令和3年度 林業成長産業化総合対策補助金等 CLT・LVL等の建築物への利用環境整備事業のうち、⑥CLT・L VL等を活用した建築物低コスト化・検証等事業

# CLT パネルを面材として用いた木造軸組耐力壁等の 開発事業報告書

令和4年3月 木構造振興株式会社

## 目次

1. 事業	既要		
1.1.	事業	『の目的	1
1.2.	実施	[内容	3
1.3.	実施	ī体制	4
2. CLT /	パネル	等試験体材料の概要	
3. 真壁间	耐力學	きのビス1面せん断試験	
3.1.		- — — — — — — — — — — — — — — — — — — —	
3.2.		・	
		ビスの仕様	
3.3.		武武···································	
3.4.		(7) //	
3.4. $3.5.$			
		<u> </u>	24
		<b>きの面内せん断試験28</b>	0.0
4.1.		in の目的	
4.2.		きの内容	
	2.1.		
		試験の種類	
4.2	2.3.	試験部材加工図	
4.2	2.4.	接合金物図	
4.2	2.5.	密度と含水率	49
4.3.	試験	₹方法	50
4.4.	試験	₹結果	55
4.4	l.1.	FS70-340-L9.1、FS70-320-L9.1の試験結果	55
4.4	1.2.	FS70-320-H@12 の試験結果	58
4.4	I.3.	FS45-340-L6.0 の試験結果	60
4.4	1.4.	FS45-340-L9.1 の試験結果	62
4.4	l.5.	FS45-340-L18.2 の試験結果	64
4.4	ł.6.	FS45-340-H45 の試験結果	66
4.4	1.7.	FS90-110-L6.0 の試験結果	
		FS90-110-L9.1 の試験結果	
		FS90-110-L18.2 の試験結果	
		FS90-110-H45 の試験結果	
4.5.		- 600 + 10 + 110 の試験間架 - 値の比較	
		- ieの比较	
		特性値の比較と考察	
_			
		考察まとめ87 きのくぎ及びビスー面せん断試験87	80
			0.5
5.1.		きの目的	
		<b>6</b> の内容	
	2.1.	くぎ及びビスの仕様	
_		試験の種類	
5.3.		竞方法	
5.4.		₹結果	
•		P24CN75	
5.4	1.2.	C36CN90	94
5.4	l.3.	C60F140	97
5.4	1.4.	JF	100

6. C	LT を用し	ハた狭小壁の面内せん断試験	101
6	5.1. 試	験の目的	101
6	5.2. 試	験の内容	101
	6.2.1.	接合金物の仕様	101
	6.2.2.	試験の種類	101
	6.2.3.	試験部材加工図	105
6	.3. 試	験方法	107
6	5.4. 試	験結果	109
	6.4.1.	L045	109
	6.4.2.	L060	112
6	5.5. 考	<b>空</b>	114
7. 柱	主頭・柱	脚接合部のビス補強によるめり込み試験	115
7	7.1. 試	験の目的	115
7	7.2. 試!	験の内容	115
	7.2.1.	金物等の仕様	115
	7.2.2.	試験の種類	115
7	7.3. 試	験方法	119
7	.4. 試	験結果	120
	7.4.1.	B00	120
	7.4.2.	B04	125
	7.4.3.	B06	129
	7.4.4.	B10	134
7	7.5. 許	容耐力の算出	139
7	7.6. 特分	性値の比較	139
8. Ł	ごスの引	き抜き試験	142
8	3.1. 試	験の目的	142
8	5.2. 試	験の内容	142
	8.2.1.	ビスの仕様	142
	8.2.2.	試験の種類	142
8	3.3. 試	験方法	144
8	5.4. 試	<b>験結果</b>	145
	8.4.1.	00-55	146
	8.4.2.	00 (45) -55	148
	8.4.3.	90-55	150
	8.4.4.	90 (45) -55	152
	8.4.5.	00-160	154
	8.4.6.	00 (45) –160	
	8.4.7.	90-160	158
	8.4.8.	90 (45) –160	160
9. <del>a</del>	きとめ		162

#### 1. 事業概要

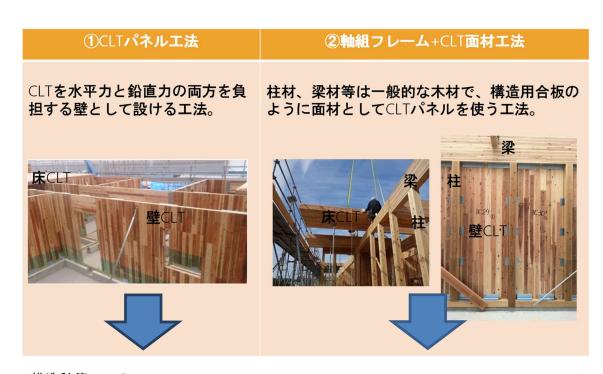
#### 1.1. 事業の目的

CLT を用いて中層 CLT パネルを活用した建築物は、CLT パネルを水平力と鉛直力の両方を負担する壁として設ける CLT パネル工法(図 1.1-1 の①)が代表的だが、在来軸組工法に壁や床等の面材として用いるような部分利用の使い方もある(図 1.1-1 の②)。例えば表しとして少量の CLT パネルを面材として用い、隠れて見えない部分は構造用合板耐力壁とするなど、適材適所の使い方が可能であり、コスト減にも繋がる。また、現在の設計方法においては軸組工法の設計方法の方が構造設計に掛かる負担が少ないといった利点が挙げられる。

また、CLT で積載荷重等の鉛直軸力を負担しないことから、高耐力の耐力壁が厚みが薄い CLT パネルで実現可能となる。

着工工数を比較すると、図 1.1-2 に示すようにこれまでの CLT を用いた建築物では、CLT を部分利用した建築物が CLT パネル工法を上回っていることが分かる。

このようなことから、本事業では、軸組フレームに壁として CLT を用いた耐力壁の設計 方法を確立するため、接合部及び耐力壁の開発を行う。



#### ○構造計算ルート

CLT パネル工法 告示第 611 号

#### 軸組構法

令 82 条許容応力度設計、令 46 条 2 項ルート、ルート 2 以上も。

図 1.1-1 CLT パネル工法と軸組併用工法の違い

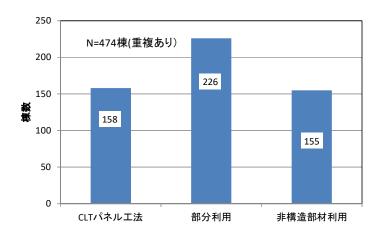


図 1.1-2 CLT を用いた建築物の CLT の用途 (内閣官房 C L T を用いた建築物の一覧 (郸道府県別) (R2.7.31 現在) より)

#### 1.2. 実施内容

中層建築物を想定しており、高倍率の耐力壁の開発を目標としている。

壁倍率 20 倍程度を目標とするため、使用する軸材の樹種は試験で一般に標準となっているスギ材に加えたヒノキ材も想定する。

#### (1) 真壁耐力壁のビスー面せん断要素試験

CLT 耐力壁を真壁納めとした仕様を前提として、ビスの一面せん断試験を実施する。 本年度は、昨年度実施したフルスレッドビス呼び径 8 mm、ビス長さ 110 mmを改良し、呼び径 9 mmとしたビスで実験を実施する。軸材をヒノキとした試験も併せて行う。

#### (2) 真壁仕様耐力壁の面内せん断試験

- (1)及び昨年度の実験結果を踏まえて、耐力壁試験を実施する。
- ・昨年度柱が割裂してしまった試験体の改良を行う。
- ・耐力壁のサイズによる影響を検証する。
- 性能のばらつきを検証する。
- 軸材をヒノキに換えた試験を実施する。

#### (3) 大壁仕様耐力壁のくぎ及びビスー面せん断試験

CLT 耐力壁を大壁仕様とした仕様を前提として、木造軸組工法住宅の許容応力度設計 2016 年版に掲載しているくぎ 1 本あたりのせん断性能を求めるための試験を実施する。

CLT の種類は合板と同程度の厚さとして①3 層 3 プライ 36 mm、②3 層 3 プライ 60 mm、③構造用合板 24 mmとする。使用するビスは面材厚さに応じてくぎやフルスレッドビスを使用する。

#### (4) CLT を用いた狭小壁の面内せん断試験

壁長さの短い(455 mm、600 mm程度) CLT 壁を梁と土台または基礎に直接接合する工法を想定する。接合金物は x マーク金物を使用するため、耐力壁試験のみとする。

用途は住宅等の1階ガレージなど、開口を広く取りたい箇所などを想定しており、壁倍率7倍を目標とする。

#### (5) 柱頭・柱脚接合部のビス補強によるめり込み試験

高耐力壁の柱頭柱脚接合部においては、柱の軸力が大きくなるため、土台や梁の適切なめり込み防止が必要となる。引張接合を兼ねた箱型金物やダボピンを基礎等に直接当てる方法も考えられるが、安価で事前の木材加工が不要なめり込み防止方法としてビスによる補強効果を検証する。

#### (6) ビスの引き抜き試験

(2)の耐力壁の性能は、ビスの引き抜き性能に依存するところが大きい。加力方向に対して90°に打ち込んだ場合は終局耐力に、加力方向に対して斜めに打ちこんだ場合は終局耐力、降伏耐力、剛性等に影響を及ぼしている。

このようなことからビスの単体性能を分析するため、ビスの引き抜き試験を実施する。

#### 1.3. 実施体制

実施体制は、学識経験者等からなる委員会を設け、接合金物の要求性能、仕様、試験計画、評価について諮問する。試験機関は、(公財)日本住宅・木材技術センター試験研究所及び(一財)建材試験センターで実施した。

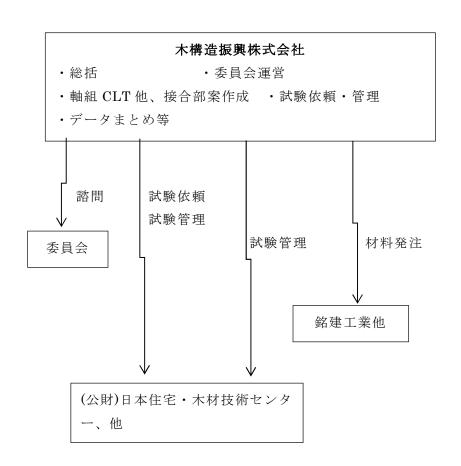


図 1.3-1 実施体制図

## 中層大規模木造用 CLT 接合部の開発委員会 委員名簿

(敬称略、順不同)

## CLT パネルを面材として用いた木造軸組耐力壁等の開発 委員名簿

(敬称略、順不同)

#### 委員長

五十田 博 京都大学 生存圈研究所 教授

#### 委員

河合 直人 工学院大学 建築学部建築学科 教授

青木 謙治 東京大学 大学院農学生命科学研究科 准教授

小林 研治 静岡大学学術院農学領域 生物資源科学科 住環境構造学研

究室 准教授

槌本 敬大 (国研)建築研究所材料研究グループ 上席研究員

中島 昌一 建築研究所構造研究グループ 主任研究員

荒木 康弘 国土交通省国土技術政策総合研究所 主任研究官

谷口 翼 (一社) 日本 CLT 協会

#### オブザーバー

野田 卓見 ㈱構造計画研究所 構造設計 2 部 木質創造設計室 (一社) 日本 CLT 協会

#### 事務局

鈴木 圭 木構造振興㈱ 主任研究員

#### 委員会開催実績

#### 第1回

日 時:令和3年 7月14日(水) 18:00~20:00

会 場: ZOOM による Web 開催

#### 第2回

日 時:令和4年 1月27日(木) 11:00~12:30

会 場: ZOOM による Web 開催

#### 第3回

日 時:令和4年 3月19日(木) 14:00~17:00

会 場: ZOOM による Web 開催

## 2. CLTパネル等試験体材料の概要

CLT等の種類は、試験の目的や使用部位に応じて表 2-1 のとおりとした。

表 2-1 実験に使用した木質材料の種類

		木質材			幅はぎ	
	試験の種類	料の種	樹種	JASの等級区分/構成方法	接着の	品質、等級の指定
		類			有無	
	真壁耐力壁の	製材	スギ	E70、SD15		比重0.38~0.44
1	ビス一面せん	表 们	ヒノキ	E90以上、SD20		比重0.47~0.53
	断試験	CLT	スギ	Mx60-3-3/A種構成	無し	
		製材	スギ	E70、SD15		E70
	古段科士段の	表的 	ヒノキ	E90以上、SD20		E90
2	真壁耐力壁の 面内せん断試	集成材	スギ	同一等級E65-F255		同一等級E65-F255
_	画内でん断試 験	<b>未</b>	ヒノキ	同一等級E85-F255		同一等級E85-F255
	河大	CLT	スギ	Mx60-3-3/A種構成、CLT厚さ90mm	無し	
		CLI	ノナ	Mx60-3-4/A種構成、CLT厚さ120mm	無し	
		製材	スギ	E70、SD15		比重0.38~0.44
	大壁耐力壁の	<b>↓</b>	1. 1.+	特類2級、板面の品質C-D、7ply、全		ル土 米五 ○ Ý T
3	くぎ及びビス	合板	ヒノキ	層ヒノキ、合板厚さ24mm		特類2級
	一面せん断試 験	OL T	スギ	Mx60-3-3/A種構成、CLT厚さ36mm	有り	
	例欠	CLT	スキ	Mx60-3-3/A種構成、CLT厚さ60mm	無し	
	CLTを用いた	生儿士士	スギ	E70、SD15		E70
4	狭小壁の面内	製材	ヒノキ	E90以上、SD20		E90
	せん断試験	CLT	スギ	Mx60-3-3/A種構成、CLT厚さ90mm	無し	
	柱頭・柱脚接					
_	合部のビス補	#11.1.1		F00111 0 0 0 0		U.Z.0.47 0.50
5	強によるめり	製材	ヒノキ	E90以上、SD20		比重0.47~0.53
	込み試験					
	レースの引き抜					
6	き試験	CLT	スギ	M×60-3-3/A種構成	無し	比重0.38~0.44
	- H V/J/					

#### 3. 真壁耐力壁のビス1面せん断試験

#### 3.1. 試験の目的

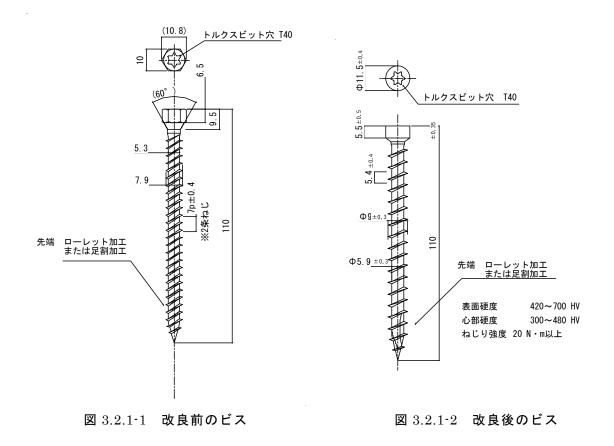
前年度実施した要素試験のうち、全長 110 mmのフルスレッドビスについては、強度性能向上のため、呼び径 8 mmから呼び径 9 mmに改良した。

当試験では、呼び径 9 mmのフルスレッドビスについて試験を実施し、詳細計算法のための要素試験データとすることを目的として実施する。

#### 3.2. 試験の内容

#### 3.2.1. ビスの仕様

昨年度実施した改良前のビスは図 3.2.1-1、今回試験を実施する改良後のフルスレッドビスは図 3.2.1-2 のとおりである。



7

#### 3.2.2. 試験の種類

試験の種類は表 3.2.2-1 のとおり 8 種類 42 体の試験とする。試験体の記号の意味を図 3.2.2-1 に、試験体別のビスの打ち方を図 3.2.2-2 に示す。各試験体図を図 3.2.2-3~図 3.2.2-10 に、試験体作成の様子を写真 3.2.2-1~写真 3.2.2-2 に、試験体の密度と含水率を表 3.2.2-2 に示す。

図 3.2.2-2 のとおり、加力と直交方向に 45°傾け、試験体の表裏から交互に打つ方法とし、製材側から打つ場合と CLT 側から打つ場合を実施した。

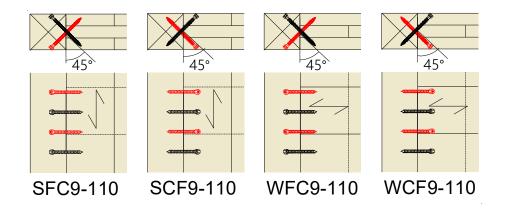
また、図 3.2.2-3~図 3.2.2-10 の赤斜線部分のとおり CLT と製材の間にはテフロンシートを挿入し、摩擦が生じないように配慮した。

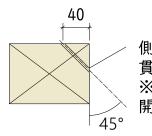
面材の種類 接合具の種類 加力に対加力方向 通 試験 する接合 に対する ビスの打ち込み L 山径また 試験体記号 軸材の種類 体数 接合具長 具の打ち CLTの向 方向 番 面材規格 は胴部径 厚さ(mm) 名称 (体) さl(mm) 込み角度 号 d(mm) 1 SS90FC9-110 製材からCLTへ スギ製材 強軸方向 2 SS90CF9-110 E70 CLTから製材へ 6 90° 3 SW90FC9-110 スギCLT 比重0.38~ 製材からCLTへ フルス 弱軸方向 0.44 4 SW90CF9-110 /Mx60-CLTから製材へ 6 90 レッドビ 9 110 5 HS90FC9-110 3-3/A種 製材からCLTへ ヒノキ製材 ス 強軸方向 構成 CLTから製材へ 6 HS90CF9-110 E90以上 90° 比重0.47~ 7 HW90FC9-110 製材からCLTへ 弱軸方向 0.53 8 HW90CF9-110 CLTから製材へ 6 42 合計

表 3.2.2-1 試験の種類

$\underline{\mathbf{S}}$	$\underline{\mathbf{S}}$	90	$\overline{\mathrm{FC}}$	9- <u>110</u>
製材の樹種	加力に対する	加力に対する	ビスを打つ方向	ビス呼び径-
	CLT の向き	ビスの角度		ビスの長さ
スギ	Strong axis	Fra	me →CLT	9 mm-110 mm
ヒノキ	Weak axis	$CL^{r}$	Γ →Frame	

図 3.2.2-1 試験体記号の意味





側材に φ 4.5mmの 貫通孔を開口 ※主材には下穴を 開けていない。

図 3.2.2-2 試験体別のビスの打ち方



写真 3.2.2-1 斜め打ち用治具

・斜めにカットした木材に塩ビ管を固定したもの



写真 3.2.2-2 斜め打ちビス施工の様子

・ポンチで位置決めし、ドリルで開口。 ある程度まで埋め込んだらガイドを外して 残りを打ち込む。

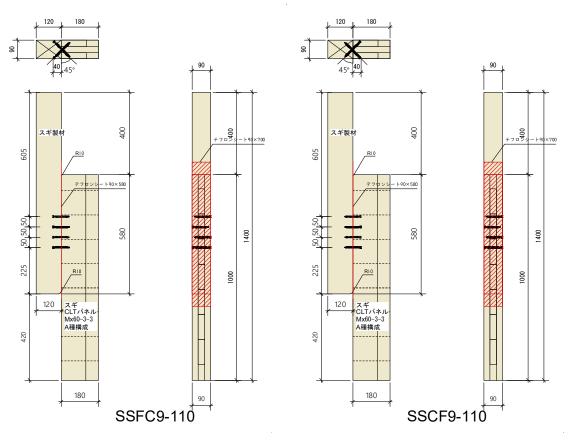


図 3.2.2-3 SSFC9-110 試験体

図 3.2.2-4 SSCF9-110 試験体

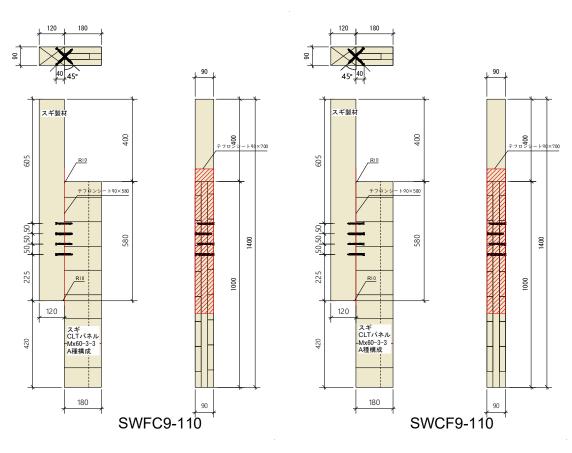


図 3.2.2-5 SWFC9-110 試験体

図 3.2.2-6 SWCF9-110 試験体

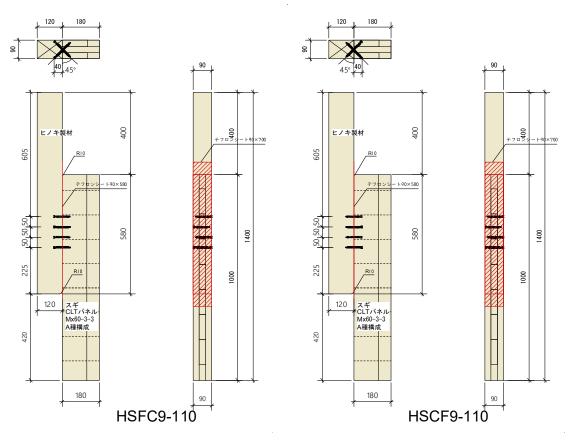


図 3.2.2-7 HSFC9-110 試験体

図 3.2.2-8 HSCF9-110 試験体

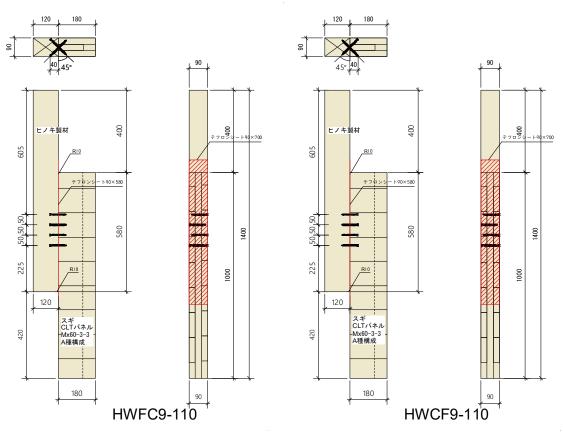


図 3.2.2-9 HWFC9-110 試験体

図 3.2.2-10 HWCF9-110 試験体

表 3.2.2-2 密度と含水率

	試験体記	試験体番号	CI	_T	製	材			+ 1000	CI	_T	製	材
No.	武鞅体記 号	武駅 体 番 方	含水率	密度	含水率	密度	No.	試験体記号	試験体番号 等	含水率	密度	含水率	密度
	万	寺	(%)	$(g/cm^3)$	(%)	(g/cm³)			守	(%)	$(g/cm^3)$	(%)	$(g/cm^3)$
		1	8.0	0.39	12.8	0.43			1	8.6	0.40	8.8	0.39
		2	8.5	0.43	9.8	0.43			2	8.9	0.40	8.6	0.42
	SSFC9-	3	8.2	0.44	8.8	0.41		SWFC9- 110	3	8.9	0.40	9.1	0.43
1	110	4	7.6	0.44	11.4	0.43	3		4	9.2	0.40	8.1	0.40
	110	5	8.4	0.41	12.6	0.44			5	9.0	0.40	7.9	0.44
		6	8.1	0.38	12.2	0.41			6	8.6	0.41	10.1	0.43
	-	平均	8.1	0.41	11.3	0.42			平均	8.9	0.40	8.8	0.42
		1	7.5	0.39	14.5	0.42			1	10.5	0.40	12.1	0.42
		2	7.7	0.42	16.3	0.43			2	10.9	0.42	8.3	0.46
	SSCF9-	3	8.0	0.42	8.6	0.46		SWCF9-	3	9.8	0.42	15.2	0.44
2	110	4	8.0	0.40	9.4	0.39	4	110	4	8.5	0.43	12.1	0.40
	110	5	8.1	0.42	8.1	0.40		110	5	9.8	0.40	10.5	0.43
		6	8.1	0.39	11.9	0.42			6	9.9	0.42	11.4	0.43
		平均	7.9	0.41	11.5	0.42			平均	9.9	0.42	11.6	0.43

	=+ F-> /+ =-7	=+₩/+ <b>≖</b> □	CI	LT	製	材1			=+160/4-4-0	CI	_T	製	材1
No.	試験体記 号	試験体番号	含水率	密度	含水率	密度	No.	試験体記号	試験体番号 等	含水率	密度	含水率	密度
	万	寺	(%)	$(g/cm^3)$	(%)	$(g/cm^3)$			寺	(%)	$(g/cm^3)$	(%)	$(g/cm^3)$
		1	7.8	0.43	14.6	0.51			1	9.3	0.40	11.8	0.51
		2	8.0	0.41	10.4	0.51			2	8.5	0.40	11.6	0.50
	HSFC9-	3	7.2	0.41	10.4	0.48		HWFC9-	3	10.5	0.40	10.0	0.47
5	110						7	110					
	110							110					
		平均	7.7	0.42	11.8	0.50			平均	9.4	0.40	11.1	0.50
		1	8.2	0.41	15.8	0.50			1	8.0	0.45	14.7	0.49
		2	8.9	0.39	10.8	0.49			2	9.8	0.42	11.4	0.53
	HSCF9-	3	8.1	0.43	9.4	0.53		HWCF9-	3	9.8	0.40	12.3	0.54
6	110	4	8.9	0.42	9.7	0.51	8	110	4	9.9	0.42	12.0	0.52
	110	5	8.6	0.40	9.8	0.51		110	5	8.5	0.43	9.5	0.49
		6	9.3	0.42	9.5	0.49			6	10.9	0.42	10.0	0.51
		平均	8.7	0.41	10.8	0.50			平均	9.5	0.42	11.6	0.51

#### 3.3. 試験方法

治具及び変位計配置図は図 3.3-1、写真 3.3-1 のとおりである。

試験体は面外方向の変形をサポート治具やボルト接合した L 形鋼で押える試験とした。加力方法は、昨年度実施した呼び径 8 mmのビス試験と同じ  $\delta_v$ の 1/2,1,2,4,6,8,12,16 倍の順で正負交番加力方向繰り返し加力とし、最大荷重後に 80%以下まで荷重が落ちるか、加力可能な変位まで測定を行った。変位は巻き込み型変位計を用いて CLT と製材の相対変位を計測した。

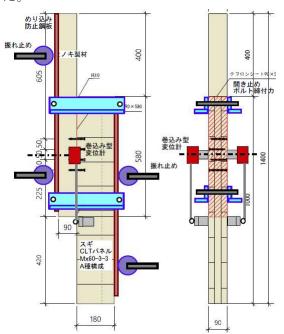


図 3.3-1 治具及び変位計配置図

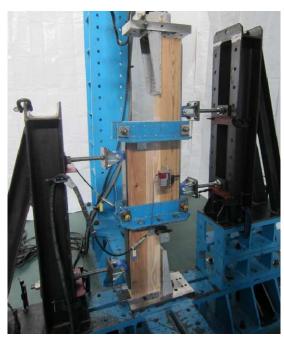


写真 3.3-1 治具及び変位計配置の様子

#### 3.4. 試験結果

#### (1)荷重変形関係と破壊性状

フルスレットビス HTS9-110 を用いた試験体の荷重変形曲線を図 3.4-1 $\sim$ 図 3.4-8 に、試験体ごとの特性値を表 3.4-1 $\sim$ 表 3.4-8 に、破壊性状を写真 3.4-1 $\sim$ 写真 3.4-26 に示す。

図 3.4-1~図 3.4-8 より、CLT の向き (強軸方向 or 弱軸方向)、ビスの打ち込み方向 (CLT から軸材へ or 軸材から CLT へ) の違いはほぼ見られなかった。

破壊性状については、いずれもビス頭側の材料が割れ破壊しやすい結果となった(写真3.4-7、写真3.4-13等)。CLTについては、ビス頭側且つ、弱軸方向の試験体に割れが見られた(写真3.4-23、写真3.4-25)。

SWFC 試験体のうち、SWFC9-110-1 は製材で割れており、他の試験体より  $P_{max}$  が低い結果となった。HSFC 試験体の HSFC9-110-1 についても同じ傾向がある。

一方、HSCF 試験体のうち、HSCF9-110-1、-5、-6 も割れが発生したが、割れが小さいため強度性能に影響は見られなかったと思われる。HWCF 試験体のうち HWCF9-110-1、-3 は最大荷重後の押し側や引き切り側で割れが大きくなったため、強度性能に影響はなかったと思われる。

公益財団法人日本住宅・木材技術センター発行「木造軸組工法住宅の許容応力度設計 (2016 年版)」(以下、「グレー本」¹)の接合部の試験評価方法は、5%下限値で評価することになっているが、耐力壁に使うことを前提として、本事業では 50%下限値の評価を追加した。また、グレー本では、変位 30mm までの計測データから特性値を算出することになっているが、耐力壁の設計を行う際に、少なくとも耐力壁が 1/15rad まで変形した状態までの接合部の荷重変形関係が分かっていないといけないので、最大荷重後、80%まで荷重が落ちきるまでの評価とした。

