mm（せい）

といった断面の部材が標準的となる。

単板積層材の現在の生産体制では、

1,200（巾）× 30 ～ 150（厚＝せい）× 6,000mm（長さ）

600（巾）× 30 ～ 600（厚＝せい）× 12,000mm（長さ）

が生産可能である。このため、現状では床パネルや壁パネルとしての利用が効率的であるといえる。

表 3.1.2-1　寸法調整係数

| 幅方向（梁せい）の辺長（mm） | | 係　数 |
|---|---|---|
| | 100 以下 | 1.16 |
| 100 超 | 150 以下 | 1.10 |
| 150 超 | 200 以下 | 1.06 |
| 200 超 | 250 以下 | 1.03 |
| 250 超 | 300 以下 | 1.00 |
| 300 超 | 450 以下 | 0.98 |
| 450 超 | 600 以下 | 0.93 |
| 600 超 | 750 以下 | 0.91 |
| 750 超 | 900 以下 | 0.89 |
| 900 超 | 1,050 以下 | 0.87 |
| 1,050 超 | 1,200 以下 | 0.86 |

## 表 3.1.2-2　単板積層材（カラマツ）の強度データ

※告示第 1024 号（最終改正平成 20 年 8 月 11 日）が根拠／積雪時の値は除く

| | 曲げヤング係数区分 | | | | 90E | | | 120E | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 樹種 | | | | カラマツ | | | カラマツ | | | |
| | 等級 | | | | 特級 | 1 級 | 2 級 | 特級 | 1 級 | 2 級 | |
| | 水平せん断性能区分 | | | | 45V-38H | | | 50V-43H | | | |
| 告示第 1024 号 | 材料強度 N/mm² | 圧縮 | Fc | | 23.4 | 22.8 | 21.0 | 31.2 | 30.0 | 27.6 | |
| | | 引張 | Ft | | 17.4 | 15.0 | 12.6 | 23.4 | 19.8 | 16.8 | |
| | | 曲げ | Fb | | 28.8 | 25.2 | 21.0 | 39.0 | 33.0 | 27.6 | |
| | | めり込み | | | 7.8 | | | 7.8 | | | |
| | | せん断 | | | 3.0 | | | 3.0 | | | |
| 学会規準 | 材料強度 N/mm² | 繊維と平行 | Fc | | 23.4 | 22.8 | 21.0 | 31.2 | 30.0 | 27.6 | |
| | | | Ft | | 17.4 | 15.0 | 12.6 | 23.4 | 19.8 | 16.8 | |
| | | | Fb | | 28.8 | 25.2 | 21.0 | 39.0 | 33.0 | 27.6 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み | 材中間部 | 8.1 | | | | | | 樹種で決定 |
| | | | | 材端 | 6.6 | | | | | | |
| | | | 全面圧縮 | | 3.0 | | | | | | |
| | | せん断 | F s x-x | | 3.0 | | | 3.3 | | | 水平せん断性能区分で決定 |
| | | | F s y-y | | 2.4 | | | 2.7 | | | |
| | 基準許容応力度 N/mm² | 繊維と平行 | f c | | 7.8 | 7.6 | 7.0 | 10.4 | 10.0 | 9.2 | |
| | | | f t | | 5.8 | 5.0 | 4.2 | 7.8 | 6.6 | 5.6 | |
| | | | f b | | 9.6 | 8.4 | 7.0 | 13.0 | 11.0 | 9.2 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み | 材中間部 | 2.7 | | | | | | 樹種で決定 |
| | | | | 材端 | 2.2 | | | | | | |
| | | | 全面圧縮 | | 1.0 | | | | | | |
| | | せん断 | F s x-x | | 1.0 | | | 1.1 | | | 水平せん断性能区分で決定 |
| | | | F s y-y | | 0.8 | | | 0.9 | | | |
| | 長期許容応力度 N/mm² | 繊維と平行 | f c | | 8.6 | 8.4 | 7.7 | 11.4 | 11.0 | 10.1 | |
| | | | f t | | 6.4 | 5.5 | 4.6 | 8.6 | 7.3 | 6.2 | |
| | | | f b | | 10.6 | 9.2 | 7.7 | 14.3 | 12.1 | 10.1 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み | 材中間部 | 3.0<br>土台その他に類する横架材は　4.0 | | | | | | 樹種で決定 |
| | | | | 材端 | 2.4<br>土台その他に類する横架材は　3.3 | | | | | | |
| | | | 全面圧縮 | | 1.1<br>土台その他に類する横架材は　1.5 | | | | | | |
| | | せん断 | F s x-x | | 1.1 | | | 1.2 | | | 水平せん断性能区分で決定 |
| | | | F s y-y | | 0.9 | | | 1.0 | | | |
| | 短期許容応力度 N/mm² | 繊維と平行 | f c | | 15.6 | 15.2 | 14.0 | 20.8 | 20.0 | 18.4 | |
| | | | f t | | 11.6 | 10.0 | 8.4 | 15.6 | 13.2 | 11.2 | |
| | | | f b | | 19.2 | 16.8 | 14.0 | 26.0 | 22.0 | 18.4 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み | 材中間部 | 5.4 | | | | | | 樹種で決定 |
| | | | | 材端 | 4.4 | | | | | | |
| | | | 全面圧縮 | | 2.0 | | | | | | |
| | | せん断 | F s x-x | | 2.0 | | | 2.2 | | | 水平せん断性能区分で決定 |
| | | | F s y-y | | 1.6 | | | 1.8 | | | |
| | 基準弾性係数 kN/mm² | E0 | | | 9.0 | | | 12.0 | | | |
| | | Ec0.05 | | | 7.5 | | | 10.5 | | | |
| | | せん断 | | | 0.6 | | | 0.8 | | | E0 の 1/15 |
| JAS（参考） | 曲げ強さ　Mpa または N/mm² | | | | 33.5 | 29.0 | 24.0 | 45.0 | 38.5 | 32.0 | |
| | 水平せん断強さ Mpa または N/mm² | 縦使い | | | 4.5 | | | 5.0 | | | 水平せん断性能区分で決定 |
| | | 平使い | | | 3.8 | | | 4.3 | | | |
| | 曲げヤング係数 Gpa または kN/mm² | 平均値 | | | 9.0 | | | 12.0 | | | |
| | | 最低値 | | | 7.5 | | | 10.5 | | | |

※湿潤状態のめりこみの許容応力度は、70％の値とする。

## 表 3.1.2-3　単板積層材（スギ）の強度データ

※告示第 1024 号（最終改正平成 20 年 8 月 11 日）が根拠／積雪時の値は除く　　※グレーの 2 種類は入手しにくいもの

| | 曲げヤング係数区分 | | | | 60E | | | 60E | | | 80E | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 樹種 | | | | スギ | | | スギ | | | スギ | | | |
| | 等級 | | | | 特級 | 1 級 | 2 級 | 特級 | 1 級 | 2 級 | 特級 | 1 級 | 2 級 | |
| | 水平せん断性能区分 | | | | 35V-30H（標準） | | | 40V-34H | | | 40V-34H | | | |
| 告示第 1024 号 | 材料強度 N/mm² | 圧縮 | Fc | | 15.6 | 15.0 | 13.8 | 15.6 | 15.0 | 13.8 | 21.0 | 19.8 | 18.6 | |
| | | 引張 | Ft | | 12.0 | 10.2 | 8.4 | 12.0 | 10.2 | 8.4 | 15.6 | 13.2 | 11.4 | |
| | | 曲げ | Fb | | 19.8 | 16.8 | 13.8 | 19.8 | 16.8 | 13.8 | 25.8 | 22.2 | 18.6 | |
| | | めり込み | | | 6.0 | | | 6.0 | | | 6.0 | | | |
| | | せん断 | | | 2.4 | | | 2.4 | | | 2.4 | | | |
| 学会規準 | 材料強度 N/mm² | 繊維と平行 | Fc | | 15.6 | 15.0 | 13.8 | 15.6 | 15.0 | 13.8 | 23.4 | 22.8 | 21.0 | |
| | | | Ft | | 12.0 | 10.2 | 8.4 | 12.0 | 10.2 | 8.4 | 17.4 | 15.0 | 12.6 | |
| | | | Fb | | 19.8 | 16.8 | 13.8 | 19.8 | 16.8 | 13.8 | 28.8 | 25.2 | 21.0 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み | 材中間部 | 6.0 | | | | | | | | | 樹種で決定 |
| | | | | 材端 | 4.8 | | | | | | | | | |
| | | | 全面圧縮 | | 2.1 | | | | | | | | | |
| | | せん断 | F s x-x | | 2.4 | | | 2.7 | | | 3.0 | | | 水平せん断性能区分で決定 |
| | | | F s y-y | | 1.8 | | | 2.1 | | | 2.4 | | | |
| | 基準許容応力度 N/mm² | 繊維と平行 | f c | | 5.2 | 5.0 | 4.6 | 5.2 | 5.0 | 4.6 | 7.8 | 7.6 | 7.0 | |
| | | | f t | | 4.0 | 3.4 | 2.8 | 4.0 | 3.4 | 2.8 | 5.8 | 5.0 | 4.2 | |
| | | | f b | | 6.6 | 5.6 | 4.6 | 6.6 | 5.6 | 4.6 | 9.6 | 8.4 | 7.0 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み | 材中間部 | 2.0 | | | | | | | | | 樹種で決定 |
| | | | | 材端 | 1.6 | | | | | | | | | |
| | | | 全面圧縮 | | 0.7 | | | | | | | | | |
| | | せん断 | F s x-x | | 0.8 | | | 0.9 | | | 0.9 | | | 水平せん断性能区分で決定 |
| | | | F s y-y | | 0.6 | | | 0.7 | | | 0.7 | | | |
| | 長期許容応力度 N/mm² | 繊維と平行 | f c | | 5.7 | 5.5 | 5.1 | 5.7 | 5.5 | 5.1 | 8.6 | 8.4 | 7.7 | |
| | | | f t | | 4.4 | 3.7 | 3.1 | 4.4 | 3.7 | 3.1 | 6.4 | 5.5 | 4.6 | |
| | | | f b | | 7.3 | 6.2 | 5.1 | 7.3 | 6.2 | 5.1 | 10.6 | 9.2 | 7.7 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み | 材中間部 | | | | 2.2<br>土台その他に類する横架材は　3.0 | | | | | | 樹種で決定 |
| | | | | 材端 | | | | 1.8<br>土台その他に類する横架材は　2.4 | | | | | | |
| | | | 全面圧縮 | | | | | 0.8<br>土台その他に類する横架材は　1.05 | | | | | | |
| | | せん断 | F s x-x | | 0.9 | | | 1.0 | | | 1.0 | | | 水平せん断性能区分で決定 |
| | | | F s y-y | | 0.7 | | | 0.8 | | | 0.8 | | | |
| | 短期許容応力度 N/mm² | 繊維と平行 | f c | | 10.4 | 10.0 | 9.2 | 10.4 | 10.0 | 9.2 | 15.6 | 15.2 | 14.0 | |
| | | | f t | | 8.0 | 6.8 | 5.6 | 8.0 | 6.8 | 5.6 | 11.6 | 10.0 | 8.4 | |
| | | | f b | | 13.2 | 11.2 | 9.2 | 13.2 | 11.2 | 9.2 | 19.2 | 16.8 | 14.0 | |
| | | 繊維と直交 | 部分めり込み | 材中間部 | 4.0 | | | | | | | | | 樹種で決定 |
| | | | | 材端 | 3.2 | | | | | | | | | |
| | | | 全面圧縮 | | 1.4 | | | | | | | | | |
| | | せん断 | F s x-x | | 1.6 | | | 1.8 | | | 1.8 | | | 水平せん断性能区分で決定 |
| | | | F s y-y | | 1.2 | | | 1.4 | | | 1.4 | | | |
| | 基準弾性係数 kN/mm² | E0 | | | 6.0 | | | 6.0 | | | 9.0 | | | |
| | | Ec0.05 | | | 5.0 | | | 5.0 | | | 7.5 | | | |
| | | せん断 | | | 0.4 | | | 0.4 | | | 0.6 | | | E0 の 1/15 |
| JAS（参考） | 曲げ強さ　Mpa または N/mm 2 | | | | 22.5 | 19.0 | 16.0 | 22.5 | 19.0 | 16.0 | 33.5 | 29.0 | 24.0 | |
| | 水平せん断強さ Mpa または N/mm² | 縦使い | | | 3.5 | | | 4.0 | | | 4.5 | | | 水平せん断性能区分で決定 |
| | | 平使い | | | 3.0 | | | 3.4 | | | 3.8 | | | |
| | 曲げヤング係数 Gpa または kN/mm² | 平均値 | | | 6.0 | | | 6.0 | | | 9.0 | | | |
| | | 最低値 | | | 5.0 | | | 5.0 | | | 7.5 | | | |

※湿潤状態のめりこみの許容応力度は、70％の値とする。

### 3.1.3　構造用合板

**JAS、学会規準で定められていること**

構造用合板は、「合板の日本農林規格（平成 15 年 2 月 27 日農林水産省告示第 233 号、最終改正：平成 20 年 12 月 2 日農林水産省告示第 1751 号）」によって規格化されている。接着の程度に応じて、特類、1 類、2 類に区分されるが、構造用合板では特類又は 1 類の基準に適合することが求められている。強度的性能で 1 級と 2 級の 2 区分に分けられているが、1 級の構造用合板は、構造計算などで設計する構造体や構造部材への利用を想定したもので、元々はラワンなどの南洋材を用いた合板を対象としたもの（等級を記号 A,B,C,D で表すもの）であったが、近年は針葉樹を対象としたもの（等級を記号 E,F で表すもの）も加わっている。1 級では合板の長手方向および短手方向の曲げヤング係数と曲げ強度、および面内せん断強度の規格基準値が定められているが、曲げ性能については、等級を記号 A,B,C,D で表す合板は表示厚さ毎に、記号 E,F で表す合板は強度等級に応じて、方向別に曲げヤング係数と曲げ強さの基準値が定められており、せん断強さは厚さや品質によらず 1 つの基準値が定められている。

一方、2 級の構造用合板は、主として壁や床、屋根の下地材としての利用を想定したもので、表示厚さ毎に合板の長手方向の曲げヤング係数の規格基準値が定められている。

建築基準法の中では、構造用合板は平成 13 年国土交通省告示第 1024 号（最終改正：平成 20 年 8 月 11 日国土交通省告示第 969 号「特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件」）、あるいは建築基準法第 37 条の指定建築材料に位置づけられていないため、法律上の材料強度は存在しない。

しかし、実際の設計において必要な特性値は、日本建築学会の『木質構造設計規準・同解説－許容応力度・許容耐力設計法－』巻末の設計資料に提案されている。1 級の構造用合板（A,B,C,D 表示）の場合、曲げ、引張、圧縮およびせん断の基準許容応力度が厚さと単板の品質に応じて、曲げ、引張、圧縮、せん断に対する基準弾性係数が厚さ毎に示されている。1 級の構造用合板（E,F 表示）の場合、E, F の数値に応じて曲げとせん断の基準許容応力度と基準弾性係数が示されている。2 級の構造用合板の場合は、曲げ及びせん断の基準許容応力度、基準曲げヤング係数、基準せん断弾性係数が厚さ毎に示されている。

許容応力度の誘導に関しては、基準強度特性値を JAS 規格基準値（JAS の試験項目に無いものについては実験あるいは理論から求めた強度）とし、基準許容曲げ応力度と基準許容せん断応力度は等級によらず基準強度特性値の 1/4、基準許容圧縮応力度と基準許容引張応力度は基準強度特性値の 1/3.5 としている。

**本データ集で使用している材料の強度データ**

本データ集で使用している構造用合板（2 級）について、日本建築学会規準と日本農林規格に定められている数値を**表 3.1.3-1** に示す。

**標準的な寸法と等級**

戸建て木造住宅であれば、合板のサイズは 910 × 1820mm や 910 × 2730mm が一般的で、厚さは、壁下地用であれば 9, 12mm、床下地用であれば 15, 24, 28mm、屋根下地であれば 12mm などが一般的である。サイズは最大で 1220mm × 3030mm まで製造可能な工場もあるが、合板のサイズは製造装置に大きく依存するため、必要な寸法の合板が自由に入手できるとは限らない。厚さに関しては比較的自由度が高いが、7.5, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 28mm が一般的な製造厚さである。

構造計算をする建築物であれば 1 級の合板を使う方が望ましいが、南洋材の構造用合板（A,B,C,D 表示）は流通量が減少傾向で、針葉樹材の 1 級の構造用合板（E,F 表示）もそれほど流通していない。よって、一般的に流通している合板は、ほぼ全て針葉樹材を用いた 2 級の構造用合板と考えて良いだろう。1 級の構造用合板を使用したい場合は、流通業者や木材問屋、業界団体事務局（日合連など）などに問い合わせてみることをお勧めする。

これまでは住宅用途が主であったため、2 級の構造用合板が入手できれば十分であったのだが、これからは中層大規模木造の増加に伴って 1 級の構造用合板の需要も高まり、生産・流通量が増えてくることが期待される。

表 3.1.3-1　構造用合板の強度データ

| | 等級 | | | 2 級 | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 樹種 | | | スギ | スギ、カラマツ - スギ複合、カラマツ | |
| | 厚さ | | | 24 | 28 | |
| 学会規準 | 材料強度 N/mm² | 曲げ | 0° | | | 合板は告示に位置づけられていないため、法律上の材料強度は存在しない。 |
| | | | 90° | | | |
| | | せん断 | 面内 | | | |
| | | | 層内 | | | |
| | 基準許容応力度 N/mm² | 曲げ | 0° | 2.2 | | 曲げ 0°は厚さで決定（厚さ 24mm 以上は一定） |
| | | | 90° | 0.8 | | 90°は厚さによらず一定 |
| | | せん断 | 面内 | 0.8 | | 厚さによらず一定 |
| | | | 層内 | 0.4 | | |
| | 長期許容応力度 N/mm² | 曲げ | 0° | | | |
| | | | 90° | | | |
| | | せん断 | 面内 | | | |
| | | | 層内 | | | |
| | 短期許容応力度 N/mm² | 曲げ | 0° | | | |
| | | | 90° | | | |
| | | せん断 | 面内 | | | |
| | | | 層内 | | | |
| | 基準弾性係数 kN/mm² | 曲げヤング係数 | 0° | 3.5 | | 厚さで決定（厚さ 24mm 以上は一定） |
| | | | 90° | 1.4 | | |
| | | せん断 | | 0.4 | | 厚さによらず一定 |
| JAS（参考） | 曲げヤング係数 | GPa または 103N/mm² | | 3.5 | 3.3 | 厚さで決定 |

## 3.2　部位データ

本データは、木質材料と接合具の組み合わせた個別の部位について実証実験を行い得られた構造設計用のデータである。データシートのリストを以下に示す。

本データの見方については **2.2「データシート」**の見方を参照のこと。

「データシート」リスト

| INDEX | 仕様 | 母材の種類 | 樹種 | 強度 | 寸法 | | タイプ等 | | | | 掲載頁 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 断面寸法 | その他 | | 接合具 種類 | 接合具 本数 | 接合具 | |
| 接合具 | ラグスクリュー ボルト（LSB） | 集成材 | スギ | E65-F255 | 120 × 240 | × 1500 | | LSB | 4 本 | | 32 |
| | | 集成材 | スギ | E65-F255 | 150 × 240 | × 1500 | | LSB | 4 本 | | 34 |
| | | 集成材 | スギ | E65-F255 | 190 × 240 | × 1400 | | LSB | 4 本 | | 36 |
| | | 集成材 | スギ | E65-F255 | 200 × 240 | × 1400 | | LSB | 6 本 | | 38 |
| | | 集成材 | カラマツ | E95-F315 | 120 × 240 | × 1500 | | LSB | 4 本 | | 40 |
| | | 集成材 | カラマツ | E95-F315 | 150 × 240 | × 1500 | | LSB | 4 本 | | 42 |
| | | 集成材 | カラマツ | E95-F315 | 190 × 240 | × 1400 | | LSB | 4 本 | | 44 |
| | | 集成材 | カラマツ | E95-F315 | 200 × 240 | × 1400 | | LSB | 6 本 | | 46 |
| | | LVL | カラマツ | 120E-1 級 | 150 × 240 | × 1400 | | LSB | 4 本 | | 48 |
| | | LVL | カラマツ | 120E-1 級 | 120 × 120 | × 1400 | | LSB | 1 本 | | 50 |
| | | LVL | カラマツ | 120E-1 級 | 150 × 150 | × 1400 | | LSB | 2 本 | | 54 |
| | | LVL | カラマツ | 120E-1 級 | 120 × 500 | × 700 | 繊維直行方向 | LSB | | | 58 |
| | 構造用ビス | 集成材 | カラマツ | E105-F300 | 主材 200 × 90 | 側材① 176 × 60、側材 176 × 54 | 主材繊維方向に対する加力方向 0° | 長ビス | | | 66 |
| | | 集成材 | カラマツ | E105-F300 | 主材 200 × 90 | 側材① 176 × 60、側材 176 × 54 | 主材繊維方向に対する加力方向 90° | 長ビス | | | 68 |
| | 木栓（シラカシ） | 集成材 | カラマツ | E105-F300 | 主材 200 × 90 | 側材 200 × 60 | 主材繊維方向に対する加力方向 0° | 木栓 | | φ 24 | 74 |
| | | 集成材 | カラマツ | E105-F300 | 主材 200 × 90 | 側材 200 × 60 | 主材繊維方向に対する加力方向 0° | 木栓 | | φ 18 | 76 |
| | | 集成材 | カラマツ | E105-F300 | 主材 200 × 90 | 側材 200 × 60 | 主材繊維方向に対する加力方向 90° | 木栓 | | φ 24 | 78 |
| | | 集成材 | カラマツ | E105-F300 | 主材 200 × 90 | 側材 200 × 60 | 主材繊維方向に対する加力方向 90° | 木栓 | | φ 18 | 80 |
| | 接着剤併用ビス | LVL | カラマツ | 90E-1 級、120E-1 級 | 主材 105 × 50 | 側材 150 × 38 | ストレストスキンパネル | 接着剤併用ビス | | | 86 |



| INDEX | 仕様 | 母材の種類 | 樹種 | 強度 | 寸法 | | タイプ等 | | | | 掲載頁 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 断面寸法 | その他 | | 接合具 種類 | 接合具 本数 | 接合具 | |
| 接合部 | LSB 柱脚接合 | 集成材 | スギ | E65-F255 | 240 × 600 | × 1800 | | LSB | | | 92 |
| | | 集成材 | カラマツ | E95-F315 | 240 × 600 | × 1800 | | LSB | | | 94 |
| | LSB 柱梁接合 | 集成材 | スギ | E65-F255 | 柱 240 × 600 × 3600<br>梁 180 × 600 × 2500 | | | LSB | | | 100 |
| | | 集成材 | カラマツ | E95-F315 | 柱 240 × 600 × 3600<br>梁 180 × 600 × 2500 | | | LSB | | | 102 |
| | 合わせ柱梁接合 | 集成材 | カラマツ | E105-F300 | 柱 2-105 × 600 × 3400<br>梁 180 × 600 × 2700 | | | 木栓 | | シラカシ φ 24 | 108 |
| | | 集成材 | カラマツ | E105-F300 | 柱 2-105 × 600 × 3400<br>梁 180 × 600 × 2700 | | | 木栓 | | シラカシ φ 18 | 110 |
| | | 集成材 | カラマツ | E105-F300 | 柱 2-105 × 600 × 3400<br>梁 180 × 600 × 2700 | | | 長ビス | | 構造用ビス | 112 |
| | | 集成材 | カラマツ | E105-F300 | 柱 2-105 × 600 × 3400<br>梁 180 × 600 × 2700 | | | なし | | 接合具なし | 114 |
| | CLS 十字接合 | LVL | カラマツ | 90E-1 級 | 柱 4-38 × 300<br>梁 4-38 × 360 | | | CLS | | | 120 |
| | ブレース端部 | 集成材 | カラマツ | E95-F270 | 180 × 180 | × 1200 | ブレース端部接合部 母材形状 a | ドリフトピン | 6 × 2 | φ 16 | 126 |
| | | 集成材 | カラマツ | E95-F270 | 180 × 180 | × 1600 | ブレース端部接合部 母材形状 b | ドリフトピン | 6 × 2 | φ 16 | 128 |
| | | 集成材 | カラマツ | E95-F270 | 2-85 × 180 | × 1200 | ブレース端部接合部 母材形状 a | ボルト | 6 × 2 | M16 | 130 |
| | | 集成材 | カラマツ | E95-F270 | 2-85 × 180 | × 1600 | ブレース端部接合部 母材形状 b | ボルト | 6 × 2 | M16 | 132 |
| | | 集成材 | カラマツ | E95-F270・E95-F315 | 柱 180 × 180 × 690<br>桁 180 × 330 × 1000 | | 柱頭接合部 | ドリフトピン | 4 本 | φ 16 | 134 |
| | | 集成材 | カラマツ | E95-F315 | 180 × 180 | × 910 | 柱脚接合部 | ドリフトピン | 4 本 | φ 16 | 136 |
| | | 集成材 | カラマツ | E95-F270 | 180 × 180 | × 800 | | ドリフトピン | 1 本 | φ 16 | 138 |
| | | 集成材 | カラマツ | E95-F270 | 2-85 × 180 | × 800 | | ボルト | 1 本 | M16 | 140 |
| 壁 | 面材耐力壁 | 合板 | スギ | t24<br>特類 2 級 | 1800 × 3500 | | | 柱脚：LSB、柱頭：HD 金物 | | | 146 |
| | | 合板 | スギ | t28<br>特類 2 級 | 1800 × 3500 | | | 柱脚：LSB、柱頭：HD 金物 | | | 148 |
| | | 合板 | カラマツ | t28<br>特類 2 級 | 1800 × 3500 | | | 柱脚：LSB、柱頭：HD 金物 | | | 150 |
| | ブレース耐力壁 | 集成材 | カラマツ | E95-F270 | ブレース 180 × 180 | 2400 × 3500 | | | | | 156 |
| | | 集成材 | カラマツ | E95-F270 | ブレース 2-85 × 180 | 2400 × 3500 | | | | | 158 |
| | LSB 厚板耐力壁 | LVL | カラマツ | 120E-1 級 | 150 × 1000 × 3000 | | | | | | 164 |

| INDEX | 仕様 | 母材の種類 | 樹種 | 強度 | 寸法 | | タイプ等 | | | | 掲載頁 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 断面寸法 | その他 | | 接合具 種類 | 接合具 本数 | 接合具 | |
| 床 | 面材床 | 合板 | スギ | t24　特類２級 | 3640 × 7280 | | | | | | 172 |
| | | 合板 | スギ | t28　特類２級 | 3640 × 7280 | | | | | | 174 |
| | | 合板 | スギ、カラマツ | t28　特類２級 | 3640 × 7280 | | | | | | 176 |
| | ストレストスキンパネル床 | LVL | スギ | 60E-1 級、80E-1 級 | 1200 × 362 | × 6000 | 実大曲げ C1 上フランジ型 | | | | 182 |
| | | LVL | スギ | 60E-1 級、80E-1 級 | 1200 × 362 | × 9000 | 実大曲げ C1 上フランジ型 | | | | 184 |
| | | LVL | スギ | 60E-1 級、80E-1 級 | 1200 × 364 | × 6000 | 実大曲げ C2 上下フランジ型 | | | | 186 |
| | | LVL | スギ | 60E-1 級、80E-1 級 | 1200 × 364 | × 9000 | 実大曲げ C2 上下フランジ型 | | | | 188 |
| | | LVL | スギ | 60E-1 級、80E-1 級 | 1200 × 362 | × 6000 | 実大曲げ CB1 上フランジ型 ＋接着ビス | | | | 190 |
| | | LVL | スギ | 60E-1 級、80E-1 級 | 1200 × 362 | × 9000 | 実大曲げ CB1 上フランジ型 ＋接着ビス | | | | 192 |
| | | LVL | スギ | 60E-1 級、80E-1 級 | 1200 × 364 | × 6000 | 実大曲げ CB2 上下フランジ型 ＋接着ビス | | | | 194 |
| | | LVL | スギ | 60E-1 級、80E-1 級 | 1200 × 364 | × 9000 | 実大曲げ CB2 上下フランジ型 ＋接着ビス | | | | 196 |
| | | LVL | カラマツ | 90E-1 級、120E-1 級 | 1200 × 362 | × 6000 | 実大曲げ L1 上フランジ型 | | | | 198 |
| | | LVL | カラマツ | 90E-1 級、120E-1 級 | 1200 × 362 | × 9000 | 実大曲げ L1 上フランジ型 | | | | 200 |
| | | LVL | カラマツ | 90E-1 級、120E-1 級 | 1200 × 364 | × 6000 | 実大曲げ L2 上下フランジ型 | | | | 202 |
| | | LVL | カラマツ | 90E-1 級、120E-1 級 | 1200 × 364 | × 9000 | 実大曲げ L2 上下フランジ型 | | | | 204 |
| | | LVL | カラマツ | 90E-1 級、120E-1 級 | 1200 × 362 | × 6000 | 実大曲げ LB1 上フランジ型 ＋接着ビス | | | | 206 |
| | | LVL | カラマツ | 90E-1 級、120E-1 級 | 1200 × 362 | × 9000 | 実大曲げ LB1 上フランジ型 ＋接着ビス | | | | 208 |
| | | LVL | カラマツ | 90E-1 級、120E-1 級 | 1200 × 364 | × 6000 | 実大曲げ LB2 上下フランジ型 ＋接着ビス | | | | 210 |
| | | LVL | カラマツ | 90E-1 級、120E-1 級 | 1200 × 364 | × 9000 | 実大曲げ LB2 上下フランジ型 ＋接着ビス | | | | 212 |
| | | LVL | カラマツ | 90E-1 級、120E-1 級 | 1200 × 364 | × 6000 | クリープ 上下フランジ型 | | | | 220 |

# ラグスクリューボルト（LSB）

ラグスクリューボルト接合部は、高強度高剛性の接合が材軸方向に対して可能である。材の中心位置から離れた位置にラグスクリューボルトを配置すれば、モーメント伝達を可能とする接合部が可能である。中層大規模木造では柱はあらわしとなる場合が多いと考えられ、ラグスクリューボルト接合部は、HD 金物のように外部に露出せず、鋼板添え板や挿入式のようにもあり、外部に鋼材やボルト頭などが出ることもなく、見栄えの良い仕上がりとなる。

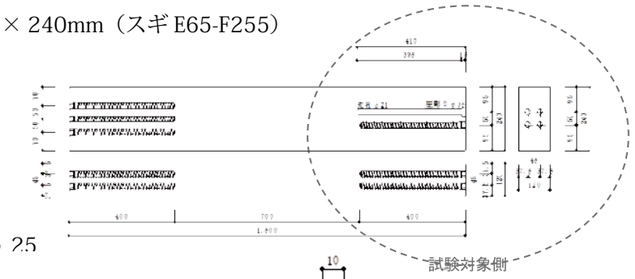
写真 1 は施工の様子を示したものであるが､施工は先穴をあけ LSB をねじ込みながら圧入することによる。先穴の径はできるだけ内径寸法に近いほうがよいが、LSB の断面や形状や圧入時に用いるトルクなどによって異なる。

本資料に掲載した実験データは、複数本配置した場合のラグスクリューボルトの引張耐力を示している。単体接合部については、ラグスクリューボルト研究会が実施した論文等が参考になり、設計式としてその結果を示した。なお、ラグスクリュー接合部自体は脆性的な接合形式であり、延性を期待する接合部としたい場合には、別途、延性を持つ構成を考える必要がある。

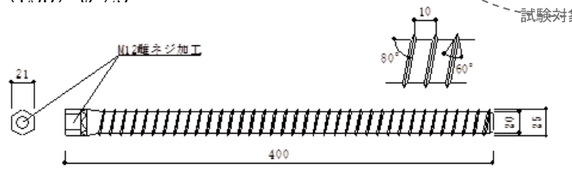
写真 1　LSB の施工状況

## ●姿図・寸法

【使用材料】 母材　1500mm × 120mm × 240mm（スギ E65-F255）




接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 25




## ●適用条件

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は 2d 以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数などは研究成果をもとに 0.8 程度の値として提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2 次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意する。

## ●概要

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれた LSB の引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSB は端部に M12 の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

LSB（カネシン）

## ●問い合わせ先 URL

## ●理論式※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

$$k=\sqrt{\Gamma\pi R_t\left(\frac{1}{E_wA_w}+\frac{1}{E_sA_s}\right)}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$P_{max}$：LSB の最大引抜き荷重，$K_S$：すべり係数

$f_v$：せん断強さ（実験より求める），$\Gamma$：せん断剛性係数，$E$：ヤング係数

$A$：有効断面積（有効径による），$l$：有効埋め込み長さ

$R_t$：LSB の山径，添え字 $w$：母材，添え字 $s$：LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱 - 梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008 年 4 月

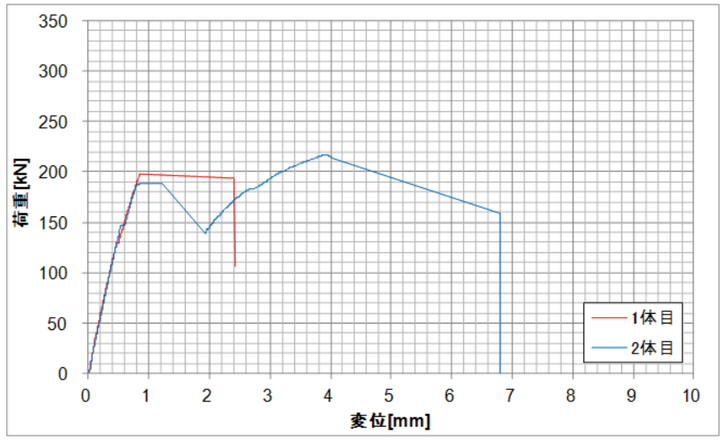
## ●モデル化

要素モデル

## ●特性値

| | 1 体目 | 2 体目 | Ave. |
|---|---|---|---|
| 最大耐力 Pmax[kN] | 198 | 189 | 194 |
| LSB1 本あたり | 49.5 | 47.2 | 48.4 |
| 初期剛性 K[kN/mm] | 279 | 278 | 279 |
| LSB1 本あたり | 69.8 | 69.5 | 69.6 |

## ●荷重変形



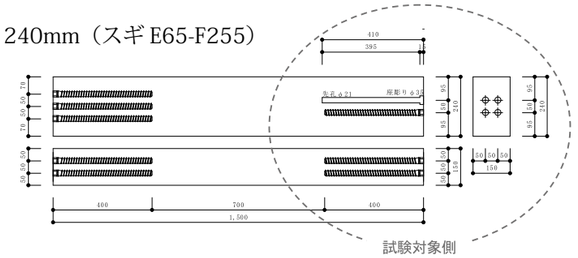

## ●破壊性状

・1 体目 両側で同時に木材端部の割裂

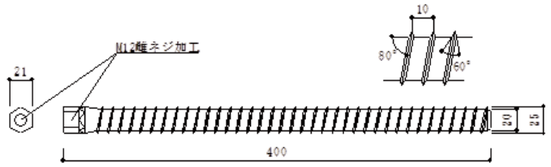
・2 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側でも木材端部の割裂

## ●姿図・寸法

【使用材料】 母材　1500mm × 150mm × 240mm（スギ E65-F255）




接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 25




## ●適用条件

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は 2d 以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数などは研究成果をもとに 0.8 程度の値として提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2 次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意する。

## ●概要

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれた LSB の引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSB は端部に M12 の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

LSB（カネシン）

## ●問い合わせ先 URL

## ●理論式※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

$$k=\sqrt{\Gamma\pi R_t\left(\frac{1}{E_wA_w}+\frac{1}{E_sA_s}\right)}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$P_{max}$：LSB の最大引抜き荷重，$K_S$：すべり係数

$f_v$：せん断強さ（実験より求める），$\Gamma$：せん断剛性係数，$E$：ヤング係数

$A$：有効断面積（有効径による），$l$：有効埋め込み長さ

$R_t$：LSB の山径，添え字 $w$：母材，添え字 $s$：LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱 - 梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008 年 4 月

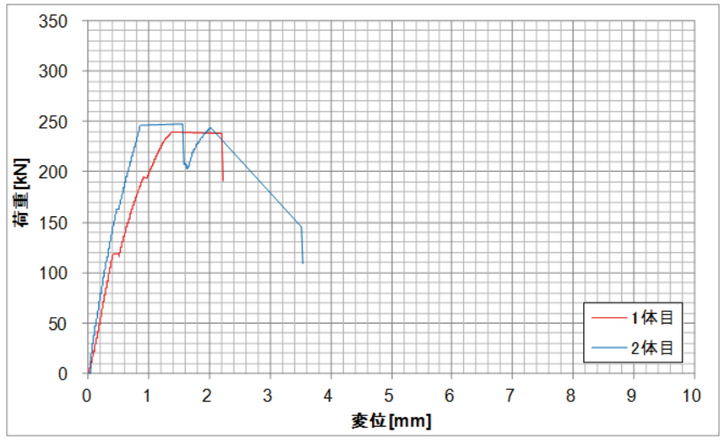
## ●モデル化

要素モデル

## ●特性値

| | 1 体目 | 2 体目 | Ave. |
|---|---|---|---|
| 最大耐力 Pmax[kN] | 239 | 247 | 243 |
| LSB1 本あたり | 59.8 | 61.7 | 60.8 |
| 初期剛性 K[kN/mm] | 277 | 367 | 322 |
| LSB1 本あたり | 69.3 | 91.7 | 80.5 |

## ●荷重変形



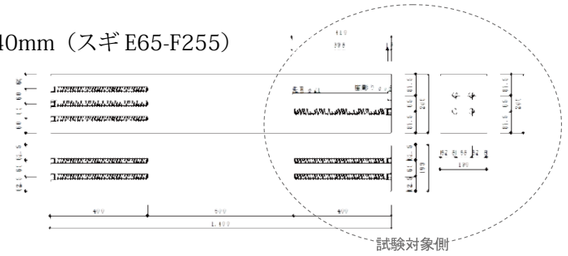

## ●破壊性状

・1 体目 両側で同時に木材端部の割裂

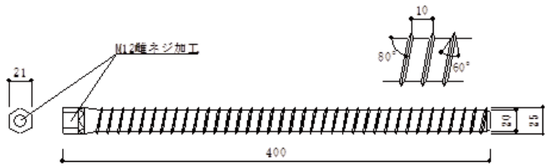
・2 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側でも木材端部の割裂

## ●姿図・寸法

【使用材料】 母材　1400mm × 190mm × 240mm（スギ E65-F255）




接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 25




## ●適用条件

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は 2d 以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数などは研究成果をもとに 0.8 程度の値として提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2 次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意する。

## ●概要

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれた LSB の引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSB は端部に M12 の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

LSB（カネシン）

## ●問い合わせ先 URL

## ●理論式※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

$$k=\sqrt{\Gamma\pi R_t\left(\frac{1}{E_wA_w}+\frac{1}{E_sA_s}\right)}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$P_{max}$：LSB の最大引抜き荷重，$K_S$：すべり係数

$f_v$：せん断強さ（実験より求める），$\Gamma$：せん断剛性係数，$E$：ヤング係数

$A$：有効断面積（有効径による），$l$：有効埋め込み長さ

$R_t$：LSB の山径，添え字 $w$：母材，添え字 $s$：LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱 - 梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008 年 4 月

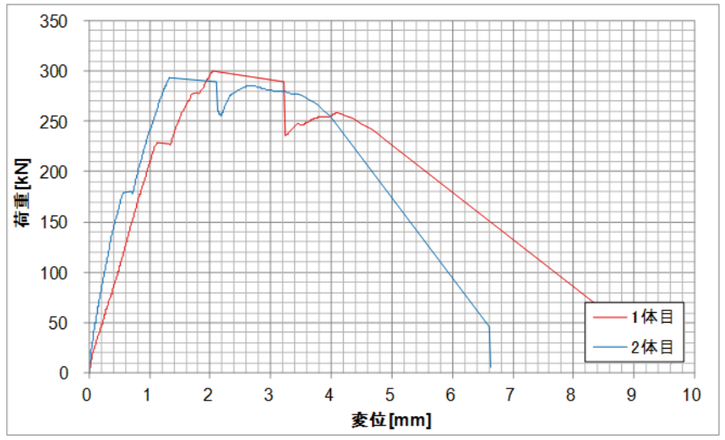
## ●モデル化

要素モデル

## ●特性値

| | 1 体目 | 2 体目 | Ave. |
|---|---|---|---|
| 最大耐力 Pmax[kN] | 300 | 293 | 297 |
| LSB1 本あたり | 75.0 | 73.3 | 74.1 |
| 初期剛性 K[kN/mm] | 169 | 342 | 256 |
| LSB1 本あたり | 42.3 | 85.4 | 63.9 |

## ●荷重変形



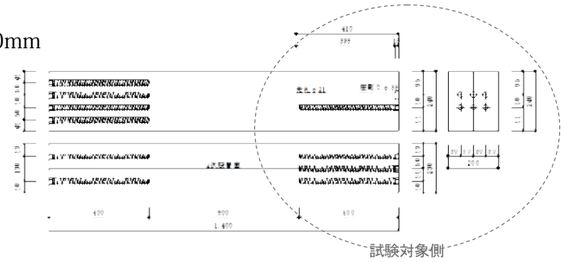

## ●破壊性状

・1 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断

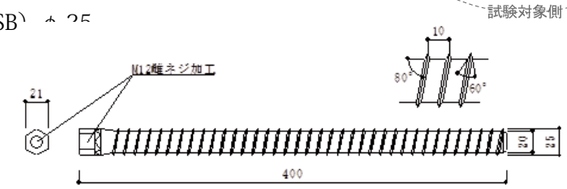
・2 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断

**●姿図・寸法**

【使用材料】 母材　1400mm × 200mm × 240mm
（スギ E65-F255）（2 次接着あり）




接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 25




**●適用条件**

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は 2d 以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数などは研究成果をもとに 0.8 程度の値として提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2 次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意する。

**●概要**

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれた LSB の引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSB は端部に M12 の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

LSB（カネシン）

**●問い合わせ先 URL**

**●理論式**※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

$$k=\sqrt{\Gamma\pi R_t\left(\frac{1}{E_wA_w}+\frac{1}{E_sA_s}\right)}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$P_{max}$：LSB の最大引抜き荷重，$K_S$：すべり係数
$f_v$：せん断強さ（実験より求める），$\Gamma$：せん断剛性係数，$E$：ヤング係数
$A$：有効断面積（有効径による），$l$：有効埋め込み長さ
$R_t$：LSB の山径，添え字 $w$：母材，添え字 $s$：LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱 - 梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008 年 4 月

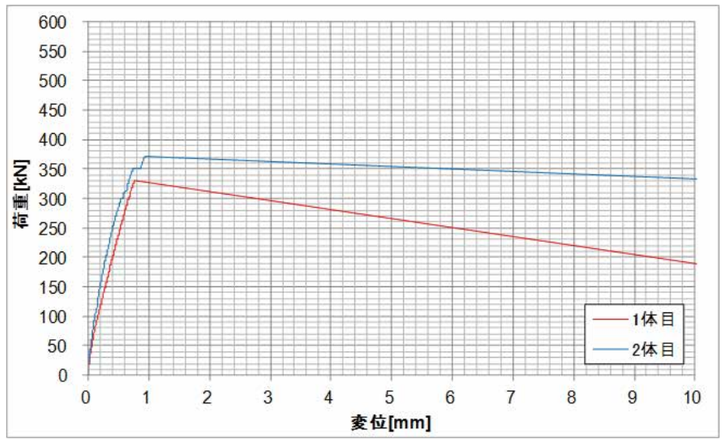
**●モデル化**

要素モデル

**●特性値**

| | 1 体目 | 2 体目 | Ave. |
|---|---|---|---|
| 最大耐力 Pmax[kN] | 330 | 371 | 351 |
| LSB1 本あたり | 55.0 | 61.8 | 58.4 |
| 初期剛性 K[kN/mm] | 516 | 672 | 594 |
| LSB1 本あたり | 86.0 | 112 | 99 |

**●荷重変形**

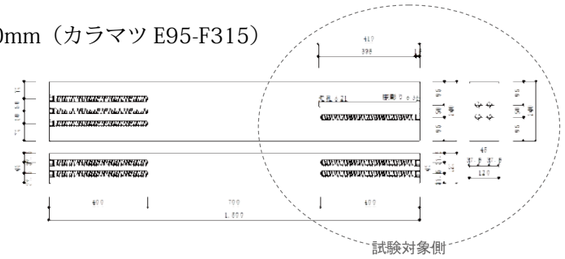



**●破壊性状**

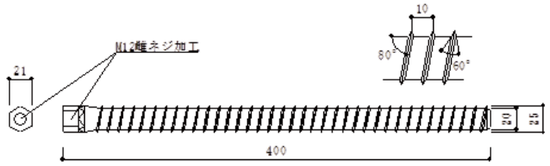
・1 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、反力側端部まで割裂が進展
・2 体目 両側で同時に木材端部の割裂

**●姿図・寸法**

【使用材料】 母材　1500mm × 120mm × 240mm（カラマツ E95-F315）




接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 25




**●適用条件**

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は 2d 以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数などは研究成果をもとに 0.8 程度の値として提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2 次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意する。

**●概要**

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれた LSB の引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSB は端部に M12 の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

LSB（カネシン）

**●問い合わせ先 URL**

**●理論式**※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

$$k=\sqrt{\Gamma\pi R_t\left(\frac{1}{E_wA_w}+\frac{1}{E_sA_s}\right)}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$P_{max}$：LSB の最大引抜き荷重，$K_S$：すべり係数

$f_v$：せん断強さ（実験より求める），$\Gamma$：せん断剛性係数，$E$：ヤング係数

$A$：有効断面積（有効径による），$l$：有効埋め込み長さ

$R_t$：LSB の山径，添え字 $w$：母材，添え字 $s$：LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱 - 梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008 年 4 月

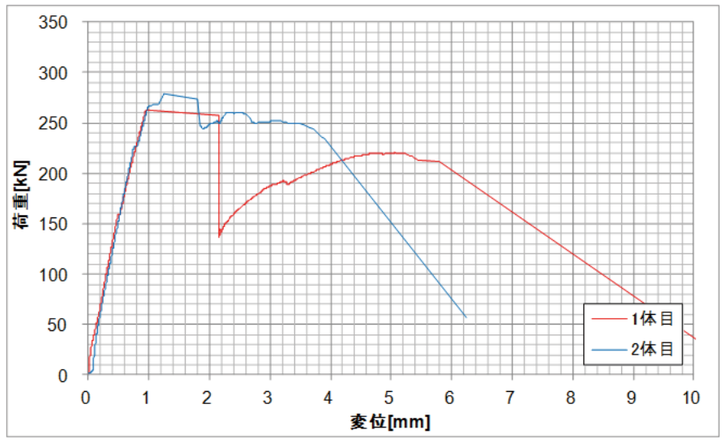
**●モデル化**

要素モデル

**●特性値**

| | 1 体目 | 2 体目 | Ave. |
|---|---|---|---|
| 最大耐力 Pmax[kN] | 263 | 279 | 271 |
| LSB1 本あたり | 65.6 | 69.8 | 67.8 |
| 初期剛性 K[kN/mm] | 301 | 305 | 303 |
| LSB1 本あたり | 75.3 | 76.3 | 75.8 |

**●荷重変形**



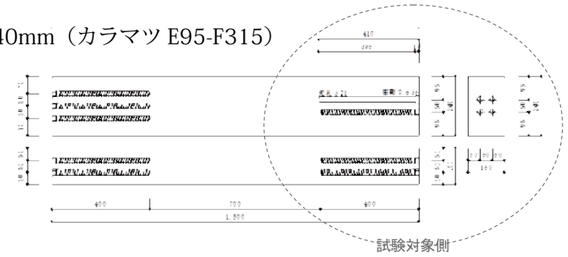

**●破壊性状**

・1 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断

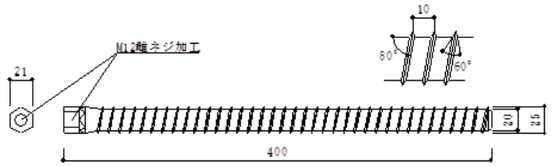
・2 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断

**●姿図・寸法**

【使用材料】 母材　1500mm × 150mm × 240mm（カラマツ E95-F315）




接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 25




**●適用条件**

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は 2d 以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数などは研究成果をもとに 0.8 程度の値として提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2 次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意する。

**●概要**

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれた LSB の引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSB は端部に M12 の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

LSB（カネシン）

**●問い合わせ先 URL**

**●理論式**※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

$$k=\sqrt{\Gamma\pi R_t\left(\frac{1}{E_wA_w}+\frac{1}{E_sA_s}\right)}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$P_{max}$：LSB の最大引抜き荷重，$K_S$：すべり係数

$f_v$：せん断強さ（実験より求める），$\Gamma$：せん断剛性係数，$E$：ヤング係数

$A$：有効断面積（有効径による），$l$：有効埋め込み長さ

$R_t$：LSB の山径，添え字 $w$：母材，添え字 $s$：LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱 - 梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008 年 4 月

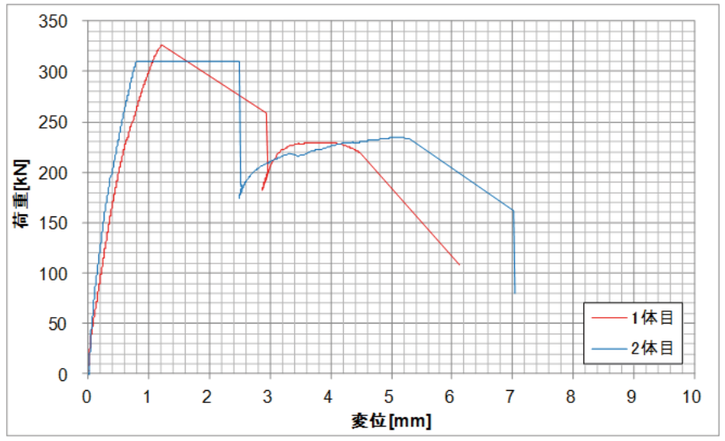
**●モデル化**

要素モデル

**●特性値**

| | 1 体目 | 2 体目 | Ave. |
|---|---|---|---|
| 最大耐力 Pmax[kN] | 326 | 309 | 318 |
| LSB1 本あたり | 81.6 | 77.3 | 79.4 |
| 初期剛性 K[kN/mm] | 411 | 600 | 506 |
| LSB1 本あたり | 103 | 150 | 126 |

**●荷重変形**



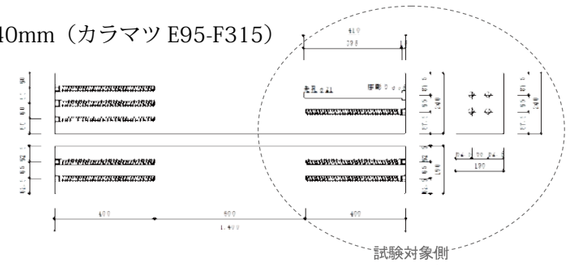

**●破壊性状**

・1 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断

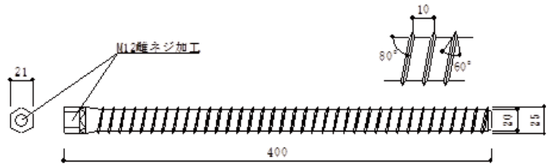
・2 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断

## ●姿図・寸法

【使用材料】 母材　1400mm × 190mm × 240mm（カラマツ E95-F315）




接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 25




## ●適用条件

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は 2d 以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数などは研究成果をもとに 0.8 程度の値として提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2 次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意する。

## ●概要

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれた LSB の引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSB は端部に M12 の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

LSB（カネシン）

## ●問い合わせ先 URL

## ●理論式※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

$$k=\sqrt{\Gamma\pi R_t\left(\frac{1}{E_wA_w}+\frac{1}{E_sA_s}\right)}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$P_{max}$：LSB の最大引抜き荷重，$K_S$：すべり係数

$f_v$：せん断強さ（実験より求める），$\Gamma$：せん断剛性係数，$E$：ヤング係数

$A$：有効断面積（有効径による），$l$：有効埋め込み長さ

$R_t$：LSB の山径，添え字 $w$：母材，添え字 $s$：LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱 - 梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008 年 4 月

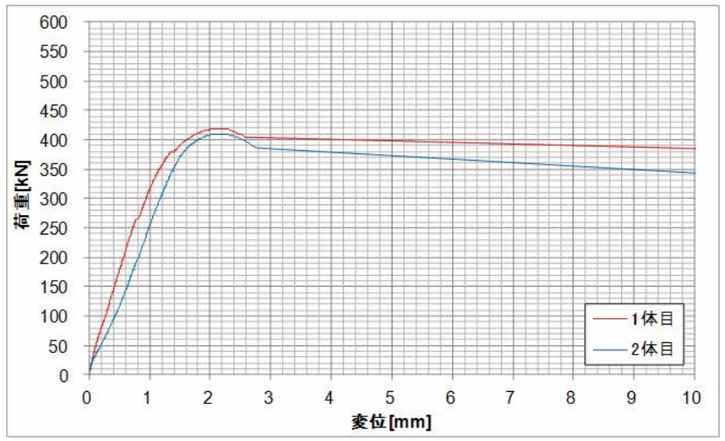
## ●モデル化

要素モデル

## ●特性値

| | 1 体目 | 2 体目 | Ave. |
|---|---|---|---|
| 最大耐力 Pmax[kN] | 419 | 410 | 415 |
| LSB1 本あたり | 105 | 102 | 104 |
| 初期剛性 K[kN/mm] | 346 | 241 | 294 |
| LSB1 本あたり | 86.5 | 60.3 | 73.4 |

## ●荷重変形



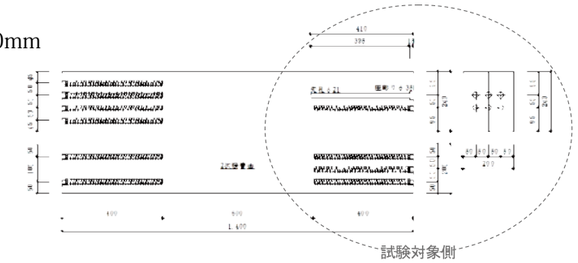

## ●破壊性状

・1 体目 母材に目立った損傷が生じる前に、試験対象側の 4 本全ての高力ボルトが破断

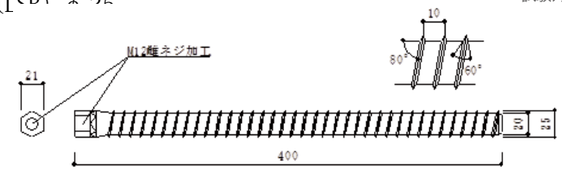
・2 体目 母材に目立った損傷が生じる前に、試験対象側の 4 本全ての高力ボルトが破断

**●姿図・寸法**

【使用材料】 母材　1400mm × 200mm × 240mm
（カラマツ E95-F315）（2 次接着あり）




接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 25




**●適用条件**

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は 2d 以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数などは研究成果をもとに 0.8 程度の値として提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2 次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意する。

**●概要**

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれた LSB の引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSB は端部に M12 の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

LSB（カネシン）

**●問い合わせ先 URL**

**●理論式**※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

$$k=\sqrt{\Gamma\pi R_t\left(\frac{1}{E_wA_w}+\frac{1}{E_sA_s}\right)}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$P_{max}$：LSB の最大引抜き荷重，$K_S$：すべり係数

$f_v$：せん断強さ（実験より求める），$\Gamma$：せん断剛性係数，$E$：ヤング係数

$A$：有効断面積（有効径による），$l$：有効埋め込み長さ

$R_t$：LSB の山径，添え字 $w$：母材，添え字 $s$：LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱 - 梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008 年 4 月

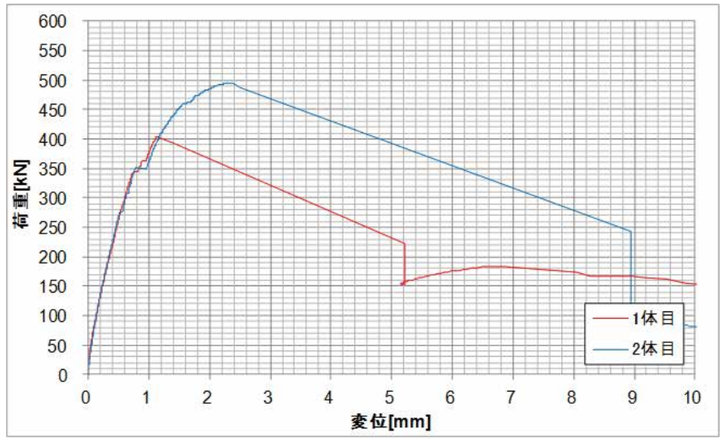
**●モデル化**

要素モデル

**●特性値**

| | 1 体目 | 2 体目 | Ave. |
|---|---|---|---|
| 最大耐力 Pmax[kN] | 403 | 494 | 449 |
| LSB1 本あたり | 67.2 | 82.3 | 74.8 |
| 初期剛性 K[kN/mm] | 522 | 488 | 505 |
| LSB1 本あたり | 87.1 | 81.4 | 84.3 |

**●荷重変形**



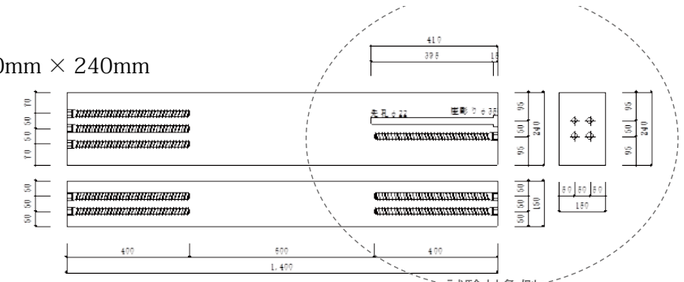

**●破壊性状**

・1 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、反力側端部まで割裂が進展

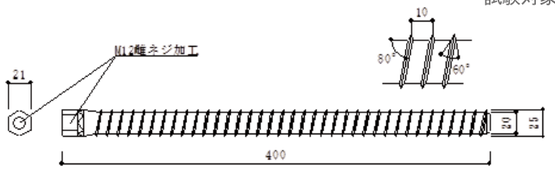
・2 体目 木材端部に亀裂が生じた後、試験対象側の 6 本の LSB に囲われた部分の木材の集団型引き抜け破壊

## ●姿図・寸法

【使用材料】 母材　1400mm × 150mm × 240mm
（カラマツ 120E-1 級　50V-43H）




接合具　ラグスクリューボルト




## ●適用条件

引張のみを伝達する接合部に使用する。せん断を受ける接合部に使用する際はラグスクリューボルトにせん断力を伝達しないようせん断キーを設ける。複数本配置する際は 2d 以上の接合確保し、所定の耐力低減係数を乗じる。低減係数などは研究成果をもとに 0.8 程度の値として提案されている。接合部が回転を生じた際には木材の割り裂き方向に対して力が作用することになり、2 次応力に対する引張抵抗能力の低下に注意する。

## ●概要

木質ラーメン構法等で用いられる構造用集成材を用いた柱脚端部を想定している。実際の使用では、母材に埋め込まれた LSB の引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗するため、本実験にて基礎データとしての引き抜き性能を確認している。LSB は端部に M12 の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

