

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	
					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			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 (靱性確保)	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	
					断面寸法	その他	接合具				
							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

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。

要材
素料

接合
具

接合
部

部組
材立

屋
根

柱

梁

ト
ブ
ス
レ

壁

床

集
成
材

「
」

製
材

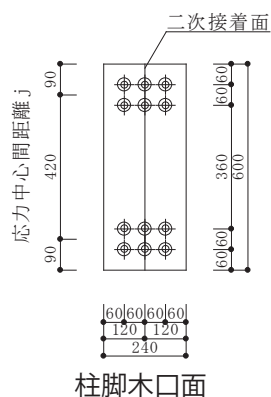
合
板

そ
の
他

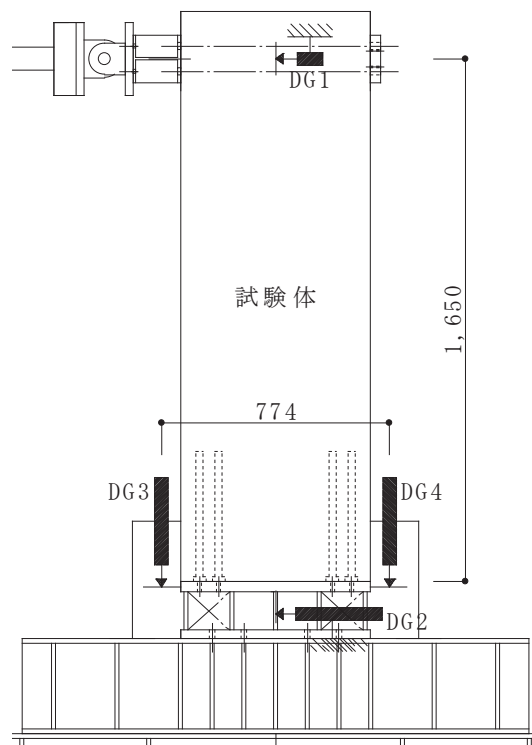
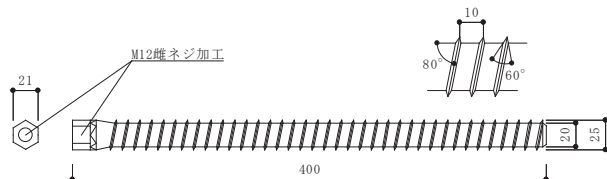
● 姿図・寸法

【使用材料】

柱 1800mm × 240mm (120mm + 120mm) × 600mm
(スギ E65-F255)



接合具 ラグスクリーボルト (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

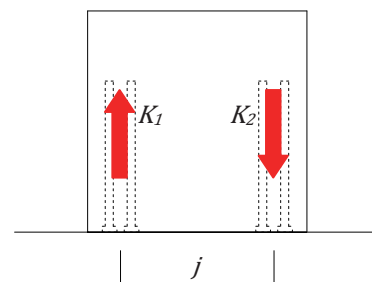
<http://www.kaneshin.co.jp>

● 理論式

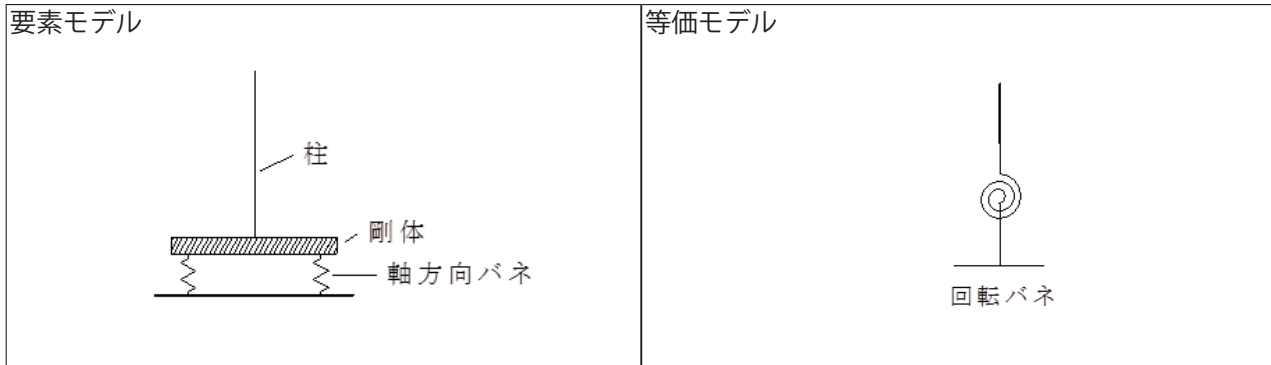
圧縮側の LSB バネ K_1 と引張側の LSB バネ K_2 と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

弾性域 剛性 $K = (K_1 + K_2) / 2 \times j$

$M = (T + C) / 2 \times j, Q = M/h$



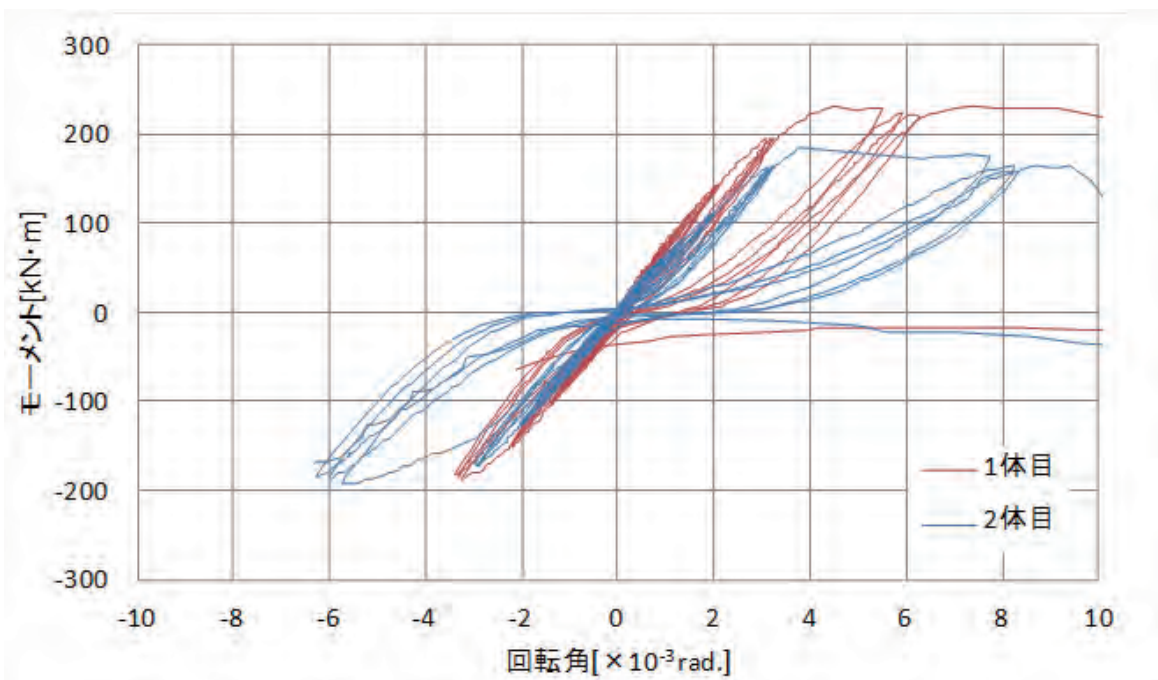
●モデル化



●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

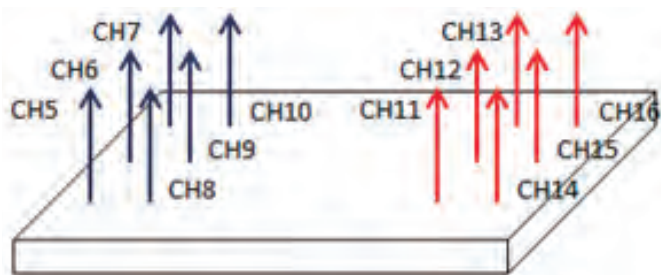
●モーメント回転角



●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

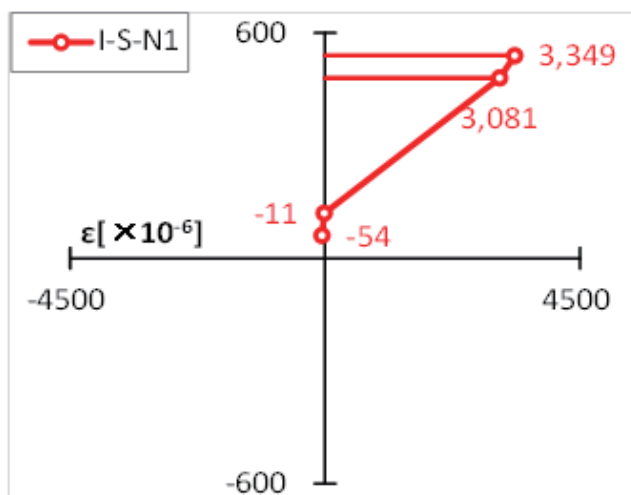


軸力計測位置

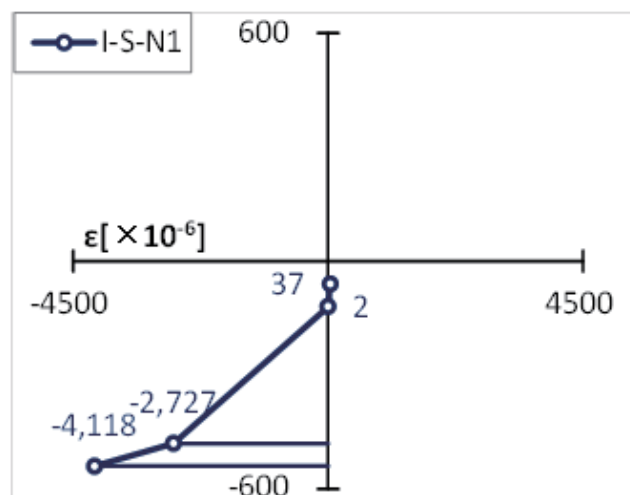
軸力一覧 (平均)

	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

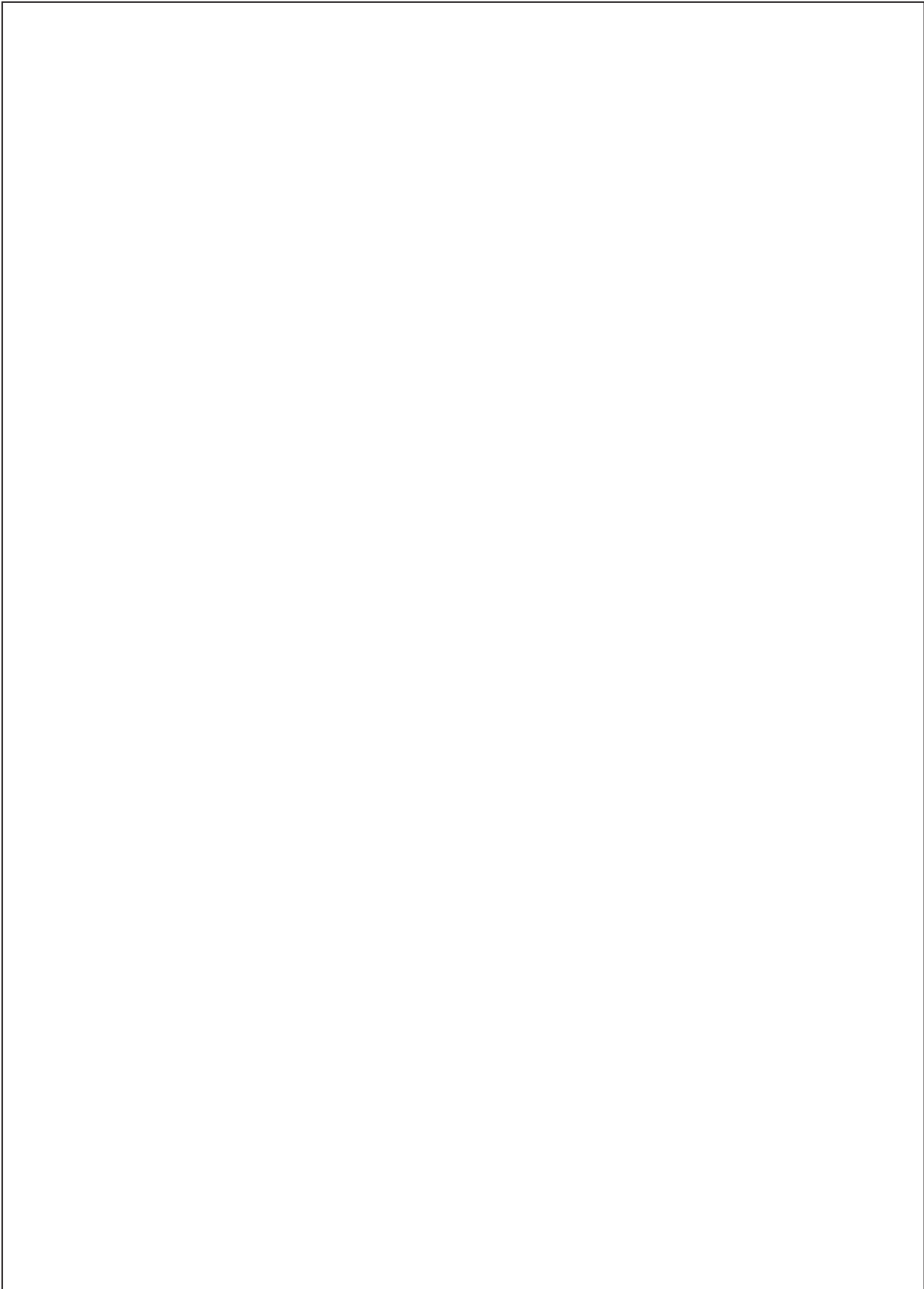


1/75rad 押 _ 歪分布

※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

—



要材
素料

接
合
具

接
合
部

部
組
材
立

屋
根

柱

梁

ト
ブ
ス
レ

壁

床

集
成
材

「
」
」

製
材

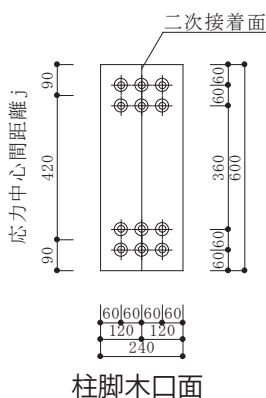
合
板

そ
の
他

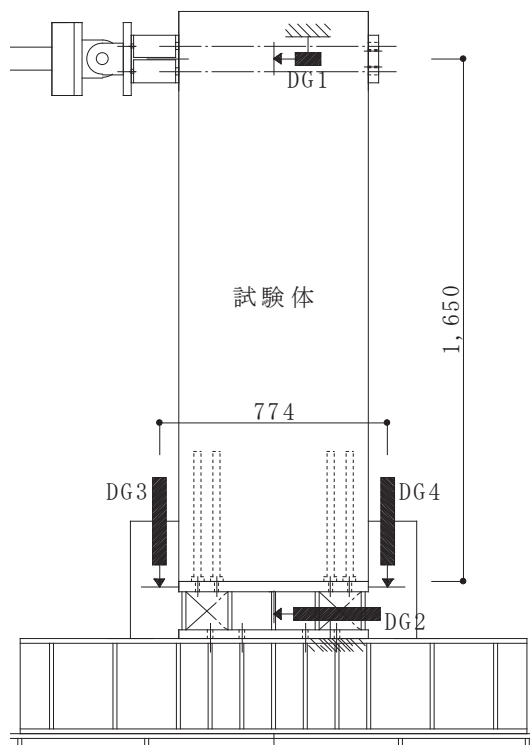
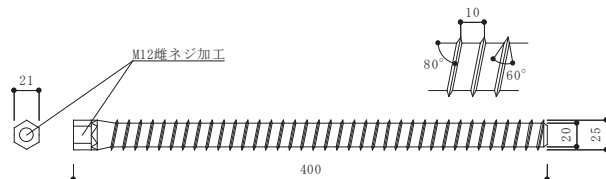
● 姿図・寸法

【使用材料】

柱 1800mm × 240mm (120mm + 120mm) × 600mm
(カラマツ E95-F315)



接合具 ラグスクリーボルト (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

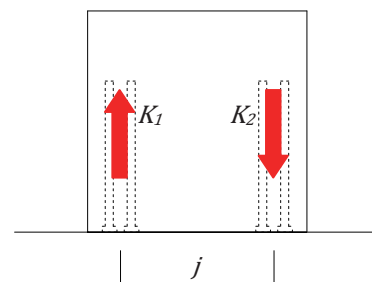
<http://www.kaneshin.co.jp>

● 理論式

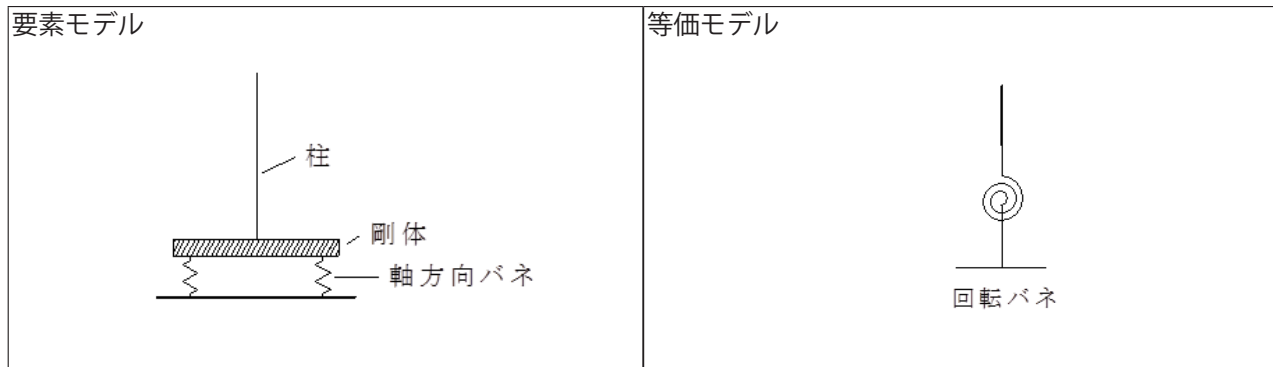
圧縮側の LSB バネ K_1 と引張側の LSB バネ K_2 と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

弾性域 剛性 $K = (K_1 + K_2) / 2 \times j$

$M = (T + C) / 2 \times j, Q = M / h$



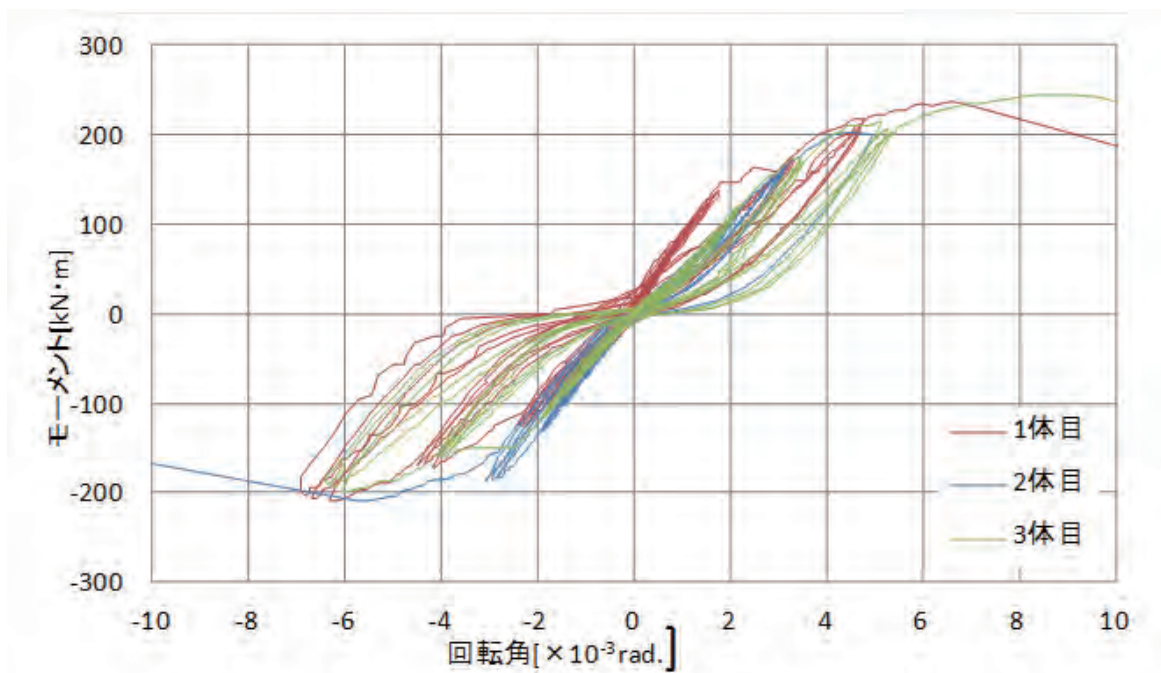
●モデル化



●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

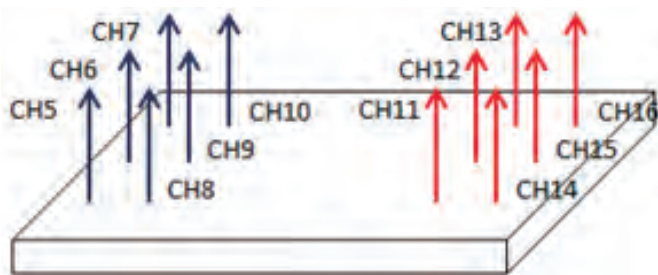
●モーメント回転角



●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

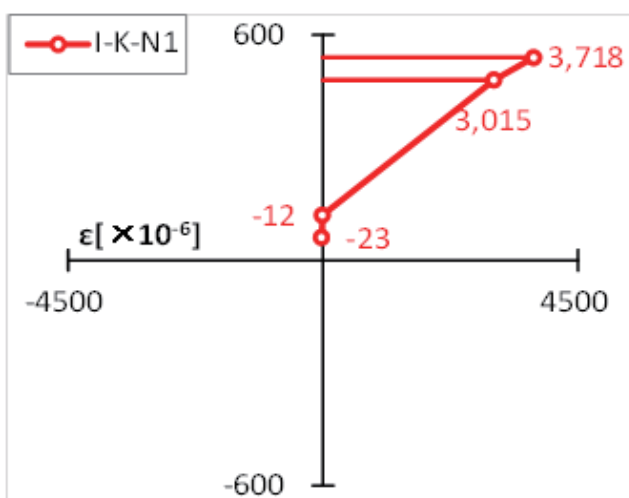


軸力計測位置

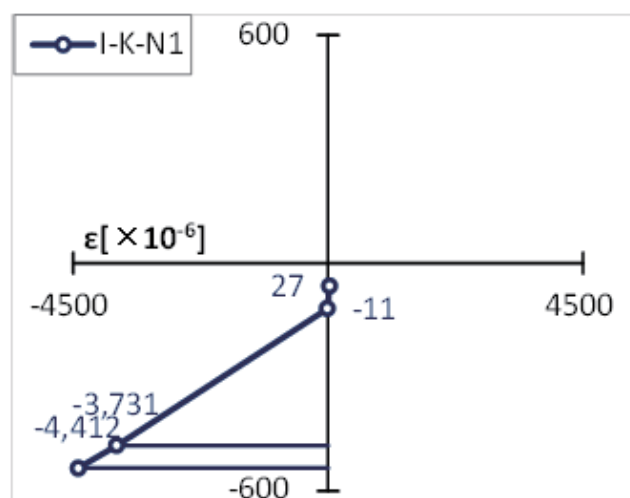
軸力一覧 (平均)

	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

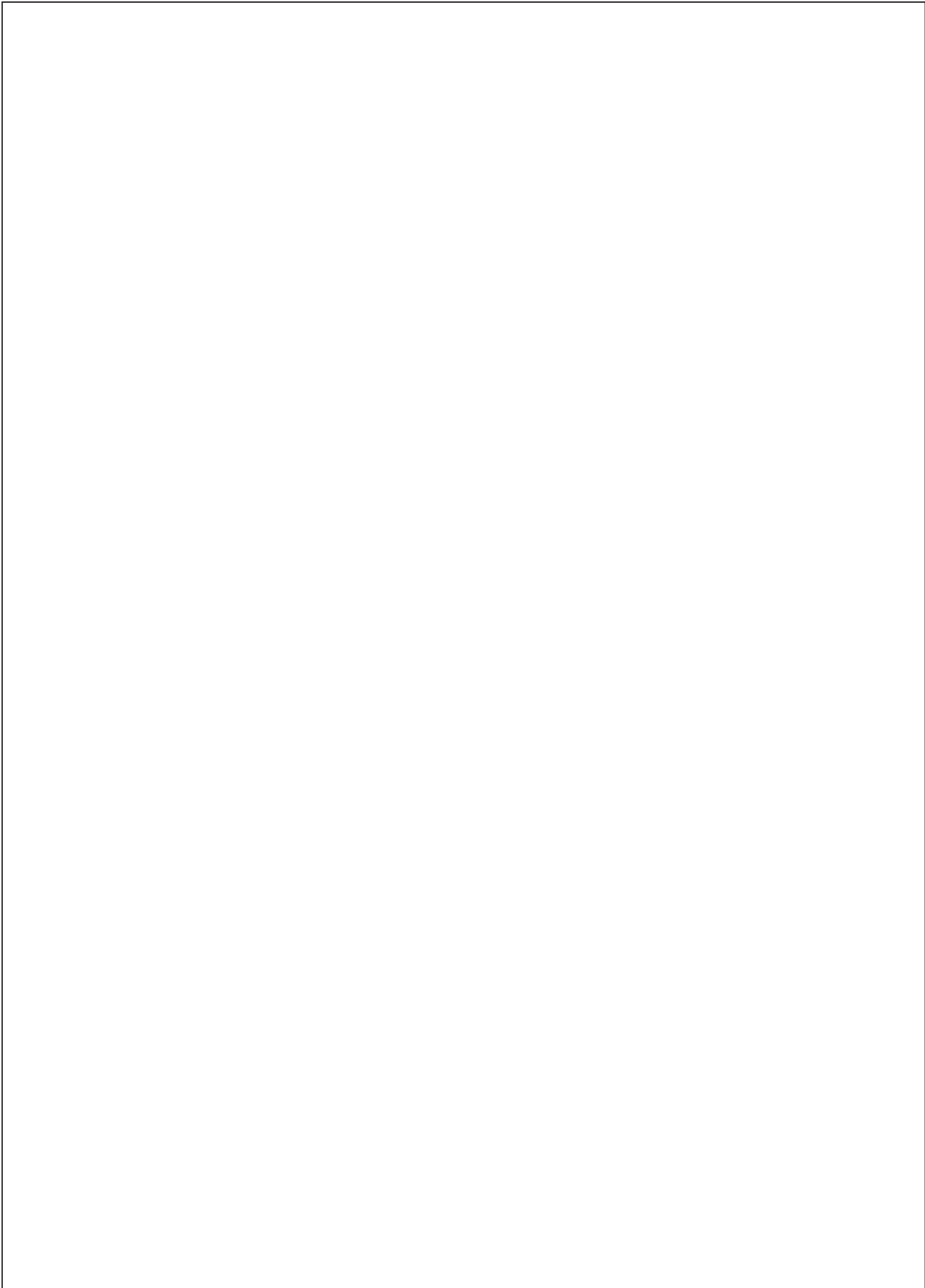


1/75rad 押 _ 歪分布

※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

—



要材
素料

接
合
具

接
合
部

部
組
材
立

屋
根

柱

梁

ト
ブ
ス
レ

壁

床

集
成
材

「
」
」

製
材

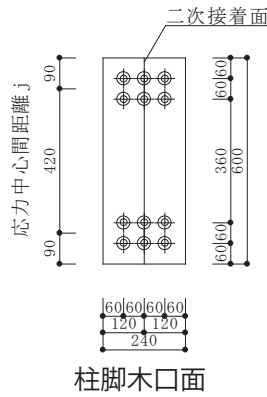
合
板

そ
の
他

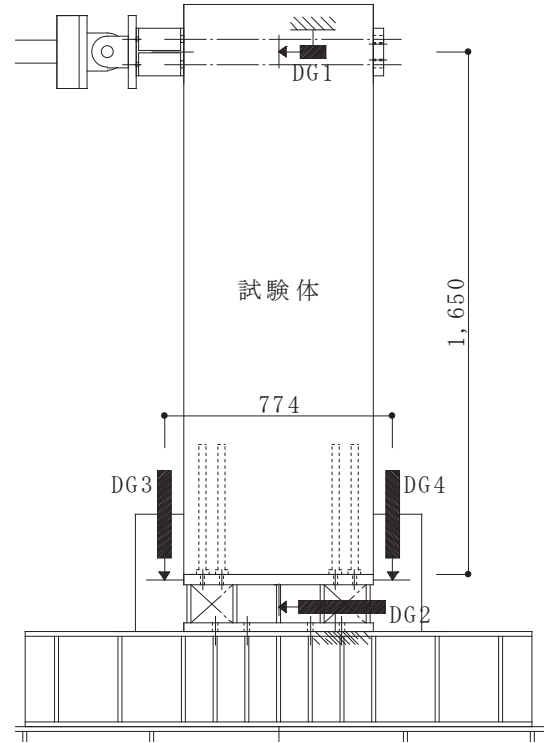
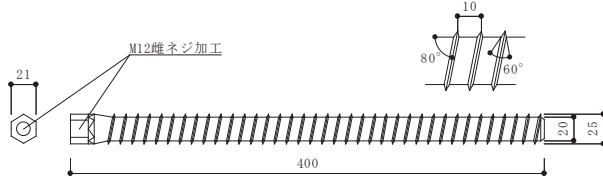
● 姿図・寸法

【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

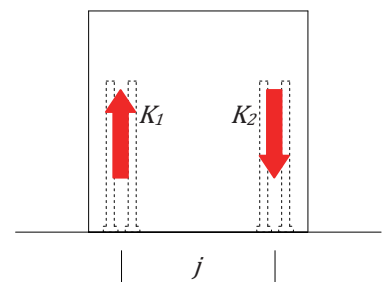
<http://www.kaneshin.co.jp>

● 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。

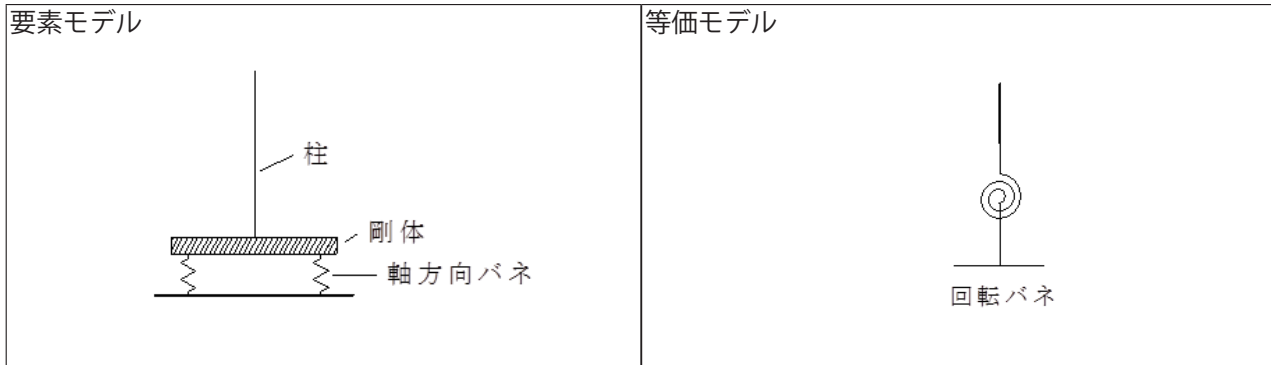
弾性域 剛性 $K = (K_1 + K_2) / 2 \times j$

$M = (T + C) / 2 \times j, Q = M/h$



要材 素 料
接 合 具
接 合 部
部 組 材 立
屋 根
柱
梁
1 ブ ス レ
壁
床
集 成 材
「 V 」
製 材
合 板
そ の 他

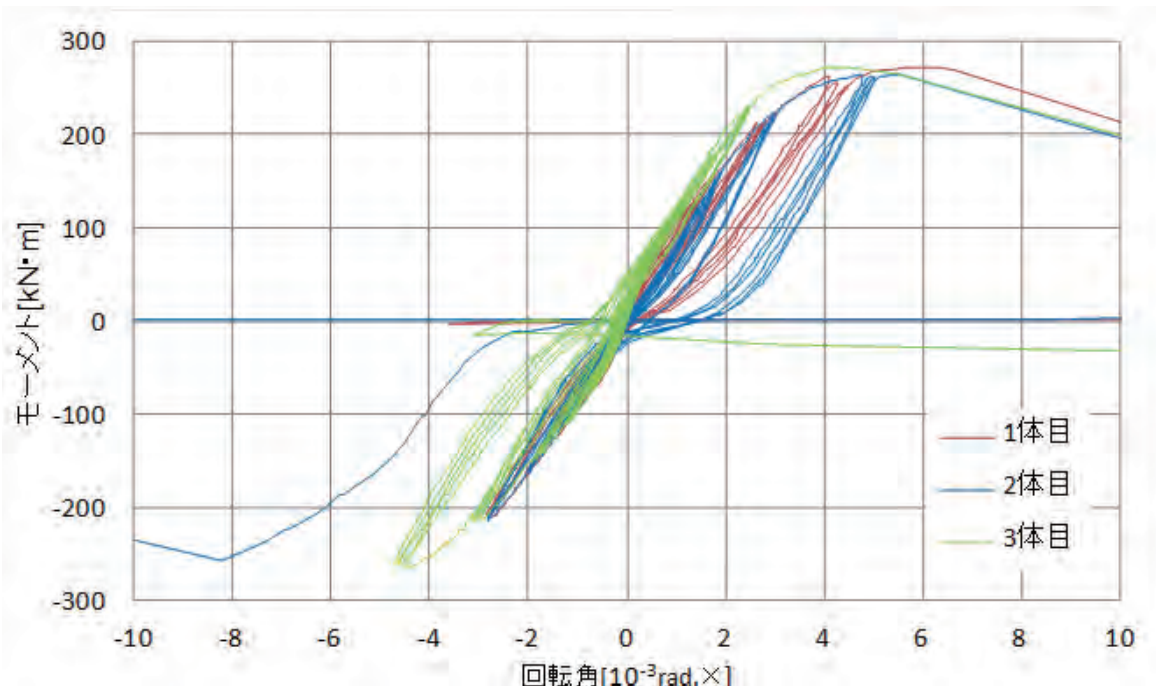
●モデル化



●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

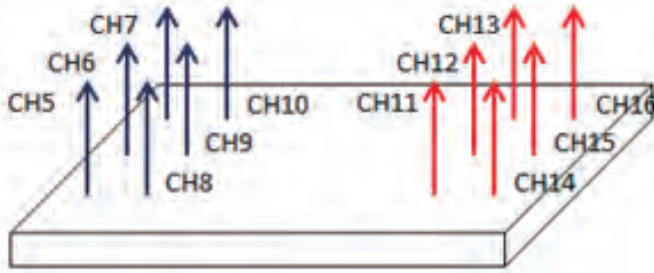
●モーメント回転角



●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

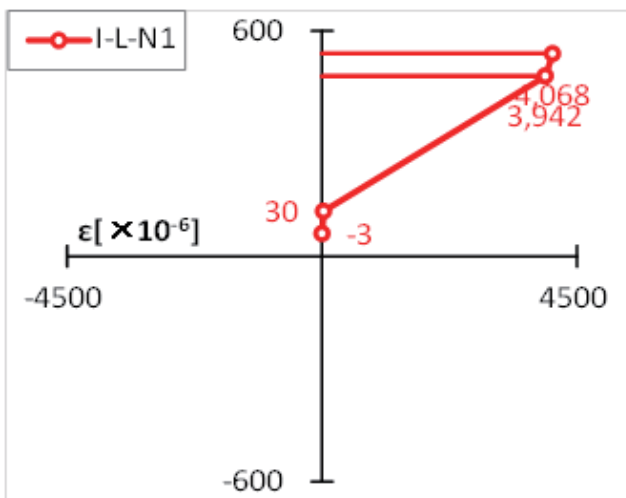


軸力計測位置

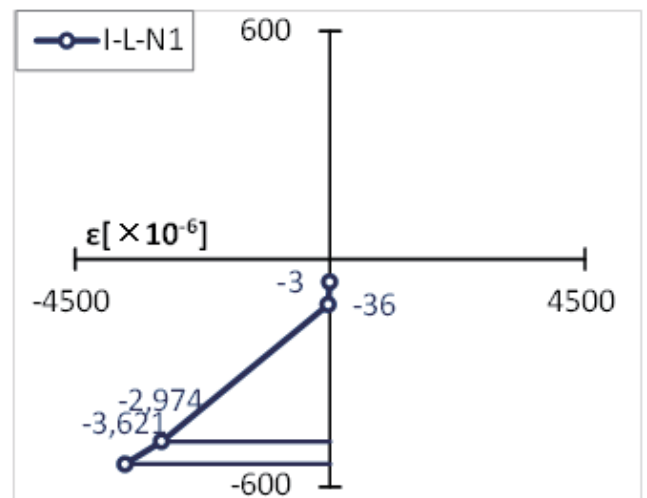
軸力一覧 (平均)