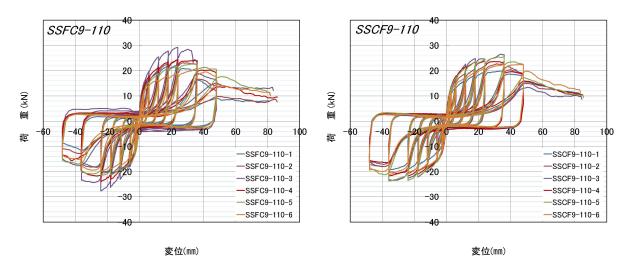


図 3.4-1 SSFC9-110-1~6(No.1)の荷重変形曲線 図 3.4-2 SSCF9-110-1~6(No.2)の荷重変形曲線

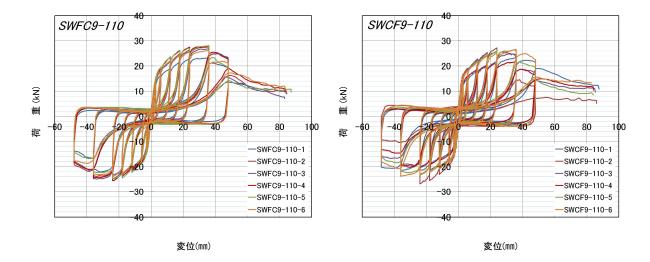


図 3.4-3 SWFC9-110-1~6(No.3)の荷重変形曲線 図 3.4-4 SWCF9-110-1~6(No.4)の荷重変形曲線

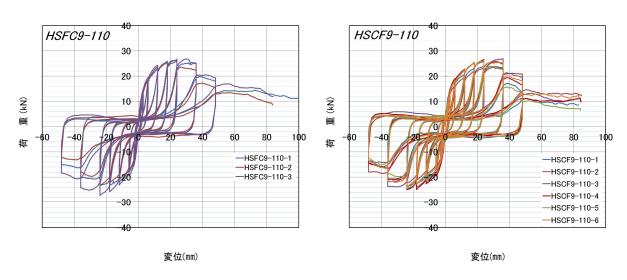


図 3.4-5 HSFC9-110-1~3(No.5)の荷重変形曲線 図 3.4-6 HSCF9-110-1~6(No.6)の荷重変形曲線

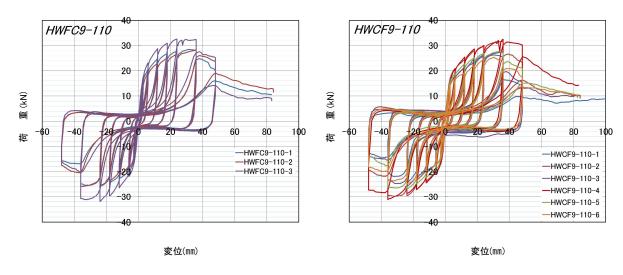


図 3.4-7 HWFC9-110-1~3(No.7)の荷重変形曲 図 3.4-8 HWCF9-110-1~6(No.8)の荷重変形曲 線 線

表 3.4-1 SSFC9-110 特性値

試験体記号			SSFC	9-110			平均値	標準偏差	亦動反粉	ばらつき	50%
項目	1	2	3	4	5	6	十均恒	保华佣左	<b>多</b> 期/示数	係数	下限値
1/10Pm (kN)	2.21	2.45	2.93	2.45	2.27	2.08	2.40	0.30			
$1/10~\delta$ m (mm)	0.06	0.06	0.04	0.05	0.10	0.09	0.07	0.02			
2/5Pm (kN)	8.85	9.78	11.70	9.78	9.08	8.30	9.58	1.18			
$2/5 \delta m \text{ (mm)}$	1.49	1.46	1.47	1.64	1.69	1.67	1.57	0.11		_	
2/3Pm (kN)	14.75	16.30	19.50	16.30	15.13	13.83	15.97	1.97	0.123	0.963	15.3
2/3 δ m (mm)	4.06	5.89	5.68	4.44	5.42	5.29	5.13	0.72			
9/10Pm (kN)	19.91	22.01	26.33	22.01	20.42	18.68	21.56	2.66			
$9/10 \delta m (mm)$	11.92	15.27	13.99	13.75	16.30	22.31	15.59	3.61			
Pm (kN)	22.12	24.45	29.25	24.45	22.69	20.75	23.95	2.96			
δm (mm)	23.07	24.09	23.57	24.06	36.01	35.01	27.64	6.12			
δ u時荷重 (kN)	17.70	22.05	23.40	19.56	18.15	16.60	19.58	2.65			
δ u (mm)	36.91	36.05	33.50	46.93	50.51	49.67	42.26	7.60			
降伏耐力 Py (kN)	13.47	13.01	15.44	14.63	12.95	12.74	13.71	1.09	0.080	0.976	13.3
δy (mm)	2.99	3.00	2.82	3.27	3.45	4.12	3.28	0.47			
終局耐力 Pu (kN)	20.27	21.90	26.47	22.17	20.75	18.55	21.69	2.68	0.124	0.963	20.8
初期剛性 K (kN/mm)	4.5	4.3	5.5	4.5	3.8	3.1	4.3	0.8			
降伏点変位 δ v (mm)	4.50	5.09	4.81	4.93	5.46	5.98	5.13	0.52			
塑性率 μ=δu/δv	8.20	7.08	6.96	9.52	9.25	8.31	8.22	1.06			
構造特性係数 Ds	0.25	0.28	0.28	0.24	0.24	0.25		0.02			

<sup>1/10</sup>Pm;0.1Pmax時の荷重

表 3.4-2 SSCF9-110 特性値

試験体記号			SSCF	9-110			平均値	標準偏差	亦動核粉	ばらつき	50%
項目	1	2	3	4	5	6	十均恒	保华佣左	<b>多</b> 期	係数	下限値
1/10Pm (kN)	2.01	2.28	2.65	2.39	2.54	2.25	2.35	0.23			
$1/10~\delta$ m (mm)	0.03	0.04	0.15	0.06	0.11	0.14	0.09	0.05			
2/5Pm (kN)	8.04	9.10	10.60	9.55	10.18	9.00	9.41	0.91			
$2/5 \delta m (mm)$	1.07	1.09	2.22	1.41	1.69	1.71	1.53	0.44			
2/3Pm (kN)	13.40	15.17	17.67	15.91	16.96	15.01	15.69	1.52	0.097	0.971	15.2
$2/3 \delta m (mm)$	6.00	4.82	6.64	4.15	5.48	6.29	5.56	0.94			
9/10Pm (kN)	18.09	20.48	23.85	21.48	22.90	20.26	21.18	2.05			
$9/10~\delta$ m (mm)	17.18	17.45	15.14	11.58	16.09	21.48	16.49	3.24			
Pm (kN)	20.10	22.75	26.50	23.87	25.44	22.51	23.53	2.28			
δm (mm)	35.60	31.50	34.02	24.01	32.51	36.02	32.28	4.41			
δ u時荷重 (kN)	16.08	18.20	21.20	19.10	22.46	18.01	19.18	2.31			
δu (mm)	49.58	48.39	40.15	44.83	48.00	55.53	47.75	5.11			
降伏耐力 Py (kN)	10.84	13.14	14.07	13.70	14.46	12.97	13.20	1.28	0.097	0.971	12.8
δy (mm)	2.67	2.86	3.81	2.86	3.57	3.75	3.25	0.51			
終局耐力 Pu (kN)	18.05	20.39	23.83	22.04	23.33	20.37	21.34	2.16	0.101	0.970	20.6
初期剛性 K (kN/mm)	4.1	4.6	3.7	4.8	4.1	3.5	4.1	0.5			
降伏点変位 δv(mm)	4.40	4.43	6.44	4.59	5.69	5.82	5.23	0.87			
塑性率 μ=δu/δv	11.27	10.92	6.23	9.77	8.44	9.54	9.36	1.84			
構造特性係数 Ds	0.22	0.22	0.30	0.23	0.25	0.24	0.24	0.03			

<sup>1/10</sup>Pm;0.1Pmax時の荷重

<sup>1/10</sup> δ m; 0.1Pmax時の変位

注)最大荷重Pmは変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとするが、荷重が大きく低下した場合はその時点とする。

<sup>1/10</sup> δ m; 0.1Pmax時の変位

注)最大荷重Pmは変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとするが、荷重が大きく低下した場合はその時点とする。

表 3.4-3 SWFC9-110 特性值

試験体記号			SWFC	9-110			平均値	標準偏差	亦私权粉	ばらつき	50%
項目	1	2	3	4	5	6	平均恒	保华畑左	多期怵奴	係数	下限値
1/10Pm (kN)	2.31	2.80	2.69	2.77	2.79	2.61	2.66	0.19			
$1/10 \delta m (mm)$	0.22	0.26	0.30	0.27	0.14	0.17	0.23	0.06			
2/5Pm (kN)	9.25	11.20	10.77	11.09	11.18	10.43	10.65	0.75			
$2/5 \delta m \text{ (mm)}$	1.80	1.99	1.84	2.13	1.62	1.71	1.85	0.19		_	
2/3Pm (kN)	15.42	18.67	17.95	18.49	18.63	17.38	17.76	1.25	0.070	0.979	17.3
$2/3~\delta$ m (mm)	4.62	6.58	5.76	5.44	4.97	4.98	5.39	0.71			
9/10Pm (kN)	20.82	25.20	24.23	24.96	25.15	23.46	23.97	1.68			
$9/10~\delta$ m (mm)	16.00	19.06	17.79	15.16	15.12	15.59	16.45	1.61			
Pm (kN)	23.13	28.00	26.92	27.73	27.94	26.07	26.63	1.87			
δm (mm)	34.53	35.54	36.01	36.01	34.55	34.52	35.19	0.74			
δ u時荷重 (kN)	19.26	22.87	23.36	22.67	22.35	20.86	21.90	1.54			
δ u (mm)	48.00	48.00	48.02	48.01	40.60	48.19	46.80	3.04			
降伏耐力 Py (kN)	14.05	15.71	15.39	16.17	16.11	15.36	15.47	0.77	0.050	0.985	15.2
δ y (mm)	3.64	3.80	3.70	3.93	3.13	3.56	3.63	0.28			
終局耐力 Pu (kN)	21.07	24.89	24.46	25.47	25.35	23.48	24.12	1.66	0.069	0.980	23.6
初期剛性 K (kN/mm)	3.9	4.1	4.2	4.1	5.1	4.3	4.3	0.4			
降伏点変位 δv(mm)	5.40	6.07	5.82	6.21	4.97	5.46	5.66	0.46			
塑性率 μ=δu/δv	8.89	7.91	8.25	7.73	8.17	8.83	8.30	0.47			
構造特性係数 Ds	0.24	0.26	0.25	0.26	0.26	0.24	0.25	0.01			

<sup>1/10</sup>Pm;0.1Pmax時の荷重

表 3.4-4 SWCF9-110 特性値

試験体記号			SWCF	9-110			平均値	<b>抽</b> 潍/巨学	亦私权粉	ばらつき	50%
項目	1	2	3	4	5	6	平均恒	保华佣左	変動係数	係数	下限値
1/10Pm (kN)	2.33	2.72	2.56	2.18	2.66	2.66	2.52	0.22			
$1/10~\delta$ m (mm)	0.19	0.20	0.17	0.06	0.05	0.22	0.15	0.07			
2/5Pm (kN)	9.31	10.88	10.23	8.71	10.62	10.65	10.07	0.87			
2/5 δ m (mm)	1.50	1.19	1.38	1.16	1.39	1.28	1.32	0.13			
2/3Pm (kN)	15.52	18.13	17.05	14.52	17.71	17.75	16.78	1.44	0.086	0.974	16.3
2/3 δ m (mm)	6.73	4.34	4.14	3.90	5.00	4.85	4.83	1.02			
9/10Pm (kN)	20.95	24.47	23.02	19.60	23.90	23.97	22.65	1.95			
9/10 δ m (mm)	20.53	16.53	12.88	15.67	16.48	17.71	16.63	2.51			
Pm (kN)	23.28	27.19	25.58	21.78	26.56	26.63	25.17	2.16			
δm (mm)	36.07	24.02	24.01	36.02	36.01	36.03	32.03	6.21			
δ u時荷重 (kN)	18.62	23.21	24.78	17.42	21.25	22.48	21.29	2.81			
δ u (mm)	53.24	36.05	36.13	44.76	39.43	48.12	42.96	6.96			
降伏耐力 Py (kN)	13.06	15.92	15.10	13.36	15.31	15.37	14.69	1.18	0.080	0.976	14.3
δy (mm)	3.38	2.50	2.87	3.02	3.09	2.78	2.94	0.30			
終局耐力 Pu (kN)	20.74	23.87	23.67	19.72	23.94	23.83	22.63	1.89	0.084	0.975	22.0
初期剛性 K (kN/mm)	3.9	6.4	5.3	4.4	5.0	5.5	5.1	0.9			
降伏点変位 δv(mm)	5.32	3.73	4.47	4.48	4.79	4.33	4.52	0.52			
塑性率 μ=δu/δv	10.01	9.66	8.08	9.99	8.23	11.11	9.51	1.16			
構造特性係数 Ds	0.23	0.23	0.26	0.23	0.25	0.22	0.24	0.02			

<sup>1/10</sup>Pm;0.1Pmax時の荷重

<sup>1/10</sup> δ m; 0.1Pmax時の変位

注)最大荷重Pmは変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとするが、荷重が大きく低下した場合はその時点とする。

<sup>1/10</sup> δ m; 0.1Pmax時の変位

注)最大荷重Pmは変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとするが、荷重が大きく低下した場合はその時点とする。

表 3.4-5 HSFC9-110 特性値

試験体記号	I	HSFC9-110	)	平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき	50%
項目	1	2	3	十均恒	保华佣左	<b>发</b> 期/ 家 数	係数	下限値
1/10Pm (kN)	2.58	2.62	2.68	2.63	0.05			
$1/10~\delta$ m (mm)	0.04	0.12	0.15	0.10	0.06			
2/5Pm (kN)	10.32	10.48	10.73	10.51	0.21			
2/5 δ m (mm)	1.39	1.74	1.58	1.57	0.18			
2/3Pm (kN)	17.20	17.47	17.88	17.52	0.34	0.019	0.991	17.3
2/3 δ m (mm)	4.53	5.08	4.53	4.71	0.32			
9/10Pm (kN)	23.22	23.58	24.14	23.65	0.46			
9/10 δ m (mm)	12.11	11.73	11.35	11.73	0.38			
Pm (kN)	25.80	26.20	26.82	26.27	0.51			
δ m (mm)	24.05	22.51	29.53	25.36	3.69			
δ u時荷重 (kN)	25.10	20.96	21.46	22.51	2.26			
δ u (mm)	36.04	36.92	37.21	36.72	0.61			
降伏耐力 Py (kN)	14.29	14.07	14.89	14.42	0.42	0.029	0.986	14.2
δ y (mm)	2.69	3.16	2.92	2.92	0.24			
終局耐力 Pu (kN)	23.89	23.65	24.90	24.15	0.66	0.027	0.987	23.8
初期剛性 K (kN/mm)	5.31	4.45	5.10	4.95	0.45			
降伏点変位 δv(mm)	4.50	5.31	4.88	4.90	0.41			
塑性率 μ=δu/δv	8.01	6.95	7.63	7.53	0.54			
構造特性係数 Ds	0.26	0.28	0.26	0.27	0.01			

<sup>1/10</sup>Pm;0.1Pmax時の荷重

表 3.4-6 HSCF9-110 特性値

試験体記号			HSCFC	29-110			平均値	<b>西淮</b> /巨羊	変動係数	ばらつき	50%
項目	1	2	3	4	5	6	平均恒	保华佣定	<b>爱</b> 期	係数	下限値
1/10Pm (kN)	2.39	2.35	2.69	2.66	2.62	2.63	2.56	0.15			
$1/10~\delta$ m (mm)	0.05	0.06	0.13	0.11	0.06	0.13	0.09	0.04			
2/5Pm (kN)	9.54	9.40	10.78	10.64	10.47	10.50	10.22	0.59			
$2/5~\delta$ m (mm)	1.18	1.43	1.53	1.44	1.64	1.77	1.50	0.20			
2/3Pm (kN)	15.91	15.67	17.96	17.74	17.45	17.50	17.04	0.99	0.058	0.983	16.7
$2/3 \delta m (mm)$	3.92	5.18	5.17	4.65	5.09	5.53	4.92	0.57			
9/10Pm (kN)	21.47	21.16	24.25	23.95	23.55	23.63	23.00	1.33			
$9/10~\delta~m~(mm)$	13.51	15.63	15.60	14.51	13.93	14.40	14.60	0.87			
Pm (kN)	23.86	23.51	26.94	26.61	26.17	26.25	25.56	1.48			
δm (mm)	28.05	35.02	36.01	24.01	24.03	24.01	28.52	5.65			
δ u時荷重 (kN)	22.88	20.84	26.94	24.74	22.51	21.00	23.15	2.34			
δu (mm)	36.04	48.02	36.01	36.01	36.01	38.52	38.44	4.80			
降伏耐力 Py (kN)	14.25	13.18	15.36	15.37	14.70	14.52	14.56	0.81	0.056	0.983	14.3
δy (mm)	2.67	2.91	3.21	3.05	3.14	3.27	3.04	0.22			
終局耐力 Pu (kN)	22.17	21.40	24.50	24.42	23.45	23.96	23.32	1.27	0.054	0.984	22.9
初期剛性 K (kN/mm)	5.3	4.5	4.8	5.0	4.7	4.4	4.8	0.3			
降伏点変位 δv(mm)	4.18	4.76	5.10	4.88	4.99	5.45	4.89	0.42			
塑性率 μ=δu/δv	8.62	10.09	7.06	7.38	7.22	7.07	7.91	1.22			
構造特性係数 Ds	0.25	0.23	0.28	0.27	0.27	0.28	0.26	0.02			

<sup>1/10</sup>Pm;0.1Pmax時の荷重

<sup>1/10</sup> δ m; 0.1Pmax時の変位

注)最大荷重Pmは変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとする。

<sup>1/10</sup> δ m; 0.1Pmax時の変位

注)最大荷重Pmは変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとするが、荷重が大きく低下した場合はその時点とする。

表 3.4-7 HWFC9-110 特性値

試験体記号	H	IWFC9-110	0	平均値	標準偏差	変動係数	ばらつき	50%
項目	1	2	3	平均恒	徐 毕 佃 左	<b>爱</b> 期	係数	下限値
1/10Pm (kN)	2.85	2.82	3.26	2.98	0.25			
1/10 δ m (mm)	0.30	0.23	0.29	0.27	0.04			
2/5Pm (kN)	11.40	11.27	13.04	11.90	0.99			
$2/5 \delta$ m (mm)	1.80	1.95	1.83	1.86	0.08			
2/3Pm (kN)	19.01	18.78	21.73	19.84	1.64	0.083	0.961	19.0
2/3 δ m (mm)	4.78	5.63	4.89	5.10	0.46			
9/10Pm (kN)	25.66	25.35	29.33	26.78	2.21			
9/10 δ m (mm)	14.42	19.02	13.54	15.66	2.94			
Pm (kN)	28.51	28.17	32.59	29.76	2.46			
δ m (mm)	32.00	36.03	24.02	30.68	6.11			
δ u時荷重 (kN)	22.81	23.73	26.07	24.20	1.68			
δu (mm)	43.80	48.00	43.25	45.02	2.60			
降伏耐力 Py (kN)	17.10	16.72	18.74	17.52	1.07	0.061	0.971	17.0
δ y (mm)	3.35	4.06	3.40	3.60	0.40			
終局耐力 Pu (kN)	25.96	25.36	29.77	27.03	2.39	0.088	0.959	25.9
初期剛性 K (kN/mm)	5.10	4.12	5.51	4.91	0.71			
降伏点変位 δv(mm)	5.09	6.16	5.40	5.55	0.55			
塑性率 μ=δu/δv	8.61	7.79	8.01	8.14	0.42			
構造特性係数 Ds	0.25	0.26	0.26	0.26	0.01			

<sup>1/10</sup>Pm;0.1Pmax時の荷重

表 3.4-8 HWCF9-110 特性値

試験体記号			HWCF	9-110			平均値	<b>西淮</b> /巨羊	変動係数	ばらつき	50%
項目	1	2	3	4	5	6	十均恒	保华佣左	发到你奴	係数	下限値
1/10Pm (kN)	2.64	3.17	2.75	3.25	2.76	2.54	2.85	0.29			
$1/10~\delta$ m (mm)	0.14	0.19	0.08	0.34	0.14	0.10	0.17	0.09			
2/5Pm (kN)	10.56	12.68	10.98	13.00	11.04	10.16	11.40	1.16			
$2/5 \delta m \text{ (mm)}$	1.43	1.73	1.49	2.10	1.52	1.48	1.63	0.25			
2/3Pm (kN)	17.60	21.13	18.31	21.67	18.40	16.94	19.01	1.93	0.102	0.970	18.4
$2/3 \delta m (mm)$	5.59	6.43	6.81	7.00	5.35	5.68	6.14	0.69			
9/10Pm (kN)	23.76	28.53	24.71	29.26	24.84	22.87	25.66	2.61			
$9/10~\delta~m~(mm)$	16.55	19.53	20.66	21.48	17.10	19.73	19.18	1.96			
Pm (kN)	26.40	31.70	27.46	32.51	27.60	25.41	28.51	2.90			
δm (mm)	24.02	35.53	35.52	36.01	33.50	30.54	32.52	4.63			
δ u時荷重 (kN)	25.23	25.36	27.39	26.01	22.08	20.33	24.40	2.65			
δu (mm)	36.11	42.99	36.01	51.31	43.63	43.71	42.29	5.71			
降伏耐力 Py (kN)	14.89	17.93	15.12	18.49	15.73	14.70	16.14	1.65	0.102	0.970	15.6
δy (mm)	3.14	3.39	3.22	4.18	2.98	3.14	3.34	0.43			
終局耐力 Pu (kN)	23.93	27.83	23.97	29.20	24.63	22.04	25.27	2.70	0.107	0.968	24.4
初期剛性 K (kN/mm)	4.7	5.3	4.7	4.4	5.3	4.7	4.9	0.4			
降伏点変位 δv(mm)	5.09	5.25	5.10	6.64	4.65	4.69	5.24	0.73			
塑性率 μ=δu/δv	7.09	8.19	7.06	7.73	9.38	9.32	8.13	1.04			
構造特性係数 Ds	0.28	0.25	0.28	0.26	0.24	0.24	0.26	0.02			

<sup>1/10</sup>Pm;0.1Pmax時の荷重

<sup>1/10</sup> δ m; 0.1Pmax時の変位

注)最大荷重Pmは変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとする。

<sup>1/10</sup> δ m; 0.1Pmax時の変位

注)最大荷重Pmは変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとするが、荷重が大きく低下した場合はその時点とする。

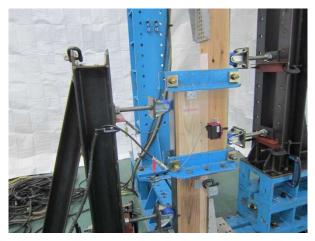


写真 3.4-1 試験前の様子



写真 3.4-2 治具と変位計の様子



写真 3.4-3 SSFC9-110-1 試験後



写真 3.4-4 SSFC9-110-1 ビスの曲がり、折損



写真 3.4-5 SSCF9-110-1 試験後



写真 3.4-6 SSCF9-110-1 ビスの曲がり、折損



写真 3.4-7 SWFC9-110-1 試験後 製材の割れ



写真 3.4-8 SWFC9-110-1 製材の割れ、ビスの曲がり、折損

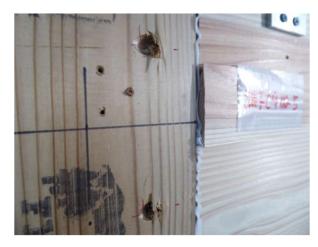


写真 3.4-9 SWFC9-110-5 試験後 CLTの割れ



写真 3.4-10 SWFC9-110-5 CLT の割れ、ビスの 曲がり、折損



写真 3.4-11 SWCF9-110-1 試験後



写真 3.4-12 SWCF9-110-1 ビスの曲がり、折損



写真 3.4-13 HSFC9-110-1 試験後



写真 3.4-14 HSFC9-110-1 製材の割れ、ビスの 曲がり、折損



写真 3.4·15 HSCF9·110·1 試験後 CLT の割 写真 3.4·16 HSCF9·110·1 ビスの曲がり、折損 5体目も同様の割れ





写真 3.4-17 HSCF9-110-6 試験後 CLT の割 れ



写真 3.4-18 HSCF9-110-6 ビスの曲がり、折損



写真 3.4-19 HWFC9-110-1 試験後



写真 3.4-20 HWFC9-110-1 ビスの曲がり、折損



写真 3.4-21 HWCF9-110-1 試験後 CLT の割れ



写真 3.4-22 HWCF9-110-1 ビスの曲がり、折 損、CLTの割れ



写真 3.4·23 HWCF9·110·3 試験後 CLT の割れ



写真 3.4-24 HWCF9-110-3 ビスの曲がり、折 損、CLTの割れ



写真 3.4-25 HWCF9-110-5 試験後 CLT の割れ



写真 3.4-26 HWCF9-110-5 ビスの曲がり、折 損、CLTの割れ

#### 3.5. 特性値の比較

実験より得られたビス 1 本あたりの一面せん断特性値を表 3.5-1 に、特性値ごとに各試験体を比較したグラフを図 3.5-1 〜図 3.5-8 に示す。

表 3.5-1 のうち、白部分は昨年度呼び径 8 mmのビス、青部分は本年度呼び径 9 mmのビス。 赤部分は本年度呼び径 9 mmのビスを用いて製材をヒノキとした試験体を比較したものである。

以下、考察を述べる。

#### (1)ビスを打つ方向の影響

個体差の影響の方が大きく、CLTから軸材に打った場合と軸材からCLTに打った場合とで強度性能への影響は見られなかった。

#### (2)強軸方向、弱軸方向加力の影響

本年度行った試験では、弱軸方向加力の方が高くなるように見えるが、昨年度行った試験ではその傾向は見られなかった。

#### (3)ビスの呼び径の影響

昨年度呼び径 8 mm と今年度呼び径 9 mm (いずれもスギ製材)の試験結果を 50%下限値で比較すると下記のとおりとなった。

- ・降伏耐力は SSCF9-110 が 1 割程度の上昇、それ以外は 3~3.5 割程度の上昇。
- ・終局耐力は SSCF9-110 が若干(ほぼ同じ)の上昇、それ以外は 2~2.5 割程度の上昇。
- ・初期剛性は SSCF9-110 が若干 (ほぼ同じ) の上昇、SWFC9-110 が 1 割程度の上昇、それ以外は  $2\sim2.5$  割程度の上昇。

#### (4)樹種の影響

今年度呼び径9mmスギ製材と今年度呼び径9mmヒノキ製材の試験結果を50%下限値で比較すると下記のとおりとなった。

・降伏耐力及び終局耐力はスギ試験体と比較して、ヒノキ試験体が1割前後の上昇。

・初期剛性は HWCF9-110 が若干の低下 (ほぼ同じ)、それ以外が 1 割強の上昇。

|--|

No.	試験体記号	Py(kN)			δy(mm)	Pu(kN)			δν(mm)	δu(mm) 塑性率	剛性 (kN/mm)	
140.	하시에서 (우리나 선	平均値	5%下限 値	50%下 限値	平均値	平均値	5%下限 値	50%下 限値	平均値	平均値	<b>王</b> 比平	平均値
	SSFC8-110	2.68	2.25	2.60	3.07	4.56	3.80	4.45	5.22	43.62	8.43	0.89
昨年度	SSCF8-110	2.92	2.53	2.85	2.97	5.02	4.35	4.93	5.09	41.09	8.19	1.01
試験体	SWFC8-110	2.84	2.40	2.78	3.00	4.81	3.88	4.68	5.07	39.54	7.90	0.96
	SWCF8-110	2.78	2.38	2.73	2.85	4.67	3.70	4.53	4.77	38.50	8.08	0.99
1	SSFC9-110	3.43	2.79	3.35	3.28	5.42	3.86	5.22	5.13	42.26	8.22	1.07
2	SSCF9-110	3.30	2.55	3.20	3.25	5.33	4.07	5.17	5.23	47.75	9.36	1.03
3	SWFC9-110	3.87	3.41	3.81	3.63	6.03	5.06	5.91	5.66	46.80	8.30	1.07
4	SWCF9-110	3.67	2.98	3.58	2.94	5.66	4.55	5.52	4.52	42.96	9.51	1.27
5	HSFC9-110	3.60	3.27	3.55	2.92	6.04	5.51	5.96	4.90	36.72	7.53	1.24
6	HSCF9-110	3.64	3.17	3.58	3.04	5.83	5.09	5.74	4.89	38.44	7.91	1.20
7	HWFC9-110	4.38	3.53	4.25	3.34	6.76	4.87	6.48	5.24	42.29	8.14	1.23
8	HWCF9-110	4.04	3.07	3.91	3.34	6.32	4.74	6.12	5.24	42.29	8.13	1.21

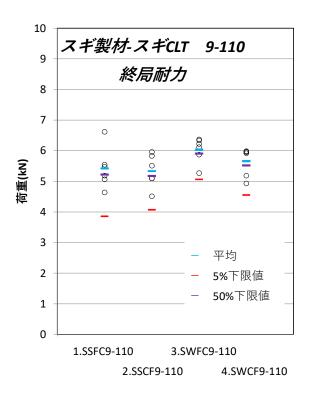
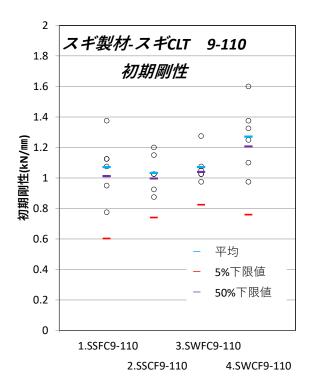


図 3.5-1 スギ製材-スギ CLT 試験の終局耐力の 比較

図 3.5-2 スギ製材-スギ CLT 試験の降伏耐力の 比較



スギ製材-スギCLT 9-110 塑性率 12 00 0 10 8 8 塑性率 8 8 6 4 平均 5%下限值 2 50%下限值 0 1.SSFC9-110 3.SWFC9-110 2.SSCF9-110 4.SWCF9-110

図 3.5-3 スギ製材-スギ CLT 試験の初期剛性の 比較

図 3.5·4 スギ製材-スギ CLT 試験の塑性率の 比較

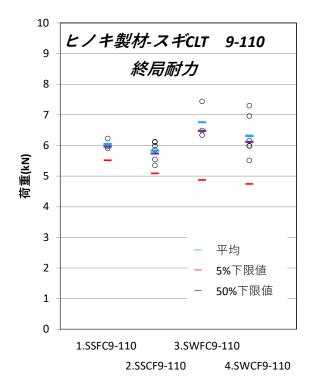


図 3.5-5 ヒノキ製材-スギ CLT 試験の終局耐力 の比較

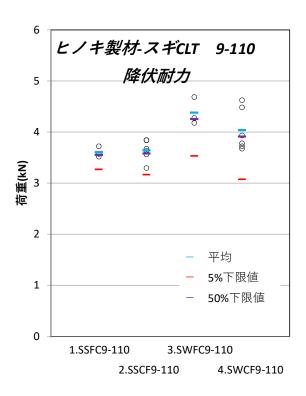
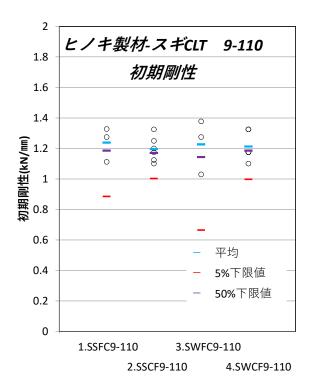


