

# 成果報告：接合部関連

信州大学工学部建築学科

教授 五十田博

# 接合部実験関連主要メンバー

稲山正弘：東京大学

井上正文、田中圭、伊東和俊、姜暁光：大分大学

新井一弘、佐々新 信州大学

宋昌錫、李元羽：全国LVL協会

片岡辰幸：日本集成材工業協同組合

宮林正幸：ティー・イー・コンサルティング

そのほか

(以上、敬称略)

# 本事業における接合部実験の位置づけ

- どのような接合に対しても許容耐力を求められる計算法ではなく、

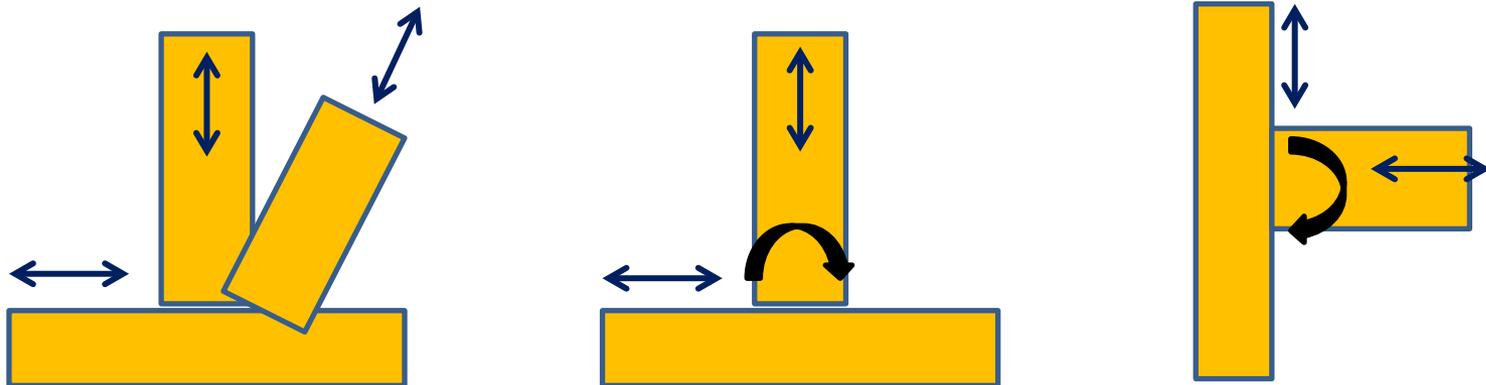


- 部材断面に応じた標準的な接合具を選択
- 許容耐力だけではなく、終局耐力も提示
- 単体だけではなく複数本の耐力を提示
- 接合具単体だけではなく、典型的な接合部とその耐力(許容、終局)と変形性能を提示

(全体像は描けつつあるものの、一年間の事業のため多様化は今後の課題とせざるを得ない)

# 木質構造の接合部：一般論

- 回転端○/ピン節○ ⇒設計上の扱いは容易  
柱一横架材接合部：軸力(引き抜き・圧縮)、せん断  
筋かい接合部(トラス)：軸力
- 剛節×⇒半剛節○ ⇒設計上の扱いは難易  
柱脚、柱はり接合+モーメント抵抗接合
- 回転端、ピン節とはいえ、軸方向、せん断方向に変形が生じる。母材耐力以上の強度は一般に難しい。二次応力によって割裂が生じる ⇒設計上の扱いは難易



接合自体の計算が複雑。構造計算上の扱いも複雑 ⇒ では どうするか？

# 今回扱った接合部と成果(1)

- 接合具単体: LSB、GIR、パネリード、木栓
- 多数本打ち: LSB、GIR、ボルトせん断、ドリフトピンせん断、CLS接合部

- 力の伝達

軸方向力(柱脚、トラス端部、ブレース端部)、モーメント抵抗接合(柱脚、柱はり)

代替的に確認がされているもの: モーメント抵抗時のせん断抵抗能力

確認を今後要する事項: 柱脚に対するせん断(軸方向をかけた実験しかやっていない)

# 接合に関連する部分の今回の成果

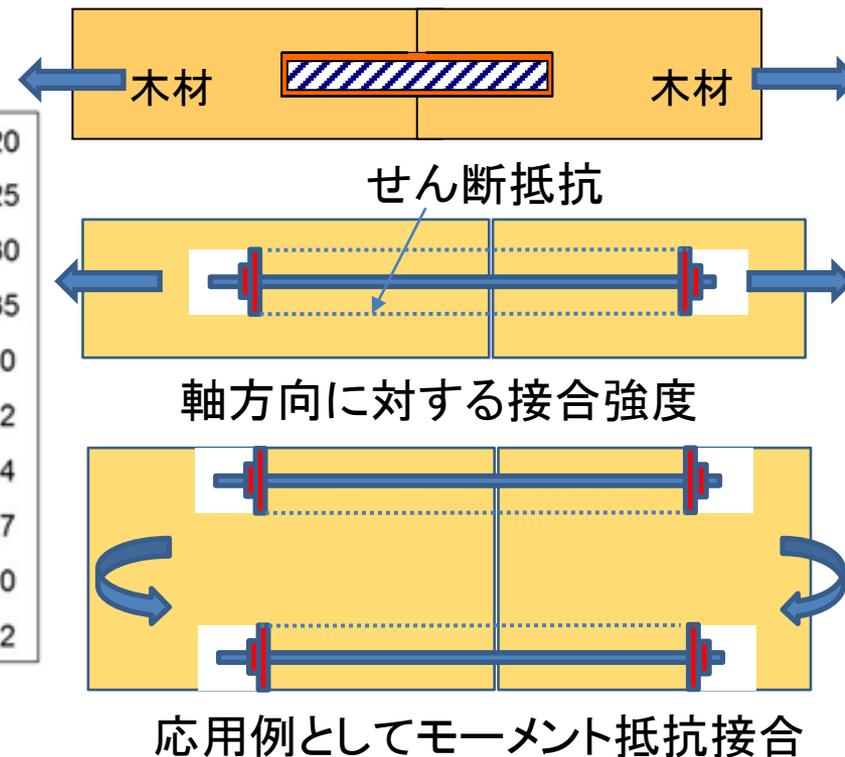
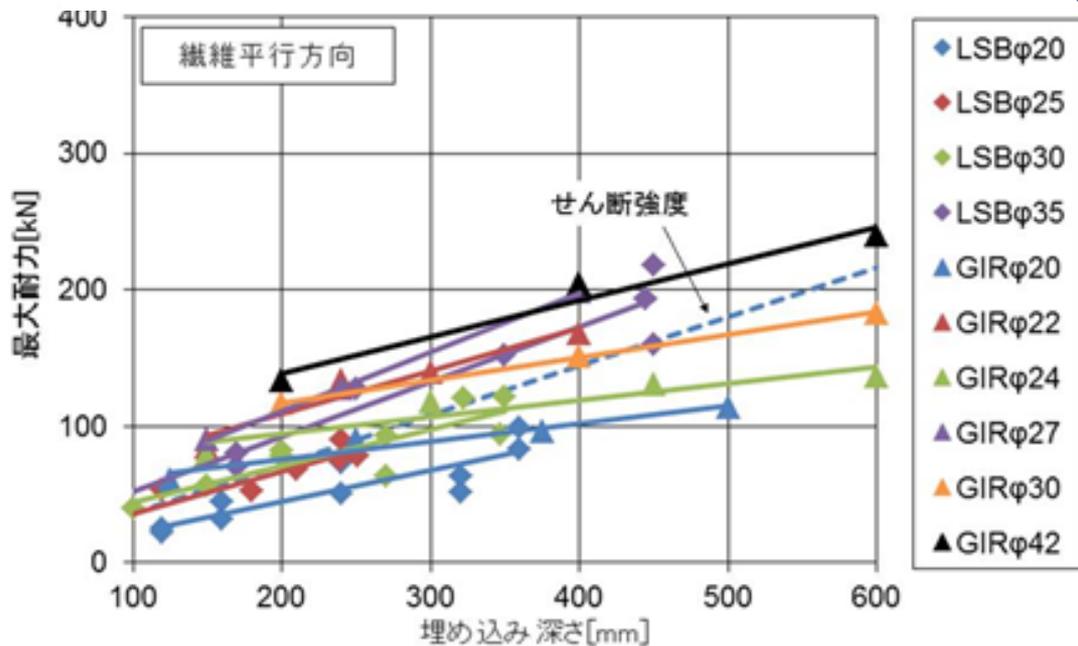
- 成果⇒剛性、許容耐力、終局耐力、荷重変形関係、設計式があるものについてはそれを整理
- 利用のイメージ
  - ⇒ 1) 今回実験したものをそのまま実建物として利用
  - 2) わずかな変化に対してどのように対応するのがよいか？流れを作成。適用範囲を明示。
- 実建物の層の剛性や靱性などの設計にどのように反映するか？
  - ⇒ 構造形式(ブレース、ラーメン、etc)との関連で今後整理