	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

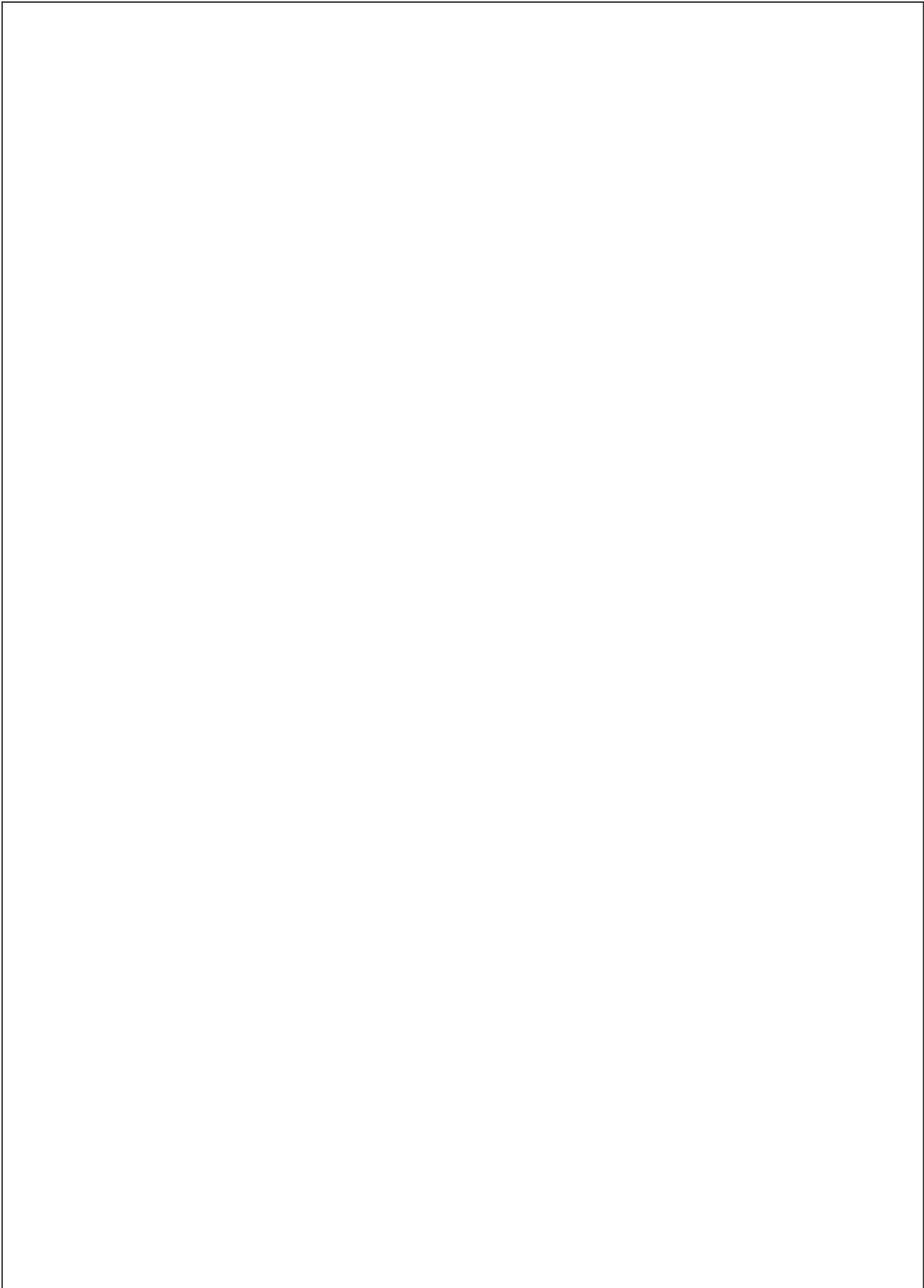


1/75rad 押 _ 歪分布

※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

—



要材
素料

接
合
具

接
合
部

部
組
材
立

屋
根

柱

梁

丨
ブ
ス
レ

壁

床

集
成
材

「
V
」

製
材

合
板

そ
の
他

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。

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、靱性を確保した構成である。

要材
素料

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

トブ
スレ

壁

床

集
成材

「
」

製
材

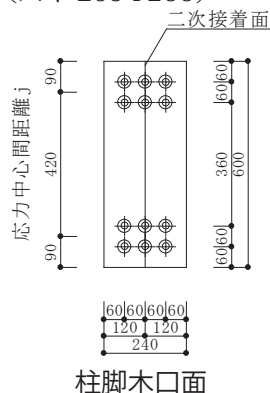
合
板

そ
の
他

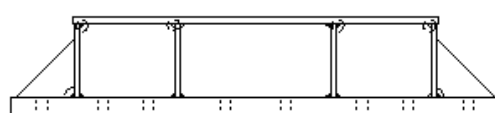
● 姿図・寸法

【使用材料】

柱 1800mm × 240mm (120mm + 120mm) × 600mm
(スギ E65-F255)



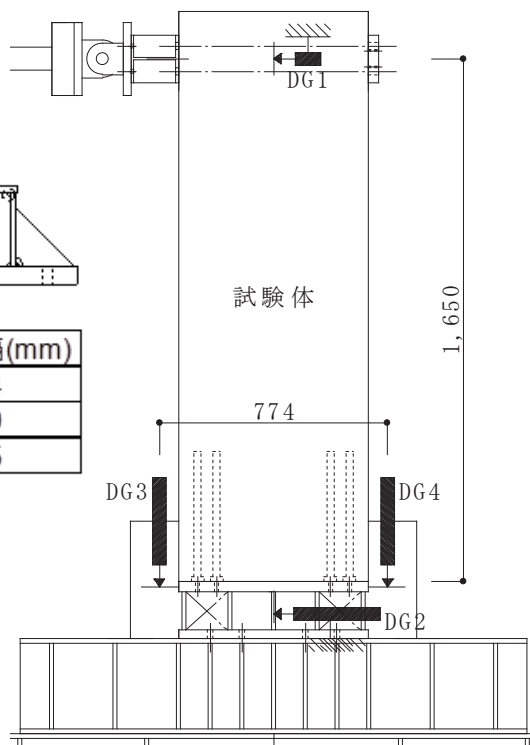
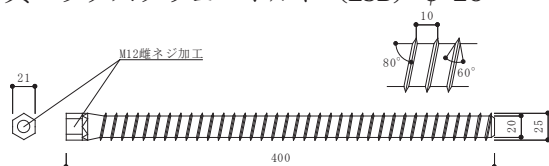
柱脚木口面



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 ラグスクリーブルト (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靱性を確保した。

● 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

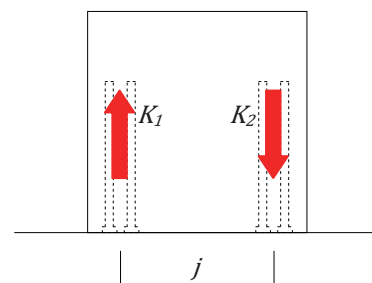
<http://www.kaneshin.co.jp>

● 理論式

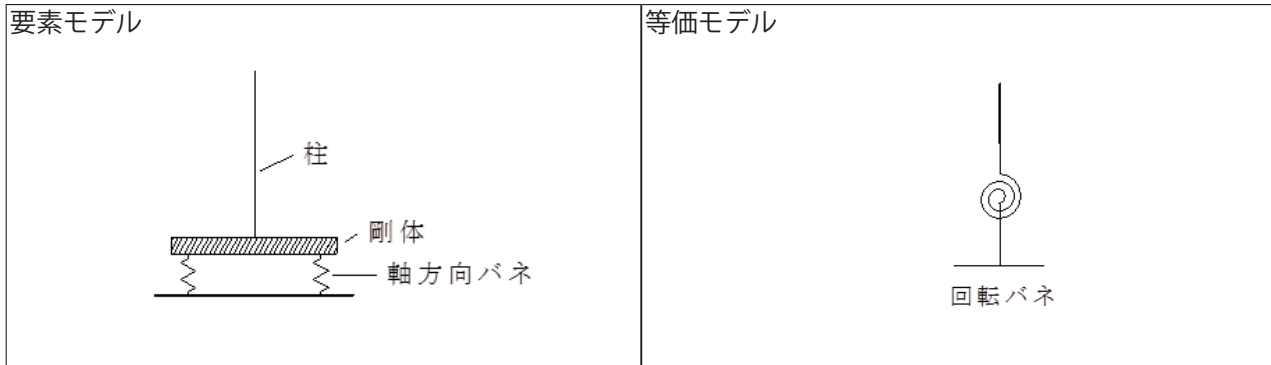
圧縮側の LSB バネ K_1 と引張側の LSB バネ K_2 と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

弾性域 剛性 $K = (K_1 + K_2) / 2 \times j$

$$M = (T + C) / 2 \times j, \quad Q = M / h$$



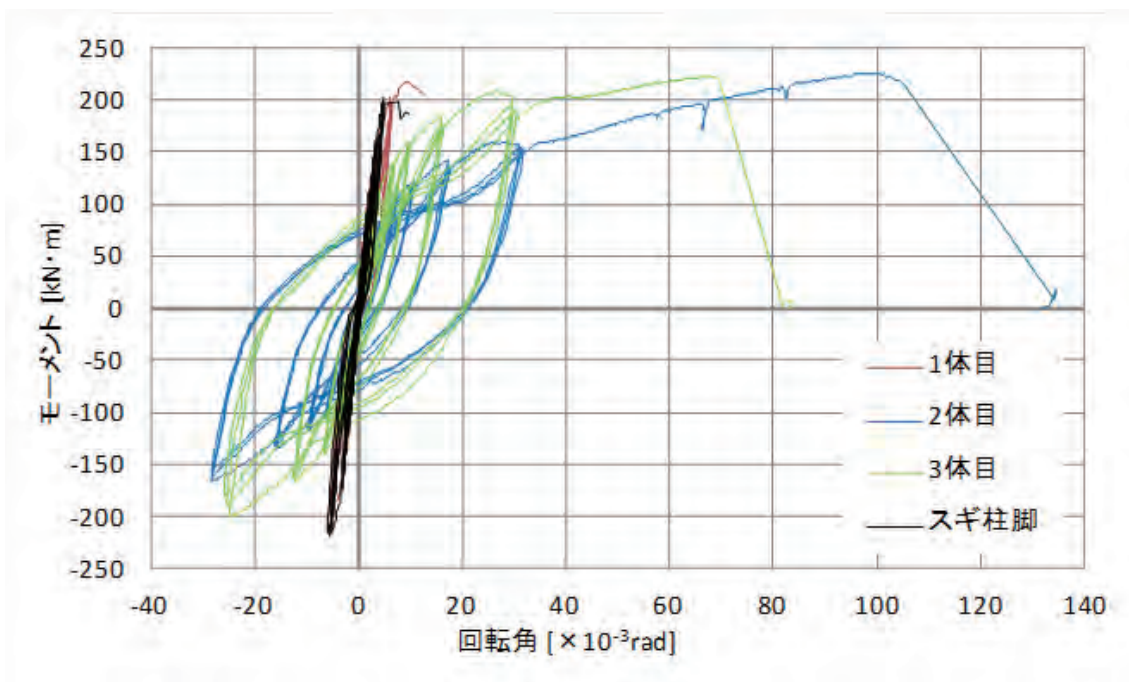
●モデル化



●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。

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、柱脚接合部より靱性を有するが、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。

要材
素料

接合
具

接合
部

部組
材立

屋
根

柱

梁

ト
ブ
ス
レ

壁

床

集
成
材

「
V
」

製
材

合
板

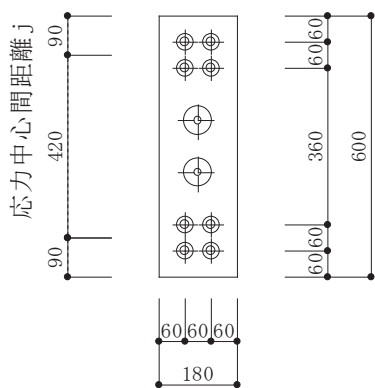
そ
の
他

● 姿図・寸法

【使用材料】

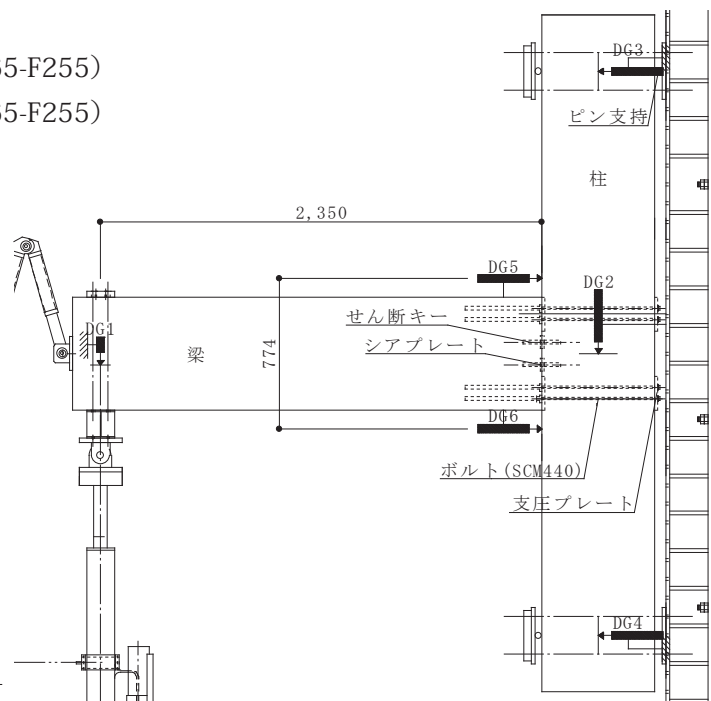
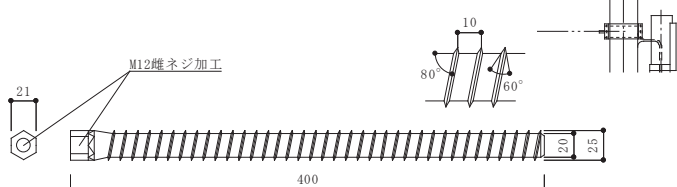
柱 3600mm × 240mm × 600mm (スギ E65-F255)

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

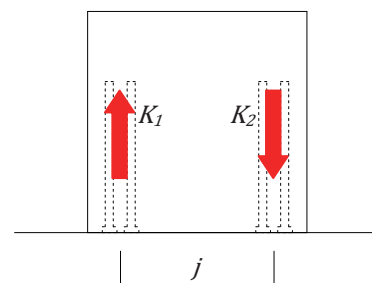
<http://www.kaneshin.co.jp>

● 理論式

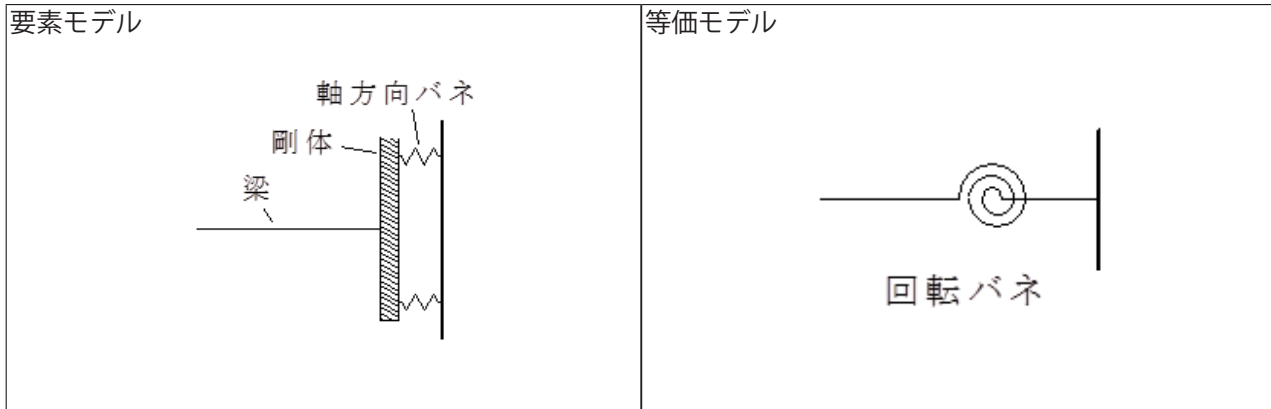
圧縮側の LSB バネ K_1 と引張側の LSB バネ K_2 と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

弾性域 剛性 $K = (K_1 + K_2) / 2 \times j$

$$M = (T + C) / 2 \times j, \quad Q = M / h$$



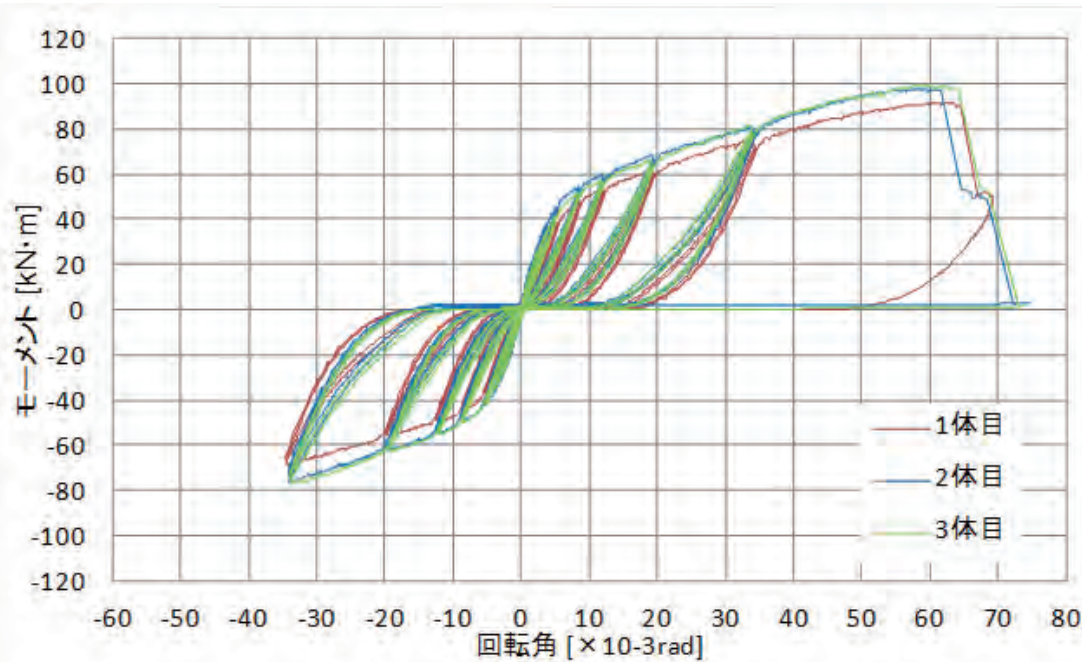
●モデル化



●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

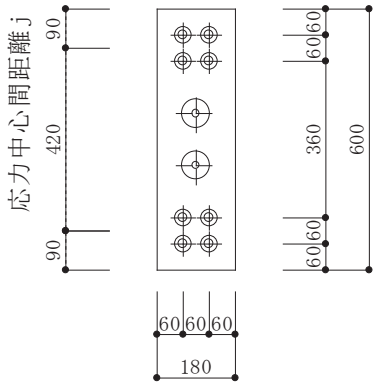
- ・ 1体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが2本破断し、同時に木材端部の割裂
- ・ 2体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが4本破断
- ・ 3体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが4本破断

● 姿図・寸法

【使用材料】

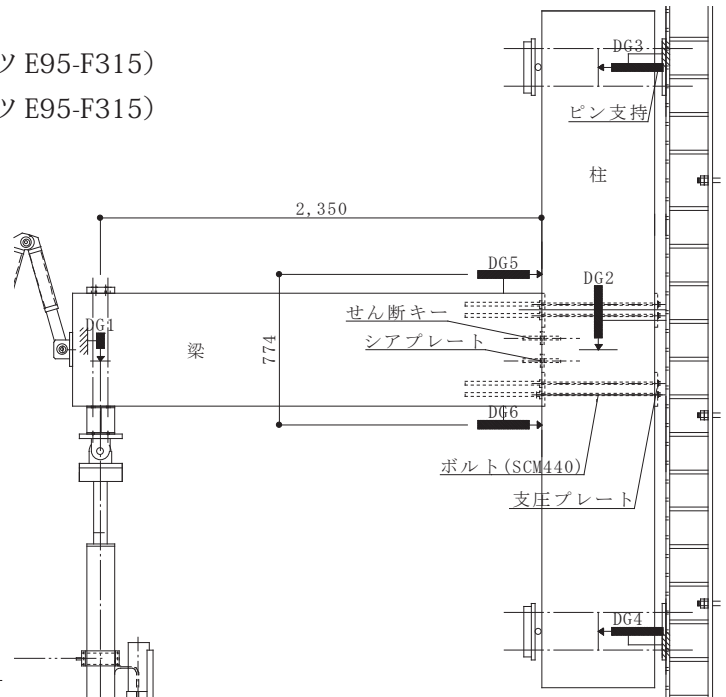
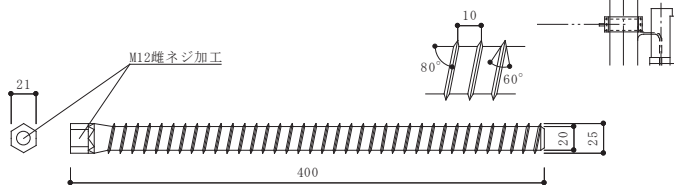
柱 3600mm × 240mm × 600mm (カラマツ E95-F315)

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

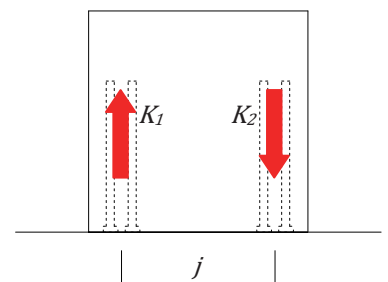
<http://www.kaneshin.co.jp>

● 理論式

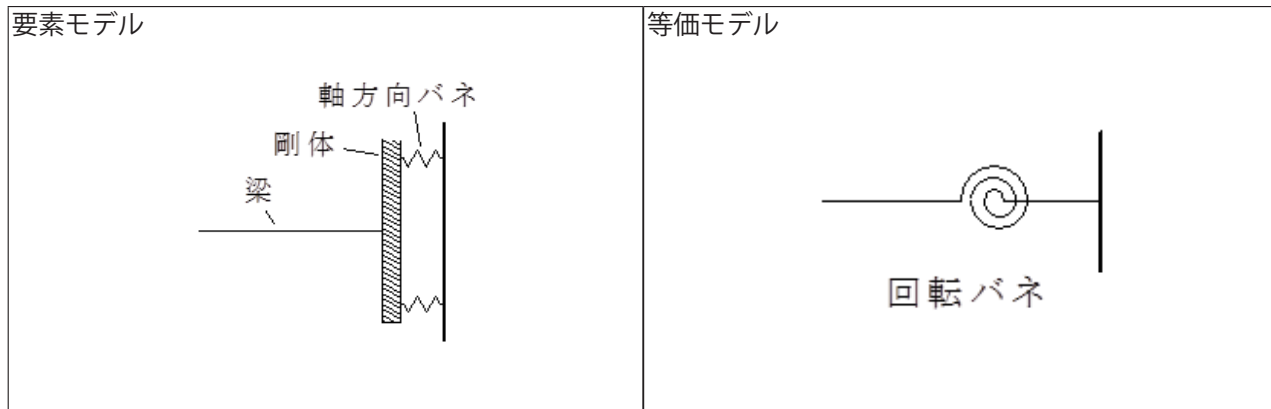
圧縮側の LSB バネ K_1 と引張側の LSB バネ K_2 と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

弾性域 剛性 $K = (K_1 + K_2) / 2 \times j$

$$M = (T + C) / 2 \times j, \quad Q = M / h$$



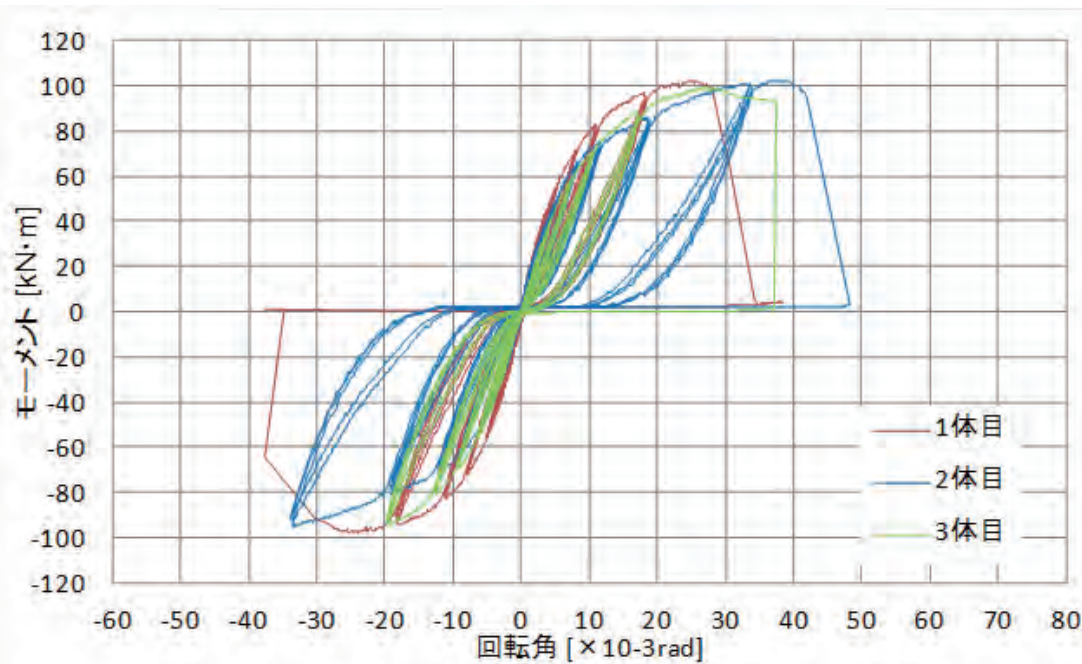
●モデル化



●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

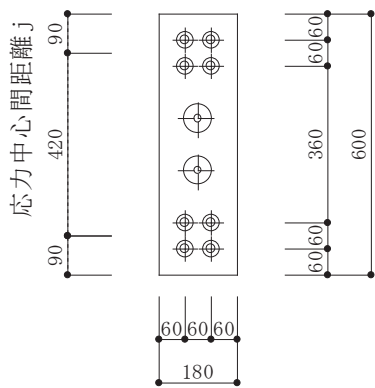
- ・1体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが4本破断
- ・2体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが4本破断
- ・3体目 支圧プレートのめりこみが生じた後、ボルトが4本破断

● 姿図・寸法

【使用材料】

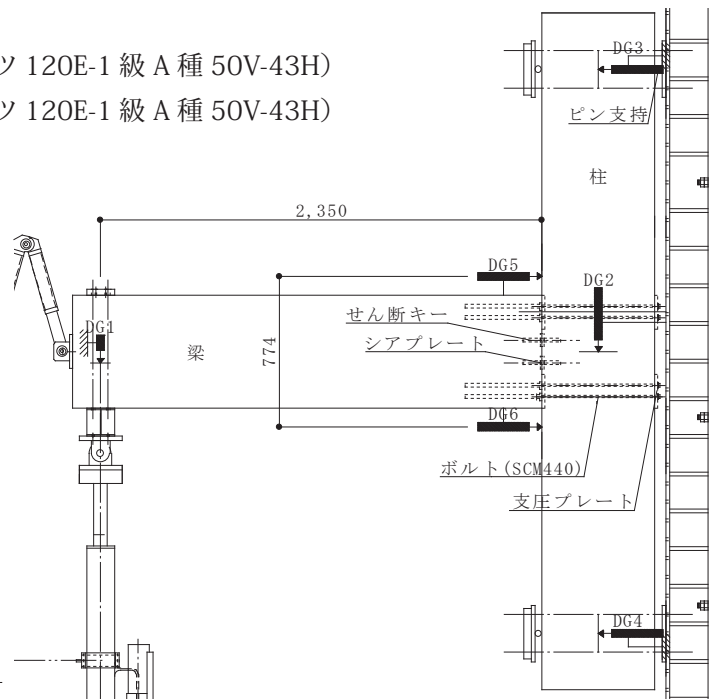
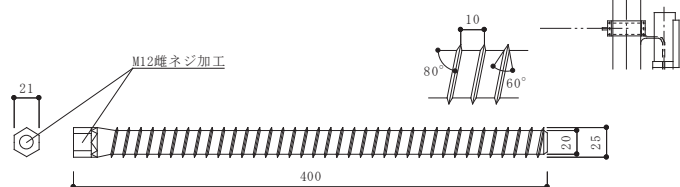
柱 3600mm × 240mm × 600mm (カラマツ 120E-1 級 A 種 50V-43H)

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

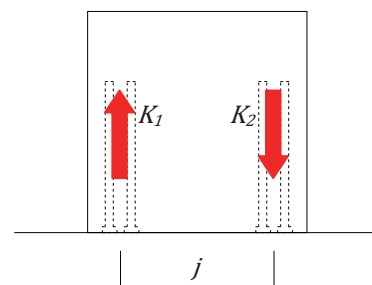
<http://www.kaneshin.co.jp>

● 理論式

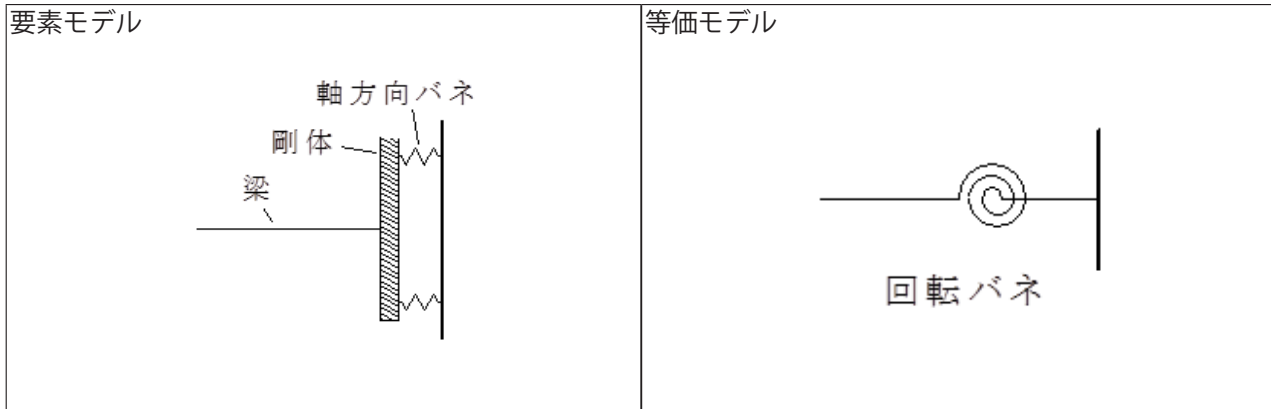
圧縮側の LSB バネ K_1 と引張側の LSB バネ K_2 と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

弾性域 剛性 $K = (K_1 + K_2) / 2 \times j$

$$M = (T + C) / 2 \times j, \quad Q = M / h$$



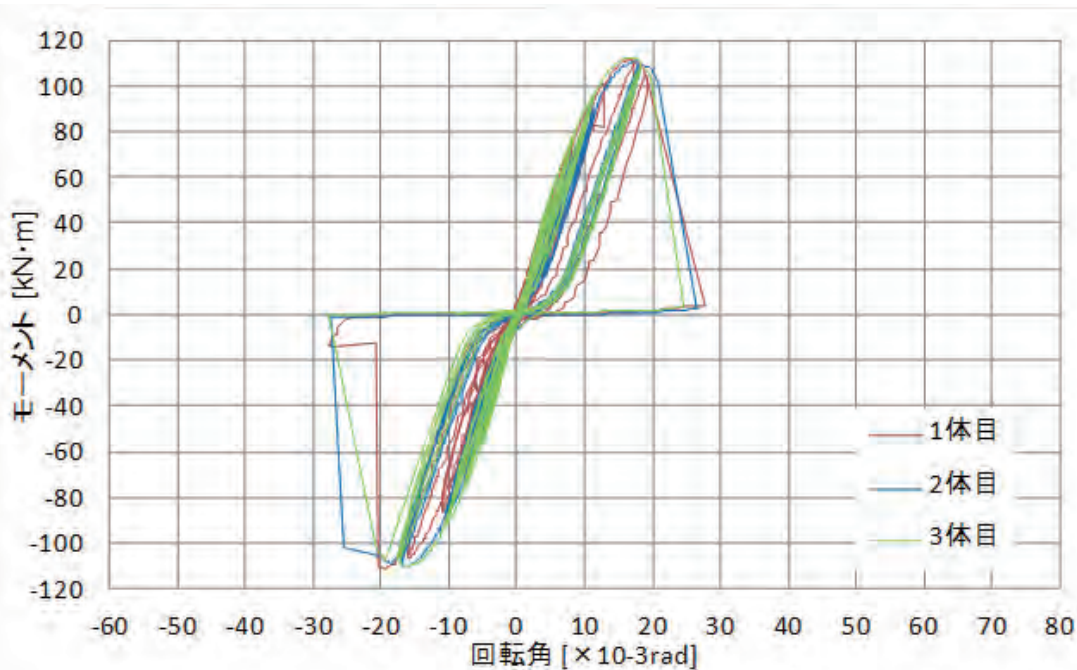
●モデル化



●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、柱脚接合部より靱性を有するが、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。

要材
素料

接合
具

接合
部

部組
材立

屋
根

柱

梁

ト
ブ
ス
レ

壁

床

集
成
材

「
V
」

製
材

合
板

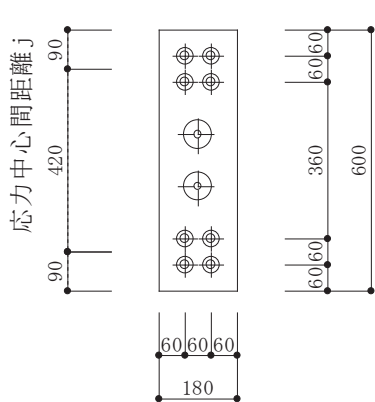
そ
の
他

● 姿図・寸法

【使用材料】

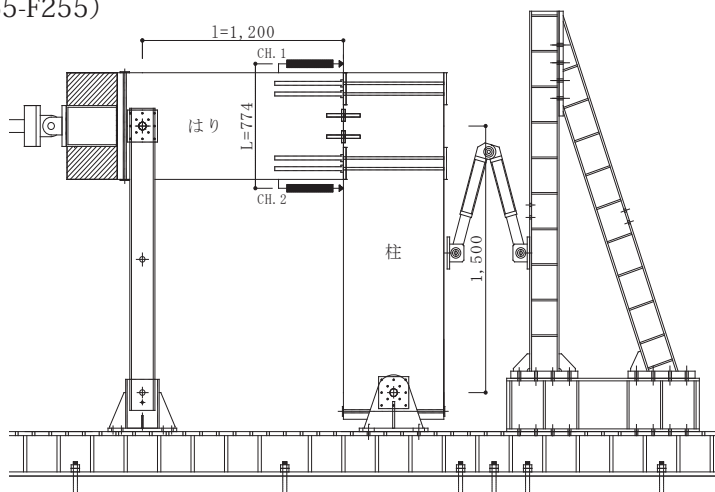
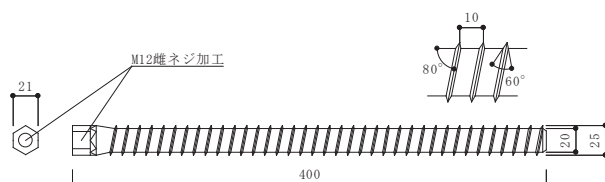
柱 1950mm × 240mm × 600mm (スギ E65-F255)

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

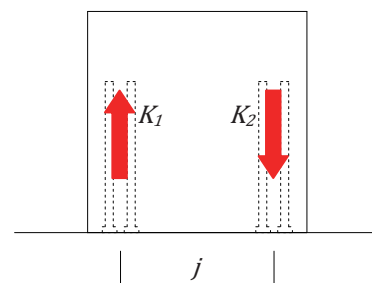
<http://www.kaneshin.co.jp>

● 理論式

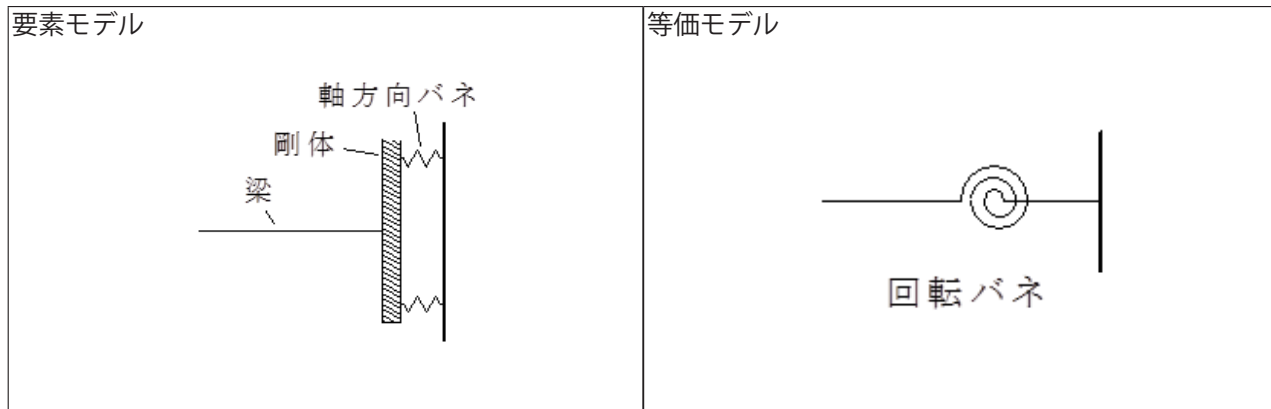
圧縮側の LSB バネ K_1 と引張側の LSB バネ K_2 と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

