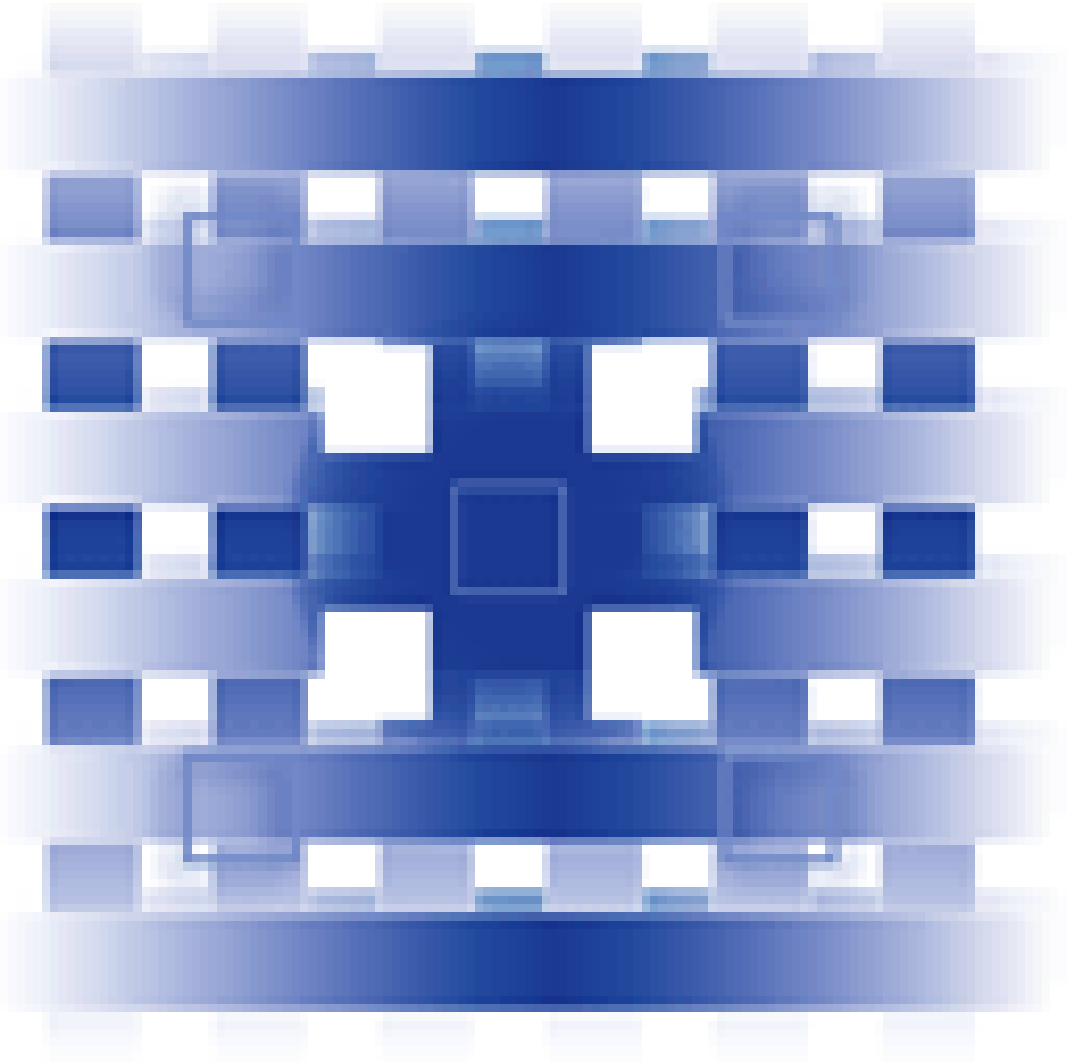
令和2年（2020）7月10日 第1版第1刷

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　本設計データの目的 …… 1
1.2　本設計データの前提条件 …… 3
1.3　本設計データの構成 …… 6
1.4　「データシート」の見方 …… 9
1.4.1　「データシート」リスト（pp.28 ～ 32） …… 9
1.4.2　データシート（図 1.3-2 内の②参照） …… 10
1.4.3　使用シーンと注意事項 …… 12

2.　データ（木質材料） …… 13

2.1　データ（木質材料）について …… 13
2.2　構造用集成材 …… 14
2.3　構造用単板積層材（LVL） …… 22
2.4　構造用合板 …… 28

3.　データ（部位） …… 30

3.1　接合具 …… 35
●ラグスクリューボルト（LSB） …… 36
集成材／スギ／ E65-F255 ／ 120 × 240 × 1500 ／ LSB 4 本 …… 38
集成材／スギ／ E65-F255 ／ 150 × 240 × 1500 ／ LSB 4 本 …… 40
集成材／スギ／ E65-F255 ／ 190 × 240 × 1400 ／ LSB 4 本 …… 42
集成材／スギ／ E65-F255 ／ 200 × 240 × 1400 ／ LSB 6 本 …… 44
集成材／スギ／ E65-F255 ／ 30 × 150 × 150（500 × 150 × 150 から製作）／ LSB 1 本 …… 46
集成材／カラマツ／ E95-F315 ／ 120 × 240 × 1500 ／ LSB 4 本 …… 50
集成材／カラマツ E95-F315 ／ 150 × 240 × 1500 ／ LSB 4 本 …… 52
集成材／カラマツ／ E95-F315 ／ 190 × 240 × 1400 ／ LSB 4 本 …… 54
集成材／カラマツ／ E95-F315 ／ 200 × 240 × 1400 ／ LSB 6 本 …… 56
集成材／カラマツ／ E95-F315 ／ 30 × 150 × 150（500 × 150 × 150 から製作）／ LSB 1 本 …… 58
LVL ／カラマツ／ 120E-1 級／ 150 × 240 × 1400 ／ LSB 4 本 …… 62
LVL ／カラマツ／ 120E-1 級／ 120 × 120 × 1400 ／ LSB 1 本 …… 64
LVL ／カラマツ／ 120E-1 級／ 150 × 150 × 1400 ／ LSB 2 本 …… 66

LVL ／カラマツ／ 120E-1 級／ 120 × 500 × 700 ／繊維直行方向 …… 68
データの解説　ラグスクリューボルト（LSB） …… 74

●構造用ビス …… 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 0°・90°　パネリード X …… 80
集成材パネル／スギ E65-F255 ／胴部径 8.0　全長 160　胴部長さ 60　4 本　ASSY3.0SK　主材：カラマツ E95-F270 …… 84
集成材パネル／スギ E65-F255 ／胴部径 6.0　全長 160　胴部長さ 60　4 本　ASSY3.0SK　主材：カラマツ E95-F270 …… 86
集成材パネル／スギ E65-F255 ／胴部径 6.0　全長 120　打ち込み角度 45°　8 本　ASSY plug VG　主材：カラマツ E95-F270 …… 88
集成材パネル／スギ E65-F255 ／胴部径 6.0　全長 90　平打ち 8 本　YD-R90　主材：カラマツ E95-F270 90
データの解説　構造用ビス …… 92

●木栓（シラカシ） …… 94
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°・90°　木栓 φ 24 …… 96
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°・90°　木栓 φ 18 …… 100
データの解説　木栓（シラカシ） …… 104

3.2　接合部 …… 106
●LSB 柱脚接合部 …… 108
集成材／スギ／ E65-F255 ／ 240 × 600 ／ LSB 柱脚 …… 110
集成材／カラマツ／ E95-F315 ／ 240 × 600 ／ LSB 柱脚 …… 114
LVL ／カラマツ／ 120E-1 級／ 240 × 600 ／ LSB 柱脚 …… 118
データの解説　LSB 柱脚接合部 …… 122

●LSB 柱脚接合部（靱性確保） …… 124
集成材／スギ／ E65-F255 ／ 240 × 600 ／ LSB 柱脚 …… 126
データの解説　LSB 柱脚接合部（靱性確保） …… 128

●LSB 柱梁接合部（ト型） …… 130
集成材／スギ／ E65-F255 ／柱 240 × 600・梁 180 × 600 ／ LSB 柱梁 …… 132
集成材／カラマツ／ E95-F315 ／柱 240 × 600・梁 180 × 600 ／ LSB 柱梁 …… 134
LVL ／カラマツ／ 120E-1 級 A 種／柱 240 × 600・梁 180 × 600 ／ LSB 柱梁 …… 136
データの解説　LSB 柱梁接合部（ト型） …… 138

●LSB 柱梁接合部（L 型） …… 140
集成材／スギ／ E65-F255 ／柱 240 × 600・梁 180 × 600 ／ LSB 柱梁 …… 142

集成材／カラマツ／ E95-F315 ／柱 240 × 600・梁 180 × 600 ／ LSB 柱梁 ……144
LVL ／カラマツ／ 120E-1 級 A 種／柱 240 × 600・梁 180 × 600 ／ LSB 柱梁……146
データの解説　LSB 柱梁接合部（L 型）……148

●合わせ柱梁接合部 ……150
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 600・梁 180 × 600 ／シラカシ木栓φ 24・33 本 ……152
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 600・梁 180 × 600 ／ シラカシ木栓φ 18・40 本 ……156
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／シラカシ木栓φ 24・4 本 ……160
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／シラカシ木栓φ 24・8 本 ……164
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／シラカシ木栓φ 24・12 本 ……168
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／シラカシ木栓φ 24・16 本 ……172
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／シラカシ木栓φ 18・8 本 ……176
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／ケヤキ木栓φ 24・8 本 ……180
集成材／スギ／ E65-F225 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／シラカシ木栓φ 24・8 本……184
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 600・梁 180 × 600 ／長ビス ……188
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 600・梁 180 × 600 ／接合具なし ……192
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 300・梁 120 × 300 ／接合具なし ……196
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450・梁 120 × 450 ／接合具なし ……200
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 600・梁 120 × 600 ／接合具なし ……204
集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 750・梁 120 × 750 ／接合具なし ……208
集成材／スギ／ E65-F225 ／柱 2-105 × 450・梁 120 × 450 ／接合具なし ……212
データの解説　合わせ柱梁接合部 ……216

●ブレース端部接合部 ……222
集成材／カラマツ／ E95-F270 ／ 180 × 180 ／ドリフトピン 1 本 φ 16……224
集成材／カラマツ／ E95-F270 ／ 2-85 × 180 ／ボルト 1 本 M16 ……226
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 ……228
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 ……230
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……232
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……234
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 ……236
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 ……238
データの解説　ブレース端部接合部 ……240

3.3　壁……243
●大壁：面材耐力壁 ……244
合板／スギ／ t24 ……246

合板／スギ／ t28 ……248
合板／カラマツ／ t28 ……250
データの解説　大壁：面材耐力壁 ……252

●ブレース耐力壁 ……254
集成材／カラマツ／ E95-F270 ／ブレース 180 × 180 ……256
集成材／カラマツ／ E95-F270 ／ブレース 2-85 × 180 ……258
データの解説　ブレース耐力壁 ……260

3.4　床 ……262
●面材床 ……264
合板／スギ／ t24 ……266
合板／スギ／ t28 ……268
合板／カラマツ - スギ複合合板／ t28 ……270
データの解説　面材床 ……272

●ストレストスキンパネル床 ……274
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 362 × 6000 ／実大曲げ C1 ……276
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 362 × 9000 ／実大曲げ C1 ……278
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 364 × 6000 ／実大曲げ C2 ……280
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 364 × 9000 ／実大曲げ C2 ……282
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 362 × 6000 ／実大曲げ CB1 ……284
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 362 × 9000 ／実大曲げ CB1 ……286
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 364 × 6000 ／実大曲げ CB2 ……288
LVL ／スギ／ 60E・80E-1 級／ 1200 × 364 × 9000 ／実大曲げ CB2 ……290
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 362 × 6000 ／実大曲げ L1 ……292
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 362 × 9000 ／実大曲げ L1 ……294
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 364 × 6000 ／実大曲げ L2 ……296
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 364 × 9000 ／実大曲げ L2 ……298
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 362 × 6000 ／実大曲げ LB1 ……300
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 362 × 9000 ／実大曲げ LB1 ……302
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 364 × 6000 ／実大曲げ LB2 ……304
LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 364 × 9000 ／実大曲げ LB2 ……306
データの解説　ストレストスキンパネル床（実大曲げ実験）……308

LVL ／カラマツ／ 90E・120E-1 級／ 1200 × 364 × 6000 ／クリープ ……318
データの解説　ストレストスキンパネル床（クリープ実験）……322

●集成パネル床 ……326
集成パネル／スギ／ E65-F255 ／ 2000 × 3000 × 90 ／四周ビス留め……328
集成パネル／スギ／ E65-F255 ／ 2000 × 3000 × 90 ／接合無し……330
集成パネル／スギ／ E65-F255 ／ 2000 × 3000 × 90 ／製材雇い実＋斜めビス……332
集成パネル／スギ／ E65-F255 ／ 2000 × 3000 × 90 ／合板雇い実＋平打ちビス……334
データの解説　集成パネル床 ……336

1 はじめに

1.1 本設計データの目的

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、本設計データは、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。

そこで本設計データでは、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、本設計データ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、本設計データ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。本設計データがその一助となれば幸いである。

1.2　本設計データの前提条件

想定する建物イメージ

本設計データ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 1,000m^2 以上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 1,200mm 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 6,000mm（1,200 × 5）、7,200mm（1,200 × 6）、8,400mm（1,200 × 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（**表 1.2-1**）。

図 1.2-1　想定する構法のイメージ

表 1.2-1　具体的な建物イメージ

用途	学校、事務所ビル（準耐火建築物）
規模	延べ面積 1,000m^2 以上、3 階建て以下
平面モジュール	1,200mm
スパン	6,000mm（1,200 × 5） 7,000mm（1,200 × 6） 8,000mm（1,200 × 7）

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 1.2-2**）。

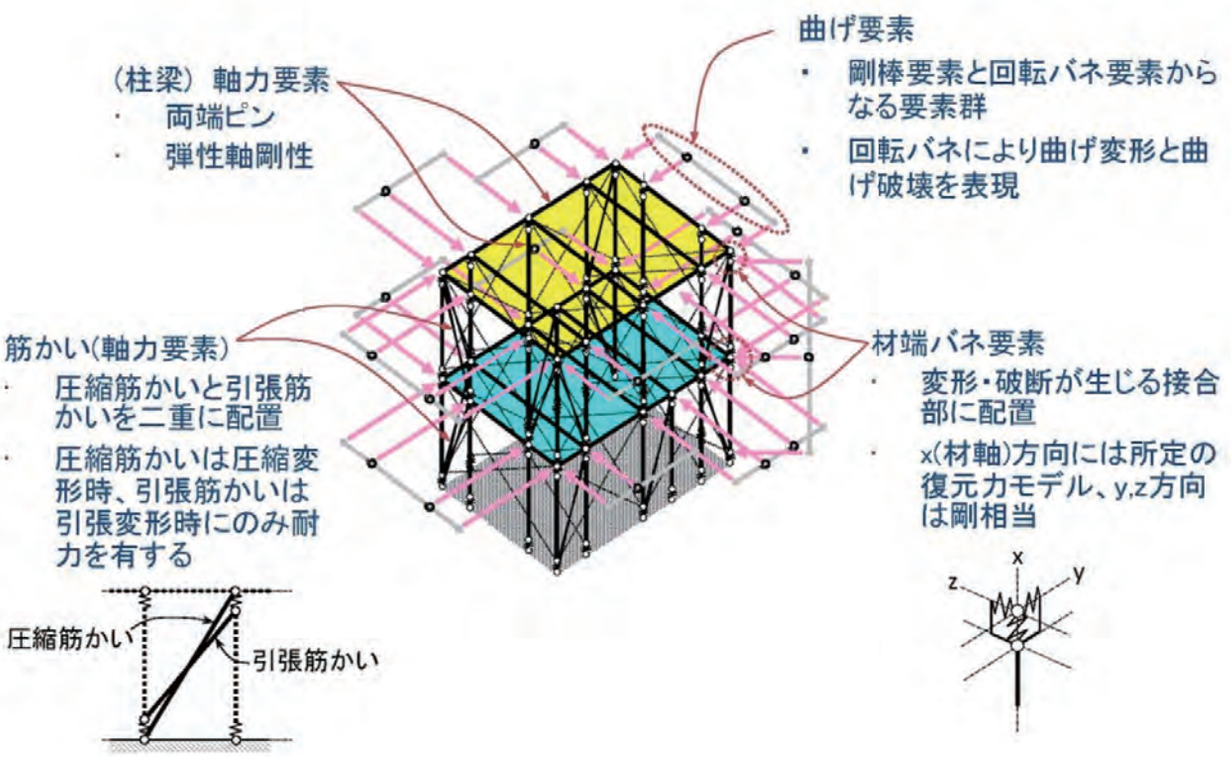


図 1.2-2　3 次元立体解析モデル（仮）

表 1.2-2　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） 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 包絡線、履歴特性（バイリニア、トリリニア、マルチリニア、・・・） 荷重条件　　引張抵抗、せん断抵抗、曲げ抵抗 　　集中荷重、等分布荷重
応力、変形 断面算定	降伏荷重、最大耐力、終局耐力 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、必要なデータを本設計データに整理した（**表 1.2-3**）。

表 1.2-3　本設計データに整理したデータ

		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

1.3　本設計データの構成

本設計データでは、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**「2. データ（木質材料）」「3. データ（部位）」**の章に整備した。構成を**図 1.3-1** に示す。

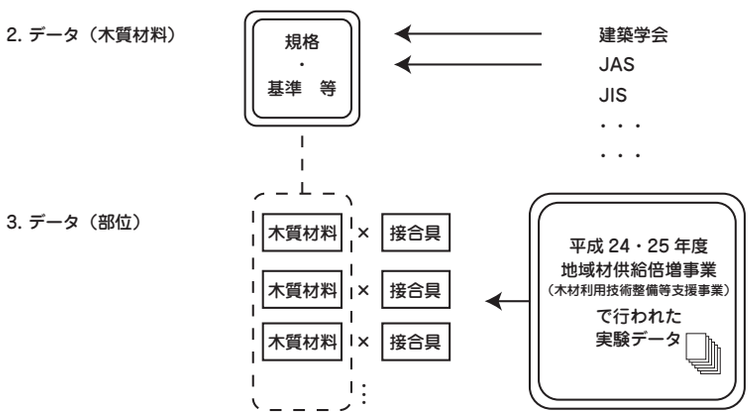


図 1.3-1 本設計データの構成

「2. データ（木質材料）」

本設計データ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. データ（部位）」

本設計データ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（**3.1**）・接合部（**3.2**）・壁（**3.3**）・床（**3.4**）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 1.3-2**）。現在の仕様の一覧を**表 1.3-1** 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 **1.4** 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、先述したように本設計データ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。

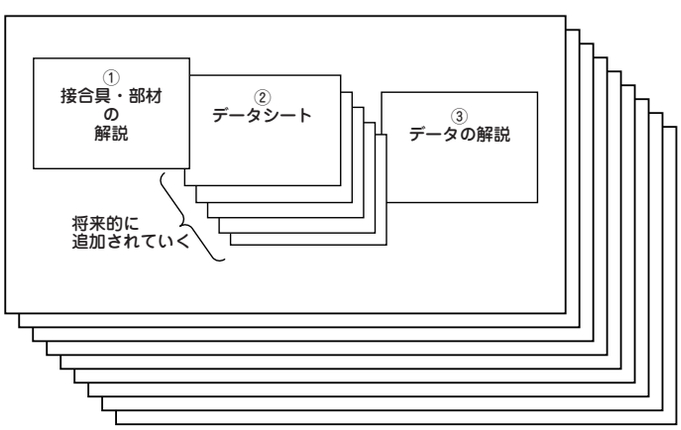


図 1.3-2 「3. データ（部位）」の構成

表 1.3-1 本設計データで示す仕様の一覧

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		ブレース端部	集成材		
9	壁	大壁：面材耐力壁	合板		
10		~~真壁：面材耐力壁~~	~~LVL~~		
11		~~LSB 厚板耐力壁~~	~~LVL~~		
12		ブレース耐力壁	集成材		
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。

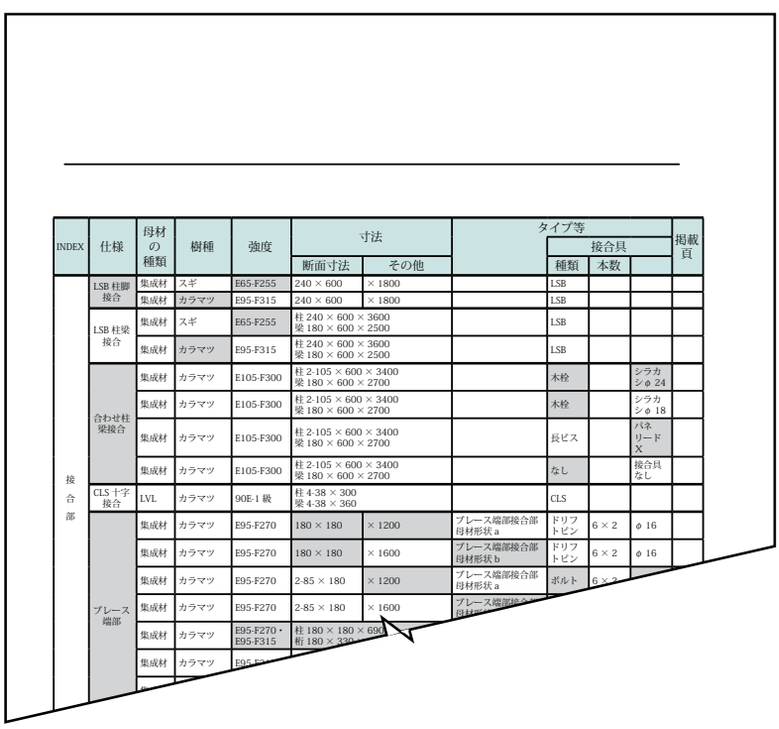
※見え消しの仕様は、現時点（2014 年 6 月 30 日）で作成中のため未掲載である。

1.4 「データシート」の見方

1.4.1 「データシート」リスト（pp.28 ～ 32）

3. データ（部位）では**データシート（図 1.3-2** 内の②参照）を多数掲載している。そのリスト（**図 1.4.1-1**）を **3. データ（部位）**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。



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	本数		
接合部	LSB 柱脚接合	集成材	スギ	E65-F255	240 × 600	× 1800		LSB			
		集成材	カラマツ	E95-F315	240 × 600	× 1800		LSB			
	LSB 柱梁接合	集成材	スギ	E65-F255	柱 240 × 600 × 3600 梁 180 × 600 × 2500			LSB			
		集成材	カラマツ	E95-F315	柱 240 × 600 × 3600 梁 180 × 600 × 2500			LSB			
	合わせ柱梁接合	集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			木栓		シラカシ φ 24	
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			木栓		シラカシ φ 18	
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			長ビス		パネリード X	
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			なし		接合具なし	
	CLS 十字接合	LVL	カラマツ	90E-1 級	柱 4-38 × 300 梁 4-38 × 360			CLS			
	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	
		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	
		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		
		集成材	カラマツ	E95-F270	2-85 × 180	× 1600	ブレース端部接合				
		集成材	カラマツ	E95-F270・E95-F315	柱 180 × 180 × 690 桁 180 × 330						
		集成材	カラマツ	E95-F3							

図 1.4.1-1　データシートリスト

1.4.2　データシート（図 1.3-2 内の②参照）

データシートの誌面イメージを**図 1.4.2-1** 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。

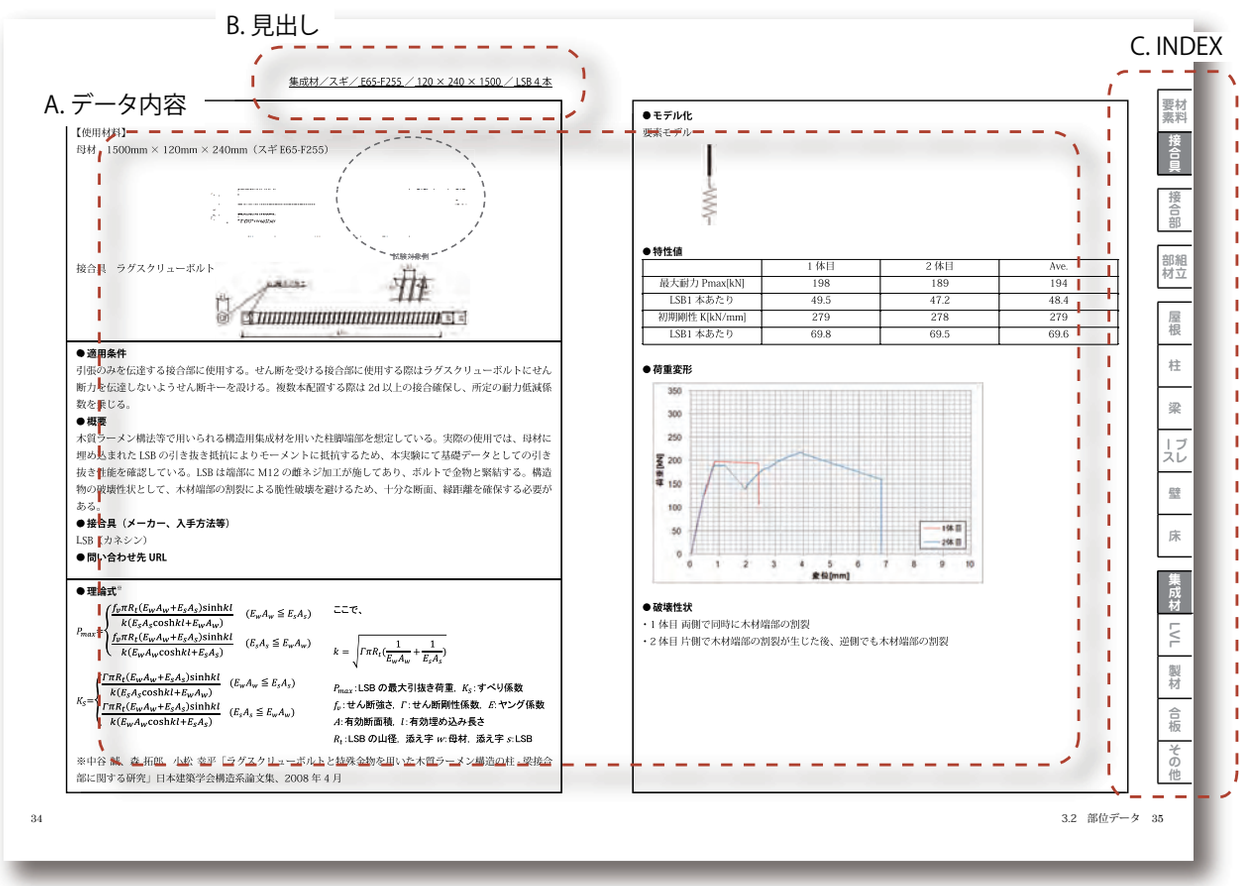


図 1.4.2-1　データシートの誌面イメージ

「A. データ内容」について（図 1.4.2-1）

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 1.4.2-1）

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 1.4.2-1）

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 1.4.2-2**）。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。

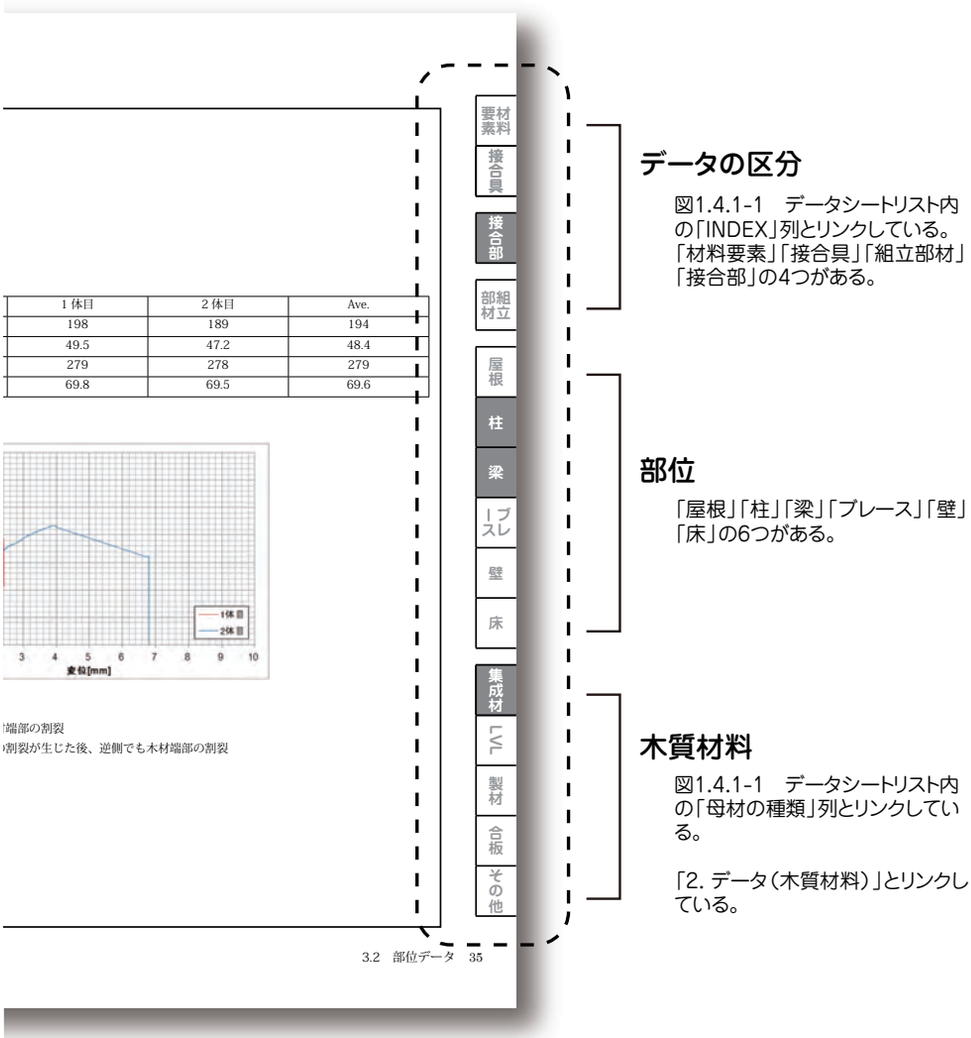


図 1.4.2-2「C. INDEX」の構成

1.4.3　使用シーンと注意事項

1.2 本設計データの前提条件に記したように、本設計データ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、本設計データ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 1.4.2-1** の「B見出し」部分で確認するなど注意していただきたい。

2　データ（木質材料）

2.1　データ（木質材料）について

ここでは、本設計データ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。

本設計データの**「3. データ（部位）」**で使用している木質材料は、**表 2.1-1** 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、**2.2** 以降に記す。

表 2.1-1　本設計データ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	対称異等級構成	○
構造用集成材	カラマツ	E95-F270	対称異等級構成	○
構造用集成材	スギ	E65-F225	対称異等級構成	○
構造用単板積層材（LVL）	カラマツ	120E-1 級 A 種	50V-43H	○
構造用単板積層材（LVL）	カラマツ	90E-1 級 A 種	45V-38H	○
構造用単板積層材（LVL）	スギ	80E-1 級 A 種	40V-34H	×
構造用単板積層材（LVL）	スギ	60E-1 級 A 種	40V-34H	×
構造用単板積層材（LVL）	スギ	60E-1 級 A 種	35V-30H	○
構造用単板積層材（LVL）	カラマツ	80E B 種	45V-30H	○
構造用単板積層材（LVL）	カラマツ	80E B 種	40V-26H	○
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		○

2.2　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。

本設計データ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 24 年 9 月 18 日国土交通省告示第 1027 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 2.2-1** に、同一等級構成集成材の寸法調整係数を**表 2.2-2** 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 2.2-1 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 2.2-2 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

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。

入手しやすい構造用集成材の強度データ

本設計データで使用している材料の他、入手しやすい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 2.2-3** に、同一等級構成集成材については**表 2.2-4** に掲載する。

集成材厚板パネル [1)]

日本集成材工業協同組合では、国産樹種（スギ・ヒノキ）を原材料とした新商品として、住宅から大規模木造まで利用できる集成材厚板パネルを開発した。現在は、大規模木造で求められる実用化のための性能試験を行っている段階である。

①開発の背景と経緯

構造用集成材の国内生産量は 120 ～ 140 万 m^3 あるが、原材料としては国産樹種が使われているのはそのうち 23％程度であり、残りは欧州材が中心となっている。構造用集成材として輸入している量は 60 万 m^3 なので、国内の構造用集成材の需要量としては約 180 ～ 200 万 m^3 となり、そのうち国産樹種が占める割合は 15％以下となる。

また、構造用集成材の分類を見ると、そのほとんどは木造軸組住宅用の中小断面集成材であり、大断面集成材は 2 ～ 3 万 m^3 である。

したがって、国内樹種で生産されているものは、ほとんどがスギを用いた住宅用の柱材ということになり、国産材の利用を拡大するためには、現段階で量産が可能な中小断面集成材の既設設備を活用した製品を開発することが一つの現実的な方法として挙げられる。

これらの既設設備で量産するには、接着剤を水性高分子イソシアネートとする必要があるが、従来のままでは問題があった。水性高分子イソシアネートは構造用集成材の JAS 規格において使用環境 C に限定されていたため、使用環境 A、B に許されている燃えしろ設計には対応できなかったのである。そこで、技術開発の最初の段階で水性高分子イソシアネートの使用環境 B への格上げと簡易な接着性能試験法（品質管理のための試験）の開発を行い、既設設備を活用した集成材厚板パネルの生産のためのベースを整えた。

②パネルの製品仕様と標準施工方法

集成材厚板パネルは集成材の JAS 規格の中では柱と同じ同一等級構成集成材（曲げ応力を受ける方向が積層面に平行になるように用いるもの）となり、製品仕様は下表に示すようなものとなる。これらのうち、量産を行うには厚さは 120㎜までが対象であり、収縮・膨潤を考慮すると幅は 600mm が管理しやすいと考えられる。

集成材厚板パネルの製品仕様
・樹種と基準強度
①スギ＊：E65-F255
②トドマツ：E75-F270
③ヒノキ、アカマツ、カラマツ＊：E95-F315
＊：本設計データでデータを示しているもの
・接着剤
①水性イソシアネート系樹脂（使用環境 C）
②水性イソシアネート系樹脂（使用環境 B・準耐火構造用）
・厚さ（mm）：60、75、90、105、120、135、150
・標準寸法（mm）
幅　：450、600、900（910）、1000、1200
長さ：910 ～ 60000（80000）
・目地仕様：幅方向の目地は雇いざね

施工方法は、梁に対して直交張りとし、たわみを考慮して連続梁として施工することが主となる。留めつけはφ 6mm 以上、厚さ＋ 50mm 以上の長さを持つネジで行うことを想定している。

面内せん断性能等の構造設計に必要な各種データについては、さねや接合具等の仕様毎に要素実験も含め、平成 25 年度の成果として、本設計データにとりまとめている。

③準耐火構造の床とする場合

集成材厚板パネルの特徴は、厚板のため火災に強く、準耐火構造の例示仕様である床上側防火被覆材として使用できることである。具体的には、45 分準耐火構造として（30mm 以上の木材等に該当するため）直下の天井を厚さ 15mm 以上の強化せっこうボード張り等とする仕様、1 時間準耐火構造として（40mm 以上の木材等に該当するため）直下の天井を厚さ 12 ミリ以上の強化せっこうボード 2 枚張り等とする仕様が可能である。

また、パネル単体（厚さ 90mm 以上、積載荷重 2900N/m^2）で 1 時間床準耐火構造の大臣認定も取得済（QF060FL-0033 平成 25 年 6 月 6 日、第 3 表）であるため、直下の天井側防火被覆なしの現しでの利用も可能となっている。

1 時間準耐火構造の大臣認定内容
・集成材規格：JAS 構造用集成材（同一等級集成材）
・樹種：スギ・トドマツ・ヒノキ・アカマツ・カラマツ
・かさ比重：0.33 以上
・厚さ：90mm 以上
・サイズ：幅 450 ～ 1200mm、長さ 910 ～ 8000mm
・用途：施行令 85 条に定める積載荷重 2900N/m^2 以下

1）木材工業　2013,12 月 ,pp.598-599

表 2.2-3　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 24 年 9 月 18 日）が根拠／積雪時の値は除く

	種類				対称異等級構成				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*	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			22.5	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
JAS	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。
＊本設計データで使用している材料

表 2.2-4　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 24 年 9 月 18 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				E55-F225	E65-F255	E85-F300	E95-F315	E105-F345	
	樹種				スギ＊	スギ＊	トドマツ	ヒノキ・カラマツ＊	カラマツ	
告示第 1024 号	材料強度 N/mm²	圧縮	Fc		18.6	20.6	24.3	26.0	28.1	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		16.2	18.0	21.2	22.7	24.5	
		曲げ	Fb		22.5	25.5	30.0	31.5	34.5	
		めり込み			6.0	6.0	6.0	7.8	7.8	樹種で決定
		せん断	Fvx（積層方向）		2.7	2.7	3.0	3.6	3.6	樹種で決定
			Fvy（幅方向）		2.1	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	9.2	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	8.2	
			f b			8.4	9.7	10.4	11.4	
		繊維と直交	部分めり込み	材中間部	2.0	2.0	2.2	2.7	2.7	樹種で決定
				材端	1.6	1.6	1.7	2.2	2.2	
			全面圧縮		0.7	0.7	0.8	1.0	1.0	
		せん断	Fvx（積層方向）		0.9	0.9	1.0	1.2	1.2	樹種で決定
			Fvy（幅方向）		0.7	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	10.1	
			f t			6.6	7.7	8.4	9.0	
			f b			9.2	10.7	11.4	12.5	
		繊維と直交	部分めり込み	材中間部	2.2	2.2	2.4	3.0	3.0	樹種で決定
				材端	1.8	1.8	1.9	2.4	2.4	
			全面圧縮		0.8	0.8	0.9	1.1	1.1	
		せん断	Fvx（積層方向）		1.0	1.0	1.1	1.3	1.3	
			Fvy（幅方向）		0.8	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	18.4	
			f t			12.0	14.0	15.2	16.4	
			f b			16.8	19.4	20.8	22.8	
		繊維と直交	部分めり込み	材中間部	4.0	4.0	4.4	5.4	5.4	樹種で決定
				材端	3.2	3.2	3.4	4.4	4.4	
			全面圧縮		1.4	1.4	1.6	2.0	2.0	
		せん断	Fvx（積層方向）		1.8	1.8	2.0	2.4	2.4	
			Fvy（幅方向）		1.4	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
JAS	材料強度 N/mm²	繊維と平行	Fc		18.6	20.4	24.0	25.8	27.6	一部の値が告示第 1024 号と異なる
			Ft		16.2	18.0	21.0	22.8	24.6	
			Fb		22.5	25.2	29.4	31.2	34.2	
		繊維と直交	部分めり込み	材中間部	6.0	6.0	6.6	8.1	8.1	樹種で決定
				材端	4.8	4.8	5.1	6.6	6.6	
			全面圧縮		2.1	2.1	2.4	3.0	3.0	
		せん断	Fvx（積層方向）		2.7	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	2.1	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。
＊本設計データで使用している材料

2.3　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（平成 25 年 11 月 12 日一部改正））」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 50E 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）。平成 25 年に改正された JAS では、3 つの点が大きく変わった。直交単板の使用割合を増やし、面材として寸法安定性を高めた LVL が規格化された。めり込み性能が格付され、LVL の高いめり込み性能を生かすことができるようになった。曲げ性能の下位等級が追加され、スギを構造材として使用しやすくなった。

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 24 年 9 月 18 日　国土交通省告示第 1027 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、寸法調整係数を乗ずる必要がある（**表 2.3-1**）。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。B 種構造用 LVL に関しては JAS の規格は定められたものの、平成 26 年 3 月 28 日現在、規格改正に対応した告示の改正がなされておらず、基準強度は定められていない。（A 種構造用 LVL に関しては従来の基準強度が適用できると思

表 2.3-1　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

引用：「LVL の使い方と構造設計の考え方」P.5、LVL 協会、平成 22 年

われる。）B 種を使った設計に関しては建築主事との相談が必要になると思われる。

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。

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-1 級（スギ）、 120E-1 級（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）
1,200（巾）× 30 ～ 60（厚＝せい）× 12,000mm（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。

本設計データで使用している材料の強度データ

本設計データ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 2.3-2**、**表 2.3-3** に、スギについては**表 2.3-4** に掲載する。

表 2.3-2　単板積層材（カラマツ・構造用 B 種）の強度データ

※告示第 1024 号（最終改正平成 24 年 9 月 18 日）が根拠／積雪時の値は除く

	曲げヤング係数区分				80E*	80E*	備考
	樹種				カラマツ	カラマツ	
	等級				区分無し	区分無し	
	水平せん断性能区分				40V-26H	45V-30H	
告示第 1024 号	材料強度 N/mm²	圧縮	Fc		記載無し	記載無し	
		引張	Ft				
		曲げ	Fb				
		めり込み					
		せん断					
学会規準	材料強度 N/mm²	繊維と平行	Fc				
			Ft				
			Fb				
		繊維と直交	部分めり込み	材中間部			樹種で決定
				材端			
			全面圧縮				
		せん断	F s x-x				水平せん断性能区分で決定
			F s y-y				
	基準許容応力度 N/mm²	繊維と平行	f c				
			f t				
			f b				
		繊維と直交	部分めり込み	材中間部			樹種で決定
				材端			
			全面圧縮				
		せん断	F s x-x				水平せん断性能区分で決定
			F s y-y				
	長期許容応力度 N/mm²	繊維と平行	f c				
			f t				
			f b				
		繊維と直交	部分めり込み	材中間部			樹種で決定
				材端			
			全面圧縮				
		せん断	F s x-x				水平せん断性能区分で決定
			F s y-y				
	短期許容応力度 N/mm²	繊維と平行	f c				
			f t				
			f b				
		繊維と直交	部分めり込み	材中間部			樹種で決定
				材端			
			全面圧縮				
		せん断	F s x-x				水平せん断性能区分で決定
			F s y-y				
	基準弾性係数 kN/mm²	E0					
		Ec0.05					
		せん断					E0 の 1/15
JAS（参考）	曲げ強さ　Mpa または N/mm²				21.5	21.5	
	水平せん断強さ Mpa または N/mm²	縦使い			4.0	4.5	水平せん断性能区分で決定
		平使い			2.8	3.0	
	曲げヤング係数	平均値			8.0	8.0	
	Gpa または kN/mm²	最低値			7.0	7.0	

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

表 2.3-3　単板積層材（カラマツ・構造用 A 種）の強度データ

※告示第 1024 号（最終改正平成 24 年 9 月 18 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 土台その他に類する横架材は　4.0						樹種で決定
				材端	2.4 土台その他に類する横架材は　3.3						
			全面圧縮		1.1 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	平均値			9.0			12.0			
	Gpa または kN/mm²	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。
＊本設計データで使用している材料

表 2.3-4　単板積層材（スギ）の強度データ

※告示第 1024 号（最終改正平成 24 年 9 月 18 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

															備考
	曲げヤング係数区分				60E			60E			80E				
	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 土台その他に類する横架材は　3.0							樹種で決定
				材端				1.8 土台その他に類する横架材は　2.4							
			全面圧縮					0.8 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/mm²				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。
＊本設計データで使用している材料

2.4　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。

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。

本設計データで使用している材料の強度データ

本設計データ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 2.4-1** に示す。

表 2.4-1　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 データ（部位）

本設計データは、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。

本設計データの見方については **1.4「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
								接合具			
					断面寸法	その他		種類	本数		
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		38
		集成材	スギ	E65-F255	150 × 240	× 1500		LSB	4 本		40
		集成材	スギ	E65-F255	190 × 240	× 1400		LSB	4 本		42
		集成材	スギ	E65-F255	200 × 240	× 1400		LSB	6 本		44
		集成材	スギ	E65-F255	30 × 150	× 150		LSB	1 本		46
		集成材	カラマツ	E95-F315	120 × 240	× 1500		LSB	4 本		50
		集成材	カラマツ	E95-F315	150 × 240	× 1500		LSB	4 本		52
		集成材	カラマツ	E95-F315	190 × 240	× 1400		LSB	4 本		54
		集成材	カラマツ	E95-F315	200 × 240	× 1400		LSB	6 本		56
		集成材	カラマツ	E95-F315	30 × 150	× 150		LSB	1 本		58
		LVL	カラマツ	120E-1 級	150 × 240	× 1400		LSB	4 本		62
		LVL	カラマツ	120E-1 級	120 × 120	× 1400		LSB	1 本		64
		LVL	カラマツ	120E-1 級	150 × 150	× 1400		LSB	2 本		66
		LVL	カラマツ	120E-1 級	120 × 500	× 700	繊維直行方向	LSB			68
		LVL	カラマツ	120E-1 級	30 × 150	× 150		LSB	1 本		70
	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°・90°	長ビス（パネリード X）			80
		集成材パネル	スギ	E65-F255	主材 120 × 180	側材 120 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス（ASSY 3.0SK）	4 本	胴部径 8.0	84
		集成材パネル	スギ	E65-F255	主材 120 × 180	側材 120 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス（ASSY 3.0SK）	4 本	胴部径 6.0	86
		集成材パネル	スギ	E65-F255	主材 200 × 90	側材 150 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス（ASSY plug VG）	8 本	打ち込み角度 45°	88
		集成材パネル	スギ	E65-F255	主材 200 × 90	側材 150 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス（YD-R90）	8 本	平打ち	90
	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°・90°	木栓		φ 24	96
		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°・90°	木栓		φ 18	100
	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~~			
		~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~80E　B 種~~	~~主材 105 × 50~~	~~側材 150 × 30~~	~~主材：LVL カラマツ 120E~~	~~接着剤併用ビス~~			
		~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~80E　B 種~~	~~主材 105 × 50~~	~~側材 150 × 30~~	~~主材：集成材カラマツ 95E~~	~~接着剤併用ビス~~			
		~~LVL~~	~~カラマツ~~				~~実大 SSP?~~				

INDEX	仕様	母材の種類	樹種	強度	寸法		タイプ等				掲載頁
								接合具			
					断面寸法	その他		種類	本数		
接合部	LSB 柱脚接合	集成材	スギ	E65-F255	240 × 600	× 1800		LSB			110
		集成材	カラマツ	E95-F315	240 × 600	× 1800		LSB			114
		LVL	カラマツ	120E-1 級	240 × 600	× 1800		LSB			118
	LSB 柱脚接合（靭性確保）	集成材	スギ	E65-F255	240 × 600	× 1800		LSB	6 × 2		126
	LSB 柱梁接合（ト型）	集成材	スギ	E65-F255	柱 240 × 600 × 3600 梁 180 × 600 × 2500			LSB			132
		集成材	カラマツ	E95-F315	柱 240 × 600 × 3600 梁 180 × 600 × 2500			LSB			134
		LVL	カラマツ	120E-1 級	柱 240 × 600 × 3600 梁 180 × 600 × 2500			LSB			136
	LSB 柱梁接合（L 型）	集成材	スギ	E65-F255	柱 240 × 600 × 1950 梁 180 × 600 × 1650			LSB			142
		集成材	カラマツ	E95-F315	柱 240 × 600 × 1950 梁 180 × 600 × 1650			LSB			144
		LVL	カラマツ	120E-1 級	柱 240 × 600 × 1950 梁 180 × 600 × 1650			LSB			146
	合わせ柱梁接合	集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			木栓	33 本	シラカシ φ 24	152
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			木栓	40 本	シラカシ φ 18	156
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	4 本	シラカシ φ 24	160
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	8 本	シラカシ φ 24	164
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	12 本	シラカシ φ 24	168
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	16 本	シラカシ φ 24	172
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	8 本	シラカシ φ 18	176
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	8 本	ケヤキ φ 24	180
		集成材	スギ	E65-F225	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	8 本	シラカシ φ 24	184
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			長ビス		構造用ビス	188
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			なし		接合具なし	192
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 300 × 3400 梁 180 × 300 × 2700			なし		接合具なし	196

INDEX	仕様	母材の種類	樹種	強度	寸法		タイプ等				掲載頁
								接合具			
					断面寸法	その他		種類	本数		
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 180 × 450 × 2700			なし		接合具なし	200
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			なし		接合具なし	204
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 750 × 3400 梁 180 × 750 × 2700			なし		接合具なし	208
		集成材	スギ	E65-F225	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 180 × 450 × 2700			なし		接合具なし	212
	ブレース端部	集成材	カラマツ	E95-F270	180 × 180	× 800		ドリフトピン	1 本	φ 16	224
		集成材	カラマツ	E95-F270	2-85 × 180	× 800		ボルト	1 本	M16	226
		集成材	カラマツ	E95-F270・E95-F315	柱 180 × 180 × 690 桁 180 × 330 × 1000		柱頭接合部	ドリフトピン	4 本	φ 16	228
		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	230
		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	232
		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	234
		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	236
		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	238
壁	大壁：面材耐力壁	合板	スギ	t24 特類 2 級		1820 × 3500		柱脚：LSB、柱頭：HD 金物			246
		合板	スギ	t28 特類 2 級		1820 × 3500		柱脚：LSB、柱頭：HD 金物			248
		合板	カラマツ	t28 特類 2 級		1820 × 3500		柱脚：LSB、柱頭：HD 金物			250
	~~真壁：面材耐力壁~~	~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~80E　B 種~~	~~30 × 870~~		~~タイロッド~~				
		~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~80E　B 種~~	~~30 × 870~~		~~柱脚金物~~				
		~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~80E　B 種~~	~~30 × 870~~		~~柱脚金物　割裂防止用ビス　柱内法寸法 2760~~				
		~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~80E　B 種~~	~~30 × 870~~		~~柱脚金物　割裂防止用ビス（間隔大）~~				
		~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~80E　B 種~~	~~30 × 870~~		~~柱脚金物　割裂防止用ビス　柱内法寸法 3060~~				
	~~LSB 厚板耐力壁~~	~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~120E-1 級~~	~~150 × 1000 × 3000~~						
	ブレース耐力壁	集成材	カラマツ	E95-F270	ブレース 180 × 180	2400 × 3500					256
		集成材	カラマツ	E95-F270	ブレース 2-85 × 180	2400 × 3500					258

INDEX	仕様	母材の種類	樹種	強度	寸法		タイプ等				掲載頁
								接合具			
					断面寸法	その他		種類	本数		
床	面材床	合板	スギ	t24　特類２級		3640 × 7280					266
		合板	スギ	t28　特類２級		3640 × 7280					268
		合板	スギ、カラマツ	t28　特類２級		3640 × 7280					270
	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				276
		LVL	スギ	60E-1 級、80E-1 級	1200 × 362	× 9000	実大曲げ C1 上フランジ型				278
		LVL	スギ	60E-1 級、80E-1 級	1200 × 364	× 6000	実大曲げ C2 上下フランジ型				280
		LVL	スギ	60E-1 級、80E-1 級	1200 × 364	× 9000	実大曲げ C2 上下フランジ型				282
		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				284
		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				286
		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				288
		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				290
		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				292
		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				294
		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				296
		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				298
		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				300
		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				302
		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				304
		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				306
		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				318
	集成パネル床	集成パネル	スギ	E65-F255	2000 × 3000 × 90		四周ビス留め				328
		集成パネル	スギ	E65-F255	2000 × 3000 × 90		接合無し				330
		集成パネル	スギ	E65-F255	2000 × 3000 × 90		製材雇い実＋斜めビス				332
		集成パネル	スギ	E65-F255	2000 × 3000 × 90		合板雇い実＋平打ちビス				334

※見え消しの仕様は、現時点（2014 年 6 月 30 日）で作成中のため未掲載である。

3.1　接合具

データシートのリスト（接合具）を以下に示す。

本設計データの見方については **1.4「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
								接合具			
					断面寸法	その他		種類	本数		
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		38
		集成材	スギ	E65-F255	150 × 240	× 1500		LSB	4 本		40
		集成材	スギ	E65-F255	190 × 240	× 1400		LSB	4 本		42
		集成材	スギ	E65-F255	200 × 240	× 1400		LSB	6 本		44
		集成材	スギ	E65-F255	30 × 150	× 150		LSB	1 本		46
		集成材	カラマツ	E95-F315	120 × 240	× 1500		LSB	4 本		50
		集成材	カラマツ	E95-F315	150 × 240	× 1500		LSB	4 本		52
		集成材	カラマツ	E95-F315	190 × 240	× 1400		LSB	4 本		54
		集成材	カラマツ	E95-F315	200 × 240	× 1400		LSB	6 本		56
		集成材	カラマツ	E95-F315	30 × 150	× 150		LSB	1 本		58
		LVL	カラマツ	120E-1 級	150 × 240	× 1400		LSB	4 本		62
		LVL	カラマツ	120E-1 級	120 × 120	× 1400		LSB	1 本		64
		LVL	カラマツ	120E-1 級	150 × 150	× 1400		LSB	2 本		66
		LVL	カラマツ	120E-1 級	120 × 500	× 700	繊維直行方向	LSB			68
		LVL	カラマツ	120E-1 級	30 × 150	× 150		LSB	1 本		70
	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°・90°	長ビス（パネリード X）			80
		集成材パネル	スギ	E65-F255	主材 120 × 180	側材 120 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス（ASSY 3.0SK）	4 本	胴部径 8.0	84
		集成材パネル	スギ	E65-F255	主材 120 × 180	側材 120 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス（ASSY 3.0SK）	4 本	胴部径 6.0	86
		集成材パネル	スギ	E65-F255	主材 200 × 90	側材 150 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス（ASSY plug VG）	8 本	打ち込み角度 45°	88
		集成材パネル	スギ	E65-F255	主材 200 × 90	側材 150 × 90	主材：カラマツ E95-F270	長ビス（YD-R90）	8 本	平打ち	90
	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°・90°	木栓		φ 24	96
		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°・90°	木栓		φ 18	100
	~~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~~			
		~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~80E　B 種~~	~~主材 105 × 50~~	~~側材 150 × 30~~	~~主材：LVL カラマツ 120E~~	~~接着剤併用ビス~~			
		~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~80E　B 種~~	~~主材 105 × 50~~	~~側材 150 × 30~~	~~主材：集成材カラマツ 95E~~	~~接着剤併用ビス~~			
		~~LVL~~	~~カラマツ~~				~~実大 SSP ?~~				

※見え消しの仕様は、現時点（2014 年 6 月 30 日）で作成中のため未掲載である。

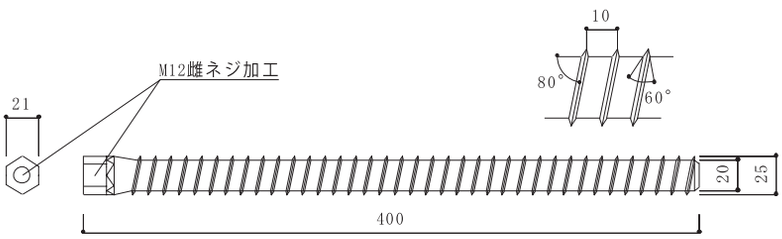
ラグスクリューボルト（LSB）

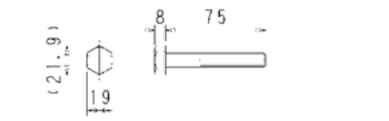
ラグスクリューボルト接合部は、高強度高剛性の接合が材軸方向に対して可能である。材の中心位置から離れた位置にラグスクリューボルトを配置すれば、モーメント伝達を可能とする接合部が可能である。中層大規模木造では柱はあらわしとなる場合が多いと考えられ、ラグスクリューボルト接合部は、HD 金物のように外部に露出せず、鋼板添え板や挿入式のよう外部に鋼材やボルト頭などが出ることもなく、見栄えの良い仕上がりとなる。

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

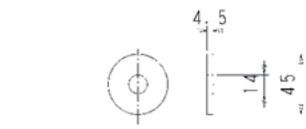




M12六角ボルトL=75(強度区分10.9)
材料規格：JIS B 1180(六角ボルト)に規定する
機械的性質の強度区分10.9に適合する炭素鋼
表面処理：なし

M12 六角ボルト L=75（強度区分 10.9）

（ハイテンションボルト）



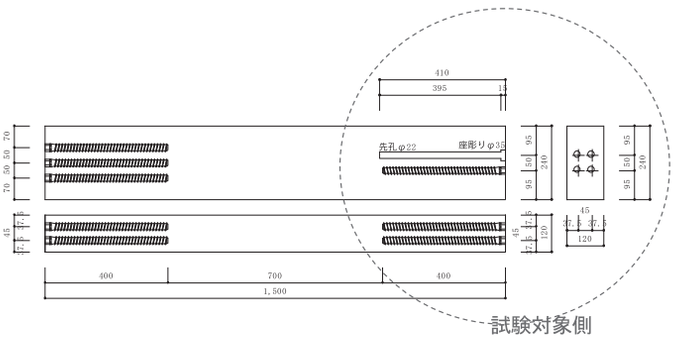
4.5×45φ丸座金
材料規格：JIS G 3131 1種SPHC
またはJIS G 3141 1種SPCC
表面処理：クロメートめっき

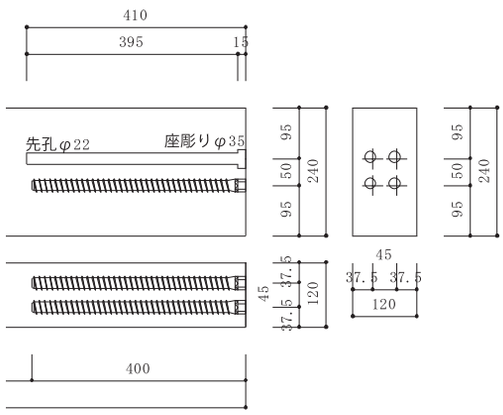
4.5 × 40 φ丸座金

図　φ 25 ラグスクリューボルト (LSB)

● 姿図・寸法

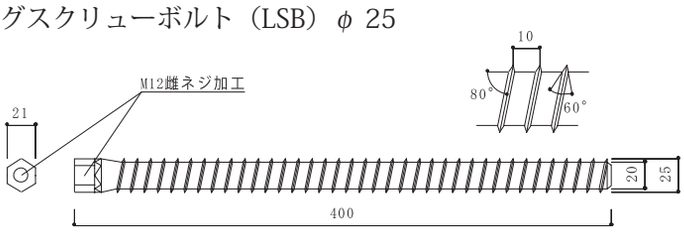
【使用材料】 母材　1500mm × 120mm × 240mm（スギ E65-F255）





試験対象側拡大図

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。低減係数は研究成果をもとに 0.8 程度の値が提案されている。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が必要である。

● 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※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

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

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），Γ：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

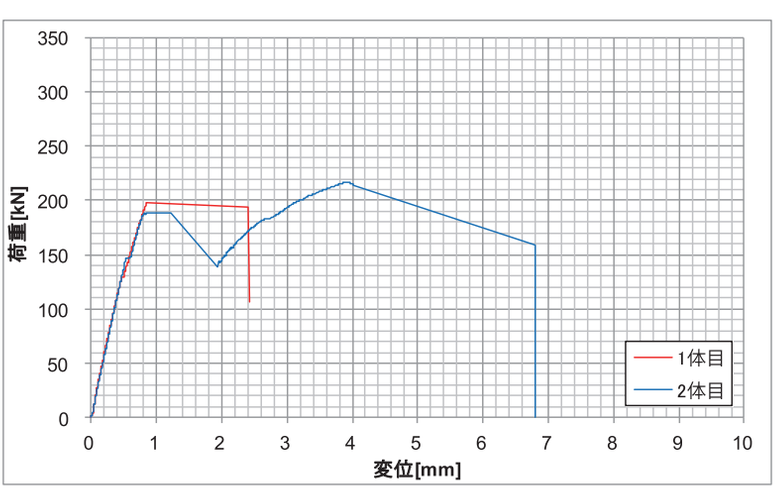
● モデル化

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



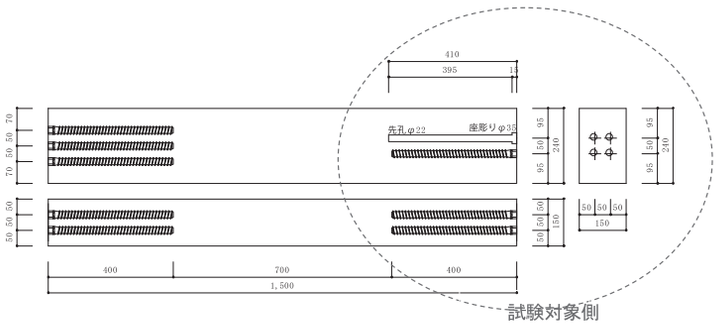
● 破壊性状

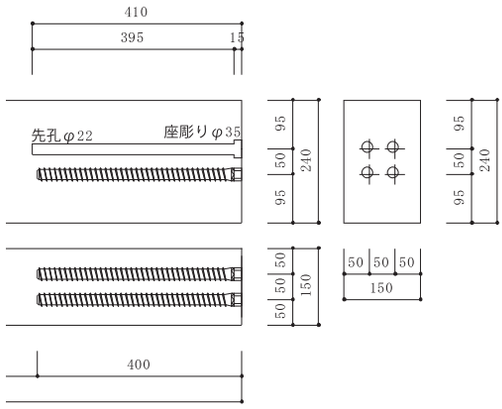
・1 体目 両側で同時に木材端部の割裂

・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

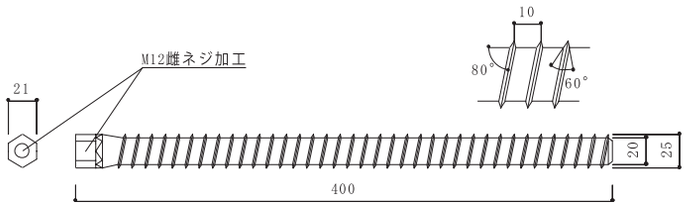
【使用材料】 母材　1500mm × 150mm × 240mm（スギ E65-F255）





試験対象側拡大図

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。低減係数は研究成果をもとに 0.8 程度の値が提案されている。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が必要である。

● 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※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

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

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），Γ：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

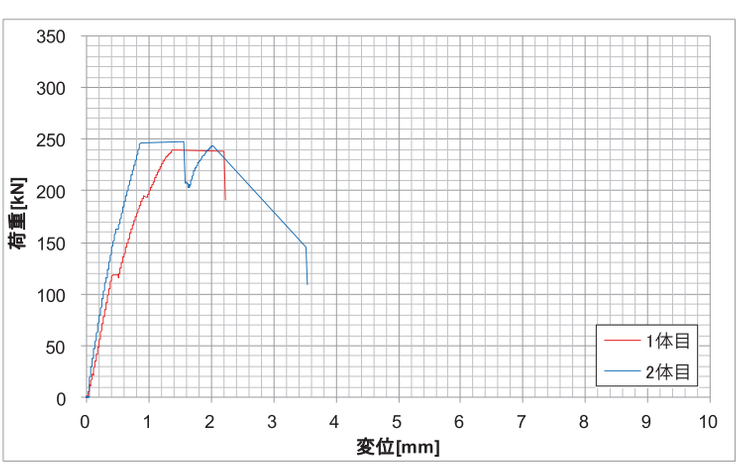
● モデル化

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



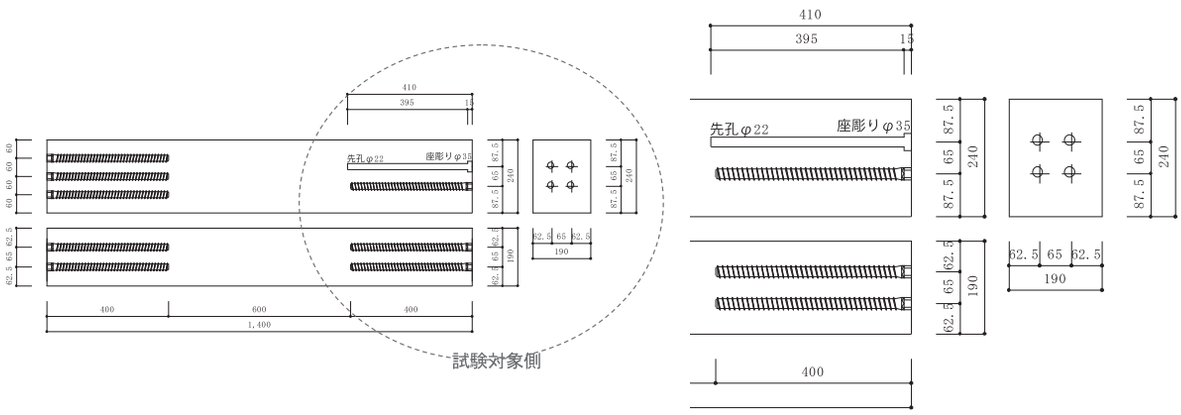
● 破壊性状

・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

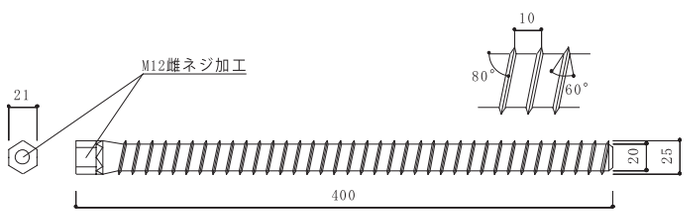
● 姿図・寸法

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



試験対象側拡大図

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。低減係数は研究成果をもとに 0.8 程度の値が提案されている。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が必要である。

● 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※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

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

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），Γ：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

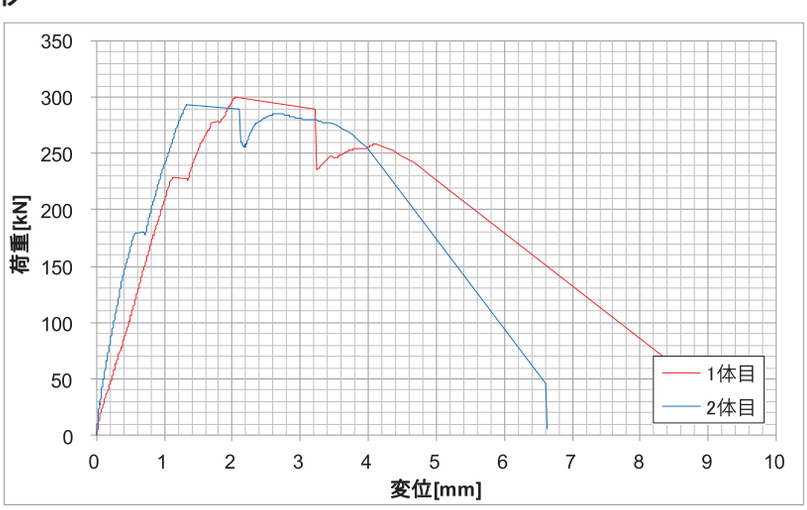
●モデル化

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

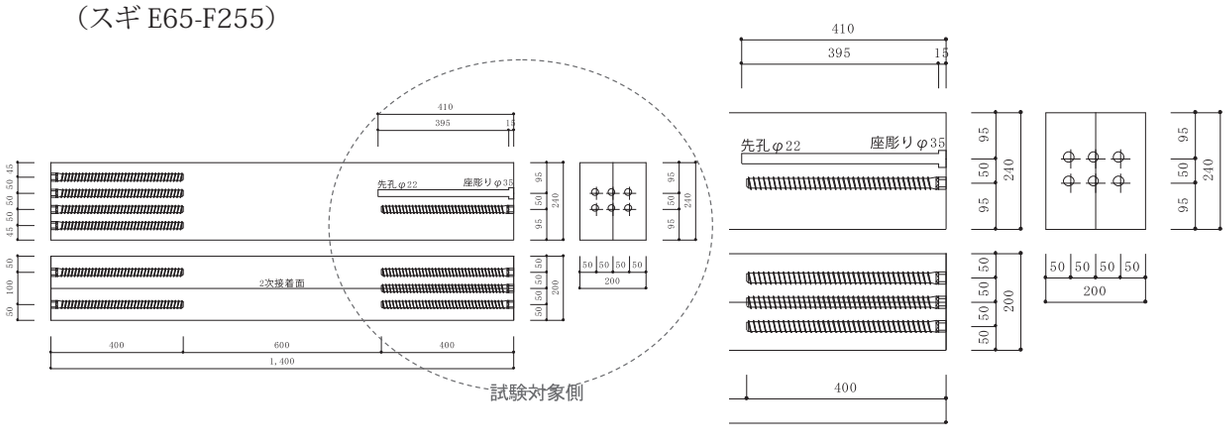
・1 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断

・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

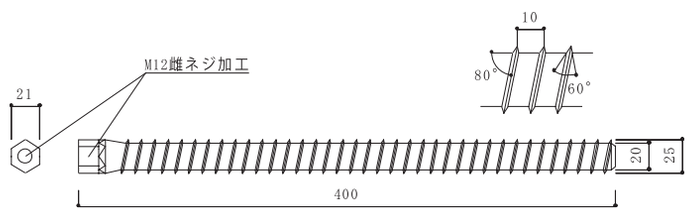
【使用材料】 母材　1400mm × 200mm × 240mm（120mm ＋ 120mm、2 次接着あり）

（スギ E65-F255）



試験対象側拡大図

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。低減係数は研究成果をもとに 0.8 程度の値が提案されている。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が必要である。

● 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※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

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

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

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），Γ：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

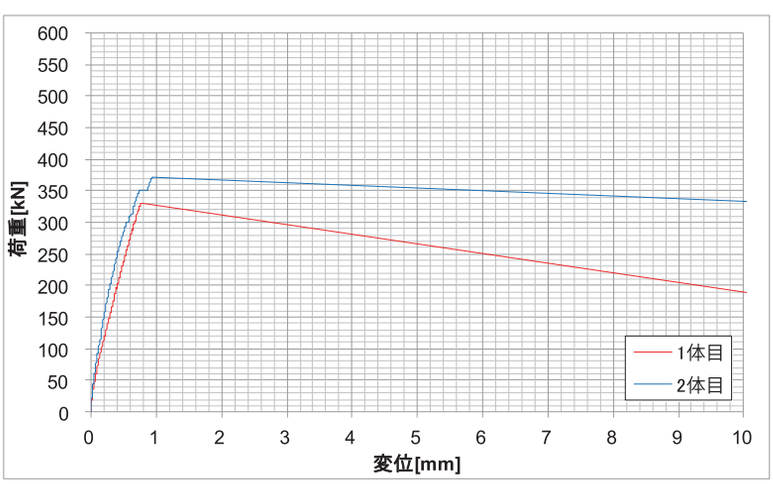
● モデル化

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

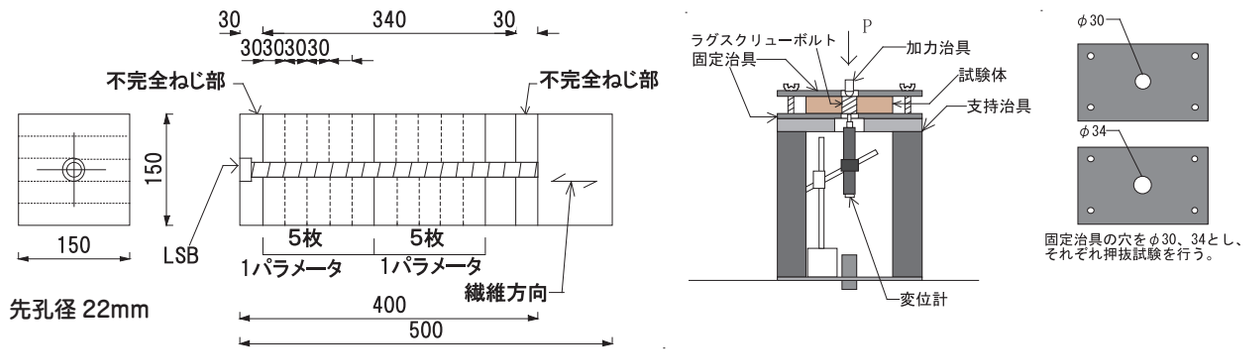


● 破壊性状

・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　　：スギ（E65-F255　断面 150mm × 150mm）

接合具　：ラグスクリューボルト（カネシン）（全長 400mm、山径 25mm、谷径 20mm、ピッチ 10mm）

試験体数：60 体（固定治具 φ 30：6 母材× 5 体＝ 30 体、固定治具 φ 34：6 母材× 5 体＝ 30 体）

● 適用条件

本実験結果およびそれから導かれる各値をそのまま利用できるのは、接合具に純粋な引張力のみが作用する場合である。

● 概要

150mm × 150mm のスギ集成材に φ 25mm の接合具を繊維方向に 400mm 埋め込み、不完全ねじ部 30mm を除き鋼材用バンドソーで切断した試験体である。

● 接合具（メーカー、入手方法等）

ラグスクリューボルト（製造 : ㈱カネシン、販売 : ㈱カネシン）

● 問い合わせ先 URL

http://www.kaneshin.co.jp

● 理論式※

特性値を求める式

$\tau = P_1 / A_e$　　-(1)

$A_e = \pi R(t - p/2)$　　-(2)

$\Gamma = \tau / e$　　-(3)

$f_v = \tau_{max}$　　-(4)

τ　：LSB の円周廻りに作用するせん断応力（N/mm^2）

P_1　：押抜試験より得られた荷重（kN）

A_e　：LSB の円周廻りに作用する有効断面積（mm^2）

R　：LSB 山径 (mm)

t　：薄板の厚さ (mm)

p　：LSB ピッチ (mm)

e　：押抜変位 (mm)

比例式

$P_{maxL} = A_e \cdot f_v$　　-(5)

$K_{sL} = \Gamma \cdot A_e$　　-(6)

P_{maxL}：比例式による LSB 単体の最大耐力（kN）

f_v　：LSB のせん断強度（N/mm^2）

K_{sL}　：比例式による LSB の引抜剛性（N/mm）

Γ　：LSB のせん断剛性係数（N/mm^3）

中谷式

$$K_{sN} = \frac{\Gamma \pi R(E_w A_w + E_s A_s)\sinh kl}{k(E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} \quad (E_w A_w \leqq E_s A_s) \qquad \text{-(7)}$$

$$P_{\max N} = \frac{f_v \pi R(E_w A_w + E_s A_s)\sinh kl}{k(E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} \quad (E_w A_w \leqq E_s A_s) \qquad \text{-(8)}$$

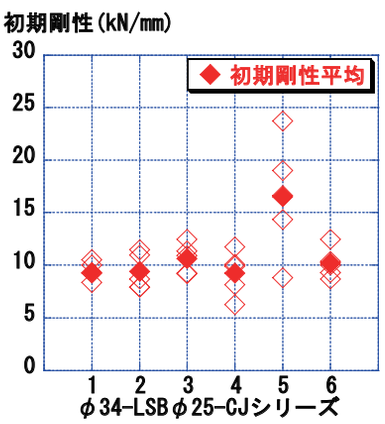
$$k = \sqrt{\Gamma \pi R\left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s}\right)} \qquad \text{-(9)}$$

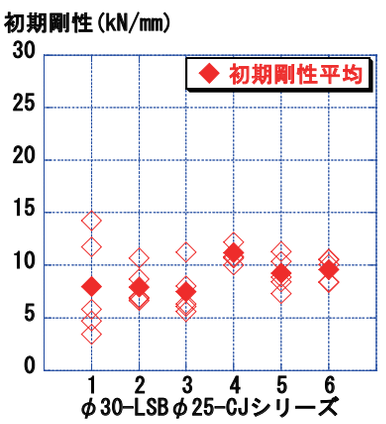
K_{sN} ：中谷式による LSB の引抜剛性（N/mm）
Γ ：LSB のせん断剛性係数（N/mm^3）
R ：LSB の山径（mm）
E_w ：木質部材のヤング係数（N/mm^2）
E_s ：LSB のヤング係数（N/mm^2）
A_w ：木質部材の有効断面積（mm^2）
A_s ：LSB の断面積（mm^2）
l ：LSB の埋め込み長さ（mm）
P_{maxN}：中谷式による LSB 単体の最大耐力（kN）
f_v ：LSB のせん断強度（N/mm^2）

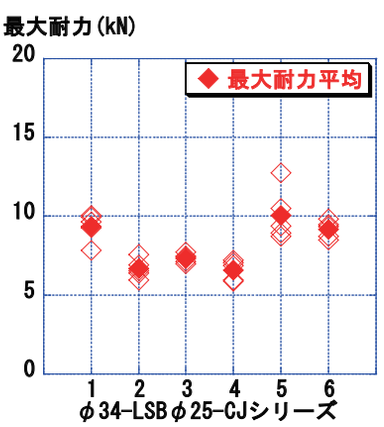
●モデル化

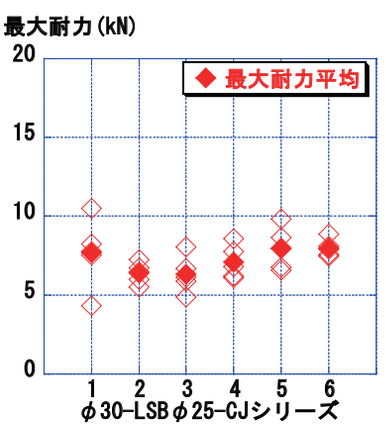
—

●特性値









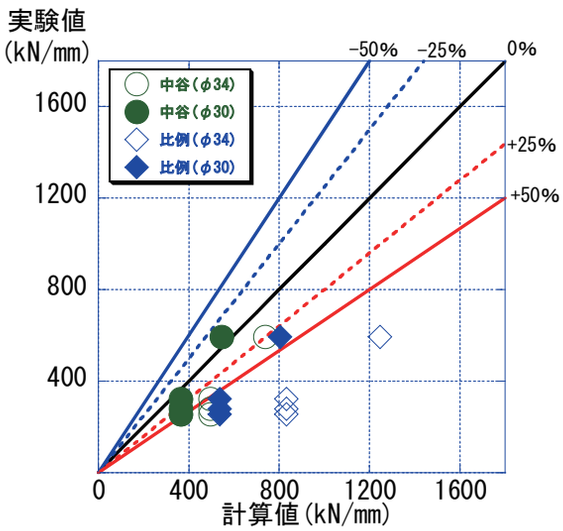
試験体名	樹種	せん断強度 f_v(N/mm^2)	せん断剛性係数 Γ(N/mm^3)
φ34-LSBφ25-CJ	スギ	3.21	7.94
φ30-LSBφ25-CJ		2.60	7.67