# お手持ちの資料 3ページ目

		使用木質材料		
		合板	集成材	LVL
LSB			LSB基礎実験【A-1】 ・スギ E65-F255 120×240、150×240、190×240、200×240 各2体 計8体	LSB基礎実験【D-1(1)】 ・カラマツ 120E 150×240×1500 計3体
			・カラマツ E95-F315 120×240、150×240、190×240、200×240 各2体 計8体	LSB基礎実験【D-1(2)】 ・カラマツ 120E 120×120×1500 3仕様 各6体 計18体
				GIR基礎実験【D-1(1)】 ・カラマツ 120E 150×240×1500 計3体
長ビス 木栓				GIR基礎実験【D-1(3)】 ・カラマツ 100E 10仕様 各6体 計60体
		パネリード要素実験		接着ビス要素実験【D-4】 ・フランジ:カラマツ 90E ・ウェブ:カラマツLVL 120E、カラマツ集成材 E95-F270 10仕様 各10~15体 計124体
柱脚			シラカシ木栓要素実験	
		LSB柱脚【C-1】 ・スギ E65-F255 ・カラマツ E95-F315 240(二次接着)×600×1800 各3体 計6体		CLS柱脚
接合部 柱梁		パネリード合わせ柱接合部【C-3(1)】 ・柱:カラマツ E105-F300、2-105×600×3400 ・梁:カラマツ E105-F300、180×600×2700 3体		CLS十字接合部【D-3】 ・カラマツ 90E 柱:4-120×300×3100 梁:3-120×360×1520 3体
	成果報告: 接合部関連	シラカシ木栓合わせ柱接合部【C-3(1)】 同上 中央ボルトのみ合わせ柱接合部【C-3(1)】 同上		
ブレース		LSB柱梁接合部【C-3(2)】 ・スギ E65-F255 ・カラマツ E95-F315 柱 240(二次接着)×600×3600 梁 180×750×2500 各3体 計6体		
	成果報告:床・壁① 合板を中心として	端部【C-2】 6仕様 各3体 計18体 柱頭柱脚【C-2】 同上?		成果報告:床・壁① LVLを中心として
耐	高強度耐力壁【B-2】 ・スギ合板t24	ブレース耐力壁【C-2】 ・カラマツ E105-F300		LSB厚板耐力壁【D-2(2)】 ・カラマツ 120E

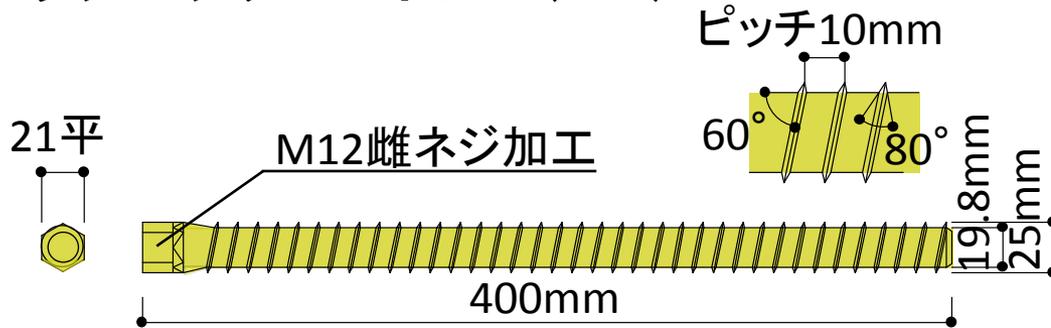
# なぜLSB？なぜGIR？（LSBとGIRは後述）

- 部材軸方向への定着（鉄筋コンクリート造の鉄筋の定着と同じ）⇒トラス構造、モーメント抵抗接合を実現
- せん断による抵抗：（独）建築研究所により検討が進められている。



# LSB、GIR 実験接合具概要

## ラグスクリューボルト (LSB)



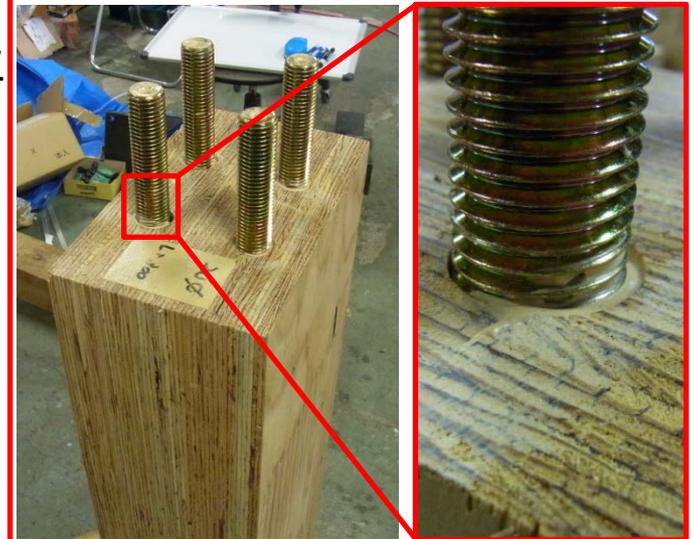
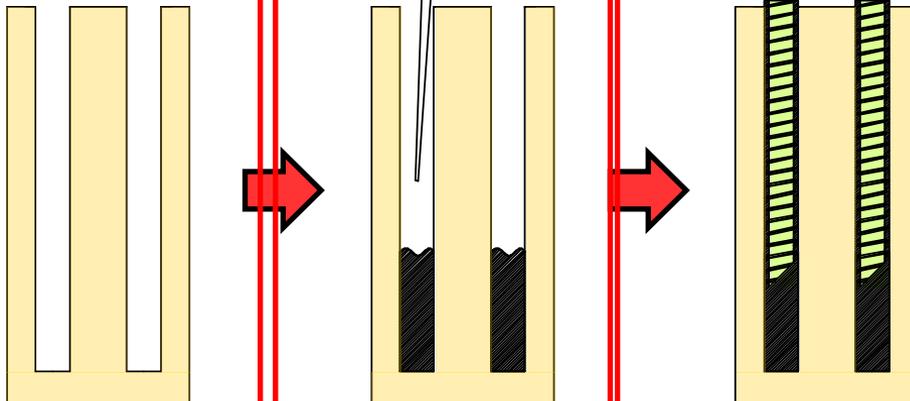
LSB打ち込み状況