弾性域 剛性 $K = (K_1 + K_2) / 2 \times j$

$$M = (T + C) / 2 \times j, \quad Q = M/h$$



●モデル化

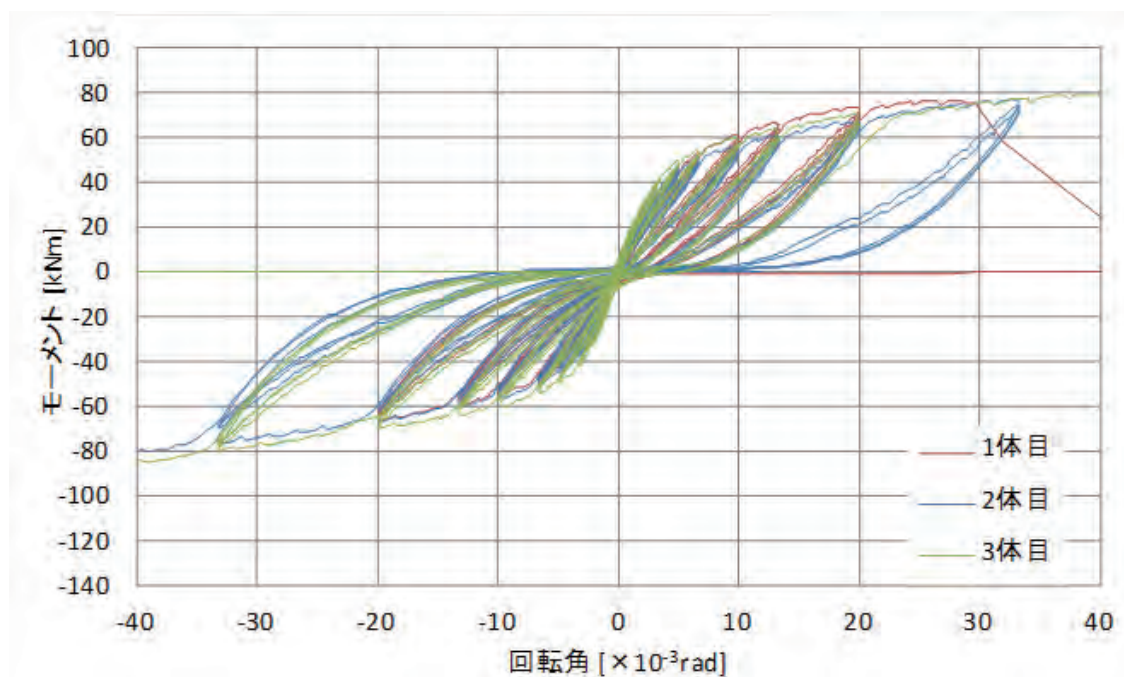


●特性値

(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

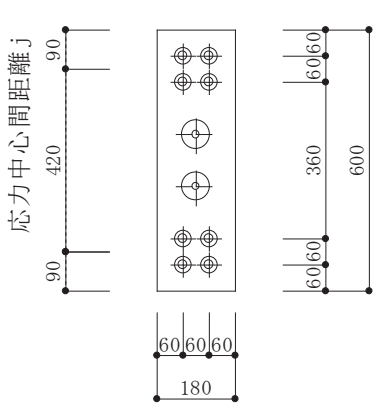
- ・1体目 1/30rad 引のサイクルで引張側 (下側) のボルトが 4 本破断
- ・2体目 1/75rad 押のサイクルで柱脚治具と試験体とのクリアランスがなくなったため、実験終了
- ・3体目 1/8rad 押のサイクルで引張側 (上側) のボルトが 4 本破断
1/23rad 引のサイクルで引張側 (下側) のボルトが 4 本破断

● 姿図・寸法

【使用材料】

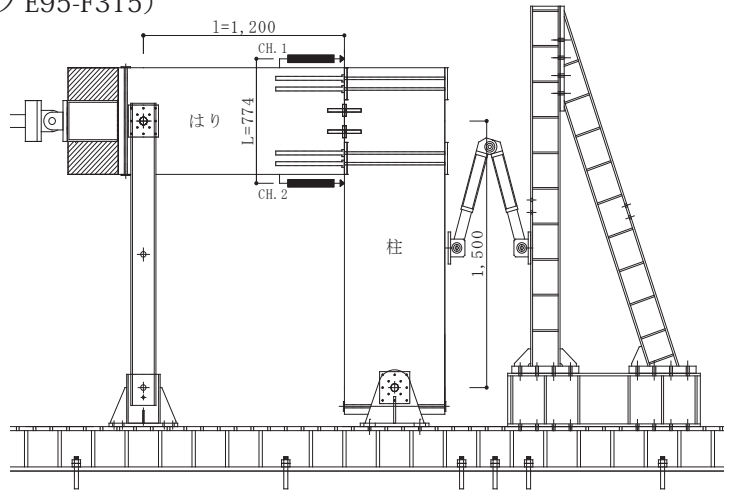
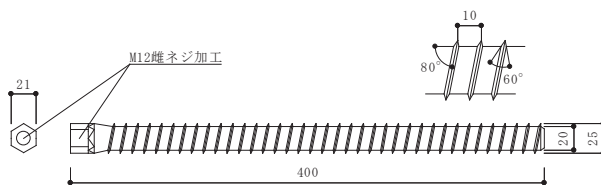
柱 1950mm × 240mm × 600mm (カラマツ E95-F315)

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

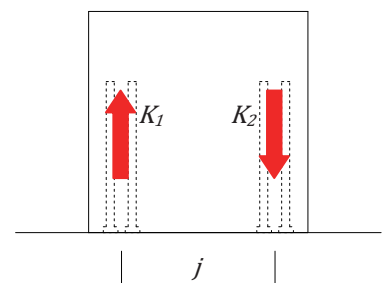
<http://www.kaneshin.co.jp>

● 理論式

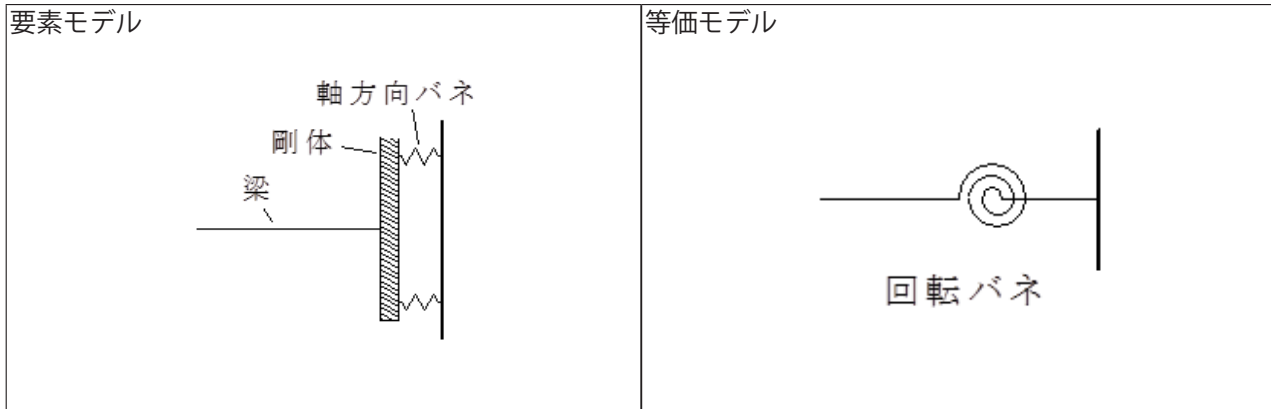
圧縮側の LSB バネ K_1 と引張側の LSB バネ K_2 と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

弾性域 剛性 $K = (K_1 + K_2) / 2 \times j$

$$M = (T + C) / 2 \times j, \quad Q = M / h$$



●モデル化

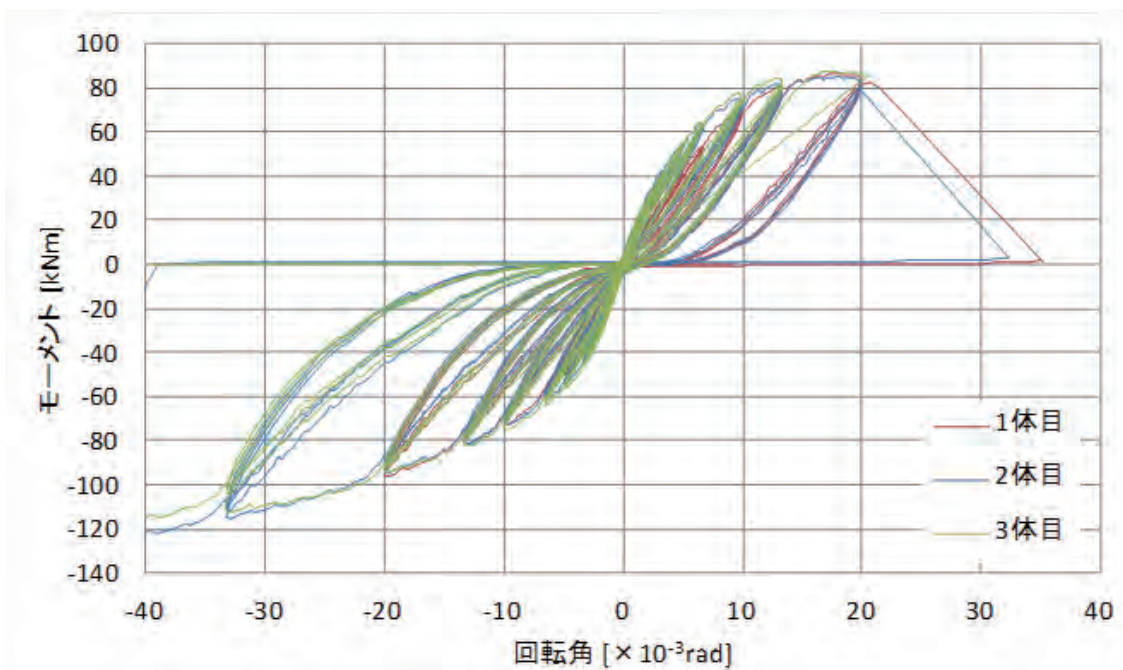


●特性値

(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

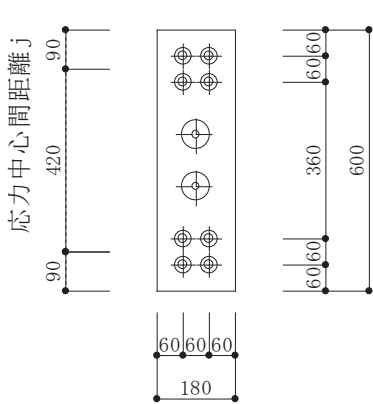
- ・ 1体目 1/30rad 引のサイクルで引張側 (下側) のボルトが 4 本破断
- ・ 2体目 1/50rad 引のサイクルで引張側 (下側) のボルトが 4 本破断
1/19rad 押のサイクルで引張側 (上側) のボルトが 4 本破断
- ・ 3体目 1/19rad 押のサイクルで引張側 (上側) のボルトが 4 本破断
1/50rad 引のサイクルで引張側 (下側) のボルトが 4 本破断

● 姿図・寸法

【使用材料】

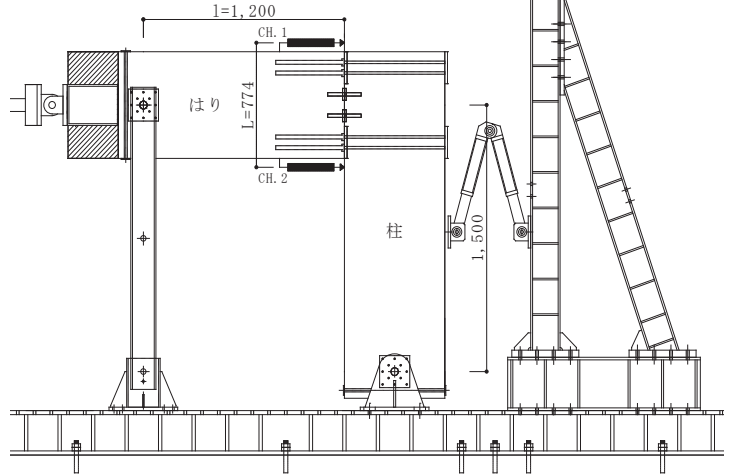
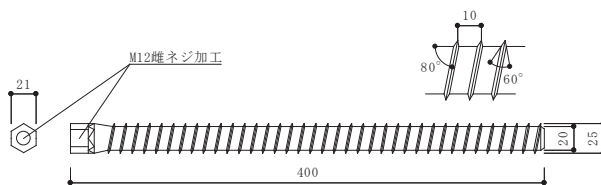
柱 1950mm × 240mm × 600mm (カラマツ 120E-1 級 A 種 50V-43H)

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

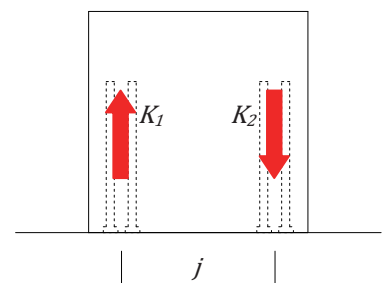
<http://www.kaneshin.co.jp>

● 理論式

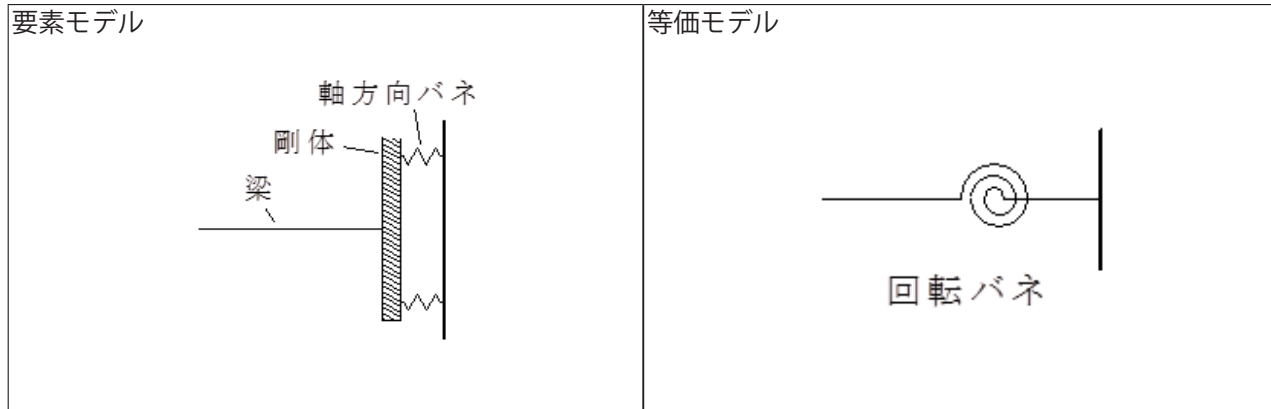
圧縮側の LSB バネ K_1 と引張側の LSB バネ K_2 と応力中心間距離 j により、図のようなモデルで剛性、耐力を算定できる。

弾性域 剛性 $K = (K_1 + K_2) / 2 \times j$

$$M = (T + C) / 2 \times j, \quad Q = M / h$$



●モデル化

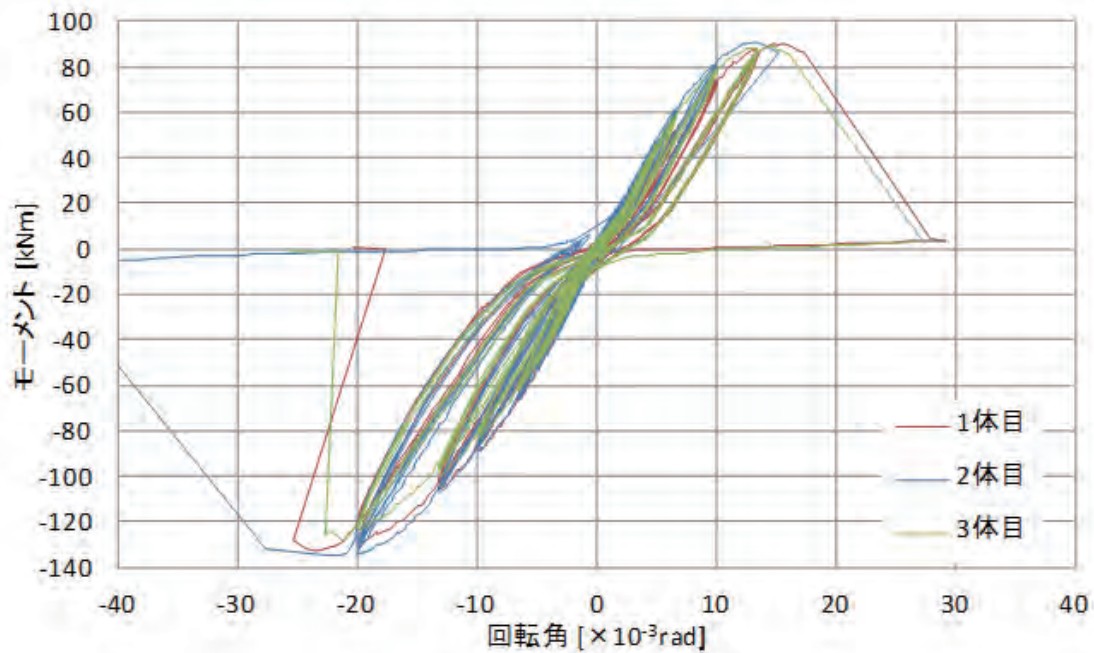


●特性値

(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

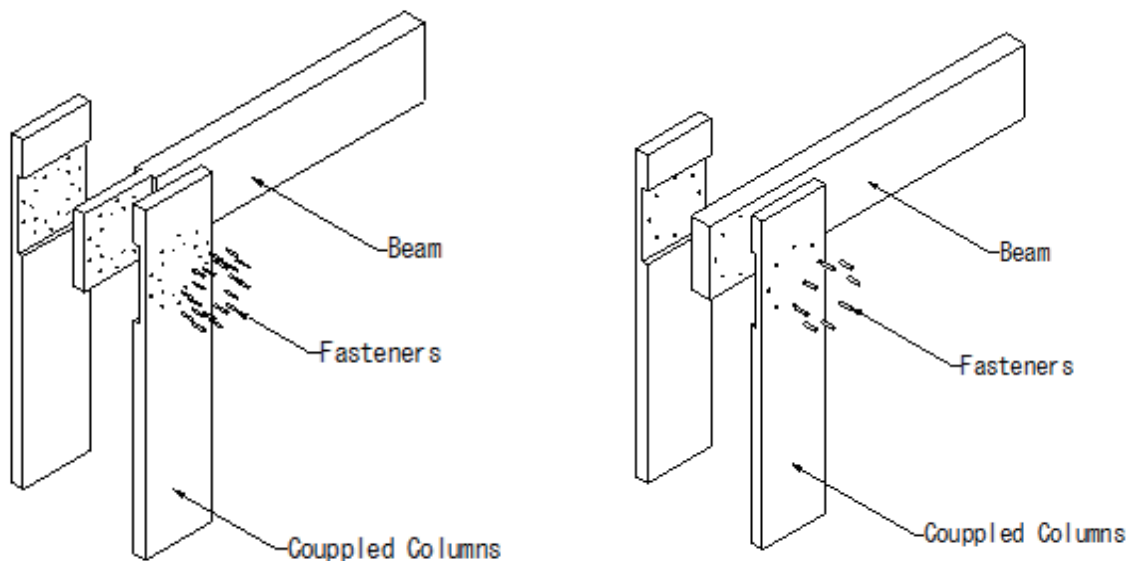
モーメント伝達が可能な接合部であるが、母材曲げ強度以上、剛節点とみなせるような接合部は現段階では難しく、回転バネを有する半剛節点としてモデル化する。場合によって軸力バネ、せん断バネにモデル化する必要もあるが、断面算定や伝達できる曲げ応力に関しては基本的に鉄筋コンクリート造の計算法と同じとみなして概算することが可能である。

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、施工的にも利点が多い。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E Y T式と弾性床土梁理論式で計算し、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・靱性を発揮できる。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靱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。



要材
素料

接合
具

接合
部

部組
材立

屋
根

柱

梁

ト
ブ
ス
レ

壁

床

集
成
材

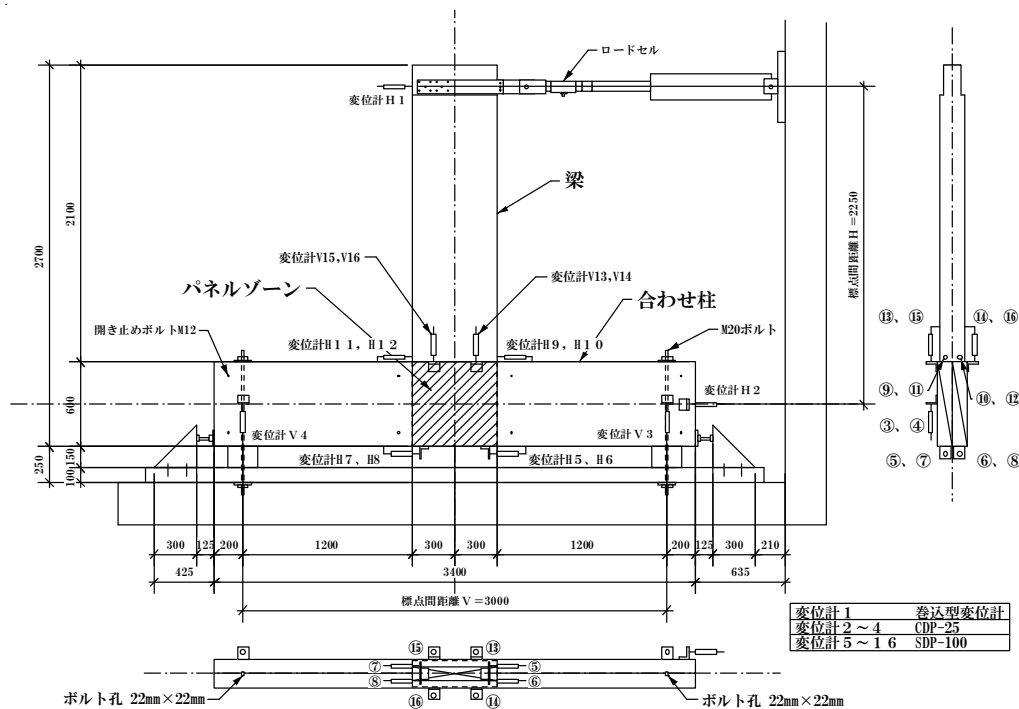
「
」
」

製
材

合
板

そ
の
他

● 姿図・寸法



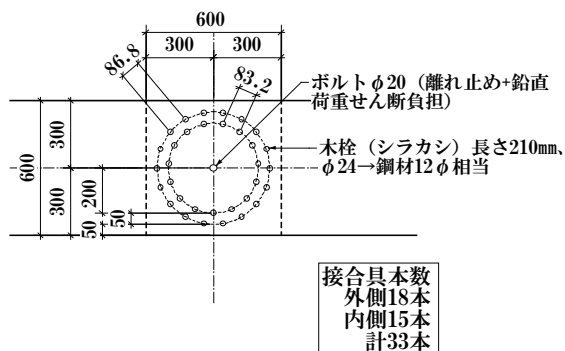
仕様1 木栓φ24

【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 $\geq 7d$ 、縁距離 $\geq 4d$ 、接合具間隔 $\geq 4d$ 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

要材
材料
接合具
接合部
部組材立
屋根
柱
梁
1ブスレ
壁
床
集材
LVL
製材
合板
その他

● 理論式

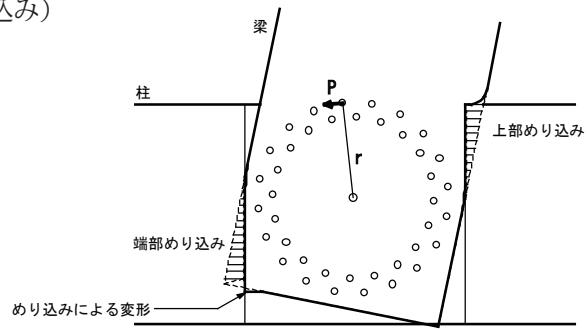
木質構造接合部設計マニュアルに従い、各接合要素（接合具の2面せん断、相欠きによる柱-梁界面のめり込み）による接合部のモーメント抵抗特性値を求め、両者を足し合わせることで接合部全体の特性値を算出する。接合具の場合は、まず1本あたりのせん断抵抗特性値を求めてから、回転中心からの距離を乗じたものの総和により接合部のモーメント抵抗特性値を求める。

● 計算式 $K_{\theta} = \sum K_{\theta_f}$ 、 $\theta_y = \min.\theta_{y_f}$ 、 $M_y = K_{\theta} \times \theta_y$ 、 $M_u = \sum M_{uf}$

- K_{θ_f} : 1 接合要素の接合部回転剛性
- θ_{y_f} : 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

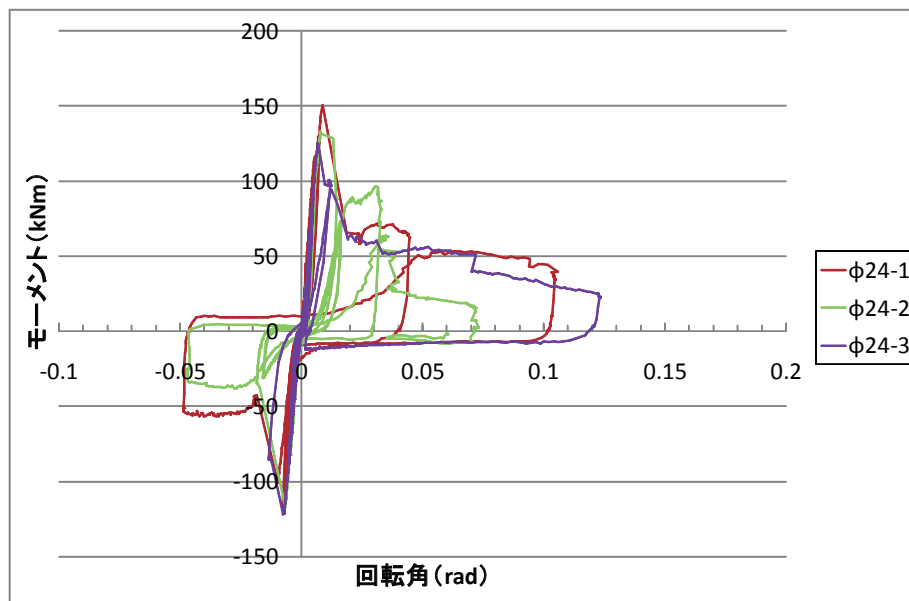
仕様1 木栓φ24（木栓のせん断+柱梁界面のめり込み）



● 特性値

	K_{θ} (kNm/rad)	M_{max} (kNm)	M_y (kNm)	θ_y ($\times 10^{-3}$ rad)	M_u (kNm)	θ_u ($\times 10^{-3}$ rad)
φ24	1	24358	150	117	150	8.8
	2	19244	133	129	133	7.9
	3	20525	125	123	125	7.6
	Ave.	21376	136	123	6.7	8.1
	S.D.	2173	11	5	0.86	11

● 荷重変形



● 破壊性状

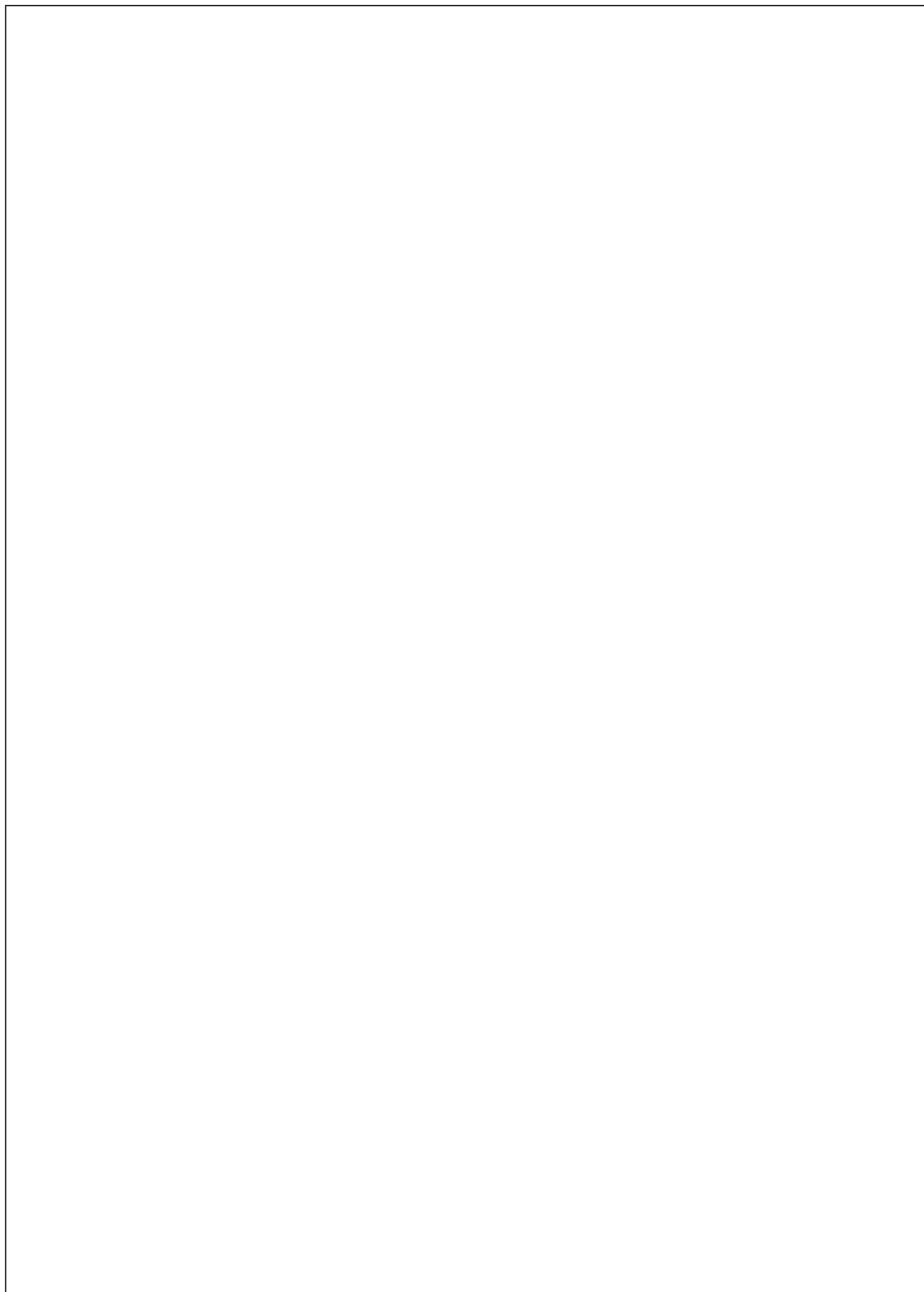
- ・ 梁部材の曲げ破壊。柱部材の繊維方向の割裂。



接合部表側 (φ 24-2)



パネルゾーン (φ 24-2)



要材
素料

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

トブ
スレ

壁

床

集
成材

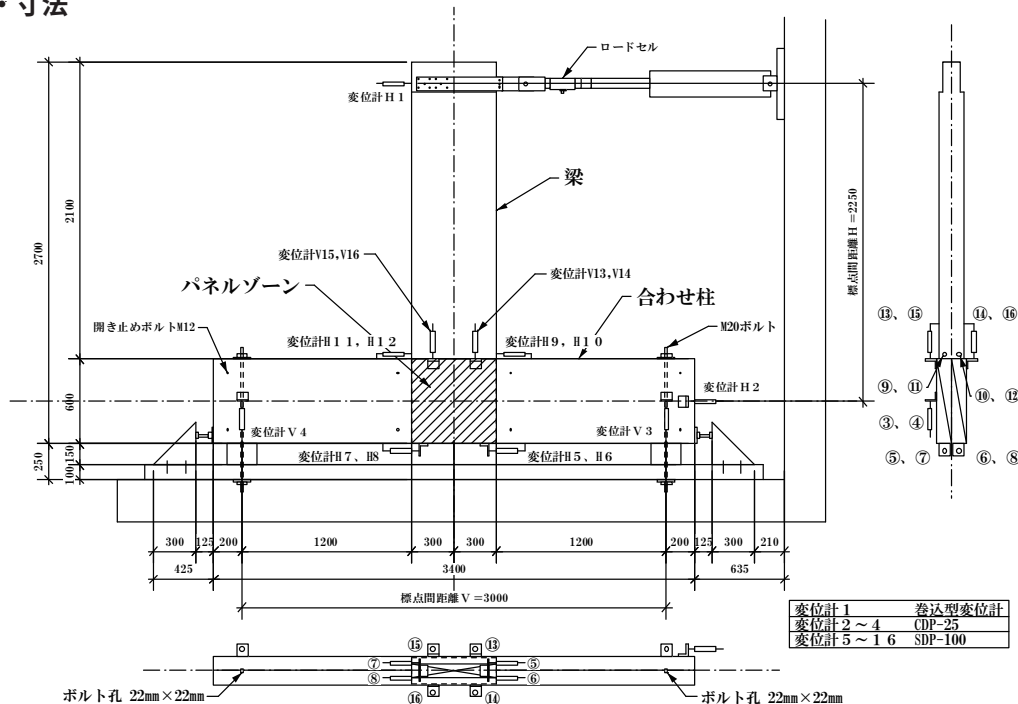
「
」

製
材

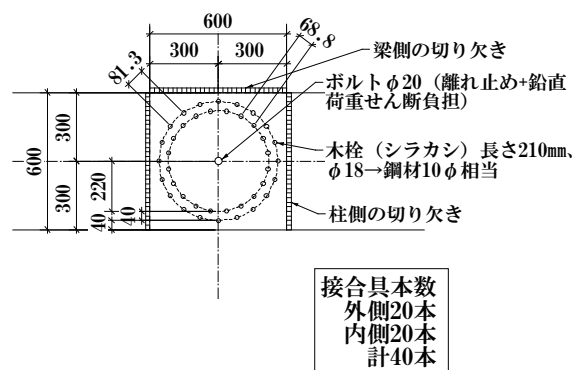
合
板

そ
の
他

● 姿図・寸法



仕様2 木栓φ 18



【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 $\geq 7d$ 、縁距離 $\geq 4d$ 、接合具間隔 $\geq 4d$ に従う。部材の断面に関しては、今回実験を行った 600mm 程度までのせいであ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科学研究室 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 $K_{\theta} = \sum K_{\theta_f}$ 、 $\theta_y = \min.\theta_{y_f}$ 、 $M_y = K_{\theta} \times \theta_y$ 、 $M_u = \sum M_{uf}$

K_{θ_f} : 1 接合要素の接合部回転剛性

θ_{y_f} : 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

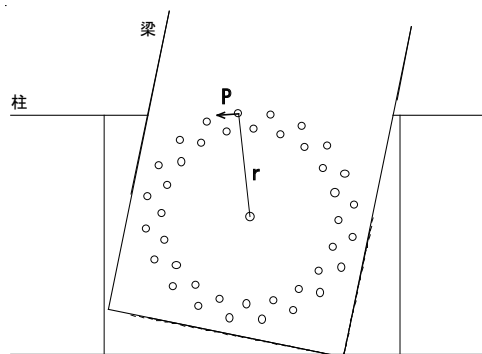
M_y : 接合部全体での降伏モーメント

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

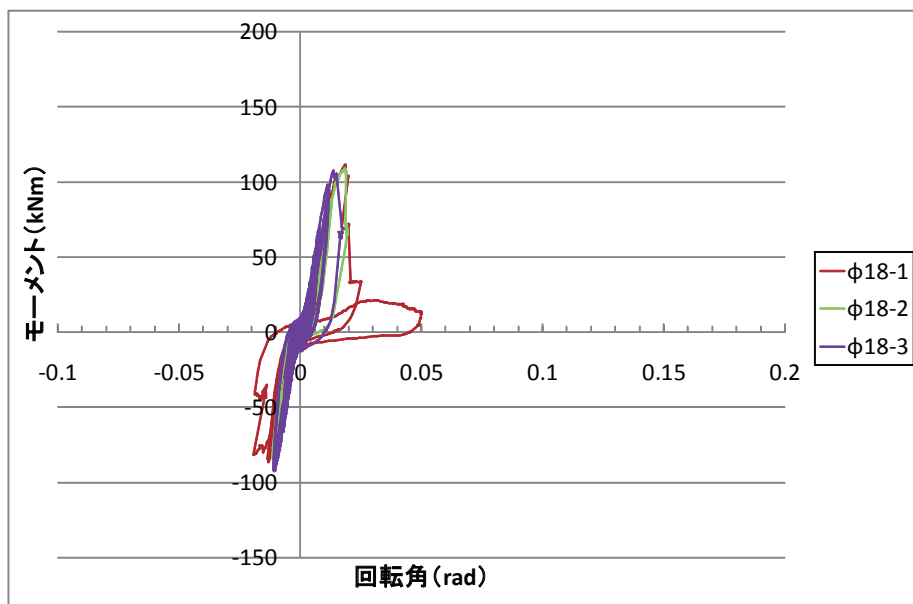
仕様2 木栓φ18（木栓のせん断抵抗のみ）



● 特性値

	K_{θ} (kNm/rad)	M_{max} (kNm)	M_y (kNm)	θ_y ($\times 10^{-3}$ rad)	M_u (kNm)	θ_u ($\times 10^{-3}$ rad)
φ18	1	9657	112	84	11.1	112
	2	8881	109	81	11.2	109
	3	10011	108	93	10.3	108
	Ave.	9516	109	86	10.8	109
	S.D.	472	2	5	0.41	2