● 実験値と計算値の誤差

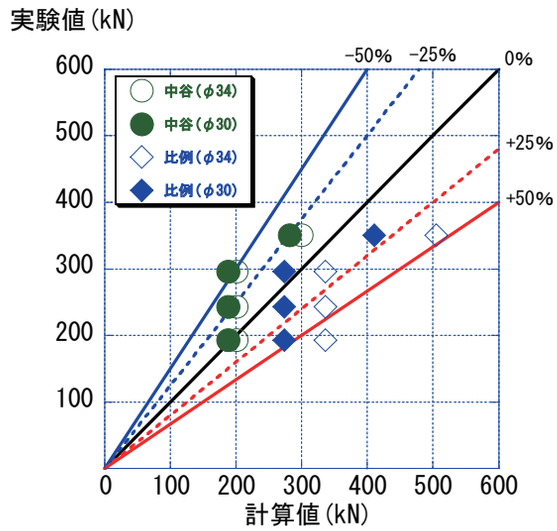
引抜剛性について比較した場合、比例式による計算値は実験値に対する誤差が＋ 50％を超える値を示すものが多く、計算値は実験値を過大評価しているといえる。一方、中谷式による計算値は概ね実験値を推定できていた。

最大耐力について比較した場合、比例式及び中谷式による計算値の実験値に対する誤差は同程度となり、大きな違いはみられなかった。

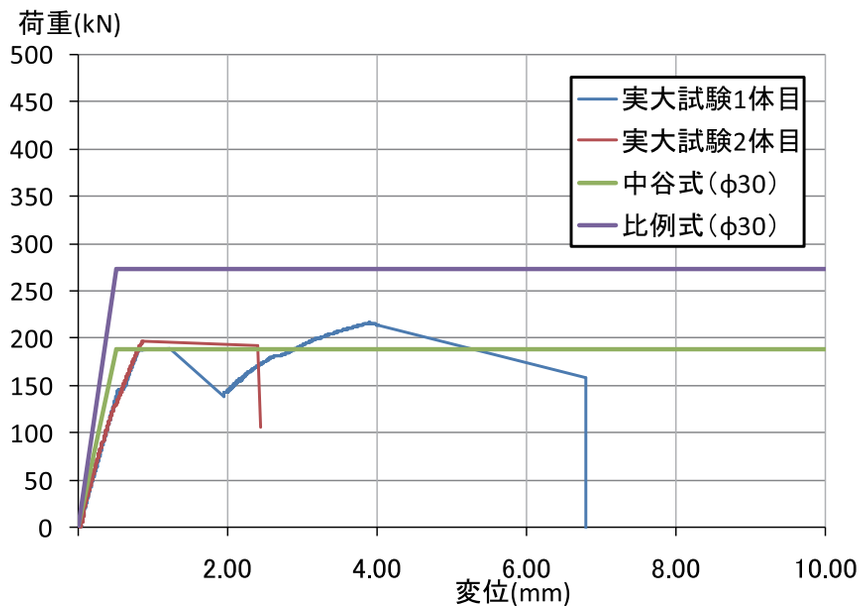
また、実大試験の荷重－変位曲線と計算値の荷重－変位曲線を比較した場合においても、比例式は実大試験の結果を大きく上回っているのに対し、中谷式は概ね実験値を推定できていた。なお、比例式及び中谷式の荷重－変位曲線は固定治具の穴径が 30mm の値を用いている。



引抜剛性

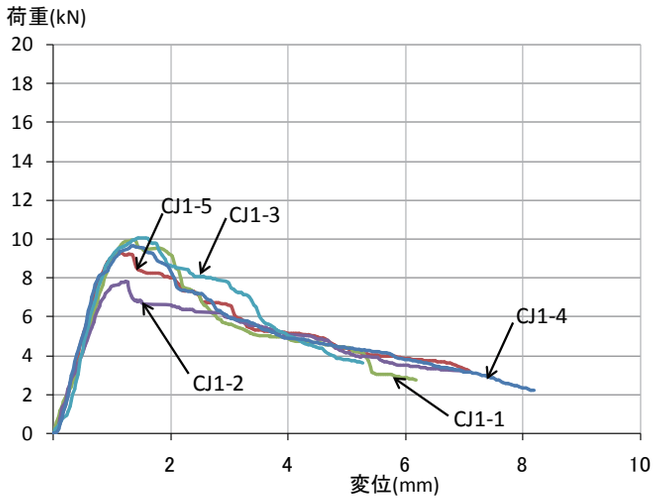


最大耐力



実大実験はLSB（集成材／スギ／E65-F255／120×240×1500／LSB4本）のデータ

● **荷重変形**



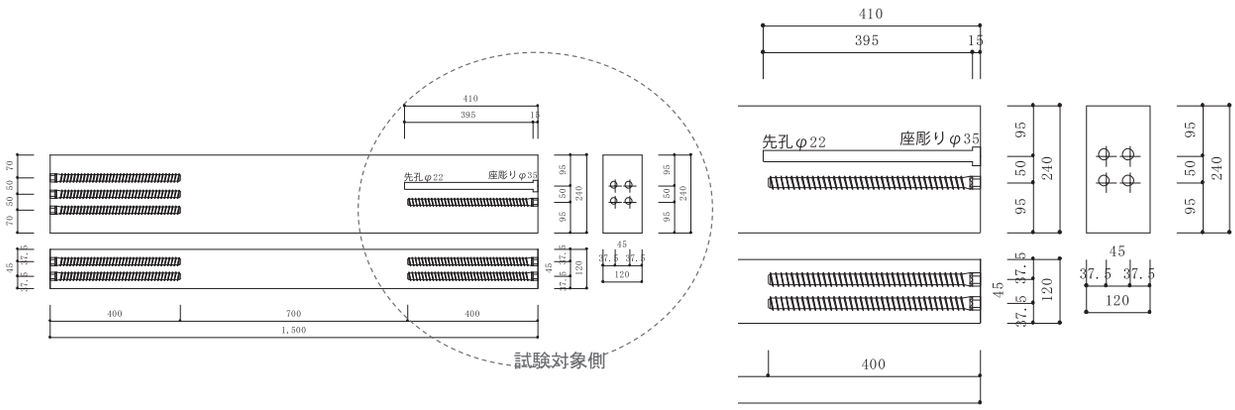
荷重 - 変位曲線（Φ 34-LSB Φ 25-CJ1）

● **破壊性状**

・主な破壊性状は、LSB のねじ山に沿う接合部の母材全体のせん断破壊であった。

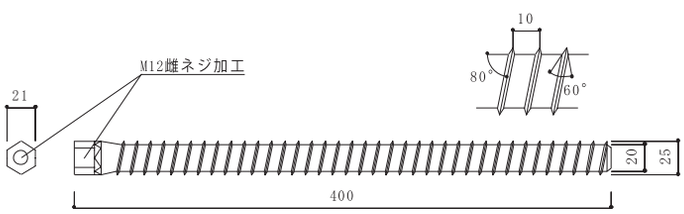
● 姿図・寸法

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



試験対象側拡大図

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。低減係数は研究成果をもとに 0.8 程度の値が提案されている。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が必要である。

● 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※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

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

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），Γ：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

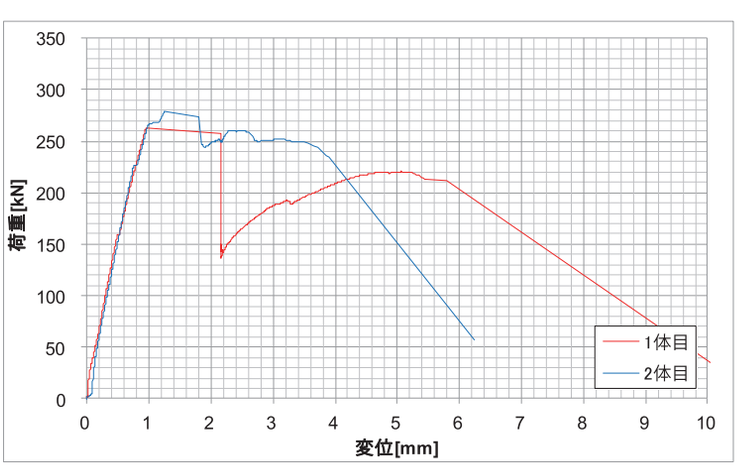
● モデル化

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



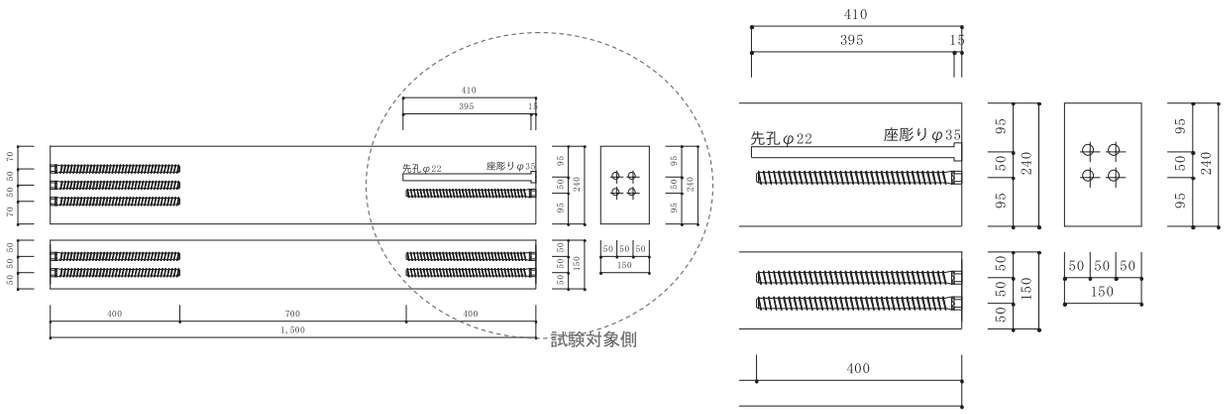
● 破壊性状

・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

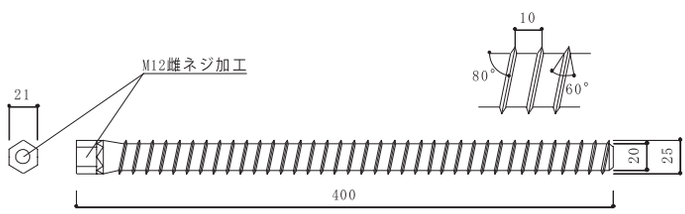
● 姿図・寸法

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



試験対象側拡大図

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。低減係数は研究成果をもとに 0.8 程度の値が提案されている。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が必要である。

● 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※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

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

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），Γ：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

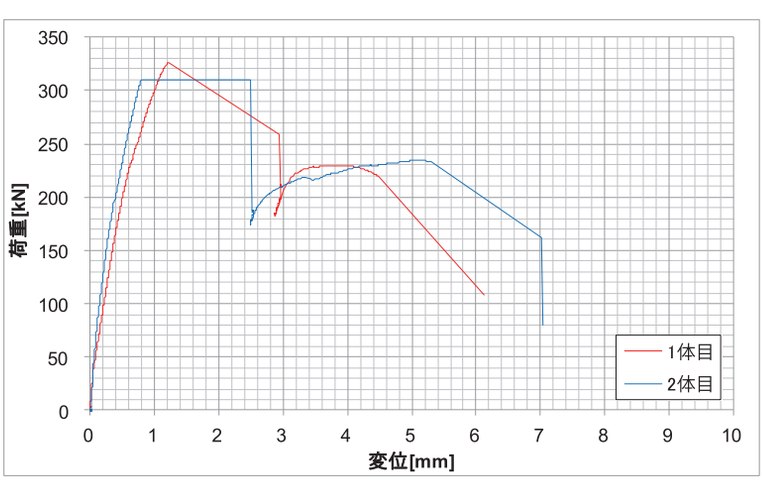
● モデル化

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



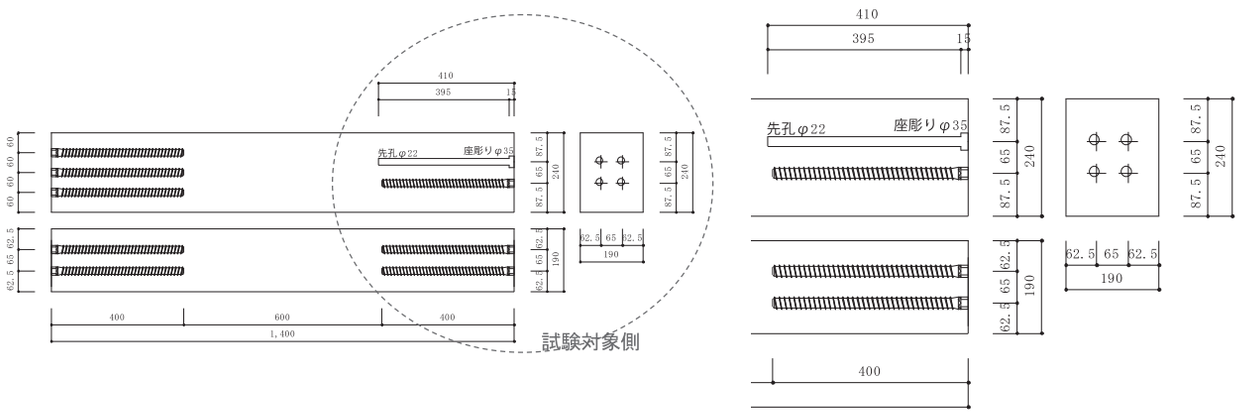
● 破壊性状

・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

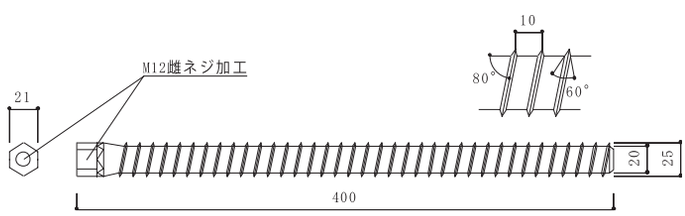
● 姿図・寸法

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



試験対象側拡大図

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。低減係数は研究成果をもとに 0.8 程度の値が提案されている。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が必要である。

● 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※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

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

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），Γ：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

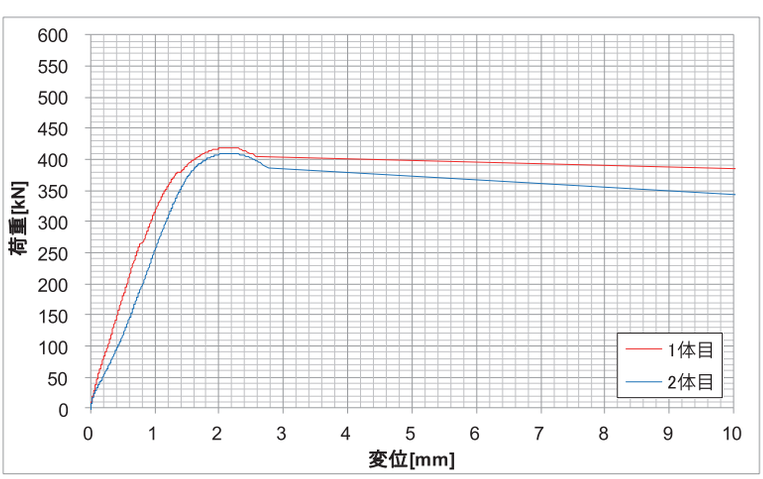
●モデル化

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



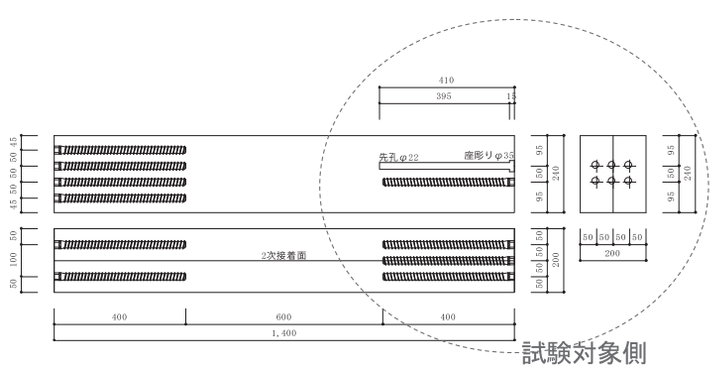
●破壊性状

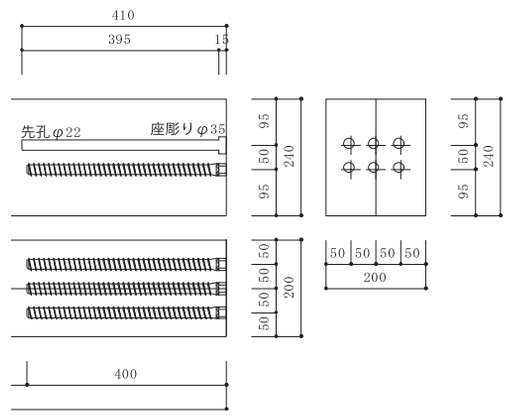
・1 体目 母材に目立った損傷が生じる前に、試験対象側の 4 本全ての高力ボルトが破断

・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

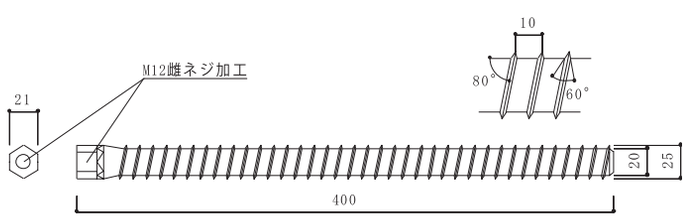
【使用材料】 母材　1400mm × 200mm × 240mm（120mm × 120mm、2 次接着あり）
（カラマツ E95-F315）





試験対象側拡大図

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。低減係数は研究成果をもとに 0.8 程度の値が提案されている。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が必要である。

● 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※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

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

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），Γ：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

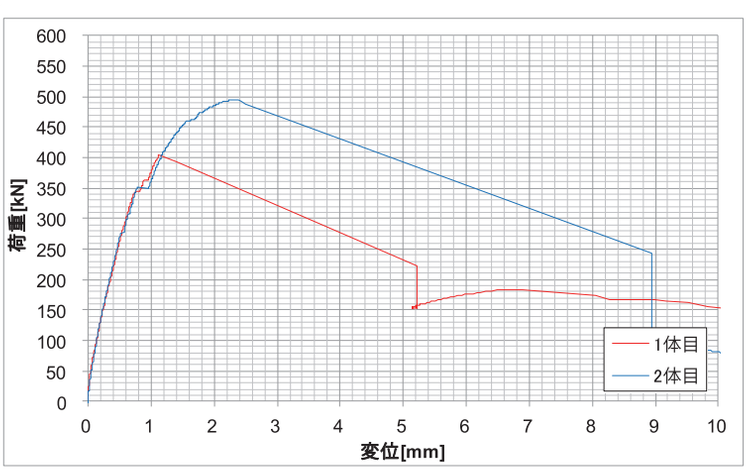
● モデル化

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

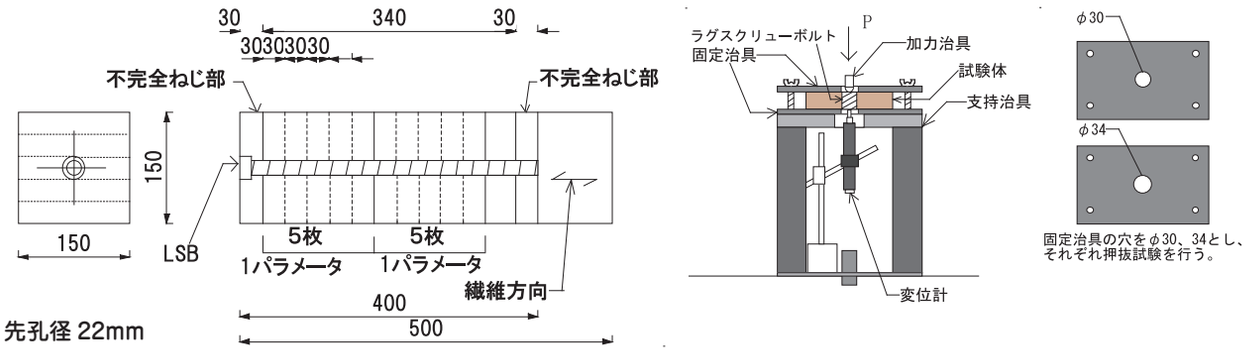


● 破壊性状

・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　　：カラマツ（E95-F315　断面 150mm × 150mm）

接合具　：ラグスクリューボルト（カネシン）（全長 400mm、山径 25mm、谷径 20mm、ピッチ 10mm）

試験体数：60 体（固定治具 φ 30：6 母材× 5 体＝ 30 体、固定治具 φ 34：6 母材× 5 体＝ 30 体）

● 適用条件

本実験結果およびそれから導かれる各値をそのまま利用できるのは、接合具に純粋な引張力のみが作用する場合である。

● 概要

150mm × 150mm のスギ集成材に φ 25mm の接合具を繊維方向に 400mm 埋め込み、不完全ねじ部 30mm を除き鋼材用バンドソーで切断した試験体である。

● 接合具（メーカー、入手方法等）

ラグスクリューボルト（製造 : ㈱カネシン、販売：㈱カネシン）

● 問い合わせ先 URL

http://www.kaneshin.co.jp

● 理論式※

特性値を求める式

$\tau = P_1 / A_e$　-(1)

$A_e = \pi R (t - p/2)$　-(2)

$\Gamma = \tau / e$　-(3)

$f_v = \tau_{max}$　-(4)

τ　：LSB の円周廻りに作用するせん断応力（N/mm^2）

P_1：押抜試験より得られた荷重（kN）

A_e　：LSB の円周廻りに作用する有効断面積（mm^2）

R　：LSB 山径 (mm)

t　：薄板の厚さ (mm)

p　：LSB ピッチ (mm)

e　：押抜変位 (mm)

比例式

$P_{maxL} = A_e \cdot f_v$　-(5)

$K_{sL} = \Gamma \cdot A_e$　-(6)

P_{maxL}：比例式による LSB 単体の最大耐力（kN）

f_v　：LSB のせん断強度（N/mm^2）

K_{sL}　：比例式による LSB の引抜剛性（N/mm）

Γ　：LSB のせん断剛性係数（N/mm^3）

中谷式

$$K_{sN} = \frac{\Gamma \pi R(E_w A_w + E_s A_s)\sinh kl}{k(E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} \quad (E_w A_w \leqq E_s A_s) \qquad \text{-(7)}$$

$$P_{\max N} = \frac{f_v \pi R(E_w A_w + E_s A_s)\sinh kl}{k(E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} \quad (E_w A_w \leqq E_s A_s) \qquad \text{-(8)}$$

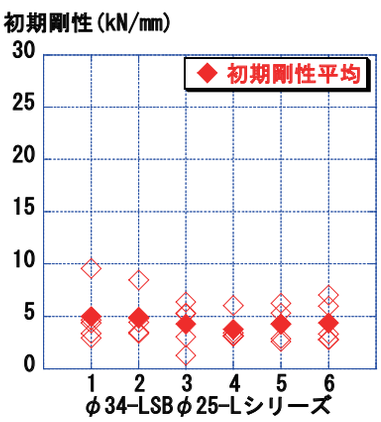
$$k = \sqrt{\Gamma \pi R\left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s}\right)} \qquad \text{-(9)}$$

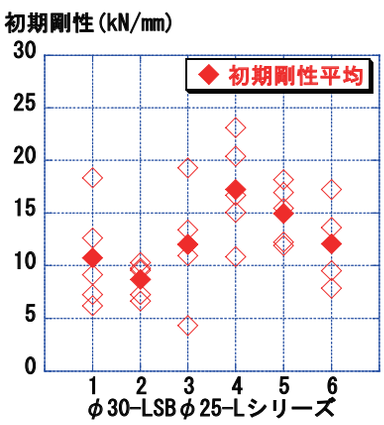
K_{sN}　：中谷式による LSB の引抜剛性（N/mm）
Γ　：LSB のせん断剛性係数（N/mm^3）
R　：LSB の山径（mm）
E_w　：木質部材のヤング係数（N/mm^2）
E_s　：LSB のヤング係数（N/mm^2）
A_w　：木質部材の有効断面積（mm^2）
A_s　：LSB の断面積（mm^2）
l　：LSB の埋め込み長さ（mm）
P_{maxN}：中谷式による LSB 単体の最大耐力（kN）
f_v　：LSB のせん断強度（N/mm^2）

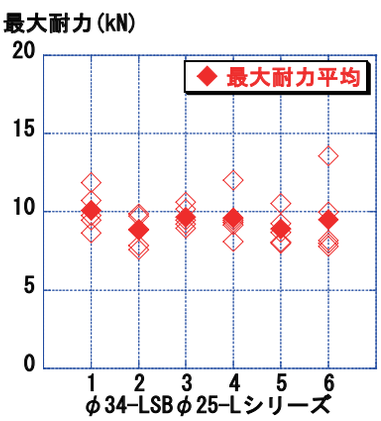
●モデル化

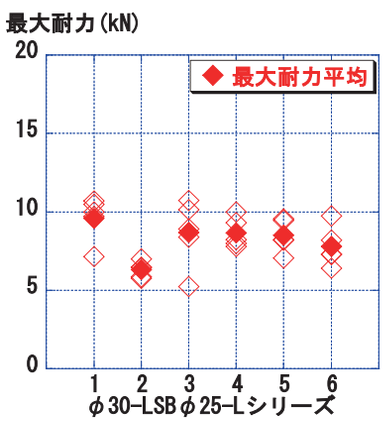
—

●特性値









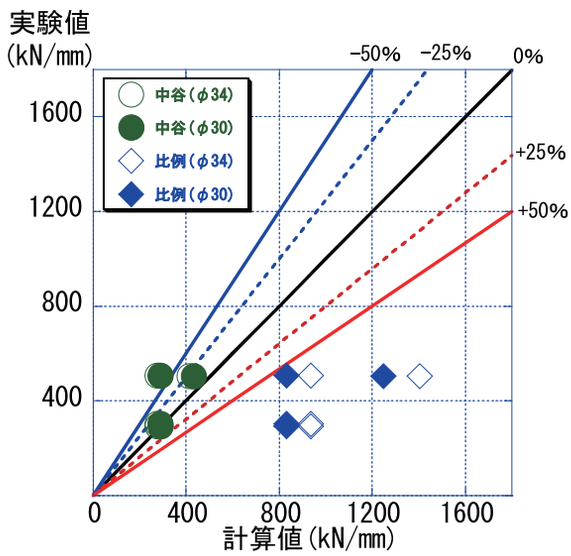
試験体名	樹種	せん断強度 f_v(N/mm^2)	せん断剛性係数 Γ(N/mm^3)
φ34-LSBφ25-L	カラマツ	3.15	6.76
φ30-LSBφ25-L		2.68	7.86

● 実験値と計算値の誤差

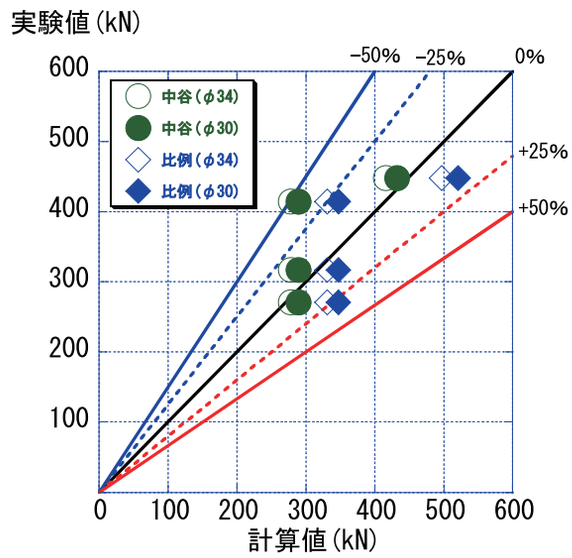
引抜剛性について比較した場合、比例式による計算値は実験値に対する誤差が＋ 50％を超える値を示すものが多く、計算値は実験値を過大評価しているといえる。一方、中谷式による計算値は概ね実験値を推定できていた。

最大耐力について比較した場合、比例式及び中谷式による計算値の実験値に対する誤差は同程度となり、大きな違いはみられなかった。

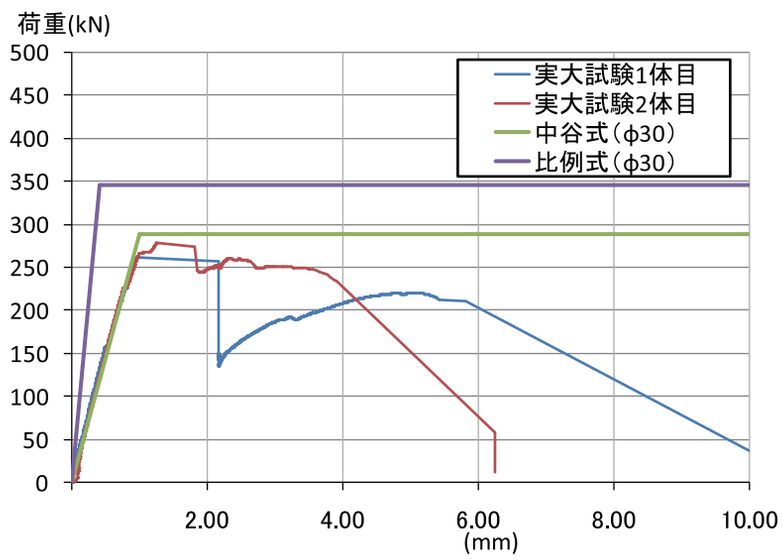
また、実大試験の荷重－変位曲線と計算値の荷重－変位曲線を比較した場合においても、比例式は実大試験の結果を大きく上回っているのに対し、中谷式は概ね実験値を推定できていた。なお、比例式及び中谷式の荷重－変位曲線は固定治具の穴径が 30mm の値を用いている。



引抜剛性

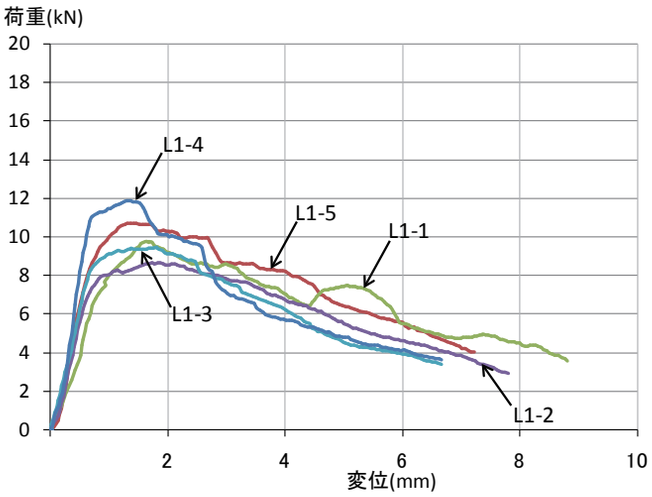


最大耐力



実大実験はLSB（集成材／カラマツ／E95-F315／120×240×1500／LSB4本）のデータ

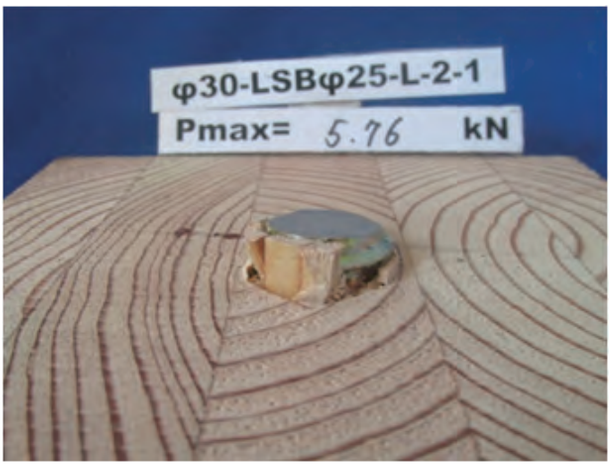
● **荷重変形**



荷重－変位曲線（Φ 34 － LSB Φ 25 － L1）

● **破壊性状**

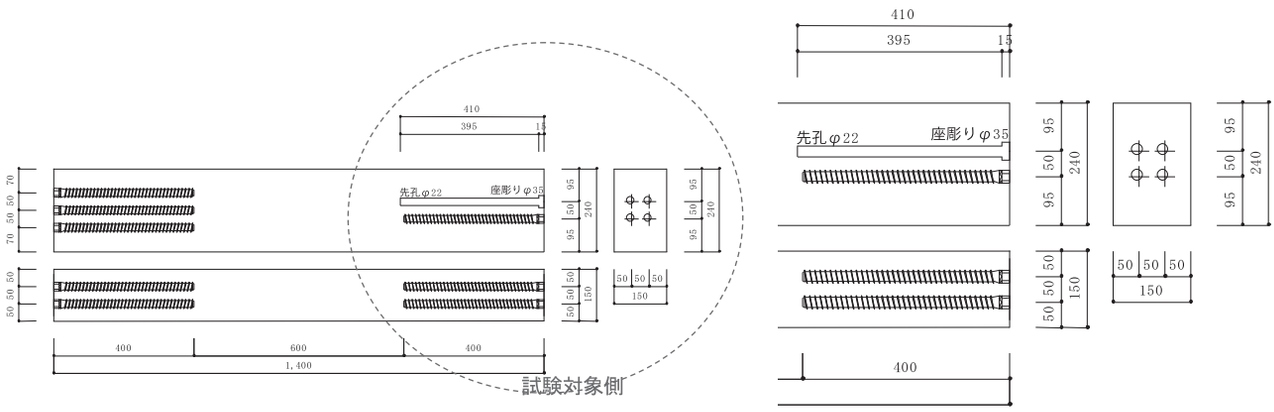
・主な破壊性状は、LSB のねじ山に沿う接合部の母材全体のせん断破壊であった。



● 姿図・寸法

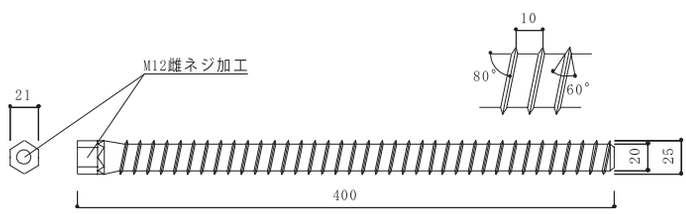
【使用材料】 母材　1400mm × 150mm × 240mm

（カラマツ 120E-1 級　50V-43H）



試験対象側拡大図

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。低減係数は研究成果をもとに 0.8 程度の値が提案されている。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が必要である。

● 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※

$$P_{max}=\begin{cases}\dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{f_v\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

$$K_S=\begin{cases}\dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_sA_s\cosh kl+E_wA_w)} & (E_wA_w \leqq E_sA_s)\\[2ex] \dfrac{\Gamma\pi R_t(E_wA_w+E_sA_s)\sinh kl}{k(E_wA_w\cosh kl+E_sA_s)} & (E_sA_s \leqq E_wA_w)\end{cases}$$

ここで、

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

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），Γ：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

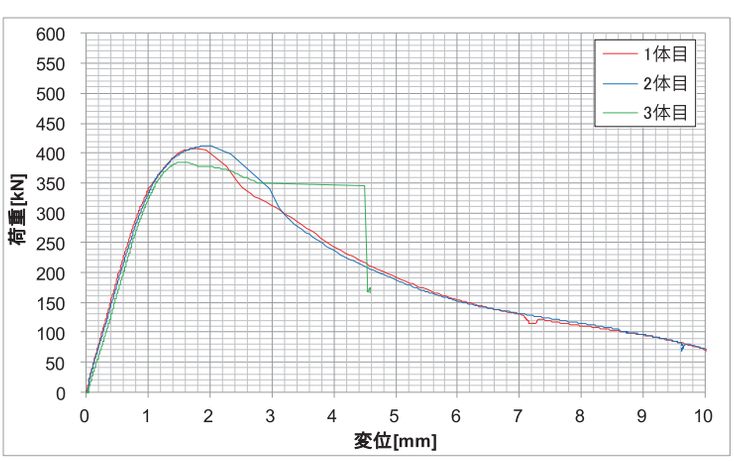
● モデル化

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

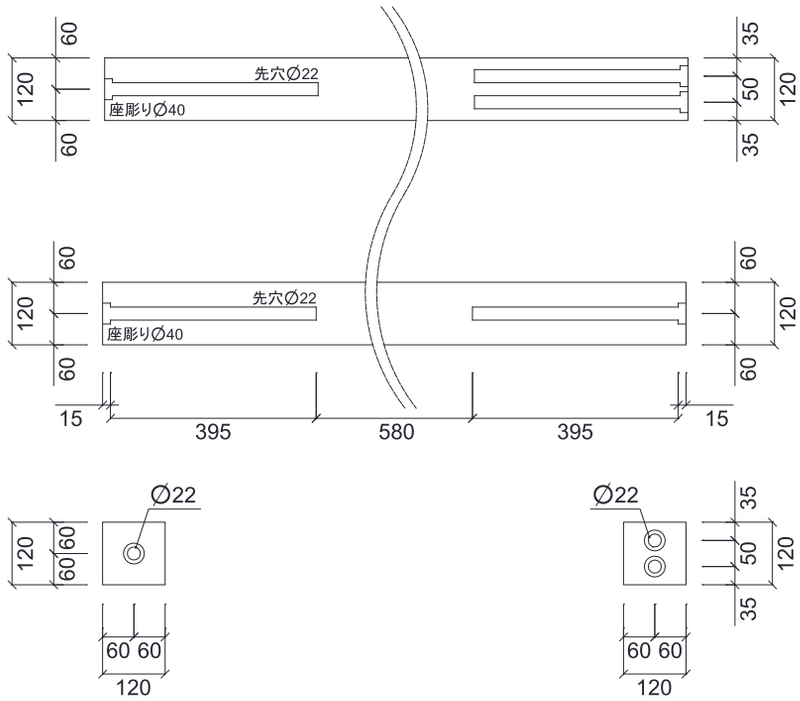
・1 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、試験対象側の LSB4 本全てが引き抜ける

・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

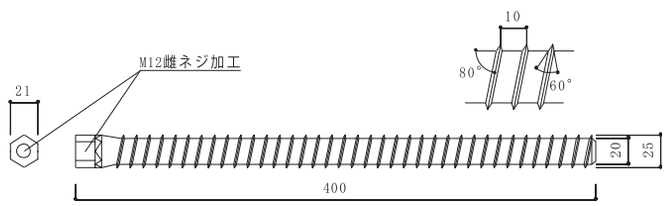
・3 体目 片側で木材端部の割裂が生じた後、逆側で高力ボルトの破断

● 姿図・寸法

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



接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 25



● 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）

LSB（カネシン）

● 問い合わせ先 URL

www.kaneshin.co.jp/

●理論式

—

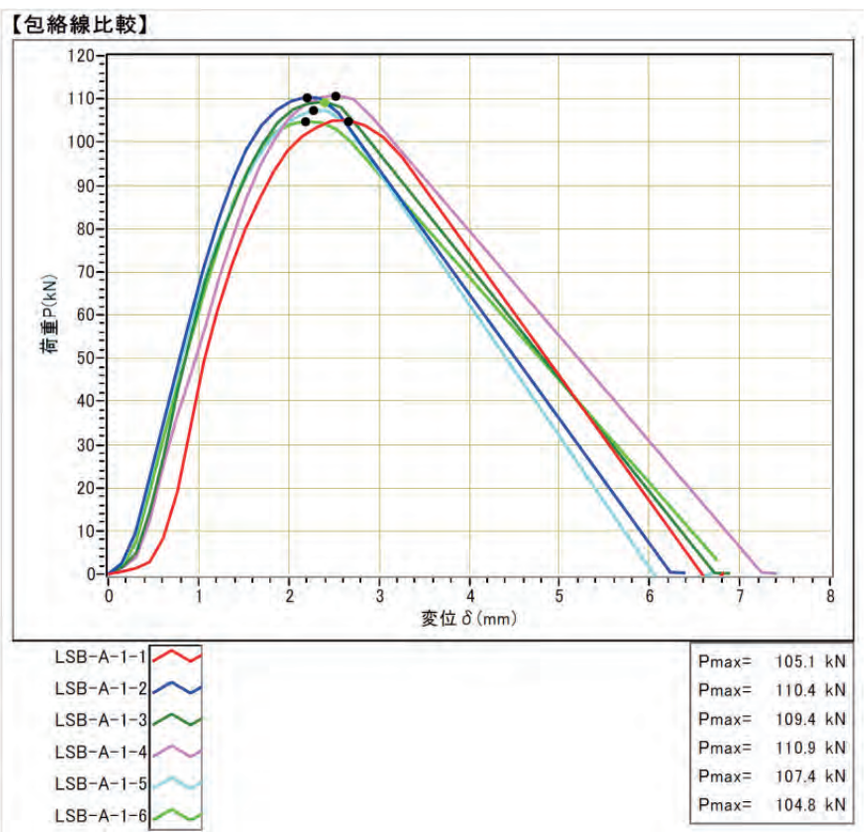
●計算式

—

●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



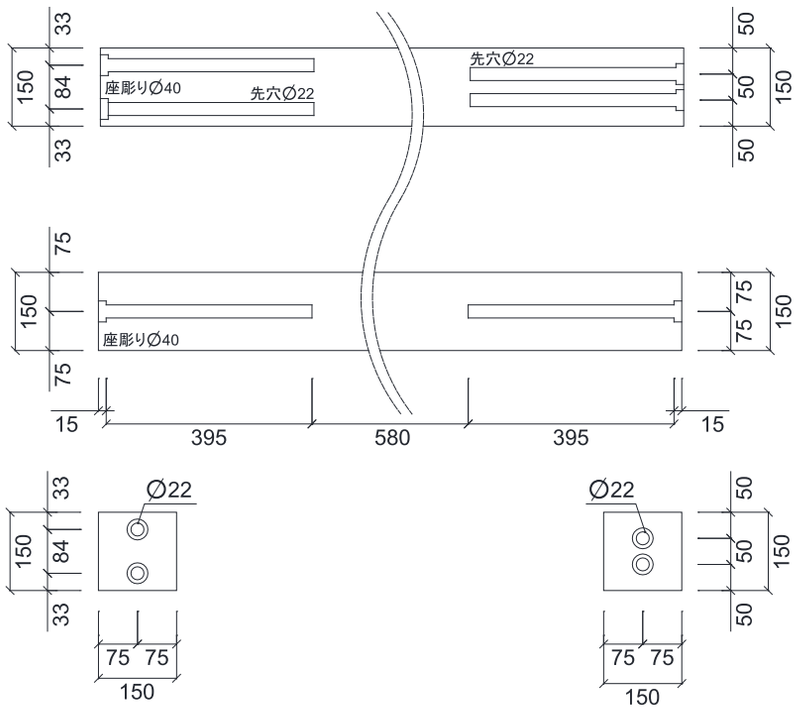
●破壊性状

・LSB のめねじに入っているハイテンションボルト（M12 六角ボルト：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。

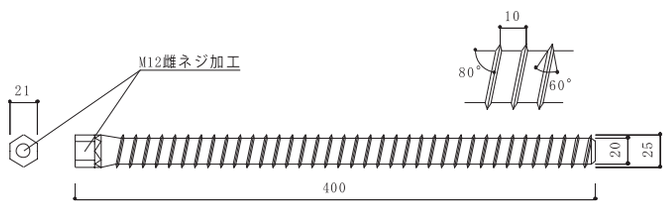
・高い耐力が確認されたが、変形性能は低かった。

● 姿図・寸法

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



接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 25



● 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）

LSB（カネシン）

● 問い合わせ先 URL

www.kaneshin.co.jp/

●理論式

—

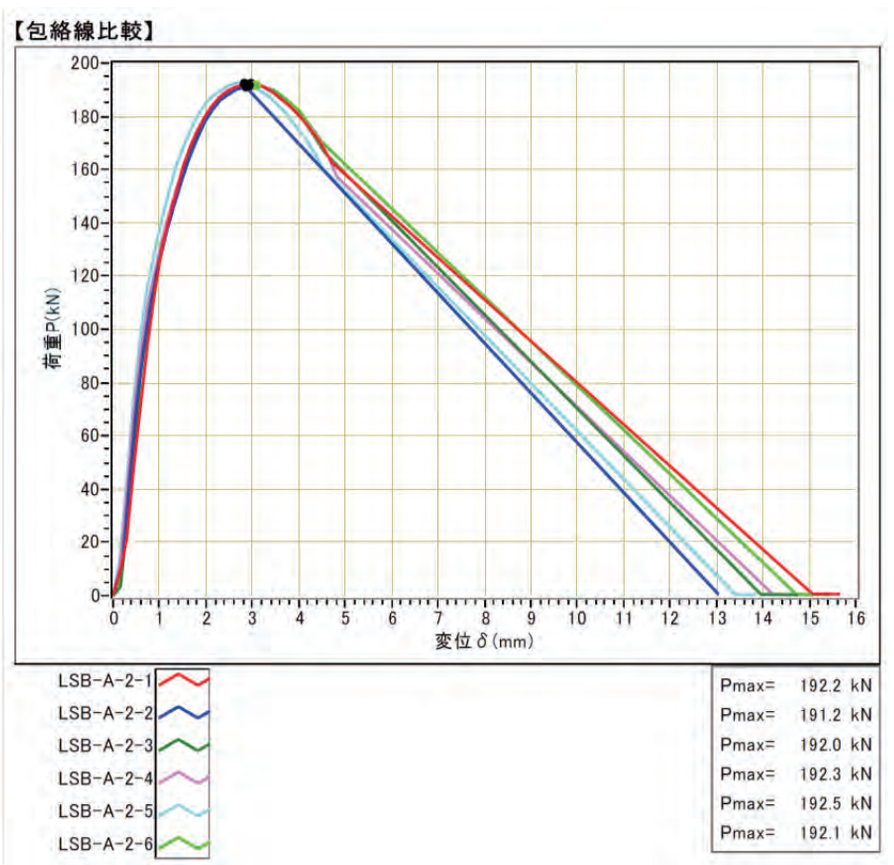
●計算式

—

●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



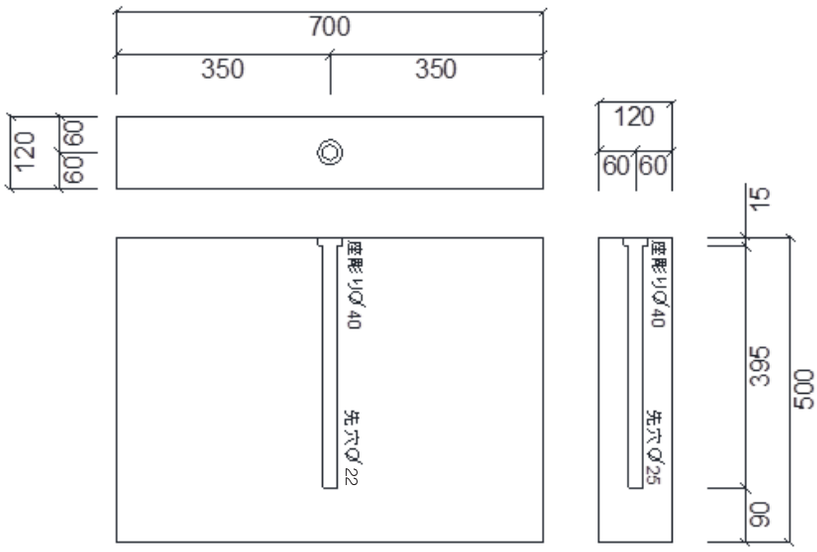
●破壊性状

・LSB のめねじに入っているハイテンションボルト（M12 六角ボルト：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。

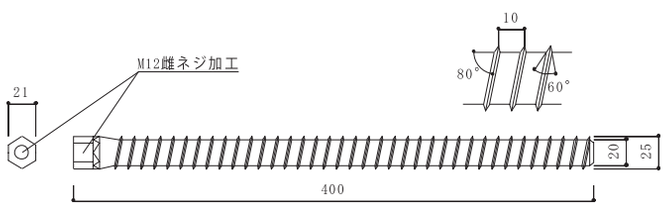
・高い耐力が確認されたが、変形性能は低かった。

●姿図・寸法

【使用材料】 母材　120mm × 500mm × L700mm（カラマツ 120E-1 級　50V-43H）



接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 25



●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）

LSB（カネシン）

●問い合わせ先 URL

www.kaneshin.co.jp/

●理論式

—

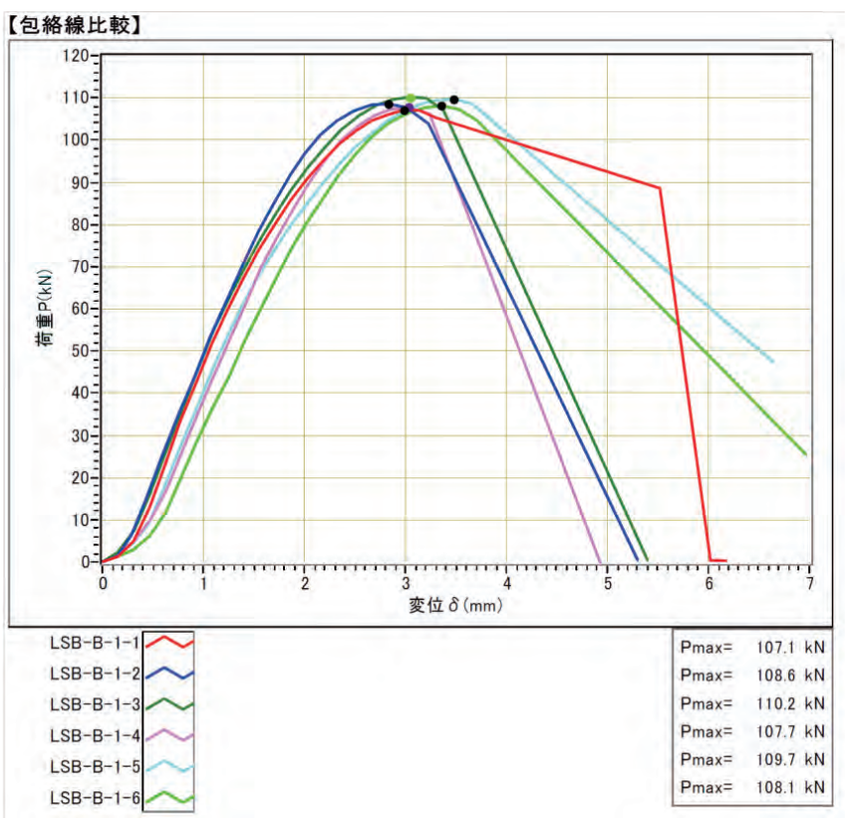
●計算式

—

●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

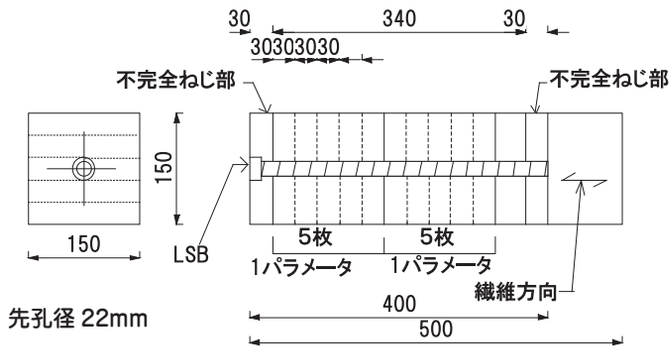


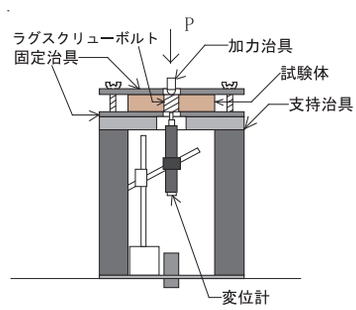
●破壊性状

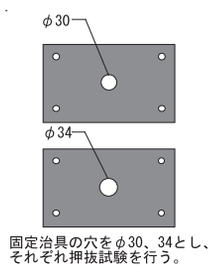
・LSB のめねじに入っているハイテンションボルト（M12 六角ボルト：土台への固定用金物）の引張り破壊による荷重低下が確認された。

・高い耐力が確認されたが、変形性能は低かった。

● 姿図・寸法







【使用材料】

母材　　：LVL（カラマツ　120E-1 級　50V-43H　断面 150mm × 150mm）

接合具　：ラグスクリューボルト（カネシン）（全長 400mm、山径 25mm、谷径 20mm、ピッチ 10mm）

試験体数：60 体（固定治具 φ 30：6 母材× 5 体＝ 30 体、固定治具 φ 34：6 母材× 5 体＝ 30 体）

● 適用条件

本実験結果およびそれから導かれる各値をそのまま利用できるのは、接合具に純粋な引張力のみが作用する場合である。

● 概要

150mm × 150mm のスギ集成材に φ 25mm の接合具を繊維方向に 400mm 埋め込み、不完全ねじ部 30mm を除き鋼材用バンドソーで切断した試験体である。

● 接合具（メーカー、入手方法等）

ラグスクリューボルト（製造 : ㈱カネシン、販売：㈱カネシン）

● 問い合わせ先 URL

http://www.kaneshin.co.jp

● 理論式※

特性値を求める式

$\tau = P_1 / A_e$　-(1)

$A_e = \pi R(t - p/2)$　-(2)

$\Gamma = \tau / e$　-(3)

$f_v = \tau_{max}$　-(4)

τ　：LSB の円周廻りに作用するせん断応力（N/mm^2）

P_1　：押抜試験より得られた荷重（kN）

A_e　：LSB の円周廻りに作用する有効断面積（mm^2）

R　：LSB 山径 (mm)

t　：薄板の厚さ (mm)

p　：LSB ピッチ (mm)

e　：押抜変位 (mm)

比例式

$P_{maxL} = A_e \cdot f_v$　-(5)

$K_{sL} = \Gamma \cdot A_e$　-(6)

P_{maxL}：比例式による LSB 単体の最大耐力（kN）

f_v　：LSB のせん断強度（N/mm^2）

K_{sL}　：比例式による LSB の引抜剛性（N/mm）

Γ　：LSB のせん断剛性係数（N/mm^3）

中谷式

$$K_{sN} = \frac{\Gamma \pi R(E_w A_w + E_s A_s)\sinh kl}{k(E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} \quad (E_w A_w \leqq E_s A_s) \qquad \text{-(7)}$$

$$P_{\max N} = \frac{f_v \pi R(E_w A_w + E_s A_s)\sinh kl}{k(E_s A_s \cosh kl + E_w A_w)} \quad (E_w A_w \leqq E_s A_s) \qquad \text{-(8)}$$

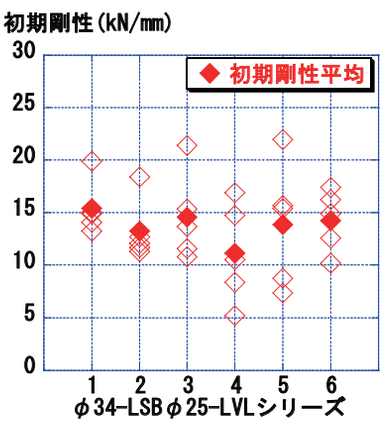
$$k = \sqrt{\Gamma \pi R\left(\frac{1}{E_w A_w} + \frac{1}{E_s A_s}\right)} \qquad \text{-(9)}$$

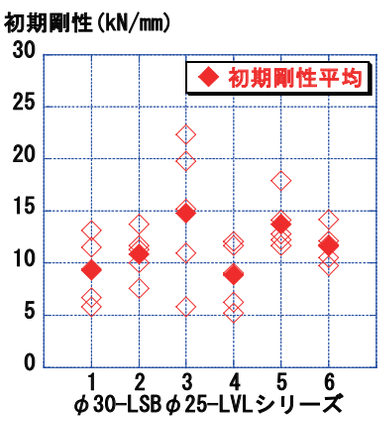
K_{sN} ：中谷式による LSB の引抜剛性（N/mm）
Γ ：LSB のせん断剛性係数（N/mm^3）
R ：LSB の山径（mm）
E_w ：木質部材のヤング係数（N/mm^2）
E_s ：LSB のヤング係数（N/mm^2）
A_w ：木質部材の有効断面積（mm^2）
A_s ：LSB の断面積（mm^2）
l ：LSB の埋め込み長さ（mm）
P_{maxN}：中谷式による LSB 単体の最大耐力（kN）
f_v ：LSB のせん断強度（N/mm^2）

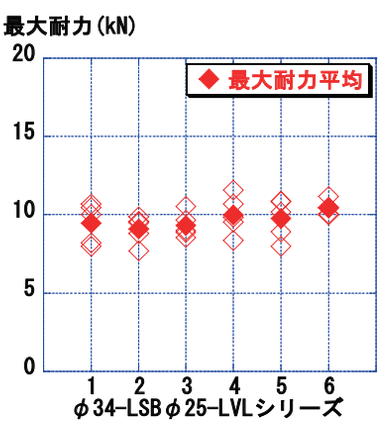
●モデル化

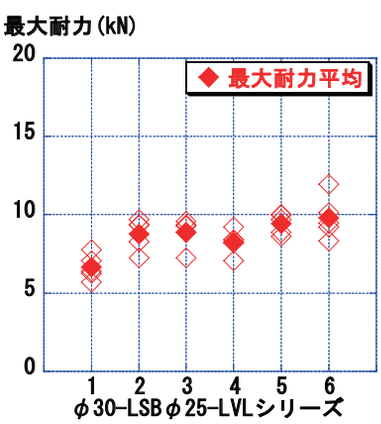
—

●特性値









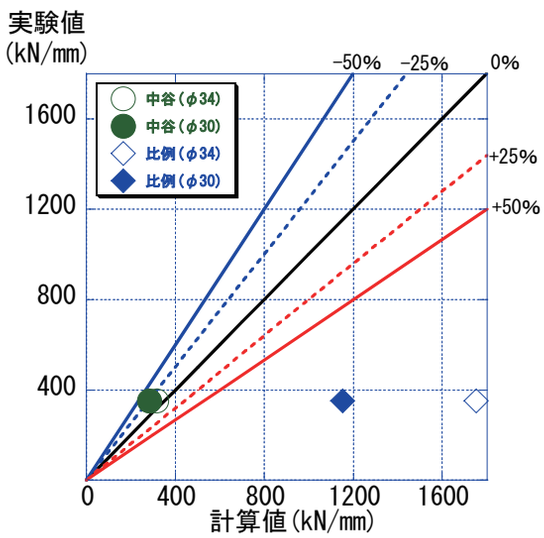
試験体名	樹種	せん断強度 f_v(N/mm^2)	せん断剛性係数 Γ(N/mm^3)
φ34-LSBφ25-LVL	LVL	3.70	11.12
φ30-LSBφ25-LVL		3.24	7.29

●実験値と計算値の誤差

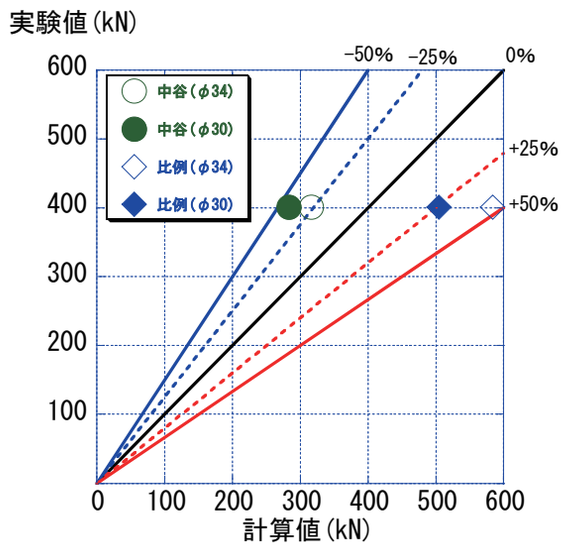
引抜剛性について比較した場合、比例式による計算値は実験値に対する誤差が＋ 50％を超える値を示すものが多く、計算値は実験値を過大評価しているといえる。一方、中谷式による計算値は概ね実験値を推定できていた。

最大耐力について比較した場合、比例式及び中谷式による計算値の実験値に対する誤差は同程度となり、大きな違いはみられなかった。

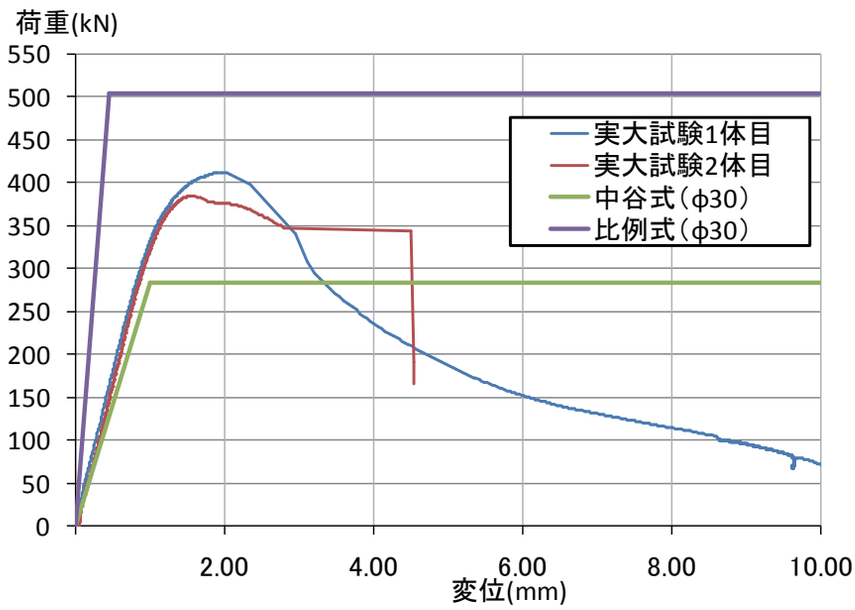
また、実大試験の荷重－変位曲線と計算値の荷重－変位曲線を比較した場合においても、比例式は実大試験の結果を大きく上回っているのに対し、中谷式は概ね実験値を推定できていた。なお、比例式及び中谷式の荷重－変位曲線は固定治具の穴径が 30mm の値を用いている。



引抜剛性

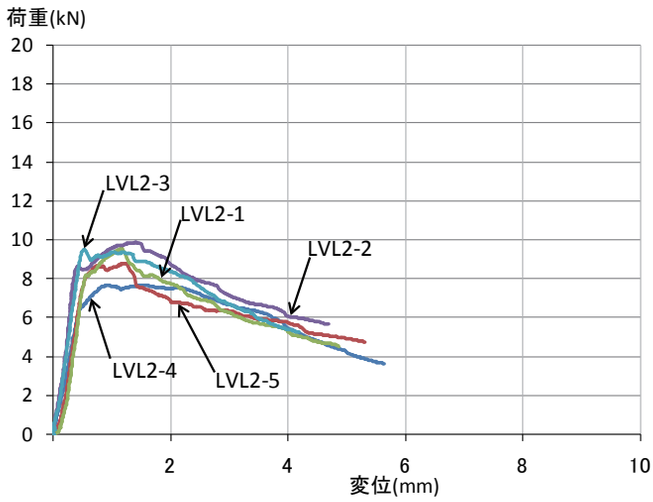


最大耐力



実大実験はLSB（LVL／カラマツ／120E-1級／150×240×1400／LSB4本）のデータ

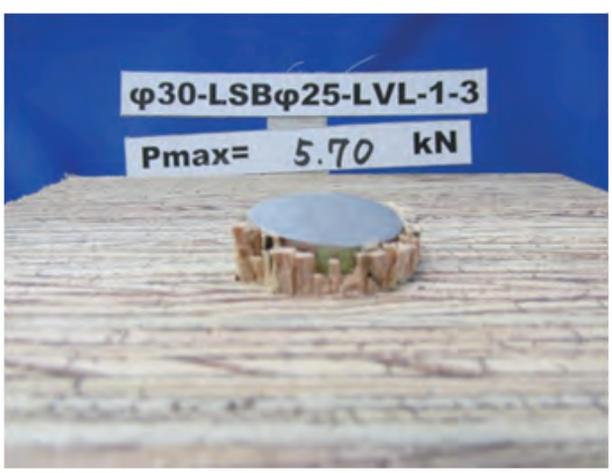
● **荷重変形**



荷重―変位曲線（Φ 34 － LSB Φ 25 － LVL2）

● **破壊性状**

・主な破壊性状は、LSB のねじ山に沿う接合部の母材全体のせん断破壊であった。



構造システムと施工の注意点

本設計データ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。本設計データでは、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設計データ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

概要

構造用ビスの現状

近年、木造建築物に使われる各種接合金物を留め付ける接合具として、構造用ビスと呼ばれる接合具が主流となってきている。これは、従来の“木ねじ”を独自に改良・進化させたもので、胴部径と胴部長さ、ネジ山のピッチ・高さとねじ部長さ、先端部の形状、ビス頭部の形状や大きさ等を様々に変化させて、各種用途に特化した形で販売されている。しかし、構造用ビスと呼ばれるものがあまりにも多岐に渡るため、統一的な規格が整備されておらず、それ故にビスの許容せん断耐力、引き抜き耐力等の性能評価法に関する検討が遅れているのが現状である。現状は、日本建築学会の「木質構造設計規準・同解説」[1)]に掲載されている“木ねじ（JIS 製品）”を使って同書の計算式を用いるか、同じく日本建築学会の「木質構造接合部設計マニュアル」[2)]に掲載されている構造用ビスの性能評価法に従って一面せん断耐力を算定するしか設計方法がない。

一方で、木造住宅用の接合金物には構造用ビスが大量に使われているが、ビス 1 本の性能から接合部の耐力を設計しているのではなく、仕様を決めて接合部の引き抜き試験やせん断試験を行うことにより、実験値を基にした接合部耐力を評価して設計に用いる数値を導き出している。

構面の性能

現在の木造軸組工法住宅の許容応力度計算を行う際、（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」[3)]を参考にすることが多い。この中の面材張り構面の許容せん断耐力を詳細計算法により求める際に釘接合部の一面せん断性能を使用するが、それと同様に接合具の一面せん断性能を実験的に求め、その数値を基にして構面の性能を評価することが出来れば、従来手法と同様の手順で設計が可能となるため大変都合が良い。

そこで本項では、これまで主に対象としてきた釘とは異なるせん断性能を有する長ビスを対象に、接合具 1 本あたりのせん断性能を求めることとする。

力の伝達方法

本項で扱う構造用ビスは、主に木材と木材を接合する際に用いるものである。ビスの形状により、主にせん断力に抵抗することを目的としたもの、主に引っ張り力に抵抗することを目的としたものに分かれる。

せん断力に抵抗するものは、一方の木材（主材）から他方の木材（側材）に対し、ビスを介してせん断力を伝達するものである。主材と側材の材厚やビスの打ち込み深さ、ビスの形状などにより降伏モードが異なるため、耐力は高いが変形性能の低い接合部、あるいは耐力はそれほど高くないが変形性能に富む接合部など、目的に応じた接合部を形成することが可能である。

引っ張り力に抵抗するものは、全ネジタイプのビスで、頭部を小さくしてネジ山を高くし、主材が側材か

ら離れようとする引っ張り力に対し、ネジ山が抵抗するものである。頭部を小さくすることで徐々にビスは材中にめり込んでいき、変形性能に富む接合部を形成することが出来るのが特徴である。

使用する接合具

本設計データの集成床パネル用として用いる接合具は、近年 CLT（Cross Laminated Timber）の接合等に用いられる長めの構造用ビス（以下、長ビス）3 種類と、接合金物の留め付けなどに使われる一般的なせん断接合用の構造用ビス（以下、せん断ビス）1 種類である。

長ビスは、国内ではまだあまり生産されておらず、欧州からの輸入品が中心であるが、胴部径が太く、全ネジあるいは半ネジタイプのものが用いられている。主にせん断接合に用いる長ビスはネジ頭が大きい半ネジタイプのビスを使い、主に引張接合に用いる場合にはネジ頭が小さい全ネジタイプのビスを使うようであるが、特に用途が限定されているわけではない。今回検討に用いた長ビスは、パネル－軸組接合部用にはネジ頭が大きく頭部のめり込み抵抗の大きい半ネジタイプ（WURTH 社製 ASSY 3.0SK）を、胴部径を変えて 2 種類使用した。パネル間継ぎ手接合部には、主に斜めビス打ちに使用されるネジ頭の小さい全ネジタイプ（WURTH 社製 ASSY plus VG）と、国内で接合金物のせん断接合用に販売されているタイプ（(株) カナイ製 YD-R90）の 2 種類を使用した。

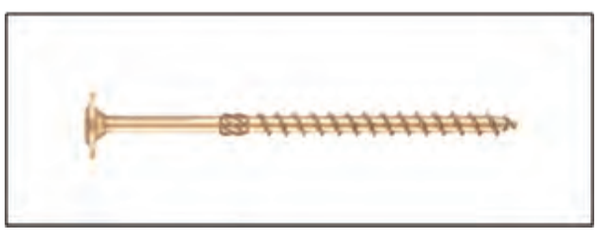


写真 1　せん断接合用の長ビス（ASSY 3.0 SK）

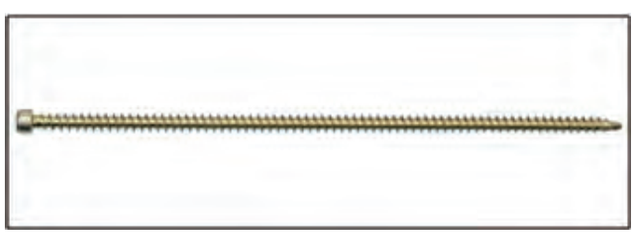


写真 2　引張接合用の長ビス（ASSY plus VG）

写真 3　せん断ビス（YD-R90）

本設計データの合わせ梁に用いる接合具は東日本パワーファスニング株式会社のパネリード X である。

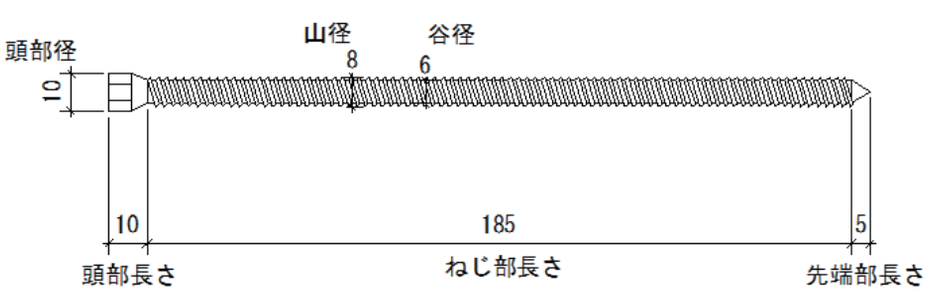


図 1　パネリード X（各部の寸法）

設計における考え方と適用範囲

構造用ビスを用いた構面の設計に用いる接合部のせん断データは、まだそれほど蓄積が多くない。また、耐力壁や床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[3,4など]も多いが、それらは全て釘打ち構面を想定しており、また基本的に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る。本設計データ集で扱っている中層大規模木造建築物に用いるような高強度構面についての検証はなされていないし、構造用ビスの適用性についても検証されているわけではない。よって、現段階では構造用ビスのせん断性能を基に自由に構面の設計をするのは危険であり、最低限、同一のビス留め仕様による構面の実験を併用して安全性を確かめてから設計に用いる必要があるだろう。

文献

1）（社）日本建築学会編：木質構造設計規準・同解説 －許容応力度・許容耐力設計法－、2006.
2）（社）日本建築学会編：木質構造接合部設計マニュアル、2009.
3）（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.
4）（社）日本ツーバイフォー建築協会編：枠組壁工法建築物構造計算指針、2007.