LSB（カネシン）

## ●問い合わせ先 URL

## ●理論式※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

$$k=\sqrt{\Gamma\pi R_t\left(\frac{1}{E_wA_w}+\frac{1}{E_sA_s}\right)}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\ \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$P_{max}$：LSB の最大引抜き荷重，$K_S$：すべり係数
$f_v$：せん断強さ（実験より求める），$\Gamma$：せん断剛性係数，$E$：ヤング係数
$A$：有効断面積（有効径による），$l$：有効埋め込み長さ
$R_t$：LSB の山径，添え字 $w$：母材，添え字 $s$：LSB

※中谷 誠、森 拓郎、小松 幸平「ラグスクリューボルトと特殊金物を用いた木質ラーメン構造の柱 - 梁接合部に関する研究」日本建築学会構造系論文集、2008 年 4 月

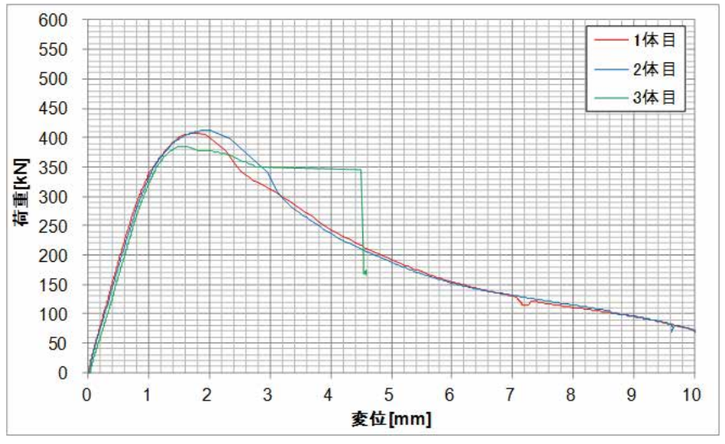
## ●モデル化

要素モデル

## ●特性値

| | 1 体目 | 2 体目 | 3 体目 | Ave. |
|---|---|---|---|---|
| 最大耐力 Pmax[kN] | 407 | 413 | 385 | 402 |
| LSB1 本あたり | 102 | 103 | 96.3 | 100 |
| 初期剛性 K[kN/mm] | 370 | 352 | 332 | 351 |
| LSB1 本あたり | 92.5 | 88.0 | 83.3 | 87.8 |

## ●荷重変形




## ●破壊性状

・1 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、試験対象側の LSB4 本全てが引き抜ける
・2 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、試験対象側の LSB4 本全てが引き抜ける
・3 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断

**●姿図・寸法**

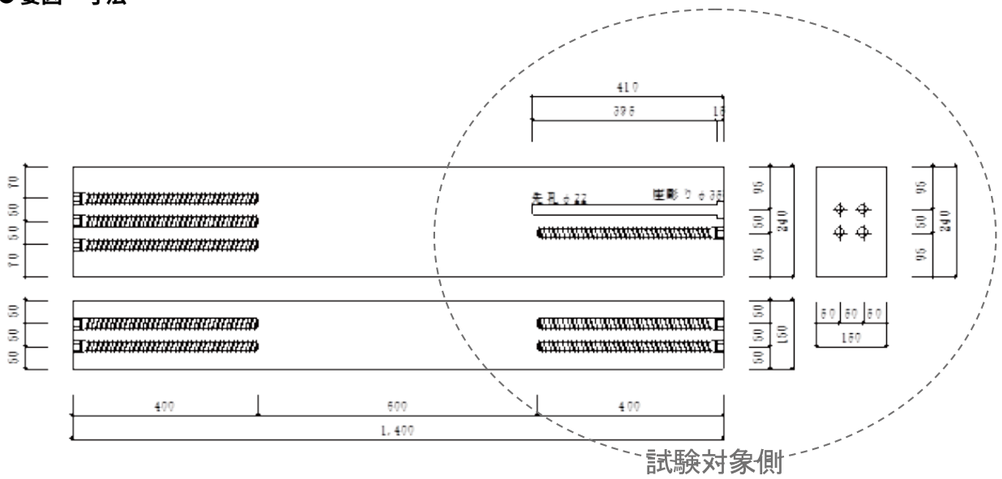



図　LSB-A-1

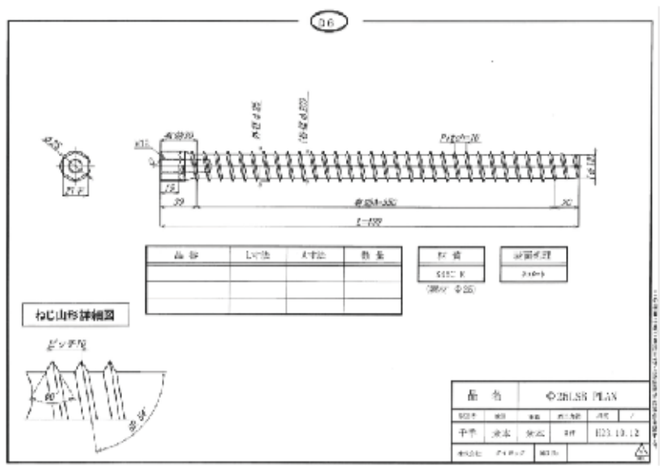



図　φ 25 ラグスクリューボルト (LSB)

【使用材料】

・木材：樹種 = カラマツ単板積層材（LVL）120E-1 級　50V-43H
　　寸法 =120 × 120 × L1,400　　1 本

・金物：φ 25 ラグスクリューボルト（LSB）　　加力側：1 本、支持側：2 本　　合計 3 本
　　M12 六角ボルト L=75（強度区分 10.9）合計 3 個
　　W4.5 × 40 座金　　合計 3 枚





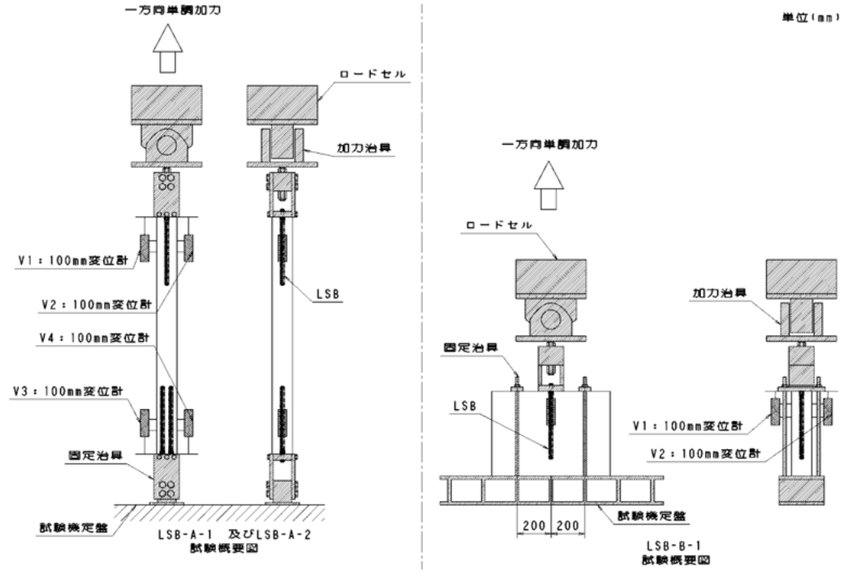



図　試験方法

**●適用条件**

—

**●概要**

柱脚部用の金物として LSB（Lug Screw Bolt）を用いて厚板 LVL（厚さ 150mm）を組み合わせることで S 造・RC 造の建築物にハイブリット構造部材として使うことが可能な高耐力の壁を設計しその性能を確認した。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

○木材接合金物

商品名　：　φ 25 ラグスクリューボルト（LSB）、M12 六角ボルト L=50（強度区分 10.9）

製造者　：　株式会社カネシン

販売者　：　株式会社カネシン

**●問い合わせ先 URL**

www.kaneshin.co.jp/

**●理論式**

—

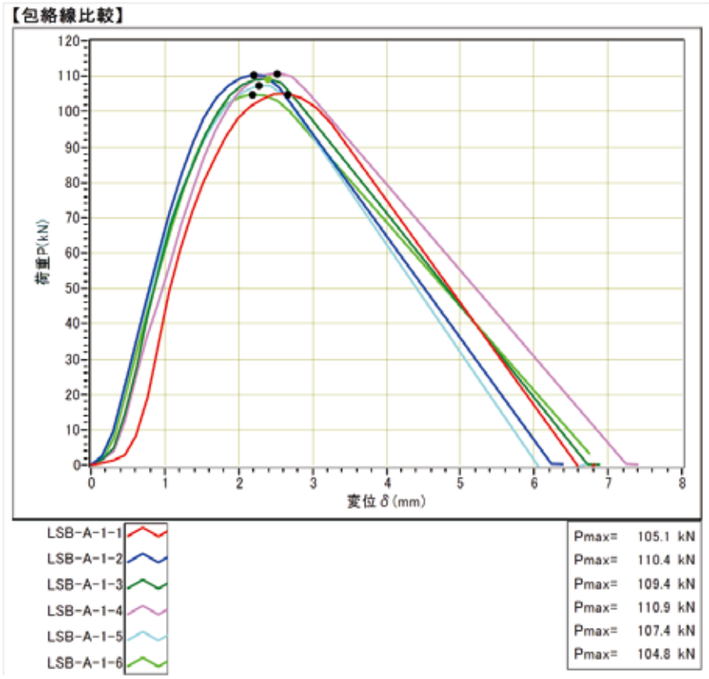
**●計算式**

—

## ●特性値

| 試験体記号 | 加力方法 | 最大荷重 Pm [kN] | 最大荷重時変位 δ Pmax [mm] | 破壊性状 |
|---|---|---|---|---|
| LSB-A-1-1 | 一方向単調加力 | 105.06 | 2.66 | M12 六角ボルト（強度区分 10.9）破断 |
| LSB-A-1-2 | | 110.40 | 2.19 | |
| LSB-A-1-3 | | 109.36 | 2.39 | |
| LSB-A-1-4 | | 110.92 | 2.52 | |
| LSB-A-1-5 | | 107.36 | 2.27 | |
| LSB-A-1-6 | | 104.82 | 2.18 | |
| 平均 | | 107.99 | 2.37 | |
| 標準偏差 | | 2.66 | 0.19 | |

## ●荷重変形




## ●破壊性状

・LSB のめねじに入っているハイテンションボルト（土台への固定用金物）の引張り破壊による荷重低下が確認された。

・高い耐力が確認されたが、変形性能は低かった。



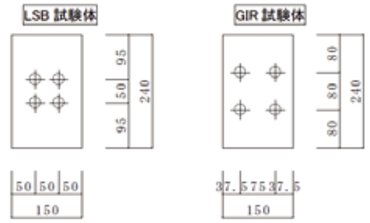


## ●参考データ

GIR と LSB の比較

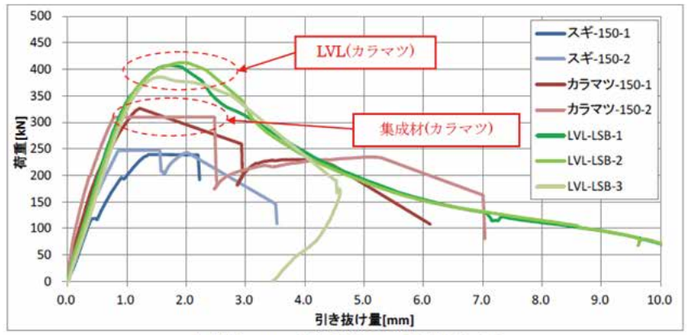
表　試験体一覧

| 試験体記号 | 樹種 | 強度等級 | 高さ [mm] | 断面寸法 [mm] | 端あき [mm] | 対象側接合具本数 | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LSB 試験体 | カラマツ | 120E-1 級 | 1400 | 150×240 | 2d(50) | 4 | 3 |
| GIR 試験体 | | | 1000 | 150×240 | 1.5d(37.5) | 4 | 3 |




特性値

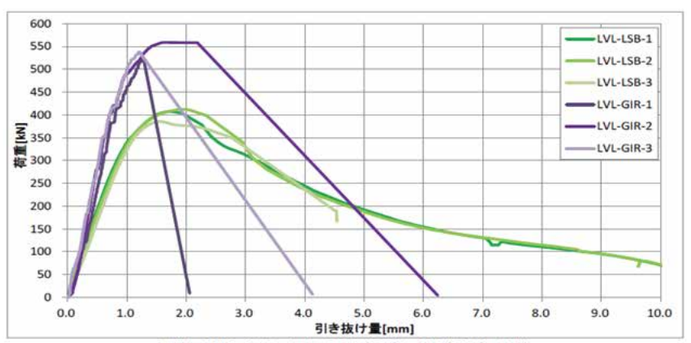
| | Pmax（kN） | | K | | δ Pmax |
|---|---|---|---|---|---|
| | 全体 | 1 本あたり | （kN/mm） | 1 本あたり | （mm） |
| GIR ① | 524 | 131 | 528 | 132 | 1.48 |
| GIR ② | 559 | 139.8 | 698 | 174.5 | 1.61 |
| GIR ③ | 539 | 134.8 | 663 | 165.8 | 1.21 |
| LSB ① | 407 | 101.8 | 370 | 92.5 | 1.72 |
| LSB ② | 413 | 103.3 | 352 | 88 | 1.91 |
| LSB ③ | 385 | 96.3 | 332 | 83.3 | 1.55 |




集成材と LVL の比較（同様の LSB 配置）150×240

・LSB の引き抜き性能は LVL との組み合わせが集成材より高かった

・金物同士の比較では、GIR が LSB より高い引き抜き性能を持つ




同断面 150×240 における LSB(φ25)と GIR(M24)の比較

・金物の比較では、GIR の方の引き抜き耐力が高い

・靭性は周囲材が割れながら引き抜きが生じた LSB の方が高い

**●姿図・寸法**

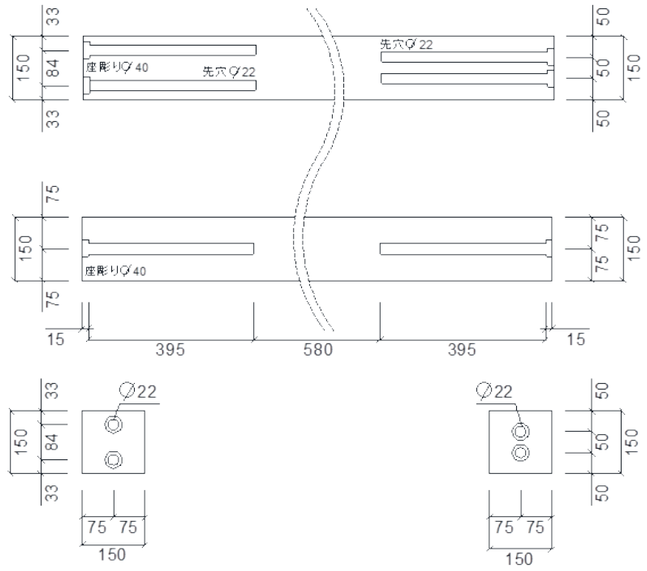
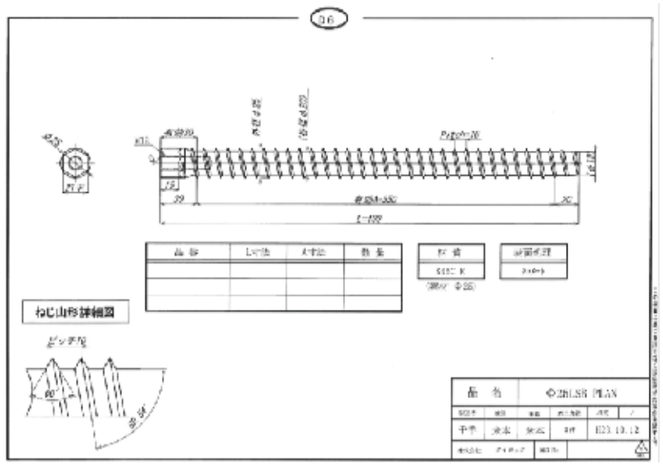



図　LSB-A-s-2




M12 六角ボルト L=75（強度区分 10.9）

4.5 × 40 φ丸座金

図　φ 25 ラグスクリューボルト (LSB)

【使用材料】

・木材：樹種 = カラマツ単板積層材（LVL）120E-1 級　50V-43H
　　寸法 =150 × 150 × L1,400　　1 本

・金物：φ 25 ラグスクリューボルト（LSB）　　加力側：2 本、支持側：2 本　　合計 4 本
　　M12 六角ボルト L=75（強度区分 10.9）合計 4 個
　　W4.5 × 40 座金　　合計 4 枚

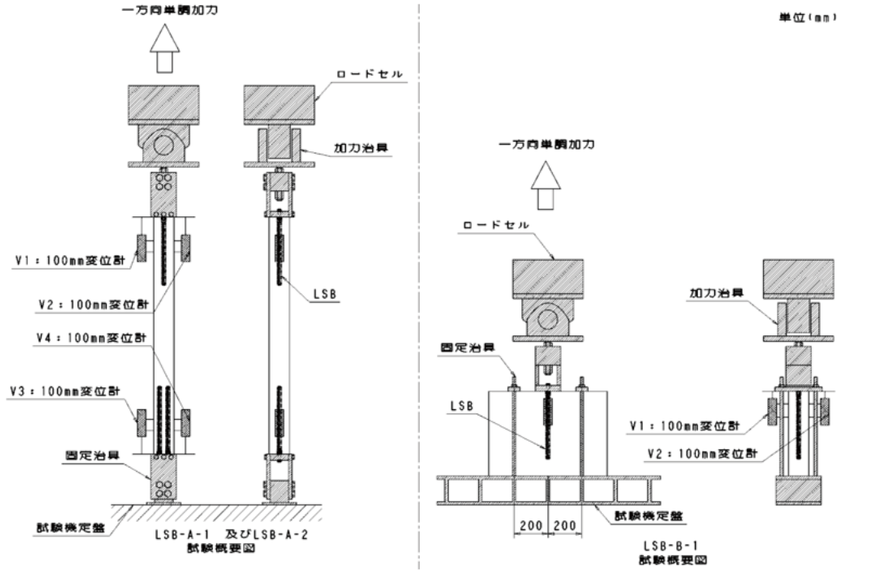



図　試験方法

**●適用条件**

—

**●概要**

柱脚部用の金物として LSB（Lug Screw Bolt）を用いて厚板 LVL（厚さ 150mm）を組み合わせることで S 造・RC 造の建築物にハイブリット構造部材として使うことが可能な高耐力の壁を設計しその性能を確認した。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

○木材接合金物

商品名　：　φ 25 ラグスクリューボルト（LSB）、M12 六角ボルト L=50（強度区分 10.9）

製造者　：　株式会社カネシン

販売者　：　株式会社カネシン

**●問い合わせ先 URL**

www.kaneshin.co.jp/

**●理論式**

—

**●計算式**

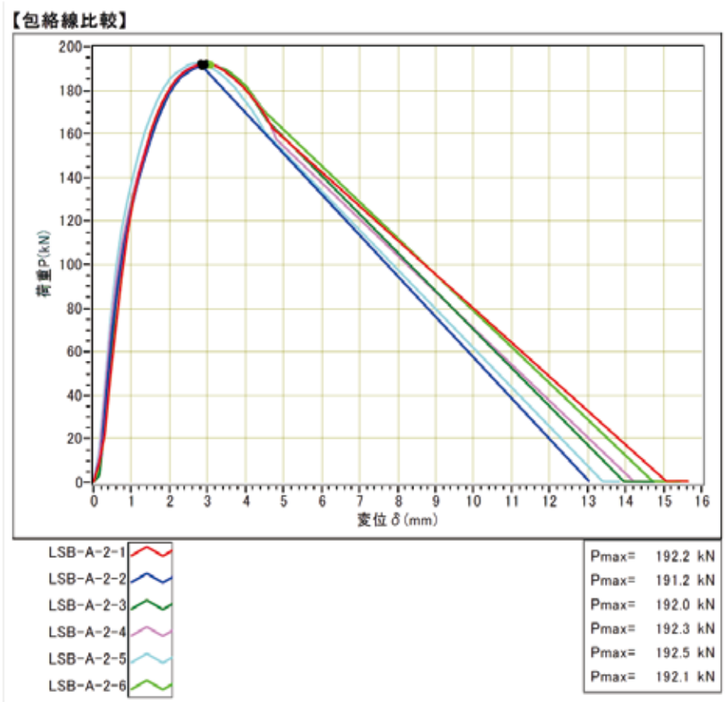
—

## ● 特性値

| 試験体記号 | 加力方法 | 最大荷重 Pm [kN] | 最大荷重時変位 δ Pmax [mm] | 破壊性状 |
|---|---|---|---|---|
| LSB-A-2-1 | 一方向単調加力 | 192.17 | 2.92 | M12 六角ボルト（強度区分 10.9）破断 |
| LSB-A-2-2 | | 191.22 | 2.86 | |
| LSB-A-2-3 | | 191.99 | 3.07 | |
| LSB-A-2-4 | | 192.35 | 2.95 | |
| LSB-A-2-5 | | 192.49 | 2.80 | |
| LSB-A-2-6 | | 192.06 | 2.97 | |
| 平均 | | 192.05 | 2.93 | |
| 標準偏差 | | 0.45 | 0.09 | |

## ● 荷重変形

【包絡線比較】




## ● 破壊性状

・LSB のめねじに入っているハイテンションボルト（土台への固定用金物）の引張り破壊による荷重低下が確認された。

・高い耐力が確認されたが、変形性能は低かった。



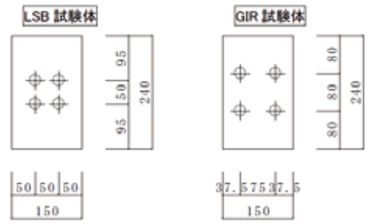


## ● 参考データ

GIR と LSB の比較

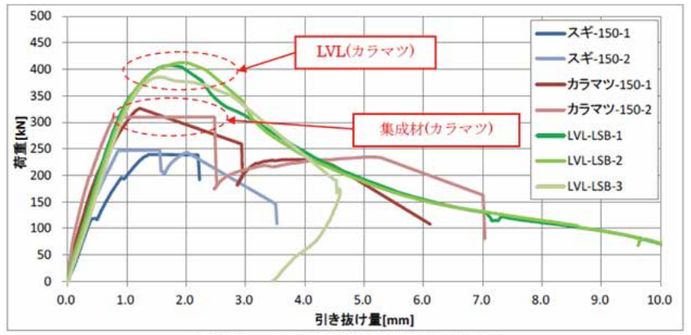
表　試験体一覧

| 試験体記号 | 樹種 | 強度等級 | 高さ [mm] | 断面寸法 [mm] | 端あき [mm] | 対象側接合具本数 | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LSB 試験体 | カラマツ | 120E-1 級 | 1400 | 150×240 | 2d(50) | 4 | 3 |
| GIR 試験体 | | | 1000 | 150×240 | 1.5d(37.5) | 4 | 3 |




特性値

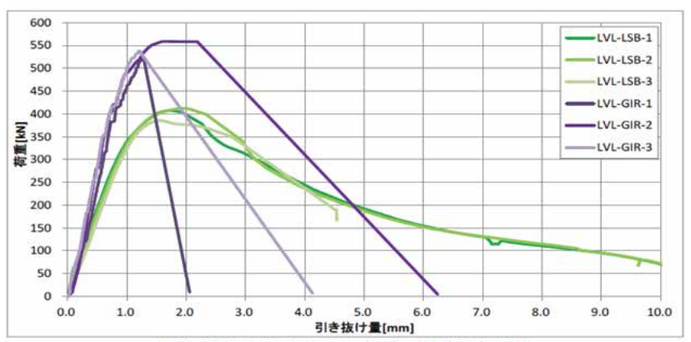
| | Pmax（kN） | | K | | δ Pmax |
|---|---|---|---|---|---|
| | 全体 | 1 本あたり | （kN/mm） | 1 本あたり | （mm） |
| GIR ① | 524 | 131 | 528 | 132 | 1.48 |
| GIR ② | 559 | 139.8 | 698 | 174.5 | 1.61 |
| GIR ③ | 539 | 134.8 | 663 | 165.8 | 1.21 |
| LSB ① | 407 | 101.8 | 370 | 92.5 | 1.72 |
| LSB ② | 413 | 103.3 | 352 | 88 | 1.91 |
| LSB ③ | 385 | 96.3 | 332 | 83.3 | 1.55 |




集成材と LVL の比較（同様の LSB 配置）150×240

・LSB の引き抜き性能は LVL との組み合わせが集成材より高かった

・金物同士の比較では、GIR が LSB より高い引き抜き性能を持つ




同断面 150×240 における LSB(φ25)と GIR(M24)の比較

・金物の比較では、GIR の方の引き抜き耐力が高い

・靭性は周囲材が割れながら引き抜きが生じた LSB の方が高い

**●姿図・寸法**

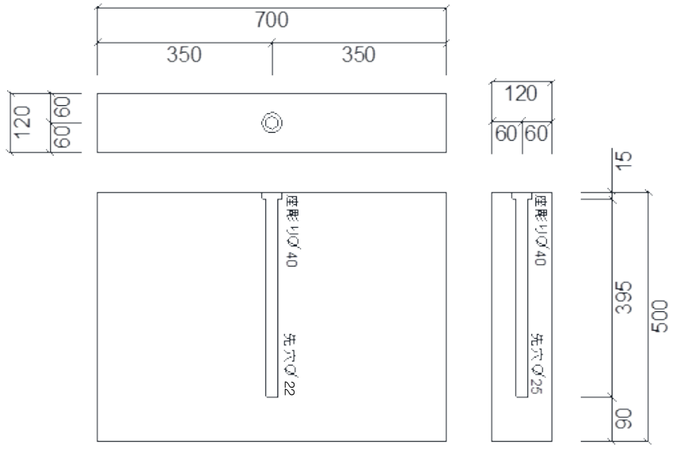



図　LSB-B-1

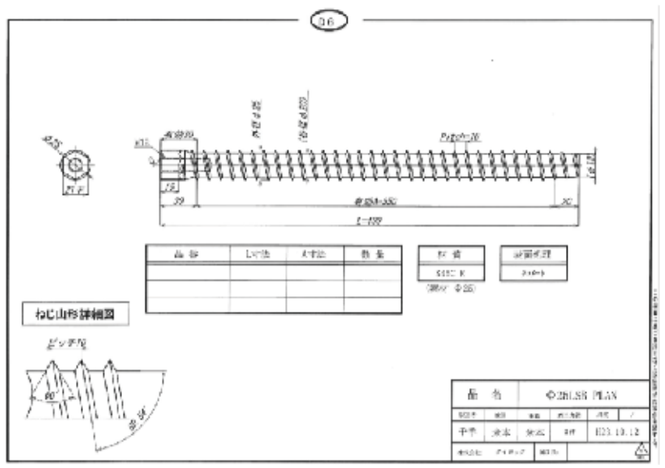



図　φ 25 ラグスクリューボルト (LSB)

【使用材料】

・木材：樹種 = カラマツ単板積層材（LVL）120E-1 級　50V-43H
　　寸法 =120 × 500 × L700　　1 本
・金物：φ 25 ラグスクリューボルト（LSB）　1 本
　　M12 六角ボルト L=75（強度区分 10.9）1 個
　　W4.5 × 40 座金　　1 枚





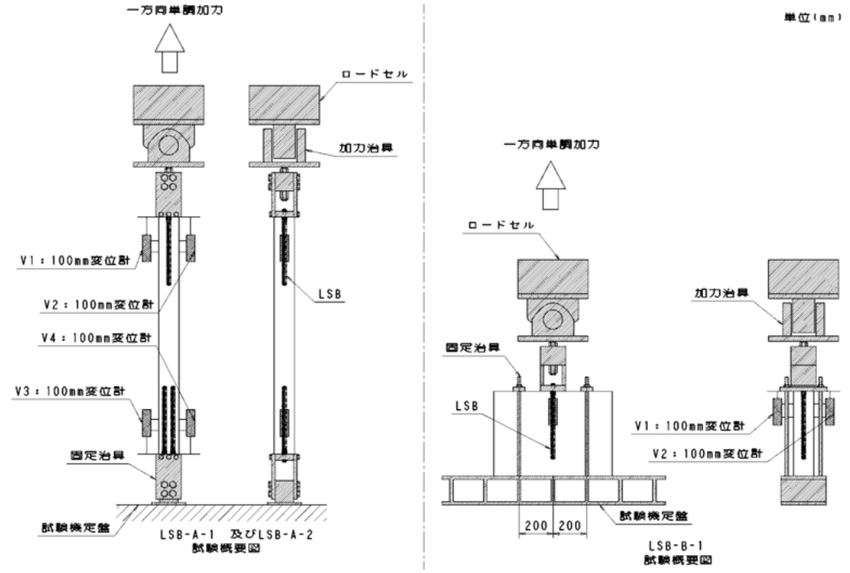



図　試験方法

**●適用条件**

—

**●概要**

柱脚部用の金物として LSB（Lug Screw Bolt）を用いて厚板 LVL（厚さ 150mm）を組み合わせることで S 造・RC 造の建築物にハイブリット構造部材として使うことが可能な高耐力の壁を設計しその性能を確認した。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

○木材接合金物

商品名　：　φ 25 ラグスクリューボルト（LSB）、M12 六角ボルト L=50（強度区分 10.9）

製造者　：　株式会社カネシン

販売者　：　株式会社カネシン

**●問い合わせ先 URL**

www.kaneshin.co.jp/

**●理論式**

—

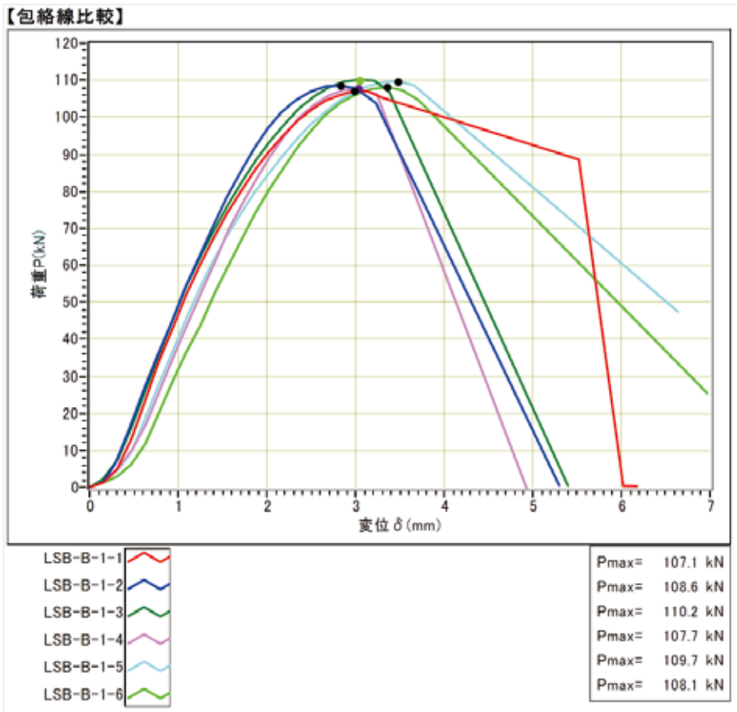
**●計算式**

—

## ●特性値

| 試験体記号 | 加力方法 | 最大荷重 Pm [kN] | 最大荷重時変位 δ Pmax [mm] | 破壊性状 |
|---|---|---|---|---|
| LSB-B-1-1 | 一方向単調加力 | 107.09 | 2.98 | M12 六角ボルト（強度区分 10.9）破断 |
| LSB-B-1-2 | | 108.56 | 2.83 | |
| LSB-B-1-3 | | 110.17 | 3.04 | |
| LSB-B-1-4 | | 107.70 | 3.03 | |
| LSB-B-1-5 | | 109.71 | 3.48 | |
| LSB-B-1-6 | | 108.14 | 3.36 | |
| 平均 | | 108.56 | 3.12 | |
| 標準偏差 | | 1.18 | 0.25 | |

## ●荷重変形




## ●破壊性状

・LSB のめねじに入っているハイテンションボルト（土台への固定用金物）の引張り破壊による荷重低下が確認された。

・高い耐力が確認されたが、変形性能は低かった。



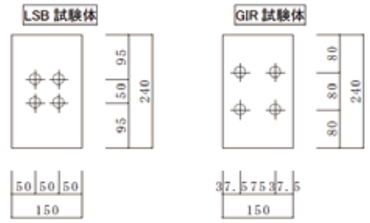


## ●参考データ

GIR と LSB の比較

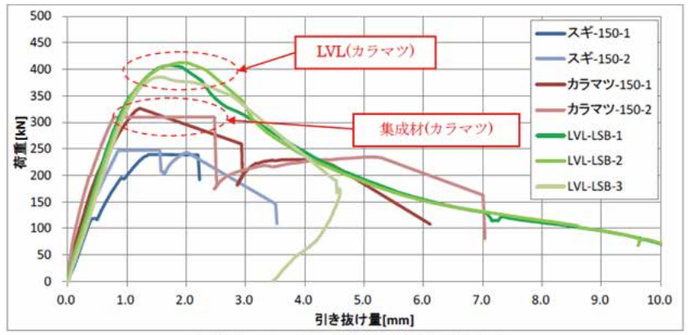
表　試験体一覧

| 試験体記号 | 樹種 | 強度等級 | 高さ [mm] | 断面寸法 [mm] | 端あき [mm] | 対象側接合具本数 | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LSB 試験体 | カラマツ | 120E-1 級 | 1400 | 150×240 | 2d(50) | 4 | 3 |
| GIR 試験体 | | | 1000 | 150×240 | 1.5d(37.5) | 4 | 3 |




特性値

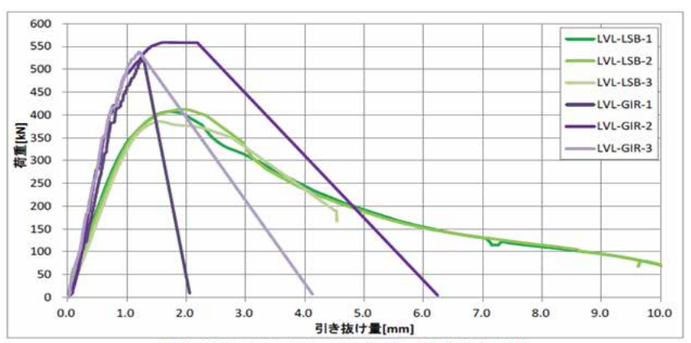
| | Pmax（kN） | | K | | δ Pmax |
|---|---|---|---|---|---|
| | 全体 | 1 本あたり | （kN/mm） | 1 本あたり | （mm） |
| GIR ① | 524 | 131 | 528 | 132 | 1.48 |
| GIR ② | 559 | 139.8 | 698 | 174.5 | 1.61 |
| GIR ③ | 539 | 134.8 | 663 | 165.8 | 1.21 |
| LSB ① | 407 | 101.8 | 370 | 92.5 | 1.72 |
| LSB ② | 413 | 103.3 | 352 | 88 | 1.91 |
| LSB ③ | 385 | 96.3 | 332 | 83.3 | 1.55 |




集成材と LVL の比較（同様の LSB 配置）150×240

・LSB の引き抜き性能は LVL との組み合わせが集成材より高かった

・金物同士の比較では、GIR が LSB より高い引き抜き性能を持つ




同断面 150×240 における LSB(φ25)と GIR(M24)の比較

・金物の比較では、GIR の方の引き抜き耐力が高い

・靭性は周囲材が割れながら引き抜きが生じた LSB の方が高い

## 構造システムと施工の注意点

本資料で提案している接合部はモーメント抵抗接合としてラーメンを構成する場合や引き抜きを生じる柱脚接合部に用いる多数本打ちラグスクリューボルトの引き抜き性能である。本資料では、120 幅の材を 2 材併せて大きな部材断面を可能としているが、必要な縁端距離や接合間隔を守って接合する。必要な縁端間隔や接合間隔は本資料の複数本のラグスクリュー接合部の引き抜き実験やラグスクリューボルト研究会で実施された研究成果などが参考になる。ボルト径と先穴径の関係などもノウハウが蓄積されており、専門の工具を用いて施工する。

## 解析モデルと断面算定

高い耐力の伝達が可能な接合部であるが、母材引張強度以上の接合部は現段階では難しい。引張の変形全体変形に対して占める割合が大きい接合部の場合には軸力バネとして表現する。

## バリエーション

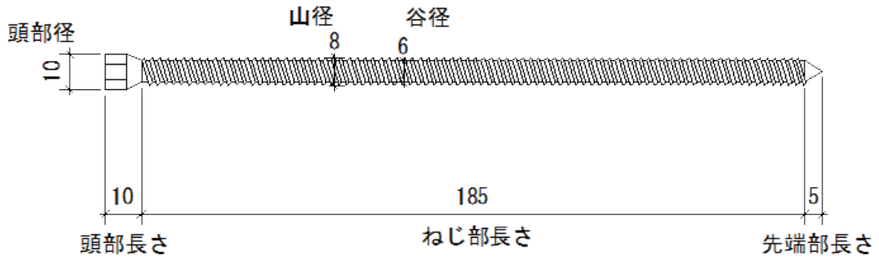
柱脚部接合、筋かい端部接合、梁端部接合、トラス接合部などに用いることが可能である。

## 構造用ビス

一般的な木造住宅から大規模木造建築まで、様々な構造において用いられている。使用部位としては、下地材、根太、垂木、床板、接合金物など多岐にわたる。

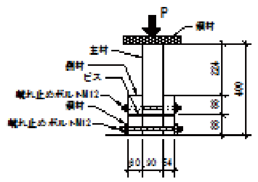
一般的に、ねじ接合はおねじ及びめねじから形成される。ボルト・ナットの場合、おねじとめねじはともに部品として作られるため、あらかじめ形状を一致させる必要がある。そのため JIS 規格に準じた製品がほとんどとなる。しかし、木材用のビスの場合、めねじはビスの打ち込み時に形成されるため、おねじの形状は比較的自由となる。そのため、さまざまな用途に応じたビスがメーカーごとに開発されている。

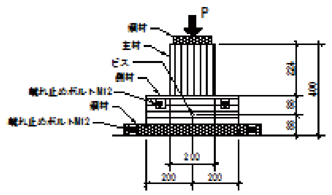
今回の実験に用いたビスは、東日本パワーファスニング株式会社製パネリード X である。その寸法、形状を下図に示す。構造用に用いるビスを選定する際には、ねじ山径と長さだけでなく、様々な因子を総合的に判断することが重要である。




ビス各部の寸法（パネリード X）

## ●姿図・寸法





【使用材料】
主材 200mm × 90mm、側材① 176mm × 60mm、側材② 176mm × 54mm（カラマツ E105-F300）
接合具　長ビス（パネリード X）φ 8

## ●適用条件

ビスの径を d として、端距離≧ 7d、縁距離≧ 4d を守る。

## ●概要

パネリード X の 2 面せん断試験を行った。主材、側材の繊維方向に対する加力の方向をパラメータにとり、主材に対する加力方向が 0°のタイプ a（本仕様）は 12 体、90°のタイプ b は 7 体用意した。試験体仕様は合計 2 パターン、総試験体数は 19 体である。両タイプとも主材と側材の繊維方向は直交している。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

パネリード X（東日本パワーファスニング株式会社）

## ●問い合わせ先

東大農学部木質材料学研究室　TEL：03-5841-5253

## ●理論式

木質構造接合部設計マニュアルの構造用ビスの項に従い、ビス 2 面せん断の 1 本あたりの剛性、降伏耐力を計算する。マニュアルでは 1 面せん断の推定式しか示されていないため、長ビスを主材の中心で 2 本に分け、両側からビスを打ち込んだ 2 か所の 1 面せん断として考えた。表裏それぞれで 1 面せん断の剛性、耐力を計算し、2 面せん断の剛性は両者の和、耐力は両者のうちで小さい方とした。

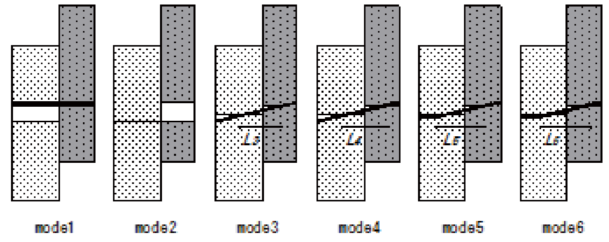
## ●計算式

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ビス | 主材における有効径 | d1 | (mm) | |
| | 側材における有効径 | d2 | (mm) | |
| | ヤング係数 | E | (N/mm2) | 205000 |
| | 全塑性モーメント | Mp | (Nmm) | 5510 |
| | 材料間の静止摩擦係数 | μ | | 0.8 |
| | 初期軸力 | Pax-ini | (N) | =min.(Phead-ini,Ppull) |
| | 頭部のめり込み抵抗 | Phead | (N) | 2020 |
| | 引き抜き抵抗 | Ppull | (N) | 2450 |
| | 摩擦力 | Pf | (N) | =μ × Pax-ini |
| | 曲げ強度 | Fbf | (N/mm2) | 235 |
| 主材(柱)カラマツE105-F300 | ヤング係数 | E01 | (N/mm2) | 10500 |
| | 繊維方向面圧降伏応力 | Fe01 | (N/mm2) | 25.4 |
| | 直行方向面圧降伏応力度 | Fe901 | (N/mm2) | 12.7 |
| | 繊維方向面圧定数 | kE01 | (N/mm3) | =Fe01/(31.6+10.9 × d1) |
| | 直行方向面圧定数 | kE901 | (N/mm3) | =kE01/3.4 |
| | 厚さ | t1 | (mm) | 45 |
| 側材(梁)カラマツE105-F300 | ヤング係数 | E02 | (N/mm2) | 10500 |
| | 繊維方向面圧降伏応力 | Fe02 | (N/mm2) | 25.4 |
| | 直行方向面圧降伏応力度 | Fe902 | (N/mm2) | 12.7 |
| | 繊維方向面圧定数 | kE02 | (N/mm3) | =Fe02/(31.6+10.9 × d2) |
| | 直行方向面圧定数 | kE902 | (N/mm3) | =kE02/3.4 |
| | 厚さ | t2 | (mm) | 60 |
| EYT式用 | 有効径比 | φ | | =d2/d1 |
| | 材料厚さの比 | α | | =t2/t1 |
| | My=Z*Fbf | My | (Nmm) | =Z × Fbf |

| | | | タイプa | タイプb |
|---|---|---|---|---|
| 主材側の荷重角度 | θ1 | 度 | 0 | 90 |
| 側材側の荷重角度 | θ2 | 度 | 90 | 0 |
| 主材側の面圧降伏応力 | Fe1 | (N/mm2) | =Fe01 | =Fe901 |
| 側材側の面圧降伏応力 | Fe2 | (N/mm2) | =Fe902 | =Fe02 |
| 面圧降伏応力の比 | β | | $=\frac{F_{e2}}{F_{e1}}$ | |
| 主材側の面圧定数 | ke1 | (N/mm3) | $=\frac{E_1}{31.6+10.9d}$ | $=\frac{E_1}{31.6+10.9d}\times\frac{1}{3.4}$ |
| 側材側の面圧定数 | ke2 | (N/mm3) | $=\frac{E_2}{31.6+10.9d}\times\frac{1}{3.4}$ | $=\frac{E_2}{31.6+10.9d}$ |
| 面圧定数の比 | γ | | $=\frac{k_{e2}}{k_{e1}}$ | |
| 主材側の有効剛体長さ | tef1 | mm | $=\min\left\{t_1, \left(\frac{\pi E d^4}{k_{e1}}\right)^{\frac{1}{4}}\right\}$ | |
| 側材側の有効剛体長さ | tef2 | mm | $=\min\left\{t_2, \left(\frac{\pi E d^4\phi^4}{k_{e2}}\right)^{\frac{1}{4}}\right\}$ | |
| 初期剛性 | Ks | (N/mm) | $=\frac{4k_{e1}t_{ef1}\alpha\gamma\theta(1+\alpha^3\gamma\theta)}{1+4\alpha\gamma\theta+6\alpha^2\gamma\theta+4\alpha^3\gamma\theta+\alpha^4\gamma^2\theta^2}\times 0.9$ | |
| 接合具の回転中心距離or塑性ヒンジ距離(n=3～6) | Ln | (mm) | $=\begin{cases}3) L_3=\frac{t_1}{2\beta\theta}\left\{\sqrt{\alpha^2\beta^2\theta^2+2\beta^2\theta^2(\alpha^2+\alpha+1)}-\beta\theta\right\}\\4) L_4=\frac{t_1}{2\beta\theta}\sqrt{\frac{8M_y\beta\theta^2(\beta\theta+2)}{F_e d t_1^2}+2\beta\theta(\beta\theta+1)}\\5) L_5=\frac{t_1}{2\beta\theta}\sqrt{\frac{8M_y\beta\theta(2\beta\theta+1)}{F_e d t_1^2}+2\alpha^2\beta^2\theta^2(\beta\theta+1)}\\6) L_6=\frac{1}{\beta\theta}\sqrt{\frac{8M_y(1+\phi^3)\beta\theta(\beta\theta+1)}{F_e d}}\end{cases}$ | |
| ビス1面せん断接合の降伏耐力 | Pyf | (N) | $=\min\begin{cases}1) F_e d\times t_1\\2) F_e d\times t_1\alpha\beta\theta\\3) F_e d\times\frac{\beta\theta}{\beta\theta+1}(2L_3-(\alpha+1)t_1)\\4) F_e d\times\frac{\beta\theta}{\beta\theta+2}(2L_4-t_1)\\5) F_e d\times\frac{\beta\theta}{2\beta\theta+1}(2L_5-\alpha t_1)\\6) F_e d\times\frac{\beta\theta}{\beta\theta+1}L_6\end{cases}$ | |
| 降伏変位 | δy | (mm) | $=\frac{P_y}{K_s}$ | |
| Pyf+Pf | Py | (N) | =Pyf+Pf | |



## ●モデル化

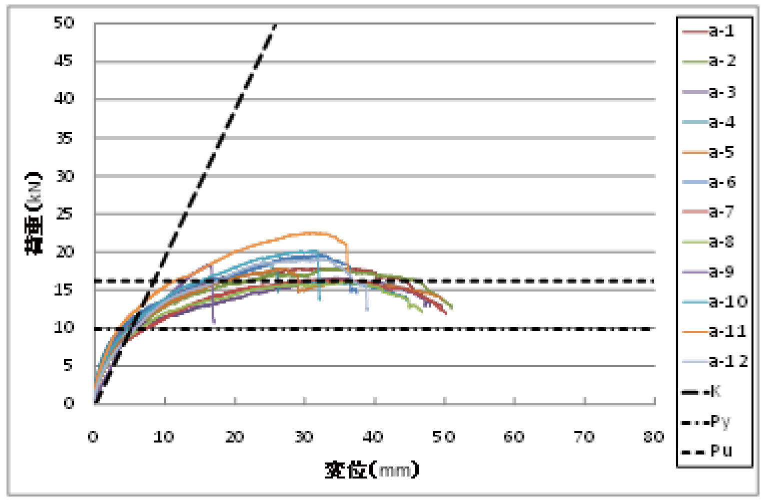



ビス 1 面せん断の各降伏モード

## ●特性値

| | | ρ (g/cm3) | K (kN/mm) | Pmax (kN) | Py (kN) | δy (mm) | Pu (kN) | δu (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0° /90° タイプ a | a-1 | 0.50 | 2.12 | 17.91 | 10.09 | 4.76 | 16.54 | 46.67 |
| | a-2 | 0.50 | 1.54 | 17.85 | 10.65 | 6.93 | 16.44 | 48.88 |
| | a-3 | 0.52 | 1.84 | 16.57 | 9.29 | 5.06 | 14.66 | 47.11 |
| | a-4 | 0.53 | 2.65 | 18.53 | 9.85 | 3.72 | 15.66 | 26.13 |
| | a-5 | 0.49 | 1.83 | 17.78 | 9.53 | 5.22 | 15.75 | 48.83 |
| | a-6 | 0.49 | 2.19 | 19.56 | 10.87 | 4.96 | 17.32 | 36.50 |
| | a-7 | 0.49 | 1.82 | 16.38 | 8.22 | 4.52 | 14.76 | 48.64 |
| | a-8 | 0.48 | 1.69 | 16.01 | 9.25 | 5.49 | 14.72 | 44.86 |
| | a-9 | 0.48 | 1.95 | 18.31 | 8.75 | 4.49 | 15.11 | 16.72 |
| | a-10 | 0.64 | 1.86 | 20.12 | 10.65 | 5.72 | 17.95 | 31.90 |
| | a-11 | 0.59 | 2.30 | 22.50 | 11.72 | 5.09 | 19.91 | 36.00 |
| | a-12 | 0.62 | 1.61 | 19.00 | 10.81 | 6.72 | 17.42 | 38.75 |
| | Ave. | 0.53 | 1.95 | 18.38 | 9.97 | 5.22 | 16.35 | 39.25 |
| | S.D | 0.05 | 0.30 | 1.72 | 0.97 | 0.87 | 1.52 | 9.89 |
| 90° /0° | b-1 | 0.50 | 1.95 | 17.53 | 9.66 | 4.95 | 16.50 | 45.37 |
| | b-2 | 0.49 | 2.09 | 16.10 | 8.58 | 4.11 | 14.61 | 68.83 |
| | b-3 | 0.51 | 2.29 | 16.72 | 8.54 | 3.73 | 14.70 | 63.26 |
| | b-4 | 0.52 | 2.27 | 17.85 | 9.71 | 4.28 | 16.63 | 36.36 |
| | b-5 | 0.49 | 1.92 | 19.31 | 10.88 | 5.66 | 17.84 | 33.42 |
| | b-6 | 0.48 | 1.68 | 16.66 | 9.35 | 5.57 | 15.12 | 54.26 |
| | b-7 | 0.51 | 2.01 | 14.82 | 7.84 | 3.89 | 13.31 | 55.31 |
| | Ave. | 0.49 | 2.03 | 17.00 | 9.22 | 4.60 | 15.53 | 50.97 |
| | S.D. | 0.14 | 0.20 | 1.31 | 0.92 | 0.74 | 1.42 | 12.26 |
| | a_b.Ave. | 0.51 | 1.99 | 17.69 | 9.60 | 4.91 | 15.94 | 45.11 |

## ●荷重変形

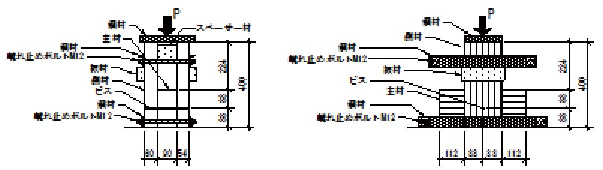



## ●破壊性状

・ビスの終局、破断。ビス先端の抜け。

（a-4）

## ●姿図・寸法



【使用材料】
主材 200mm × 90mm、側材① 176mm × 60mm、側材② 176mm × 54mm（カラマツ E105-F300）
接合具　長ビス（パネリードＸ）φ 8

## ●適用条件

ビスの径をｄとして、端距離≧ 7d、縁距離≧ 4d を守る。

## ●概要

パネリードＸの２面せん断試験を行った。主材、側材の繊維方向に対する加力の方向をパラメータにとり、主材に対する加力方向が 0°のタイプａは 12 体、90°のタイプｂ（本仕様）は７体用意した。試験体仕様は合計２パターン、総試験体数は 19 体である。両タイプとも主材と側材の繊維方向は直交している。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

パネリードＸ（東日本パワーファスニング株式会社）

## ●問い合わせ先

東大農学部木質材料学研究室　TEL：03-5841-5253

## ●理論式

木質構造接合部設計マニュアルの構造用ビスの項に従い、ビス２面せん断の１本あたりの剛性、降伏耐力を計算する。マニュアルでは１面せん断の推定式しか示されていないため、長ビスを主材の中心で２本に分け、両側からビスを打ち込んだ２か所の１面せん断として考えた。表裏それぞれで１面せん断の剛性、耐力を計算し、２面せん断の剛性は両者の和、耐力は両者のうちで小さい方とした。

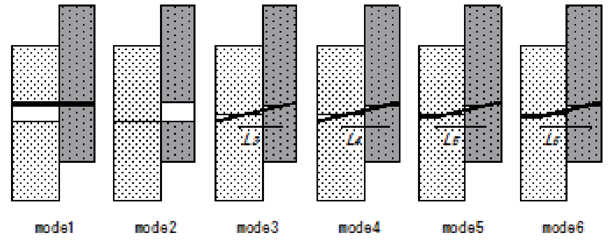
## ●計算式

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ビス | 主材における有効径 | d1 | (mm) | |
| | 側材における有効径 | d2 | (mm) | |
| | ヤング係数 | E | (N/mm2) | 205000 |
| | 全塑性モーメント | Mp | (Nmm) | 5510 |
| | 材料間の静止摩擦係数 | μ | | 0.8 |
| | 初期軸力 | Pax-ini | (N) | =min.(Phead-ini,Ppull) |
| | 頭部のめり込み抵抗 | Phead | (N) | 2020 |
| | 引き抜き抵抗 | Ppull | (N) | 2450 |
| | 摩擦力 | Pf | (N) | =μ × Pax-ini |
| | 曲げ強度 | Fbf | (N/mm2) | 235 |
| 主材（柱）カラマツ E105-F300 | ヤング係数 | E01 | (N/mm2) | 10500 |
| | 繊維方向面圧降伏応力 | Fe01 | (N/mm2) | 25.4 |
| | 直行方向面圧降伏応力度 | Fe901 | (N/mm2) | 12.7 |
| | 繊維方向面圧定数 | kE01 | (N/mm3) | =Fe01/(31.6+10.9 × d1) |
| | 直行方向面圧定数 | kE901 | (N/mm3) | =kE01/3.4 |
| | 厚さ | t1 | (mm) | 45 |
| 側材（梁）カラマツ E105-F300 | ヤング係数 | E02 | (N/mm2) | 10500 |
| | 繊維方向面圧降伏応力 | Fe02 | (N/mm2) | 25.4 |
| | 直行方向面圧降伏応力度 | Fe902 | (N/mm2) | 12.7 |
| | 繊維方向面圧定数 | kE02 | (N/mm3) | =Fe02/(31.6+10.9 × d2) |
| | 直行方向面圧定数 | kE902 | (N/mm3) | =kE02/3.4 |
| | 厚さ | t2 | (mm) | 60 |
| EYT式用 | 有効径比 | φ | | =d2/d1 |
| | 材料厚さの比 | α | | =t2/t1 |
| | My=Z*Fbf | My | (Nmm) | =Z × Fbf |

| | | | タイプa | タイプb |
|---|---|---|---|---|
| 主材側の荷重角度 | β1 | 度 | 0 | 90 |
| 側材側の荷重角度 | β2 | 度 | 90 | 0 |
| 主材側の面圧降伏応力 | Fe1 | (N/mm2) | =Fe01 | =Fe901 |
| 側材側の面圧降伏応力 | Fe2 | (N/mm2) | =Fe902 | =Fe02 |
| 面圧降伏応力の比 | β | | $=\frac{F_{e2}}{F_{e1}}$ | |
| 主材側の面圧定数 | ke1 | (N/mm3) | $=\frac{E_1}{31.6+10.9d}$ | $=\frac{E_1}{31.6+10.9d}\times\frac{1}{3.4}$ |
| 側材側の面圧定数 | ke2 | (N/mm3) | $=\frac{E_2}{31.6+10.9d}\times\frac{1}{3.4}$ | $=\frac{E_2}{31.6+10.9d}$ |
| 面圧定数の比 | γ | | $=\frac{k_{e2}}{k_{e1}}$ | |
| 主材側の有効剛体長さ | tef1 | mm | $=\min\left\{t_1,\left(\frac{\pi E d^4}{k_{e1}}\right)^{\frac{1}{4}}\right\}$ | |
| 側材側の有効剛体長さ | tef2 | mm | $=\min\left\{t_2,\left(\frac{\pi E d^4 \varphi^4}{k_{e2}}\right)^{\frac{1}{4}}\right\}$ | |
| 初期剛性 | Ks | (N/mm) | $=\frac{dk_{e1}t_{ef1}\alpha\gamma\theta(1+\alpha^3\gamma\theta)}{1+4\alpha\gamma\theta+6\alpha^2\gamma\theta+4\alpha^3\gamma\theta+\alpha^4\gamma^2\theta^2}\times 0.9$ | |
| 接合具の回転中心距離or塑性ヒンジ距離(n=3~6) | Ln | (mm) | $=\begin{cases}3)\ L_3=\frac{t_1}{2\beta\theta}\sqrt{\alpha^2\beta^2\theta^2+2\beta^2\theta^2(\alpha^2+\alpha+1)+\beta\theta}\\4)\ L_4=\frac{t_1}{2\beta\theta}\sqrt{\frac{8M_y\beta\theta^2(\beta\theta+2)}{F_{e1}dt_1^2}+2\beta\theta(\beta\theta+1)}\\5)\ L_5=\frac{t_1}{2\beta\theta}\sqrt{\frac{8M_y\beta\theta(2\beta\theta+1)}{F_{e1}dt_1^2}+2\alpha^2\beta^2\theta^2(\beta\theta+1)}\\6)\ L_6=\frac{1}{\beta\theta}\sqrt{\frac{2M_y(1+\varphi^3)\beta\theta(\beta\theta+1)}{F_{e1}d}}\end{cases}$ | |
| ビス1面せん断接合の降伏耐力 | Pyf | (N) | $=\min\begin{cases}1)\ F_{e1}d\times t_1\\2)\ F_{e1}d\times t_1\alpha\beta\theta\\3)\ F_{e1}d\times\frac{\beta\theta}{\beta\theta+1}(2L_3-(\alpha+1)t_1)\\4)\ F_{e1}d\times\frac{\beta\theta}{\beta\theta+2}(2L_4-t_1)\\5)\ F_{e1}d\times\frac{\beta\theta}{2\beta\theta+1}(2L_5-\alpha t_1)\\6)\ F_{e1}d\times\frac{\beta\theta}{\beta\theta+1}L_6\end{cases}$ | |
| 降伏変位 | δy | (mm) | $=\frac{P_y}{K_s}$ | |
| Pyf+Pf | Py | (N) | =Pyf+Pf | |