● 荷重変形

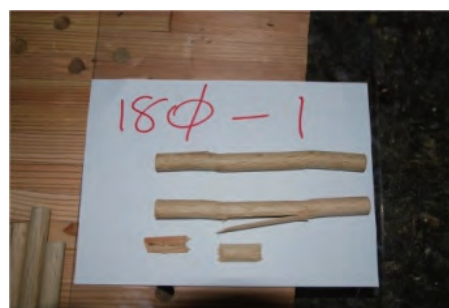


● 破壊性状

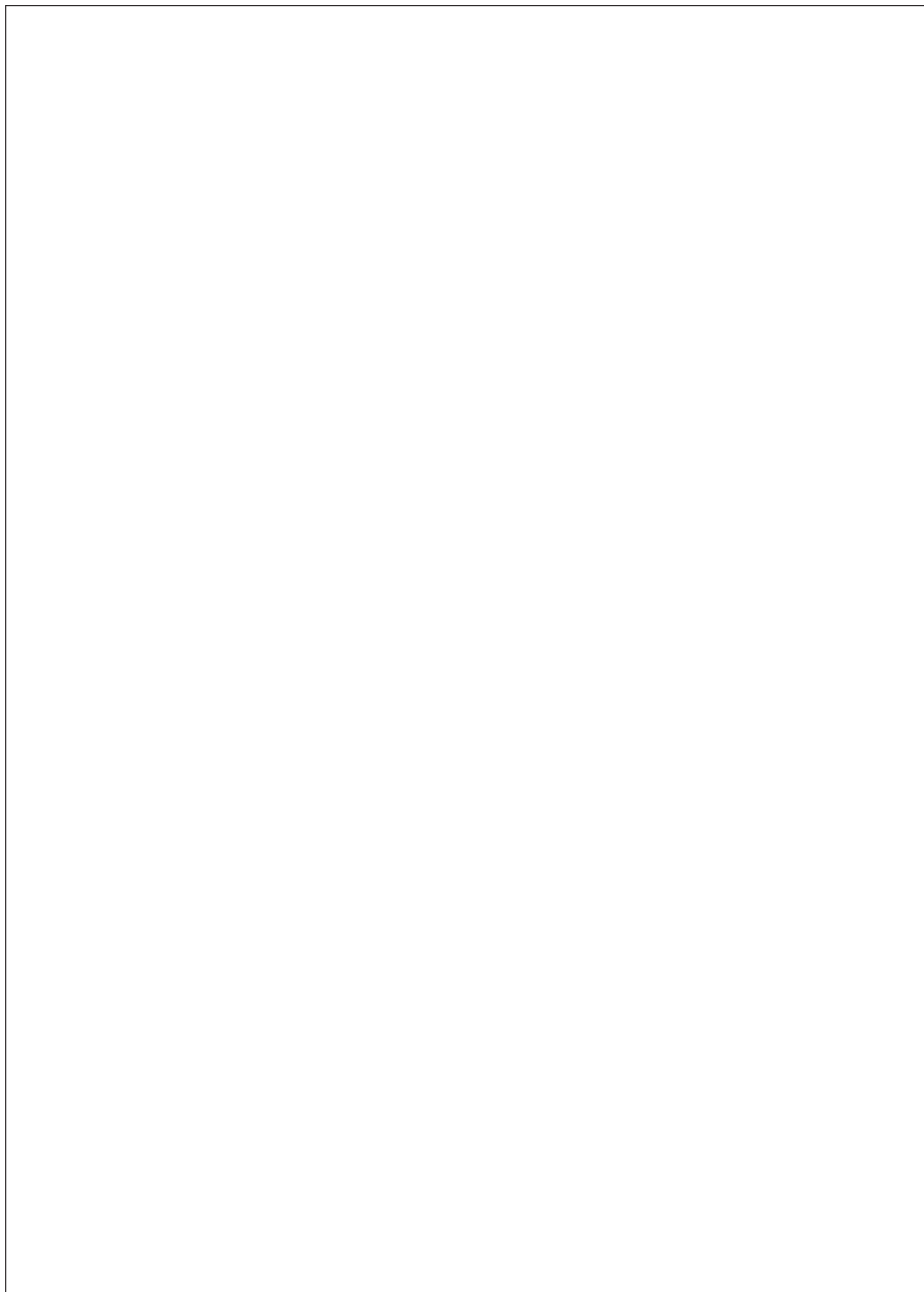
- ・ 梁部材の曲げ破壊。



パネルゾーン (φ 18-1)



変形の大きかった木栓 (φ 18-1)



要材
素料

接合
具

**接合
部**

部組
材立

屋根

柱

梁

トブ
スレ

壁

床

**集
成材**

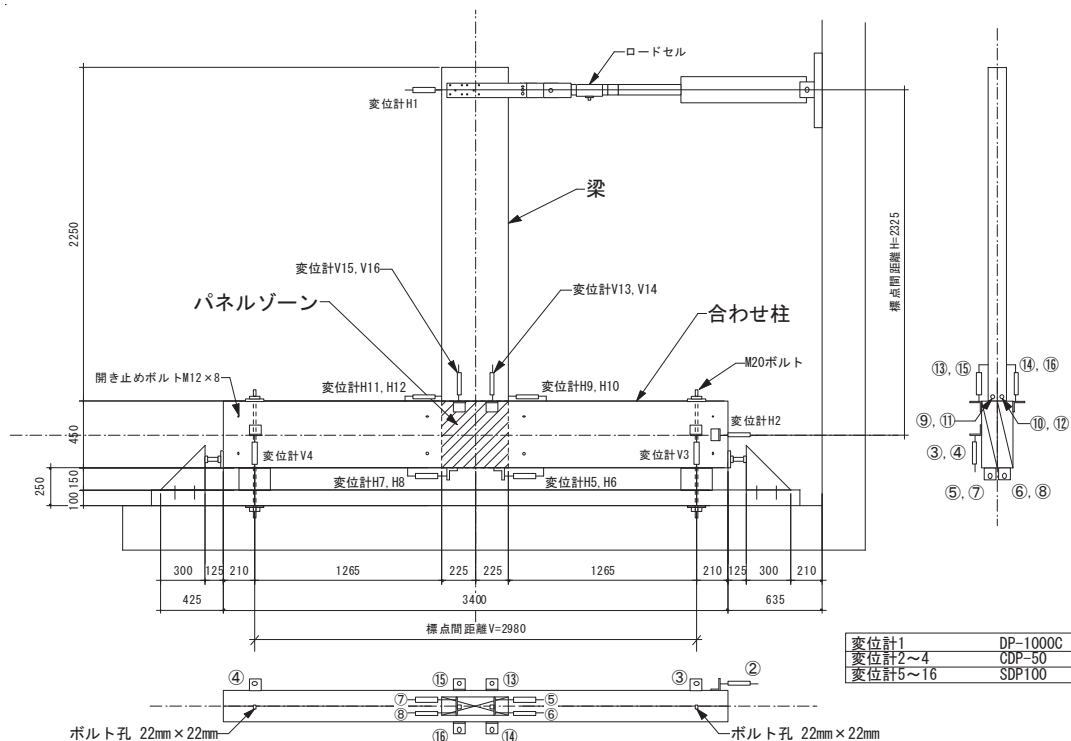
「
」

製材

合板

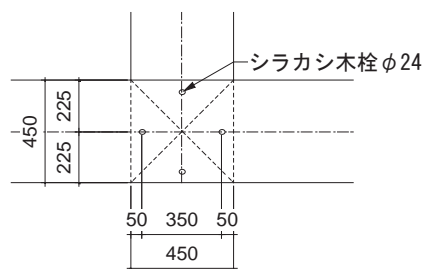
そ
の
他

● 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、4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 $\geq 7d$ に従う。 $\phi 24$ 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 $\phi 24$ 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靱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は考えられるため、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、 $K_{\theta d} = \sum K_s \times r^2$ 、 $\theta_{yd} = \min. \frac{\delta_y}{r}$

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

—

要材
素材

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

1ブ
スレ

壁

床

集
成材

「
」

製
材

合
板

そ
の他

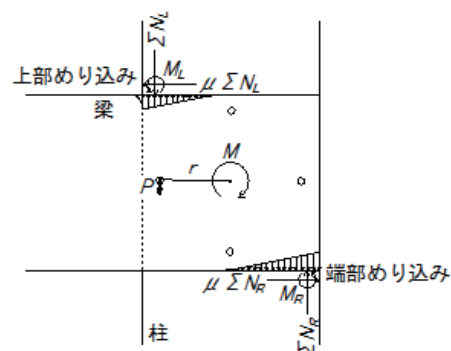
● モデル化

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取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。

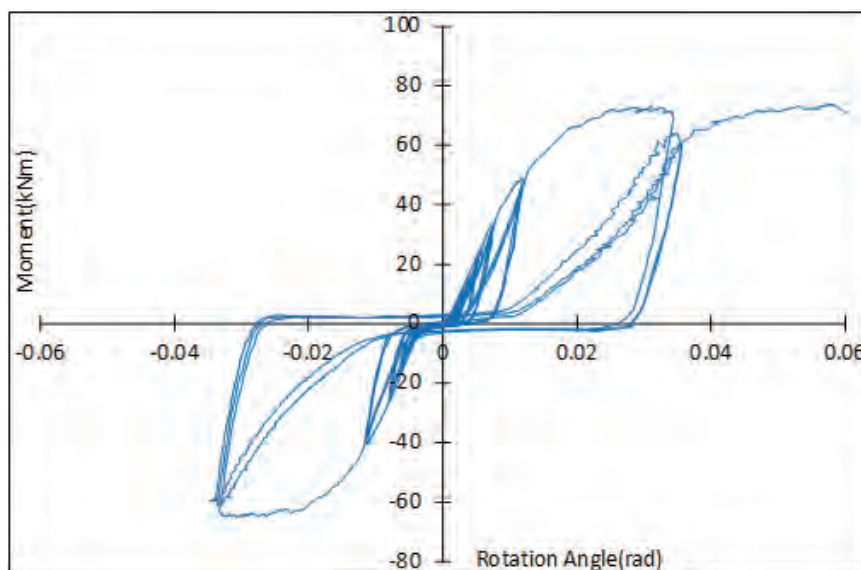
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換。



● 特性値

	K_{θ} (kNm/rad)	M_y (kNm)	θ_y ($\times 10^{-3}$ rad)	M_u (kNm)	θ_u ($\times 10^{-3}$ rad)	M_{max} (kNm)
L-S24-4	4400	44.2	10.1	70.8	154.8	79.3

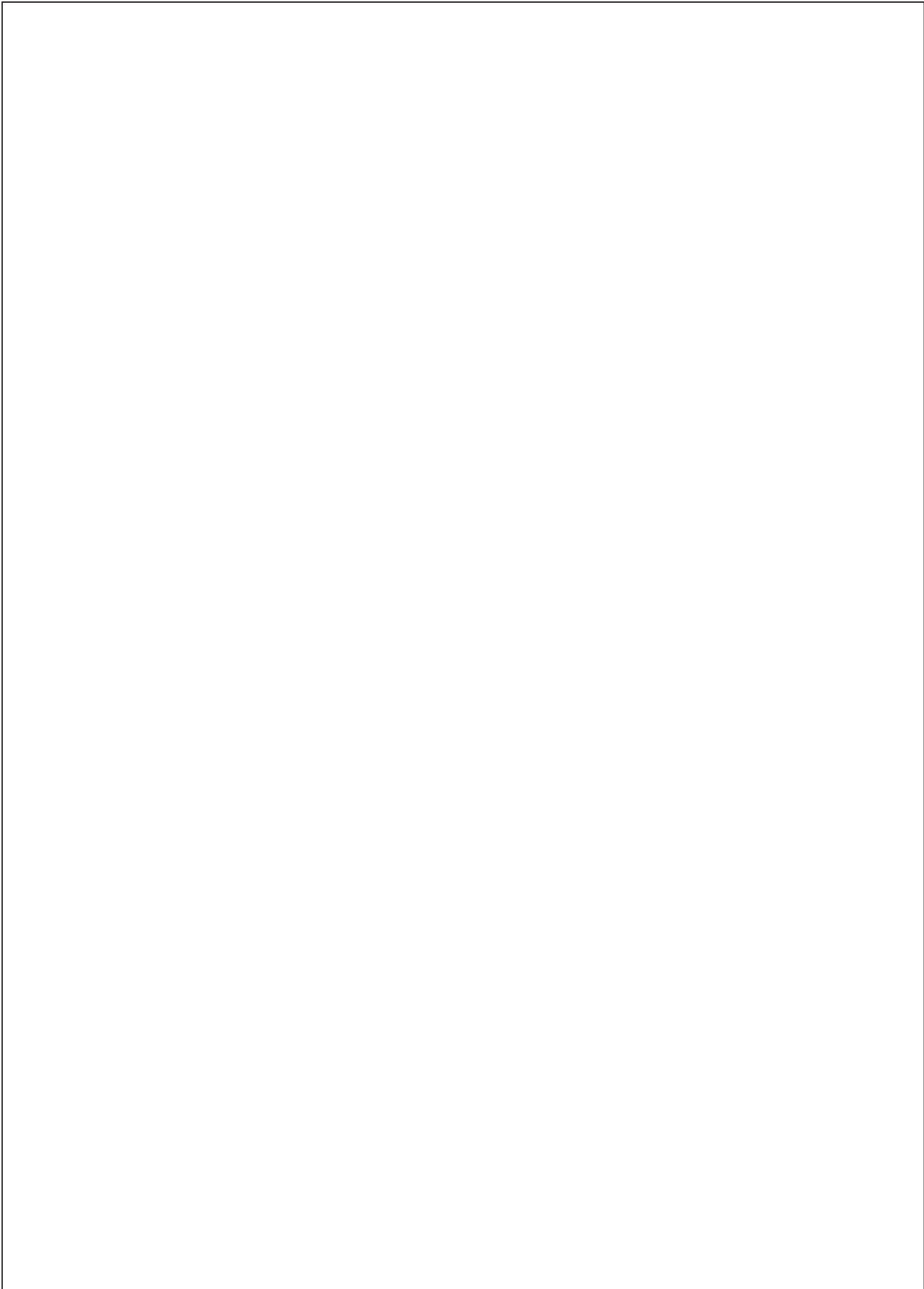
● 荷重変形



● 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





要材
素料

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

トブ
スレ

壁

床

集
成材

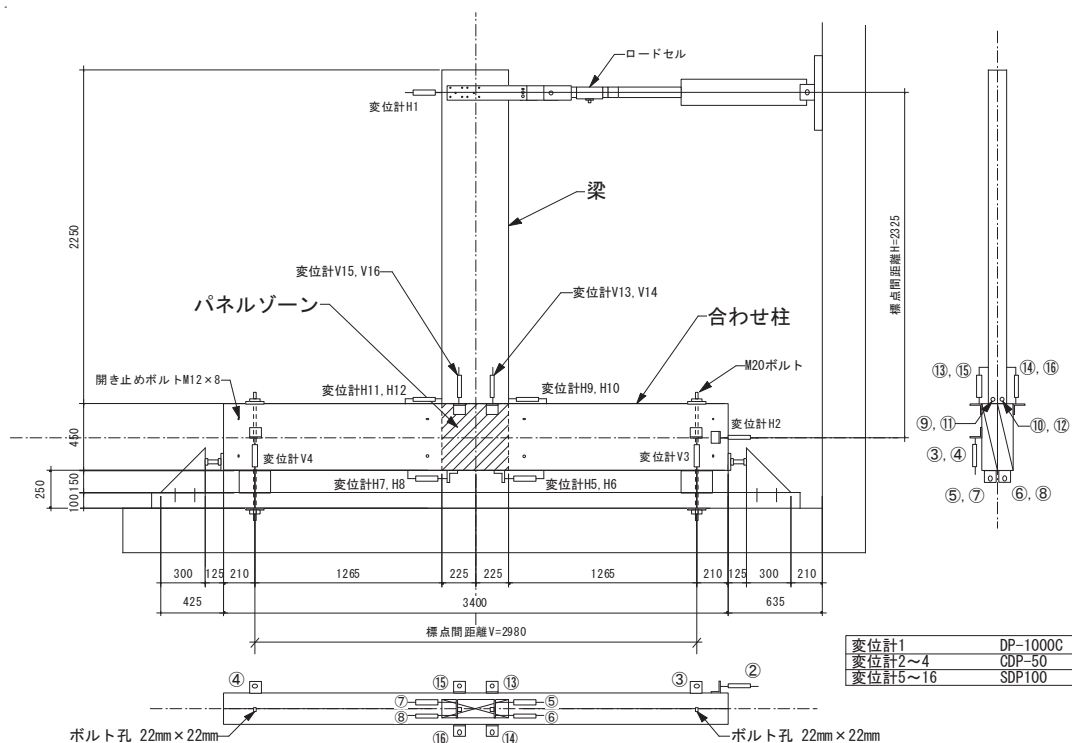
「
」

製
材

合
板

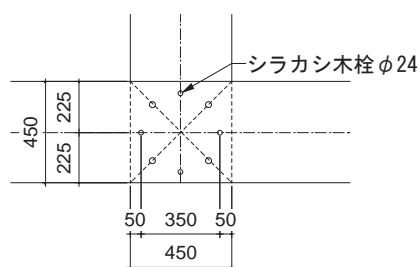
そ
の
他

● 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 $\geq 7d$ に従う。 $\phi 24$ 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 $\phi 24$ 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靱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は考えられるため、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、 $K_{\theta d} = \sum K_s \times r^2$ 、 $\theta_{yd} = \min. \frac{\delta_y}{r}$

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

—

要材
素材

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

1ブ
スレ

壁

床

集
成材

「
」
「
」

製
材

合
板

そ
の
他

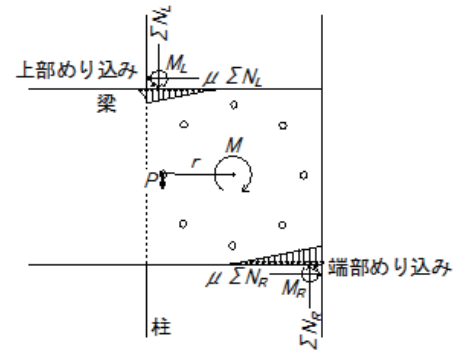
●モデル化

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。

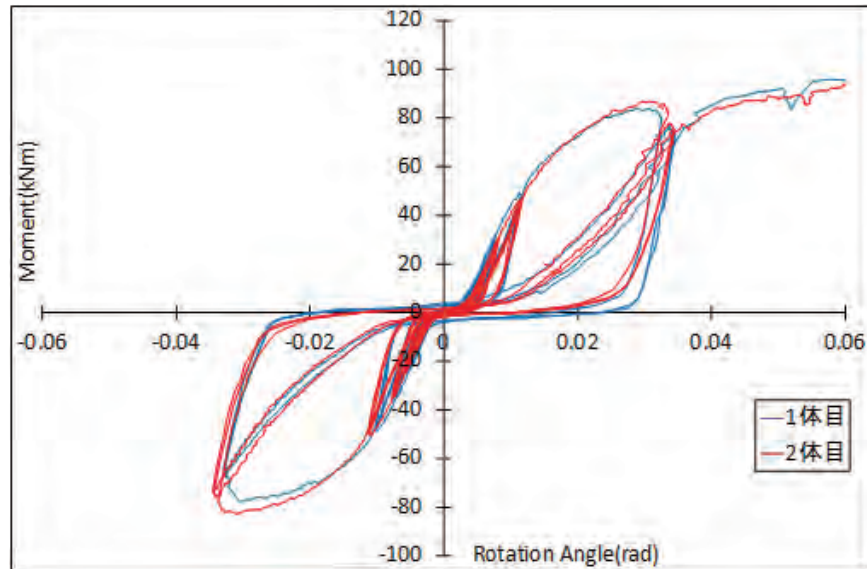
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換。



●特性値

	K_θ (kNm/rad)	M_y (kNm)	θ_y ($\times 10^{-3}$ rad)	M_u (kNm)	θ_u ($\times 10^{-3}$ 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

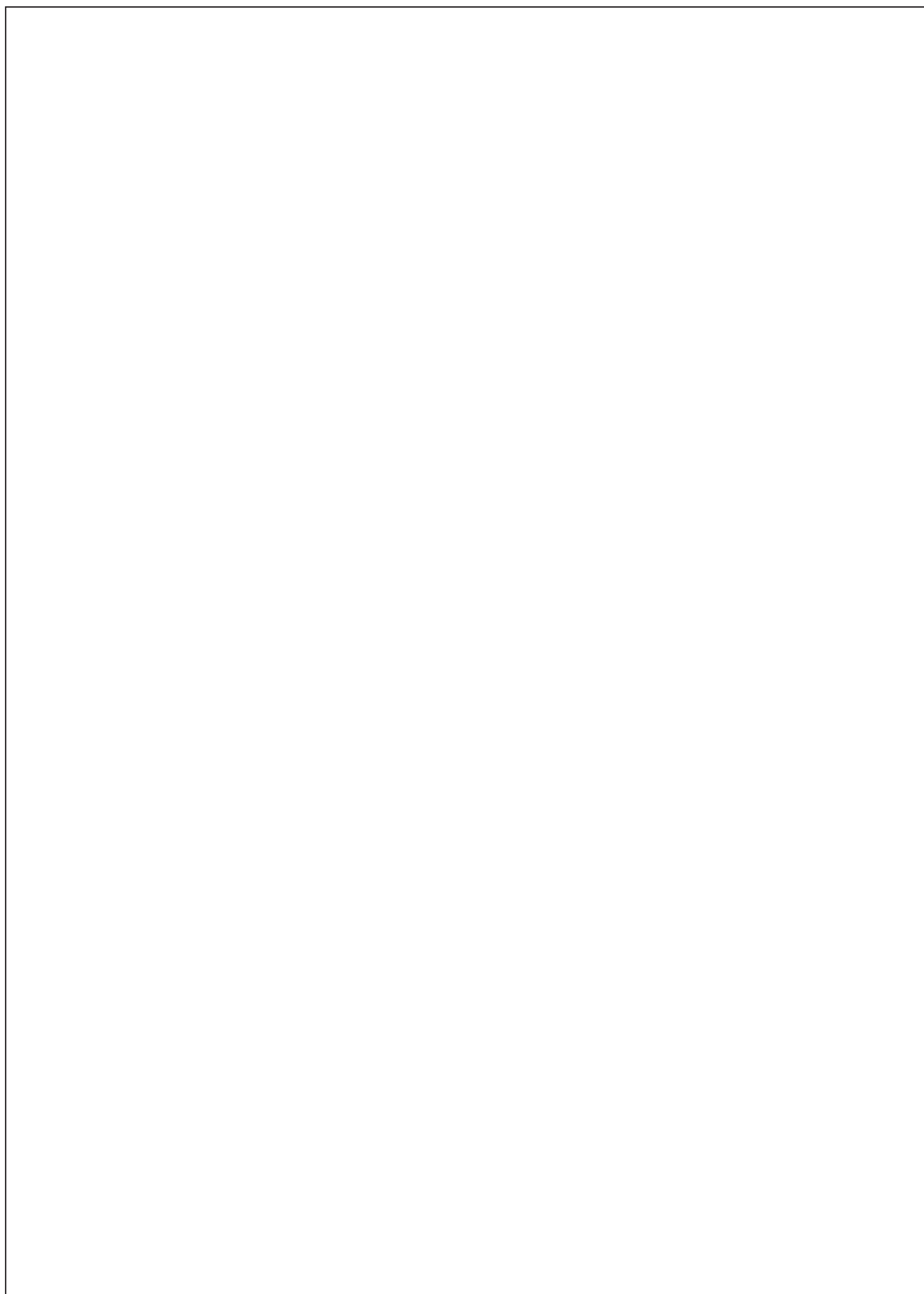
●荷重変形



●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





要材
素料

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

トブ
スレ

壁

床

集
成材

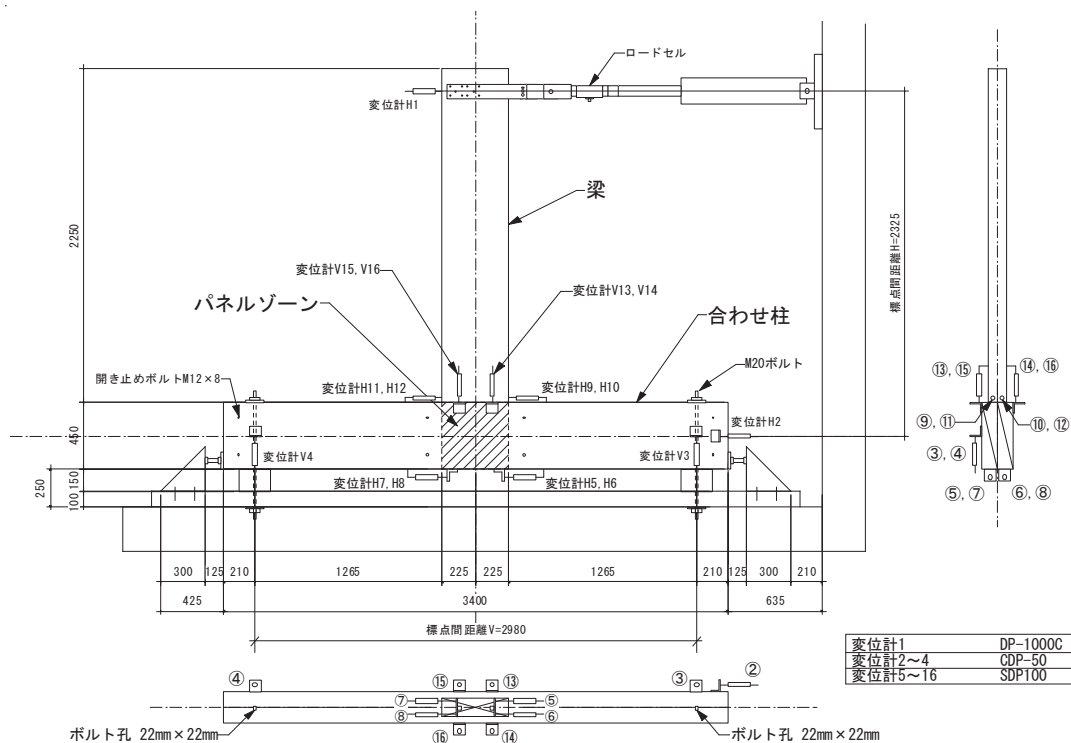
「
」

製
材

合
板

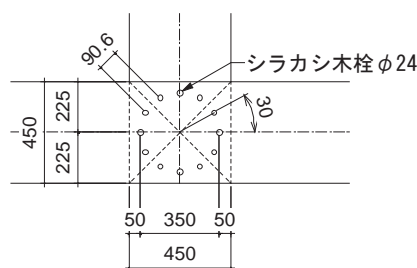
そ
の
他

● 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 $\geq 7d$ に従う。 $\phi 24$ 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 $\phi 24$ 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靱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は考えられるため、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、 $K_{\theta d} = \sum K_s \times r^2$ 、 $\theta_{yd} = \min. \frac{\delta_y}{r}$

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

—

要材
素材

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

1ブ
スレ

壁

床

集
成材

「
」
「
」

製
材

合
板

そ
の
他

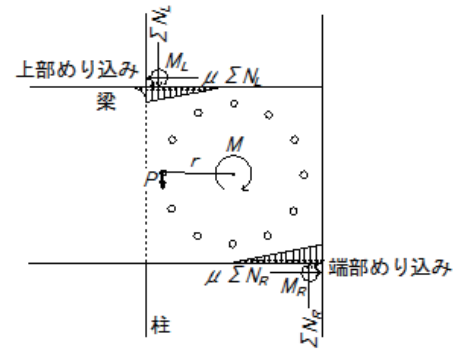
●モデル化

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。

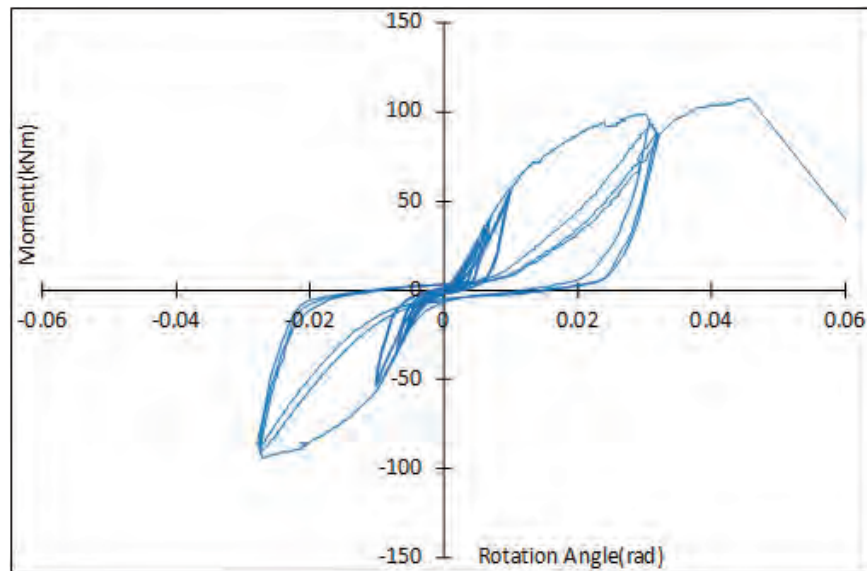
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換。



●特性値

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

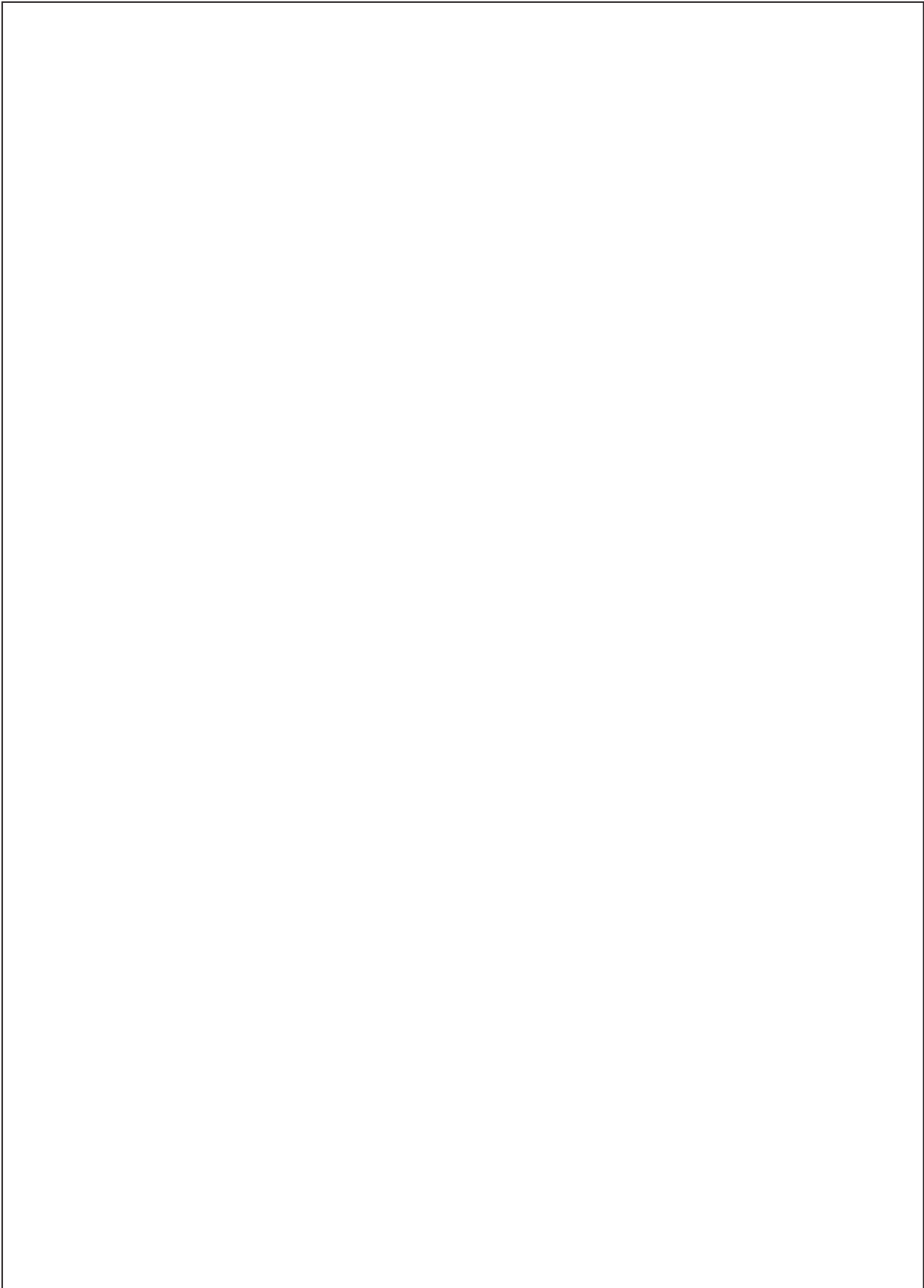
●荷重変形



●破壊性状

- ・木栓の穴同士がつながる集合型割裂破壊





要材
素料

接
合
具

接
合
部

部
組
材
立

屋
根

柱

梁

ト
ブ
ス
レ

壁

床

集
成
材

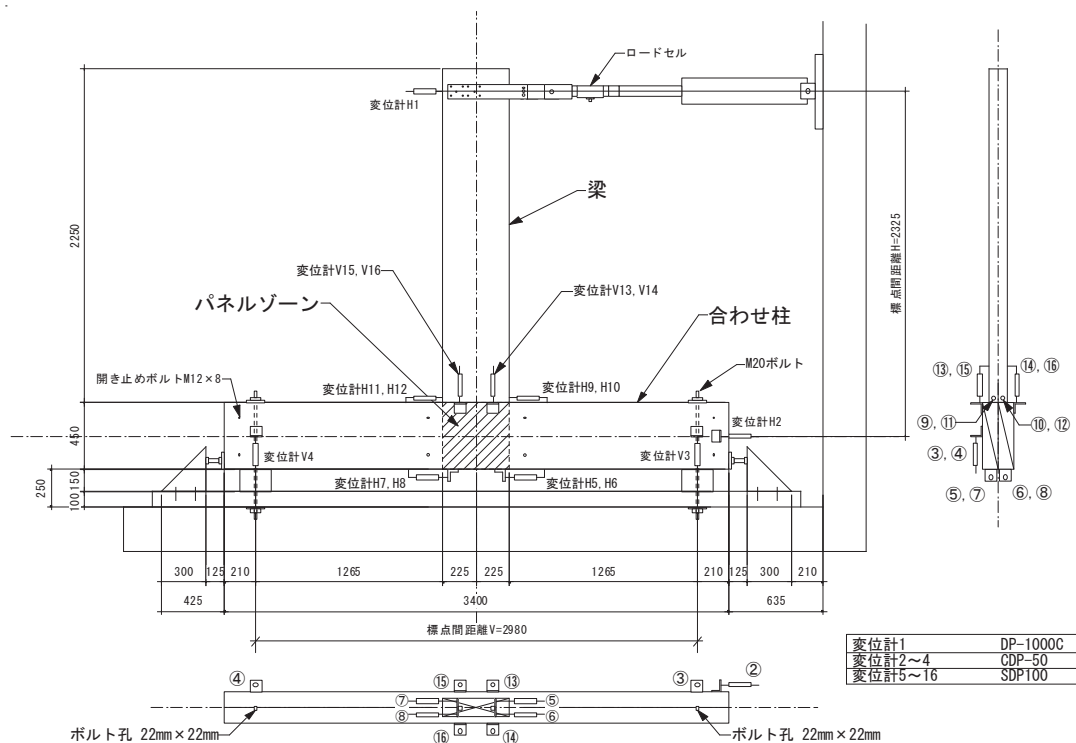
「
」
」

製
材

合
板

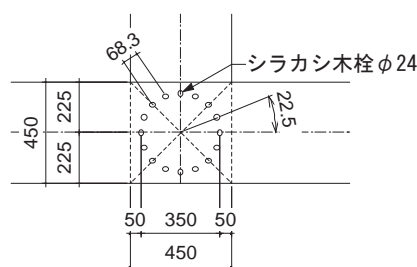
そ
の
他

● 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、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 $\geq 7d$ に従う。 $\phi 24$ 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 $\phi 24$ 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靱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あります。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、 $K_{\theta d} = \sum K_s \times r^2$ 、 $\theta_{yd} = \min. \frac{\delta_y}{r}$

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

—

要材
素材

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

1ブ
スレ

壁

床

集
成材

「 \angle 」
「 \sim 」

製
材

合
板

そ
の
他

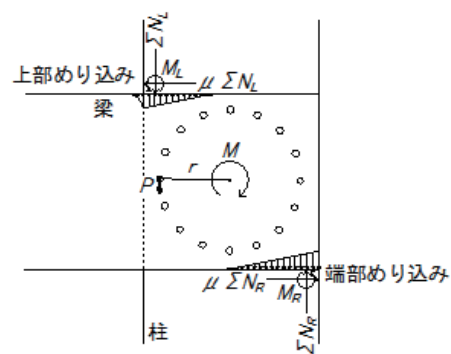
●モデル化

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経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。