● 姿図・寸法

【使用材料】

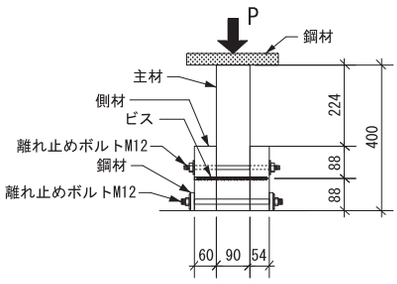
タイプ a

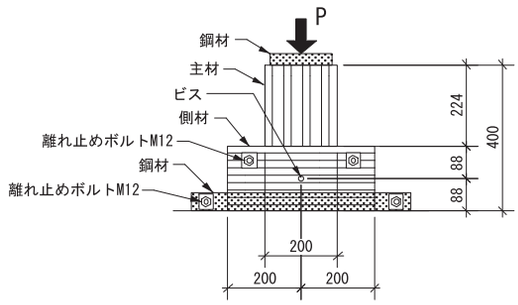
主材 200mm × 90mm、

側材① 176mm × 60mm、

側材② 176mm × 54mm

（カラマツ E105-F300）





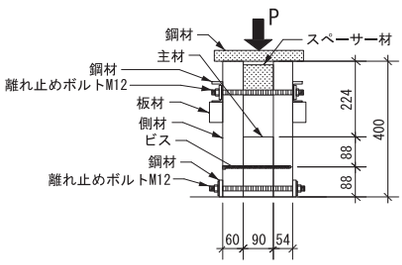
タイプ b

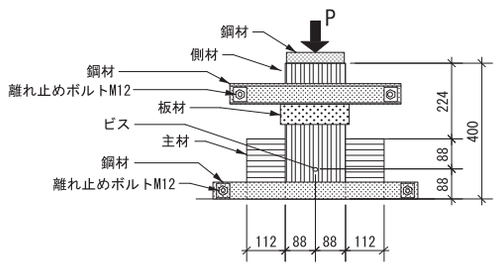
主材 200mm × 90mm、

側材① 176mm × 60mm、

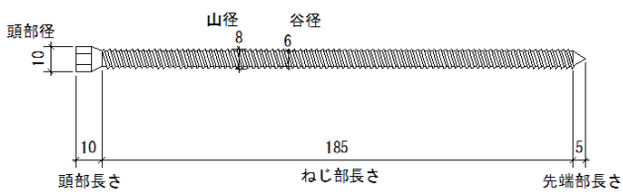
側材② 176mm × 54mm

（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、タイプ a、タイプ b とした。両タイプとも主材と側材の繊維方向は直交している。

タイプ a：12 体（主材に対する加力方向が 0°）

タイプ b：7 体（主材に対する加力方向が 90°）

● 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)	$=\frac{E_0}{31.6+10.9d}$	$=\frac{E_0}{31.6+10.9d}\times\frac{1}{3.4}$
側材側の面圧定数	*ke2*	(N/mm3)	$=\frac{E_0}{31.6+10.9d}\times\frac{1}{3.4}$	$=\frac{E_0}{31.6+10.9d}$
面圧定数の比	*γ*		$=\frac{k_{e2}}{k_{e1}}$	
主材側の有効剛体長さ	*tef1*	mm	$=\min.\left\{t_1,\left(\frac{\pi E d^3}{k_{e1}}\right)^{\frac{1}{4}}\right\}$	
側材側の有効剛体長さ	*tef2*	mm	$=\min.\left\{t_2,\left(\frac{\pi E d^3\phi^3}{k_{e2}}\right)^{\frac{1}{4}}\right\}$	
初期剛性	*Ks*	(N/mm)	$=\frac{dk_{e1}t_{ef1}\alpha\gamma\phi(1+\alpha^3\gamma\phi)}{1+4\alpha\gamma\phi+6\alpha^2\gamma\phi+4\alpha^3\gamma\phi+\alpha^4\gamma^2\phi^2}\times 0.9$	
接合具の回転中心距離or塑性ヒンジ距離(n=3～6)	*Ln*	(mm)	$=\begin{cases} 3)L_3=\frac{t_1}{2\beta\phi}\sqrt{\alpha^2\beta^3\phi^3+2\beta^2\phi^2(\alpha^2+\alpha+1)+\beta\phi} \\ 4)L_4=\frac{t_1}{2\beta\phi}\sqrt{\frac{4M_p\beta\phi^4(\beta\phi+2)}{F_{e1}dt_1^2}+2\beta\phi(\beta\phi+1)} \\ 5)L_5=\frac{t_1}{2\beta\phi}\sqrt{\frac{4M_p\beta\phi(2\beta\phi+1)}{F_{e1}dt_1^2}+2\alpha^2\beta^2\phi^2(\beta\phi+1)} \\ 6)L_6=\frac{1}{\beta\phi}\sqrt{\frac{2M_p(1+\phi^3)\beta\phi(\beta\phi+1)}{F_{e1}d}} \end{cases}$	
ビス1面せん断接合の降伏耐力	*Pyf*	(N)	$=\min.\begin{cases} 1)F_{e1}d\times t_1 \\ 2)F_{e1}d\times t_1\alpha\beta\phi \\ 3)F_{e1}d\times\frac{\beta\phi}{\beta\phi+1}(2L_3-(\alpha+1)t_1) \\ 4)F_{e1}d\times\frac{\beta\phi}{\beta\phi+2}(2L_4-t_1) \\ 5)F_{e1}d\times\frac{\beta\phi}{2\beta\phi+1}(2L_5-\alpha t_1) \\ 6)F_{e1}d\times\frac{\beta\phi}{\beta\phi+1}L_6 \end{cases}$	
降伏変位	*δy*	(mm)	$=\frac{P_{yf}}{K_s}$	
Pyf+Pf	*Py*	(N)	=Pyf+Pf	

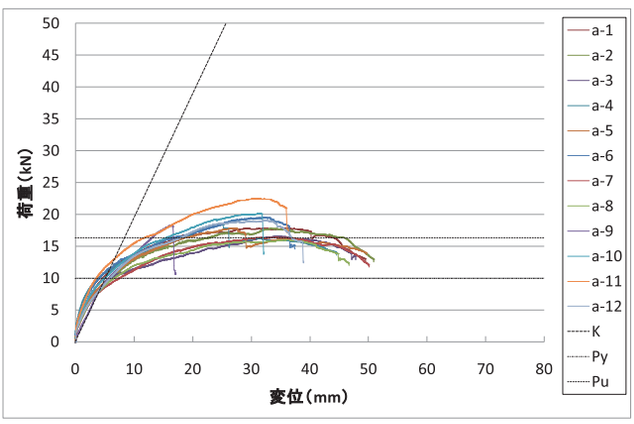
●モデル化

—

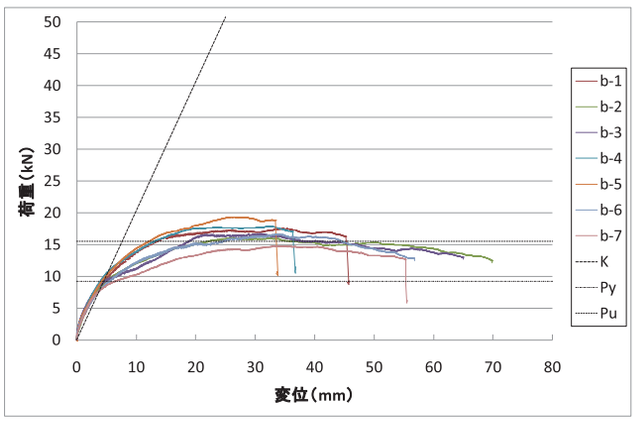
●特性値

		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° 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



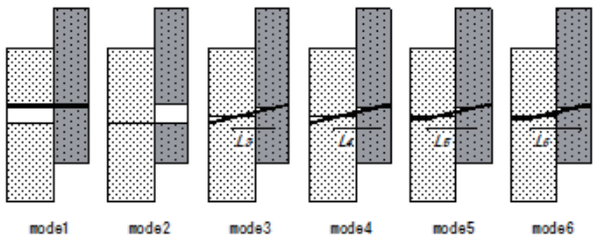
タイプ a



タイプ b

● 破壊性状

ビス 1 面せん断の各降伏モード



ビスの終局、破断。ビス先端の抜け。

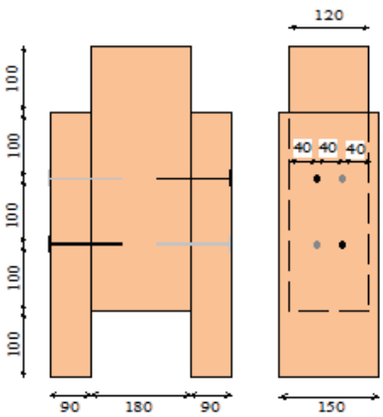
（a-4）

（b-2）

破壊性状については、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もあったが、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。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。

●姿図・寸法



【使用材料】

木材：主材：120 × 180 × 400mm（JAS 構造用集成材 (対称異等級構成)、E95-F270、カラマツ）

　　側材：120 × 90 × 400mm（JAS 構造用集成材 (同一等級構成)、E65-F255、スギ）

接合具：ASSY 3.0 SK、胴部径 8.0mm、全長 160mm、胴部長さ 60mm、× 4 本使用

●適用条件

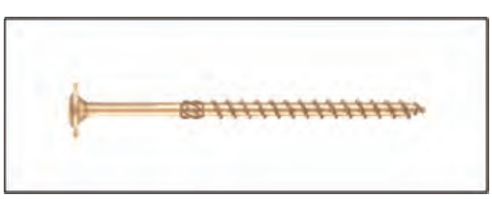
集成材厚板パネルを床下地材として梁桁材に留め付けた床構面の許容せん断耐力算定に用いるための接合部性能を求める試験体である。ビスは両側材から 2 本ずつ、千鳥に打ち込む。ビス頭は側材と面一（ビス頭が軽くめり込む程度）とし、過度なめり込みは避ける。主材－側材間の摩擦力が耐力に影響を及ぼすと考えられるが、実際使用時を考慮し、特に摩擦力を排除した試験体を作成する必要は無い。

●概要

一般的な住宅に多用される構造用合板張り床構面と同様に、集成材厚板パネルを床構面に留め付けた場合の性能を求めるための基礎資料として、構造用ビスの一面せん断性能を求める。本仕様では、側材に用いる集成材パネルのラミナの方向を 2 種類（主材と平行方向および直交方向）用意することで、繊維方向の違いよる耐力・変形性能に違いがあるかどうかも検証している。

●接合具（メーカー、入手方法等）

ASSY 3.0 SK･･･ ドイツの Würth 社の商品であるが、日本の正規代理店である「ウルトジャパン (株)」は建築関係の金物の取り扱いを休止しているため、現在は、東日本パワーファスニング (株) が代理店となっている。



●問い合わせ先

http://www.e-jpf.co.jp/ ＜東日本パワーファスニング (株) ＞

http://www.wuerth.co.jp/ ＜ウルトジャパン (株) ＞

●理論式

ヨーロッパ型降伏理論（EYT 式）を拡張し、構造用ビスに適用した設計式が提案されている。接合具単体の曲げ性能や木材の物性値（面圧性能）等をもとに、初期剛性、降伏耐力、二次剛性、最大耐力等を推定することが出来る。ただし、本項で扱う長ビスに関してこの理論式の適合性を確認した研究例はない。詳細は、(社) 日本建築学会の「木質構造接合部設計マニュアル」を参照のこと。

なお、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を求める際には、ビス接合部の一面せん断特性値を基にして、(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」に準拠して耐力算定することが出来る。

●計算式

—

●モデル化

許容応力度設計を行う際には、下記特性値を基にして接合部の特性を完全弾塑性モデルに仮定し、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を詳細計算法によって求めることが可能である。ただし、ビスの形状や木材の樹種、等級などが異なってくると接合部のせん断性能から求め直さなければならないので、その適用範囲には十分注意すること。

なお、一般的に剛性は平均値を、終局耐力、終局変位は 50% 下限値を用いることが多い。

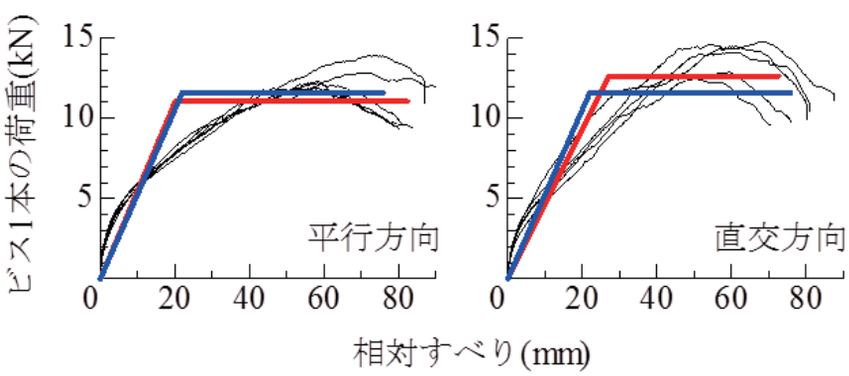
●特性値

	K (kN/mm)	Py (kN)	Pmax (kN)	Pu (kN)	δ v (mm)	δ u (mm)
側材平行方向	0.562	6.01	12.50	11.05	20.08	82.34
側材直交方向	0.489	6.48	13.87	12.64	27.11	72.67
平均値	0.526	6.25	13.19	11.85	23.60	77.51
下限値	0.497	6.06	12.94	11.60	22.00	75.78

注 1：K 剛性、Py 降伏耐力、Pmax 最大耐力、Pu 終局耐力、δ v 降伏点変位、δ u 終局変位

注 2：平行方向、直交方向の値は各 6 体の平均値。下限値は、各方向について信頼水準 75% の 50% 下側許容限界値を求めた値の平均値。

●荷重変形



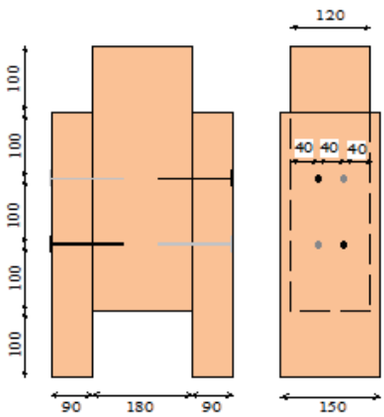
注：赤線は各方向特性値による完全弾塑性モデル、青線は終局耐力、降伏点変位、終局変位を下限値にした場合の完全弾塑性モデル

●破壊性状

・ほとんどのビスが、ビス頭が側材にめり込む破壊性状。

・一部、主材からネジ部が引き抜ける破壊を示すものもあった。

●姿図・寸法



【使用材料】

木材：主材：120 × 180 × 400mm（JAS 構造用集成材 (対称異等級構成)、E95-F270、カラマツ）

　　側材：120 × 90 × 400mm（JAS 構造用集成材 (同一等級構成)、E65-F255、スギ）

接合具：ASSY 3.0 SK、胴部径 6.0mm、全長 160mm、胴部長さ 60mm、× 4 本使用

●適用条件

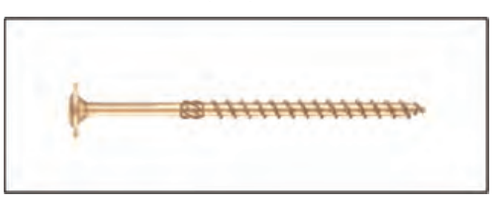
集成材厚板パネルを床下地材として梁桁材に留め付けた床構面の許容せん断耐力算定に用いるための接合部性能を求める試験体である。ビスは両側材から 2 本ずつ、千鳥に打ち込む。ビス頭は側材と面一（ビス頭が軽くめり込む程度）とし、過度なめり込みは避ける。主材－側材間の摩擦力が耐力に影響を及ぼすと考えられるが、実際使用時を考慮し、特に摩擦力を排除した試験体を作成する必要は無い。

●概要

一般的な住宅に多用される構造用合板張り床構面と同様に、集成材厚板パネルを床構面に留め付けた場合の性能を求めるための基礎資料として、構造用ビスの一面せん断性能を求める。本仕様では、側材に用いる集成材パネルのラミナの方向を 2 種類（主材と平行方向および直交方向）用意することで、繊維方向の違いよる耐力・変形性能に違いがあるかどうかも検証している。

●接合具（メーカー、入手方法等）

ASSY 3.0 SK･･･ ドイツの Würth 社の商品であるが、日本の正規代理店である「ウルトジャパン (株)」は建築関係の金物の取り扱いを休止しているため、現在は、東日本パワーファスニング (株) が代理店となっている。



●問い合わせ先

http://www.e-jpf.co.jp/ ＜東日本パワーファスニング (株) ＞

http://www.wuerth.co.jp/ ＜ウルトジャパン (株) ＞

●理論式

ヨーロッパ型降伏理論（EYT 式）を拡張し、構造用ビスに適用した設計式が提案されている。接合具単体の曲げ性能や木材の物性値（面圧性能）等をもとに、初期剛性、降伏耐力、二次剛性、最大耐力等を推定することが出来る。ただし、本項で扱う長ビスに関してこの理論式の適合性を確認した研究例はない。詳細は、(社) 日本建築学会の「木質構造接合部設計マニュアル」を参照のこと。

なお、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を求める際には、ビス接合部の一面せん断特性値を基にして、(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」に準拠して耐力算定することが出来る。

●計算式

—

●モデル化

許容応力度設計を行う際には、下記特性値を基にして接合部の特性を完全弾塑性モデルに仮定し、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を詳細計算法によって求めることが可能である。ただし、ビスの形状や木材の樹種、等級などが異なってくると接合部のせん断性能から求め直さなければならないので、その適用範囲には十分注意すること。

なお、一般的に剛性は平均値を、終局耐力、終局変位は 50% 下限値を用いることが多い。

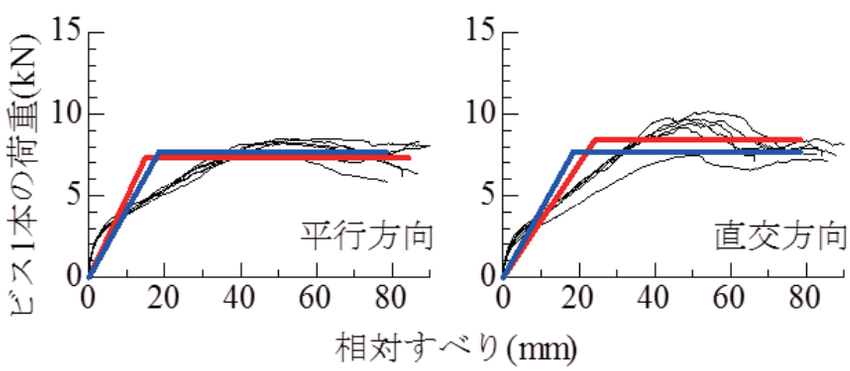
●特性値

	K (kN/mm)	Py (kN)	Pmax (kN)	Pu (kN)	δ v (mm)	δ u (mm)
側材平行方向	0.505	3.60	8.19	7.31	14.82	84.30
側材直交方向	0.350	4.20	9.28	8.41	24.24	78.53
平均値	0.428	3.90	8.74	7.86	19.53	81.42
下限値	0.411	3.77	8.53	7.67	18.53	78.32

注 1：K 剛性、Py 降伏耐力、Pmax 最大耐力、Pu 終局耐力、δ v 降伏点変位、δ u 終局変位

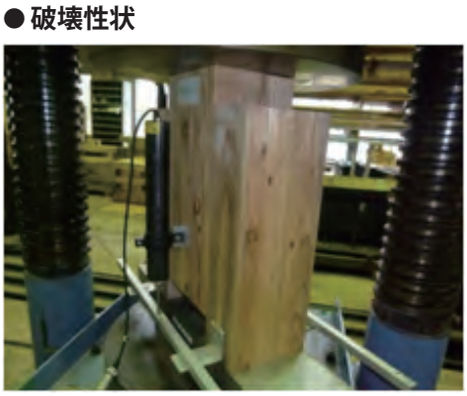
注 2：平行方向、直交方向の値は各 6 体の平均値。下限値は、各方向について信頼水準 75% の 50% 下側許容限界値を求めた値の平均値。

●荷重変形



注：赤線は各方向特性値による完全弾塑性モデル、青線は終局耐力、降伏点変位、終局変位を下限値にした場合の完全弾塑性モデル

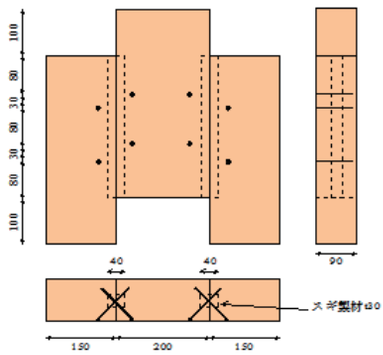
●破壊性状



・ビス頭が小さいため、よりめり込みやすくなり、外からはほとんど見えないくらい。

・胴部径も細いため、ビスの曲げ変形も大きかった。

●姿図・寸法



【使用材料】

木材：主材：90 × 200 × 400mm（JAS 構造用集成材 (同一等級構成)、E65-F255、スギ）
　　側材：90 × 150 × 400mm（JAS 構造用集成材 (同一等級構成)、E65-F255、スギ）
　　雇い実：30 × 40 × 300mm（スギ製材）

接合具：ASSY plug VG、胴部径 6.0mm、全長 120mm、打ち込み角度 45°× 8 本使用

●適用条件

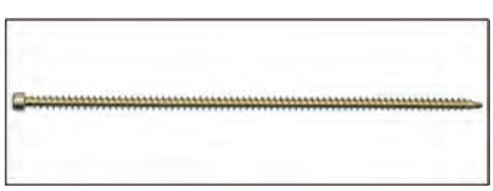
集成材厚板パネルを床下地材として梁桁材に留め付けた床構面の許容せん断耐力算定に用いるための接合部性能を求める試験体である。ビスは主材と側材それぞれから斜め 45°の角度でビスを打ち込み、雇い実のスギ製材を貫通する。ビス頭は概ね集成材厚板パネルと面一とし、過度なめり込みは避ける。主材－側材間の摩擦力が耐力に影響を及ぼすと考えられるが、実際使用時を考慮し、特に摩擦力を排除した試験体を作成する必要は無い。

●概要

一般的な住宅に多用される構造用合板張り床構面と同様に、集成材厚板パネルを床構面に留め付けた場合の性能を求めるための基礎資料として、構造用ビスの一面せん断性能を求める。本仕様では、パネル間継手部分の接合方法として雇い実＋せん断ビス接合を取り上げ、せん断ビス 1 対（両方のパネルでビスを打つため、 1 対で 1 つの接合部と見なす）のせん断性能を評価する。

●接合具（メーカー、入手方法等）

ASSY plus VG･･･ ドイツの Würth 社の商品であるが、日本の正規代理店である「ウルトジャパン (株)」は建築関係の金物の取り扱いを休止しているため、現在は、東日本パワーファスニング (株) が代理店となっている。



●問い合わせ先

http://www.e-jpf.co.jp/ ＜東日本パワーファスニング (株) ＞
http://www.wuerth.co.jp/ ＜ウルトジャパン (株) ＞

●理論式

この接合具は本来は引っ張り抵抗させるためのものであり、その理論的研究はまだ途上であるが、本実験ではせん断抵抗接合具として使用している。

なお、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を求める際には、ビス接合部の一面せん断特性値を基にして、(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」に準拠して耐力算定することが出来る。

●計算式

—

●モデル化

許容応力度設計を行う際には、下記特性値を基にして接合部の特性を完全弾塑性モデルに仮定し、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を詳細計算法によって求めることが可能である。ただし、本接合仕様は軸組材との接合ではなくパネル間の接合であるため、詳細計算法をそのまま適用することは出来ない。「床／集成パネル床」の解説にてその計算方法を詳述する。

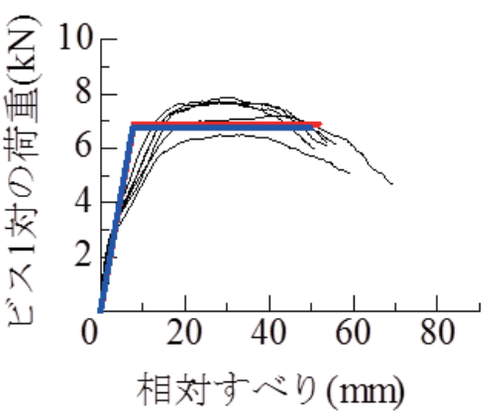
なお、前記と同様に、一般的に剛性は平均値を、終局耐力、終局変位は 50% 下限値を用いることが多い。

●特性値

	K (kN/mm)	Py (kN)	Pmax (kN)	Pu (kN)	δ v (mm)	δ u (mm)
平均値	0.875	3.33	7.45	6.89	7.92	51.85
下限値	0.854	3.24	7.29	6.74	7.65	49.91

注 1：K 剛性、Py 降伏耐力、Pmax 最大耐力、Pu 終局耐力、δ v 降伏点変位、δ u 終局変位

注 2：下限値は、信頼水準 75% の 50% 下側許容限界値。**●荷重変形**



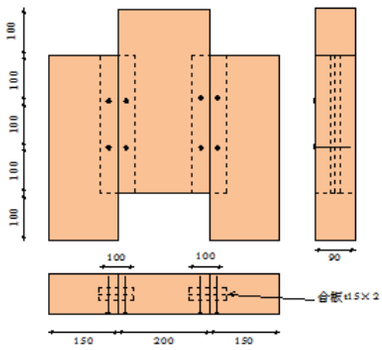
注：赤線は平均値による完全弾塑性モデル、青線は終局耐力、降伏点変位、終局変位を下限値にした場合の完全弾塑性モデル

●破壊性状

・全ネジタイプのビスのため、ビス頭のめり込みは少ない。

・ネジ部が木材にめり込みながら変形が進行する。

● 姿図・寸法



【使用材料】

木材：主材：90 × 200 × 400mm（JAS 構造用集成材 (同一等級構成)、E65-F255、スギ）

側材：90 × 150 × 400mm（JAS 構造用集成材 (同一等級構成)、E65-F255、スギ）

雇い実：15 × 100 × 300mm（構造用合板）2 枚合わせで使用

接合具：YD-R90、胴部径 6.0mm、全長 90mm、平打ち　× 8 本使用

● 適用条件

集成材厚板パネルを床下地材として梁桁材に留め付けた床構面の許容せん断耐力算定に用いるための接合部性能を求める試験体である。ビスは主材と側材それぞれから平打ちで打ち込み､雇い実の合板を貫通する。ビス頭は集成材厚板パネルと面一とし、過度なめり込みは避ける。主材－側材間の摩擦力が耐力に影響を及ぼすと考えられるが、実際使用時を考慮し、特に摩擦力を排除した試験体を作成する必要は無い。

● 概要

一般的な住宅に多用される構造用合板張り床構面と同様に、集成材厚板パネルを床構面に留め付けた場合の性能を求めるための基礎資料として、構造用ビスの一面せん断性能を求める。パネル間継手部分の接合方法として雇い実＋せん断ビス接合を取り上げ、せん断ビス 1 対（両方のパネルでビスを打つため、 1 対で 1 つの接合部と見なす）のせん断性能を評価する。

● 接合具（メーカー、入手方法等）

YD-R90･･･ カナイ (株) の商品。接合金物の留め付け用として開発されたものであるが、他の用途にも使用することは可能。

● 問い合わせ先

http://www.kana-e.co.jp/ ＜カナイ (株) ＞

● 理論式

この接合具は接合金物の緊結などに使われるもので、主にせん断抵抗する接合具である。ビス 1 本の許容耐力等は、日本建築学会の「木質構造接合部設計マニュアル」に従って求めることできる。

なお、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を求める際には、ビス接合部の一面せん断特性値を基にして、(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」に準拠して耐力算定することが出来る。

●計算式

—

●モデル化

許容応力度設計を行う際には、下記特性値を基にして接合部の特性を完全弾塑性モデルに仮定し、集成パネル張り構面の許容せん断耐力を詳細計算法によって求めることが可能である。ただし、本接合仕様は軸組材との接合ではなくパネル間の接合であるため、詳細計算法をそのまま適用することは出来ない。「床／集成パネル床」の解説にてその計算方法を詳述する。

なお、前記と同様に、一般的に剛性は平均値を、終局耐力、終局変位は 50% 下限値を用いることが多い。

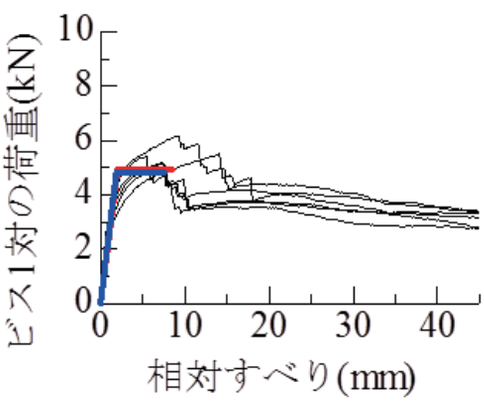
●特性値

	K (kN/mm)	Py (kN)	Pmax (kN)	Pu (kN)	δ v (mm)	δ u (mm)
平均値	2.528	3.23	5.37	4.93	2.01	8.46
下限値	2.386	3.11	5.24	4.81	1.88	7.54

注 1：K 剛性、Py 降伏耐力、Pmax 最大耐力、Pu 終局耐力、δ v 降伏点変位、δ u 終局変位

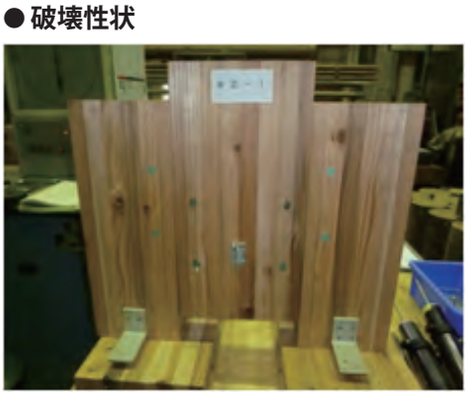
注 2：下限値は、信頼水準 75% の 50% 下側許容限界値。

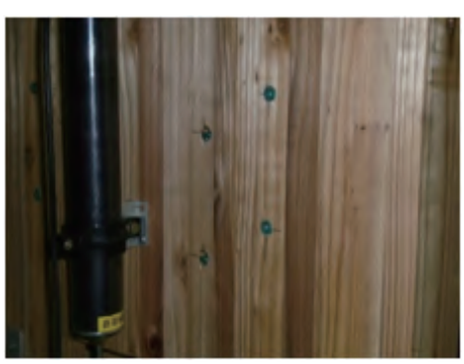
●荷重変形



注：赤線は平均値による完全弾塑性モデル、青線は終局耐力、降伏点変位、終局変位を下限値にした場合の完全弾塑性モデル

●破壊性状





・主材又は側材のビスが折れて耐力低下し、後は変形が進む。

構造システムと施工の注意点

構造用ビス接合部は、釘に比べて太い胴部径を有するものが多いために高いせん断抵抗性能を有し、さらにネジ部を有することで高い引き抜き耐力が期待できることから、様々な接合金物の留め付けに利用されている。本項で扱った構造用ビス（特にウルト社の長ビス）は、主に木材同士の接合に使用されるものであり、高いせん断性能と共に変形性能も高い点が特徴であり、欧州では CLT 建築物の接合部に多用されているものである。

ビスの寸法には様々なものがあるため、用いる材料の厚さ等を考慮して、適切な接合具を選択することが望ましい。また、施工の際はビスのピッチや材縁部からの距離（縁距離）を十分に確保し、木材のせん断破壊が先行するようなことが無いよう注意して施工すること。

解析モデル

ビス接合部の特性を基に構面の性能を求める際には、接合具 1 本あたりの荷重－変形関係を完全弾塑性モデル化し、それを基にして床構面等の許容耐力算定などを行うことが多い。本設計データには実験結果の平均値と 50% 下限値を示したが、剛性は平均値を、終局耐力や終局変位は 50% 下限値を用いるのが適当と思われる。

バリエーション

ビスの寸法には様々な種類がある。側材の厚さや打ち込み深さ、必要とする耐力等によって、適切なビスを選択する必要がある。ただし、寸法が変わると当然ながら接合部の特性も変わるため、本設計データに掲載した寸法以外のビスを使う際には、同じような一面せん断試験を実施し、その耐力・変形特性を把握した上で設計に用いなければならない。

木栓（シラカシ）

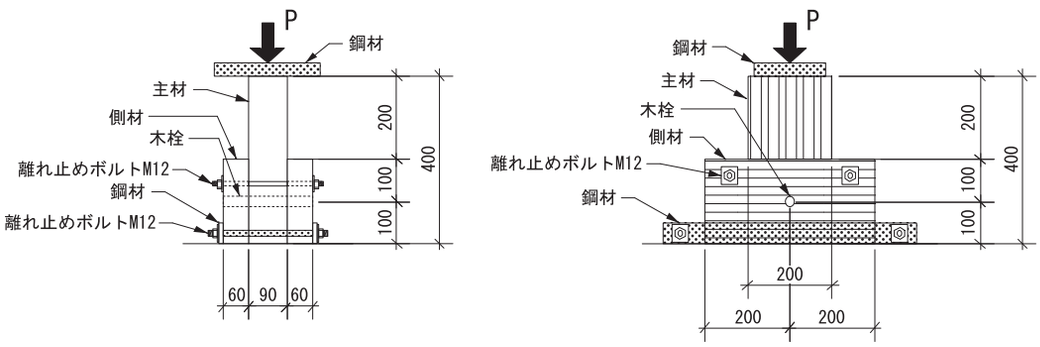
木材同士のせん断接合に用いられる木材、もしくは木質材料。鋼板と木材の先穴の誤差が避けられない鋼板挿入ドリフトピン等に比べ、現場で穴あけして打ち込めるため、ほぼクリアランス無く納めることが可能である。木栓のせん断強さは比重に依存するため、本実験では、国産広葉樹の中でも最も比重の大きい部類に属するシラカシの円形木栓を用いた。円形断面としたのは、穴の角での応力集中がなく母材を割裂させにくいこと、穴の施工誤差が出にくいこと、など利点が多いことを考慮したものである。

●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

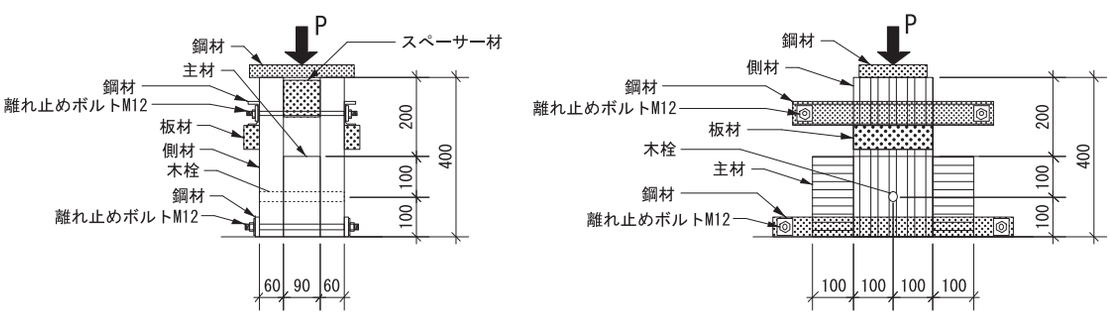


タイプ b

【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 a：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

タイプ b：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

●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)	=8.1+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	$\theta 1$	度	0	90
側材側の荷重角度	$\theta 2$	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)	$=\frac{k_{e1}\times\alpha_k k_{cvf}}{k_{e1}+\alpha_k k_{cvf}}$	
側材側複合面圧定数	kcp2	(N/mm3)	$=\frac{k_{e2}\times\alpha_k k_{cvf}}{k_{e2}+\alpha_k k_{cvf}}$	
主材での片側剛性	K1	(N/mm)	$=\min.\begin{cases} dk_{cp1}L_1 \\ \frac{1}{3}\left(Ed^7 k_{cp1}{}^3\right)^{\frac{1}{4}}\times\left(1+0.188\times\eta\sqrt{\frac{k_{cp1}d}{E}}\right)^{-\frac{1}{2}} \end{cases}$	
側材での片側剛性	K2	(N/mm)	$=\min.\begin{cases} dk_{cp2}L_2 \\ \frac{1}{3}\left(Ed^7 k_{cp2}{}^3\right)^{\frac{1}{4}}\times\left(1+0.188\times\eta\sqrt{\frac{k_{cp2}d}{E}}\right)^{-\frac{1}{2}} \end{cases}$	
木栓2面せん断接合のせん断剛性	Kf	(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)	$=\min.\left\{F_{e1},\alpha_F F_{cvf}\right\}$	
側材側複合面圧降伏応力	Fecp2	(N/mm2)	$=\min.\left\{F_{e2},\alpha_F F_{cvf}\right\}$	
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	Pyf	(N)	$=\min.\begin{cases} 1)dt_1F_{ecp1} \\ 2)dt_1F_{ecp1}\times 2\alpha\beta \\ 3)dt_1F_{ecp1}\times\left[\sqrt{\frac{16\beta M_y}{dt_1{}^2F_{ecp1}(2\beta+1)}+\frac{8\alpha^2\beta^2(\beta+1)}{(2\beta+1)^2}}-\frac{2\alpha\beta}{2\beta+1}\right] \\ 4)\sqrt{\frac{16dF_{ecp1}M_y\beta}{1+\beta}} \\ 5)\frac{2\times A\times F_s}{\kappa} \end{cases}$	

●モデル化

—

●特性値

タイプ a

		ρ 1 (g/cm3)	ρ 2 (g/cm3)	K (kN/mm)	Pmax (kN)	Py (kN)	δ y (mm)	Pu (kN)	δ u (mm)
φ 24 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

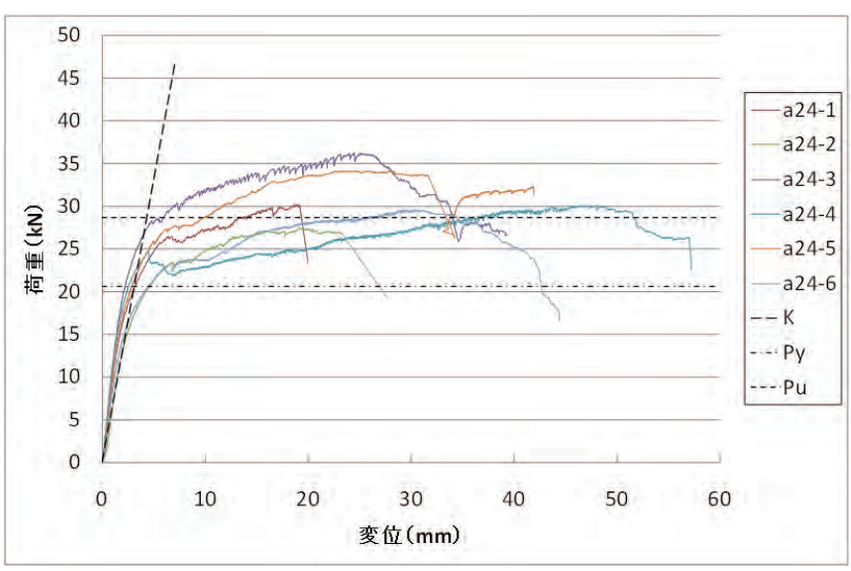
タイプ b

		ρ 1 (g/cm3)	ρ 2 (g/cm3)	K (kN/mm)	Pmax (kN)	Py (kN)	δ y (mm)	Pu (kN)	δ u (mm)
φ 24 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

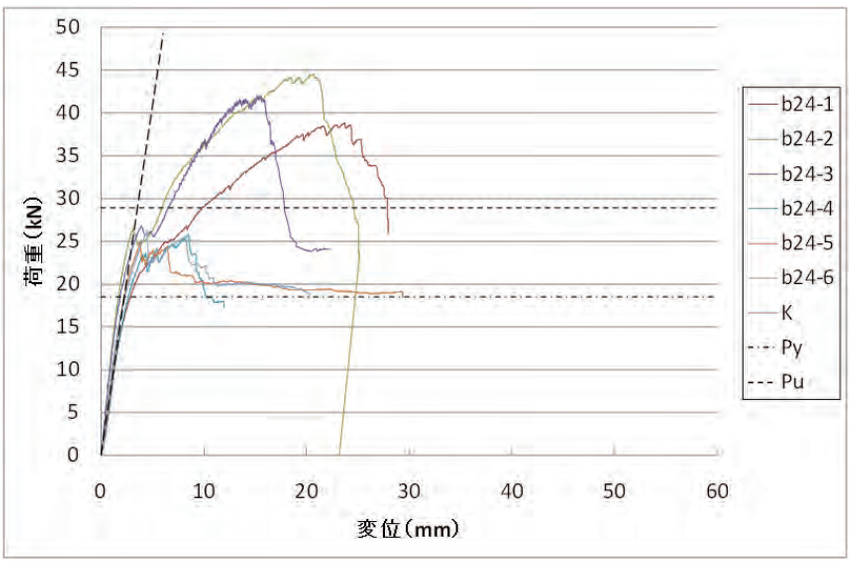
ρ 1、ρ 2 はそれぞれ母材、木栓の密度

●荷重変形

タイプ a

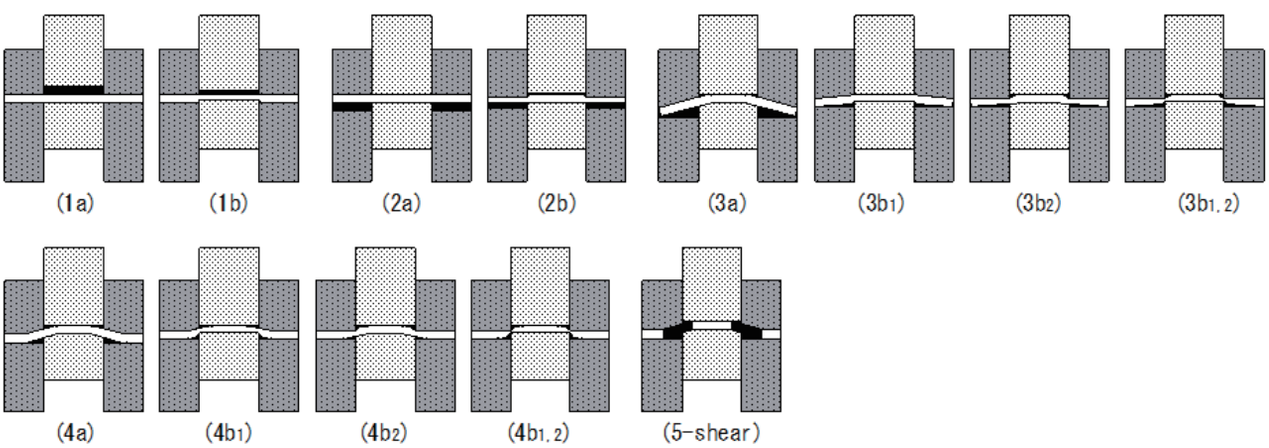


タイプ b



● 破壊性状

木栓２面せん断の各降伏モード



母材の割裂（左：a24-1、中：b24-6、右：b24-1）

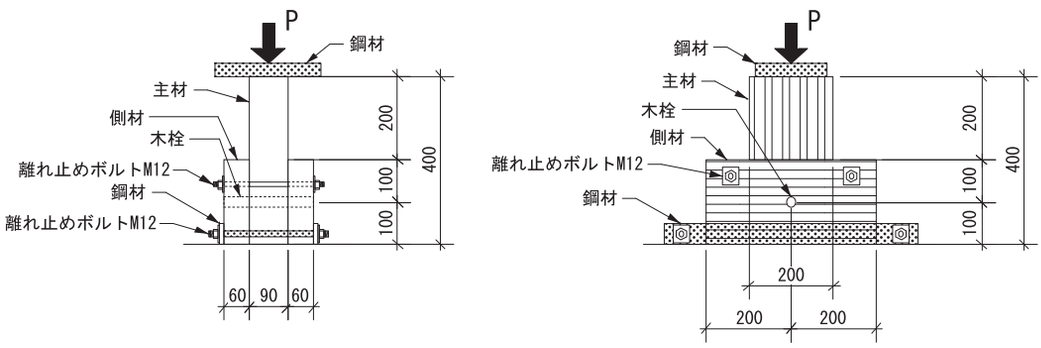
a24-1　　b24-6　　b24-1

●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

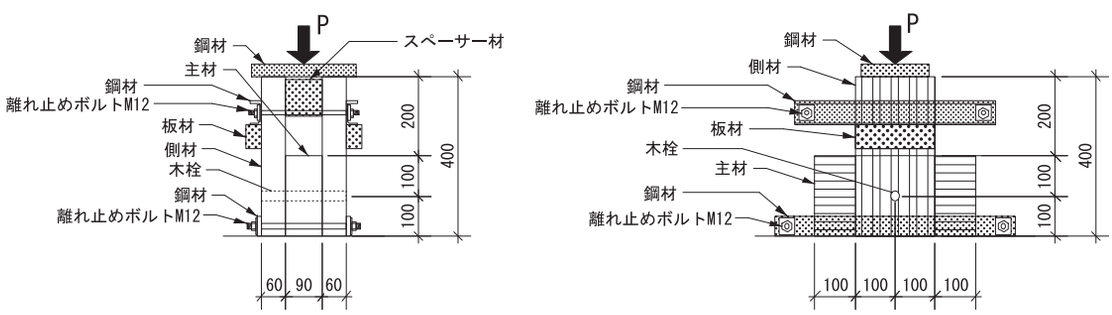


タイプ b

【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 a：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

タイプ b：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

●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)	=8.1+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	$\theta 1$	度	0	90
側材側の荷重角度	$\theta 2$	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)	$=\frac{k_{e1}\times\alpha_k k_{cvf}}{k_{e1}+\alpha_k k_{cvf}}$	
側材側複合面圧定数	kcp2	(N/mm3)	$=\frac{k_{e2}\times\alpha_k k_{cvf}}{k_{e2}+\alpha_k k_{cvf}}$	
主材での片側剛性	K1	(N/mm)	$=\min.\left(\begin{array}{l} dk_{cp1}L_1 \\ \frac{1}{3}\left(Ed^7 k_{cp1}{}^3\right)^{\frac{1}{4}}\times\left(1+0.188\times\eta\sqrt{\frac{k_{cp1}d}{E}}\right)^{-\frac{1}{2}} \end{array}\right.$	
側材での片側剛性	K2	(N/mm)	$=\min.\left(\begin{array}{l} dk_{cp2}L_2 \\ \frac{1}{3}\left(Ed^7 k_{cp2}{}^3\right)^{\frac{1}{4}}\times\left(1+0.188\times\eta\sqrt{\frac{k_{cp2}d}{E}}\right)^{-\frac{1}{2}} \end{array}\right.$	
木栓2面せん断接合のせん断剛性	Kf	(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)	$=\min.\left\{F_{e1},\alpha_F F_{cvf}\right\}$	
側材側複合面圧降伏応力	Fecp2	(N/mm2)	$=\min.\left\{F_{e2},\alpha_F F_{cvf}\right\}$	
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	Pyf	(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

—

●特性値

タイプ a

		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

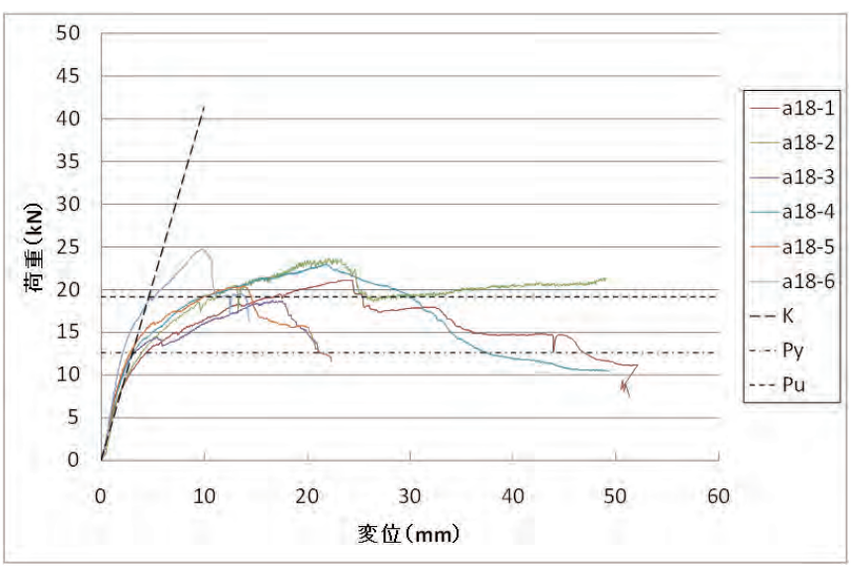
タイプ b

		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

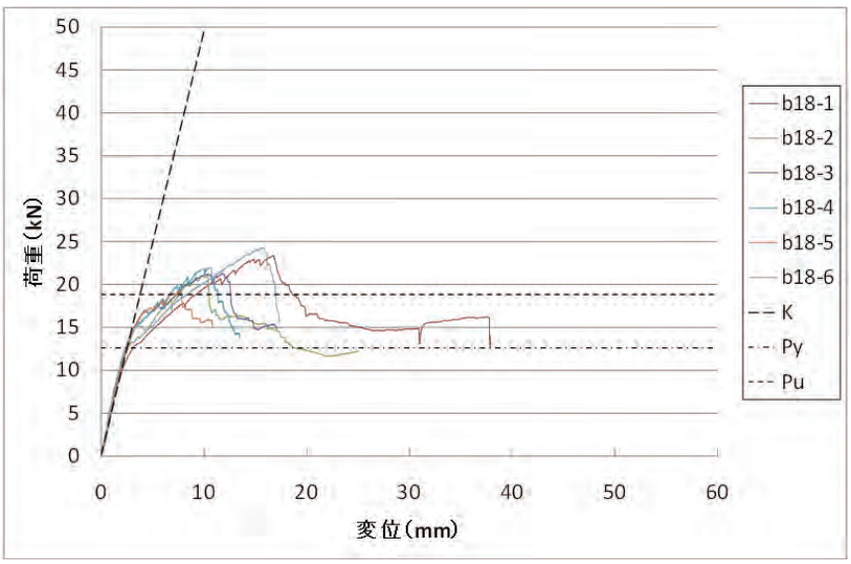
ρ 1、ρ 2 はそれぞれ母材、木栓の密度

●荷重変形

タイプ a

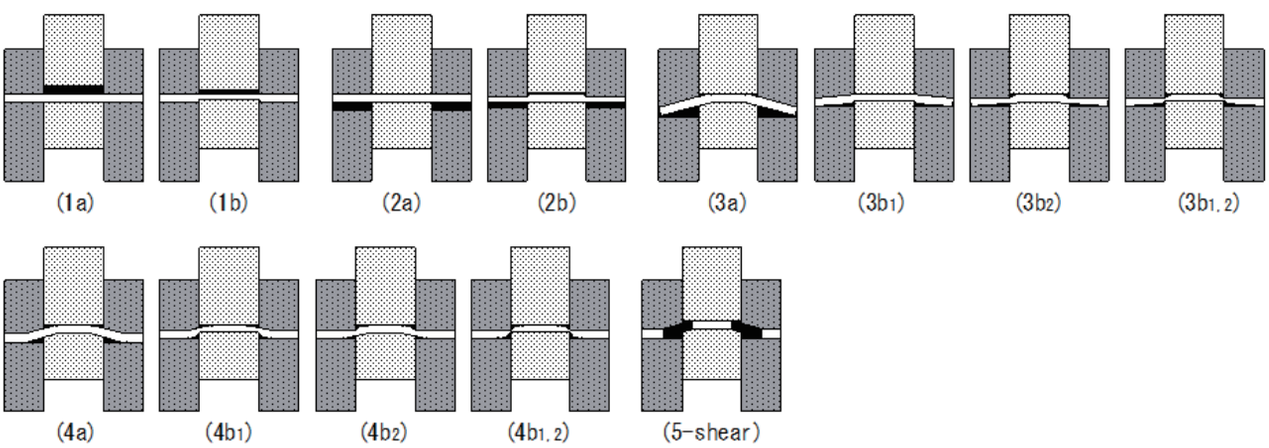


タイプ b



● 破壊性状

木栓 2 面せん断の各降伏モード



母材の割裂（a18-5）

a18-5

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。木栓の降伏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。

3.2　接合部

データシートのリスト（接合部）を以下に示す。

本設計データの見方については **1.4「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
								接合具			
					断面寸法	その他		種類	本数		
接合部	LSB 柱脚接合	集成材	スギ	E65-F255	240 × 600	× 1800		LSB			110
		集成材	カラマツ	E95-F315	240 × 600	× 1800		LSB			114
		LVL	カラマツ	120E-1 級	240 × 600	× 1800		LSB			118
	LSB 柱脚接合（靭性確保）	集成材	スギ	E65-F255	240 × 600	× 1800		LSB	6 × 2		126
	LSB 柱梁接合（ト型）	集成材	スギ	E65-F255	柱 240 × 600 × 3600 梁 180 × 600 × 2500			LSB			132
		集成材	カラマツ	E95-F315	柱 240 × 600 × 3600 梁 180 × 600 × 2500			LSB			134
		LVL	カラマツ	120E-1 級	柱 240 × 600 × 3600 梁 180 × 600 × 2500			LSB			136
	LSB 柱梁接合（L 型）	集成材	スギ	E65-F255	柱 240 × 600 × 1950 梁 180 × 600 × 1650			LSB			142
		集成材	カラマツ	E95-F315	柱 240 × 600 × 1950 梁 180 × 600 × 1650			LSB			144
		LVL	カラマツ	120E-1 級	柱 240 × 600 × 1950 梁 180 × 600 × 1650			LSB			146
	合わせ柱梁接合	集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			木栓	33 本	シラカシ φ 24	152
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			木栓	40 本	シラカシ φ 18	156
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	4 本	シラカシ φ 24	160
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	8 本	シラカシ φ 24	164
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	12 本	シラカシ φ 24	168
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	16 本	シラカシ φ 24	172
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	8 本	シラカシ φ 18	176
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	8 本	ケヤキ φ 24	180
		集成材	スギ	E65-F225	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			木栓	8 本	シラカシ φ 24	184

INDEX	仕様	母材の種類	樹種	強度	寸法		タイプ等				掲載頁
								接合具			
					断面寸法	その他		種類	本数		
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			長ビス		構造用ビス	188
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 180 × 600 × 2700			なし		接合具なし	192
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 300 × 3400 梁 120 × 300 × 2700			なし		接合具なし	196
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			なし		接合具なし	200
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 600 × 3400 梁 120 × 600 × 2700			なし		接合具なし	204
		集成材	カラマツ	E105-F300	柱 2-105 × 750 × 3400 梁 120 × 750 × 2700			なし		接合具なし	208
		集成材	スギ	E65-F225	柱 2-105 × 450 × 3400 梁 120 × 450 × 2700			なし		接合具なし	212
	ブレース端部	集成材	カラマツ	E95-F270	180 × 180	× 800		ドリフトピン	1 本	φ 16	224
		集成材	カラマツ	E95-F270	2-85 × 180	× 800		ボルト	1 本	M16	226
		集成材	カラマツ	E95-F270・ E95-F315	柱 180 × 180 × 690 桁 180 × 330 × 1000		柱頭接合部	ドリフトピン	4 本	φ 16	228
		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	230
		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	232
		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	234
		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	236
		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	238

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。

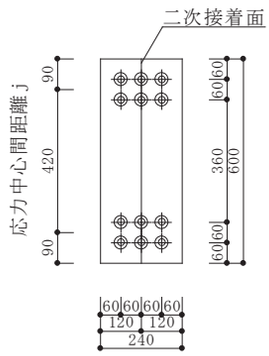
本資料に掲載した実験データは、モーメント伝達接合部の一例として示したものである。せん断力の伝達については実験時に作用させたせん断力に対して、十分な安全率を考慮すれば、このままの仕様で設計が可能である。実験時のせん断力を超える場合には、別途せん断の伝達を考えなければならない。また、LSB 接合部自体は脆性的な接合形式であり、延性を期待する接合部としたい場合には、別途、延性を持つ構成を考える必要がある。その場合には応力伝達は鉄筋コンクリート造のように引張配筋の重心位置とすることも可能と考えられる。

●姿図・寸法

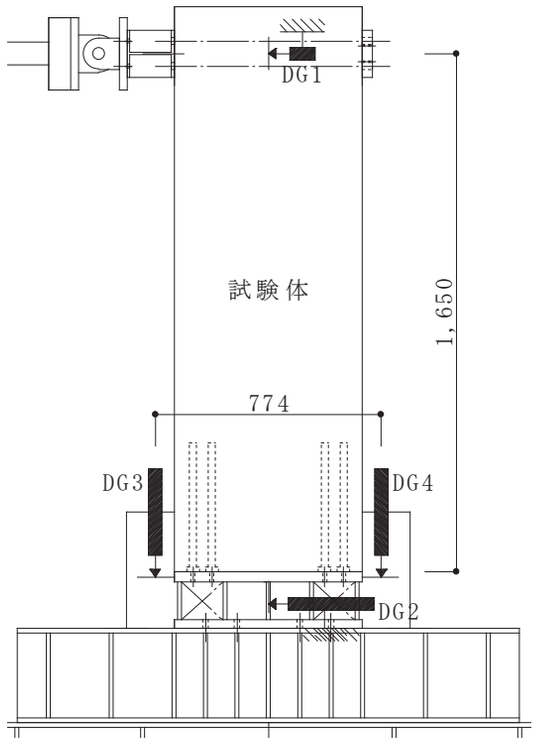
【使用材料】

柱　1800mm × 240mm（120mm ＋ 120mm）× 600mm

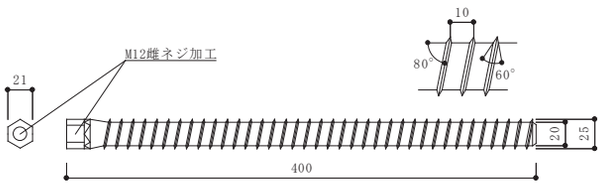
（スギ E65-F255）



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

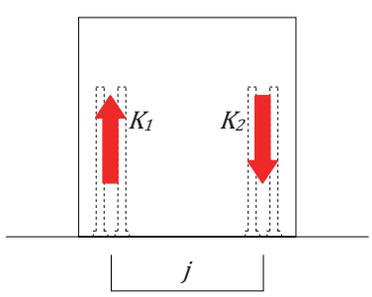
http://www.kaneshin.co.jp

●理論式

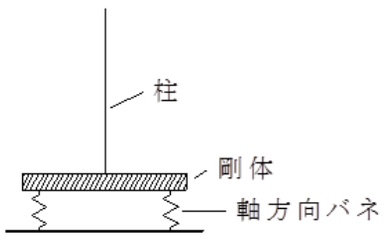
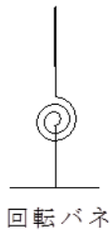
圧縮側の LSB バネ K_1 と引張側の LSB バネ K_2 と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

弾性域　剛性　$K=(K_1+K_2)/2\times j$

$M=(T+C)/2\times j$、$Q=M/h$



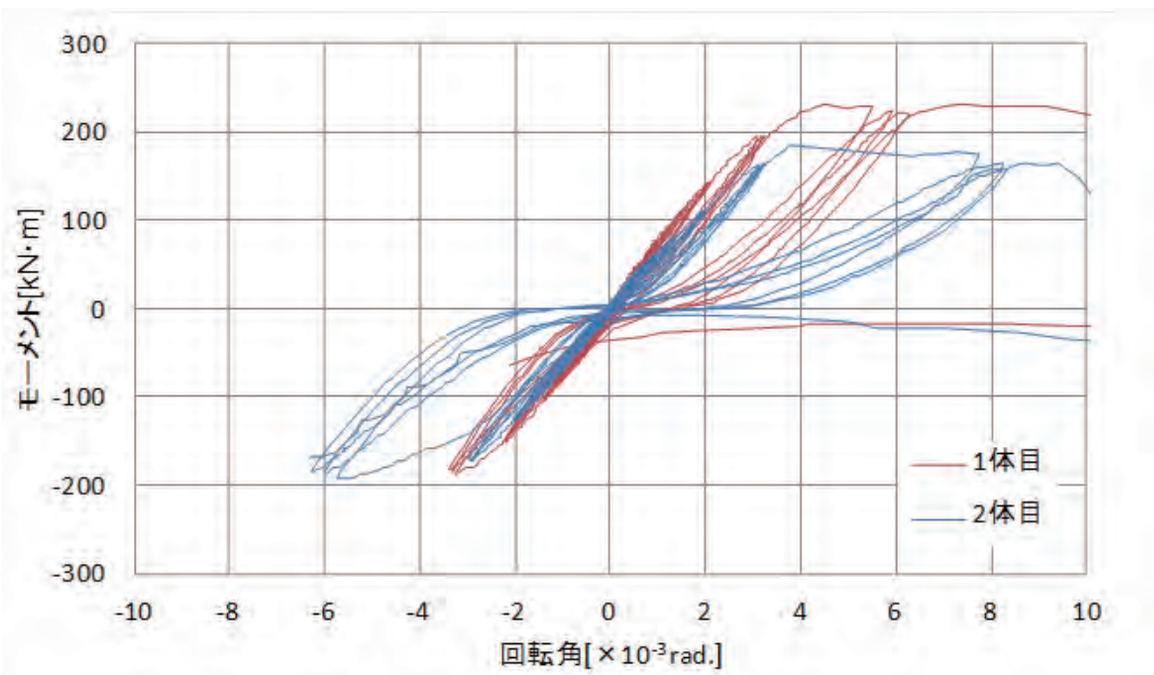
● モデル化

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

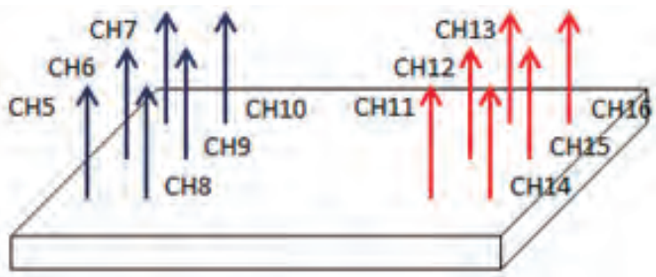
・1 体目

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

● 負担軸力

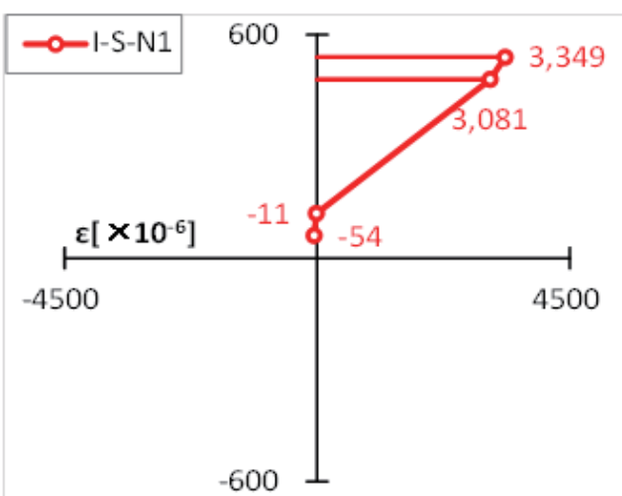


軸力計測位置

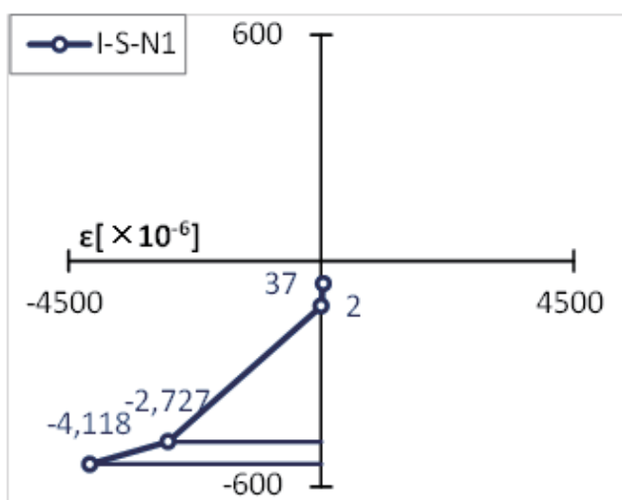
軸力一覧（平均）

	CH5~7	CH8~10	CH11~13	CH14~16
1/75rad 引	-1.18	-0.24	67.8	73.3
1/75rad 押	90.4	60.1	-0.051	-0.82

※引張側を正とした。



1/75rad 引 _ 歪分布



1/75rad 押 _ 歪分布

※縦軸は圧縮縁を 0 とした場合の位置 [mm] とした。歪は初期トルク時の値を加算した。

● 破壊性状

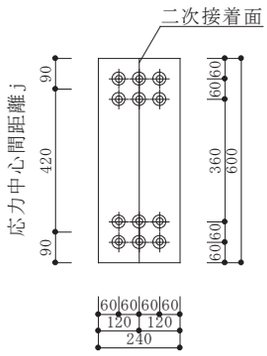
—

● 姿図・寸法

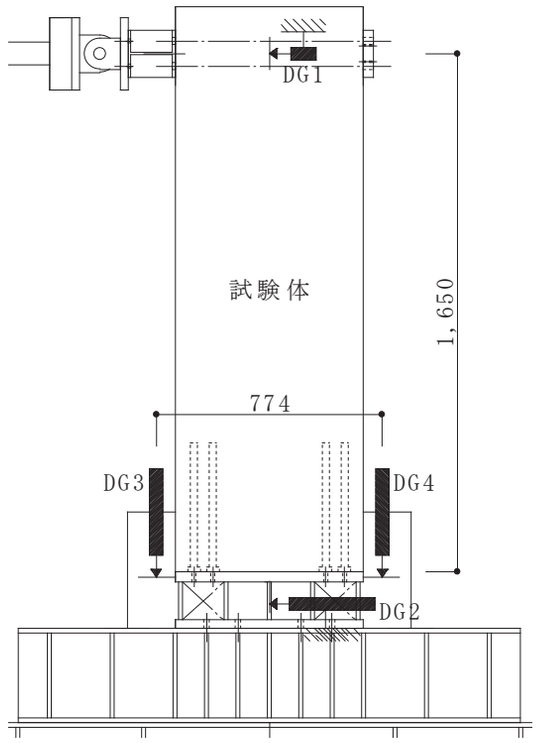
【使用材料】

柱　1800mm × 240mm（120mm ＋ 120mm）× 600mm

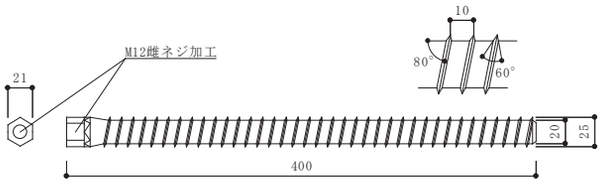
（カラマツ E95-F315）



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

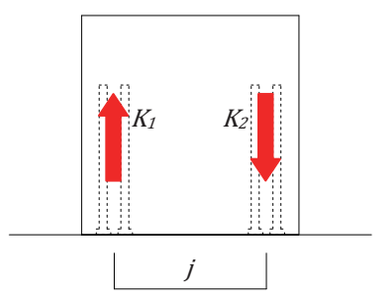
http://www.kaneshin.co.jp

● 理論式

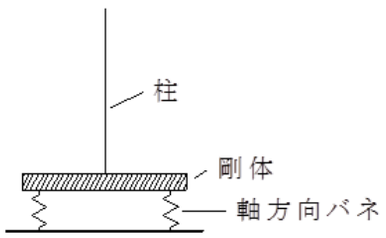
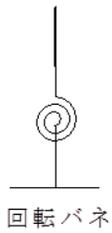
圧縮側の LSB バネ K_1 と引張側の LSB バネ K_2 と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

弾性域　剛性　$K=(K_1+K_2)/2 \times j$

$M=(T+C)/2 \times j$、$Q=M/h$



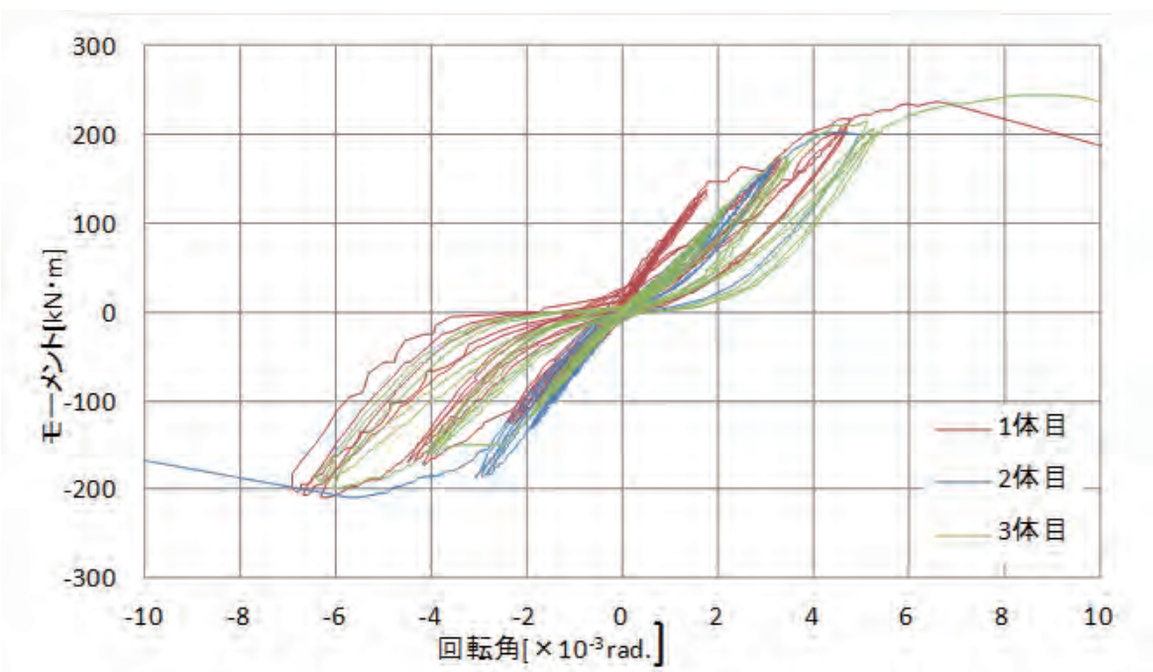
●モデル化

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

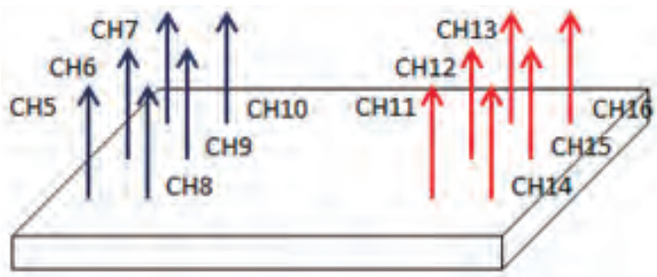
・2 体目

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

● 負担軸力

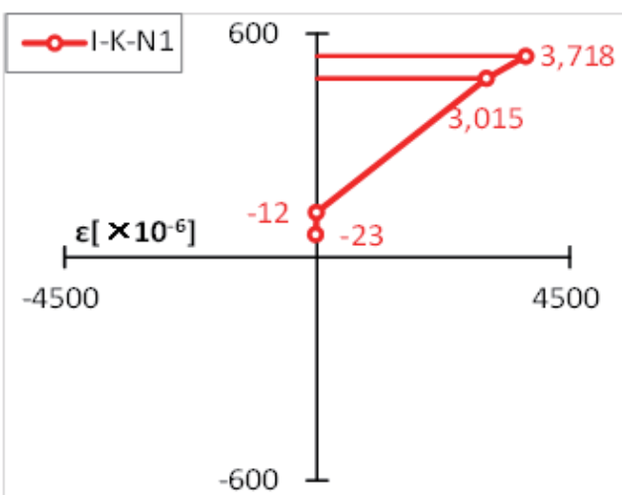


軸力計測位置

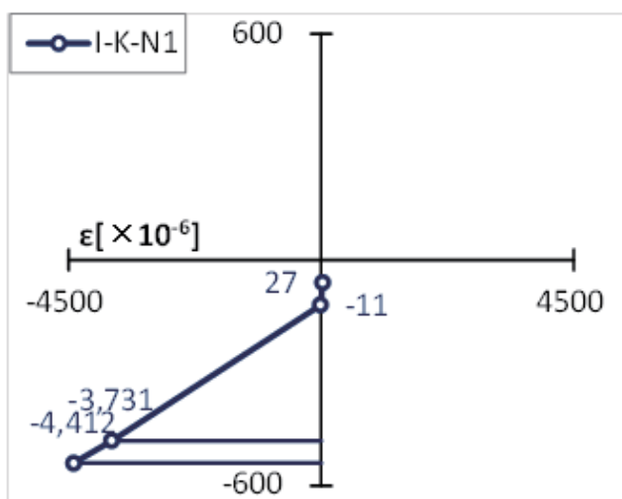
軸力一覧（平均）

	CH5~7	CH8~10	CH11~13	CH14~16
1/50rad 引	-0.52	-0.27	65.9	81.7
1/75rad 押	98.0	80.7	0.23	-0.59

※引張側を正とした。



1/50rad 引 _ 歪分布



1/75rad 押 _ 歪分布

※縦軸は圧縮縁を 0 とした場合の位置 [mm] とした。歪は初期トルク時の値を加算した。

● 破壊性状

—

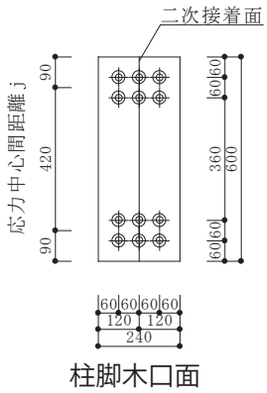
●姿図・寸法

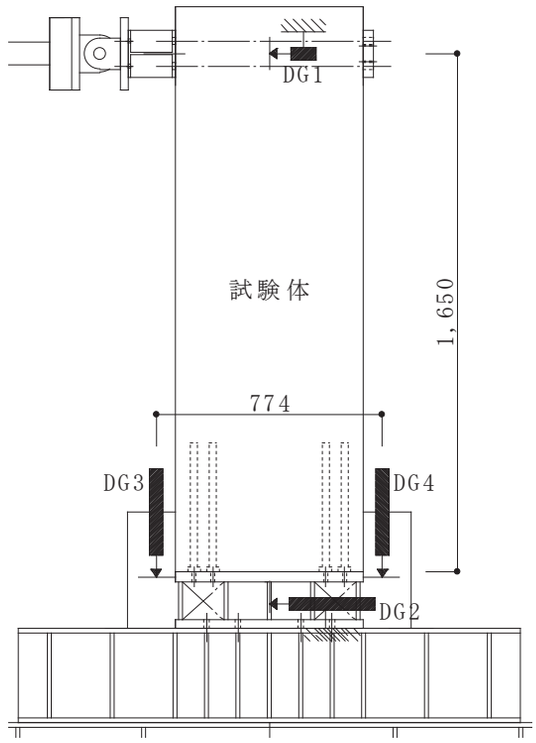
【使用材料】

柱　１８００ｍｍ × ２４０ｍｍ

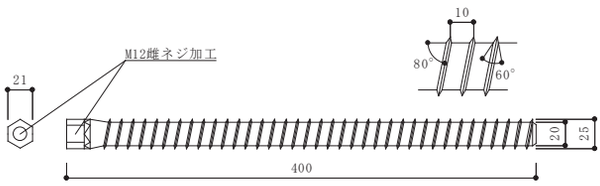
（120mm ＋ 120mm）× 600mm

（LVL カラマツ 120E-1 級 A 種 50V-43H）





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

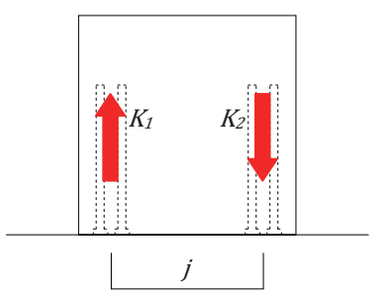
http://www.kaneshin.co.jp

●理論式

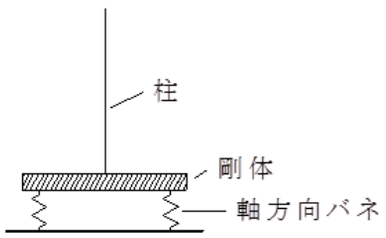
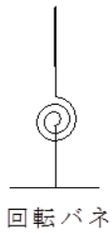
圧縮側の LSB バネ K_1 と引張側の LSB バネ K_2 と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

弾性域　剛性　$K=(K_1+K_2)/2\times j$

$M=(T+C)/2\times j$、$Q=M/h$



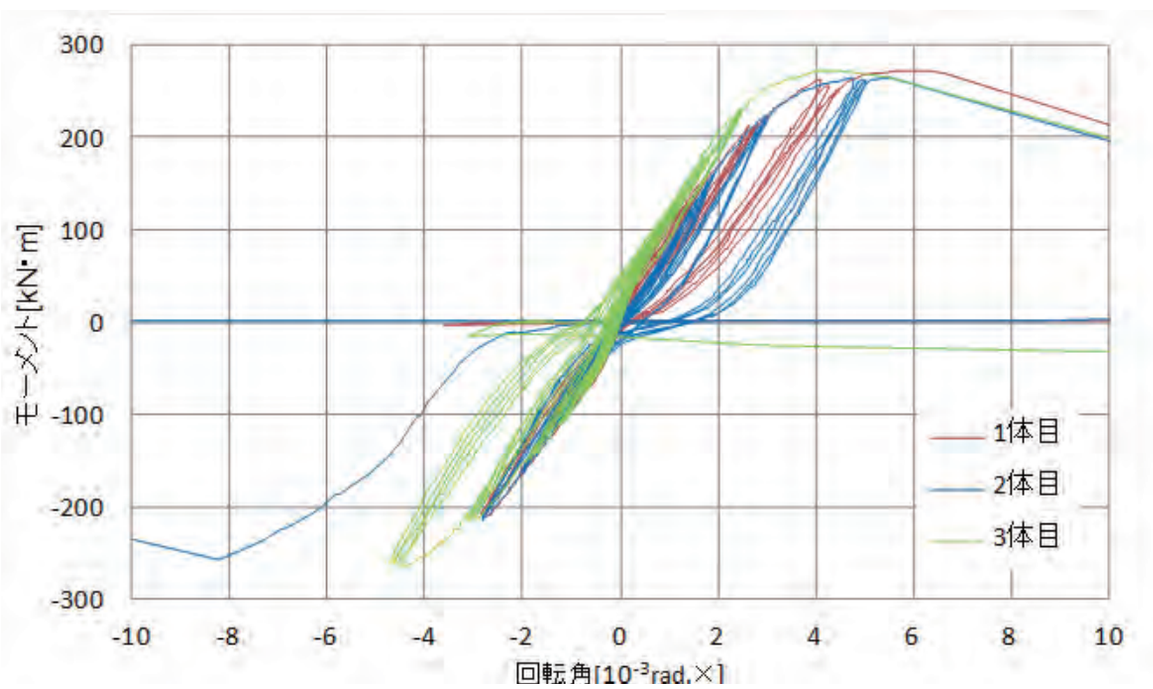
● モデル化

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]	165.2	155.6	164.9	161.9
最大モーメント Mmax[kNm]	272.7	264.9	272.2	269.9
初期剛性 K[kNm/rad.]	70792	83516	105141	86483

● モーメント回転角



● 破壊性状

・1 体目

1/50rad で引張側のボルト 6 本が破断し、同時に圧縮側 LSB 付近に割裂が発生

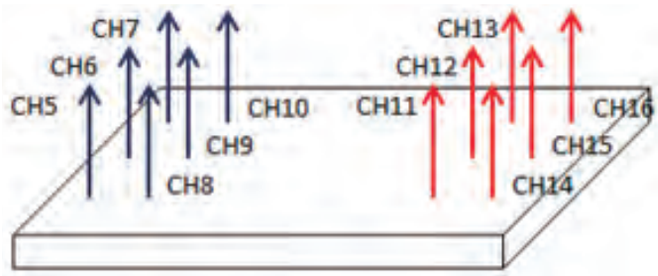
・2 体目

1/50rad で引張側のボルト 6 本が破断し、同時に圧縮側 LSB 付近に割裂が発生

・3 体目

1/50rad で引張側のボルト 6 本が破断し、同時に圧縮側 LSB 付近に割裂が発生

● 負担軸力

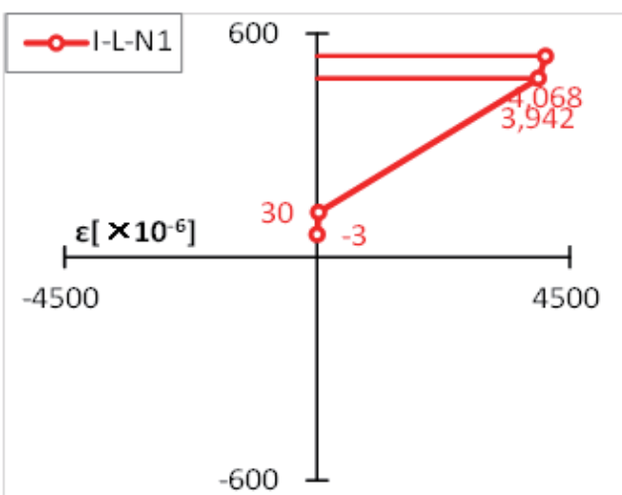


軸力計測位置

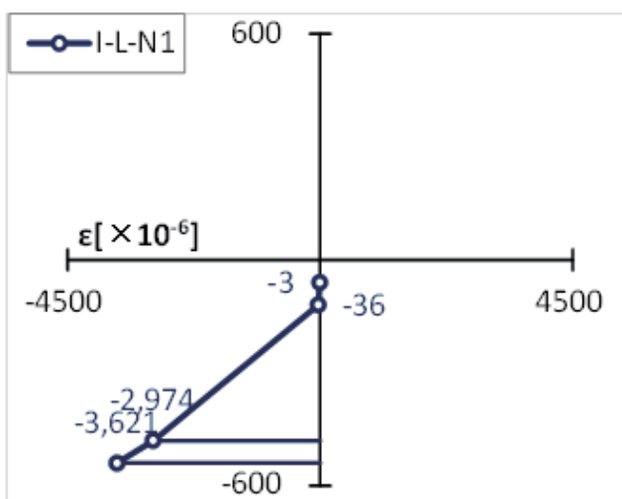
軸力一覧（平均）

	CH5~7	CH8~10	CH11~13	CH14~16
1/75rad 引	-0.058	0.66	86.1	88.5
1/75rad 押	79.1	65.4	0.79	0.073

※引張側を正とした。



1/75rad 引 _ 歪分布



1/75rad 押 _ 歪分布

※縦軸は圧縮縁を 0 とした場合の位置 [mm] とした。歪は初期トルク時の値を加算した。

● 破壊性状

—

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 段筋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 柱脚接合部（靭性確保）

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金物が露出せず、鋼板添えや挿入式のように、外部に鋼材やボルト頭が出ることもなく、ドリフトピン接合の埋め木などの手間も必要のない、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。

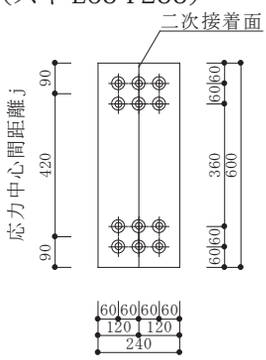
また、LSB 接合部自体は脆性的な接合形式であるため、本実験ではベースプレートを曲げ降伏させることにより、靭性を確保した構成である。