## グールド・イン・ロッド (GIR)

①木材にφ26、深さ300mmの先孔を空ける

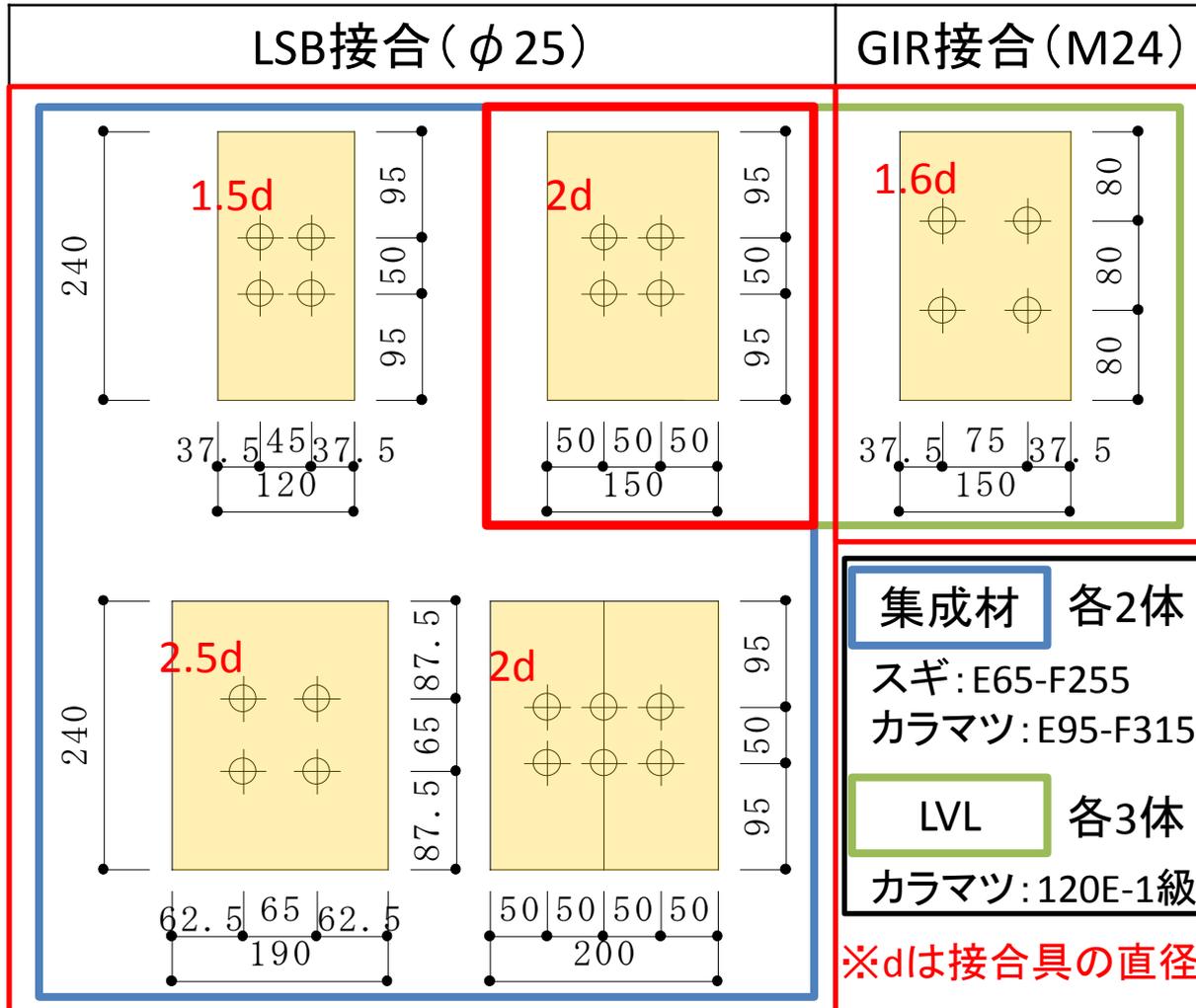
②エポキシ系接着剤の注入

③M24、全長400mmの全ネジボルト挿入後、14日間養生



GIR挿入状況

# 試験体概要



パラメータは、接合具の種類、接合具の本数、（単位mm）  
木材の種類、樹種、断面寸法、縁距離とした。



試験体設置方法

接合具の引き抜き変位は、  
木材と試験対象側の加力  
治具との相対変位とし、  
DG1とDG2の平均値とした。

# 設計値の算出

- 接合具の引き抜き  
単体の実験値<sup>1)2)</sup> × 本数

LSB	106kN
GIR	118kN

- ボルトの破断  
 有効断面積 × 破断強度 × 本数

高力ボルト(F10T)	1000N/mm <sup>2</sup>
全ネジボルト(SS400)	400N/mm <sup>2</sup>

- 定着部の木部のせん断破壊(シリンダ破壊)  
 せん断面積 × 木材のせん断強度 + 引張り面積 × 木材の引張り強度

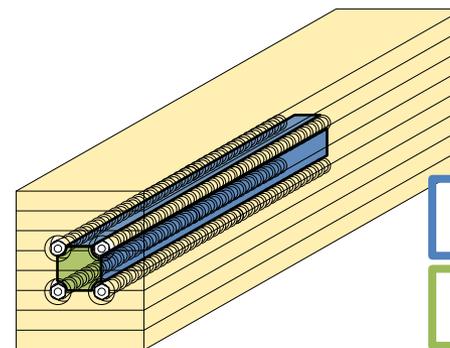
- 木材端部の割裂  
既往の研究による算定式<sup>3)</sup>を利用

- 接着部の剥離  
接着面積 × 木材のせん断強度

ただし、

接着面積 = 周長 × 埋め込み深さ

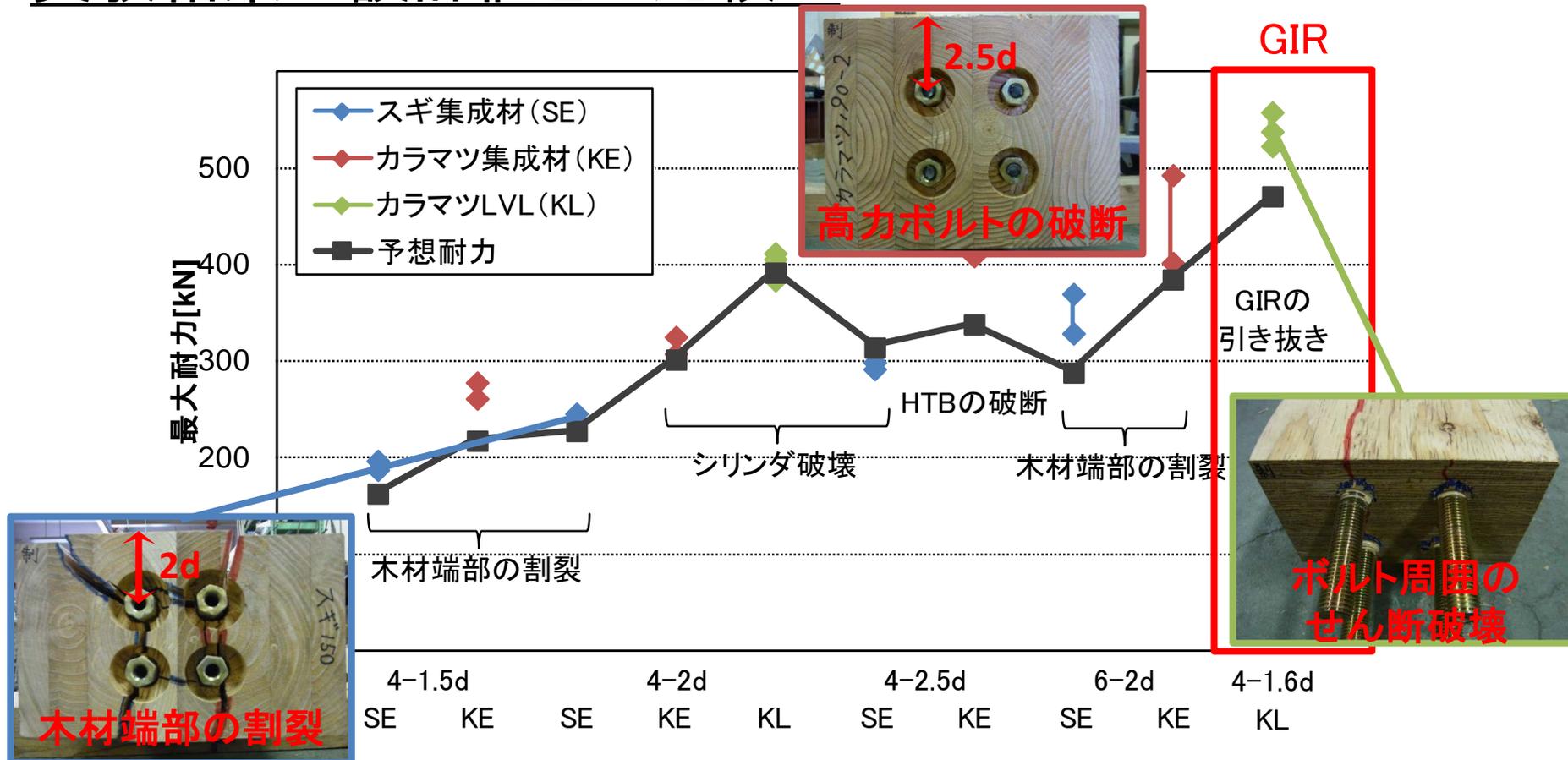
	Fs(N/mm <sup>2</sup> )	Ft(N/mm <sup>2</sup> )
スギ	2.7	18.0
カラマツ	3.6	22.8