図 3.5-6 ヒノキ製材-スギ CLT 試験の降伏耐力 の比較



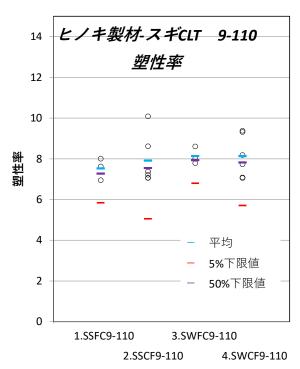


図 3.5-7 ヒノキ製材-スギ CLT 試験の初期剛性 の比較

図 3.5-8 ヒノキ製材-スギ CLT 試験の塑性率の 比較

#### 4. 真壁耐力壁の面内せん断試験

#### 4.1. 試験の目的

前年度の試験結果を踏まえ、試験体サイズ等を変えた場合の強度性能への影響を検証する試験を行った。

また、前年度の耐力壁試験では、柱の割裂により脆性的に破壊した試験体があったため、、 本年度の試験では、そのための対策を講じ、実験によって検証する。

なお、壁倍率の目標は 15 倍とし、低減係数が 0.85 程度であると仮定して 18 倍を超えるように設計した。

### 4.2. 試験の内容

#### 4.2.1. ビスの仕様

耐力壁に使用するフルスレッドビスは図 4.2.1-1 のとおりである。

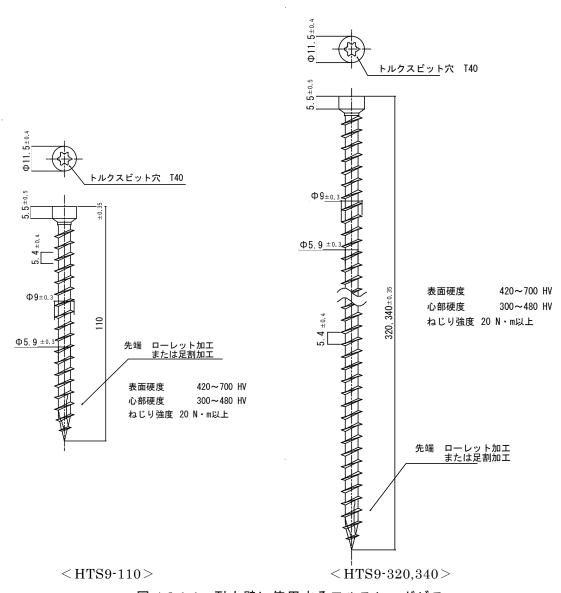


図 4.2.1-1 耐力壁に使用するフルスレッドビス

#### 4.2.2. 試験の種類

試験の種類は表 4.2.2-1~表 4.2.2-3 のとおり 11 仕様 14 体の試験とする。試験体の記号の意味を図 4.2.2-1~図 4.2.2-3 に示す。試験体図は図 4.2.2-4~図 4.2.2-13 に示す。

表 4.2.2-1 試験の種類(加力方向斜め打ちビスのばらつきの影響、柱材樹種の影響)

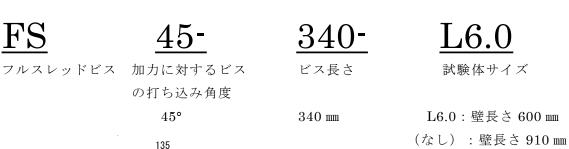
	No.	1	2	3				
	試験体記号	FS70-340-L9.1% FS70-320-L9.1 FS70-320-L0.91H@12						
	鉛直方向標点距離H(mm)		3000					
	水平方向標点距離V(mm)	910						
	柱材	スギ集成材E65-F255/135×135 ヒノキ集成材E95-F315/135×						
	添え柱材		スギ集成材E65-	-255/120 × 120				
	横架材		スギ製材E70/SD1	5/幅120×せい240				
	土台材		ヒノキ製材E90以上	/SD20/120×120				
	CLTの種類		スギCLT/Mx60/A	<b>種構成/3層4プライ</b>				
	CLTのサイズ		厚120×7	71×2820				
	CLTの鉛直方向の向き		強軸方向					
	フルスレッドビスの種類	HTS9-340*	HTS9-320	HTS9-320				
   柱—CLT	柱1本へのビス打ち込み本数(本)	24	24	20				
THE CLI	柱の奥行き方向に対するビスの角度	90°						
	柱の鉛直方向に対するビスの角度	70° 、110°						
	フルスレッドビスの種類	HTS9-110						
横架材一	横架材へのビス打ち込み本数(本)	梁9、土台8						
CLT	横架材の奥行き方向に対するビスの角度	45°						
横架材の水平方向に対するビスの角度		90°						
	四隅の開口(幅×高さ)	150×30						
備考		2, 3層目に千鳥打ち						
		1, 2はビスの向きの違い						
	V⊞ */⊃	※角度70°の試験体には長さ <u>320mm</u> のビスを打つ予定であったが、施工ミスにより						
		<u>340㎜</u> のビスが打たオ	ıてしまった。					
	試験体数(体)	2	1	1				
	中心性女人(十十)			4				



図 4.2.2-1 試験体記号の意味

表 4.2.2-2 試験の種類 (加力方向斜め打ちビスの壁サイズの影響)

	No.	4	5	6	7				
	試験体記号	FS45-340-L6.0	FS45-340-L9.1	FS45-340-L18.2	FS45-340-H45				
	鉛直方向標点距離H(mm)	30	000	3060	4560				
	水平方向標点距離V(mm)	600 910 1820 910							
	柱材	スギ集成材E65-255/135×135							
	添え柱材	スギ集成材E65-255/120×120							
	横架材	スギ製材E70/SD1	5/幅120×せい240	スギ製材E70/SD1	5/幅120×せい360				
	土台材		ヒノキ製材E90以上	/SD20/120×120					
	CLTの種類		スギCLT/Mx60/A	種構成/3層4プライ					
	CLTのサイズ	厚120×461×2820	厚120×771×2820	厚120×1681×2820	厚120×771×4320				
	CLTの鉛直方向の向き	強軸方向							
	フルスレッドビスの種類	HTS9-340							
   柱一CLT	柱1本へのビス打ち込み本数(本)		24						
THE CLI	柱の奥行き方向に対するビスの角度	90°							
	柱の鉛直方向に対するビスの角度	45° 、135°							
	フルスレッドビスの種類	HTS9-110							
横架材一	横架材へのビス打ち込み本数(本)	梁3、土台3	梁9、土台8	梁18、土台18	梁9、土台8				
CLT	横架材の奥行き方向に対するビスの角度	45°							
	横架材の水平方向に対するビスの角度	90°							
四隅の開口(幅×高さ)		150	× 30	400 × 80	150 × 30				
備考		2, 3層目に千鳥打ち 1, 2はビスの向きの違い							
	試験体数(体)	1	1	1	1				
		4							



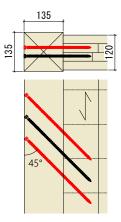


図 4.2.2-2 試験体記号の意味

L18.2:壁長さ 1,820 mm H4.5:壁高さ 4,560 mm

表 4.2.2-3 試験の種類(奥行方向斜め打ちビスの壁サイズの影響、ばらつきの影響)

	No.	8	9	10	11						
	試験体記号	FS90-110-L6.0	FS90-110-L9.1	FS45-110-L18.2	FS90-110-H45						
	鉛直方向標点距離H(mm)	30	00	3060	4560						
	水平方向標点距離V(mm)	600	910	1820	910						
	柱材	スギ集成材E65-255/135×135									
	添え柱材		スギ集成材E65	-255/120×120							
	横架材	スギ製材E70/SD15	/幅120×せい240	スギ製材E70/SD15	/幅120×せい360						
	土台材		ヒノキ製材E90以上	/SD20/120×120							
	CLTの種類		スギCLT/Mx60/A	種構成/3層3プライ							
	CLTのサイズ	厚90×461×2820	厚90×771×2820	厚90×1681×2820	厚90×771×4320						
	CLTの鉛直方向の向き	強軸方向									
	フルスレッドビスの種類	HTS9-110									
   柱—CLT	柱1本へのビス打ち込み本数(本)	33 50									
在 CLI	柱の奥行き方向に対するビスの角度	45°									
	柱の鉛直方向に対するビスの角度	90°									
	フルスレッドビスの種類	HTS9-110									
横架材一	横架材へのビス打ち込み本数(本)	梁3、土台3	梁9、土台8	梁18、土台18	梁9、土台8						
CLT	横架材の奥行き方向に対するビスの角度	45°									
横架材の水平方向に対するビスの角度		90°									
	四隅の開口(幅×高さ)	150	× 30	400×80	150 × 30						
	備考										
	試験体数(体)	1	3	1	1						
	孙····································			6	6						



90-

110-

L6.0

フルスレッドビス 加力に対するビス

ビス長さ

試験体サイズ

の打ち込み角度

90°

110 mm

L6.0:壁長さ 600 mm (なし):壁長さ 910 mm

L18.2:壁長さ 1,820 mm

H4.5:壁高さ 4,560 mm

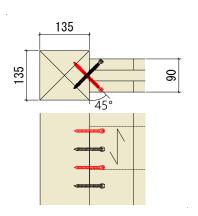


図 4.2.2-3 試験体記号の意味

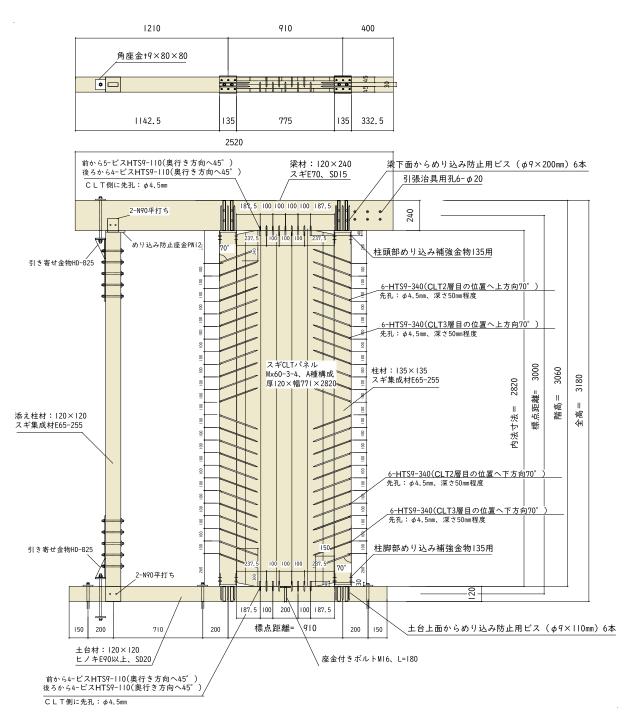


図 4.2.2-4 FS70-340-L9.1 試験体図

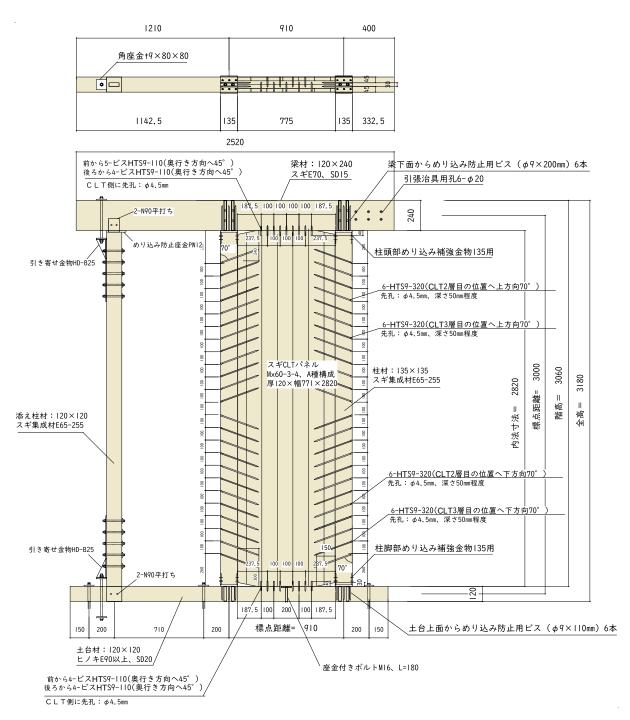


図 4.2.2-5 FS70-320-L9.1 試験体図

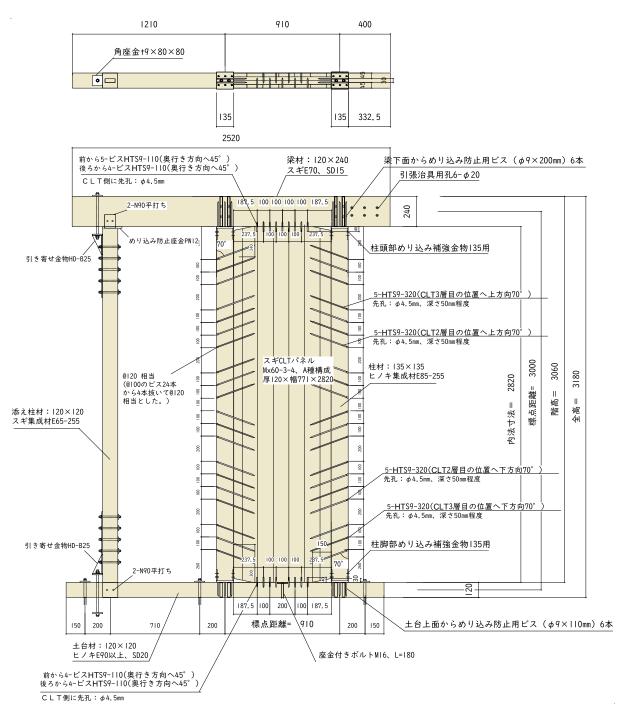


図 4.2.2-6 FS70-320-L9.1H@12 試験体図

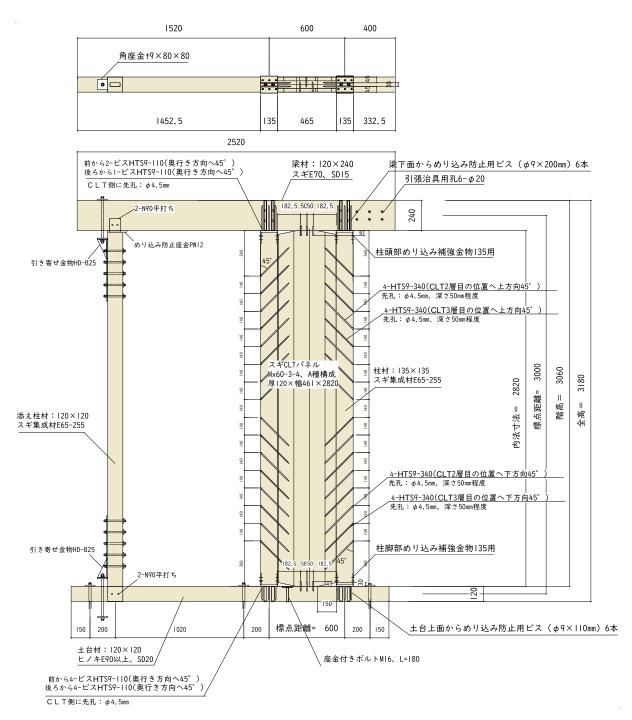


図 4.2.2-7 FS45-340-L6.0 試験体図

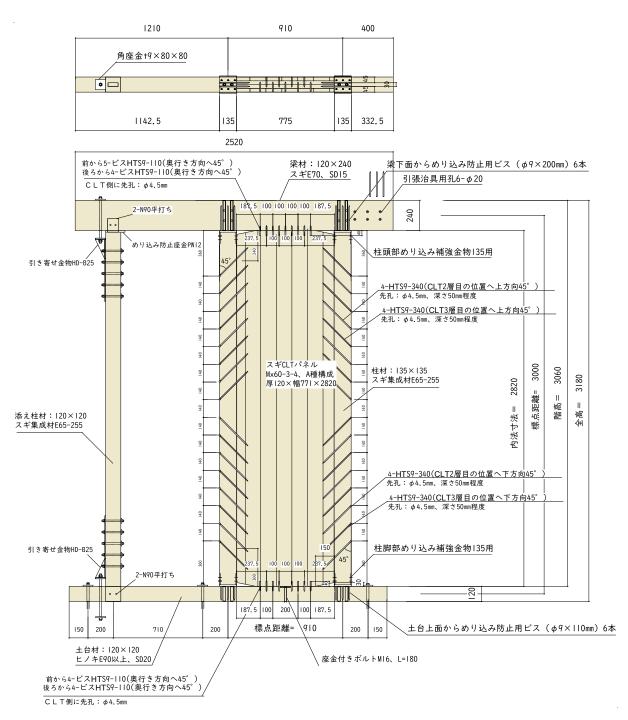


図 4.2.2-8 FS45-340-L9.1 試験体図

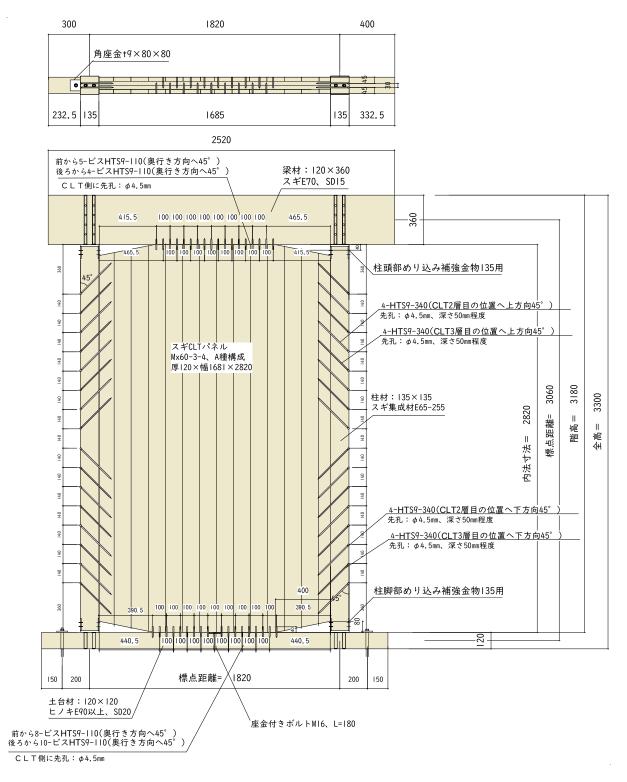


図 4.2.2-9 FS45-340-L18.2 試験体図

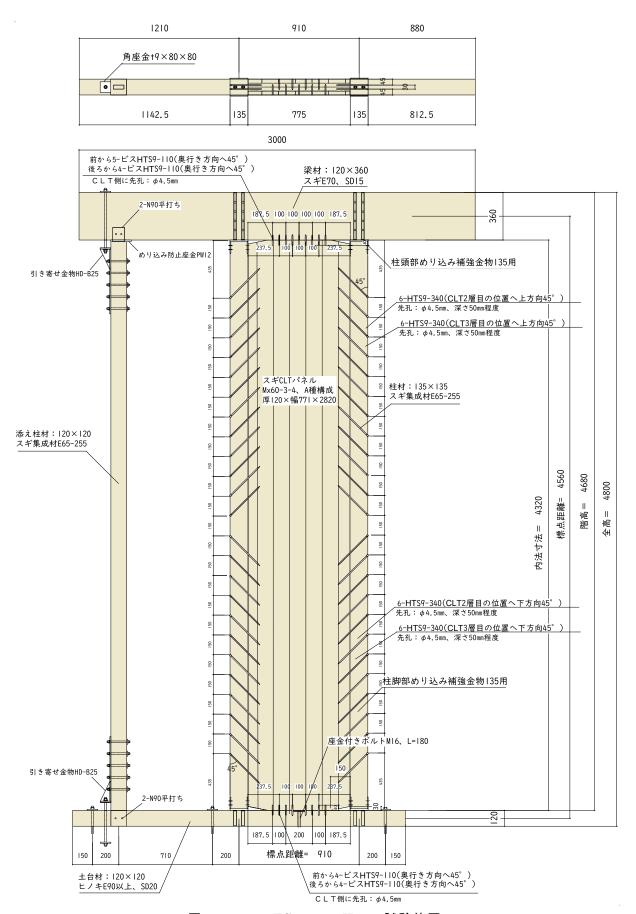


図 4.2.2-10 FS45-340-H45 試験体図

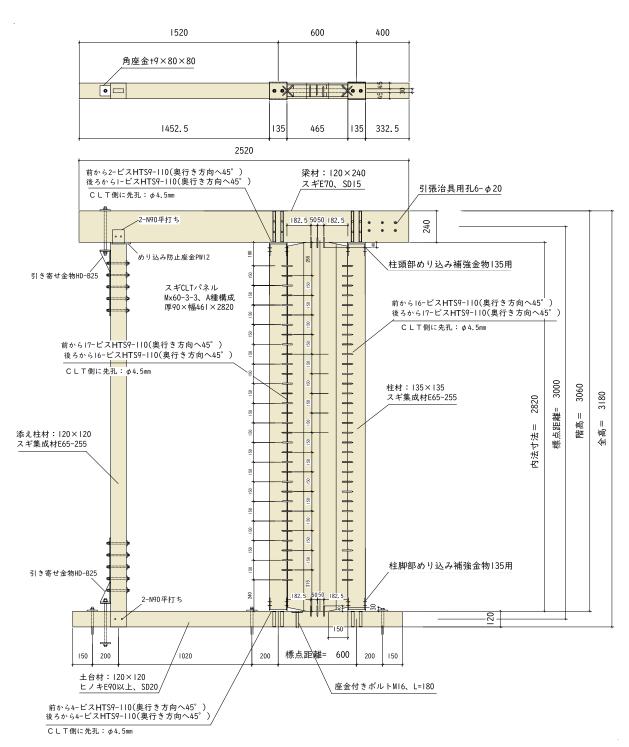


図 4.2.2-11 FS90-110-L6.0 試験体図

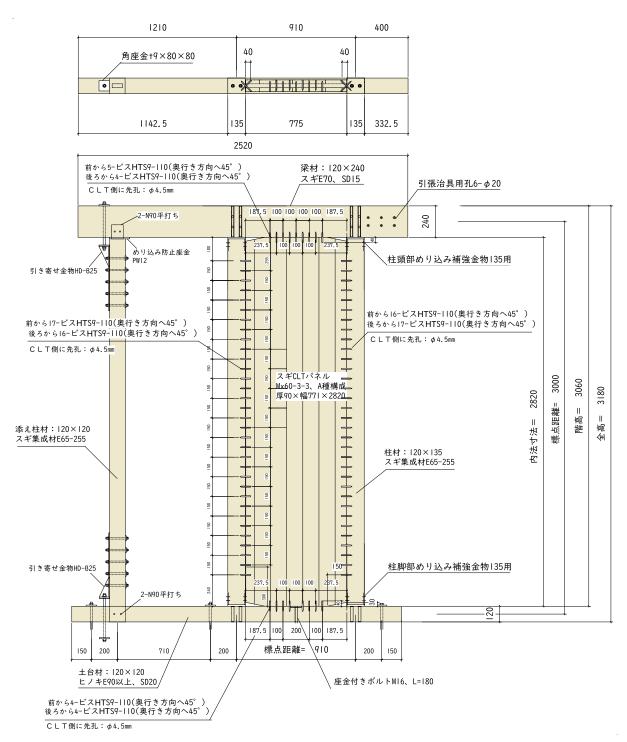


図 4.2.2-12 FS90-110-L9.1 試験体図

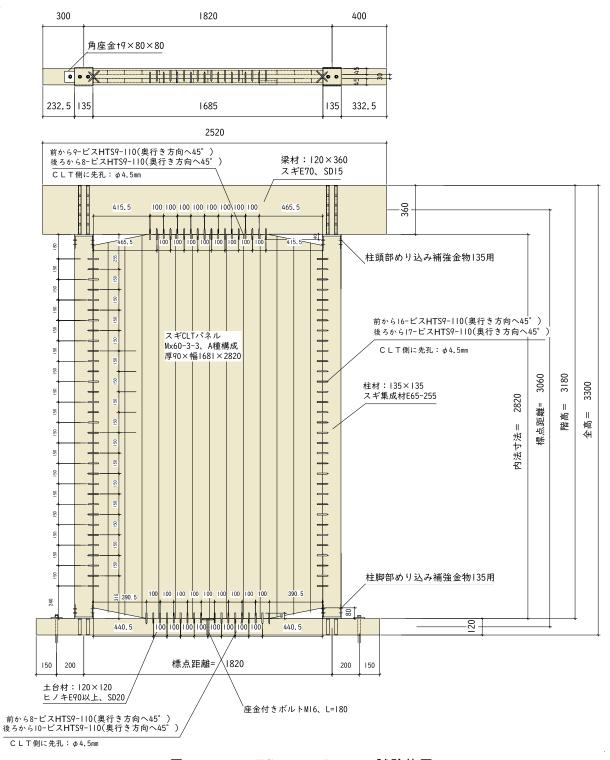


図 4.2.2-12 FS90-110-L18.2 試験体図

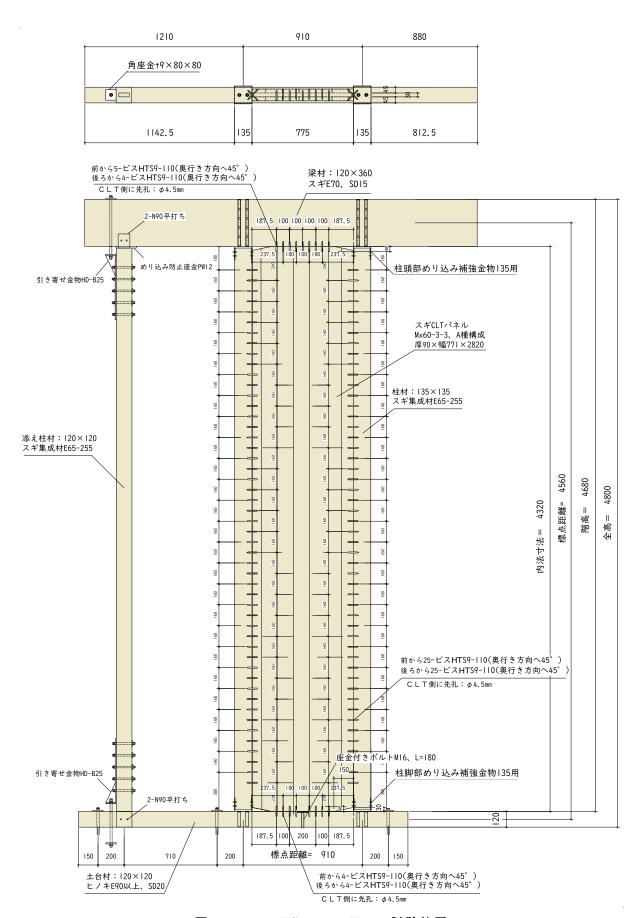
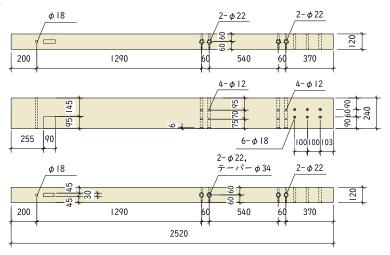