●姿図・寸法

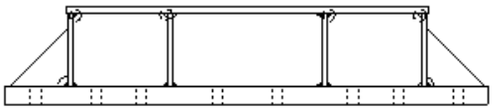
【使用材料】

柱　1800mm × 240mm（120mm ＋ 120mm）× 600mm

（スギ E65-F255）

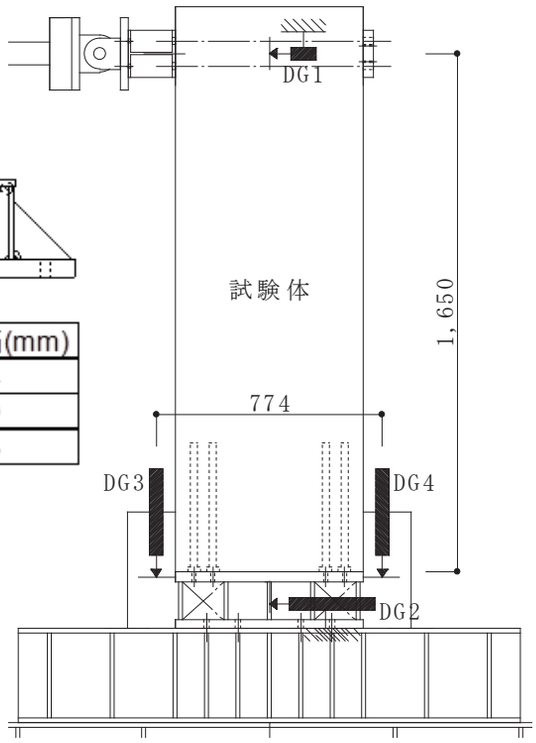


柱脚木口面

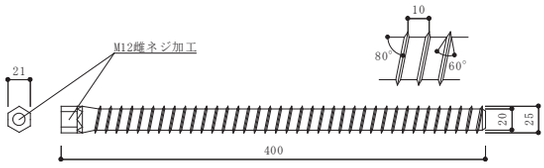


試験体	t:厚さ(mm)	a:リブ間隔(mm)
1体目	12	124
2体目	12	200
3体目	12	165

柱脚金物仕様



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。

本接合部では柱脚金物のベースプレートの降伏により靭性を確保した。

●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）

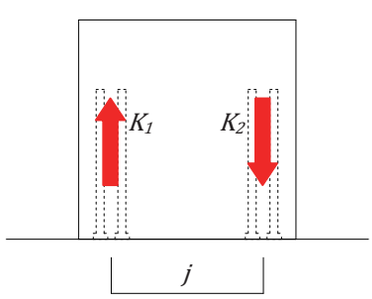
LSB（カネシン）

●問い合わせ先 URL

http://www.kaneshin.co.jp

●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。

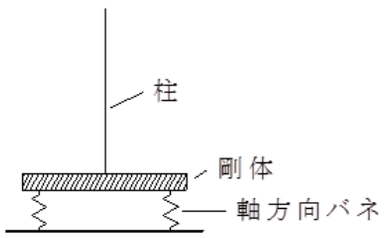


弾性域　剛性　$K=(K_1+K_2)/2 \times j$

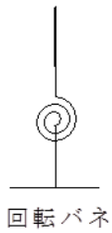
$M=(T+C)/2 \times j$、$Q=M/h$

● モデル化

要素モデル



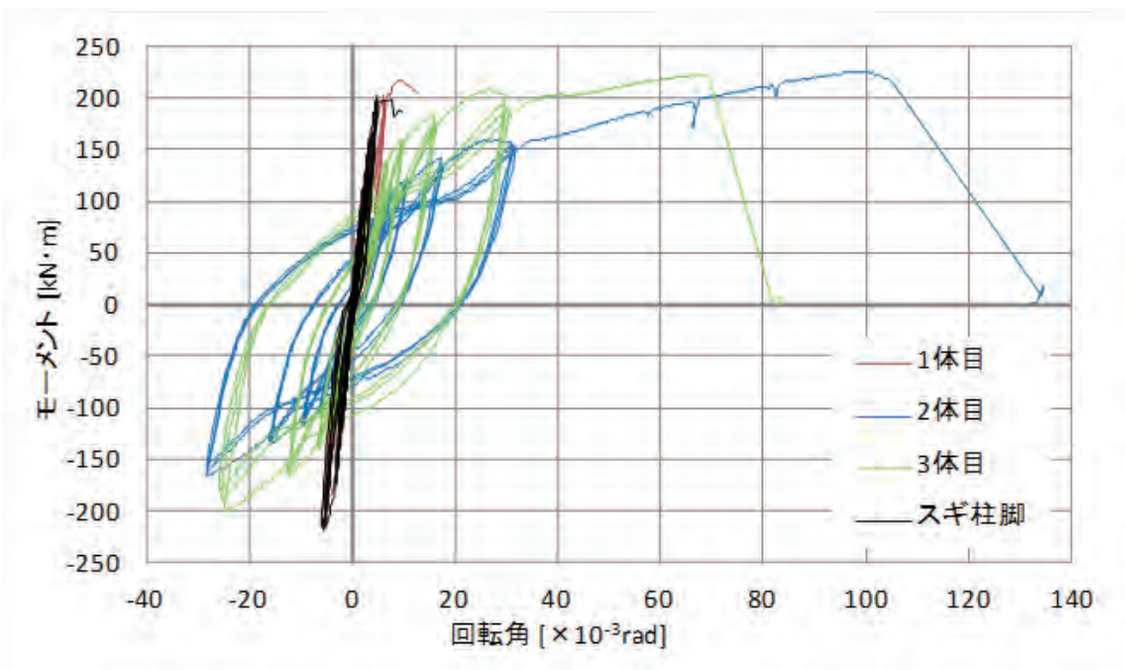
等価モデル



● 特性値

	1 体目	2 体目	3 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	131.3	136.6	134.5	1341
最大モーメント Mmax[kNm]	216.6	225.4	221.9	221.3
初期剛性 K[kNm/rad.]	4841	9628	2389	5619

● モーメント回転角



● 破壊性状

・1 体目

1/50rad 引で引張側（反 ACT 側）ボルト 1 本の破断、LSB5 本の引抜け

・2 体目

1/10rad 引で引張側（反 ACT 側）ボルト 2 本の破断、LSB4 本の引抜け

・3 体目

1/14rad 引で引張側（反 ACT 側）ボルト 2 本の破断、LSB1 本の引抜け

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 LSB 研究会が実施し、論文で発表されている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 段筋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（ト型）

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 金物や鋼板添え板接合のように外部に露出せず、挿入式と同様に木材で被覆されているが、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いる。これについては、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が示されており、その値までは設計が可能である。

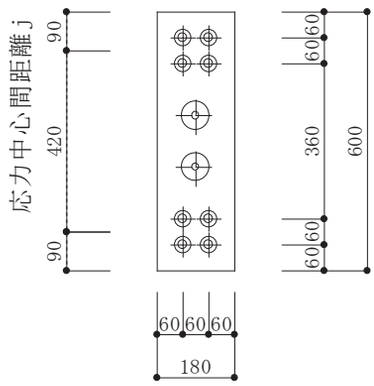
LSB 接合部自体は脆性的な接合形式である。柱梁接合部の場合には圧縮応力を受ける柱部分が繊維直角方向となるため、柱脚接合部より靭性を有するが、十分な延性を持つ接合部としたい場合には、別途、延性を持つ構成を考える必要がある。

●姿図・寸法

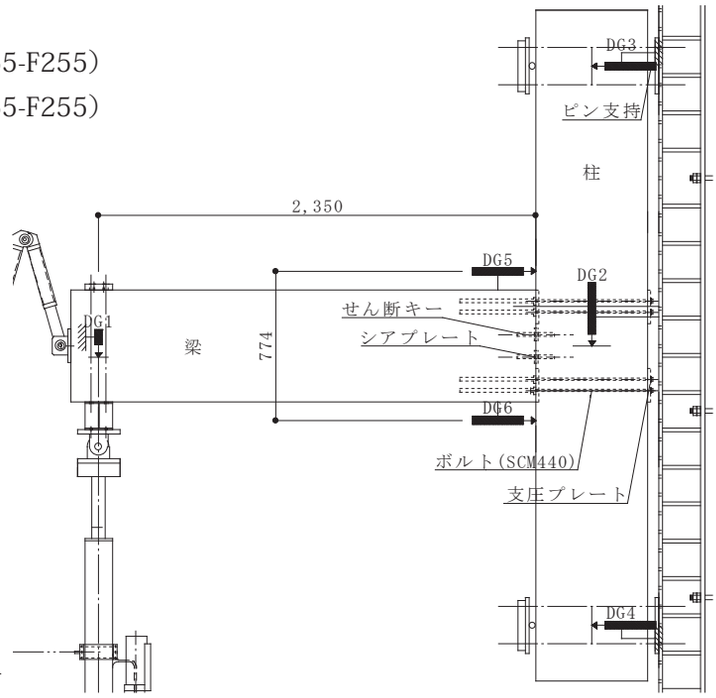
【使用材料】

柱　3600mm × 240mm × 600mm（スギ E65-F255）

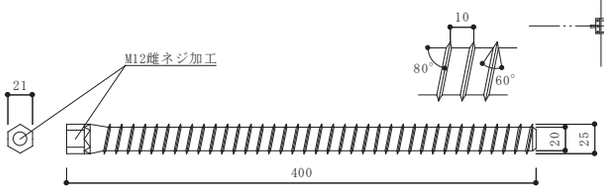
梁　2500mm × 180mm × 600mm（スギ E65-F255）



梁木口面



接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 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。

●接合具（メーカー、入手方法等）

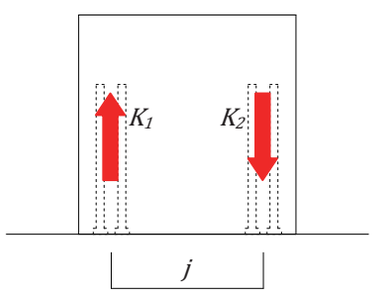
LSB（カネシン）

●問い合わせ先 URL

http://www.kaneshin.co.jp

●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。

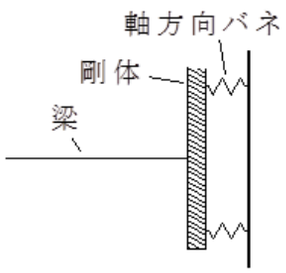


弾性域　剛性　$K=(K_1+K_2)/2 \times j$

$M=(T+C)/2 \times j$、$Q=M/h$

● モデル化

要素モデル

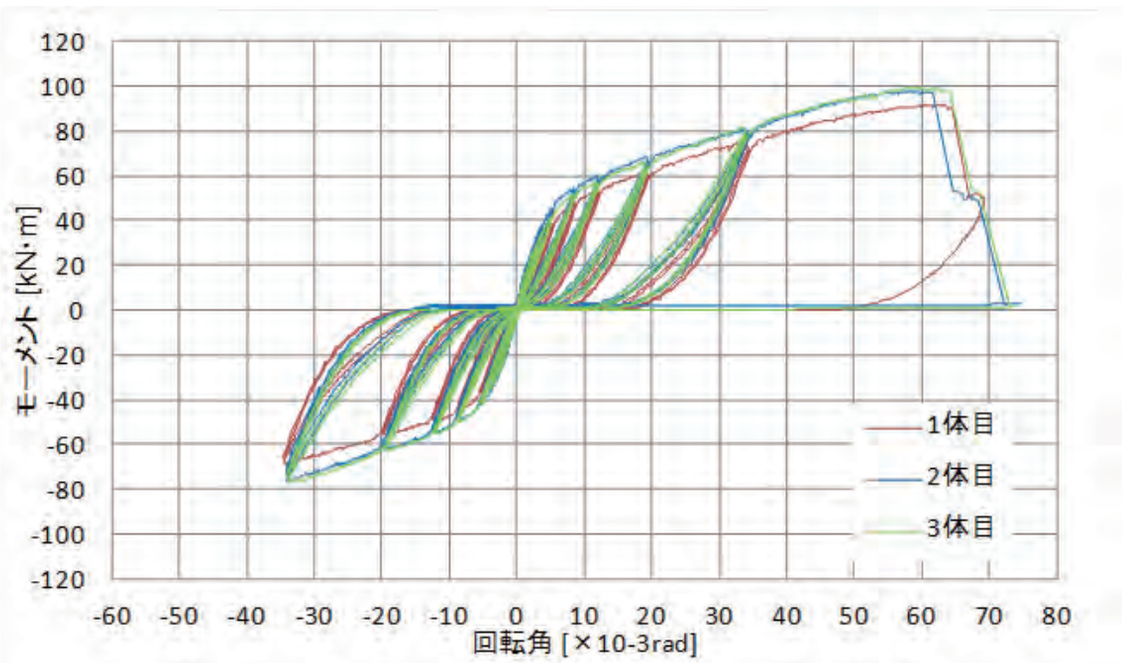


等価モデル

● 特性値

	1 体目	2 体目	3 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	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

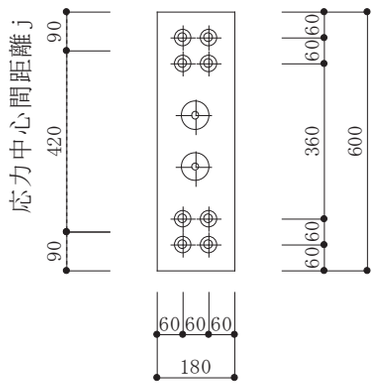
・1 体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが 2 本破断し、同時に木材端部の割裂
・2 体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが 4 本破断
・3 体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが 4 本破断

●姿図・寸法

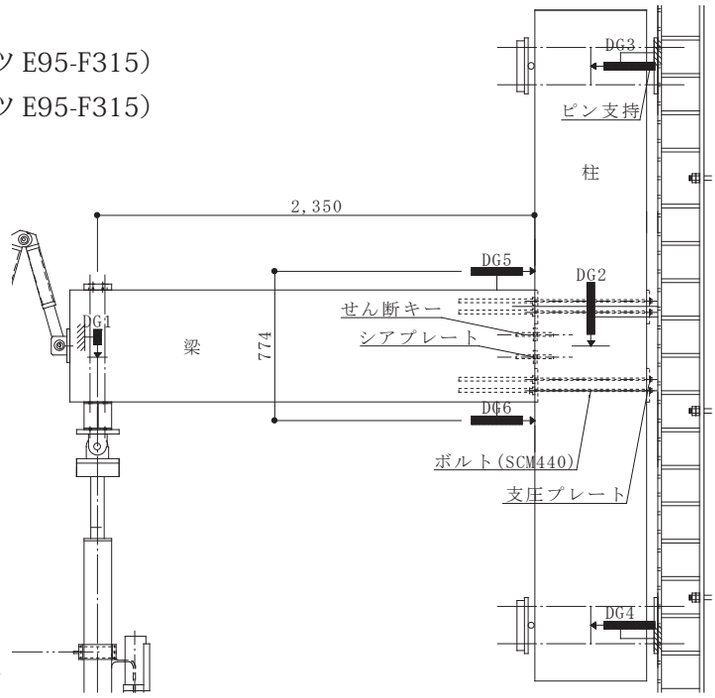
【使用材料】

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

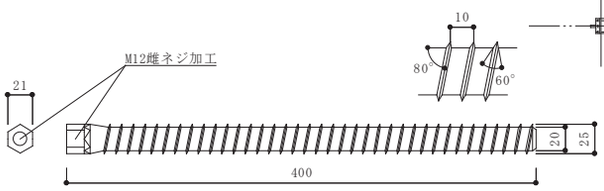
梁　2500mm × 180mm × 600mm（カラマツ E95-F315）



梁木口面



接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 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。

●接合具（メーカー、入手方法等）

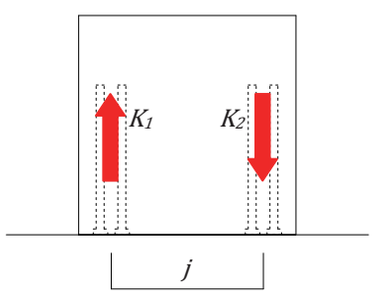
LSB（カネシン）

●問い合わせ先 URL

http://www.kaneshin.co.jp

●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。

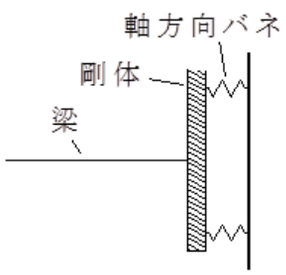


弾性域　剛性　$K=(K_1+K_2)/2 \times j$

$M=(T+C)/2 \times j$、$Q=M/h$

● モデル化

要素モデル

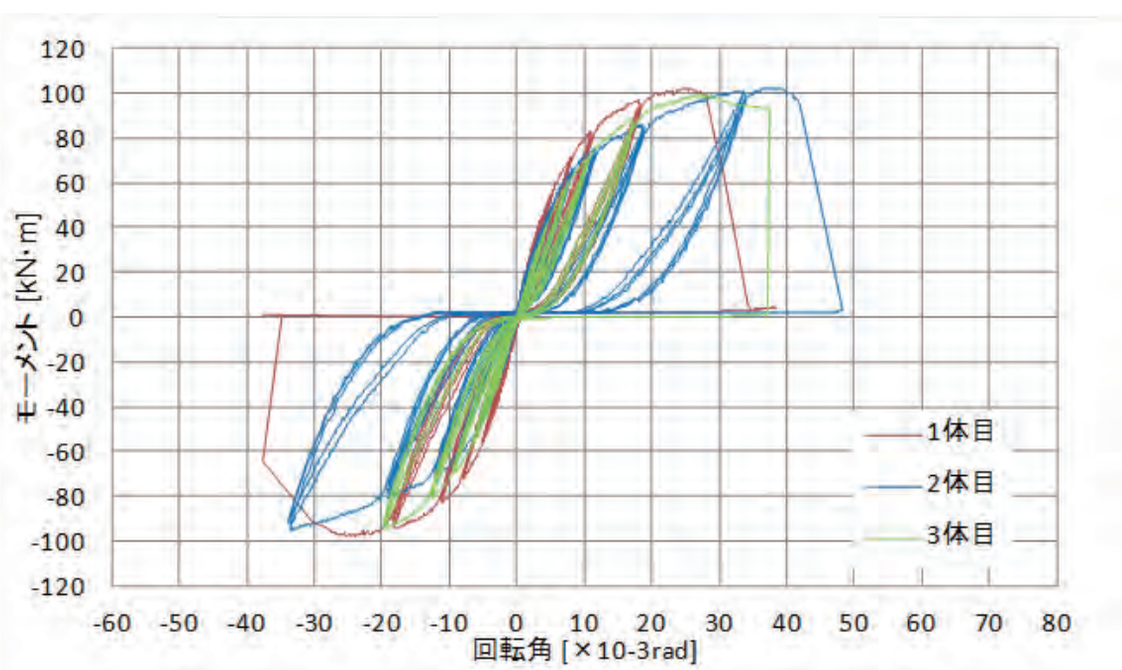


等価モデル

● 特性値

	1 体目	2 体目	3 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	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

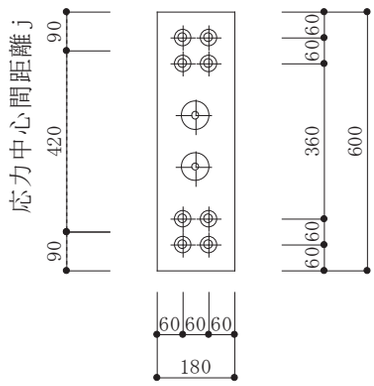
・1 体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが 4 本破断
・2 体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが 4 本破断
・3 体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが 4 本破断

●姿図・寸法

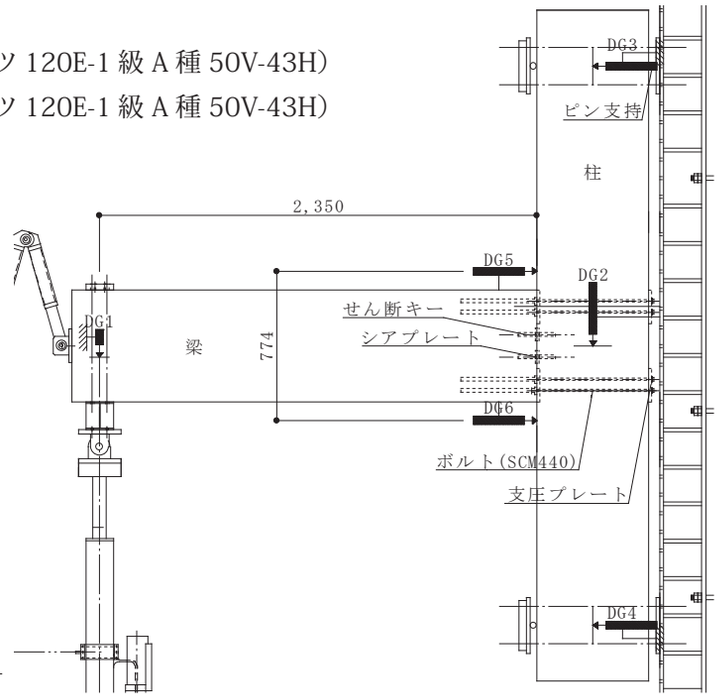
【使用材料】

柱　3600mm × 240mm × 600mm（カラマツ 120E-1 級 A 種 50V-43H）

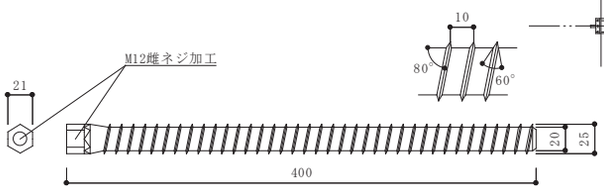
梁　2500mm × 180mm × 600mm（カラマツ 120E-1 級 A 種 50V-43H）



梁木口面



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。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。

●接合具（メーカー、入手方法等）

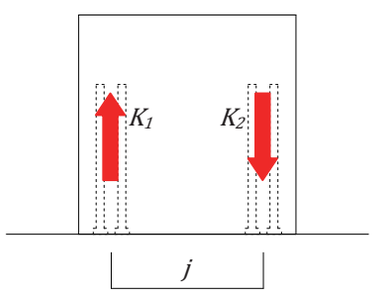
LSB（カネシン）

●問い合わせ先 URL

http://www.kaneshin.co.jp

●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。

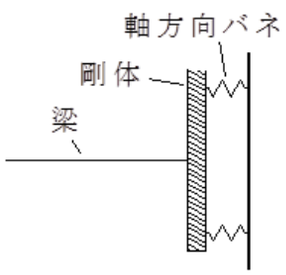


弾性域　剛性　$K=(K_1+K_2)/2 \times j$

$M=(T+C)/2 \times j$、$Q=M/h$

● モデル化

要素モデル

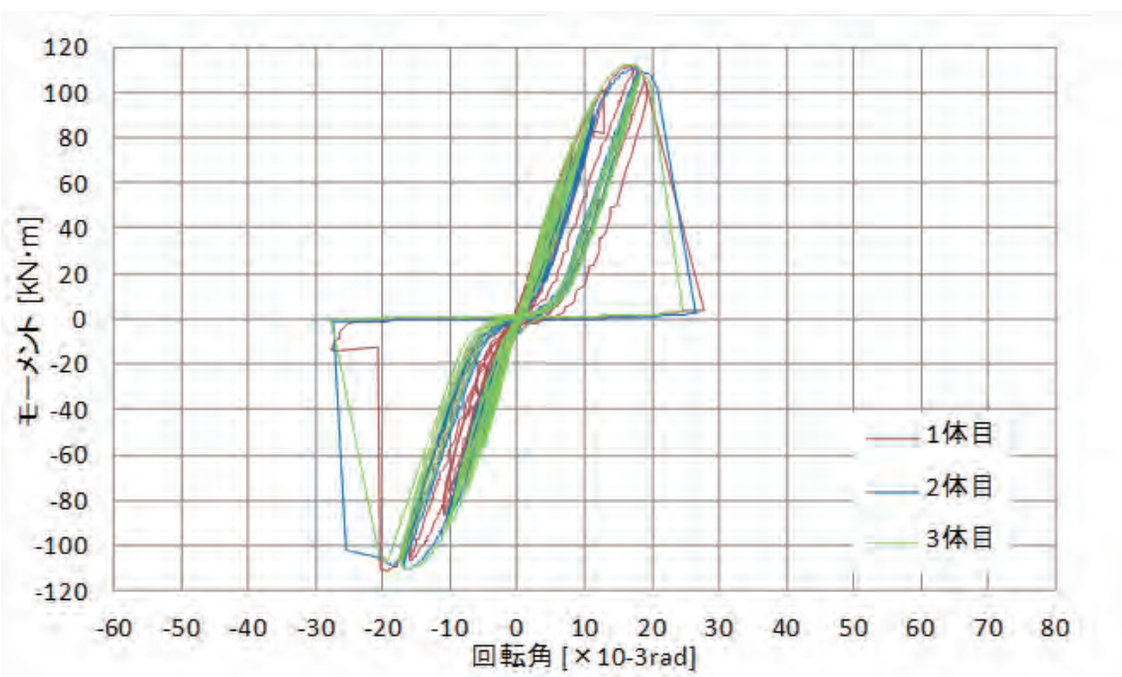


等価モデル

● 特性値

	1 体目	2 体目	3 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	47.8	47.2	47.8	47.6
最大モーメント Mmax[kNm]	111.8	110	112.4	111.4
初期剛性 K[kNm/rad.]	12185	11234	12186	11868

● 荷重変形



● 破壊性状

・1 体目　支圧プレートのめりこみは、ほとんど発生せずに、ボルトが 4 本破断
・2 体目　支圧プレートのめりこみは、ほとんど発生せずに、ボルトが 4 本破断
・3 体目　支圧プレートのめりこみは、ほとんど発生せずに、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。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 段筋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（L 型）

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 金物や鋼板添え板接合のように外部に露出せず、挿入式と同様に木材で被覆されているが、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いる。これについては、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が示されており、その値までは設計が可能である。

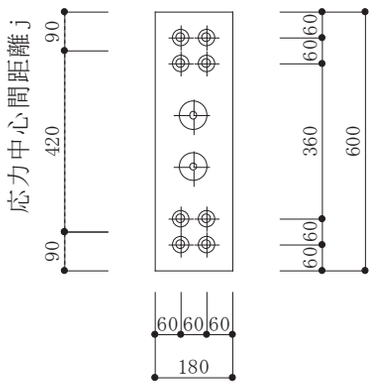
LSB 接合部自体は脆性的な接合形式である。柱梁接合部の場合には圧縮応力を受ける柱部分が繊維直角方向となるため、柱脚接合部より靭性を有するが、十分な延性を持つ接合部としたい場合には、別途、延性を持つ構成を考える必要がある。

●姿図・寸法

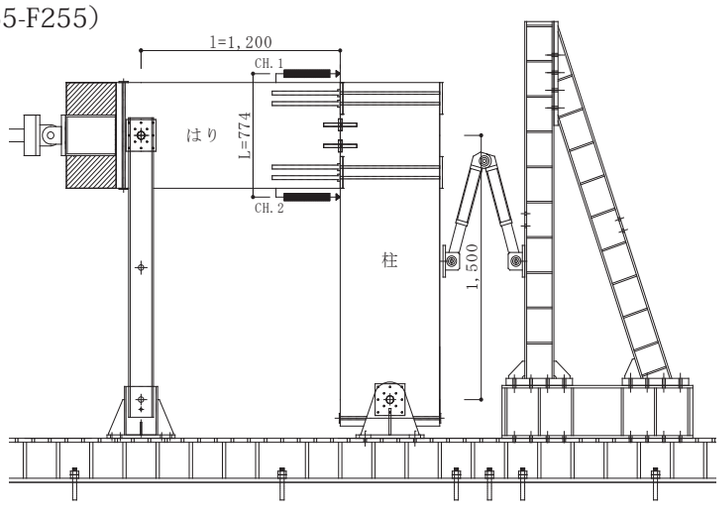
【使用材料】

柱　1950mm × 240mm × 600mm（スギ E65-F255）

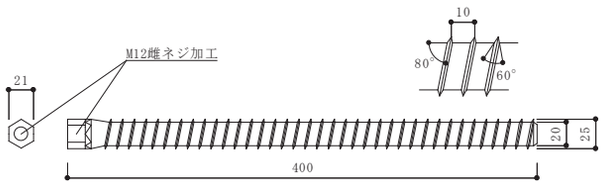
梁　1650mm × 180mm × 600mm（スギ E65-F255）



梁木口面



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。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。

●接合具（メーカー、入手方法等）

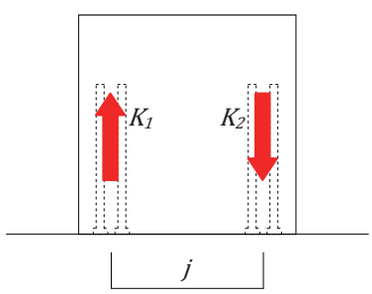
LSB（カネシン）

●問い合わせ先 URL

http://www.kaneshin.co.jp

●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。

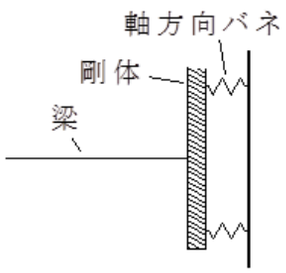


弾性域　剛性　$K=(K_1+K_2)/2 \times j$

$M=(T+C)/2 \times j$、$Q=M/h$

● モデル化

要素モデル



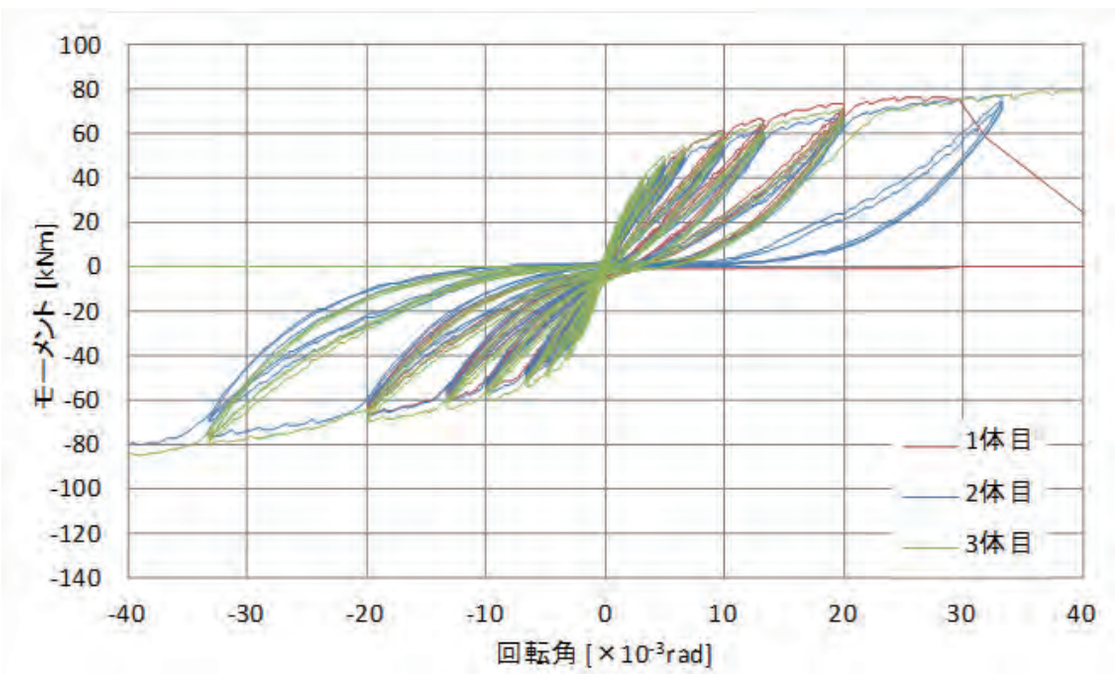
等価モデル

● 特性値

（開く側、閉じる側で先行破壊した方のみ掲載）

	1 体目	2 体目	3 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	63.6	95.7	101.5	86.9
最大モーメント Mmax[kNm]	76.3	114.9	104.3	96.1
初期剛性 K[kNm/rad.]	8832	4024	5576	6144

● 荷重変形



● 破壊性状

・1 体目　1/30rad 引のサイクルで引張側 (下側) のボルトが 4 本破断

・2 体目　1/75rad 押のサイクルで柱脚治具と試験体とのクリアランスがなくなったため、実験終了

・3 体目　1/8rad 押のサイクルで引張側 (上側) のボルトが 4 本破断

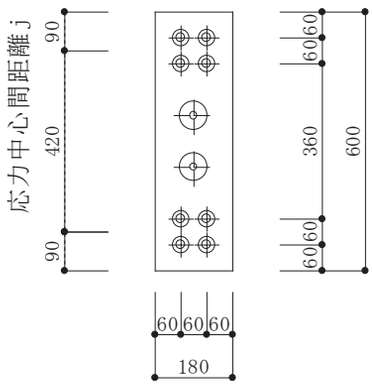
　　1/23rad 引のサイクルで引張側 (下側) のボルトが 4 本破断

●姿図・寸法

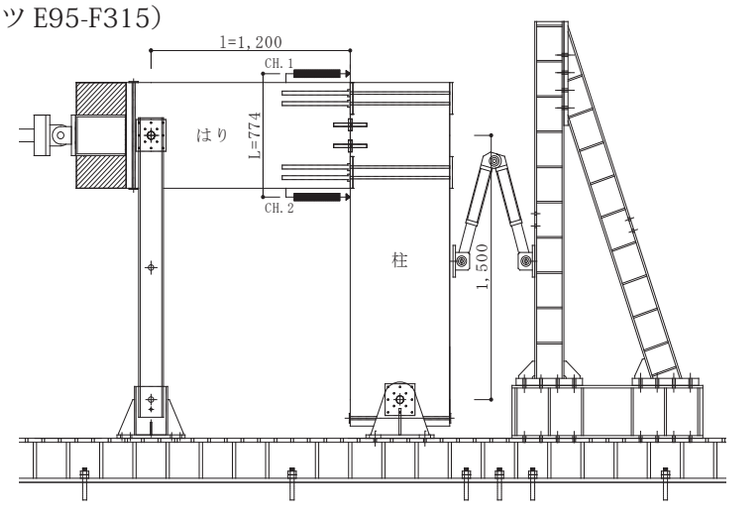
【使用材料】

柱　1950mm × 240mm × 600mm（カラマツ E95-F315）

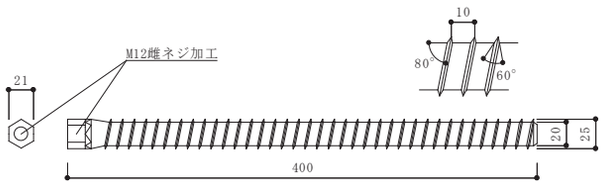
梁　1650mm × 180mm × 600mm（カラマツ E95-F315）



梁木口面



接合具　ラグスクリューボルト（LSB）φ 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。

●接合具（メーカー、入手方法等）

LSB（カネシン）

●問い合わせ先 URL

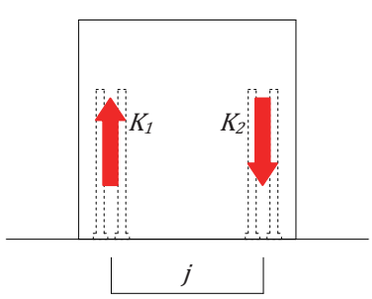
http://www.kaneshin.co.jp

●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。

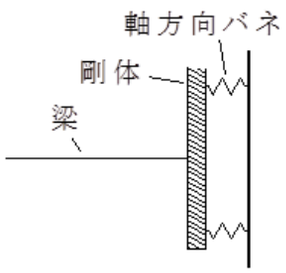
弾性域　剛性　$K=(K_1+K_2)/2 \times j$

$M=(T+C)/2 \times j$、$Q=M/h$



● モデル化

要素モデル



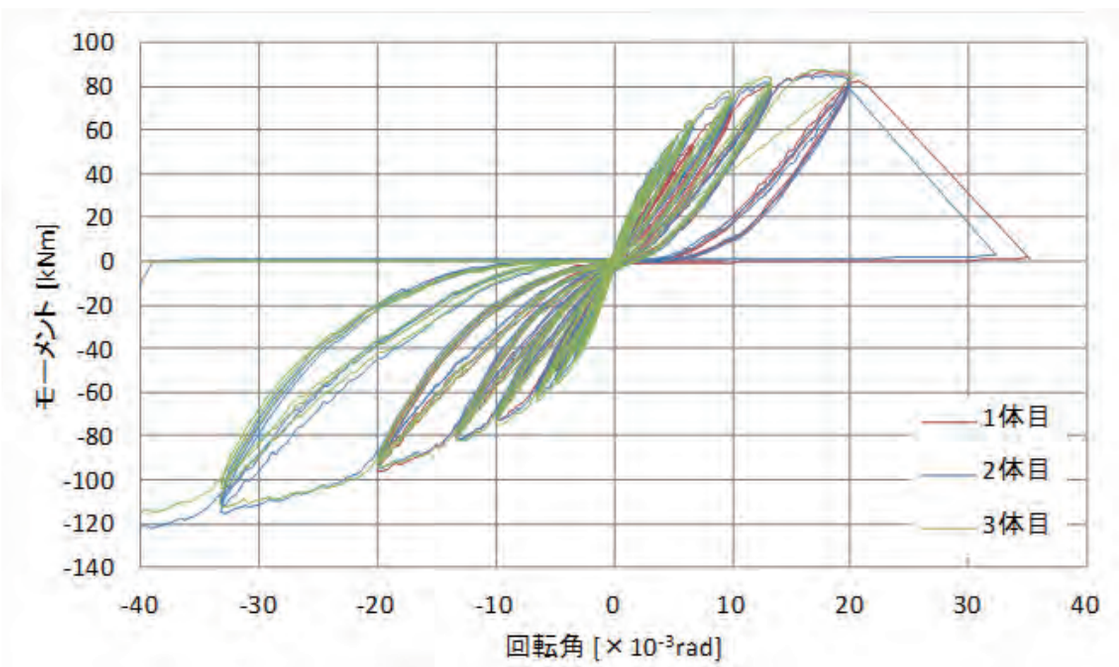
等価モデル

● 特性値

（開く側、閉じる側で先行破壊した方のみ掲載）

	1 体目	2 体目	3 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	71.8	70.8	102.7	81.8
最大モーメント Mmax[kNm]	86.2	84.9	123.2	98.1
初期剛性 K[kNm/rad.]	8336	11834	9903	10024

● 荷重変形



● 破壊性状

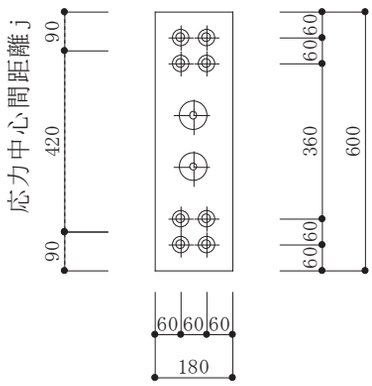
・1 体目　1/30rad 引のサイクルで引張側 (下側) のボルトが 4 本破断
・2 体目　1/50rad 引のサイクルで引張側 (下側) のボルトが 4 本破断
　　1/19rad 押のサイクルで引張側 (上側) のボルトが 4 本破断
・3 体目　1/19rad 押のサイクルで引張側 (上側) のボルトが 4 本破断
　　1/50rad 引のサイクルで引張側 (下側) のボルトが 4 本破断

●姿図・寸法

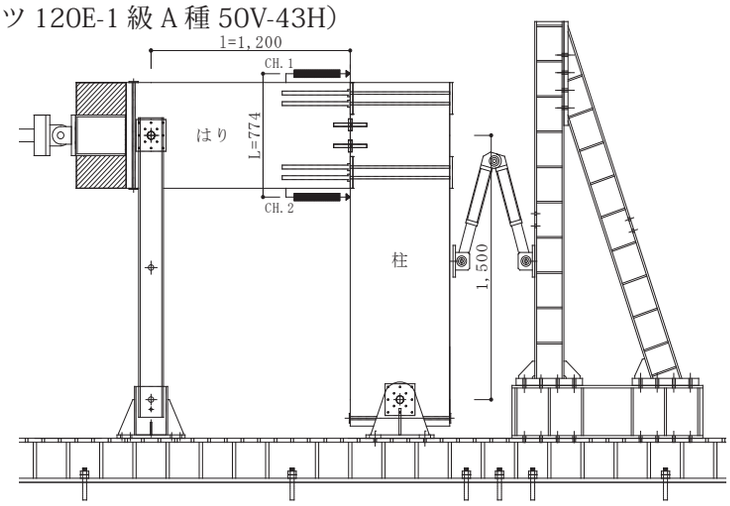
【使用材料】

柱　1950mm × 240mm × 600mm（カラマツ 120E-1 級 A 種 50V-43H）

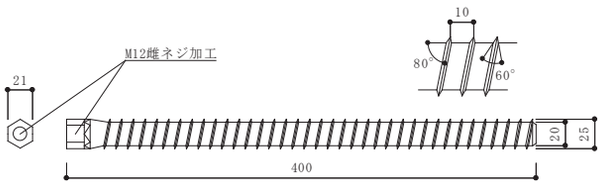
梁　1650mm × 180mm × 600mm（カラマツ 120E-1 級 A 種 50V-43H）



梁木口面



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。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。

●接合具（メーカー、入手方法等）

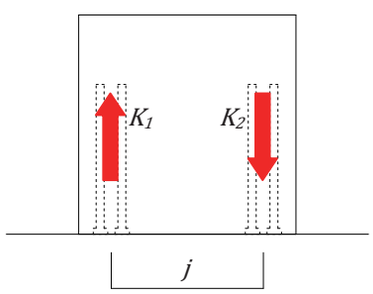
LSB（カネシン）

●問い合わせ先 URL

http://www.kaneshin.co.jp

●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。

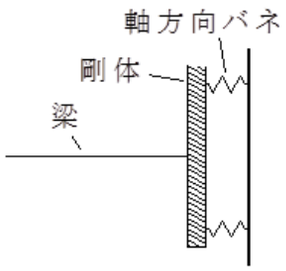


弾性域　剛性　$K=(K_1+K_2)/2 \times j$

$M=(T+C)/2 \times j$、$Q=M/h$

● モデル化

要素モデル



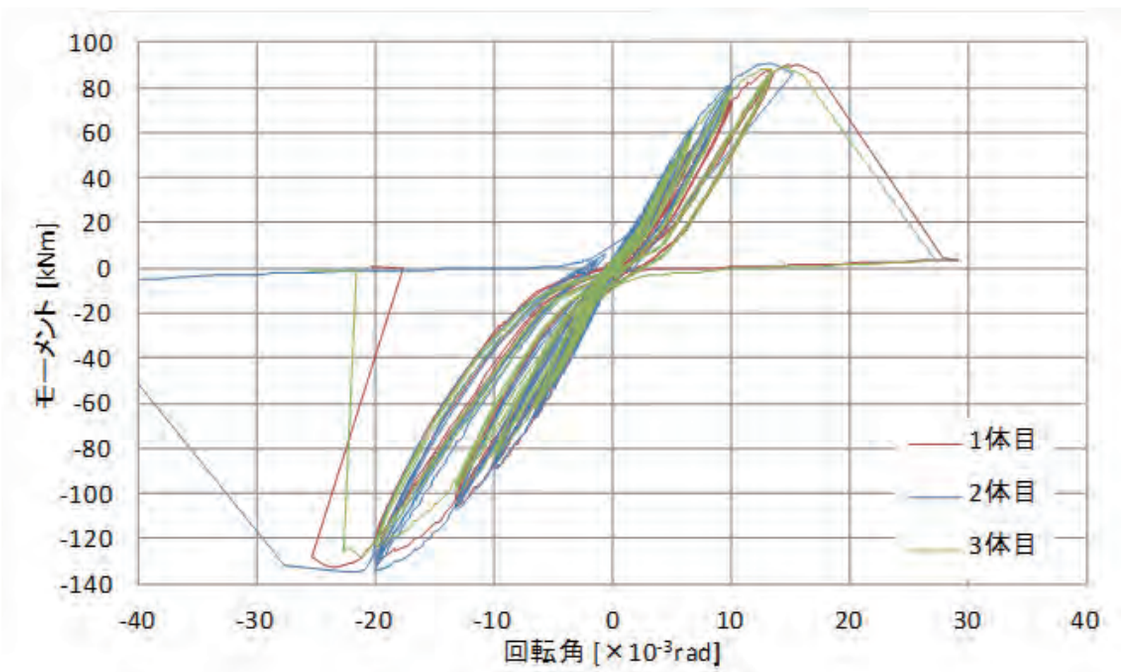
等価モデル

● 特性値

（開く側、閉じる側で先行破壊した方のみ掲載）

	1 体目	2 体目	3 体目	Ave.
最大耐力 Pmax[kN]	74.9	112.5	74.1	87.2
最大モーメント Mmax[kNm]	89.9	135	88.9	104.6
初期剛性 K[kNm/rad.]	7302	9764	9127	8731

● 荷重変形



● 破壊性状

・1 体目　1/50rad 引のサイクルで引張側 (下側) のボルトが 4 本破断
　　1/30rad 押のサイクルで引張側 (上側) のボルトが 4 本破断
・2 体目　1/30rad 押のサイクルで引張側 (下側) のボルトが 4 本破断
　　1/75ad 引のサイクルで引張側 (下側) のボルトが 4 本破断
・3 体目　1/50rad 引のサイクルで引張側 (下側) のボルトが 4 本破断
　　1/30rad 押のサイクルで引張側 (上側) のボルトが 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。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。

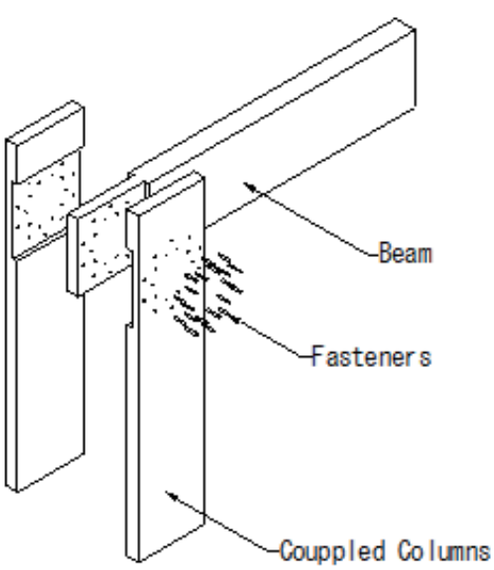
バリエーション

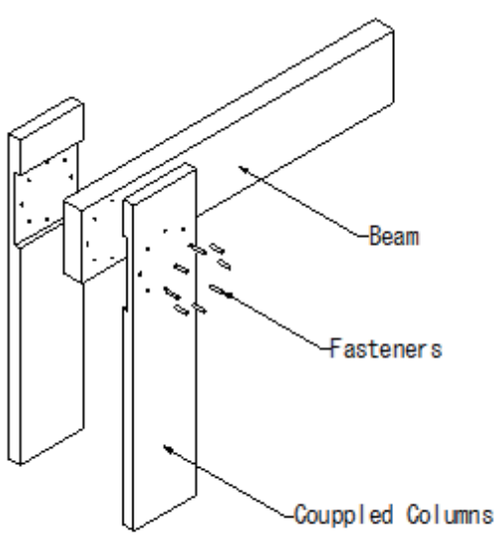
本資料で記載した柱脚接合部は、2 段筋のように LSB を配置したものであるが必要な耐力によっては、1 段筋とすることも可能である。また、せん断力と軸力のみを伝達することを目的に中央部や上部にのみ配置するバリエーションもあり得る。

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。

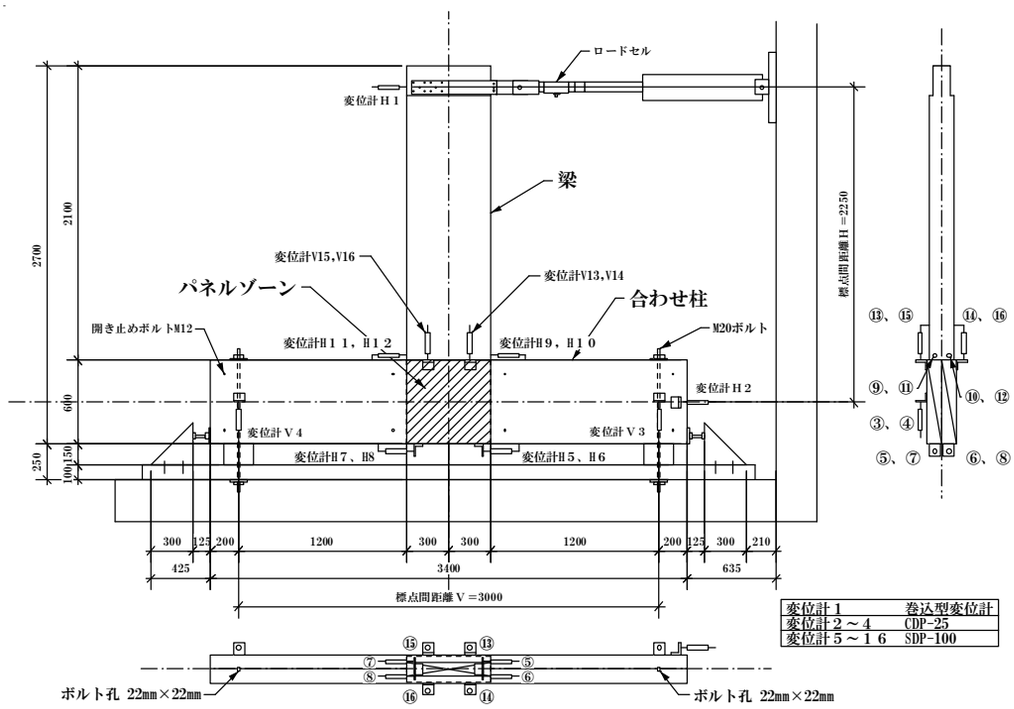
接合部の降伏モーメントや回転剛性は、接合具１本あたりの降伏耐力と剛性をＥＹＴ式と弾性床上梁理論式で計算し､これにパネルゾーンの回転中心からの距離を乗じた全本数の総和として計算することができる。パネルゾーンの接合具の配置は、回転中心からなるべく外側に多く配置したほうが最大モーメントは上がるが、降伏モーメントは回転中心から最も遠い接合具が降伏耐力に達した時点で決まることから、円形配置とする場合も多い。また、鉛直荷重による梁端せん断力支持機構をモーメント抵抗機構と独立させるために、回転中心に太径のボルトを用いるか、回転中心にボルトとシアープレート・スプリットリングなどのジベルを併用して、長期のせん断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。特に接合具に木栓を使用した場合は、木栓が脆性的に破壊するため靭性の確保が課題となるが、めり込み抵抗を付加することでそれを補うことができる。ただし母材の切り欠きと接合具を打ち込むために空けた穴による断面欠損が大きくなると、母材の脆性的な曲げ破壊を誘発する恐れがあり、注意を要する。





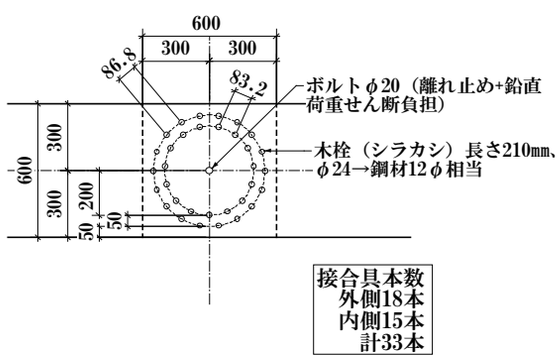
（H26.7 改）

●姿図・寸法



変位計１	巻込型変位計
変位計２～４	CDP-25
変位計５～１６	SDP-100

仕様1　木栓φ24



【使用材料】

柱　2-105mm × 600mm、梁　180mm × 600mm

いずれもカラマツ E105-F300

接合具　シラカシ木栓　φ 24、33 本

●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）

●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

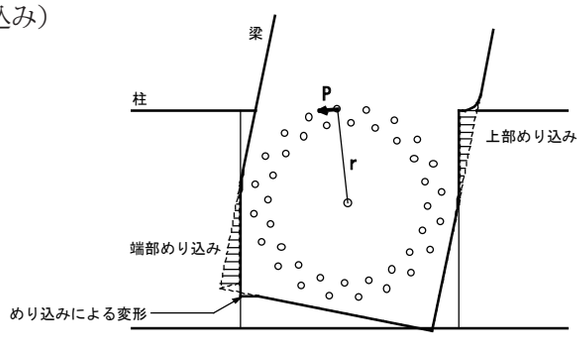
木質構造接合部設計マニュアルに従い、各接合要素（接合具の２面せん断、相欠きによる柱 - 梁界面のめり込み）による接合部のモーメント抵抗特性値を求め、両者を足し合わせることで接合部全体の特性値を算出する。接合具の場合は、まず１本あたりのせん断抵抗特性値を求めてから、回転中心からの距離を乗じたものの総和により接合部のモーメント抵抗特性値を求める。

●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
θ_{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_θ：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
θ_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

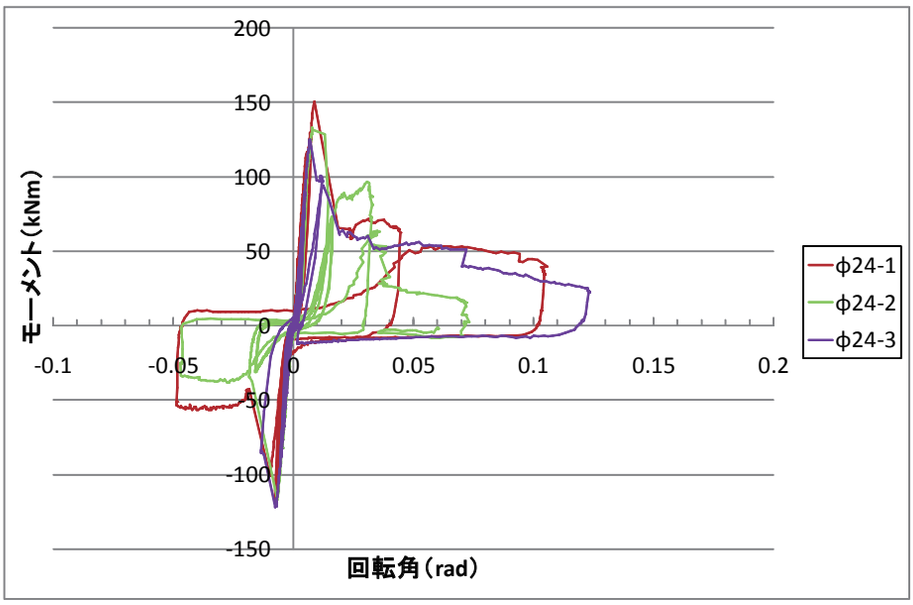
仕様１　木栓φ 24（木栓のせん断 + 柱梁界面のめり込み）



●特性値

		K_θ (kNm/rad)	M_{max} (kNm)	M_y (kNm)	θ_y (×10⁻³rad)	M_u (kNm)	θ_u (×10⁻³rad)
	1	24358	150	117	5.6	150	8.8
	2	19244	133	129	7.6	133	7.9
φ24	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



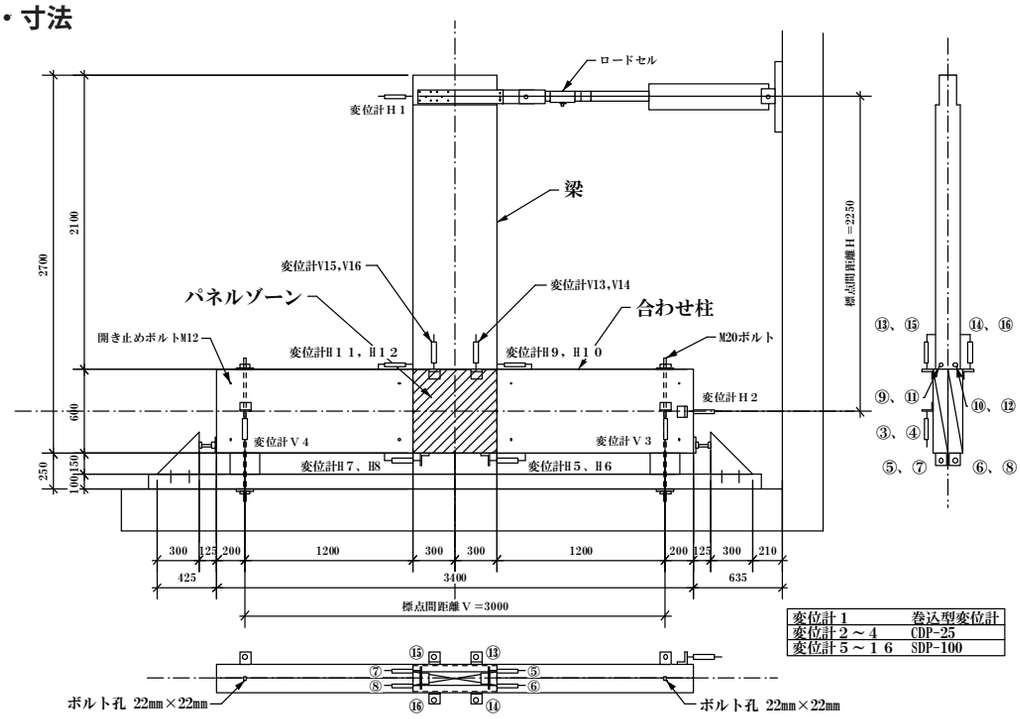
● 破壊性状

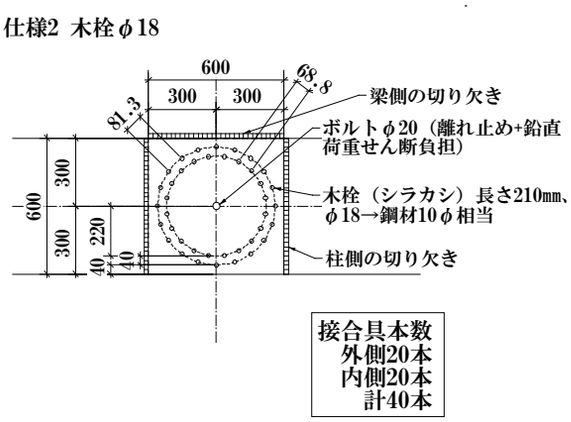
・梁部材の曲げ破壊。柱部材の繊維方向の割裂。

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

いずれもカラマツ E105-F300

接合具　シラカシ木栓　φ 18、40 本

● 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）

● 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

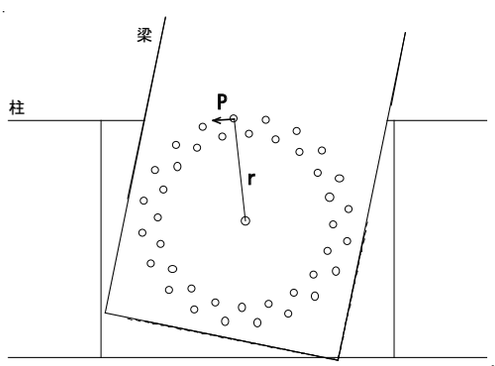
木質構造接合部設計マニュアルに従い、各接合要素（接合具の２面せん断、相欠きによる柱 - 梁界面のめり込み）による接合部のモーメント抵抗特性値を求め、両者を足し合わせることで接合部全体の特性値を算出する。接合具の場合は、まず１本あたりのせん断抵抗特性値を求めてから、回転中心からの距離を乗じたものの総和により接合部のモーメント抵抗特性値を求める。

●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
θ_{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_θ：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
θ_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

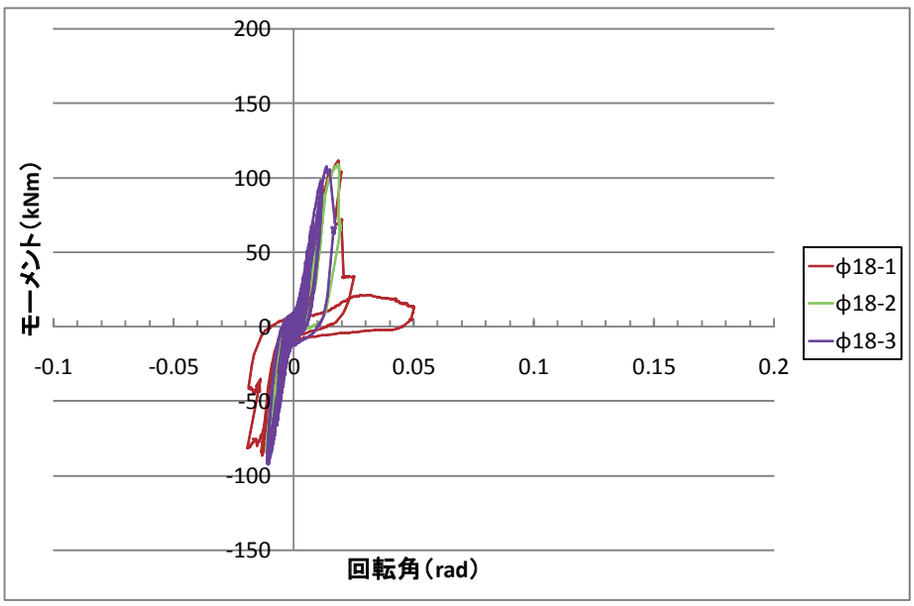
仕様２　木栓φ 18（木栓のせん断抵抗のみ）



●特性値

		K_θ (kNm/rad)	M_{max} (kNm)	M_y (kNm)	θ_y (×10⁻³rad)	M_u (kNm)	θ_u (×10⁻³rad)
	1	9657	112	84	11.1	112	18.5
	2	8881	109	81	11.2	109	18.4
φ18	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



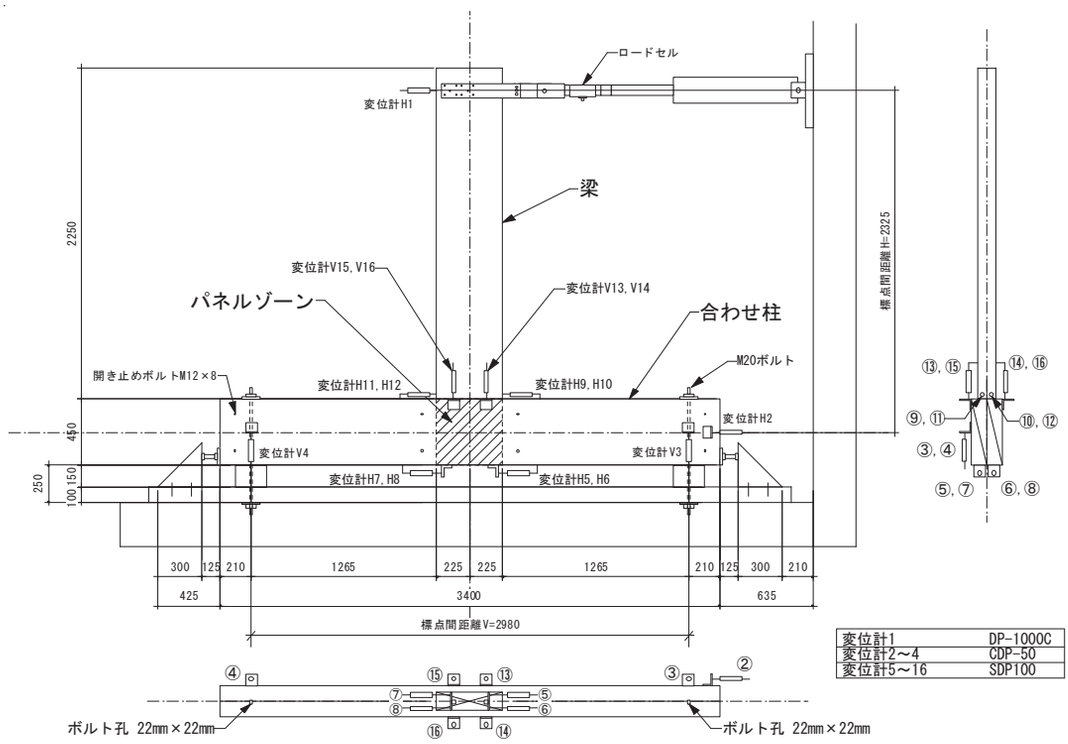
● 破壊性状

・梁部材の曲げ破壊。

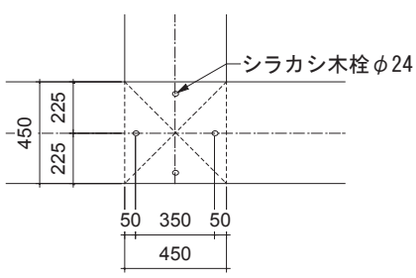
パネルゾーン（φ 18-1）

変形の大きかった木栓（φ 18-1）

● 姿図・寸法



変位計1	DP-1000C
変位計2～4	CDP-50
変位計5～16	SDP100



パネルゾーン詳細

【使用材料】

柱　2-105mm × 450mm、梁　120mm × 450mm、

いずれもカラマツ E105-F300

接合具　シラカシ木栓　φ 24、4 本

● 適用条件

木栓の配置は木質構造設計規準等の接合具配置の基準に準拠し、木栓の径を d として、接合具間隔≧ 7d に従う。φ 24 までは端距離、縁距離はともに 4d 以上取れば問題ないと思われる。木栓の位置によって母材の繊維方向に対する荷重角度が異なるため、木栓のせん断性能には異方性を考慮して計算を行う。木栓の本数を増やす場合は、接合部の降伏モーメントが、母材の断面欠損を考慮した断面係数に短期許容曲げモーメントを乗じたものを超えないようにする。検証した範囲では回転中心はパネルゾーン中心としてよい。また木栓は目視で節や目切れのあるものを除去し､設計上の密度を満足していないものは使用しないこととする。

● 概要

集成材による 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柱材のみ各 60mm 切り欠き、側面からφ 24 のシラカシ木栓を打ち込んである。木栓のせん断抵抗による接合部は、木栓が脆性的に破壊するため靭性の確保が課題となるが、本接合部はめり込み抵抗を付加させたことでそれを補っている。ただし木栓の本数が増えると、母材の断面欠損の影響で接合部の曲げ、あるいはパネルゾーンのせん断破壊が先行する場合が考えられるため、注意を要する。

●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連業者で普通に入手可能）

●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

接合部の回転剛性：　$K_\theta = K_{\theta m} + K_{\theta d}$

接合部の降伏変形角：　$\theta_y = \min.(\theta_{ym}, \theta_{yd})$

接合部の降伏モーメント：　$M_y = K_\theta \times \theta_y$

ただし、$K_{\theta d} = \sum K_s \times r^2$　、　$\theta_{yd} = \min.\dfrac{\delta_y}{r}$

添え字の m、d はそれぞれめり込みと木栓のせん断による特性値を表す。

$K_{\theta m}$　：柱・梁のめり込みによる接合部回転剛性

$K_{\theta d}$　：木栓のせん断による接合回転剛性

θ_{ym}　：柱・梁のめり込みによる接合部降伏変形角

θ_{yd}　：木栓のせん断による接合部降伏変形角

K_θ　：接合部全体での回転剛性

θ_y　：接合部全体での降伏回転角

K_s　：木栓 1 本あたりのせん断剛性

δ_y　：木栓 1 本あたりのせん断降伏変位

r　：回転半径

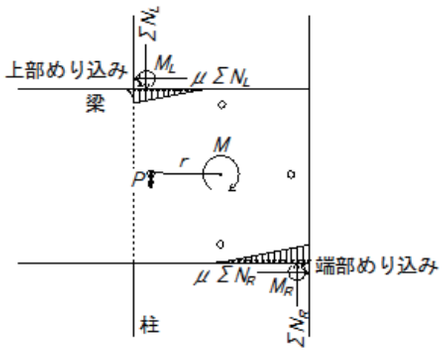
各抵抗要素（柱 - 梁のめり込みおよび木栓のせん断）の特性値算定法は木質構造接合部設計マニュアル「3.4 木ダボ接合（せん断抵抗型）」、「4.6 嵌合を利用した通し貫と掘立柱のモーメント抵抗接合」参照。

●計算式

—

● モデル化

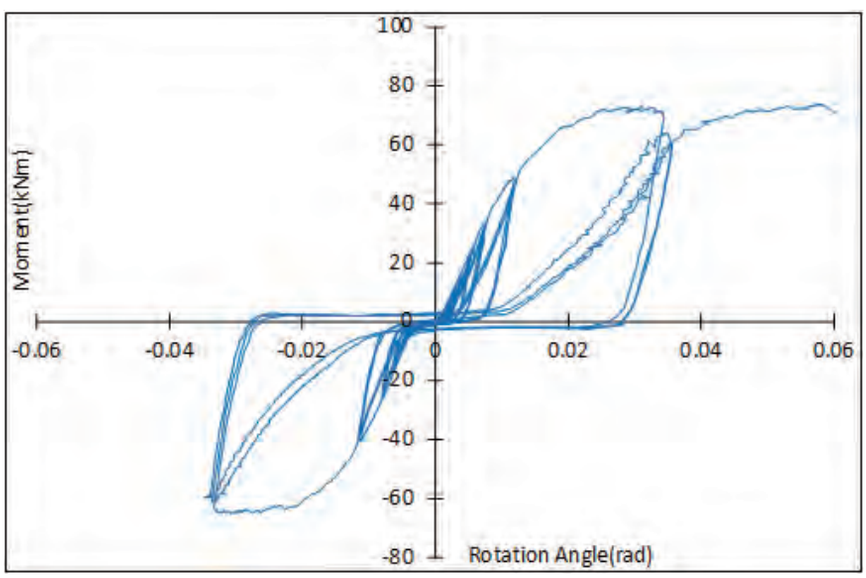
剛性はめり込みと木栓の剛性の足し合わせ。
めり込みと木栓のいずれかが降伏に達した時点を接合部全体の降伏とする。
回転中心はパネルゾーン中心とする。
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換。



● 特性値

	K_θ (kNm/rad)	My (kNm)	θy (× 10^{-3}rad)	Mu (kNm)	θu (× 10^{-3}rad)	$Mmax$ (kNm)
L-S24-4	4400	44.2	10.1	70.8	154.8	79.3

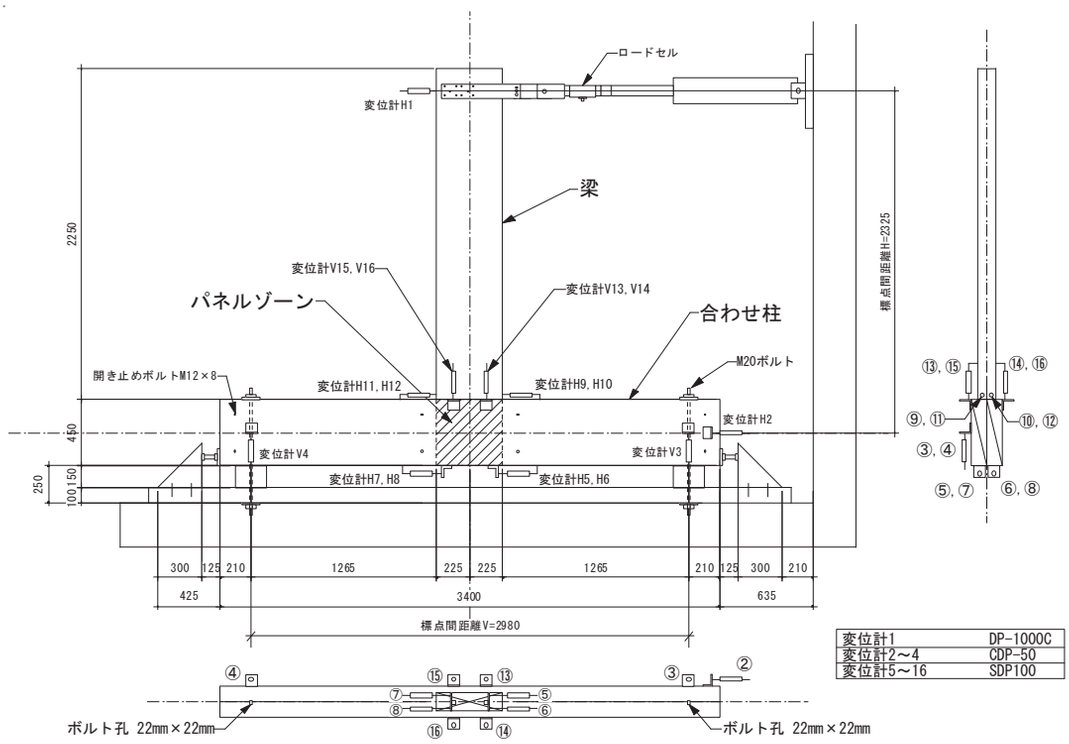
● 荷重変形



● 破壊性状

・パネルゾーン上端付近引っ張り側最外層ラミナのフィンガージョイント部に破断が生じた後、パネルゾーンのせん断破壊
・木栓の破断

● 姿図・寸法

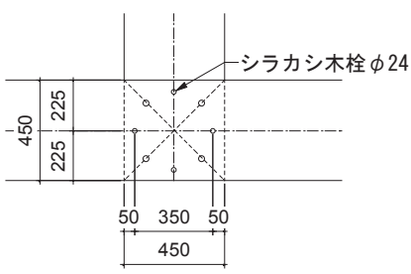


【使用材料】

柱　2-105mm × 450mm、梁　120mm × 450mm、

いずれもカラマツ E105-F300

接合具　シラカシ木栓　φ 24、8 本



パネルゾーン詳細

● 適用条件

木栓の配置は木質構造設計規準等の接合具配置の基準に準拠し、木栓の径を d として、接合具間隔≧ 7d に従う。φ 24 までは端距離、縁距離はともに 4d 以上取れば問題ないと思われる。木栓の位置によって母材の繊維方向に対する荷重角度が異なるため、木栓のせん断性能には異方性を考慮して計算を行う。木栓の本数を増やす場合は、接合部の降伏モーメントが、母材の断面欠損を考慮した断面係数に短期許容曲げモーメントを乗じたものを超えないようにする。検証した範囲では回転中心はパネルゾーン中心としてよい。また木栓は目視で節や目切れのあるものを除去し、設計上の密度を満足していないものは使用しないこととする。

● 概要

集成材による 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柱材のみ各 60mm 切り欠き、側面からφ 24 のシラカシ木栓を打ち込んである。木栓のせん断抵抗による接合部は、木栓が脆性的に破壊するため靭性の確保が課題となるが、本接合部はめり込み抵抗を付加させたことでそれを補っている。ただし木栓の本数が増えると、母材の断面欠損の影響で接合部の曲げ、あるいはパネルゾーンのせん断破壊が先行する場合が考えられるため、注意を要する。

●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連業者で普通に入手可能）

●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

接合部の回転剛性：　$K_\theta = K_{\theta m} + K_{\theta d}$

接合部の降伏変形角：　$\theta_y = \min.(\theta_{ym}, \theta_{yd})$

接合部の降伏モーメント：　$M_y = K_\theta \times \theta_y$

ただし、$K_{\theta d} = \sum K_s \times r^2$　、　$\theta_{yd} = \min.\dfrac{\delta_y}{r}$

添え字の m、d はそれぞれめり込みと木栓のせん断による特性値を表す。

$K_{\theta m}$　：柱・梁のめり込みによる接合部回転剛性

$K_{\theta d}$　：木栓のせん断による接合回転剛性

θ_{ym}　：柱・梁のめり込みによる接合部降伏変形角

θ_{yd}　：木栓のせん断による接合部降伏変形角

K_θ　：接合部全体での回転剛性

θ_y　：接合部全体での降伏回転角

K_s　：木栓 1 本あたりのせん断剛性

δ_y　：木栓 1 本あたりのせん断降伏変位

r　：回転半径

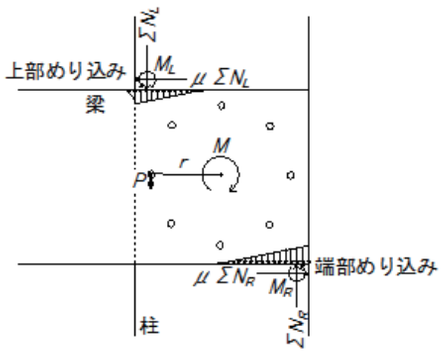
各抵抗要素（柱 - 梁のめり込みおよび木栓のせん断）の特性値算定法は木質構造接合部設計マニュアル「3.4 木ダボ接合（せん断抵抗型）」、「4.6 嵌合を利用した通し貫と掘立柱のモーメント抵抗接合」参照。

●計算式

—

● モデル化

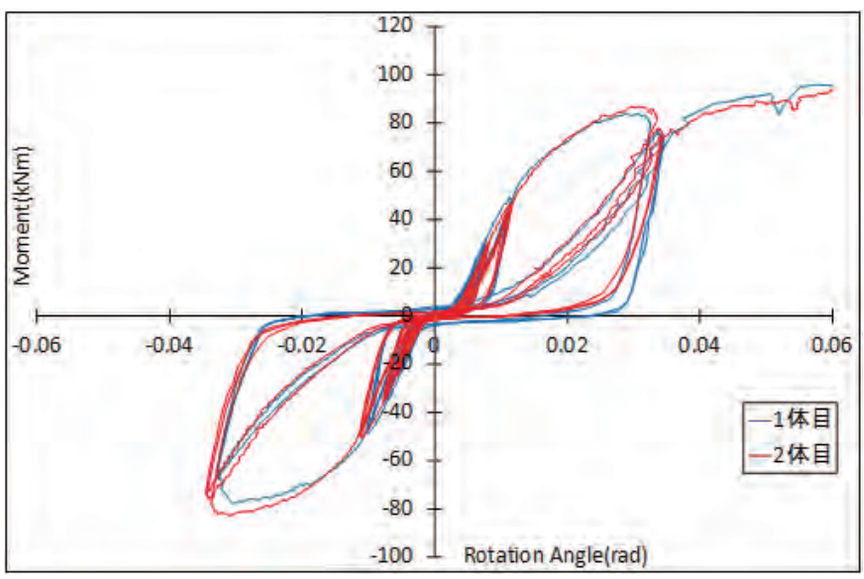
剛性はめり込みと木栓の剛性の足し合わせ。
めり込みと木栓のいずれかが降伏に達した時点を接合部全体の降伏とする。
回転中心はパネルゾーン中心とする。
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換。



● 特性値

	K_θ (kNm/rad)	M_y (kNm)	θ_y (× 10^{-3}rad)	M_u (kNm)	θ_u (× 10^{-3}rad)	M_{max} (kNm)
L-S24-8（1 体目）	5139	52.0	10.1	90.5	118.9	101.4
L-S24-8（2 体目）	4963	56.5	11.4	87.8	92.4	95.3
平均値	5051	54.3	10.8	89.2	105.7	98.4