せん断面積

引張り面積

# 実験結果 — 設計値との比較 —



最大耐力は設計値と同等か、それを上回る結果となった。

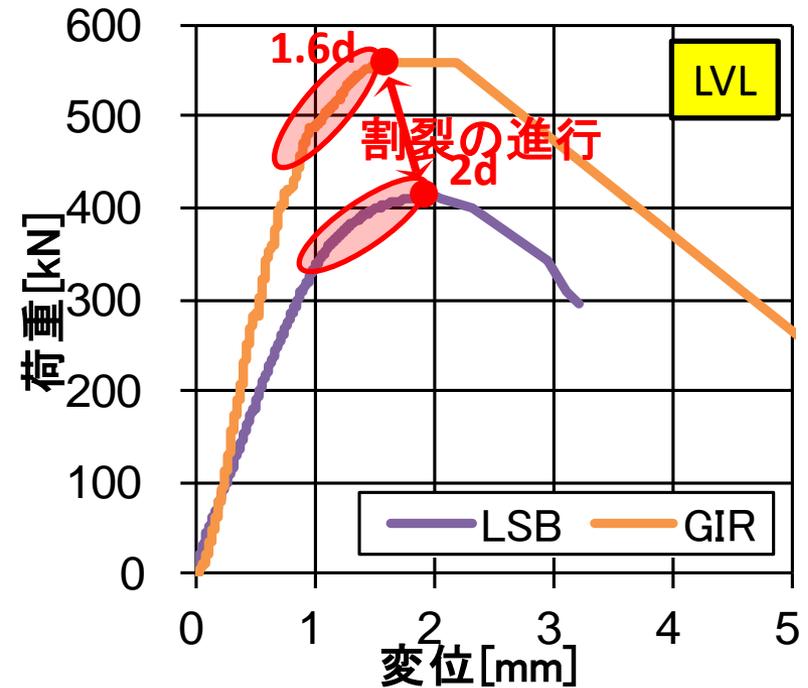
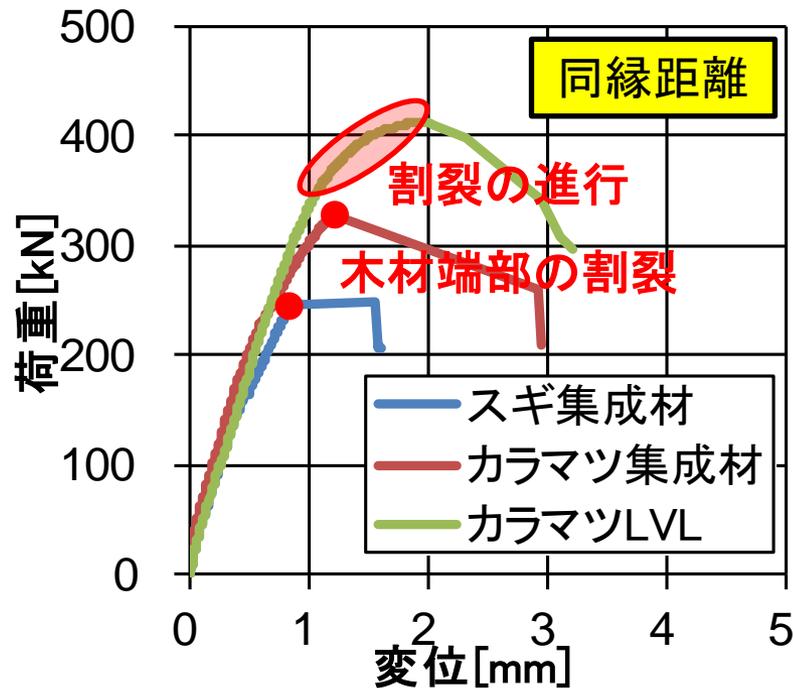
## 【実際の破壊性状】

LSB: 縁距離 $2d$ 以下で木材端部の割裂、縁距離 $2.5d$ で高力ボルトの破断

GIR: ボルト周囲のせん断破壊

# 実験結果－荷重変位関係－

## 同断面150×240mmについての比較



集成材：木材端部の割裂が生じた後、急激に荷重低下する。

LVL：木材端部の割裂が生じた後も荷重がある程度上昇し続ける。

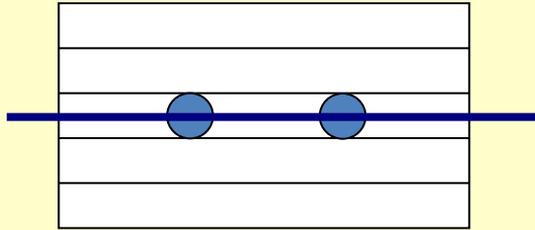
GIRは多数本埋め込む場合でも木材端部の割裂が生じにくい。

⇒小さい縁距離でも引き抜き強度を十分に発揮する。

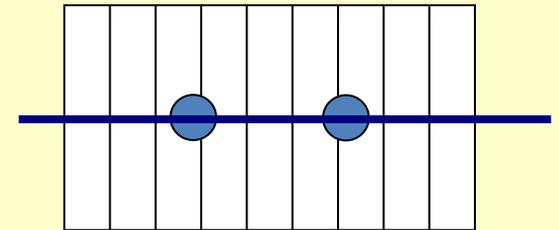
# 試験体リスト

養生期間・14日

a方向



b方向



接合金物 M24)	配置方法	埋込 (mm)	養生期間 (日)	接合金物の本数	試験体数 (計60体)
従来型 中空ボルト	a方向	100	1	1	
	b方向	200			
		300			
	改良型	a方向	250	1	

<パラメータ>

接合金物の埋込み方向、接合金物、  
接合金物の配置方法、埋込み長さ、接合金物の本数

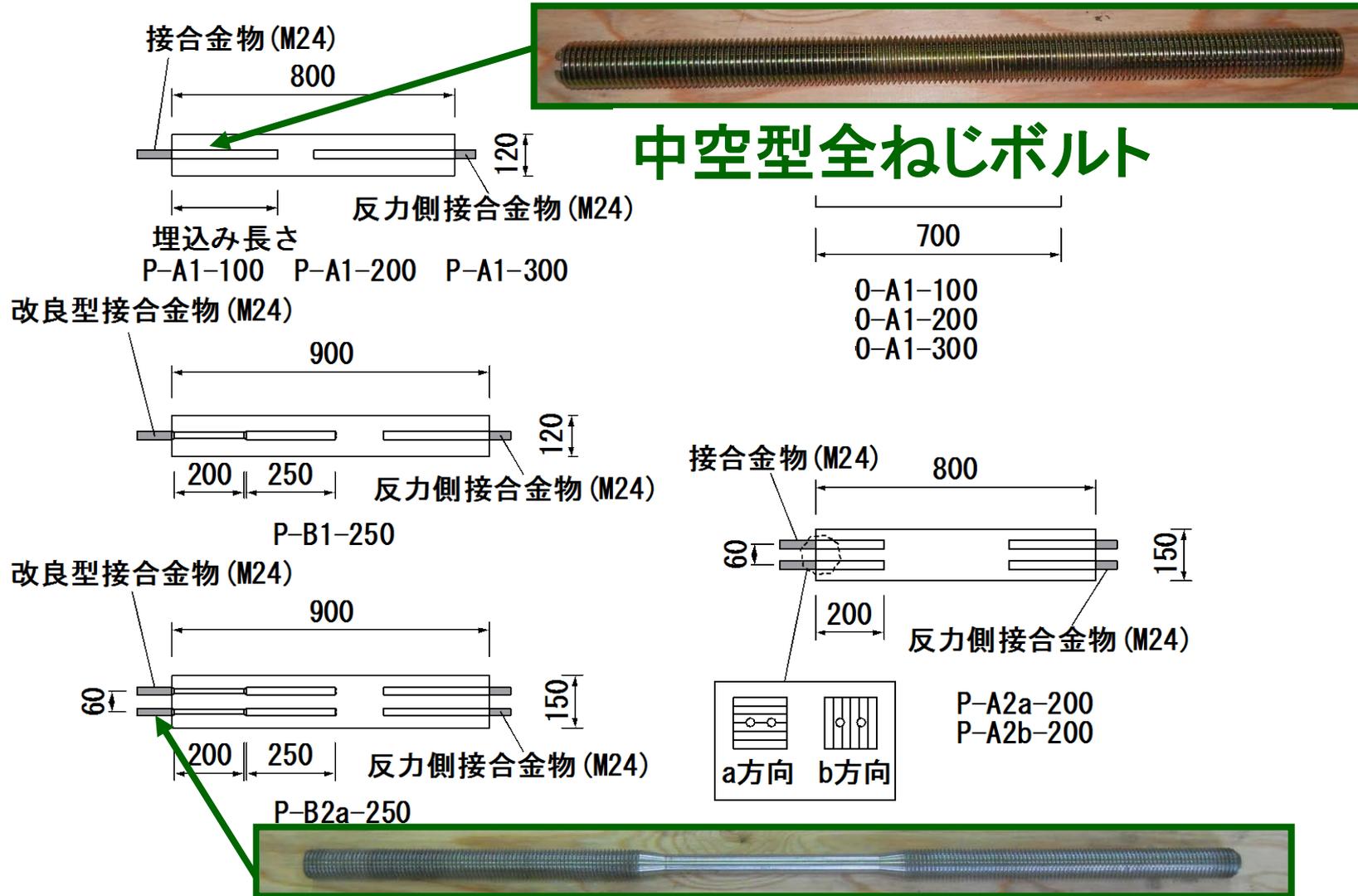
# 試験体リスト

養生期間：14日

試験体名	埋込み方向	接合金物 (M24)	配置方法	埋込み長さ (mm)	接合金物本数	試験体数	
P-A1-100	繊維平行	従来型 中空ボルト	/	100	1	各6体 (計60体)	
P-A1-200				200			
P-A1-300				300			
P-A2a-200			 a方向	200	2		
P-A2b-200			 b方向				
O-A1-100			繊維直交	改良型	/		100
O-A1-200	200						
O-A1-300	300						
P-B1-250	繊維平行	改良型	 a方向		250		1
P-B2a-250					250		2