## ●モデル化

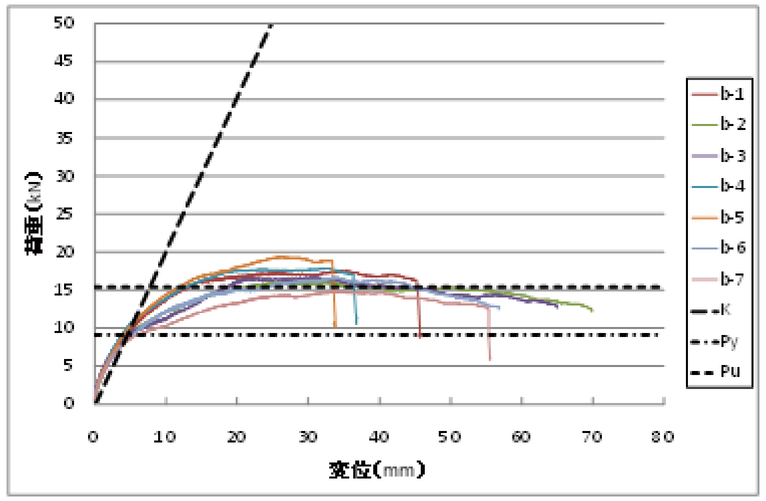



ビス１面せん断の各降伏モード

## ●特性値

| | | ρ (g/cm3) | K (kN/mm) | Pmax (kN) | Py (kN) | δy (mm) | Pu (kN) | δu (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0° /90° | a−1 | 0.50 | 2.12 | 17.91 | 10.09 | 4.76 | 16.54 | 46.67 |
| | a−2 | 0.50 | 1.54 | 17.85 | 10.65 | 6.93 | 16.44 | 48.88 |
| | a−3 | 0.52 | 1.84 | 16.57 | 9.29 | 5.06 | 14.66 | 47.11 |
| | a−4 | 0.53 | 2.65 | 18.53 | 9.85 | 3.72 | 15.66 | 26.13 |
| | a−5 | 0.49 | 1.83 | 17.78 | 9.53 | 5.22 | 15.75 | 48.83 |
| | a−6 | 0.49 | 2.19 | 19.56 | 10.87 | 4.96 | 17.32 | 36.50 |
| | a−7 | 0.49 | 1.82 | 16.38 | 8.22 | 4.52 | 14.76 | 48.64 |
| | a−8 | 0.48 | 1.69 | 16.01 | 9.25 | 5.49 | 14.72 | 44.86 |
| | a−9 | 0.48 | 1.95 | 18.31 | 8.75 | 4.49 | 15.11 | 16.72 |
| | a−10 | 0.64 | 1.86 | 20.12 | 10.65 | 5.72 | 17.95 | 31.90 |
| | a−11 | 0.59 | 2.30 | 22.50 | 11.72 | 5.09 | 19.91 | 36.00 |
| | a−12 | 0.62 | 1.61 | 19.00 | 10.81 | 6.72 | 17.42 | 38.75 |
| | Ave. | 0.53 | 1.95 | 18.38 | 9.97 | 5.22 | 16.35 | 39.25 |
| | S.D | 0.05 | 0.30 | 1.72 | 0.97 | 0.87 | 1.52 | 9.89 |
| 90° /0° タイプｂ | b−1 | 0.50 | 1.95 | 17.53 | 9.66 | 4.95 | 16.50 | 45.37 |
| | b−2 | 0.49 | 2.09 | 16.10 | 8.58 | 4.11 | 14.61 | 68.83 |
| | b−3 | 0.51 | 2.29 | 16.72 | 8.54 | 3.73 | 14.70 | 63.26 |
| | b−4 | 0.52 | 2.27 | 17.85 | 9.71 | 4.28 | 16.63 | 36.36 |
| | b−5 | 0.49 | 1.92 | 19.31 | 10.88 | 5.66 | 17.84 | 33.42 |
| | b−6 | 0.48 | 1.68 | 16.66 | 9.35 | 5.57 | 15.12 | 54.26 |
| | b−7 | 0.51 | 2.01 | 14.82 | 7.84 | 3.89 | 13.31 | 55.31 |
| | Ave. | 0.49 | 2.03 | 17.00 | 9.22 | 4.60 | 15.53 | 50.97 |
| | S.D. | 0.14 | 0.20 | 1.31 | 0.92 | 0.74 | 1.42 | 12.26 |
| | a,b Ave. | 0.51 | 1.99 | 17.69 | 9.60 | 4.91 | 15.94 | 45.11 |

## ●荷重変形




## ●破壊性状

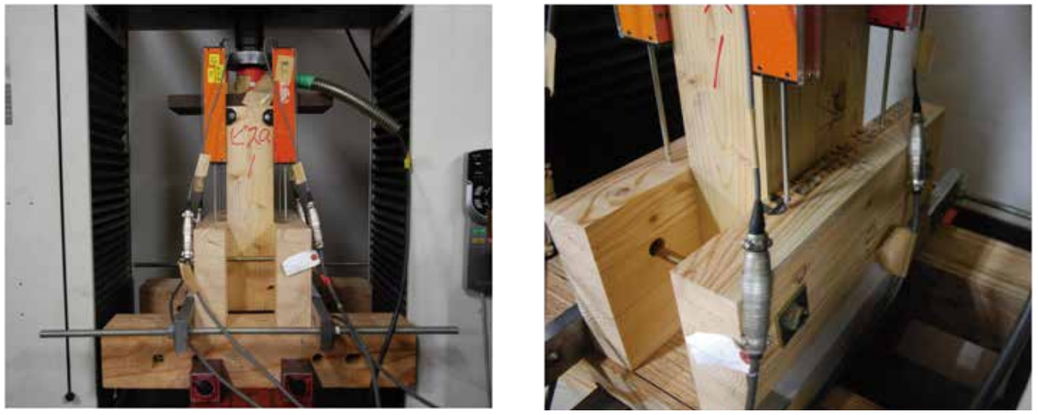
・ビスの終局、破断。ビス先端の抜け。

(b-2)

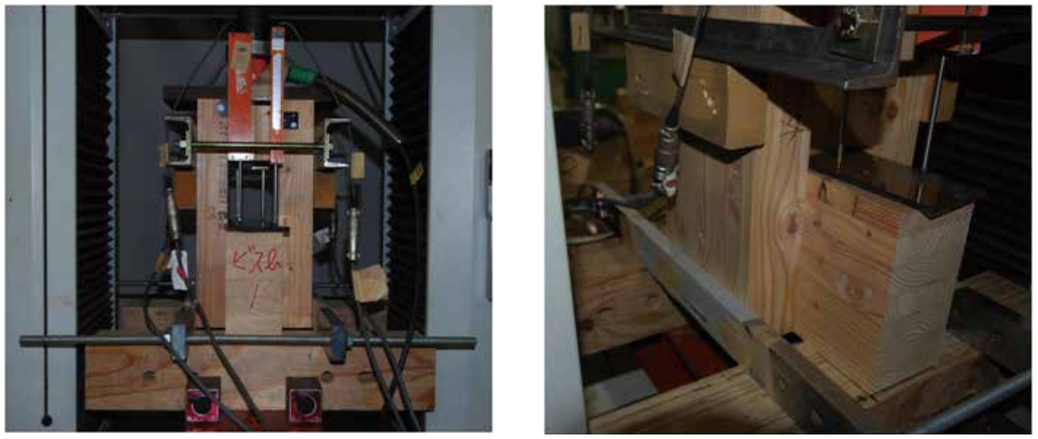
タイプａのうち a-1~a-6 とタイプｂの b-7 はビスを打ち込んだその日に試験をしたもので、a-7~a-12 と b-1~b-6 はビスを打ち込んだ翌日に試験をしたものである。また、a-10~a-12 の３体は、試験体材料数の関係で、木栓の２面せん断試験で用いた試験体と同じ材、同じ寸法で行うことになったが、試験に影響はないと考えた。

破壊性状については、木栓の場合と異なり母材の割裂破壊は起こらず、すべてビスの終局で試験が終了した。特に a-4、a-5、a-6、a-9、a-10、a-11、a-12、b-1、b-4、b-5、b-7 はビスがせん断面で破断したことで急激な荷重低下を示した。また b-2、b-3 はビスの先端側の側材からビスが激しく抜け出てきて、離れ止めを緩めただけで側材が倒れた。

荷重変位曲線の傾向としては、降伏は早いが終局変位の大きい粘り強い挙動を示すものが多かったが、a-4、a-5、a-6、a-9、a-10、a-11、a-12、b-1、b-4、b-5、b-7 はビスがせん断面で破断したために急激な荷重低下を示した。繊維方向に対する加力方向による違いはあまり見られなかったため、この結果を用いて実大試験体の性能を推定する際には、ハンキンソン式を用いるのではなく、タイプａ、タイプｂを合わせた平均値を用いた。ビスを打ち込んだその日に試験をしたものと翌日に試験をしたものとの間でも違いはあまり見られなかった。また、母材密度の高いものは若干最大耐力が高くなる傾向にあった。



タイプａ

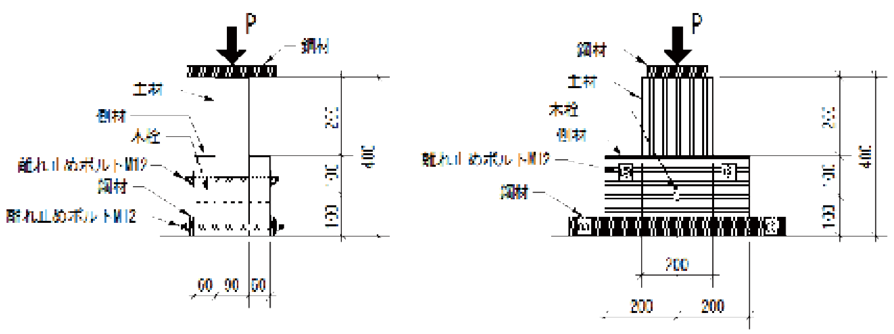


タイプｂ

## 木栓（シラカシ）

木材同士のせん断接合に用いられる木材、もしくは木質材料。鋼板と木材の先穴の誤差が避けられない鋼板挿入ドリフトピン等に比べ、現場で穴あけして打ち込めるため、ほぼクリアランス無く納めることが可能である。木栓のせん断強さは比重に依存するため、本実験では、国産広葉樹の中でも最も比重の大きい部類に属するシラカシの円形木栓を用いた。円形断面としたのは、穴の角での応力集中がなく母材を割裂させにくいこと、穴の施工誤差が出にくいこと、など利点が多いことを考慮したものである。

## ●姿図・寸法




タイプ a

【使用材料】

主材 200mm × 90mm、

側材 200mm × 60mm

（カラマツ　E105-F300）

接合具　シラカシ木栓　φ 24

## ●適用条件

木栓の径を d として、端距離≧ 7d、縁距離≧ 4d を守る。

## ●概要

シラカシ木栓の 2 面せん断試験を行った。木栓の径と、主材、側材の繊維方向に対する加力の方向をパラメータにとり、各仕様について 6 つの試験体を用意した。試験体仕様は合計 4 パターン、総試験体数は 24 体である。タイプ a は主材の繊維方向に対する加力の方向が 0° とし、主材と側材の繊維方向は直交している。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連会社で普通に入手可能）

## ●問い合わせ先

東大農学部木質材料学研究室 03-5841-5253

## ●理論式

木質構造接合部設計マニュアルの木ダボ接合（せん断抵抗型）の項に従い、木栓 2 面せん断の 1 本あたりの剛性、降伏耐力を計算する。

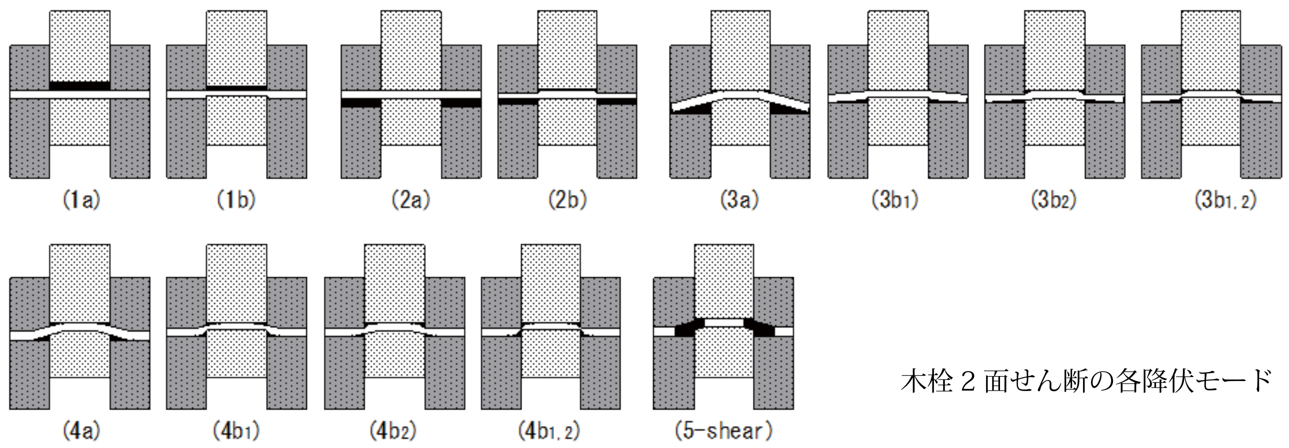
## ●計算式

以下に計算式を示す。

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 木栓 シラカシ | 密度 | ρ | (10^3kg/m3) | |
| | 径 | d | (mm) | |
| | 主材中心までの埋込長さ | L1 | (mm) | 45 |
| | 側材側の埋込長さ | L2 | (mm) | 60 |
| | ヤング係数 | E0f | (N/mm2) | 2100+13700 ρ |
| | 曲げ強度 | Fbf | (N/mm2) | 81+136 ρ |
| | めり込み強度 | Fcvf | (N/mm2) | =-8.2+35.4 ρ |
| | せん断強度 | Fsf | (N/mm2) | =(-7.7+100 ρ) × d^(-0.4) |
| | めり込み剛性 | kcvf | (N/mm3) | E0f/(11 × d) |
| 主材（柱） カラマツ E105 F300 | ヤング係数 | E01 | (N/mm2) | 10500 |
| | 繊維方向面圧降伏応力 | Fe01 | (N/mm2) | 25.4 |
| | 直交方向面圧降伏応力 | Fe901 | (N/mm2) | 12.7 |
| | 繊維方向面圧剛性 | kE01 | (N/mm3) | E01/(31.6+10.9 × d) |
| | 直交方向面圧剛性 | kE901 | (N/mm3) | =kE01/3.4 |
| | 厚さ | t1 | (mm) | 90 |
| 側材（梁） カラマツ E105 F300 | ヤング係数 | E02 | (N/mm2) | 10500 |
| | 繊維方向面圧降伏応力 | Fe02 | (N/mm2) | 25.4 |
| | 直交方向面圧降伏応力 | Fe902 | (N/mm2) | 12.7 |
| | 繊維方向面圧剛性 | kE02 | (N/mm3) | E02/(31.6+10.9 × d) |
| | 直交方向面圧剛性 | kE902 | (N/mm3) | =kE02/3.4 |
| | 厚さ | t2 | (mm) | 60 |
| EYT式用 | α =L2/t1 | α | | L2/t1 |
| | I=π d^3/32 | I | (mm3) | =π d^3/32 |
| | My=I*Fbf | My | (Nmm) | =I × Fbf |

| | | | タイプa | タイプb |
|---|---|---|---|---|
| 主材側の荷重角度 | θ1 | 度 | 0 | 90 |
| 側材側の荷重角度 | θ2 | 度 | 90 | 0 |
| 主材側の面圧降伏応力 | Fe1 | (N/mm2) | Fe01 | Fe901 |
| 側材側の面圧降伏応力 | Fe2 | (N/mm2) | Fe902 | Fe02 |
| 主材側の面圧剛性 | ke1 | (N/mm3) | $\frac{E_0}{31.6+10.9d}$ | $\frac{E_0}{31.6+10.9d}\times\frac{1}{3.4}$ |
| 側材側の面圧剛性 | ke2 | (N/mm3) | $=\frac{E_0}{31.6+10.9d}\times\frac{1}{3.4}$ | $=\frac{E_0}{31.6+10.9d}$ |
| 主材側複合面圧定数 | kcp1 | (N/mm3) | $=\frac{k_{e1}\times\alpha_1 k_{cvf}}{k_{e1}+\alpha_1 k_{cvf}}$ | |
| 側材側複合面圧定数 | kcp2 | (N/mm3) | $\frac{k_{e2}\times\alpha_2 k_{cvf}}{k_{e2}+\alpha_2 k_{cvf}}$ | |
| 主材での片側剛性 | K1 | (N/mm) | $=\min\left\{ dk_{cp1}L_1,\ \frac{1}{3}(Ed^3k_{cp1}^3)^{\frac{1}{4}}\times\left(1+0.188\times\eta\sqrt{\frac{k_{cp1}d}{E}}\right)^{\frac{1}{4}} \right.$ | |
| 側材での片側剛性 | K2 | (N/mm) | $=\min\left\{ dk_{cp2}L_2,\ \frac{1}{3}(Ed^3k_{cp2}^3)^{\frac{1}{4}}\times\left(1+0.188\times\eta\sqrt{\frac{k_{cp2}d}{E}}\right)^{\frac{1}{4}} \right.$ | |
| 木栓2面せん断接合のせん断剛性 | Kt | (N/mm) | $2\times\frac{K_1K_2}{K_1+K_2}$ | |
| 主材側複合面圧降伏応力 | Fecp1 | (N/mm2) | $=\min\{F_{e1},\alpha_F F_{cvf}\}$ | |
| 側材側複合面圧降伏応力 | Fecp2 | (N/mm2) | $=\min\{F_{e2},\alpha_F F_{cvf}\}$ | |
| 複合面圧降伏応力の比 | β | | $\frac{F_{ecp2}}{F_{ecp1}}$ | |
| 木栓2面せん断接合の降伏耐力 | Pyt | (N) | $\min\left\{ \begin{array}{l} 1)\ dt_1F_{ecp1} \\ 2)\ dt_1F_{ecp1}\times 2\alpha\beta \\ 3)\ dt_1F_{ecp1}\times\left[\sqrt{\frac{16\beta M_y}{dt_1^2F_{ecp1}(2\beta+1)}+\frac{8\alpha^2\beta^2(\beta+1)}{(2\beta+1)^2}}-\frac{2\alpha\beta}{2\beta+1}\right] \\ 4)\ \sqrt{\frac{16dF_{ecp1}M_y\beta}{1+\beta}} \\ 5)\ \frac{2\times A\times F_s}{\kappa} \end{array} \right.$ | |

## ● モデル化



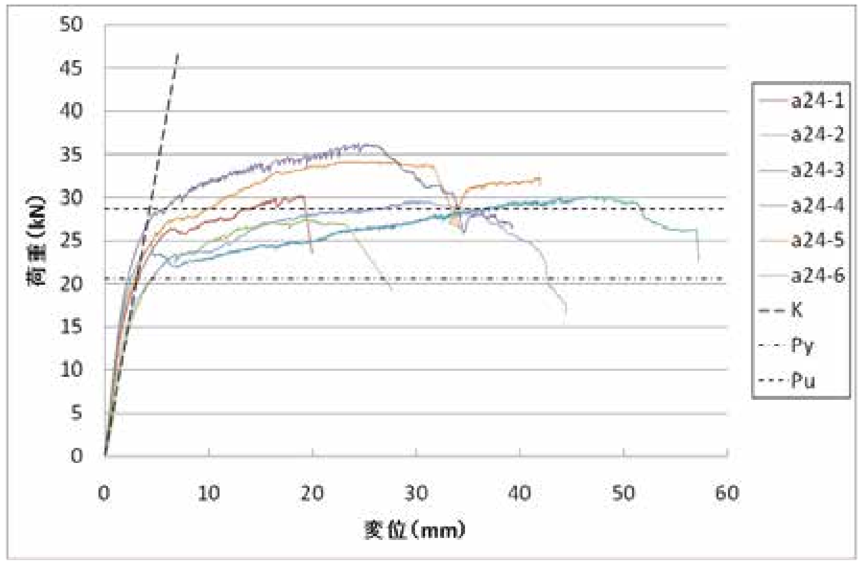

木栓２面せん断の各降伏モード

## ● 特性値

| | | ρ1 (g/cm3) | ρ2 (g/cm3) | K (kN/mm) | Pmax (kN) | Py (kN) | δy (mm) | Pu (kN) | δu (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| φ24 0° /90° | a24-1 | 0.54 | 0.92 | 7.09 | 30.17 | 19.28 | 2.72 | 27.69 | 19.16 |
| | a24-2 | 0.54 | 0.95 | 5.72 | 27.47 | 16.92 | 2.96 | 25.49 | 23.28 |
| | a24-3 | 0.60 | 0.97 | 8.04 | 36.27 | 23.70 | 2.95 | 33.07 | 33.66 |
| | a24-4 | 0.57 | 0.91 | 6.78 | 30.07 | 23.39 | 3.45 | 26.91 | 56.49 |
| | a24-5 | 0.55 | 0.97 | 6.70 | 34.10 | 21.83 | 3.26 | 31.91 | 31.68 |
| | a24-6 | 0.53 | 0.83 | 5.60 | 29.58 | 18.42 | 3.29 | 26.91 | 41.96 |
| | Ave. | 0.55 | 0.92 | 6.66 | 31.27 | 20.59 | 3.10 | 28.66 | 34.37 |
| | S.D. | 0.02 | 0.05 | 0.83 | 2.97 | 2.54 | 0.25 | 2.80 | 12.31 |

ρ 1、ρ 2 はそれぞれ母材、木栓の密度

## ● 荷重変形

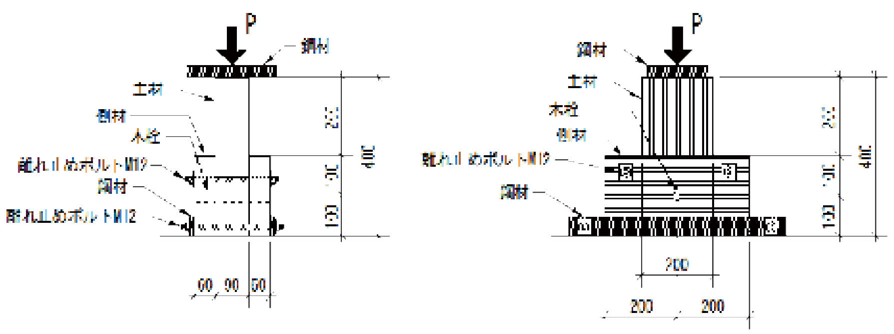



## ● 破壊性状

・モード 4 の破壊。母材の割裂。

a24-1

**●姿図・寸法**




タイプ a
【使用材料】
主材 200mm × 90mm、
側材 200mm × 60mm
（カラマツ　E105-F300）
接合具　シラカシ木栓　φ 18

**●適用条件**

木栓の径を d として、端距離≧ 7d、縁距離≧ 4d を守る。

**●概要**

シラカシ木栓の 2 面せん断試験を行った。木栓の径と、主材、側材の繊維方向に対する加力の方向をパラメータにとり、各仕様について 6 つの試験体を用意した。試験体仕様は合計 4 パターン、総試験体数は 24 体である。タイプ a は主材の繊維方向に対する加力の方向が 0°とし、主材と側材の繊維方向は直交している。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

シラカシ木栓（一般の木材関連会社で普通に入手可能）

**●問い合わせ先**

東大農学部木質材料学研究室 03-5841-5253

**●理論式**

木質構造接合部設計マニュアルの木ダボ接合（せん断抵抗型）の項に従い、木栓 2 面せん断の 1 本あたりの剛性、降伏耐力を計算する。

**●計算式**

以下に計算式を示す。

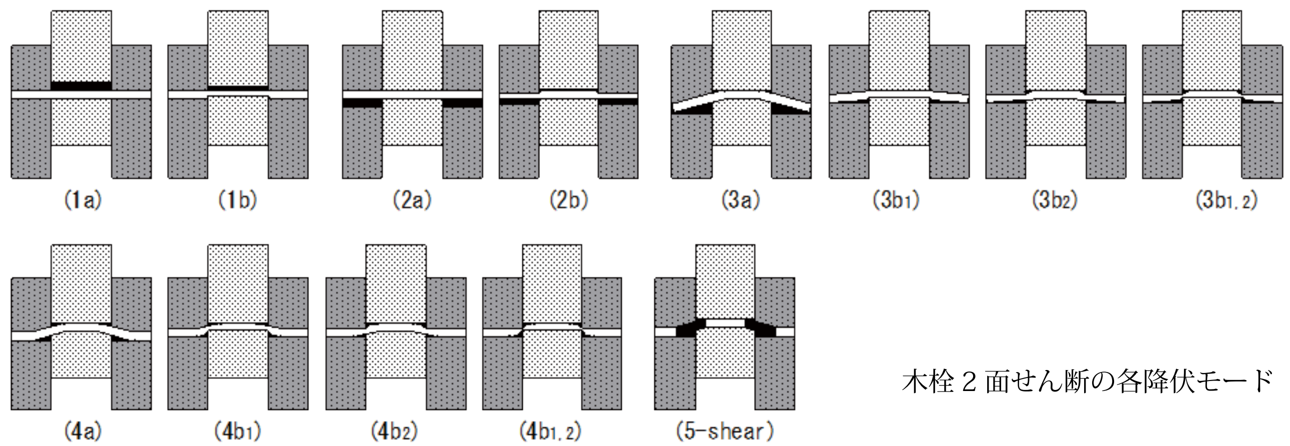
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 木栓 シラカシ | 密度 | ρ | (10^3kg/m3) | |
| | 径 | d | (mm) | |
| | 主材中心までの埋込長さ | l1 | (mm) | 45 |
| | 側材側の埋込長さ | L2 | (mm) | 60 |
| | ヤング係数 | E0f | (N/mm2) | 2100+13700ρ |
| | 曲げ強度 | Fbf | (N/mm2) | 81+136ρ |
| | めり込み強度 | Fcvf | (N/mm2) | =-8.2+35.4ρ |
| | せん断強度 | Fsf | (N/mm2) | =(-7.7+100ρ)×d^(-0.4) |
| | めり込み剛性 | kcvf | (N/mm3) | E0f/(11×d) |
| 主材（柱）カラマツ E105 F300 | ヤング係数 | E01 | (N/mm2) | 10500 |
| | 繊維方向面圧降伏応力 | Fe01 | (N/mm2) | 25.4 |
| | 直交方向面圧降伏応力 | Fe901 | (N/mm2) | 12.7 |
| | 繊維方向面圧剛性 | kE01 | (N/mm3) | E01/(31.6+10.9×d) |
| | 直交方向面圧剛性 | kE901 | (N/mm3) | =kE01/3.4 |
| | 厚さ | t1 | (mm) | 90 |
| 側材（梁）カラマツ E105 F300 | ヤング係数 | E02 | (N/mm2) | 10500 |
| | 繊維方向面圧降伏応力 | Fe02 | (N/mm2) | 25.4 |
| | 直交方向面圧降伏応力 | Fe902 | (N/mm2) | 12.7 |
| | 繊維方向面圧剛性 | kE02 | (N/mm3) | E02/(31.6+10.9×d) |
| | 直交方向面圧剛性 | kE902 | (N/mm3) | =kE02/3.4 |
| | 厚さ | t2 | (mm) | 60 |
| EYT式用 | α=l2/t1 | α | | l2/t1 |
| | Z=πd^3/32 | Z | (mm3) | =πd^3/32 |
| | My=Z*Fbf | My | (Nmm) | =Z×Fbf |

| | | | タイプa | タイプb |
|---|---|---|---|---|
| 主材側の荷重角度 | θ1 | 度 | 0 | 90 |
| 側材側の荷重角度 | θ2 | 度 | 90 | 0 |
| 主材側の面圧降伏応力 | Fe1 | (N/mm2) | Fe01 | Fe901 |
| 側材側の面圧降伏応力 | Fe2 | (N/mm2) | Fe902 | Fe02 |
| 主材側の面圧剛性 | ke1 | (N/mm3) | $\frac{E_0}{31.6+10.9d}$ | $\frac{E_0}{31.6+10.9d}\times\frac{1}{3.4}$ |
| 側材側の面圧剛性 | ke2 | (N/mm3) | $=\frac{E_0}{31.6+10.9d}\times\frac{1}{3.4}$ | $=\frac{E_0}{31.6+10.9d}$ |
| 主材側複合面圧定数 | kcp1 | (N/mm3) | $=\frac{k_{e1}\times\alpha_1 k_{cvf}}{k_{e1}+\alpha_1 k_{cvf}}$ | |
| 側材側複合面圧定数 | kcp2 | (N/mm3) | $\frac{k_{e2}\times\alpha_2 k_{cvf}}{k_{e2}+\alpha_2 k_{cvf}}$ | |
| 主材での片側剛性 | K1 | (N/mm) | $=\min\left\{dk_{cp1}L_1,\ \frac{1}{3}(Ed^4k_{cp1}^3)^{\frac{1}{4}}\times\left(1+0.188\times\eta\sqrt{\frac{k_{cp1}d}{E}}\right)^{\frac{1}{4}}\right\}$ | |
| 側材での片側剛性 | K2 | (N/mm) | $=\min\left\{dk_{cp2}L_2,\ \frac{1}{3}(Ed^4k_{cp2}^3)^{\frac{1}{4}}\times\left(1+0.188\times\eta\sqrt{\frac{k_{cp2}d}{E}}\right)^{\frac{1}{4}}\right\}$ | |
| 木栓2面せん断接合のせん断剛性 | Kt | (N/mm) | $2\times\frac{K_1K_2}{K_1+K_2}$ | |
| 主材側複合面圧降伏応力 | Fecp1 | (N/mm2) | $=\min\{F_{e1},\alpha_1F_{cvf}\}$ | |
| 側材側複合面圧降伏応力 | Fecp2 | (N/mm2) | $=\min\{F_{e2},\alpha_2F_{cvf}\}$ | |
| 複合面圧降伏応力の比 | β | | $\frac{F_{ecp2}}{F_{ecp1}}$ | |
| 木栓2面せん断接合の降伏耐力 | Pyt | (N) | $\min\begin{cases}1)\ dt_1F_{ecp1}\\2)\ dt_1F_{ecp1}\times2\alpha\beta\\3)\ dt_1F_{ecp1}\times\left[\sqrt{\frac{16\beta M_y}{dt_1^2F_{ecp1}(2\beta+1)}+\frac{8\alpha^2\beta^2(\beta+1)}{(2\beta+1)^2}}-\frac{2\alpha\beta}{2\beta+1}\right]\\4)\ \sqrt{\frac{16dF_{ecp1}M_y\beta}{1+\beta}}\\5)\ \frac{2\times A\times F_s}{\kappa}\end{cases}$ | |





**●モデル化**



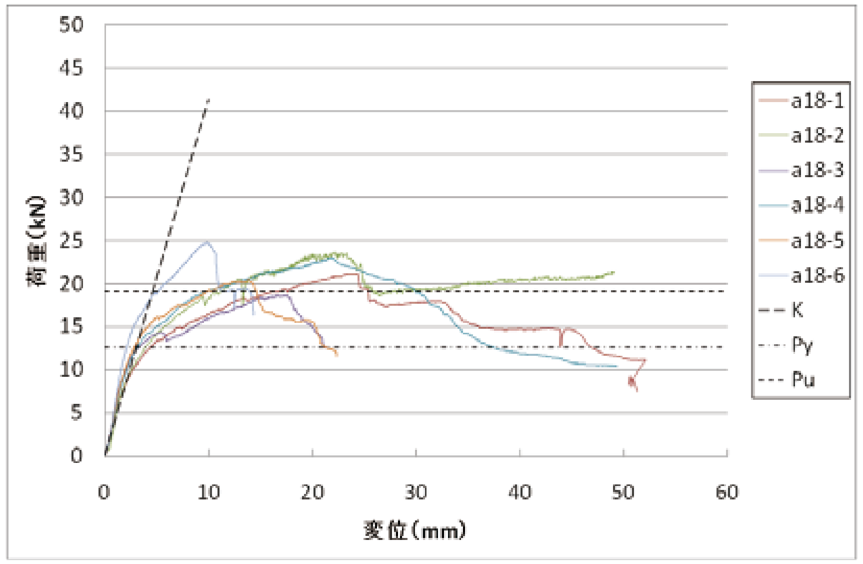

木栓 2 面せん断の各降伏モード

**●特性値**

| | | ρ1 (g/cm3) | ρ2 (g/cm3) | K (kN/mm) | Pmax (kN) | Py (kN) | δy (mm) | Pu (kN) | δu (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| φ18 0°/90° | a18-1 | 0.57 | 1.00 | 3.12 | 21.10 | 11.80 | 3.78 | 18.24 | 33.48 |
| | a18-2 | 0.59 | 0.90 | 3.16 | 23.67 | 12.89 | 4.08 | 20.64 | 25.84 |
| | a18-3 | 0.58 | 0.90 | 4.39 | 18.70 | 11.72 | 2.67 | 16.23 | 19.96 |
| | a18-4 | 0.53 | 0.94 | 3.89 | 23.03 | 13.15 | 3.38 | 20.31 | 30.90 |
| | a18-5 | 0.53 | 0.95 | 4.51 | 20.40 | 12.46 | 2.76 | 18.19 | 16.42 |
| | a18-6 | 0.55 | 0.96 | 5.75 | 24.77 | 13.78 | 2.40 | 21.27 | 10.96 |
| | Ave. | 0.56 | 0.94 | 4.14 | 21.94 | 12.63 | 3.18 | 19.15 | 22.92 |
| | S.D. | 0.02 | 0.04 | 0.90 | 2.07 | 0.73 | 0.61 | 1.75 | 7.94 |

ρ 1、ρ 2 はそれぞれ母材、木栓の密度

**●荷重変形**

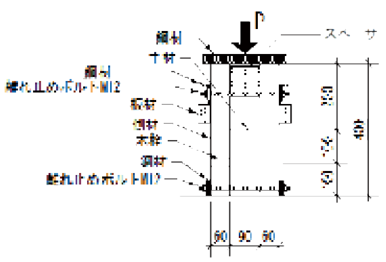


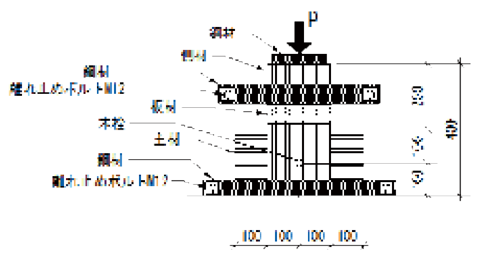

**●破壊性状**

・モード 4 の破壊。母材の割裂。

a18-5

## ●姿図・寸法





タイプｂ
【使用材料】
主材 200mm × 90mm、
側材 200mm × 60mm
（カラマツ　E105-F300）
接合具　シラカシ木栓　φ 24

## ●適用条件

木栓の径を d として、端距離≧ 7d、縁距離≧ 4d を守る。

## ●概要

シラカシ木栓の２面せん断試験を行った。木栓の径と、主材、側材の繊維方向に対する加力の方向をパラメータにとり、各仕様について６つの試験体を用意した。試験体仕様は合計４パターン、総試験体数は 24 体である。タイプｂは主材の繊維方向に対する加力の方向が 90°とし、主材と側材の繊維方向は直交している。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連会社で普通に入手可能）

## ●問い合わせ先

東大農学部木質材料学研究室 03-5841-5253

## ●理論式

木質構造接合部設計マニュアルの木ダボ接合（せん断抵抗型）の項に従い、木栓２面せん断の１本あたりの剛性、降伏耐力を計算する。

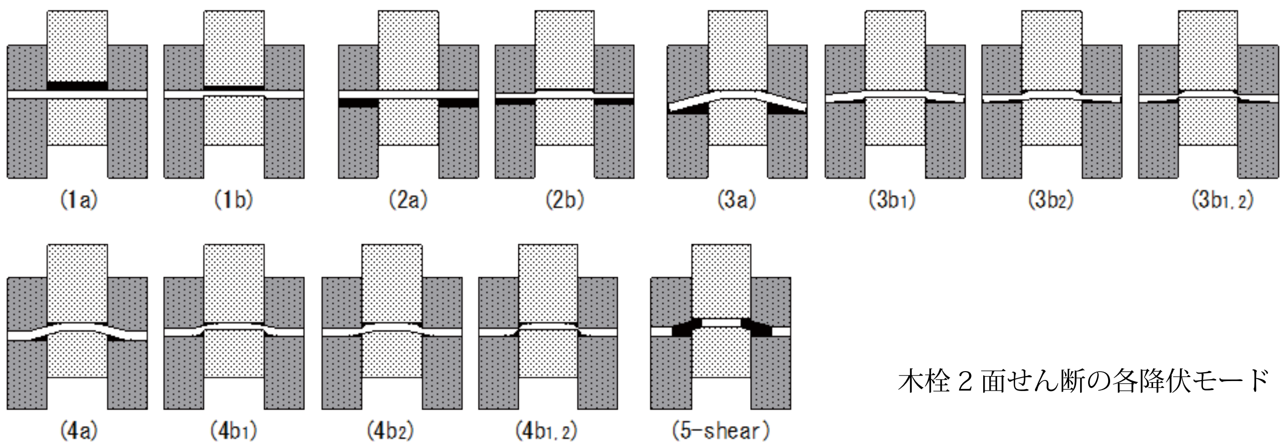
## ●計算式

以下に計算式を示す。

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 木栓 シラカシ | 密度 | ρ | (10^3kg/m3) | |
| | 径 | d | (mm) | |
| | 主材中心までの埋込長さ | l1 | (mm) | 45 |
| | 側材側の埋込長さ | L2 | (mm) | 60 |
| | ヤング係数 | E0f | (N/mm2) | 2100+13700ρ |
| | 曲げ強度 | Fbf | (N/mm2) | 81+136ρ |
| | めり込み強度 | Fcvf | (N/mm2) | =-8.2+35.4ρ |
| | せん断強度 | Fsf | (N/mm2) | =(-7.7+100ρ)×d^(-0.4) |
| | めり込み剛性 | kcvf | (N/mm3) | E0f/(11×d) |
| 主材（柱）カラマツ E105 F300 | ヤング係数 | E01 | (N/mm2) | 10500 |
| | 繊維方向面圧降伏応力 | Fe01 | (N/mm2) | 25.4 |
| | 直交方向面圧降伏応力 | Fe901 | (N/mm2) | 12.7 |
| | 繊維方向面圧剛性 | kE01 | (N/mm3) | E01/(31.6+10.9×d) |
| | 直交方向面圧剛性 | kE901 | (N/mm3) | =kE01/3.4 |
| | 厚さ | t1 | (mm) | 90 |
| 側材（梁）カラマツ E105 F300 | ヤング係数 | E02 | (N/mm2) | 10500 |
| | 繊維方向面圧降伏応力 | Fe02 | (N/mm2) | 25.4 |
| | 直交方向面圧降伏応力 | Fe902 | (N/mm2) | 12.7 |
| | 繊維方向面圧剛性 | kE02 | (N/mm3) | E02/(31.6+10.9×d) |
| | 直交方向面圧剛性 | kE902 | (N/mm3) | =kE02/3.4 |
| | 厚さ | t2 | (mm) | 60 |
| EYT式用 | α＝l2/t1 | α | | l2/t1 |
| | I=πd^3/32 | I | (mm3) | =πd^3/32 |
| | My=I*Fbf | My | (Nmm) | =I×Fbf |

| | | | タイプa | タイプb |
|---|---|---|---|---|
| 主材側の荷重角度 | θ1 | 度 | 0 | 90 |
| 側材側の荷重角度 | θ2 | 度 | 90 | 0 |
| 主材側の面圧降伏応力 | Fe1 | (N/mm2) | Fe01 | Fe901 |
| 側材側の面圧降伏応力 | Fe2 | (N/mm2) | Fe902 | Fe02 |
| 主材側の面圧剛性 | ke1 | (N/mm3) | $\frac{E_0}{31.6+10.9d}$ | $\frac{E_0}{31.6+10.9d}\times\frac{1}{3.4}$ |
| 側材側の面圧剛性 | ke2 | (N/mm3) | $=\frac{E_0}{31.6+10.9d}\times\frac{1}{3.4}$ | $=\frac{E_0}{31.6+10.9d}$ |
| 主材側複合面圧定数 | kcp1 | (N/mm3) | $=\frac{k_{e1}\times\alpha_c k_{cvf}}{k_{e1}+\alpha_c k_{cvf}}$ | |
| 側材側複合面圧定数 | kcp2 | (N/mm3) | $\frac{k_{e2}\times\alpha_c k_{cvf}}{k_{e2}+\alpha_c k_{cvf}}$ | |
| 主材での片側剛性 | K1 | (N/mm) | $=\min\left\{dk_{cp1}l_1,\ \frac{1}{3}(Ed^4k_{cp1}^3)^{\frac{1}{4}}\times\left(1+0.188\times\eta\sqrt{\frac{k_{cp1}d}{E}}\right)^{-1}\right\}$ | |
| 側材での片側剛性 | K2 | (N/mm) | $=\min\left\{dk_{cp2}l_2,\ \frac{1}{3}(Ed^4k_{cp2}^3)^{\frac{1}{4}}\times\left(1+0.188\times\eta\sqrt{\frac{k_{cp2}d}{E}}\right)^{-1}\right\}$ | |
| 木栓2面せん断接合のせん断剛性 | Kt | (N/mm) | $2\times\frac{K_1K_2}{K_1+K_2}$ | |
| 主材側複合面圧降伏応力 | Fecp1 | (N/mm2) | $=\min\{F_{e1},\alpha_F F_{cvf}\}$ | |
| 側材側複合面圧降伏応力 | Fecp2 | (N/mm2) | $=\min\{F_{e2},\alpha_F F_{cvf}\}$ | |
| 複合面圧降伏応力の比 | β | | $\frac{F_{ecp2}}{F_{ecp1}}$ | |
| 木栓2面せん断接合の降伏耐力 | Pyt | (N) | $\min\begin{cases}1)\ dt_1F_{ecp1}\\2)\ dt_1F_{ecp1}\times2\alpha\beta\\3)\ dt_1F_{ecp1}\times\left[\sqrt{\frac{16\beta M_y}{dt_1^2F_{ecp1}(2\beta+1)}+\frac{8\alpha^2\beta^2(\beta+1)}{(2\beta+1)^2}}-\frac{2\alpha\beta}{2\beta+1}\right]\\4)\ \sqrt{\frac{16dF_{ecp1}M_y\beta}{1+\beta}}\\5)\ \frac{2\times A\times F_s}{\kappa}\end{cases}$ | |

## ●モデル化





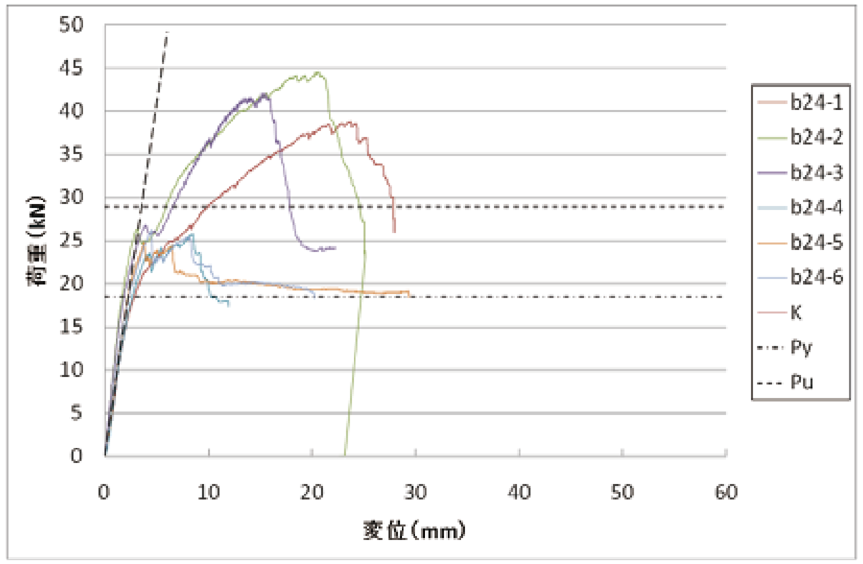
木栓２面せん断の各降伏モード

## ●特性値

| | | ρ1 (g/cm3) | ρ2 (g/cm3) | K (kN/mm) | Pmax (kN) | Py (kN) | δy (mm) | Pu (kN) | δu (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| φ24 90° /0° | b24-1 | 0.49 | 0.89 | 5.99 | 38.83 | 20.17 | 3.37 | 32.98 | 27.51 |
| | b24-2 | 0.56 | 0.90 | 9.37 | 44.57 | 24.63 | 2.63 | 37.76 | 22.70 |
| | b24-3 | 0.52 | 0.97 | 8.43 | 42.03 | 22.98 | 2.73 | 35.44 | 17.19 |
| | b24-4 | 0.49 | 0.95 | 7.72 | 25.77 | 14.06 | 1.82 | 23.11 | 9.70 |
| | b24-5 | 0.56 | 0.92 | 8.82 | 24.80 | 14.80 | 1.68 | 21.17 | 16.12 |
| | b24-6 | 0.55 | 0.92 | 8.88 | 26.24 | 14.31 | 1.61 | 23.17 | 10.41 |
| | Ave. | 0.53 | 0.93 | 8.20 | 33.71 | 18.49 | 2.31 | 28.94 | 17.27 |
| | S.D. | 0.03 | 0.03 | 1.11 | 8.28 | 4.31 | 0.65 | 6.63 | 6.32 |

ρ 1、ρ 2 はそれぞれ母材、木栓の密度

## ●荷重変形

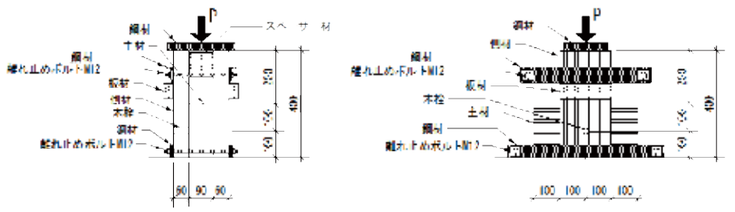




## ●破壊性状

・モード４の破壊。母材の割裂。
左：b24-6、右：b24-1

## ●姿図・寸法




タイプ b

【使用材料】

主材 200mm × 90mm、

側材 200mm × 60mm

（カラマツ　E105-F300）

接合具　シラカシ木栓　φ 18

## ●適用条件

木栓の径を d として、端距離≧ 7d、縁距離≧ 4d を守る。

## ●概要

シラカシ木栓の 2 面せん断試験を行った。木栓の径と、主材、側材の繊維方向に対する加力の方向をパラメータにとり、各仕様について 6 つの試験体を用意した。試験体仕様は合計 4 パターン、総試験体数は 24 体である。タイプ b は主材の繊維方向に対する加力の方向が 90°とし、主材と側材の繊維方向は直交している。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連会社で普通に入手可能）

## ●問い合わせ先

東大農学部木質材料学研究室 03-5841-5253

## ●理論式

木質構造接合部設計マニュアルの木ダボ接合（せん断抵抗型）の項に従い、木栓 2 面せん断の 1 本あたりの剛性、降伏耐力を計算する。

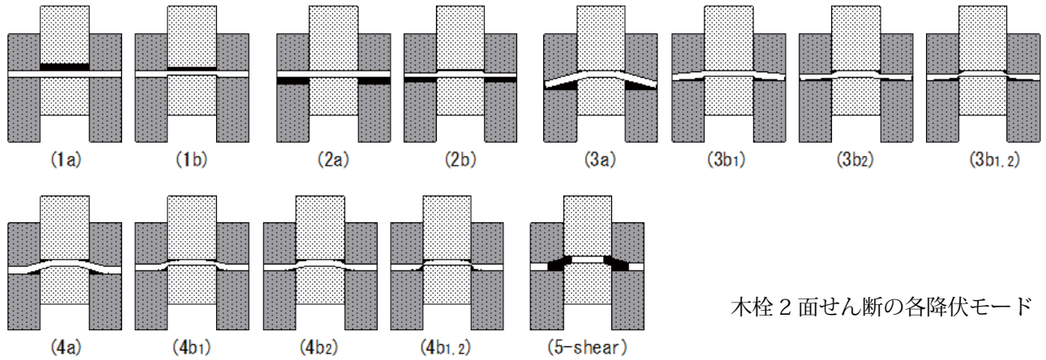
## ●計算式

以下に計算式を示す。

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 木栓シラカシ | 密度 | ρ | (10^3kg/m3) | |
| | 径 | d | (mm) | |
| | 主材中心までの埋込長さ | l1 | (mm) | 45 |
| | 側材側の埋込長さ | l2 | (mm) | 60 |
| | ヤング係数 | Ef | (N/mm2) | 2100+13700ρ |
| | 曲げ強度 | fbf | (N/mm2) | 81+136ρ |
| | めり込み強度 | fcvf | (N/mm2) | =8.2+35.4ρ |
| | せん断強度 | fsf | (N/mm2) | =(-7.7+100ρ)×d^(-0.4) |
| | めり込み剛性 | kcvf | (N/mm3) | Ef/(11×d) |
| 主材（柱）カラマツ E105 F300 | ヤング係数 | E01 | (N/mm2) | 10500 |
| | 繊維方向曲げ降伏応力 | Fe01 | (N/mm2) | 25.4 |
| | 直交方向曲げ降伏応力 | Fe901 | (N/mm2) | 12.7 |
| | 繊維方向曲げ剛性 | kE01 | (N/mm3) | E01/(31.6+10.9×d) |
| | 直交方向面圧剛性 | kf901 | (N/mm3) | =kf01/3.4 |
| | 厚さ | t1 | (mm) | 90 |
| 側材（梁）カラマツ E105 F300 | ヤング係数 | E02 | (N/mm2) | 10500 |
| | 繊維方向曲げ降伏応力 | Fe02 | (N/mm2) | 25.4 |
| | 直交方向曲げ降伏応力 | Fe902 | (N/mm2) | 12.7 |
| | 繊維方向曲げ剛性 | kE02 | (N/mm3) | E02/(31.6+10.9×d) |
| | 直交方向面圧剛性 | kf902 | (N/mm3) | =kf02/3.4 |
| | 厚さ | t2 | (mm) | 60 |
| EYT式用 | α=l2/t1 | α | | l2/t1 |
| | ζ=πd^3/32 | ζ | (mm3) | =πd^3/32 |
| | My=ζ×Fbt | My | (Nmm) | =ζ×Fbt |

| | | | | タイプa | タイプb |
|---|---|---|---|---|---|
| 主材側の荷手角度 | θ1 | 度 | | 0 | 90 |
| 側材側の荷重角度 | θ2 | 度 | | 90 | 0 |
| 主材側の曲げ降伏応力 | Fe1 | (N/mm2) | | Fe01 | Fe901 |
| 側材側の曲げ降伏応力 | Fe2 | (N/mm2) | | Fe902 | Fe02 |
| 主材側の曲げ剛性 | ke1 | (N/mm3) | | $\frac{E_1}{31.6+10.9d}$ | $\frac{E_1}{31.6+10.9d}\times\frac{1}{3.4}$ |
| 側材側の面圧剛性 | ke2 | (N/mm3) | | $\frac{E_2}{31.6+10.9d}\times\frac{1}{3.4}$ | $\frac{E_2}{31.6+10.9d}$ |
| 主材側複合曲げ定数 | kcp1 | (N/mm3) | | $\frac{k_{c1}\times\alpha_1 k_{c2}}{k_{c1}+\alpha_1 k_{c2}}$ | |
| 側材側複合曲げ定数 | kcp2 | (N/mm3) | | $\frac{k_{c1}\times\alpha_2 k_{c2}}{k_{c1}+\alpha_2 k_{c2}}$ | |
| 主材 c の片側剛性 | K1 | (N/mm) | | $=\min\left\{\frac{dk_{e1}l_1}{\frac{1}{3}\left(Ed^3k_{e1}^4\right)^{\frac{1}{3}}\times\left(1+0.188\times\eta_1\frac{\sqrt{k_{e1}d}}{E}\right)^{\frac{1}{2}}}\right.$ | |
| 側材 c の片側剛性 | K2 | (N/mm) | | $=\min\left\{\frac{dk_{e2}l_2}{\frac{1}{3}\left(Ed^3k_{e2}^4\right)^{\frac{1}{3}}\times\left(1+0.188\times\eta_2\frac{\sqrt{k_{e2}d}}{E}\right)^{\frac{1}{2}}}\right.$ | |
| 木栓2面せん断接合のせん断剛性 | Kt | (N/mm) | | $2\times\frac{K_1K_2}{K_1+K_2}$ | |
| 主材側複合曲げ降伏応力 | Fecp1 | (N/mm2) | | $=\min\left\{F_{e1},\alpha_1 F_{e2}\right\}$ | |
| 側材側複合曲げ降伏応力 | Fecp2 | (N/mm2) | | $=\min\left\{F_{e1},\alpha_2 F_{e2}\right\}$ | |
| 複合曲げ降伏応力の比 | β | | | $\frac{F_{ecp2}}{F_{ecp1}}$ | |
| 木栓2面せん断接合の降伏耐力 | Fyf | (N) | | $\min\left\{\begin{array}{l}1)dt_1F_{ecp1}\\2)dt_2F_{ecp2}\times 2\alpha\beta\\3)dt_1F_{ecp1}\times\left\{\sqrt{\frac{1.6\beta M_y}{dt_1^2F_{ecp1}(2\beta+1)}+\frac{8\alpha^2\beta^2(\beta+1)}{(2\beta+1)^2}}-\frac{2\alpha\beta}{2\beta+1}\right\}\\4)\sqrt{\frac{16dM_yF_{ecp2}\beta}{1+\beta}}\\5)\frac{2\times A\times F_c}{\kappa}\end{array}\right.$ | |

## ●モデル化



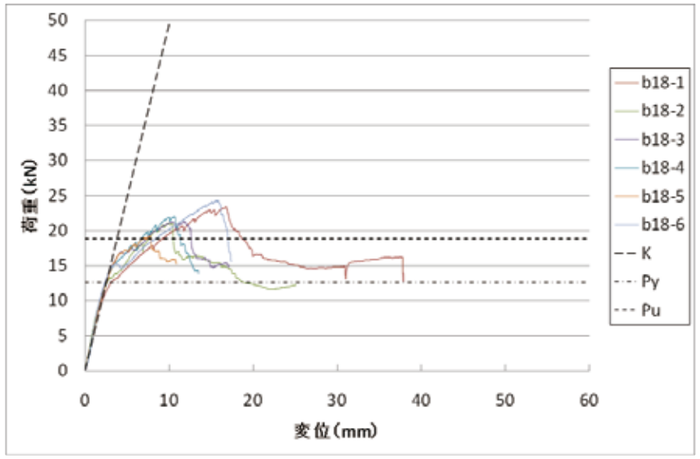

木栓 2 面せん断の各降伏モード

## ●特性値

| | | ρ1 (g/cm3) | ρ2 (g/cm3) | K (kN/mm) | Pmax (kN) | Py (kN) | δy (mm) | Pu (kN) | δu (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| φ18 90°/0° | b18-1 | 0.54 | 0.97 | 4.37 | 23.33 | 11.78 | 2.70 | 19.50 | 18.90 |
| | b18-2 | 0.52 | 0.92 | 5.17 | 21.07 | 11.61 | 2.24 | 17.85 | 10.72 |
| | b18-3 | 0.51 | 0.98 | 5.06 | 21.30 | 13.56 | 2.68 | 19.20 | 12.81 |
| | b18-4 | 0.57 | 0.92 | 4.94 | 22.00 | 13.14 | 2.66 | 19.11 | 11.87 |
| | b18-5 | 0.54 | 0.98 | 5.10 | 19.16 | 11.76 | 2.30 | 17.08 | 10.83 |
| | b18-6 | 0.52 | 0.96 | 4.99 | 24.30 | 13.95 | 2.80 | 20.06 | 16.90 |
| | Ave. | 0.54 | 0.95 | 4.94 | 21.86 | 12.63 | 2.56 | 18.80 | 13.67 |
| | S.D. | 0.02 | 0.03 | 0.27 | 1.65 | 0.95 | 0.21 | 1.02 | 3.12 |

ρ 1、ρ 2 はそれぞれ母材、木栓の密度

## ●荷重変形



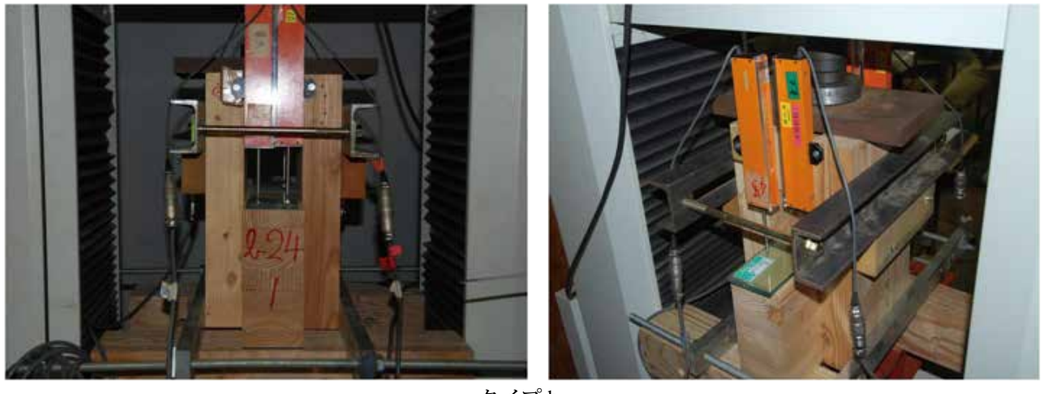

## ●破壊性状

・モード 4 の破壊。母材の割裂。

破壊性状は、φ 24 の木栓を用いた a24、b24 タイプの試験体のうち、a24-1、a24-2、a24-3、a24-5、b24-1 は母材の繊維方向に大きな割裂が生じ、その他の試験体も母材に小さな割裂が見られるものが多かった。逆にφ 18 のタイプでは、母材の割裂は a18-1 に小さく見られたのみであった。木栓の破壊モードはほぼすべての試験体でモード 4 だったが、a24-1、a24-2、a24-4、a24-5、a18-1、a18-2、a18-4 はモード 3 に近いものであり、b18-1 はモード 5 となっていた。また b24-4、b24-5、b24-6 はモード 4 だが、せん断面近くではなく木栓の中心付近にもヒンジが見られた。

荷重変位曲線の傾向としては、最初の降伏点を迎えた後に一時的に若干荷重低下し、再度荷重上昇する場合がいくつか見られた。これは離れ止めをつけたことによる影響と考えられるが、実大試験の様子を想定して行われた結果である。この傾向はφ 24 のタイプで比較的多く見られた。木栓の径の大きさで比較すると、径が大きくなると剛性、耐力ともに大きくなる傾向があった。主材の繊維方向に対する加力方向の違いで比較すると、加力方向が 0°から 90°になると剛性は大きくなるが、耐力は降伏、終局、最大のどれもあまり変化が見られなかった。剛性に関しては主材よりも側材の繊維方向の影響が大きかったのではないかと考えられる。また終局時の変位は加力方向 0°のタイプ a の方が大きく、バイリニア的な挙動を示した。

タイプ a



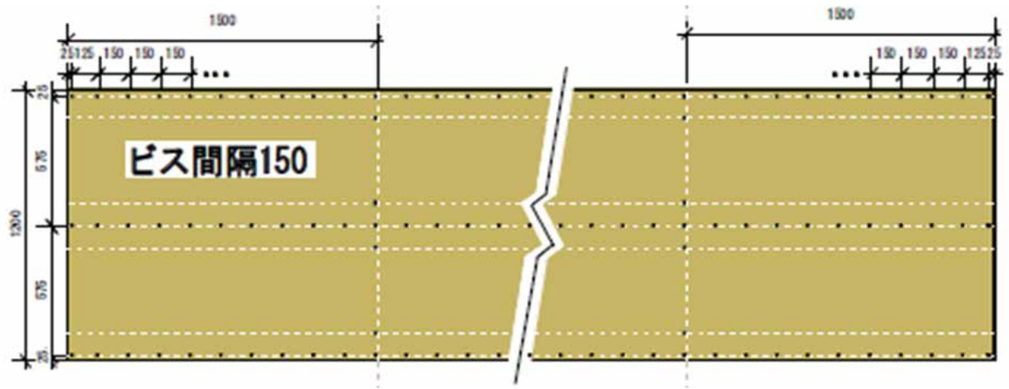
タイプ b

# 接着剤併用ビス

中大規模木造建築において大スパンの床構面を架け渡す方法として、ストレストスキンパネルの利用が考えられる。ストレストスキンパネルでは上下面のフランジに LVL または合板を、またウェブには LVL または集成材を配置し、フランジとウェブをビス留め等により接合して製造する。ストレストスキンパネルを設計する場合、「木質構造接合部設計マニュアル」記載の重ね梁の計算手順に準拠して必要な断面寸法を計算することが可能であるが、計算手順が煩雑であることや、実用的なビスピッチではフランジ－ウェブの接合効率が十分得られないこともあって、降伏耐力についてはウェブのみが力を負担すると仮定した安全側設計を行うことも多い。ストレストスキンパネルの接合面に接着剤を塗布してビス留めすれば接合効率は向上し、フランジとウェブを一体断面として、たわみや振動の計算だけでなく長期許容応力度の検定も可能となることが考えられる。