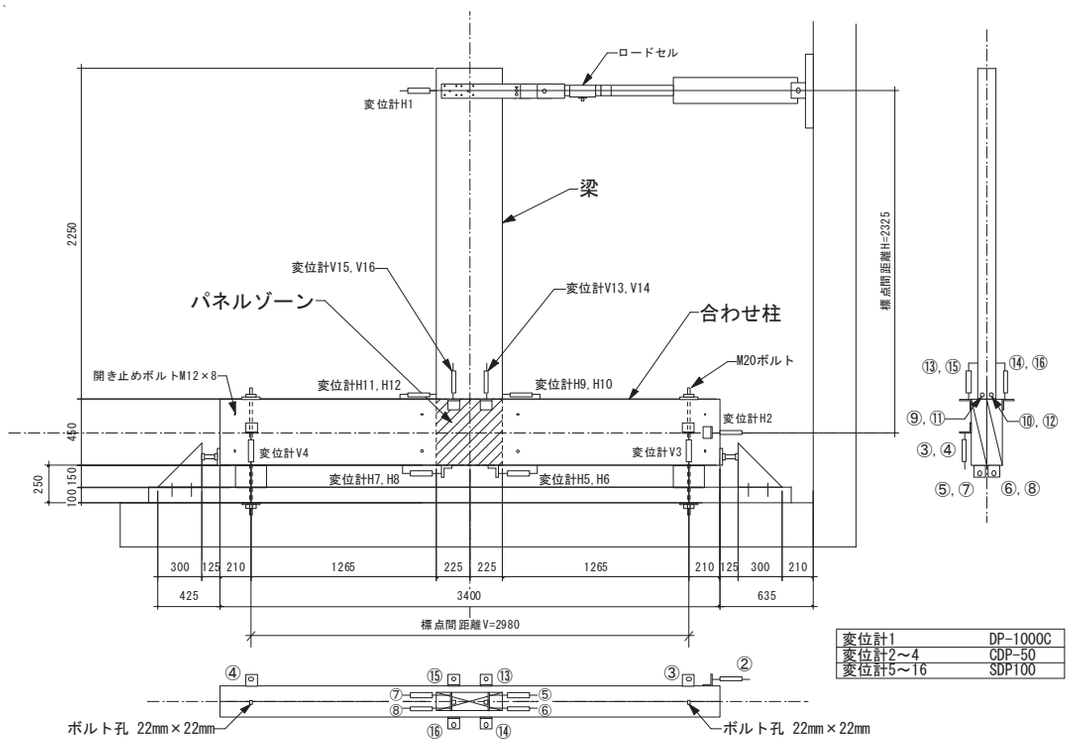
● 荷重変形



● 破壊性状

・木栓の穴同士がつながる集合型割裂破壊
・木栓の破断

● 姿図・寸法

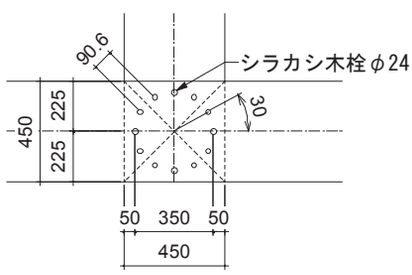


【使用材料】

柱　2-105mm × 450mm、梁　120mm × 450mm、

いずれもカラマツ E105-F300

接合具　シラカシ木栓　φ 24、12 本



パネルゾーン詳細

● 適用条件

木栓の配置は木質構造設計規準等の接合具配置の基準に準拠し、木栓の径を d として、接合具間隔≧ 7d に従う。φ 24 までは端距離、縁距離はともに 4d 以上取れば問題ないと思われる。木栓の位置によって母材の繊維方向に対する荷重角度が異なるため、木栓のせん断性能には異方性を考慮して計算を行う。木栓の本数を増やす場合は、接合部の降伏モーメントが、母材の断面欠損を考慮した断面係数に短期許容曲げモーメントを乗じたものを超えないようにする。検証した範囲では回転中心はパネルゾーン中心としてよい。また木栓は目視で節や目切れのあるものを除去し、設計上の密度を満足していないものは使用しないこととする。

● 概要

集成材による 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柱材のみ各 60mm 切り欠き、側面からφ 24 のシラカシ木栓を打ち込んである。木栓のせん断抵抗による接合部は、木栓が脆性的に破壊するため靭性の確保が課題となるが、本接合部はめり込み抵抗を付加させたことでそれを補っている。ただし木栓の本数が増えると、母材の断面欠損の影響で接合部の曲げ、あるいはパネルゾーンのせん断破壊が先行する場合が考えられるため、注意を要する。

●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連業者で普通に入手可能）

●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

接合部の回転剛性：　$K_\theta = K_{\theta m} + K_{\theta d}$

接合部の降伏変形角：$\theta_y = \min.(\theta_{ym}, \theta_{yd})$

接合部の降伏モーメント：$M_y = K_\theta \times \theta_y$

ただし、$K_{\theta d} = \sum K_s \times r^2$　、　$\theta_{yd} = \min.\dfrac{\delta_y}{r}$

添え字の m、d はそれぞれめり込みと木栓のせん断による特性値を表す。

$K_{\theta m}$　：柱・梁のめり込みによる接合部回転剛性

$K_{\theta d}$　：木栓のせん断による接合回転剛性

θ_{ym}　：柱・梁のめり込みによる接合部降伏変形角

θ_{yd}　：木栓のせん断による接合部降伏変形角

K_θ　：接合部全体での回転剛性

θ_y　：接合部全体での降伏回転角

K_s　：木栓 1 本あたりのせん断剛性

δ_y　：木栓 1 本あたりのせん断降伏変位

r　：回転半径

各抵抗要素（柱 - 梁のめり込みおよび木栓のせん断）の特性値算定法は木質構造接合部設計マニュアル「3.4 木ダボ接合（せん断抵抗型）」、「4.6 嵌合を利用した通し貫と掘立柱のモーメント抵抗接合」参照。

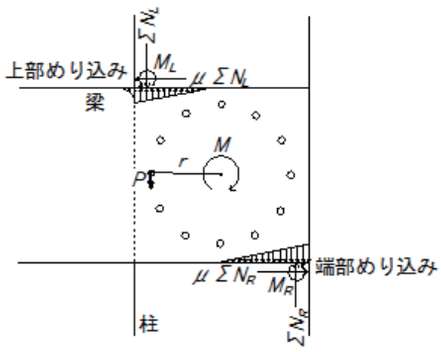
●計算式

—

集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／シラカシ木栓φ 24・12 本

● モデル化

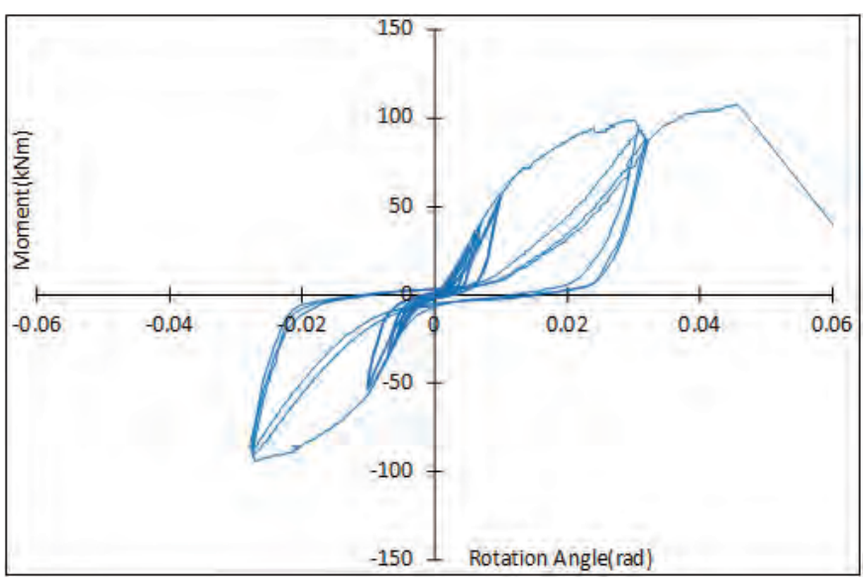
剛性はめり込みと木栓の剛性の足し合わせ。
めり込みと木栓のいずれかが降伏に達した時点を接合部全体の降伏とする。
回転中心はパネルゾーン中心とする。
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換。



● 特性値

	K_θ (kNm/rad)	M_y (kNm)	θ_y (× 10^{-3}rad)	M_u (kNm)	θ_u (× 10^{-3}rad)	M_{max} (kNm)
L-S24-12	5584	64.8	11.6	107.6	45.7	107.6

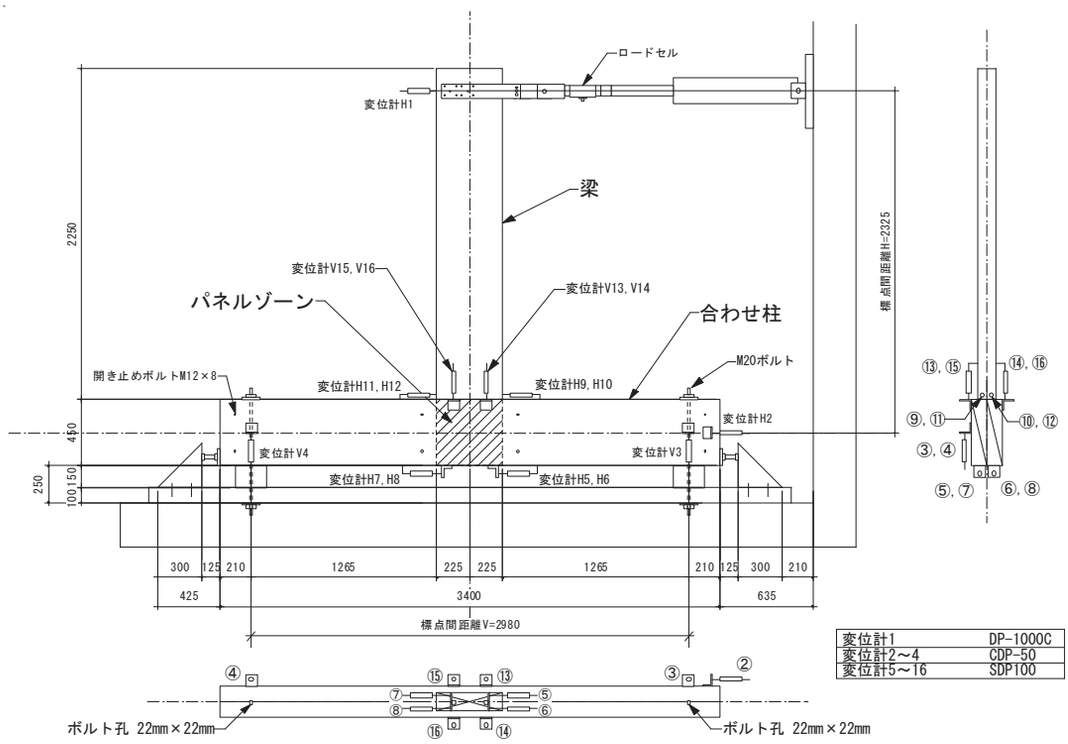
● 荷重変形



● 破壊性状

・木栓の穴同士がつながる集合型割裂破壊

●姿図・寸法

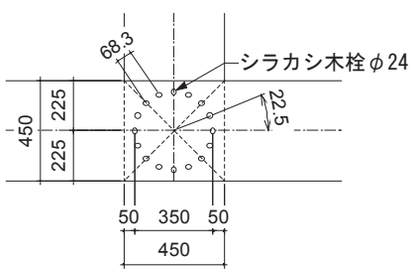


変位計1	DP-1000C
変位計2～4	CDP-50
変位計5～16	SDP100

【使用材料】

柱　2-105mm × 450mm、梁　120mm × 450mm、
いずれもカラマツ E105-F300

接合具　シラカシ木栓　φ 24、16 本



パネルゾーン詳細

●適用条件

木栓の配置は木質構造設計規準等の接合具配置の基準に準拠し、木栓の径を d として、接合具間隔≧ 7d に従う。φ 24 までは端距離、縁距離はともに 4d 以上取れば問題ないと思われる。木栓の位置によって母材の繊維方向に対する荷重角度が異なるため、木栓のせん断性能には異方性を考慮して計算を行う。木栓の本数を増やす場合は、接合部の降伏モーメントが、母材の断面欠損を考慮した断面係数に短期許容曲げモーメントを乗じたものを超えないようにする。検証した範囲では回転中心はパネルゾーン中心としてよい。また木栓は目視で節や目切れのあるものを除去し､設計上の密度を満足していないものは使用しないこととする。

●概要

集成材による 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柱材のみ各 60mm 切り欠き、側面からφ 24 のシラカシ木栓を打ち込んである。木栓のせん断抵抗による接合部は、木栓が脆性的に破壊するため靭性の確保が課題となるが、本接合部はめり込み抵抗を付加させたことでそれを補っている。ただし木栓の本数が増えると、母材の断面欠損の影響で接合部の曲げ、あるいはパネルゾーンのせん断破壊が先行する場合が考えられるため、注意を要する。

●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連業者で普通に入手可能）

●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

接合部の回転剛性：　$K_\theta = K_{\theta m} + K_{\theta d}$

接合部の降伏変形角：$\theta_y = \min.(\theta_{ym}, \theta_{yd})$

接合部の降伏モーメント：$M_y = K_\theta \times \theta_y$

ただし、$K_{\theta d} = \sum K_s \times r^2$　、　$\theta_{yd} = \min.\dfrac{\delta_y}{r}$

添え字の m、d はそれぞれめり込みと木栓のせん断による特性値を表す。

$K_{\theta m}$　：柱・梁のめり込みによる接合部回転剛性

$K_{\theta d}$　：木栓のせん断による接合回転剛性

θ_{ym}　：柱・梁のめり込みによる接合部降伏変形角

θ_{yd}　：木栓のせん断による接合部降伏変形角

K_θ　：接合部全体での回転剛性

θ_y　：接合部全体での降伏回転角

K_s　：木栓 1 本あたりのせん断剛性

δ_y　：木栓 1 本あたりのせん断降伏変位

r　：回転半径

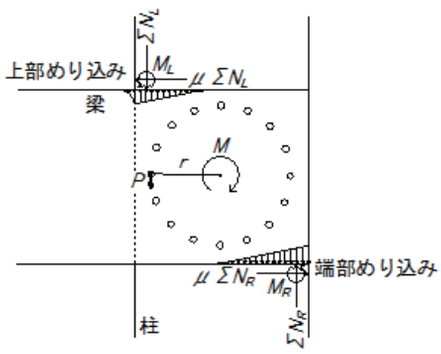
各抵抗要素（柱 - 梁のめり込みおよび木栓のせん断）の特性値算定法は木質構造接合部設計マニュアル「3.4 木ダボ接合（せん断抵抗型）」、「4.6 嵌合を利用した通し貫と掘立柱のモーメント抵抗接合」参照。

●計算式

—

● モデル化

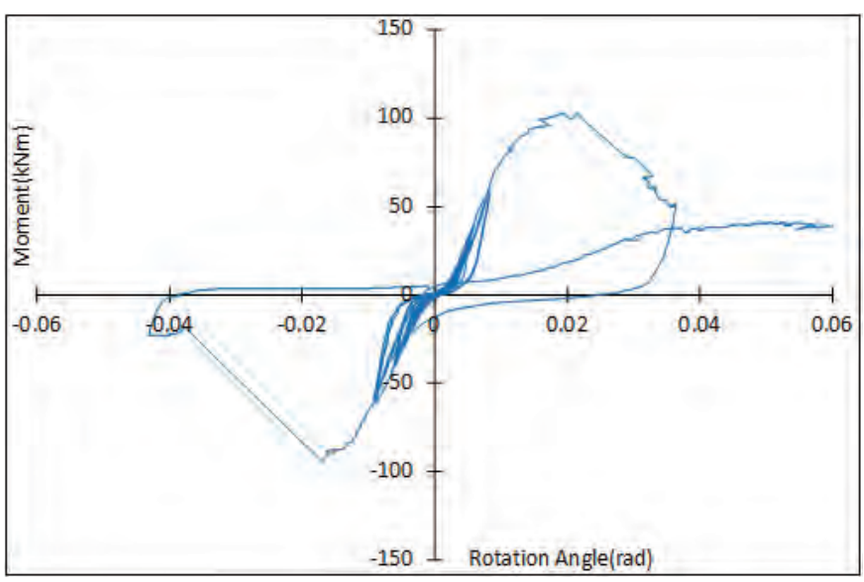
剛性はめり込みと木栓の剛性の足し合わせ。
めり込みと木栓のいずれかが降伏に達した時点を接合部全体の降伏とする。
回転中心はパネルゾーン中心とする。
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換。



● 特性値

	K_θ (kNm/rad)	M_y (kNm)	θ_y (× 10^{-3}rad)	M_u (kNm)	θ_u (× 10^{-3}rad)	M_{max} (kNm)
L-S24-16	7748	70.1	9.1	102.5	21.3	102.5

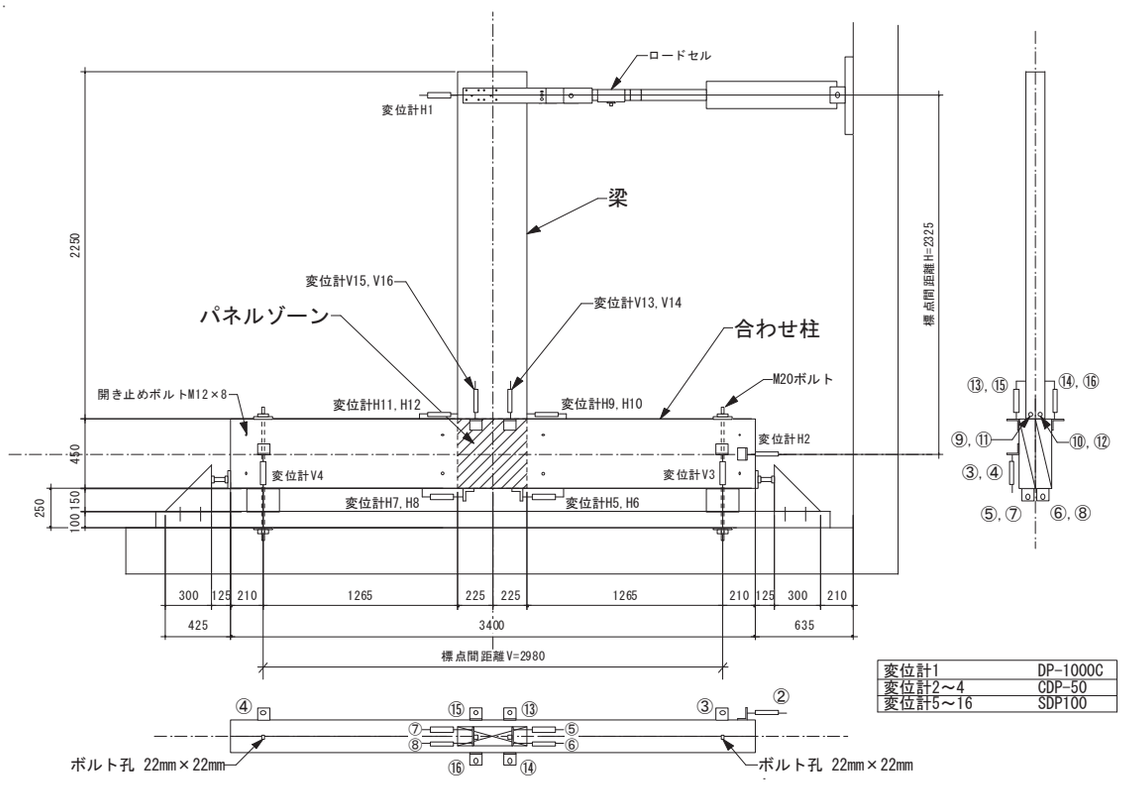
● 荷重変形



● 破壊性状

・木栓の穴同士がつながる集合型割裂破壊

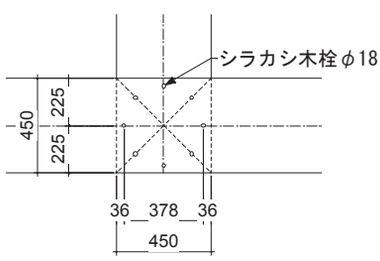
●姿図・寸法



変位計1	DP-1000C
変位計2～4	CDP-50
変位計5～16	SDP100

【使用材料】

柱　2-105mm × 450mm、梁　120mm × 450mm、
いずれもカラマツ E105-F300
接合具　シラカシ木栓　φ 18、8 本



パネルゾーン詳細

●適用条件

木栓の配置は木質構造設計規準等の接合具配置の基準に準拠し、木栓の径を d として、接合具間隔≧ 7d に従う。φ 24 までは端距離、縁距離はともに 4d 以上取れば問題ないと思われる。木栓の位置によって母材の繊維方向に対する荷重角度が異なるため、木栓のせん断性能には異方性を考慮して計算を行う。木栓の本数を増やす場合は、接合部の降伏モーメントが、母材の断面欠損を考慮した断面係数に短期許容曲げモーメントを乗じたものを超えないようにする。検証した範囲では回転中心はパネルゾーン中心としてよい。また木栓は目視で節や目切れのあるものを除去し､設計上の密度を満足していないものは使用しないこととする。

●概要

集成材による 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柱材のみ各 60mm 切り欠き、側面からφ 24 のシラカシ木栓を打ち込んである。木栓のせん断抵抗による接合部は、木栓が脆性的に破壊するため靭性の確保が課題となるが、本接合部はめり込み抵抗を付加させたことでそれを補っている。ただし木栓の本数が増えると、母材の断面欠損の影響で接合部の曲げ、あるいはパネルゾーンのせん断破壊が先行する場合が考えられるため、注意を要する。

●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連業者で普通に入手可能）

●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

接合部の回転剛性：　$K_\theta = K_{\theta m} + K_{\theta d}$

接合部の降伏変形角：$\theta_y = \min.(\theta_{ym}, \theta_{yd})$

接合部の降伏モーメント：$M_y = K_\theta \times \theta_y$

ただし、$K_{\theta d} = \sum K_s \times r^2$　、　$\theta_{yd} = \min.\dfrac{\delta_y}{r}$

添え字の m、d はそれぞれめり込みと木栓のせん断による特性値を表す。

$K_{\theta m}$　：柱・梁のめり込みによる接合部回転剛性

$K_{\theta d}$　：木栓のせん断による接合回転剛性

θ_{ym}　：柱・梁のめり込みによる接合部降伏変形角

θ_{yd}　：木栓のせん断による接合部降伏変形角

K_θ　：接合部全体での回転剛性

θ_y　：接合部全体での降伏回転角

K_s　：木栓 1 本あたりのせん断剛性

δ_y　：木栓 1 本あたりのせん断降伏変位

r　：回転半径

各抵抗要素（柱 - 梁のめり込みおよび木栓のせん断）の特性値算定法は木質構造接合部設計マニュアル「3.4 木ダボ接合（せん断抵抗型）」、「4.6 嵌合を利用した通し貫と掘立柱のモーメント抵抗接合」参照。

●計算式

—

集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／ シラカシ木栓φ 18・8 本

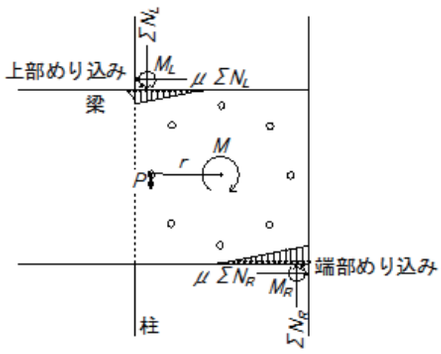
● モデル化

剛性はめり込みと木栓の剛性の足し合わせ。

めり込みと木栓のいずれかが降伏に達した時点を接合部全体の降伏とする。

回転中心はパネルゾーン中心とする。

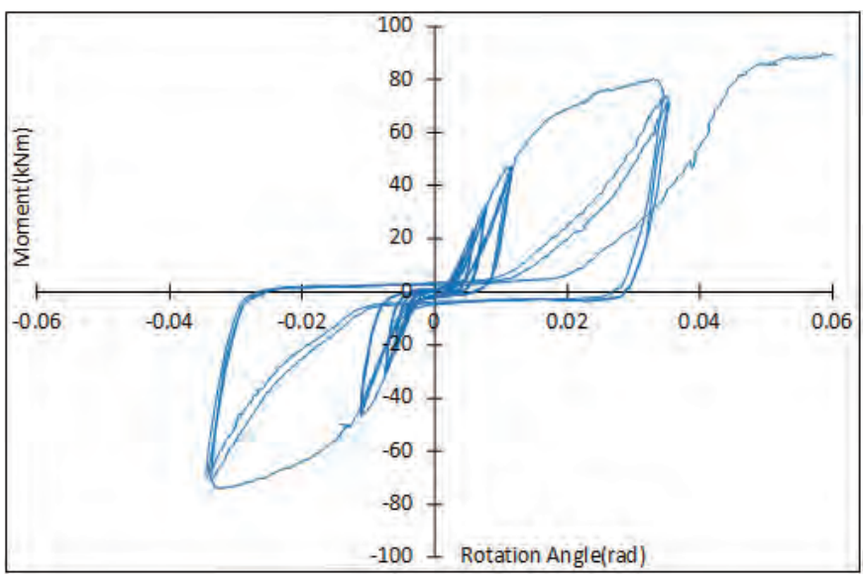
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換。



● 特性値

	K_θ (kNm/rad)	M_y (kNm)	θ_y (× 10^{-3}rad)	M_u (kNm)	θ_u (× 10^{-3}rad)	M_{max} (kNm)
L-S18-8	4374	47.1	10.8	81.1	175.7	92.3

● 荷重変形

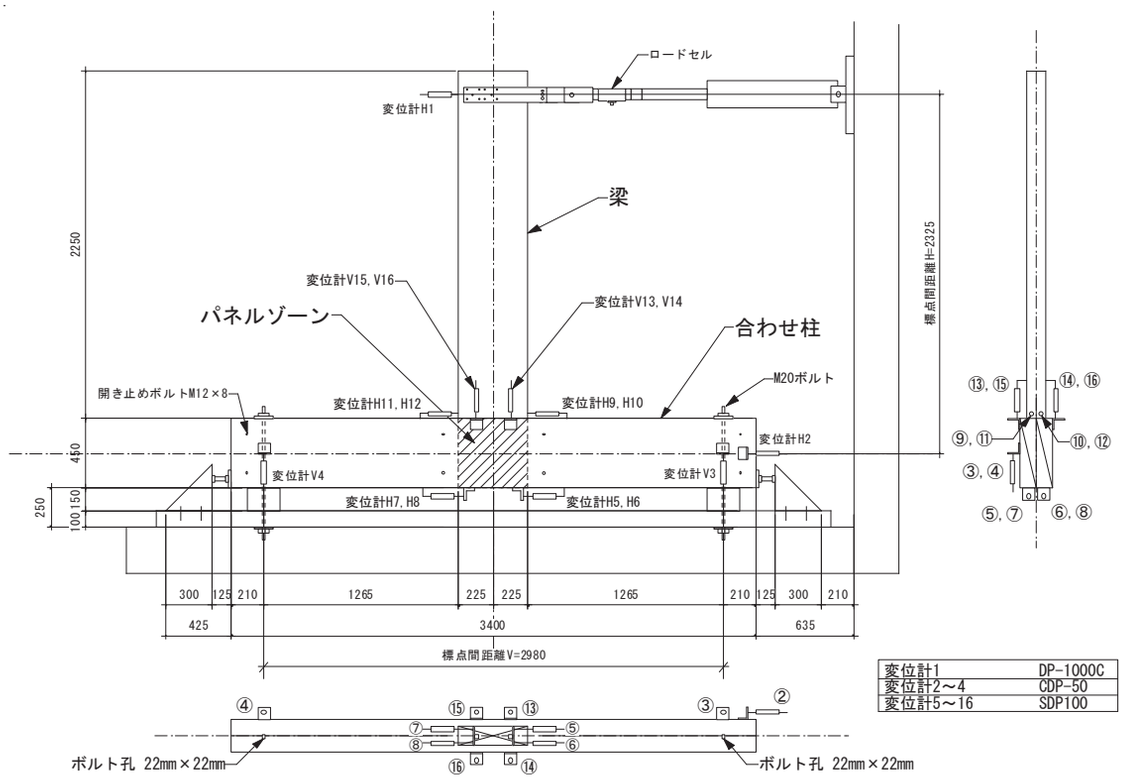


● 破壊性状

・柱木口の梁へのめり込み

・木栓の破断

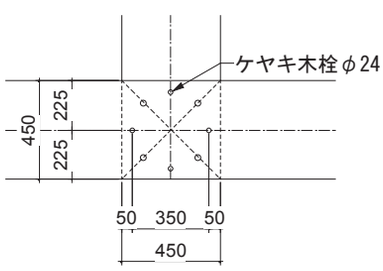
● 姿図・寸法



変位計1	DP-1000C
変位計2～4	CDP-50
変位計5～16	SDP100

【使用材料】

柱　2-105mm × 450mm、梁　120mm × 450mm、
いずれもカラマツ E105-F300
接合具　ケヤキ木栓　φ 24、8 本



パネルゾーン詳細

● 適用条件

木栓の配置は木質構造設計規準等の接合具配置の基準に準拠し、木栓の径を d として、接合具間隔≧ 7d に従う。φ 24 までは端距離、縁距離はともに 4d 以上取れば問題ないと思われる。木栓の位置によって母材の繊維方向に対する荷重角度が異なるため、木栓のせん断性能には異方性を考慮して計算を行う。木栓の本数を増やす場合は、接合部の降伏モーメントが、母材の断面欠損を考慮した断面係数に短期許容曲げモーメントを乗じたものを超えないようにする。検証した範囲では回転中心はパネルゾーン中心としてよい。また木栓は目視で節や目切れのあるものを除去し、設計上の密度を満足していないものは使用しないこととする。

● 概要

集成材による 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柱材のみ各 60mm 切り欠き、側面からφ 24 のシラカシ木栓を打ち込んである。木栓のせん断抵抗による接合部は、木栓が脆性的に破壊するため靭性の確保が課題となるが、本接合部はめり込み抵抗を付加させたことでそれを補っている。ただし木栓の本数が増えると、母材の断面欠損の影響で接合部の曲げ、あるいはパネルゾーンのせん断破壊が先行する場合が考えられるため、注意を要する。

●接合具（メーカー、入手方法等）

ケヤキ木栓（一般の木材関連業者で普通に入手可能）

●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

接合部の回転剛性：　$K_\theta = K_{\theta m} + K_{\theta d}$

接合部の降伏変形角：$\theta_y = \min.(\theta_{ym}, \theta_{yd})$

接合部の降伏モーメント：$M_y = K_\theta \times \theta_y$

ただし、$K_{\theta d} = \sum K_s \times r^2$　、　$\theta_{yd} = \min.\dfrac{\delta_y}{r}$

添え字の m、d はそれぞれめり込みと木栓のせん断による特性値を表す。

$K_{\theta m}$　：柱・梁のめり込みによる接合部回転剛性

$K_{\theta d}$　：木栓のせん断による接合回転剛性

θ_{ym}　：柱・梁のめり込みによる接合部降伏変形角

θ_{yd}　：木栓のせん断による接合部降伏変形角

K_θ　：接合部全体での回転剛性

θ_y　：接合部全体での降伏回転角

K_s　：木栓 1 本あたりのせん断剛性

δ_y　：木栓 1 本あたりのせん断降伏変位

r　：回転半径

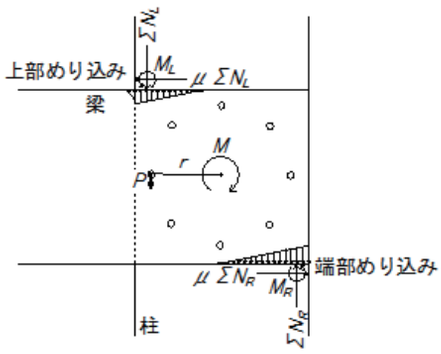
各抵抗要素（柱 - 梁のめり込みおよび木栓のせん断）の特性値算定法は木質構造接合部設計マニュアル「3.4 木ダボ接合（せん断抵抗型）」、「4.6 嵌合を利用した通し貫と掘立柱のモーメント抵抗接合」参照。

●計算式

—

● モデル化

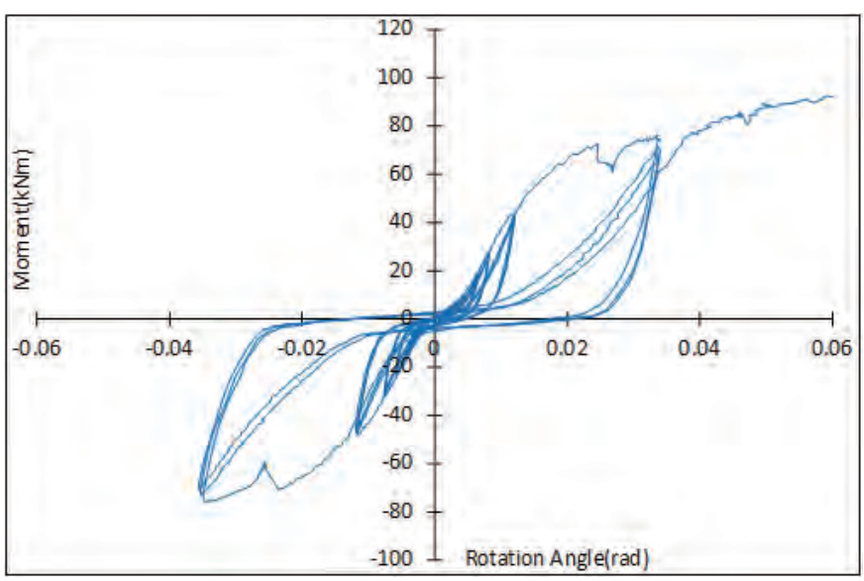
剛性はめり込みと木栓の剛性の足し合わせ。
めり込みと木栓のいずれかが降伏に達した時点を接合部全体の降伏とする。
回転中心はパネルゾーン中心とする。
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換。



● 特性値

	K_θ (kNm/rad)	M_y (kNm)	θ_y (× 10^{-3}rad)	M_u (kNm)	θ_u (× 10^{-3}rad)	M_{max} (kNm)
L-K24-8	4135	47.9	11.6	81.0	72.1	93.9

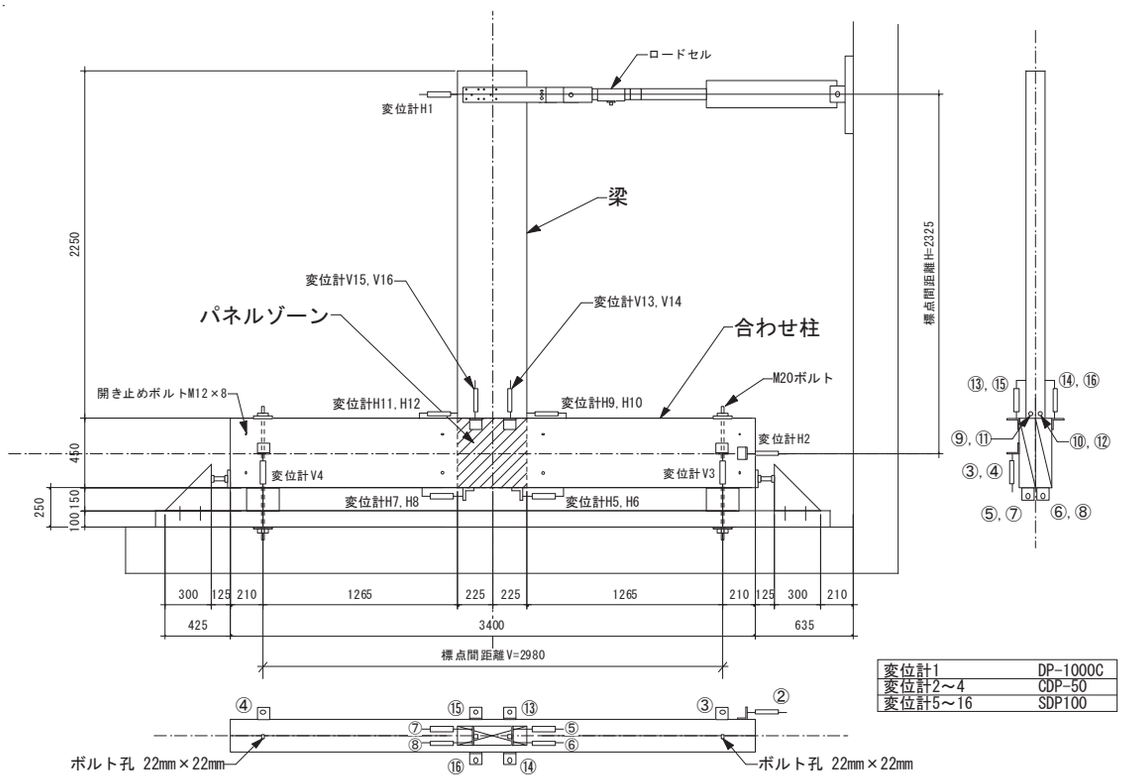
● 荷重変形



● 破壊性状

・木栓の穴同士がつながる集合型割裂破壊

● 姿図・寸法

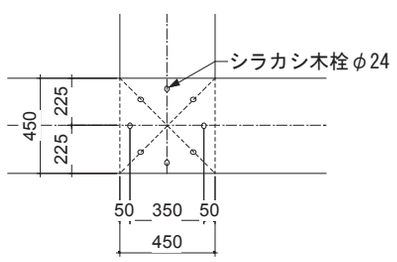


変位計1	DP-1000C
変位計2～4	CDP-50
変位計5～16	SDP100

【使用材料】

柱　2-105mm × 450mm、梁　120mm × 450mm、
いずれもスギ E65-F225

接合具　シラカシ木栓　φ 24、8 本



パネルゾーン詳細

● 適用条件

木栓の配置は木質構造設計規準等の接合具配置の基準に準拠し、木栓の径を d として、接合具間隔≧ 7d に従う。φ 24 までは端距離、縁距離はともに 4d 以上取れば問題ないと思われる。木栓の位置によって母材の繊維方向に対する荷重角度が異なるため、木栓のせん断性能には異方性を考慮して計算を行う。木栓の本数を増やす場合は、接合部の降伏モーメントが、母材の断面欠損を考慮した断面係数に短期許容曲げモーメントを乗じたものを超えないようにする。検証した範囲では回転中心はパネルゾーン中心としてよい。また木栓は目視で節や目切れのあるものを除去し、設計上の密度を満足していないものは使用しないこととする。

● 概要

集成材による 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柱材のみ各 60mm 切り欠き、側面からφ 24 のシラカシ木栓を打ち込んである。木栓のせん断抵抗による接合部は、木栓が脆性的に破壊するため靭性の確保が課題となるが、本接合部はめり込み抵抗を付加させたことでそれを補っている。ただし木栓の本数が増えると、母材の断面欠損の影響で接合部の曲げ、あるいはパネルゾーンのせん断破壊が先行する場合が考えられるため、注意を要する。

●接合具（メーカー、入手方法等）

シラカシ木栓（一般の木材関連業者で普通に入手可能）

●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

接合部の回転剛性：　$K_\theta = K_{\theta m} + K_{\theta d}$

接合部の降伏変形角：$\theta_y = \min.(\theta_{ym}, \theta_{yd})$

接合部の降伏モーメント：$M_y = K_\theta \times \theta_y$

ただし、$K_{\theta d} = \sum K_s \times r^2$　、$\theta_{yd} = \min.\dfrac{\delta_y}{r}$

添え字の m、d はそれぞれめり込みと木栓のせん断による特性値を表す。

$K_{\theta m}$　：柱・梁のめり込みによる接合部回転剛性

$K_{\theta d}$　：木栓のせん断による接合回転剛性

θ_{ym}　：柱・梁のめり込みによる接合部降伏変形角

θ_{yd}　：木栓のせん断による接合部降伏変形角

K_θ　：接合部全体での回転剛性

θ_y　：接合部全体での降伏回転角

K_s　：木栓 1 本あたりのせん断剛性

δ_y　：木栓 1 本あたりのせん断降伏変位

r　：回転半径

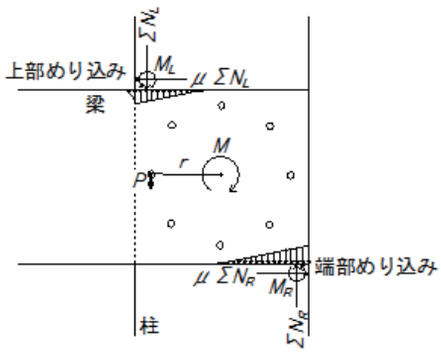
各抵抗要素（柱 - 梁のめり込みおよび木栓のせん断）の特性値算定法は木質構造接合部設計マニュアル「3.4 木ダボ接合（せん断抵抗型）」、「4.6 嵌合を利用した通し貫と掘立柱のモーメント抵抗接合」参照。

●計算式

—

● モデル化

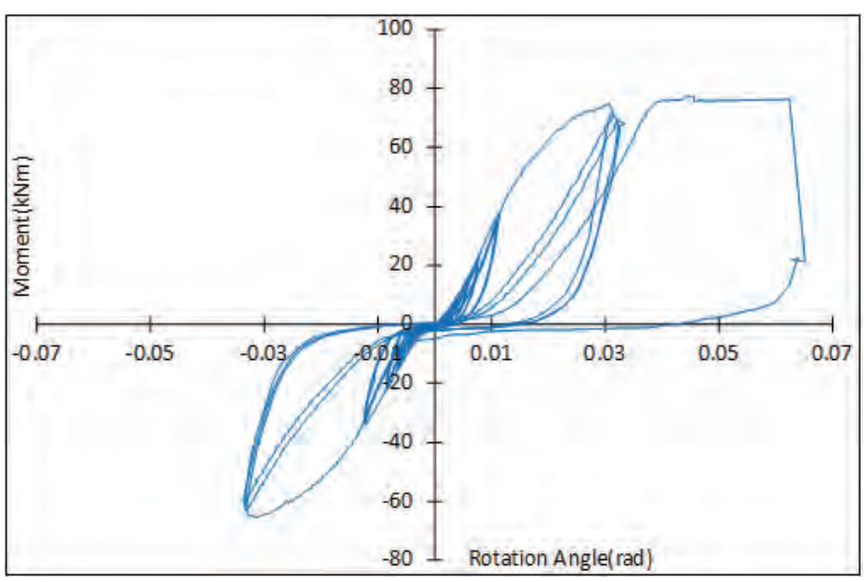
剛性はめり込みと木栓の剛性の足し合わせ。
めり込みと木栓のいずれかが降伏に達した時点を接合部全体の降伏とする。
回転中心はパネルゾーン中心とする。
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換。



● 特性値

	K_θ (kNm/rad)	M_y (kNm)	θ_y (× 10^{-3}rad)	M_u (kNm)	θ_u (× 10^{-3}rad)	M_{max} (kNm)
C-S24-8	3385	48.6	14.4	72.1	62.4	77.4

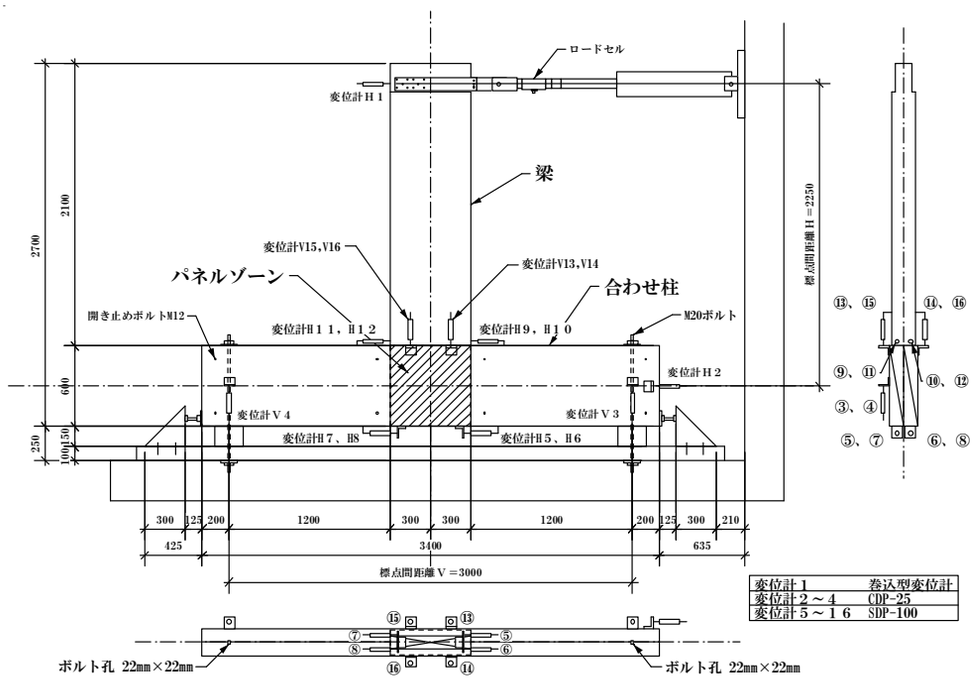
● 荷重変形



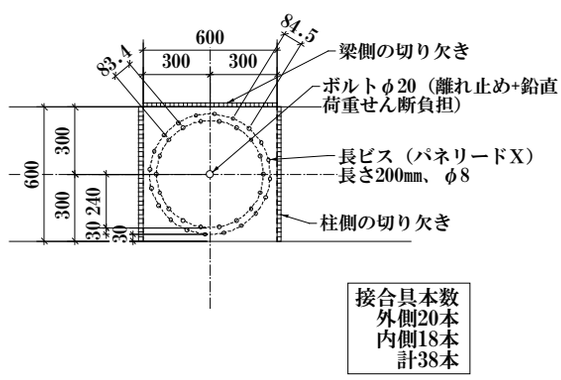
● 破壊性状

・木栓の穴同士がつながる集合型割裂破壊

● 姿図・寸法



仕様3　ビス（パネリードXφ8）



【使用材料】

柱　2-105mm × 600mm、梁　180mm × 600mm

いずれもカラマツ E105-F300

接合具　長ビス（パネリード X）φ 8、38 本

● 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）

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

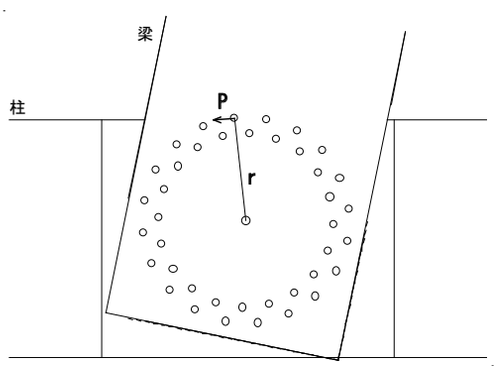
木質構造接合部設計マニュアルに従い、各接合要素（接合具の２面せん断、相欠きによる柱 - 梁界面のめり込み）による接合部のモーメント抵抗特性値を求め、両者を足し合わせることで接合部全体の特性値を算出する。接合具の場合は、まず１本あたりのせん断抵抗特性値を求めてから、回転中心からの距離を乗じたものの総和により接合部のモーメント抵抗特性値を求める。

●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
θ_{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_θ：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
θ_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

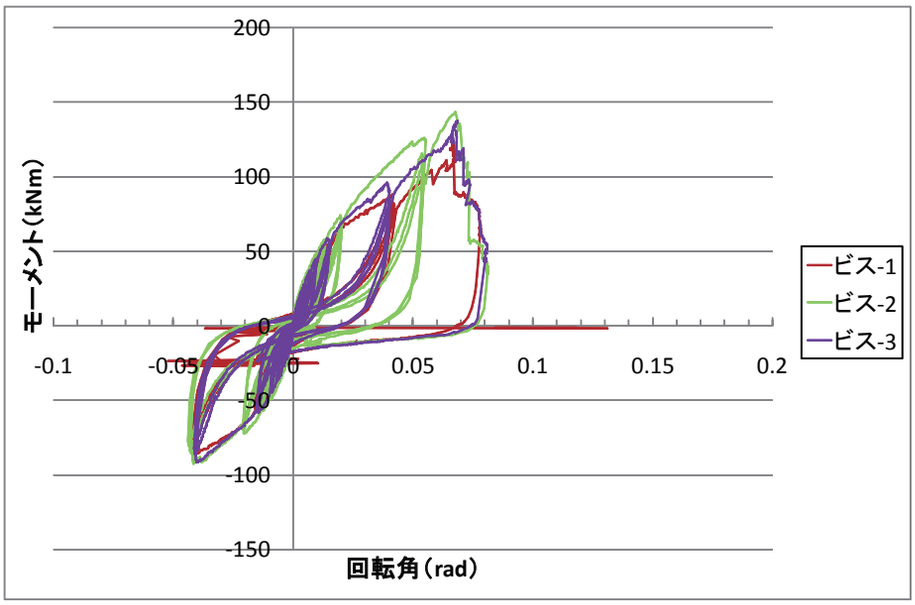
仕様３　ビス（パネリード X）（ビスのせん断抵抗のみ）



●特性値

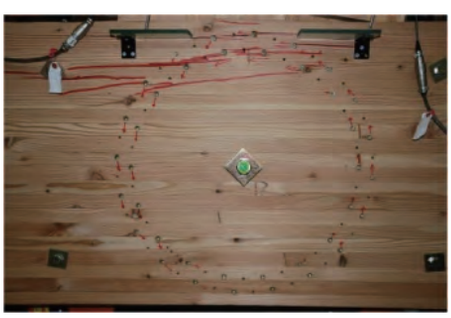
		K_θ (kNm/rad)	$K_{\theta 2}$ (kNm/rad)	M_{max} (kNm)	M_y (kNm)	θ_y (×10⁻³rad)	M_v (kNm)	θ_v (rad)	M_u (kNm)	θ_u (×10⁻³rad)
ビス	1	3880	1021	124	51	13.1	61	15.8	124	66.9
	2	4369	2004	144	55	12.1	58	13.2	144	67.6
	3	4090	1339	138	58	14.1	63	15.4	138	68.5
	Ave.	4113	1454	135	55	13.1	61	14.8	135	67.7
	S.D.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

● **荷重変形**



● **破壊性状**

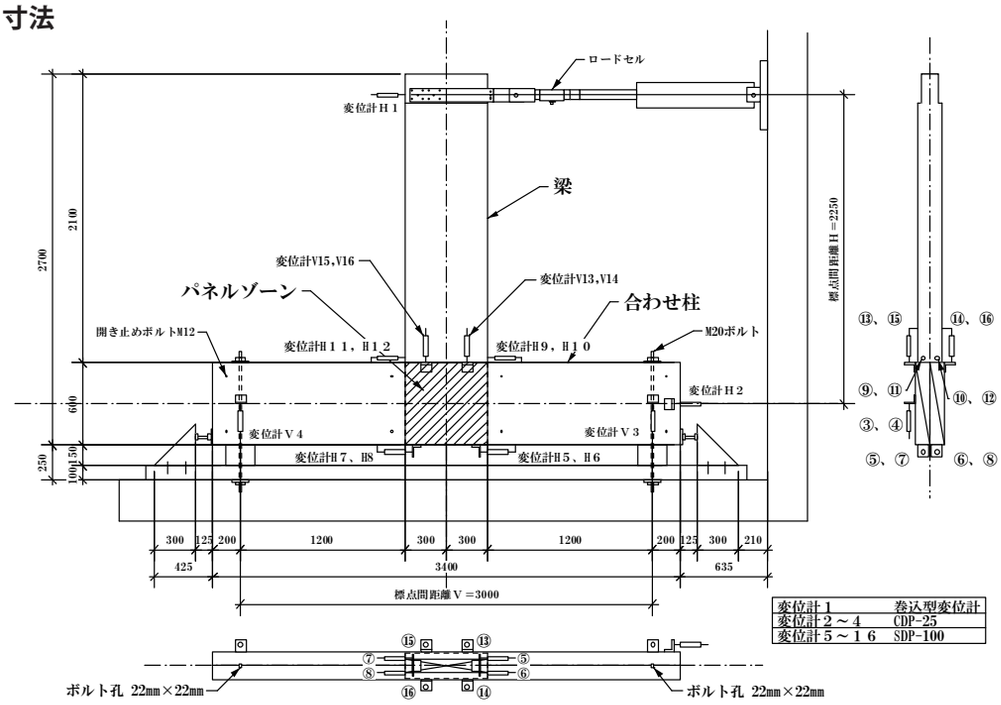
・梁部材の曲げ破壊。柱部材の繊維方向の割裂。ビスの塑性変形。



接合部表側（ビス -3）

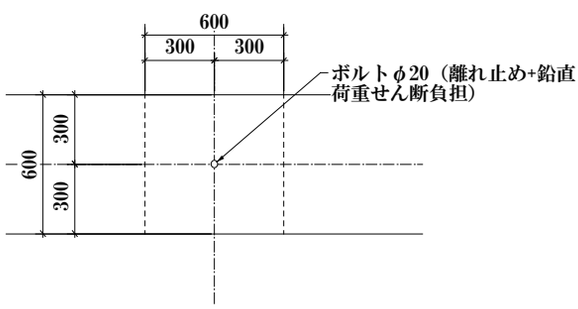
パネルゾーン（ビス -2）

●姿図・寸法



変位計１	巻込型変位計
変位計２～４	CDP-25
変位計５～１６	SDP-100

仕様4　接合具なし



【使用材料】

柱　2-105mm × 600mm、梁　180mm × 600mm

いずれもカラマツ E105-F300

接合具　なし

●適用条件

—

●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。

●接合具（メーカー、入手方法等）

—

●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

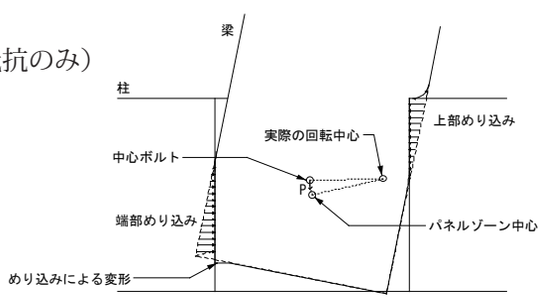
木質構造接合部設計マニュアルに従い、各接合要素（接合具の２面せん断、相欠きによる柱 - 梁界面のめり込み）による接合部のモーメント抵抗特性値を求め、両者を足し合わせることで接合部全体の特性値を算出する。接合具の場合は、まず１本あたりのせん断抵抗特性値を求めてから、回転中心からの距離を乗じたものの総和により接合部のモーメント抵抗特性値を求める。

●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
θ_{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_θ：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
θ_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

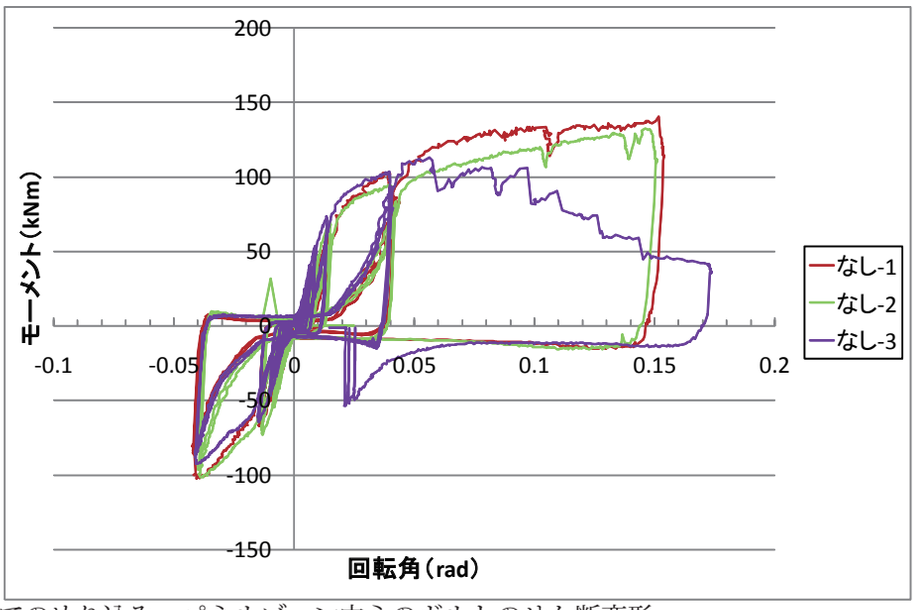
仕様４　接合具なし（柱梁界面のめり込み抵抗のみ）



●特性値

		K_θ (kNm/rad)	M_{max} (kNm)	M_y (kNm)	θ_y (×10⁻³rad)	M_u (kNm)	θ_u (×10⁻³rad)
	1	4825	141	72	18.1	123	154
	2	4557	132	68	15.0	110	151
なし	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

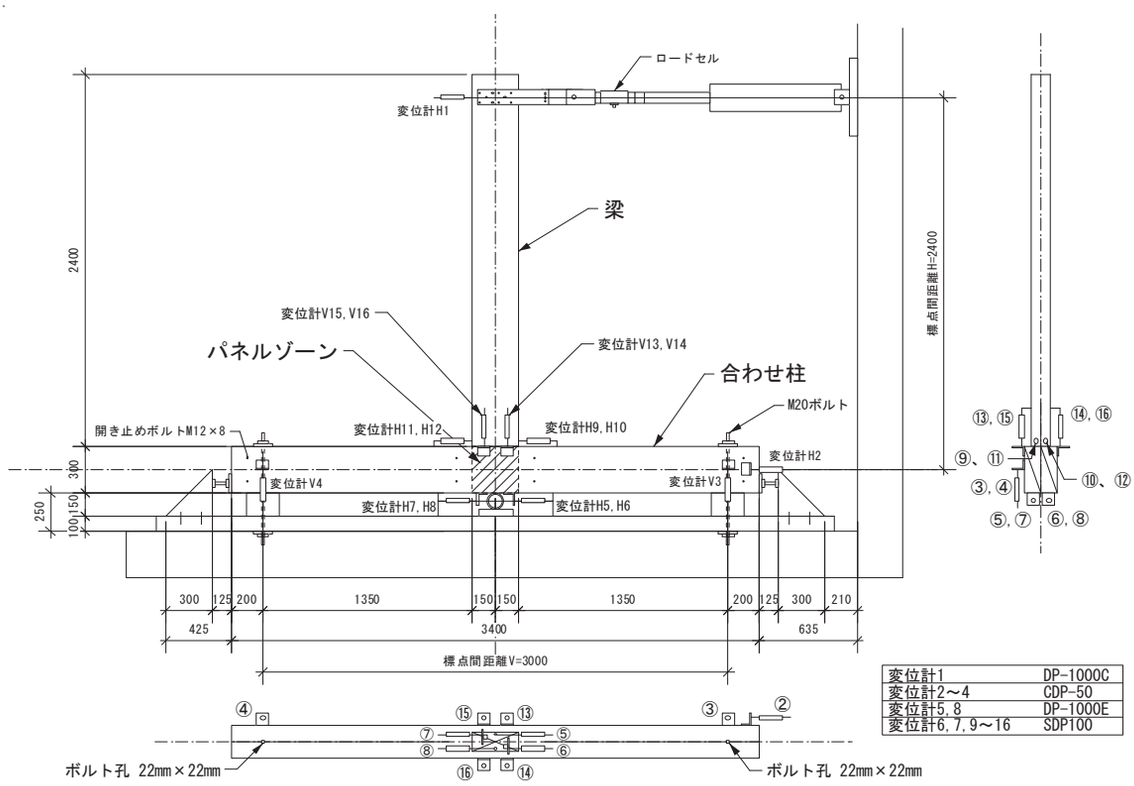
・木口接触面でのめり込み。パネルゾーン中心のボルトのせん断変形。

パネルゾーン（なし-2）

中心ボルトの変形（なし-2）

● 姿図・寸法

【使用材料】
柱　2-105mm × 300mm、梁　120mm × 300mm
いずれもカラマツ E105-F300



● 適用条件

柱、梁のせい 600mm までは降伏後の靭性含めて検証済み。
二次剛性は一次剛性の 1/8 とする。
パネルゾーンにはシアキーや梁材の引き抜けに抵抗するものとしてボルト等を配置する。

● 概要

2 枚の合わせ柱と 1 枚の梁から成る合わせ柱型の接合部である。接合部パネルゾーンは 300 × 300mm の部分を柱材のみ各 60mm 切り欠いた。

● 接合具（メーカー、入手方法等）

—

● 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

後述するモデル図の上部めり込みと端部めり込みのつり合いによって計算される。

●計算式

木質構造接合部設計マニュアル「4.6 嵌合を利用した通し貫と掘立柱のモーメント抵抗接合」の掘立柱式柱脚接合部の回転剛性と降伏モーメントの計算式に準拠する。

接合部回転剛性： $K_\theta = \dfrac{y_p E_{90}}{3Z_0}\left\{x_p{}^3 + 2x_p{}^2 Z_0 + \left(l - x_p\right)^3 + \dfrac{3}{2}\left(l - x_p\right)^2 \mu Z_0\right\}$

接合部降伏変形角： $\theta_y = \dfrac{Z_0 F_m}{x_p E_{90} C_{xm}\sqrt{C_{ym}}}$

接合部降伏モーメント： $M_y = K_\theta \times \theta_y$

ここで、

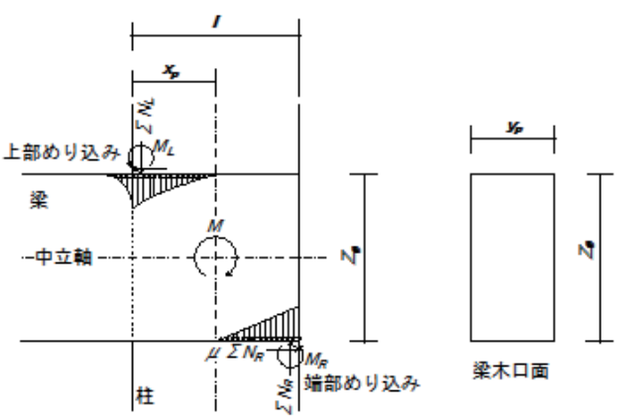
$E_{90} = \dfrac{1}{50}E_0$ 、 $F_m = \dfrac{2.4}{3}F_{cv}$（めり込み強度） 、 $C_{xm} = 1 + \dfrac{4Z_0}{3x_p}$ 、 $C_{ym} = 1 + \dfrac{4Z_0}{3ny_p}$

l, x_p, y_p, Z_0 は後述するモデル図の各寸法、μ は摩擦係数であり、この場合はすべり摩擦となるため、0.3~0.5 程度とする。n は繊維方向に対する繊維直交方向の置換係数であり、樹種がカラマツの場合は n=7

●モデル化

上部めり込みと端部めり込みのつり合いから計算

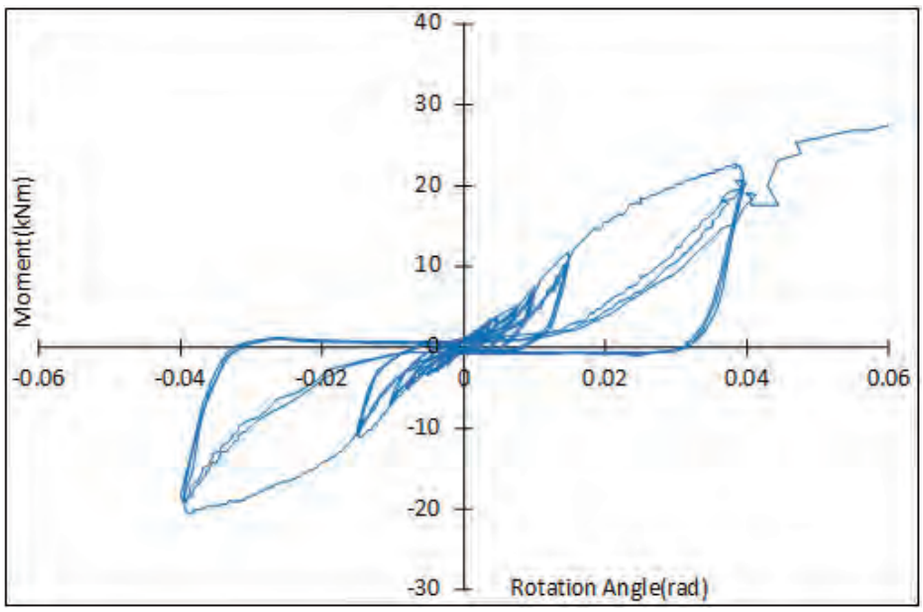
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換



●特性値

	$K_{\theta 1}$ (kNm/rad)	$K_{\theta 2}$ (kNm/rad)	M_y (kNm)	θ_y (× 10^{-3}rad)	M_u (kNm)	θ_u (× 10^{-3}rad)	M_{max} (kNm)
h300	763	125	16.9	22.2	31.6	169.3	42.0

● 荷重変形



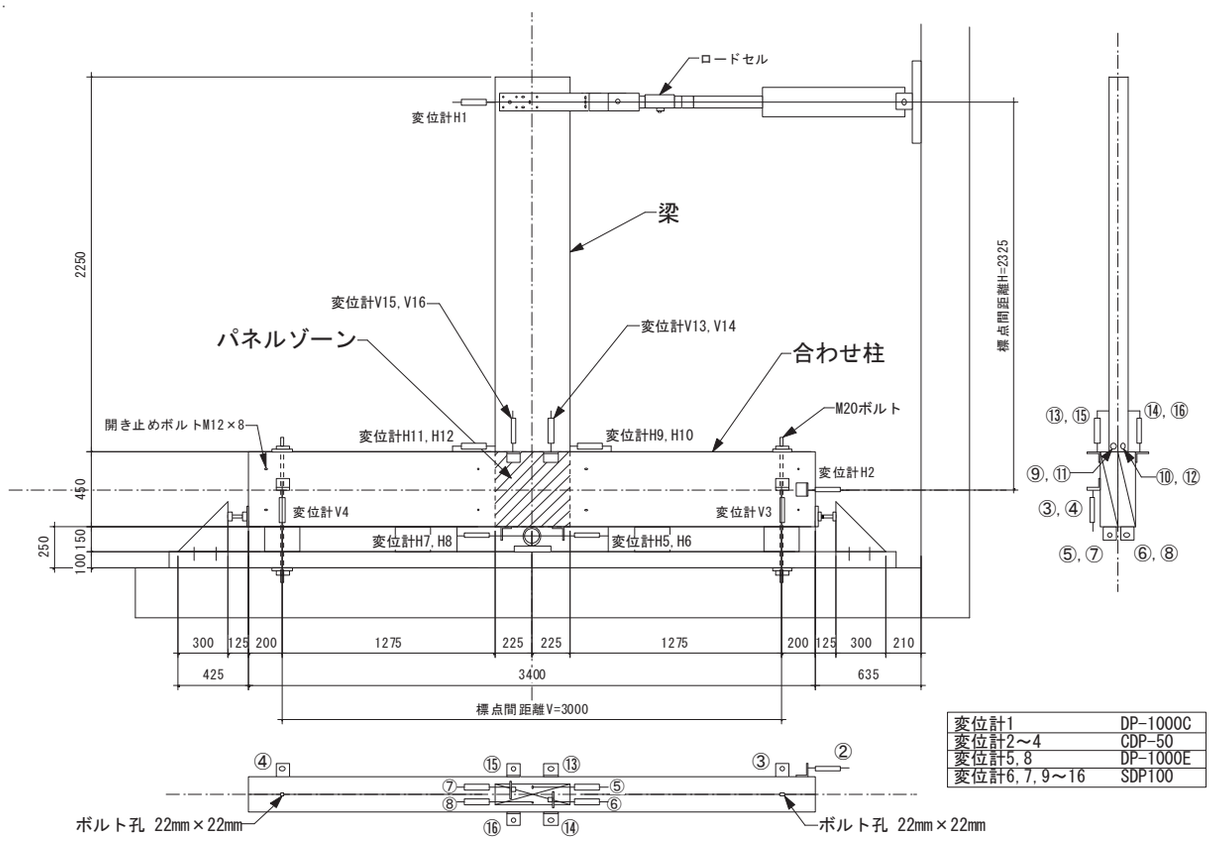
● 破壊性状

・柱木口の梁へのめり込み

・梁木口の開き

● 姿図・寸法

【使用材料】
柱　2-105mm × 450mm、梁　120mm × 450mm
いずれもカラマツ E105-F300



● 適用条件

柱、梁のせい 600mm までは降伏後の靭性含めて検証済み。
二次剛性は一次剛性の 1/8 とする。
パネルゾーンにはシアキーや梁材の引き抜けに抵抗するものとしてボルト等を配置する。

● 概要

2 枚の合わせ柱と 1 枚の梁から成る合わせ柱型の接合部である。接合部パネルゾーンは 450 × 450mm の部分を柱材のみ各 60mm 切り欠いた。

● 接合具（メーカー、入手方法等）

—

● 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

後述するモデル図の上部めり込みと端部めり込みのつり合いによって計算される。

●計算式

木質構造接合部設計マニュアル「4.6 嵌合を利用した通し貫と掘立柱のモーメント抵抗接合」の掘立柱式柱脚接合部の回転剛性と降伏モーメントの計算式に準拠する。

接合部回転剛性： $K_\theta = \dfrac{y_p E_{90}}{3Z_0}\left\{x_p{}^3 + 2x_p{}^2 Z_0 + \left(l - x_p\right)^3 + \dfrac{3}{2}\left(l - x_p\right)^2 \mu Z_0\right\}$

接合部降伏変形角： $\theta_y = \dfrac{Z_0 F_m}{x_p E_{90} C_{xm}\sqrt{C_{ym}}}$

接合部降伏モーメント： $M_y = K_\theta \times \theta_y$

ここで、

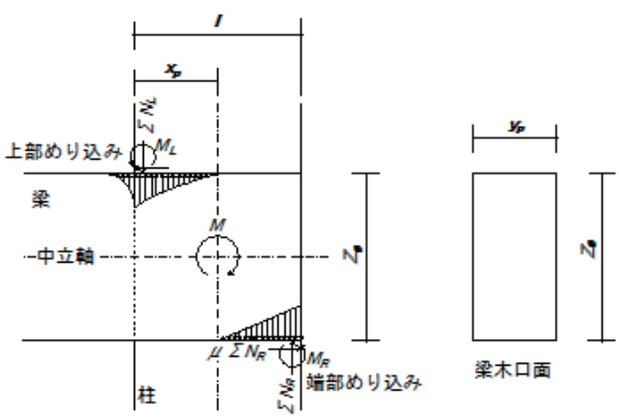
$E_{90} = \dfrac{1}{50}E_0$ 、 $F_m = \dfrac{2.4}{3}F_{cv}$（めり込み強度） 、 $C_{xm} = 1 + \dfrac{4Z_0}{3x_p}$ 、 $C_{ym} = 1 + \dfrac{4Z_0}{3ny_p}$

l, x_p, y_p, Z_0 は後述するモデル図の各寸法、μ は摩擦係数であり、この場合はすべり摩擦となるため、0.3~0.5 程度とする。n は繊維方向に対する繊維直交方向の置換係数であり、樹種がカラマツの場合は n=7

●モデル化

上部めり込みと端部めり込みのつり合いから計算

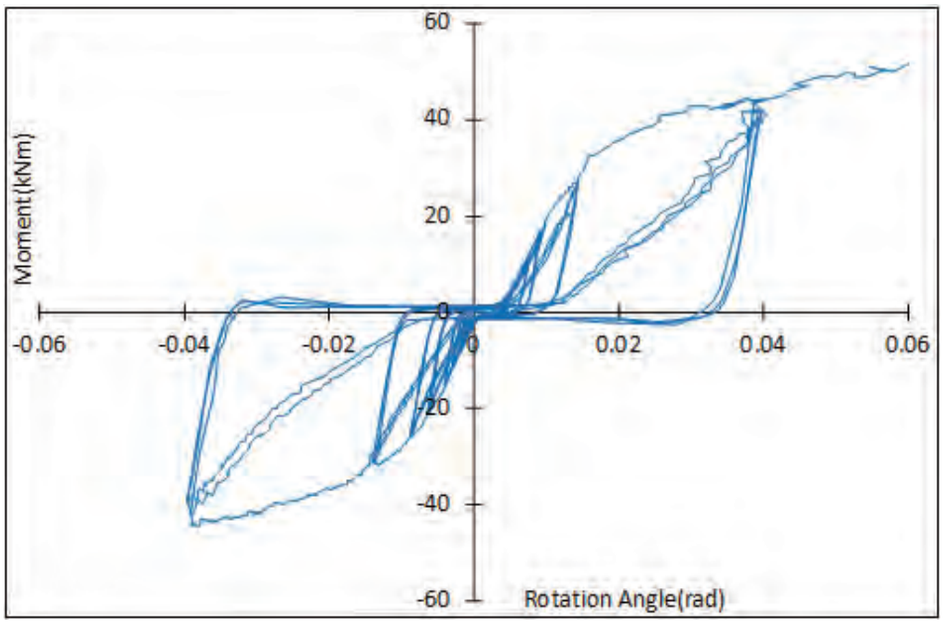
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換



●特性値

	$K_{\theta 1}$ (kNm/rad)	$K_{\theta 2}$ (kNm/rad)	M_y (kNm)	θ_y (× 10^{-3}rad)	M_u (kNm)	θ_u (× 10^{-3}rad)	M_{max} (kNm)
h450	2619	348	32.0	15.7	54.1	174.7	63.4

● 荷重変形



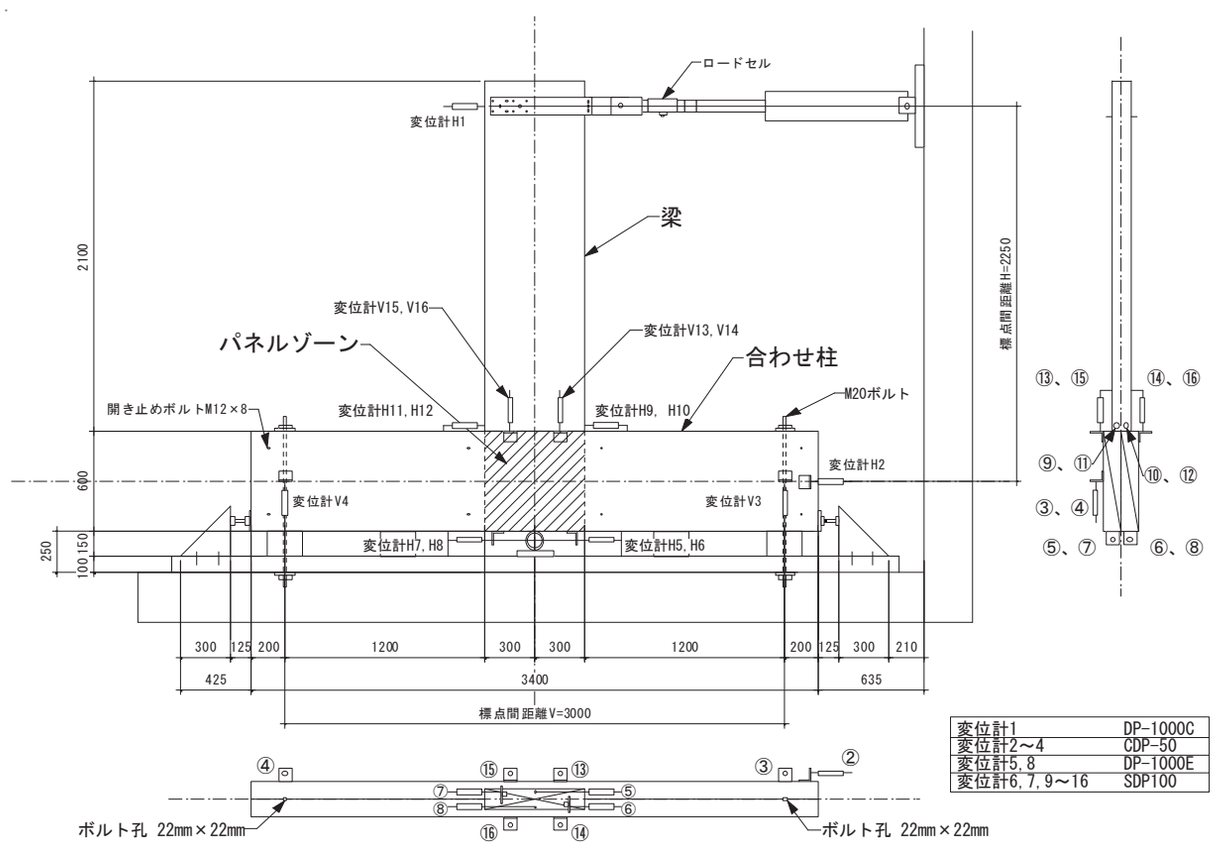
● 破壊性状

・柱木口の梁へのめり込み

・梁木口の開き

●姿図・寸法

【使用材料】
柱　2-105mm × 600mm、梁　120mm × 600mm
いずれもカラマツ E105-F300



●適用条件

柱、梁のせい 600mm までは降伏後の靭性含めて検証済み。
二次剛性は一次剛性の 1/8 とする。
パネルゾーンにはシアキーや梁材の引き抜けに抵抗するものとしてボルト等を配置する。

●概要

2 枚の合わせ柱と 1 枚の梁から成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 の部分を柱材のみ各 60mm 切り欠いた。

●接合具（メーカー、入手方法等）

—

●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

後述するモデル図の上部めり込みと端部めり込みのつり合いによって計算される。

●計算式

木質構造接合部設計マニュアル「4.6 嵌合を利用した通し貫と掘立柱のモーメント抵抗接合」の掘立柱式柱脚接合部の回転剛性と降伏モーメントの計算式に準拠する。

接合部回転剛性： $K_\theta = \dfrac{y_p E_{90}}{3Z_0}\left\{x_p{}^3 + 2x_p{}^2 Z_0 + \left(l - x_p\right)^3 + \dfrac{3}{2}\left(l - x_p\right)^2 \mu Z_0\right\}$

接合部降伏変形角： $\theta_y = \dfrac{Z_0 F_m}{x_p E_{90} C_{xm}\sqrt{C_{ym}}}$

接合部降伏モーメント： $M_y = K_\theta \times \theta_y$

ここで、

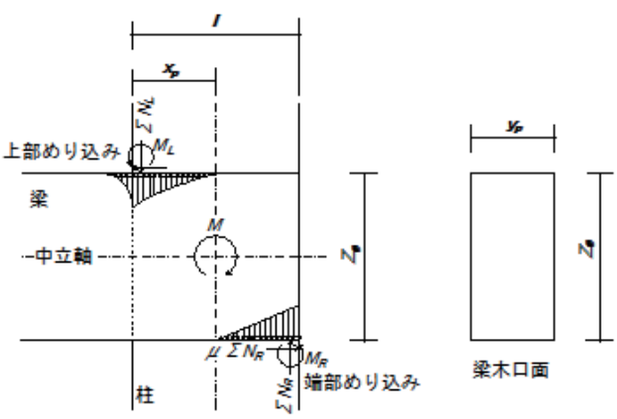
$E_{90} = \dfrac{1}{50}E_0$ 、 $F_m = \dfrac{2.4}{3}F_{cv}$（めり込み強度） 、 $C_{xm} = 1 + \dfrac{4Z_0}{3x_p}$ 、 $C_{ym} = 1 + \dfrac{4Z_0}{3ny_p}$

l, x_p, y_p, Z_0 は後述するモデル図の各寸法、μ は摩擦係数であり、この場合はすべり摩擦となるため、0.3~0.5 程度とする。n は繊維方向に対する繊維直交方向の置換係数であり、樹種がカラマツの場合は n=7