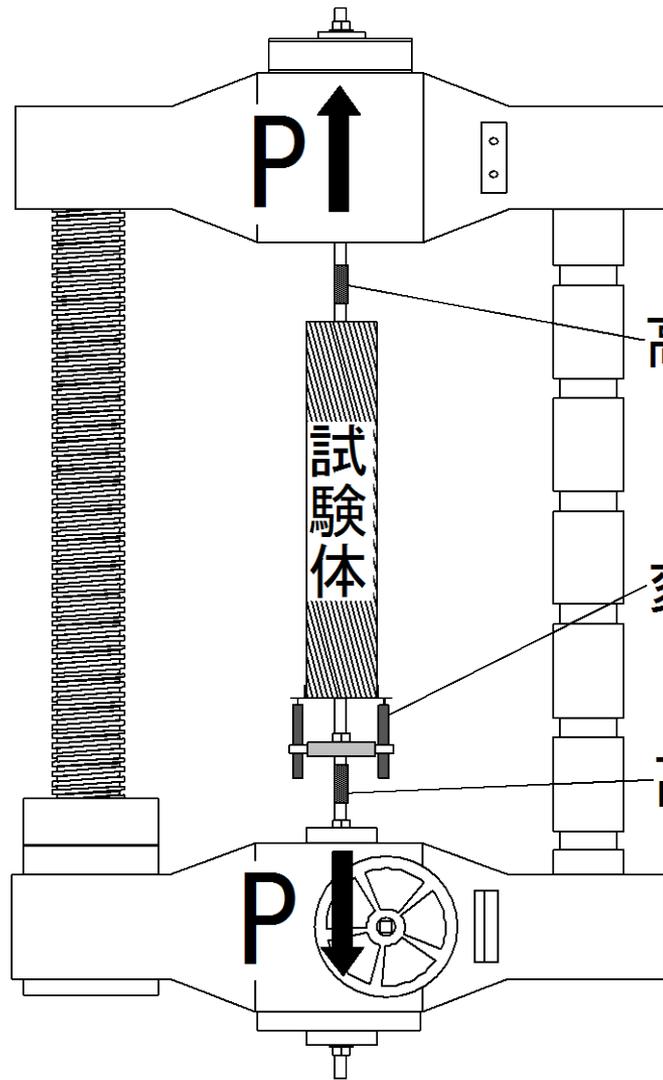
**<パラメータ>** 接合金物の埋込み方向、接合金物、  
接合金物の配置方法、埋込み長さ、接合金物の本数