図 4.2.2-13 FS90-110-H45 試験体図

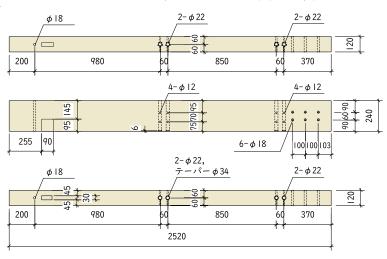
#### 4.2.3. 試験部材加工図

試験部材加工図を図 4.2.3-1~図 4.2.3-15 に示す。



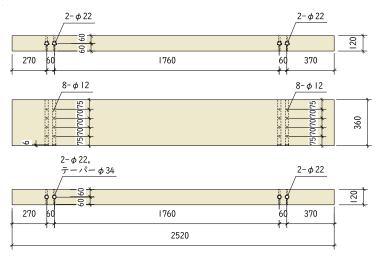
スギ製材 E70 SD15

図 4.2.3-1 壁長さ 600 mm用梁材 部材加工図



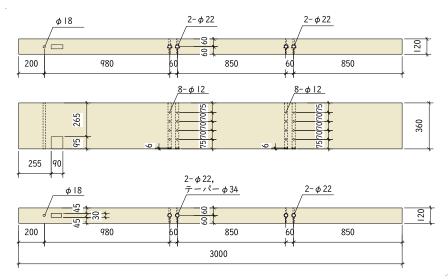
スギ製材 E70 SD15

図 4.2.3-2 壁長さ 910 mm用梁材 部材加工図



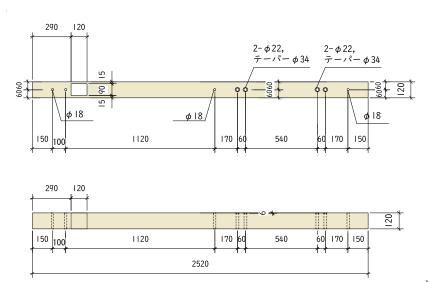
スギ製材 E70 SD15

図 4.2.3-3 壁長さ 1820 mm用梁材 部材加工図



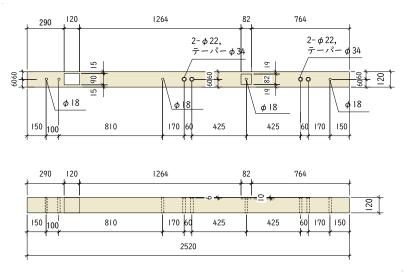
スギ製材 E70 SD15

図 4.2.3·4 壁高さ 4500 mm用梁材 部材加工図



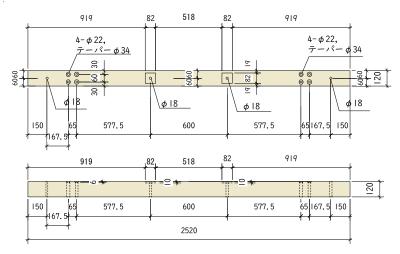
ヒノキ製材 E90 以上 SD20

図 4.2.3-5 壁長さ 600 mm用土台材 部材加工図



ヒノキ製材 E90 以上 SD20

図 4.2.3-6 壁長さ 910 mm用土台材 部材加工図



ヒノキ製材 E90 以上 SD20

図 4.2.3-7 壁長さ 1820 mm用土台材 部材加工図

柱材: |35×|35,スギ集成材E65-255 ・・・・22本 柱材: |35×|35,ヒノキ集成材E95-3|5 ・・・・2本

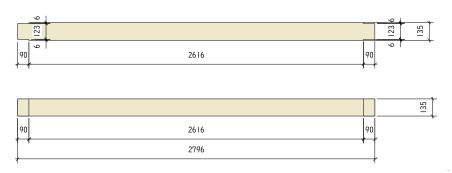


図 4.2.3-8 壁高さ 3000 mm、3060 mm用柱材 部材加工図

柱材: 135×135, スギ集成材E65-255 ···· 4本

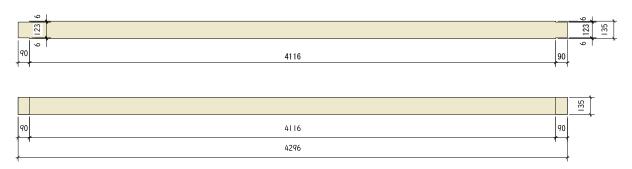


図 4.2.3-9 壁高さ 4560 mm用柱材 部材加工図

添え柱材 ||本:|20×|20、スギ集成材E65-255 添え柱材 |本:|20×|20、ヒノキ集成材E95-315

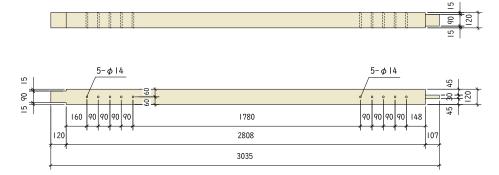


図 4.2.3-10 壁高さ 3000 mm、3060 mm用添え柱材 部材加工図

添え柱材 2本: 120×120、スギ集成材E65-255

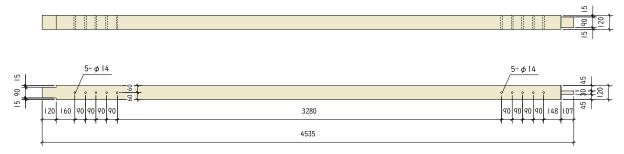


図 4.2.3-11 壁高さ 4560 mm用添え柱材 部材加工図

CLTパネルMx60-3-4 強軸方向 I枚:461×2,820 CLTパネルMx60-3-3 強軸方向 I枚:461×2,820



図 4.2.3-12 600×3000 mm用 CLT パネル 部材加工図

CLTパネルMx60-3-4 強軸方向 5枚:771×2,820 CLTパネルMx60-3-3 強軸方向 3枚:771×2,820



図 4.2.3-13 910×3000 mm用 CLT パネル 部材加工図

CLTパネルMx60-3-4 強軸方向 | 枚:|,68|×2,820 CLTパネルMx60-3-3 強軸方向 | 枚:|,68|×2,820



図 4.2.3-14 1820×3060 mm用 CLT パネル 部材加工図

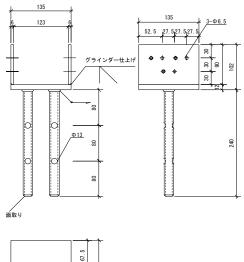
CLTパネルMx60-3-4 強軸方向 | 枚:771×4,320 CLTパネルMx60-3-3 強軸方向 | 枚:771×4,320

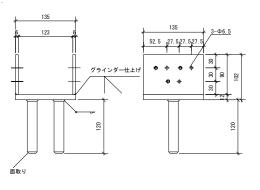


図 4.2.3-15 910×4560 mm用 CLT パネル 部材加工図

## 4.2.4. 接合金物図

耐力壁の柱頭柱脚接合に使った金物図を図 4.2.4-1~図 4.2.4-5 に示す。





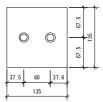


図 4.2.4-1 梁 240 用柱脚金物図

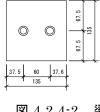


図 4.2.4-2 梁 240 用柱頭金物図

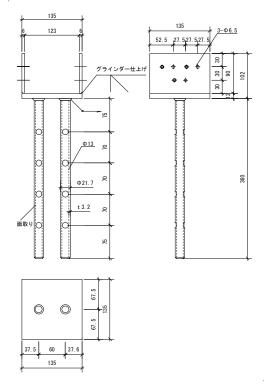
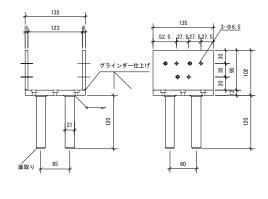


図 4.2.4-3 梁 360 用柱脚金物図



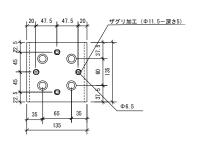


図 4.2.4-4 梁 360 用柱頭金物図



SS400(JIS G 3101) 図 4.2.4·5 ドリフトピン Φ12 L=115

# 4.2.5. 密度と含水率

各部材の密度と含水率の測定結果を表 4.2.5-1 に示す。

表 4.2.5-1 密度と含水率

No		試験体番号	面材		梁材		土台材		右柱材		左柱材		沿え柱材	
			スギCLT		スギ製材		ヒノキ製材		スギ集成材(3の		スギ集成材(3の		スギ集成材(9-1の	
	試験体記号								みヒノキ)		みヒノキ)		みヒノキ)	
			含水率	密度	含水率	密度	含水率	密度	含水率	密度	含水率	密度	含水率	密度
			(%)	$(g/cm^3)$	(%)	$(g/cm^3)$	(%)	$(g/cm^3)$	(%)	$(g/cm^3)$	(%)	$(g/cm^3)$	(%)	$(g/cm^3)$
1	FS70-340-L9.1	1	9.0	0.39	18.3	0.41	15.0	0.52	11.0	0.39	11.0	0.43	10.3	0.35
	1 370-340-E9.1	2	8.0	0.41	19.6	0.42	15.2	0.47	11.3	0.39	11.5	0.40	10.4	0.38
2	FS70-320-L9.1	1	8.5	0.42	19.0	0.43	13.7	0.52	11.2	0.41	11.7	0.42	11.2	0.38
		平均	8.5	0.41	19.0	0.42	14.6	0.50	11.2	0.40	11.4	0.42	10.6	0.37
3	FS70-320-L9.1H	1	9.0	0.37	19.2	0.38	14.1	0.48	11.5	0.48	11.2	0.48	10.6	0.42
4	FS45-340-L0.6	1	8.0	0.44	18.0	0.34	14.8	0.49	10.9	0.39	11.0	0.39	11.3	0.37
5	FS45-340-L9.1	1	10.5	0.42	20.0	0.42	14.7	0.51	11.7	0.38	10.7	0.38	11.2	0.39
6	FS45-340-L18.2	1	9.9	0.41	9.8	0.36	12.8	0.56	10.5	0.42	9.9	0.39	-	-
7	FS45-340-H4.5	1	10.8	0.40	10.3	0.39	10.0	0.49	9.9	0.38	9.7	0.38	10.4	0.42
8	FS90-110-L0.6	1	8.0	0.41	18.0	0.36	11.7	0.53	11.3	0.42	10.9	0.37	11.0	0.39
9	FS90-110-L9.1	1	9.0	0.38	20.0	0.38	15.1	0.51	10.9	0.37	11.3	0.41	12.6	0.47
		2	8.5	0.43	12.7	0.37	14.3	0.51	10.7	0.39	11.4	0.42	10.5	0.38
		3	8.5	0.42	14.8	0.34	15.2	0.50	11.6	0.39	11.2	0.40	11.7	0.42
		平均	8.7	0.41	15.8	0.36	14.9	0.51	11.1	0.38	11.3	0.41	11.6	0.42
10	FS90-110-L18.2	1	10.3	0.43	9.5	0.35	12.1	0.55	10.3	0.41	11.4	0.41	-	-
11	FS90-110-H4.5	1	9.9	0.40	9.2	0.36	11.6	0.52	11.3	0.41	10.5	0.39	10.0	0.38

#### 4.3. 試験方法

試験方法は図 4.3-1~図 4.3-3 のとおり、タイロッド式とした。

グレー本<sup>1)</sup>の「4.3.4 試験方法」におけるタイロッド方式に則って実験を行い、正負交番繰り返し加力を各変形角で3回行った後、1/30radで1回繰り返すものとした。

変位計は、標準的なものの他、CLTと柱の変位、CLT脚部と架台の変位を測定した。

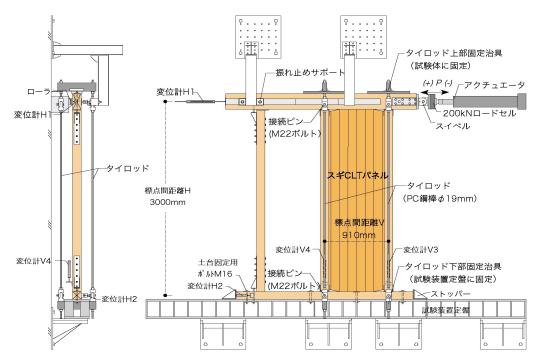


図 4.3-1 高さ 3m×壁幅 0.91m の場合の試験方法図

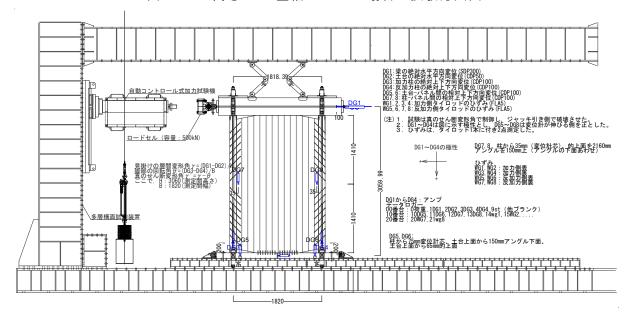


図 4.3-2 高さ 3m×壁幅 1.82m の場合の試験方法図

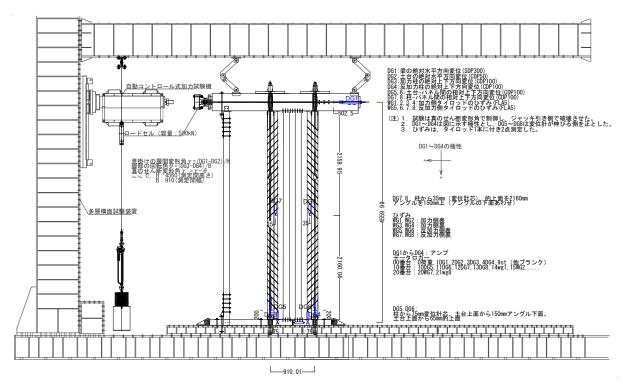


図 4.3-3 高さ 4.5m×壁幅 0.91m の場合の試験方法図



写真 4.4.1-1 タイロッドに取りつけた歪みゲ 写真 4.4.1-2 歪みゲージの詳細 ージ



写真 4.4.1-3 架台と梁材の水平方向変位計



写真 4.4.1-4 各変位計



写真 4.4.1-5 タイロッド治具



写真 4.4.1-6 タイロッド振れ止め



写真 4.4.1-7 加力ジャッキとタイロッド 写真 4.4.1-8 脚部の変位計測





写真 4.4.1-9 2P 試験 柱脚変位計、壁脚変位 計



写真 4.4.1-10 2P 試験 CLT-軸材相対変位 計測のための変位計



写真 4.4.1-11 2P 試験 CLT-軸材相対変位 写真 4.4.1-12 計測のための変位計 位



写真 4.4.1-12 2P 試験 2P 試験 柱脚変 位計、壁脚変位計





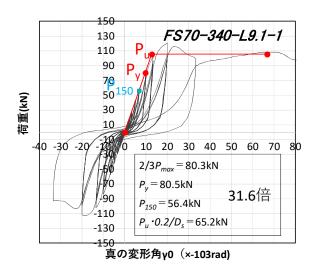
写真 4.4.1-13 土台の水平方向変位計

写真 4.4.1-14 タイロッド等

#### 4.4. 試験結果

## 4.4.1.FS70-340-L9.1、FS70-320-L9.1の試験結果

荷重変位曲線を図 4.4.1-1~図 4.4.1-3 に、破壊性状を写真 4.4.1-1~写真 4.4.1-12 に示す。終局時に 3 体共に梁の曲げ破壊と脚部 CLT が横架材にめり込む様子が観察された。曲げ破壊はめり込み補強のために打った HTS9-110 を起点として生じた可能性が高い。解体後、ビスの曲げ変形や折損が確認された。



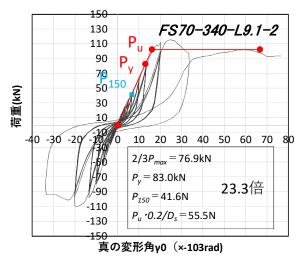


図 4.4.1-1 1 体目の荷重変位曲線とバイリニア (ビス 340 mmを使用)

図 4.4.1-2 2 体目の荷重変位曲線とバイリニア (ビス 340 mmを使用)

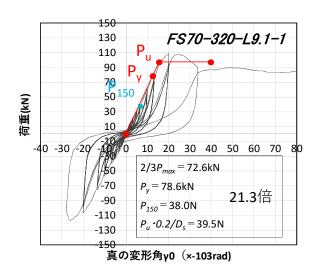


図 4.4.1-3 3 体目の荷重変位曲線とバイリニア



写真 4.4.1-1 FS70-340-F9.1-1 試験前



写真 4.4.1-2 FS70-340-F9.1-1 試験後



写真 4.4.1-3 FS70-340-F9.1-1 試験後 壁脚部引張



写真 4.4.1-4 FS70-340-F9.1-1 試験後 柱脚部



写真 4.4.1-5 FS70-340-F9.1-1 試験後 壁頭部めり込み



写真 4.4.1-6 FS70-340-F9.1-1 CLT-製材の離間、ビス引き抜け



写真 4.4.1-7 FS70-340-F9.1-1 壁脚部めり込み



写真 4.4.1-8 FS70-340-F9.1-1 **梁の**曲げ破壊



写真 4.4.1-9 FS70-340-F9.1-1 解体後 試験体上部



写真 4.4.1·10 FS70·340·F9.1·1 解体後 試験体下部



写真 4.4.1-11 FS70-340-F9.1-1 解体後 接合金物等



写真 4.4.1-12 FS70-340-F9.1-1 柱頭金物接合部の破壊性状

※写真では FS70-320-1 となっているが誤記。

#### 4.4.2. FS70-320-H@12 の試験結果

荷重変位曲線を図 4.4.24.4.1-1 に、破壊性状を写真 4.4.2-1~写真 4.4.2-10 に示す。終局時に梁の曲げ破壊と脚部 CLT が横架材にめり込む様子が観察された。解体後、ビスの曲げ変形や折損が確認されたが、それ以外の目立った破壊は見られなかった。

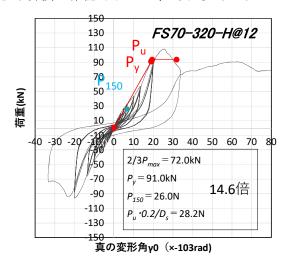


図 4.4.2-1 荷重変位曲線とバイリニア



写真 4.4.2-1 試験前



写真 4.4.2-2 試験後



写真 4.4.2-3 試験後 壁脚部引張



写真 4.4.2-4 試験後 柱脚部



写真 4.4.2-5 試験後 壁頭部めり込み



写真 4.4.2-6 CLT-製材の離間、ビスの引き抜き



写真 4.4.2-7 壁脚部めり込み



写真 4.4.2-8 梁の曲げ破壊

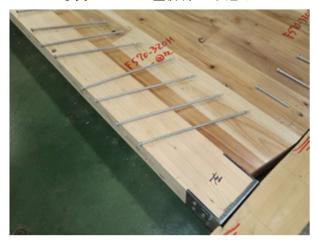


写真 4.4.2-9 解体後 ビスの引き抜け



写真 4.4.2-10 解体後 めり込み防止金物

## 4.4.3. FS45-340-L6.0 の試験結果

荷重変位曲線を図 4.4.3-1 に、破壊性状を写真 4.4.3-1~写真 4.4.3-10 に示す。終局時に梁の曲げ破壊と脚部 CLT が横架材にめり込む様子が観察された。解体後、ビスの曲げ変形や折損が確認されたが、それ以外の目立った破壊は見られなかった。

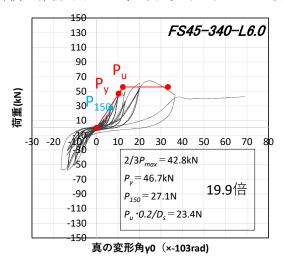


図 4.4.3-1 荷重変位曲線とバイリニア

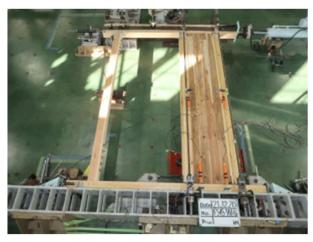


写真 4.4.3-1 試験前



写真 4.4.3-2 試験後



写真 4.4.3-3 試験後 壁脚部引張



写真 4.4.3-4 試験後 柱頭部めり込み



写真 4.4.3-5 試験後 壁頭部めり込み



写真 4.4.3-6 CLT-製材の離間、ビスの引き抜き



写真 4.4.3-7 梁の曲げ破壊



写真 4.4.3-8 解体後 ビスの引き抜け

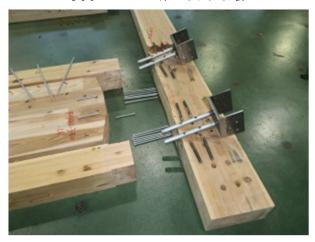


写真 4.4.3-9 解体後 ビスの引き抜け



写真 4.4.3-10 解体後 めり込み防止金物

## 4.4.4. FS45-340-L9.1 の試験結果

荷重変位曲線を図 4.4.4-1 に、破壊性状を写真 4.4.4-1~写真 4.4.4-10 に示す。終局時に脚部 CLT が横架材にめり込む様子が観察された。解体後、ビスの曲げ変形や折損が確認されたが、それ以外の目立った破壊は見られなかった。

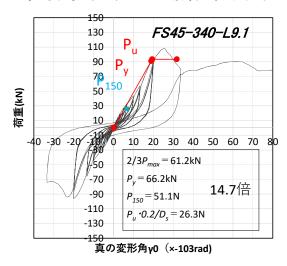


図 4.4.4-1 荷重変位曲線とバイリニア





写真 4.4.4-3 試験後 壁脚部引張



写真 4.4.4-2 試験後



写真 4.4.4-4 試験後 柱頭部めり込み



写真 4.4.4-5 試験後 壁頭部めり込み



写真 4.4.4-6 CLT-製材の離間、ビスの引き抜き



写真 4.4.4-7 梁の曲げ破壊



写真 4.4.4-8 解体後 ビスの引き抜け



写真 4.4.4-9 解体後 ビスの引き抜け



写真 4.4.4-10 解体後 めり込み防止金物

## 4.4.5. FS45-340-L18.2 の試験結果

荷重変位曲線を図 4.4.5-1 に、破壊性状を写真 4.4.5-1~写真 4.4.5-10 に示す。終局時に脚部 CLT が横架材にめり込む様子が観察された。解体後、ビスの曲げ変形や折損が確認されたが、それ以外の目立った破壊は見られなかった。

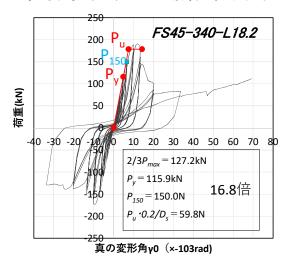


図 4.4.5-1 荷重変位曲線とバイリニア



写真 4.4.5-0 試験前 CLT 壁脚部



写真 4.4.5-1 試験前



写真 4.4.5-2 試験後



写真 4.4.5-3 試験後 加力側壁頭部



写真 4.4.5-4 試験後 非加力側壁頭部



写真 4.4.5-5 解体後 ビスの引き抜け



写真 4.4.5-6 試験後 壁脚部の浮き上がり



写真 4.4.5-7 CLT-製材の離間、ビスの引抜き



写真 4.4.5-8 試験後 柱脚



写真 4.4.5-9 試験後 壁頭部めり込み



写真 4.4.5-10 試験後 壁頭部めり込み

## 4.4.6. FS45-340-H45 の試験結果

荷重変位曲線を図 4.4.6·1 に、破壊性状を写真 4.4.6·1~写真 4.4.6·6 に示す。終局時に脚部 CLT が横架材にめり込む様子が観察された。解体後、ビスの曲げ変形や折損が確認されたが、それ以外の目立った破壊は見られなかった。

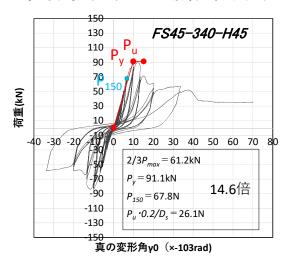


図 4.4.6-1 荷重変位曲線とバイリニア



写真 4.4.6-1 試験前



写真 4.4.6-2 試験後



写真 4.4.6-3 試験後 壁脚部引張



写真 4.4.6-5 試験後 壁頭部めり込み



写真 4.4.6-4 試験後 柱頭部めり込み



写真 4.4.6-6 CLT-製材の離間、ビスの引き抜き

## 4.4.7.FS90-110-L6.0 の試験結果

荷重変位曲線を図 4.4.7-1 に、破壊性状を写真 4.4.7-1~写真 4.4.7-7 に示す。終局時に脚部 CLT が横架材にめり込む様子が観察された。解体後、ビスの曲げ変形や折損が確認されたが、それ以外の目立った破壊は見られなかった。

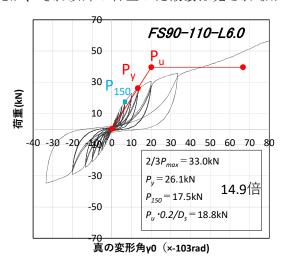


図 4.4.7-1 荷重変位曲線とバイリニア

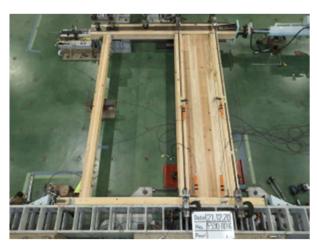


写真 4.4.7-1 試験前



写真 4.4.7-2 試験後



写真 4.4.7-3 試験後 壁脚部引張



写真 4.4.7-4 試験後 壁脚部浮き上がり







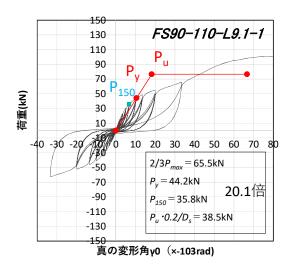
写真 4.4.7-6 解体後



写真 4.4.7-7 解体後

# 4.4.8.FS90-110-L9.1 の試験結果

荷重変位曲線を図 4.4.8-1~図 4.4.8-3 に、破壊性状を写真 4.4.8-1~写真 4.4.8-11 に示す。終局時に脚部 CLT が横架材にめり込む様子が観察された。解体後、ビスの曲げ変形や折損が確認された。



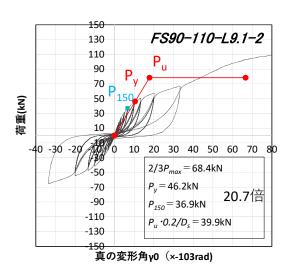


図 4.4.8-1 1 体目の荷重変位曲線とバイリニ 図 4.4.8-2 2 体目の荷重変位曲線とバイリニ ア

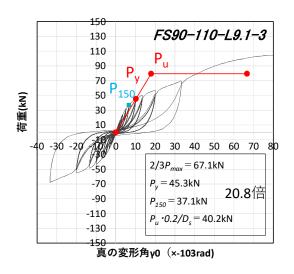


図 4.4.8-3 3 体目の荷重変位曲線とバイリニア



写真 4.4.8-1 FS90-110-F9.1-1 試験前



写真 4.4.8-2 FS90-110-F9.1-1 試験後



写真 4.4.8-3 FS90-110-F9.1-1 試験後 壁脚部引張



写真 4.4.8-4 FS90-110-F9.1-1 試験後 柱脚部



写真 4.4.8-5 FS90-110-F9.1-1 試験後 壁頭部めり込み



写真 4.4.8-6 FS90-110-F9.1-1 CLT-製材の離間は生じていない



写真 4.4.8-7 FS90-110-F9.1-1 壁脚部めり込み



写真 4.4.8-8 FS90-110-F9.1-1 解体後 試験体下部



写真 4.4.8-9 FS90-110-F9.1-1 解体後 CLT 脚部



写真 4.4.8-10 FS90-110-F9.1-1 解体後 土台柱脚部



写真 4.4.8-11 FS90-110-F9.1-1 解体後 梁材柱頭部 ※写真では FS45-110-1 となっているが誤記。

# 4.4.9.FS90-110-L18.2 の試験結果

荷重変位曲線を図 4.4.9-1 に、破壊性状を写真 4.4.9-1~写真 4.4.9-10 に示す。終局時に脚部 CLT が横架材にめり込む様子が観察された。解体後、ビスの曲げ変形や折損が確認されたが、それ以外の目立った破壊は見られなかった。

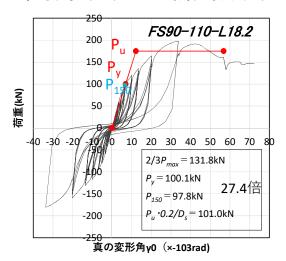


図 4.4.9-1 荷重変位曲線とバイリニア



写真 4.4.9-1 試験前



写真 4.4.9-3 試験後 非加力側壁頭部



写真 4.4.9-2 試験後



写真 4.4.9-4 試験後 壁脚部の浮き上がり



写真 4.4.9-5 試験後 CLT-製材の離間、 ビスの引き抜け



写真 4.4.9-7 試験後 壁頭部めり込み



写真 4.4.9-6 試験後 CLT-製材の離間、 ビスの引き抜け

### 4.4.10.FS90-110-H45 の試験結果

荷重変位曲線を図 4.4.10-1 に、破壊性状を写真 4.4.10-1~写真 4.4.10-7 に示す。終局時に 脚部 CLT が横架材にめり込む様子が観察された。解体後、ビスの曲げ変形や折損が確認されたが、それ以外の目立った破壊は見られなかった。

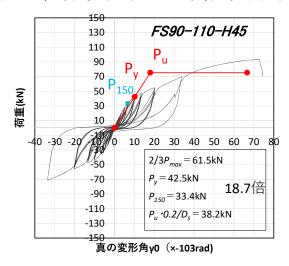


図 4.4.10-1 荷重変位曲線とバイリニア



写真 4.4.10-1 試験前



写真 4.4.10-2 試験後



写真 4.4.10-3 試験後 柱頭部



写真 4.4.10-5 試験後 壁頭部めり込み



写真 4.4.10-7 試験後 壁脚部めり込み



写真 4.4.10-4 試験後 壁頭部めり込み



写真 4.4.10-6 試験後 壁脚部浮き上がり

#### 4.5. 特性値の比較

#### 4.5.1.No. 1~7 試験体の評価方法の検討

#### (1) 評価方法の検討

4.4 項に示したとおり No.1~7 試験体(ここでいう番号は、表 4.2.2-1~表 4.2.2-3 に記載の試験番号)については、ビスの引き抜けや折損によって荷重が急激に低下し、その後、CLTパネルの圧縮筋かい効果によって一定の荷重を保ったまま、変形が進む性状となった(図 4.4.1-1~図 4.4.5-1)。

4.4 項で算出した特性値は、文献 1 )に準じて完全弾塑性モデルの評価を行っており、この評価方法では、最大荷重後の一定の荷重が 0.8Pmax を下回るか否かで塑性率の評価が大きく変わってしまう。

このため、本項では、図 4.5.1-1 のとおり最大荷重部分のエネルギー吸収を無視し、最大荷重後の変形角ごとの荷重を平均したものを Pu として完全弾塑性評価を行う。

本報告では、4.4項の評価方法を評価方法①、本項の評価方法を評価方法②と呼ぶこととする。

なお、No.8~11 は 4.4 項の結果のとおりビスの曲げ降伏によって緩やかな荷重変形角関係となるため、評価方法①のみとした。

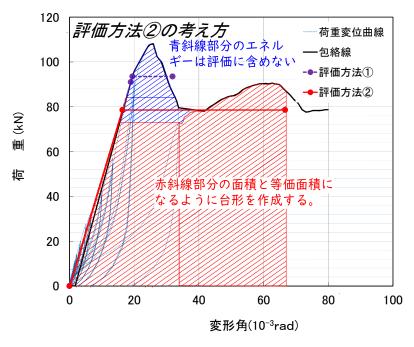


図 4.5.1-1 評価方法②の考え方

#### (2)評価方法②による評価

評価方法①と評価方法②によって $No.1\sim7$ を再評価したバイリニア曲線を比較したグラフを図  $4.5.1-2\sim$ 図 4.5.1-9 に示す。

図 4.5.1-2~図 4.5.1-5 のとおり、No.1~No.3 はいずれも 70 度の角度に打ち込んだビスの耐力壁だが、No.1 は 1/15rad まで 0.8Pmax 以下に低下せず、No.3,4 は 1/30rad あたりで 0.8Pmax 以下に低下したため、後者は塑性率が著しく低い値となった。評価方法②を用いた

ことで、Pu 自体は低くなったが、塑性率が No.1 と同じ 1/15 rad まで評価されることとなった。

図 4.5.1-6~図 4.5.1-9 のとおり、No.4~No.7 の試験体についてはいずれも最大荷重後の低下が大きかったため、評価方法②ではいずれも塑性率を高く評価することができた。一方、No.5 以外の試験体については Pu が著しく低く評価される結果となった。