●モデル化

上部めり込みと端部めり込みのつり合いから計算

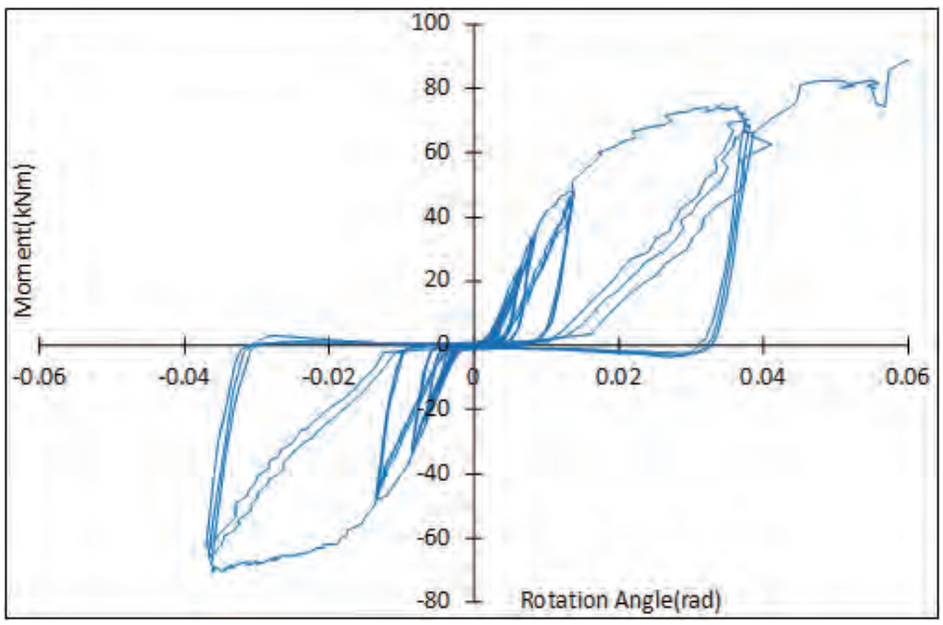
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換



●特性値

	$K_{\theta 1}$ (kNm/rad)	$K_{\theta 2}$ (kNm/rad)	M_y (kNm)	θ_y (× 10^{-3}rad)	M_u (kNm)	θ_u (× 10^{-3}rad)	M_{max} (kNm)
h600	4104	490	46.8	11.4	89.8	154.3	104.3

● 荷重変形



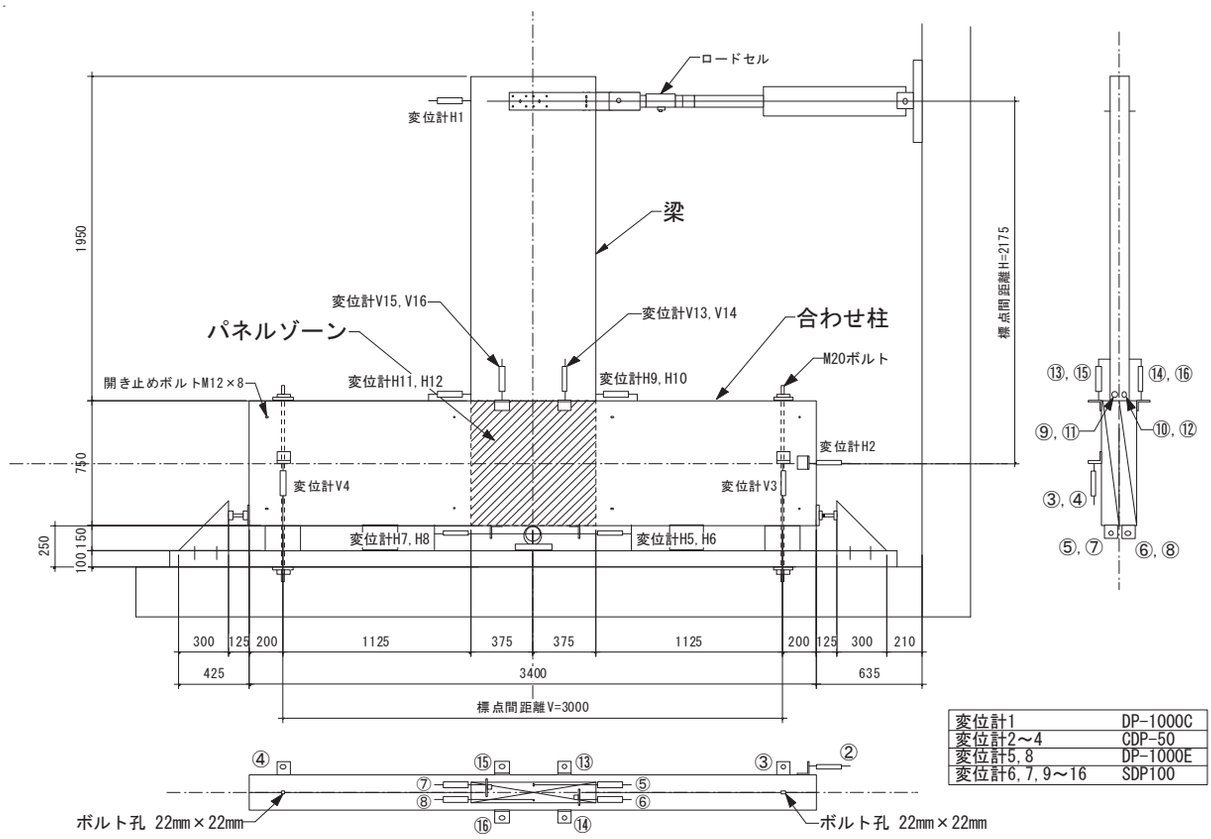
● 破壊性状

・柱木口の梁へのめり込み

・梁木口の開き

● 姿図・寸法

【使用材料】
柱　2-105mm × 750mm、梁　120mm × 750mm
いずれもカラマツ E105-F300



● 適用条件

柱、梁のせい 600mm までは降伏後の靭性含めて検証済み。
二次剛性は一次剛性の 1/8 とする。
パネルゾーンにはシアキーや梁材の引き抜けに抵抗するものとしてボルト等を配置する。

● 概要

2 枚の合わせ柱と 1 枚の梁から成る合わせ柱型の接合部である。接合部パネルゾーンは 750 × 750mm の部分を柱材のみ各 60mm 切り欠いた。

● 接合具（メーカー、入手方法等）

—

● 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

後述するモデル図の上部めり込みと端部めり込みのつり合いによって計算される。

●計算式

木質構造接合部設計マニュアル「4.6 嵌合を利用した通し貫と掘立柱のモーメント抵抗接合」の掘立柱式柱脚接合部の回転剛性と降伏モーメントの計算式に準拠する。

接合部回転剛性： $K_\theta = \dfrac{y_p E_{90}}{3Z_0}\left\{x_p{}^3 + 2x_p{}^2 Z_0 + \left(l - x_p\right)^3 + \dfrac{3}{2}\left(l - x_p\right)^2 \mu Z_0\right\}$

接合部降伏変形角： $\theta_y = \dfrac{Z_0 F_m}{x_p E_{90} C_{xm}\sqrt{C_{ym}}}$

接合部降伏モーメント： $M_y = K_\theta \times \theta_y$

ここで、

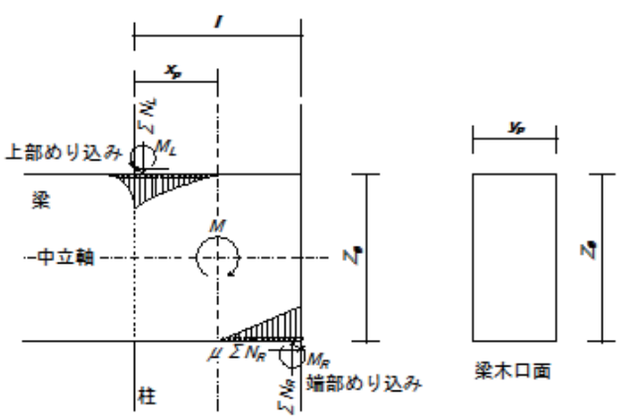
$E_{90} = \dfrac{1}{50}E_0$ 、 $F_m = \dfrac{2.4}{3}F_{cv}$（めり込み強度） 、 $C_{xm} = 1 + \dfrac{4Z_0}{3x_p}$ 、 $C_{ym} = 1 + \dfrac{4Z_0}{3ny_p}$

l, x_p, y_p, Z_0 は後述するモデル図の各寸法、μ は摩擦係数であり、この場合はすべり摩擦となるため、0.3~0.5 程度とする。n は繊維方向に対する繊維直交方向の置換係数であり、樹種がカラマツの場合は n=7

●モデル化

上部めり込みと端部めり込みのつり合いから計算

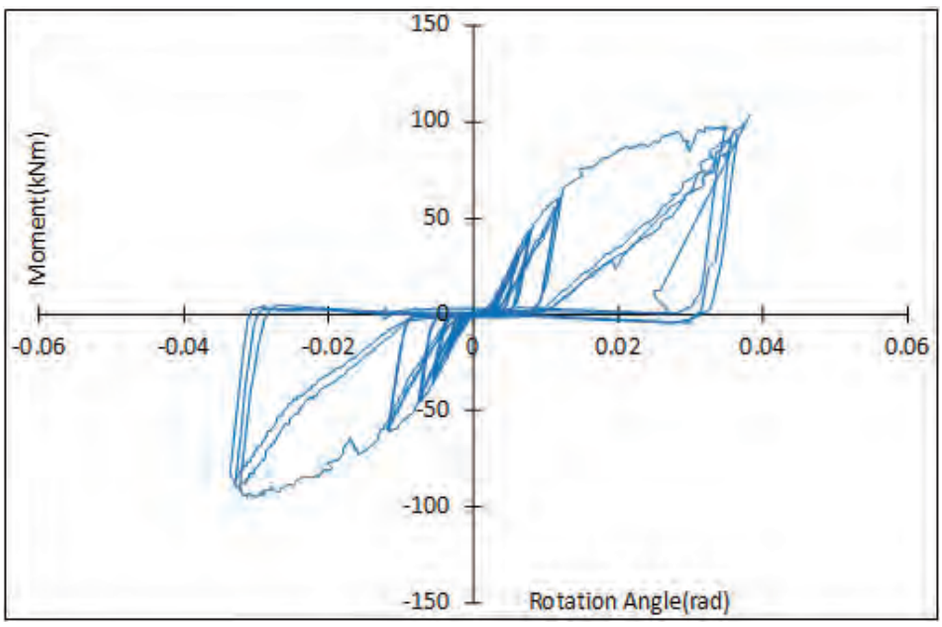
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換



●特性値

	$K_{\theta 1}$ (kNm/rad)	$K_{\theta 2}$ (kNm/rad)	M_y (kNm)	θ_y (× 10^{-3}rad)	M_u (kNm)	θ_u (× 10^{-3}rad)	M_{max} (kNm)
h750	6493	897	65.7	12.1	93.0	36.2	103.4

● 荷重変形

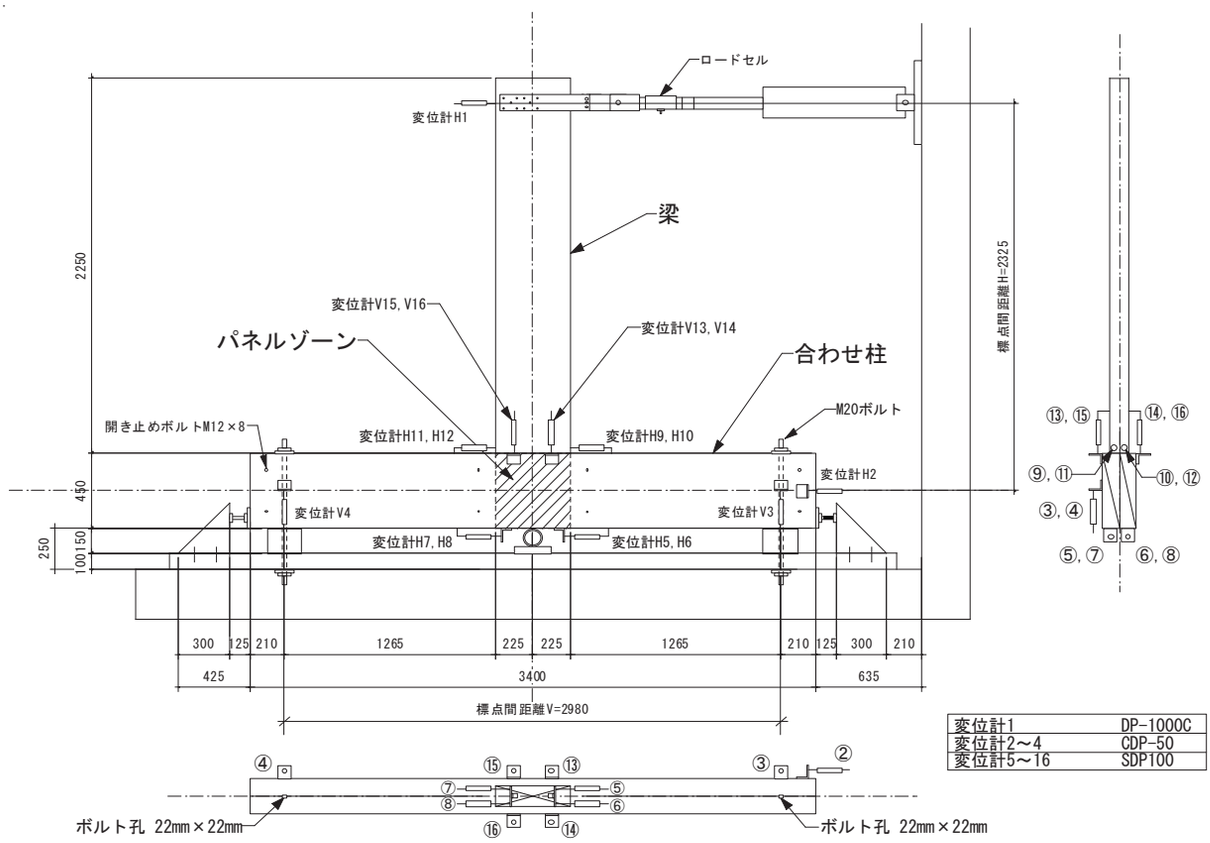


● 破壊性状

・梁せいに対して加力点が端に寄りすぎたため、梁の加力点付近から縦に割裂が生じた。

● 姿図・寸法

【使用材料】
柱　2-105mm × 450mm、梁　120mm × 450mm
いずれもスギ E65-F225



● 適用条件

柱、梁のせい 600mm までは降伏後の靭性含めて検証済み。
二次剛性は一次剛性の 1/8 とする。
パネルゾーンにはシアキーや梁材の引き抜けに抵抗するものとしてボルト等を配置する。

● 概要

2 枚の合わせ柱と 1 枚の梁から成る合わせ柱型の接合部である。接合部パネルゾーンは 450 × 450mm の部分を柱材のみ各 60mm 切り欠いた。

● 接合具（メーカー、入手方法等）

—

● 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

後述するモデル図の上部めり込みと端部めり込みのつり合いによって計算される。

●計算式

木質構造接合部設計マニュアル「4.6 嵌合を利用した通し貫と掘立柱のモーメント抵抗接合」の掘立柱式柱脚接合部の回転剛性と降伏モーメントの計算式に準拠する。

接合部回転剛性： $K_\theta = \dfrac{y_p E_{90}}{3Z_0}\left\{x_p{}^3 + 2x_p{}^2 Z_0 + \left(l - x_p\right)^3 + \dfrac{3}{2}\left(l - x_p\right)^2 \mu Z_0\right\}$

接合部降伏変形角： $\theta_y = \dfrac{Z_0 F_m}{x_p E_{90} C_{xm}\sqrt{C_{ym}}}$

接合部降伏モーメント： $M_y = K_\theta \times \theta_y$

ここで、

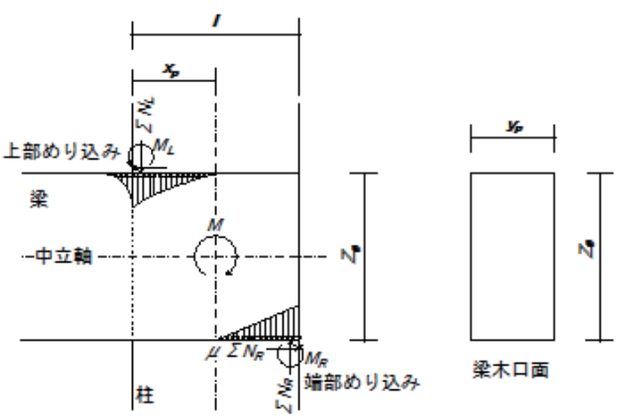
$E_{90} = \dfrac{1}{50}E_0$ 、 $F_m = \dfrac{2.4}{3}F_{cv}$（めり込み強度） 、 $C_{xm} = 1 + \dfrac{4Z_0}{3x_p}$ 、 $C_{ym} = 1 + \dfrac{4Z_0}{3ny_p}$

l, x_p, y_p, Z_0 は後述するモデル図の各寸法、μ は摩擦係数であり、この場合はすべり摩擦となるため、0.3~0.5 程度とする。n は繊維方向に対する繊維直交方向の置換係数であり、樹種がスギの場合は n=5

●モデル化

上部めり込みと端部めり込みのつり合いから計算

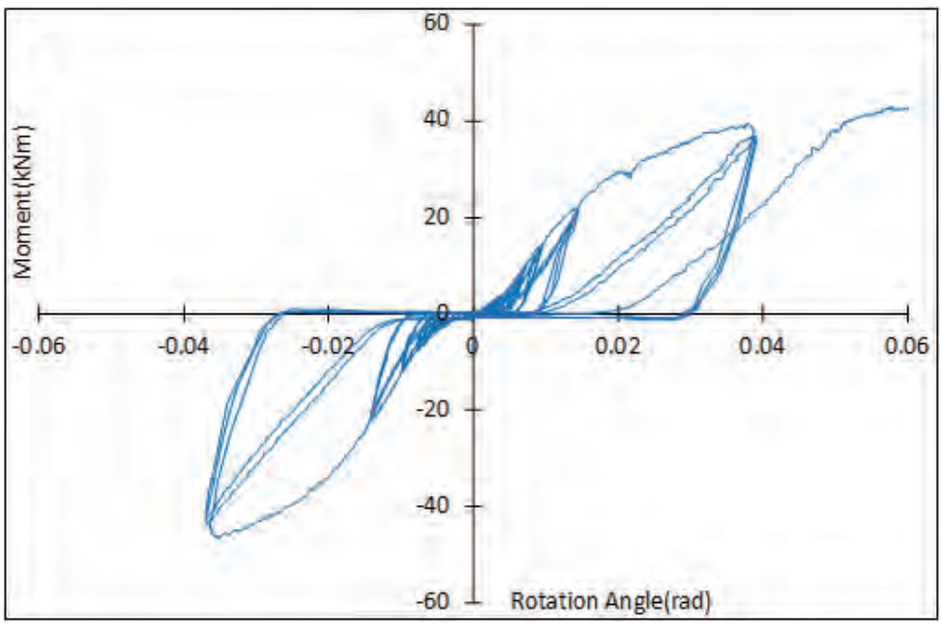
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換



●特性値

	$K_{\theta 1}$ (kNm/rad)	$K_{\theta 2}$ (kNm/rad)	M_y (kNm)	θ_y (× 10^{-3}rad)	M_u (kNm)	θ_u (× 10^{-3}rad)	M_{max} (kNm)
h450C	1554	239	23.6	15.2	44.6	200.0	51.5

● 荷重変形



● 破壊性状

・柱木口の梁へのめり込み

・梁木口付近最外層フィンガージョイント部の破断

梁幅 180mm の試験体に対する解説

以下の仕様を対象とした解説である。（梁幅 180mm のもの）
・集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 600・梁 180 × 600 ／シラカシ木栓φ 24・33 本
・集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 600・梁 180 × 600 ／ シラカシ木栓φ 18・40 本
・集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 600・梁 180 × 600 ／ 長ビス
・集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 600・梁 180 × 600 ／ 接合具なし

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。木栓にはほとんど変形が見られなかったが引ききりで柱側にも繊維方向に割裂が生じたものもあった。

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φ 24 の時と同様靭性を発揮する前に梁のパネルゾーンが割裂破壊して荷重が低下した。φ 18 では、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。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パネルゾーンが割裂破壊して荷重が急激に低下した。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。ビスのタイプでは、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。また全て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パネルゾーン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 K θ 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パネルゾーン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、一部は初期すべりが大きいものがあった。

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。

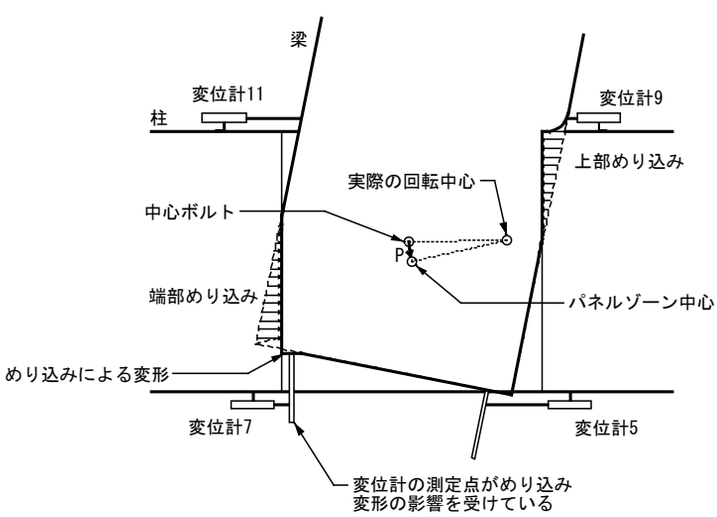
木栓φ 18 タイプは、回転剛性、降伏モーメントともに非常によく推定できている。ビスタイプは、降伏モーメントの計算値がやや高いが、剛性や終局モーメントはよく一致している。柱 - 梁のめり込みのみに期待した接合具なしタイプは、剛性、降伏モーメント、終局モーメントのいずれの計算値も実際の値より低く出ている。これは、接合具なしの試験では、梁部材の抜けを拘束するものがパネルゾーン中心の太径ボルトしかなかったために、他の仕様に比べてボルトがかなり大きなせん断力を負担したことと、それに伴うボルトの変形により試験体にロープ効果が働いて、めり込み式で考慮されないほぞ表面の摩擦が強く効いたことが原因と考えられる。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、梁のパネルゾーン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パネルゾーン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

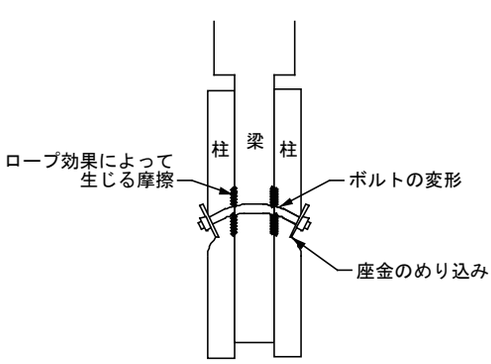
		K_θ (kNm/rad)	M_y (kNm)	θ_y (×10⁻³rad)	M_u (kNm)	Z_{fb} (kNm)
φ24	dowel	11800	109	9.2	216	118
	total	15272	120	7.9	271	
φ18		9711	96	9.9	182	117
ビス		4596	78	17.0	155	143
なし		3472	27	7.9	55	162

実験値と計算値の比較

		K_θ (kNm/rad)		M_y (kNm)		θ_y (×10⁻³rad)		M_u (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

木栓の仕様についての解説

以下の仕様を対象とした解説である。（梁幅 120mm のもの）
・集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／シラカシ木栓 φ 24・4 本
・集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／シラカシ木栓 φ 24・8 本
・集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／シラカシ木栓 φ 24・12 本
・集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／シラカシ木栓 φ 24・16 本
・集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／シラカシ木栓 φ 18・8 本
・集成材／カラマツ／ E105-F300 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／ケヤキ木栓 φ 24・8 本
・集成材／スギ／ E65-F225 ／柱 2-105 × 450、梁 120 × 450 ／シラカシ木栓 φ 24・8 本

表および図に実験値と計算値の比較を示す。ただし図は代表して母材カラマツ・シラカシ φ 24・8 本の 2 体のみについて、試験での破壊がわかるように 1/5rad まで示した。

接合具なしの仕様については、パネルゾーン中心のボルトの影響を排除してめり込みだけの接合部性能を検証した。せいが 750mm の試験体のみ加力点が梁せいに対して端に寄りすぎてしまったため、1/20rad 付近で梁材にせん断破壊が生じたが、それ以外の試験体は引き切りまで荷重は低下しなかった。特性値の算出においては、試験体と同じ等級の集成材の等変位めり込み試験を行い、その結果から等変位めり込み式を逆算する形で繊維直交方向ヤング係数 E_{90} およびめり込み降伏応力度 F_m といった物性値を求めた。これらの値を用いることで、脆性破壊を生じた 750mm のものも含めて、初期剛性、降伏モーメントの計算値は実験値の 0.6~0.9 倍程度になり、概ね安全側で評価できた。設計の際は基本的には物性値は集成材の基準特性値を用いることになるが、今回と同様にめり込み試験を適切に行えばその値を用いて計算してよい。

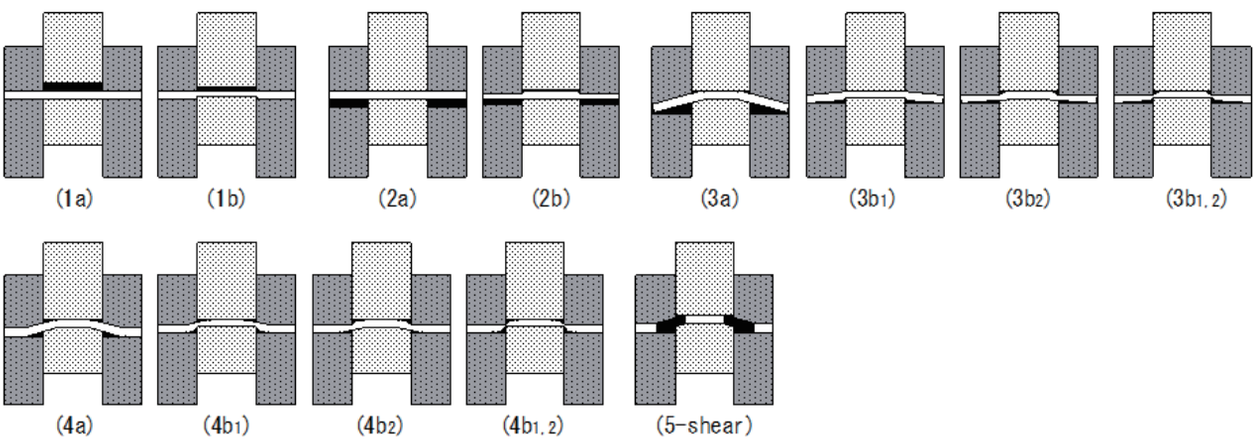
栓ありでは柱 - 梁のめり込みと木栓のせん断抵抗を併用した試験体について、母材樹種および木栓の樹種、径、本数をパラメータとして、接合部の回転剛性や降伏モーメントの実験値と計算値の比較、そして木栓の妥当な配置間隔の検証を行った。木栓の配置については、特に接合具間隔の影響を見るため、木栓の本数の変化が接合具間隔の変化と対応するように定めた。ここでは接合具間隔≧ 7d を目安としたが、必ずしも木栓そのものの径でこれを満たす必要はないと考え、木栓とドリフトピンの EI を比較し、使用する木栓と同程度の EI を持つドリフトピンの径を参考にした。具体的には最も本数の少ない 4 本のタイプは木栓自身の径 24mm でも接合具間隔≧ 7d を満足するように、逆に最も本数の多い 16 本のタイプはドリフトピンに置換した径 12mm でも接合具間隔≧ 7d を満足できないように設定し、母材の割裂が生じるクライテリアの検証を目指した。

結果として 12 本と 16 本のタイプで 1/15rad までに母材の木栓穴がつながる集合型の割裂破壊を生じ、変形がさらに大きくなると 8 本のタイプでも 1 体は割裂によって脆性的に破壊した。また母材をスギにしたタイプと木栓をケヤキにしたタイプも母材の割裂によって終局を迎えた。

表の M_0 は母材の木栓穴による断面欠損を考慮した断面係数に基準曲げ強度を乗じたものであるが、最

大モーメント M_{max} が M_0 に達した試験体はほとんどが母材の曲げ破壊で急激に荷重が低下したのに対して、達しなかった木栓 4 本のタイプと木栓径が 18mm のタイプは高い靭性を発揮した。試験体数が少ないので判断はしかねるが、今回検証した範囲では木栓 8 本のタイプのあたりが接合具間隔のクライテリアになるのではないかと思われる。いずれにせよ木栓を増やすと、剛性が上がる一方で、母材の断面欠損が大きくなり脆性的な曲げ破壊を生じる可能性があることに留意して設計を行うべきである。

木栓の降伏モードは母材の面圧降伏が卓越するモード 1 および 2 を避け、接合具の曲げ、せん断が卓越するモード 4 または 5 になるように樹種、径を選択するか、あるいは半分の長さの木栓を両側から打ち込むことで、2 面せん断ではなく 1 面せん断にする等の対策が考えられる。



木栓 2 面せん断の各降伏モード

特性値の算定においては、めり込みの物性値は等変位めり込み試験の結果から求めた。木栓の諸物性値は密度からの回帰計算によるものとし、使用する木栓の密度を測定して平均値を用いた。今回測定した密度の値はシラカシ 0.90、ケヤキ 0.76 であった。また、柱 - 梁のめり込みを併用したことで回転中心位置がパネルゾーン中心と一致しないため、(a) 回転中心がパネルゾーン中心にあるとした場合、(b) 力の釣合いから回転中心を求めた場合、の 2 通りについて計算を行ったが、回転中心は比較的パネルゾーン中心に近く、(a)、(b) はいずれも近い値となったため、今回検証した範囲では回転中心はパネルゾーン中心にあるとして支障ない。表の計算値は (a) の場合の値である。木栓の降伏後の二次剛性は考慮していないが、めり込みの二次剛性は一次剛性の 1/8 として計算した。

表　実験値と計算値の比較

		K_θ (kNm/rad)		M_y (kNm)		θ_y (× 10^{-3}rad)		M_{max} (kNm)	M_0 (kNm)
カラマツ 梁 120 × 300 接合具なし	Exp.	741	0.88*	17.0	0.65*	23.0	0.74*	42.0	
	Cal.	649		11.1		17.1			54.0
カラマツ 梁 120 × 450 接合具なし	Exp.	2396	0.61*	33.1	0.70*	13.8	1.15*	63.4	
	Cal.	1459		23.2		15.9			116.1
カラマツ 梁 120 × 600 接合具なし	Exp.	3865	0.67*	46.1	0.84*	11.9	1.25*	104.3	
	Cal.	2595		38.6		14.9			200.0
カラマツ 梁 120 × 750 接合具なし	Exp.	6168	0.66*	66.8	0.85*	10.8	1.30*	103.4	
	Cal.	4054		57.0		14.1			304.8
スギ 梁 120 × 450 接合具なし	Exp.	1554	0.74*	23.6	0.71*	15.2	0.96*	51.5	
	Cal.	1155		16.8		14.5			87.1
カラマツ 梁 120 × 450 シラカシ木栓 φ 24・4 本	Exp.	4400	0.49*	44.2	0.76*	10.1	1.55*	79.3	
	Cal.	2165		33.6		15.5			93.6
カラマツ 梁 120 × 450 シラカシ木栓 φ 24・8 本	Exp.	5051	0.57*	54.3	0.82*	54.3	1.45*	98.3	
	Cal.	2855		44.4		15.5			93.6
カラマツ 梁 120 × 450 シラカシ木栓 φ 24・12 本	Exp.	5584	0.64*	64.8	0.85*	11.6	1.34*	107.6	
	Cal.	3553		55.2		15.5			93.6
カラマツ 梁 120 × 450 シラカシ木栓 φ 24・16 本	Exp.	7748	0.55*	70.1	0.94*	9.1	1.72*	102.5	
	Cal.	4251		66.1		15.5			93.6
カラマツ 梁 120 × 450 シラカシ木栓 φ 18・8 本	Exp.	4374	0.61*	47.1	0.70*	10.8	1.15*	92.3	
	Cal.	2657		32.8		12.4			96.5
カラマツ 梁 120 × 450 ケヤキ木栓 φ 24・8 本	Exp.	4135	0.67*	47.9	0.80*	11.6	1.19*	93.9	
	Cal.	2769		38.1		13.8			93.6
スギ 梁 120 × 450 シラカシ木栓 φ 24・8 本	Exp.	3385	0.65*	48.6	0.66*	14.4	1.01*	77.4	
	Cal.	2209		32.1		14.5			70.2

*:Cal./Exp.

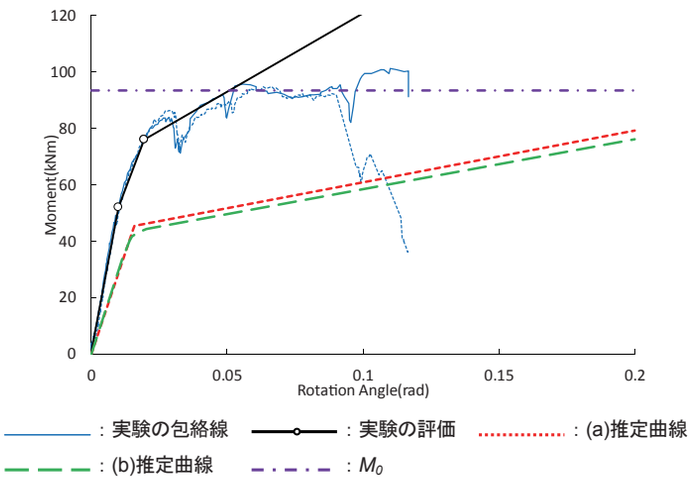


図　実験値と計算値の比較（L-S24-8）

図において、(a) は回転中心がパネルゾーン中心にあるとして計算した場合、(b) は力の釣合いから回転中心を求めて計算した場合の計算値である。

ブレース端部接合部

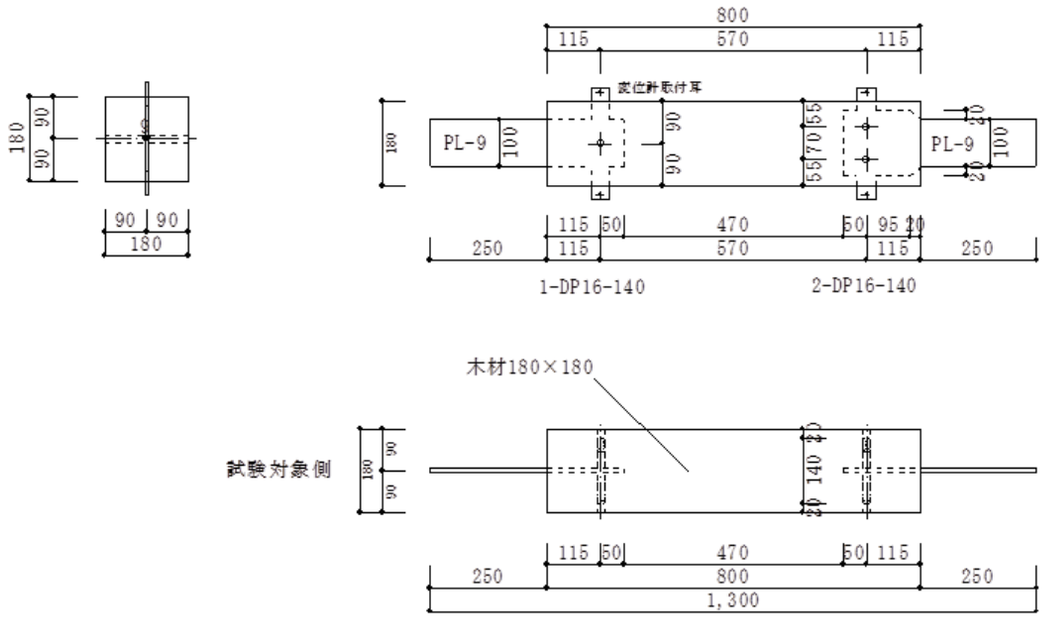
住宅レベルの耐力壁は壁倍率という指標でその性能が表現される。一方、中大規模木造建築においては、必要なせん断耐力を有する壁を設計することが必要である。その 1 つの方法に木質材料によるブレースがあるが、その接合部設計には注意が必要である。

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 のような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。

そこで本設計データ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、施工の容易性に配慮している。

ここではそれらのうち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。「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, 実長 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）

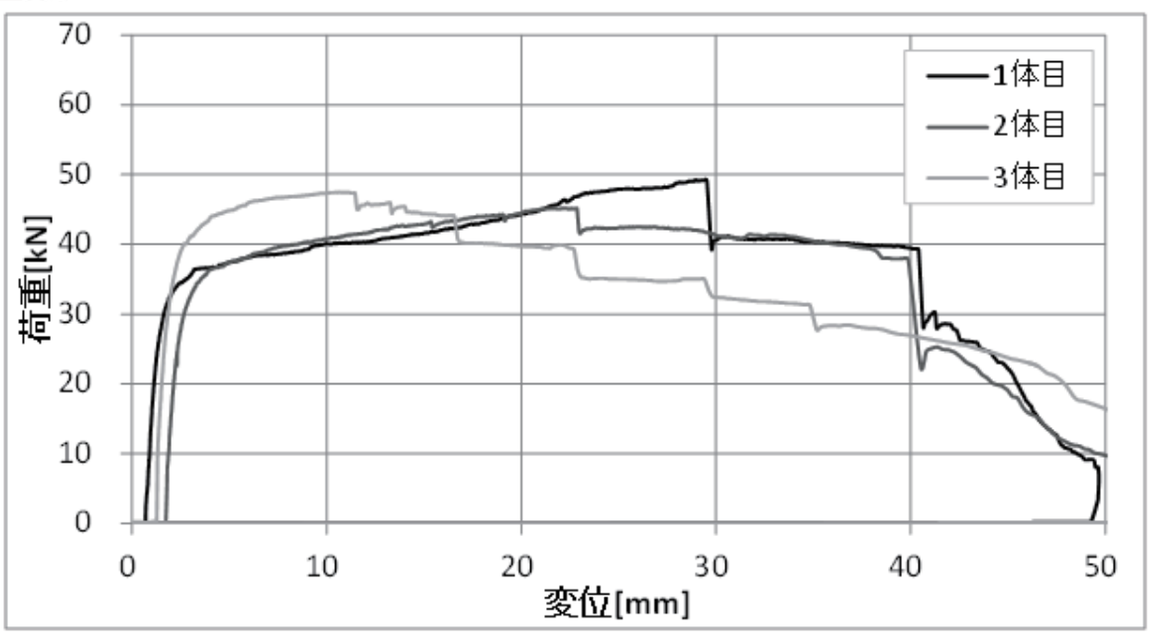
● **モデル化**

● **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 $0.1P_{max}$ から $0.4P_{max}$ の傾きから算出した。

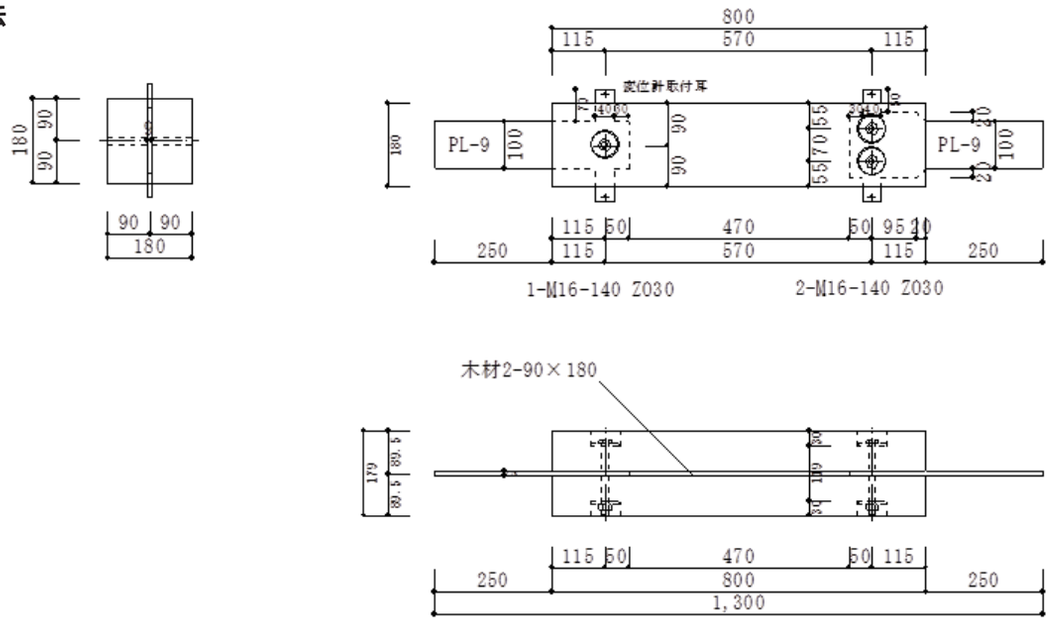
● **荷重変形**



● **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, 実長 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）

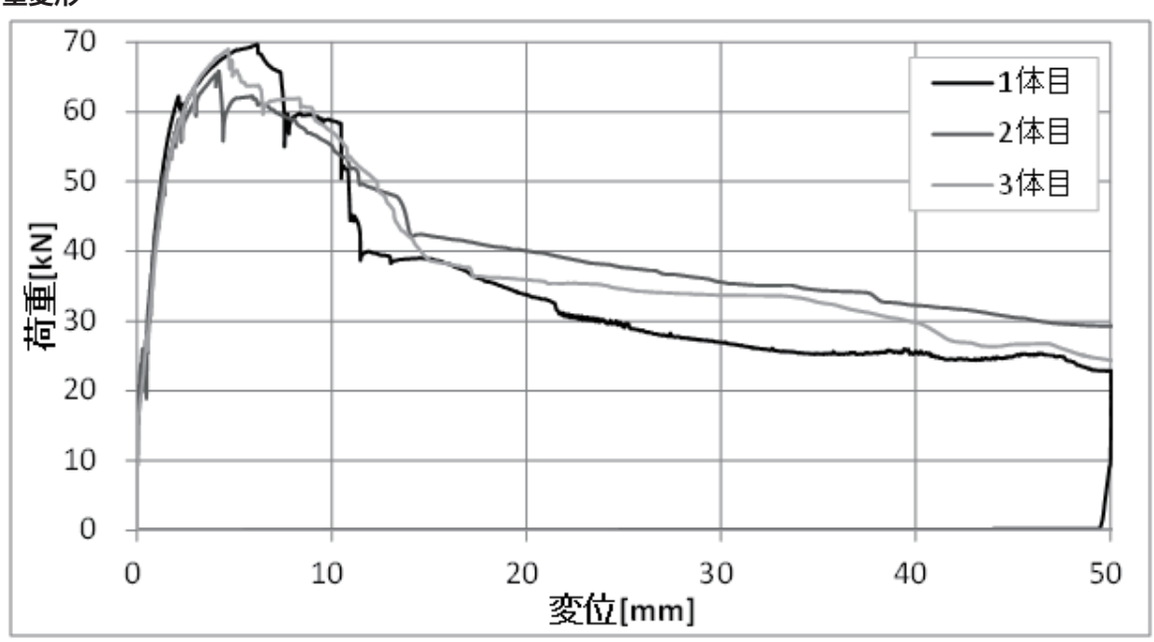
● **モデル化**

● **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 $0.5P_{max}$ から $0.8P_{max}$ の傾きから算出した。

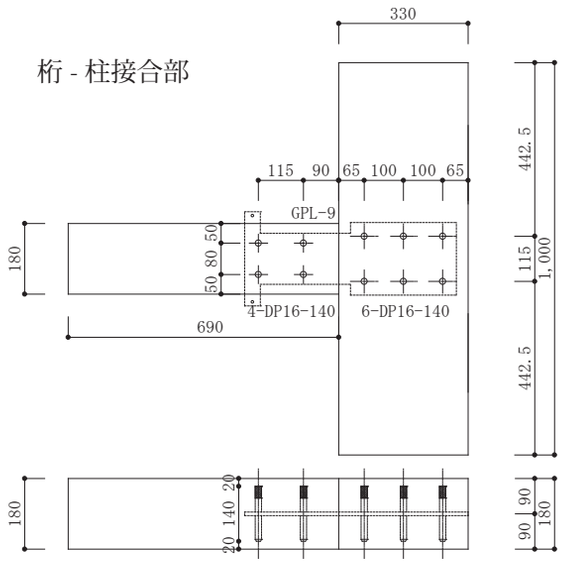
● **荷重変形**

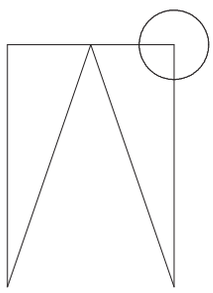


● **破壊性状**

・ボルトの曲げ降伏。ボルトに沿ったせん断破壊。

● 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, 実長 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）

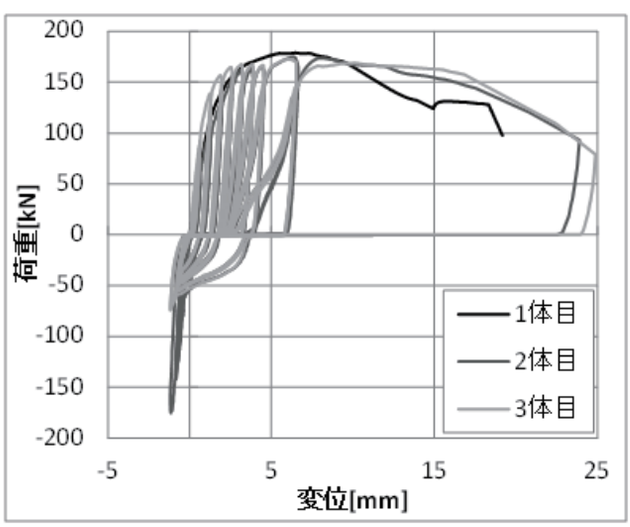
● **モデル化**

● **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 $0.1P_{max}$ から $0.4P_{max}$ の傾きから算出した。

● **荷重変形**

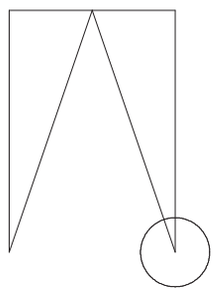


桁 - 柱接合部

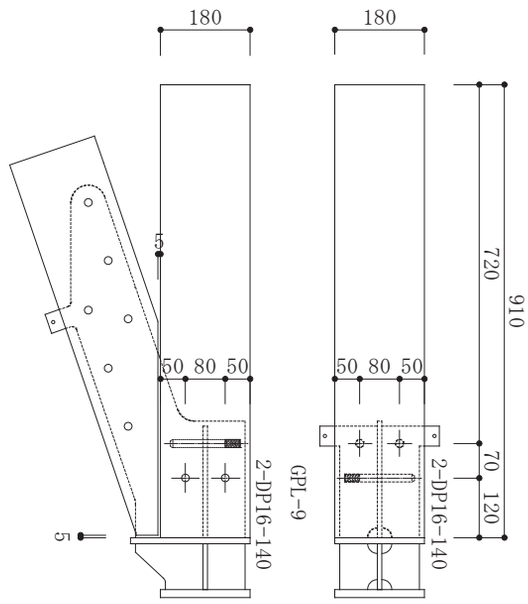
● **破壊性状**

・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



柱脚接合部



【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, 実長 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）

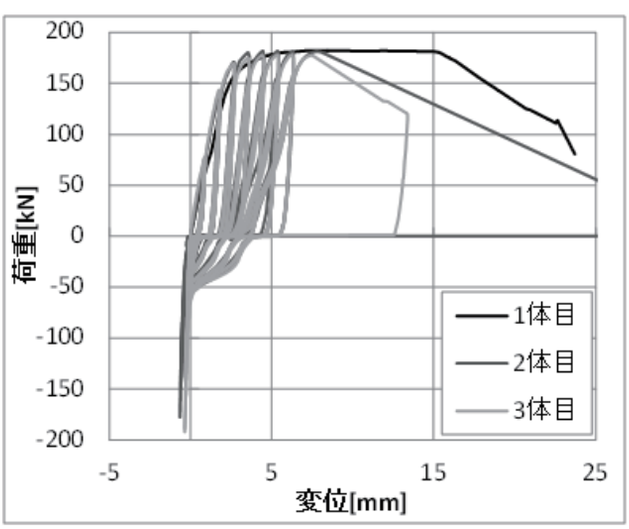
● **モデル化**

● **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 $0.1P_{max}$ から $0.4P_{max}$ の傾きから算出した。

● **荷重変形**

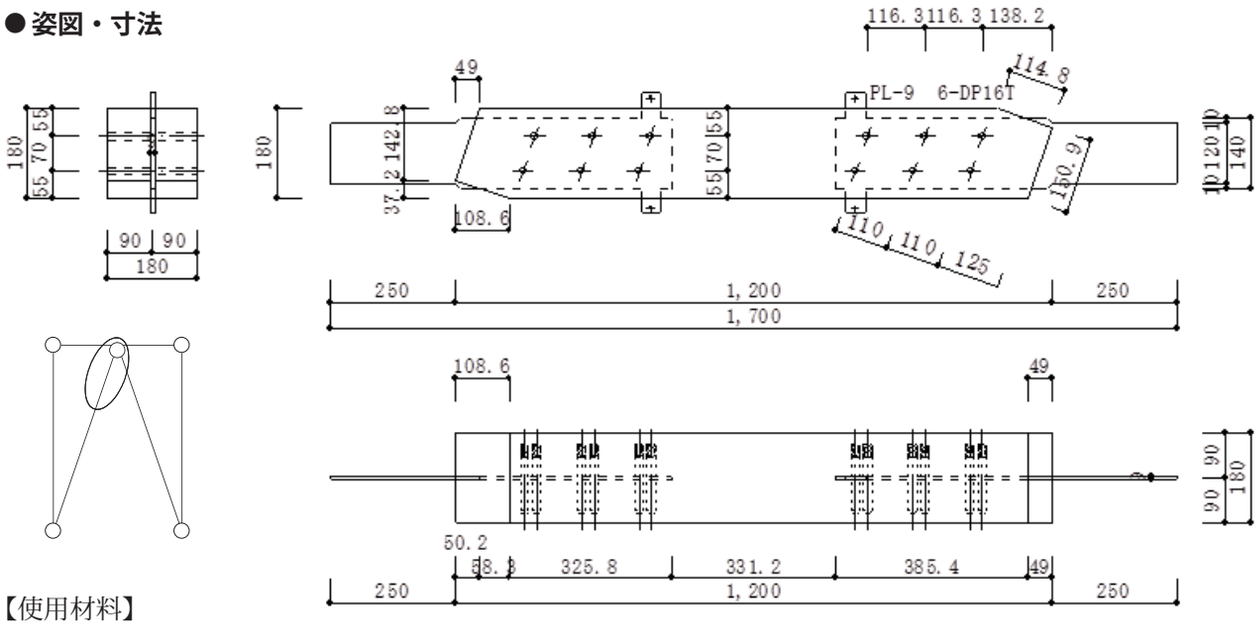


柱脚接合部

● **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, 実長 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）

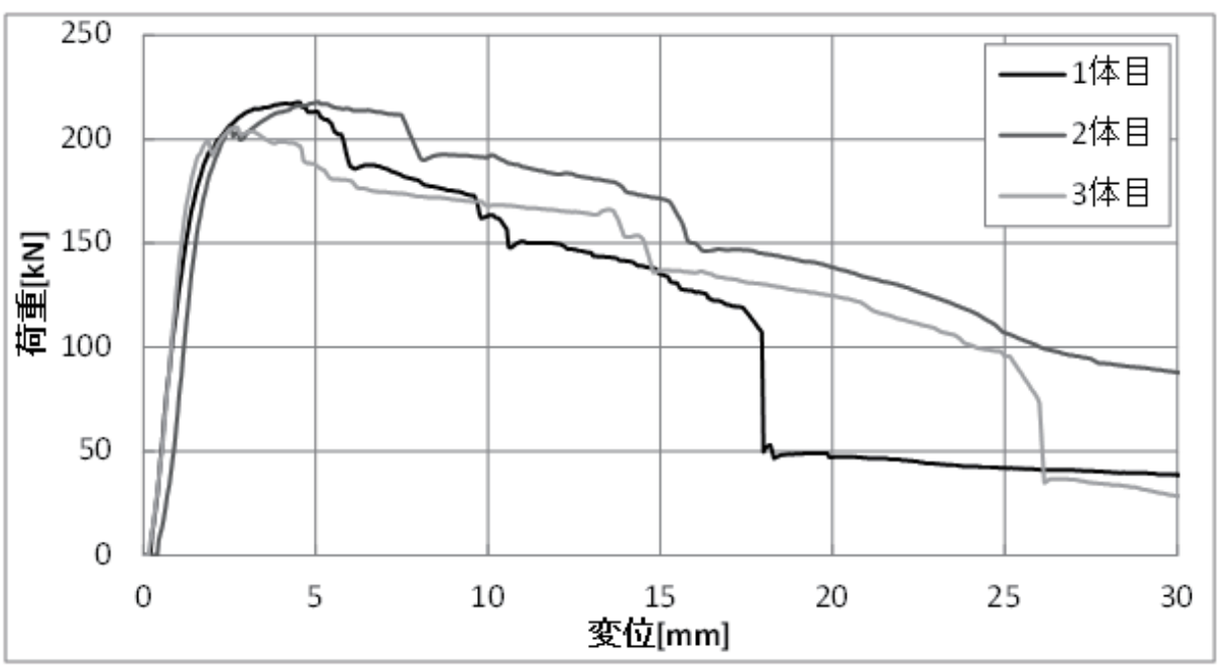
● **モデル化**

● **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 $0.1P_{max}$ から $0.4P_{max}$ の傾きから算出した。

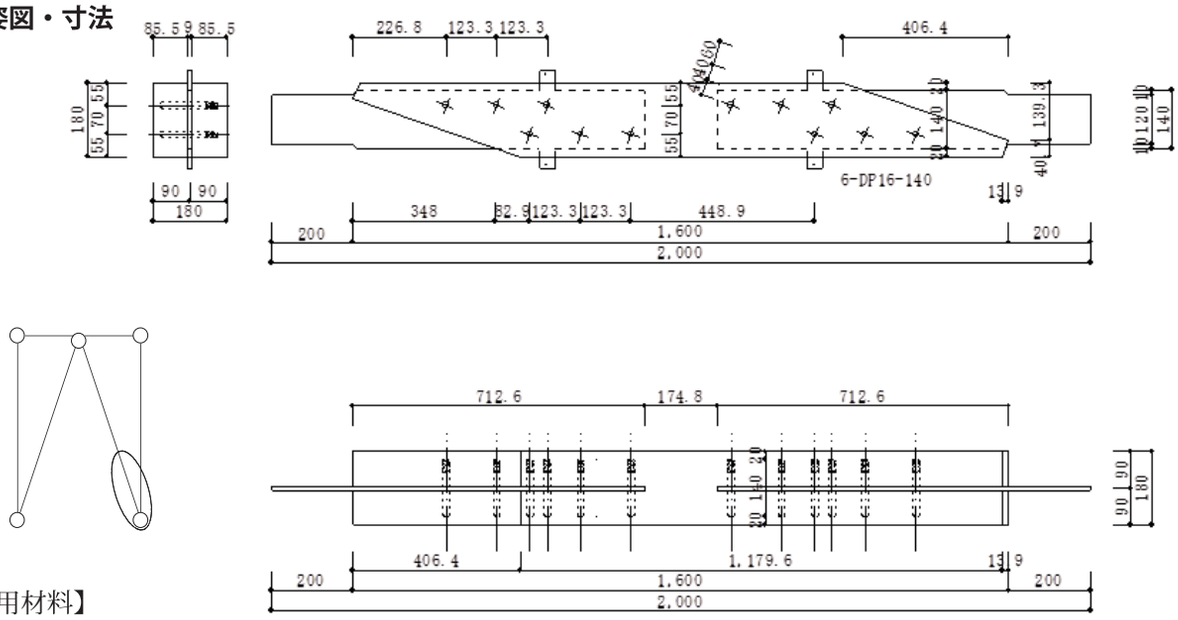
● **荷重変形**



● **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, 実長 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）

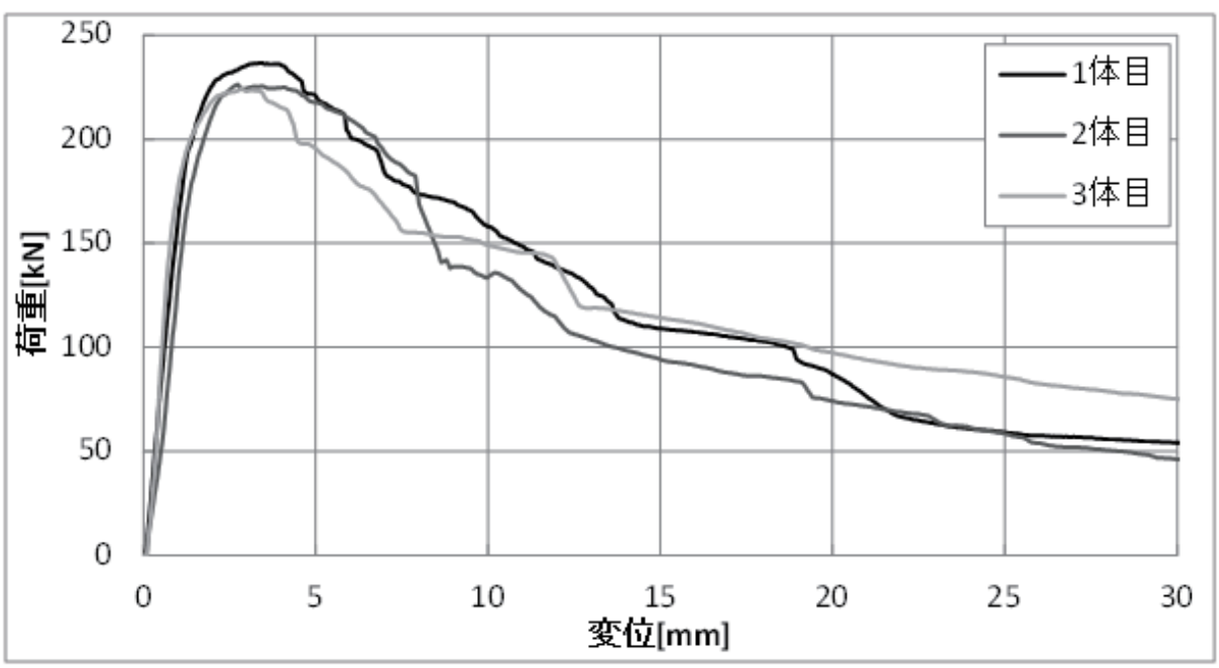
● **モデル化**

● **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 $0.1P_{max}$ から $0.4P_{max}$ の傾きから算出した。

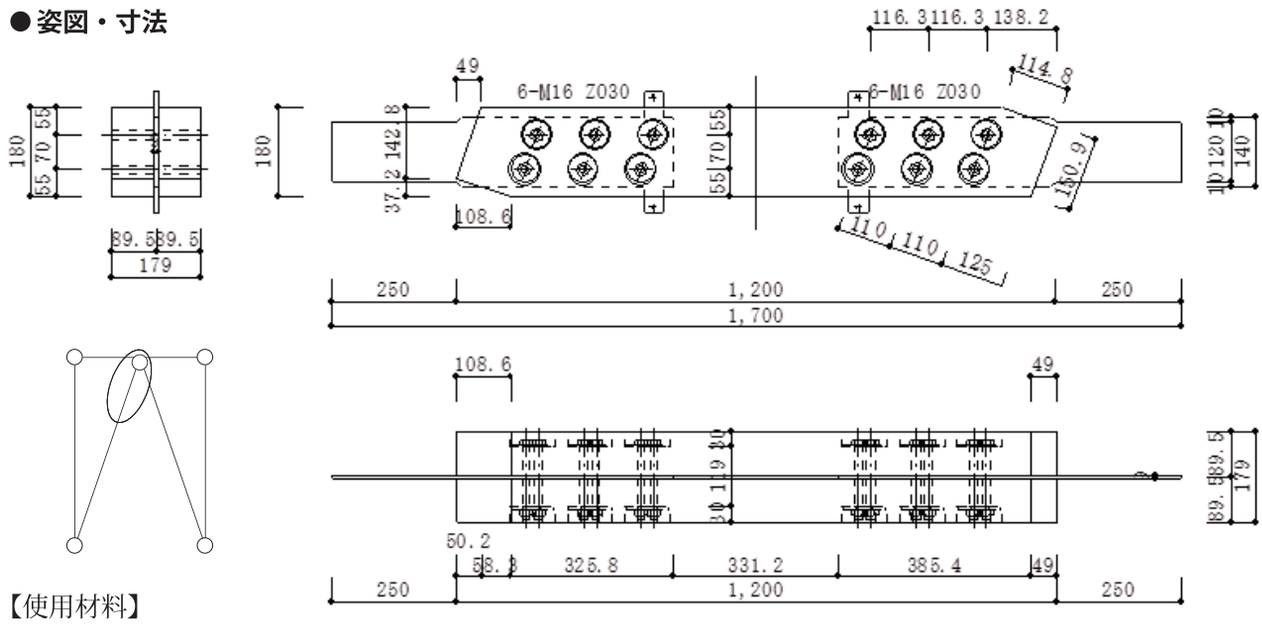
● **荷重変形**



● **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, 実長 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）

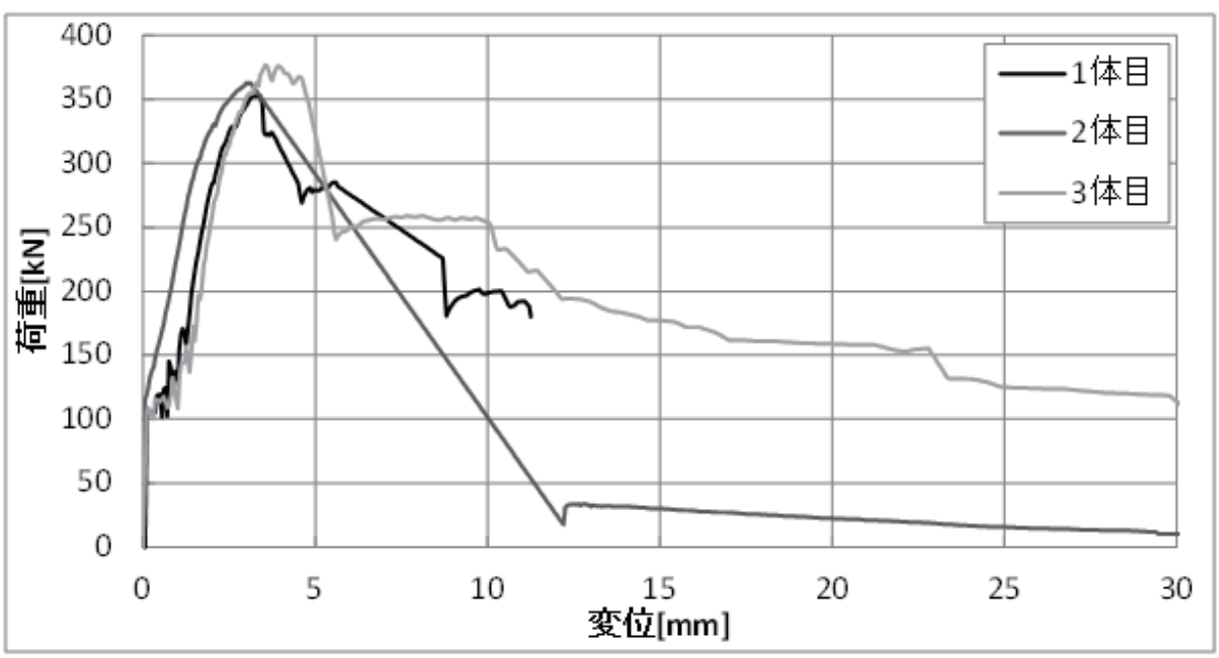
● **モデル化**

● **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 $0.5P_{max}$ から $0.8P_{max}$ の傾きから算出した。

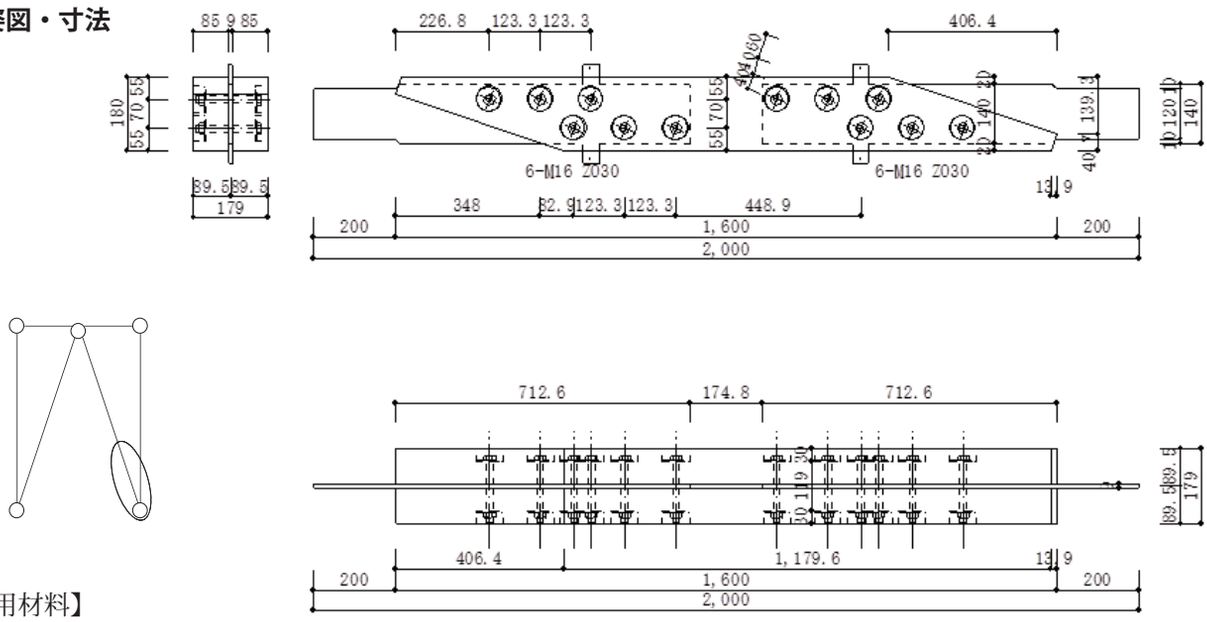
● **荷重変形**



● **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, 実長 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）

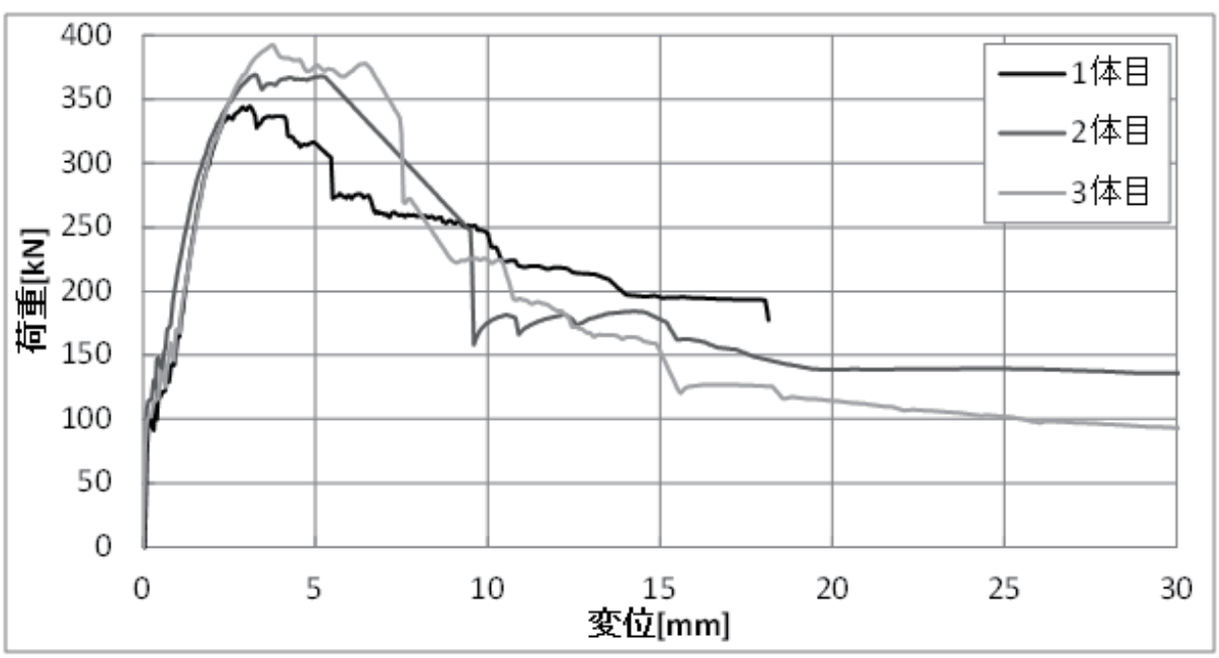
● **モデル化**

● **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 $0.5P_{max}$ から $0.8P_{max}$ 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

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。

3.3　壁

データシートのリスト（壁）を以下に示す。

本設計データの見方については **1.4「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
								接合具			
					断面寸法	その他		種類	本数		
壁	大壁：面材耐力壁	合板	スギ	t24 特類２級		1820 × 3500		柱脚：LSB、柱頭：HD金物			246
		合板	スギ	t28 特類２級		1820 × 3500		柱脚：LSB、柱頭：HD金物			248
		合板	カラマツ	t28 特類２級		1820 × 3500		柱脚：LSB、柱頭：HD金物			250
	~~真壁：面材耐力壁~~	~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~80E　B種~~	~~30 × 870~~		~~タイロッド~~				
		~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~80E　B種~~	~~30 × 870~~		~~柱脚金物~~				
		~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~80E　B種~~	~~30 × 870~~		~~柱脚金物　割裂防止用ビス　柱内法寸法2760~~				
		~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~80E　B種~~	~~30 × 870~~		~~柱脚金物　割裂防止用ビス（間隔大）~~				
		~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~80E　B種~~	~~30 × 870~~		~~柱脚金物　割裂防止用ビス　柱内法寸法3060~~				
	~~LSB厚板耐力壁~~	~~LVL~~	~~カラマツ~~	~~120E-1級~~	~~150 × 1000 × 3000~~						
	ブレース耐力壁	集成材	カラマツ	E95-F270	ブレース 180 × 180	2400 × 3500					256
		集成材	カラマツ	E95-F270	ブレース 2-85 × 180	2400 × 3500					258

※見え消しの仕様は、現時点（2014 年 6 月 30 日）で作成中のため未掲載である。

大壁：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。

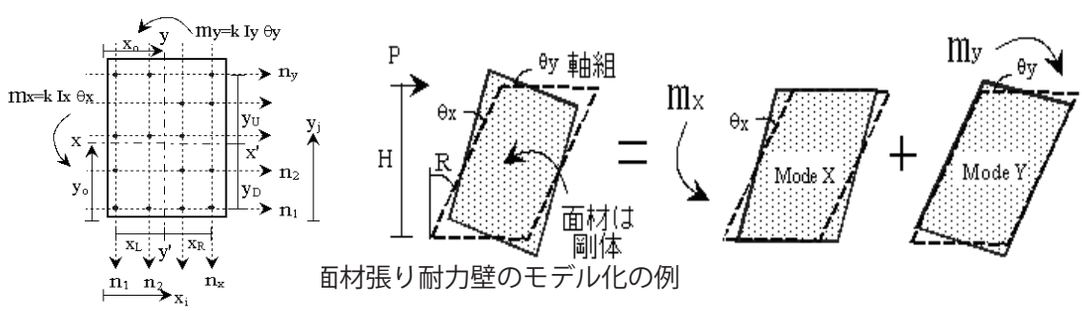
中層大規模木造建築物においても、地震力などの外力に抵抗する耐震要素として汎用性の高い重要な部材となり得るが、戸建て住宅に比べてより高いせん断性能が要求されるため、住宅用途として認められている告示や大臣認定の性能では不十分である可能性が高い。

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。



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。

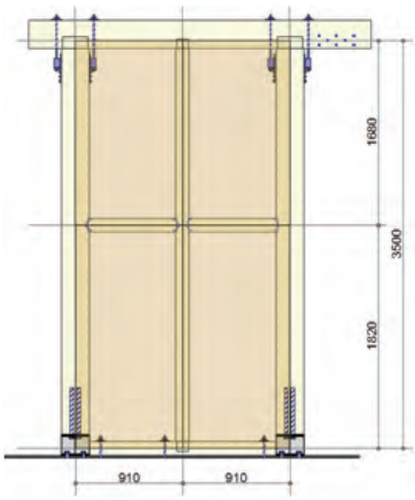
文献

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

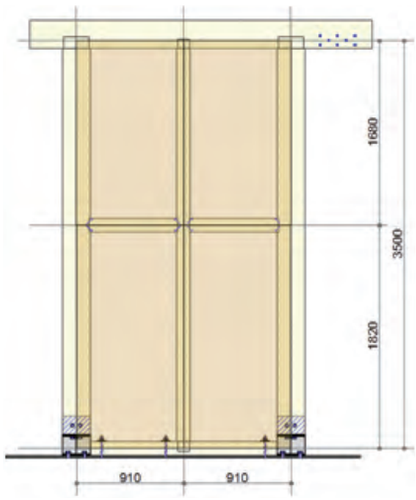
2） 枠組壁工法建築物設計の手引・構造計算指針編集委員会編：2007 年枠組壁工法建築物構造計算指針、（社）日本ツーバイフォー建築協会、2007

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

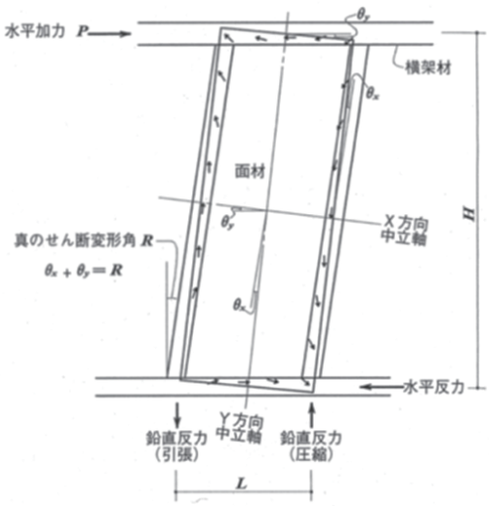
枠組材の曲げを無視し、釘と面材に作用するせん断力が平行であると仮定し、釘 1 本の降伏せん断耐力と本数のかけ算により許容せん断耐力を算定する。詳細は、（社）日本ツーバイフォー建築協会の「枠組壁工法構造計算指針」を参照のこと。

●計算式

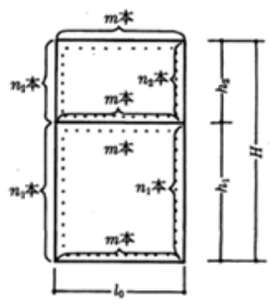
—

●モデル化

要素モデル：



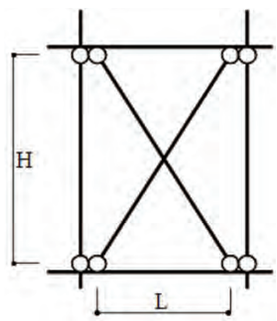
理論式①



理論式②

等価モデル：

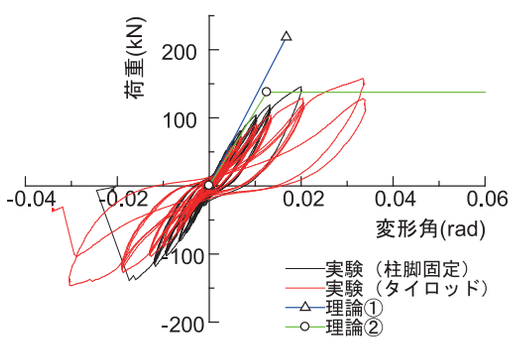
耐力壁のせん断剛性を等価たすきブレースの軸剛性に置換する

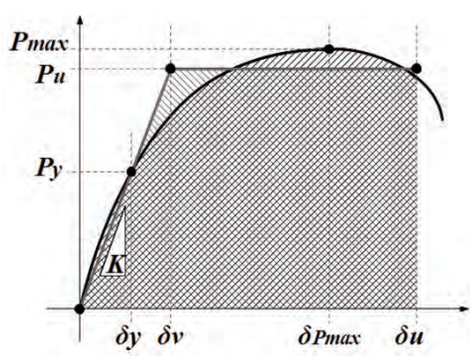


●特性値

	K (kN/rad/m)	Py (kN/m)	Pmax (kN/m)	Pu (kN/m)	δ y (10^{-2}rad)	δ v (10^{-2}rad)	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



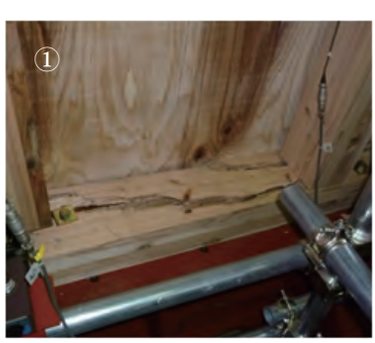


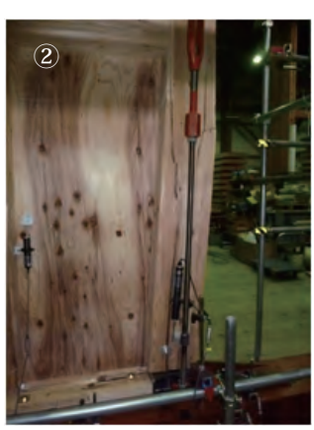
（注：実験値が壁長 1.82m のため、計算値も壁長 1.82m に換算）

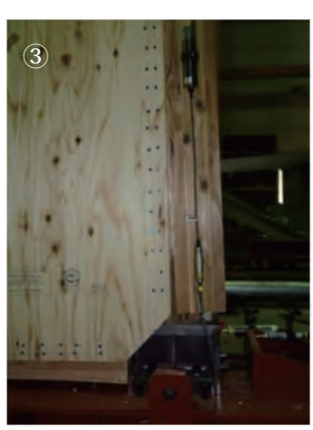
●破壊性状

・タイロッド式：①土台の割裂。②柱材の曲げ破壊。

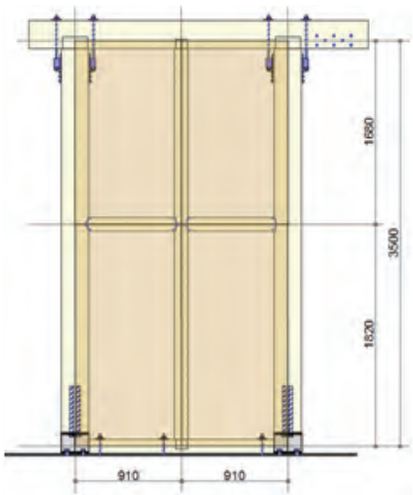
・柱脚固定式：③柱脚 LSB 接合部のせん断破壊。



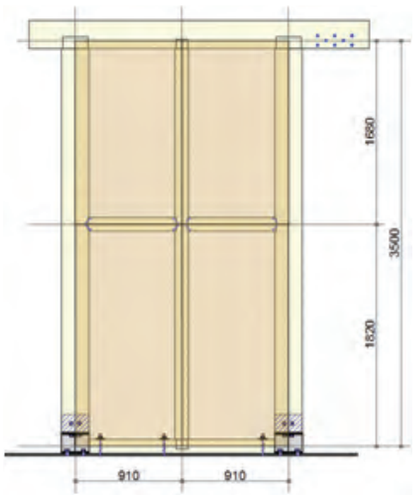




●姿図・寸法



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（スギ集成材、E55-F225）、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