本資料では、ストレストスキンパネルの設計において、接合面に接着剤を塗布した際の耐力や剛性の評価方法について検証したものである。本資料で使用する接着剤は幅広い環境条件と許容度の広い作業条件で安定した接着性能を発揮する現場施工対応の床根太用接着剤 (JIS A5550) を想定したものであるが、一般に接着剤は接着・養生条件によって接着力が変化するとされており、実設計に適用する場合施工条件に注意が必要である。

## ●姿図・寸法




【使用材料】

フランジ　　：カラマツ LVL　90E-1 級　45V-38H　厚 38mm　直交層有

ウェブ　　：カラマツ LVL　120E-1 級　50V-43H　厚 50mm　直交層無

接合具　ビス　：パネリードⅡ +P6 × 90、150mm ピッチ　接着剤：ウレタン系現場用接着剤　UR － 70（オーシカ）

## ●適用条件

接着剤の使用条件に記載された塗布量、温湿度環境、圧着までの時間、接着面の油や汚れの除去、雨仕舞養生などの施工条件を満たす場合にのみ適用可能とする。また、使用条件は室内のみで屋外露出部分には使用してはならない。

## ●概要

ビス留め部周辺 ( φ 60mm 相当 ) に接着剤を塗布した状態を接着併用ビス接合部 1 箇所として定義し、一面せん断試験により評価。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

接着剤：株式会社オーシカ

ビス：東日本パワーファスニング株式会社

## ●問い合わせ先 URL

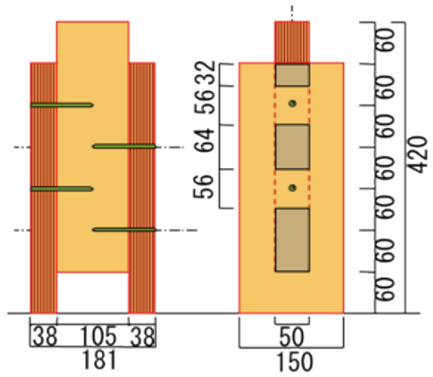
株式会社オーシカ　03-5916-8851　http://www.oshika.co.jp

東日本パワーファスニング株式会社　　022-351-7330　http://www.e-jpf.co.jp/

## ●理論式　●計算式

一面せん断試験結果による試験値のみであるため、理論式・計算式は無い。耐久性・使用環境の影響、施工性の影響等を勘案して定める低減係数 α は、適用条件の範囲内の使用においては、室内床のみの場合 α 1=1.0、耐久性の影響 α 2=0.9、施工性の影響 α 3=0.8、その他工学的判断 α 3=0.8 とし、α =min（α 1，α 2）×（α 3 又は α 4）= 0.72 と設定する。

## ●モデル化

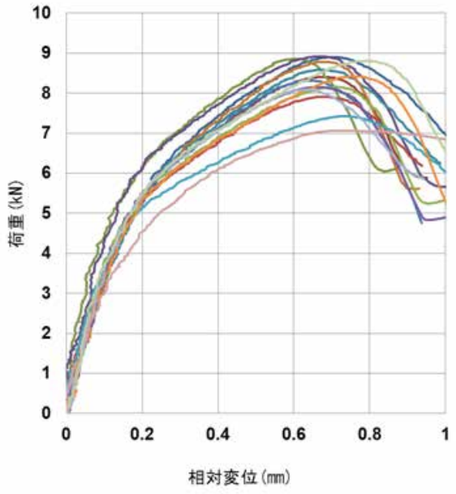


## ●特性値

接合部一箇所あたりのせん断性能 ( ※計測荷重の 1/4 で計算 )

| | | 平均 | | | 95% 下限値 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pmax | Py | K | Pmax | Py | K |
| ビス留めのみ | | 3.62 | 1.92 | 2.50 | 3.18 | 1.63 | 1.92 |
| 接着・ビス留め併用 | コントロール | 8.32 | 4.78 | 30.70 | 7.23 | 4.10 | 22.67 |
| | 接着層に隙間がある場合 | 7.22 | 4.07 | 14.05 | 6.58 | 3.56 | 8.82 |
| | 養生後水浸せき処理 | 7.93 | 4.27 | 23.18 | 6.23 | 3.06 | 16.62 |
| 実際の SSP( 全面塗布 ) | | 21.56 | 12.22 | 40.19 | 19.03 | 10.51 | 28.32 |

## ●荷重変形




接着・ビス併用試験体での接合部一か所あたりの荷重 – 変位曲線

## ●破壊性状

接着剤の凝集破壊が主であり、LVL 直行層でのローリングシア破壊も発生するが、最大耐力に大きな差はみられない。接着層に隙間がある場合は凝集破壊が増加し、ビスの変形もみられる。

近年幅広い環境条件と許容度の広い作業条件で安定した接着性能を発揮する現場施工対応の床根太用接着剤 (JIS A5550) が普及しているが、JIS A5550 ではせん断強度のみを規定しており、剛性などの金物接合と同様の評価は行われていない。本試験は接着剤を併用したストレストスキンパネルの設計を行うことを想定して、ビス留めと床根太用接着剤を併用した接合部について接合性能を求めたものである。

## 試験の概要

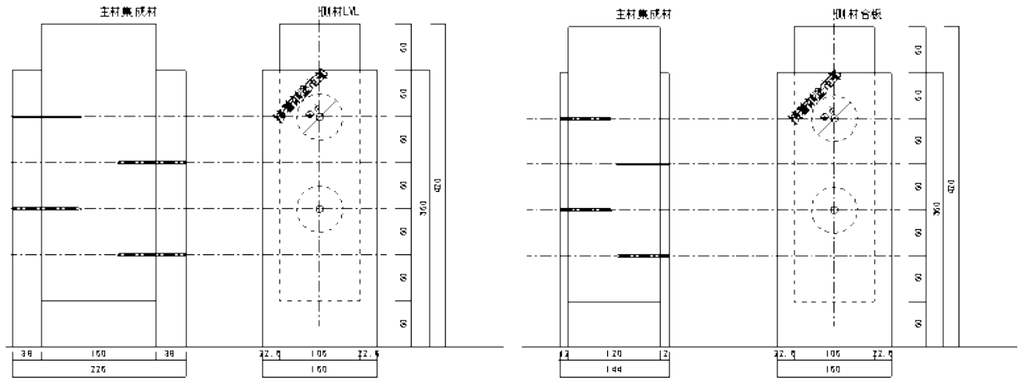
接着面積を規定するため、側材に 0.08mm 粘着テフロンシートを貼付し、カッターナイフを用いてビス位置を中心とする開口部を作成した。その後、開口部全体を満たす分量の接着剤を塗布し、直ちに貼り合わせてビス留めした。接着剤を塗布しない試験体についてはテフロンシートの貼付は行わなかった。以上の手順により作成した試験体を、試験開始まで約 20℃に設定した室内に保管し、7 日間以上の養生後、試験に供した。一般に接着剤は接着・養生条件により十分な接着性能が得られないとされることから、接着面にすき間のある試験体 (JIS A5550 に準拠して主材と側材の接着面に φ 1.6mm 針金をはさみ接合したもの )、および作成した試験体への水がかり処理 ( 耐力壁面材の促進処理 : 用途 II) についても試験を行った。

## 試験結果

ビス留めのみの場合と比較して接着・ビス留め併用接合では最大耐力 (Pmax)、剛性 (K) 共に増加するが、接合部に隙間を設けた試験体では耐力はほとんど変わらないものの剛性が大きく低下する傾向が見られる。すき間の有無にかかわらず耐力の変動が小さい理由として、この接着剤では凝集破壊が支配的であることが考えられる。したがって塗布条件 ( 塗布量、温湿度環境、オープンタイム等 ) を管理する限りにおいては、いずれの材種やビスを組み合わせても耐力の変動は小さいと考えられる。一方、全面塗布した実際の SSP から一面せん断試験体を採取して評価したところ、Pmax、K ともに大きな値を示した。実際の SSP ではテフロンシートや針金によるすき間は存在しないこと、また接合面全面に接着剤が塗布されることを考慮すれば、本試験から求められる剛性は安全側で評価されると考えられる。以上より、実際の SSP では、本試験のコントロールの 95% 下限値（剛性 K は平均値）に低減係数 α を乗じた値で設計すれば問題ないと考えられる。

## バリエーション

本試験ではフランジおよびウェブに LVL を用いたが、集成材や合板を用いた場合についても下図のような形状の試験体を用いることで同様の評価を行うことが可能となる。面材の種類によって水や湿度による接着力や耐力の低減が想定される場合は、想定される条件下における接合性能の評価も必要であると考えられる。



# LSB 柱脚接合部

柱脚接合部に要求される性能は、長期的には鉛直荷重支持能力であるが、耐力壁の周辺では、短期的な軸力支持能力、せん断力を伝達する必要がある。また、ラーメンを構成する柱脚の場合には、加えてモーメント抵抗性能が要求される。

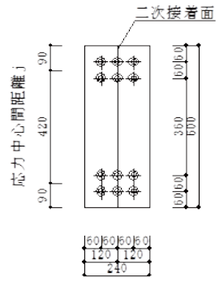
LSB 柱脚接合部は、モーメント伝達を可能とする接合部で、高耐力の接合が可能である。中層大規模木造では柱はあらわしとなる場合が多いと考えられ、LSB 接合部は、HD 金物のように外部に露出せず、鋼板添え板や挿入式のようにもあり、外部に鋼材やボルト頭などが出ることもなく、見栄えの良い仕上がりとなる。

本資料に掲載した実験データは、モーメント伝達接合部の一例として示したものである。せん断力の伝達については実験時に作用させたせん断力に対して、十分な安全率を考慮すれば、このままの仕様で設計が可能である。実験時のせん断力を超える場合には、別途せん断の伝達を考えなければならない。また、LSB 接合部自体は脆性的な接合形式であり、延性を期待する接合部としたい場合には、別途、延性を持つ構成を考える必要がある。

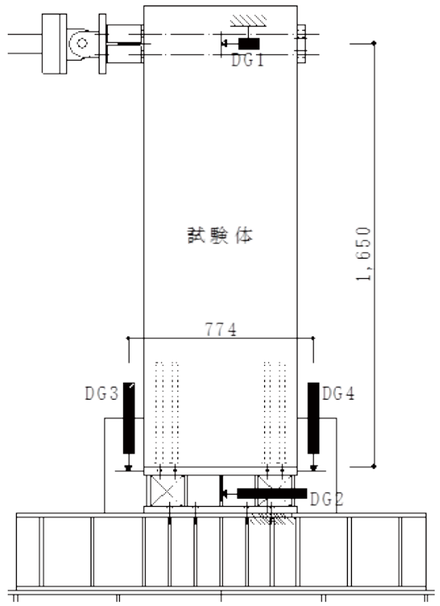
## ●姿図・寸法

【使用材料】

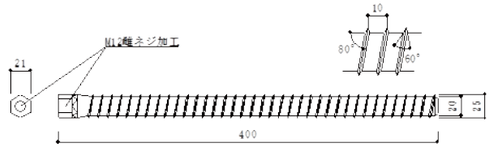
柱　1800mm × 240mm × 600mm（スギ E65-F255）




柱脚木口面




接合具　ラグスクリュービルト（LSB）φ 25




## ●適用条件

モーメント抵抗接合部として用いる。

引き抜き抵抗用として用いる。

せん断抵抗に関して、本実験以上のせん断力を作用させる場合には別途検討が必要。

## ●概要

柱脚に埋め込まれた LSB の引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗する。LSB は端部に M12 の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

LSB（カネシン）

## ●問い合わせ先 URL

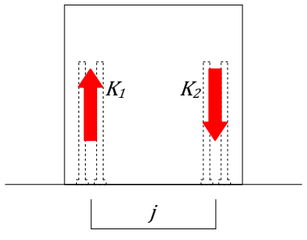
http://www.

## ●理論式

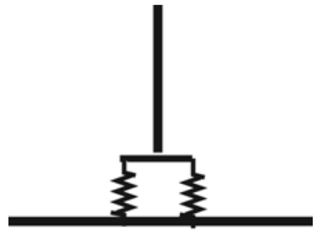
圧縮側の LSB バネ $K_1$ と引張側の LSB バネ $K_2$ と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

弾性域　剛性　$K=(K_1+K_2)/2 \times j$

$M=(T+C)/2 \times j$、$Q=M/h$



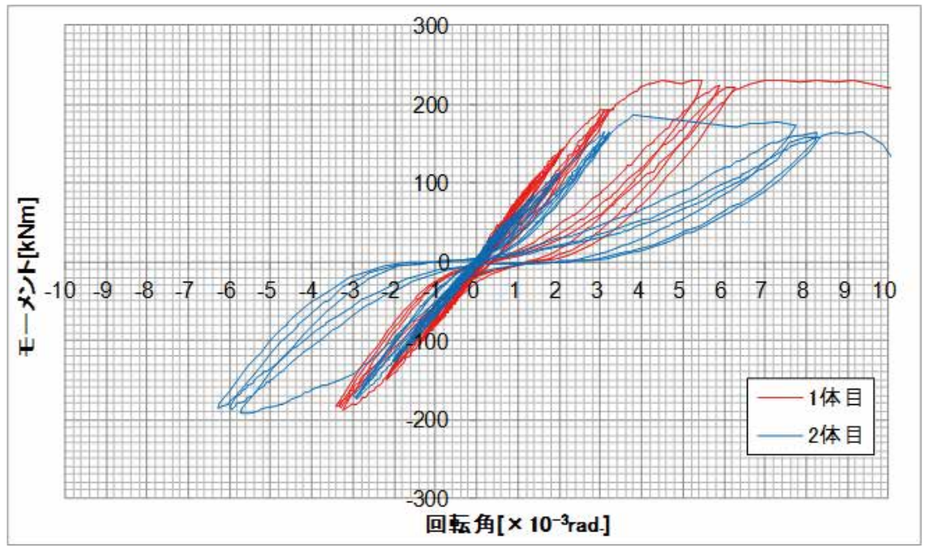

## ●モデル化

| 要素モデル | 等価モデル |
|---|---|
|  | |

## ●特性値

| | 1 体目 | 2 体目 | Ave. |
|---|---|---|---|
| 最大耐力 Pmax[kN] | 139.9 | 112.4 | 126.2 |
| 最大モーメント Mmax[kNm] | 230.9 | 185.5 | 208.2 |
| 初期剛性 K[kNm/rad.] | 71606 | 72993 | 72300 |

## ●モーメント回転角




## ●破壊性状

・1 体目

1/75rad で木材端部の割裂が生じた後、1/50rad で LSB と金物とを緊結する高力ボルトが 1 本破断

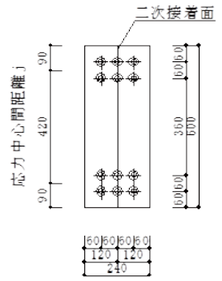
・2 体目

1/75rad で木材端部の割裂が生じた後、1/50rad で LSB と金物とを緊結する高力ボルトが 2 本破断

## ●姿図・寸法

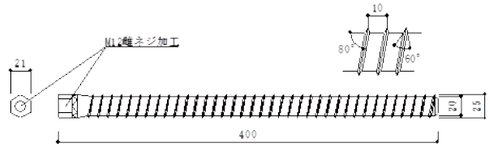
【使用材料】

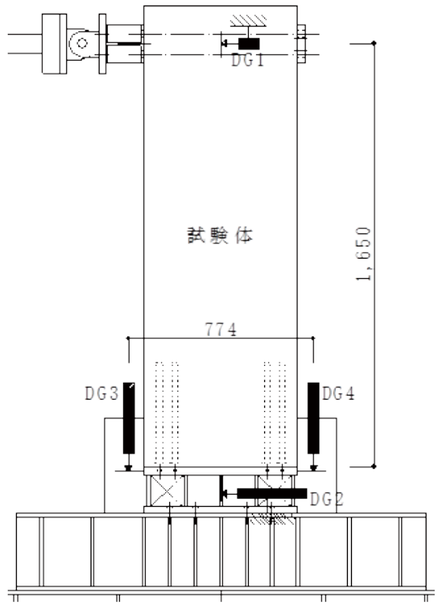
柱　1800mm × 240mm × 600mm（カラマツ E95-F315）




柱脚木口面

接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 25




## ●適用条件

モーメント抵抗接合部として用いる。

引き抜き抵抗用として用いる。

せん断抵抗に関して、本実験以上のせん断力を作用させる場合には別途検討が必要。

## ●概要

柱脚に埋め込まれた LSB の引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗する。LSB は端部に M12 の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

LSB（カネシン）

## ●問い合わせ先 URL

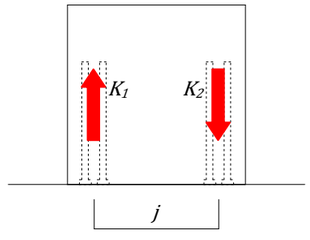
http://www.

## ●理論式

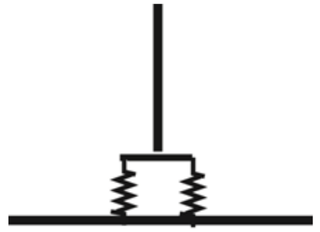
圧縮側の LSB バネ $K_1$ と引張側の LSB バネ $K_2$ と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

弾性域　剛性　$K=(K_1+K_2)/2 \times j$

$M=(T+C)/2 \times j$、$Q=M/h$



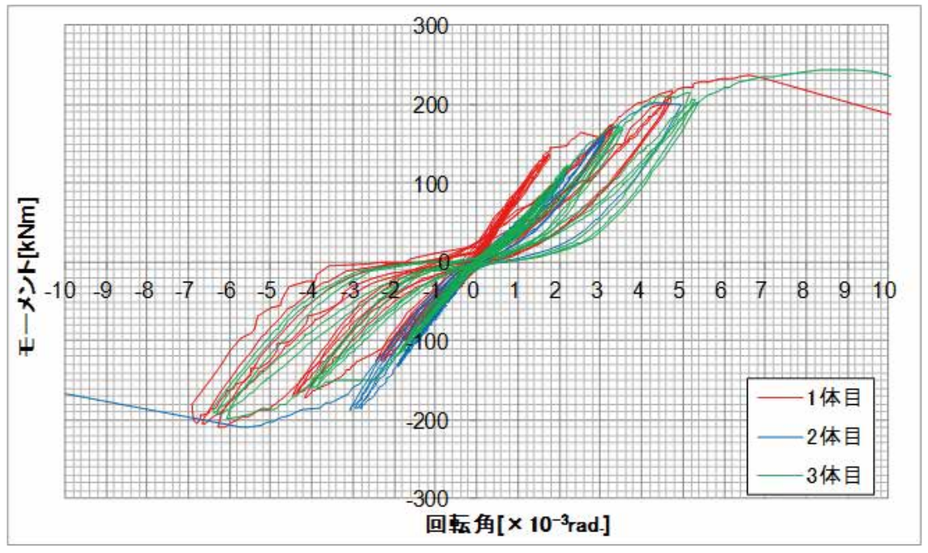

## ●モデル化

| 要素モデル | 等価モデル |
|---|---|
|  | |

## ●特性値

| | 1 体目 | 2 体目 | 3 体目 | Ave. |
|---|---|---|---|---|
| 最大耐力 Pmax[kN] | 143.2 | 133.1 | 148.0 | 141.4 |
| 最大モーメント Mmax[kNm] | 236.2 | 219.6 | 244.2 | 233.3 |
| 初期剛性 K[kNm/rad.] | 79801 | 48798 | 47776 | 58792 |

## ●モーメント回転角




## ●破壊性状

・1 体目

1/100rad で木材端部の割裂が生じた後、1/50rad で LSB と金物とを緊結する高力ボルトが 4 本破断

・2 体目

1/75rad で木材端部の割裂が生じた後、1/50rad で LSB と金物とを緊結する高力ボルトが 1 本破断

・3 体目

1/100rad で木材端部の割裂が生じた後、1/50rad で LSB と金物とを緊結する高力ボルトが 3 本破断

## 構造システムと施工の注意点

本資料で提案している接合部はモーメント抵抗接合としてラーメンを構成する。可能なスパンなどはラーメンのピッチ、固定荷重や積載荷重に応じて設計することになる。本資料では、120 幅の材を 2 材併せて大きな部材断面を可能としているが、必要な縁端距離や接合間隔を守って接合する。必要な縁端間隔や接合間隔は本資料の複数本の LSB 接合部の引き抜き実験やラグスクリューボルト研究会で実施された研究成果などが参考になる。ボルト径と先穴径の関係などもノウハウが蓄積されており、専門の工具を用いて施工する。

## 解析モデルと断面算定

モーメント伝達が可能な接合部であるが、母材曲げ強度以上、剛節点とみなせるような接合部は現段階では難しく、回転バネを有する半剛節点としてモデル化する。場合によって軸力バネ、せん断バネにモデル化する必要もあるが、断面算定や伝達できる曲げ応力に関しては基本的に鉄筋コンクリート造の計算法と同じとみなして概算することが可能である。

## バリエーション

本資料で記載した柱脚接合部は、2 段筋のように LSB を配置したものであるが必要な耐力によっては、1 断金とすることも可能である。また、せん断力と軸力のみを伝達することを目的に中央部や上部にのみ配置するバリエーションもあり得る。

# LSB 柱梁接合部

柱梁接合部に要求される性能は、長期的にはせん断性能である。短期的には軸力伝達が要求され、ラーメンを構成する柱梁接合部の場合には、加えてモーメント抵抗性能が要求される。

LSB 柱梁接合部は、モーメント伝達を可能とする接合部で、高耐力の接合が可能である。中層大規模木造では柱や梁はあらわしとなる場合も多いと考えられ、LSB 接合部は、HD 金物のように外部に露出せず、鋼板添え板や挿入式のようにもあり、外部に鋼材やボルト頭などが出ることもなく、見栄えの良い仕上がりとなる。

本資料に掲載した実験データは、モーメント伝達接合部の一例として示したものである。せん断力の伝達については実験時に作用させたせん断力に対して、十分な安全率を考慮すれば、このままの仕様で設計が可能である。実験時のせん断力を超える場合には、別途せん断の伝達を考えなければならない。また、本柱梁接合部ではシアプレートを挿入しており、日本建築学会「木質構造設計規準・同解説」において短期許容耐力を示されており、その値までは設計が可能である。LSB 接合部自体は脆性的な接合形式である。柱梁接合部の場合には圧縮応力を受ける柱部分が繊維直角方向となるため、柱脚接合部より靭性を有するが、十分な延性を持つ接合部としたい場合には、別途、延性を持つ構成を考える必要がある。

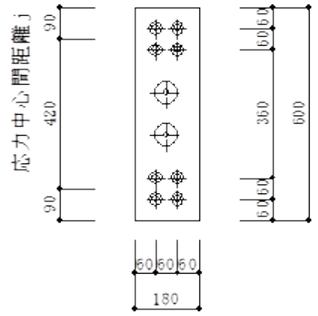
また、ここでの実験は短期的な荷重に対する性能を求めるものである。長期曲げモーメントに対する性能については、現状としては実験結果に基づいた木材の許容耐力の誘導をもとにその性能を決定することも多い。しかし、将来的にはクリープ実験によりその性能を確認する必要があり、現状では余裕を持った設計が望まれる。

## ●姿図・寸法

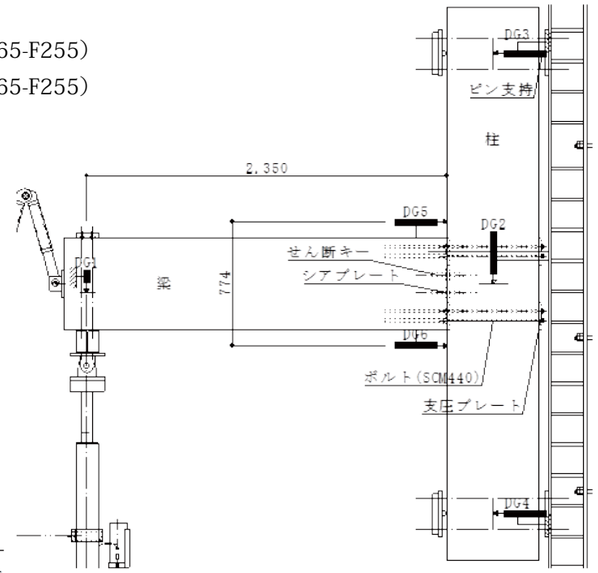
【使用材料】

柱　3600mm × 240mm × 600mm（スギ E65-F255）

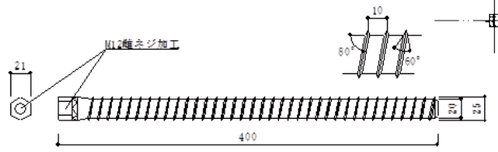
梁　2500mm × 180mm × 600mm（スギ E65-F255）




梁木口面




接合具　ラグスクリューボルト（LSB）$\phi$ 25




## ●適用条件

モーメント抵抗接合部。せん断力を伝達する接合部。

## ●概要

柱脚に埋め込まれた LSB の引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗する。LSB は端部に M12 の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。せん断力の伝達は、せん断キーなど別途設置する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。柱とはりの間にはめり込み防止用の支圧プレート（180 × 180 × 16）が挿入されている。十字接合部の際にははり端に鋼材のボックスなどを設ける必要がある。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

LSB（カネシン）

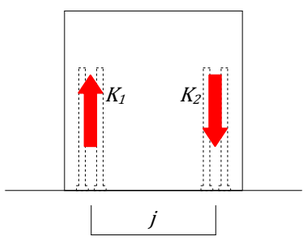
## ●問い合わせ先 URL

## ●理論式

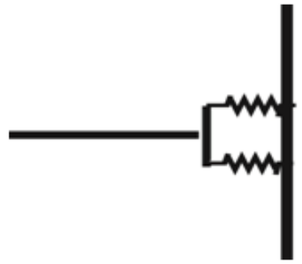
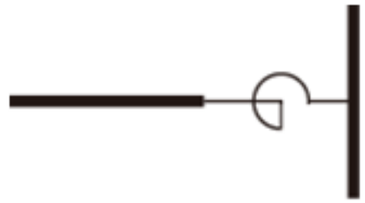
圧縮側の LSB バネ $K_1$ と引張側の LSB バネ $K_2$ と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

降伏耐力　　$M=(T+C)/2 \times j$、$Q=M/h$

ただし、めり込みにより耐力低下が生じる場合には別途検討を要する。



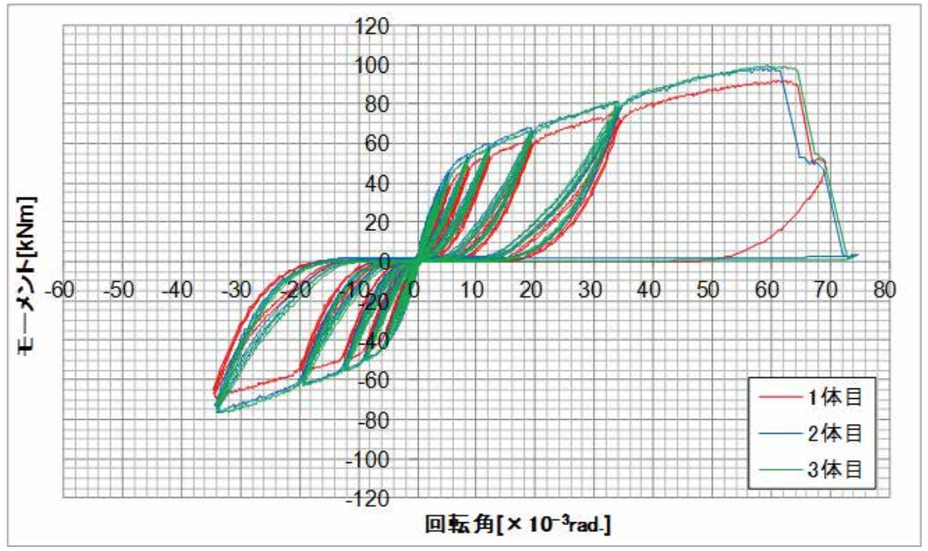

## ●モデル化

| 要素モデル | 等価モデル |
|---|---|
|  |  |

## ●特性値

| | 1 体目 | 2 体目 | 3 体目 | Ave. |
|---|---|---|---|---|
| 最大耐力 Pmax[kN] | 38.9 | 41.6 | 42.1 | 40.9 |
| 最大モーメント Mmax[kNm] | 91.5 | 97.7 | 99.1 | 96.1 |
| 初期剛性 K[kNm/rad.] | 6823 | 9368 | 7765 | 7985 |

## ●荷重変形




## ●破壊性状

・1 体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが 2 本破断し、同時に木材端部の割裂

・2 体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが 4 本破断

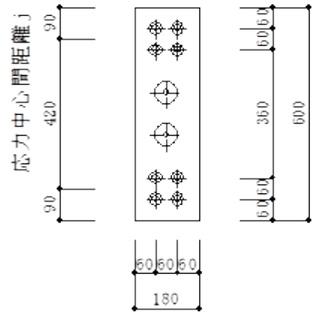
・3 体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが 4 本破断

## ●姿図・寸法

【使用材料】

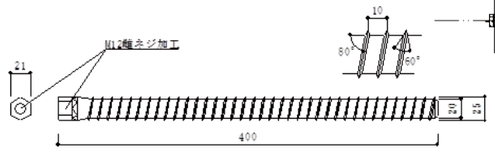
柱　3600mm × 240mm × 600mm（カラマツ E95-F315）

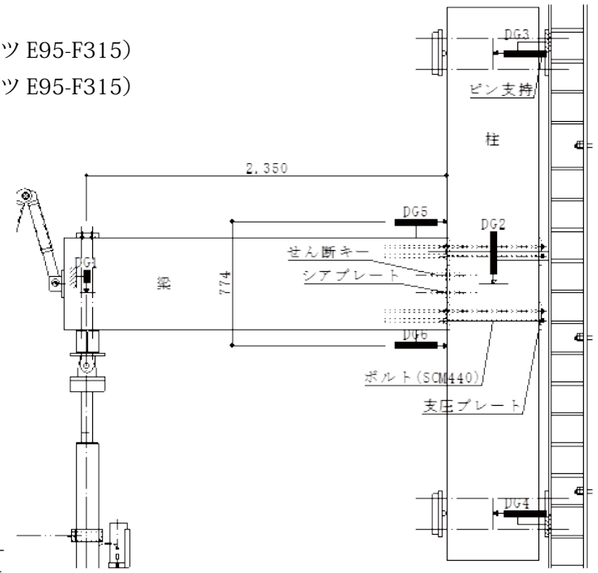
梁　2500mm × 180mm × 600mm（カラマツ E95-F315）




梁木口面

接合具　ラグスクリューボルト（LSB）$\phi$ 25




## ●適用条件

モーメント抵抗接合部。せん断力を伝達する接合部。

## ●概要

柱脚に埋め込まれた LSB の引き抜き抵抗によりモーメントに抵抗する。LSB は端部に M12 の雌ネジ加工が施してあり、ボルトで金物と緊結する。せん断力の伝達は、せん断キーなど別途設置する。構造物の破壊性状として、木材端部の割裂による脆性破壊を避けるため、十分な断面、縁距離を確保する必要がある。柱とはりの間にはめり込み防止用の支圧プレート（180 × 180 × 16）が挿入されている。十字接合部の際にははり端に鋼材のボックスなどを設ける必要がある。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

LSB（カネシン）

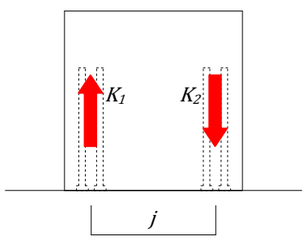
## ●問い合わせ先 URL

## ●理論式

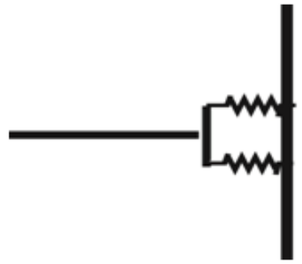
圧縮側の LSB バネ $K_1$ と引張側の LSB バネ $K_2$ と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

降伏耐力　　$M=(T+C)/2 \times j$、$Q=M/h$

ただし、めり込みにより耐力低下が生じる場合には別途検討を要する。



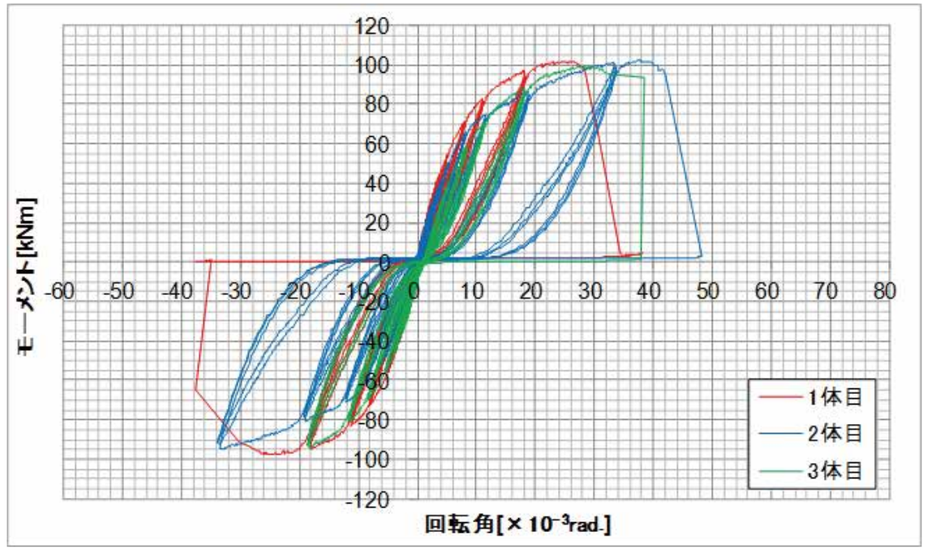

## ●モデル化

| 要素モデル | 等価モデル |
|---|---|
|  | |

## ●特性値

| | 1 体目 | 2 体目 | 3 体目 | Ave. |
|---|---|---|---|---|
| 最大耐力 Pmax[kN] | 43.3 | 43.4 | 42.2 | 43.0 |
| 最大モーメント Mmax[kNm] | 102 | 102 | 99.1 | 101 |
| 初期剛性 K[kNm/rad.] | 12346 | 10444 | 9345 | 10712 |

## ●荷重変形




## ●破壊性状

・1 体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが 4 本破断

・2 体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが 4 本破断

・3 体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが 4 本破断

## 構造システムと施工の注意点

本資料で提案している接合部はモーメント抵抗接合としてラーメンを構成する。可能なスパンなどはラーメンのピッチ、固定荷重や積載荷重に応じて設計することになる。本資料では、120 幅の材を 2 材併せて大きな部材断面を可能としているが、必要な縁端距離や接合間隔を守って接合する。必要な縁端間隔や接合間隔は本資料の複数本の LSB 接合部の引き抜き実験やラグスクリューボルト研究会で実施された研究成果などが参考になる。ボルト径と先穴径の関係などもノウハウが蓄積されており、専門の工具を用いて施工する。

## 解析モデルと断面算定

モーメント伝達が可能な接合部であるが、母材曲げ強度以上、剛節点とみなせるような接合部は現段階では難しく、回転バネを有する半剛節点としてモデル化する。場合によって軸力バネ、せん断バネにモデル化する必要もあるが、断面算定や伝達できる曲げ応力に関しては基本的に鉄筋コンクリート造の計算法と同じとみなして概算することが可能である。

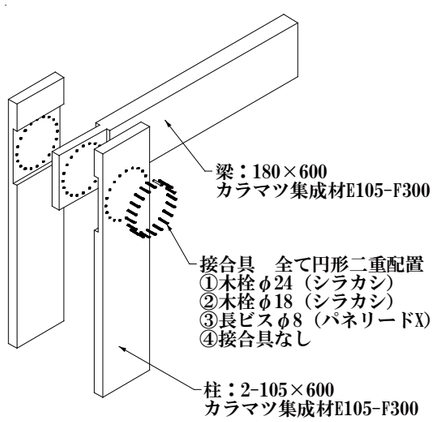
## バリエーション

本資料で記載した柱脚接合部は、2 段筋のように LSB を配置したものであるが必要な耐力によっては、1 断金とすることも可能である。また、せん断力と軸力のみを伝達することを目的に中央部や上部にのみ配置するバリエーションもあり得る。

# 合わせ柱梁接合部

合わせ柱梁モーメント抵抗接合部は、柱と梁のいずれか一方を２枚としもう一方の材を挟み込んで、パネルゾーンの側面から多数の接合具を打ち込んで固定する方法である。鋼板挿入式などに比べて金物を少なくすることができ、鋼板と木材の先穴の誤差が避けられない鋼板挿入ドリフトピン等に比べ、現場で穴あけして打ち込める木栓や先穴不要のビスなどが可能であるため、施工的にも利点が大きい。さらに、接合具にボルトやドリフトピンではなく木栓を用いることにより、金物に全く頼らず全て木材同士の応力伝達だけでモーメント抵抗できる接合部とすることができ、熱橋を防ぐ効果や自身で燃え代を確保でき、意匠的にも美しくそのまま仕上げになり、廃棄の分別手間も不要といった効果が期待できる。接合部の降伏モーメントや回転剛性は、接合具１本あたりの降伏耐力と剛性をＥＹＴ式と弾性床上梁理論式で計算し、これにパネルゾーンの回転中心からの距離を乗じた全本数の総和として計算することができる。パネルゾーンの接合具の配置は、回転中心からなるべく外側に多く配置したほうが最大モーメントは上がるが、降伏モーメントは回転中心から最も遠い接合具が降伏耐力に達した時点で決まることから、円形配置とする場合も多い。また、鉛直荷重による梁端せん断力支持機構をモーメント抵抗機構と独立させるために、回転中心に太径のボルトを用いるか、回転中心にボルトとシアープレート・スプリットリングなどのジベルを併用して、長期のせん断耐力を確保できるようにすることが望ましい。接合部の回転剛性や終局モーメントをさらに高めるために、合わせ材と中央材を相欠き加工して、嵌合接合によるめり込み抵抗を付加させる方式も用いられる。この方式では柱 - 梁相欠き接合のめり込み抵抗と接合具の２面せん断抵抗の両者が足し合わされることによって、高い剛性・耐力・靭性を発揮できる。

本資料で扱っている接合部の概要は以下の図に示す通りであり、試験体は２枚の合わせ柱と１枚の梁からなる。柱、梁共にカラマツ対称異等級集成材 E105-F300 で構成され、柱の寸法は 105 × 600mm、梁の寸法は 180 × 600mm で、接合部パネルゾーンは 600 × 600mm の部分を柱 - 梁の各接合面で 45mm 切り欠いた相欠き接合となっており、パネルゾーン内に配置する接合具の種類とめり込みの有無をパラメータにとり検討を行った。接合部の仕様一覧を以下に示す。

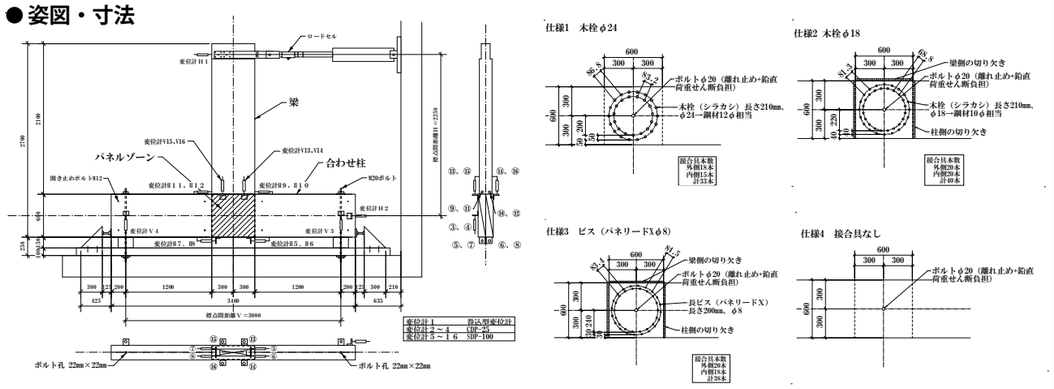



接合部概要

接合部仕様

| | | 仕様1 | 仕様2 | 仕様3 | 仕様4 |
|---|---|---|---|---|---|
| 名称 | | φ24 | φ18 | ビス | なし |
| めり込みの有無 | | 有 | 無 | 無 | 有 |
| 接合具 | 種類 | シラカシ木栓 | シラカシ木栓 | パネリードX | 接合具なし |
| | 径 | φ24 | φ18 | φ8 | |
| | 長さ | 210mm | 210mm | 200mm | |
| | 本数 | 33本 | 40本 | 38本 | |

## ●姿図・寸法







【使用材料】

柱　2-105mm × 600mm、梁　180mm × 600mm

接合具　シラカシ木栓　φ 24、φ 18、長ビス（パネリード X）φ 8

## ●適用条件

接合具の配置に関しては、接合具の径を d として、端距離≧ 7d、縁距離≧ 4d、接合具間隔≧ 4d に従う。部材の断面に関しては、今回実験を行った 600mm 程度までのせいでならおそらく適用可能であろうと思われる。

## ●概要

2 枚の合わせ柱と 1 枚の梁からなる合わせ柱型の接合部である。接合部パネルゾーンは 600 × 600mm の部分を柱 - 梁の各接合面で 45mm 切り欠いた相欠き仕様となっており、パネルゾーン内に配置する接合具の種類とめり込みの有無をパラメータにとり検討を行った。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連業者で普通に入手可能）、パネリード X（東日本パワーファスニング株式会社）

## ●問い合わせ先 URL

東大農学部木質材料学研究室　03-5841-5253

## ●理論式

木質構造接合部設計マニュアルに従い、各接合要素（接合具の 2 面せん断、相欠きによる柱 - 梁界面のめり込み）による接合部のモーメント抵抗特性値を求め、両者を足し合わせることで接合部全体の特性値を算出する。接合具の場合は、まず 1 本あたりのせん断抵抗特性値を求めてから、回転中心からの距離を乗じたものの総和により接合部のモーメント抵抗特性値を求める。

## ●計算式

$K_\theta = \sum K_{\theta f}$、$\theta_y = \min.\theta_{yf}$、$M_y = K_\theta \times \theta_y$、$M_u = \sum M_{uf}$

$K_{\theta f}$：1 接合要素の接合部回転剛性

$\theta_{yf}$：1 接合要素の接合部降伏回転角

$M_{uf}$：1 接合要素の接合部終局モーメント

$K_\theta$：接合部全体での回転剛性

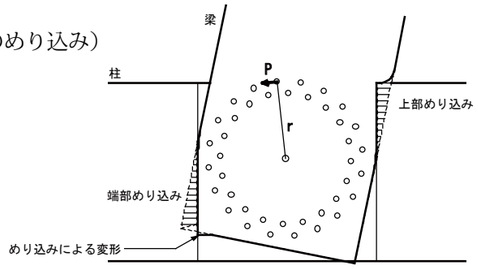
$M_y$：接合部全体での降伏モーメント

$\theta_y$：接合部全体での降伏回転角

$M_u$：接合部全体での終局モーメント

## ●モデル化

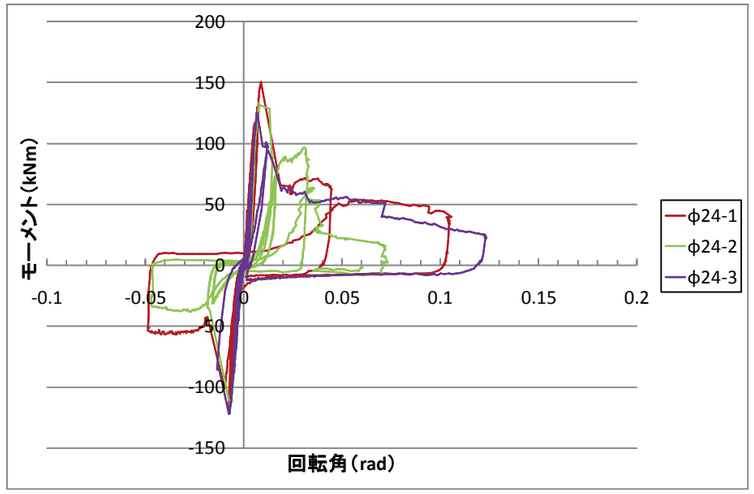
仕様 1　木栓 φ 24（木栓のせん断 + 柱梁界面のめり込み）




## ●特性値

| | | $K_\theta$ (kNm/rad) | $M_{max}$ (kNm) | $M_y$ (kNm) | $\theta_y$ (×10⁻³rad) | $M_u$ (kNm) | $\theta_u$ (×10⁻³rad) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| φ24 | 1 | 24358 | 150 | 117 | 5.6 | 150 | 8.8 |
| | 2 | 19244 | 133 | 129 | 7.6 | 133 | 7.9 |
| | 3 | 20525 | 125 | 123 | 6.9 | 125 | 7.6 |
| | Ave. | 21376 | 136 | 123 | 6.7 | 136 | 8.1 |
| | S.D. | 2173 | 11 | 5 | 0.86 | 11 | 0.50 |

## ●荷重変形



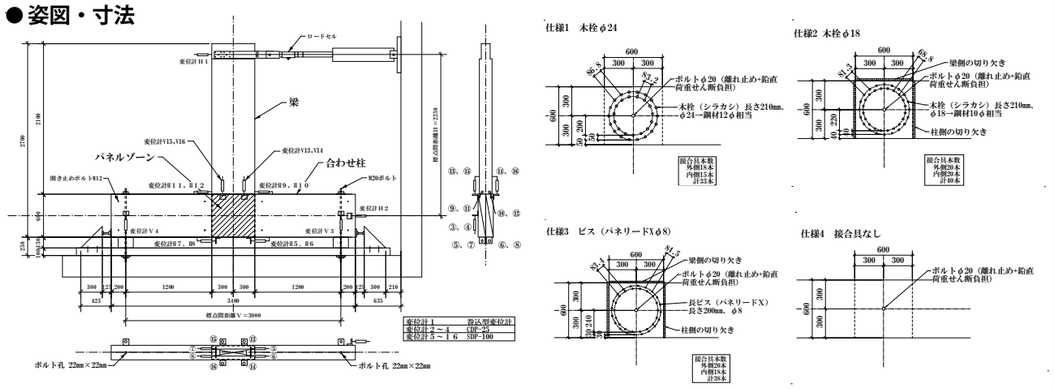

## ●破壊性状

・梁部材の曲げ破壊。柱部材の繊維方向の割裂。

接合部表側（φ 24-2）

パネルゾーン（φ 24-2）

## ●姿図・寸法




【使用材料】

柱　2-105mm × 600mm、梁　180mm × 600mm

接合具　シラカシ木栓　φ 24、φ 18、長ビス（パネリード X）φ 8

## ●適用条件

接合具の配置に関しては、接合具の径を d として、端距離≧ 7d、縁距離≧ 4d、接合具間隔≧ 4d に従う。部材の断面に関しては、今回実験を行った 600mm 程度までのせいでならおそらく適用可能であろうと思われる。

## ●概要

2 枚の合わせ柱と 1 枚の梁からなる合わせ柱型の接合部である。接合部パネルゾーンは 600 × 600mm の部分を柱 - 梁の各接合面で 45mm 切り欠いた相欠き仕様となっており、パネルゾーン内に配置する接合具の種類とめり込みの有無をパラメータにとり検討を行った。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連業者で普通に入手可能）、パネリード X（東日本パワーファスニング株式会社）

## ●問い合わせ先 URL

東大農学部木質材料学研究室　03-5841-5253

## ●理論式

木質構造接合部設計マニュアルに従い、各接合要素（接合具の 2 面せん断、相欠きによる柱 - 梁界面のめり込み）による接合部のモーメント抵抗特性値を求め、両者を足し合わせることで接合部全体の特性値を算出する。接合具の場合は、まず 1 本あたりのせん断抵抗特性値を求めてから、回転中心からの距離を乗じたものの総和により接合部のモーメント抵抗特性値を求める。

## ●計算式

$K_\theta = \sum K_{\theta f}$、$\theta_y = \min.\theta_{yf}$、$M_y = K_\theta \times \theta_y$、$M_u = \sum M_{uf}$

$K_{\theta f}$：1 接合要素の接合部回転剛性

$\theta_{yf}$：1 接合要素の接合部降伏回転角

$M_{uf}$：1 接合要素の接合部終局モーメント

$K_\theta$：接合部全体での回転剛性

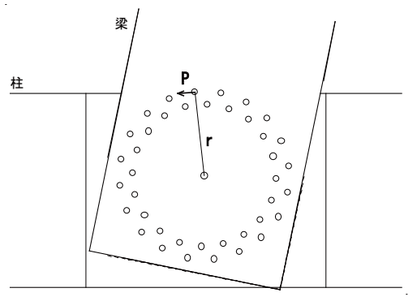
$M_y$：接合部全体での降伏モーメント

$\theta_y$：接合部全体での降伏回転角

$M_u$：接合部全体での終局モーメント

## ●モデル化

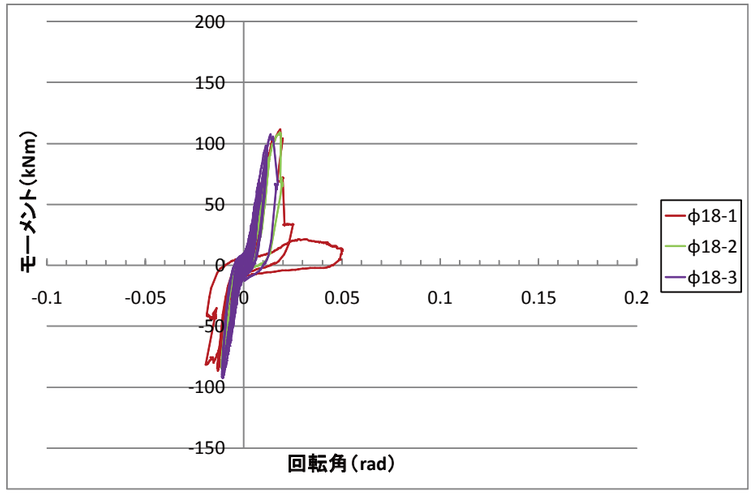
仕様 2　木栓 φ 18（木栓のせん断抵抗のみ）




## ●特性値

| | | $K_\theta$ (kNm/rad) | $M_{max}$ (kNm) | $M_y$ (kNm) | $\theta_y$ (×10⁻³rad) | $M_u$ (kNm) | $\theta_u$ (×10⁻³rad) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| φ18 | 1 | 9657 | 112 | 84 | 11.1 | 112 | 18.5 |
| | 2 | 8881 | 109 | 81 | 11.2 | 109 | 18.4 |
| | 3 | 10011 | 108 | 93 | 10.3 | 108 | 13.6 |
| | Ave. | 9516 | 109 | 86 | 10.8 | 109 | 16.8 |
| | S.D. | 472 | 2 | 5 | 0.41 | 2 | 2.3 |

## ●荷重変形



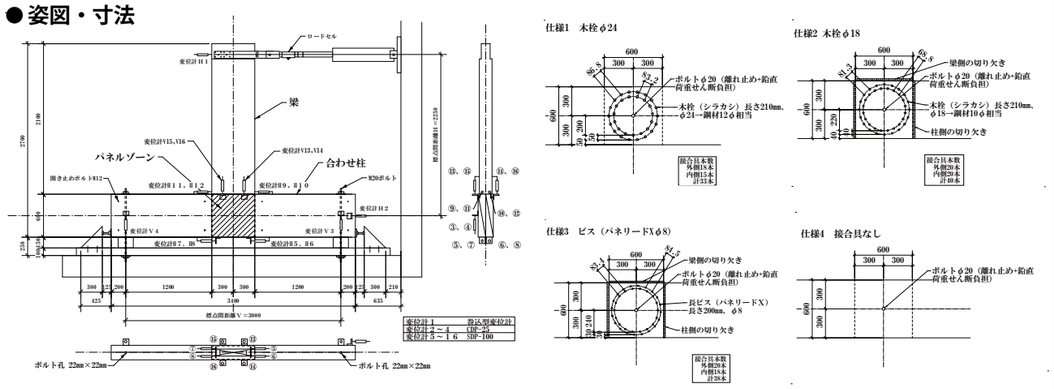

## ●破壊性状

・梁部材の曲げ破壊。

パネルゾーン（φ 18-1）

変形の大きかった木栓（φ 18-1）

## ●姿図・寸法
















【使用材料】

柱　2-105mm × 600mm、梁　180mm × 600mm

接合具　シラカシ木栓　φ 24、φ 18、長ビス（パネリード X）φ 8

## ●適用条件

接合具の配置に関しては、接合具の径を d として、端距離≧ 7d、縁距離≧ 4d、接合具間隔≧ 4d に従う。部材の断面に関しては、今回実験を行った 600mm 程度までのせいでならおそらく適用可能であろうと思われる。

## ●概要

2 枚の合わせ柱と 1 枚の梁からなる合わせ柱型の接合部である。接合部パネルゾーンは 600 × 600mm の部分を柱 - 梁の各接合面で 45mm 切り欠いた相欠き仕様となっており、パネルゾーン内に配置する接合具の種類とめり込みの有無をパラメータにとり検討を行った。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連業者で普通に入手可能）、パネリード X（東日本パワーファスニング株式会社）

## ●問い合わせ先 URL

東大農学部木質材料学研究室　03-5841-5253

## ●理論式

木質構造接合部設計マニュアルに従い、各接合要素（接合具の 2 面せん断、相欠きによる柱 - 梁界面のめり込み）による接合部のモーメント抵抗特性値を求め、両者を足し合わせることで接合部全体の特性値を算出する。接合具の場合は、まず 1 本あたりのせん断抵抗特性値を求めてから、回転中心からの距離を乗じたものの総和により接合部のモーメント抵抗特性値を求める。

## ●計算式

$K_\theta = \sum K_{\theta f}$、$\theta_y = \min . \theta_{yf}$、$M_y = K_\theta \times \theta_y$、$M_u = \sum M_{uf}$

$K_{\theta f}$：1 接合要素の接合部回転剛性

$\theta_{yf}$：1 接合要素の接合部降伏回転角

$M_{uf}$：1 接合要素の接合部終局モーメント

$K_\theta$：接合部全体での回転剛性

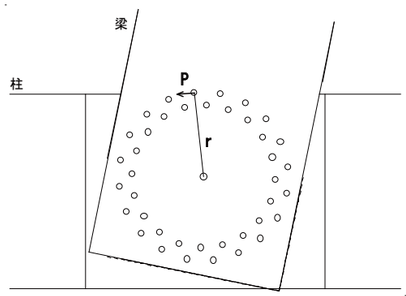
$M_y$：接合部全体での降伏モーメント

$\theta_y$：接合部全体での降伏回転角

$M_u$：接合部全体での終局モーメント

## ●モデル化

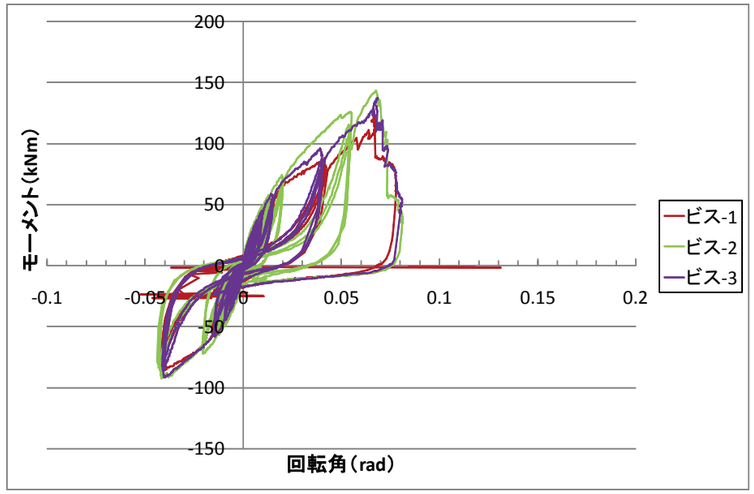
仕様 3　ビス（パネリード X）（ビスのせん断抵抗のみ）




## ●特性値

| | | $K_\theta$ (kNm/rad) | $K_{\theta 2}$ (kNm/rad) | $M_{max}$ (kNm) | $M_y$ (kNm) | $\theta_y$ (×10⁻³rad) | $M_v$ (kNm) | $\theta_v$ (rad) | $M_u$ (kNm) | $\theta_u$ (×10⁻³rad) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3880 | 1021 | 124 | 51 | 13.1 | 61 | 15.8 | 124 | 66.9 |
| | 2 | 4369 | 2004 | 144 | 55 | 12.1 | 58 | 13.2 | 144 | 67.6 |
| ビス | 3 | 4090 | 1339 | 138 | 58 | 14.1 | 63 | 15.4 | 138 | 68.5 |
| | Ave. | 4113 | 1454 | 135 | 55 | 13.1 | 61 | 14.8 | 135 | 67.7 |
| | S.D. | 200 | 409 | 8.3 | 2.9 | 0.79 | 2.2 | 1.1 | 8.3 | 0.68 |

## ●荷重変形



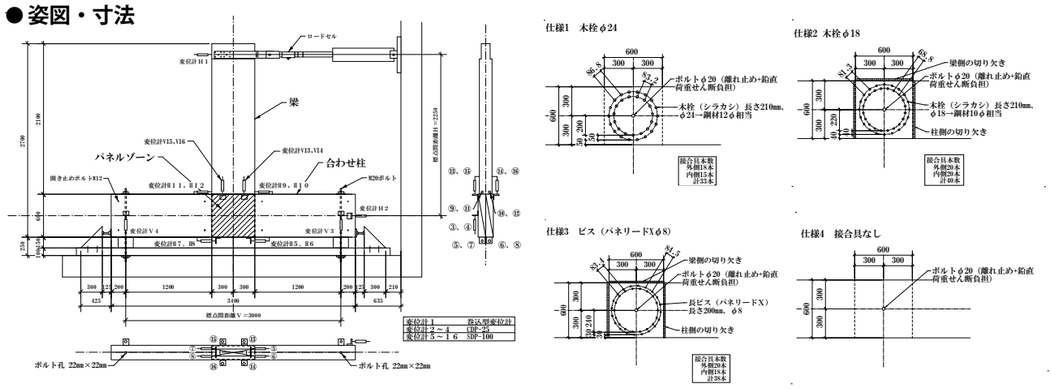

## ●破壊性状

・梁部材の曲げ破壊。柱部材の繊維方向の割裂。ビスの塑性変形。

接合部表側（ビス -3）

パネルゾーン（ビス -2）

## ●姿図・寸法







【使用材料】

柱　2-105mm × 600mm、梁　180mm × 600mm

接合具　シラカシ木栓　φ 24、φ 18、長ビス（パネリード X）φ 8

## ●適用条件

接合具の配置に関しては、接合具の径を d として、端距離≧ 7d、縁距離≧ 4d、接合具間隔≧ 4d に従う。部材の断面に関しては、今回実験を行った 600mm 程度までのせいでならおそらく適用可能であろうと思われる。

## ●概要

2 枚の合わせ柱と 1 枚の梁からなる合わせ柱型の接合部である。接合部パネルゾーンは 600 × 600mm の部分を柱 - 梁の各接合面で 45mm 切り欠いた相欠き仕様となっており、パネルゾーン内に配置する接合具の種類とめり込みの有無をパラメータにとり検討を行った。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連業者で普通に入手可能）、パネリード X（東日本パワーファスニング株式会社）