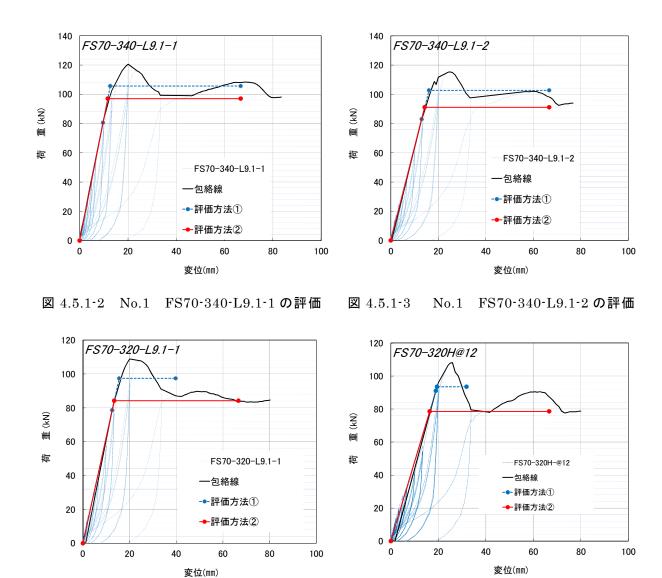
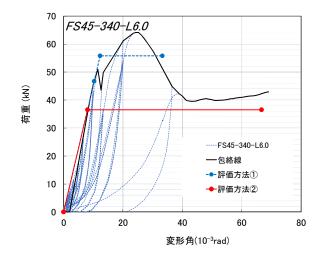


図 4.5.1-4 No.2 FS70-320-L9.1-1 の評価 図 4.5.1-5 No.3 FS70-320-H@12 の評価



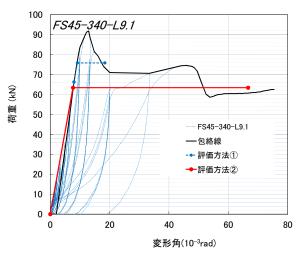
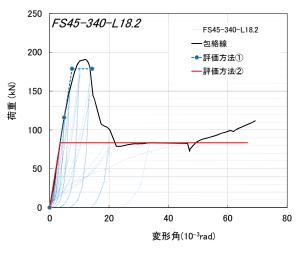


図 4.5.1-6 No.4 FS45-340-L6.0 の評価

図 4.5.1-7 No.5 FS45-340-L9.1 の評価



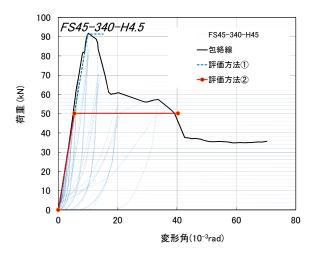


図 4.5.1-8 No.6 FS45-340-L18.2 の評価

図 4.5.1-9 No.7 FS45-340-H45の評価

#### 4.5.2. 特性値の比較と考察

各試験体の特性値を纏めたものを表 4.5.2-1~表 4.5.2-8 に示す。

#### (1)評価方法①と②の比較と考察

試験体 No.1~7 については、結果として評価方法①では目標値を満足することができないものが多かったが、評価方法②では No.2 を除き、目標値を満たす結果となった。

4.5.1 項で算定した本報告の提案による評価方法②と 4.4 項で算定した文献 1)に基づく一般的な算定法による評価方法①の比較を行う。

表 4.5.2-1~表 4.5.2-2 のとおり、試験体 No.1 では、4.5.1 項で示したとおり No.1 試験体は最大荷重後の耐力低下が 0.8Pmax より上だったため、評価方法①においても 1/15rad までのエネルギーが評価対象に入っており、 $Pu\times0.2\times\sqrt{(2\mu-1)}$ の値に大きな違いはない。一方で試験体 No.2 では 1/25rad から 1/15rad までのエネルギーが評価対象となり、 $Pu\times0.2\times\sqrt{(2\mu-1)}$  の値が高くなった。 更に No.1 と No.2 間でのばらつきが小さくなったため、3 体の  $Pu\times0.2\times\sqrt{(2\mu-1)}$ の 5% 下限値は高くなった。 ただし、壁倍率の評価については、いずれの評価方法も 1/150rad で決定しているため、結果は変わらないこととなった。

No.3 試験体においても表 4.5.2-3~表 4.5.2-4 のとおり、No.2 試験体と同様に  $Pu\times0.2\times\sqrt{(2\mu\cdot1)}$ の値が大きくなったものの、1/150rad で決定しているため、壁倍率は変わらない結果となった。

No.4~7 試験体については、表 4.5.2-5~表 4.5.2-6 のとおり、評価方法①において全て  $Pu\times0.2\times\sqrt{(2\mu-1)}$ で壁倍率が決定しており、評価方法②によって  $Pu\times0.2\times\sqrt{(2\mu-1)}$ が大きく上昇したため、壁倍率が高く評価された。

#### (2) 試験体サイズによる影響の比較と考察

No.4~7 試験体については、表 4.5.2-5~表 4.5.2-6 のとおり、特性値が耐力壁のサイズに必ずしも比例しないことが分かった。No.5 試験体 (L9.1) を基準にして考えると、比例する条件は、No.4 試験体(L6.0)は、0.6/0.91=0.66 倍、No.6 試験体(L18.2)は、1.82/0.91=0.66 化 No.7 試験体(H45)は、0.91/0.91=0.66 化であればよい。

2/3P<sub>max</sub>については、各試験体がサイズに応じて比例している。

 $P_y$ については No.4(L6.0)、No.6(L18.2)はほぼ比例しているものの、No.7(H45)は想定の 4 割ほど高い値となった。

 $P_{150}$  については、 $N_{0.4}$  試験体( $L_{6.0}$ )は、2 割ほど低く、 $N_{0.6}$  試験体( $L_{18.2}$ )は 5 割ほど高く、 $N_{0.7}$  試験体( $H_{45}$ )は、3 割ほど高い値となった。

 $P_u\cdot 0.2\cdot \sqrt{2}\mu$ -1 については、評価方法①では No.4 試験体(L6.0)が 3 割高く、他はほぼ比例 する結果となったが、評価方法②では No.7 試験体(H45)が 3 割ほど低く、他はほぼ比例する という結果になった。

No.8~11 試験体についても、表 4.5.2-7 のとおり、特性値が耐力壁のサイズに必ずしも比例しないことが分かった。No.4~7 試験体と同様に、No.9 試験体(L9.1)を基準にして考えると、比例する条件は、No.8 試験体(L6.0)は、0.6/0.91=0.66 倍、No.10 試験体(L18.2)は、1.82/0.91=2.0 倍、No.11 試験体(H45)は、0.91/0.91=1.0 倍であればよい。

P<sub>v</sub>については、各試験体がサイズに応じて比例している。

 $2/3P_{\text{max}}$  については、 $N_{0.8}$  試験体( $L_{6.0}$ )が 3 割ほど低く、他はほぼ比例する結果となった。  $P_{150}$  及び  $P_{0.2}$   $\sqrt{2}\mu$ -1 については、 $N_{0.8}$  試験体( $L_{6.0}$ )が 3 割ほど低く、 $N_{0.10}$  試験体( $L_{18.2}$ )は 3 割ほど高く、 $N_{0.11}$  試験体( $H_{45}$ )は、ほぼ比例する結果となった。

これらの特性値が綺麗に壁長さ比例していない理由としては、CLTの圧縮筋かい効果、回転半径の影響が考えられるため、今後の課題としたい。

#### (3)試験体のばらつきの検証

No.1~2 試験体については、2 体が予定と異なる長さのビスで施工されてしまったため、正しくばらつきを検証することはできないが、少なくとも安全側の評価となる。

評価方法①においては表 4.5.2-1 のとおり、1 体だけ塑性率が低い試験体があったため、 $Pu \times 0.2 \times \sqrt{(2\mu-1)}$ のばらつきが大きいものとなったが、評価方法②では、表 4.5.2-2 のとおり、ばらつき係数を高くとることができた。

No.9 試験体については、表 4.5.2-8 のとおり、いずれの指標値もばらつき係数を高くなる結果となった。

表 4.5.2-1 No.1、2 評価方法①

試験体記号	FS70-340-	FS70-340-	FS70-320-					
から大 (学育し ク	L9.1-1	L9.1-2	L9.1-1	平均値	標準偏差	変動係数		
壁高さ(mm)		3000	•					
壁長さ(mm)		910						
最大耐力 P max (kN/m)	120.5	115.3	108.9	114.9	5.81			
最大耐力時変形角 $\delta$ max (10-3rad)	20.05	25.06	20.03	21.71	2.9			
降伏耐力 P y (kN/m)	80.5	83	78.6	80.7	2.21	0.027		
降伏変形角 δ y (10-3rad)	9.64	12.97	12.54	11.72	1.81			
終局耐力 Pu (kN/m)	105.6	102.7	97.4	101.9	4.16			
終局変形角 δ u (10-3rad)	66.67	66.67	39.76	57.7	15.54			
降伏点変形角 δ v (10-3rad)	12.65	16.05	15.54	14.75	1.83			
剛性 K(MN/rad)	8.35	6.4	6.27	7.01	1.17			
塑性率 μ	5.27	4.15	2.56	3.99	1.36			
構造特性係数Ds	0.32	0.37	0.49	0.39	0.09			
Pu·0.2·√2μ-1(kN/m)	65.2	55.5	39.5	53.4	12.98	0.243		
2/3 P max(kN/m)	80.3	76.9	72.6	76.6	3.86	0.05		
一定変形時耐力(kN/0.91m)								
真 1/300rad	29.0	19.7	14.9	21.2	7.17	0.338		
真 1/200rad	42.8	30.6	26.5	33.3	8.48	0.255		
真 1/150rad	56.4	41.6	38.0	45.3	9.75	0.215		

	試験荷重 (平均値)	ばらつき係数	50%下限值		
	(kN/0.91m) はりりき採数		(kN/0.91m)		
Ру	80.7	0.987	79.7		
P u · 0.2 · √2 μ - 1	53.4	0.886	47.3		
2/3 P max	76.6	0.976	74.8		
P 150	45.3	0.899	40.7		
壁倍率	22.8				

表 4.5.2-2 No.1、2 評価方法②

試験体記号	FS70-340-	FS70-340-	FS70-320-				
	L9.1-1	L9.1-2	L9.1-1	平均値	標準偏差	変動係数	
壁高さ(mm)		3000					
壁長さ(mm)		910					
最大耐力 P max (kN/m)	108.1	102.0	89.8	100.0	9.32		
最大耐力時変形角 $\delta$ max (10-3rad)	64.64	59.28	48.97	57.63	7.96		
降伏耐力 P y (kN/m)	-	-	-	-	-	-	
降伏変形角 δ y (10-3rad)	-	-	-	-	-	-	
終局耐力 P u (kN/m)	97.0	91.1	84.2	90.8	6.41		
終局変形角 $\delta$ u (10-3rad)	66.67	66.67	66.67	66.67	0.00		
降伏点変形角 δ v (10-3rad)	11.62	14.24	13.43	13.10	1.34		
剛性K (MN/rad)	8.35	6.40	6.27	7.01	1.17		
塑性率μ	5.74	4.68	4.96	5.13	0.55		
構造特性係数Ds	0.31	0.35	0.33	0.33	0.02		
$Pu \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2} \mu - 1(kN/m)$	62.8	52.7	50.3	55.3	6.63	0.120	
2/3 P max(kN/m)	72.0	68.0	59.8	66.6	6.22	0.093	
一定変形時耐力(kN/0.91m)							
真 1/300rad	29.0	19.7	14.9	21.2	7.17	0.338	
真 1/200rad	42.8	30.6	26.5	33.3	8.48	0.255	
真 1/150rad	56.4	41.6	38.0	45.3	9.75	0.215	

	試験荷重 (平均値) (kN/0.91m)	ばらつき係数	50%下限値 (kN/0.91m)		
Pv	(KIN/ 0.91III)	-	- (KN/ 0.91111)		
Pu·0.2·√2μ-1	55.3	0.943	52.1		
2/3 P max	66.6	0.956	63.7		
P 150	45.3	0.899	<u>40.7</u>		
壁倍率	22.8				

表 4.5.2-3 No.3 (No.1,2 との比較) 評価方法①

試験体記号	FS70-340- L9.1-1	FS70-340- L9.1-2	FS70-320- L9.1-1	FS70-320H- @12
壁高さ(mm)		30	00	
壁長さ(mm)		9:	10	
最大耐力 P max (kN/m)	120.5	115.3	108.9	108.1
最大耐力時変形角 $\delta$ max (10-3rad)	20.05	25.06	20.03	25.92
降伏耐力 Py (kN/m)	80.5	83	78.6	91
降伏変形角 δ y (10-3rad)	9.64	12.97	12.54	18.94
終局耐力 Pu (kN/m)	105.6	102.7	97.4	93.5
終局変形角 δ u (10-3rad)	66.67	66.67	39.76	31.85
降伏点変形角 δ v (10-3rad)	12.65	16.05	15.54	19.46
剛性K (MN/rad)	8.35	6.4	6.27	4.80
塑性率μ	5.27	4.15	2.56	1.64
構造特性係数Ds	0.32	0.37	0.49	0.66
$Pu\cdot 0.2\cdot \sqrt{2}\mu - 1(kN/m)$	65.2	55.5	39.5	28.2
2/3 P max(kN/m)	80.3	76.9	72.6	72
一定変形時耐力		(kN/	0.9m)	
真 1/300rad	29	19.7	14.9	8.4
真 1/200rad	42.8	30.6	26.5	17.2
真 1/150rad	56.4	41.6	38	26.0
Ру	80.5	83.0	78.6	91.0
P u • 0.2 • √ 2 μ - 1	65.2	55.5	39.5	28.2
2/3 P max	80.3	76.9	72.6	72.0
P 150	<u>56.4</u>	<u>41.6</u>	<u>38.0</u>	<u>26.0</u>
壁倍率	31.6	23.3	21.3	14.6

表 4.5.2-4 No.3 (No.1,2 との比較) 評価方法②

				ı
試験体記号	FS70-340-	FS70-340-	FS70-320-	FS70-320H- @12
	L9.1-1	L9.1-2	L9.1-1	G12
壁高さ(mm)		30	00	
壁長さ(mm)		9:	10	
最大耐力 P max (kN/m)	108.1	102.02	89.77	90.48
最大耐力時変形角 δ max (10-3rad)	64.642	59.275	48.97	62.65
降伏耐力 Py (kN/m)	-	-	-	-
降伏変形角 δ y (10-3rad)	-	-	-	-
終局耐力 Pu (kN/m)	97.00807969	91.09632055	84.20598414	78.55
終局変形角 δ u (10-3rad)	66.67	66.67	66.6666667	66.67
降伏点変形角 δ v (10-3rad)	11.61686818	14.23517202	13.43438984	16.35
剛性K (MN/rad)	8.35	6.4	6.27	4.80
塑性率 μ	5.739068309	4.683469923	4.962388875	4.08
構造特性係数Ds	0.308928497	0.345713769	0.334735131	0.37
P u · 0.2 · √2 μ - 1(kN/m)	62.80293375	52.70042952	50.31200867	42.0
2/3 P max(kN/m)	72.04666667	68.01333333	59.84666667	60.3
一定変形時耐力		(kN/	0.9m)	
真 1/300rad	29	19.7	14.9	8.4
真 1/200rad	42.8	30.6	26.5	17.2
真 1/150rad	56.4	41.6	38	26.0
	•			
Ру	-	-	-	-
Pu·0.2·√2μ-1	62.8	52.7	50.3	42.0
2/3 P max	72.0	68.0	59.8	60.3
P 150	<u>56.4</u>	41.6	38.0	26.0
壁倍率	31.6	23.3	21.3	14.6

表 4.5.2-5 No.4~7 評価方法①

	1			
試験体記号	FS45-320-	FS45-320-	FS45-320-	FS45-320-
	L6	L9.1	L18.2	H4.5
壁高さ(mm)	3000	3000	3060	4560
壁長さ(mm)	600	910	1820	910
最大耐力 P max (kN/m)	64.1	91.8	190.8	91.8
最大耐力時変形角 δ max (10-3rad)	24.33	12.98	12.12	10.13
降伏耐力 Py (kN/m)	46.7	66.2	115.9	91.1
降伏変形角 δ y (10-3rad)	10.3	8.02	4.9	9.92
終局耐力 P u (kN/m)	55.8	75.8	178.6	91.3
終局変形角 δ u (10-3rad)	33.27	18.39	14.33	15.14
降伏点変形角 δ v (10-3rad)	12.3	9.18	7.55	9.94
剛性K (MN/rad)	4.53	8.25	23.65	9.18
塑性率 μ	2.7	2.00	1.9	1.52
構造特性係数Ds	0.48	0.58	0.6	0.7
Pu·0.2·√2μ-1(kN/m)	23.4	26.3	59.8	26.1
2/3 P max(kN/m)	42.8	61.2	127.2	61.2
一定変形時耐力	(kN/0.6m)	(kN/0.9m)	(kN/1.82m)	(kN/0.9m)
真 1/300rad	7.6	14	78.3	31.6
真 1/200rad	17.4	32.5	117.9	49.9
真 1/150rad	27.1	51.1	150	67.8
Ру	46.7	66.2	115.9	91.1
P u · 0.2 · √2 μ -1	23.4	26.3	<u>59.8</u>	<u>26.1</u>
2/3 P max	42.8	61.2	127.2	61.2
P 150	27.1	51.1	150.0	67.8
壁倍率	19.9	14.7	16.8	14.6

表 4.5.2-6 No.4~7 評価方法②

試験体記号	FS45-320- L6	FS45-320- L9.1	FS45-320- L18.2	FS45-320- H4.5
壁高さ(mm)	3000	3000	3060	4560
壁長さ(mm)	600	910	1820	910
最大耐力 P max (kN/m)	42.26	74.58	107.06	57.34
最大耐力時変形角 $\delta$ max (10-3rad)	66.6666667	45.75	66.6666667	33.6767616
降伏耐力 Py (kN/m)	-	-	-	-
降伏変形角 δ y (10-3rad)	-	-	-	-
終局耐力 P u (kN/m)	36.52	63.40	83.40	50.16
終局変形角 δ u (10-3rad)	66.6666667	66.67	66.666667	40.3261896
降伏点変形角 δ v (10-3rad)	8.05426072	7.68	3.52576045	5.46182681
剛性K (MN/rad)	4.53	8.25	23.65	9.18
塑性率 μ	8.28	8.68	18.91	7.38
構造特性係数Ds	0.25	0.25	0.16	0.27
P u · 0.2 · $\sqrt{2} \mu$ - 1(kN/m)	28.8	51.3	101.2	37.2
2/3 P max(kN/m)	28.2	49.7	71.4	38.2
一定変形時耐力	(kN/0.6m)	(kN/0.9m)	(kN/1.82m)	(kN/0.9m)
真 1/300rad	7.6	14	78.3	31.6
真 1/200rad	17.4	32.5	117.9	49.9
真 1/150rad	27.1	51.1	150	67.8
		T	1	
Ру	-	-	-	-
P u · 0.2 · √2 μ - 1	28.8	51.3	101.2	<u>37.2</u>
2/3 P max	28.2	<u>49.7</u>	<u>71.4</u>	38.2
P 150	<u>27.1</u>	51.1	150.0	67.8
壁倍率	23.0	27.9	20.0	20.9

表 4.5.2-7 No.8~11 評価方法①

=4FA/L=7 [7]		FS90-110-	FS90-110-	FS90-110-	FS90-110-	FS90-110-
試験体記号			L9.1-2	L9.1-3	L18.2	H4.5
壁高さ(mm)	3000	3000	3000	3000	3060	4560
壁長さ(mm)	600	910	910	910	1820	910
最大耐力 P max (kN/m)	49.5	98.2	102.6	100.7	197.8	92.2
最大耐力時変形角 $\delta$ max (10-3rad)	66.67	66.67	66.07	66.67	33.71	66.67
降伏耐力 P y (kN/m)	26.1	44.2	46.2	45.3	100.1	42.5
降伏変形角 δ y (10-3rad)	13.23	10.5	10.52	10.23	6.97	10.16
終局耐力 P u (kN/m)	39.6	76.6	78.3	79.4	175.1	75.3
終局変形角 δ u (10-3rad)	66.67	66.67	66.67	66.67	56.8	66.67
降伏点変形角 δ v (10-3rad)	20.07	18.2	17.83	17.95	12.19	17.98
剛性K (MN/rad)	1.97	4.21	4.39	4.43	14.36	4.18
塑性率 μ	3.32	3.66	3.74	3.71	4.66	3.71
構造特性係数Ds	0.42	0.4	0.39	0.39	0.35	0.39
P u · 0.2 · √2 μ - 1(kN/m)	18.8	38.5	39.9	40.2	101	38.2
2/3 P max(kN/m)	33	65.5	68.4	67.1	131.8	61.5
一定変形時耐力	(kN/0.6m)		(kN/0.9m)		(kN/1.82m)	(kN/0.9m)
真 1/300rad	10.3	22.8	24	23.8	58.5	19.6
真 1/200rad	14.5	30.5	31.7	31.5	81.1	27.6
真 1/150rad	17.5	35.8	36.9	37.1	97.8	33.4
Ру	26.1	44.2	46.2	45.3	100.1	42.5
P u · 0.2 · √2 μ - 1	18.8	38.5	39.9	40.2	101.0	38.2
2/3 P max	33.0	65.5	68.4	67.1	131.8	61.5
P 150	<u>17.5</u>	<u>35.8</u>	<u>36.9</u>	<u>37.1</u>	<u>97.8</u>	<u>33.4</u>
壁倍率	14.9	20.1	20.7	20.8	27.4	18.7

表 4.5.2-8 No.9 評価方法① ばらつきの検証

				l				
試験体記号	FS90-110-	FS90-110-	FS90-110-	平均値	標準偏差	変動係数		
	L9.1-1	L9.1-2	L9.1-3					
壁高さ(mm)		3000						
壁長さ(mm)		910						
最大耐力 P max (kN/m)	98.2	102.6	100.7	100.5	2.21			
最大耐力時変形角 $\delta$ max (10-3rad)	66.67	66.07	66.67	66.47	0.35			
降伏耐力 Py (kN/m)	44.2	46.2	45.3	45.2	1	0.022		
降伏変形角 δ y (10-3rad)	10.5	10.52	10.23	10.42	0.16			
終局耐力 P u (kN/m)	76.6	78.3	79.4	78.1	1.41			
終局変形角 δ u (10-3rad)	66.67	66.67	66.67	66.67	0			
降伏点変形角 δ v (10-3rad)	18.2	17.83	17.95	17.99	0.19			
剛性K (MN/rad)	4.21	4.39	4.43	4.34	0.12			
塑性率 μ	3.66	3.74	3.71	3.7	0.04			
構造特性係数Ds	0.4	0.39	0.39	0.39	0.01			
P u · 0.2 · $\sqrt{2} \mu$ - 1(kN/m)	38.5	39.9	40.2	39.5	0.91	0.023		
2/3 P max(kN/m)	65.5	68.4	67.1	67	1.45	0.022		
一定変形時耐力(kN/0.91m)								
真 1/300rad	22.8	24.0	23.8	23.5	0.64	0.027		
真 1/200rad	30.5	31.7	31.5	31.2	0.64	0.021		
真 1/150rad	35.8	36.9	37.1	36.6	0.7	0.019		

	試験荷重 (平均値)	ばらつき係数	50%下限值			
	(kN/0.91m)	はりつき深致	(kN/0.91m)			
Ру	45.2	0.990	44.7			
P u · 0.2 · √ 2 μ - 1	39.5	0.989	39.1			
2/3 P max	67.0	0.990	66.3			
P 150	36.6	0.991	<u>36.3</u>			
壁倍率	20.3					

#### 4.5.3. 考察まとめ

本章では、前年度の試験結果を踏まえ、試験体サイズ等を変えた場合の強度性能への影響を検証する試験を行った。

- ・No.3 試験体を除き、全ての試験体で目標である 18 倍を達成することができた。
- No.3 の剛性が低かった理由については今後の課題である。
- ・加力方向にビス斜め打ちを行った No.1~7 試験体については、最大荷重後大きく荷重低下する部分のエネルギーを評価しない方法(評価方法②)によって評価を行った。従来の評価方法では 0.8Pmax を切るか切らないかによって評価結果が大きく変わってしまう結果になったが、この評価方法では、その影響を受けずに評価することができた。
- ・加力方向にビス斜め打ちを行った No.1~7 試験体については、CLT を 3 層 3 プライから 3 層 4 プライに変更し、ビスを千鳥打ちとすることで柱の割裂が生じない結果となった。
- ・試験体サイズの影響について検証したところ、これらの特性値が綺麗に壁長さ比例しない結果となった。CLTの圧縮筋かい効果、回転半径の影響が考えられるため、今後の課題としたい。また、No.4~7試験体、No.8~11試験体で傾向が異なることが分かった。
- ・試験体のばらつきについては、表3のとおり、No.1、2試験体はビス長さが異なるものが混ざってしまった影響もあり、またビスの引き抜きによって最大荷重が決まってしまうことからNo.9試験体よりもばらつきが大きくなることが分かった。

# 5. 大壁耐力壁のくぎ及びビス一面せん断試験

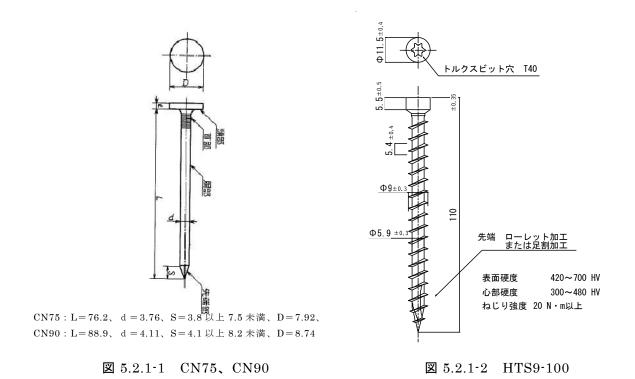
#### 5.1. 試験の目的

CLT を大壁耐力壁の面材として用いた場合の耐力壁仕様を検証するため、要素試験を 実施する。

### 5.2. 試験の内容

### 5.2.1. くぎ及びビスの仕様

対象となるくぎ及びフルスレッドビスは図 5.2.1-1、図 5.2.1-2 のとおりである。



# 5.2.2. 試験の種類

試験の種類は表 5.2.2-1 のとおり 3 種類 9 体+軸組フレーム試験体 1 体とする。試験体の記号の意味を図 5.2.2-1 に示す。各試験体図を図 5.2.2-2  $\sim$  図 5.2.2-5 に、試験体の密度と含水率を表 5.2.2-2 に示す。

表 5.2.2-1 試験の種類

通		面材の種	類	接合	合具の種類			
し番号	番 試験体名	面材規格	厚さ (mm)	名称	山径または 胴部径d(mm)	接合具長さ l(mm)	軸材の種 類	試験体数 (体)
1	P24 CN75	構造用合板 /特類2級	24	太めくぎCN75	3.76	76.2		3
2	C36 CN90	スギCLT/ Mx60-3-3/ A種構成	36	太めくぎCN90	3.76	76.2	スギ製材 - 0.38~0.44	3
3	C60F140	スギCLT/ Mx60-3-3/ A種構成	60	フルスレッドビス	9	140		3
4	JF	-	-	軸組フ		1		
		승計						10

 P
 24
 CN75

 面材の樹種
 面材の厚み
 接合具の種類

 Plywood
 24 mm
 CN75

 CLT
 36 mm
 CN90

60 mm

図 5.2.2-1 試験体記号の意味

HTS9-110

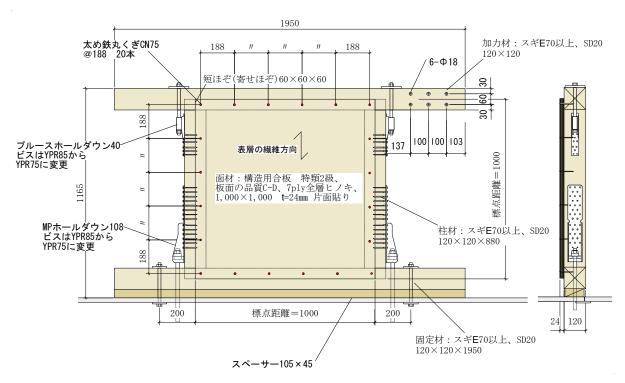


図 5.2.2-2 P24CN75 試験体

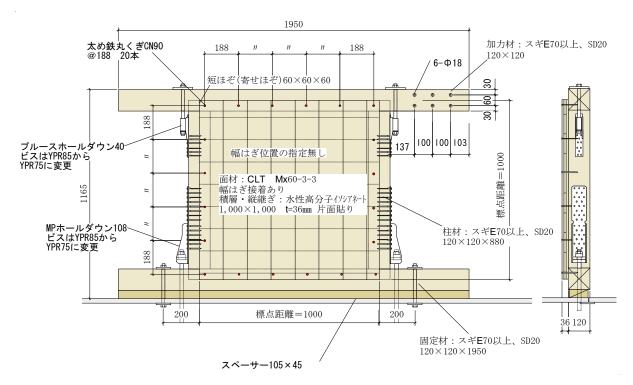


図 5.2.2-3 C36CN90 試験体

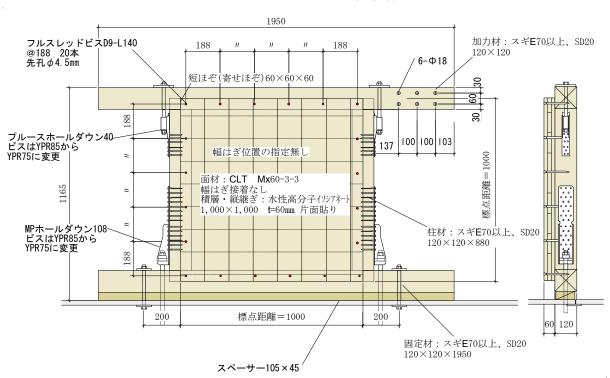


図 5.2.2-4 C60F110 試験体

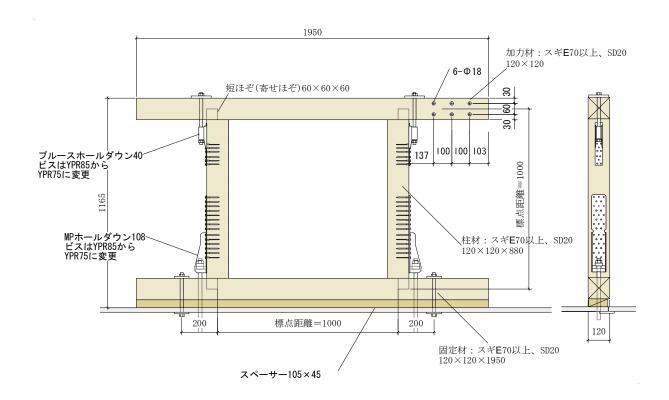


図 5.2.2-5 軸組フレーム試験体

表 5.2.2-2 密度と含水率

			面	材	梁	材	土台	計材	右杠	主材	左村	主材
No.	試験体記号	試験体記号 試験体番号 等	含水率 (%)	密度 (g/cm³)	含水率 (%)	密度 (g/cm³)	含水率 (%)	密度 (g/cm³)	含水率 (%)	密度 (g/cm³)	含水率 (%)	密度 (g/cm³)
	木材・木質部材の種類		ヒノキ	·合板	スギ	製材	スギ	製材	スギ	製材	スギ	製材
	P24 CN75	1	_	0.45	10.1	0.38	17.1	0.37	12.0	0.37	12.4	0.38
1		2	_	0.45	16.5	0.37	15.1	0.39	8.8	0.39	14.5	0.34
'		3	-	0.45	13.6	0.39	9.3	0.36	15.8	0.41	12.0	0.43
		平均	-	0.45	13.4	0.38	13.8	0.38	12.2	0.39	13.0	0.38
	木材・木質部材の種類		スギ	CLT	スギ製材		スギ製材		スギ	製材	スギ製材	
	C36 CN90	1	10.0	0.40	8.0	0.37	14.1	0.39	9.5	0.40	9.9	0.40
2		2	10.5	0.38	12.2	0.42	16.4	0.36	15.3	0.36	7.0	0.38
_		3	10.0	0.38	15.6	0.44	7.6	0.36	13.1	0.42	13.3	0.42
		平均	10.2	0.38	11.9	0.41	12.7	0.37	12.6	0.39	10.1	0.40
	C60F140	1	10.5	0.41	14.8	0.43	10.8	0.40	15.7	0.37	15.5	0.40
3		2	10.5	0.41	12.4	0.40	8.8	0.39	14.4	0.37	14.0	0.43
3		3	10.5	0.40	11.4	0.41	9.9	0.38	10.5	0.43	10.4	0.38
		平均	10.5	0.40	12.9	0.41	9.8	0.39	13.5	0.39	13.3	0.41
	木材・木質部材の種類		_	-	スギ製材         スギ製材         スギ製材		製材	スギ製材				
4	JF	1	_	_	6.9	0.39	15.9	0.37	13.2	0.36	10.5	0.38