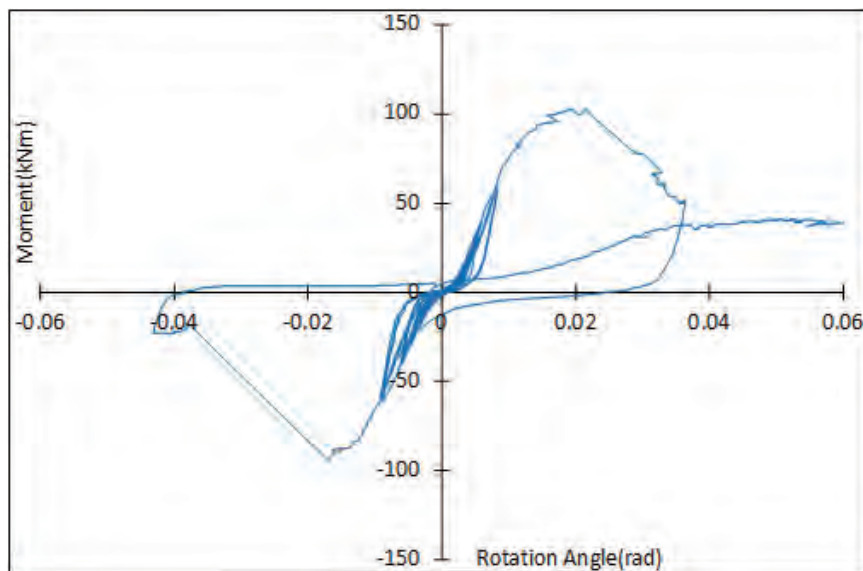
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換。



●特性値

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

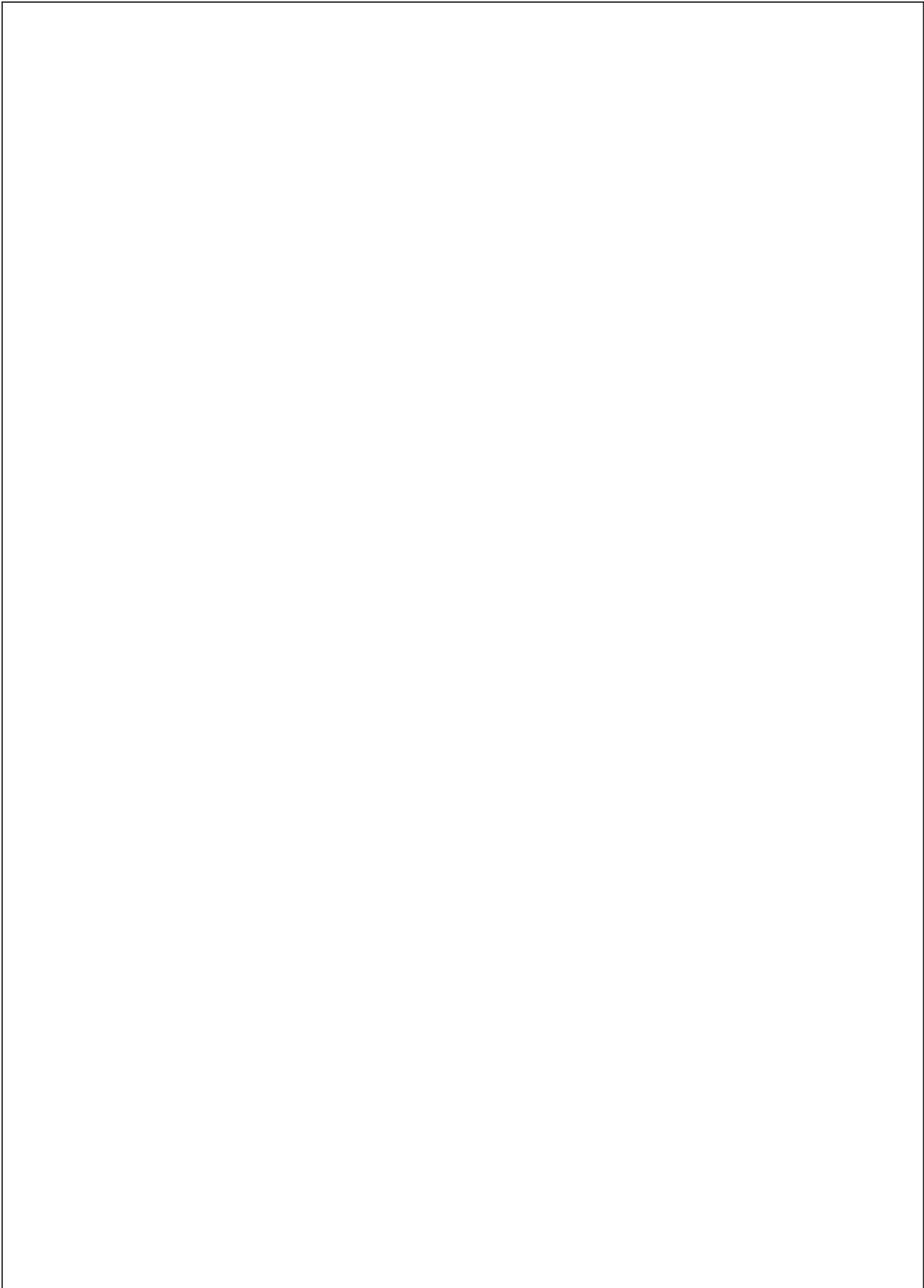
●荷重変形



●破壊性状

- ・木栓の穴同士がつながる集合型割裂破壊





要材
素料

接
合
具

接
合
部

部
組
材
立

屋
根

柱

梁

ト
ブ
ス
レ

壁

床

集
成
材

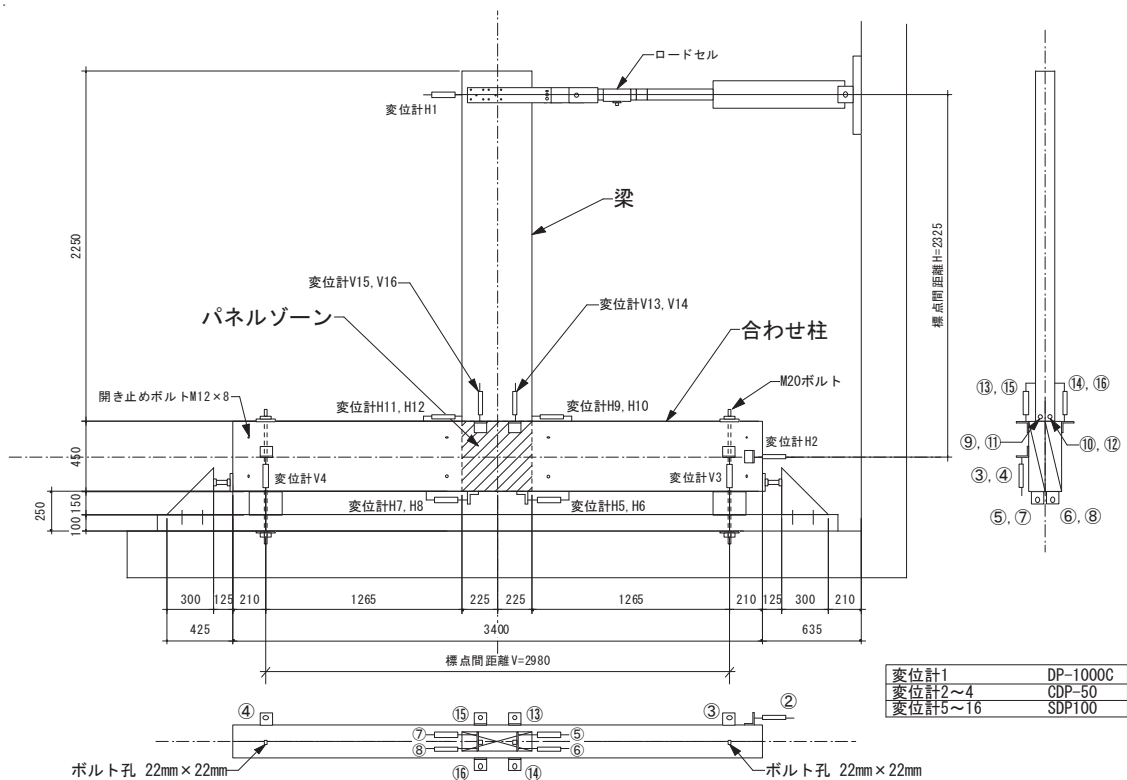
「
」
「
」

製
材

合
板

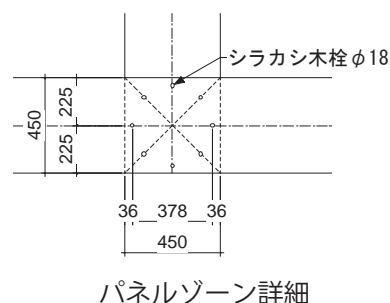
そ
の
他

● 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 18、8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 $\geq 7d$ に従う。 $\phi 24$ 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 $\phi 24$ 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靱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は考えられるため、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、 $K_{\theta d} = \sum K_s \times r^2$ 、 $\theta_{yd} = \min. \frac{\delta_y}{r}$

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

—

要材
素材

接合具

接合部

部組
材立

屋根

柱

梁

1ブ
スレ

壁

床

集
成材

「 \angle 」
「 \sim 」

製材

合板

その他

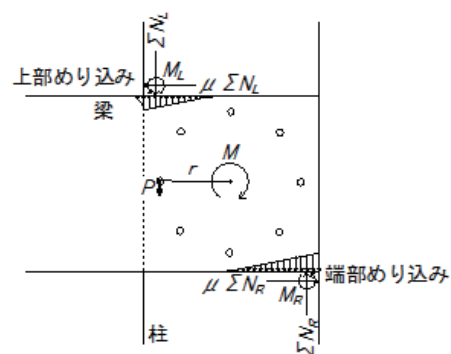
●モデル化

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。

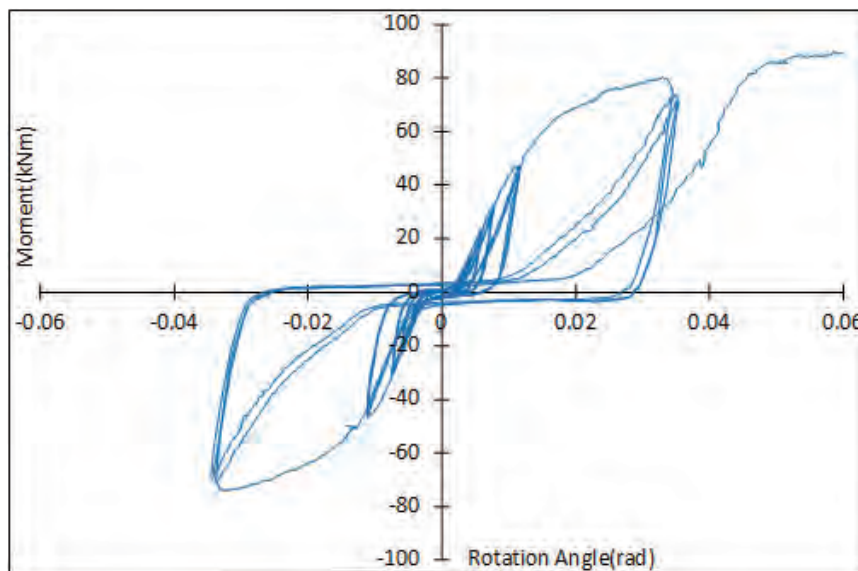
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換。



●特性値

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

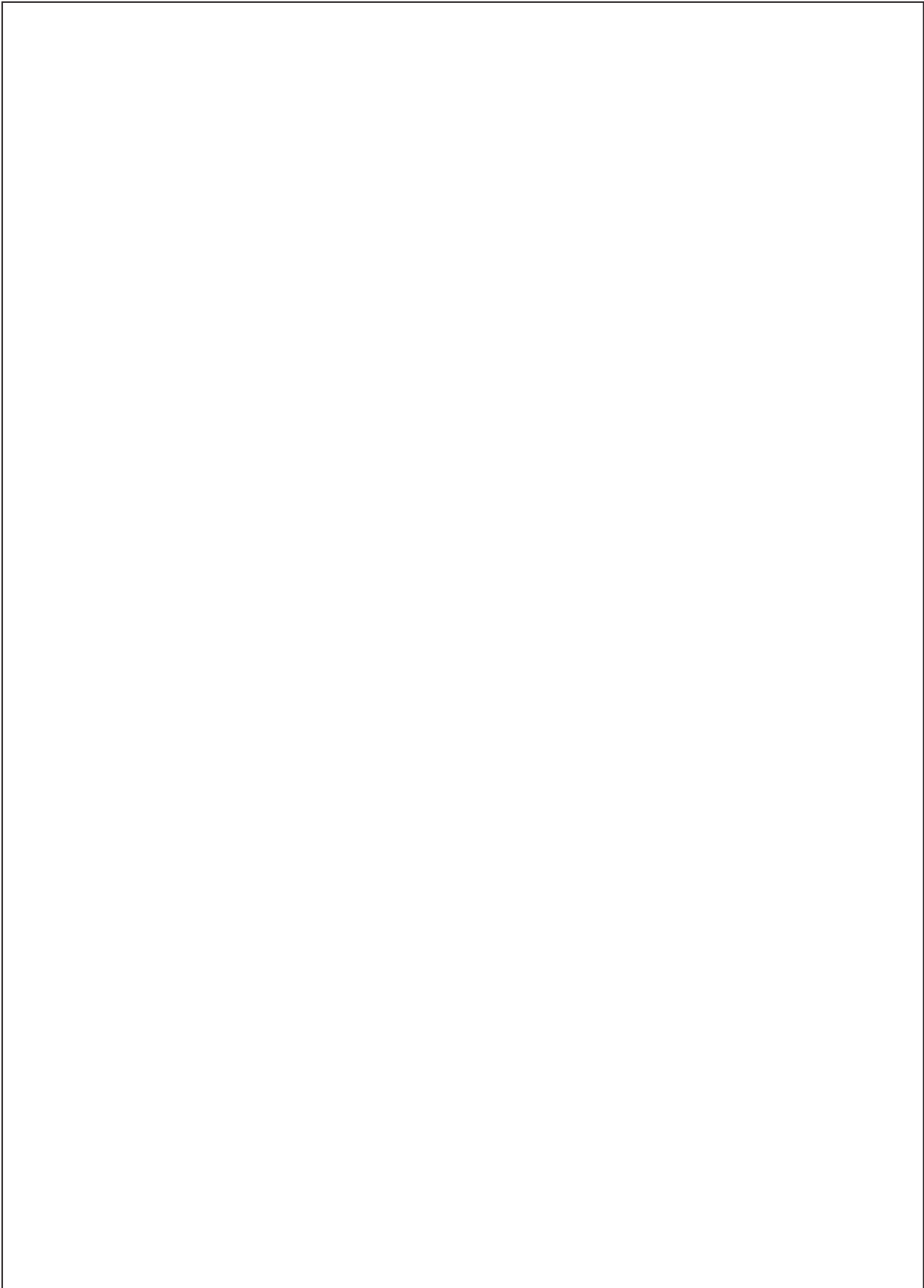
●荷重変形



●破壊性状

- ・柱木口の梁へのめり込み
- ・木栓の破断





要材
素料

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

トブ
スレ

壁

床

集
成材

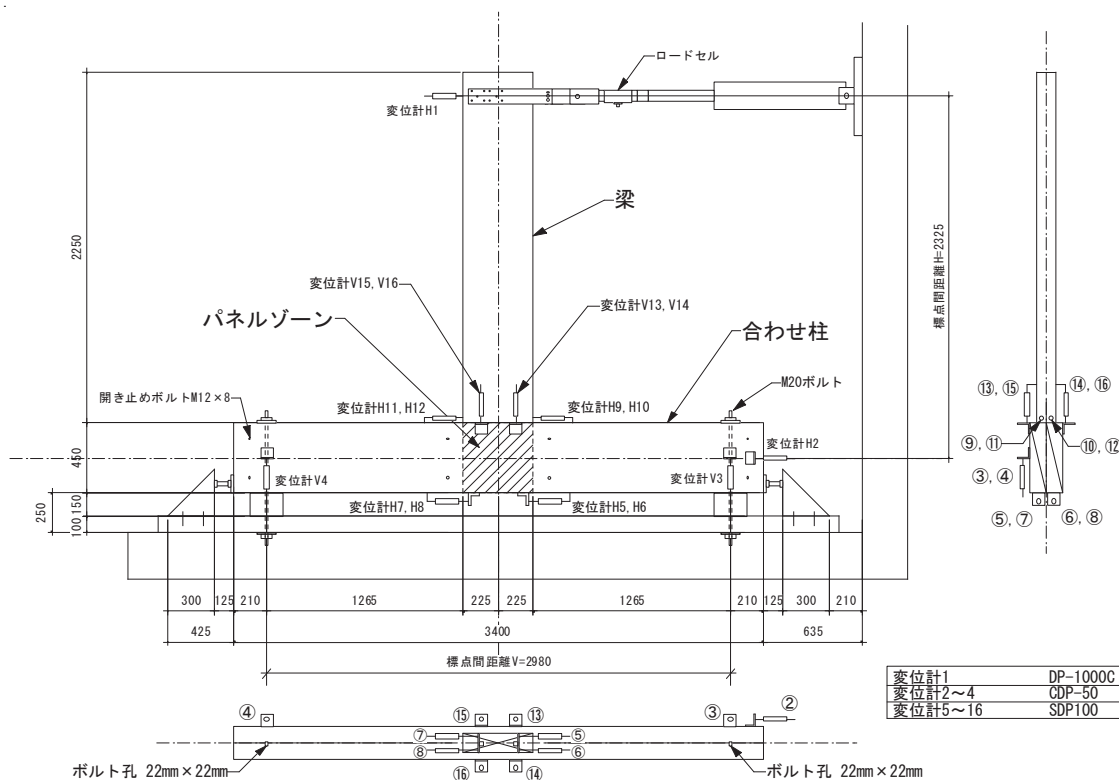
「
」

製
材

合
板

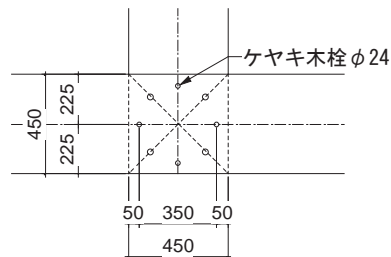
そ
の
他

● 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 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 $\geq 7d$ に従う。 $\phi 24$ 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 $\phi 24$ 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靱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、 $K_{\theta d} = \sum K_s \times r^2$ 、 $\theta_{yd} = \min. \frac{\delta_y}{r}$

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

—

要材
素材

接合具

接合部

部組
材立

屋根

柱

梁

1ブ
スレ

壁

床

集
成材

「 \sim 」
「 \sim 」

製材

合板

その他

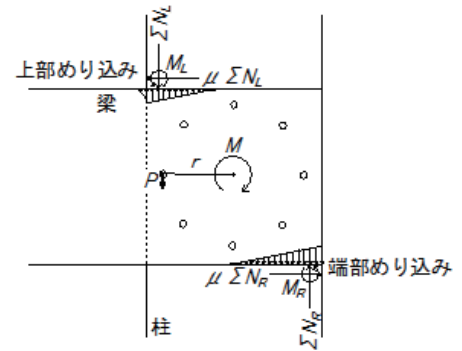
●モデル化

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経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。

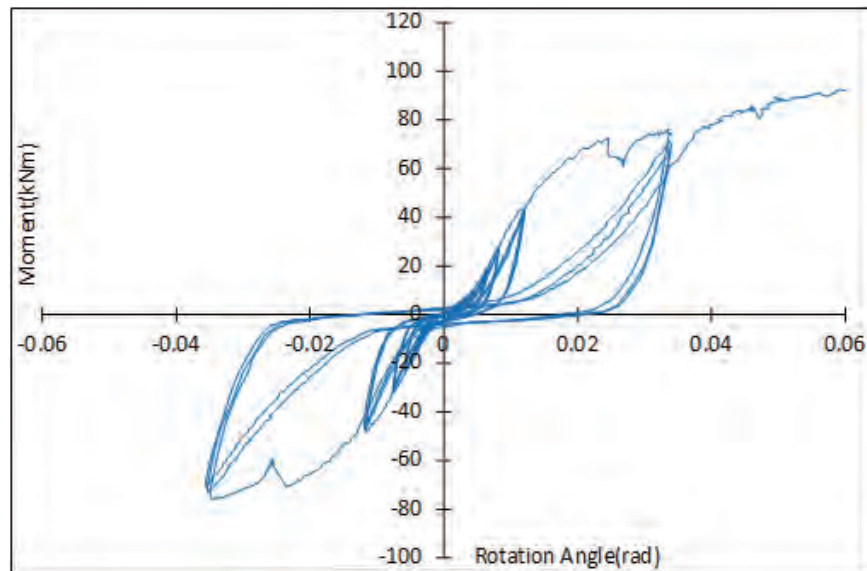
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換。



●特性値

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

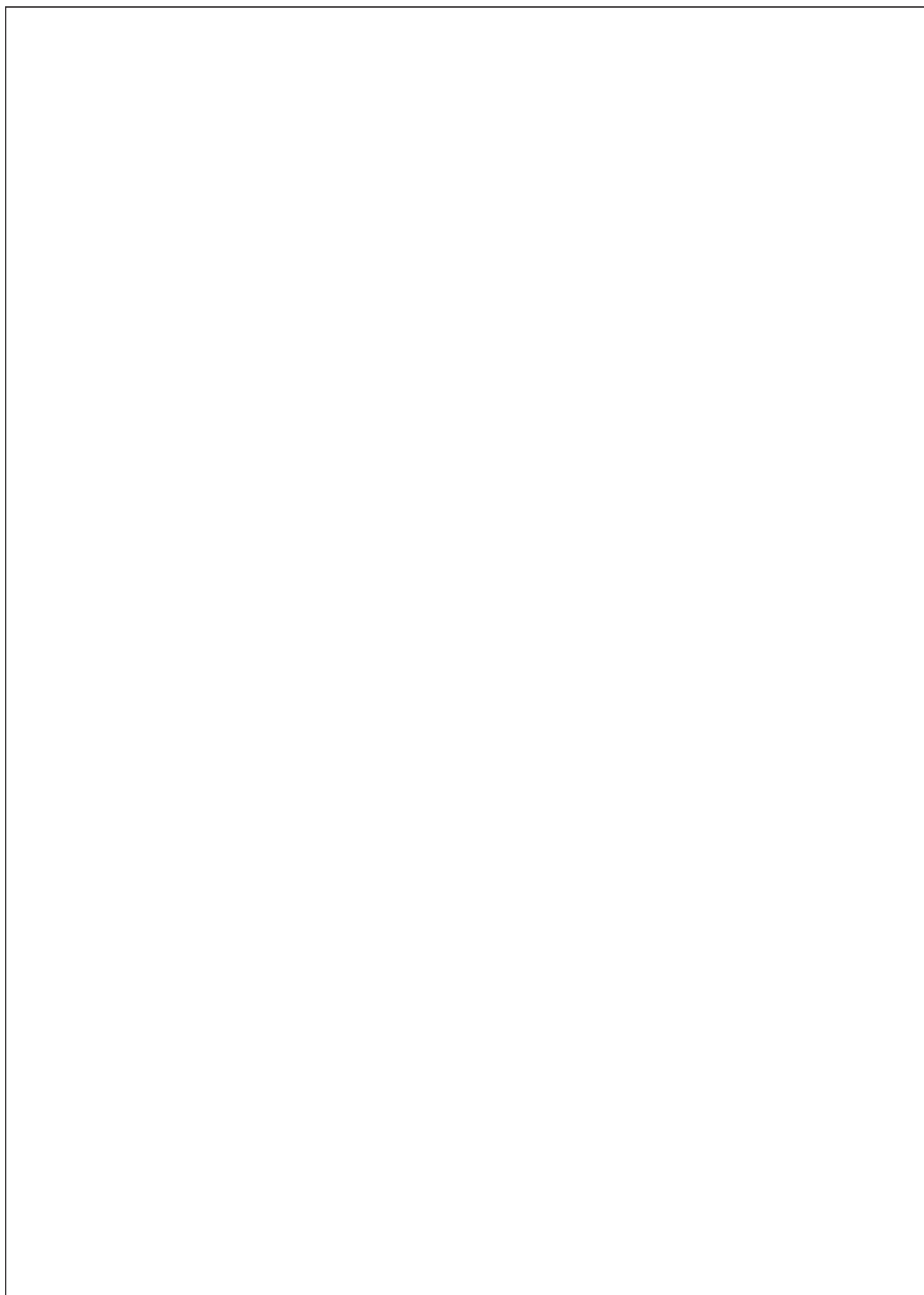
●荷重変形



●破壊性状

- ・木栓の穴同士がつながる集合型割裂破壊





要材
素料

接合
具

**接合
部**

部組
材立

屋根

柱

梁

トブ
スレ

壁

床

**集
成材**

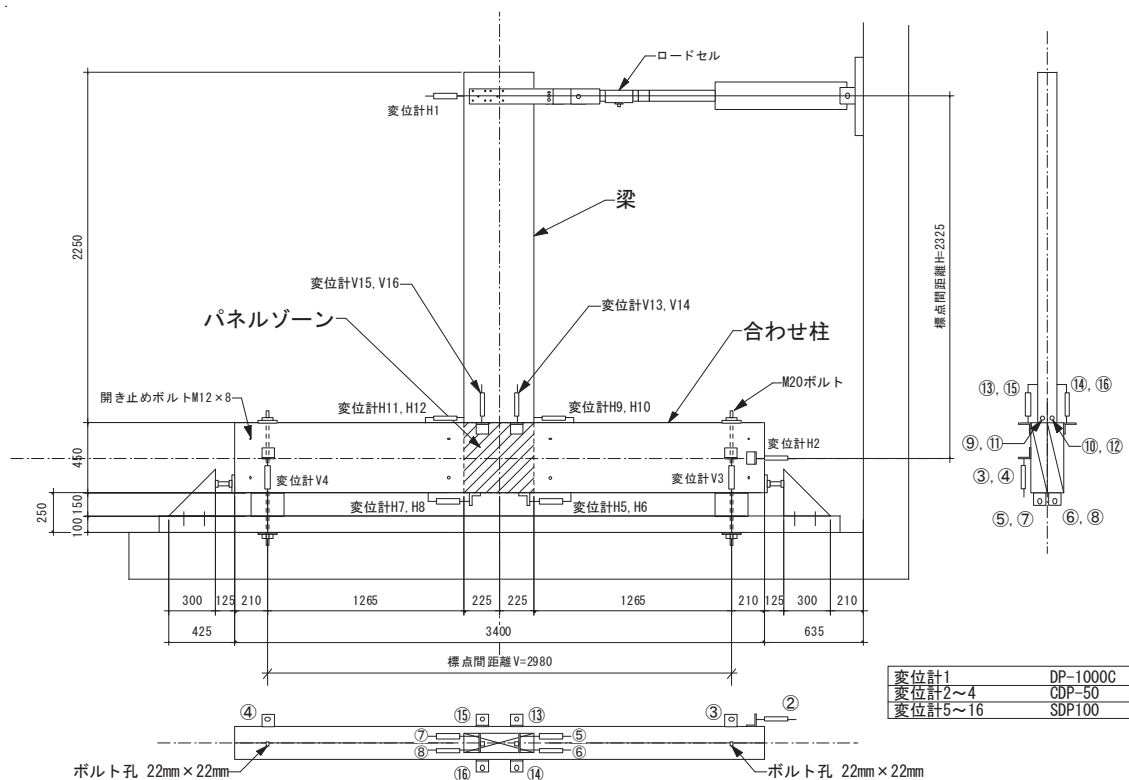
「**△**」

製材

合板

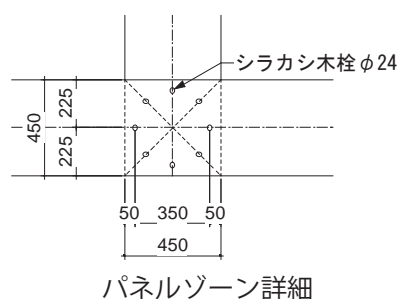
その他

● 姿図・寸法



【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



● 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 $\geq 7d$ に従う。 $\phi 24$ 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 $\phi 24$ 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靱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、 $K_{\theta d} = \sum K_s \times r^2$ 、 $\theta_{yd} = \min. \frac{\delta_y}{r}$

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

—

要材
素材

接合具

接合部

部組
材立

屋根

柱

梁

1ブ
スレ

壁

床

集
成材

「
」
「
」

製
材

合
板

そ
の
他

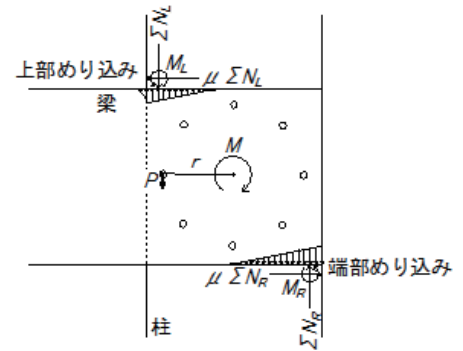
●モデル化

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経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。

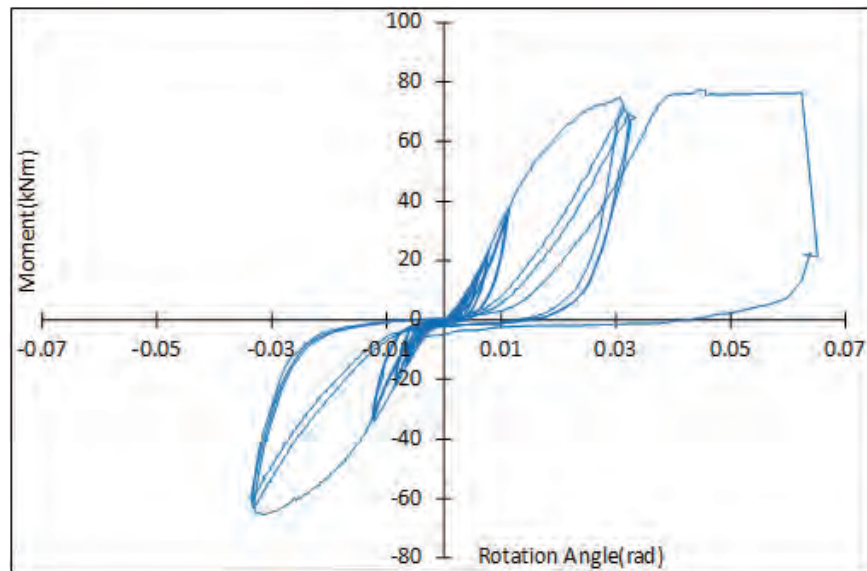
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換。



●特性値

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

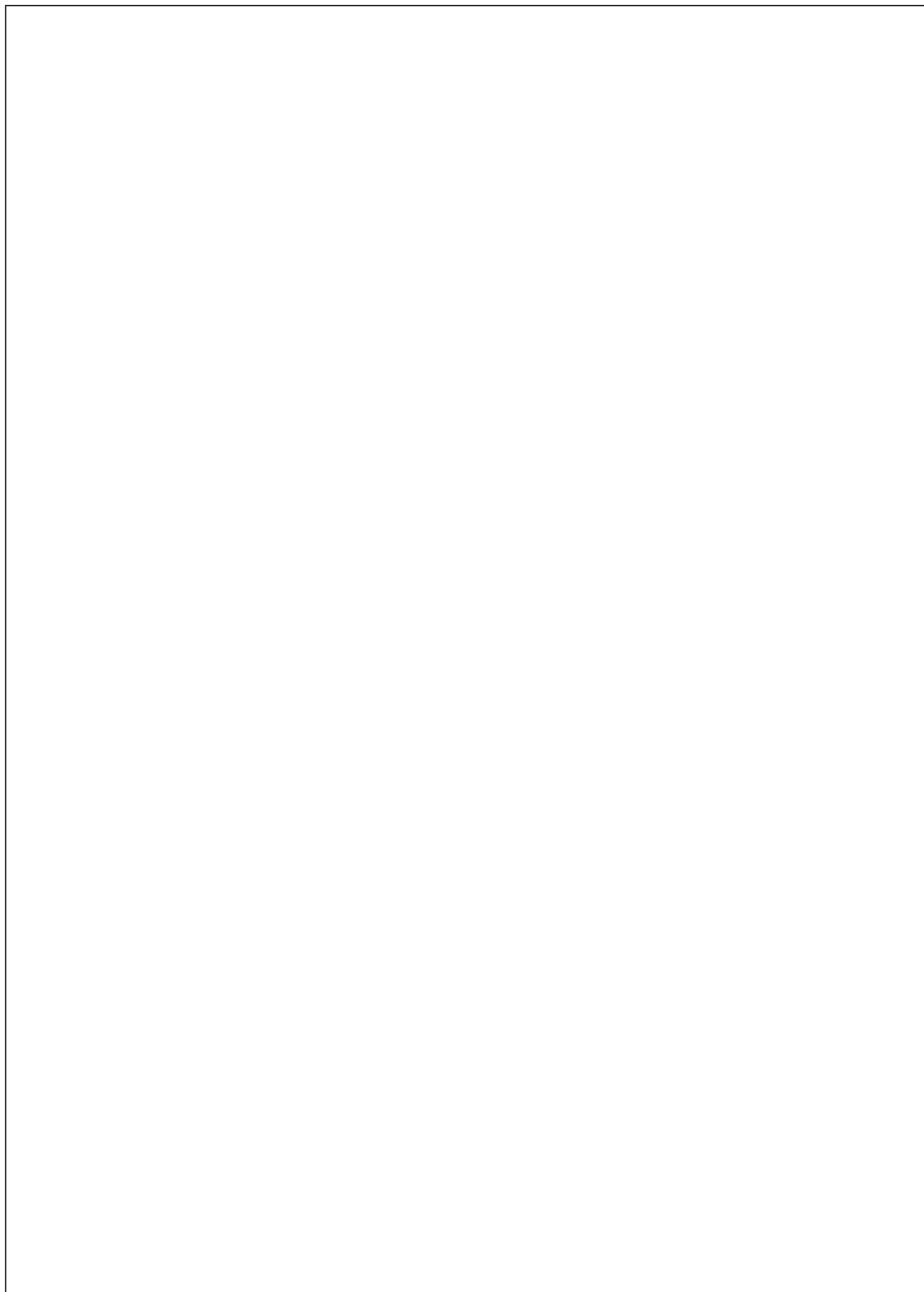
●荷重変形



●破壊性状

- ・木栓の穴同士がつながる集合型割裂破壊





要材
素料

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

トブ
スレ

壁

床

集
成材

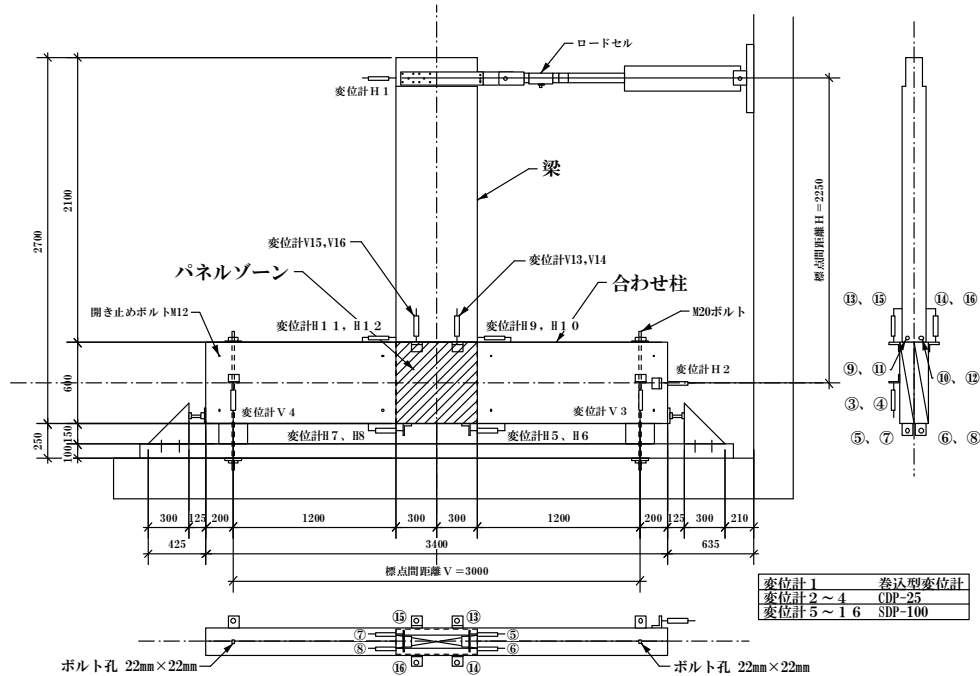
「
」

製
材

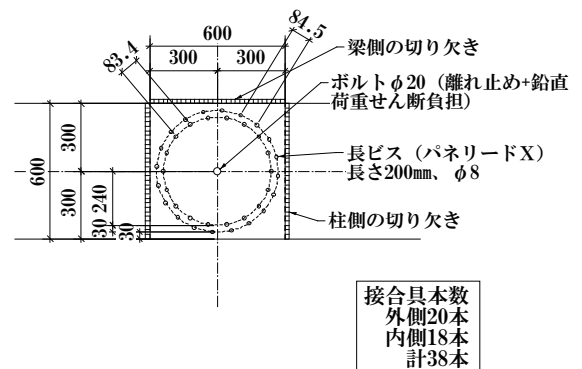
合
板

そ
の
他

● 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) φ8、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 $\geq 7d$ 、縁距離 $\geq 4d$ 、接合具間隔 $\geq 4d$ 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科学研究室 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