# 試験体

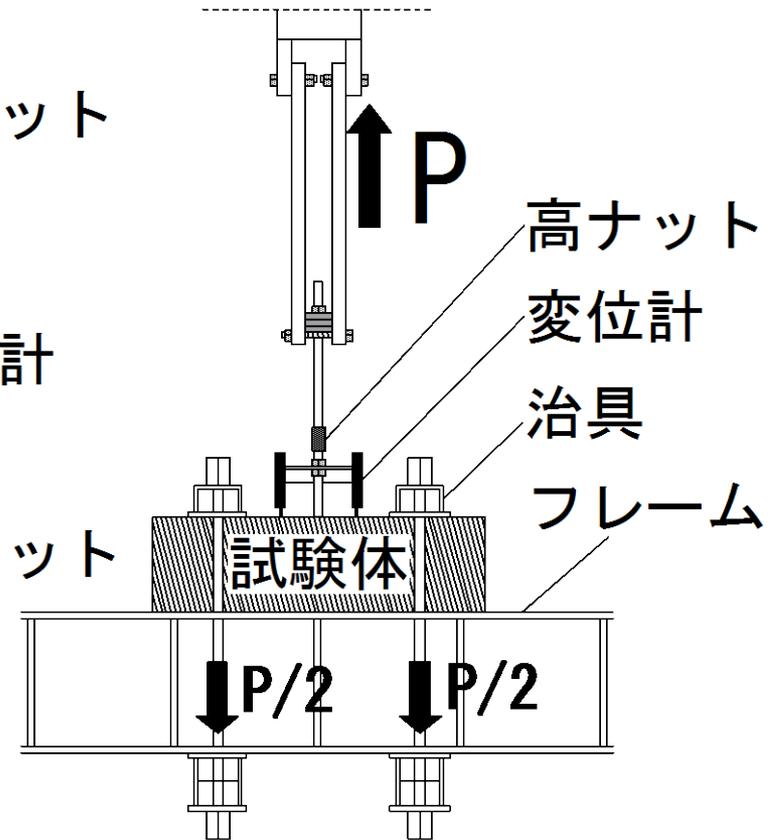


## 降伏制御型接合金物 ( STKM13A )

# 実験方法



繊維平行方向



繊維直交方向

# 実験結果

## 破壊性状



P-A1-200



P-A2a-200



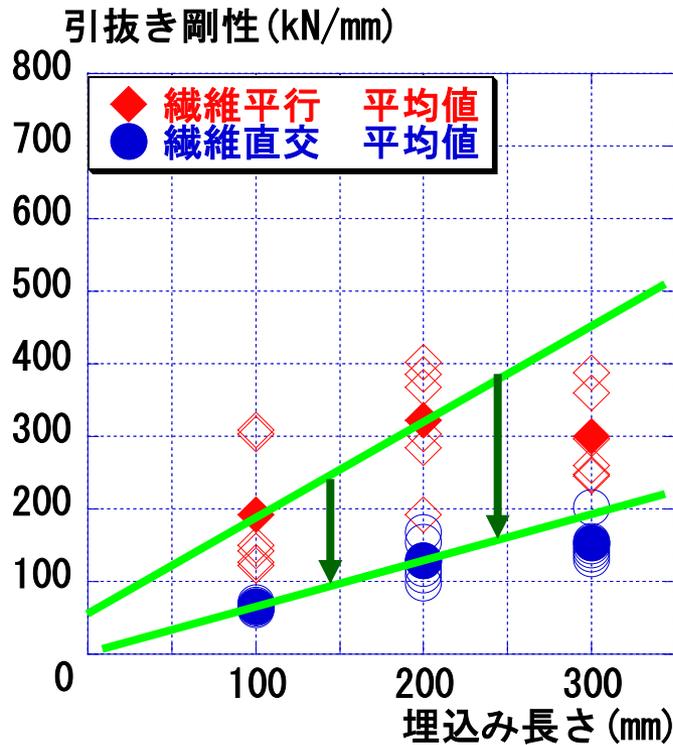
O-A1-300



P-B2a-250

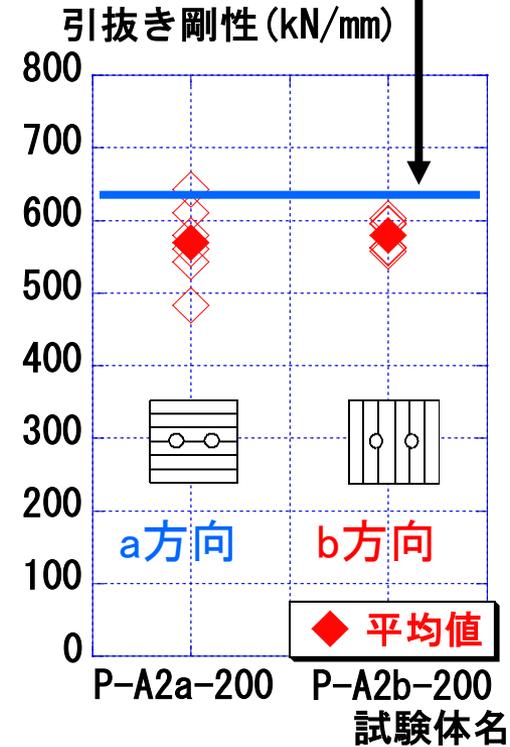
# 実験結果

## —引抜き剛性—



従来型接合金物1本

同パラメータで接合金物  
1本の場合の剛性の2倍の値

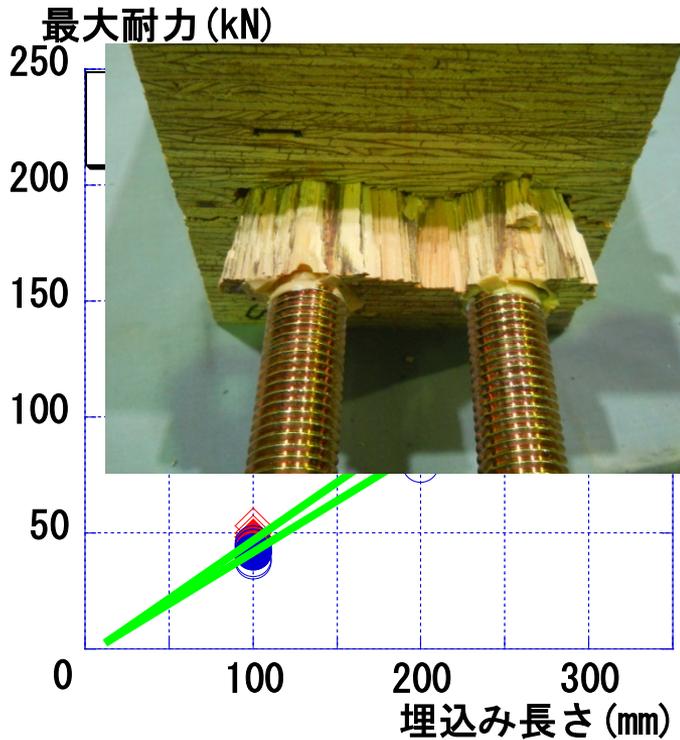


従来型接合金物2本

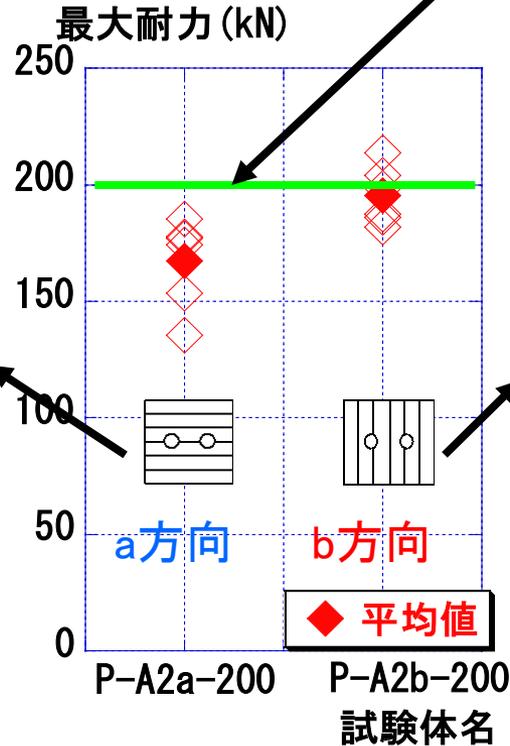
# 実験結果

## —最大耐力—

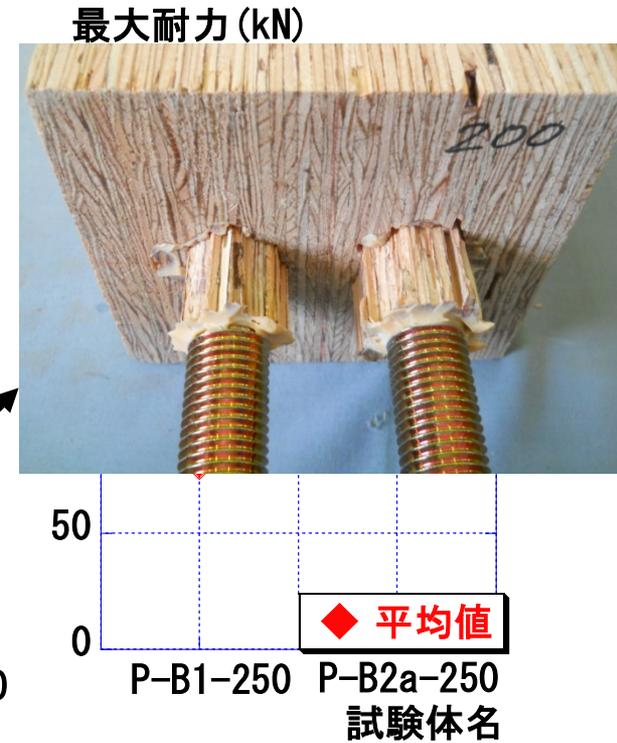
同パラメータで接合金物  
1本の場合のPmaxの2倍の値



従来型接合金物1本



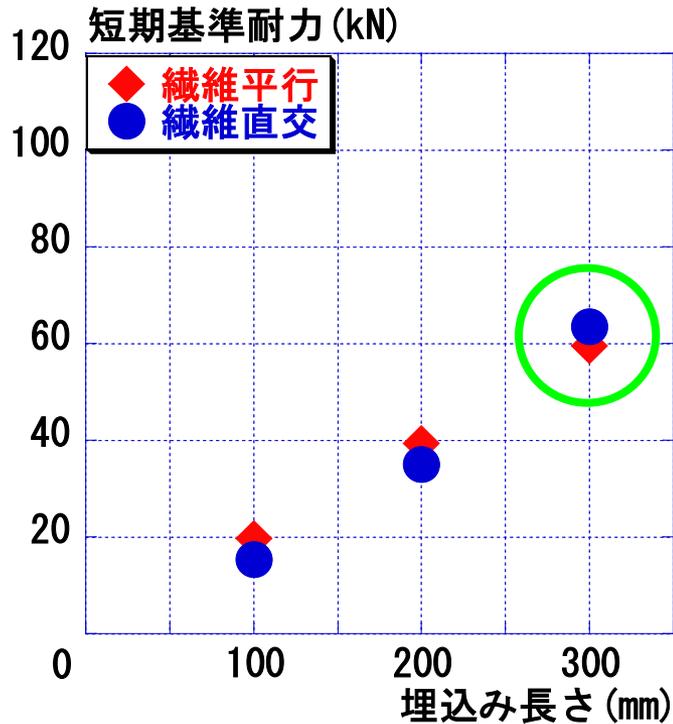
従来型接合金物2本



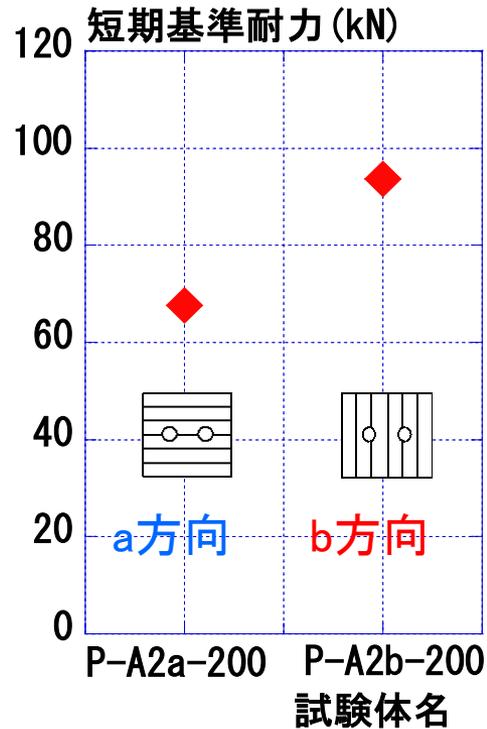
改良型接合金物