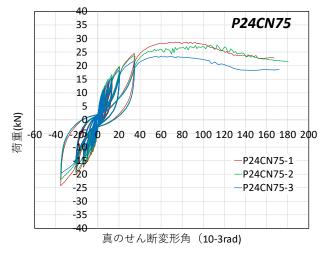
# 5.3. 試験方法

試験方法は、グレー本 <sup>1)</sup>の「4.5.4 試験方法」に則って実験を行い、正負交番繰り返し加力を各変形角で 3 回行った後、1/30rad で 1 回繰り返すものとした。

### 5.4. 試験結果

#### 5.4.1. P24CN75

荷重変位曲線を図 5.4.1-1 に、包絡線とバイリニアを図 5.4.1-2 に、面材接合具 1 本あたりのせん断性能の算定結果を表 5.4.1- $1\sim5.4.1$ -3、破壊性状を写真 5.4.1- $1\sim10$  に示す。くぎの引き抜け・めり込み(写真 5.4.1- $5\sim6$ )、面材の孕み(写真 5.4.1- $8\sim10$ )は見られたが、パンチングアウトは見られなかった。1 体目のみ梁の曲げ破壊が生じた(写真 5.4.1-7)。



20 P24CN75 18 16 14 12 10 8 -P24CN75-1 6 -P24CN75-2 4 -P24CN75-3 2 ◆完全弾塑性モデル 0 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 真のせん断変形角(10-3rad)

図 5.4.1-1 荷重変位曲線

図 5.4.1-2 包絡線(軸組フレーム除去)とバイリニア

表 5.4.1-1 特性値

試験方法			タイロッド式、	3回正負		
試験体記号	P24CN75-1	P24CN75-2	P24CN75-3	平均値	標準偏差	変動係数
最大モーメント	15.15	14.19	12.13	13.82	1.54	
Mmax (kN·m)						
最大モーメント時変形角 γ 0max (10 <sup>-3</sup> rad)	50.58	34.33	30.32	38.41	10.73	
y Olliax (10 Fad) 降伏モーメント						
My (kN·m)	8.05	8.51	7.05	7.87	0.75	0.095
降伏変形角	3.50	3.37	2.42	3.10	0.59	
γ 0y (10 <sup>-3</sup> rad)	5.50	5.57	2.42	5.10	0.55	
終局モーメント	13.73	13.11	11.30	12.71	1.26	
Mu (kN·m)						
終局変形角	85.38	62.65	61.41	69.81	13.50	
γ 0u (10 <sup>-3</sup> rad)						
降伏点変形角 γ 0v (10 <sup>-3</sup> rad)	5.98	5.20	3.88	5.02	1.06	
<b>剛性</b>						
K (MN·m/rad)	2.30	2.53	2.91	2.58	0.31	
塑性率	14.28	12.05	15.83	14.05	1.90	
μ						
構造特性係数 Ds	0.19	0.21	0.18	0.19	0.02	
Mu·0.2·√2 μ −1						
Mu•0.2•√ 2 μ −1 (kN•m)	14.42	12.60	12.51	13.18	1.08	0.082
2/3Mmax	10.10	9.46	8.09	9.22	1.03	0.112
(kN·m)	10.10	9.46	8.09	9.22	1.03	0.112
		一定変形時モ	ーメント(kN・m)	)		
真 1/300rad	7.93	8.47	7.97	8.12	0.30	0.037
真 1/200rad	8.92	9.83	9.23	9.33	0.46	
真 1/150rad	9.44	10.62	9.96	10.01	0.59	0.059

表 5.4.1-2 面材接合具のせん断だけによる降伏点変形角及び終局変形角

項目	P24CN75- 1	P24CN75- 2	P24CN75- 3	平均値	標準偏差
γ 0v (×10 <sup>-</sup>	5. 98	5.20	3.88	5. 02	1.06
γ 0u (×10 <sup>-</sup>	85. 38	62.65	61.41	69.81	13.50
γ B (×10 <sup>-</sup>	1.43	1.37	1. 18	1. 33	0.13
Γv(×10 <sup>-</sup>	4.55	3.83	2.70	3. 69	0.93
Γu(×10 <sup>-</sup>	83. 95	61.28	60.23	68. 49	13.40

面材幅	1000
面材長さ	1000
面材厚さ	24
せん断剛性GB	0.4

表 5.4.1-3 面材接合具 1 本あたりのせん断性能

項目	P24CN75- 1	P24CN75- 2	P24CN75-	平均値	標準偏差	ばらつき 係数	項目	50%下限 値
Δ Pv(kN)	3. 57	3.41	2.94	3. 30	0.33	0.953	Δ P v0	3. 15
δ v (cm)	0.13	0.11	0.08	0.11	0.03	0.889	δ v0	0.09
δ u (cm)	2.40	1.76	1. 78	1. 98	0.36	0.913	δ u0	1.81
						_	ΔΡ	2 00

va(kN)
k
(kN/cm)

33. 11

Δ P va及び k は α =0.95として算出

Zpxy	0.0385
Ixy	1.14
α	0.95



写真 5.4.1-1 CN75



写真 5.4.1-2 CN75 施工後



写真 5.4.1-3 1 体目 試験前



写真 5.4.1-4 1 体目 試験後



写真 5.4.1-5 1 体目 柱脚部



写真 5.4.1-6 1体目 くぎの引き抜け



写真 5.4.1-7 1体目 梁材の曲げ破壊



写真 5.4.1-8 1体目 面材の孕み



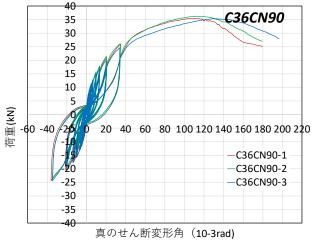
写真 5.4.1-9 1 体目 面材の孕み



写真 5.4.1-10 1 体目 面材の孕み

### 5.4.2. C36CN90

荷重変位曲線を図 5.4.2-1 に、包絡線とバイリニアを図 5.4.2-2 に、面材接合具 1 本あたりのせん断性能の算定結果を表 5.4.2-1~5.4.2-3、破壊性状を写真 5.4.2-1~写真 5.4.2-10 に示す。くぎの引き抜け・めり込み(写真 5.4.2-5~6)、面材の孕み(写真 5.4.2-8~10)は見られたが、パンチングアウトは見られなかった。



荷重(kN) 12 10 8 -C36CN90-1 6 -C36CN90-2 4 -C36CN90-3 2 ◆完全弾塑性モデル 0 0 50 100 150 真のせん断変形角(10-3rad)

C36CN90

20

18

16

14

図 5.4.2-1 荷重変位曲線

図 5.4.2-2 包絡線(軸組フレーム除去)と バイリニア

200

表 5.4.2-1 特性値

試験方法			タイロッド式、	3回正負		
試験体記号	C36CN90-1	C36CN90-2	C36CN90-3	平均値	標準偏差	変動係数
最大モーメント	19 15	18.60	16.23	17.66	1.26	
Mmax (kN·m)	16.15	16.00	10.25	17.00	1.20	
最大モーメント時変形角	82.85	83.33	96.43	87.54	7.71	
$\gamma$ 0max (10 <sup>-3</sup> rad)	02.00	00.00	30.10	01.04	1.11	
降伏モーメント	10.53	11.22	9.70	10.48	0.76	0.073
My (kN·m)	C36CN90-1 18.15 82.85 10.53 6.44 16.84 131.22 10.31 1.64 12.73 0.20 16.66 12.10 8.33 9.72 10.65	11.22	5.10	10.10	0.10	0.010
降伏変形角	6.44	7.28	5.27	6.33	1.01	
γ 0y (10 <sup>-3</sup> rad)	0.11		0.2.	0.00	1101	
終局モーメント	16.84	17.24	15.32	16.47	1.01	
Mu (kN·m)						
終局変形角	131.22	135.92	156.62	141.25	13.51	
γ 0u (10 <sup>-3</sup> rad)						
降伏点変形角	10.31	11.19	8.32	9.94	1.47	
γ 0v (10 <sup>-3</sup> rad)						
剛性	1.64	1.54	1.84	1.67	0.15	
K (MN·m/rad)						
塑性率	12.73	12.15	18.82	14.57	3.69	
μ 構造特性係数						
Ds	0.20	0.21	0.17	0.19	0.02	
Mu•0.2•√2 μ −1						
(kN·m)	16.66	16.64	18.55	17.28	1.10	0.064
2/3Mmax	10.10	10.10	10.00	11.55	0.04	0.051
(kN·m)	12.10	12.40	10.82	11.77	0.84	0.071
		一定変形時モ	ーメント(kN・m)	)		
真 1/300rad	8.33	8.64	8.24	8.40	0.21	0.025
真 1/200rad	9.72	9.99	9.56	9.76	0.22	
真 1/150rad	10.65	10.89	10.42	10.65	0.24	0.023

表 5.4.2-2 面材接合具のせん断だけによる降伏点変形角及び終局変形角

項目	C36CN90-	C36CN90-	C36CN90-	平均値	標準偏差	
- X H	1	2	3	1 15 115	<b>小中</b> / 一	
γ 0v (×10 <sup>-</sup>	10.31	11.19	8.32	9.94	1. 47	
γ 0u (×10 <sup>-</sup>	131. 22	135. 92	156.62	141.25	13. 51	
γ B (×10 <sup>-</sup>	1.17	1.2	1.06	1.14	0.07	
Γ v (×10 <sup>-</sup>	9.14	9. 99	7.26	8.80	1.40	
Γu(×10 <sup>-</sup>	130.05	134.72	155. 56	140.11	13.58	

面材幅1000面材長さ1000面材厚さ36せん断剛性GB0.4

表 5.4.2-3 面材接合具 1 本あたりのせん断性能

項目	C36CN90- 1	C36CN90- 2	C36CN90-	平均値	標準偏差	ばらつき 係数	項目	50%下限 値
Δ Pv(kN)	4. 37	4. 48	3. 98	4. 28	0. 26	0.971	Δ P v0	4. 15
δ v (cm)	0.27	0.30	0.21	0.26	0.05	0.917	δ v0	0.24
δu(cm)	3.84	4.05	4.50	4. 13	0.34	0.962	δ u0	3. 97
							ΔΡ	3. 94

 $\begin{array}{c|c}
\Delta P \\
va(kN)
\end{array}$ 3.94  $\begin{array}{c|c}
k \\
(kN/cm)
\end{array}$ 16.42

Δ P va及び k は α = 0.95 として算出

 $\begin{array}{ccc} {\rm Zpxy} & & 0.0385 \\ {\rm Ixy} & & 1.14 \\ \alpha & & 0.95 \end{array}$ 



写真 5.4.2-1 CN75



写真 5.4.2-2 CN75 梱包



写真 5.4.2-3 1 体目 試験前



写真 5.4.2-4 1 体目 試験後



写真 5.4.2-5 1 体目 柱脚部



写真 5.4.2-6 1体目 くぎの引き抜け



写真 5.4.2-7 2 体目 くぎの引き抜け



写真 5.4.2-8 1体目 面材の孕み



写真 5.4.2-9 1 体目 面材の孕み



写真 5.4.2-10 1体目 面材の孕み

# 5.4.3. C60F140

荷重変位曲線を図 5.4.3-1 に、包絡線とバイリニアを図 5.4.3-2 に、面材接合具 1 本あたりのせん断性能の算定結果を表 5.4.3-1~5.4.3-3、破壊性状を写真 5.4.3-1~写真 5.4.3-10 に示す。ビスの引き抜け、めり込み及び CLT 端部の割れ破壊(写真 5.4.3-5~8)、面材の孕み(写真 5.4.3-9)は見られたが、パンチングアウトは見られなかった。

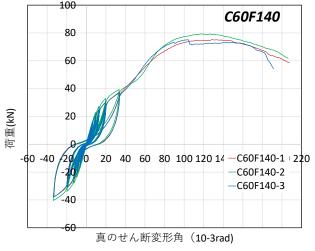


図 5.4.3-1 荷重変位曲線

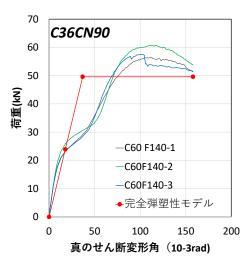


図 5.4.3-2 包絡線(軸組フレーム除去)と バイリニア

表 5.4.3-1 特性値

試験方法			タイロッド式、	3回正負						
試験体記号	C60F140-1	C60F140-2	C60F140-3	平均値	標準偏差	変動係数				
最大モーメント Mmax (kN·m)	56.5	60.8	57.5	58.3	2.25					
最大モーメント時変形角 γ 0max (10 <sup>-3</sup> rad)	112.10	112.86	103.42	109.46	5.24					
降伏モーメント My (kN·m)	23.8	24.6	23.4	23.9	0.61	0.026				
降伏変形角 γ 0y (10 <sup>-3</sup> rad)	19.47	15.56	18.30	17.78	2.01					
終局モーメント Mu (kN・m)	49.3	50.4	49.0	49.6	0.74					
終局変形角 γ Ou (10 <sup>-3</sup> rad)	157.91	158.05	157.76	157.91	0.15					
降伏点変形角 γ 0v (10 <sup>-3</sup> rad)	40.30	31.89	38.38	36.86	4.41					
剛性 K (MN·m/rad)	1.22	1.58	1.28	1.36	0.19					
塑性率 μ	3.92	4.96	4.11	4.33	0.55					
構造特性係数 Ds	0.38	0.33	0.37	0.36	0.03					
Mu•0.2•√2 μ −1 (kN•m)	25.8	30.1	26.3	27.4	2.35	0.086				
2/3Mmax (kN·m)	37.7	40.5	38.3	38.8	1.47	0.038				
	一定変形時モーメント(kN·m)									
真 1/300rad	7.9	7.8	7.8	7.8	0.06	0.008				
真 1/200rad	11.4	11.9	11.4	11.6	0.29					
真 1/150rad	14.3	15.2	14.1	14.5	0.59	0.041				

表 5.4.3-2 面材接合具のせん断だけによる降伏点変形角及び終局変形角

項目	C60F140-	C60F140-	C60F140-	平均値	標準偏差
γ 0v (×10 <sup>-</sup>	40.30	31. 89	38.38	36. 86	4. 41
γ 0u (×10 <sup>-</sup>	157. 91	158.05	157. 76	157.91	0.15
γ B (×10 <sup>-</sup>	2.05	2.10	2.04	2.06	0.03
Γ v (×10 <sup>-</sup>	38. 25	29.79	36.34	34. 79	4. 44
Γu(×10 <sup>-</sup>	155. 86	155. 95	155. 72	155.84	0.12

面材幅1000面材長さ1000面材厚さ60せん断剛性GB0.4

表 5.4.3-3 面材接合具 1 本あたりのせん断性能

	項目	C60F140-	C60F140- 2	C60F140-	平均値	標準偏差	ばらつき 係数	項目	50%下限 値
Δ	P v (kN)	12.8	13. 1	12.7	12. 9	0.21	0. 992	Δ P v0	12.7
	δ v (cm)	1.13	0.88	1.08	1.03	0.13	0.940	δ v0	0.97
	δu(cm)	4.60	4.61	4.63	4.61	0.02	0. 998	δ u0	4.60
		ΔP va(kN)	12.06						
ΔΙ	P va及び k l		k (kN/cm)	12. 43					

 $\begin{array}{ccc} Zpxy & 0.0385 \\ Ixy & 1.14 \\ \alpha & 0.95 \end{array}$ 



写真 5.4.3-1 ビス HTS9-110



写真 5.4.3-2 ビス HTS9-110



写真 5.4.3-3 1 体目 試験前



写真 5.4.3-4 1 体目 試験後



写真 5.4.3-5 1 体目 柱脚部



写真 5.4.3-6 1体目 くぎの引き抜け、CLT の割れ



写真 5.4.3-7 2 体目 くぎの引き抜け、CLT の割れ



写真 5.4.3-8 3 体目 くぎの引き抜け、CLT の割れ



写真 5.4.3-9 3 体目 面材の孕み



写真 5.4.3-10 2 体目 解体後

# 5.4.4. JF

荷重変位曲線を図 5.4.4-1 に、包絡線を図 5.4.4-2 に、破壊性状を写真 5.4.4-1 ~写真 5.4.4-4 に示す。

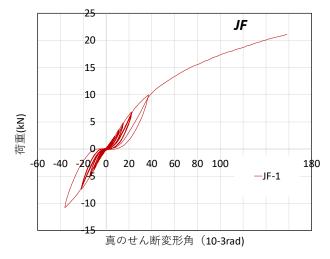


図 5.4.4-1 荷重変位曲線

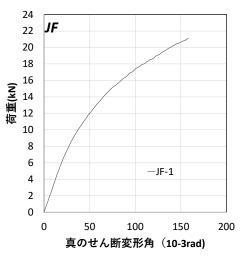


図 5.4.4-1 包絡線(軸組フレーム除去)とバ イリニア



写真 5.4.4-1 1 体目 試験前

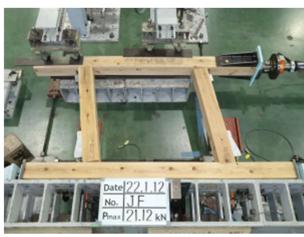


写真 5.4.4-2 試験後



写真 5.4.4-3 柱頭部



写真 5.4.4-4 柱脚部めり込み

### 6. CLTを用いた狭小壁の面内せん断試験

# 6.1. 試験の目的

壁長さの短い(455 mm、600 mm程度) CLT 壁を梁と土台または基礎に直接接合する工法を想定する。接合金物は x マーク金物を使用するため、耐力壁試験のみとする。

用途は住宅等の1階ガレージなど、開口を広く取りたい箇所などを想定しており、壁倍率7倍を目標とする。

#### 6.2. 試験の内容

### 6.2.1. 接合金物の仕様

耐力壁に取り付ける金物の姿図は図 6.2.1-1 のとおり、新たに開発するのではなく、既存の金物を活用することとした。

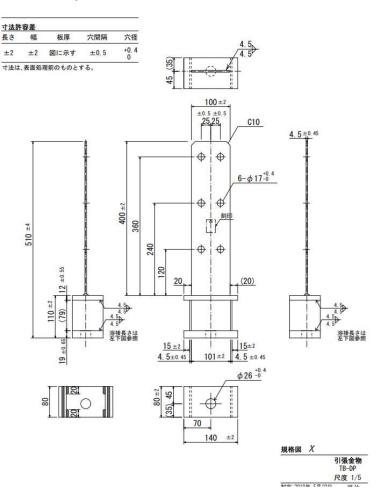


図 6.2.1-1 X マーク表示金物 引張金物 TB-DP

### 6.2.2. 試験の種類

試験の種類は表 6.2.2-1 のとおり 8 種類 42 体の試験とする。試験体の記号の意味を図 6.2.2-1 に示す。各試験体図を図 6.2.2-1  $\sim$  図 6.2.2-2 に、試験体の密度と含水率を表 6.2.2-2 に示す。

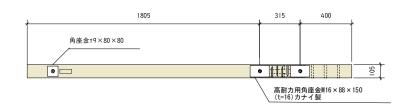
表 6.2.2-1 試験の種類

通.	試験体記号	面材の種類	į		3	- NEA / L W/			
し番号		面材規格	厚さ(mm)	CLTの寸法 (mm)	名称	ドリフトピン のサイズ	金物1個当た りのドリフト ピンの本数	試験体数 (体)	
1	L045	スギCLT/Mx60-3-3	90	3000 × 455	クロスマーク金物	Φ16×L80	6	1	
2	L060	/A種構成		3000 × 600	TB-DP	. 15 1 200		1	
		合計							

<u>L</u> 045

耐力壁の長さ 450 mm、600 mm

図 6.2.2-1 試験体記号の意味



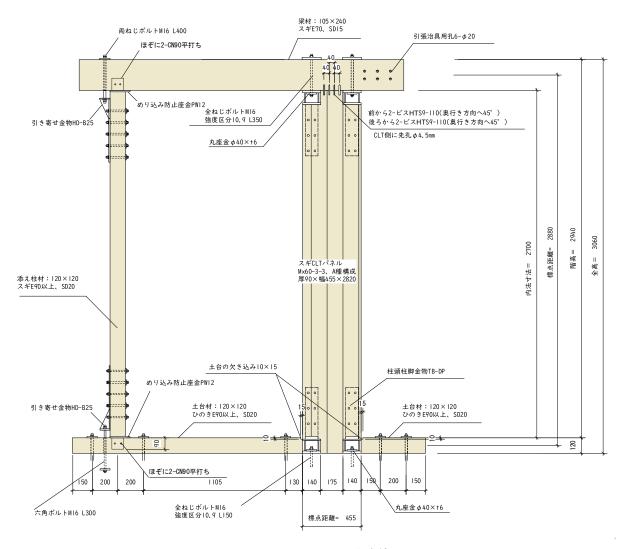


図 6.2.2-2 L045 試験体

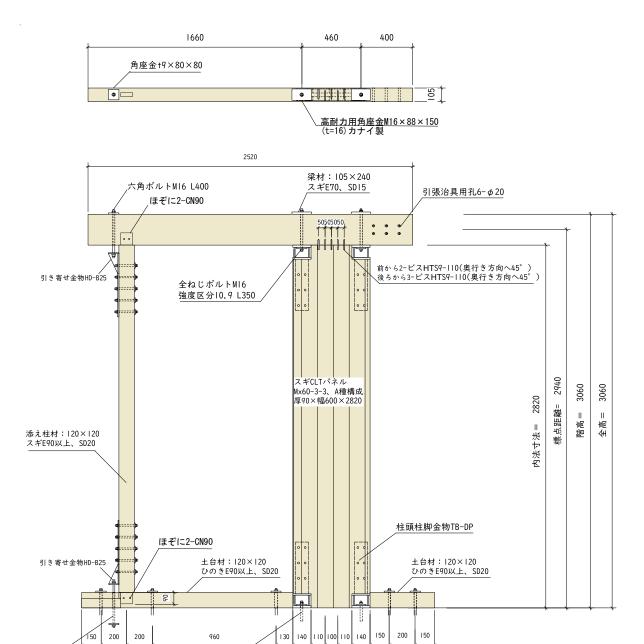


図 6.2.2-3 L060 試験体

全ねじボル「MI6

強度区分10.9 L150

\_ 六角ボルトMI6 L300

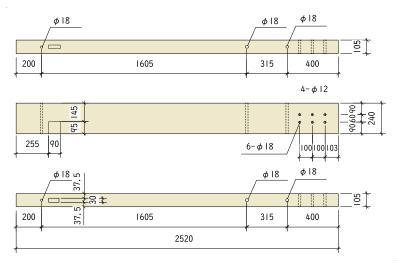
表 6.2.2-2 密度と含水率

標点距離= 600

No.	試験体記号	試験体番号等	面材		梁材		土台材		土台材		添え柱材	
			スギCLT		スギ製材		ヒノキ製材		ヒノキ製材		スギ集成材	
			含水率 (%)	密度 (g/cm³)								
1	L045	1	10.6	0.39	20.7	0.40	15.6	0.52	14.5	0.48	10.6	0.41
2	L060	2	12.0	0.39	12.6	0.34	14.8	0.50	10.4	0.46	16.3	0.42

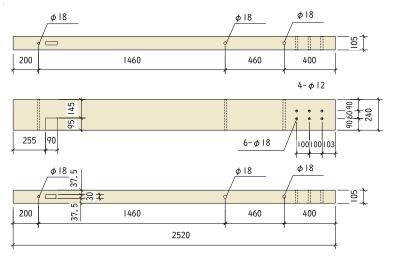
# 6.2.3. 試験部材加工図

試験部材加工図を図 6.2.3-1~図 6.2.3-15 に示す。



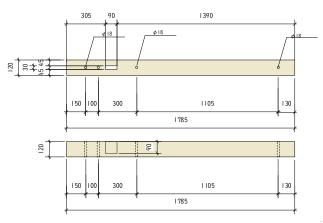
スギ製材 E70 SD15

図 6.2.3-1 壁長さ 450 mm用梁材 部材加工図



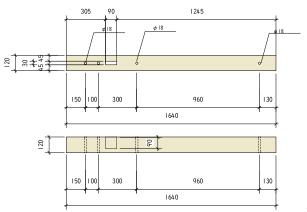
スギ製材 E70 SD15

図 6.2.3-2 壁長さ 600 mm用梁材 部材加工図



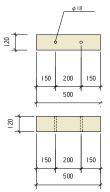
ヒノキ製材 E90 以上 SD20

図 6.2.3-3 壁長さ 450 mm用土台材(長) 部材加工図



ヒノキ製材 E90 以上 SD20

図 6.2.3-4 壁長さ 600 mm用土台材(長) 部材加工図



ヒノキ製材 E90 以上 SD20

図 6.2.3-5 壁長さ 450 mm、600 mm用土台材(短) 部材加工図

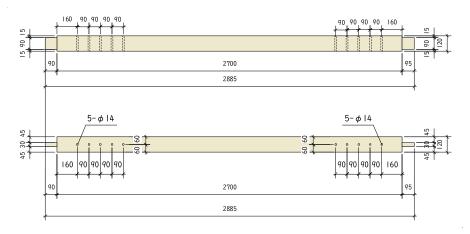


図 6.2.3-6 壁高さ 3000 mm、3060 mm用柱材 部材加工図

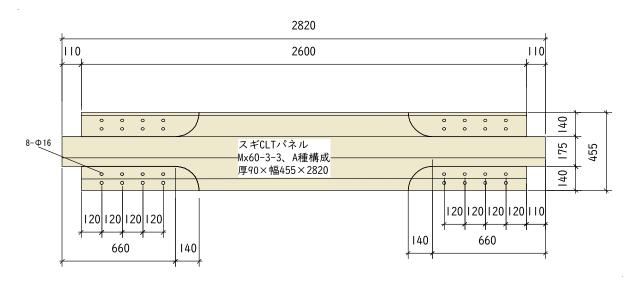


図 6.2.3-7 455 mm用 CLT パネル 部材加工図

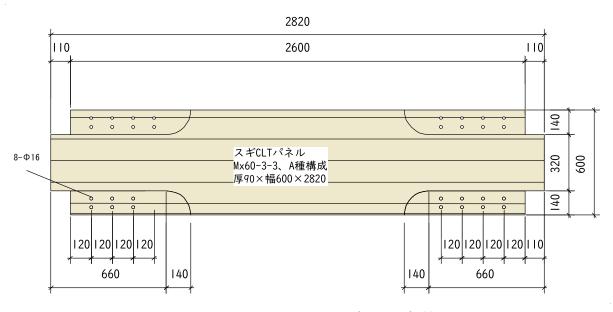


図 6.2.3-8 910×3000 mm用 CLT パネル 部材加工図

# 6.3. 試験方法

試験方法は図 6.3-1 のとおりグレー本 1)の「4.3.4 試験方法」における柱脚固定方式に則って実験を行い、正負交番繰り返し加力を各変形角で 3 回行った後、1/30rad で 1 回繰り返すものとした。

変位測定の様子を写真 6.3-1~写真 6.3-2 に示す。

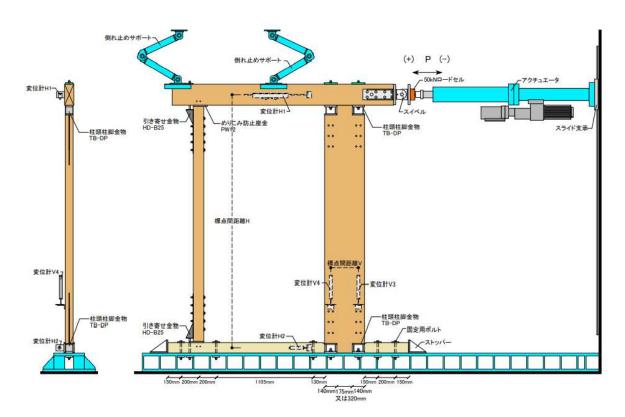


図 6.3-1 試験方法



写真 6.3-1 鉛直方向の変位測定



写真 6.3-2 梁 水平方向の変位測定



写真 6.3-3 土台 水平方向の変位測定

# 6.4. 試験結果

#### 6.4.1. L045

荷重変位曲線とバイリニアを図 6.4.1-1 に、特性値を表 6.4.1-1 に、破壊性状を写真 6.4.1-1  $\sim$  10 に示す。1/30rad 付近で写真 6.4.1.4~写真 6.4.1-6 のとおり脚部接合金物接合部において CLT の引張破壊及びせん断破壊が生じ、耐力が低下した。幅はぎ位置とドリフトピン位置が一致しており、木材破壊しやすい状況であった。