## ●問い合わせ先 URL

東大農学部木質材料学研究室　03-5841-5253

## ●理論式

木質構造接合部設計マニュアルに従い、各接合要素（接合具の 2 面せん断、相欠きによる柱 - 梁界面のめり込み）による接合部のモーメント抵抗特性値を求め、両者を足し合わせることで接合部全体の特性値を算出する。接合具の場合は、まず 1 本あたりのせん断抵抗特性値を求めてから、回転中心からの距離を乗じたものの総和により接合部のモーメント抵抗特性値を求める。

## ●計算式

$K_\theta = \sum K_{\theta f}$、$\theta_y = \min.\theta_{yf}$、$M_y = K_\theta \times \theta_y$、$M_u = \sum M_{uf}$

$K_{\theta f}$：1 接合要素の接合部回転剛性

$\theta_{yf}$：1 接合要素の接合部降伏回転角

$M_{uf}$：1 接合要素の接合部終局モーメント

$K_\theta$：接合部全体での回転剛性

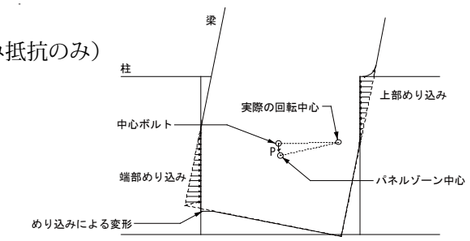
$M_y$：接合部全体での降伏モーメント

$\theta_y$：接合部全体での降伏回転角

$M_u$：接合部全体での終局モーメント

## ●モデル化

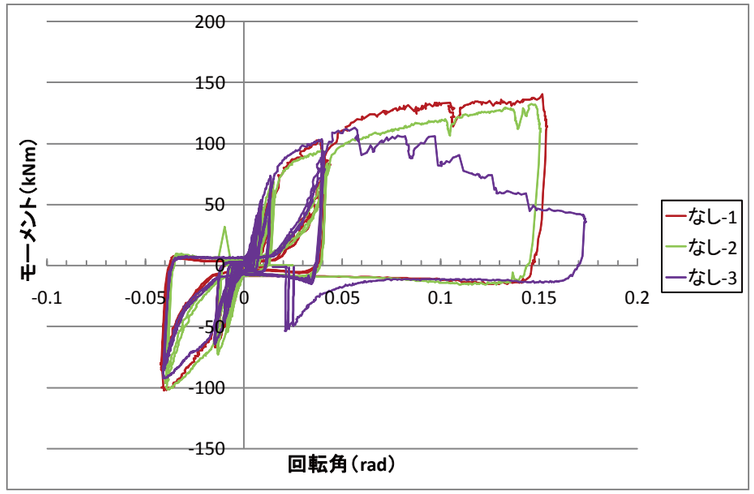
仕様 4　接合具なし（柱梁界面のめり込み抵抗のみ）




## ●特性値

| | | $K_\theta$ (kNm/rad) | $M_{max}$ (kNm) | $M_y$ (kNm) | $\theta_y$ (×10⁻³rad) | $M_u$ (kNm) | $\theta_u$ (×10⁻³rad) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| なし | 1 | 4825 | 141 | 72 | 18.1 | 123 | 154 |
| | 2 | 4557 | 132 | 68 | 15.0 | 110 | 151 |
| | 3 | 5691 | 113 | 61 | 10.7 | 99 | 97.1 |
| | Ave. | 5024 | 129 | 67 | 14.6 | 111 | 134 |
| | S.D. | 484 | 12 | 5 | 3.0 | 9 | 26 |

## ●荷重変形




## ●破壊性状

・木口接触面でのめり込み。パネルゾーン中心のボルトのせん断変形。

パネルゾーン（なし -2）

中心ボルトの変形（なし -2）

破壊性状に関しては、接合具のせん断と柱 - 梁のめり込みの両方で抵抗した木栓φ 24 のタイプは、木栓が降伏する前に梁のほぞに割裂が生じて荷重が低下した。またφ 24-1、φ 24-2 では引ききりで柱側にも繊維方向に割裂が生じた。3 体とも、木栓にはほとんど変形が見られなかった。この結果を受け、当初φ 24 と同様に接合具のせん断とめり込みの両方を効かせる予定であった木栓φ 18 とビスのタイプは、柱と梁の木口側の接触面を各 20mm 欠き込むことでめり込みを効かないようにし、接合具のせん断のみで抵抗する仕様とした。ビスのタイプはさらにビスの本数を当初の半分に減らした。木栓φ 18 はめり込みが効かなくともφ 24 の時と同様靭性を発揮する前に梁のほぞが割裂破壊して荷重が低下したが、ビスのタイプはビスが大きく降伏変形し粘り強さを発揮した。ビスのタイプも最後は梁のほぞが割裂破壊して荷重が急激に低下した。またφ 18-2、φ 18-3 は、最初の破壊の様子を確認するために引ききりまで行わず、荷重が最大荷重の 8 割まで低下した時点で試験を終了した。木栓の変形はφ 24 の時よりは大きかったが、それでもあまり目立った変形はなかった。ビスの 3 体は、引ききりの終盤で梁側の木口が柱に当たり若干めり込みが生じてしまった。また 3 体とも柱側にも繊維方向に割裂が生じた。柱 - 梁のめり込みのみで抵抗することを期待した接合具なしのタイプは、合わせ柱の離れ止めとしてつけたパネルゾーン中心の太径ボルトがかなりのせん断力を負担して変形したことで、試験体にロープ効果が働き摩擦が強く効いたようであった。

モーメント - 回転角曲線の傾向としては、木栓φ 24 と木栓φ 18 のタイプは、全ての試験体でほぼ木栓が降伏しないうちに梁側のほぞが曲げ破壊し急激にモーメントが低下したため、木栓の降伏がモーメント - 回転角関係に現れなかった。ビスのタイプは木栓のタイプに比べて剛性は低くなったが、粘り強く変形したことで最大耐力は木栓φ 18 よりも高くなった。そこでビスのタイプについては bi-linear 型の二次勾配 Kθ 2 を求め、見かけの降伏モーメント Mv、見かけの降伏変形角θ v を求めた。このタイプも最後は梁側のほぞが割裂破壊してモーメントが急激に低下したため､最大モーメントに達した時点を終局として評価した。接合具なしのタイプは 4 種類の中で最も粘り強い挙動を示したが、なし -1 は初期すべりが大きかった。

前述の理論式、計算式に従い、要素試験の結果を用いて求めた実大接合部性能の計算値と、実大試験で得られた実験値の比較を以下に示す。表においてφ 24 の dowel は木栓のせん断抵抗のみの性能、total は木栓のせん断とめり込みの両方を考慮した場合の性能である。実験値（Exp.）は 3 体の平均値、赤で示した部分は計算値（Cal.）を実験値（Exp.）で割った値である。

木栓φ 18 タイプは､回転剛性､降伏モーメントともに非常によく推定できている。ビスタイプは､降伏モーメントの計算値がやや高いが、剛性や終局モーメントはよく一致している。柱 - 梁のめり込みのみに期待した接合具なしタイプは、剛性、降伏モーメント、終局モーメントのいずれの計算値も実際の値より低く出ている。これは、接合具なしの試験では、梁部材の抜けを拘束するものがパネルゾーン中心の太径ボルトしかなかったために、他の仕様に比べてボルトがかなり大きなせん断力を負担したことと、それに伴うボルトの変形により試験体にロープ効果が働いて、めり込み式で考慮されないほぞ表面の摩擦が強く効いたことが原因と考えられる。接合具のせん断とめり込みの両方に期待した木栓φ 24 タイプにおいて、剛性の計算値が実験値より若干低くなっていることも、上記の理由によるものと考えられる。また実験では、梁のほぞ端で柱梁の相対変位を測定していた変位計の測定点の位置が端に寄りすぎていたため、変位計がめり込みによる梁ほぞの局部変形を拾ってしまった可能性がある。

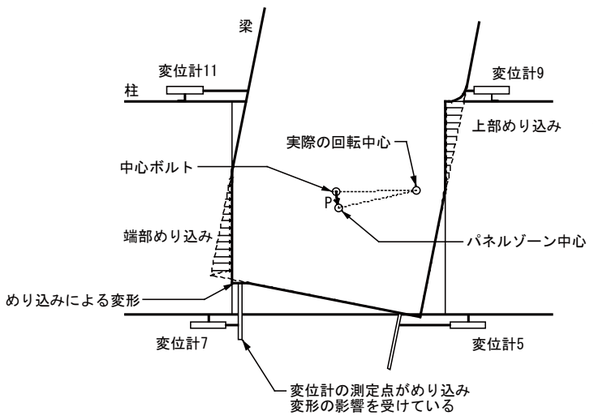


接合部性能計算値

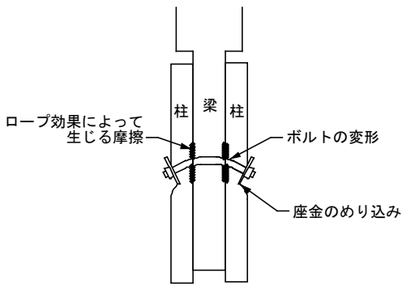
| | | Kθ (kNm/rad) | My (kNm) | θy (×10⁻³rad) | Mu (kNm) | Zfb (kNm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| φ24 | dowel | 11800 | 109 | 9.2 | 216 | 118 |
| | total | 15272 | 120 | 7.9 | 271 | |
| φ18 | | 9711 | 96 | 9.9 | 182 | 117 |
| ビス | | 4596 | 78 | 17.0 | 155 | 143 |
| なし | | 3472 | 27 | 7.9 | 55 | 162 |

実験値と計算値の比較

| | | Kθ (kNm/rad) | | My (kNm) | | θy (×10⁻³rad) | | Mu (kNm) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| φ24 | Exp. | 21376 | 0.71 | 123 | 0.98 | 6.7 | 1.17 | 136 | 1.99 |
| | Cal. | 15272 | | 120 | | 7.9 | | 271 | |
| φ18 | Exp. | 9516 | 1.02 | 86 | 1.11 | 10.8 | 0.91 | 109 | 1.66 |
| | Cal. | 9711 | | 96 | | 9.9 | | 182 | |
| ビス | Exp. | 4113 | 1.12 | 55 | 1.43 | 13.1 | 1.30 | 135 | 1.15 |
| | Cal. | 4596 | | 78 | | 17.0 | | 155 | |
| なし | Exp. | 5024 | 0.69 | 67 | 0.41 | 14.6 | 0.54 | 111 | 0.50 |
| | Cal. | 3472 | | 27 | | 7.9 | | 55 | |



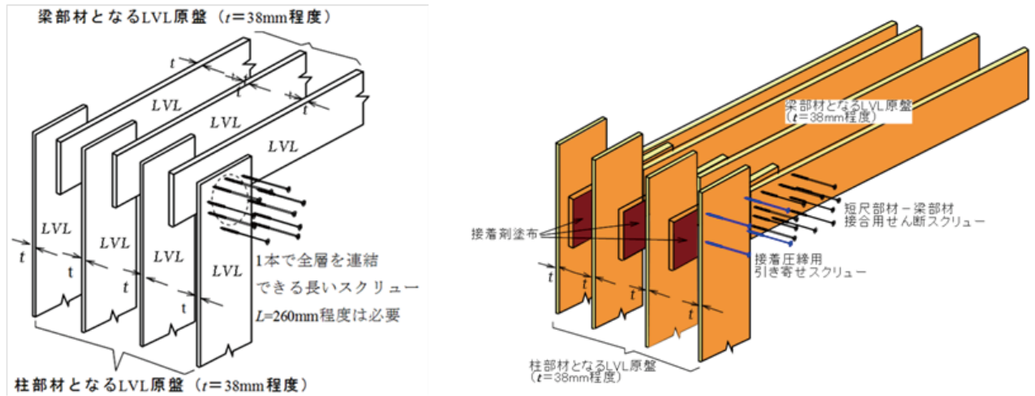

回転中心の移動とめり込みによるほぞ端部の変形




ロープ効果によって生じる摩擦

# CLS 十字接合部

LVL は製造上の制約から厚さ 35mm ～ 38mm の基本原盤をまず製造し、必要に応じて基本原盤を 2 次接着して集成材と同じような材せいに再加工して木質ラーメンの柱や梁として利用される形態がこれまでは多かった。本資料で扱っている接合法では、これまでのＬＶＬの利用法とは異なる視点にたって、基本原盤をそのまま交差重ね合わせ接合して各種ラーメン架構を構成する方法を提案する。**図**にその提案概念を示す。**図**に示すように、LVL の基本原版を接合部となる箇所において多数枚交差重ね合わせて、重なり合った部分を 1 本で全層を貫通連結できるだけの長いスクリューを多数本用いて留め付けて柱－梁接合部や柱脚接合部を完成させる現場施工法を提案し、その接合法を Cross Lapped Screwed 接合法（CLS 接合法）と名付けた。ClS ラーメンには、**図**の（**a**）に示すように現場で直接接合部を施工する小規模戸建て木造建築用の「直接 CLS ラーメン」と、**図**の（**b**）に示すように、予め工場で短尺材を柱に交差重ね合わせ接着し、現場では短尺材と梁部材を CLS 接合してラーメン架構を完成させる比較的大型の「短尺部材接着 CLS ラーメン」の 2 種類がある。




（a）直接接合法　　（b）「短尺部材接着 CLS ラーメン」

図　CLS 接合法による木質ラーメン柱－梁接合部の概念

力の伝達方法と設計に際しての基本的な条件は以下のとおり。

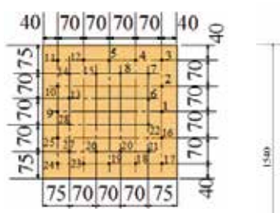
### (1) 直接接合法の場合

接合部に作用するモーメント、せん断力、軸力に起因する荷重をすべてスクリューに作用する多重のせん断力として他部材に伝達する。３種類の力（モーメント、せん断力、軸力）による X、Y 方向分力の重ね合わせが成立するものと仮定して変形・耐力の計算を行う。

### (2) 短尺部材接着 CLS ラーメンの場合

柱－短尺部材間の接着接合部での先行破壊が起こらないことを設計上の大前提とする。ねじりモーメントを受ける積層接着接合部の耐力は、「回転中心から最も遠い点のせん断応力が最大値に達した時点で破壊する」という仮定に準拠し、接合部の変形角は接合部のパネルせん断変形角を変形角と見なす。架構の降伏は短尺部材－梁端部間のスクリュー接合部で発生するように設計する。その際のスクリュー接合部における力の伝達方法は「直接 CLS 接合」の場合と同じである。

**●姿図・寸法**



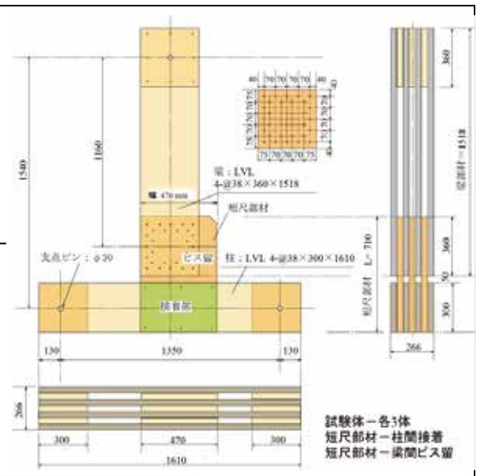
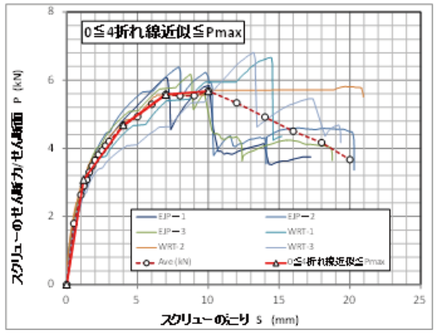




図１　短尺部材ー梁間全ネジスクリュー
接合部用モーメント抵抗性能試験体




0≦4折れ線近似≦Pmax

| | S (mm) | P (kN) | Ks |
|---|---|---|---|
| 0 | 0.000 | 0.000 | (kN/mm) |
| Py | 1.189 | 3.075 | 2.58661 |
| Pc | 4.000 | 4.676 | 0.56937 |
| Pmax | 7.000 | 5.580 | 0.30141 |
| Pu | 10.000 | 5.680 | 0.03333 |

図２　荷重ーえり包絡線関係・平均曲線・4 折れ線近似式の関係

【使用材料】

LVL は、日本 LVL 協会より提供された等級 90E の LVL を用いた。樹種はカラマツで、基本原盤の寸法は厚さ 38mm ×幅 300mm ～ 470mm ×長さ L（必要長さ）である。全ネジスクリューは以下の２種類を使用する。スクリューの性能に関しては、２種類ともほぼ同じ性能が発揮されることを実験で確認した。

WRT：谷径 5.09mm（実測値）、山径 8.30mm（実測値）、長さ 257mm（実測値）

EJP：谷径 5.64mm（実測値）、山径 7.98mm（実測値）、長さ 265mm（実測値）

全ネジスクリューの一せん断面あたりの性能は、**図 2** に示す荷重ーえり関係から読み取れる値を用いる。

**●適用条件**

接合具の配置に関しては AIJ 設計規準等の接合具配置の基準に準拠するが、原則的には円形配列とし、通常は２重配置、大規模な構造では、３重もしくは 4 重配列とする。接合具のせん断性能には剛性・強度の異方性はないと仮定して設計計算を進める。

**●概要**

戸建て住宅などの小規模な構造の場合、柱は通常３枚の LVL から、梁は 4 枚の LVL から構成される。工場や木造低層公共建築物のような大規模な構造になると、柱は 4 枚、梁は 5 枚の LVL が必要となる。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

全ネジスクリューについては、WRT（ウルトジャパン）ならびに EJP（東日本パワーファスニング（株））の両社から購入できる。

**●問い合わせ先 URL**

ウルトジャパン（株）　045-488-4186　　東日本パワーファスニング（株）022-351-7330

接着剤：（株）オーシカ　03-5916-8857

構造計算：小松幸平（木造設計支援（Timber Design Support :TDS）―設立予定：090-5253-9081）

**●理論式**

接合部の回転剛性：$R_J = n_s \sum_{i=1}^{n} \left( K_{ŝ} \cdot r_i^2 \right)$

接合部のせん断剛性：$S_J = n_s \sum_{i=1}^{n} K_{ŝ}$

接合部の軸伸縮剛性：$D_J = n_s \sum_{i=1}^{n} K_{ŝ}$　　1 本のスクリューが受けるせん断合力：$F_{resi} = \sqrt{F_{ẋ}^{\,2} + F_{ẏ}^{\,2}}$

ただし、$F_{ẋ} = n_s \cdot K_{ŝ} \left\{ y_i \cdot \left( \frac{M}{R_J} \right) + \left( \frac{N}{D_J} \right) \right\}$ 、$F_{ẏ} = K_{ŝ} \cdot n_s \left\{ -x_i \cdot \left( \frac{M}{R_J} \right) + \left( \frac{Q}{S_J} \right) \right\}$

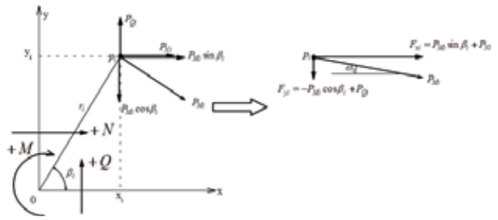
ここで、

*M*: モーメント、*N*：軸力、*Q*：せん断力、*Ks*：スクリューの辷り係数（**図 2**）、*ns*：せん断面の数、x、y は回転中心を原点とするスクリューの座標値、*r* は極座標の半径。

**●計算式**

―

**●モデル化**




接合部に打たれた i=1 ～ n 本の全てのスクリューに作用するモーメントによる力 PM、せん断力による力 PQ、軸力による力 PN を重ね合わせて合力を求め、その合力が許容せん断力を超えていないかを照査する。

**●特性値**

全ネジスクリューの許容耐力（6 面せん断実験の値）

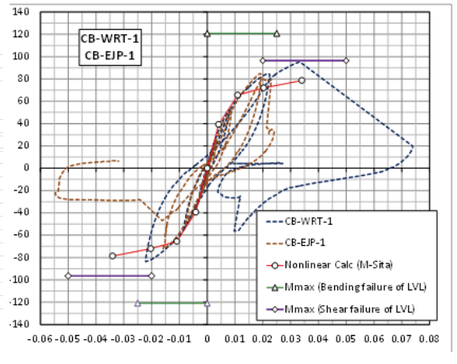
全ネジスクリュー2社混み　6面せん断試験体の荷重ーえり関係の評価
耐力壁の評価法に準拠した場合の完全弾塑性近似評価

| 評価項目 | | | SCR1 | SCR2 | SCR3 | SCR4 | SCR5 | SCR6 | X 平均値 | sd 標準偏差 | $F_0$ 95%下限値 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (1) | Py | (kN) | 19.40 | 21.26 | 21.00 | 19.40 | 21.26 | 21.00 | 20.55 | 0.9002 | 18.45 |
| (3) | 2/3(Pmax) | (kN) | 24.32 | 25.56 | 24.69 | 24.32 | 25.56 | 24.69 | 24.86 | 0.5701 | 24.69 |
| 短期許容値 P0 | | | | | | | | | | | 18.45 |
| 最大耐力 | Pmax | (kN) | 36.47 | 38.34 | 37.04 | 36.47 | 38.34 | 37.04 | 37.29 | 0.8552 | |
| 終局耐力 | Pu | (kN) | 31.00 | 34.45 | 30.89 | 31.00 | 34.45 | 30.89 | 32.12 | 1.8119 | 50%下限値 |
| 初期剛性 | K | (kN/mm) | 11.1 | 12.1 | 13.3 | 11.1 | 12.1 | 13.3 | 12.20 | 0.9858 | 12.2 |
| 塑性率 | μ | | 3.69 | 3.63 | 4.34 | 3.69 | 3.63 | 4.34 | 3.88 | 0.3507 | |
| 1/√(2μ−1) | Ds | | 0.40 | 0.40 | 0.36 | 0.40 | 0.40 | 0.36 | 0.39 | 0.0191 | |
| 降伏時変形角 | Sy | mm | 1.74 | 1.75 | 1.58 | 1.74 | 1.74 | 1.58 | 1.69 | 0.09 | |
| 限状点変形角 | Sv | mm | 2.79 | 2.84 | 2.32 | 2.79 | 2.84 | 2.32 | 2.65 | 0.26 | |
| 終局時変形角 | Su | mm | 10.29 | 10.29 | 10.05 | 10.29 | 10.29 | 10.05 | 10.21 | 0.12 | |
| 95%k (n=6) = | 2.336 | | | | | | | | | | |
| 50%k (n=6) = | 0.297 | | | | | | | | | | |

F=X−k*sd

**●荷重変形**

荷重ー変形関係の実測値と計算値との適合性




**●破壊性状**

短尺材の縦方向割裂（スクリューを起点とした引き裂き）が先行。（CB-WRT/EJP-1）

その後短尺材の曲げ破壊が発生した。(CB-WRT/EJP-1）

**解説**

当初の予定では、スクリュー接合部の塑性変形が先に起こって、接合部は大変形領域まで脆性的な破壊をせずに持ちこたえる予定であったが、実際には短尺部材の割裂破壊によって、比較的脆性的に破壊した。この破壊は、短尺部材の材性を 470mm、梁の材せいが 360mm と段差があったことによる一種の応力集中による割裂破壊であるが、現状の木質構造設計規準には、このような直角切り欠きを対象とした強度推定式は含まれていないので、対応としては短尺部材と梁部材の交わる部分で材せいが一致するように、短尺部材のデザインをハンチ型に改良することが必要であると考えられる。

一方、初期剛性領域から最大耐力領域までは、概ね計算による挙動の推定値と実測値は良く適合しており、ここで提案した計算式を用いることによって、許容応力度設計から保有耐力設計に至るまで、要求される設計レベルに応じて、精度良く CLS ラーメンを設計出来る可能性があることを示すことができた。

## まとめ

CLS ラーメンのスクリュー接合部のモーメント抵抗性能い確認実験を行い、現在我が国で供給可能な２種類の全ネジスクリューを用いて、基本的な多面せん断試験を行い、スクリュー１本当たりの１せん断面当たりのせん断荷重ー辷り関係の設計用標準曲線を決定した。

この標準データを用いることで、初期剛性領域から最大荷重に至るまでの広い範囲にわたって、交差重ね合わせスクリュー接合部（CLS）の挙動を概ね正確に予測することが出来ることを実験によって検証した。

なお、ここでは言及していないが、積層接着部や柱脚接合部についても実験結果と計算結果との間に良好な一致を確認しており、CLS ラーメンを用いた戸建て木造住宅の耐震補強（直接接合法を使用）や、大規模な工場棟や木造低層公共建築部のような大規模木質構造建築物をラーメン構造で構成するための有効な方法を提案することができた。

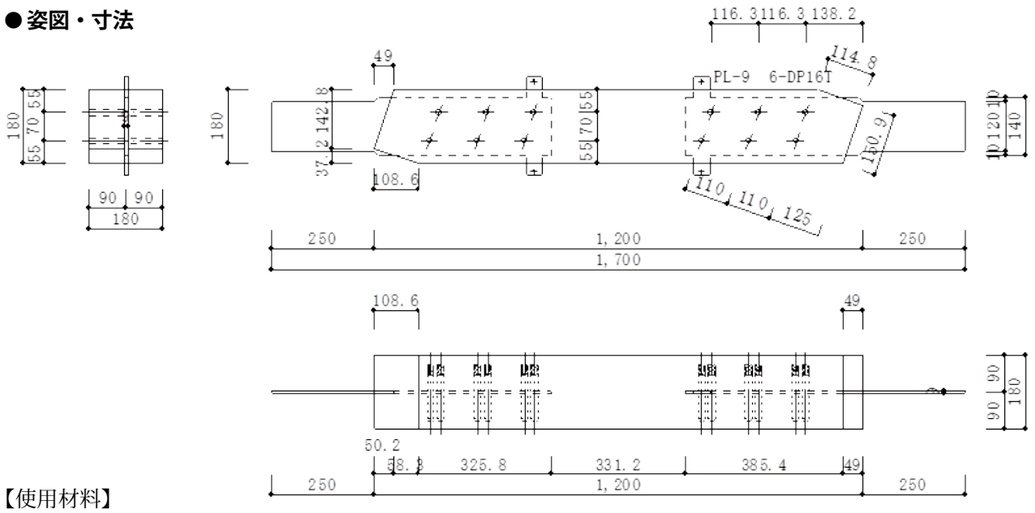
# ブレース端部接合部

住宅レベルの耐力壁は壁倍率という指標でその性能が表現される。一方、中大規模木造建築においては、必要なせん断耐力を有する壁を設計することにある。接合部の設計自体は日本建築学会「木質構造設計規準・同解説」に基づいて接合部単体、複数本配置の接合部の許容耐力を求めることが可能である。しかしその計算は複雑である上に、接合部の配置によっては、計算上生じないとみなしているブレースや柱脚接合部に軸力以外の曲げモーメントなどが生じる。その力によって想定外の割り裂きが生じ、所定の性能が発揮されない場合もある。また、「木質構造設計規準・同解説」では降伏耐力が示されているものの、終局耐力や変形性能などは定量的に示されてはいない。よって、許容応力度計算によってその耐震安全性を確保するが、鉄骨造のルート１のように標準せん断力係数の割増しもなく、さらに保有耐力接合は現実的に無理な上に、母材自体も脆性的に破壊する。よって、許容応力度計算のみによって確保される耐震安全性は相対的に住宅レベルの構造や他の構造に比べて低くなることも危惧されるところである。

そこで本資料中には典型的なブレース架構についてその許容せん断耐力を示すとともに、保有水平耐力や変形性能について示している。典型的なブレースとして、鋼板挿入ドリフトピン接合とボルト接合を選択した。さらにボルト接合に対してはブレース材を２材に分け、施工の容易性について配慮している。

ここでは本資料中に示した典型的なブレース架構のブレース端部接合部、柱頭柱脚接合部についての接合部実験の結果を示したものである。「木質構造設計規準・同解説」で計算される許容耐力も示してあり、接合部実験と設計値の比較、さらに接合部実験の結果と本資料の結果を比較することにより、ブレース架構の設計に資する資料として構成している。

**● 姿図・寸法**




【使用材料】

ブレース材　180mm × 180mm（カラマツ　E95-F270）

鋼板　9mm（SS400）

接合具　ドリフトピンφ 16, 有効長さ 130mm

**● 適用条件**

ドリフトピン本数を増やした場合、破壊モードが変化する可能性があり、単純に本数倍の性能が得られないので注意が必要である。また、二次応力に対する配慮も必要となる。

**● 概要**

集成材を用いたブレース端部接合部。接合部は鋼板挿入型接合とし、木材と鋼板を緊結する接合具にはドリフトピンを用いている。

**● 接合具（メーカー、入手方法等）**

ドリフトピン

**● 問い合わせ先 URL**

—

**● 理論式**

—

**● 計算式**

・終局せん断耐力 $P_a$　（$P_{u0}$=$P_{uj}$ として算出）

$P_a = {}_jK_r \cdot P_{u0}$

${}_jK_r$：接合種別の靭性係数（0.90）

・基準終局せん断耐力 $P_{uj}$

$P_{uj} = \sum_{i=1}^{m} {}_jK_n \cdot n_i \cdot p_{u0}$

${}_jK_n$：1 列の接合具本数による耐力の低減係数（0.92）

$n_i$：i 列のボルト本数　m：列数

・単位接合部の終局せん断耐力 $p_{u0}$

$P_{u0} = r_u \cdot p_y$

$r_u$：終局強度比 (1.0)

・単位接合部の降伏せん断耐力 $p_y$

$p_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$

$C$：鋼板挿入 2 面せん断接合の接合形式係数（モードⅢ）

$F_e$：主材の基準支圧強度（カラマツ繊維方向 25.4 N/mm$^2$）

$d$：接合具径（16mm）

$l$：有効長さ（119mm）

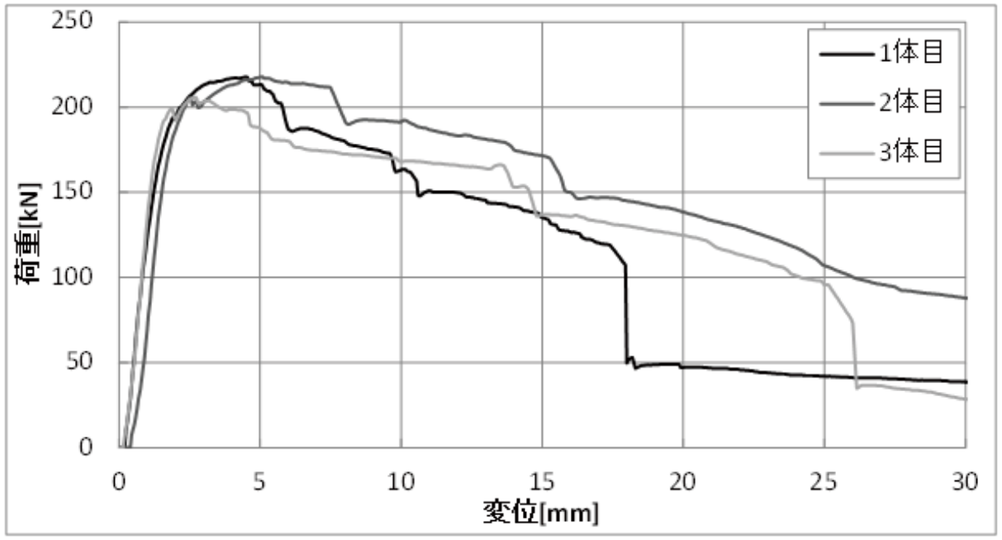
**● モデル化**

**● 特性値**

| | 最大荷重 [kN] | 最大荷重時変位 [mm] | 初期剛性 [kN/mm] | 終局耐力 [kN] |
|---|---|---|---|---|
| 1 体目 | 217.9 | 4.5 | 172 | 195.2 |
| 2 体目 | 217.8 | 5.1 | 139 | 195.0 |
| 3 体目 | 206.0 | 2.7 | 160 | 178.5 |

※剛性は 0.1$P_{max}$ から 0.4$P_{max}$ の傾きから算出した。

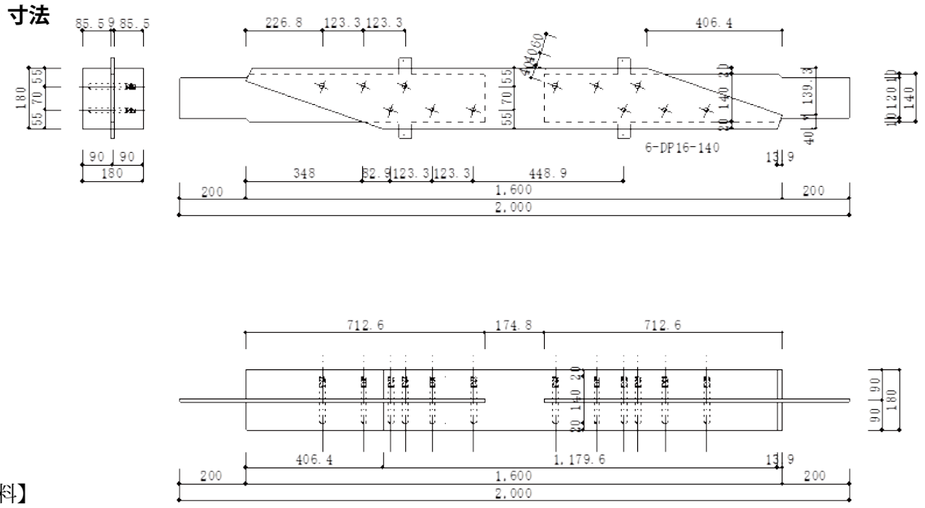
**● 荷重変形**




**● 破壊性状**

・ドリフトピンの曲げ降伏。ドリフトピンの配置列に沿ったせん断破壊

**●姿図・寸法**




【使用材料】

ブレース材　180mm × 180mm（カラマツ　E95-F270）

鋼板　9mm（SS400）

接合具　ドリフトピンφ 16, 有効長さ 130mm

**●適用条件**

ドリフトピン本数を増やした場合、破壊モードが変化する可能性があり、単純に本数倍の性能が得られないので注意が必要である。また、二次応力に対する配慮も必要となる。

**●概要**

集成材を用いたブレース端部接合部。接合部は鋼板挿入型接合とし、木材と鋼板を緊結する接合具にはドリフトピンを用いている。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

ドリフトピン

**●問い合わせ先 URL**

—

**●理論式**

—

**●計算式**

・終局せん断耐力 $P_a$　（$P_{u0}$=$P_{uj}$ として算出）

$P_a = {}_jK_r \cdot P_{u0}$

${}_jK_r$：接合種別の靭性係数（0.90）

・基準終局せん断耐力 $P_{uj}$

$P_{uj} = \sum_{i=1}^{m} {}_jK_n \cdot n_i \cdot p_{u0}$

${}_jK_n$：1 列の接合具本数による耐力の低減係数（0.92）

$n_i$：i 列のボルト本数　m：列数

・単位接合部の終局せん断耐力 $p_{u0}$

$P_{u0} = r_u \cdot p_y$

$r_u$：終局強度比 (1.0)

・単位接合部の降伏せん断耐力 $p_y$

$p_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$

$C$：鋼板挿入 2 面せん断接合の接合形式係数（モードⅢ）

$F_e$：主材の基準支圧強度（カラマツ繊維方向 25.4 N/mm$^2$）

$d$：接合具径（16mm）

$l$：有効長さ（119mm）

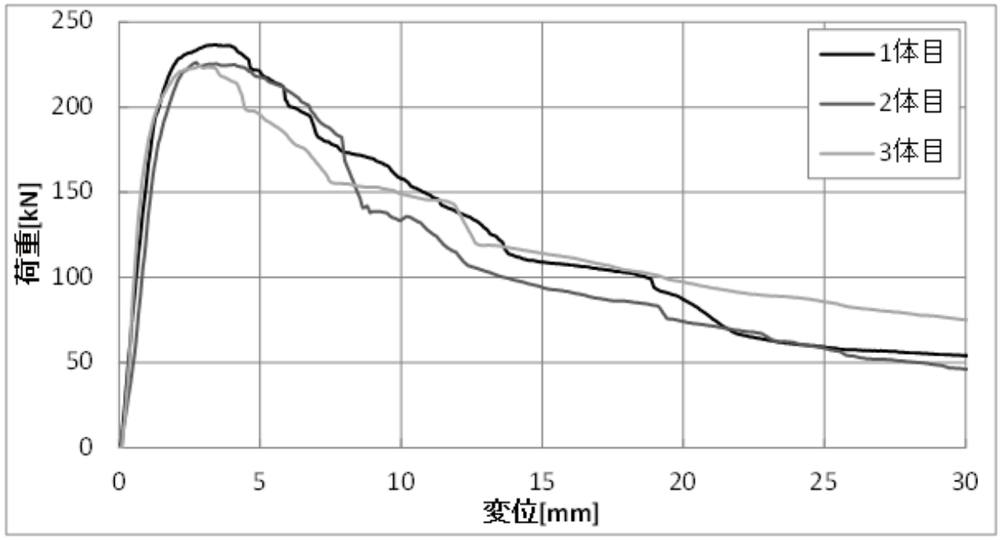
**●モデル化**

**●特性値**

| | 最大荷重 [kN] | 最大荷重時変位 [mm] | 初期剛性 [kN/mm] | 終局耐力 [kN] |
|---|---|---|---|---|
| 1 体目 | 236.7 | 3.5 | 192 | 220.7 |
| 2 体目 | 226.5 | 2.8 | 137 | 212.4 |
| 3 体目 | 224.2 | 2.9 | 253 | 205.3 |

※剛性は 0.1$P_{max}$ から 0.4$P_{max}$ の傾きから算出した。

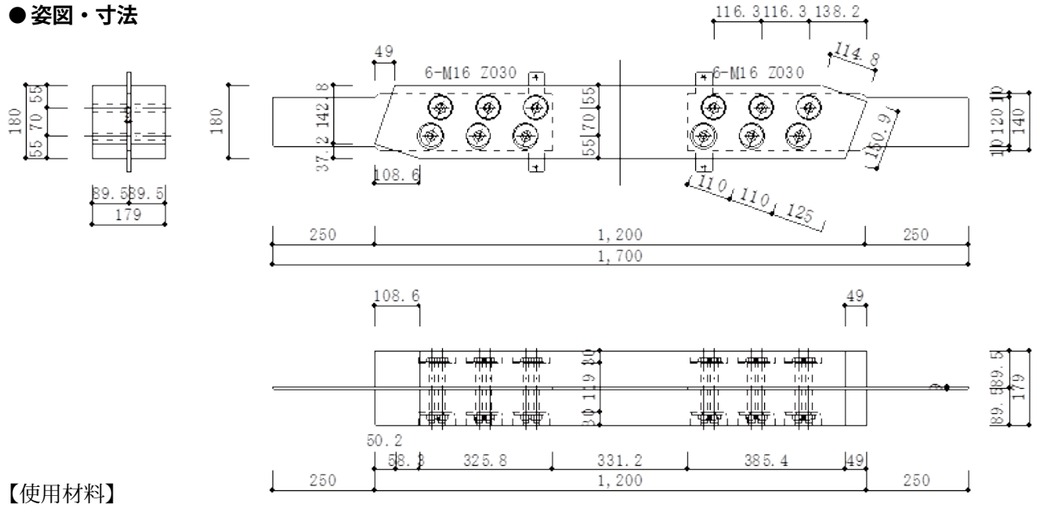
**●荷重変形**




**●破壊性状**

・ドリフトピンの曲げ降伏。ドリフトピンの配置列に沿ったせん断破壊

**●姿図・寸法**




【使用材料】

ブレース材　2-85mm × 180mm（カラマツ　E95-F270）

鋼板　9mm（SS400）

接合具　ボルト M16, 有効長さ 119mm

**●適用条件**

ボルト本数を増やした場合、破壊モードが変化する可能性があり、単純に本数倍の性能が得られないので注意が必要である。また、二次応力に対する配慮も必要となる。

**●概要**

集成材を用いたブレース端部接合部。接合部は鋼板挿入型接合とし、木材と鋼板を緊結する接合具にはボルトを用いている。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

ボルト

**●問い合わせ先 URL**

—

**●理論式**

—

**●計算式**

・終局せん断耐力 $P_a$　（$P_{u0}$=$P_{uj}$ として算出）

$P_a = {}_jK_r \cdot P_{u0}$

${}_jK_r$：接合種別の靭性係数（0.90）

・基準終局せん断耐力 $P_{uj}$

$P_{uj} = \sum_{i=1}^{m} {}_jK_n \cdot n_i \cdot p_{u0}$

${}_jK_n$：1 列の接合具本数による耐力の低減係数（0.92）

$n_i$：i 列のボルト本数　m：列数

・単位接合部の終局せん断耐力 $p_{u0}$

$P_{u0} = r_u \cdot p_y$

$r_u$：終局強度比 (1.0)

・単位接合部の降伏せん断耐力 $p_y$

$p_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$

$C$：鋼板挿入 2 面せん断接合の接合形式係数（モードⅢ）

$F_e$：主材の基準支圧強度（カラマツ繊維方向 25.4 N/mm$^2$）

$d$：接合具径（16mm）

$l$：有効長さ（110mm）

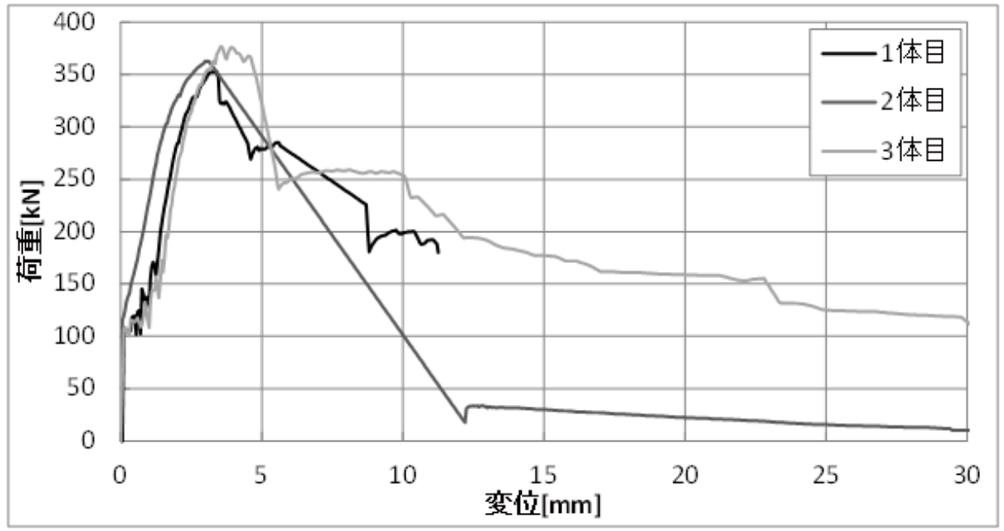
**●モデル化**

**●特性値**

| | 最大荷重 [kN] | 最大荷重時変位 [mm] | 初期剛性 [kN/mm] | 終局耐力 [kN] |
|---|---|---|---|---|
| 1 体目 | 352.7 | 3.4 | 171 | 318.9 |
| 2 体目 | 363.4 | 3.1 | 168 | 329.2 |
| 3 体目 | 378.2 | 3.6 | 138 | — |

※初期ガタの影響を考慮するため、剛性は 0.5$P_{max}$ から 0.8$P_{max}$ の傾きから算出した。

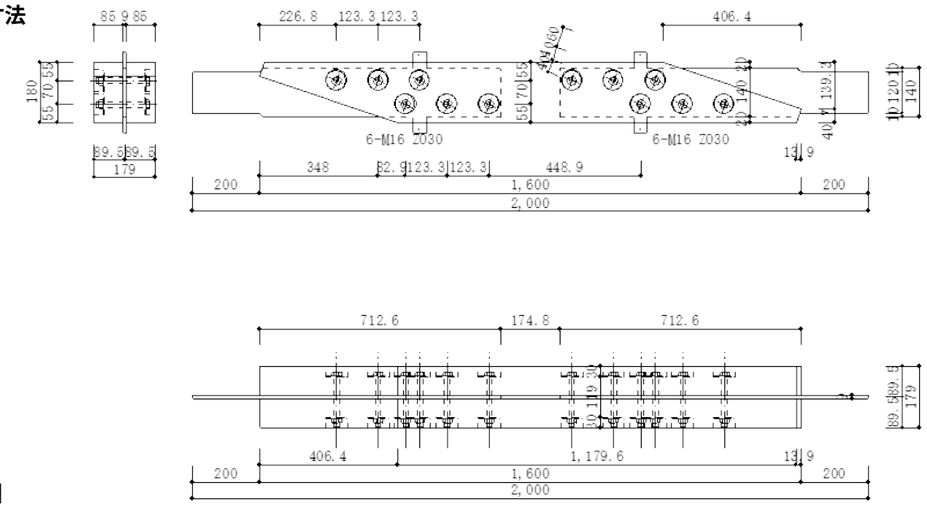
**●荷重変形**




**●破壊性状**

・ボルトの曲げ降伏。ボルトの配置列に沿ったせん断破壊

**●姿図・寸法**




【使用材料】

ブレース材　2-85mm × 180mm（カラマツ　E95-F270）

鋼板　9mm（SS400）

接合具　ボルト M16, 有効長さ 119mm

**●適用条件**

ボルト本数を増やした場合、破壊モードが変化する可能性があり、単純に本数倍の性能が得られないので注意が必要である。また、二次応力に対する配慮も必要となる。

**●概要**

集成材を用いたブレース端部接合部。接合部は鋼板挿入型接合とし、木材と鋼板を緊結する接合具にはボルトを用いている。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

ボルト

**●問い合わせ先 URL**

—

**●理論式**

—

**●計算式**

・終局せん断耐力 $P_a$　（$P_{u0}$=$P_{uj}$ として算出）

$P_a = {}_jK_r \cdot P_{u0}$

${}_jK_r$：接合種別の靭性係数（0.90）

・基準終局せん断耐力 $P_{uj}$

$P_{uj} = \sum_{i=1}^{m} {}_jK_n \cdot n_i \cdot p_{u0}$

${}_jK_n$：1 列の接合具本数による耐力の低減係数（0.92）

$n_i$：i 列のボルト本数　m：列数

・単位接合部の終局せん断耐力 $p_{u0}$

$P_{u0} = r_u \cdot p_y$

$r_u$：終局強度比 (1.0)

・単位接合部の降伏せん断耐力 $p_y$

$p_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$

$C$：鋼板挿入 2 面せん断接合の接合形式係数（モードⅢ）

$F_e$：主材の基準支圧強度（カラマツ繊維方向 25.4 N/mm$^2$）

$d$：接合具径（16mm）

$l$：有効長さ（110mm）

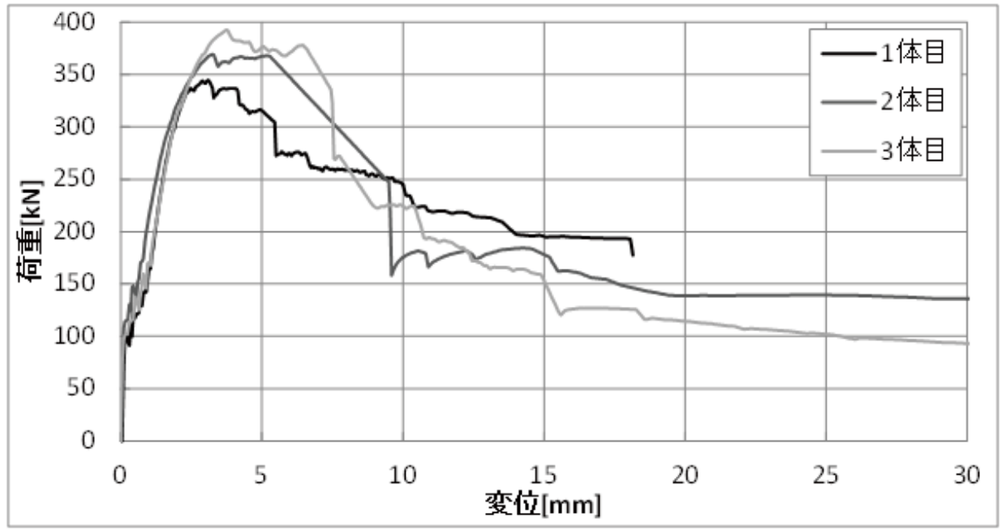
**●モデル化**

**●特性値**

| | 最大荷重 [kN] | 最大荷重時変位 [mm] | 初期剛性 [kN/mm] | 終局耐力 [kN] |
|---|---|---|---|---|
| 1 体目 | 344.7 | 3.1 | 175 | 329.7 |
| 2 体目 | 369.8 | 3.3 | 133 | 347.1 |
| 3 体目 | 393.2 | 3.8 | 138 | 375.8 |

※初期ガタの影響を考慮するため、剛性は 0.5$P_{max}$ から 0.8$P_{max}$ の傾きから算出した。

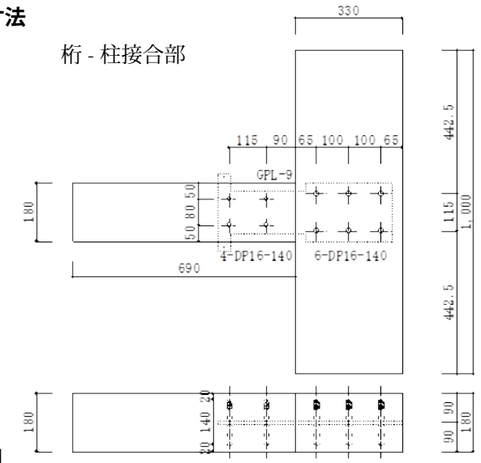
**●荷重変形**




**●破壊性状**

・ボルトの曲げ降伏。ボルトの配置列に沿ったせん断破壊

**●姿図・寸法**




【使用材料】

柱材　180mm × 180mm（カラマツ E95-F315）

桁材　180mm × 330mm（カラマツ E95-F270）

鋼板　9mm（SS400）

接合具　ドリフトピンφ 16, 有効長さ 130mm

**●適用条件**

ドリフトピン本数を増やした場合、破壊モードが変化する可能性があり、単純に本数倍の性能が得られないので注意が必要である。また、二次応力に対する配慮も必要となる。

**●概要**

集成材を用いたブレース耐力壁の柱頭柱脚接合部。接合部は鋼板挿入型接合とし、木材と鋼板を緊結する接合具にはドリフトピンを用いている。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

ドリフトピン

**●問い合わせ先 URL**

—

**●理論式**

—

**●計算式**

・終局せん断耐力 $P_a$　（$P_{u0}$=$P_{uj}$ として算出）

$P_a={}_jK_r \cdot P_{u0}$

${}_jK_r$：接合種別の靭性係数（0.90）

・基準終局せん断耐力 $P_{uj}$

$P_{uj}=\sum_{i=1}^{m} {}_jK_n \cdot n_i \cdot p_{u0}$

${}_jK_n$：1 列の接合具本数による耐力の低減係数（0.92）

$n_i$：i 列のボルト本数　m：列数

・単位接合部の終局せん断耐力 $p_{u0}$

$P_{u0}=r_u \cdot p_y$

$r_u$：終局強度比 (1.0)

・単位接合部の降伏せん断耐力 $p_y$

$p_y=C \cdot F_e \cdot d \cdot l$

$C$：鋼板挿入 2 面せん断接合の接合形式係数（モードⅢ）

$F_e$：主材の基準支圧強度（カラマツ繊維方向 25.4 N/mm$^2$）

$d$：接合具径（16mm）

$l$：有効長さ（119mm）

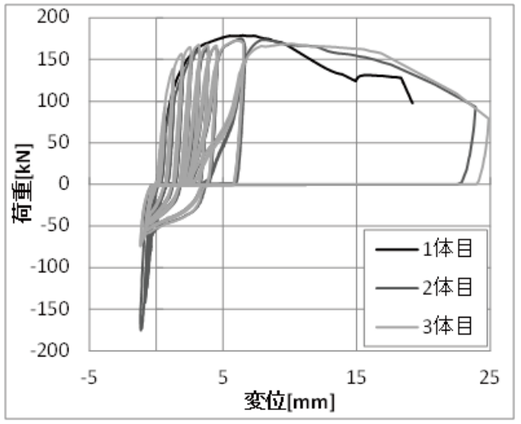
**●モデル化**

**●特性値**

| | | 最大荷重 [kN] | 最大荷重時変位 [mm] | 初期剛性 [kN/mm] | 終局耐力 [kN] |
|---|---|---|---|---|---|
| 桁 - 柱 | 1 体目 | 178.8 | 6.5 | 91.8 | 166.6 |
| | 2 体目 | 175.2 | 6.4 | 88.0 | 158.8 |
| | 3 体目 | 172.5 | 6.0 | 145.8 | 160.9 |

※剛性は 0.1$P_{max}$ から 0.4$P_{max}$ の傾きから算出した。

**●荷重変形**

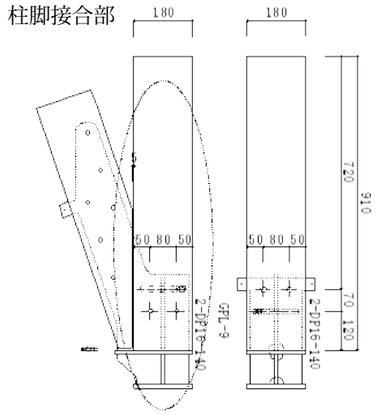



桁 - 柱接合部

**●破壊性状**

・ドリフトピンの曲げ降伏。ボルトの配置列に沿ったせん断破壊。

**●姿図・寸法**




【使用材料】

柱材　180mm × 180mm（カラマツ E95-F315）

桁材　180mm × 330mm（カラマツ E95-F270）

鋼板　9mm（SS400）

接合具　ドリフトピン $\phi$ 16, 有効長さ 130mm

**●適用条件**

ドリフトピン本数を増やした場合、破壊モードが変化する可能性があり、単純に本数倍の性能が得られないので注意が必要である。また、二次応力に対する配慮も必要となる。

**●概要**

集成材を用いたブレース耐力壁の柱頭柱脚接合部。接合部は鋼板挿入型接合とし、木材と鋼板を緊結する接合具にはドリフトピンを用いている。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

ドリフトピン

**●問い合わせ先 URL**

—

**●理論式**

—

**●計算式**

・終局せん断耐力 $P_a$　（$P_{u0}$=$P_{uj}$ として算出）

$P_a = {}_jK_r \cdot P_{u0}$

${}_jK_r$：接合種別の靭性係数（0.90）

・基準終局せん断耐力 $P_{uj}$

$$P_{uj} = \sum_{i=1}^{m} {}_jK_n \cdot n_i \cdot p_{u0}$$

${}_jK_n$：1 列の接合具本数による耐力の低減係数（0.92）

$n_i$：i 列のボルト本数　m：列数

・単位接合部の終局せん断耐力 $p_{u0}$

$P_{u0} = r_u \cdot p_y$

$r_u$：終局強度比 (1.0)

・単位接合部の降伏せん断耐力 $p_y$

$p_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$

$C$：鋼板挿入 2 面せん断接合の接合形式係数（モードⅢ）

$F_e$：主材の基準支圧強度（カラマツ繊維方向 25.4 N/mm$^2$）

$d$：接合具径（16mm）

$l$：有効長さ（119mm）

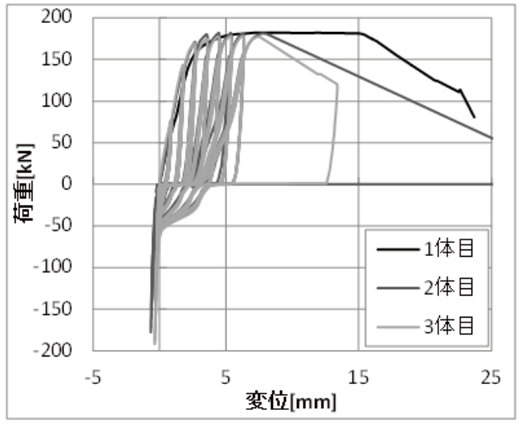
**●モデル化**

**●特性値**

| | | 最大荷重 [kN] | 最大荷重時変位 [mm] | 初期剛性 [kN/mm] | 終局耐力 [kN] |
|---|---|---|---|---|---|
| 柱脚 | 1 体目 | 182.4 | 9.0 | 65.1 | 176.3 |
| | 2 体目 | 181.9 | 4.5 | 82.4 | 167.8 |
| | 3 体目 | 178.2 | 6.3 | 86.8 | 165.2 |

※剛性は 0.1$P_{max}$ から 0.4$P_{max}$ の傾きから算出した。

**●荷重変形**

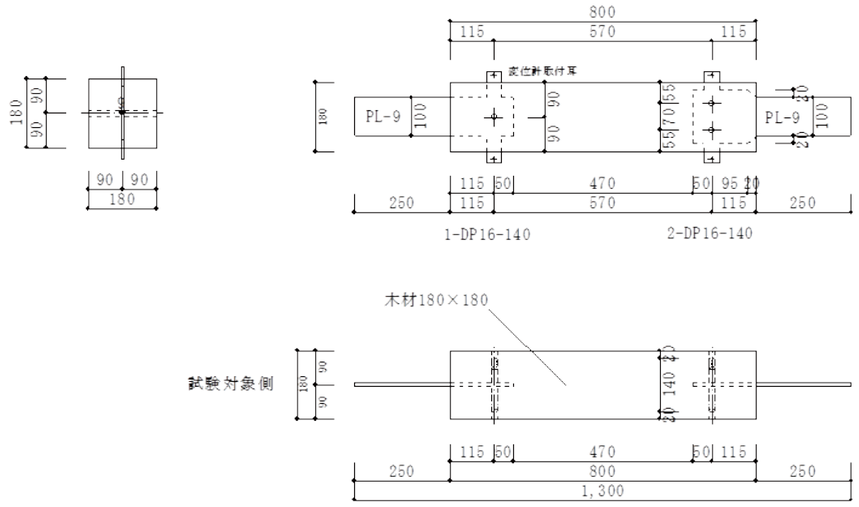



柱脚接合部

**●破壊性状**

・ドリフトピンの曲げ降伏。ボルトの配置列に沿ったせん断破壊。

## ●姿図・寸法




【使用材料】

ブレース材　180mm × 180mm（カラマツ　E95-F270）

鋼板　9mm（SS400）

接合具　ドリフトピンφ 16, 有効長さ 130mm

## ●適用条件

ドリフトピン本数を増やした場合、破壊モードが変化する可能性があり、単純に本数倍の性能が得られないので注意が必要である。また、二次応力に対する配慮も必要となる。

## ●概要

集成材を用いたブレース端部接合部。接合部は鋼板挿入型接合とし、木材と鋼板を緊結する接合具にはドリフトピンを用いている。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

ドリフトピン

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

—

## ●計算式

・終局せん断耐力 $P_a$　（$P_{u0}$=$P_{uj}$ として算出）

$P_a = {}_jK_r \cdot P_{u0}$

${}_jK_r$：接合種別の靭性係数（0.90）

・基準終局せん断耐力 $P_{uj}$

$P_{uj} = \sum_{i=1}^{m} {}_jK_n \cdot n_i \cdot p_{u0}$

${}_jK_n$：1 列の接合具本数による耐力の低減係数（0.92）

$n_i$：i 列のボルト本数　m：列数

・単位接合部の終局せん断耐力 $p_{u0}$

$P_{u0} = r_u \cdot p_y$

$r_u$：終局強度比 (1.0)