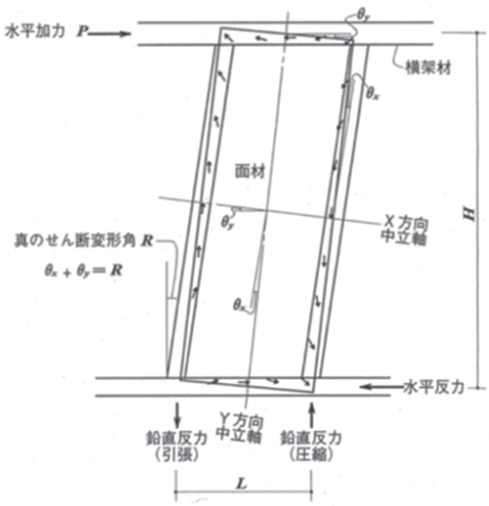
枠組材の曲げを無視し、釘と面材に作用するせん断力が平行であると仮定し、釘 1 本の降伏せん断耐力と本数のかけ算により許容せん断耐力を算定する。詳細は、（社）日本ツーバイフォー建築協会の「枠組壁工法構造計算指針」を参照のこと。

●計算式

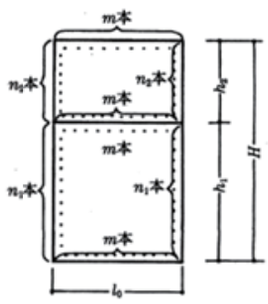
—

●モデル化

要素モデル：



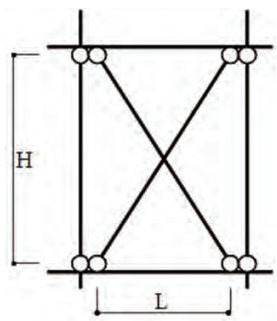
理論式①



理論式②

等価モデル：

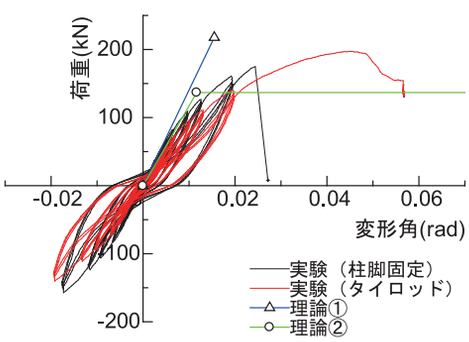
耐力壁のせん断剛性を等価たすきブレースの軸剛性に置換する

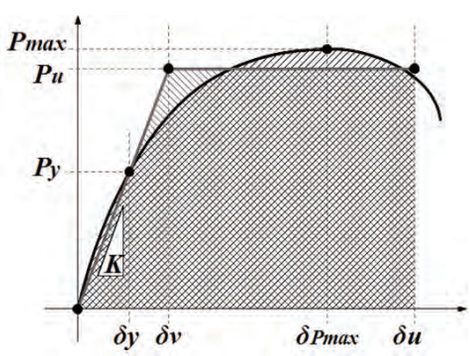


●特性値

	K (kN/rad/m)	Py (kN/m)	Pmax (kN/m)	Pu (kN/m)	δ y (10^{-2}rad)	δ v (10^{-2}rad)	δ 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



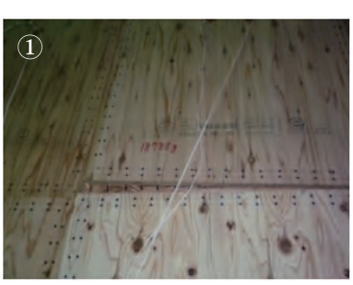


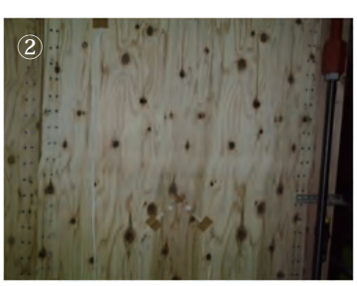
（注：実験値が壁長 1.82m のため、計算値も壁長 1.82m に換算）

●破壊性状

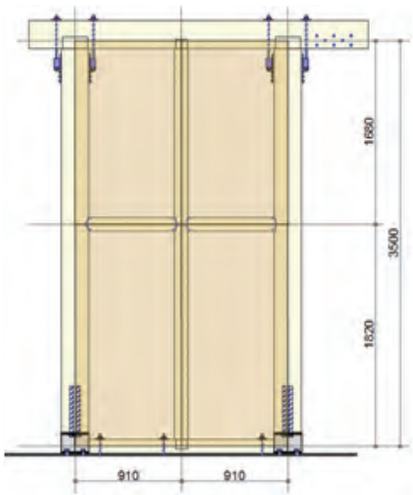
・タイロッド式：①間柱・胴つなぎの割裂と釘の引き抜け。
　　②合板の面内せん断破壊。

・柱脚固定式：③柱脚 LSB 接合部のせん断破壊。

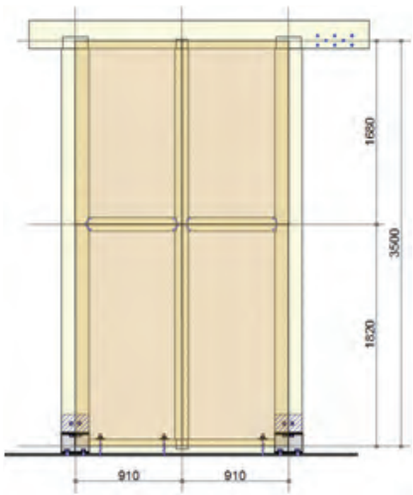




●姿図・寸法



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

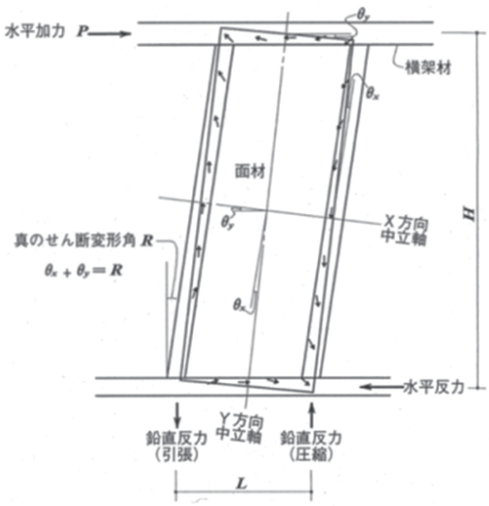
枠組材の曲げを無視し、釘と面材に作用するせん断力が平行であると仮定し、釘 1 本の降伏せん断耐力と本数のかけ算により許容せん断耐力を算定する。詳細は、（社）日本ツーバイフォー建築協会の「枠組壁工法構造計算指針」を参照のこと。

●計算式

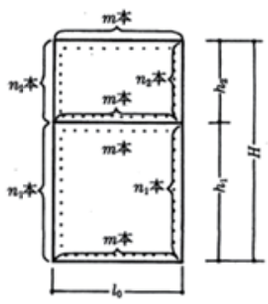
—

●モデル化

要素モデル：



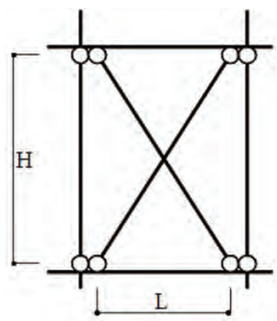
理論式①



理論式②

等価モデル：

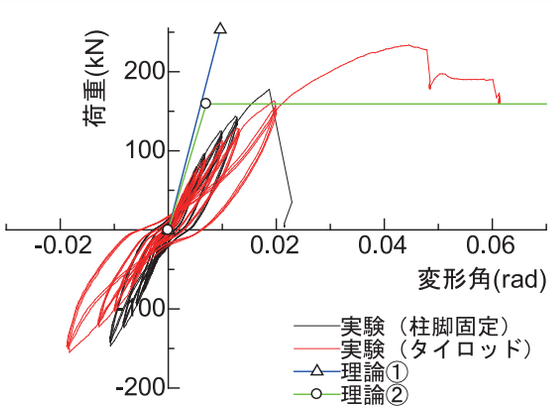
耐力壁のせん断剛性を等価たすきブレースの軸剛性に置換する

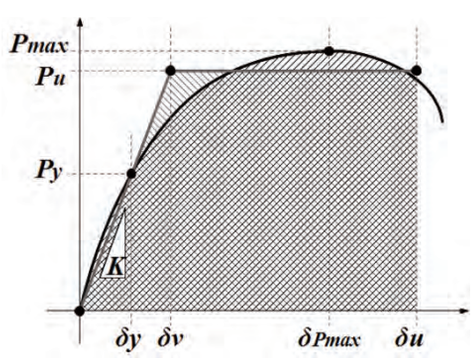


●特性値

	K (kN/rad/m)	Py (kN/m)	Pmax (kN/m)	Pu (kN/m)	δ y (10^{-2}rad)	δ v (10^{-2}rad)	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



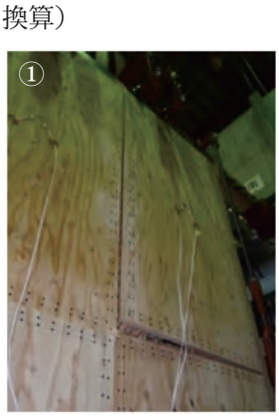


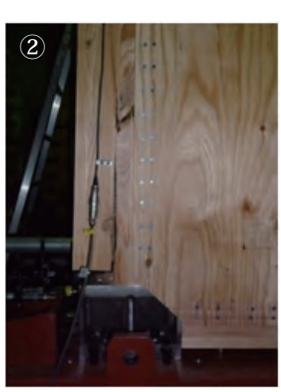
（注：実験値が壁長 1.82m のため、計算値も壁長 1.82m に換算）

●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。

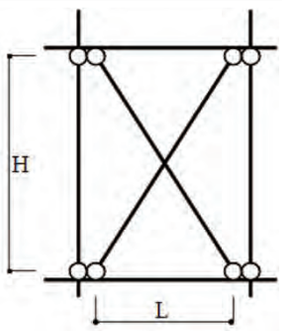
施工の際は、定められた釘ピッチを遵守すること、合板材縁部からの距離（縁距離）を確実に確保すること、軸組材側の縁距離も同様に確保すること、釘頭を過度にめり込ませないことが重要である。また、合板耐力壁が十分性能を発揮するために、柱頭柱脚接合部が先行破壊しないよう、適切に金物を使用するなどして補強することが必要である。

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。

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

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

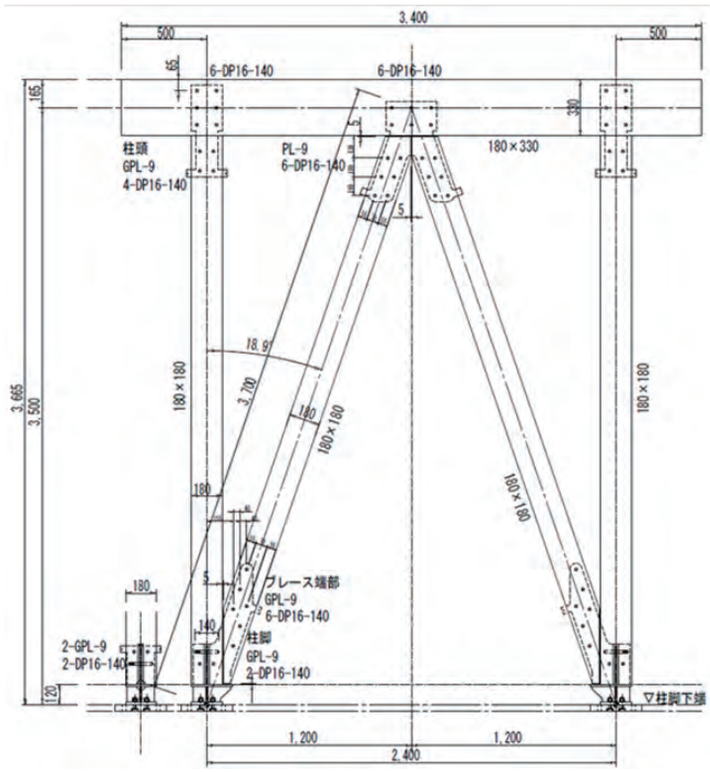
住宅レベルの耐力壁は壁倍率という指標でその性能が表現される。一方、中大規模木造建築においては、必要なせん断耐力を有する壁を設計することが必要である。その一つの方法に木質材料によるブレースがあるが、その接合部設計には注意が必要である。

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 のような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。

そこで本設計データ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、施工の容易性に配慮している。

また、本設計データ中にはここで示したブレースの端部接合部、柱頭柱脚接合部についての接合部実験の結果を別途「接合具」の項で示している。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

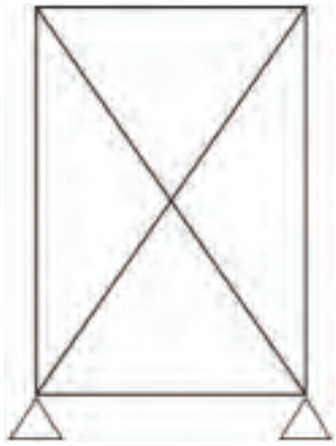
ブレース端部の終局せん断耐力 Pa を水平力に置換し、既往の実験による係数 2.4 をかける。

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

● モデル化

要素モデル：

等価モデル：

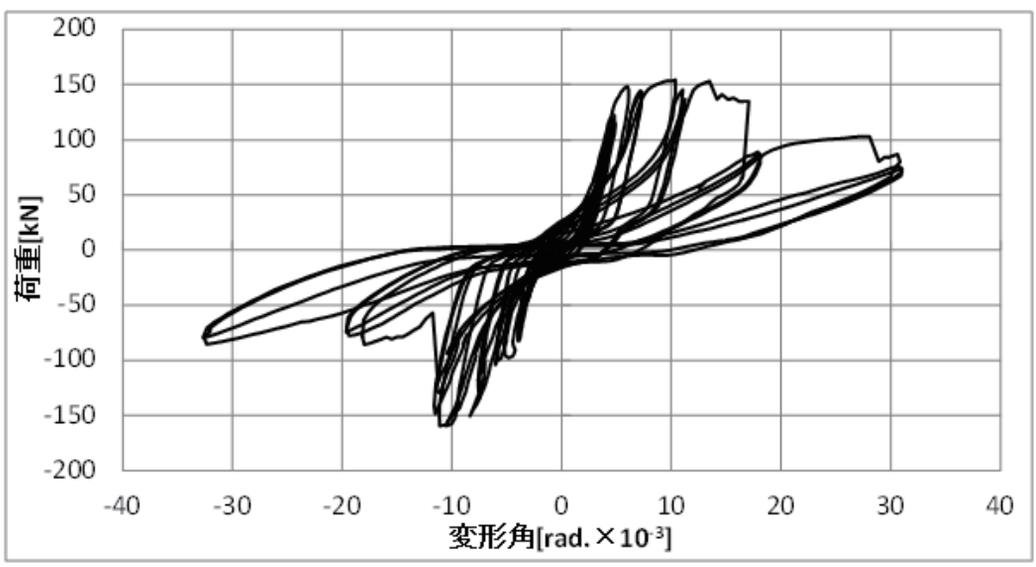


● 特性値

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。

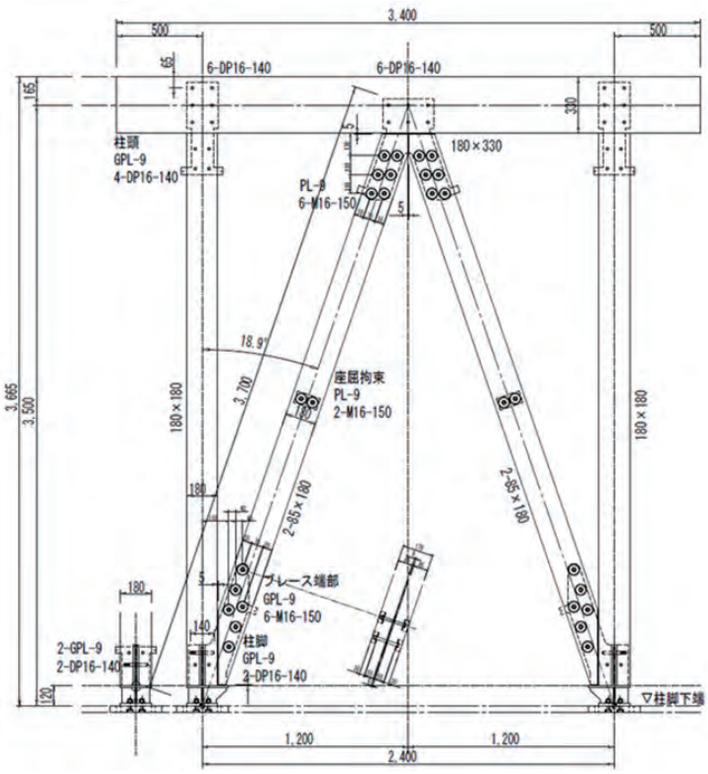
● 荷重変形



● 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 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

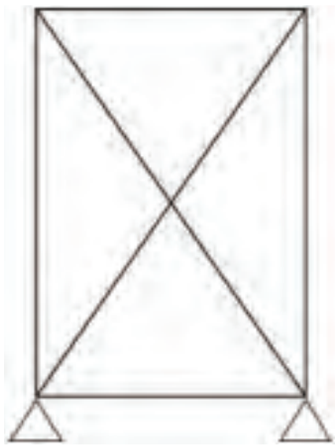
ブレース端部の終局せん断耐力 Pa を水平力に置換し、既往の実験による係数 2.4 をかける。

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

● モデル化

要素モデル：

等価モデル：

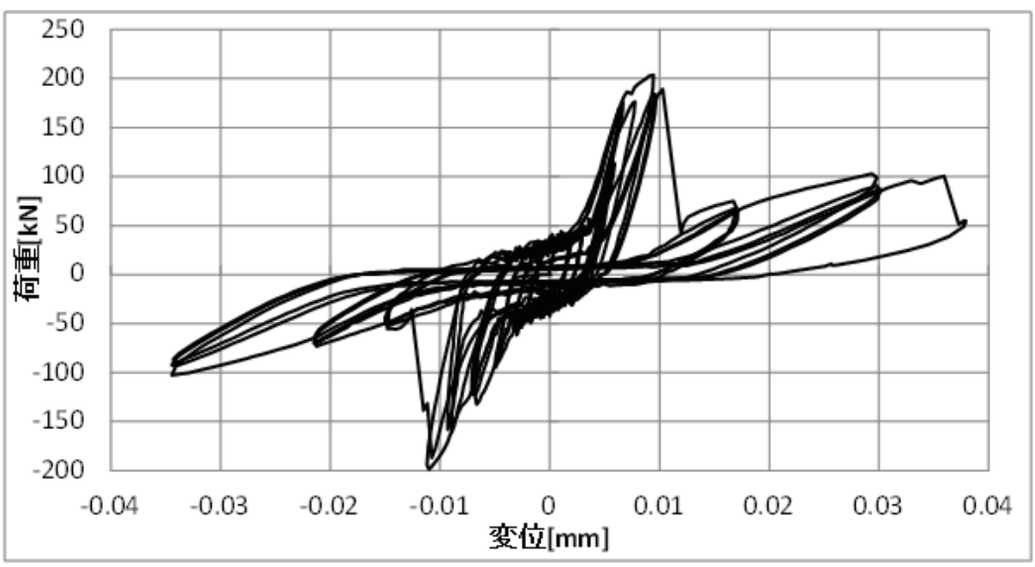


● 特性値

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。

3.4　床

データシートのリスト（床）を以下に示す。

本設計データの見方については **1.4「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
								接合具			
					断面寸法	その他		種類	本数		
床	面材床	合板	スギ	t24　特類2級		3640 × 7280					266
		合板	スギ	t28　特類2級		3640 × 7280					268
		合板	スギ、カラマツ	t28　特類2級		3640 × 7280					270
	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				276
		LVL	スギ	60E-1 級、80E-1 級	1200 × 362	× 9000	実大曲げ C1 上フランジ型				278
		LVL	スギ	60E-1 級、80E-1 級	1200 × 364	× 6000	実大曲げ C2 上下フランジ型				280
		LVL	スギ	60E-1 級、80E-1 級	1200 × 364	× 9000	実大曲げ C2 上下フランジ型				282
		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				284
		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				286
		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				288
		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				290
		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				292
		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				294
		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				296
		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				298
		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				300
		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				302
		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				304

INDEX	仕様	母材の種類	樹種	強度	寸法		タイプ等				掲載頁
								接合具			
					断面寸法	その他		種類	本数		
		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				306
		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				318
	集成パネル床	集成パネル	スギ	E65-F255	2000 × 3000 × 90		四周ビス留め				328
		集成パネル	スギ	E65-F255	2000 × 3000 × 90		接合無し				330
		集成パネル	スギ	E65-F255	2000 × 3000 × 90		製材雇い実＋斜めビス				332
		集成パネル	スギ	E65-F255	2000 × 3000 × 90		合板雇い実＋平打ちビス				334

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、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。

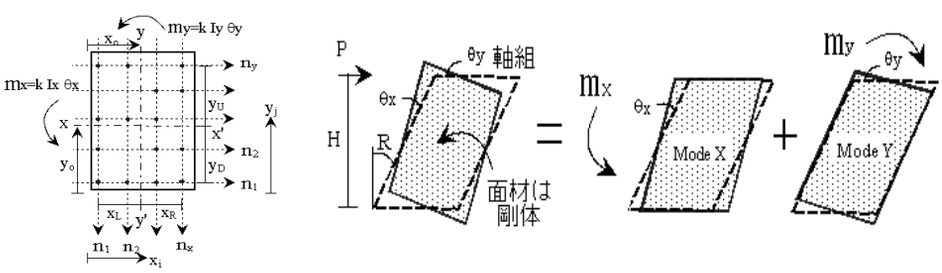


図　面材張り構面のモデル化の例

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。

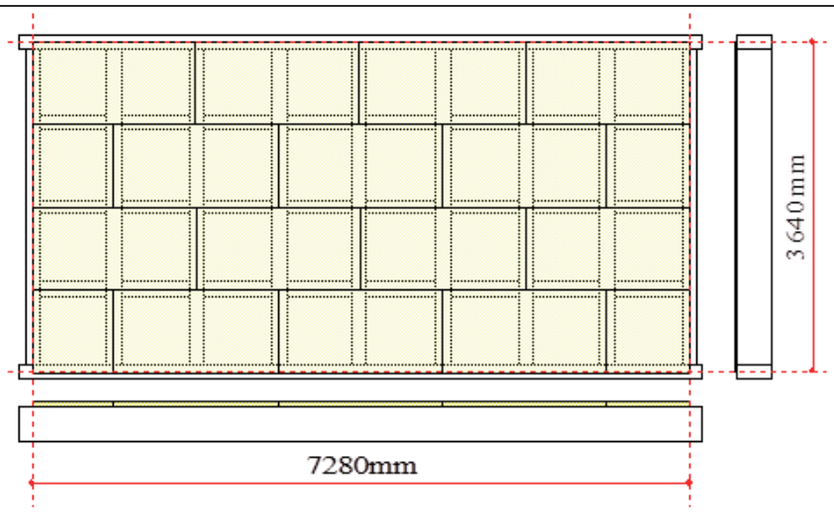
設計における考え方と適用範囲

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＞

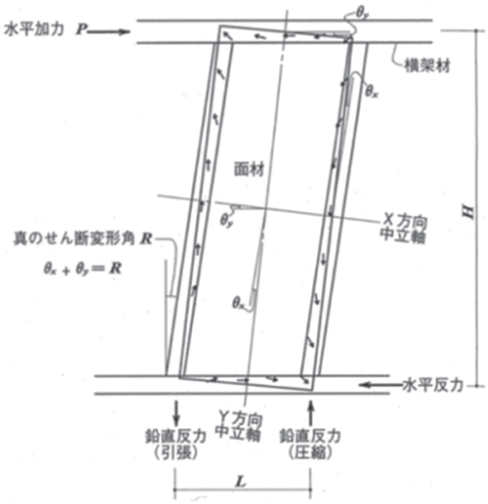
● 理論式

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。

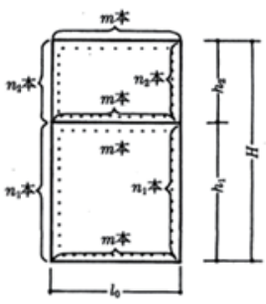
②枠組材の曲げを無視し、釘と面材に作用するせん断力が平行であると仮定し、釘 1 本の降伏せん断耐力と本数のかけ算により許容せん断耐力を算定する。詳細は、（社）日本ツーバイフォー建築協会の「枠組壁工法構造計算指針」を参照のこと。

●モデル化

要素モデル：



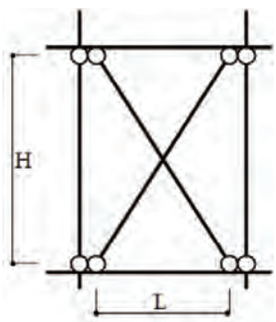
理論式①



理論式②

等価モデル：

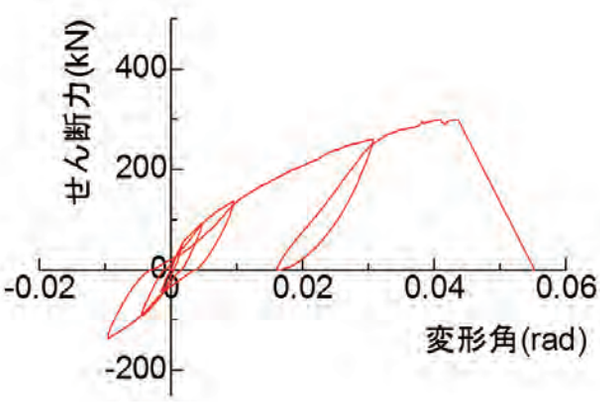
床構面のせん断剛性を等価たすきブレースの軸剛性に置換する

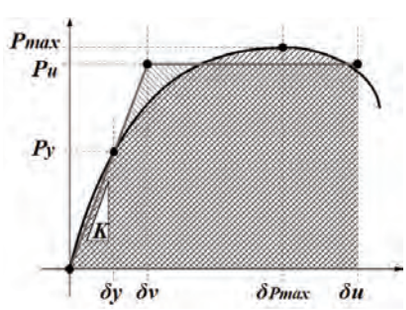


●特性値

	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



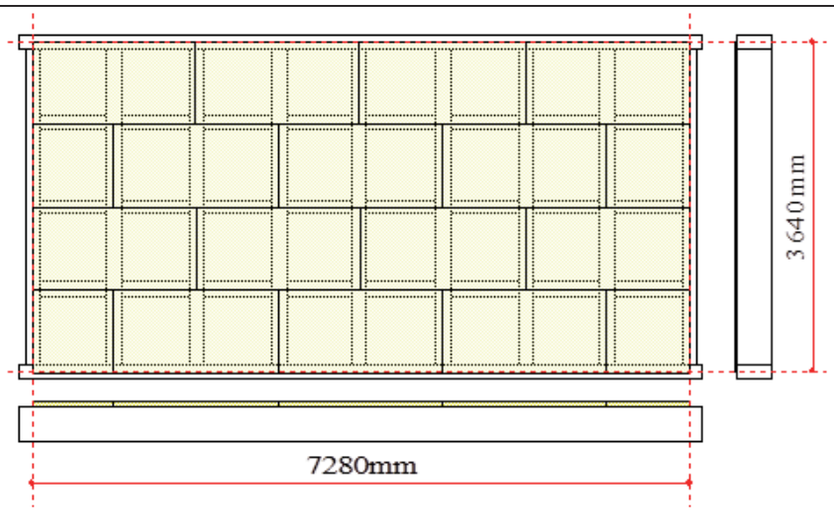


（注：実験値は床長さ 3.64m の負担せん断力）

●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＞

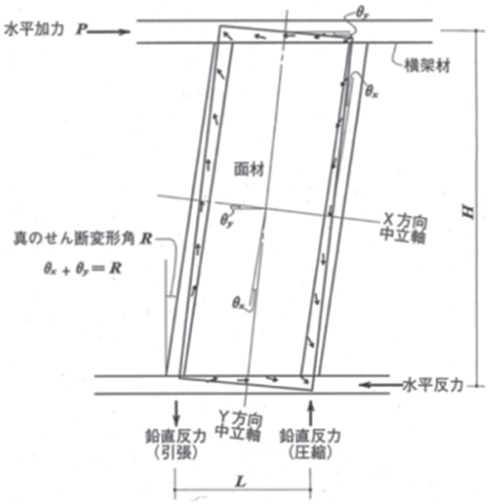
● 理論式

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。

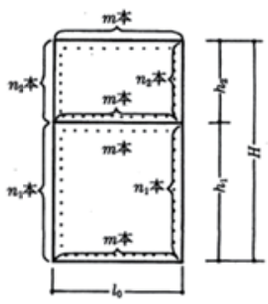
②枠組材の曲げを無視し、釘と面材に作用するせん断力が平行であると仮定し、釘 1 本の降伏せん断耐力と本数のかけ算により許容せん断耐力を算定する。詳細は、（社）日本ツーバイフォー建築協会の「枠組壁工法構造計算指針」を参照のこと。

●モデル化

要素モデル：



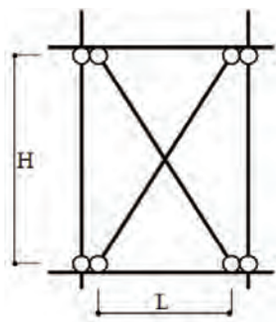
理論式①



理論式②

等価モデル：

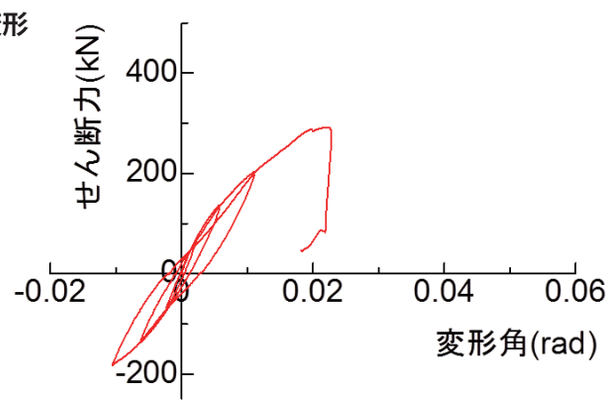
床構面のせん断剛性を等価たすきブレースの軸剛性に置換する

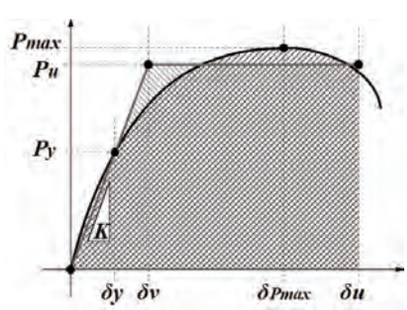


●特性値

	K (kN/rad/m)	Py (kN/m)	Pmax (kN/m)	Pu (kN/m)	δ y (10^{-2}rad)	δ v (10^{-2}rad)	δ 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



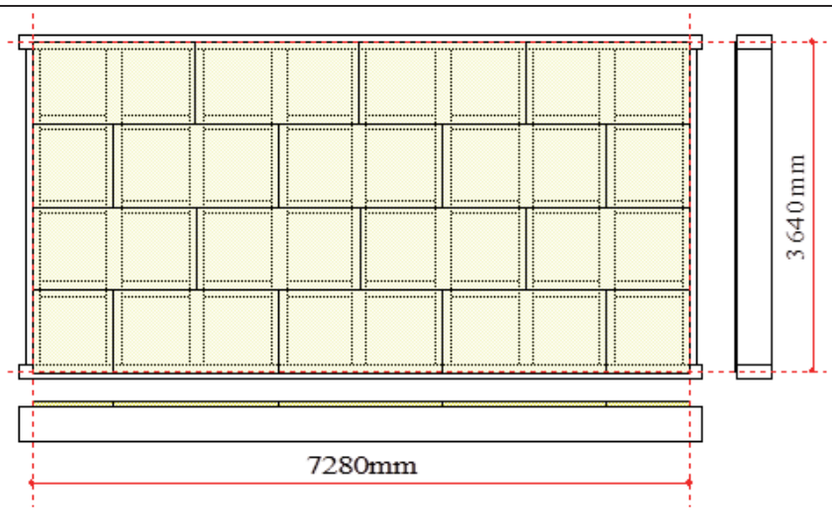


（注：実験値は床長さ 3.64m の負担せん断力）

●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＞

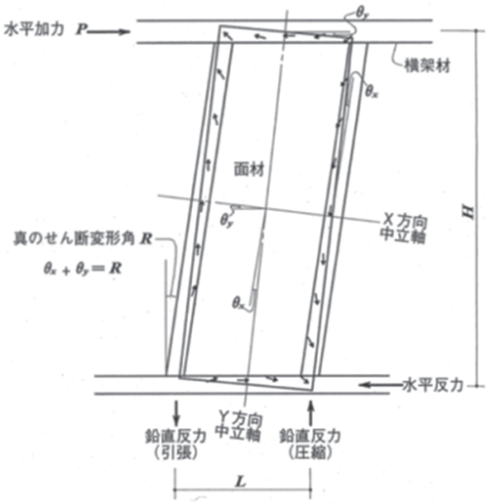
● 理論式

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。

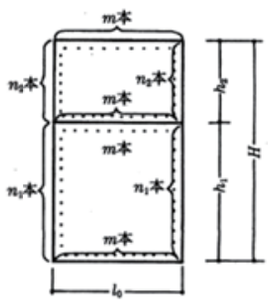
②枠組材の曲げを無視し、釘と面材に作用するせん断力が平行であると仮定し、釘 1 本の降伏せん断耐力と本数のかけ算により許容せん断耐力を算定する。詳細は、（社）日本ツーバイフォー建築協会の「枠組壁工法構造計算指針」を参照のこと。

●モデル化

要素モデル：



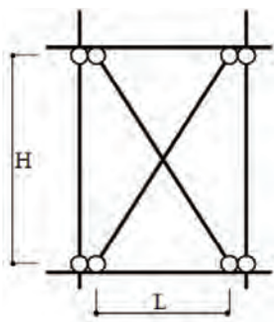
理論式①



理論式②

等価モデル：

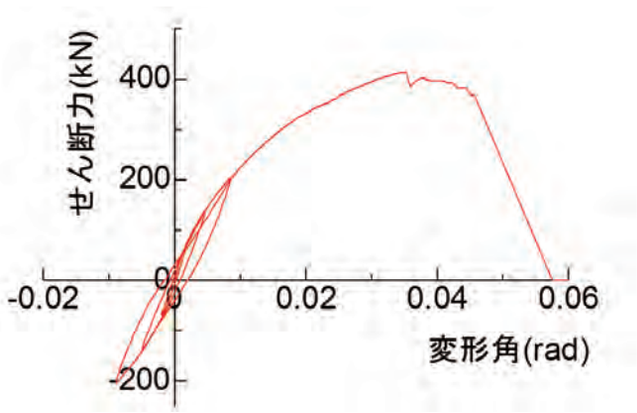
床構面のせん断剛性を等価たすきブレースの軸剛性に置換する

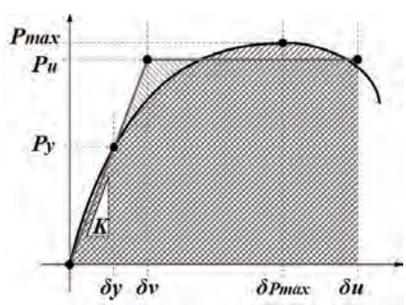


●特性値

	K (kN/rad/m)	Py (kN/m)	Pmax (kN/m)	Pu (kN/m)	δ y (10^{-2}rad)	δ v (10^{-2}rad)	δ 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。

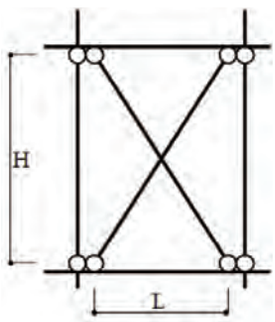
一方、軸組として用いる桁、胴差しに継手が存在する場合は、床構面が曲げ変形した際に継手部分に引張力が働くため、プレート金物や HD 金物等で適切に補強することが肝要である。

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。

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

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。

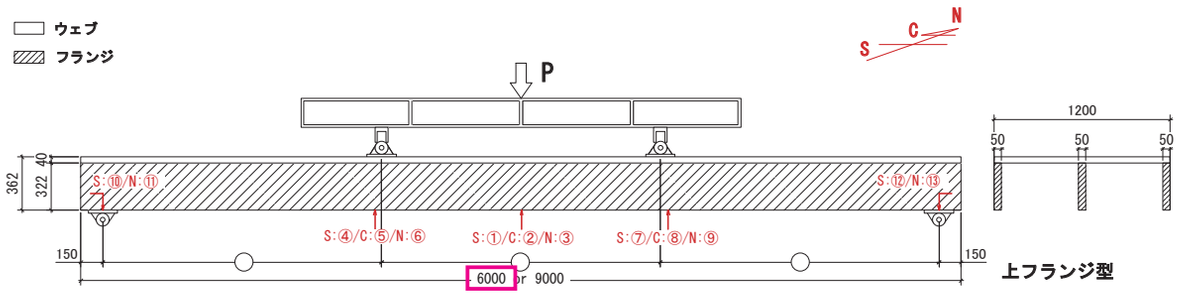
ここでは、その他ビス間隔、接着剤の有無、スパン、フランジ（片面または両面）をパラメーターとしたデータを示している。

ストレストスキンパネル床設計の考え方

LVL のストレストスキンパネル (SSP) は、建築物の床梁・屋根梁である。LVL のフランジと LVL のウェブで構成され、接着材とビスで接合され一体化される。鉛直荷重に対する曲げ・せん断応力はウェブのみで負担する。フランジは、振動・遮音対策の補強材とする。振動・遮音についてはデータがほとんどないので今後の検討課題である。

床に使う場合は平成 12 年告示 1459 号により、たわみは長期荷重に対してスパンの 1/250 以下としなければならないので、ウェブのみで 1/250 のたわみを満足することも確認する。水平構面の剛性は、SSP 同士をビスで接合するか、フランジ上面にパネル間を渡して合板を張ることによって剛性を確保する。

●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Ⅱ　P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）

●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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

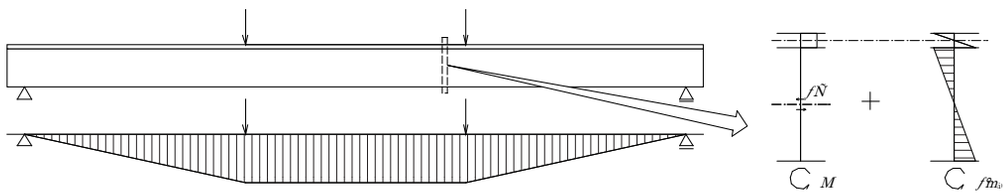
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

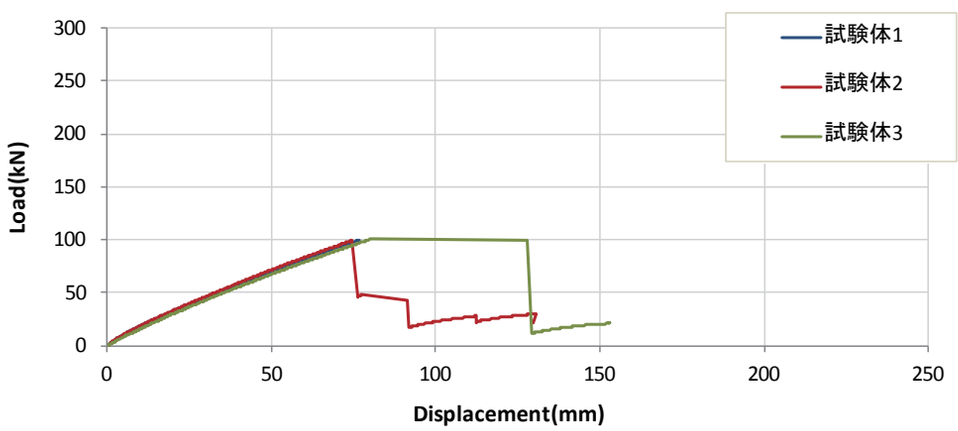
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入



●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



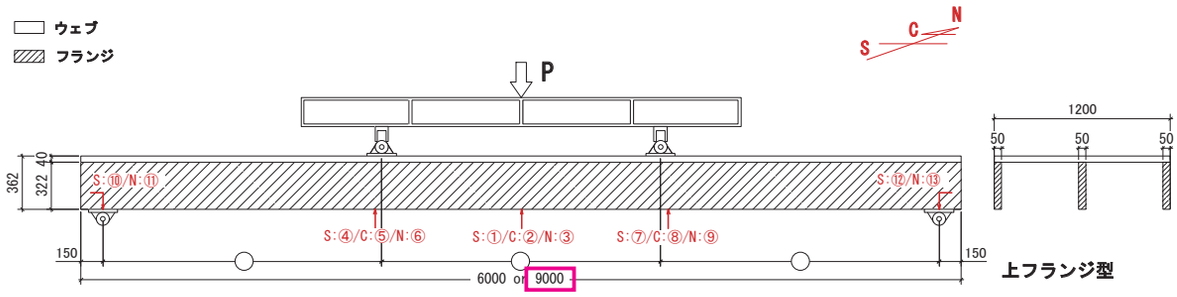
●破壊性状

・ 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Ⅱ　P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）

●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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

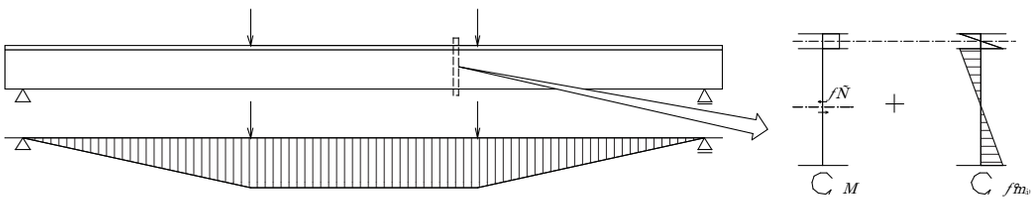
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

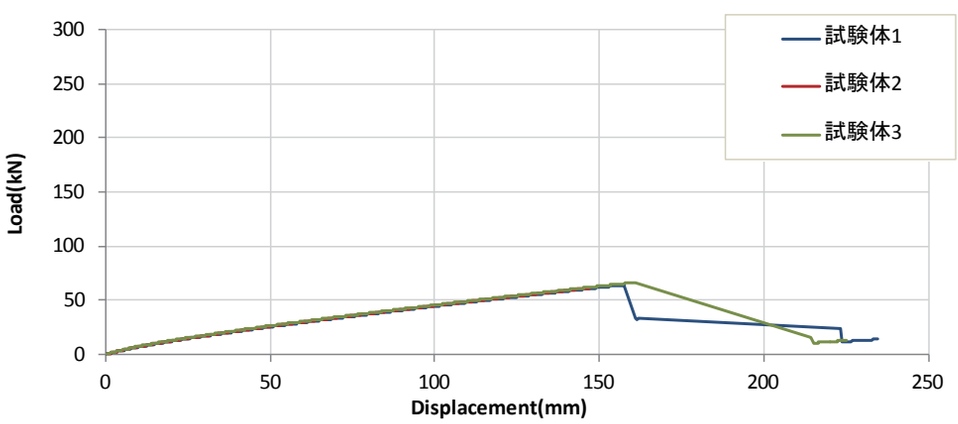
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入



●特性値

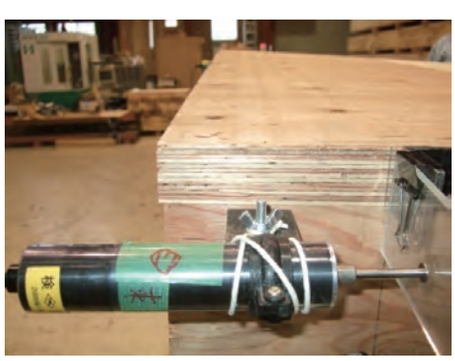
		初期剛性 *K* [kN/mm]	降伏耐力 *Py* [kN]	最大耐力 *Pmax* [kN]
C1-9000	1	0.49	29.0	64.1
	2	0.51	27.9	61.3
	3	0.51	29.7	66.4
	AVE.	**0.50**	**28.9**	**63.9**
	S.D.	**0.010**	**0.91**	**2.55**

●荷重変形



●破壊性状

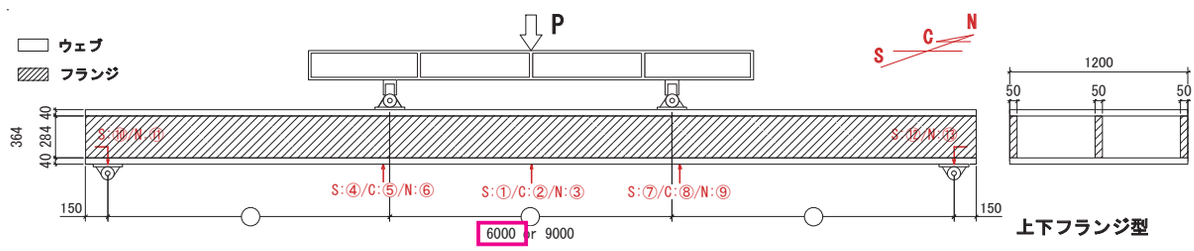
・ ビスのせん断降伏と、それに伴う断面性能の低下が進行することでウェブの曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。



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Ⅱ　P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）

●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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

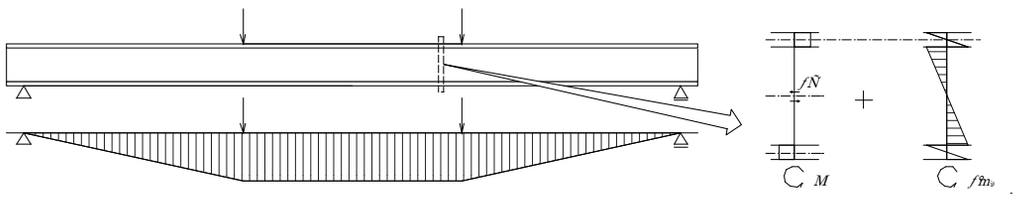
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

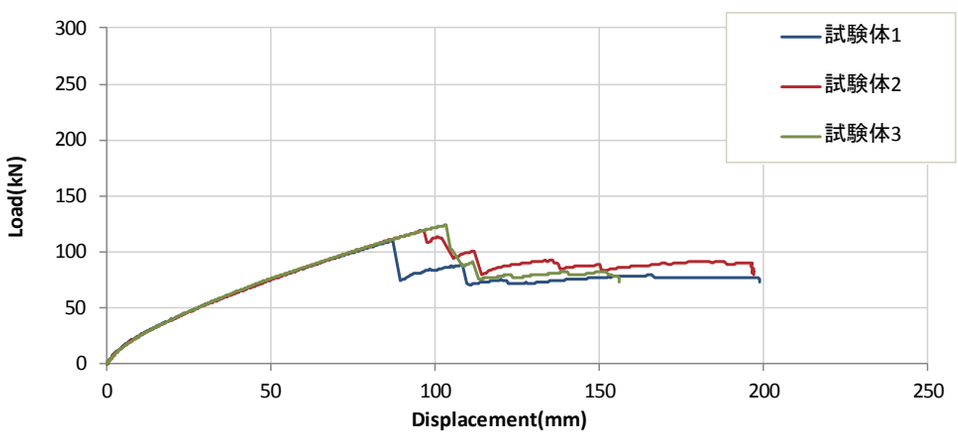
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入



●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



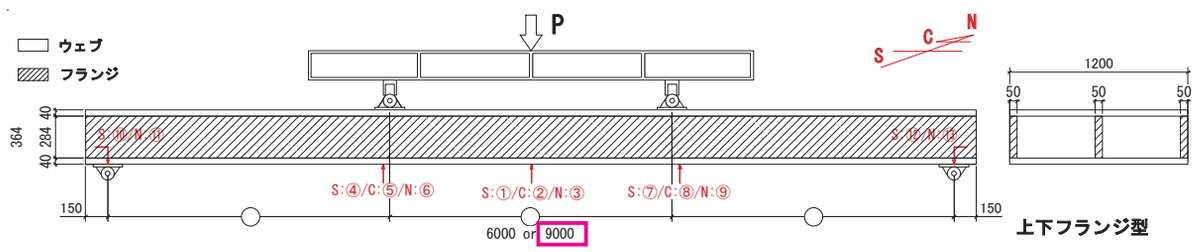
●破壊性状

・ 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Ⅱ　P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）

●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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

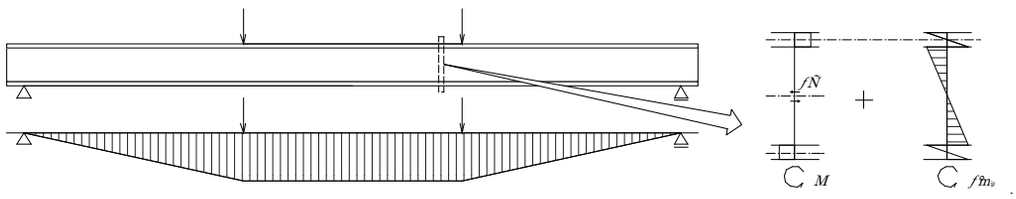
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

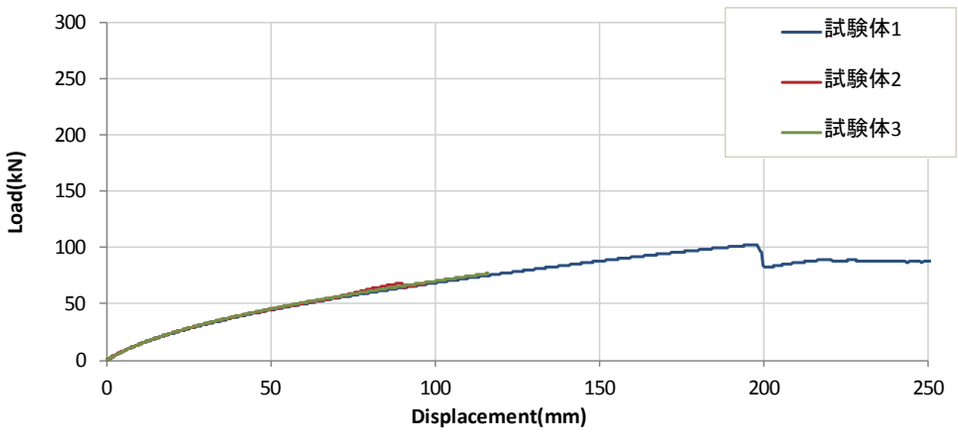
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入



●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



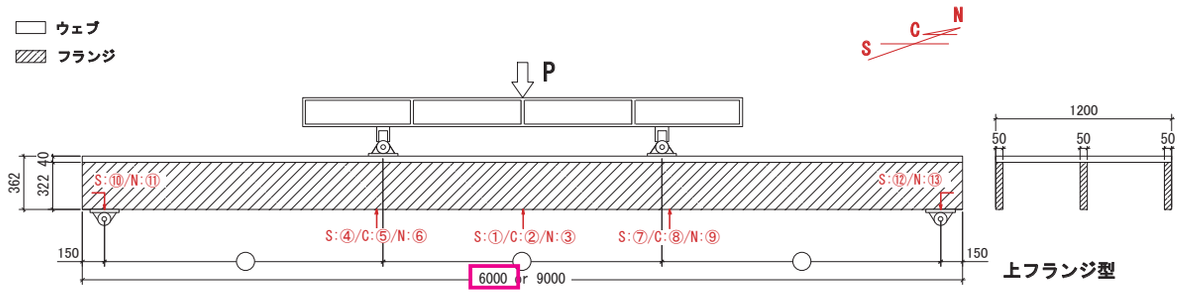
●破壊性状

・ 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Ⅱ　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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）

接着剤：（株）オーシカ

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

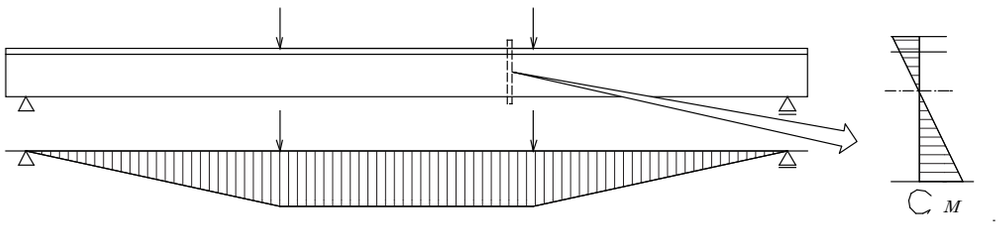
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

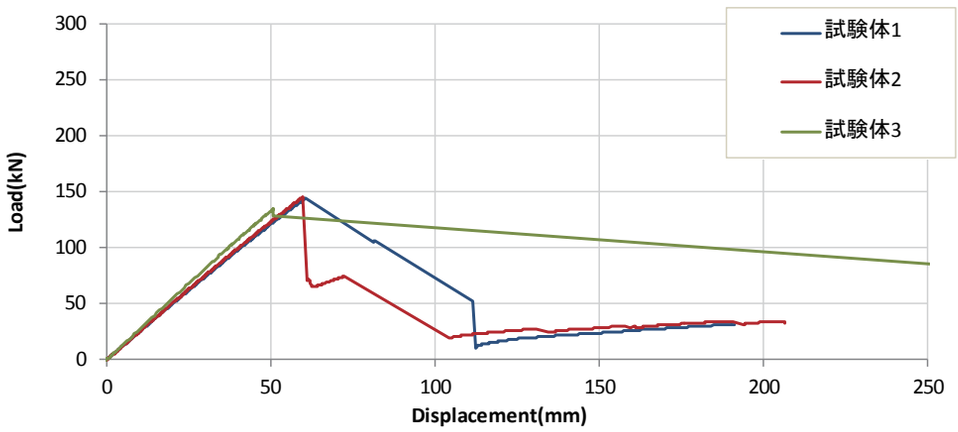
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす



●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



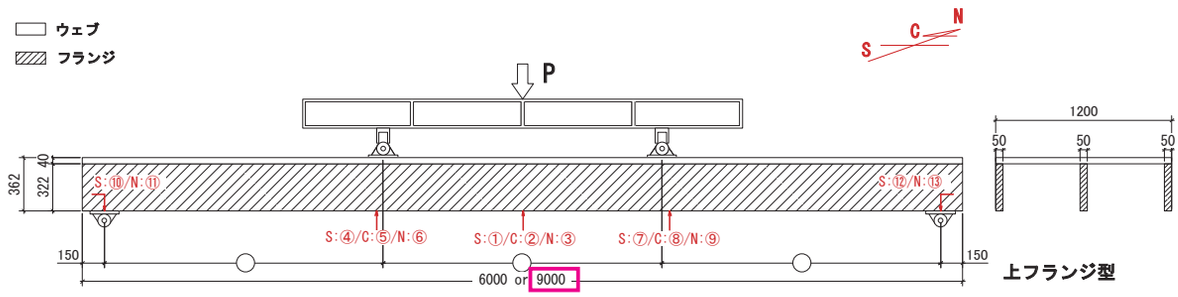
●破壊性状

・ 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Ⅱ　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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）

接着剤：（株）オーシカ

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

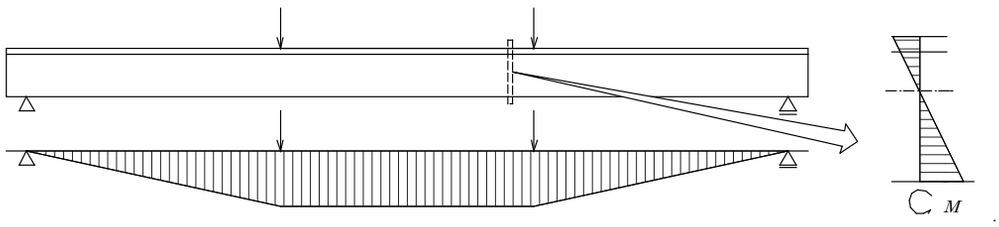
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

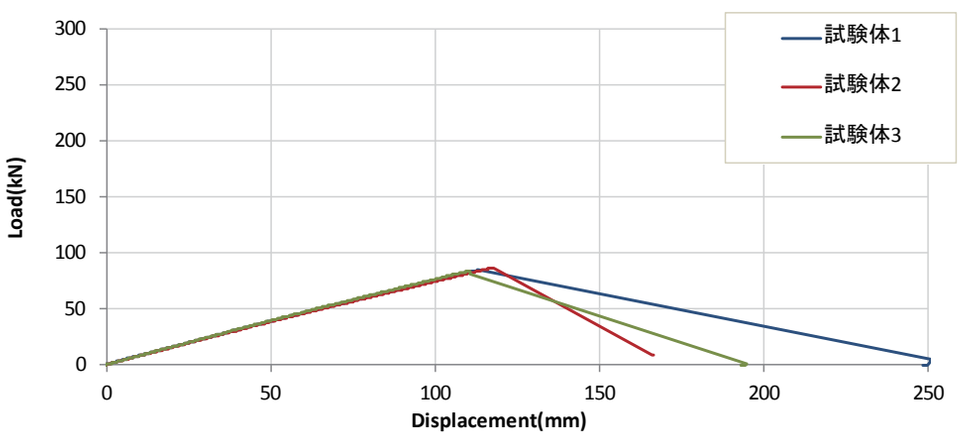
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす



●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



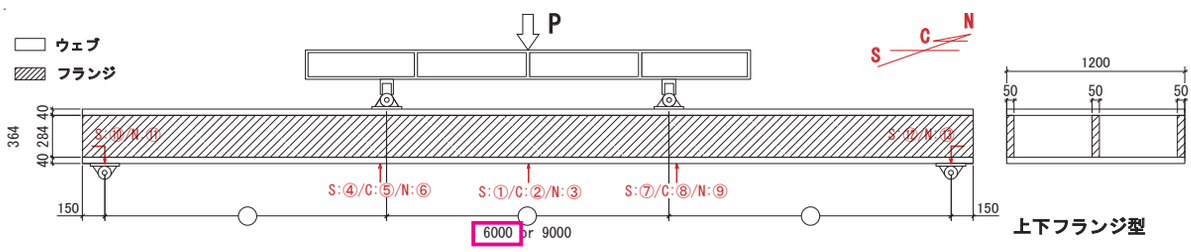
●破壊性状

・ 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Ⅱ　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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）
接着剤：（株）オーシカ

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

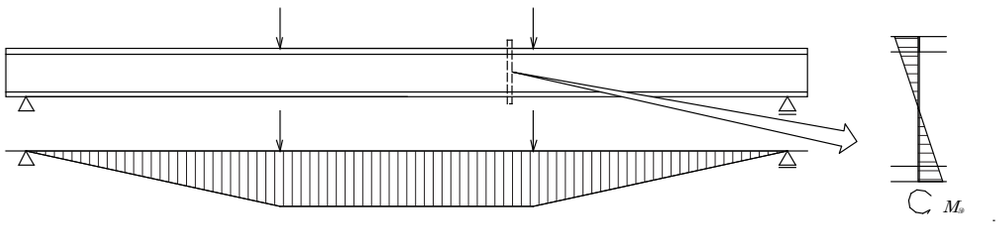
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

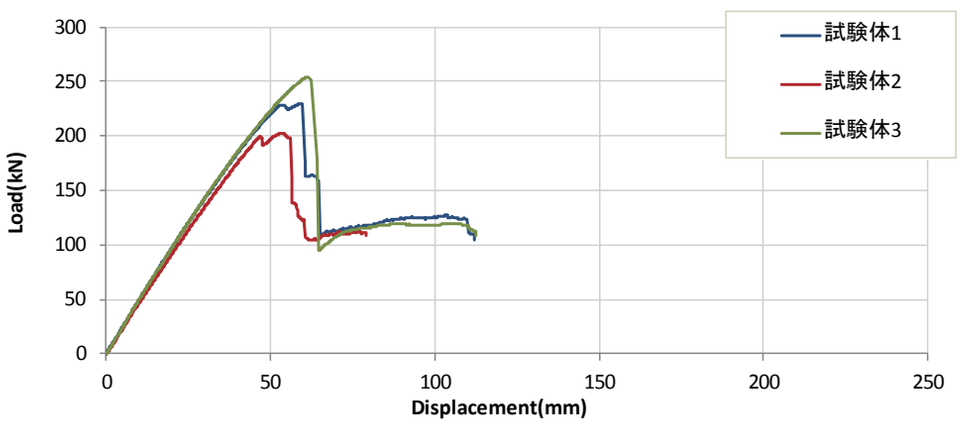
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす



●特性値

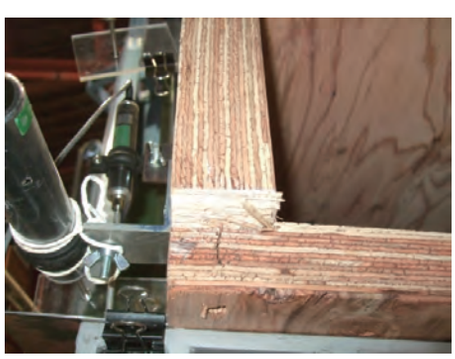
		初期剛性 K [kN/mm]	降伏耐力 Py [kN]	最大耐力 $Pmax$ [kN]
CB2-6000	1	4.80	125.7	229.9
	2	4.56	109.9	202.9
	3	4.78	139.1	254.0
	AVE.	4.71	124.9	228.9
	S.D.	0.134	14.64	25.58

●荷重変形



●破壊性状

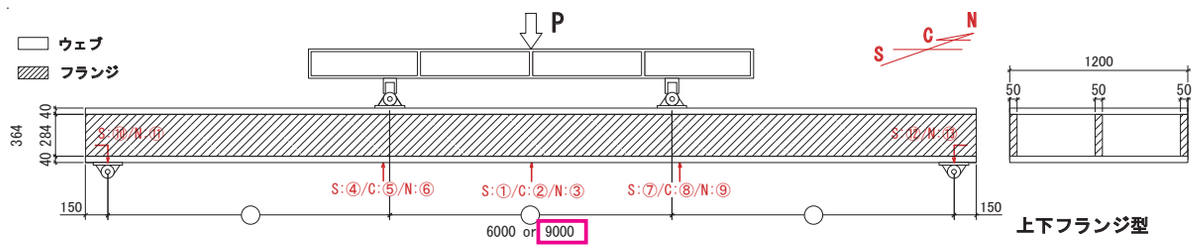
・フランジ端部においてウェブ側直交層のローリングシア（層内せん断）が発生することで断面性能が低下し、ウェブ下縁に曲げ破壊が発生して最大耐力が決定した。3 試験体とも同様の破壊性状を示した。



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Ⅱ　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梁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。

●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2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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）
接着剤：（株）オーシカ

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

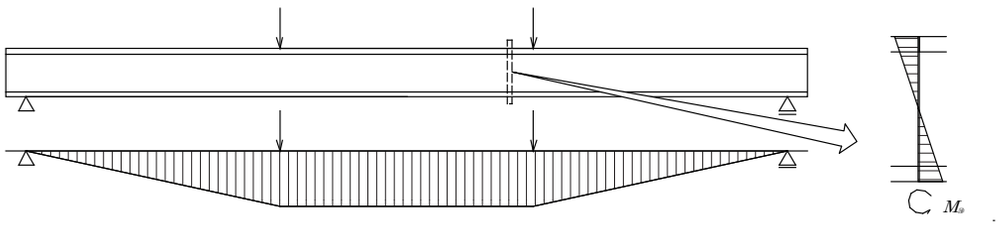
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

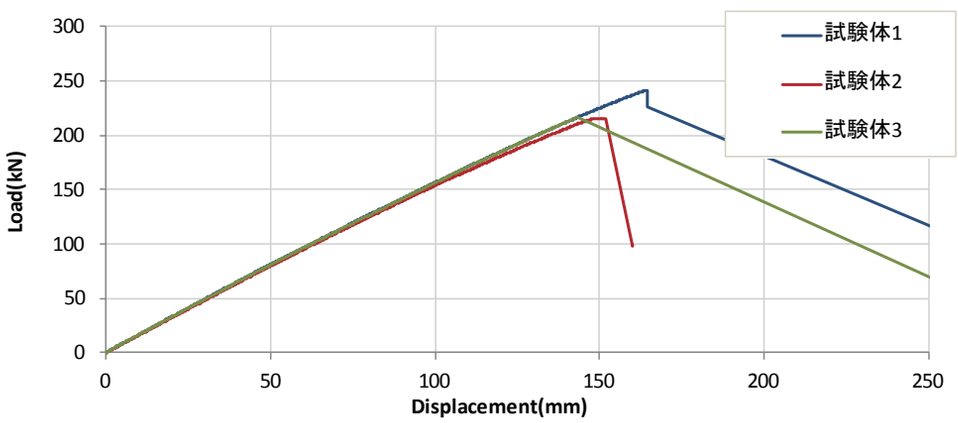
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす



●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



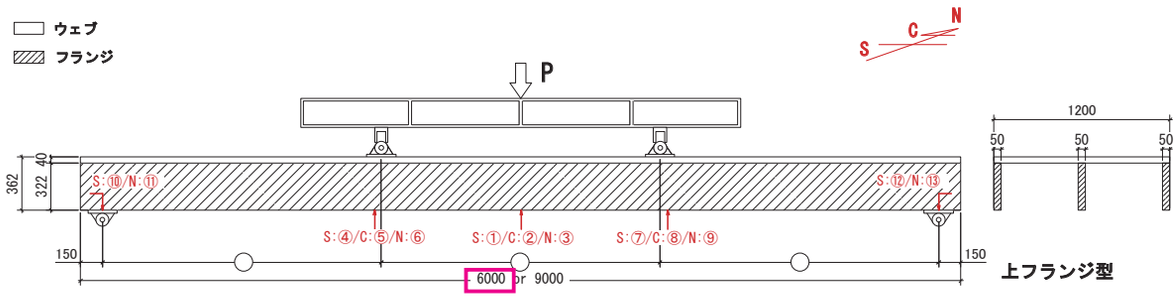
●破壊性状

・ 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　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Ⅱ　P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）

●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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

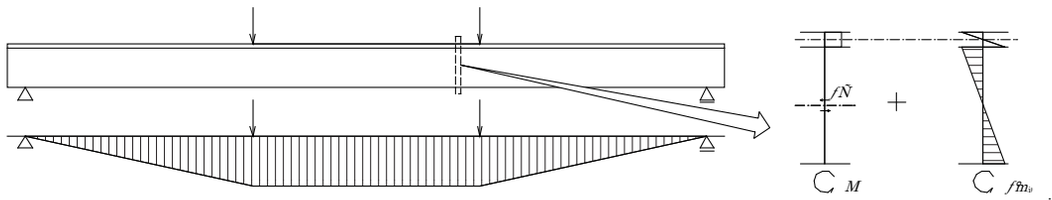
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

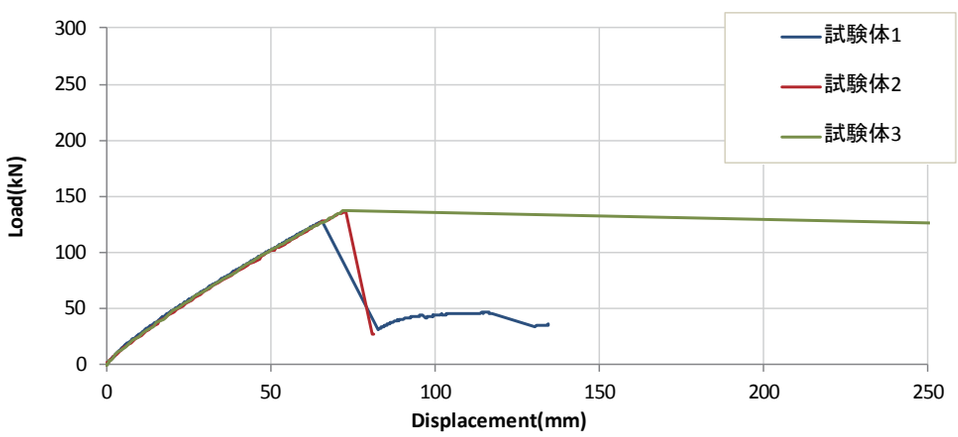
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入



●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



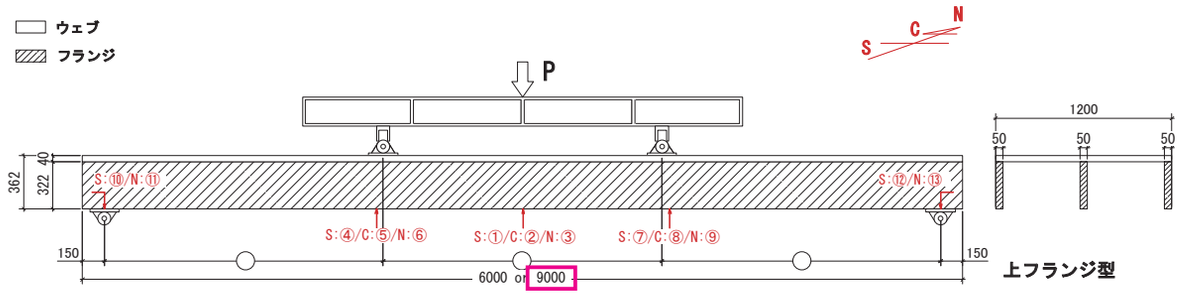
●破壊性状

・ 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　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Ⅱ　P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）

●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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

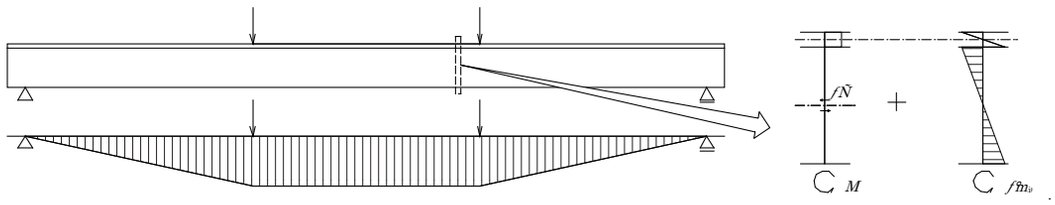
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

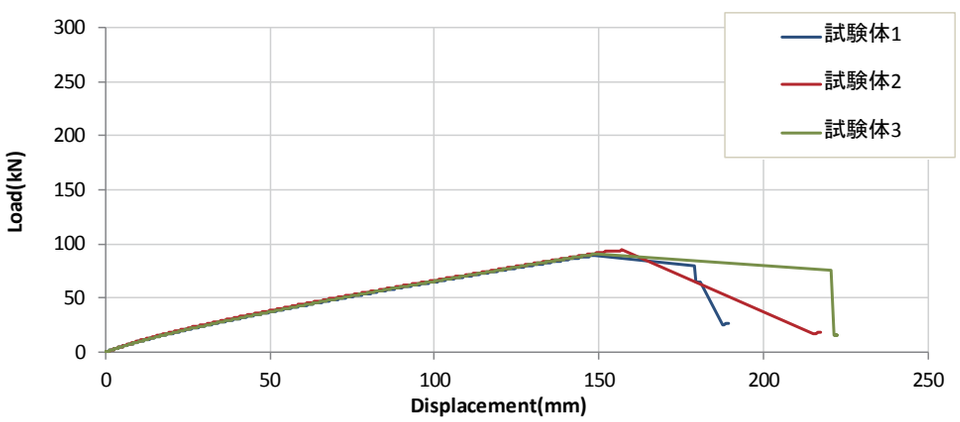
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入



●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



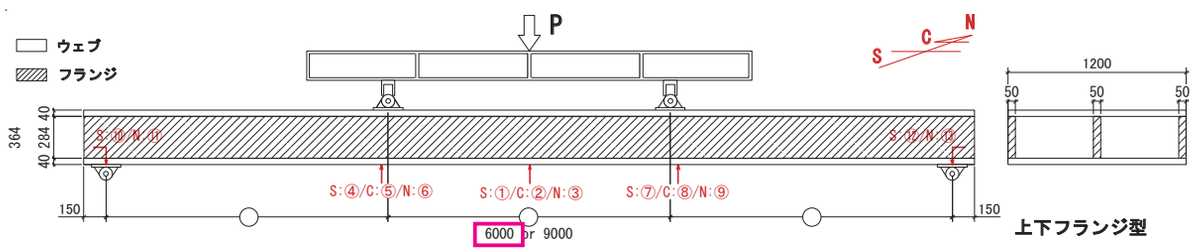
●破壊性状

・ 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　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Ⅱ　P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）

●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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

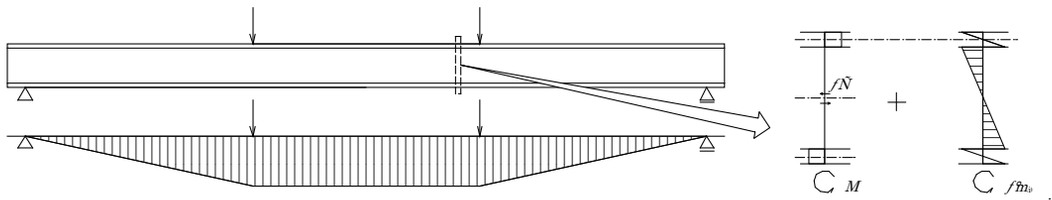
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

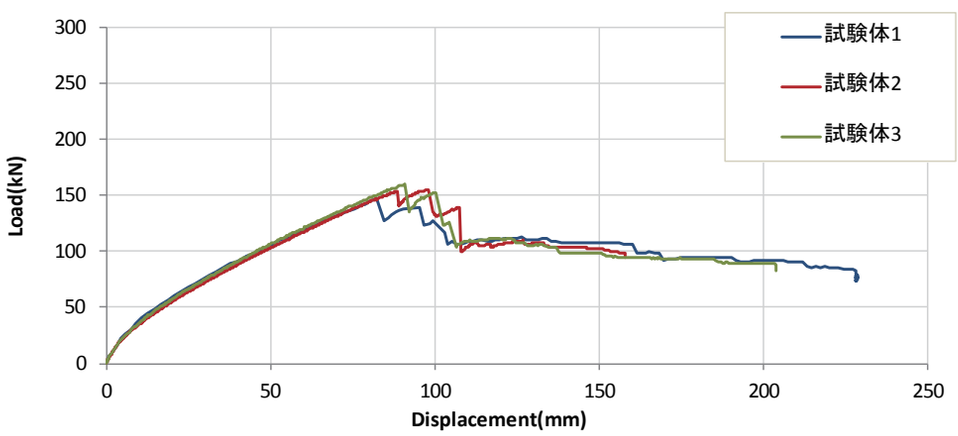
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入



●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



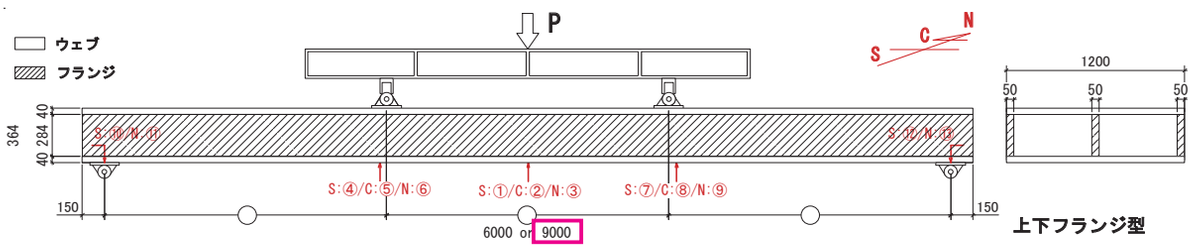
●破壊性状

・ 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　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Ⅱ　P6 × 90II+（d=6.0mm、L=90mm、東日本パワーファスニング株式会社）

●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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

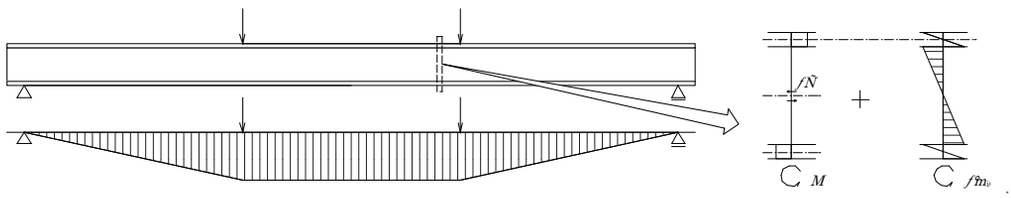
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