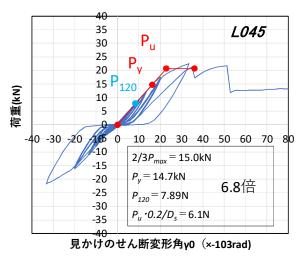


図 6.4.1-1 荷重変位曲線とバイリニア

表 6.4.1-1 特性値

試験体記号	L045-1				
壁高さ(mm)	3000				
壁長さ(mm)	455				
最大耐力Pmax (kN/m)	22.48				
最大耐力時変形角 δ max (10 <sup>-3</sup> rad)	33.4				
降伏耐力Py (kN/m)	14.74				
降伏変形角 δ y (10 <sup>-3</sup> rad)	16.26				
終局耐力Pu (kN/m)	20.74				
終局変形角 δ u (10 <sup>-3</sup> rad)	36.05				
降伏点変形角 δ v (10 <sup>-3</sup> rad)	22.87				
剛性K (MN/rad)	0.91				
塑性率 μ	1.58				
構造特性係数Ds	0.68				
Pu·0.2·√2 μ −1(kN/m)	6.1				
2/3Pmax(kN/m)	14.99				
一定変形時耐力	(kN/0.455m)				
見かけ 1/300rad	3.35				
見かけ 1/200rad	4.88				
見かけ 1/120rad	7.89				
真 1/300rad	19.45				

Py	14.7
Pu•0.2•√2 μ −1	<u>6.1</u>
2/3Pmax	15.0
P120	7.9
壁倍率	6.8



写真 6.4.1-1 引張金物 TB-DP



写真 6.4.1-2 引張金物 TB-DP



写真 6.4.1-3 試験前

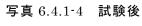




写真 6.4.1-5 脚部金物接合部での CLT 引張破壊 写真 6.4.1-6 脚部金物接合部での CLT 引張破壊 及びせん断破壊



及びせん断破壊





写真 6.4.1-7 脚部金物接合部での CLT 引張破壊 写真 6.4.1-8 柱頭部 金物による木材のめり 及びせん断破壊 込み

上151張破場 与其 6.4.1-8 柱頭部 並初による不材のので 込み



写真 6.4.1-9 座金による木材のめり込み



写真 6.4.1-10 解体後



写真 6.4.1-11 解体後 脚部の破壊



写真 6.4.1-12 解体後 座金による木材のめ り込み

# 6.4.2.L060

荷重変位曲線とバイリニアを図 6.4.2-1 に、特性値を表 6.4.2-1 に、破壊性状を写真 6.4.2-1 に、破壊性状を写真 6.4.2-2 ~9 に示す。梁の曲げ破壊(写真 6.4.2-4、写真 6.4.2-7~8)、接合金物の引張破壊(写真 6.4.2-9)によって荷重が低下した。

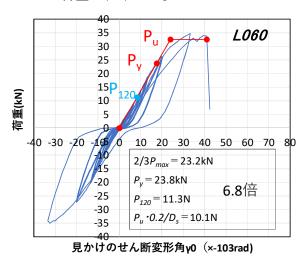


図 6.4.2-1 荷重変位曲線とバイリニア

表 6.4.2-1 特性値

試験体記号	L060-1				
壁高さ(mm)	3000				
壁長さ(mm)	600				
最大耐力Pmax (kN/m)	34.82				
最大耐力時変形角 δ max (10 <sup>-3</sup> rad)	33.37				
降伏耐力Py (kN/m)	23.78				
降伏変形角 δ y (10 <sup>-3</sup> rad)	17.48				
終局耐力Pu (kN/m)	32.59				
終局変形角 δ u (10 <sup>-3</sup> rad)	40.96				
降伏点変形角 δ v (10 <sup>-3</sup> rad)	23.95				
剛性K (MN/rad)	1.36				
塑性率 μ	1.71				
構造特性係数Ds	0.64				
Pu·0.2·√2 μ −1(kN/m)	10.14				
2/3Pmax(kN/m)	23.21				
一定変形時耐力	(kN/0.6m)				
見かけ 1/300rad	4.73				
見かけ 1/200rad	6.75				
見かけ 1/120rad	11.31				
真 1/300rad	20.2				

Ру	23.8
Pu•0.2•√2 μ −1	<u>10.1</u>
2/3Pmax	23.2
P120	11.3
壁倍率	8.6



写真 6.4.2-1 試験前



写真 6.4.2-2 試験後



及びせん断破壊



写真 6.4.2-3 脚部金物接合部での CLT 引張破壊 写真 6.4.2-4 脚部金物接合部での CLT 引張破壊 及びせん断破壊

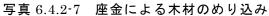


写真 6.4.2-5 脚部金物接合部での CLT 引張破壊 写真 6.4.2-6 及びせん断破壊



柱頭部 金物による木材のめり 込み





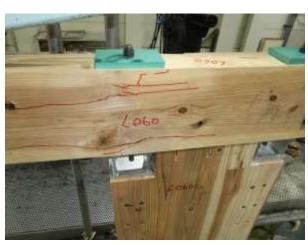


写真 6.4.2-8 解体後



写真 6.4.2-9 解体後 脚部の破壊

# 6.5. 考察

壁長さの短い(455 mm、600 mm程度) CLT 壁を梁と基礎に直接接合する耐力壁を設計し、 その性能について実験的による検証を行った。

目標である 7 倍程度の性能を確認できたが、両者共に脚部接合部に脆性的な破壊が生じたため、 $Pu\times0.2\times\sqrt{(2\,\mu\text{-}1)}$ で壁倍率が決定した。また脆性的な破壊は、ばらつきが非常に大きくなる可能性もある。

これらのことから、柱脚金物の設計を変更する等の措置が必要と思われる。

# 7. 柱頭・柱脚接合部のビス補強によるめり込み試験

#### 7.1. 試験の目的

高耐力壁の柱頭柱脚接合部においては、柱の軸力が大きくなるため、土台や梁の適切なめり込み防止が必要となる。引張接合を兼ねた箱型金物やダボピンを基礎等に直接当てる方法も考えられるが、安価で事前の木材加工が不要なめり込み防止方法としてビスによる補強効果を検証する。

#### 7.2. 試験の内容

#### 7.2.1. 金物等の仕様

対象となるフルスレッドビスは 3.2.1 項で用いた図 3.2.1-1 のビスと同一のものである。 座金は公益財団法人日本住宅・木材技術センター規格  $\mathbb{Z}$ マーク表示金物 めり込み防止座がね  $\mathbb{P}M12$  を使用した(図 7.2.1-1)。

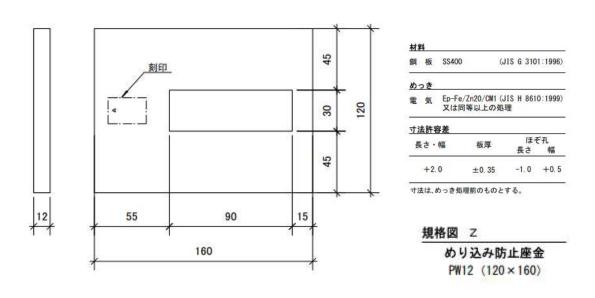


図 7.2.1-1 座金の形状

# 7.2.2. 試験の種類

試験の種類は表 7.2.2-1 のとおり 4 仕様 21 体の試験とする。試験体の記号の意味を図 7.2.2-1 に、試験体別のビスの打ち方を図 7.2.2-2 に示す。各試験体図を図 7.2.2-3~図 7.2.2-6 に、部材加工図を図 7.2.2-7~図 7.2.2-8 に試験体の密度と含水率を表 7.2.2-2 に示す。

表 7.2.2-1 試験の種類

通		柱材の種	類	横架材の種	重類		接合具の種		=+ ∉수	
し番号	試験体 記号	材料名	断面寸法 (mm)	材料名	断面寸法 (mm)	名称	山径また は胴部径 d(mm)	接合具長さ1(mm)	本数	試験 体数 (体)
1	B00								0	6
2	B04	ヒノキ製材 E90以上	120×120	ヒノキ製材 E90以上	120×120	フルスレッ	9	110	4	3
3	B06	比重0.47~0.53		比重0.47~0.53		ドビス	9	110	6	6
4	B10	少0至0111 0100		50至0111 0100					10	6
		合計								

 ${\underline{B}}$   ${\underline{00}}$  ビスの打ち込み本数

図 7.2.2-1 試験体記号の意味

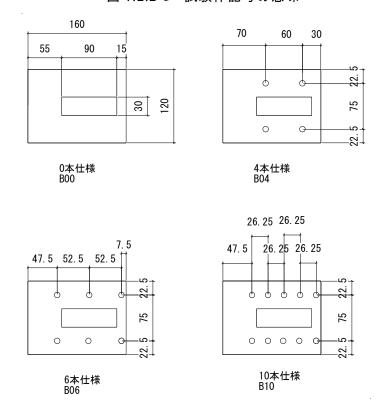
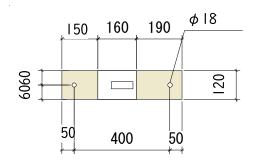
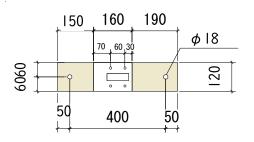
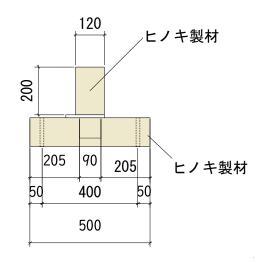


図 7.2.2-2 試験体別のビスの打ち方



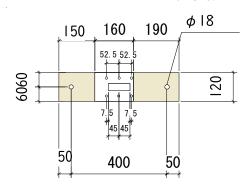


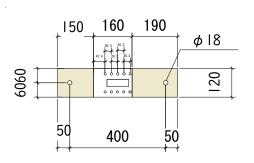


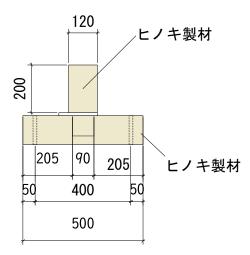
120 ヒノキ製材 205 90 205 50 400 50 500

図 7.2.2-3 B00 試験体









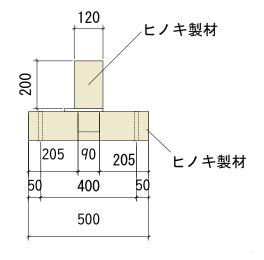


図 7.2.2-5 B06 試験体

図 7.2.2-6 B10 試験体

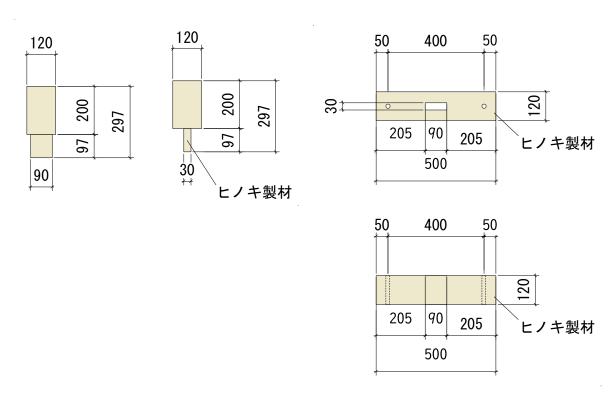


図 7.2.2-7 柱材 部材加工図

図 7.2.2-8 横架材 部材加工図

表 7.2.2-2 密度と含水率

	試験体記	試験体番号	柱	材	土台	計材	- 155 /1 - 25						試験体番号		材	土台材										
No	以 製 体 記 号	等 等	含水率	密度	含水率	密度	No.	No. 試験体記号	No. 試験体記号	No. 試験体記号	No. 試験体記号	武駅 体留 5 等	含水率	密度	含水率	密度										
	7	7	(%)	$(g/cm^3)$	(%)	$(g/cm^3)$			7	(%)	$(g/cm^3)$	(%)	$(g/cm^3)$													
		1	11.5	0.53	8.9	0.50			1	9.3	0.56	8.5	0.49													
		2	11.0	0.57	11.0	0.52			2	12.5	0.58	11.0	0.49													
		3	10.1	0.54	9.3	0.49	3 B06	3 B06	3			3	9.7	0.55	12.8	0.49										
1	B00	4	7.7	0.54	8.6	0.51				3	3	3	3	3	B06	4	7.5	0.56	11.1	0.53						
		5	10.4	0.55	11.1	0.56												5	9.8	0.53	9.2	0.50				
		6	10.9	0.54	9.7	0.54											6	12.5	0.51	9.0	0.49					
		平均	10.3	0.55	9.8	0.52										Ш		平均	10.2	0.55	10.3	0.50				
		1	8.8	0.53	9.4	0.51																1	12.1	0.58	10.2	0.51
		2	10.6	0.55	10.0	0.49				2	7.6	0.55	12.1	0.50												
		3	9.5	0.59	9.3	0.48			3	9.0	0.55	8.7	0.50													
2	B04	4	-	-	1	-	4	B10	4	8.0	0.57	13.2	0.49													
		5	-	-	-	-			5	8.8	0.53	8.4	0.50													
		6	-	-	-	-			6	9.5	0.57	10.9	0.51													
		平均	9.7	0.56	9.6	0.49			平均	9.1	0.56	10.6	0.50													

# 7.3. 試験方法

治具及び変位計配置図は写真 7.3-1 のとおりである。

土台はボルト及びサポート治具を用いて架台に固定し、柱材はローラーを用いて水平方向 の移動を拘束した。加力方法は、単調加力とし、ビスの先端が鉄骨架台に到達する程度まで 加力することとした。

変位は柱の下端から 100 mmの地点から試験装置までの絶対変位とし、柱の前後 2 か所の平均を試験結果の変形値とする。



写真 7.3-1 治具及び変位計配置の様子

#### 7.4. 試験結果

一般的なめり込み試験の評価方法は、構造用木材の強度試験マニュアル<sup>2</sup>)に記載のめり 込み強さおよびめり込み剛性の試験の評価方法では、めり込み降伏強さは 2 mmオフセットし て算出することとしている。

しかしながら、ビス補強した場合は、直線的に荷重が増加し、最大荷重を迎えた後、荷重が上昇し続けるのではなく、荷重低下する性状となり、2 mmオフセットした地点が最大荷重後の荷重となってしまう場合が多い。したがって、本事業におけるめり込み試験の評価方法は完全弾塑性モデルによって算出するものとする。

#### 7.4.1.B00

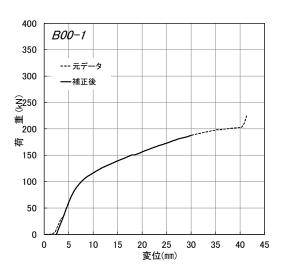


図 7.4.1-1 B00-1 の荷重変形曲線

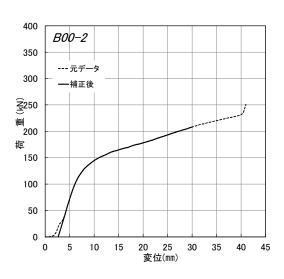


図 7.4.1-3 B00-2 の荷重変形曲線

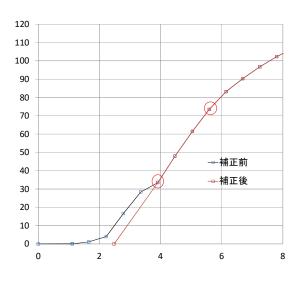


図 7.4.1-2 B00-1 の初期滑りの補正方法

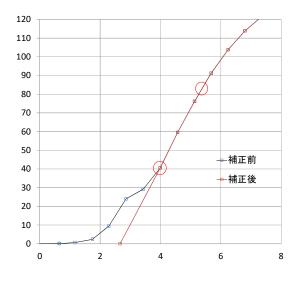


図 7.4.1-4 B00-2 の初期滑りの補正方法

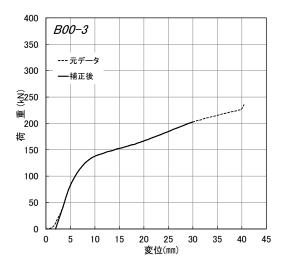


図 7.4.1-5 B00-3 の荷重変形曲線

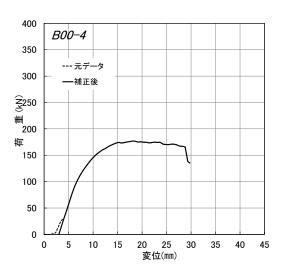


図 7.4.1-7 B00-4 の荷重変形曲線

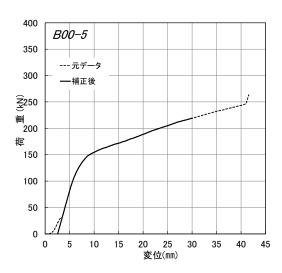


図 7.4.1-9 B00-5 の荷重変形曲線

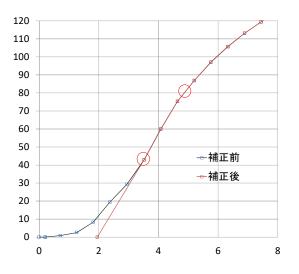


図 7.4.1-6 B00-3 の初期滑りの補正方法

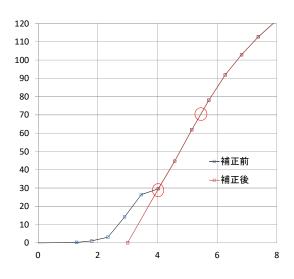


図 7.4.1-8 B00-4 の初期滑りの補正方法

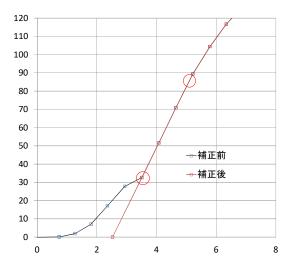
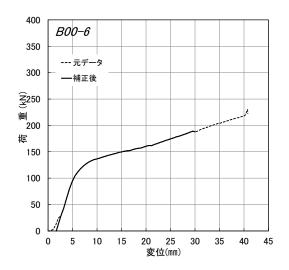


図 7.4.1-10 B00-5 の初期滑りの補正方法



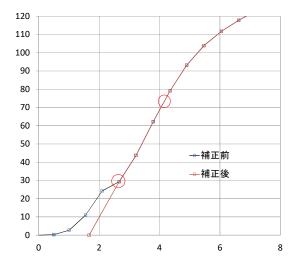


図 7.4.1-11 B00-6 の荷重変形曲線

図 7.4.1-12 B00-6 の初期滑りの補正方法

表 7.4.1-1 B00 特性値

試験体記号			В	B00				描進/巨羊	変動係数	ばらつき	5%
項目	1	2	3	4	5	6	平均値	保华畑左	多期怵奴	係数	下限値
1/10Pm (kN)	18.77	20.81	20.26	17.70	21.92	18.89	19.73	1.55			
$1/10 \ \delta \ m \ (mm)$	3.28	3.34	2.69	3.62	3.19	2.31	3.07	0.48			
2/5Pm (kN)	75.06	83.24	81.05	70.81	87.67	75.56	78.90	6.19			
$2/5 \delta$ m (mm)	5.68	5.39	4.92	5.47	5.17	4.23	5.14	0.52			
2/3Pm (kN)	125.11	138.74	135.09	118.02	146.11	125.94	131.50	10.32	0.078	0.818	107.56
2/3 δ m (mm)	11.61	9.14	9.44	7.74	8.48	7.60	9.00	1.47			
9/10Pm (kN)	168.89	187.30	182.37	159.33	197.25	170.02	177.53	13.93			
9/10 δ m (mm)	23.62	23.03	24.40	11.78	22.47	23.62	21.49	4.80			
Pm (kN)	187.66	208.11	202.63	177.03	219.17	188.91	197.25	15.48			
δ m (mm)	30.00	30.00	30.00	18.07	30.00	29.56	27.94	4.84			
δ u時荷重 (kN)	187.66	208.11	202.63	141.62	219.17	188.11	191.22	27.13			
δ u (mm)	30.00	30.00	30.00	29.28	30.00	30.00	29.88	0.29			
降伏耐力 Py (kN)	99.61	125.61	118.78	101.03	134.29	117.47	116.13	13.63	0.117	0.727	84.42
δ y (mm)	7.53	7.68	7.39	6.73	7.43	6.59	7.23	0.45			
終局耐力 Pu (kN)	151.00	171.50	164.09	162.49	180.83	156.52	164.41	10.64			
初期剛性 K (kN/mm)	13.23	16.36	16.07	15.01	18.07	17.83	16.10	1.81			
降伏点変位 δv(mm)	11.41	10.48	10.21	10.83	10.01	8.78	10.29	0.89			
塑性率 μ=δu/δv	2.63	2.86	2.94	2.70	3.00	3.42	2.93	0.28			
構造特性係数 Ds	0.48	0.46	0.45	0.48	0.45	0.41	0.46	0.03			

<sup>1/10</sup>Pm;0.1Pmax時の荷重

<sup>1/10</sup> δ m; 0.1Pmax時の変位

注)最大荷重Pmは変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとする。



写真 7.4.1-1 B00-1 土台材めり込み



写真 7.4.1-2 B00-1 土台材端部割裂

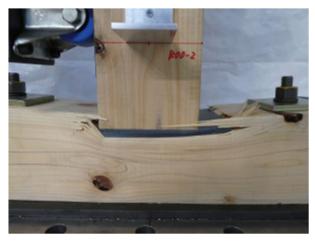


写真 7.4.1-3 B00-2 土台材めり込み



写真 7.4.1-4 B00-2 土台材めり込み



写真 7.4.1-5 B00-3 土台材めり込み



写真 7.4.1-6 B00-3 土台材めり込み

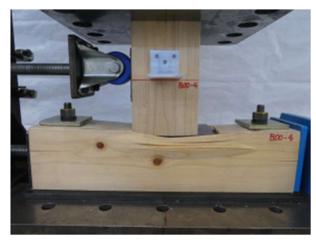


写真 7.4.1-7 B00-4 土台材めり込み



写真 7.4.1-8 B00-4 土台材めり込み



写真 7.4.1-9 B00-5 土台材めり込み



写真 7.4.1-10 B00-5 土台材めり込み



写真 7.4.1-11 B00-6 土台材めり込み



写真 7.4.1-12 B00-6 土台材めり込み

#### 7.4.2.B04

荷重変位曲線及び初期滑りの補正方法を図 7.4.2-1~図 7.4.2-6 に、特性値を表 7.4.2-1 に、破壊性状を写真 7.4.2-1~写真 7.4.2-6 に示す。変位 15 mm程度からビス先端が鉄骨架台に接触し、徐々に荷重が上がっていくが、実際の現場では鉄骨ではなく RC であること、また土台だけでなく梁にも適用できるようにするためにこの部分の評価は行わないこととした。

評価方法は、 $5\sim10$  mm付近の範囲での最大荷重を  $P_{max1}$ 、15 mm付近以降の範囲での最大荷重を  $P_{max2}$ とすると、 $P_{max1}-P_{max2}$ 間の荷重の下限値を水平方向に伸ばし、 $P_{max2}$ を超えて 0.8  $P_{max2}$ 、若しくは 30 mmまで引いたものを評価用の荷重変位曲線とした。また、初期滑りの補正は  $0.4P_{max}$ と  $0.2P_{max}$ 付近の任意の点を線で結んだ線を荷重 0 まで下して作成することとした。

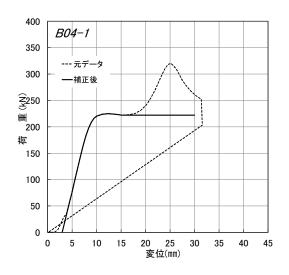


図 7.4.2-1 B04-1 の荷重変形曲線

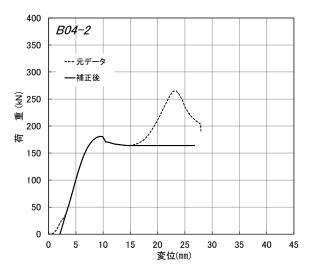


図 7.4.2-3 B04-2 の荷重変形曲線

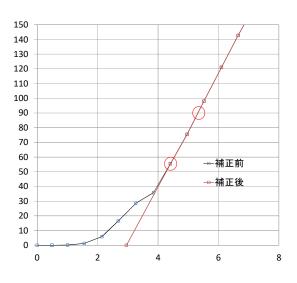


図 7.4.2-2 B04-1 の初期滑りの補正方法

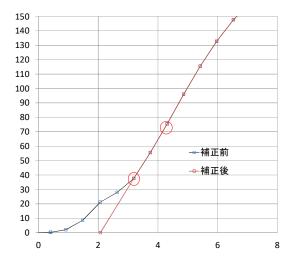
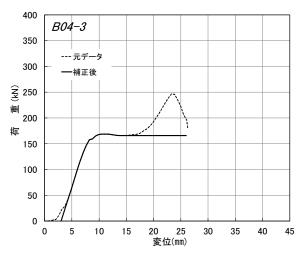


図 7.4.2-4 B04-2 の初期滑りの補正方法



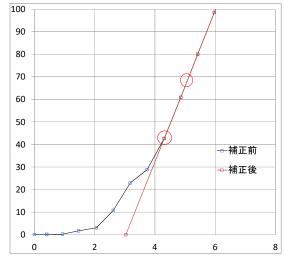


図 7.4.2-5 B04-3 の荷重変形曲線

図 7.4.2-6 B04-3 の初期滑りの補正方法

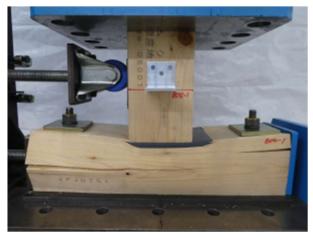
表 7.4.2-1 B04 特性値

試験体記号			ВС	)4			平均値	標準偏差	亦動反粉	ばらつき	5%
項目	1	2	3	4	5	6	十均恒	保华柵左	<b>发</b> 期/示数	係数	下限値
1/10Pm (kN)	22.51	18.08	16.87				14.37	2.97			
$1/10~\delta$ m (mm)	3.54	2.61	3.54				3.23	0.54			
2/5Pm (kN)	90.03	72.33	67.47				76.61	11.87			
$2/5~\delta$ m (mm)	5.32	4.22	5.05				4.86	0.57		_	
2/3Pm (kN)	150.05	120.55	112.45				127.68	19.79	0.155	0.511	65.24
$2/3 \delta m \text{ (mm)}$	6.85	5.58	6.40				6.28	0.64			
9/10Pm (kN)	202.57	162.75	151.80				172.37	26.72			
$9/10 \delta m (mm)$	8.61	7.30	7.92				7.94	0.66			
Pm (kN)	225.08	180.83	168.67				191.53	29.69			
δm (mm)	12.28	9.35	11.01				10.88	1.47			
δ u時荷重 (kN)	222.18	163.88	165.71				183.92	33.14			
δ u (mm)	30.00	26.79	26.00				27.60	2.12			
降伏耐力 Py (kN)	176.88	143.40	114.96				145.08	30.99	0.214	0.325	47.15
δy (mm)	7.63	6.37	6.48				6.83	0.70			
終局耐力 Pu (kN)	210.11	159.06	156.99				175.39	30.09			
初期剛性 K (kN/mm)	23.18	22.51	17.74				21.14	2.97			
降伏点変位 δv(mm)	9.06	7.07	8.85				8.33	1.09			
塑性率 μ=δu/δv	3.31	3.79	2.94				3.35	0.43			
構造特性係数 Ds	0.42	0.39	0.45				0.42	0.03			

1/10Pm;0.1Pmax時の荷重

1/10 δ m; 0.1Pmax時の変位

注)最大荷重Pmは変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとする。









土台材めり込み、割裂 写真 7.4.2-1 B04-1

土台材めり込み、割裂 写真 7.4.2-2 B04-1

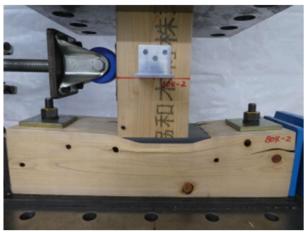




写真 7.4.2-3

B04-2 土台材めり込み、割裂 写真 7.4.2-4 B04-2 土台材めり込み、割裂





写真 7.4.2-5 B04-3 土台材めり込み、割裂 写真 7.4.2-6 B04-3 土台材めり込み、割裂

# 7.4.3. B06

荷重変位曲線及び初期滑りの補正方法を図 7.4.3-1~図 7.4.3-12 に、特性値を表 7.4.3-1 に、破壊性状を写真 7.4.3-1~7.4.3-12 に示す。変位 15 mm程度からビス先端が鉄骨架台に接触し、徐々に荷重が上がっていくが、実際の現場では鉄骨ではなく RC であること、また土台だけでなく梁にも適用できるようにするためにこの部分の評価は行わないこととした。

評価方法は、 $5\sim10$  mm付近の範囲での最大荷重を  $P_{max1}$ 、15 mm付近以降の範囲での最大荷重を  $P_{max2}$ とすると、 $P_{max1}-P_{max2}$ 間の荷重の下限値を水平方向に伸ばし、 $P_{max2}$ を超えて 0.8  $P_{max2}$ 、若しくは 30 mmまで引いたものを評価用の荷重変位曲線とした。また、初期滑りの補正は  $0.4P_{max}$ と  $0.2P_{max}$ 付近の任意の点を線で結んだ線を荷重 0 まで下して作成することとした。