・単位接合部の降伏せん断耐力 $p_y$

$p_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$

$C$：鋼板挿入 2 面せん断接合の接合形式係数（モードⅢ）

$F_e$：主材の基準支圧強度（カラマツ繊維方向 25.4 N/mm$^2$）

$d$：接合具径（16mm）

$l$：有効長さ（119mm）

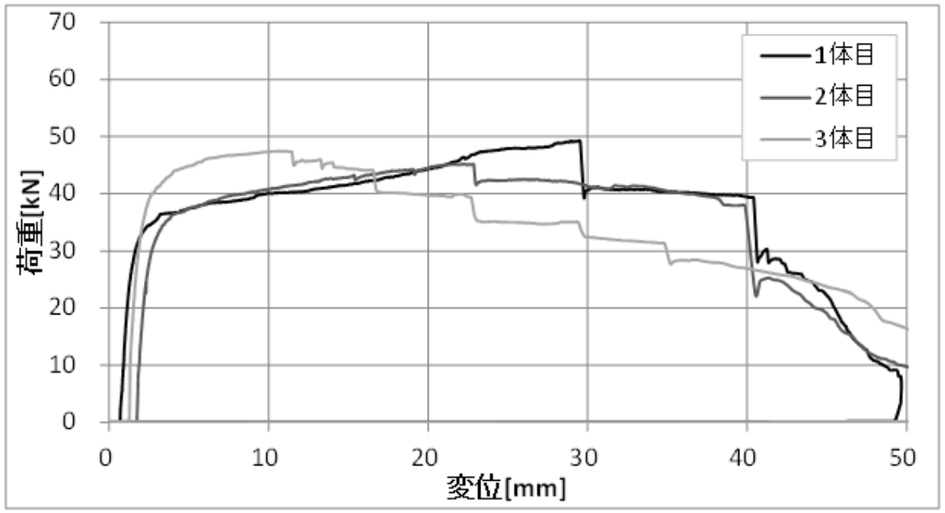
## ●モデル化

## ●特性値

| | 最大荷重 [kN] | 最大荷重時変位 [mm] | 初期剛性 [kN/mm] | 終局耐力 [kN] |
|---|---|---|---|---|
| 1 体目 | 49 | 29.4 | 44 | 42 |
| 2 体目 | 45 | 22.2 | 45 | 41 |
| 3 体目 | 48 | 10.7 | 62 | 43 |

※剛性は 0.1$P_{max}$ から 0.4$P_{max}$ の傾きから算出した。

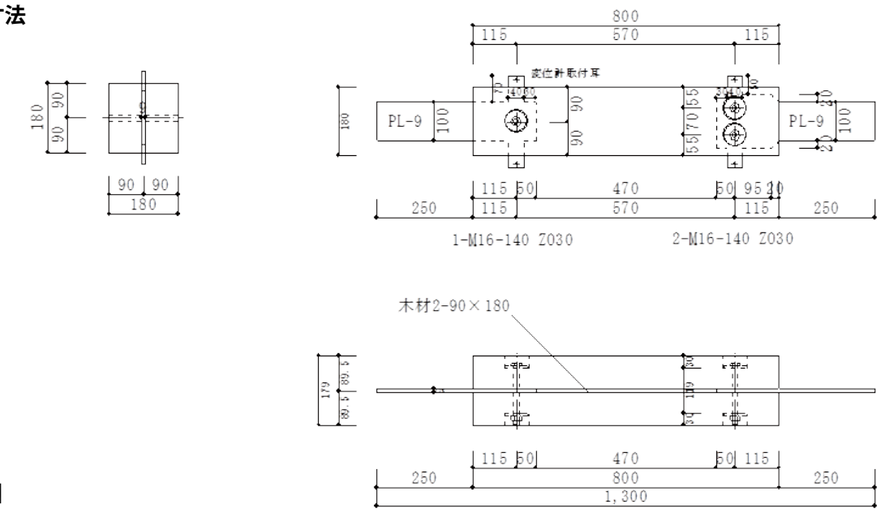
## ●荷重変形




## ●破壊性状

・ドリフトピンの曲げ降伏。ドリフトピンに沿ったせん断破壊。

**● 姿図・寸法**




【使用材料】

ブレース材　2-85mm × 180mm（カラマツ　E95-F270）

鋼板　9mm（SS400）

接合具　ボルト M16, 有効長さ 119mm

**● 適用条件**

ボルト本数を増やした場合、破壊モードが変化する可能性があり、単純に本数倍の性能が得られないので注意が必要である。また、二次応力に対する配慮も必要となる。

**● 概要**

集成材を用いたブレース端部接合部。接合部は鋼板挿入型接合とし、木材と鋼板を緊結する接合具にはボルトを用いている。

**● 接合具（メーカー、入手方法等）**

ボルト

**● 問い合わせ先 URL**

—

**● 理論式**

—

**● 計算式**

・終局せん断耐力 $P_a$　（$P_{u0}$=$P_{uj}$ として算出）

$P_a = {}_jK_r \cdot P_{u0}$

${}_jK_r$：接合種別の靭性係数（0.90）

・基準終局せん断耐力 $P_{uj}$

$$P_{uj} = \sum_{i=1}^{m} {}_jK_n \cdot n_i \cdot p_{u0}$$

${}_jK_n$：1 列の接合具本数による耐力の低減係数（0.92）

$n_i$：i 列のボルト本数　m：列数

・単位接合部の終局せん断耐力 $p_{u0}$

$P_{u0} = r_u \cdot p_y$

$r_u$：終局強度比 (1.0)

・単位接合部の降伏せん断耐力 $p_y$

$p_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$

$C$：鋼板挿入 2 面せん断接合の接合形式係数（モードⅢ）

$F_e$：主材の基準支圧強度（カラマツ繊維方向 25.4 N/mm$^2$）

$d$：接合具径（16mm）

$l$：有効長さ（119mm）

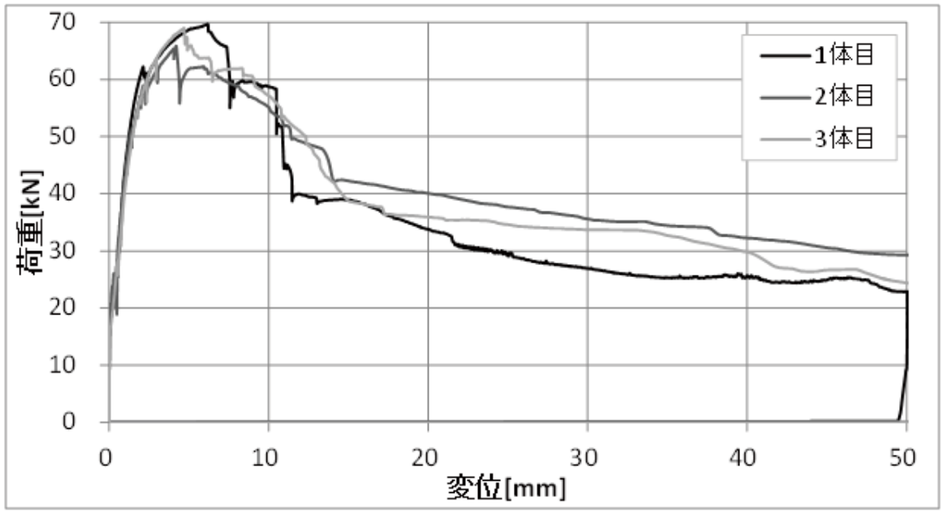
**● モデル化**

**● 特性値**

| | 最大荷重 [kN] | 最大荷重時変位 [mm] | 初期剛性 [kN/mm] | 終局耐力 [kN] |
|---|---|---|---|---|
| 1 体目 | 70 | 6.1 | 37 | 65 |
| 2 体目 | 66 | 4.2 | 41 | 60 |
| 3 体目 | 69 | 4.7 | 33 | 62 |

※初期ガタの影響を考慮するため、剛性は 0.5$P_{max}$ から 0.8$P_{max}$ の傾きから算出した。

**● 荷重変形**




**● 破壊性状**

・ボルトの曲げ降伏。ボルトに沿ったせん断破壊。

## 構造システムと施工の注意点

いわゆるブレース構造であり、構造システムとして木造の特徴はないが後述するようにモデル化においては、鉄骨造と異なる配慮が必要となる。

## 解析モデルと断面算定

木質構造の接合部は母材以上の強度、剛性にすることは難しい。よってブレース材や柱梁のヤング係数や断面性能のみによってモデル化した場合には変形が小さく計算されるため、本実験のせん断力―変形関係を用いてブレース置換モデルを用いるか、接合部の軸力 - 変形性能と母材のヤング係数と断面性能から求まる軸力 - 変形関係の直列バネを計算によって用いる、あるいはモデル上に付加することによりモデル化する。

## バリエーション

本資料の実験では逆 V 型のブレース架構とした。ブレース下部を通り抜け空間として利用することも可能としている。K 型、V 型などの構成も可能である。

# 面材耐力壁

## 概要

木造戸建て住宅において、筋違い耐力壁と同様に広く一般的に用いられているのが合板張り耐力壁である。軸組構法による小規模な住宅（いわゆる 4 号建築物）であれば、昭和 56 年建設省告示第 1100 号に定められた仕様を守ることによって壁倍率 2.5（短期基準せん断耐力に換算すれば 4.9（kN/m））の性能を有するものとして使用することが可能であり、国土交通大臣認定を取得した仕様を採用すれば、最大で壁倍率 5.0（短期基準せん断耐力 9.8（kN/m））までの性能が担保された耐力壁として使用することが可能である。

中層大規模木造建築物においても、地震力などの外力に抵抗する耐震要素として汎用性の高い重要な部材となり得るが、中層大規模木造建築物などでは、戸建て住宅に比べてより高いせん断性能が要求されるため、住宅用途として認められている告示や大臣認定の性能では不十分である可能性が高い。

そこで、構造計算により任意仕様の合板張り耐力壁のせん断性能を求めることになるが、ここで大きな問題となるのが、構造用合板などの建築物に使われる構造用面材料（構造用合板、構造用パネル（OSB）、パーティクルボード（PB）、中密度繊維板（MDF）など）には、基準強度や許容応力度が定められていない、という点である。そのため、材料単体の強度や許容応力度を元に構造物の設計をすることはできず、面材張り耐力壁やストレストスキンパネルのように、構面としての性能を実験的あるいは理論的に求めて、それを元に許容耐力を設定、運用せざるをえないという実態がある。しかも、この構面としての性能の求め方は、戸建て住宅に使用する性能レベルであれば、財団法人や業界団体などが発行している技術書 [1,2] に記載された方法に倣えば、建築主事確認でも問題なく認められる場合が多いが、中層大規模木造建築物用の耐震要素となると、そのような技術書の適用範囲を超えてしまうため、同様の計算手法を採用したとしても、その構造安全性については評価機関で構造評定などの評価を受ける必要が生じる可能性もある。

そこで本設計データでは、中層大規模木造建築物に使用するための合板張り耐力壁の性能について、実験的に検証した結果と、既往の計算手法に則って求めた理論値を掲載し、その適合性の検証を行っている。

## 力の伝達方法

合板張り耐力壁に伝達された外力（せん断力）は、軸組材から釘接合部を介して構造用合板に伝達される。変形は、軸組材の変形（柱・横架材の曲げ変形）、釘接合部のせん断変形、構造用合板の面内せん断変形の 3 種類が複合されたものとなるが、一般的には釘接合部のせん断変形が最も大きく、釘接合部の一面せん断性能を元にして壁のせん断性能を予測することが可能である。

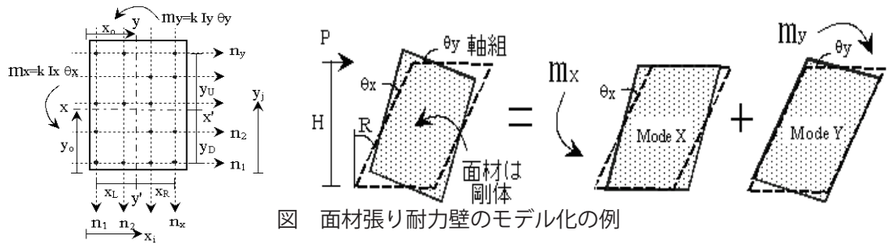



図　面材張り耐力壁のモデル化の例

## 使用する接合具

合板張り耐力壁に使用する接合具としては、構造用合板を留め付ける釘（N 釘、CN 釘）が最も重要である。釘は、昭和 56 年建設省告示第 1100 号で規定される合板張り耐力壁に用いられる普通鉄丸釘（N 釘、JIS A 5508）、あるいは平成 13 年国土交通省告示第 1541 号で規定される枠組壁工法の合板張り耐力壁に用いられている太め鉄丸釘（CN 釘、JIS A 5508）が一般的であり、国内どこでも購入できるのが特徴である。

本設計データのような厚さ 24mm、28mm の構造用合板を用いるのであれば、釘の長さは 75mm 程度（N75 釘、又は CN75 釘）が最適である。75mm より短い釘を使う場合は、軸組材への打ち込み深さが短くなるために引き抜き抵抗が弱まり、釘接合部のせん断性能としては粘り強さが低下する傾向がある。一方、75mm よりも長い釘を用いる場合には、胴部径も太くなるために釘の引き抜けが起きにくくなり、釘頭が合板を貫通するような破壊（パンチングアウト）を起こす危険性が高まる。

釘接合部の性能については、用いる面材料の厚さや密度（樹種）、軸組材の密度（樹種）、釘の種類や長さなどによって様々に変化するものである。よって、耐力壁の設計の際には、実際に使用する材料を用いた釘接合部になるべく近い一面せん断データを収集するか、もしくは実験的に確認するなどしてより正確なデータを元に耐力壁の性能予測をすることが望ましい。

## 柱頭柱脚接合

面材張り耐力壁の性能を十分発揮させるためには、軸組の柱頭柱脚接合部が先行して破壊しないことが重要である。そのため、柱頭柱脚接合部には先行破壊を防ぐ目的で様々な接合金物が使用されるが、プレート状の補助金物から住宅用の HD 金物、あるいは木質ラーメンフレームなどで多用される鋼板挿入ボルト接合や GIR 接合、LSB 接合等、その目的や耐力壁の性能に応じて必要な金物が選択的に使用されている。

本設計データでは、「接合具／ LSB 基礎実験」の結果を受けて柱脚金物に LSB 接合を使用し、柱頭には市販の住宅用 HD 金物を使用した。LSB 接合に関しては、国内数社が製造・販売しており、その技術情報などは LSB 研究会 [3] が詳しい。

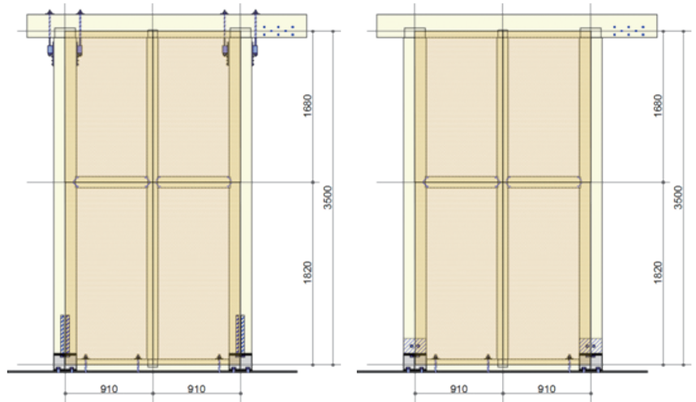
## 設計における考え方と適用範囲

合板張り耐力壁の設計に用いる釘接合部のデータや、耐力壁のモデル化の手法については既に多くの研究実績があり、参考となる書籍 [1,2 など] も多いが、それらの多くは一般的な住宅に適用する耐力壁を想定してモデル化等されたものであり、中層大規模木造建築物に用いるような高強度耐力壁についての検証がなされているわけではない。よって、釘間隔を極端に狭めたり、非常に太い釘を打ったりすると、想定外の破壊を起こす危険性もあるので注意が必要である。

## 文献

1）（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、2008
2）枠組壁工法建築物設計の手引・構造計算指針編集委員会編：2007 年枠組壁工法建築物構造計算指針、（社）日本ツーバイフォー建築協会、2007
3）ラグスクリューボルト研究会 HP <http://universetest.ciao.jp/lsb2/>

## ●姿図・寸法




柱脚固定式試験体




タイロッド式試験体

【使用材料】
柱・梁：240mm × 150mm（スギ集成材、E55-F225）、土台・間柱･同つなぎ:120 × 150mm（スギ集成材、E55-F225）
合板：24 × 910 × 1820（構造用合板特類２級、全層スギ）
接合具：CN75@50 × 2 列打ち
柱脚金物：LSB( φ 25) ＋ボックス金物＜柱脚固定式＞，鋼板挿入ボルト (2-M12) 接合＋ボックス金物＜タイロッド式＞

## ●適用条件

軸材で作ったフレームに、構造用合板を釘打ちした耐力壁に適用する。柱脚柱頭接合部はピン接合とし、先行破壊しないよう接合金物等で緊結するものとする。面材の留め付けは釘（N 釘または CN 釘）を使用することとし、ビスは接合具のデータが一般的でないため適用除外とする。

## ●概要

一般的な住宅に多用される構造用合板張り耐力壁であるが、中層大規模木造建築においても、せん断力抵抗要素として重要な部材となり得る。中層大規模木造建築物では高いせん断耐力が要求されるが、軸組材に関しては住宅用よりも太い断面の部材を、構造用合板は厚さ 24mm、28mm といった厚物合板を用い、釘打ち間隔を狭めることによって比較的容易に要求性能を満たす性能を得ることが可能である。本仕様では、国産スギ材の適用可能性を検証するため、スギ集成材とスギ合板を組み合わせている。柱頭柱脚接合部は、先行破壊を防ぐために金物等を使って緊結する必要があるが、住宅用の HD 金物ではなく、より高耐力の LSB 接合や GIR（グルードインロッド）接合などを採用する必要がある。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

CN 釘（一般流通品）、LSB（( 株 ) カネシン）、ボックス金物（注文製作品）

## ●問い合わせ先 URL

http://www.jpma.jp ＜日本合板工業組合連合会＞

## ●理論式①

面材と軸材が剛体、軸材同士はピン接合と仮定し、釘 1 本のせん断データより耐力壁要素の許容せん断耐力と剛性を算定する。詳細は、（財）日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」を参照のこと。

## ●理論式②

枠組材の曲げを無視し、釘と面材に作用するせん断力が平行であると仮定し、釘 1 本の降伏せん断耐力と本数のかけ算により許容せん断耐力を算定する。詳細は、（社）日本ツーバイフォー建築協会の「枠組壁工法構造計算指針」を参照のこと。

## ●計算式

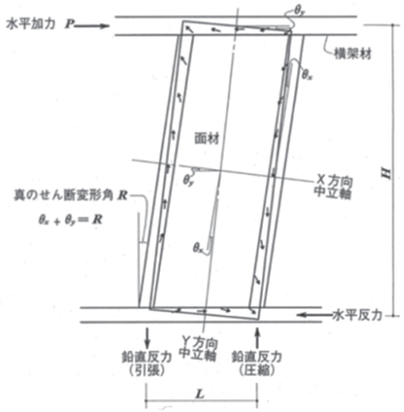
—





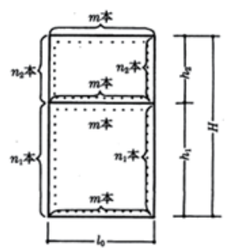
## ●モデル化

要素モデル：

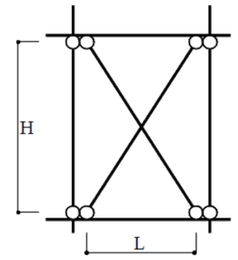



理論式①

等価モデル：
耐力壁のせん断剛性を等価たすきブレースの軸剛性に置換する



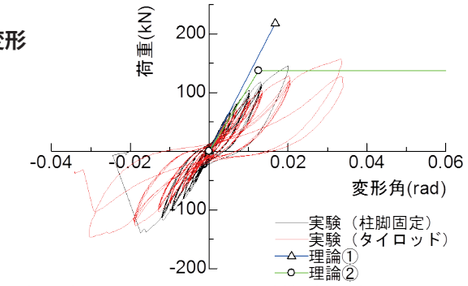

理論式②

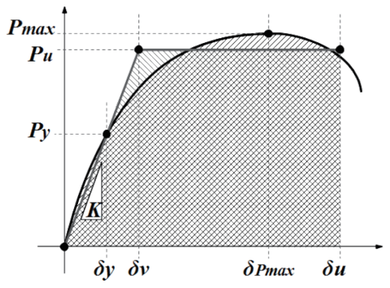



## ●特性値

| | K (kN/rad/m) | Py (kN/m) | Pmax (kN/m) | Pu (kN/m) | δ y ($10^{-2}$rad) | δ v ($10^{-2}$rad) | δ Pmax ($10^{-2}$rad) | δ u ($10^{-2}$rad) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 実験（柱脚固定） | 6773 | 42.1 | 79.9 | 68.6 | 0.62 | 1.01 | 2.00 | 2.00 |
| 実験（タイロッド） | 7091 | 46.0 | 86.4 | 73.9 | 0.65 | 1.04 | 2.65 | 2.91 |
| 理論① | 7176 | 69.3 | — | 119.8 | 0.97 | 1.67 | — | — |
| 理論② | 6010 | 44.3 | — | 75.4 | 0.74 | 1.25 | — | 12.7 |

## ●荷重変形

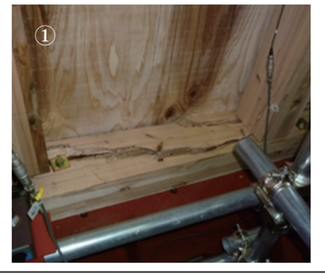


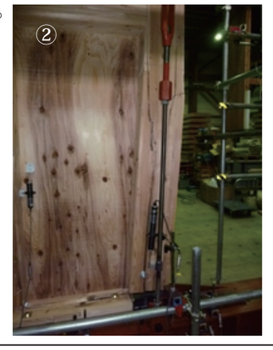




（注：実験値が壁長 1.82m のため、計算値も壁長 1.82m に換算）

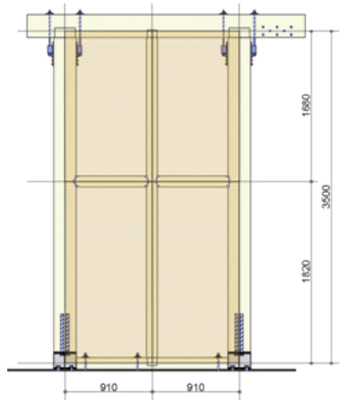
## ●破壊性状

・タイロッド式：①土台の割裂。②柱材の曲げ破壊。
・柱脚固定式：③柱脚 LSB 接合部のせん断破壊。

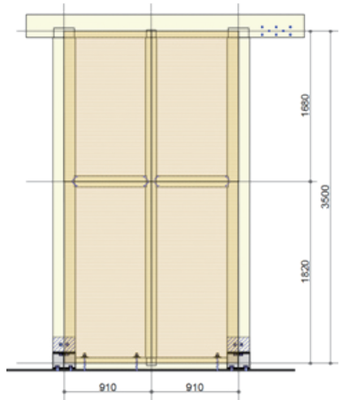


## ●姿図・寸法



柱脚固定式試験体



タイロッド式試験体

【使用材料】

柱・梁：240mm × 150mm（ｶﾗﾏﾂ集成材、E95-F270）、土台・間柱･同つなぎ:120 × 150mm（ｶﾗﾏﾂ集成材、E95-F270）

合板：28 × 910 × 1820（構造用合板特類２級、全層スギ）

接合具：CN75@50 × 2 列打ち

柱脚金物：LSB( φ 25) ＋ボックス金物＜柱脚固定式＞，鋼板挿入ボルト (2-M12) 接合＋ボックス金物＜タイロッド式＞

## ●適用条件

軸材で作ったフレームに、構造用合板を釘打ちした耐力壁に適用する。柱脚柱頭接合部はピン接合とし、先行破壊しないよう接合金物等で緊結するものとする。面材の留め付けは釘（N 釘または CN 釘）を使用することとし、ビスは接合具のデータが一般的でないため適用除外とする。

## ●概要

一般的な住宅に多用される構造用合板張り耐力壁であるが、大規模木造建築においても、せん断力抵抗要素として重要な部材となり得る。大規模木造建築物などでは、高いせん断耐力が要求されるが、軸組材に関しては住宅用よりも太い断面の部材を、構造用合板は厚さ 24mm、28mm といった厚物合板を用い、釘打ち間隔を狭めることによって比較的容易に要求性能を満たす性能を得ることが可能である。本仕様では、軸組材にはカラマツ集成材を、面材には厚さ 28mm のスギ合板を用いている。柱頭柱脚接合部は、先行破壊を防ぐために HD 金物等を使って緊結する必要があるが、住宅用の HD 金物ではなく、より高耐力の LSB 接合や GIR（グルードインロッド）接合などを採用する必要がある。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

CN 釘（一般流通品）、LSB（( 株 ) カネシン）、ボックス金物（注文製作品）

## ●問い合わせ先 URL

http://www.jpma.jp ＜日本合板工業組合連合会＞

## ●理論式①

面材と軸材が剛体、軸材同士はピン接合と仮定し、釘 1 本のせん断データより耐力壁要素の許容せん断耐力と剛性を算定する。詳細は、（財）日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」を参照のこと。

## ●理論式②

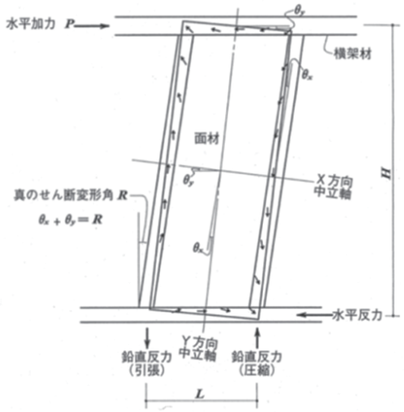
枠組材の曲げを無視し、釘と面材に作用するせん断力が平行であると仮定し、釘 1 本の降伏せん断耐力と本数のかけ算により許容せん断耐力を算定する。詳細は、（社）日本ツーバイフォー建築協会の「枠組壁工法構造計算指針」を参照のこと。

## ●計算式

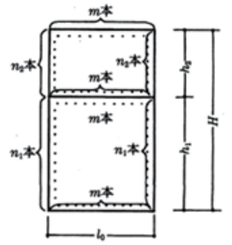
—

## ●モデル化

要素モデル：



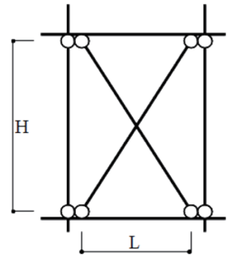
理論式①



理論式②

等価モデル：

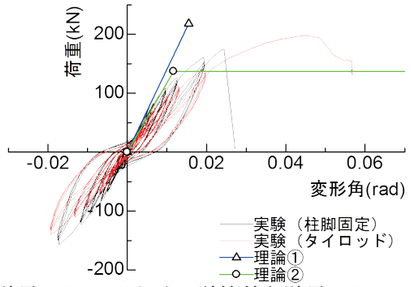
耐力壁のせん断剛性を等価たすきブレースの軸剛性に置換する

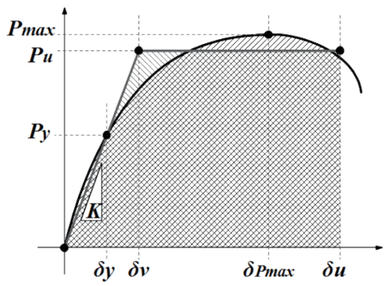



## ●特性値

| | K (kN/rad/m) | Py (kN/m) | Pmax (kN/m) | Pu (kN/m) | δ y ($10^{-2}$rad) | δ v ($10^{-2}$rad) | $\delta_{Pmax}$ ($10^{-2}$rad) | δ u ($10^{-2}$rad) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 実験（柱脚固定） | 6782 | 49.3 | 96.2 | 83.5 | 0.73 | 1.23 | 2.44 | 2.44 |
| 実験（タイロッド） | 7475 | 57.2 | 108.6 | 96.7 | 0.76 | 1.29 | 3.43 | 3.79 |
| 理論① | 7726 | 69.3 | — | 119.8 | 0.90 | 1.55 | — | — |
| 理論② | 6452 | 44.3 | — | 75.4 | 0.69 | 1.17 | — | 12.6 |

## ●荷重変形



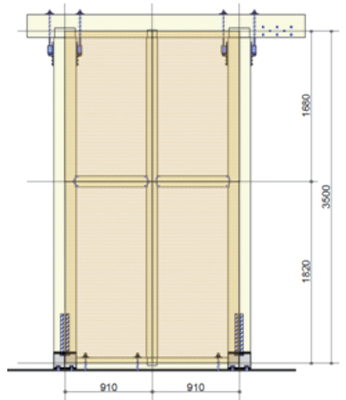

（注：実験値が壁長 1.82m のため、計算値も壁長 1.82m に換算）

## ●破壊性状

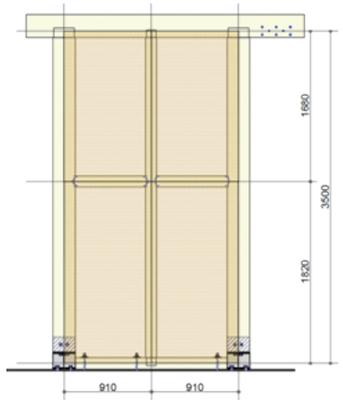
・タイロッド式：①間柱・胴つなぎの割裂と釘の引き抜け。
②合板の面内せん断破壊。

・柱脚固定式：③柱脚 LSB 接合部のせん断破壊。

## ●姿図・寸法



柱脚固定式試験体



タイロッド式試験体

【使用材料】
柱・梁：240mm × 150mm（ｶﾗﾏﾂ集成材、E95-F270）、土台・間柱･同つなぎ:120 × 150mm（ｶﾗﾏﾂ集成材、E95-F270）
合板：28 × 910 × 1820（構造用合板特類２級、全層カラマツ）
接合具：CN75@50 × 2 列打ち
柱脚金物：LSB( φ 25) ＋ボックス金物＜柱脚固定式＞，鋼板挿入ボルト (2-M12) 接合＋ボックス金物＜タイロッド式＞

## ●適用条件

軸材で作ったフレームに、構造用合板を釘打ちした耐力壁に適用する。柱脚柱頭接合部はピン接合とし、先行破壊しないよう接合金物等で緊結するものとする。面材の留め付けは釘（N 釘または CN 釘）を使用することとし、ビスは接合具のデータが一般的でないため適用除外とする。

## ●概要

一般的な住宅に多用される構造用合板張り耐力壁であるが、大規模木造建築においても、せん断力抵抗要素として重要な部材となり得る。大規模木造建築物などでは、高いせん断耐力が要求されるが、軸組材に関しては住宅用よりも太い断面の部材を、構造用合板は厚さ 24mm、28mm といった厚物合板を用い、釘打ち間隔を狭めることによって比較的容易に要求性能を満たす性能を得ることが可能である。本仕様では、カラマツ集成材とカラマツ合板を組み合わせ、最大の性能を得る事を目的としている。柱頭柱脚接合部は、先行破壊を防ぐために HD 金物等を使って緊結する必要があるが、住宅用の HD 金物ではなく、より高耐力の LSB 接合や GIR（グルードインロッド）接合などを採用する必要がある。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

CN 釘（一般流通品）、LSB（( 株 ) カネシン）、ボックス金物（注文製作品）

## ●問い合わせ先 URL

http://www.jpma.jp ＜日本合板工業組合連合会＞

## ●理論式①

面材と軸材が剛体、軸材同士はピン接合と仮定し、釘 1 本のせん断データより耐力壁要素の許容せん断耐力と剛性を算定する。詳細は、（財）日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」を参照のこと。

## ●理論式②

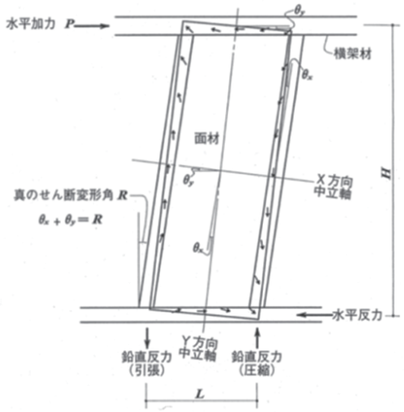
枠組材の曲げを無視し、釘と面材に作用するせん断力が平行であると仮定し、釘 1 本の降伏せん断耐力と本数のかけ算により許容せん断耐力を算定する。詳細は、（社）日本ツーバイフォー建築協会の「枠組壁工法構造計算指針」を参照のこと。

## ●計算式

—

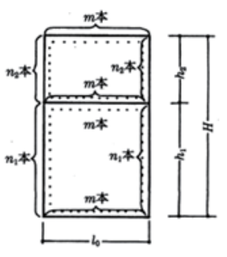
## ●モデル化

要素モデル：

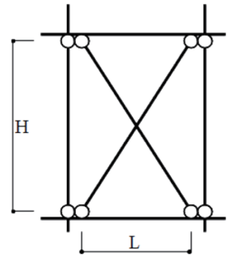


理論式①

等価モデル：
耐力壁のせん断剛性を等価たすきブレースの軸剛性に置換する



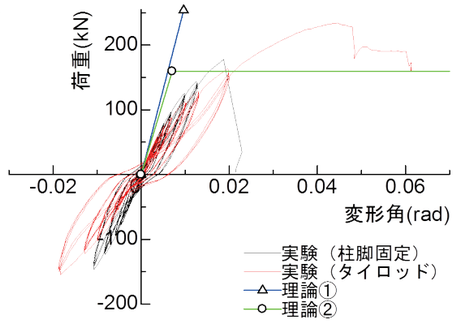
理論式②

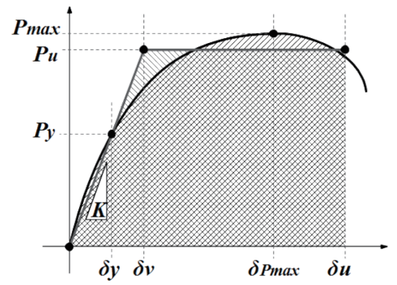



## ●特性値

| | K (kN/rad/m) | Py (kN/m) | Pmax (kN/m) | Pu (kN/m) | δ y ($10^{-2}$rad) | δ v ($10^{-2}$rad) | δ Pmax ($10^{-2}$rad) | δ u ($10^{-2}$rad) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 実験（柱脚固定） | 7982 | 53.2 | 97.7 | 84.0 | 0.67 | 1.05 | 1.87 | 1.87 |
| 実験（タイロッド） | 8830 | 64.4 | 128.6 | 112.5 | 0.73 | 1.27 | 3.33 | 4.92 |
| 理論① | 14460 | 80.6 | — | 139.4 | 0.56 | 0.96 | — | — |
| 理論② | 12420 | 65.3 | — | 87.7 | 0.53 | 0.71 | — | 13.7 |

## ●荷重変形




（注：実験値が壁長 1.82m のため、計算値も壁長 1.82m に換算）

## ●破壊性状

・タイロッド式：①間柱・胴つなぎの割裂と釘の引き抜け。
・柱脚固定式：②柱脚 LSB 接合部のせん断破壊。

## 構造システムと施工の注意点

合板張り耐力壁は、構造用合板を釘で軸組材に留め付けるだけで、高度な加工や施工技術を必要とせず、容易に高耐力を得る事ができる耐震要素である。また、合板の厚さや樹種、釘の種類やピッチを変えることで性能をある程度自由に操作することが可能であり、中層大規模木造建築物のような高耐力部材を必要とする建築物にも適用することが可能である。

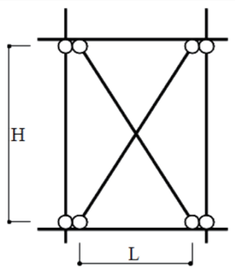
施工の際は、定められた釘ピッチを遵守すること、合板材縁部からの距離（縁距離）を確実に確保すること、軸組材側の縁距離も同様に確保すること、釘頭を過度にめり込ませないことが重要である。また、合板耐力壁が十分性能を発揮するために、柱頭柱脚接合部が先行破壊しないよう、適切に金物を使用するなどして補強することが必要である。

## 解析モデル

解析モデルとしては、軸組材接合部は回転抵抗不要なピン接合でよく、釘接合部を含む構造用合板は、等価軸剛性を持つブレースに置換することでモデル化が可能である。

しかし、合板張り耐力壁は初期変形時より非線形な挙動を示し、厳密には直線域を持たない挙動を示すため、そのブレース置換時の剛性を、耐力壁の荷重変形関係のどの剛性を採用するかで解析結果も変わってくる。弾性解析の範囲であれば、耐力壁の荷重変形関係を完全弾塑性モデル化（バイリニア化）した時の剛性を使うことで問題は無いと思われるが、より詳細な解析をする場合、終局までを考慮した解析をしたい場合などには、耐力壁の性能をマルチリニア化して各変形時の割線剛性を用いると良い。

本設計データでは、実験結果をバイリニア化して剛性、終局耐力、降伏点変形角、終局変形角等のデータを掲載したが、このデータは試験体 1 体の実験結果から導き出したデータであり、実験結果のバラツキや耐久性を考慮した低減、施工のバラツキなどを考慮した低減などを見込んでいない。よって、解析の際にはそれらを設計者の方で適切に判断して安全側の数値を用いることが重要である。




壁長 $L$(mm)、高さ $H$(mm) の耐力壁のせん断剛性を $Kw$(kN/mm) とすると、等価たすきブレースの軸剛性 $EA$ は、以下のようになる。

$$EA = \frac{Kw \cdot L}{2 \cdot \cos^3 \theta} \quad \text{(kN)}$$ ただし、$\tan\theta = H/L$

合板耐力壁のモデル化

## バリエーション

住宅用の耐力壁は、単位耐力壁の壁長が 0.9 ～ 1.0m 程度、壁高が 2.4 ～ 3.0m 程度の範囲内で使用することが多いが、中層大規模木造建築物では、壁長が 1m 以上、壁高が 4 ～ 5m 程度と大型の構面になることが考えられる。軸組材に関しては断面の大きな部材を使用することは可能であるが、構造用合板に関しては製造装置の関係から、特別に大型のパネルを製造することはできない。よって、合板の JAS 規格に定められた寸法範囲内で、製造可能な材料寸法を考慮しながら構面のモジュールなどを決定していくことが必要となる。

また、本設計データでは大壁仕様の耐力壁のデータを紹介したが、構造用合板を柱間にはめ込んで真壁的に使用することも考えられる。これについてはまだ十分な検討がなされていないので、実験・解析などを行った上で、その運用については設計者の判断で実施することとなる。

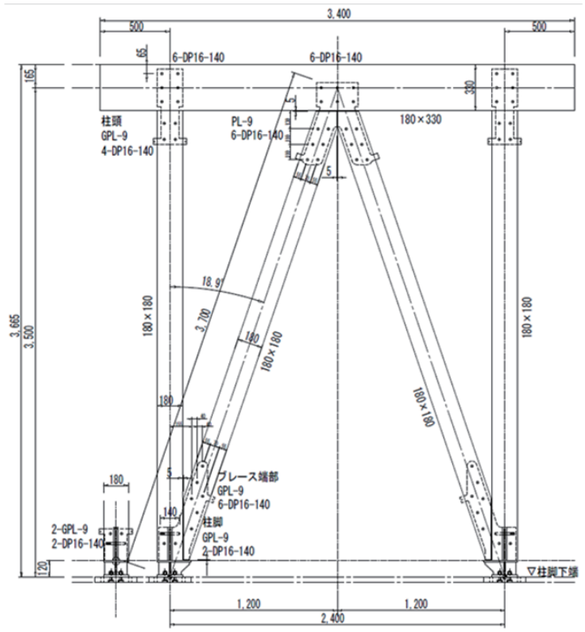
# ブレース耐力壁

住宅レベルの耐力壁は壁倍率という指標でその性能が表現される。一方、中大規模木造建築においては、必要なせん断耐力を有する壁を設計することにある。接合部の設計自体は日本建築学会「木質構造設計規準・同解説」に基づいて接合部単体、複数本配置の接合部の許容耐力を求めることが可能である。しかしその計算は複雑である上に、接合部の配置によっては、計算上生じないとみなしているブレースや柱脚接合部に軸力以外の曲げモーメントなどが生じる。その力によって想定外の割り裂きが生じ、所定の性能が発揮されない場合もある。また、「木質構造設計規準・同解説」では降伏耐力が示されているものの、終局耐力や変形性能などは定量的に示されてはいない。よって、許容応力度計算によってその耐震安全性を確保するが、鉄骨造のルート１のように標準せん断力係数の割増しもなく、さらに保有耐力接合は現実的に無理な上に、母材自体も脆性的に破壊する。よって、許容応力度計算のみによって確保される耐震安全性は相対的に住宅レベルの構造や他の構造に比べて低くなることも危惧されるところである。

そこで本資料では典型的なブレース架構についてその許容せん断耐力を示すとともに、保有水平耐力や変形性能についても示している。典型的なブレースとして、鋼板挿入ドリフトピン接合とボルト接合を選択した。さらにボルト接合に対してはブレース材を２材に分け、施工の容易性について配慮している。

また、本資料中にはここで示したブレース端部接合部、柱頭柱脚接合部についての接合部実験の結果についても示している。そこには「木質構造設計規準・同解説」で計算される許容耐力も示してあり、接合部実験と設計値の比較、さらに接合部実験の結果と本資料の結果を比較することにより、ブレース架構の設計に資する資料として構成している。

**● 姿図・寸法**




【使用材料】

ブレース材　180mm × 180mm（カラマツ　E95-F270）
桁材　180mm × 330mm（カラマツ E95-F270）
柱材　180mm × 180mm（カラマツ E95-F315）
鋼板　9mm（SS400）
接合具　ドリフトピンφ 16

**● 適用条件**

特になし。

**● 概要**

集成材を用いたブレース耐力壁。各接合部は鋼板挿入型接合とし、木材と鋼板を緊結する接合具にはドリフトピンを用いている。

**● 接合具（メーカー、入手方法等）**

ドリフトピン

**● 問い合わせ先 URL**

—

**● 理論式**

—

**● 計算式**

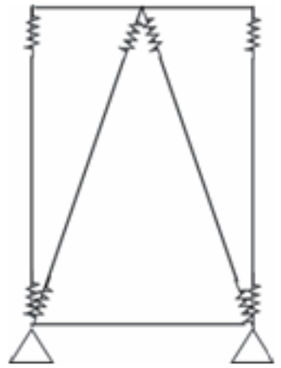
・終局耐力

ブレース端部の終局せん断耐力 Pa を水平力に置換し、既往の実験による係数 2.4 をかける。

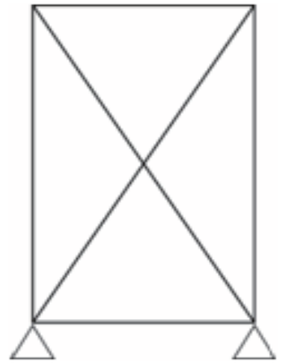
$$P_u =\cdot P_a \times \frac{1.2 \times 2}{\sqrt{1.2^2 + 3.5^2}} \times 2.4$$

**● モデル化**

要素モデル：



等価モデル：

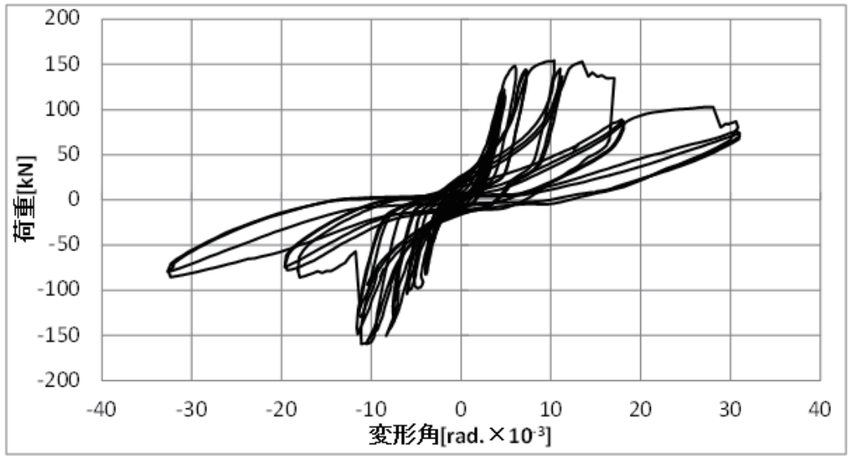


**● 特性値**

| 最大荷重 [kN] | 終局耐力 [kN] | 剛性 [kN/rad] | 構造特性係数 | 短期許容せん断耐力 [kN] |
|---|---|---|---|---|
| 154.5 | 142.5 | 29115 | 0.41 | 69.6 |

※剛性は 0.2Pmax から 0.4Pmax の傾きから算出した。

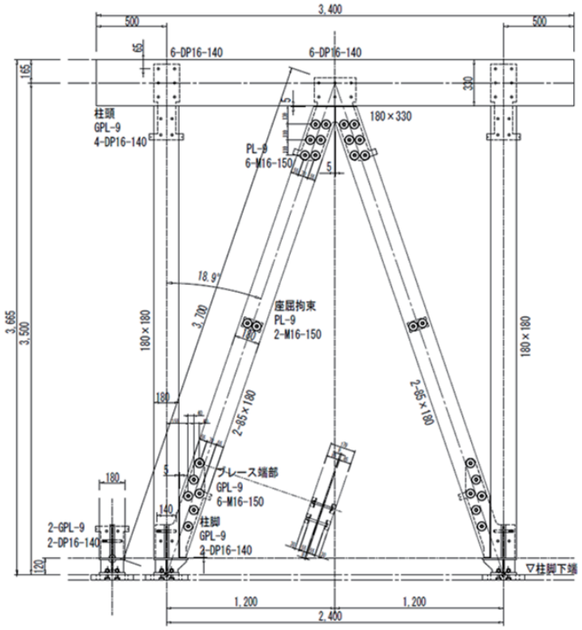
**● 荷重変形**




**● 破壊性状**

・ドリフトピンの曲げ降伏。引張側ブレースでドリフトピンの配置列に沿ったせん断破壊が生じた後、圧縮側ブレースによる突き上げ力による桁の曲げ破壊。

**●姿図・寸法**




【使用材料】

ブレース材　2-85mm × 180mm（カラマツ　E95-F270）
桁材　180mm × 330mm（カラマツ E95-F270）
柱材　180mm × 180mm（カラマツ E95-F315）
鋼板　9mm（SS400）
接合具　ブレース端部　ボルト M16
　　桁 - 柱・柱脚　ドリフトピン $\phi$ 16

**●適用条件**

特になし。

**●概要**

集成材を用いたブレース耐力壁。各接合部は鋼板挿入型接合とし、木材と鋼板を緊結する接合具にはブレース端部ではボルトを、桁 - 柱接合部および柱脚接合部ではドリフトピンを用いている。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

ボルト

**●問い合わせ先 URL**

—

**●理論式**

—

**●計算式**

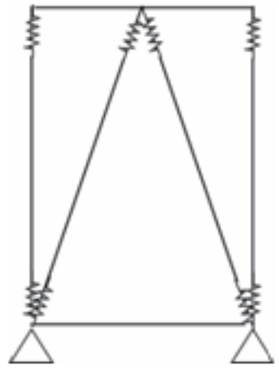
・終局耐力

ブレース端部の終局せん断耐力 Pa を水平力に置換し、既往の実験による係数 2.4 をかける。

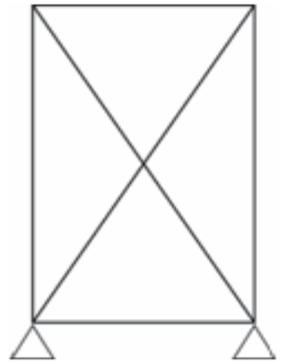
$$P_u =\cdot P_a \times \frac{1.2 \times 2}{\sqrt{1.2^2 + 3.5^2}} \times 2.4$$

**●モデル化**

要素モデル：



等価モデル：

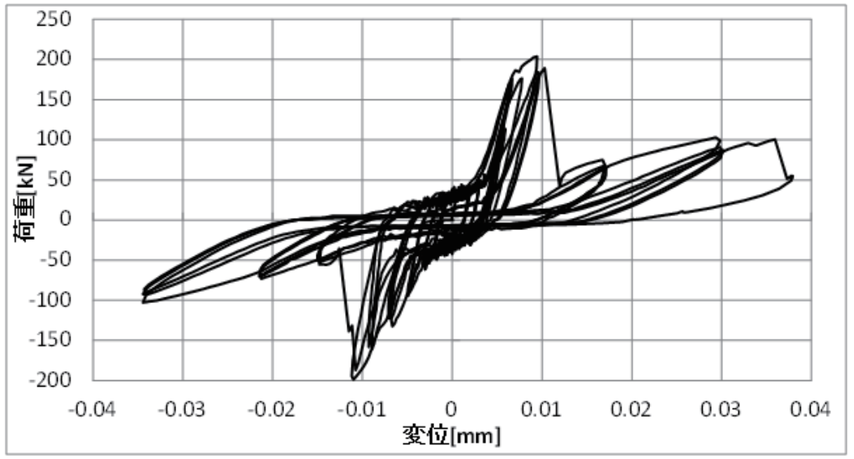


**●特性値**

| 最大荷重 [kN] | 終局耐力 [kN] | 剛性 [kN/rad] | 構造特性係数 | 短期許容せん断耐力 [kN] |
|---|---|---|---|---|
| 203.7 | 190.8 | 33933 | 0.80 | 47.8 |

※ボルトのすべりによるガタの影響を避けるため、剛性は 70kN から 110kN の間で算出した。

**●荷重変形**




**●破壊性状**

・ボルトの曲げ降伏。引張側ブレースでボルトの配置列に沿ったせん断破壊が生じた後、圧縮側ブレースによる突き上げ力による桁の曲げ破壊。

## 構造システムと施工の注意点

いわゆるブレース構造であり、構造システムとして木造の特徴はないが後述するようにモデル化においては、鉄骨造と異なる配慮が必要となる。

## 解析モデルと断面算定

木質構造の接合部は母材以上の強度、剛性にすることは難しい。よってブレース材や柱梁のヤング係数や断面性能のみによってモデル化した場合には変形が小さく計算されるため、本実験のせん断力―変形関係を用いてブレース置換モデルを用いるか、接合部の軸力 - 変形性能と母材のヤング係数と断面性能から求まる軸力 - 変形関係の直列バネを計算によって用いる、あるいはモデル上に付加することによりモデル化する。

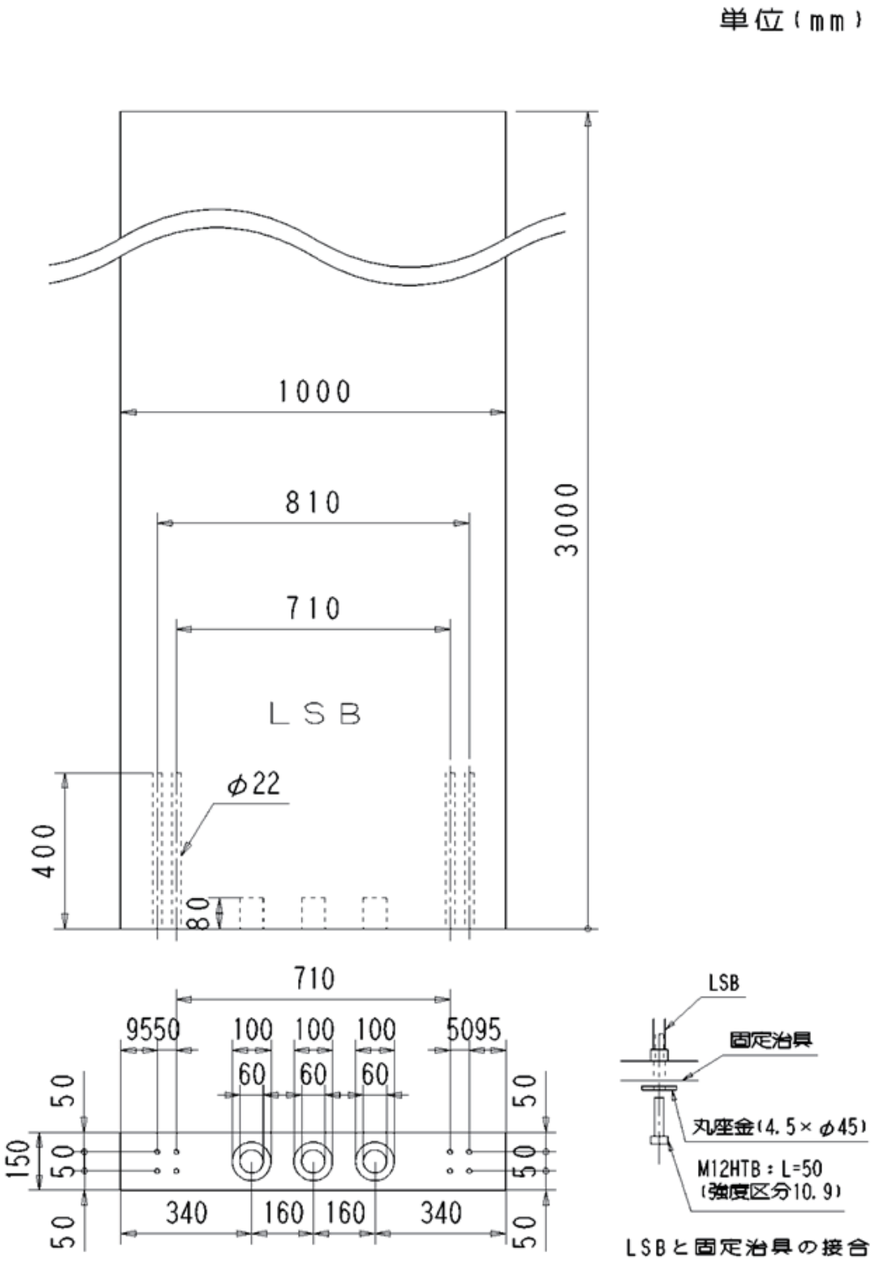
## バリエーション

本資料の実験では逆 V 型のブレース架構とした。ブレース下部を通り抜け空間として利用することも可能としている。K 型、V 型などの構成も可能である。

# LSB 厚板耐力壁

近日掲載予定

**●姿図・寸法**




【使用材料】

・壁パネル：スギ単板積層材（LVL）120E-1 級　50V-43H　　厚 150 ×幅 1000 ×高さ 3000mm

・金物　　：ラグスクリューボルト＋ハイテンションボルト、φ 45　座金、M12 ナット

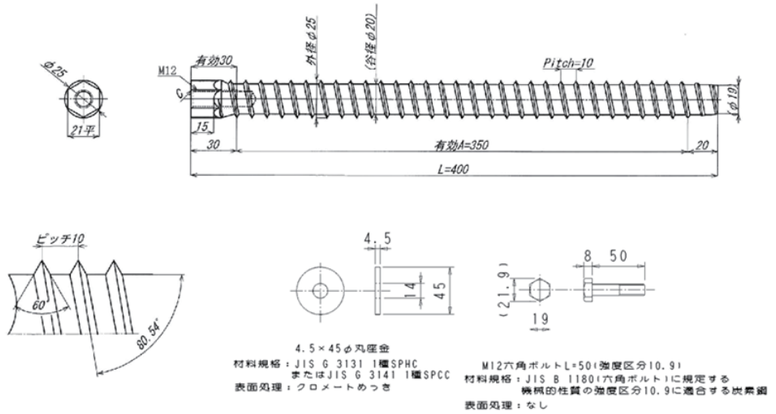



図　試験に用いた LSB 及びハイテンションボルト

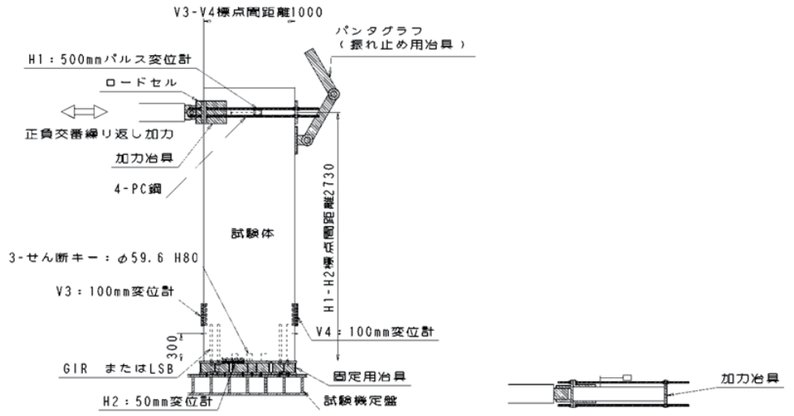



図　試験方法

**●適用条件**

**●概要**

柱脚部用の金物として LSB（Lug Screw Bolt）を用いて厚板 LVL（厚さ 150mm）を組み合わせることで S 造・RC 造の建築物にハイブリット構造部材として使うことが可能な高耐力の壁を設計し、その性能を確認した。