# 実験結果

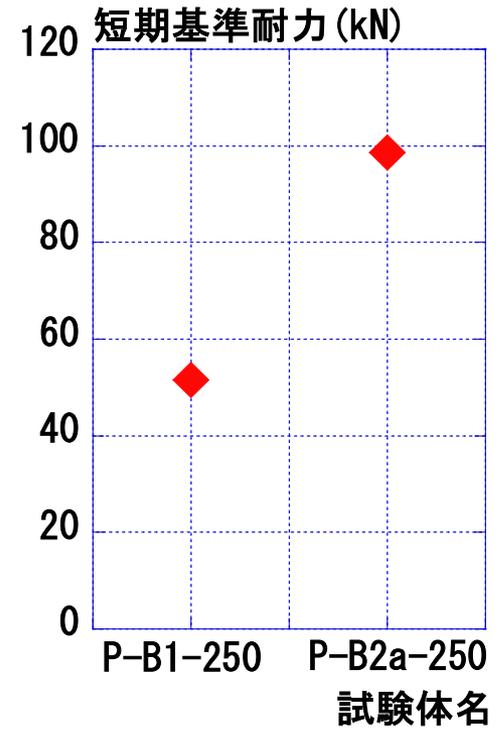
## —短期基準耐力—



従来型接合金物1本



従来型接合金物2本



改良型接合金物

# 剛性、基準耐力のまとめ

## —設計用基準値表—

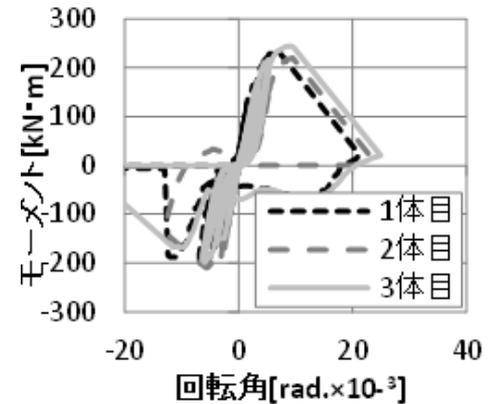
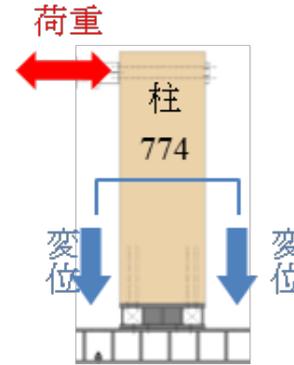
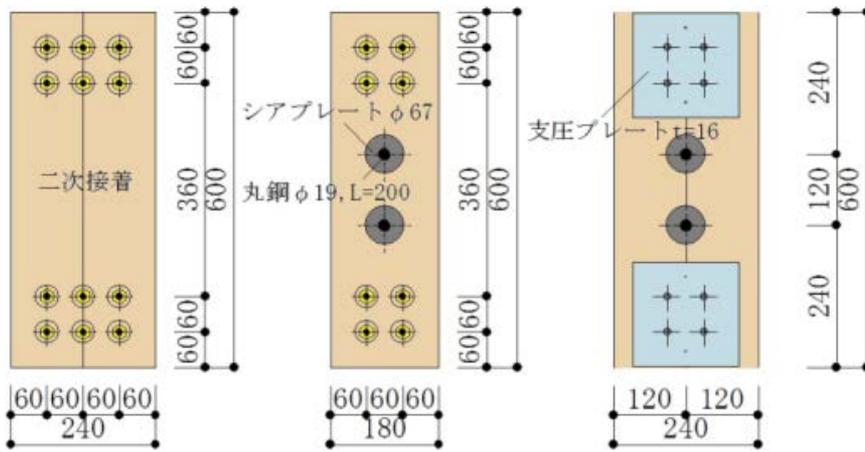
繊維平行方向接合金物1本の試験体

試験体名	引抜き剛性平均値 (kN/mm)	短期基準耐力 (kN)
P-A1-100	192.21	19.62
P-A1-200	322.81	39.36
P-A1-300	299.72	59.54
P-A2a-200	570.04	67.63
P-A2b-200	579.32	93.72
O-A1-100	65.81	15.33
O-A1-200	129.28	34.97
O-A1-300	153.28	63.43
P-B1-250	—	51.48
P-B2a-250	—	98.66

改良型接合金物を用いた試験体

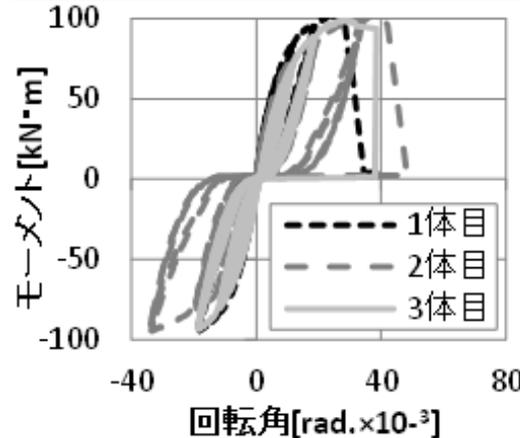
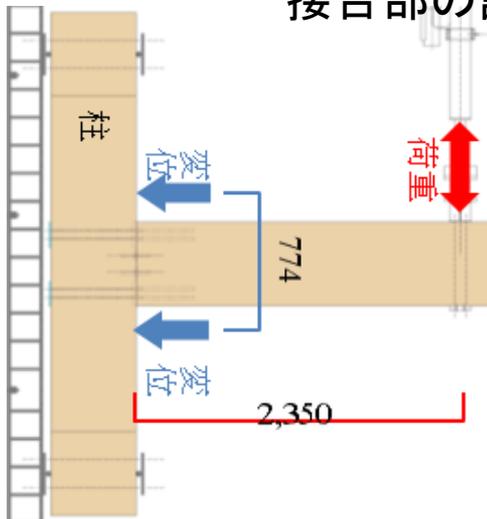
繊維直交方向接合金物1本の試験体