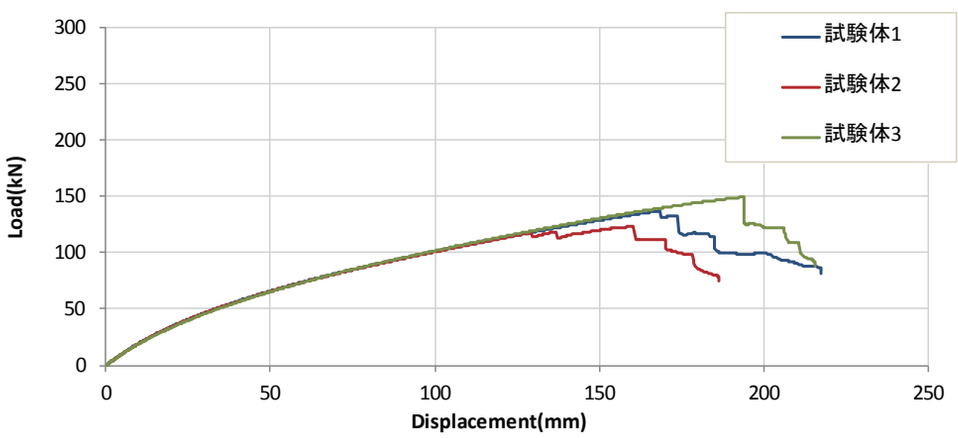
・せん断接合具を用いた重ね梁理論の導入



●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



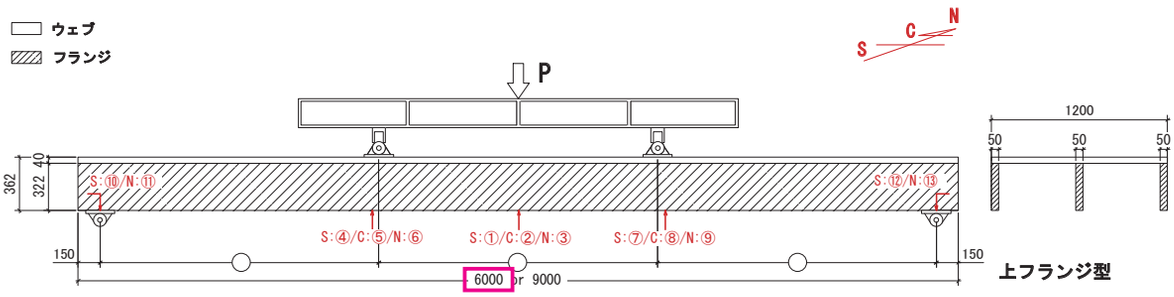
●破壊性状

・ 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　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Ⅱ　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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）

接着剤：（株）オーシカ

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

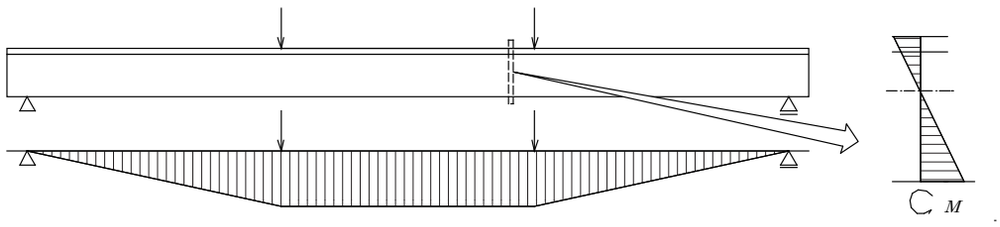
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

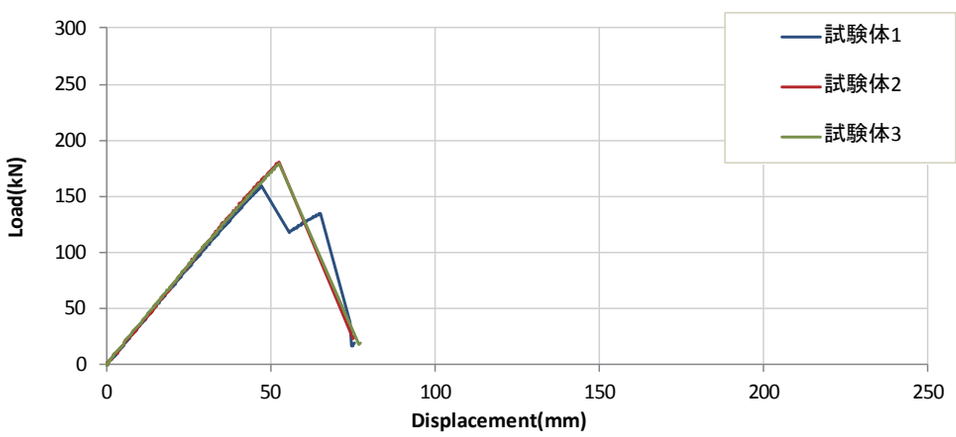
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす



●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



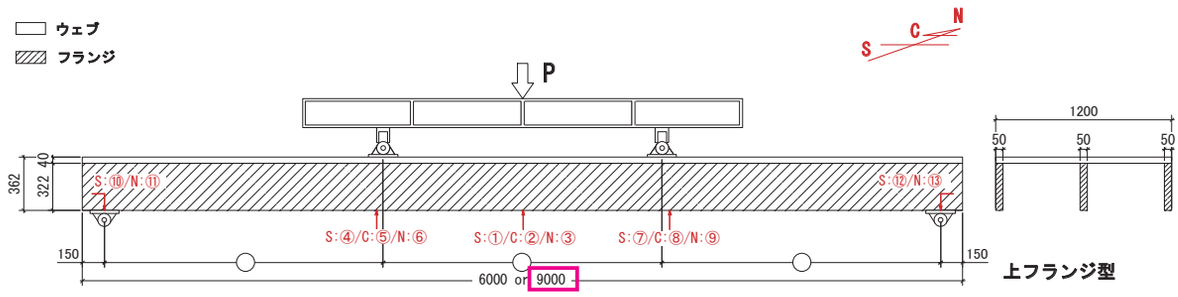
●破壊性状

・ 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　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Ⅱ　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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）

接着剤：（株）オーシカ

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

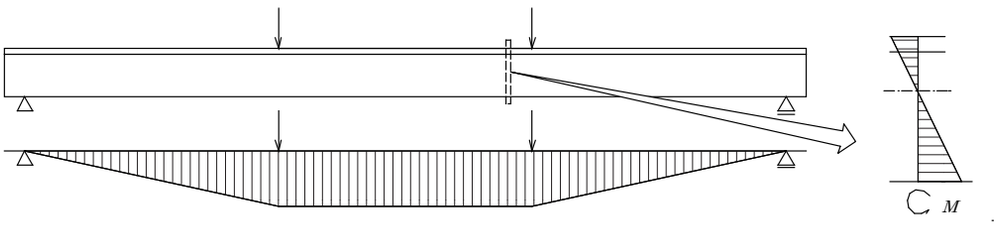
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

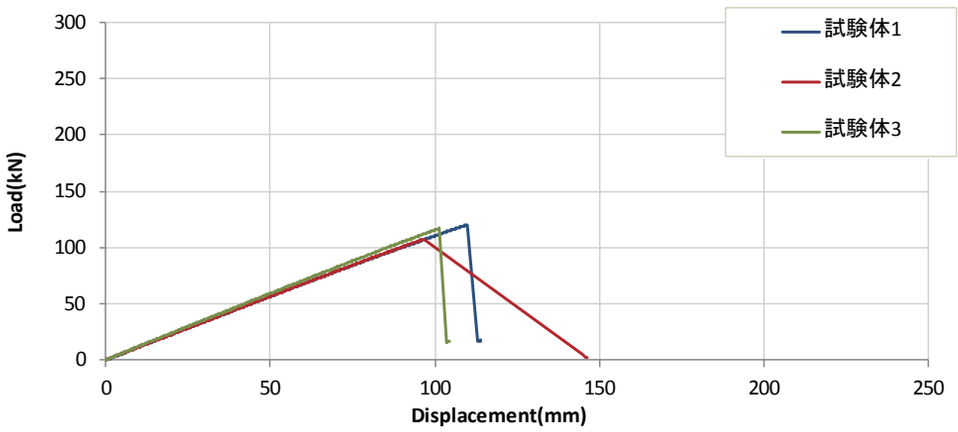
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす



●特性値

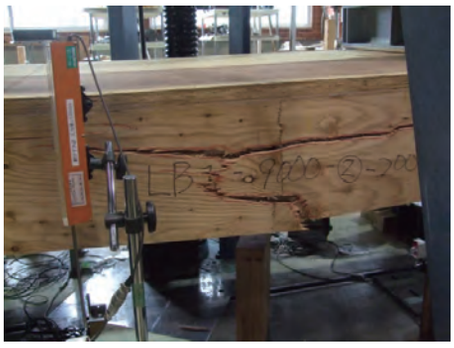
		初期剛性 *K* [kN/mm]	降伏耐力 *Py* [kN]	最大耐力 *Pmax* [kN]
LB1-9000	1	3.55	87.2	159.3
	2	3.47	156.9	180.5
	3	3.50	108.6	179.7
	AVE.	**3.50**	**117.6**	**173.2**
	S.D.	**0.040**	**35.67**	**11.98**

●荷重変形

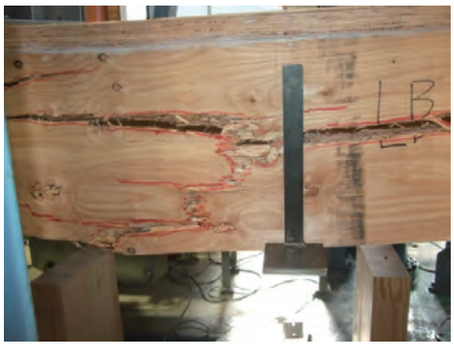


●破壊性状

・ 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。

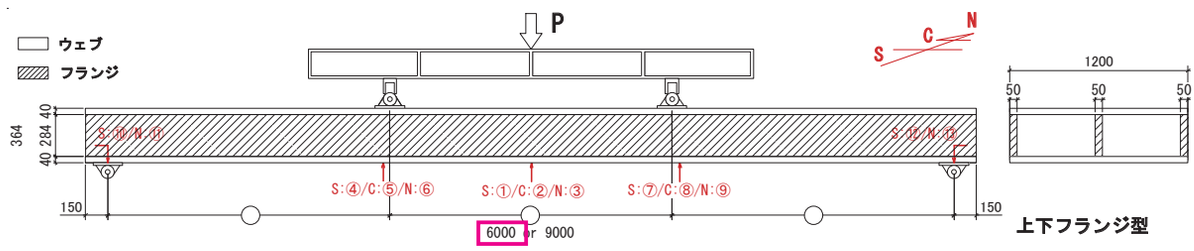


ビスのせん断変形に伴う部材間のずれ（試験体 2）



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　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Ⅱ　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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）
接着剤：（株）オーシカ

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

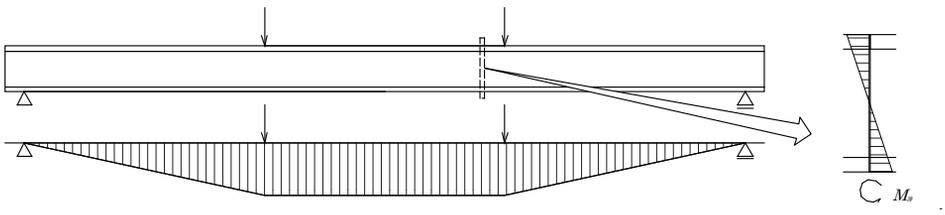
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

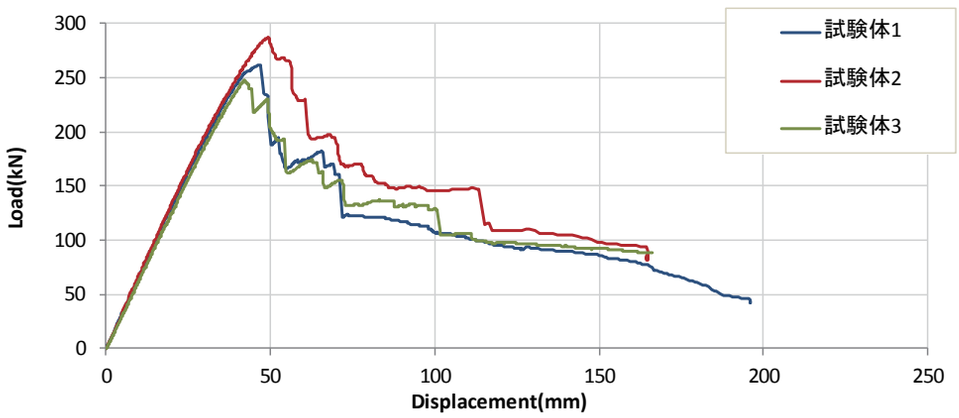
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす



●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



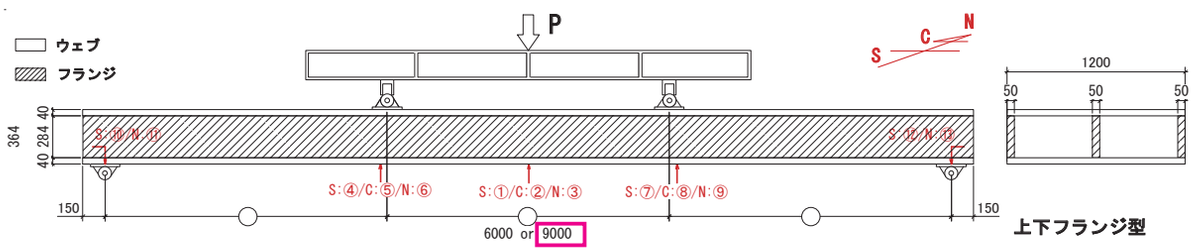
●破壊性状

・ 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　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Ⅱ　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梁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。

●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）

ビス：東日本パワーファスニング（株）
接着剤：（株）オーシカ

●問い合わせ先 URL

—

●理論式

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として設計

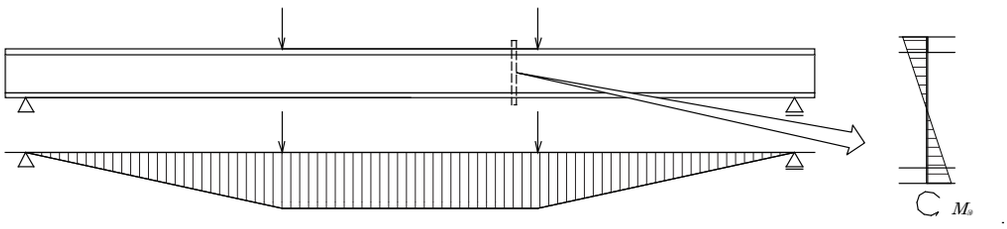
●計算式

—

●モデル化

・せん断遅れによるフランジ幅の低減（有効幅）

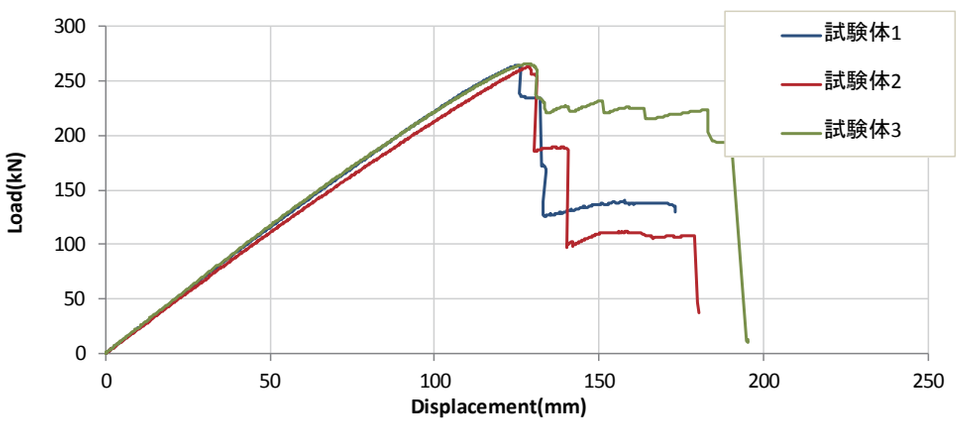
・ウェブとフランジが一体断面である複合材とみなす



●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 δ_M は式（1）として得られる。

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

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 δ_S の影響が無視できない。 δ_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。

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

$$\delta_S = \frac{L_s PS_q}{2G\sum b \cdot I_{q,w}} \qquad \cdot\cdot\cdot(2)$$

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δ_{MAX} は式（3）、初期剛性 K は式（4）で表すことができる。

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

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

・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。

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

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

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

$\sum EI$：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、Γ：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。

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

$$P_{\max}=\frac{6I_{q,w}}{y_0L}\sigma_b \qquad \cdot\cdot\cdot(8)$$

σ_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。

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

τ_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 τ_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。

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

σ_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。

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

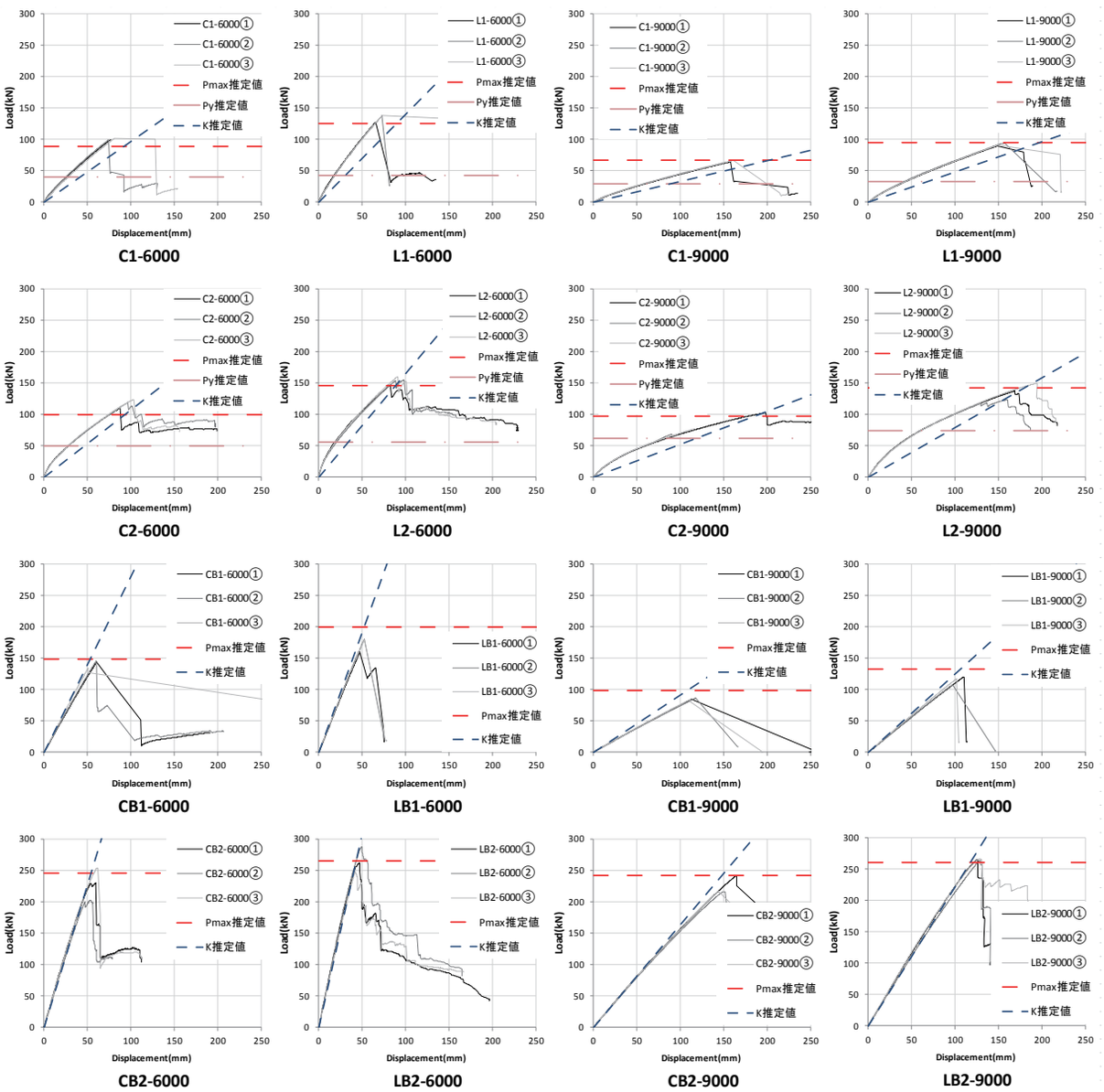
$$P_{\max} = \sigma_b \frac{12\sum EI}{bE_w}\left\{\frac{4(1-K_0)L}{3} + 1 - \frac{K_0 \cosh\frac{\lambda L}{3}}{\sinh \lambda L}\right\}^{-1} \qquad \cdot\cdot\cdot(12)$$

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

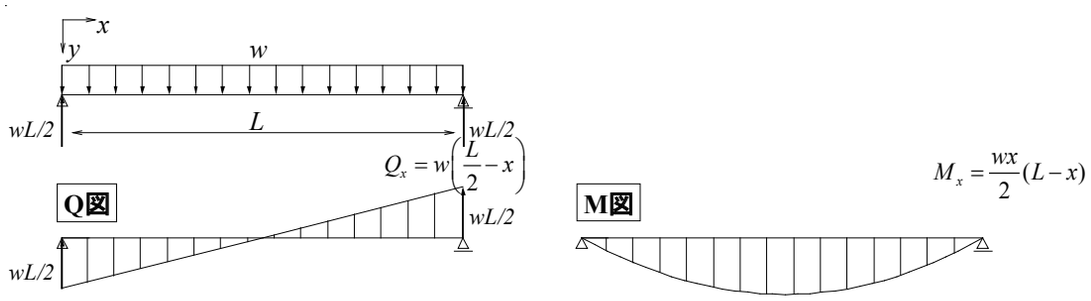
1）　日本建築学会（2009）, 木質構造接合部設計マニュアル　Design Manual for Engineered Timber Joints, 丸善 , 4.4.1 せん断接合具を利用した組立梁 ,pp179-

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。

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

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

また、これらの重ね合わせとして、たわみ式は式（15）となる。

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

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。

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

以上の実験・検証結果から、LVL ストレストスキンパネルのスパン表を作成した。

スパン表

(1) 仮定条件

床荷重は、以下の条件とした。設計条件に応じて、適宜設定する。

○固定荷重：　1300N/m^2
　床下：石膏ボード 9.5mm 厚
　床上：9mm 厚捨て合板＋ 50mm 厚 ALC ＋二重床＋仕上げ
○積載荷重：事務室 2900N/m^2（建築基準法施行令第 85 条に定められた積載荷重）

ストレストスキンパネルの構成は、構成材料が LVL の場合、上下のフランジに厚 30mm ×幅 1200mm の B 種構造用 LVL80E を使用し、ウェブには A 種構造用 LVL120E-1 級の厚 50mm とした。フランジ LVL 幅が 1200mm のため、ウェブのピッチは 2 等分の 600mm とした。ストレストスキンパネルの梁せいは、ウェブが LVL のタイプについては全体梁せいが 300mm ～ 650mm で 100mm 刻みの 5 種類とした。

(2) 計算方法

上記仮定条件の居室用途による積載荷重＋固定荷重に、ウェブのピッチを乗じた等分布荷重が作用する単純梁に対する、長期の曲げ応力度の検定式とたわみの検定式を同時に満たすスパンの値を許容スパンとした。

長期の曲げ応力度の検定に際してはウェブ材のみで曲げ応力を負担するものとして最大スパンを計算した。参考値として、フランジとウェブが一体断面であるとした場合の曲げ剛性によるたわみを示した。

たわみ振動は木構造設計基準に示される振動数 10Hz 時の計算式からスパンを算出した。

$$T = \frac{1}{n} = \frac{2l^2}{\pi}\sqrt{\frac{w}{EIg}}$$

LVL ストレストスキンパネル　スパン表

フランジ	カラマツ　B種構造用LVL　80E
ウェブ	カラマツ　A種構造用LVL　120E-1級　55V-47H

スパン表（床）

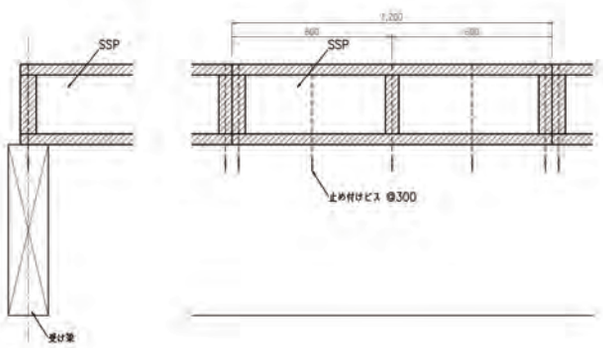
寸法	全体梁せい	mm	**300**	**400**	**500**	**600**	**650**
	フランジ厚	mm	30	30	30	30	30
	ウェブ梁せい	mm	240	340	440	540	590
強度	ウェブ 曲げ Fb	N/mm2	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0
	ウェブ せん断Fs	N/mm2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
鉛直荷重	固定	N/m2	1300	1300	1300	1300	1300
事務所	積載	N/m2	2900	2900	2900	2900	2900
	積載（地震用）	N/m2	800	800	800	800	800
	梁自重	N/m	695	809	922	1032	1088
スパン	曲げ	m	**4.6**	**6.5**	**8.1**	**9.9**	**10.6**
	せん断	m	15.0	20.9	26.5	32.0	34.7
ウェブのみ	たわみ（ <L/250）	m	8.5	10.7	12.78	14.8	15.7
で評価	たわみ（ <2.0 ×L/250）	m	8.5	10.7	12.73	14.6	15.6
全断面EI	たわみ振動(>10Hz)	m	8.1	9.3	10.4	11.3	11.7
許容スパン	決定スパン	m	4.6	6.5	8.1	9.9	10.6
	たわみ	mm	5.0	9.0	12.0	16.2	16.2
	たわみ比	/L	920	722	675	611	654
	たわみ振動	Hz	31.3	20.7	16.4	13.1	12.3

スパン表（屋根）
一般地域　積雪30cm　5寸勾配以下

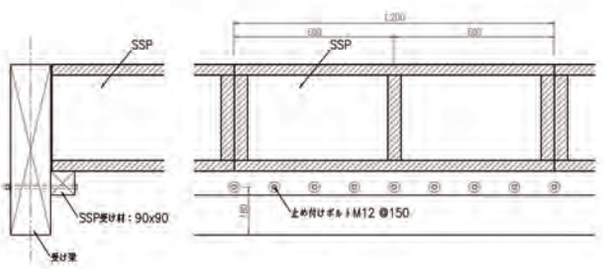
寸法	全体梁せい	mm	**300**	**400**	**500**	**600**	**650**
	フランジ厚	mm	30	30	30	30	30
	ウェブ梁せい	mm	240	340	440	540	590
強度	ウェブ 曲げ Fb	N/mm2	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0
	ウェブ せん断Fs	N/mm2	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
鉛直荷重	固定	N/m2	530	530	530	530	530
	梁自重	N/m	695	809	922	1032	1088
スパン	曲げ　　長期積雪	m	**9.9**	14.7	16.6	19.8	21.2
	せん断　長期積雪	m	52.0	69.4	85.1	99.1	105.6
ウェブのみ	曲げ　　短期積雪	m	9.9	13.6	16.7	20.6	21.4
で評価	せん断　短期積雪	m	67.6	90.9	111.9	131.0	139.9
全断面Ei	たわみ（ <20mm）　長期積雪	m	10.0	**11.6**	**13.0**	**14.2**	**14.9**
	たわみ（ <L/200）　長期積雪	m	14.5	17.9	21.0	23.9	25.3
許容スパン	決定スパン	m	9.9	11.6	13.0	14.2	14.9
	たわみ	mm	19.5	20.0	20.0	20.0	20.0
	たわみ比	/L	508	735	830	990	1060

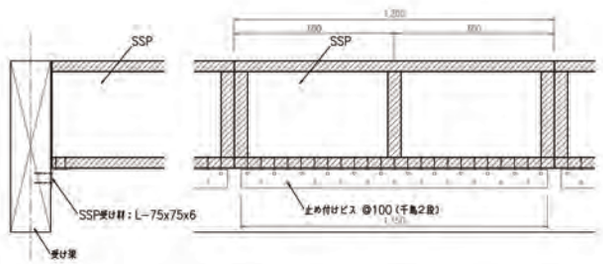
おさまり例

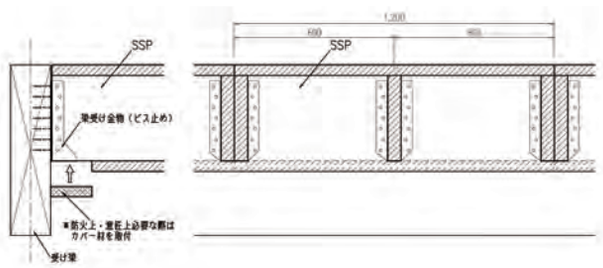
1　梁上のせ



2　梁に落とし込み

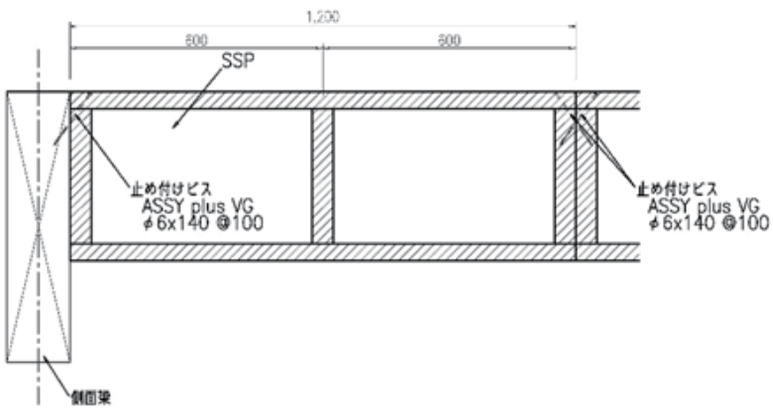




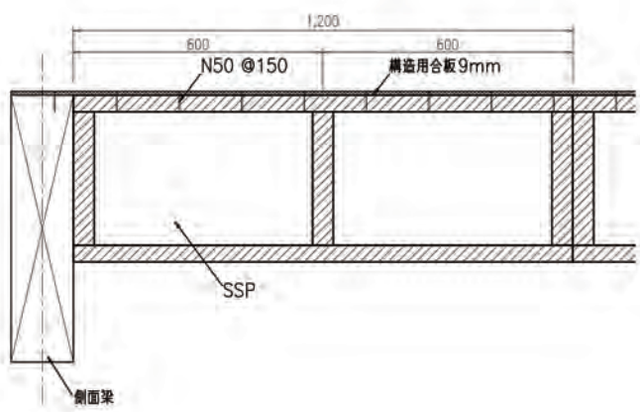


水平構面剛性の取り方

1　パネル間、端を長ビス斜め打ち



2　9mm 捨て合板を SSP 上に貼る（N50@150）



材料・仕様について

　ストレストスキンパネルは床・屋根を構成する構造材である。フランジとウェブを接着剤とビスで一体化し、より少ない部材で最大限の曲げ性能を確保する。工場生産により現場での施工日数を低減することができる。また、構造躯体の軽量化により耐震要素と基礎構造の軽量化が図れ、コストダウンができる。

○フランジ

フランジは中立軸から一番離れている部材で曲げ性能に一番寄与することから、面材で全スパンに渡って継ぎ目のないLVLで構成する。LVLには直交層を入れ、スパン方向に対して90度方向の寸法安定性と曲げ性能を向上している。厚みは38mm（A種構造用LVL）、または30mm（B種構造用LVL）とした。長さは12000mmまで製造可能である。幅は外々寸法で1200mm以下とし、床幅に応じて任意寸法のフランジを貼ったストレストスキンパネルで補完する。強度区分は、90E-1級（A種）、80E（B種）を標準とする。

○ウェブ

ウェブは、継ぎ目のないLVLまたは集成材を使用する。寸法はLVLの場合、幅50mm×梁せい300mm～600mm（まで50mm刻み）×最大長さ12,000mmである。集成材の場合、幅105mmまたは120mm×梁せい450mmまでが入手しやすい。強度区分は、LVLはカラマツの120E-1級、集成材はカラマツの95E-270Fが入手しやすい。本実験では120E-1級（水平せん断性能区分50V-43H）のカラマツLVLおよび95E-270Fのカラマツ集成材を用いた。

○接着剤

フランジとウェブ間の接着が曲げ破壊時まで担保されている接着剤が望ましい。品質管理が容易である工場での接着を基本とし、圧締後は接着力発現に必要な温度環境で養生する。現場で接着する場合は接着面のゴミ・ホコリ・油分・水分等のよごれを取り除き、養生に十分な温度環境で行う。本仕様では、ウレタン系現場用接着剤UR-70（(株）オーシカ製、F☆☆☆☆相当）を用いた。

○ビス

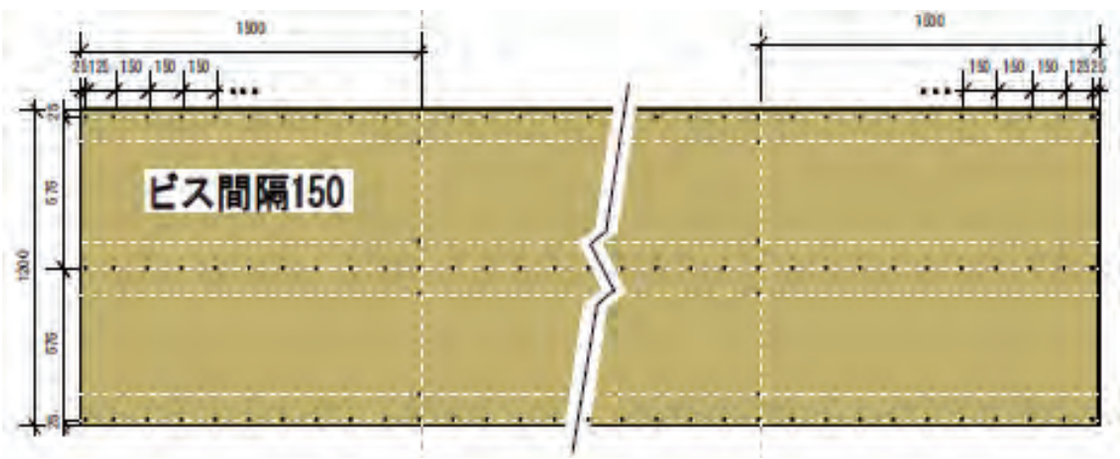
接着剤を塗布したウェブにフランジからビスを打つことによりフランジとウェブを密着させ、接着性能を発揮するための十分な圧締力を得る。ビスを使わなければフランジ全面積に渡る大がかりな圧締装置を必要とし、大きな初期コストを必要とする。互いの材同士を引きつけるためにビスは雄ネジ部が先端のみに切ってある半ネジタイプがよい。雄ネジ部がフランジとウェブの界面をまたいでいるとフランジとウェブ間に隙間ができ、圧締力が得られにくい。そのため、雄ネジ部の長さは雄ネジ部がウェブに完全に入る必要がある。また、1面せん断性能に靭性があるタイプが望ましい。本仕様では、パネリードⅡ＋90mm（東日本パワーファスニング（株））を用いた。

材料入手先：

UR-70　　：　株式会社オーシカ　03-5916-8857

パネリード：東日本パワーファスニング株式会社　022-351-7330

● 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 A 種　45V-38H　厚 38mm　直交層有

ウェブ　 ：カラマツ LVL 120E-1 級 A 種　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

建築基準施工令 令 85 条 (積載荷重) 教室利用階の荷重（2100N/m^2）を負担する梁として、上階からの荷重に耐え得るような設計とした。

● 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）

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

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[1)]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。

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

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

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

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 [1] によると、下式で得られる応力 σ に相当する荷重をかけることになっている。

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

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

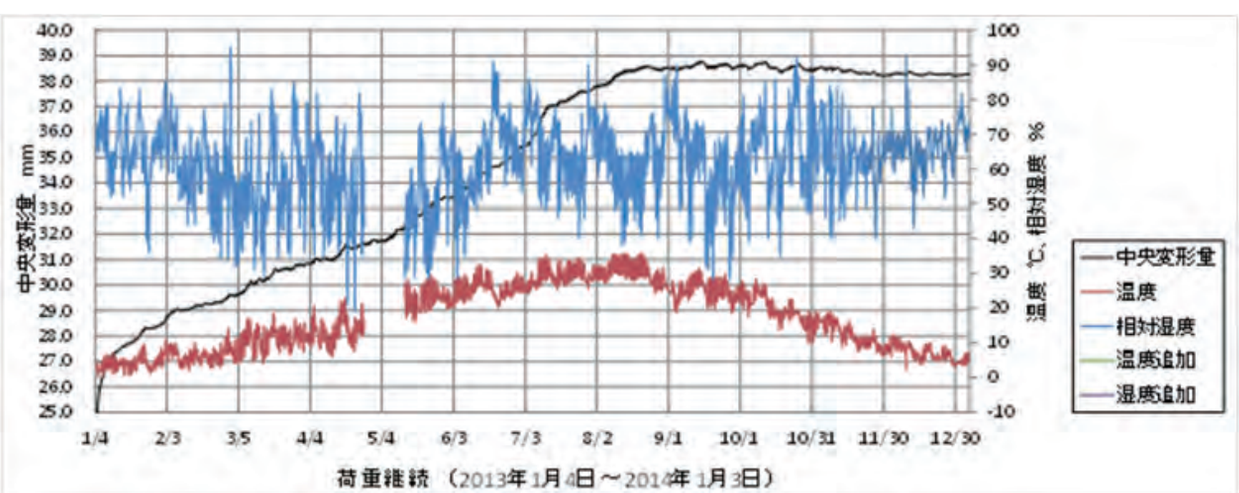
今回は、いずれの調整係数とも得られていない段階でクリープ試験を実施することになったため、安全側評価となるように，かつクリープ限度 [2] を考慮して荷重レベルを 0.42 に設定した。この結果長期荷重を 112.4kN とし、**図 1**(データの解説)に示す試験条件から、クリープ試験に必要な錘の重量を 5.75kN と決定した。1 年間の長期クリープ試験により 50 年後の中央たわみの予測値は 48.6mm、クリープ係数（変形増大係数）は 2.10 となった。

クリープ試験の解析結果（12 ヶ月経過時点）

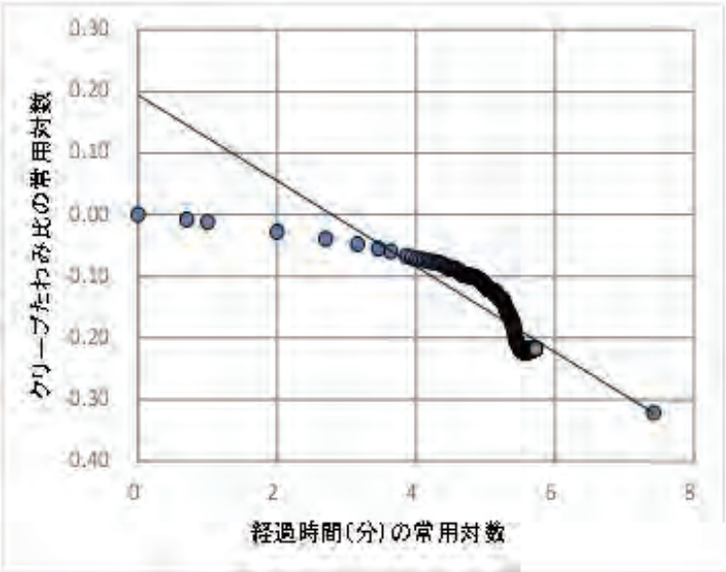
d_{1min}	R^2	傾き f	切片 e	d_{50year}	d_{50year}/d_{1min}	K_{50year}
23.2	0.669	−0.0696	0.194	48.6	2.10	0.477

※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。

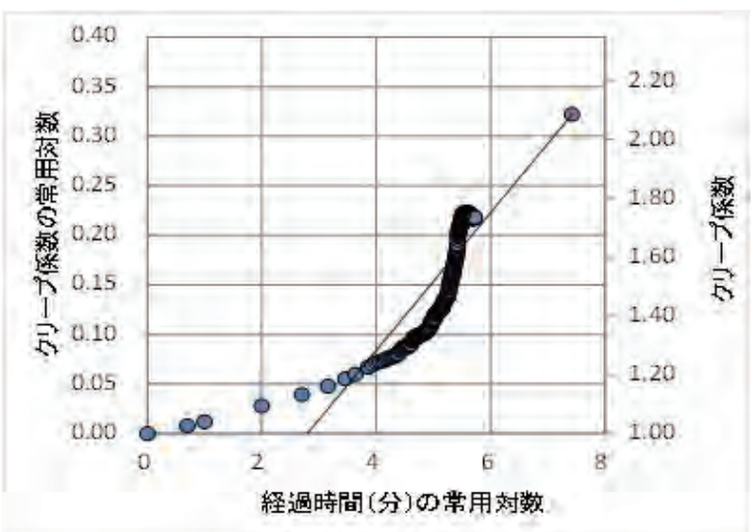
●荷重変形



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

●文献

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.

SSP のクリープ性能

カラマツ 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、接着ビス止めをした組み合わせ梁の長期性能は検証されていない。このため、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。

（1）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 1,300mm 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 6,000mm 試験体が 5,700mm 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

(2) クリープ試験

1) クリープ試験体

試験体はデータシートに示す。国産カラマツ、幅 1,200mm、梁せい 364mm、軸方向のスパン 6,000mm である。上下フランジ有り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 4,500mm、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にして、試験体の変形に対応できるように、また、荷重点の軸部をネジ方式で、ナットを回転させてアームを水平にできるようにした。

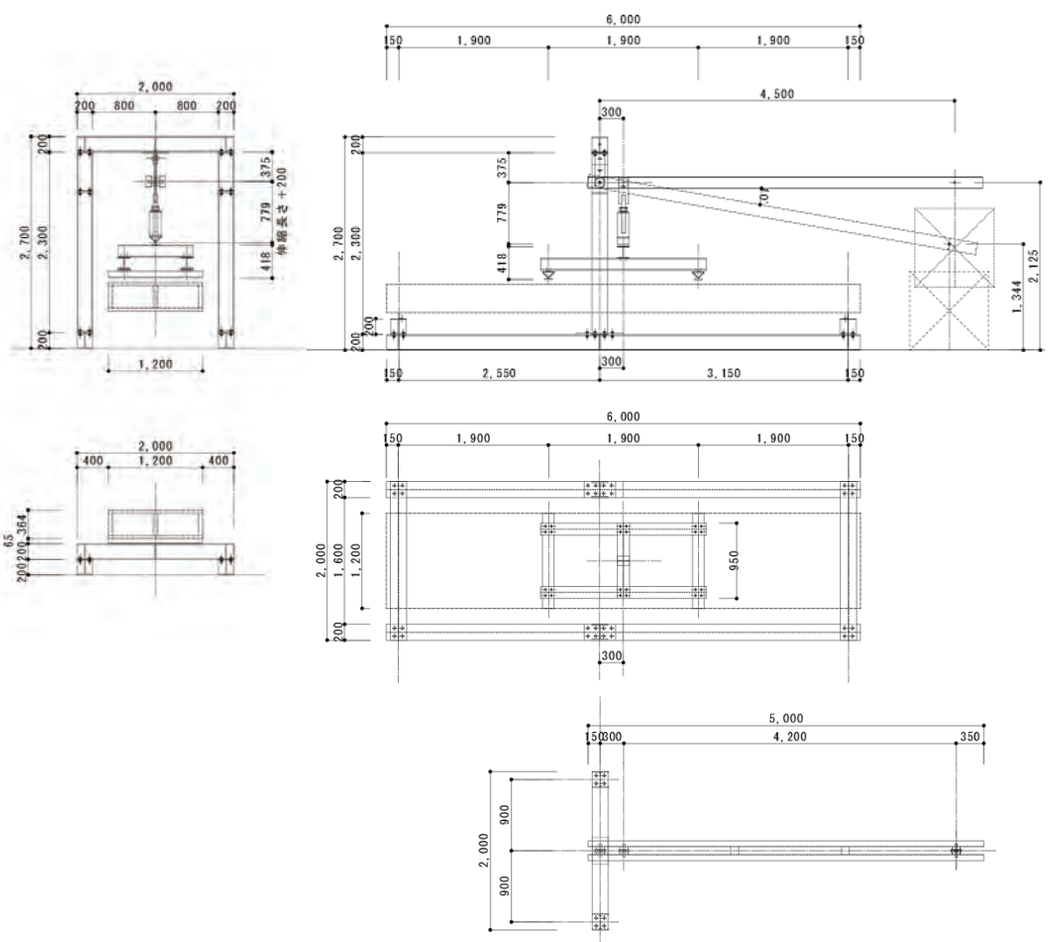


図 1　曲げクリープ試験装置概要

クリープ試験では、載荷開始から 1 日後に中央で 26mm のたわみが生じ、微増しながら、7 か月後までに 12mm たわみ量が増加して 38mm となったが、その後 1 年後までは変形が止まっている。

変形増大係数の評価は、載荷後 1 分から 5 週間以上の期間で行うが、載荷後 1 日間はそれ以降の変形とは異なる挙動を示すことが明らかとなった[2)]。また、5 週間と 1 年間の評価と比べると、1 年間で評価した変形増大係数の方が安全側の値となることが分かった。

なお、接着剤に関する長期性能については、今後も調査・研究を継続する必要があると考えている。

写真 1 試験状況全景

写真 2 アーム支点部

写真 3 錘部

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。

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） 大橋義徳 , 松本和茂ほか：木材学会誌 54(4), 174-182(2008).

集成パネル床

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り、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」の評価方法基準でも、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いる。しかし、戸建て住宅よりも大きな木造建築物の場合には、これでは性能的に不十分となる可能性が高い。中層大規模木造建築物においても、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であり、戸建て住宅以上の高いせん断性能が要求されることから、より高剛性の床構面が必要となってくる。

そこで、構造計算により任意仕様の床構面のせん断性能を算定する必要が生じるが、構造用合板を始めとする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。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。

一方、本項で扱う厚板集成材パネルは、集成材の JAS に規定される材料を床下地材として用いるため、構造材料としての基準強度、許容応力度が既に与えられている点が大きく異なる。しかしながら、床構面を形成する際のビス留め接合部のせん断性能については、近年になって研究が盛んになってきたため理論式がまだ構築されておらず、やはり実験データを基にした運用に頼らざるを得ない。そこで本設計データ集では、中層大規模木造建築物に使用するための厚板集成材パネル張りの床構面の面内せん断性能について、実験的な検証を行った。

力の伝達方法

集成材厚板パネル張り床構面に伝達された外力（せん断力）は、軸組材からビス接合部を介して厚板パネルに伝達される。変形は、軸組材の変形（柱・横架材の曲げ変形）、ビス接合部のせん断変形、厚板パネルの面内せん断変形の 3 種類が複合されたものとなるが、一般的にはビス接合部のせん断変形が最も大きく、ビス接合部の一面せん断性能を元にして構面のせん断性能を予測することが可能と考えられる。ただし、本項で扱うビスに関しては、まだ理論式が構築されておらず、実験的検討も不十分な点が多いため、理論式による計算値の算出は行わないこととした。

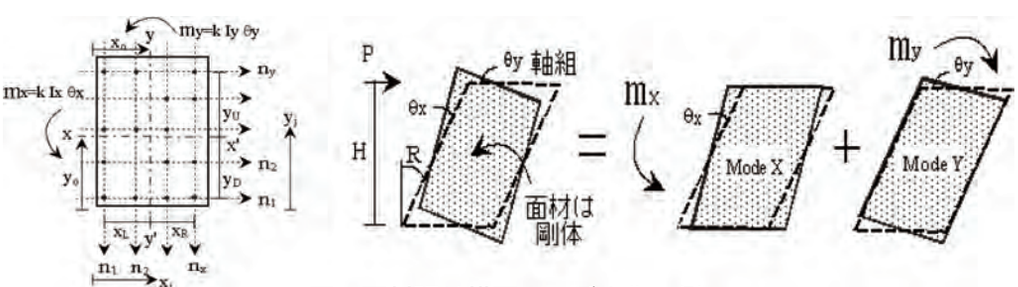


図　面材張り構面のモデル化の例

使用する接合具

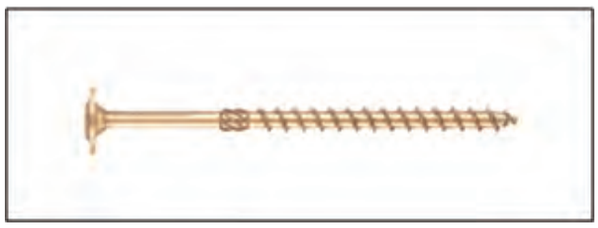


写真 1　せん断接合用の長ビス（ASSY 3.0 SK）

写真 2　引張接合用の長ビス（ASSY plus VG）

写真 3　せん断ビス（YD-R90）

本項で扱う接合具は、近年 CLT（Cross Laminated Timber）の接合等に用いられる長めの構造用ビス（以下、長ビス）3 種類と、接合金物の留め付けなどに使われる一般的なせん断接合用の構造用ビス（以下、せん断ビス）1 種類である。

長ビスは、国内ではまだあまり生産されておらず、欧州からの輸入品が中心であるが、胴部径が太く、全ネジあるいは半ネジタイプのものが用いられている。主にせん断接合に用いる長ビスはネジ頭が大きい半ネジタイプのビスを使い、主に引張接合に用いる場合にはネジ頭が小さい全ネジタイプのビスを使うようであるが、特に用途が限定されているわけではない。今回検討に用いた長ビスは、パネル－軸組接合部用にはネジ頭が大きく頭部のめり込み抵抗の大きい半ネジタイプ（WURTH 社製 ASSY 3.0SK）を、胴部径を変えて 2 種類使用した。パネル間継ぎ手接合部には、主に斜めビス打ちに使用されるネジ頭の小さい全ネジタイプ（WURTH 社製 ASSY plus VG）と、国内で接合金物のせん断接合用に販売されているタイプ（(株) カナイ製 YD-R90）の 2 種類を使用した。

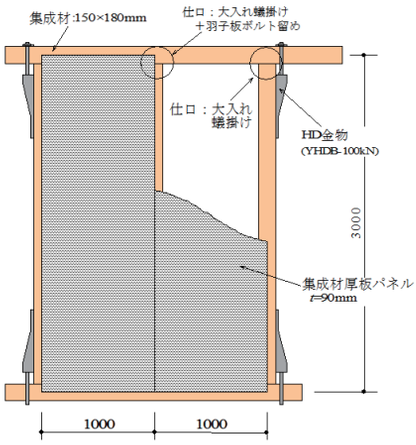
設計における考え方と適用範囲

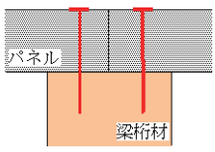
構造用ビスを用いた構面の設計に用いる接合部のせん断データは、まだそれほど蓄積が多くない。また、耐力壁や床構面のモデル化の手法については既に多くの研究実績があり、参考となる書籍[1,2 など)]も多いが、それらは全て釘打ち構面を想定しており、また基本的には一般的な住宅に適用する構面を想定してモデル化等されたものである。本設計データ集で扱っている中層大規模木造建築物に用いるような高強度構面についての検証はなされていないし、構造用ビスの適用性についても検証されているわけではない。よって、現段階では既往の計算式を適用するのは危険であると判断し、構面の計算値の掲載はとりやめることとした。研究の進展に伴い、ビス接合部の評価法とビス打ち構面の理論式が完成された暁には、ビスのせん断性能を基にした設計式が本設計データ集にも掲載できることとなろう。

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）（社）日本ツーバイフォー建築協会編：枠組壁工法建築物構造計算指針、2007.

● 姿図・寸法





パネル間接合部
の接合方法

床構面試験体

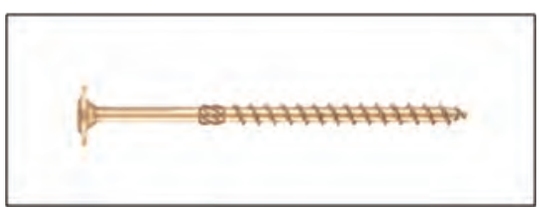
木材：　梁桁材：JAS 構造用集成材 (対称異等級構成)、E95-F270、カラマツ、
断面寸法：見付 180 ×奥行 150mm
面材：1000 × 3000 × 90mm（JAS 構造用集成材 (同一等級構成)、E65-F255、スギ）
接合具　：ASSY 3.0 SK（胴部径 8.0mm、全長 160mm、胴部長さ 60mm）、150mm 間隔四周打ち
仕口接合金物：四隅の仕口には HD 金物（YHDB-100kN）を使用。中央の梁端部仕口には羽子板ボルトを使用。

● 適用条件

集成材厚板パネルを床下地材として梁桁材にビス留めした床構面の設計に用いる。集成材厚板パネル自身のせん断破壊や梁桁材の曲げ破壊が卓越するような構面には適用できない。また、ビス接合部の留め付け間隔や縁端距離は、日本建築学会発行「木質構造設計規準・同解説」等を参考にして十分確保すること。

● 概要

集成材厚板パネルを梁桁材にビス留めした床構面の面内せん断性能を求める試験である。本仕様では、パネルの四周を " 集成パネル－梁桁材 " 接合用のビスを用いて構面を形成した場合の面内せん断性能を検証している。



● 接合具（メーカー、入手方法等）

ASSY 3.0 SK･･･ ドイツの Würth 社の商品であるが、日本の正規代理店である「ウルトジャパン (株)」は建築関係の金物の取り扱いを休止しているため、現在は、東日本パワーファスニング (株) が代理店となっている。

● 問い合わせ先 URL

http://www.e-jpf.co.jp/ ＜東日本パワーファスニング (株) ＞
http://www.wuerth.co.jp/ ＜ウルトジャパン (株) ＞

● 理論式

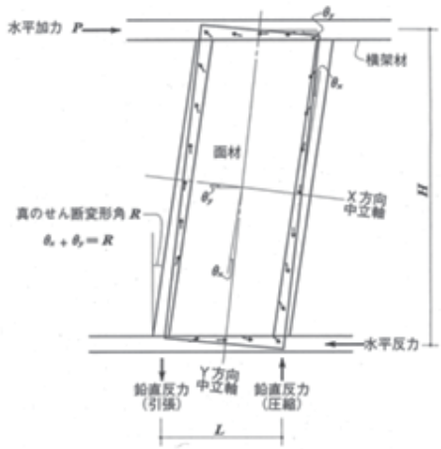
合板張り耐力壁と同様に、集成パネルと梁桁材が剛体、梁桁材同士はピン接合と仮定し、ビス 1 本のせん断データより床構面要素の許容せん断耐力と剛性を算定することが可能と考えられるが、ビス接合部の定量的な性能評価法がまだ定まっていないため、具体的な計算結果については記載しないこととする。
計算方法については (財) 日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」を参照のこと。

● 計算式

—

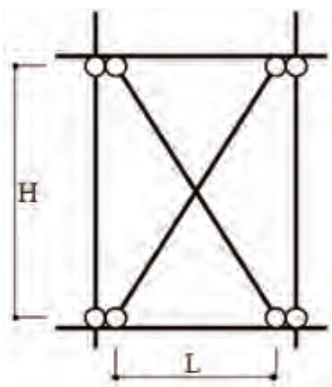
●モデル化

要素モデルの例



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

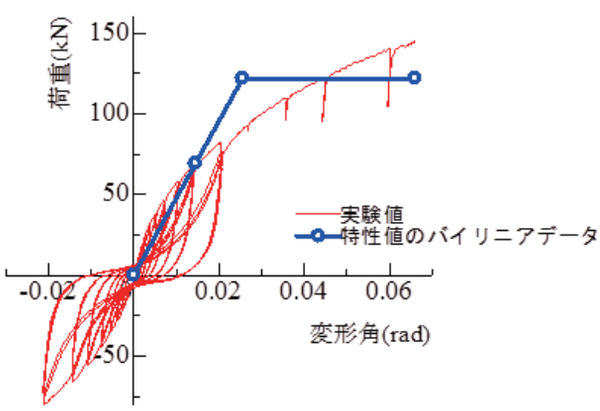


●特性値

	K (kN/mm)	Py (kN)	Pmax (kN)	Pu（kN）	γ v ($\times 10^{-2}$ rad)	γ u ($\times 10^{-2}$ rad)
実験値	4792	69.2	145.3	122.0	2.55	6.60

注：K 剛性、Py 降伏耐力、Pmax 最大耐力、Pu 終局耐力、γ v 降伏点変形角、γ u 終局変形角

●荷重変形

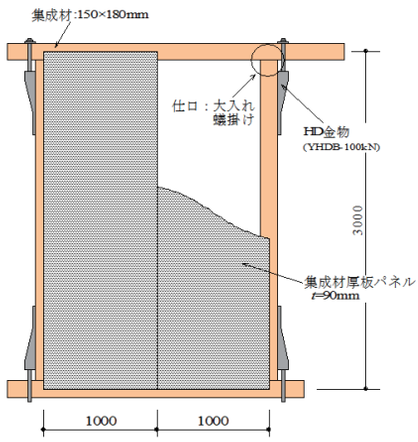


●破壊性状

柱脚 HD ボルトのナットが脱落して仕口が破壊

パネル継ぎ手部分のずれも大きい

●姿図・寸法



パネル間接合部
の接合方法

床構面試験体

木材：　梁桁材：JAS 構造用集成材 (対称異等級構成)、E95-F270、カラマツ、
断面寸法：見付 180 ×奥行 150mm
面材：1000 × 3000 × 90mm（JAS 構造用集成材 (同一等級構成)、E65-F255、スギ）

接合具　：ASSY 3.0 SK（胴部径 8.0mm、全長 160mm、胴部長さ 60mm）、150mm 間隔三辺打ち（パネル間接合無し）

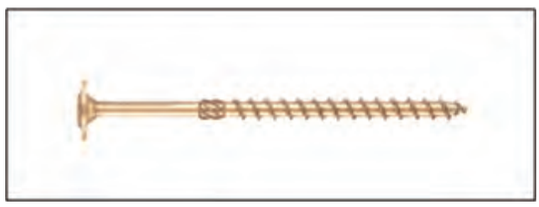
仕口接合金物：四隅の仕口には HD 金物（YHDB-100kN）を使用。

●適用条件

集成材厚板パネルを床下地材として梁桁材にビス留めした床構面の設計に用いる。集成材厚板パネル自身のせん断破壊や梁桁材の曲げ破壊が卓越するような構面には適用できない。また、ビス接合部の留め付け間隔や縁端距離は、日本建築学会発行「木質構造設計規準・同解説」等を参考にして十分確保すること。

●概要

集成材厚板パネルを梁桁材にビス留めした床構面の面内せん断性能を求める試験である。本仕様では、パネル間接合部を接合しない場合の面内せん断性能を検証している。外周接合部は四周ビス打ち仕様と同様である。



●接合具（メーカー、入手方法等）

ASSY 3.0 SK･･･ ドイツの Würth 社の商品であるが、日本の正規代理店である「ウルトジャパン (株)」は建築関係の金物の取り扱いを休止しているため、現在は、東日本パワーファスニング (株) が代理店となっている。

●問い合わせ先 URL　http://www.e-jpf.co.jp/ ＜東日本パワーファスニング (株) ＞
http://www.wuerth.co.jp/ ＜ウルトジャパン (株) ＞

●理論式

合板張り耐力壁と同様に、集成パネルと梁桁材が剛体、梁桁材同士はピン接合と仮定し、ビス 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ことが可能と考えられるが、ビス接合部の定量的な性能評価法がまだ定まっていないため、具体的な計算結果については記載しないこととする。

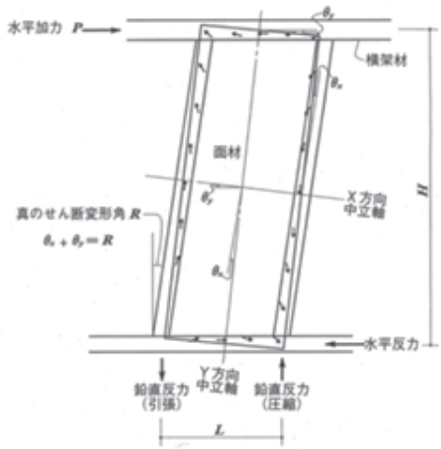
計算方法については (財) 日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」を参照のこと。

●計算式

—

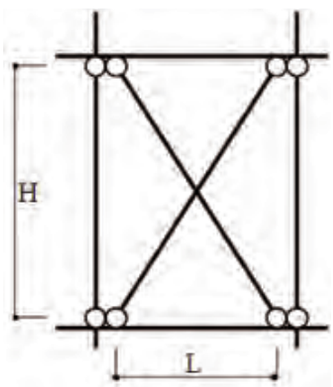
●モデル化

要素モデルの例



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

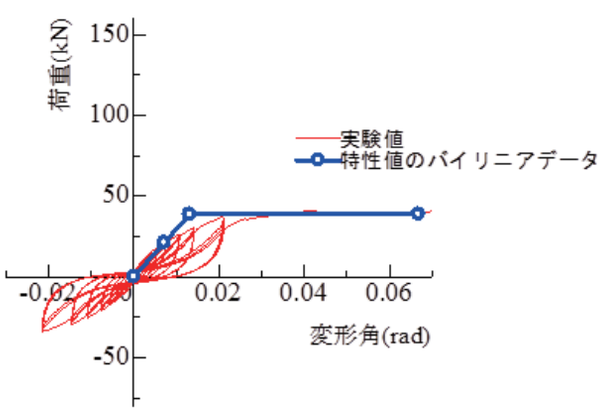


●特性値

	K (kN/mm)	Py (kN)	Pmax (kN)	Pu（kN）	γ v ($\times 10^{-2}$ rad)	γ u ($\times 10^{-2}$ rad)
実験値	2967	21.1	41.2	38.8	1.31	6.68

注：K 剛性、Py 降伏耐力、Pmax 最大耐力、Pu 終局耐力、γ v 降伏点変形角、γ u 終局変形角

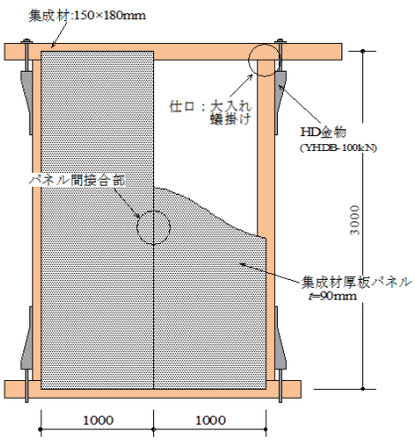
●荷重変形

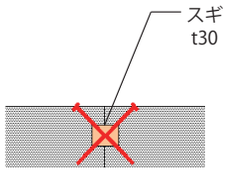


●破壊性状

パネル間接合がないため、上下桁材のビス接合部が繊維直交方向に変形することにより徐々に桁材が割裂

●姿図・寸法





パネル間接合部
の接合方法

床構面試験体

木材：　梁桁材：JAS 構造用集成材 (対称異等級構成)、E95-F270、カラマツ、
　　断面寸法：見付 180 ×奥行 150mm
　　面材：1000 × 3000 × 90mm（JAS 構造用集成材 (同一等級構成)、E65-F255、スギ）
接合具　：外周部：ASSY 3.0 SK（胴部径 8.0mm、全長 160mm、胴部長さ 60mm）、150mm 間隔
　　パネル間接合部：ASSY plus VG（胴部径 6.0mm、全長 120mm）、210mm 間隔
仕口接合金物：四隅の仕口には HD 金物（YHDB-100kN）を使用。

●適用条件

集成材厚板パネルを床下地材として梁桁材にビス留めした床構面の設計に用いる。集成材厚板パネル自身のせん断破壊や梁桁材の曲げ破壊が卓越するような構面には適用できない。また、ビス接合部の留め付け間隔や縁端距離は、日本建築学会発行「木質構造設計規準・同解説」等を参考にして十分確保すること。

●概要

集成材厚板パネルを梁桁材にビス留めした床構面の面内せん断性能を求める試験である。本仕様では、パネル間接合部に引き抜き抵抗用のビスを斜め打ちし、製材によるサネを介して緊結した場合の面内せん断性能を検証している。外周接合部は四周ビス打ち仕様と同様である。

●接合具（メーカー、入手方法等）

ASSY 3.0 SK，ASSY plus VG･･･ ドイツの Würth 社の商品であるが、日本の正規代理店である「ウルトジャパン (株)」は建築関係の金物の取り扱いを休止しているため、現在は、東日本パワーファスニング (株) が代理店となっている。

●問い合わせ先 URL　http://www.e-jpf.co.jp/ ＜東日本パワーファスニング (株) ＞
　　http://www.wuerth.co.jp/ ＜ウルトジャパン (株) ＞

●理論式

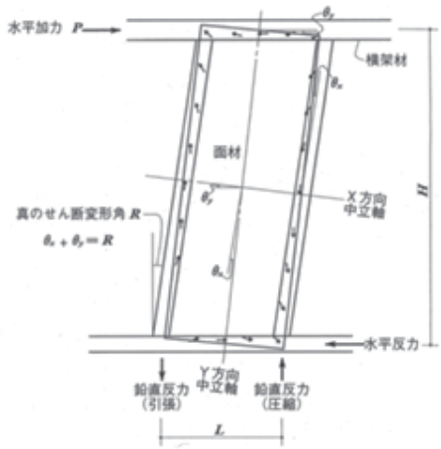
合板張り耐力壁と同様に、集成パネルと梁桁材が剛体、梁桁材同士はピン接合と仮定し、ビス 1 本のせん断データより床構面要素の許容せん断耐力と剛性を算定することが可能と考えられるが、ビス接合部の定量的な性能評価法がまだ定まっていないため、具体的な計算結果については記載しないこととする。
計算方法については (財) 日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」を参照のこと。

●計算式

—

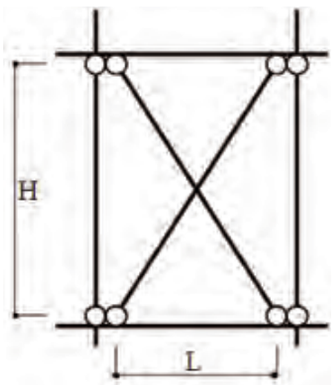
●モデル化

要素モデルの例



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

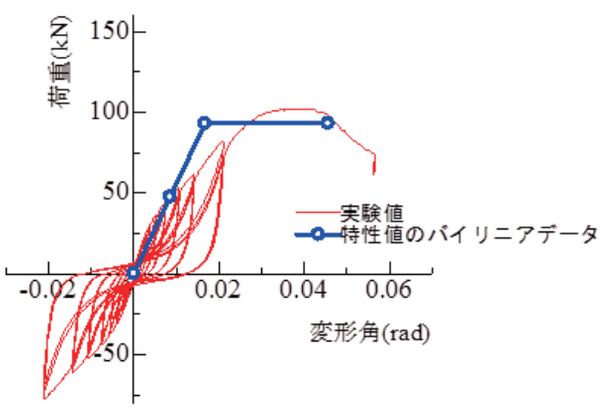


●特性値

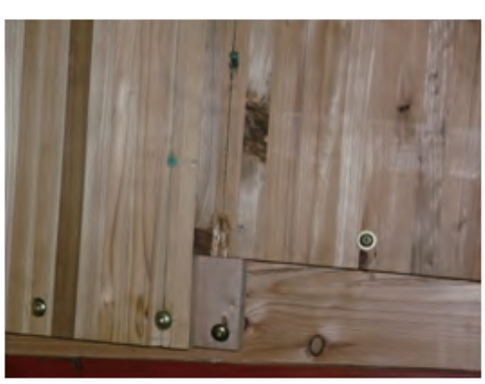
	K (kN/mm)	Py (kN)	Pmax (kN)	Pu（kN）	γ v (× 10^{-2} rad)	γ u (× 10^{-2} rad)
実験値	5593	47.7	102.1	93.1	1.67	4.56

注：K 剛性、Py 降伏耐力、Pmax 最大耐力、Pu 終局耐力、γ v 降伏点変形角、γ u 終局変形角

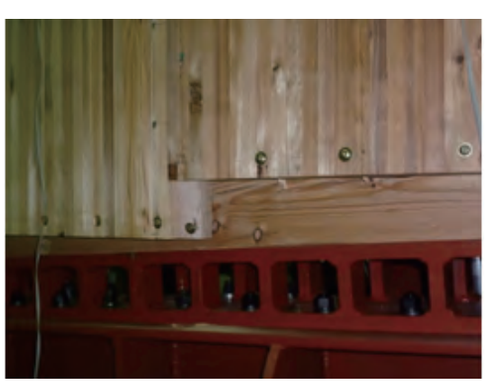
●荷重変形



●破壊性状

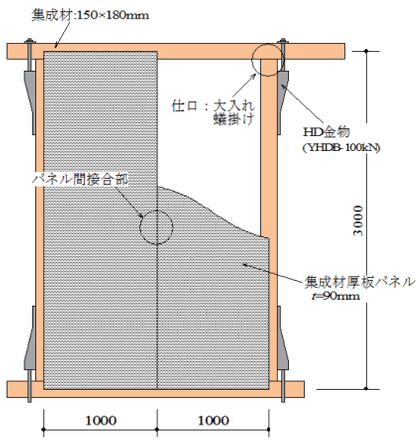


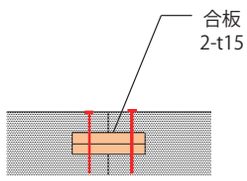
パネル間接合部に変形が集中



斜め打ちのビスは破断したものも多く見られた

●姿図・寸法





パネル間接合部
の接合方法

床構面試験体

木材：　梁桁材：JAS 構造用集成材 (対称異等級構成)、E95-F270、カラマツ、
断面寸法：見付 180 ×奥行 150mm
面材：1000 × 3000 × 90mm（JAS 構造用集成材 (同一等級構成)、E65-F255、スギ）
接合具　：外周部：ASSY 3.0 SK（胴部径 8.0mm、全長 160mm、胴部長さ 60mm）、150mm 間隔
パネル間接合部：カナイ YD-R90（胴部径 6.0mm、全長 90mm）、180mm 間隔
仕口接合金物：四隅の仕口には HD 金物（YHDB-100kN）を使用。

●適用条件

集成材厚板パネルを床下地材として梁桁材にビス留めした床構面の設計に用いる。集成材厚板パネル自身のせん断破壊や梁桁材の曲げ破壊が卓越するような構面には適用できない。また、ビス接合部の留め付け間隔や縁端距離は、日本建築学会発行「木質構造設計規準・同解説」等を参考にして十分確保すること。

●概要

集成材厚板パネルを梁桁材にビス留めした床構面の面内せん断性能を求める試験である。本仕様では、パネル間接合部にせん断抵抗用のビスを用い、合板によるサネを介して緊結した場合の面内せん断性能を検証している。外周接合部は四周ビス打ち仕様と同様である。

●接合具（メーカー、入手方法等）

ASSY 3.0 SK･･･ ドイツの Würth 社の商品であるが、日本の正規代理店である「ウルトジャパン (株)」は建築関係の金物の取り扱いを休止しているため、現在は、東日本パワーファスニング (株) が代理店となっている。

カナイ YD-R90･･･(株) カナイで購入可能

●問い合わせ先 URL　http://www.e-jpf.co.jp/ ＜東日本パワーファスニング (株) ＞
http://www.wuerth.co.jp/ ＜ウルトジャパン (株) ＞
http://www.kana-e.co.jp/ ＜ (株) カナイ＞

●理論式

合板張り耐力壁と同様に、集成パネルと梁桁材が剛体、梁桁材同士はピン接合と仮定し、ビス 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ことが可能と考えられるが、ビス接合部の定量的な性能評価法がまだ定まっていないため、具体的な計算結果については記載しないこととする。

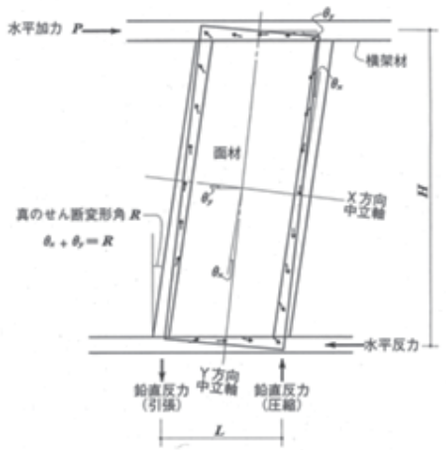
計算方法については (財) 日本住宅・木材技術センターの「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」を参照のこと。

●計算式

—

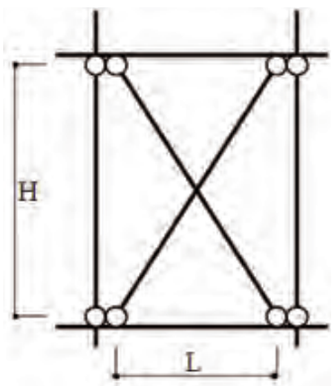
●モデル化

要素モデルの例



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

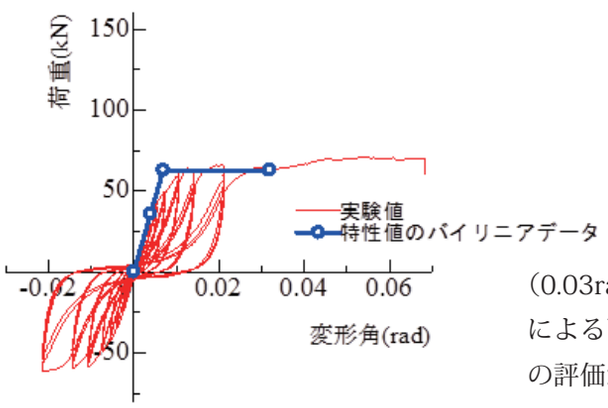


●特性値

	K (kN/mm)	Py (kN)	Pmax (kN)	Pu（kN）	γ y ($\times 10^{-2}$ rad)	γ u ($\times 10^{-2}$ rad)
実験値	9164	35.7	66.0	62.9	0.69	3.19

注：K 剛性、Py 降伏耐力、Pmax 最大耐力、Pu 終局耐力、γ v 降伏点変形角、γ u 終局変形角

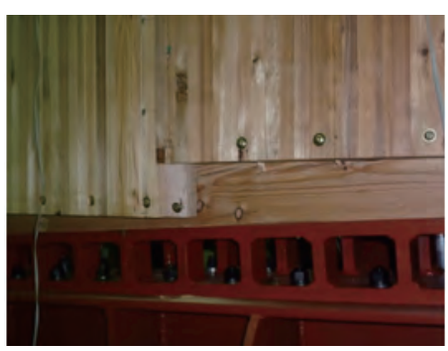
●荷重変形



（0.03rad 以降は HD 金物の引張による耐力上昇と判断し、特性値の評価からは除外している）

●破壊性状

パネル間接合に変形が集中し、ビス列に沿って厚板パネルが割裂



下桁材も横引張を受けて徐々に割裂

構造システムと施工の注意点

厚板集成材パネル張り床構面は、厚板パネルを長ビスで梁桁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、ビス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と考えられるため、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は適した構造要素と言えよう。ただし、現時点ではまだ自由に設計が出来るだけの研究の蓄積がないため、当面は本設計データに掲載された仕様の範囲内で用いる事を原則とする。

施工の際は、定められたビスのピッチを遵守すること、パネル材縁部からの距離（縁距離）を確実に確保すること、梁桁材側の縁距離も同様に確保すること、ビス頭を過度にめり込ませないことが重要である。また、厚板集成材パネル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。

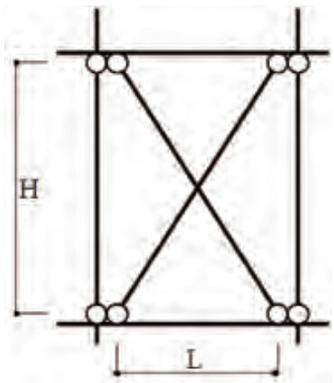
解析モデル

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、ビス接合部を含む厚板パネルは、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、厚板パネル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一応問題は無いと思われる。

一般的にブレース置換は梁部材を剛体と考えるため、床構面に加わる水平力と床構面のせん断変形を考慮すると、外周軸組（前記実験の場合は桁材）が単一材であっても、分割された部材としてモデル化を行う方が良いだろう。外周軸組の曲げや継ぎ手の性能に関しては、別途構造安全性をチェックすれば良い。

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。



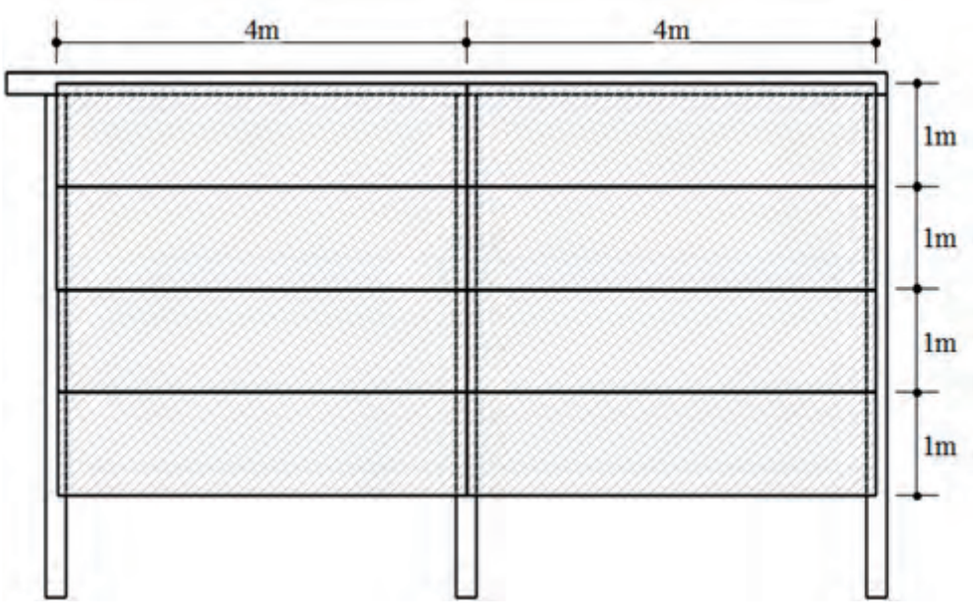
壁長L（mm）、高さH（mm）の耐力壁のせん断剛性をKw（kN/mm）とすると、等価たすきブレースの軸剛性EAは、以下のようになる。

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

厚板集成材パネル張り床構面のモデル化

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。厚板集成材パネルは、一般的な小・中断面集成材工場の装置の関係から長さ 4m までは製造可能であり、梁間隔を 4m まで確保することが可能である（パネルの幅は 1.0 ～ 1.2m 程度が限度）。ただし、用途に応じて鉛直荷重に対する安全性（たわみ）のチェックは別途確実に行わなければならないため、積載荷重を考慮する 2 階床構面等ではせいぜいスパン 2m 程度が限度であろう。



スパン 4m の厚板集成材パネル利用床構面の割り付け例
（パネル間接合は、斜めビス打ち等を用いる事とする）