**●接合具（メーカー、入手方法等）**

○木材接合金物

商品名　：　φ 25 ラグスクリューボルト（LSB）、M12 六角ボルト L=50（強度区分 10.9）

製造者　：　株式会社カネシン

販売者　：　株式会社カネシン

**●問い合わせ先 URL**

www.kaneshin.co.jp/

## ●理論式

—

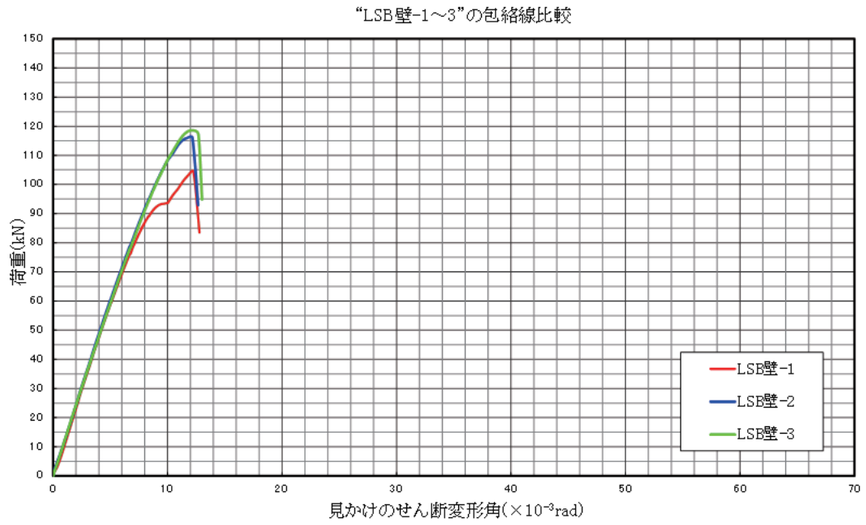
## ●計算式

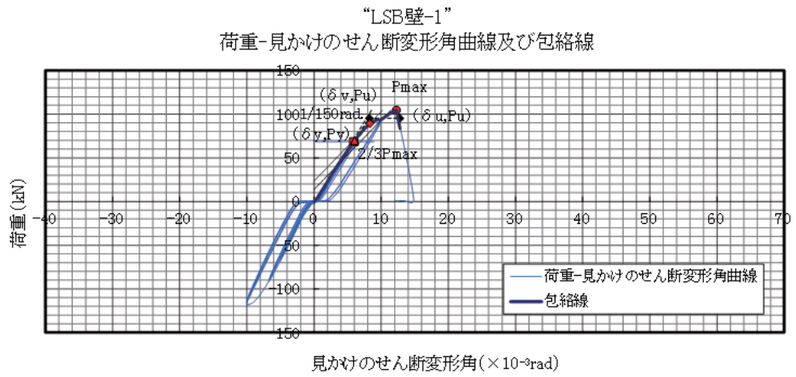
—

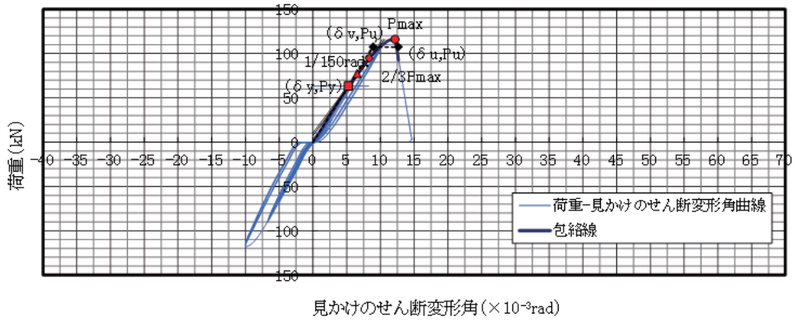
## ●特性値

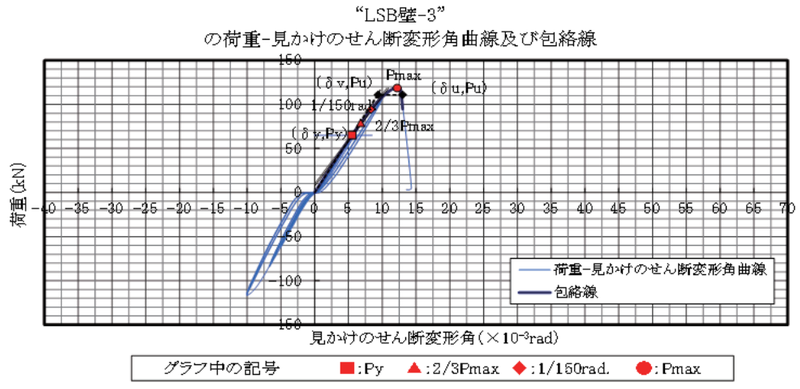
| 試験体記号 | 加力方法 | 降伏耐力 Py ［kN］ | 終局耐力 Pu × (0.2/Ds) ［kN］ | 2/3Pmax ［kN］ | 1/120rad. 時の荷重 ［kN］ | 最大荷重時 Pmax ［kN］ | 最大荷重時 δ max ［rad.］ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LSB 壁 -1 | 正負交番繰返し加力 | 68.34 | 27.57 | 69.61 | 94.15 | 104.41 | 12.26 |
| LSB 壁 -2 | | 63.23 | 29.04 | 77.41 | 89.10 | 116.12 | 12.16 |
| LSB 壁 -3 | | 65.07 | 29.55 | 79.05 | 94.71 | 118.57 | 12.21 |
| 平均 | | 65.55 | 28.72 | 75.36 | 92.65 | 113.03 | 12.21 |
| 標準偏差 | | 2.59 | 1.03 | 5.04 | 3.09 | — | |
| 変動係数 | | 0.040 | 0.036 | 0.067 | 0.033 | | |
| ばらつき係数 ※2 | | 0.981 | 0.983 | 0.968 | 0.984 | | |
| 短期基準せん断耐力 $P_0$ | | 64.30 | 28.23 | 72.95 | 91.17 | | |
| 短期許容せん断耐力 $P_a$ | | 64.30 | 28.23 | 72.95 | 91.17 | | |
| 壁倍率 | | — | 14.40 | — | — | | |

## ●荷重変形




## ●破壊性状

・LSB のめねじに入っているハイテンションボルト（土台への固定用金物）の引張り破壊による荷重低下が確認された。

・高い耐力が確認されたが、変形性能は低かった。

近日掲載予定

# 面材床

## 概要

木造戸建て住宅において、2 階床などに広く使われているのが合板張りの床構面である。住宅の品質確保の促進等に関する法律に基づく平成 13 年国土交通省告示第 1346 号「日本住宅性能表示基準」の評価方法基準では、厚さ 24mm 以上の構造用合板を張った床の存在床倍率が 3.0 と最高の値を与えられており、現在の新築木造軸組工法住宅の半数以上が厚物構造用合板を床に張った仕様を採用している。

一方、中層大規模木造建築物においても、合板を張った床構面は地震力などの外力に抵抗する耐震要素として重要な部材となり得るが、中層大規模木造建築物では、戸建て住宅以上の高いせん断性能が要求されるため、住宅用途として認められている床倍率の数値以上の性能が必要となってくる。

そこで、構造計算により任意仕様の合板張り床構面のせん断性能を求めることになるが、ここで大きな問題となるのが、「面材耐力壁」でも記載したように、構造用合板などの建築物に使われる構造用面材料（構造用合板、構造用パネル（OSB）、パーティクルボード（PB）、中密度繊維板（MDF）など）には、基準強度や許容応力度が定められていない、という点である。そのため、材料単体の強度や許容応力度を元に構造物の設計をすることはできず、面材張り耐力壁やストレストスキンパネルのように、構面としての性能を実験的あるいは理論的に求めて、それを元に許容耐力を設定、運用せざるをえないという実態がある。しかも、この構面としての性能の求め方は、戸建て住宅に使用する性能レベルであれば、財団法人や業界団体などが発行している技術書 [1,2] に記載された方法に倣えば、建築主事確認でも問題なく認められる場合が多いが、中層大規模木造建築物用の耐震要素となると、そのような技術書の適用範囲を超えてしまうため、同様の計算手法を採用したとしても、その構造安全性については評価機関で構造評定などの評価を受ける必要が生じる可能性もある。

そこで本設計データでは、中層大規模木造建築物に使用するための合板張り床構面の性能について、実験的な検証を行っている。

## 力の伝達方法

合板張り床構面に伝達された外力（せん断力）は、軸組材から釘接合部を介して構造用合板に伝達される。変形は、軸組材の変形（柱・横架材の曲げ変形）、釘接合部のせん断変形、構造用合板の面内せん断変形の 3 種類が複合されたものとなるが、一般的には釘接合部のせん断変形が最も大きく、釘接合部の一面せん断性能を元にして壁のせん断性能を予測することが可能である。

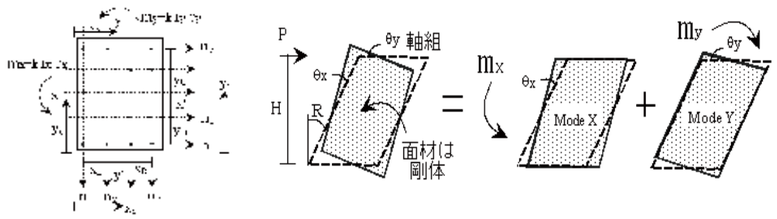



図　面材張り構面のモデル化の例

## 使用する接合具

合板張り床構面に使用する接合具としては、構造用合板を留め付ける釘（N 釘、CN 釘）が最も重要である。釘は、軸組構法で一般的に使用される普通鉄丸釘（N 釘、JIS A 5508）、あるいは枠組壁工法で一般的に使用される太め鉄丸釘（CN 釘、JIS A 5508）が国内どこでも購入でき、性能も安定している。

本設計データのような厚さ 24mm、28mm の構造用合板を用いるのであれば、釘の長さは 75mm 程度（N75 釘、又は CN75 釘）が最適である。75mm より短い釘を使う場合は、軸組材への打ち込み深さが短くなるために引き抜き抵抗が弱まり、釘接合部のせん断性能としては粘り強さが低下する傾向がある。一方、75mm よりも長い釘を用いる場合には、胴部径も太くなるために釘の引き抜けが起きにくくなり、釘頭が合板を貫通するような破壊（パンチングアウト）を起こす危険性が高まる。

釘接合部の性能については、用いる面材料の厚さや密度（樹種）、軸組材の密度（樹種）、釘の種類や長さなどによって様々に変化するものである。よって、床構面の設計の際には、実際に使用する材料を用いた釘接合部になるべく近い一面せん断データを収集するか、もしくは実験的に確認するなどしてより正確なデータを元に床構面の性能予測をすることが望ましい。

## 継手・仕口接合

面材張り床構面の性能を十分発揮させるためには、床組周囲の仕口が先行して破壊しないことが重要である。そのため、仕口接合部には HD 金物や羽子板金物等を使用して接合部の脱落を防ぐ必要がある。本設計データでは、仕口の接合金物に羽子板金物を使用した。

桁や胴差しに継手が存在する場合については、床組が変形した際に継手部分が先行破壊しないことが重要であり、プレート型の金物や HD 金物等で緊結する必要がある。また、継手を設ける位置については、曲げモーメントの大きくなる箇所はなるべく避けるなどの配慮が必要である。

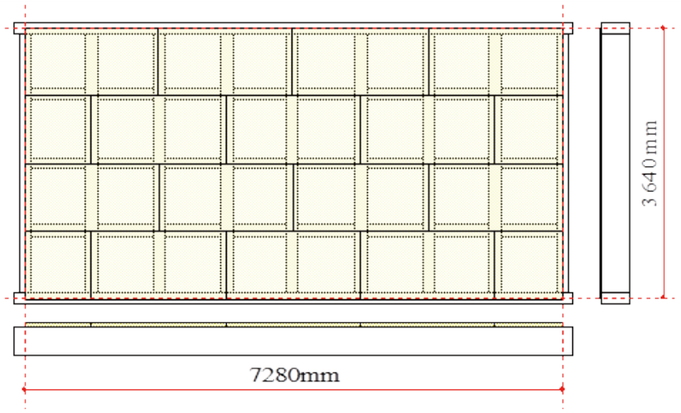
## 設計における考え方と適用範囲

合板張り床構面の設計に用いる釘接合部のデータや、面材張り構面のモデル化の手法については既に多くの研究実績があり、参考となる書籍 [1,2 など] も多いが、それらの多くは一般的な住宅に適用する構面を想定してモデル化等されたものであり、中層大規模木造建築物に用いるような高強度床構面についての検証がなされているわけではない。よって、釘間隔を極端に狭めたり、非常に太い釘を打ったりすると、想定外の破壊を起こす危険性もあるので注意が必要である。

## 文献

1）（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、2008
2）　枠組壁工法建築物設計の手引・構造計算指針編集委員会編：2007 年枠組壁工法建築物構造計算指針、（社）日本ツーバイフォー建築協会、2007

## ●姿図・寸法




床構面試験体

【使用材料】

梁・桁：120mm × 240mm（カラマツ集成材、E105-F300）
小梁：120 × 120mm（カラマツ集成材、E105-F300）
合板：24 × 910 × 1820（構造用合板特類２級、全層スギ）

接合具：CN75@75 × ２列打ち
仕口金物：羽子板金物

## ●適用条件

軸材で作ったフレームに、構造用合板を釘打ちした床構面に適用する。梁桁接合部はピン接合とし、先行破壊しないよう接合金物等で緊結するものとする。面材の留め付けは釘（N 釘または CN 釘）を使用することとし、ビスは接合具のデータが一般的でないため適用除外とする。

## ●概要

一般的な住宅に多用される構造用合板張り床構面であるが、中層大規模木造建築においても、せん断力抵抗要素として重要な部材となり得る。中層大規模木造建築物では高いせん断耐力が要求されるが、軸組材に関しては住宅用よりも太い断面の部材を、構造用合板は厚さ 24mm、28mm といった厚物合板を用い、釘打ち間隔を狭めることによって比較的容易に要求性能を満たす性能を得ることが可能である。本仕様では、国産スギ材の適用可能性を検証するため、厚さ 24mm のスギ合板を使用し、短期基準せん断耐力 30kN/m 程度を目標性能とした。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

CN 釘（一般流通品）、羽子板金物（Z マーク金物／一般流通品）

## ●問い合わせ先 URL

http://www.jpma.jp ＜日本合板工業組合連合会＞

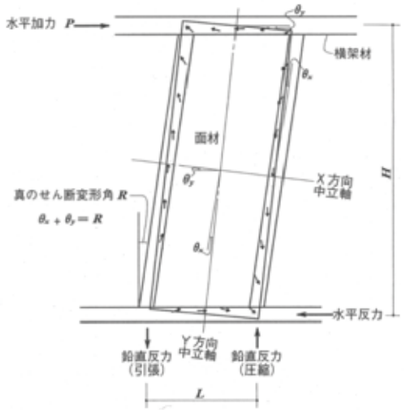
## ●理論式

①面材と軸材が剛体、軸材同士はピン接合と仮定し、釘 1 本のせん断データより床構面要素の許容せん断耐力と剛性を算定する。詳細は、（財）日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」を参照のこと。

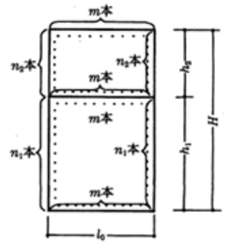
②枠組材の曲げを無視し、釘と面材に作用するせん断力が平行であると仮定し、釘 1 本の降伏せん断耐力と本数のかけ算により許容せん断耐力を算定する。詳細は、（社）日本ツーバイフォー建築協会の「枠組壁工法構造計算指針」を参照のこと。

## ●モデル化

要素モデル：

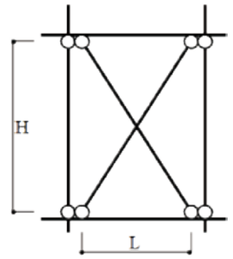



理論式①




理論式②

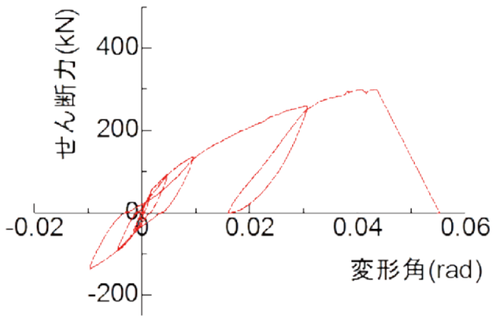
等価モデル：
床構面のせん断剛性を等価たすきブレースの軸剛性に置換する

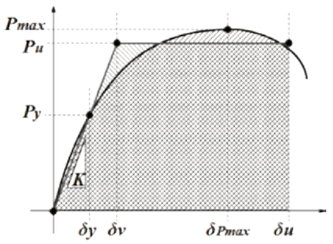



## ●特性値

| | K (kN/rad/m) | Py (kN/m) | Pmax (kN/m) | Pu (kN/m) | δ y ($10^{-2}$rad) | δ v ($10^{-2}$rad) | δ Pmax ($10^{-2}$rad) | δ u ($10^{-2}$rad) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 実験値 | 3251 | 40.5 | 82.1 | 72.7 | 1.25 | 2.24 | 4.45 | 4.83 |

## ●荷重変形

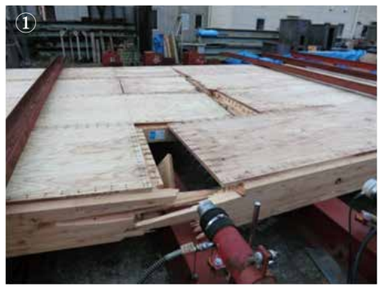


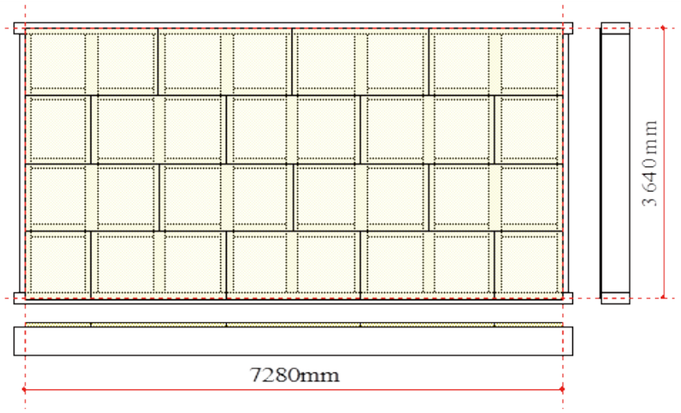

（注：実験値は床長さ 3.64m の負担せん断力）

## ●破壊性状

・引張側の桁が曲げ破壊し、それに伴い合板継ぎ目部で梁が割裂破壊もしくは合板の引張破壊。



## ●姿図・寸法




床構面試験体

【使用材料】

梁・桁：120mm × 240mm（カラマツ集成材、E105-F300）
小梁：120 × 120mm（カラマツ集成材、E105-F300）
合板：28 × 910 × 1820（構造用合板特類２級、全層スギ）

接合具：CN75@50 × ２列打ち
仕口金物：羽子板金物

## ●適用条件

軸材で作ったフレームに、構造用合板を釘打ちした床構面に適用する。梁桁接合部はピン接合とし、先行破壊しないよう接合金物等で緊結するものとする。面材の留め付けは釘（N 釘または CN 釘）を使用することとし、ビスは接合具のデータが一般的でないため適用除外とする。

## ●概要

一般的な住宅に多用される構造用合板張り床構面であるが、中層大規模木造建築においても、せん断力抵抗要素として重要な部材となり得る。中層大規模木造建築物では高いせん断耐力が要求されるが、軸組材に関しては住宅用よりも太い断面の部材を、構造用合板は厚さ 24mm、28mm といった厚物合板を用い、釘打ち間隔を狭めることによって比較的容易に要求性能を満たす性能を得ることが可能である。本仕様では、国産スギ材の適用可能性を検証するため、厚さ 28mm のスギ合板を使用し、釘打ち間隔を 50mm にすることで目標性能を短期基準せん断耐力 40kN/m 程度とした。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

CN 釘（一般流通品）、羽子板金物（Z マーク金物／一般流通品）

## ●問い合わせ先 URL

http://www.jpma.jp ＜日本合板工業組合連合会＞

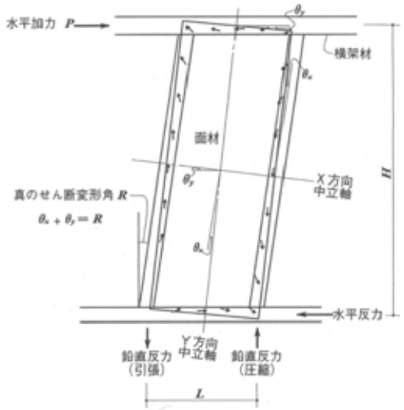
## ●理論式

①面材と軸材が剛体、軸材同士はピン接合と仮定し、釘 1 本のせん断データより床構面要素の許容せん断耐力と剛性を算定する。詳細は、（財）日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」を参照のこと。

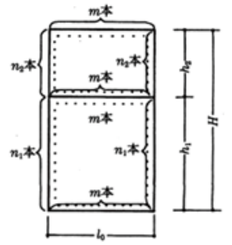
②枠組材の曲げを無視し、釘と面材に作用するせん断力が平行であると仮定し、釘 1 本の降伏せん断耐力と本数のかけ算により許容せん断耐力を算定する。詳細は、（社）日本ツーバイフォー建築協会の「枠組壁工法構造計算指針」を参照のこと。

## ●モデル化

要素モデル：

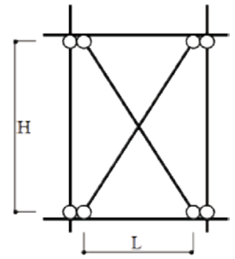



理論式①




理論式②

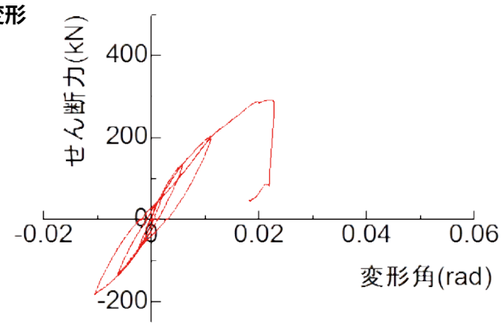
等価モデル：
床構面のせん断剛性を等価たすきブレースの軸剛性に置換する

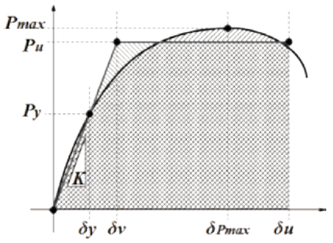



## ●特性値

| | K (kN/rad/m) | Py (kN/m) | Pmax (kN/m) | Pu (kN/m) | δ y ($10^{-2}$rad) | δ v ($10^{-2}$rad) | $\delta_{Pmax}$ ($10^{-2}$rad) | δ u ($10^{-2}$rad) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 実験値 | 5872 | 38.0 | 80.2 | 70.2 | 0.65 | 1.20 | 2.38 | 2.44 |

## ●荷重変形



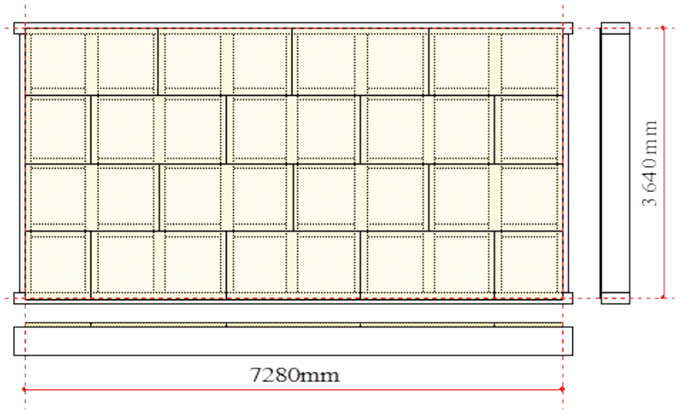




（注：実験値は床長さ 3.64m の負担せん断力）

## ●破壊性状

加力点の桁がめり込み破壊し、加力途中で試験を中止。終局まで試験できていれば、より高い性能値が得られていたと推定される。

## ●姿図・寸法




床構面試験体

【使用材料】

梁・桁：120mm × 240mm（カラマツ集成材、E105-F300）
小梁：120 × 120mm（カラマツ集成材、E105-F300）
合板：28 × 910 × 1820（構造用合板特類２級、カラマツ－スギ複合）

接合具：CN75@50 × ２列打ち
仕口金物：羽子板金物

## ●適用条件

軸材で作ったフレームに、構造用合板を釘打ちした床構面に適用する。梁桁接合部はピン接合とし、先行破壊しないよう接合金物等で緊結するものとする。面材の留め付けは釘（N 釘または CN 釘）を使用することとし、ビスは接合具のデータが一般的でないため適用除外とする。

## ●概要

一般的な住宅に多用される構造用合板張り床構面であるが、中層大規模木造建築においても、せん断力抵抗要素として重要な部材となり得る。中層大規模木造建築物では高いせん断耐力が要求されるが、軸組材に関しては住宅用よりも太い断面の部材を、構造用合板は厚さ 24mm、28mm といった厚物合板を用い、釘打ち間隔を狭めることによって比較的容易に要求性能を満たす性能を得ることが可能である。本仕様では、厚さ 28mm のカラマツ－スギ複合合板を使用し、釘打ち間隔を 50mm にすることで目標性能を短期基準せん断耐力 40kN/m 以上とした。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

CN 釘（一般流通品）、羽子板金物（Z マーク金物／一般流通品）

## ●問い合わせ先 URL

http://www.jpma.jp ＜日本合板工業組合連合会＞

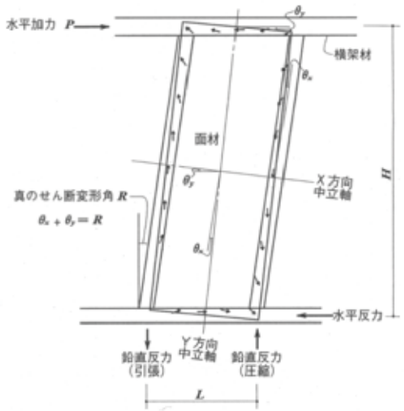
## ●理論式

①面材と軸材が剛体、軸材同士はピン接合と仮定し、釘 1 本のせん断データより床構面要素の許容せん断耐力と剛性を算定する。詳細は、（財）日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」を参照のこと。

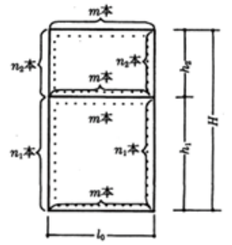
②枠組材の曲げを無視し、釘と面材に作用するせん断力が平行であると仮定し、釘 1 本の降伏せん断耐力と本数のかけ算により許容せん断耐力を算定する。詳細は、（社）日本ツーバイフォー建築協会の「枠組壁工法構造計算指針」を参照のこと。

## ●モデル化

要素モデル：

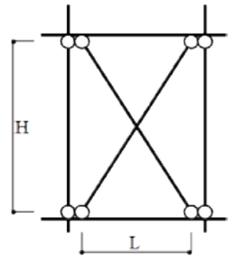



理論式①




理論式②

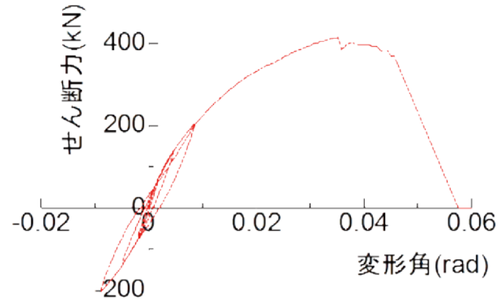
等価モデル：
床構面のせん断剛性を等価たすきブレースの軸剛性に置換する

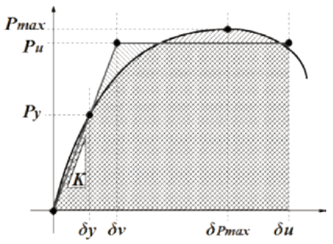



## ●特性値

| | K (kN/rad/m) | Py (kN/m) | Pmax (kN/m) | Pu (kN/m) | δ y ($10^{-2}$rad) | δ v ($10^{-2}$rad) | $\delta_{Pmax}$ ($10^{-2}$rad) | δ u ($10^{-2}$rad) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 実験値 | 5972 | 60.2 | 113.7 | 104.3 | 1.01 | 1.75 | 3.59 | 5.35 |

## ●荷重変形




（注：実験値は床長さ 3.64m の負担せん断力）

## ●破壊性状

・引張側の桁が曲げ破壊し、それに伴い合板継ぎ目部で梁が割裂破壊もしくは合板の引張破壊。

## 構造システムと施工の注意点

合板張り床構面は、構造用合板を釘で軸組材に留め付けるだけで、高度な加工や施工技術を必要とせず、容易に高耐力を得る事ができる耐震要素である。また、合板の厚さや樹種、釘の種類やピッチを変えることで性能をある程度自由に操作することが可能であり、中層大規模木造建築物のような高耐力部材を必要とする建築物にも適用することが可能である。

施工の際は、定められた釘ピッチを遵守すること、合板材縁部からの距離（縁距離）を確実に確保すること、軸組材側の縁距離も同様に確保すること、釘頭を過度にめり込ませないことが重要である。また、合板張り床構面が十分性能を発揮するために、仕口接合部が先行破壊しないよう、適切に金物を使用するなどして補強することが必要である。

一方、軸組として用いる桁、胴差しに継手が存在する場合は、床構面が曲げ変形した際に継手部分に引張力が働くため、プレート金物や HD 金物等で適切に補強することが肝要である。

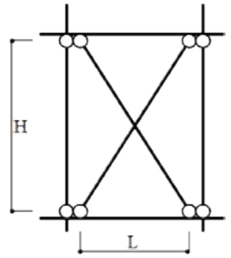
## 解析モデル

解解析モデルとしては、軸組材接合部は回転抵抗不要なピン接合でよく、釘接合部を含む構造用合板は、等価軸剛性を持つブレースに置換することでモデル化が可能である。

しかし、合板張り床構面は初期変形時より非線形な挙動を示し、厳密には直線域を持たない挙動を示すため、そのブレース置換時の剛性を、床構面の荷重変形関係のどの剛性を採用するかで解析結果も変わってくる。しかし、一般的には床構面は弾性範囲の解析で十分と思われるので、床構面の荷重変形関係を完全弾塑性モデル化（バイリニア化）した時の剛性を使うことで問題は無いと思われる。

外周の軸組を単一材（連続梁）としてモデル化する手法も考えられるが、釘接合部性能を元にした構面のモデル化（耐力算定）は最小ユニットを基本としているため、外周軸組を連続梁としてモデル化しない方が構面としての変形量は実際よりも過大に評価され、安全側の評価が得られると考えられる。一方、外周軸組を連続梁としてモデル化するときには、梁の曲げ剛性とともに、継手部分のモデル化も行わないと危険側の評価となる可能性があるので注意が必要である。

なお、本設計データでは、実験結果をバイリニア化して剛性、終局耐力、降伏点変形角、終局変形角等のデータを掲載したが、このデータは試験体 1 体の実験結果から導き出したデータであり、実験結果のバラツキや耐久性を考慮した低減、施工のバラツキなどを考慮した低減などを見込んでいない。よって、解析の際にはそれらを設計者の方で適切に判断して安全側の数値を用いることが重要である。




壁長 $L$（mm）、高さ $H$（mm）の耐力壁のせん断剛性を $Kw$（kN/mm）とすると、等価たすきブレースの軸剛性 $EA$ は、以下のようになる。

$$EA=\frac{Kw\cdot L}{2\cdot\cos^3\theta}$$ （kN） ただし、$\tan\theta = H/L$

合板床構面のモデル化

## バリエーション

住宅の床構面は梁間隔が 0.9 ～ 1.0m 程度の範囲内で使用することが多いが、中層大規模木造建築物では、梁間隔 1m 以上で使用される場合も考えられる。軸組材は断面の大きな部材を使用することは可能であるが、構造用合板に関しては製造装置の関係から、特別に大型のパネルを製造することはできない。よって、合板の JAS 規格に定められた寸法範囲内で、製造可能な材料寸法を考慮しながら構面のモジュールなどを決定していくことが必要となる。

釘打ちに関しては、品確法で定められている床倍率の仕様の釘打ち仕様から、本設計データで提示した釘打ち仕様との間の範囲であれば、構造用合板や釘接合部での想定外の破壊は起きないと判断できるので、必要性能に応じて構面を設計することが可能であろう。

# ストレストスキンパネル床

ストレストスキンパネルは主として軸材であるウェブに、面材であるフランジを片面または両面に留めつけることによって、ストレストスキン効果と呼ばれる断面性能の向上が見込める構造である。小梁の出ないフラットスラブ空間をつくるのに適した木造ボイドスラブ構造であるため、二階建て校舎などで教室サイズのスパンがとんだ２階床スラブを、天井高を確保しながら支持しなければならないときなどに便利である。また、フランジの規格幅に応じてユニット化したパネル構法としての展開も期待できる。

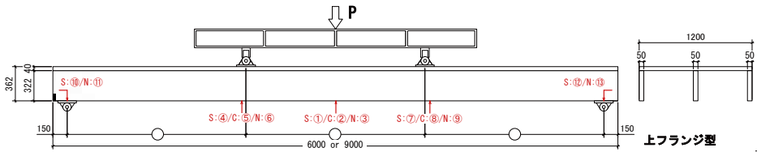
なお、ストレストスキンパネルの接合形式には、主に釘・ビス等のせん断接合具による接合形式と、せん断接合具と接着剤を併用した接合形式が存在する。前者の形式を用いたストレストスキンパネルはせん断接合を用いた重ね梁として設計する必要があり、面外曲げに対する曲げ剛性および特性値はせん断接合の性能に大きく影響を受ける。また、後者の形式を用いたストレストスキンパネルは、十分な強度・剛性を有する接着剤を用いた場合、一体断面として挙動する断面効率に優れた構造となる。また、前者のものに比べて曲げ剛性および特性値が高くなり、複合材として容易に設計を行うことができる。

LVL（Laminated Veneer Lumber）は単板積層材とも呼ばれる、単板を同じ向きに積層接着した木質材料である。その製造工程は合板と似ているが、単板の積層方向を統一することによって強度・剛性が長さ方向に特化した材料となっている。また、LVL は単板をスカーフジョイントで縦継ぎしていくという点でも合板とは異なっており、単板の長さに影響されず、製材や合板では通常得られないような長尺の面材を得ることができる。こうした LVL の特性は、中大規模木造に必要な大スパンのストレストスキンパネルのフランジに利用する上で、強度・曲げ剛性・施工性の観点から他の木質材料に比べて有利なものであると言える。

ただし、構造用 LVL は一般に軸材として用いられることが多く、面材として利用する場合、反り・ねじれといった材の暴れを発現する可能性が高くなる。床の水平に影響する面材であるフランジが変形した場合、居住性に問題が生じる恐れがあるため、これを緩和する目的で構造用 LVL の積層単板を全て同一方向に揃えるのではなく、一部直交層を挿入した仕様（LVL）にすることが望ましい。試験時（2010 年）の日本農林規格（JAS）の定める構造用 LVL の仕様では、最外層単板に隣接する層を直交単板とすることが認められており、LVL-SSP のフランジには、この仕様の直交層入りの LVL を使うことが寸法安定性のうえで必要であると考えられる。

また、以下実験で扱う LVL-SSP は、極力小さな材積で十分な曲げ性能を発揮させるためにウェブにも構造用 LVL を縦使いで用いることとした。ウェブには寸法安定性よりも、全体のたわみを抑えるために剛性を優先させることが望ましく、ウェブに用いる構造用 LVL には直交層は挿入しないこととした。LVL に用いる樹種は、ウェブ・フランジ共にスギとカラマツのものを用意し、試験体の組み合わせとしては、スギ同士とカラマツ同士の組み合わせの２種類を用意した。

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（80E、スギ）
フランジ：LVL（60E、スギ）/ ビスのみ接合 / 上フランジ型 /6000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　スギ LVL　80E-1 級　40V-34H　50mm × 322mm
フランジ スギ LVL　60E-1 級　40V-34H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

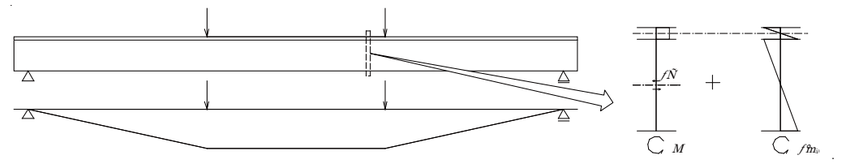
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

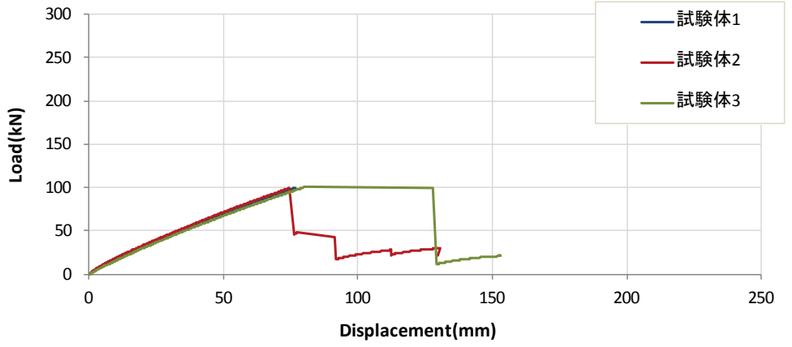
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入




## ●特性値

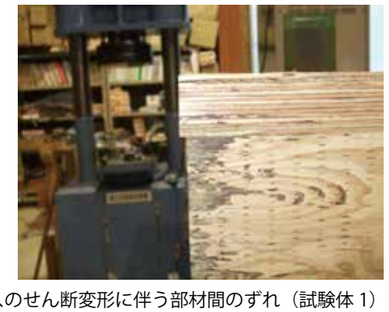
| | | 初期剛性 K [kN/mm] | 降伏耐力 Py [kN] | 最大耐力 Pmax [kN] |
|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | 1 | 1.51 | 46.1 | 99.6 |
| | 2 | 1.54 | 47.5 | 99.6 |
| | 3 | 1.41 | 48.9 | 101.5 |
| | **AVE.** | **1.49** | **47.5** | **100.2** |
| | **S.D.** | **0.068** | **1.37** | **1.11** |

## ●荷重変形



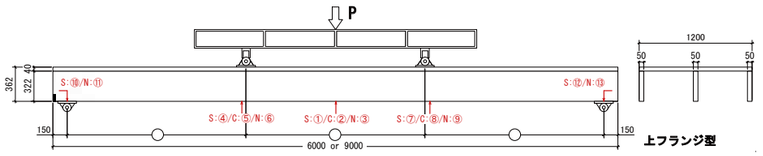

## ●破壊性状

・ビスのせん断降伏と、それに伴う断面性能の低下が進行することでウェブの曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。


ビスのせん断変形に伴う部材間のずれ（試験体 1）

ウェブの曲げ破壊（試験体 1）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（80E、スギ）
フランジ：LVL（60E、スギ）/ ビスのみ接合 / 上フランジ型 /9000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　スギ LVL　80E-1 級　40V-34H　50mm × 322mm
フランジ スギ LVL　60E-1 級　40V-34H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

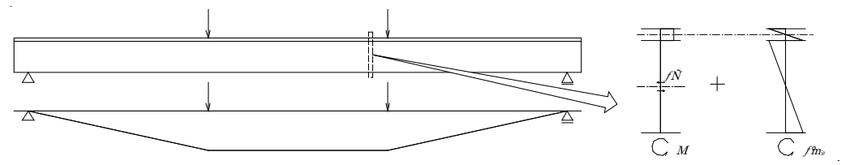
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

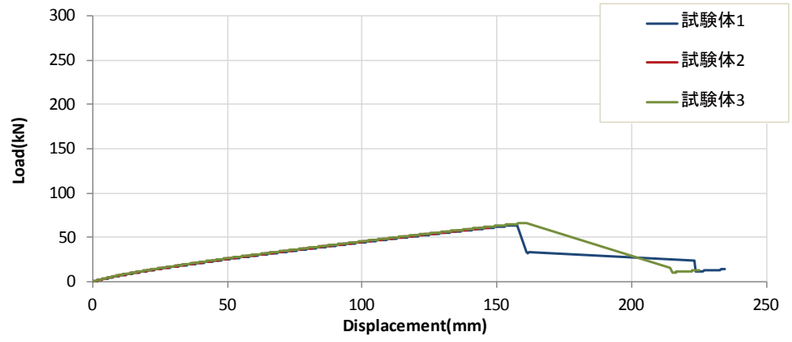
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入




## ●特性値

| | | 初期剛性 K [kN/mm] | 降伏耐力 Py [kN] | 最大耐力 Pmax [kN] |
|---|---|---|---|---|
| C1-9000 | 1 | 0.49 | 29.0 | 64.1 |
| | 2 | 0.51 | 27.9 | 61.3 |
| | 3 | 0.51 | 29.7 | 66.4 |
| | AVE. | 0.50 | 28.9 | 63.9 |
| | S.D. | 0.010 | 0.91 | 2.55 |

## ●荷重変形



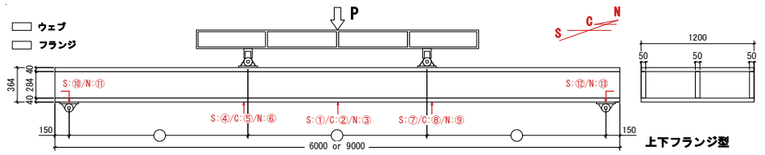

## ●破壊性状

・ビスのせん断降伏と、それに伴う断面性能の低下が進行することでウェブの曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。

ビスのせん断変形に伴う部材間のずれ（試験体 2）

ウェブの曲げ破壊（試験体 2）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（80E、スギ）
フランジ：LVL（60E、スギ）/ ビスのみ接合 / 上下フランジ型 /6000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　スギ LVL　80E-1 級　40V-34H　50mm × 284mm
フランジ スギ LVL　60E-1 級　40V-34H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

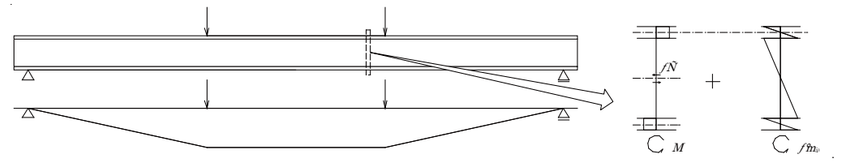
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

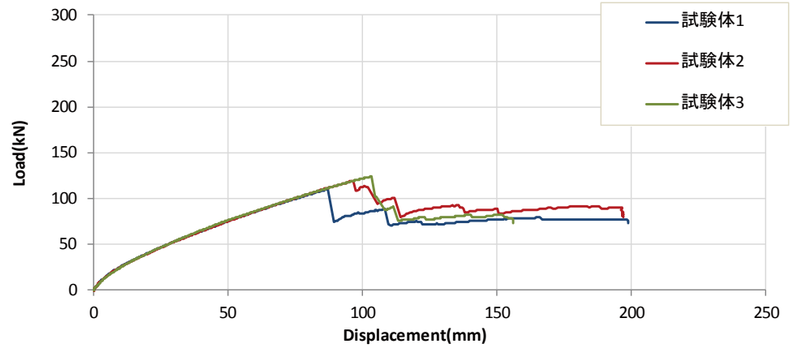
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入




## ●特性値

| | | 初期剛性 K [kN/mm] | 降伏耐力 Py [kN] | 最大耐力 Pmax [kN] |
|---|---|---|---|---|
| C2-6000 | 1 | 1.68 | 59.3 | 110.2 |
| | 2 | 1.70 | 54.9 | 124.0 |
| | 3 | 1.78 | 51.0 | 119.2 |
| | **AVE.** | **1.72** | **55.1** | **117.8** |
| | **S.D.** | **0.049** | **4.11** | **6.98** |

## ●荷重変形



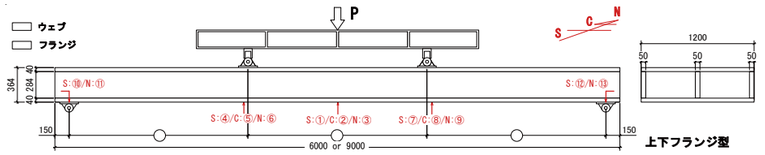

## ●破壊性状

・ビスのせん断降伏と、それに伴う断面性能の低下が進行することでウェブの曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。

ビスのせん断変形に伴う部材間のずれ（試験体 2）

ウェブの曲げ破壊（試験体 2）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（80E、スギ）
フランジ：LVL（60E、スギ）/ ビスのみ接合 / 上下フランジ型 /9000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　スギ LVL　80E-1 級　40V-34H　50mm × 284mm
フランジ スギ LVL　60E-1 級　40V-34H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

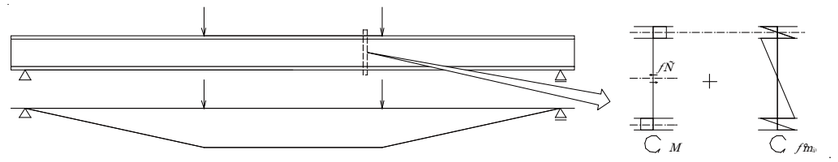
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

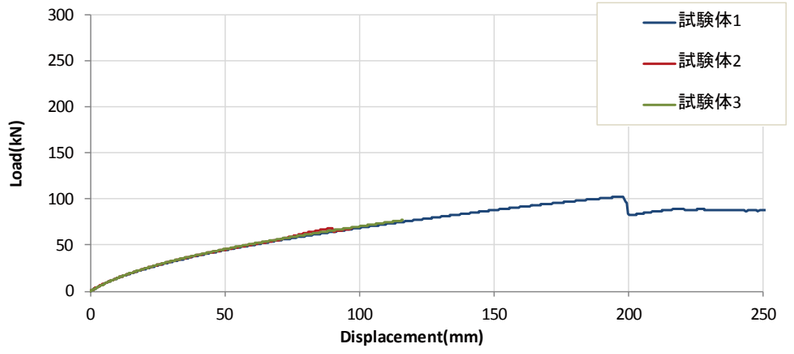
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入




## ●特性値

| | | 初期剛性 K [kN/mm] | 降伏耐力 Py [kN] | 最大耐力 Pmax [kN] |
|---|---|---|---|---|
| C2-9000 | 1 | 0.85 | 48.4 | 103.0 |
| | 2 | 0.80 | 58.1 | 106.0 |
| | 3 | 0.86 | 51.2 | 107.1 |
| | **AVE.** | **0.83** | **52.6** | **105.4** |
| | **S.D.** | **0.034** | **4.98** | **2.15** |

## ●荷重変形



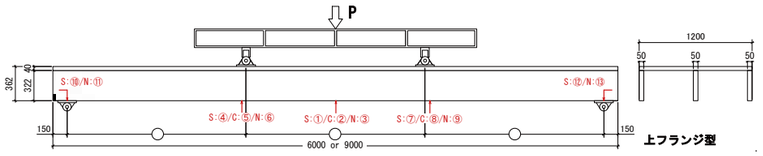

## ●破壊性状

・ビスのせん断降伏と、それに伴う断面性能の低下が進行することでウェブの曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。

ビスのせん断変形に伴う部材間のずれ（試験体 3）

ウェブの曲げ破壊（試験体 3）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（80E、スギ）
フランジ：LVL（60E、スギ）/ 接着ビス接合 / 上フランジ型 /6000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　スギ LVL　80E-1 級　40V-34H　50mm × 322mm
フランジ スギ LVL　60E-1 級　40V-34H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

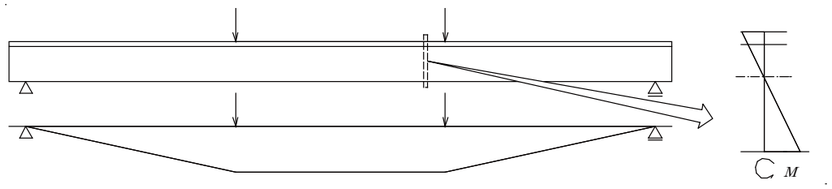
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

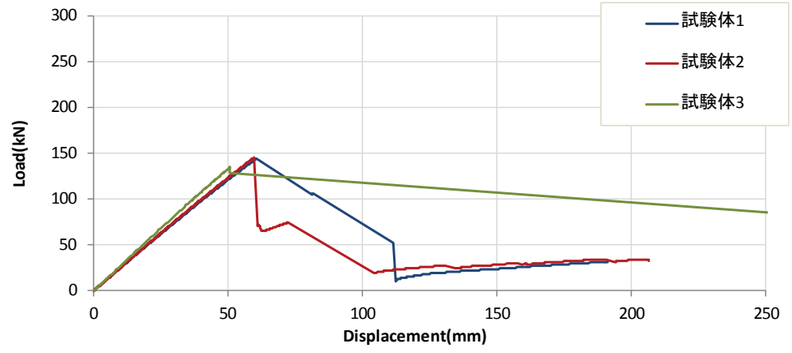
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす




## ●特性値

| | | 初期剛性 *K* [kN/mm] | 降伏耐力 *Py* [kN] | 最大耐力 *Pmax* [kN] |
|---|---|---|---|---|
| CB1-6000 | 1 | 2.46 | 76.3 | 144.1 |
| | 2 | 2.50 | 78.7 | 145.3 |
| | 3 | 2.71 | 71.1 | 134.7 |
| | **AVE.** | **2.55** | **75.4** | **141.4** |
| | **S.D.** | **0.134** | **3.87** | **5.81** |

## ●荷重変形



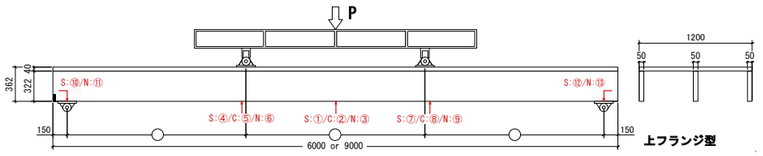

## ●破壊性状

・ビスのせん断降伏は発生せず、部材は一体のまま、ウェブ下縁に曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。

部材間ずれの発生なし（試験体 3）

ウェブの曲げ破壊（試験体 1）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（80E、スギ）
フランジ：LVL（60E、スギ）/ 接着ビス接合 / 上フランジ型 /6000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　スギ LVL　80E-1 級　40V-34H　50mm × 322mm
フランジ スギ LVL　60E-1 級　40V-34H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

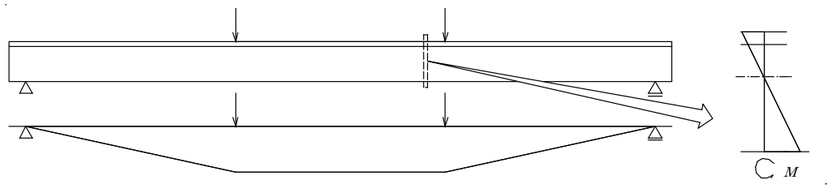
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

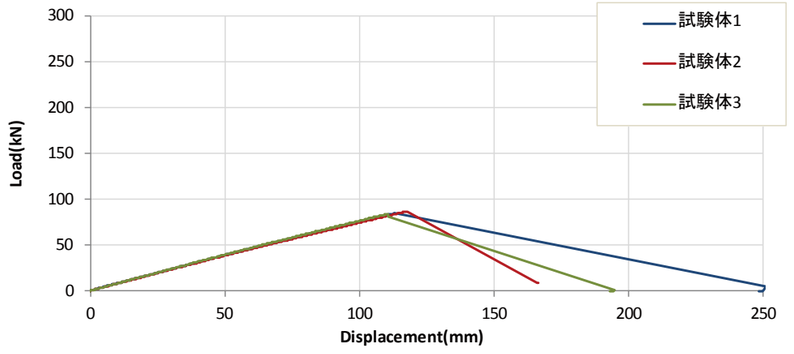
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす




## ●特性値

| | | 初期剛性 K [kN/mm] | 降伏耐力 Py [kN] | 最大耐力 Pmax [kN] |
|---|---|---|---|---|
| CB1-9000 | 1 | 0.77 | 41.6 | 84.3 |
| | 2 | 0.77 | 42.2 | 86.7 |
| | 3 | 0.79 | 42.6 | 84.0 |
| | **AVE.** | **0.78** | **42.1** | **85.0** |
| | **S.D.** | **0.010** | **0.50** | **1.52** |

## ●荷重変形



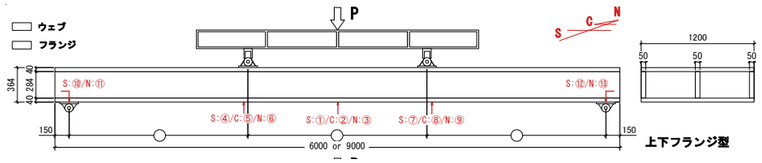

## ●破壊性状

・ビスのせん断降伏は発生せず、部材は一体のまま、ウェブ下縁に曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。

ビスのせん断変形に伴う部材間のずれ（試験体 3）

ウェブの曲げ破壊（試験体 3）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（80E、スギ）
フランジ：LVL（60E、スギ）/ 接着ビス接合 / 上下フランジ型 /6000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　スギ LVL　80E-1 級　40V-34H　50mm × 284mm
フランジ スギ LVL　60E-1 級　40V-34H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

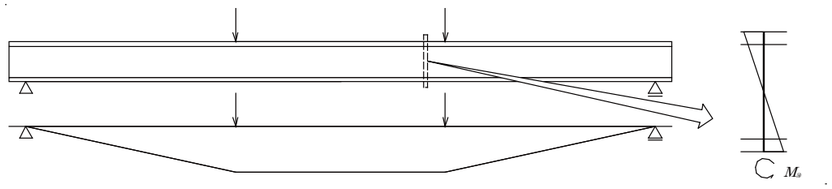
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

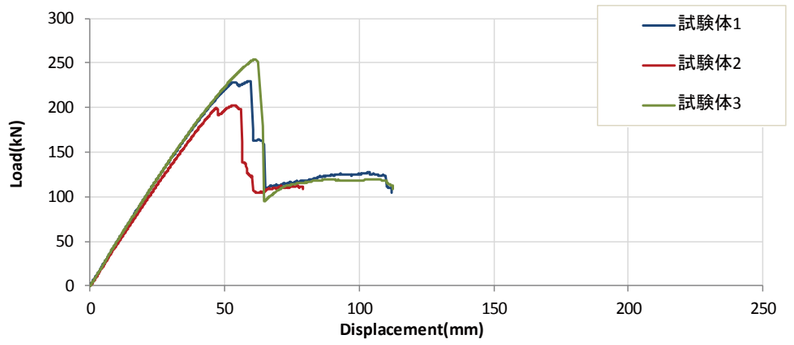
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす




## ●特性値

| | | 初期剛性 K [kN/mm] | 降伏耐力 Py [kN] | 最大耐力 Pmax [kN] |
|---|---|---|---|---|
| CB2-6000 | 1 | 4.80 | 125.7 | 229.9 |
| | 2 | 4.56 | 109.9 | 202.9 |
| | 3 | 4.78 | 139.1 | 254.0 |
| | **AVE.** | **4.71** | **124.9** | **228.9** |
| | **S.D.** | **0.134** | **14.64** | **25.58** |

## ●荷重変形



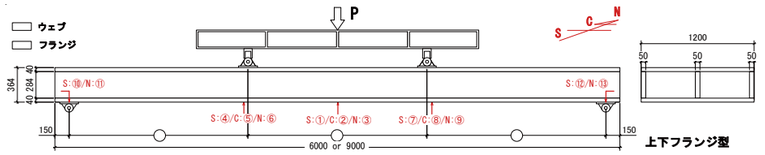

## ●破壊性状

・フランジ端部においてウェブ側直交層のローリングシア（層内せん断）が発生することで断面性能が低下し、ウェブ下縁に曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。

フランジ端部のローリングシア（試験体 2）

ウェブの曲げ破壊（試験体 2）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（80E、スギ）
フランジ：LVL（60E、スギ）/ 接着ビス接合 / 上下フランジ型 /6000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　スギ LVL　80E-1 級　40V-34H　50mm × 284mm
フランジ スギ LVL　60E-1 級　40V-34H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

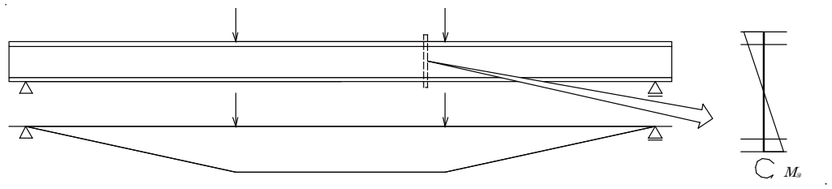
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

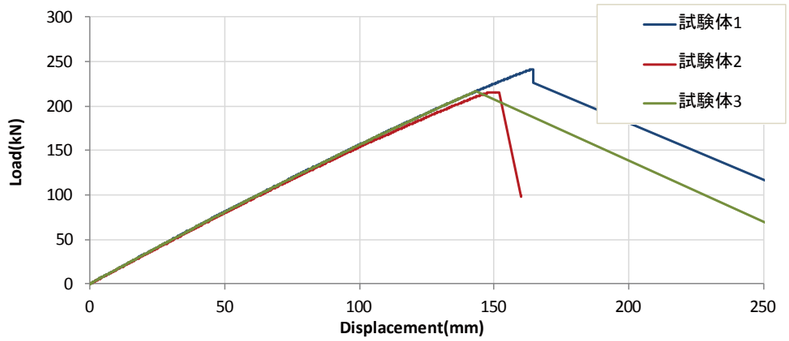
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす




## ●特性値

| | | 初期剛性 K [kN/mm] | 降伏耐力 Py [kN] | 最大耐力 Pmax [kN] |
|---|---|---|---|---|
| CB2-6000 | 1 | 4.80 | 125.7 | 229.9 |
| | 2 | 4.56 | 109.9 | 202.9 |
| | 3 | 4.78 | 139.1 | 254.0 |
| | **AVE.** | **4.71** | **124.9** | **228.9** |
| | **S.D.** | **0.134** | **14.64** | **25.58** |

## ●荷重変形



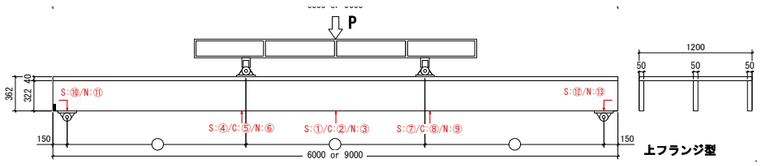

## ●破壊性状

・ビスのせん断降伏と、それに伴う断面性能の低下が進行することでウェブの曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。

ビスのせん断変形に伴う部材間のずれ（試験体 2）

ウェブの曲げ破壊（試験体 1）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（120E、カラマツ）
フランジ：LVL（80E、カラマツ）/ ビスのみ接合 / 上フランジ型 /6000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　カラマツ LVL　120-1 級 E　50V-43H　50mm × 322mm
フランジ カラマツ LVL　90E-1 級　45V-38H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

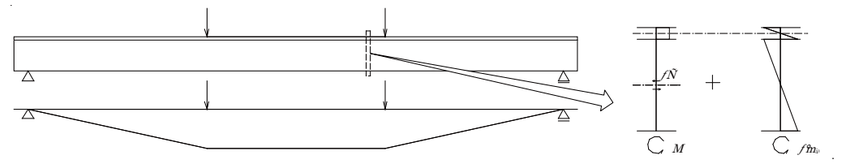
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

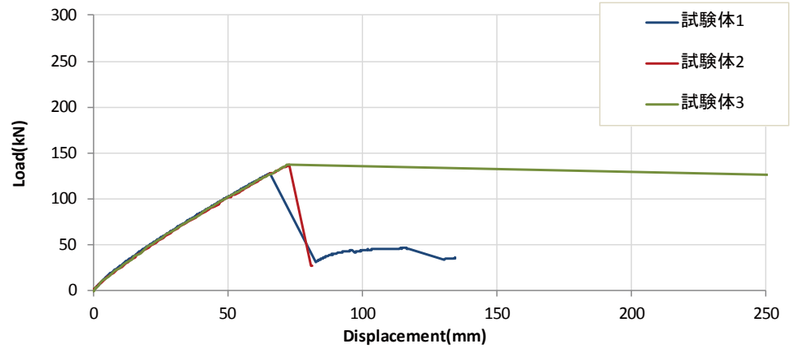
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入




## ●特性値

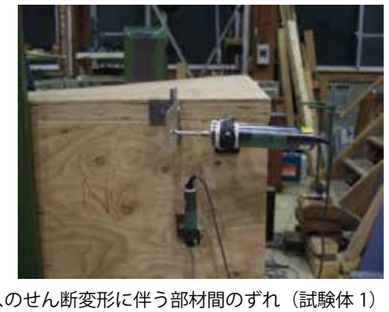
| | | 初期剛性 K [kN/mm] | 降伏耐力 Py [kN] | 最大耐力 Pmax [kN] |
|---|---|---|---|---|
| L1-6000 | 1 | 2.22 | 63.5 | 127.5 |
| | 2 | 2.29 | 58.1 | 137.6 |
| | 3 | 2.16 | 65.2 | 137.7 |
| | **AVE.** | **2.22** | **62.3** | **134.3** |
| | **S.D.** | **0.062** | **3.70** | **5.88** |

## ●荷重変形



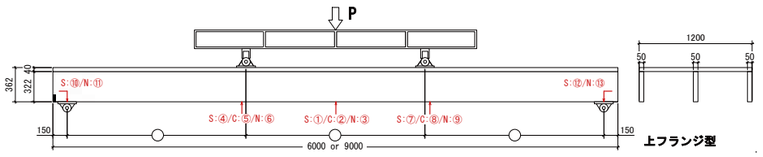

## ●破壊性状

・ビスのせん断降伏と、それに伴う断面性能の低下が進行することでウェブの曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。