# 以上の接合法を利用した モーメント抵抗接合部



柱脚接合部

接合部の詳細



柱はり接合部

モーメント抵抗接合性能を実験的に把握

+

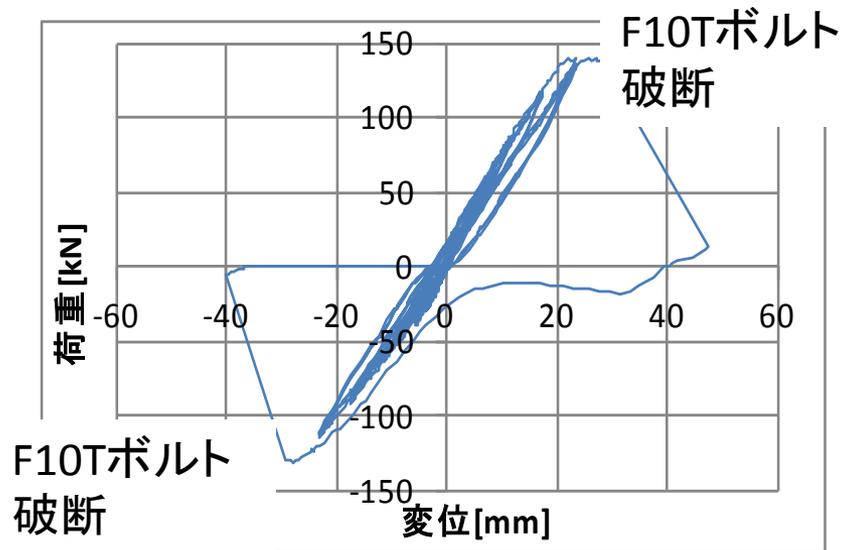
接合部実験の結果からモーメント抵抗接合部の性能を計算

=

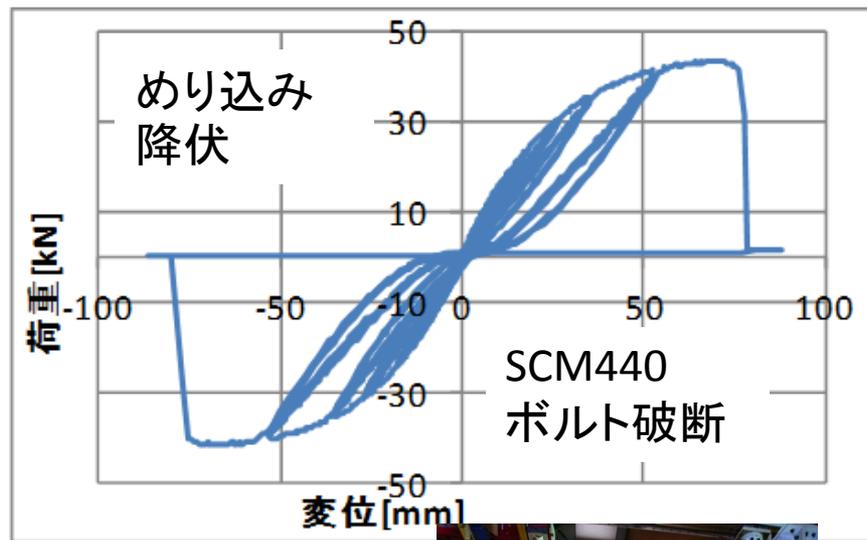
許容耐力、終局耐力の推定  
設計に使える情報として整備

# 実験結果

柱脚接合部



柱はり接合部



ボルトの破断



ボルトの伸び



柱はり接合部

(ボルト強度 > 塑性化する部分の強度) = 靱性の確保

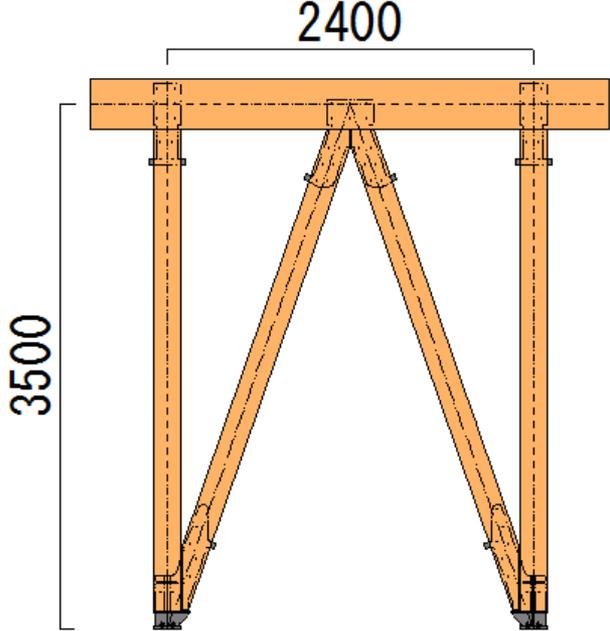
# ブレース試験体概要

中層大規模木造で用いる  
ブレース構造を想定して、  
試験体を設計

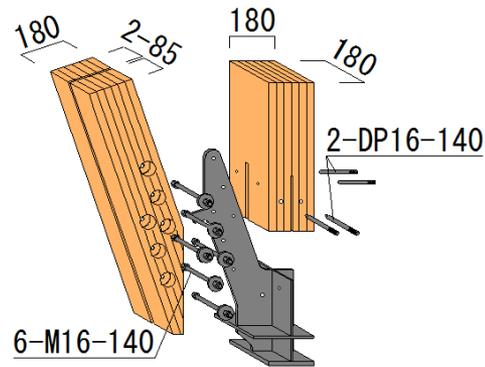
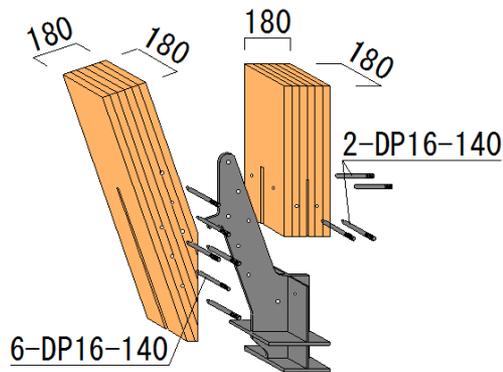
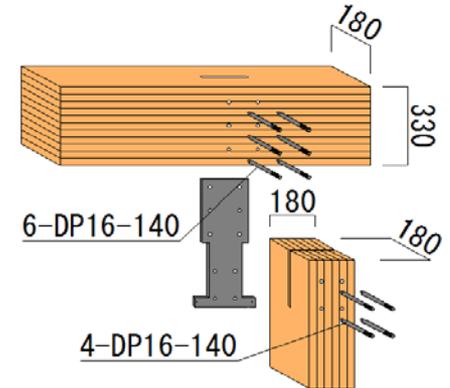
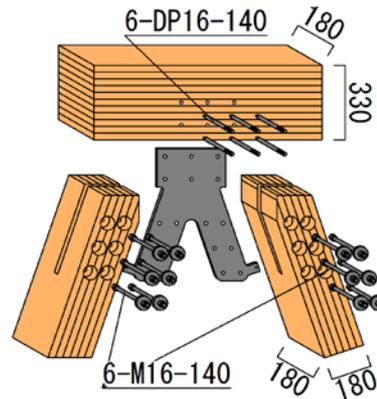
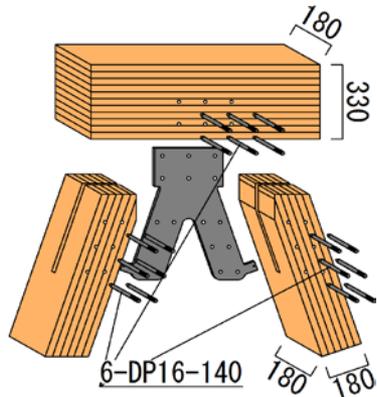
接合部の許容耐力から  
構面の許容耐力を予測

実験で構造特性係数、保  
有水平耐力を算定

適用範囲を明記

	中層大規模ー鉛直構面	
	LB-1	LB-2
ブレース材	カラマツ 集成材 180x180	カラマツ 集成材 2-85x180
ブレース 接合部	鋼板挿入式 ドリフトピン接合	鋼板挿入式 ボルト接合
柱	カラマツ集成材180×180	
図		

# 接合部の詳細



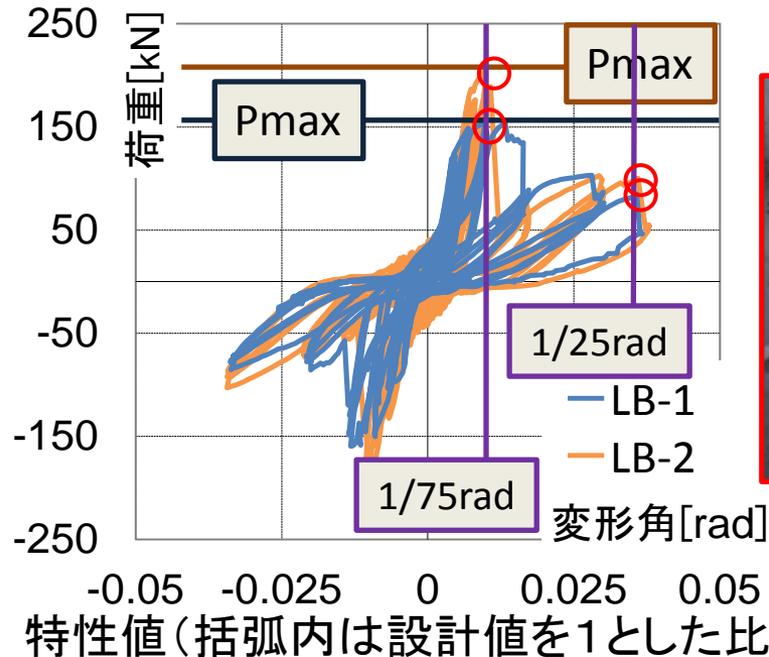
柱-横架材接合部  
ブレース端部接合部  
ドリフトピン単体  
ボルト接合部単体

以上の引き抜き実験も実施

ドリフトピン接合

ボルト接合

# 実験結果 -LB試験体-



① ブレース端部のせん断破壊



② 桁の曲げ破壊



③ ドリフトピンの曲げ

	Pmax [kN]	Py [kN]	Pu [kN]	K [kN/rad]	Ds
LB-1	153	141(2.4)	147	23800	0.48
LB-2	203	- (3.4)	192	31800	0.74

- ・破壊性状は**ブレース端部せん断破壊**、**桁の曲げ破壊**であった。
- ・設計値に対して実験値が、LB-1では2.4倍、LB-2では3.4倍の値を示し、2試験体共に**設計値がかなり安全側**で計算されている。
- ・**ボルト接合部**の方が高い最大耐力であった。

# 接合部実験 まとめ

- 標準的な部材と接合具を選択
- 実験を実施
- 提案されている耐力算定式と実験結果を比較
- 許容耐力だけではなく、終局耐力も提示
- 単体だけではなく複数本の耐力を提示
- 接合具単体だけではなく、典型的な接合部とその許容耐力と終局耐力を提示
- 全体像は描けつつあるものの、一年間の事業のため多様化は今後の課題