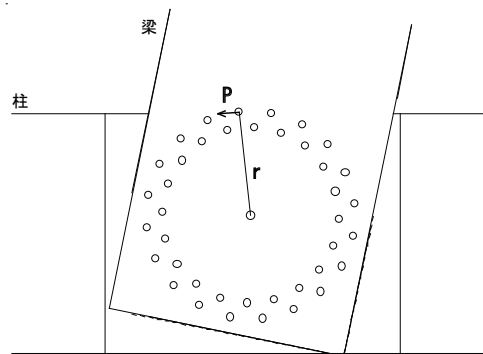
M_y : 接合部全体での降伏モーメント

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

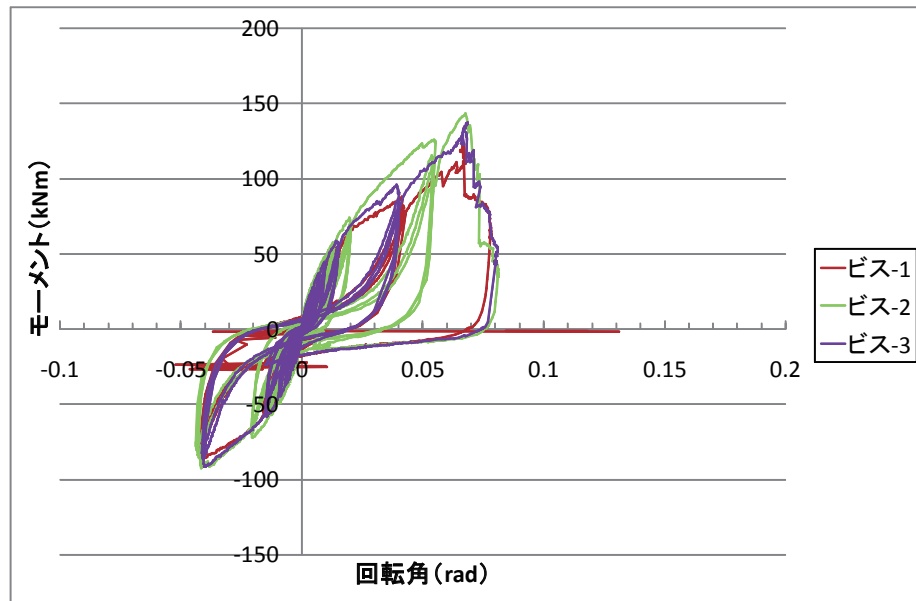
仕様3 ビス (パネリード X) (ビスのせん断抵抗のみ)



● 特性値

	K_{θ} (kNm/rad)	$K_{\theta 2}$ (kNm/rad)	M_{max} (kNm)	M_y (kNm)	θ_y ($\times 10^{-3}$ rad)	M_v (kNm)	θ_v (rad)	M_u (kNm)	θ_u ($\times 10^{-3}$ rad)	
1	3880	1021	124	51	13.1	61	15.8	124	66.9	
2	4369	2004	144	55	12.1	58	13.2	144	67.6	
ビス	3	4090	1339	138	58	14.1	63	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

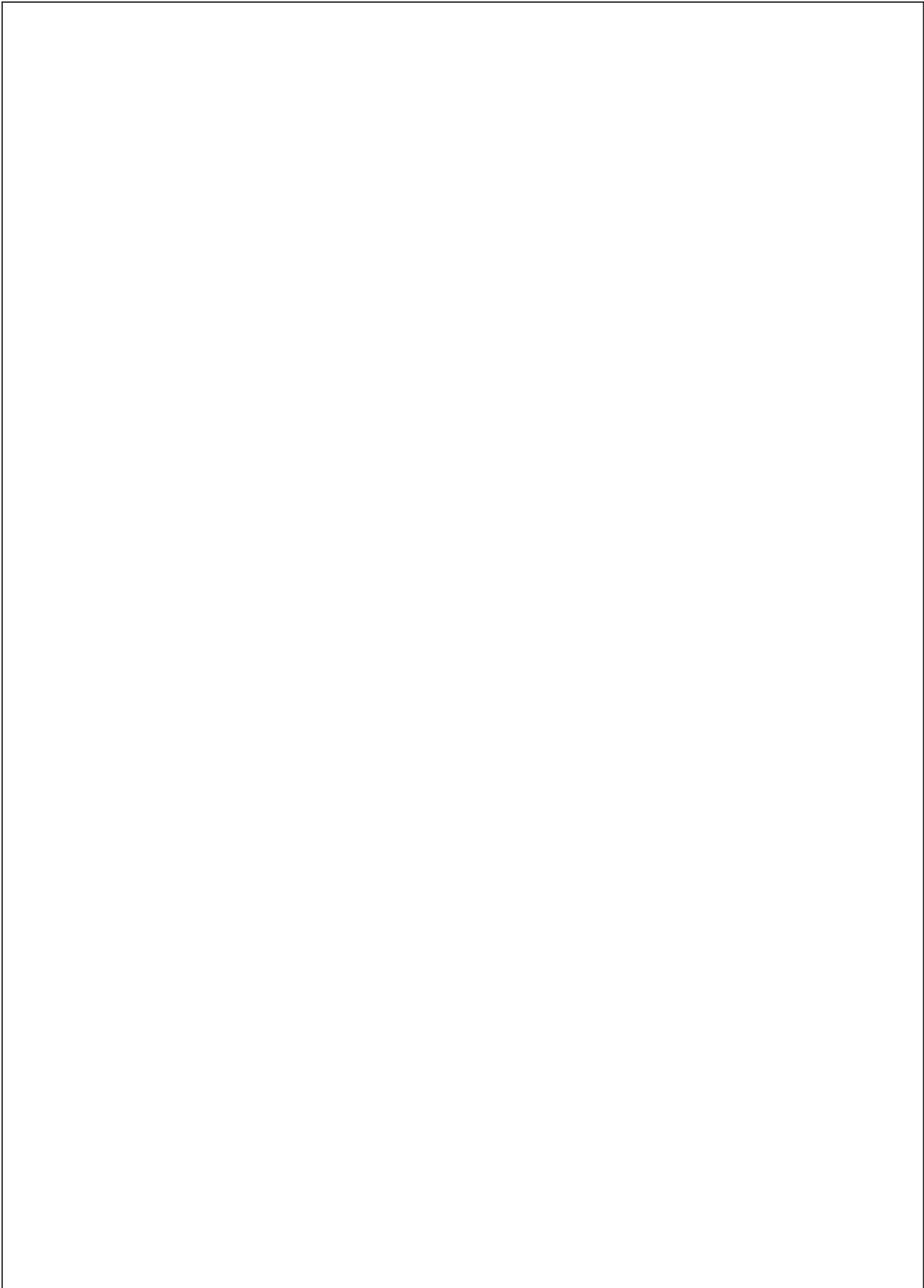
- ・ 梁部材の曲げ破壊。柱部材の繊維方向の割裂。ビスの塑性変形。



接合部表側 (ビス -3)



パネルゾーン (ビス -2)



要材
素料

接
合
具

接
合
部

部
組
材
立

屋
根

柱

梁

ト
ブ
ス
レ

壁

床

集
成
材

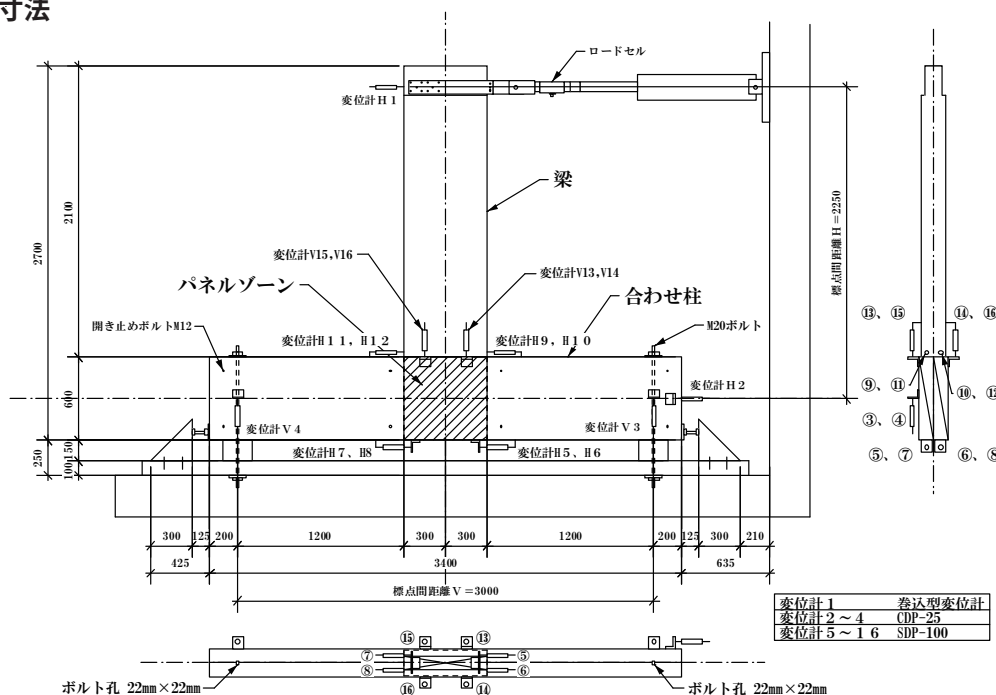
「
」
「
」

製
材

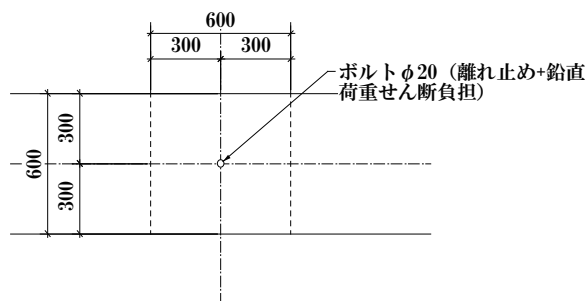
合
板

そ
の
他

● 姿図・寸法



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の部分で柱・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 $K_{\theta} = \sum K_{\theta_f}$ 、 $\theta_y = \min.\theta_{y_f}$ 、 $M_y = K_{\theta} \times \theta_y$ 、 $M_u = \sum M_{uf}$

K_{θ_f} ：1 接合要素の接合部回転剛性

θ_{y_f} ：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

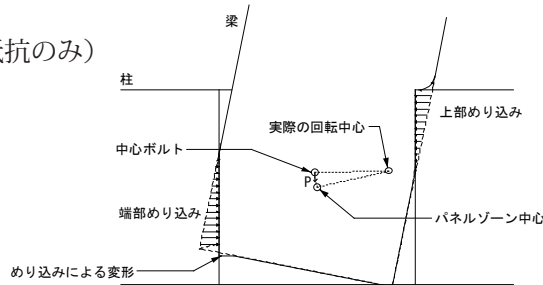
M_y ：接合部全体での降伏モーメント

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

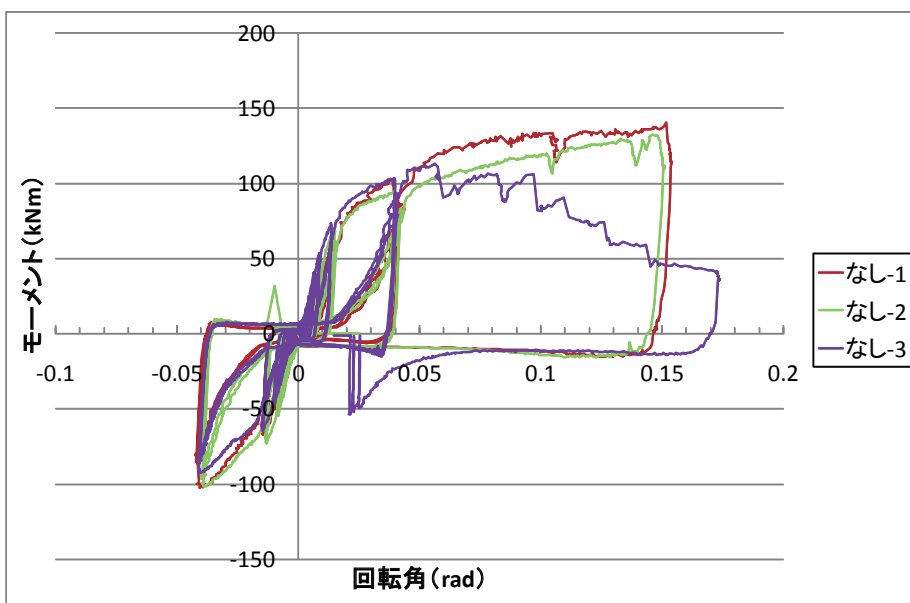
仕様4 接合具なし（柱梁界面のめり込み抵抗のみ）



● 特性値

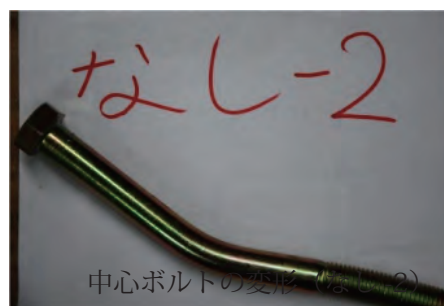
	K_{θ} (kNm/rad)	M_{max} (kNm)	M_y (kNm)	θ_y ($\times 10^{-3}$ rad)	M_u (kNm)	θ_u ($\times 10^{-3}$ rad)
	1	4825	141	72	18.1	123
	2	4557	132	68	15.0	110
なし	3	5691	113	61	10.7	99
	Ave.	5024	129	67	14.6	111
	S.D.	484	12	5	3.0	9

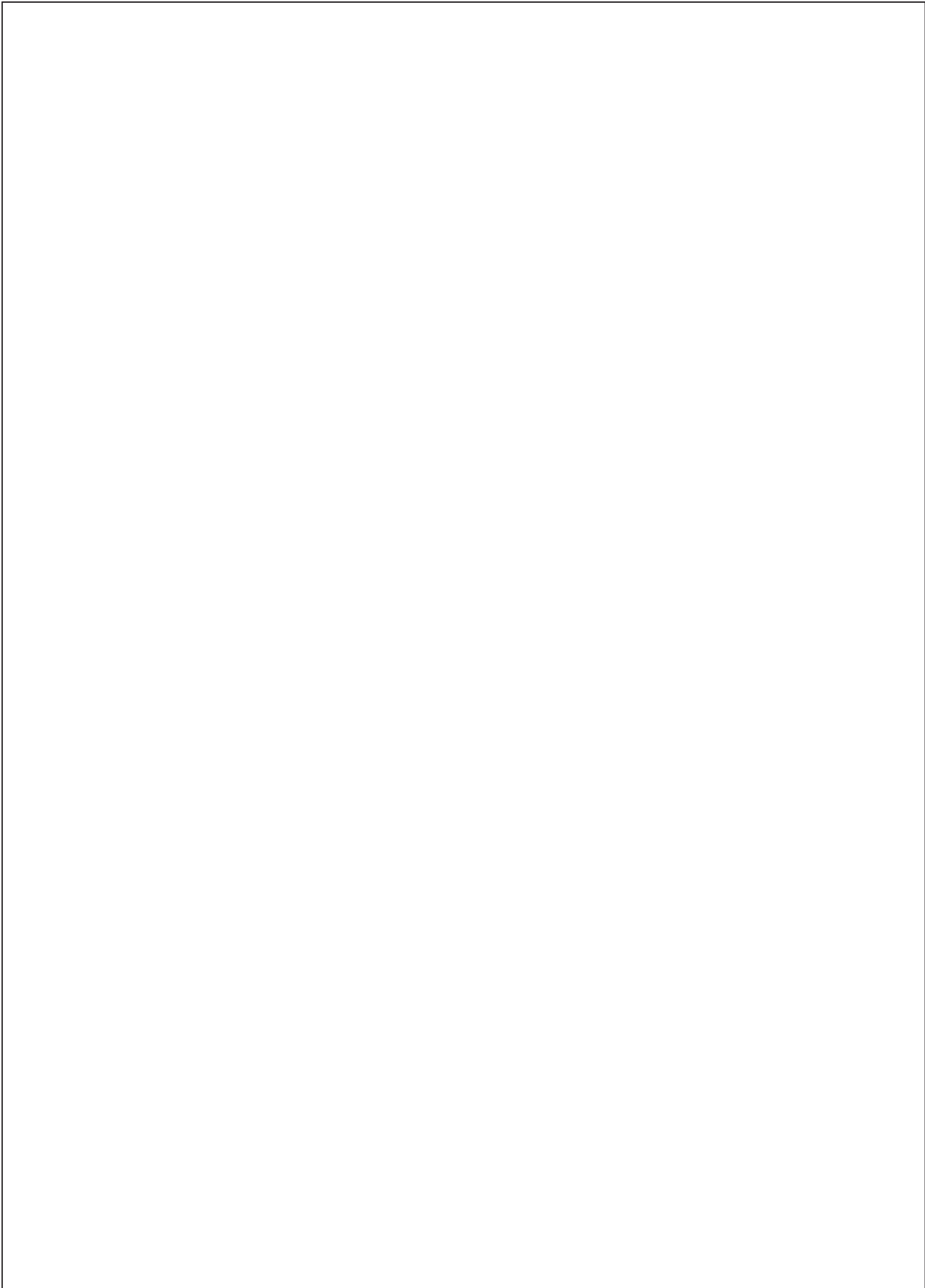
● 荷重変形



● 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。





要材
素料

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

トブ
スレ

壁

床

集
成材

「
」

製
材

合
板

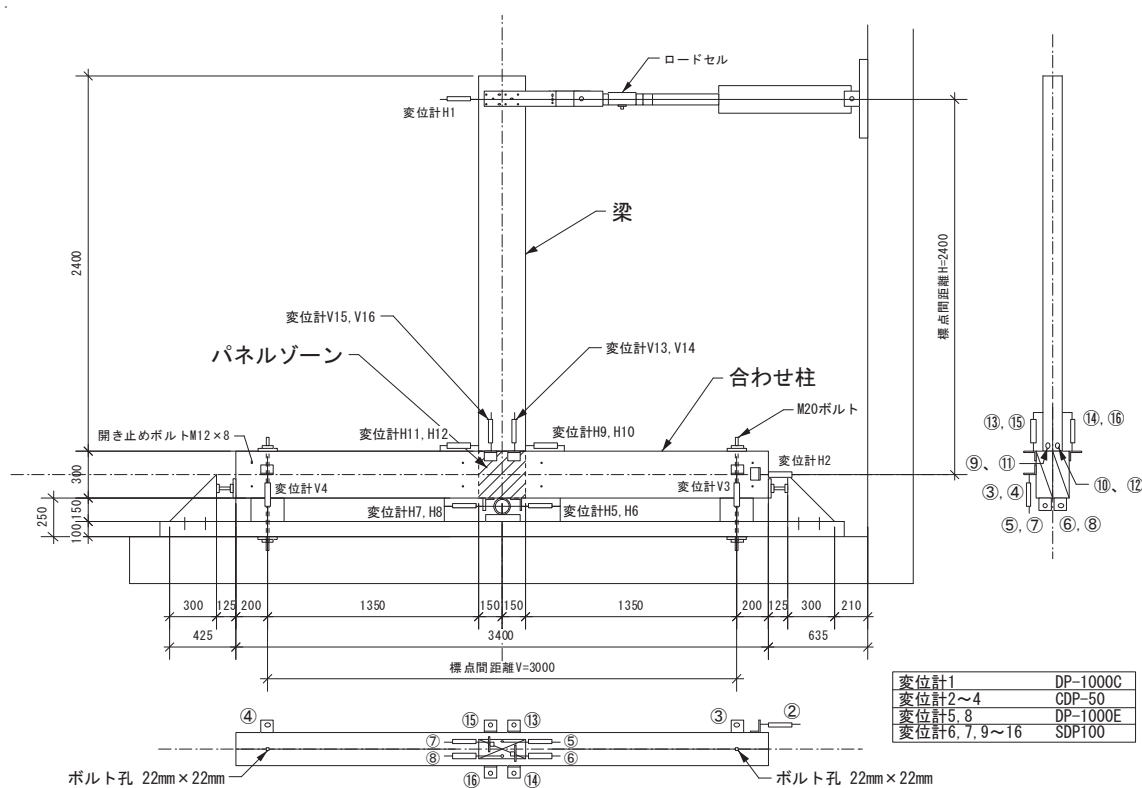
そ
の
他

● 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 までは降伏後の靱性含めて検証済み。

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。

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

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

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

ここで、

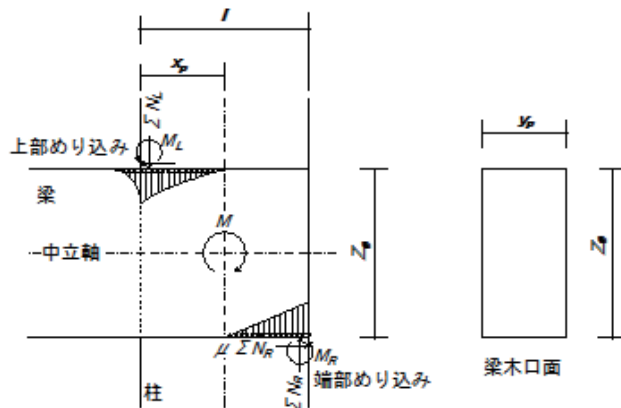
$$E_{90} = \frac{1}{50} E_0, \quad F_m = \frac{2.4}{3} F_{cv} (\text{めり込み強度}), \quad C_{xm} = 1 + \frac{4Z_0}{3x_p}, \quad C_{ym} = 1 + \frac{4Z_0}{3ny_p}$$

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

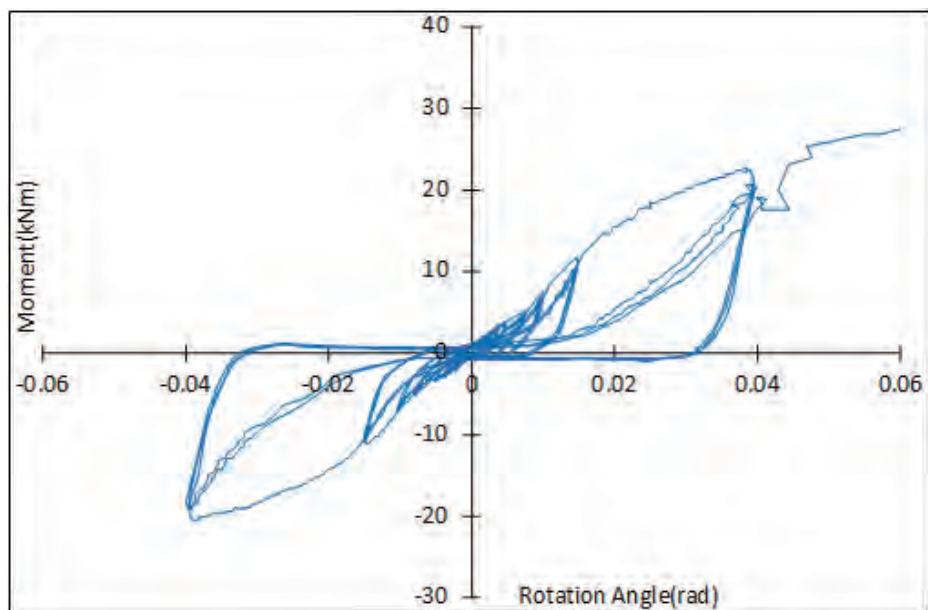
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換



●特性値

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

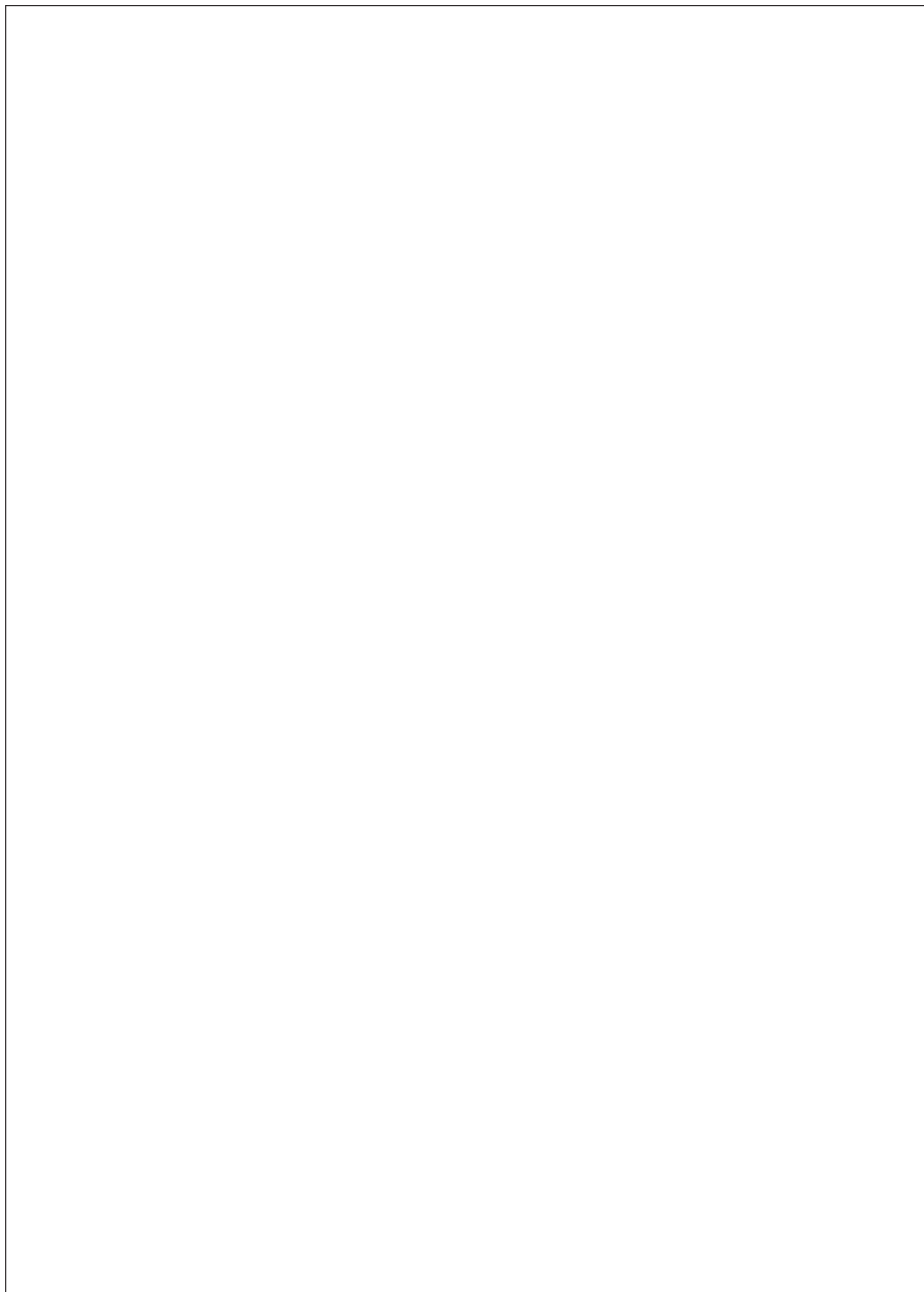
● 荷重変形



● 破壊性状

- ・ 柱木口の梁へのめり込み
- ・ 梁木口の開き





要材
素料

接合
具

接合
部

部組
材立

屋根

柱

梁

トブ
スレ

壁

床

集
成材

「
」

製
材

合
板

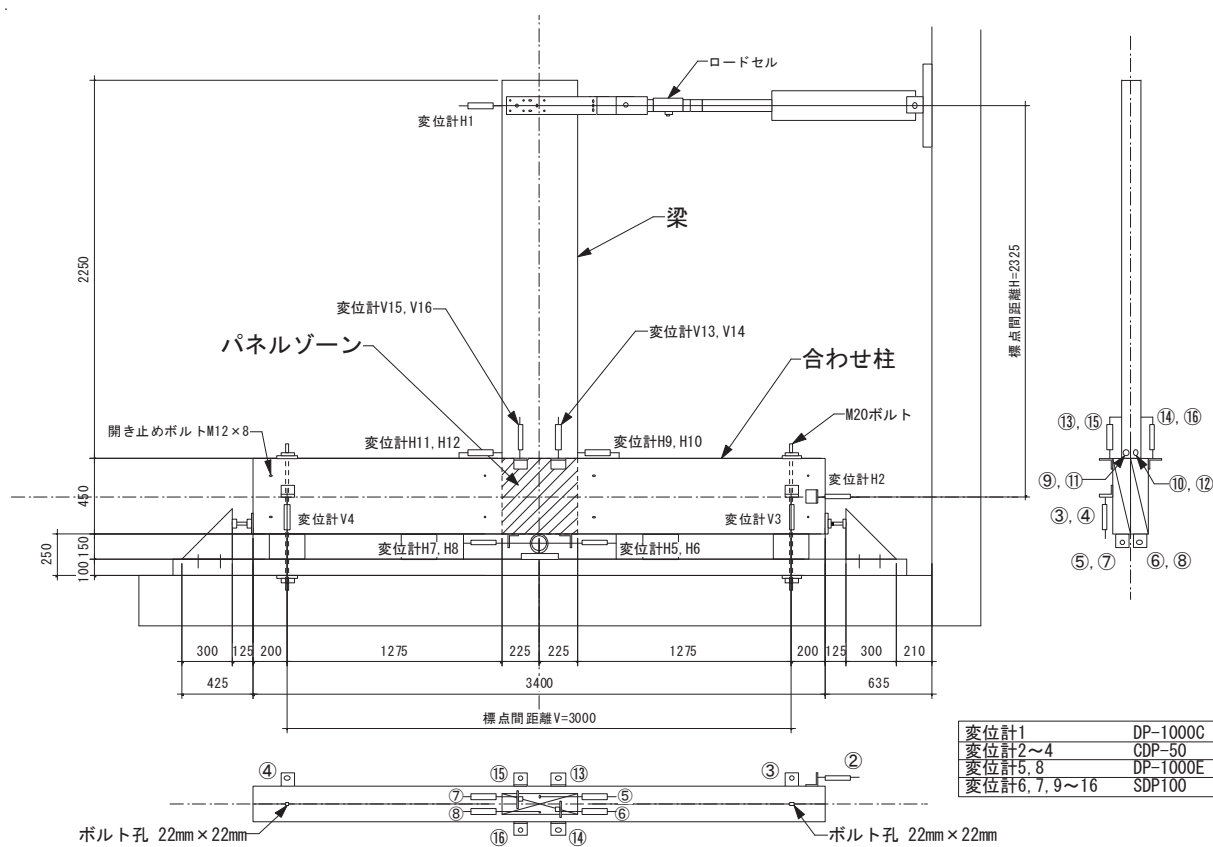
そ
の
他

● 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 までは降伏後の靱性含めて検証済み。

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

- 要材
素
- 接合
具
- 接合
部
- 部組
材立
- 屋根
- 柱
- 梁
- Iブ
スレ
- 壁
- 床
- 集
成材
- LVL
- 製材
- 合板
- その他

● 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。

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

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

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

ここで、

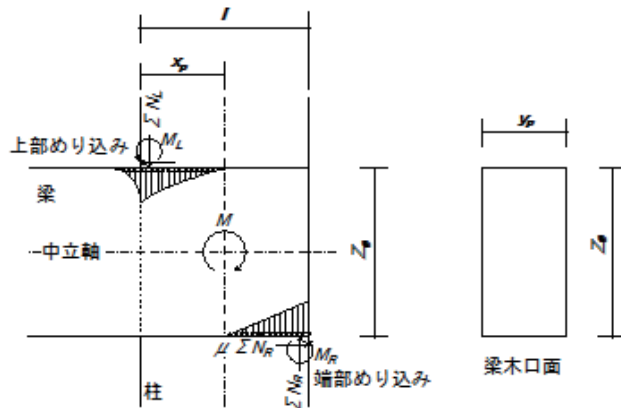
$$E_{90} = \frac{1}{50} E_0、 F_m = \frac{2.4}{3} F_{cv} (\text{めり込み強度})、 C_{xm} = 1 + \frac{4Z_0}{3x_p}、 C_{ym} = 1 + \frac{4Z_0}{3ny_p}$$

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

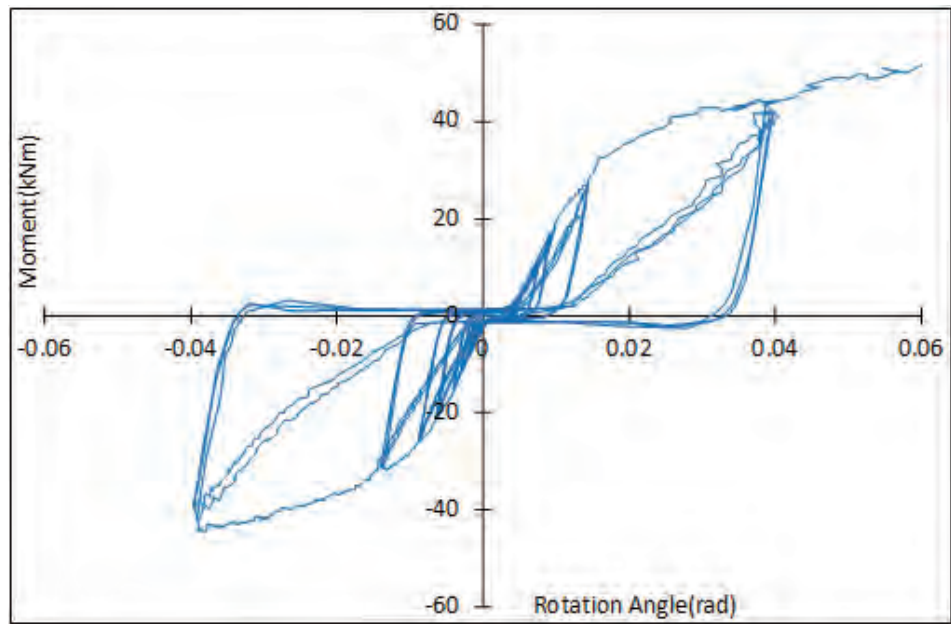
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換