ビスのせん断変形に伴う部材間のずれ（試験体 1）

ウェブの曲げ破壊（試験体 1）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（120E、カラマツ）
フランジ：LVL（90E、カラマツ）/ ビスのみ接合 / 上フランジ型 /9000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　カラマツ LVL　120-1 級 E　50V-43H　50mm × 322mm
フランジ カラマツ LVL　90E-1 級　45V-38H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

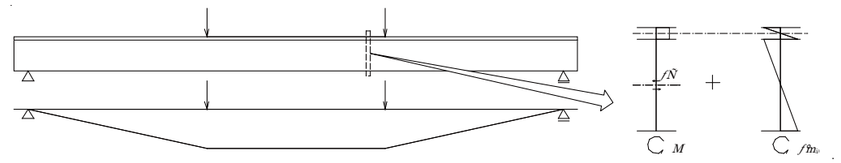
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

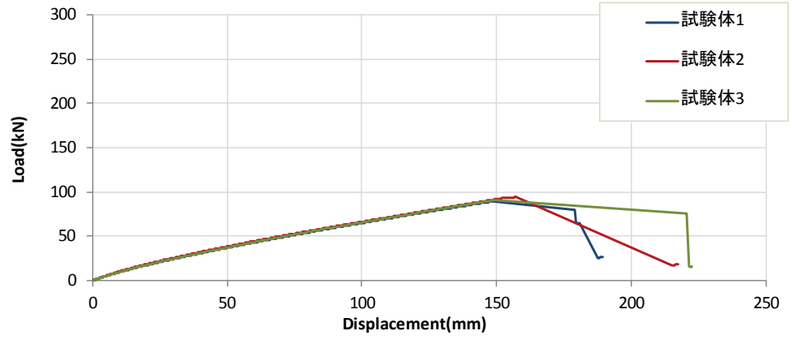
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入




## ●特性値

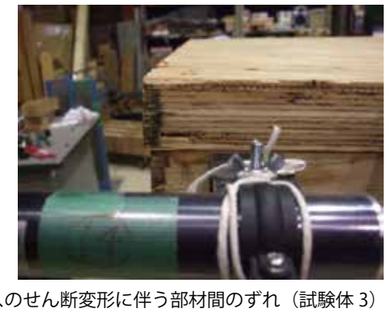
| | | 初期剛性 K [kN/mm] | 降伏耐力 Py [kN] | 最大耐力 Pmax [kN] |
|---|---|---|---|---|
| L1-9000 | 1 | 0.72 | 41.3 | 89.4 |
| | 2 | 0.74 | 43.2 | 94.2 |
| | 3 | 0.72 | 42.3 | 90.9 |
| | **AVE.** | **0.73** | **42.2** | **91.5** |
| | **S.D.** | **0.011** | **0.95** | **2.45** |

## ●荷重変形



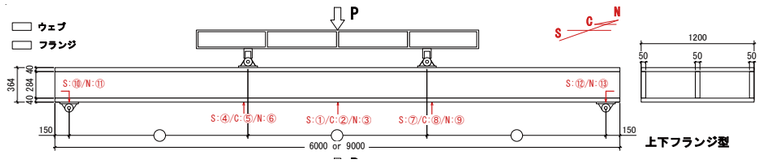

## ●破壊性状

・ビスのせん断降伏と、それに伴う断面性能の低下が進行することでウェブの曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。


ビスのせん断変形に伴う部材間のずれ（試験体 3）

ウェブの曲げ破壊（試験体 3）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（120E、カラマツ）
フランジ：LVL（90E、カラマツ）/ ビスのみ接合 / 上下フランジ型 /6000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　カラマツ LVL　120-1 級 E　50V-43H　50mm × 284mm
フランジ カラマツ LVL　90E-1 級　45V-38H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

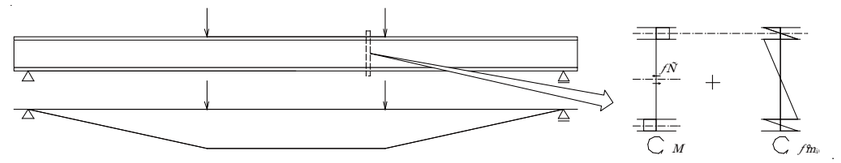
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

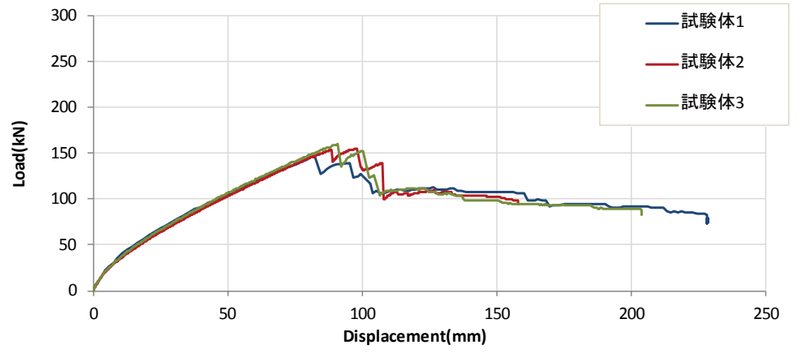
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入




## ●特性値

| | | 初期剛性 K [kN/mm] | 降伏耐力 Py [kN] | 最大耐力 Pmax [kN] |
|---|---|---|---|---|
| L2-6000 | 1 | 2.73 | 67.9 | 146.6 |
| | 2 | 2.53 | 73.7 | 155.2 |
| | 3 | 2.45 | 70.3 | 160.1 |
| | **AVE.** | **2.57** | **70.6** | **154.0** |
| | **S.D.** | **0.146** | **2.92** | **6.83** |

## ●荷重変形



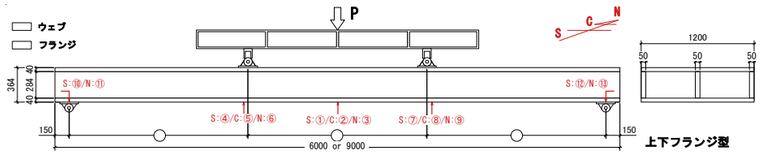

## ●破壊性状

・ビスのせん断降伏と、それに伴う断面性能の低下が進行することでウェブの曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。

ビスのせん断変形に伴う部材間のずれ（試験体 2）

ウェブの曲げ破壊（試験体 2）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（120E、カラマツ）
フランジ：LVL（90E、カラマツ）/ ビスのみ接合 / 上下フランジ型 9000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　カラマツ LVL　120-1 級 E　50V-43H　50mm × 284mm
フランジ カラマツ LVL　90E-1 級　45V-38H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

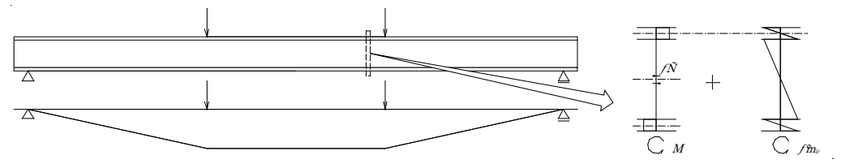
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

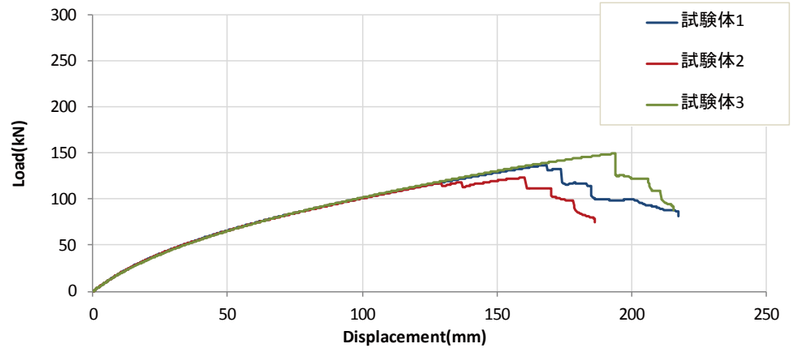
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入




## ●特性値

| | | 初期剛性 K [kN/mm] | 降伏耐力 Py [kN] | 最大耐力 Pmax [kN] |
|---|---|---|---|---|
| L2-9000 | 1 | 1.33 | 65.5 | 137.4 |
| | 2 | 1.38 | 59.5 | 123.5 |
| | 3 | 1.26 | 70.9 | 149.5 |
| | **AVE.** | **1.32** | **65.3** | **136.8** |
| | **S.D.** | **0.062** | **5.71** | **12.99** |

## ●荷重変形



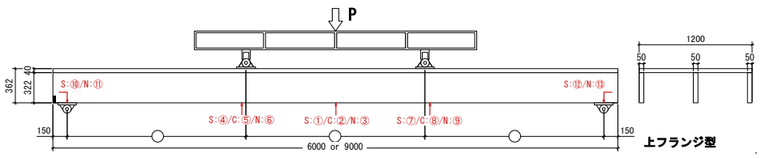

## ●破壊性状

・ビスのせん断降伏と、それに伴う断面性能の低下が進行することでウェブの曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。

ビスのせん断変形に伴う部材間のずれ（試験体 2）

ウェブの曲げ破壊（試験体 1）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（120E、カラマツ）
フランジ：LVL（90E、カラマツ）/ 接着ビス接合 / 上フランジ型 /6000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　カラマツ LVL　120-1 級 E　50V-43H　50mm × 322mm
フランジ カラマツ LVL　90E-1 級　45V-38H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

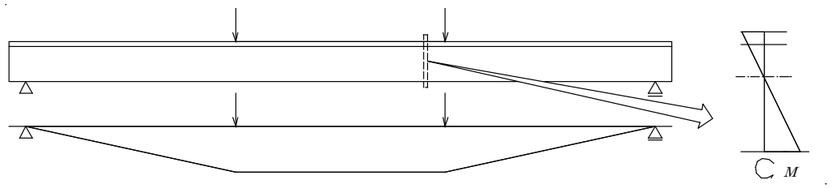
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

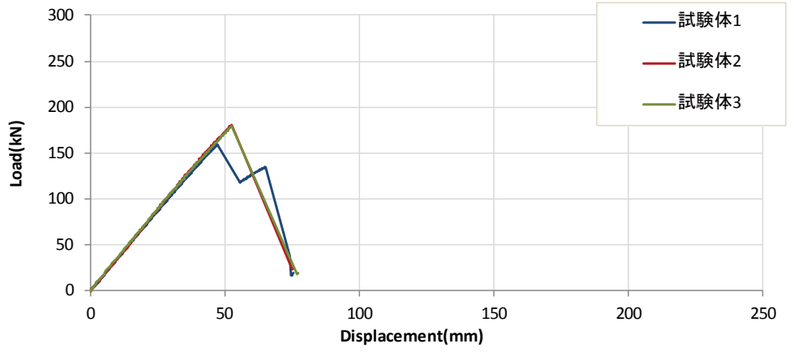
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす




## ●特性値

| | | 初期剛性 *K* [kN/mm] | 降伏耐力 *Py* [kN] | 最大耐力 *Pmax* [kN] |
|---|---|---|---|---|
| LB1-6000 | 1 | 3.55 | 87.2 | 159.3 |
| | 2 | 3.47 | 156.9 | 180.5 |
| | 3 | 3.50 | 108.6 | 179.7 |
| | **AVE.** | **3.50** | **117.6** | **173.2** |
| | **S.D.** | **0.040** | **35.67** | **11.98** |

## ●荷重変形



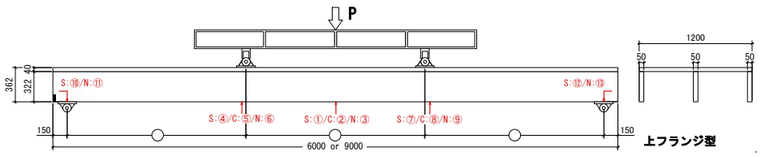

## ●破壊性状

・ビスのせん断降伏は発生せず、部材は一体のまま、ウェブ下縁に曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。

部材間ずれの発生なし（試験体 1）

ウェブの曲げ破壊（試験体 1）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（120E、カラマツ）
フランジ：LVL（90E、カラマツ）/ 接着ビス接合 / 上フランジ型 /9000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　カラマツ LVL　120-1 級 E　50V-43H　50mm × 322mm
フランジ カラマツ LVL　90E-1 級　45V-38H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

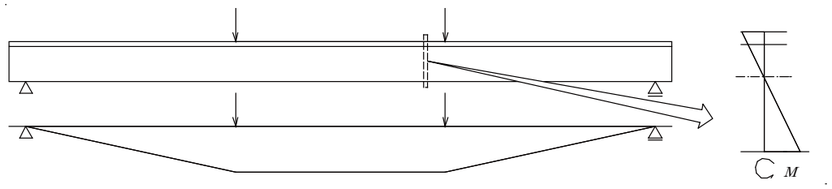
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

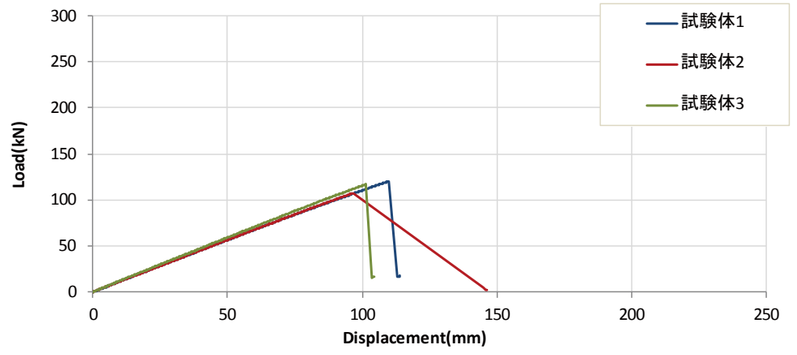
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす




## ●特性値

| | | 初期剛性 *K* [kN/mm] | 降伏耐力 *Py* [kN] | 最大耐力 *Pmax* [kN] |
|---|---|---|---|---|
| LB1-9000 | 1 | 3.55 | 87.2 | 159.3 |
| | 2 | 3.47 | 156.9 | 180.5 |
| | 3 | 3.50 | 108.6 | 179.7 |
| | **AVE.** | **3.50** | **117.6** | **173.2** |
| | **S.D.** | **0.040** | **35.67** | **11.98** |

## ●荷重変形



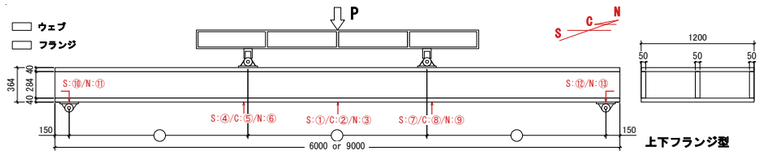

## ●破壊性状

・ビスのせん断降伏は発生せず、部材は一体のまま、ウェブ下縁に曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。

ビスのせん断変形に伴う部材間のずれ（試験体 2）

ウェブの曲げ破壊（試験体 2）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（120E、カラマツ）
フランジ：LVL（90E、カラマツ）/ 接着ビス接合 / 上下フランジ型 /6000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　カラマツ LVL　120-1 級 E　50V-43H　50mm × 284mm
フランジ カラマツ LVL　90E-1 級　45V-38H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

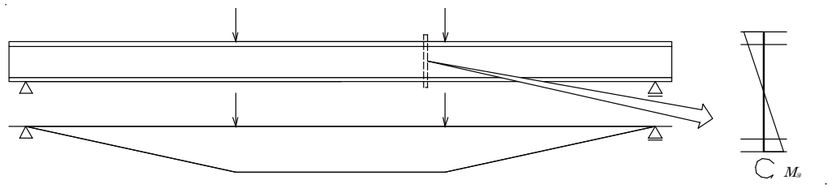
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

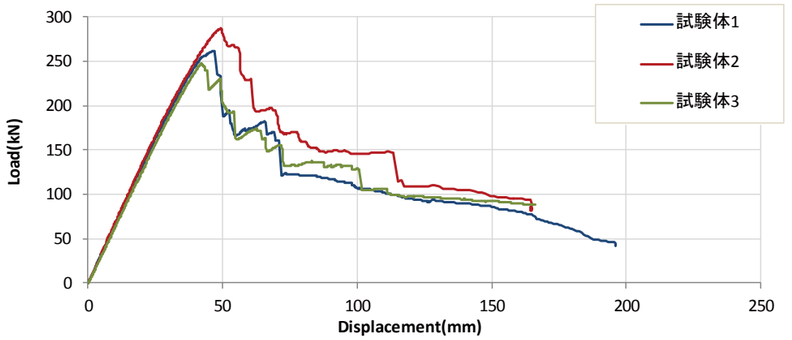
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす




## ●特性値

| | | 初期剛性 K [kN/mm] | 降伏耐力 Py [kN] | 最大耐力 Pmax [kN] |
|---|---|---|---|---|
| LB2-6000 | 1 | 6.50 | 158.8 | 261.8 |
| | 2 | 6.70 | 164.1 | 287.3 |
| | 3 | 6.29 | 145.0 | 248.4 |
| | **AVE.** | **6.50** | **156.0** | **265.8** |
| | **S.D.** | **0.201** | **9.87** | **19.74** |

## ●荷重変形



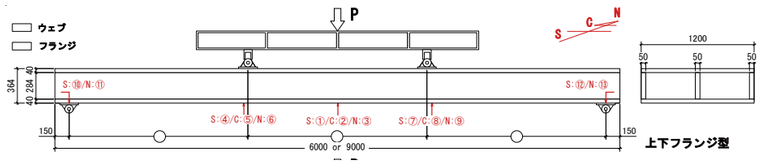

## ●破壊性状

・フランジ端部においてウェブ側直交層のローリングシア（層内せん断）が発生することで断面性能が低下し、ウェブ下縁に曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。

フランジ端部のローリングシア（試験体 1）

ウェブの曲げ破壊（試験体 1）

## ●姿図・寸法




ウェブ：LVL（120E、カラマツ）
フランジ：LVL（90E、カラマツ）/ 接着ビス接合 / 上下フランジ型 /9000mm スパン
【使用材料】
ウェブ　カラマツ LVL　120-1 級 E　50V-43H　50mm × 284mm
フランジ カラマツ LVL　90E-1 級　45V-38H　40mm × 1200mm
接合具　ビス：パネリード P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）
　　接着剤：UR-70（1 液ウレタン系、株式会社オーシカ）

## ●適用条件

ウェブとフランジを留めつけるビス間隔はウェブ - フランジ間の接着剤を見込まずに、せん断接合具を用いた組立 [1] とみなして長期鉛直荷重によるせん断力に耐え得るように決定する。

1）日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179

## ●概要

LVL のみで構成された継ぎ手の無い大スパンのストレストスキンパネルの実大材 4 点曲げ試験（単調押し切り加力）を行った。加力速度は Pmax/10min 以下とし、荷重が Pmax の 8 割に低下するまで加力を継続した。中央たわみの変位測定（変位計①）により、荷重（たわみ）変形関係を求め、曲げ性能の評価を行った。

表　試験体種類（全 16 種類）

| 試験体名 | LVL樹種 | 接合形式 | 断面形状 | 長さ[mm] | ビス間隔[mm] | 試験体数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C1-6000 | スギ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | 各3体 |
| C1-9000 | | | | 9000 | | |
| C2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| C2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| CB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| CB1-9000 | | | | 9000 | | |
| CB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| CB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| L1-6000 | カラマツ | ビスのみ | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| L1-9000 | | | | 9000 | | |
| L2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| L2-9000 | | | | 9000 | 100 | |
| LB1-6000 | | 接着ビス | 上フランジ型 | 6000 | 200 | |
| LB1-9000 | | | | 9000 | | |
| LB2-6000 | | | 上下フランジ型 | 6000 | 150 | |
| LB2-9000 | | | | 9000 | 100 | |

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

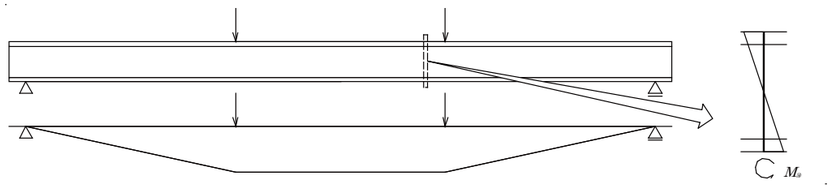
—

## ●計算式

—

## ●モデル化

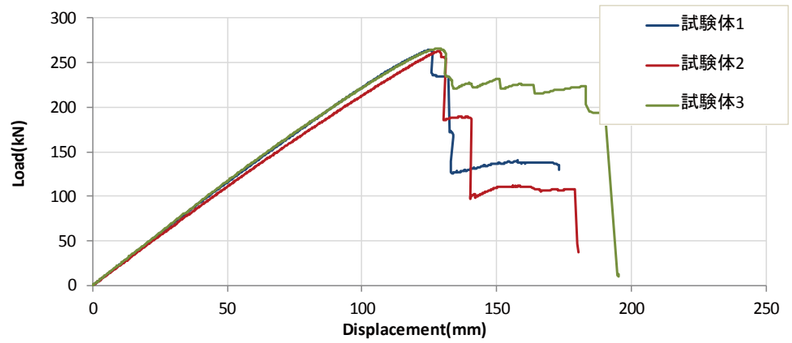
・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす




## ●特性値

| | | 初期剛性 K [kN/mm] | 降伏耐力 Py [kN] | 最大耐力 Pmax [kN] |
|---|---|---|---|---|
| LB2-9000 | 1 | 2.31 | 131.4 | 264.8 |
| | 2 | 2.21 | 133.7 | 263.5 |
| | 3 | 2.33 | 137.7 | 265.7 |
| | **AVE.** | **2.28** | **134.3** | **264.6** |
| | **S.D.** | **0.066** | **3.21** | **1.11** |

## ●荷重変形




## ●破壊性状

・フランジ端部においてウェブ側直交層のローリングシア（層内せん断）が発生することで断面性能が低下し、ウェブ下縁に曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。

ビスのせん断変形に伴う部材間のずれ（試験体 2）

ウェブの曲げ破壊（試験体 3）

## 初期剛性

・接着ビス接合シリーズ

一体断面の複合材と見なせるものとし、初等梁理論を適用することで、三等分点 4 点曲げにおいて総鉛直荷重 P を加えたときのスパン中央の曲げたわみ $\delta_M$ は式（1）として得られる。

$$\delta_M = \frac{23PL^3}{6^4 EI} \quad \cdots(1)$$

$L$：曲げスパン（支点間距離）、$EI$：曲げ剛性

また、LVL-SSP は断面形状からせん断たわみ $\delta_S$ の影響が無視できない。 $\delta_S$ は、中立軸のせん断応力度を長さ方向に積分し、ウェブのせん断弾性係数で除して式（2）で得られる。

$$\tau_0 = \frac{QS_q}{\sum b \cdot I_{q,w}}$$

$$\delta_S = \frac{L_s P S_q}{2G\sum b \cdot I_{q,w}} \quad \cdots(2)$$

$L_s$：せん断区間長さ、$G$：ウェブのせん断弾性係数

$S_q$：中立軸からの等価断面一次モーメント（片縁から中立軸までの、ウェブ $E$ を基準としたもの）

$I_{q,w}$：ウェブ $E$ を基準とした等価断面二次モーメント、$\sum b$：ウェブ幅の合計

上述よりスパン中央全体たわみ $\delta_{MAX}$ は式（3）、初期剛性 $K$ は式（4）で表すことができる。

$$\delta_{MAX} = \delta_M + \delta_S = \frac{23PL^3}{6^4 EI} + \frac{L_s P S_q}{2G\sum b \cdot I_{q,w}} \quad \cdots(3)$$

$$K = \left( \frac{23L^3}{6^4 EI} + \frac{L_s S_q}{2G\sum b \cdot I_{q,w}} \right)^{-1} \quad \cdots(4)$$

・ビスのみ接合シリーズ

ビスのみ接合部ではせん断すべりが生じるため、ウェブとフランジが一体断面としては挙動しない。ここでは蒲池によって示されたせん断接合具を用いた重ね梁理論式[1)]を適用する。4 点曲げ 3 等分点加力によるたわみを、各加力点のたわみの重ね合わせとみなし、スパン中央たわみが式（5）として得られる。以上から、初期剛性は式（6）によって表される。

$$\delta = P\left\{ \frac{1}{\sum EI} - \frac{K_0 \sinh\frac{\lambda L}{3}\cdot\sinh\frac{\lambda}{2}}{\lambda^3 \sinh\lambda L} + \frac{K_0}{6\lambda^2} + \left(\frac{1}{144} - \frac{2L^2}{81}\right)(K_0 - 1) \right\} \quad \cdots(5)$$

$$K = \left\{ \frac{1}{\sum EI} - \frac{K_0 \sinh\frac{\lambda L}{3}\cdot\sinh\frac{\lambda}{2}}{\lambda^3 \sinh\lambda L} + \frac{K_0}{6\lambda^2} + \left(\frac{1}{144} - \frac{2L^2}{81}\right)(K_0 - 1) \right\}^{-1} \quad \cdots(6)$$



ここで　$\lambda = \sqrt{\frac{GH}{K\sum EI}}$、　$K_0 = \left(1 + \frac{2}{H^2 E_f A_f}\sum EI\right)^{-1}$　、$G = \Gamma H$　、　$\Gamma = \left(\sum \frac{s_i}{k_i}\right)^{-1}$

$\sum EI$：ウェブ・フランジ曲げ剛性の総和、$E_w$：ウェブの曲げヤング係数、$E_f$：フランジの曲げヤング係数
$A_f$：フランジの断面積、$H$：上下フランジの芯間距離、$\Gamma$：上下フランジ間単位長さあたりの接合剛性
$s$：ビスピッチ、$k$：ビスの一面せん断剛性

## 特性値（降伏耐力、最大耐力）

各試験体の破壊性状を Bending 型、Shear 型、重ね梁型の 3 つに大別した。

・Bending 型

接着ビス接合の上フランジ型シリーズに該当。ウェブの曲げ破壊により最大耐力 $P_{max}$ が決定される。また、荷重変形曲線の高い線形性から、降伏耐力 $P_y$ と $P_{max}$ を同等とみなしてよいものとする。ウェブの引張側縁応力度が曲げ強度に達したときに破壊が生じるとして、$P_{max}$ は寸法効果（式（7））を考慮した上で式（8）によって与えられる。

$$\sigma_b = \sigma_{b,e}\left(y_0 / y_{0,e}\right)^{-k} \quad \cdots(7)$$

$$P_{\max} = \frac{6I_{q,w}}{y_0 L}\sigma_b \quad \cdots(8)$$

$\sigma_b$：寸法効果により低減した実大材ウェブの曲げ強度、$y_0$：実大材の中立軸高さ
$\sigma_{b,e}$：要素試験により得られた曲げ強度、$y_{0,e}$：要素試験体の中立軸高さ、$k$：寸法効果に関する定数

・Shear 型

接着ビス接合の上下フランジ型の試験体シリーズに該当。フランジ端部のウェブ側直交単板のローリングシアによって $P_{max}$ が決定される。中央たわみの荷重変位曲線から、$P_y$ と $P_{max}$ を同等とみなしてよいものとする。フランジ表層の平行単板が幅方向への層内せん断をほぼ伝達せず、ウェブに働くせん断応力度がフランジのウェブ側の直交単板に直接伝達するという近似のものと、式（9）が導かれる。

$$\tau_t = \frac{QS_f}{\sum b \cdot I_{q,f}} \quad \cdots(9)$$

$\tau_t$：フランジのウェブ側の直交単板に働くせん断応力度、$S_f$：実大材の中立軸高さ
$I_{q,f}$：フランジ $E$ を基準とした等価断面二次モーメント

この $\tau_t$ が直交単板のローリングシアー強度に達するときに破壊が生じるとして、$P_{max}$ は式（10）によって示される。

$$P_{\max} = 2Q_{\max} = \frac{2\sigma_r \sum b \cdot I_{q,f}}{S_f} \quad \cdots (10)$$

$\sigma_r$：フランジ直交単板のローリングシアー強度

・重ね梁型

ビスのみ接合シリーズに該当。初期剛性の場合と同様に重ね梁モデルを適用すると、$P_y$ は端部のビス降伏時として式（11)、最大耐力はウェブ曲げ破壊時として式（12）で示される。

$$P_y = \frac{H}{K_0}\left(\frac{1}{3} - \frac{\sinh\frac{\lambda L}{3}}{\sinh \lambda L}\right)^{-1} \frac{3f_j}{s} \quad \cdots (11)$$

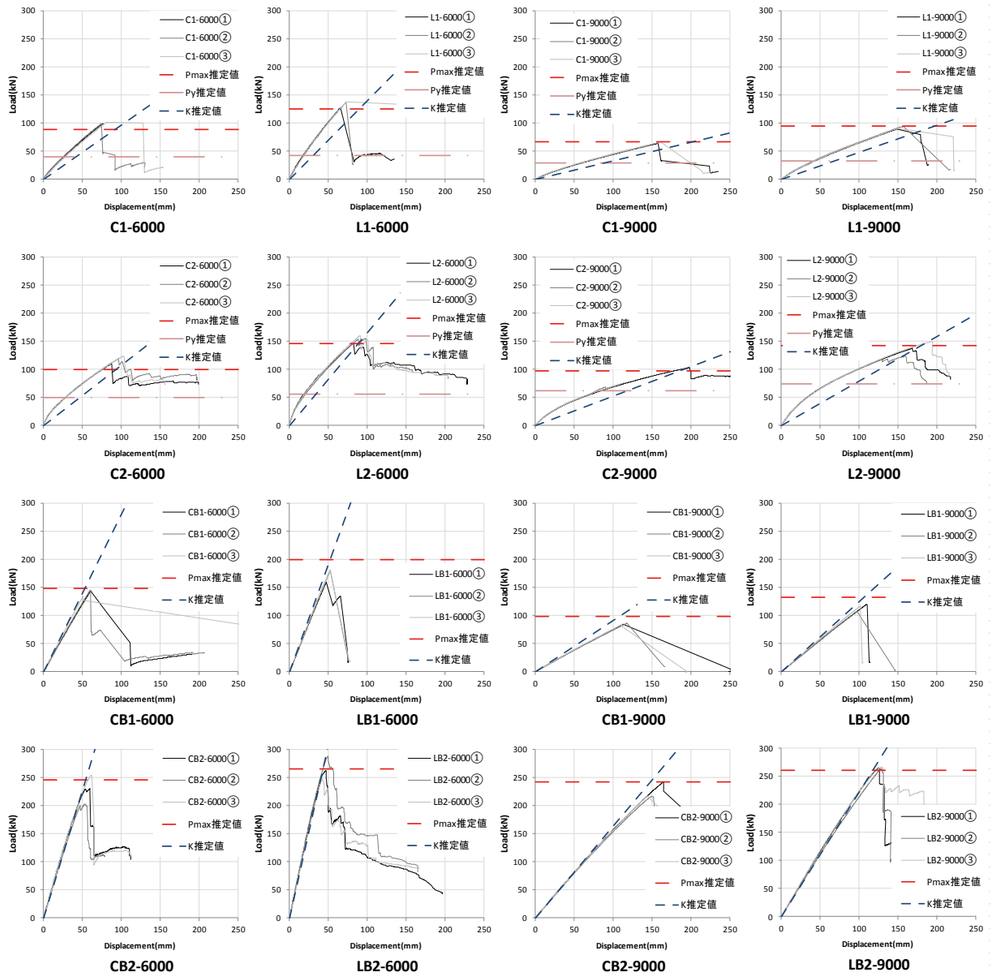
$$P_{\max} = \sigma_b \frac{12\sum EI}{bE_w}\left\{\frac{4(1-K_0)L}{3} + 1 - \frac{K_0 \cosh\frac{\lambda L}{3}}{\sinh \lambda L}\right\}^{-1} \quad \cdots (12)$$

$f_j$：ビス 1 本あたりの降伏耐力

## 推定式の照合

以上に示した推定式から得られた各推定値と実大試験のたわみ曲線との比較を行ったところ（下図)、概ね正しい値を得られていることが分かった。特に上下フランジ型接着ビス接合のカラマツ試験体の剛性に関しては高い一致を見せた。

なお、本推定式の確認において必要とした LVL 物性値、接合具のせん断性能に関しては、要素試験で得られた値の平均値を用いた。（せん断弾性係数 $G$ に関しては $E/15$ として求めた）また、有効フランジ幅に関しては、菊池式 [2)3)] から得られた値を用いた。



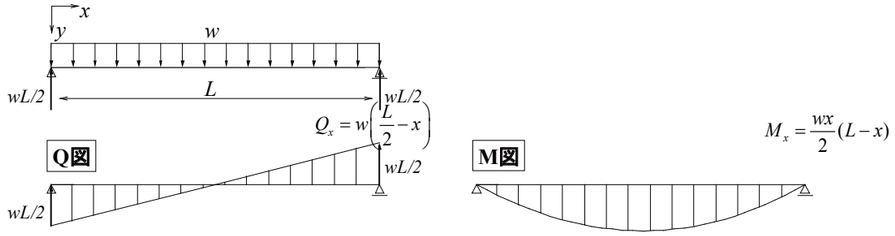

LVL ストレストスキンパネル試験体　推定式の照合


2） 菊池重昭 他（2002)，曲げを受けるストレススキンパネルの実験的研究その 5. 有効幅算定式の提案，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.29-30

3） 菊池重昭 他（2007)，面外方向曲げを受ける木質接着パネル構法の有効幅に関する研究，日本建築学会構造系論文集，No.614, pp.77-84

## 等分布荷重を受ける LVL-SSP たわみ式

これまでに提案してきた推定式に関してはある程度適合性の確認が取れたが、これらは三等分点 4 点曲げ加力時にのみ成立するものであり、実際の床構造設計で想定される荷重形式は主に等分布荷重であることが多い。そのため、ここでは、これまでの展開をもとに、等分布荷重 $w$ を受ける接着接合 SSP のたわみについて示すこととする。




支点部めり込み - 荷重関係

等分布荷重を受ける単純梁の Q 図、M 図は上図のようになるため、曲げのみを考慮したたわみ曲線式 $y_M$、せん断のみを考慮したたわみ曲線式 $y_S$ は式（13）、式（14）のように与えられる。

$$y_M = \frac{w}{24EI}(x^4 - 2Lx^3 + L^3x) \quad \cdots (13)$$

$$y_S = \int_0^x \frac{Q_x S_q}{G\sum b \cdot I_{q,w}} dx = \frac{S_q wx(L-x)}{2G\sum b \cdot I_{q,w}} \quad \cdots (14)$$

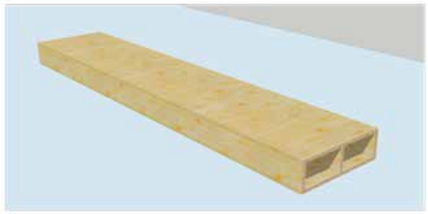
また、これらの重ね合わせとして、たわみ式は式（15）となる。

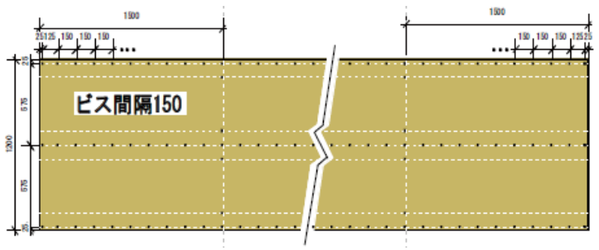
$$y = \frac{w}{24EI}(x^4 - 2Lx^3 + L^3x) + \frac{S_q wx(L-x)}{2G\sum b \cdot I_{q,w}} \quad \cdots (15)$$

よって、この時の梁の中央（最大）たわみは式（16）で表されることとなる。

$$\delta = \frac{5wL^4}{384EI} + \frac{S_q wL^2}{8G\sum b \cdot I_{q,w}} \quad \cdots (16)$$

## ●姿図・寸法






上下フランジ型

【使用材料】

フランジ：カラマツ LVL 90E-1 級　45V-38H　厚 38mm　直交層有

ウェブ：カラマツ LVL 120E-1 級　50V-43H　厚 50mm　直交層無

接合具　ビス：パネリードⅡ＋　90mm　150mm ピッチ　　接着剤：ウレタン系現場用接着剤　UR － 70

## ●適用条件

—

## ●概要

LVL で構成されたストレストスキンパネルの長期性能の検証を目的として、クリープ試験を行った。木質材料の変形増大係数は製材の 2.0 と同等とされており、設計でもこの数値が使われているが、接着ビス止めした組立梁の長期性能は検証されていない。実大材のクリープ試験を行い、長期性能の安全性を検証した。

## ●接合具（メーカー、入手方法等）

—

## ●問い合わせ先 URL

—

## ●理論式

—

## ●計算式

建築基準法第 37 条に関する技術的基準（平成 12 年建設省告示第 1446 号）建築材料の性能評価方法 [2] によりクリープ解析をつぎのとおり行った。

① 経過時間 $t$ 分ごとに測定されたたわみに対する載荷 1 分後のたわみの比（クリープたわみ比 $K_t$）を計算し，載荷後 1 分，5 分，10 分，100 分，500 分後および 24 時間ごとに 5 週間以上測定して、クリープたわみ比の常用対数 $log_{10}K_t$ と経過時間の常用対数 $log_{10t}$ との関係について，回帰直線の切片及び傾きを算出する。

② 回帰直線上の時間が 50 年に相当するクリープたわみ比 $K_{50year}$ をクリープの調整係数として求める。

$$K_t = d_{1min} / d_{tmin}$$

$$log_{10}K_t = e + f \times log_{10}t$$

$$K_{50year} = 10^e \times t_{50year}{}^f = 26280000^f$$

ここで、$K_t$：t 分後のクリープたわみ比

$d_{1min}$ ：1 分後のたわみ（mm）

$d_{tmin}$ ：t 分後のたわみ（mm）

$e$ ：$log_{10}K_t$ と $log_{10t}$ の回帰直線の切片

$f$ ：log10Kt と log10t の回帰直線の傾き

$t_{50year}$ ：50 年分の時間 $t$ で 26280000 分

## ●モデル化

—

## ●特性値

載荷重量を確認するために、荷重点やアームなどの装置の重量を 300kN のロードセルを荷重点と床との間に入れて測定した。その後、20kgf の錘を 1 個ずつ計 3 個載荷した。クリープ試験の荷重レベルは、平成 12 年建設省告示第 1446 号別表第二に規定された指定建築材料の品質基準と測定方法 [2] によると、下式で得られる応力 $\sigma$ に相当する荷重をかけることになっている。

$$\sigma = A_{cr} \times K_{dl} \times K_{aw} \times (2/3)$$

ここで、$A_{cr}$: サイドマッチング用試験体 2 体の平均値

$K_{dl}$ : 荷重継続時間の調整係数

$K_{aw}$: 事故的な水掛りを考慮した調整係数

今回は、いずれの調整係数とも得られていない段階でクリープ試験を実施することになったため、安全側評価となるように，かつクリープ限度 3）を考慮して荷重レベルを 0.42 に設定した。この結果長期荷重を 112.4kN とし、図 1（データの解説）に示す試験条件から、クリープ試験に必要な錘の重量を 5.75kN と決定した。50 年後の中央たわみの予測値は 33.3mm、クリープ係数は 1.44 となった。

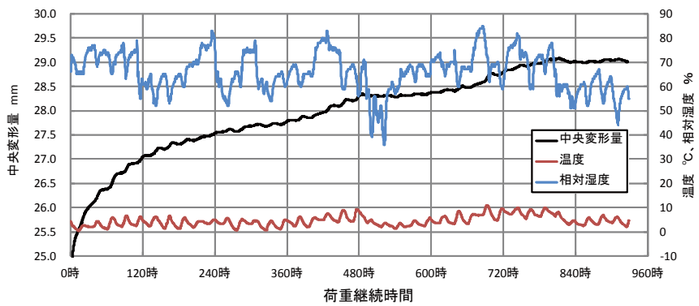
クリープ試験の解析結果（5 週間経過時点）

| $d_{1min}$ | $R^2$ | 傾き $f$ | 切片 $e$ | $d_{50year}$ | $d_{50year}/d_{1min}$ | $K_{50year}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 23.18 | 0.953 | −0.0244 | 0.0237 | 33.30 | 1.44 | 0.696 |

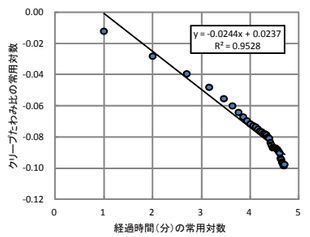
※$d_{1min}$ :1分後の中央たわみ（mm），$R^2$ :$log_{10}K_t$ と$log_{10}t$ の回帰直線の決定係数，
$f$ :$log_{10}K_t$ と$log_{10}t$ の回帰直線の傾き，$e$ :$log_{10}K_t$ と$log_{10}t$ の回帰直線の切片，
$d_{50year}$ :50 年後の中央たわみの予測値（mm），$K_{50year}$:荷重継続時間50 年に対するクリープたわみ比の予測値。

## ●荷重変形

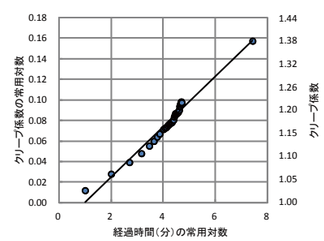
載荷は 2013 年 1 月 4 日から広島県三次市の広島林業技術センターで開始した。載荷してから 10 秒間隔で 1000 秒まで測定し、その後 5 分間隔で測定を継続中である。載荷後 5 週間後までの時間と中央変形量の関係を図に示す。




荷重継続時間と中央変形量




クリープたわみ比と経過時間




クリープ係数と経過時間

## ●破壊性状

・荷重点の変形のみ

## 静的曲げ試験

試験は三等分点単調加力による四点曲げにより行った。荷重速度は Pmax/10min とし、支点・加力点には幅拡張用治具の H 鋼を取り付けた。これらの治具は何れも同じ仕様で 1300mm のスパンを持ち、加力点には試験体へのめり込みを緩和するために端部に丸みを持たせたブナ材が取り付けられた。支点・加力点は共にピン支点かつナイフエッジであり、前後左右にある程度自由回転が出来るような仕様のものを用いた。曲げスパンは 6000mm 試験体が 5700mm となるよう設定した。

曲げ試験結果を**表 1** に示す。3 体の最大荷重平均値は 265.8kN であった [1)]。

表 1　静的曲げ試験結果

| No | 最大荷重 kN | 降伏点荷重 kN | 降伏点変位 mm | 初期剛性 kN/mm |
|---|---|---|---|---|
| CB2-6000①150 | 261.8 | 158.8 | 24.42 | 6.504 |
| CB2-6000②150 | 287.3 | 164.1 | 24.51 | 6.695 |
| CB2-6000③150 | 248.4 | 145.0 | 23.04 | 6.293 |
| 平 均 値 | 265.8 | 156.0 | 23.99 | 6.497 |
| 標 準 偏 差 | 19.8 | 9.87 | 0.82 | 0.20 |

## クリープ試験

### 1) クリープ試験体

試験体は静的曲げ試験に供したものと樹種や構成は同じで、国産カラマツ、幅 1200mm、梁せい 364mm、軸方向のスパン 6000mm である。接着ビス止め仕様で 1 体製作した。

### 2) クリープ試験装置の概要

広島県立総合技術研究所林業技術センター木材実験棟（温湿度の調整不可）内に曲げクリープ試験装置（**図 1**）を設置した。曲げクリープ試験装置はモーメントアーム方式とし、錘を下げる位置までを 4500mm、支点から荷重点ピンまでの距離を 300mm とした。荷重点は鋼材間にバネワッシャを入れてボルトを手締めとし、試験体の変形に対応できるようにした。また、荷重点の軸部をネジ方式にして、ナットを回転させてアームが水平にできるような構造とした。

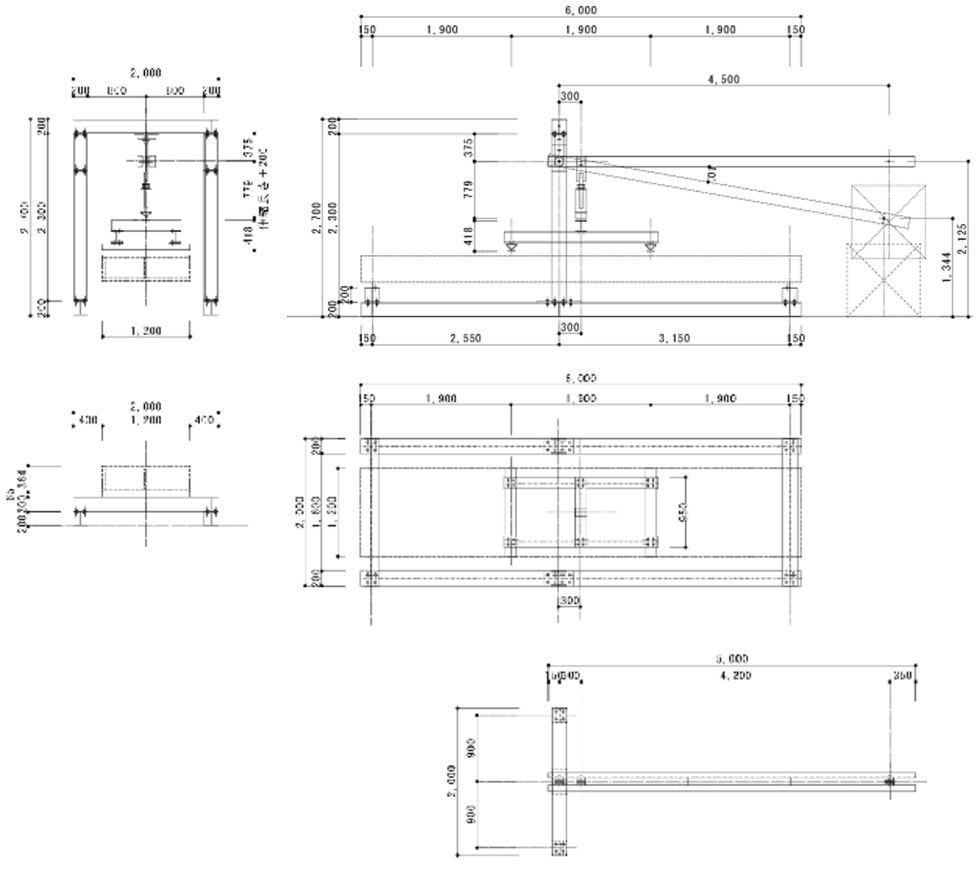



図 1　曲げクリープ試験装置概要図

載荷重量を確認するために、荷重点やアームなどの装置の重量を 300kN のロードセルを荷重点と床との間に入れて測定した。その後、20kgf の錘を 1 個ずつ計 3 個載荷した。その結果を**図 2** に、状況を**写真 1** 及び**写真 2** に示す。

クリープ試験の荷重レベルは、平成 12 年建設省告示第 1446 号別表第二に規定された指定建築材料の品

質基準と測定方法 2) によると、**式（1）**で得られる応力 σ に相当する荷重をかけることになっている。

$$\sigma = A_{cr} \times K_{dl} \times K_{aw} \times (2/3) \qquad (1)$$

ここで、$A_{cr}$　：サイドマッチング用試験体 2 体の平均値

$K_{dl}$　：荷重継続時間の調整係数

$K_{aw}$　：事故的な水掛りを考慮した調整係数

今回は、いずれの調整係数とも得られていない段階でクリープ試験を実施することになったため、安全側評価となるように，かつクリープ限度 3) を考慮して荷重レベルを 0.42 に設定した。この結果長期荷重を 112.4kN とし、**図 1** に示す試験条件から、クリープ試験に必要な錘の重量を 5.75kN と決定した。

写真 1 荷重確認試験状況

写真 2 荷重点部

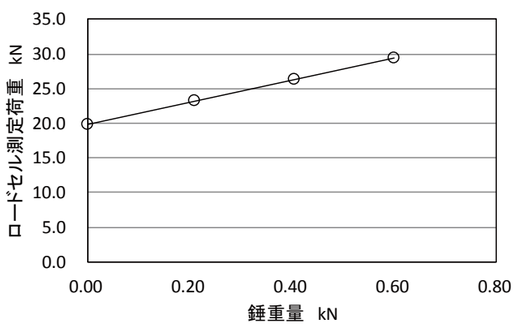



図 2 載荷荷重と実測荷重の関係

**3) クリープ試験方法**

曲げクリープ試験は、3 等分点 4 点荷重方式で、支点間距離 5700mm、荷重点間距離 900mm とした。試験状況を**写真 3** から**写真 6** に示す。

写真 3 試験状況全景

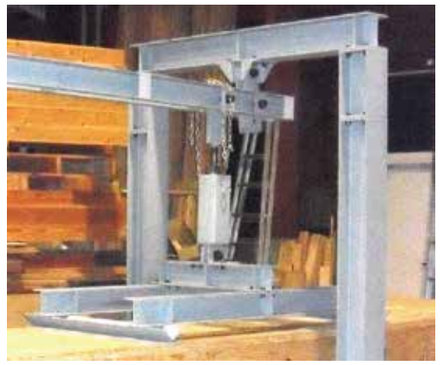


写真 4 荷重点部

写真 5 アーム支点部

写真 6 錘部

#### 4) クリープ解析

載荷は 2013 年 1 月 4 日から開始した。載荷してから 10 秒間隔で 1000 秒まで測定し、その後 5 分間隔で測定を継続中である。載荷後 5 週間後までの時間と中央変形量の関係を**図 3** に示す。

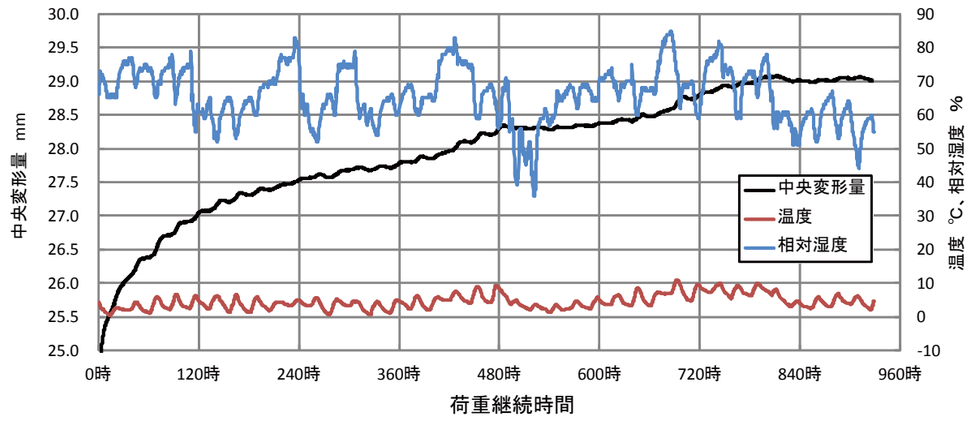



図 3 荷重継続時間と中央変形量

建築基準法第 37 条に関する技術的基準（平成 12 年建設省告示第 1446 号）建築材料の性能評価方法 [2] によりクリープ解析をつぎのとおり行った。

① 経過時間 $t$ 分ごとに測定されたたわみに対する載荷 1 分後のたわみの比（クリープたわみ比 $K_t$）を計算し，載荷後 1 分，5 分，10 分，100 分，500 分後および 24 時間ごとに 5 週間以上測定して、クリープたわみ比の常用対数 $log_{10}K_t$ と経過時間の常用対数 $log_{10t}$ との関係について、回帰直線の切片及び傾きを算出する。

② 回帰直線上の時間が 50 年に相当するクリープたわみ比 $K_{50year}$ をクリープの調整係数として求める。

$$K_t = d_{1min}/d_{tmin} \quad (2)$$

$$log_{10}K_t = e + f \times log_{10}t \quad (3)$$

$$K_{50year} = 10^e \times t_{50year}{}^f = 26280000^f \quad (4)$$

ここで、$K_t$ ：$t$ 分後のクリープたわみ比
$d_{1min}$ ：1 分後のたわみ（mm）
$d_{tmin}$ ：$t$ 分後のたわみ（mm）
$e$ ：$log_{10}K_t$ と $log_{10t}$ の回帰直線の切片
$f$ ：$log_{10}K_t$ と $log_{10t}$ の回帰直線の傾き
$t_{50year}$ ：50 年分の時間 $t$ で 26,280,000 分



試験を開始してから 5 週間経過時点の結果を**表 2** に示す。50 年後の中央たわみの予測値は 33.3mm、クリープ係数は 1.44 となった。

表 2 クリープ試験の解析結果（5 週間経過時点）

| $d_{1min}$ | $R^2$ | 傾き $f$ | 切片 $e$ | $d_{50year}$ | $d_{50year}/d_{1min}$ | $K_{50year}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 23.18 | 0.953 | −0.0244 | 0.0237 | 33.30 | 1.44 | 0.696 |

※$d_{1min}$ : 1分後の中央たわみ（mm），$R^2$ : $log_{10}K_t$ と $log_{10}t$ の回帰直線の決定係数，
$f$ : $log_{10}K_t$ と $log_{10}t$ の回帰直線の傾き，$e$ : $log_{10}K_t$ と $log_{10}t$ の回帰直線の切片，
$d_{50year}$ : 50 年後の中央たわみの予測値（mm），$K_{50year}$ : 荷重継続時間50 年に対するクリープたわみ比の予測値。

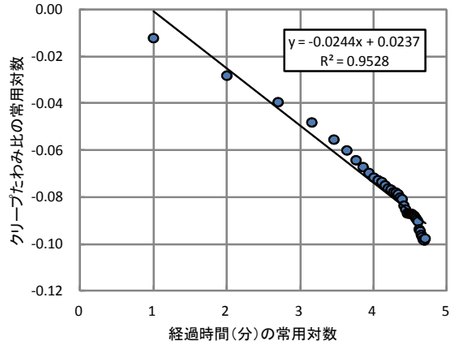



図 4 クリープたわみ比と経過時間

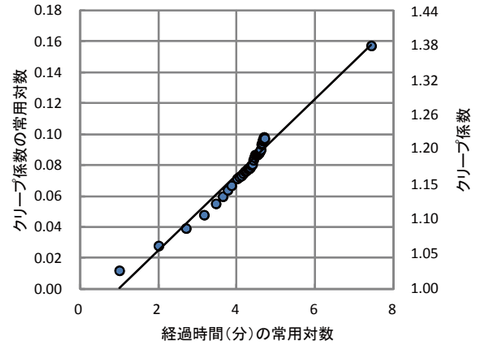



図 5 クリープ係数と経過時間

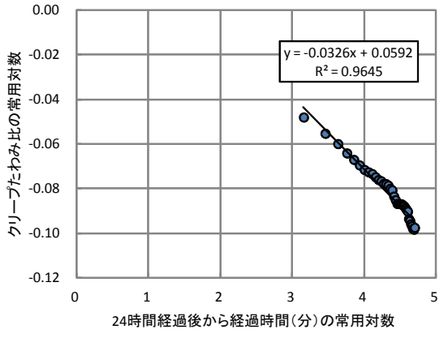
ここで、解析結果では載荷後 1 日までのデータがそれ以降のデータとは異なる挙動を示し、クリープ係数の実測値に対して予測値が危険側評価となるおそれが想定されたため、既往研究 4) の知見をもとに載荷初日のデータを除外して解析を行うことにした。その結果を**表 3**、**図 6**、**図 7** に、また、**図 8** にクリープ係数 (dtmin / d1min) と荷重継続時間の関係を示す。前述の 10 分後からの解析に比べ 50 年後の中央たわみの予測値は 35.3mm と 2.0mm 多くなった。クリープ係数は 1.52 と高くなり、安全側の評価ができた。

4 週間後から少し変形が大きくなっているようなので、温湿度との関係も含め、今後長期にたわみ量を確認する必要がある。

表 3 クリープ試験の解析結果（開始後 24 時間から 5 週間経過時点）

| $d_{24h}$ | $R^2$ | 傾き $f$ | 切片 $e$ | $d_{50year}$ | $d_{50year}/d_{24h}$ | $K_{50year}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 25.89 | 0.965 | −0.0326 | 0.0592 | 39.42 | 1.52 | 0.657 |

※$d_{24h}$：24時間後の中央たわみ（mm），$R^2$：$log_{10}K_t$ と$log_{10}t$ の回帰直線の決定係数，
$f$：$log_{10}K_t$ と$log_{10}t$ の回帰直線の傾き，$e$：$log_{10}K_t$ と$log_{10}t$ の回帰直線の切片，
$d_{50year}$：50 年後の中央たわみの予測値（mm），$K_{50year}$：荷重継続時間50 年に
対するクリープたわみ比の予測値。



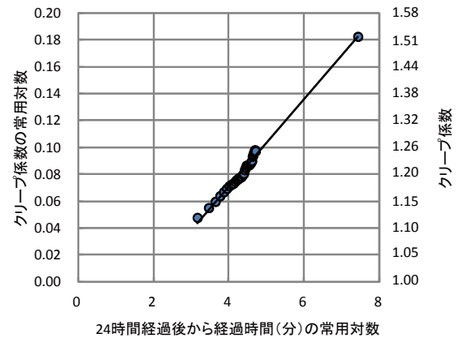




図 6 クリープたわみ比と経過時間　　図 7 クリープ係数と経過時間

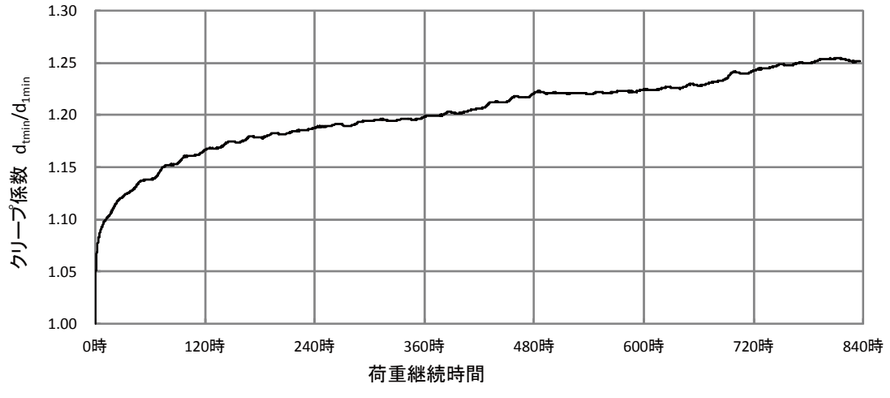



図 8 クリープ係数 (dtmin / d1min) と荷重継続時間

## まとめ

LVL-SSP について静的曲げ試験の結果から、1 体のみであるがクリープ試験を行い、50 年後の中央たわみ量を推定した。その結果、50 年後の中央たわみの予測値は 33.3mm、クリープ係数は 1.44 となった。しかし、クリープ試験開始の 24 時間までのデータが近似式にフィットしていないため、24 時間のデータを除いて解析をした。解析の結果、50 年後の中央たわみの予測値は 35.3mm と 2.0mm 多くなり、またクリープ係数も 1.52 で安全側の評価ができた。　なお、開始 4 週間後から変形も多少進んでいるため、今後も継続して測定を行う予定である。

## 文献


1） LVL で構成されたストレストスキンパネルの曲げ性能
2） 日本ツーバイフォー建築協会："2002 年枠組壁工法建築物構造計算指針 ", 工業調査会 , 東京 ,2002, pp.187.
3） 杉山英男：" 建築構造学大系 22 木構造 ", 彰国社 , 東京 , 1971, pp.98-100.
4） 大橋義徳 , 松本和茂ほか：木材学会誌 54(4), 174-182(2008).

# 構造設計データ集

平成 25 年（2013）7 月 30 日　第 1 版　第 1 刷　発行