● 特性値

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

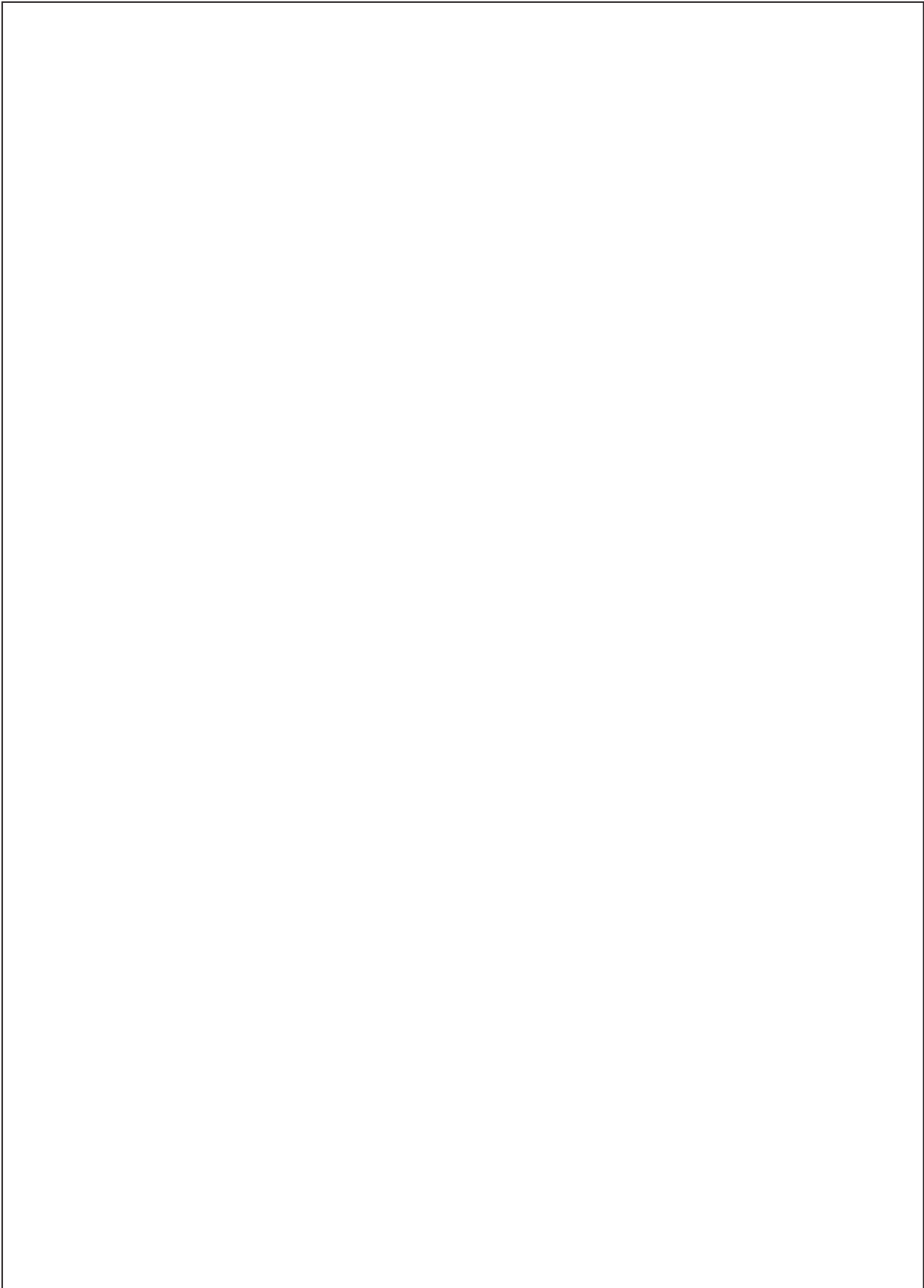
● 荷重変形



● 破壊性状

- ・ 柱木口の梁へのめり込み
- ・ 梁木口の開き





要材
素料

接
合
具

接
合
部

部
組
材
立

屋
根

柱

梁

ト
ブ
ス
レ

壁

床

集
成
材

「
」
」

製
材

合
板

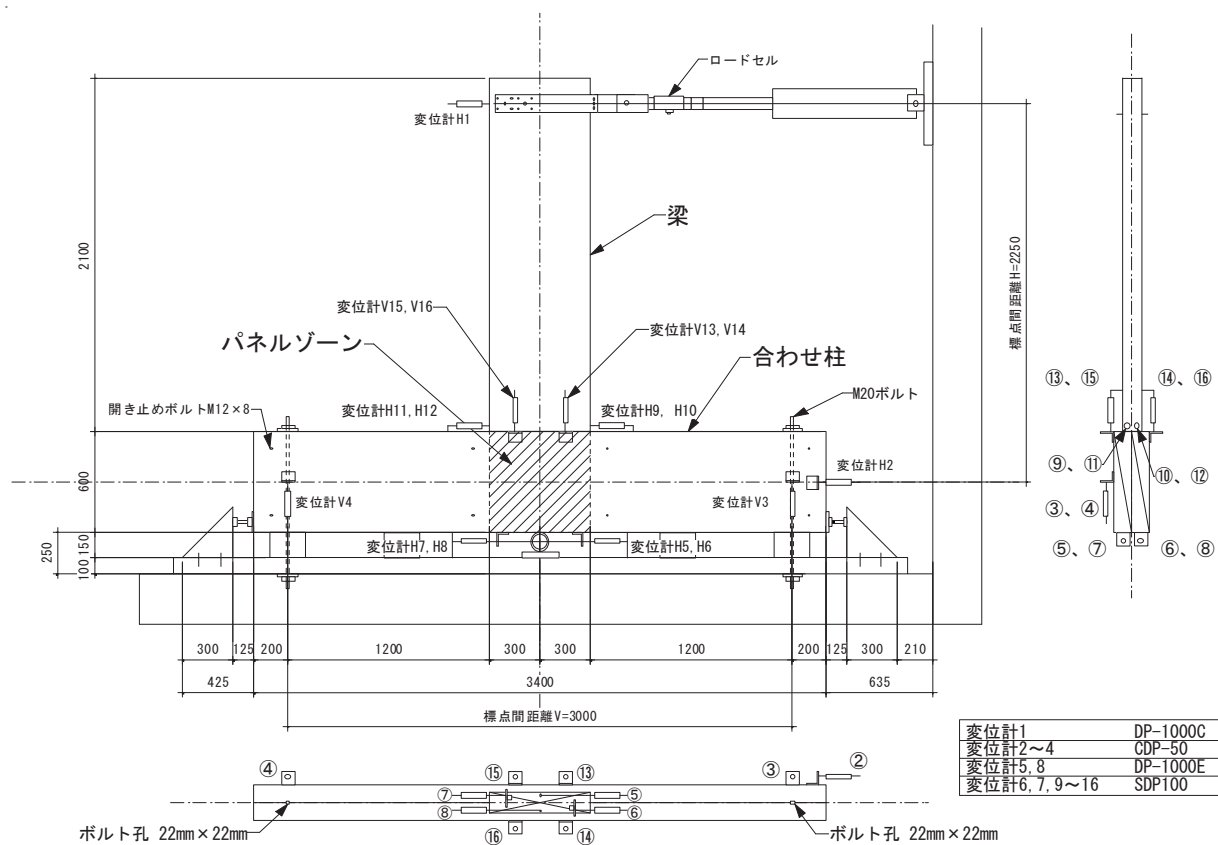
そ
の
他

● 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 までは降伏後の靱性含めて検証済み。

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

要材
素材
接合具
接合部
部組材
屋根
柱
梁
1ブスレ
壁
床
集材
LVL
製材
合板
その他

● 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。

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

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

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

ここで、

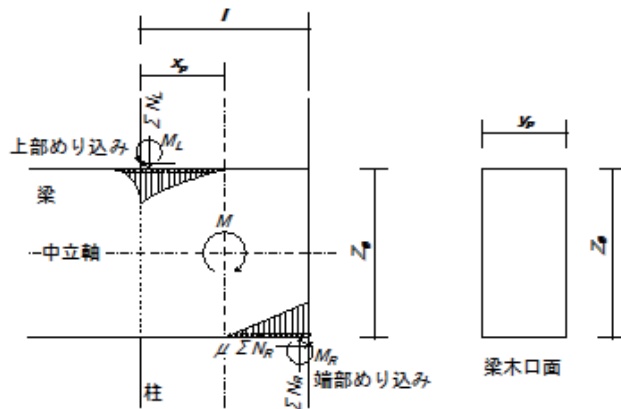
$$E_{90} = \frac{1}{50} E_0, \quad F_m = \frac{2.4}{3} F_{cv} (\text{めり込み強度}), \quad C_{xm} = 1 + \frac{4Z_0}{3x_p}, \quad C_{ym} = 1 + \frac{4Z_0}{3ny_p}$$

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

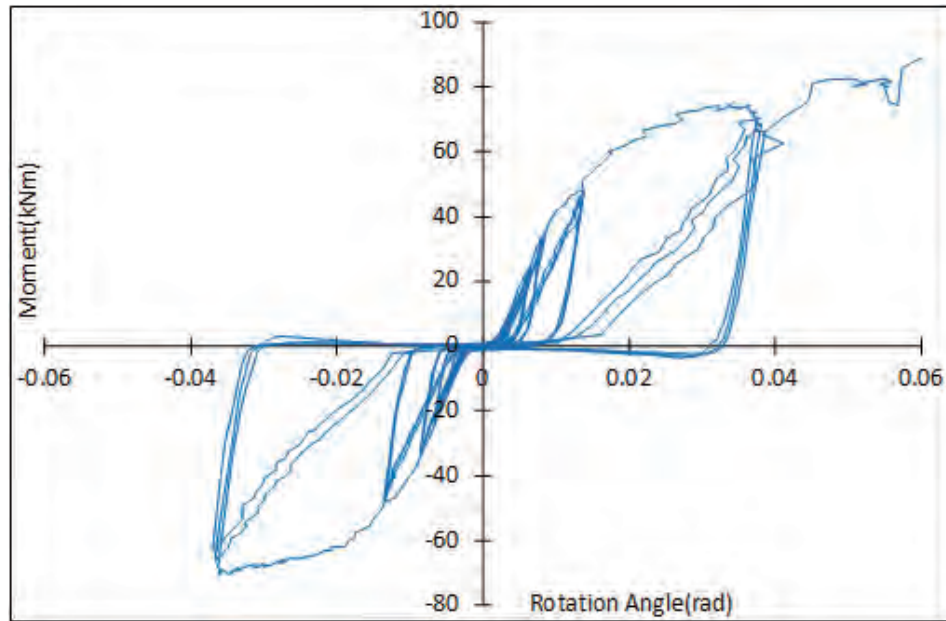
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換



● 特性値

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

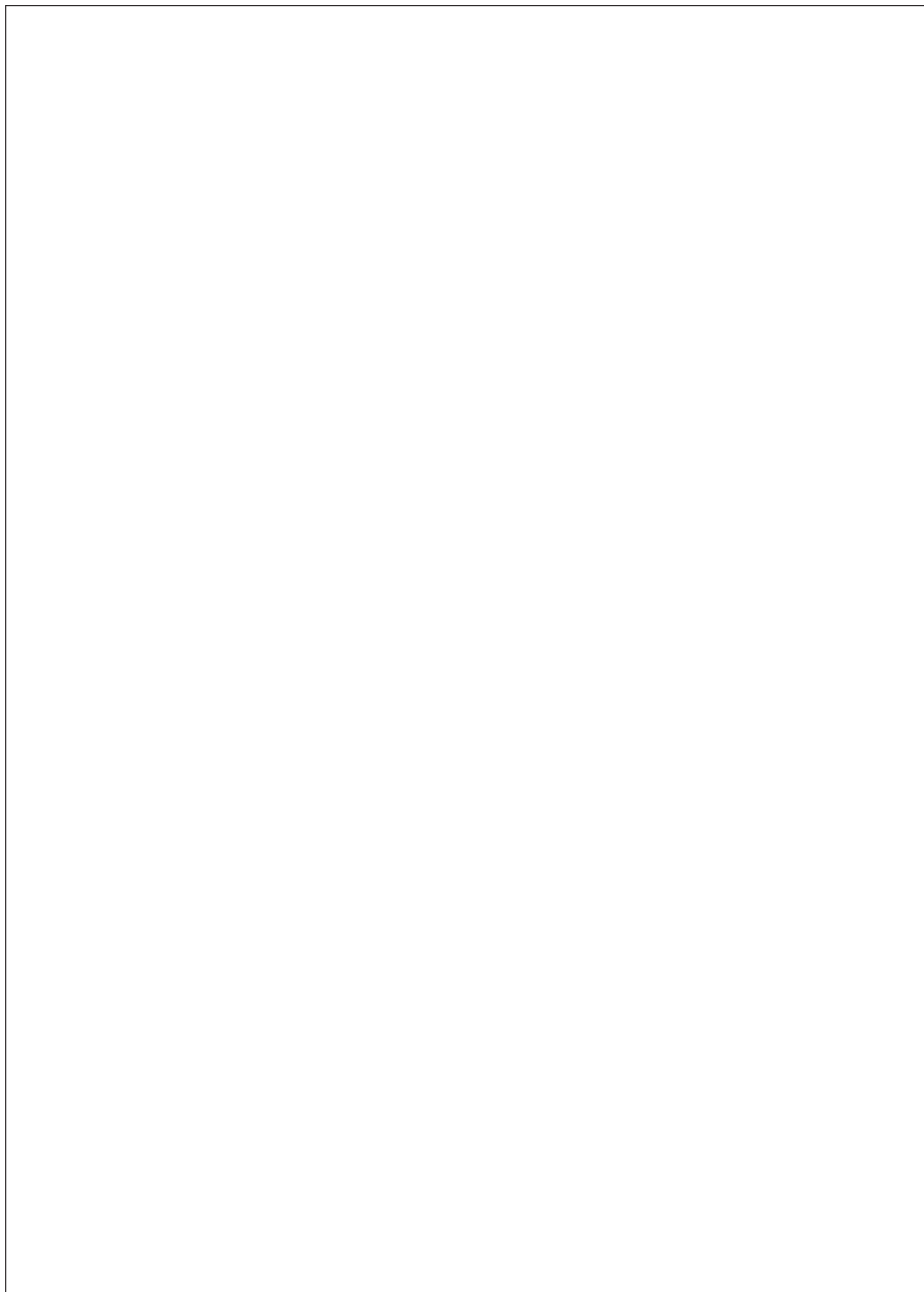
● 荷重変形



● 破壊性状

- ・ 柱木口の梁へのめり込み
- ・ 梁木口の開き





要材
素料

接
合
具

接
合
部

部
組
材
立

屋
根

柱

梁

ト
ブ
ス
レ

壁

床

集
成
材

「
」
」

製
材

合
板

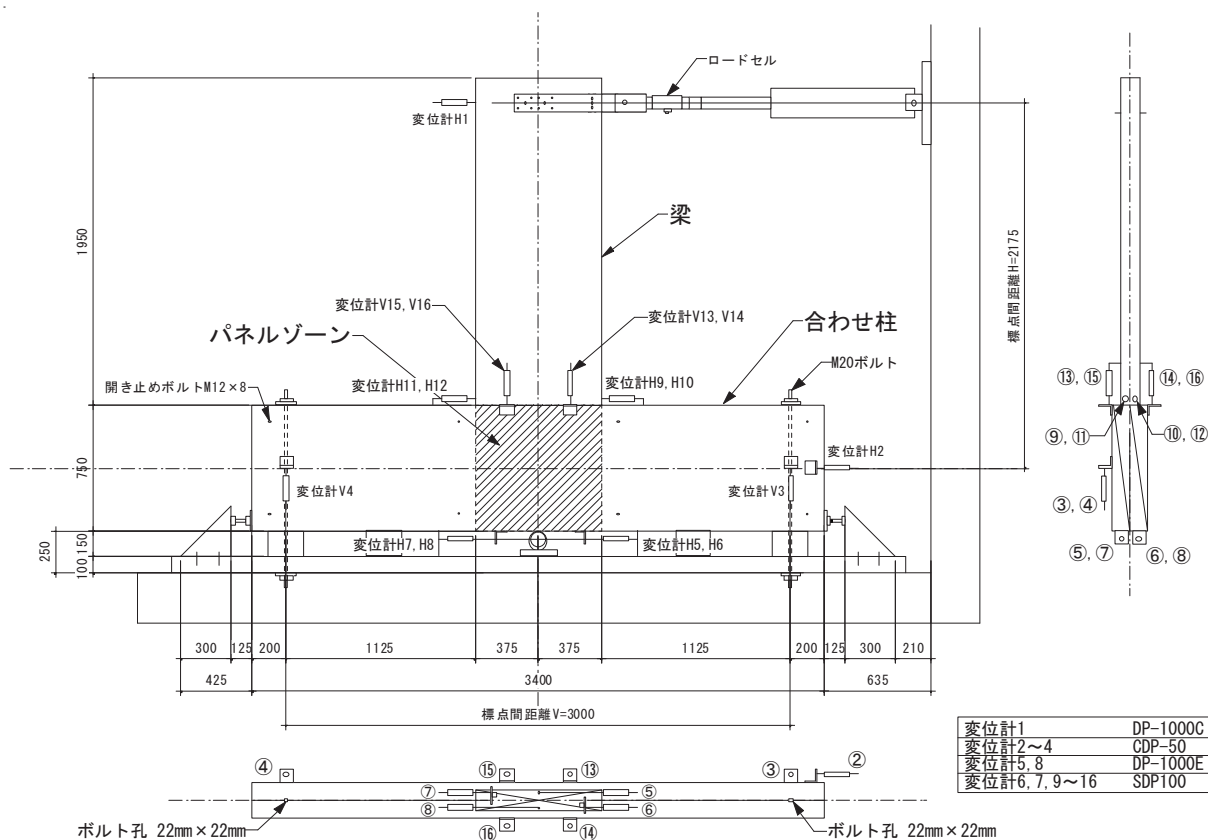
そ
の
他

● 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 までは降伏後の靱性含めて検証済み。

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

要材
素材
接合具
接合部
部組材立
屋根
柱
梁
1ブスレ
壁
床
集材
LVL
製材
合板
その他

● 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。

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

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

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

ここで、

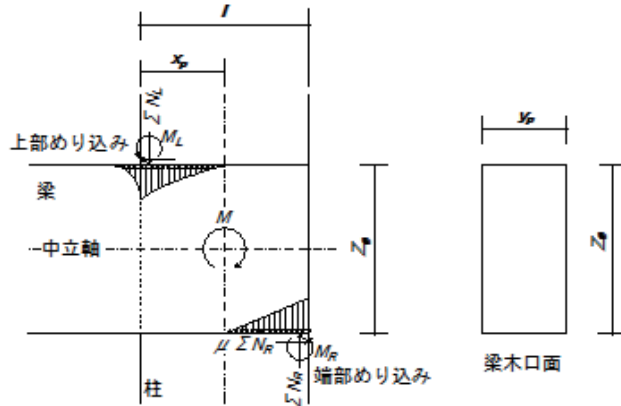
$$E_{90} = \frac{1}{50} E_0, \quad F_m = \frac{2.4}{3} F_{cv} (\text{めり込み強度}), \quad C_{xm} = 1 + \frac{4Z_0}{3x_p}, \quad C_{ym} = 1 + \frac{4Z_0}{3ny_p}$$

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

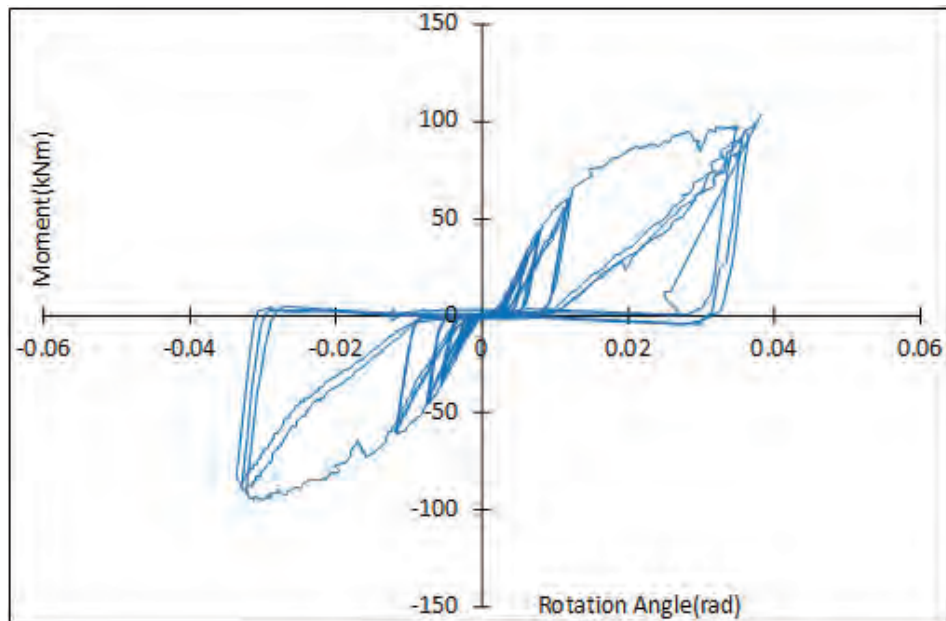
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換



● 特性値

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

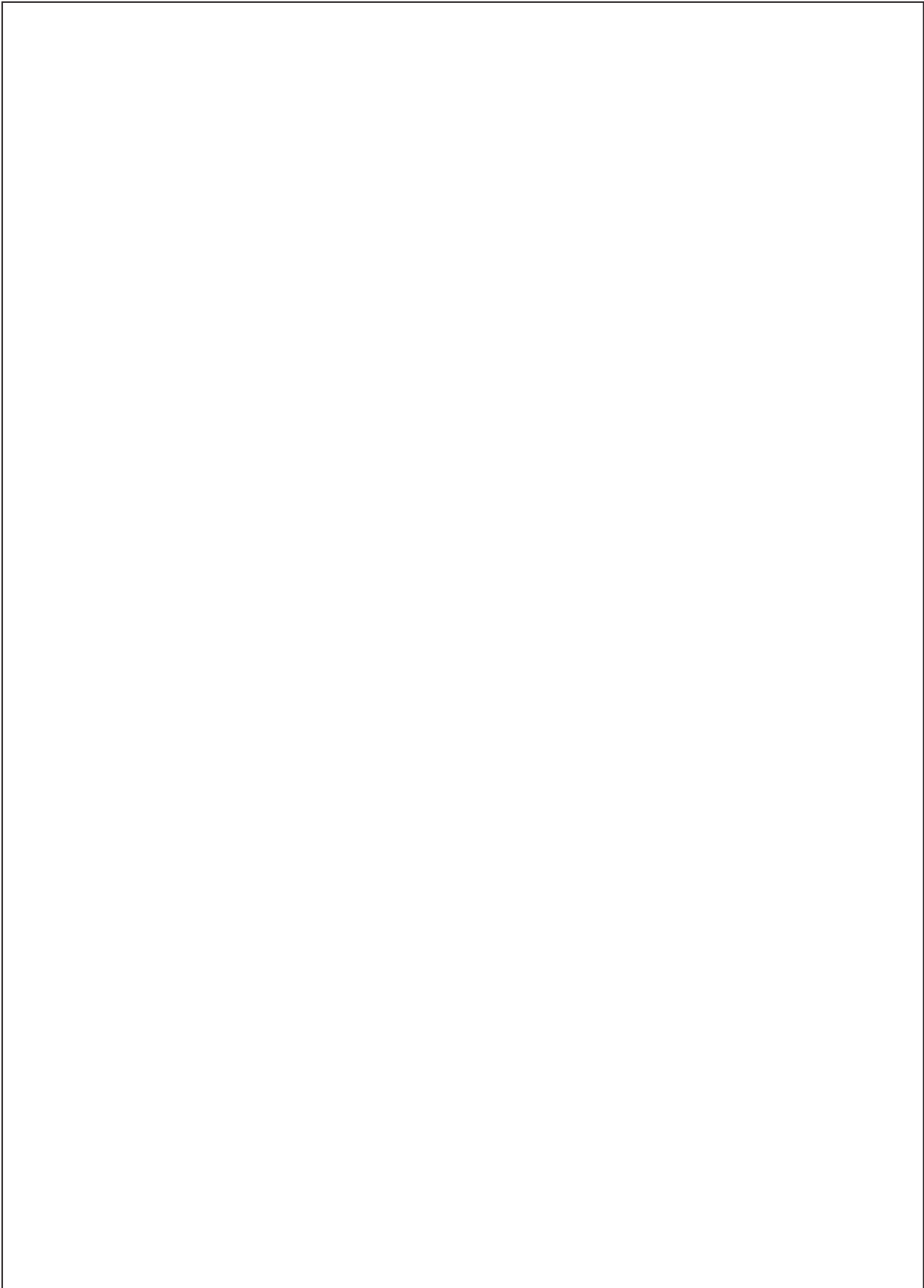
● 荷重変形



● 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。





要材
素料

接
合
具

接
合
部

部
組
材
立

屋
根

柱

梁

ト
ブ
ス
レ

壁

床

集
成
材

「
」
」

製
材

合
板

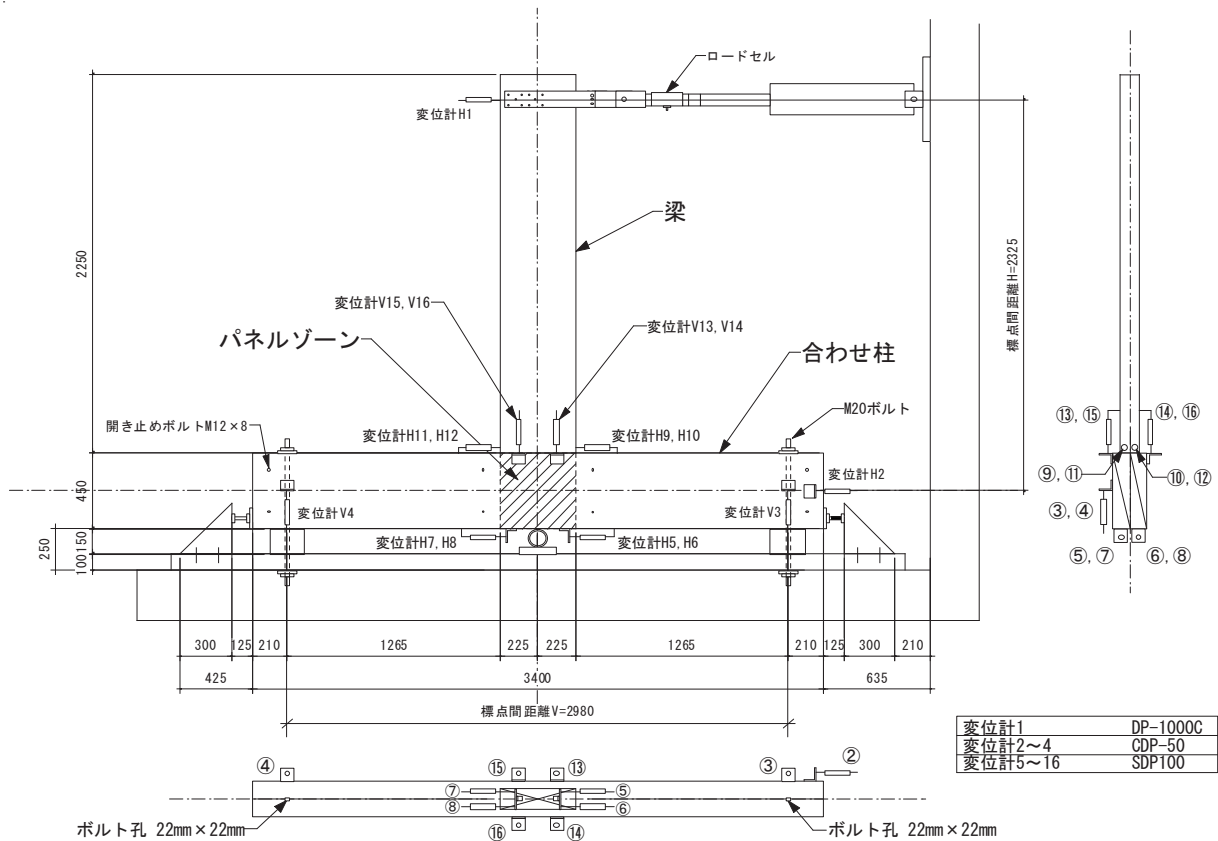
そ
の
他

● 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 までは降伏後の靱性含めて検証済み。

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

要材
素材
接合具
接合部
部組材
材立
屋根
柱
梁
1ブスレ
壁
床
集材
材
LVL
製材
合板
その他

● 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。

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

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

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

ここで、

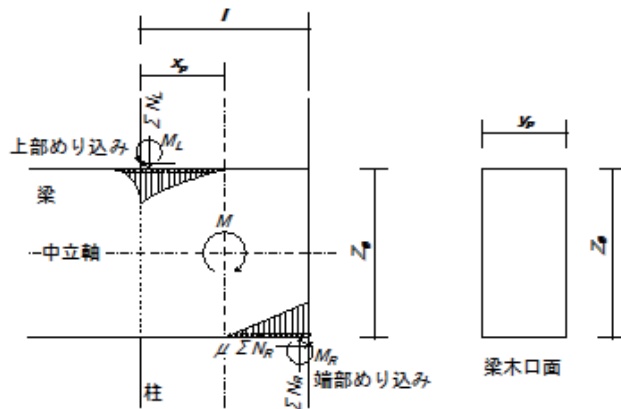
$$E_{90} = \frac{1}{50} E_0, \quad F_m = \frac{2.4}{3} F_{cv} (\text{めり込み強度}), \quad C_{xm} = 1 + \frac{4Z_0}{3x_p}, \quad C_{ym} = 1 + \frac{4Z_0}{3ny_p}$$

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

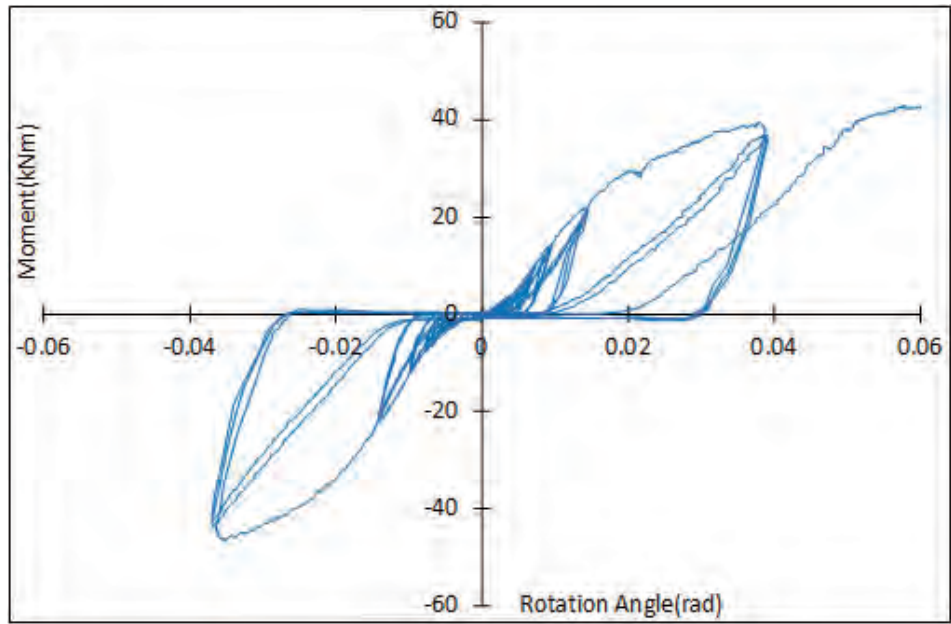
建物全体モデルの場合は接合部回転ばねに置換



● 特性値

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

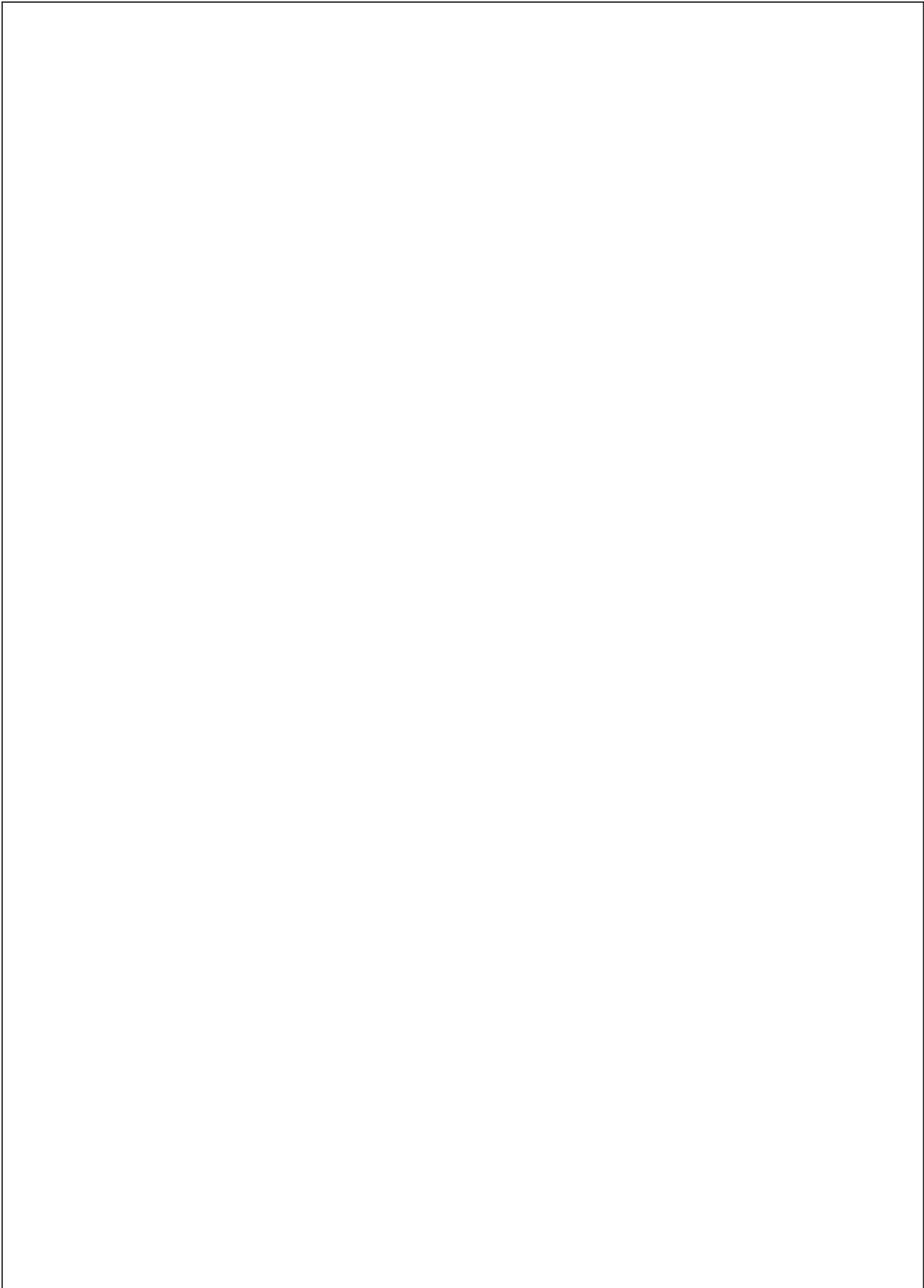
● 荷重変形



● 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





要材
素料

接
合
具

接
合
部

部
組
材
立

屋
根

柱

梁

ト
ブ
ス
レ

壁

床

集
成
材

「
」
「
」

製
材

合
板

そ
の
他

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 の時と同様靱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、試験体にローブ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 $K \theta 2$ を求め、見かけの降伏モーメント M_v 、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。

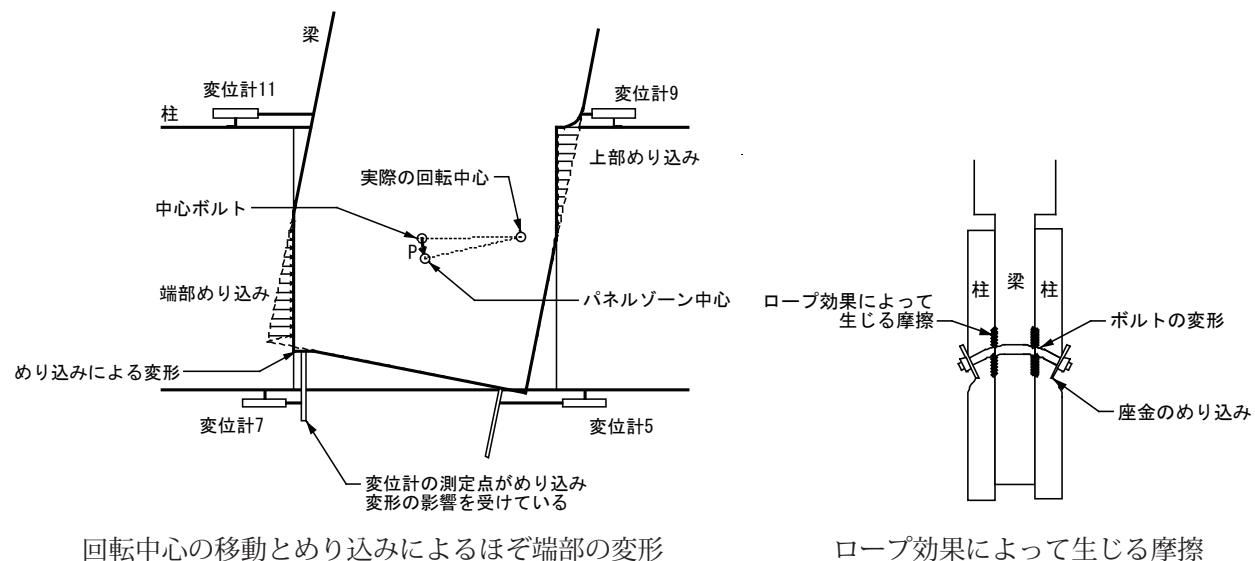
木栓φ 18 タイプは、回転剛性、降伏モーメントともに非常によく推定できている。ビスタイプは、降伏モーメントの計算値がやや高いが、剛性や終局モーメントはよく一致している。柱・梁のめり込みのみに期待した接合具なしタイプは、剛性、降伏モーメント、終局モーメントのいずれの計算値も実際の値より低く出ている。これは、接合具なしの試験では、梁部材の抜けを拘束するものがパネルゾーン中心の太径ボルトしかなかったために、他の仕様に比べてボルトがかなり大きなせん断力を負担したこと、それに伴うボルトの変形により試験体にロープ効果が働いて、めり込み式で考慮されないほぞ表面の摩擦が強く効いたことが原因と考えられる。接合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}	M_y	θ_y	M_u	Z_{fb}
		(kNm/rad)	(kNm)	($\times 10^{-3}$ rad)	(kNm)	(kNm)
φ 24	dowel	11800	109	9.2	216	118
	total	15272	120	7.9	271	
φ 18		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}	M_y	θ_y	M_u				
		(kNm/rad)	(kNm)	($\times 10^{-3}$ rad)	(kNm)				
φ 24	Exp.	21376	0.71	123	0.98	6.7	1.17	136	1.99
	Cal.	15272		120		7.9		271	
φ 18	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	



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。

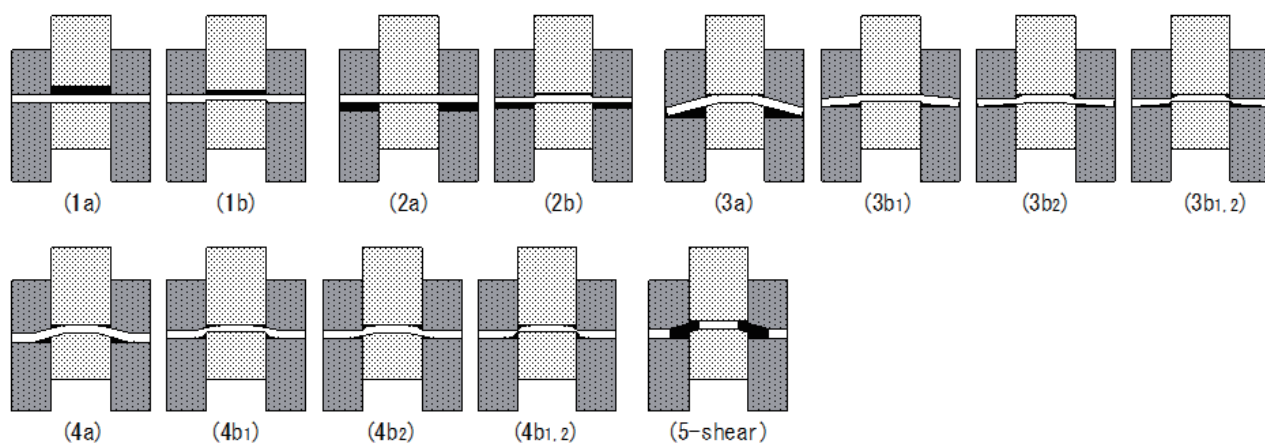
栓ありでは柱 - 梁のめり込みと木栓のせん断抵抗を併用した試験体について、母材樹種および木栓の樹種、径、本数をパラメータとして、接合部の回転剛性や降伏モーメントの実験値と計算値の比較、そして木栓の妥当な配置間隔の検証を行った。木栓の配置については、特に接合具間隔の影響を見るため、木栓の本数の変化が接合具間隔の変化と対応するように定めた。ここでは接合具間隔 $\geq 7d$ を目安としたが、必ずしも木栓そのものの径でこれを満たす必要はないと考え、木栓とドリフトピンの EI を比較し、使用する木栓と同程度の EI を持つドリフトピンの径を参考にした。具体的には最も本数の少ない 4 本のタイプは木栓自身の径 24mm でも接合具間隔 $\geq 7d$ 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 $\geq 7d$ 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 のタイプは高い靱性を発揮した。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 ($\times 10^{-3}$ 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.

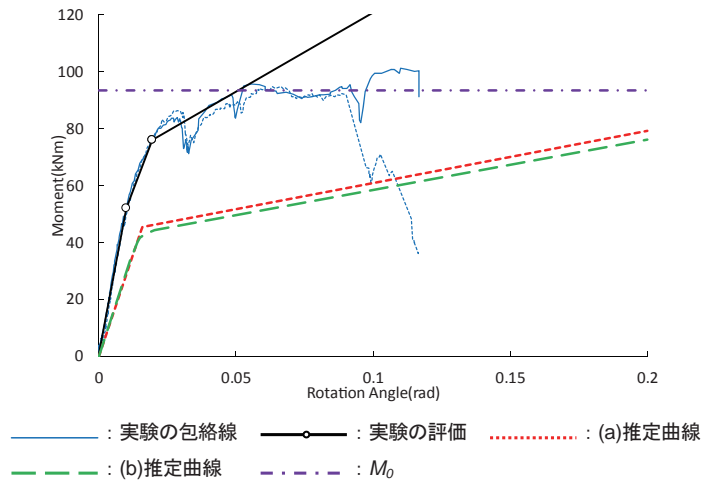


図 実験値と計算値の比較 (L-S24-8)

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。

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れ裂きが生じ、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。

要材
素料

接合
具

接合
部

部組
材立

屋
根

柱

梁

丨
スレ

壁

床

集
成材

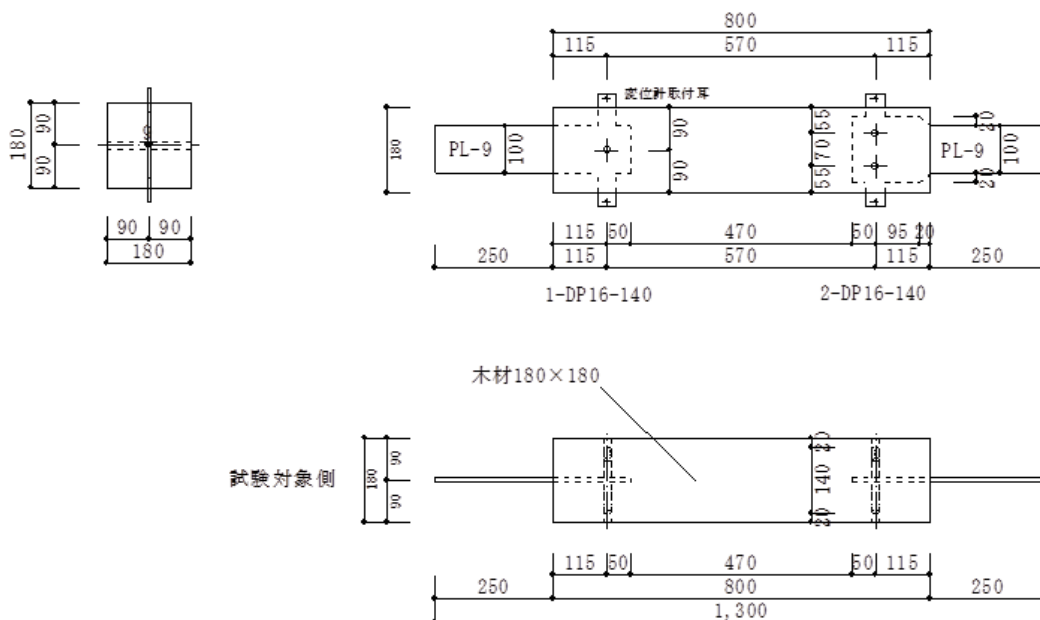
「
」

製
材

合
板

そ
の
他

● 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φ16, 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 : 接合種別の靱性係数 (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/mm²)

d : 接合具径 (16mm)

l : 有効長さ (119mm)

●モデル化

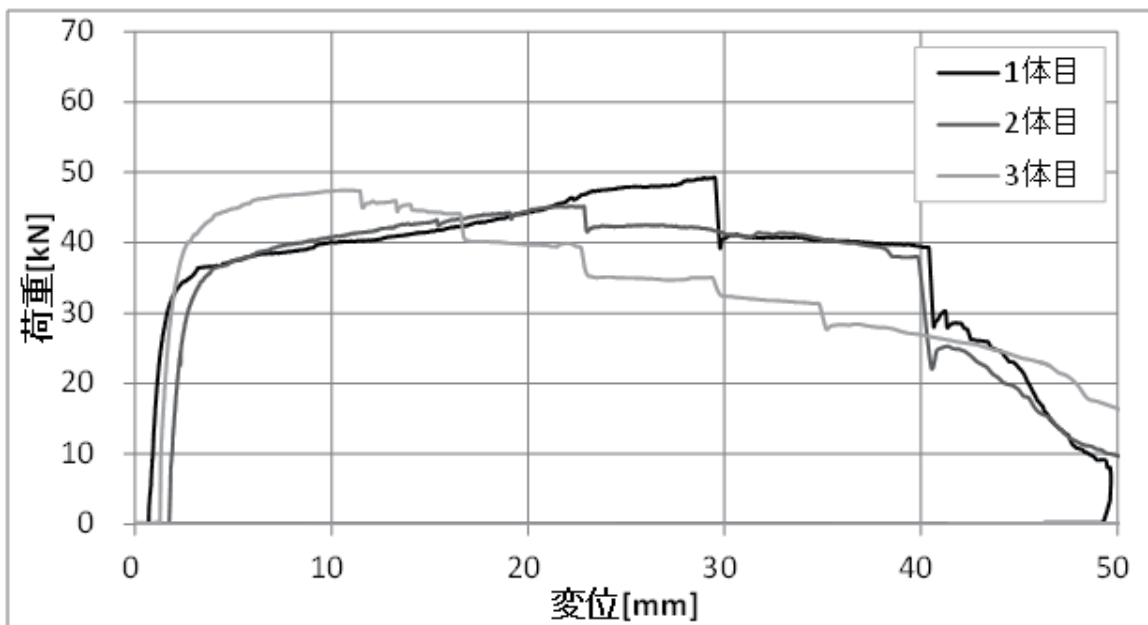


●特性値

	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。

要材
素材

接合具

接合部

部組
材立

屋根

柱

梁

1ブ
スレ

壁

床

集材

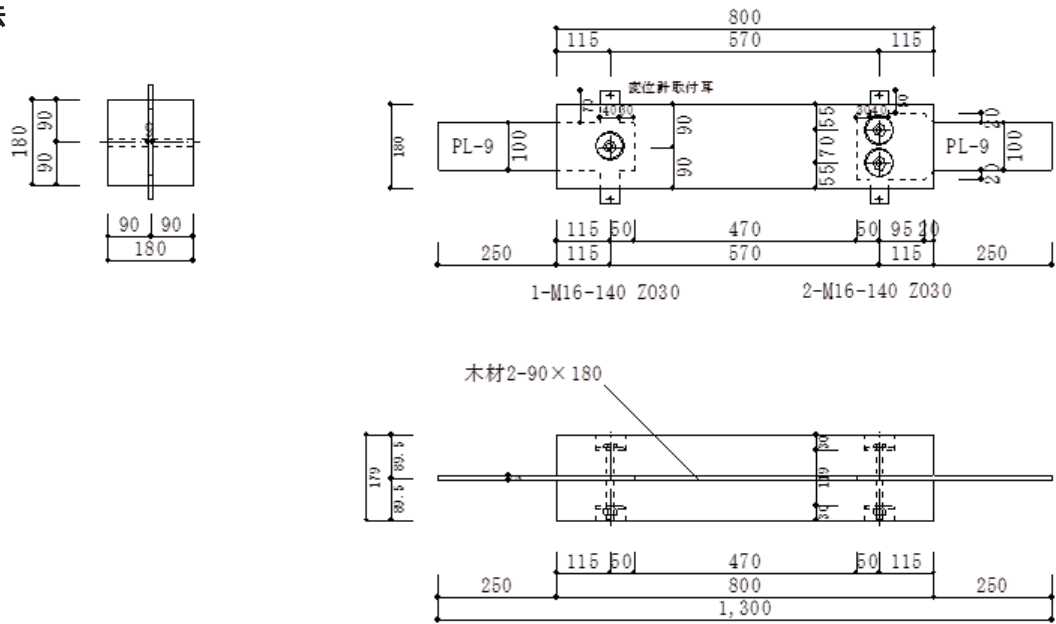
LVL

製材

合板

その他

● 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 : 接合種別の靱性係数 (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/mm²)

d: 接合具径 (16mm)

l: 有効長さ (119mm)

●モデル化

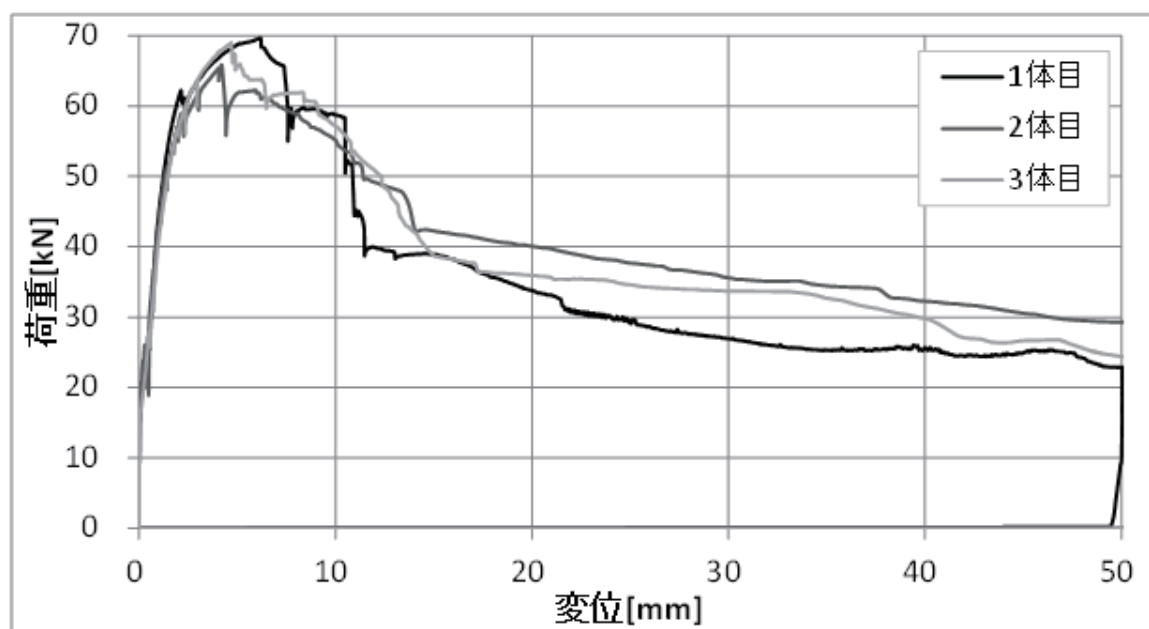


●特性値

	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。

要材
素材

接合具

接合部

部組
材立

屋根

柱

梁

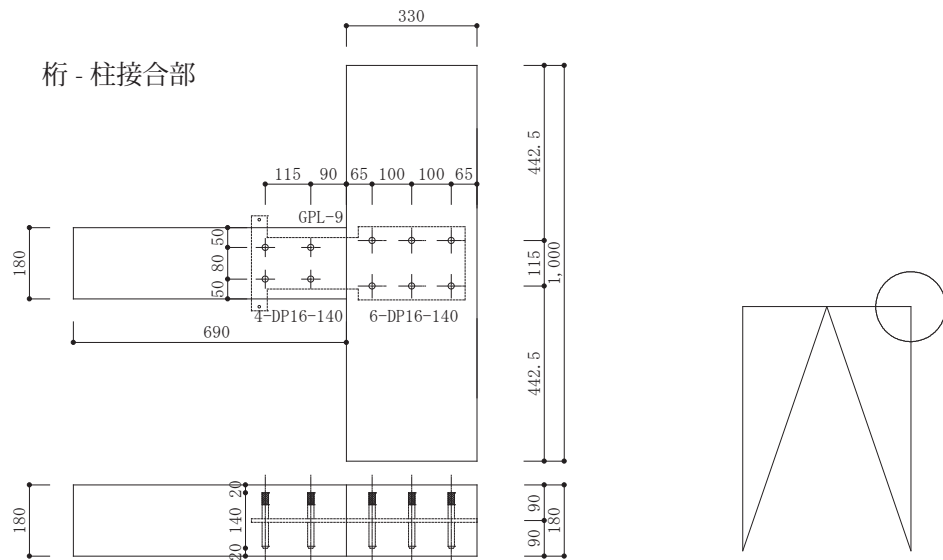
ブ
スレ

壁

床

集
成材L
VL製
材合
板そ
の
他

● 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 : 接合種別の靱性係数 (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/mm²)

d: 接合具径 (16mm)

l: 有効長さ (119mm)

●モデル化

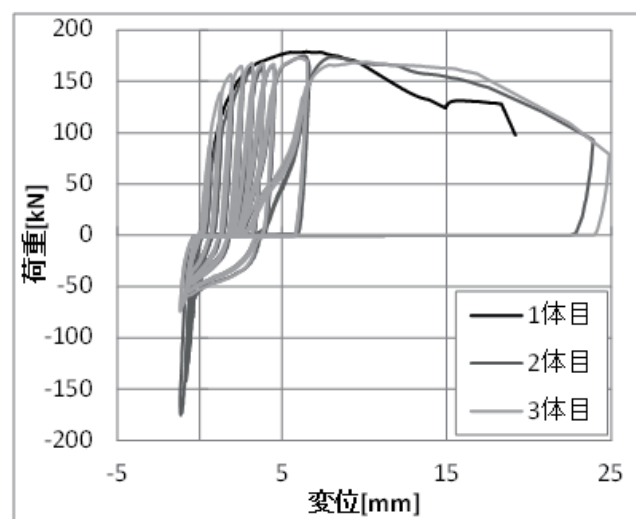


●特性値

		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。

要材
素材接合
具接合
部部組
材立

屋根

柱

梁

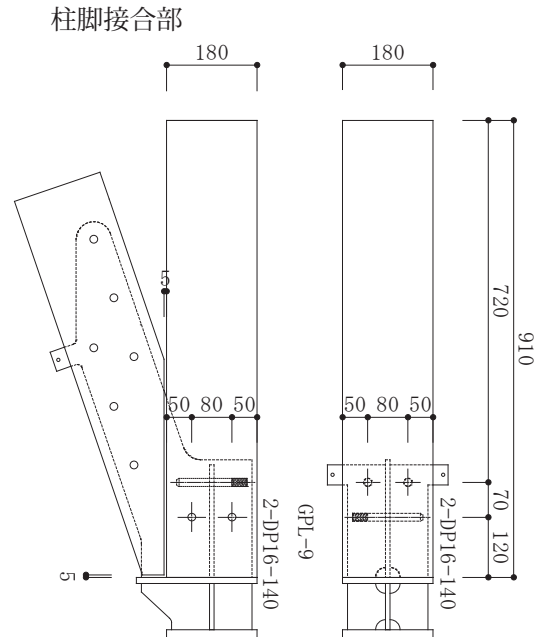
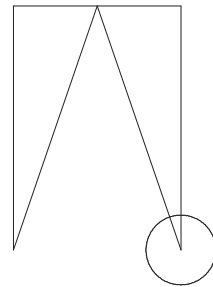
I
スレ

壁

床

集
成
材L
VL製
材合
板そ
の
他

● 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 : 接合種別の靱性係数 (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/mm²)

d: 接合具径 (16mm)

l: 有効長さ (119mm)

●モデル化

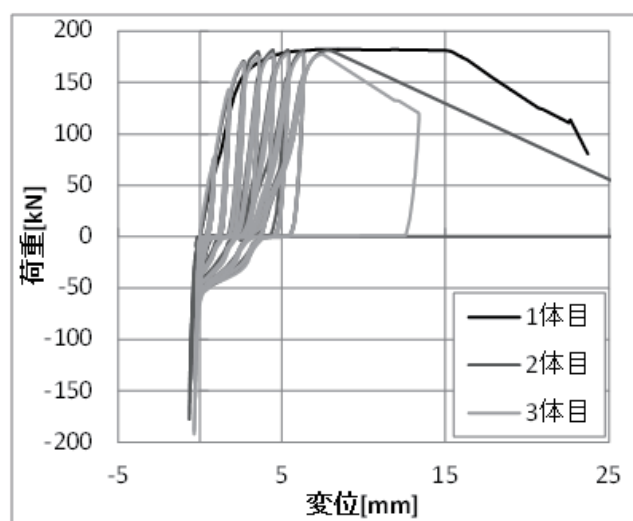


●特性値

		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。

要材
素材

接合具

接合部

部組
材立

屋根

柱

梁

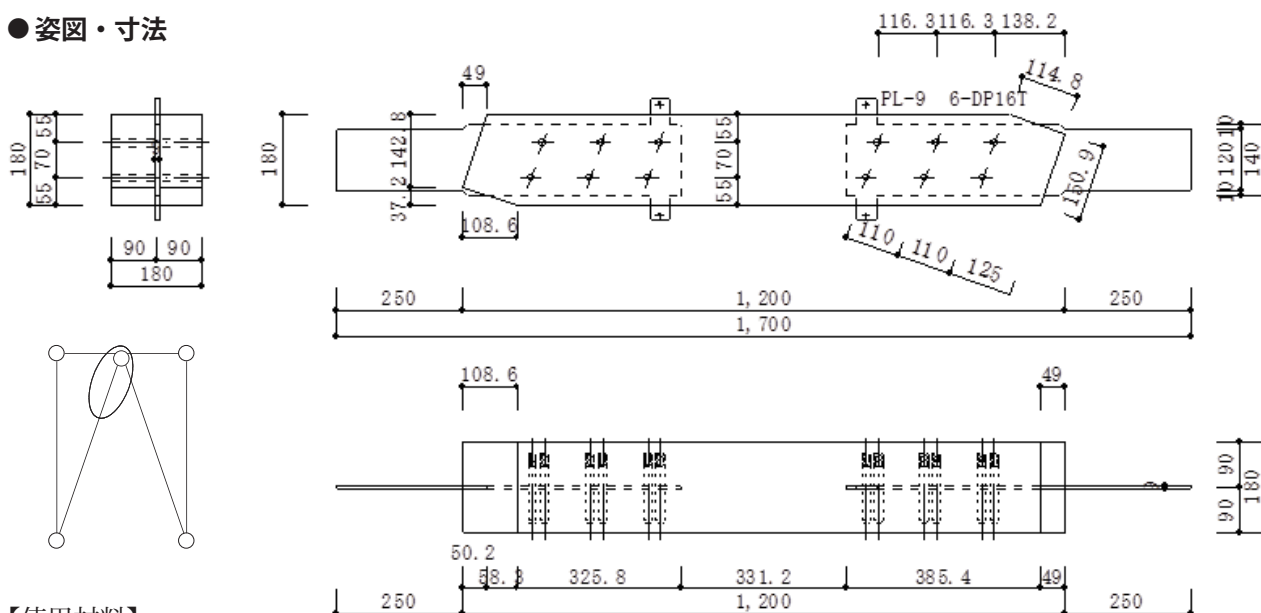
I
ブ
スレ

壁

床

集
成
材L
V
L製
材合
板そ
の
他

● 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φ16, 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 : 接合種別の靱性係数 (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列のドリフトピン本数 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/mm²)

d: 接合具径 (16mm)

l: 有効長さ (119mm)

●モデル化

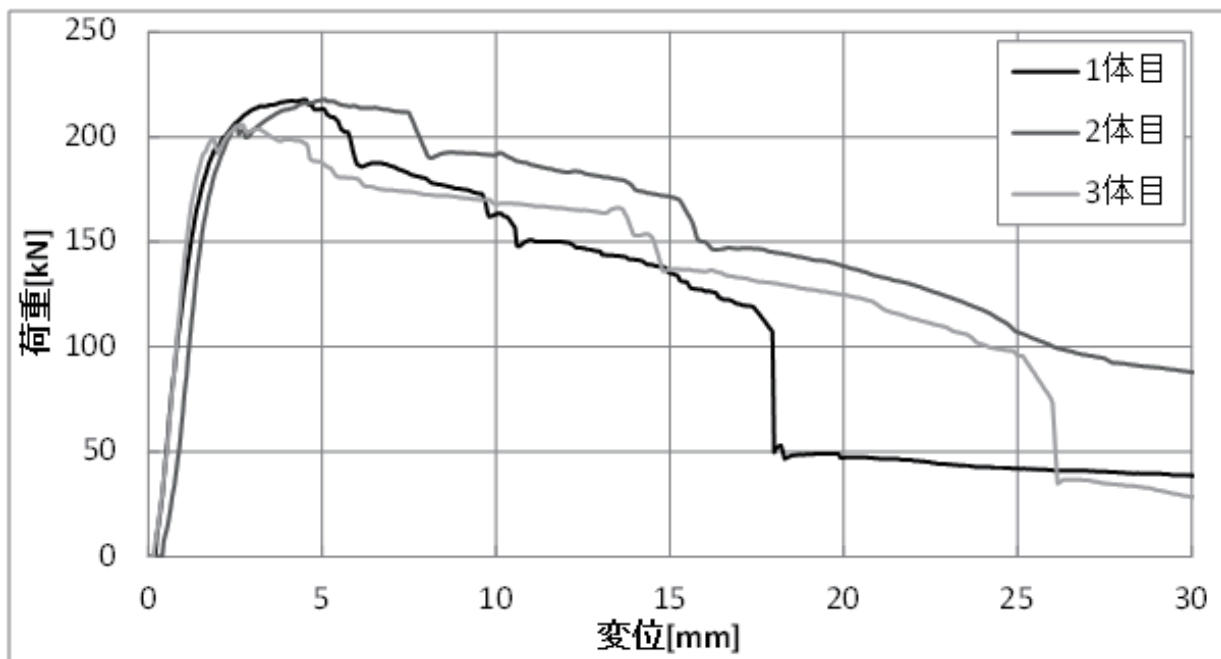


●特性値

	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

<p>● 姿図・寸法</p> <p>【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</p>	<p>● 適用条件</p> <p>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。</p> <p>● 概要</p> <p>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。</p> <p>● 接合具 (メーカー、入手方法等)</p> <p>ドリフトピン</p> <p>● 問い合わせ先 URL</p> <p>—</p>
<p>● 理論式</p> <p>—</p> <p>● 計算式</p> <ul style="list-style-type: none"> 終局せん断耐力 P_a ($P_{u0}=P_{uj}$ として算出) $P_a = {}_jK_r \cdot P_{u0}$ ${}_jK_r: \text{接合種別の靱性係数 (0.90)}$ 基準終局せん断耐力 P_{uj} $P_{uj} = \sum_{i=1}^m {}_jK_n \cdot n_i \cdot P_{u0}$ ${}_jK_n: \text{1列の接合具本数による耐力の低減係数 (0.92)}$ $n_i: \text{i列のドリフトピン本数} \quad m: \text{列数}$ 	<ul style="list-style-type: none"> 単位接合部の終局せん断耐力 P_{u0} $P_{u0} = r_u \cdot p_y$ $r_u: \text{終局強度比 (1.0)}$ 単位接合部の降伏せん断耐力 p_y $p_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$ $C: \text{鋼板挿入2面せん断接合の接合形式係数 (モードⅢ)}$ $F_e: \text{主材の基準支圧強度 (カラマツ繊維方向 25.4 N/mm}^2\text{)}$ $d: \text{接合具径 (16mm)}$ $l: \text{有効長さ (119mm)}$

●モデル化

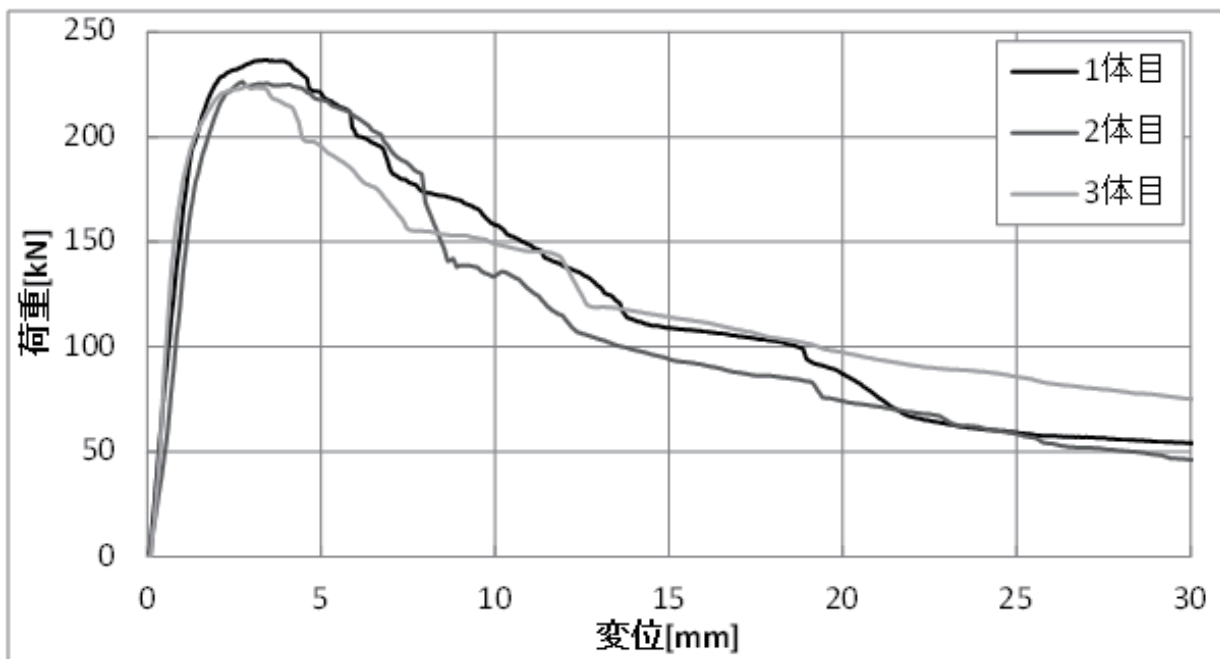


●特性値

	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。

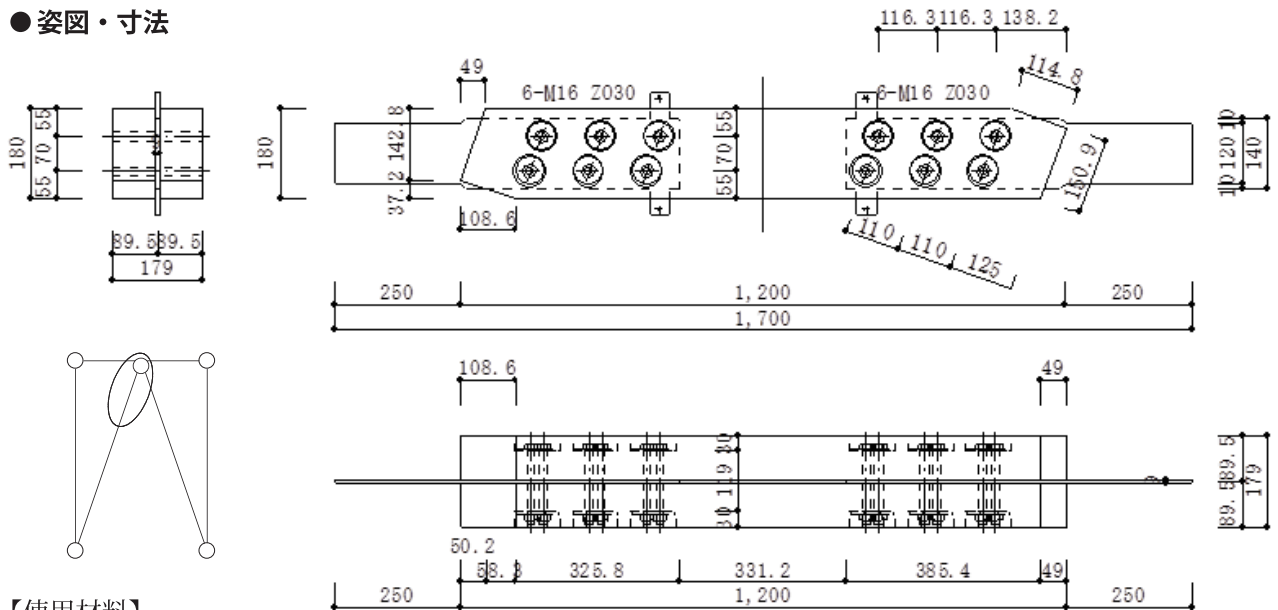
●荷重変形



●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)

$$P_a = j K_r \cdot P_{u0}$$

$j K_r$: 接合種別の靱性係数 (0.90)

・ 基準終局せん断耐力 P_{uj}

$$P_{uj} = \sum_{i=1}^m j K_n \cdot n_i \cdot P_{u0}$$

$j K_n$: 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/mm²)

d: 接合具径 (16mm)

l: 有効長さ (110mm)

●モデル化

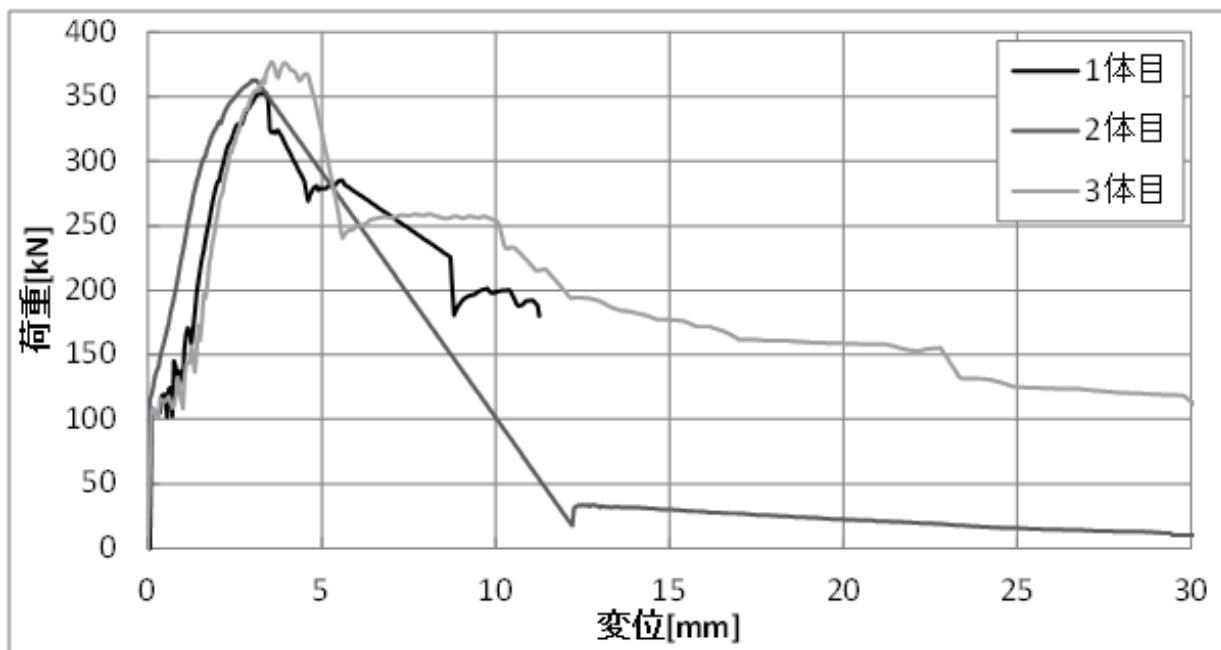


●特性値

	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。

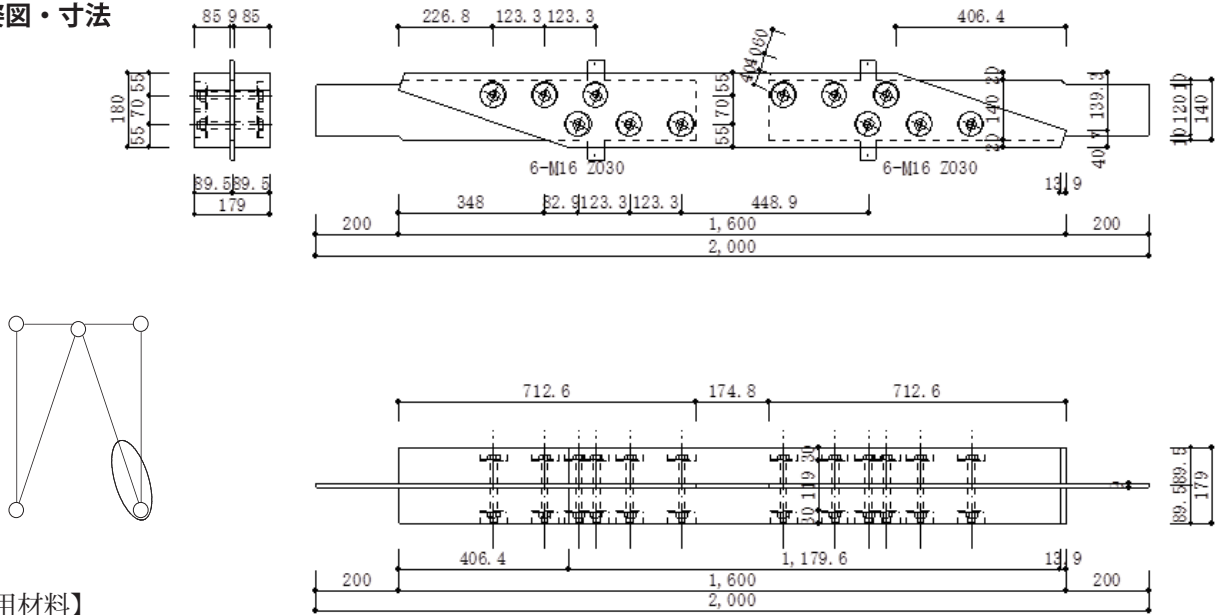
●荷重変形



●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)

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

${}_jK_r$: 接合種別の靱性係数 (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/mm²)

d: 接合具径 (16mm)

l: 有効長さ (110mm)

●モデル化

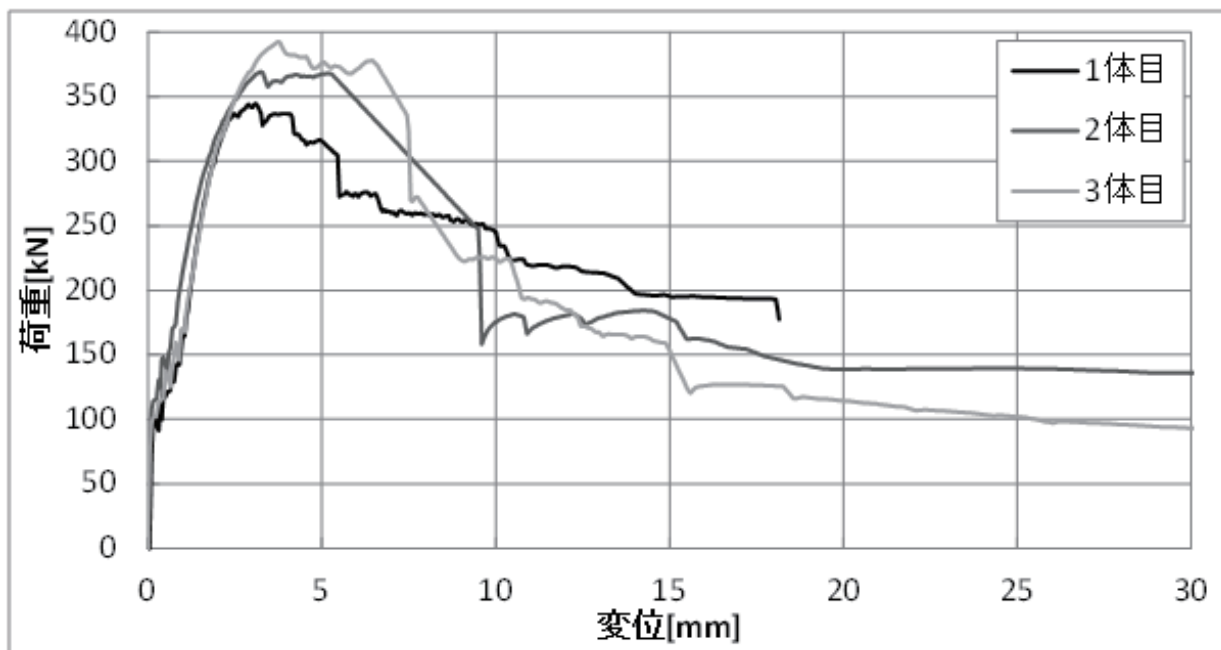


●特性値

	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

要材
素材

接合具

接合部

部組
材立

屋根

柱

梁

ブ
スレ

壁

床

集
成材L
VL製
材合
板そ
の
他

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、剛性にするのは難しい。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。