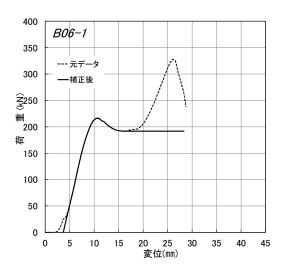


図 7.4.3-1 B06-1 の荷重変形曲線

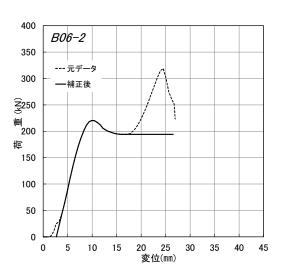


図 7.4.3-3 B06-2 の荷重変形曲線

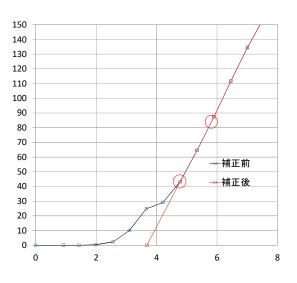


図 7.4.3-2 B06-1 の初期滑りの補正方法

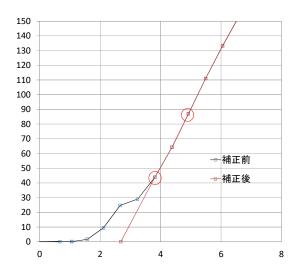


図 7.4.3-4 B06-2 の初期滑りの補正方法

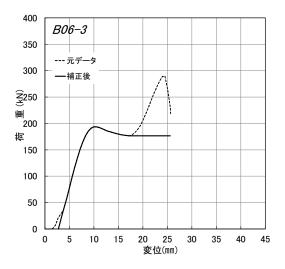


図 7.4.3-5 B06-3 の荷重変形曲線

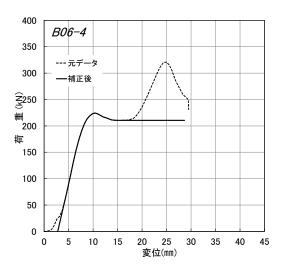


図 7.4.3-7 B06-4 の荷重変形曲線

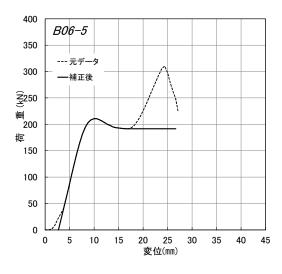


図 7.4.3-9 B06-5 の荷重変形曲線

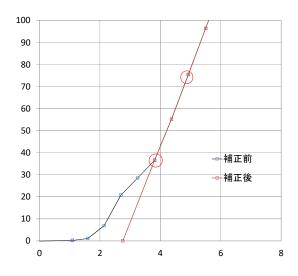
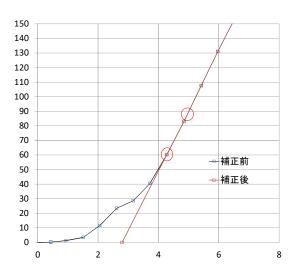


図 7.4.3-6 B06-3 の初期滑りの補正方法



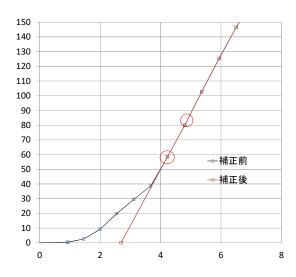
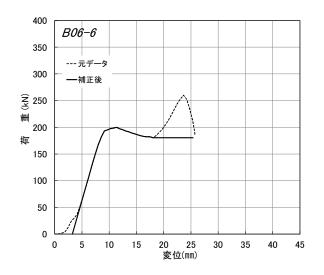


図 7.4.3-10 B06-5 の初期滑りの補正方法



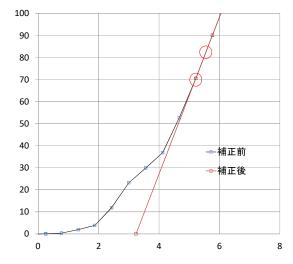


図 7.4.3-11 B06-6 の荷重変形曲線

図 7.4.3-12 B06-6 の初期滑りの補正方法

表 7.4.3-1 B06 特性値

試験体記号	B06						平均値 標準偏差		亦動反粉	ばらつき	5%
項目	1	2	3	4	5	6	半均恒	<b>保华</b> ////////////////////////////////////	多期常数	係数	下限値
1/10Pm (kN)	21.64	22.05	19.35	22.43	21.09	20.01	21.10	1.20		•	
$1/10~\delta$ m (mm)	4.23	3.25	3.31	3.35	3.25	3.80	3.53	0.40			
2/5Pm (kN)	86.54	88.18	77.41	89.72	84.34	80.02	84.37	4.80			
$2/5 \delta m \text{ (mm)}$	5.88	4.95	4.98	5.00	4.91	5.49	5.20	0.40			
2/3Pm (kN)	144.23	146.97	129.01	149.53	140.57	133.37	140.61	8.00	0.057	0.867	121.90
2/3 δ m (mm)	7.27	6.43	6.46	6.43	6.34	6.98	6.65	0.38			
9/10Pm (kN)	194.72	198.41	174.17	201.86	189.77	180.05	189.83	10.80			
$9/10 \delta m (mm)$	8.92	8.19	8.17	8.14	7.97	8.49	8.31	0.34			
Pm (kN)	216.35	220.46	193.52	224.29	210.86	200.06	210.92	12.00			
δ m (mm)	10.93	9.94	9.96	10.45	10.43	11.37	10.51	0.56			
δ u時荷重 (kN)	191.76	194.07	176.49	210.48	191.49	180.38	190.78	11.94			
δ u (mm)	28.33	26.54	25.58	28.68	26.65	25.40	26.86	1.37			
降伏耐力 Py (kN)	177.54	159.07	133.76	166.92	159.94	152.19	158.24	14.75	0.093	0.783	123.90
δy (mm)	8.26	6.78	6.60	6.91	6.90	7.52	7.16	0.62			
終局耐力 Pu (kN)	179.86	188.13	170.74	201.39	184.38	171.77	182.71	11.42			
初期剛性 K (kN/mm)	21.49	23.46	20.27	24.16	23.18	20.24	22.13	1.70			
降伏点変位 δ v (mm)	8.37	8.02	8.42	8.34	7.95	8.49	8.27	0.22			
塑性率 μ=δu/δv	3.38	3.31	3.04	3.44	3.35	2.99	3.25	0.19			
構造特性係数 Ds	0.42	0.42	0.44	0.41	0.42	0.45	0.43	0.02			

<sup>1/10</sup>Pm;0.1Pmax時の荷重

<sup>1/10</sup> δ m; 0.1Pmax時の変位

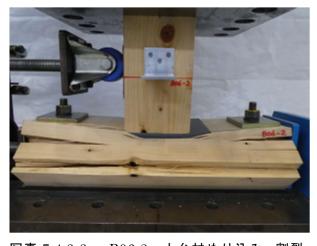
注)最大荷重Pmは変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとする。



写真 7.4.3-1 B06-1 土台材めり込み、割裂



写真 7.4.3-2 B06-1 土台材めり込み、割裂



B06-2 土台材めり込み、割裂 写真 7.4.3-3

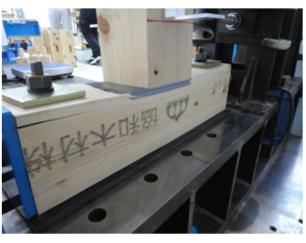


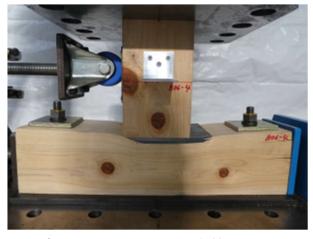
写真 7.4.3-4 B06-2 土台材めり込み、割裂



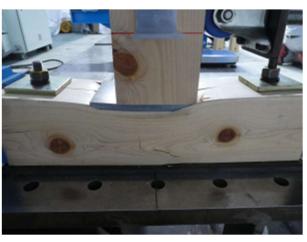
写真 7.4.3-5 B06-3 土台材めり込み、割裂 写真 7.4.3-6



B06-3 土台材めり込み、割裂



B06-4 土台材めり込み 写真 7.4.3-7



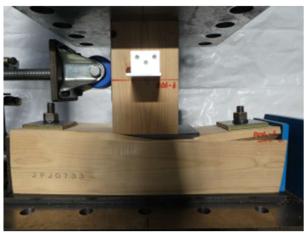
B06-4 土台材めり込み 写真 7.4.3-8



B06-5 土台材めり込み、割裂 写真 7.4.3-9



写真 7.4.3·10 B06·5 土台材めり込み、割裂



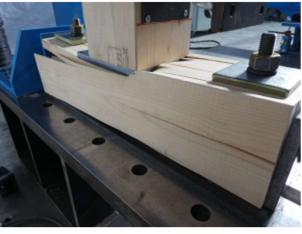


写真 7.4.3-11 B06-6 土台材めり込み、割裂 写真 7.4.3-12 B06-6 土台材めり込み、割裂

#### 7.4.4.B10

荷重変位曲線及び初期滑りの補正方法を図  $7.4.4-1\sim$ 図 7.4.4-12 に、特性値を表 7.4.4-1 に、破壊性状を写真  $7.4.4-1\sim$ 7.4.4-12 に示す。変位 15 mm程度からビス先端が鉄骨架台に接触し、徐々に荷重が上がっていくが、実際の現場では鉄骨ではなく RC であること、また土台だけでなく梁にも適用できるようにするためにこの部分の評価は行わないこととした。

評価方法は、 $5\sim10$  mm付近の範囲での最大荷重を  $P_{max1}$ 、15 mm付近以降の範囲での最大荷重を  $P_{max2}$ とすると、 $P_{max1}-P_{max2}$ 間の荷重の下限値を水平方向に伸ばし、 $P_{max2}$ を超えて 0.8  $P_{max2}$ 、若しくは 30 mmまで引いたものを評価用の荷重変位曲線とした。また、初期滑りの補正は  $0.4P_{max}$ と  $0.3P_{max}$ 付近の任意の点を線で結んだ線を荷重 0 まで下して作成することとした。

ただし、表 7.4.4·1 の赤字部分のとおり、3 体目と 6 体目の降伏耐力  $P_y$  が終局耐力  $P_u$  より大きくなる結果となってしまった。許容耐力の算出に当たって、この数値をこのまま評価するわけにはいかないので、7.5 項で許容耐力の算出方法についての検討結果を示す。

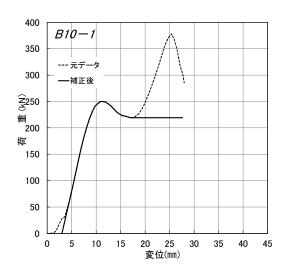


図 7.4.4-1 B10-1 の荷重変形曲線

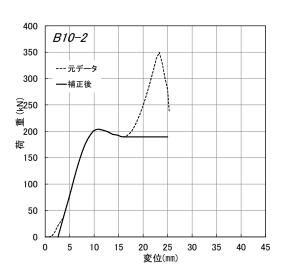


図 7.4.4-3 B10-2 の荷重変形曲線

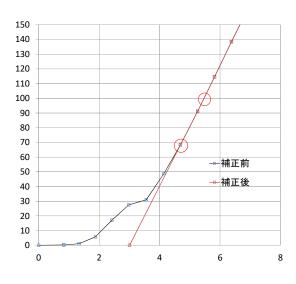


図 7.4.4-2 B10-1 の初期滑りの補正方法

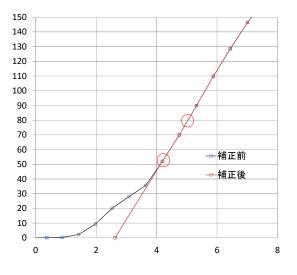


図 7.4.4-4 B10-2 の初期滑りの補正方法

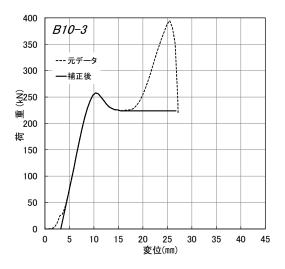


図 7.4.4-5 B10-3 の荷重変形曲線

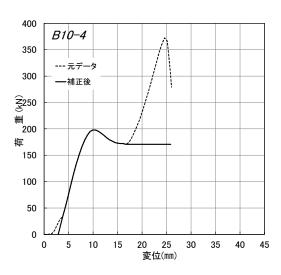


図 7.4.4-7 B10-4 の荷重変形曲線

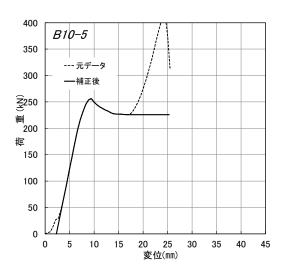


図 7.4.4-9 B10-5 の荷重変形曲線

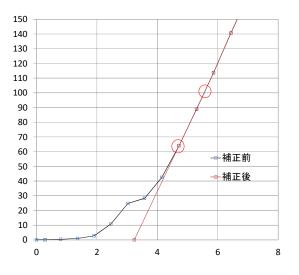


図 7.4.4-6 B10-3 の初期滑りの補正方法

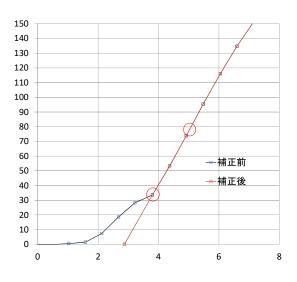


図 7.4.4-8 B10-4 の初期滑りの補正方法

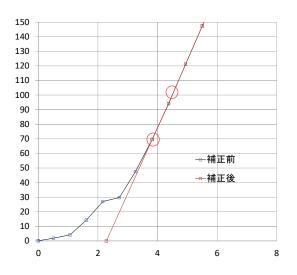
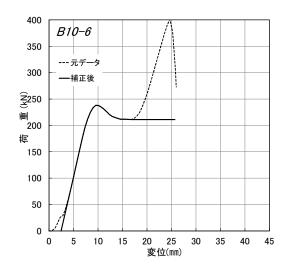


図 7.4.4-10 B10-5 の初期滑りの補正方法



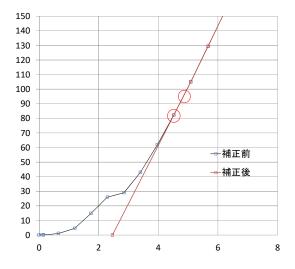


図 7.4.4·11 B10·6 の荷重変形曲線

図 7.4.4-12 B10-6 の初期滑りの補正方法

表 7.4.4-1 B10 特性値

-	_										
試験体記号			В	10			平均値	標準偏差	亦動極粉	ばらつき	5%
項目	1	2	3	4	5	6	十均恒	伝车佣左	及到床奴	係数	下限値
1/10Pm (kN)	24.99	20.39	25.77	20.39	25.63	23.80	23.50	2.50			
$1/10 \delta m (mm)$	3.62	3.24	3.83	3.24	2.85	3.06	3.31	0.36			
2/5Pm (kN)	99.96	81.58	103.07	81.58	102.53	95.18	93.98	10.00			
$2/5 \delta m (mm)$	5.47	5.08	5.62	5.08	4.55	4.84	5.11	0.39			
2/3Pm (kN)	166.59	135.96	171.78	135.96	170.89	158.64	156.64	16.68	0.106	0.752	117.7
$2/3 \delta m \text{ (mm)}$	7.08	6.68	7.14	6.68	6.01	6.37	6.66	0.43			
9/10Pm (kN)	224.90	183.55	231.90	183.55	230.70	214.16	211.46	22.51			
$9/10 \delta m (mm)$	8.96	8.58	8.80	8.58	7.68	7.99	8.43	0.49			
Pm (kN)	249.89	203.94	257.67	203.94	256.33	237.96	234.96	25.02			
δm (mm)	11.42	10.97	10.36	10.97	9.41	9.55	10.45	0.82			
δ u時荷重 (kN)	219.17	189.40	223.72	189.40	225.82	211.14	209.78	16.57			
$\delta$ u (mm)	27.64	25.00	26.77	25.00	25.33	25.69	25.91	1.07			
降伏耐力 Py (kN)	182.54	152.41	234.40	152.41	199.62	225.15	191.09	35.14	0.184	0.570	108.9
δy (mm)	7.51	7.23	8.90	7.23	6.70	8.46	7.67	0.84			
終局耐力 Pu (kN)	212.15	180.94	210.66	180.94	218.89	203.23	201.14	16.42			
初期剛性 K (kN/mm)	24.31	21.08	26.34	21.08	29.79	26.61	24.87	3.42			
降伏点変位 δv(mm)	8.73	8.58	8.00	8.58	7.35	7.64	8.15	0.57			
塑性率 μ=δu/δv	3.17	2.91	3.35	2.91	3.45	3.36	3.19	0.24			
構造特性係数 Ds	0.43	0.46	0.42	0.46	0.41	0.42	0.43	0.02			

<sup>1/10</sup>Pm;0.1Pmax時の荷重

<sup>1/10</sup> δ m; 0.1Pmax時の変位

注)最大荷重Pmは変位が30mmまでの荷重で最も大きいものとする。

<sup>※</sup>表 7.4.4-1 の赤字部分の降伏耐力は終局耐力よりも高く算出されてしまった。





写真 7.4.4-1 B10-1 土台材めり込み、割裂

写真 7.4.4-2 B10-1 土台材めり込み、割裂





写真 7.4.4-3 B10-2 土台材めり込み、割裂

写真 7.4.4-4 B10-2 土台材めり込み、割裂





写真 7.4.4-5 B10-3 土台材めり込み、割裂 写真 7.4.4-6 B10-3 土台材めり込み、割裂

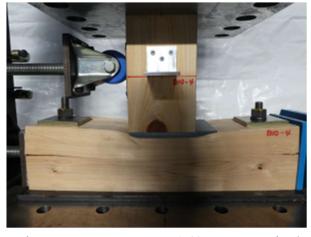


写真 7.4.4-7 B10-4 土台材めり込み、割裂 写真 7.4.4-8 B10-4 土台材めり込み、割裂

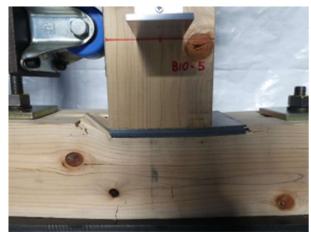




写真 7.4.4-9 B10-5 土台材めり込み、割裂



写真 7.4.4-10 B10-5 土台材めり込み、割裂



写真 7.4.4-11 B10-6 土台材めり込み、割裂 写真 7.4.4-12 B10-6 土台材めり込み、割裂

# 7.5. 許容耐力の算出

7.4 項に示したとおり試験体 B10 については降伏耐力が終局耐力より高く算出されてしまった。完全弾塑性モデルによる評価では、直線的に荷重が上がるような包絡線を前提とした評価ではないことから、試験体 B00~B10 までの評価として許容耐力を一律  $2/3P_{max}$ で決定するものとした。結果を表 7.5-1 に示す。B00 以外は  $P_{y}$  の平均値> $2/3P_{max}$  の平均値となっているので、危険側の評価とは言えない。

また、国交省告示第 1024 号に定めるヒノキ製材の基準強度 7.8N/mm² に短期の 2/3 を乗じて、単純に座金の面積を乗じて求めた計算値を表 7.5-1 に列記した。B04 試験体については計算値よりも低くなる結果となった。

	許容耐力(kN)	計算値(kN)
B00	107.40	85.80
B04	65.31	
B06	121.92	
B10	117.68	

表 7.5-1 めり込み補強の許容耐力 (α=1.0 の場合)

#### 7.6. 特性値の比較

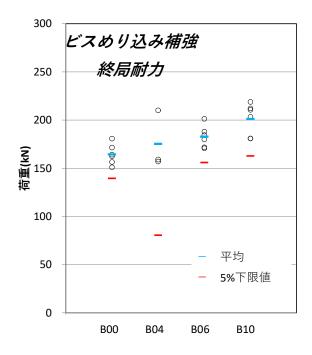
実験より得られためり込み試験の特性値ごとに各試験体を比較したグラフを図7.6-1~図7.6-5に示す。

図 7.6-1、図 7.6-2 より終局耐力及び降伏耐力について、平均値で比較するとビス本数が増すごとに性能が上がることが分かった。5% 下限値で評価すると B04 は 3 体しか行っていないこともあり、低めに評価されてしまっている。また、降伏耐力については 7.4.4 項、7.5 項のとおり B10 試験体の 3 体目と 6 体目が終局耐力より高く算出されたため、参考として見ていただきたい。

図 7.6-3 より初期剛性についてもビス本数が増すごとに性能が上がっていくが本数が増えると上がりにくくなる結果となった。

図 7.6-4 より塑性率についてはビス本数を増やすと土台材の割裂も大きくなるため 4 本打ち以降低下する結果となった。

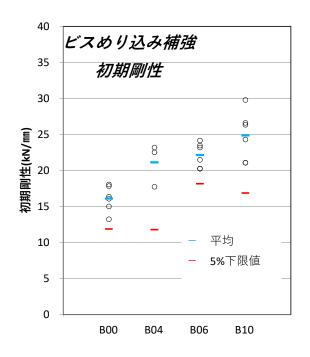
図 7.6-5 のとおり 2/3 最大耐力については、平均値を比較するとビス本数が増すごとに耐力も上昇しているものの、その効果はあまり大きいものではないことが分かった。



300 ビスめり込み補強 降伏耐力 250 200 0 0 0 (KN) 車 9 150 東 000 000 0 0 100 平均 5%下限值 50 0 B00 B04 B06 B10

図 7.6-1 ビスめり込み補強試験の終局耐力の 比較

図 7.6-2 ビスめり込み補強試験の降伏耐力の 比較



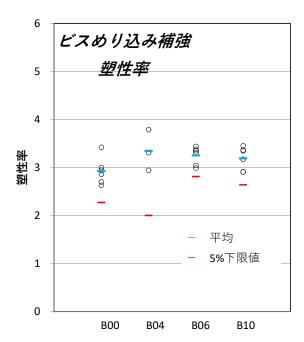


図 7.6-3 ビスめり込み補強試験の初期剛性の 比較

図 7.6-4 ビスめり込み補強試験の塑性率の 比較

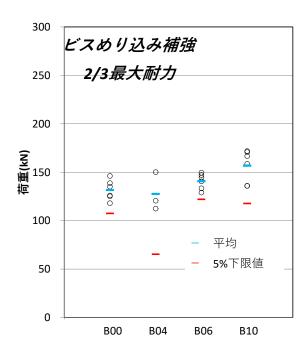


図 7.6-5 ビスめり込み補強試験の 2/3 最大耐力の 比較

### 8. ビスの引き抜き試験

#### 8.1. 試験の目的

3章、4章で実施した真壁耐力壁に使用したビスの性能は、ビスの引き抜き性能に依存するところが大きい。加力方向に対して90°に打ち込んだ場合は終局耐力に、加力方向に対して斜めに打ちこんだ場合は終局耐力、降伏耐力、剛性等に影響を及ぼしている。

このようなことからビスの単体性能を分析するため、ビスの引き抜き試験を実施する。

#### 8.2. 試験の内容

### 8.2.1. ビスの仕様

対象となるフルスレッドビスは 4.2.1 項で用いた図 4.2.1-1 のビスと同一のものである。

#### 8.2.2. 試験の種類

試験の種類は表 8.2.2-1 のとおり 8 仕様 48 体の試験とする。試験体の記号の意味を図 8.2.2-1 に示す。各試験体図を図 8.2.2-2 に試験体の密度と含水率を表 8.2.2-2 に示す。

なお、ビスの打ち込み方法は、3章、4章と同様に  $\phi$  4.5 mm の下穴を開けてから施工を行った。

通		CLTの種類			接合具の種類			施工方法				試験
し番号	試験体記号	規格	厚さ (mm)	試験体の 長手側と なる方向	名称	山径また は胴部径 d(mm)	接合具長 さl(mm)	埋め込み 長さ	打ち込み 部の繊維 方向	打ち込み断面に対 する打ち込み角度	引張方向	体数 (体)
1	00-55								0°	90°		6
2	00(45)-55	スギCLT /Mx60- 3-3/A種		強軸方向	フルス - レッドビ ス	9	320	55	0°	面外(2層目から外 層を通る)へ45°	ビスの軸 方向	6
3	90-55			弱軸方向					90°	90°		6
4	90(45)-55		Mx60-						90°	面外(2層目から外 層を通る)へ45°		6
5	00-160		90					160	0°	90°		6
6	00(45)-160	構成	成						0°	面内(2層目だけを 通る)へ45°		6
7	90-160								90°	90°	1	6
8	90(45)-160			弱軸方向					90°	面内(2層目だけを 通る)へ45°		6
				•		合計			•	_		48

表 8.2.2-1 試験の種類

<u>00</u>

打ち込み部のラミナの繊維方向 繊維方向 0 度

繊維方向 90 度

(45)

ビスの打ち込み角度 打ち込み角度 45 度 ※0 度は記載なし <u>55</u>

ビスの埋め込み長さ

55 mm

160 mm

図 8.2.2-1 試験体記号の意味

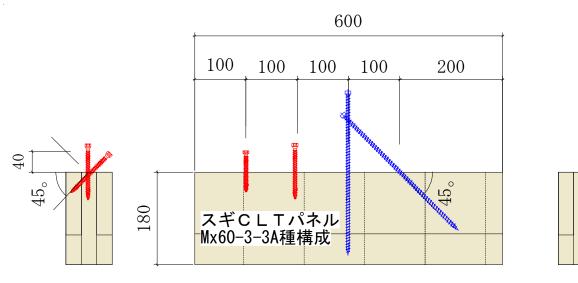


図 8.2.2-2 強軸方向試験体

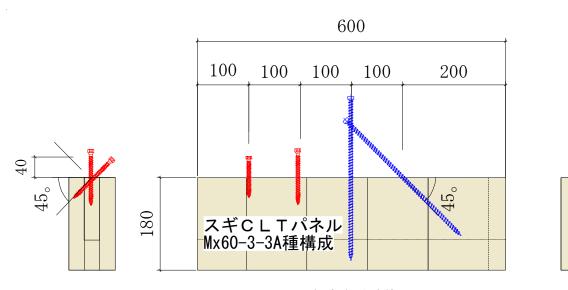


図 8.2.2-3 弱軸方向試験体

	No.		試験体番号	CLT			
		試験体記号	武駅 体 番 方	含水率	密度		
			₩	(%)	$(g/cm^3)$		
			1	8.4	0.41		
		00-55、	2	7.8	0.44		
		00(45)-55、	3	9.2	0.38		
	1	00(45)-55 00(45)-55	4	7.7	0.41		
			5	8.9	0.42		
		00(10) 00	6	8.1	0.43		
			平均	8.4	0.41		

		試験体番号	CLT		
No	試験体記号		含水率	密度	
		₹	(%)	$(g/cm^3)$	
	90-55、 90(45)-55、 90-160、 90(45)-55	1	9.7	0.40	
		2	9.0	0.41	
		3	9.2	0.39	
2		4	9.2	0.41	
		5	9.4	0.40	
		6	9.3	0.45	
		平均	9.3	0.41	

## 8.3. 試験方法

試験方法は写真 8.3-1~写真 8.3-4 のとおりである。

CLT を角度に応じて鉄骨架台に固定し、専用の引張治具を用いて引き抜き試験を行った。 加力方法は、単調加力とした。

変位測定はストロークの変位とした。



写真 8.3-1 打ち込み面に対して面外方向 45°の試験方法



写真 8.3.1-2 打ち込み面に対して面内方向 45°の試験方法



**写真** 8.3.1-3 **打ち込み面に対して**面外方向 45°の試験方法



写真 8.3.1-4 打ち込み面に対して直角に打っ た場合の試験方法

### 8.4. 試験結果

各試験体の最大荷重の結果を表 8.4-1 に示す。

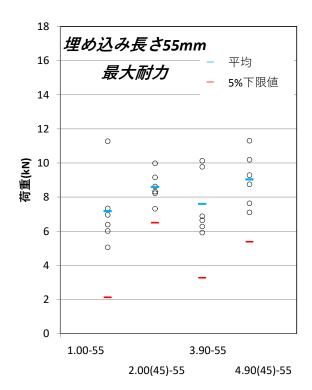
ビスの埋め込み長さによる最大耐力への影響については、長さ比例する結果となった。 $No.5\sim8$ の試験は、 $No.1\sim4$ の試験の 160/55=2.9 倍程度である。

埋め込み部分のラミナの繊維方向  $0^\circ$  と  $90^\circ$  とを比較する。No.1(繊維  $0^\circ$ )と No.3(繊維  $90^\circ$ )、No.5(繊維  $0^\circ$ )と No.7(繊維  $90^\circ$ )をそれぞれ比較すると繊維  $0^\circ$  より繊維  $90^\circ$  の方が高くなる傾向となった。 $90^\circ$  方向の方がせん断耐力が高くなるためと考えられる。 $0^\circ$  と  $90^\circ$  の中間地点である  $45^\circ$  試験体(No.6,8)は最大耐力もその中間という結果にはならなかった。

No.2,4 は繊維方向の異なるラミナ 2 層を貫くため、繊維がめくれにくくなっており、 No.1,4 よりも高い最大耐力となったと考えられる。

整理	試験体番号	試験体ごとの最大耐力(kN)						平均(kN)	5%下限
番号	山原 中宙 ケ	1	2	3	4	5	6	1 2/3 (KIN)	值(kN)
1	00-55	6.4	7.0	5.1	6.0	11.3	7.3	7.2	2.1
2	00(45)-55	8.6	8.2	7.3	8.3	10.0	9.2	8.6	6.5
3	90-55	6.9	6.3	5.9	10.1	6.6	9.8	7.6	3.3
4	90(45)-55	8.8	10.2	7.1	9.3	7.6	11.3	9.0	5.4
5	00-160	18.4	18.0	23.5	24.0	35.5	26.1	24.2	9.3
6	00(45)-160	28.2	25.2	32.9	35.6	30.7	29.0	30.3	21.7
7	90-160	25.4	29.9	22.4	33.0	27.2	31.5	28.3	19.0
8	90(45)-160	24.1	26.0	20.5	29.9	25.8	35.3	26.9	15.0

表 8.4-1 各試験体の最大荷重 (kN)



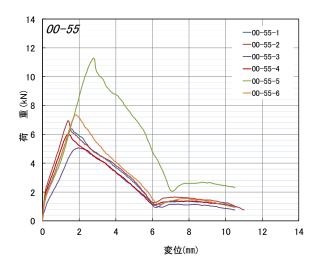
50 埋め込み長さ160mm 45 平均 最大耐力 5%下限值 40 35 0 30 0 0 25 0 ਰ 0 0 20 0 15 10 5 0 5.00-160 7.90-160 6.00(45)-160 8.90(45)-160

図 8.4·1 No.1~4 の最大耐力の比較

図 8.4-2 No.5~8 の最大耐力の比較

## 8.4.1.00-55

荷重変位曲線を図 8.4.1-1 に、破壊性状を写真 8.4.1-1~8.4.1-7 に示す。



00-55-1

図 8.4.1-1 00-55 の荷重変形曲線

写真 8.4.1-1 00-55-1 試験前



写真 8.4.1-2 00-55-1 試験後



写真 8.4.1-3 00-55-2 試験後



写真 8.4.1-4 00-55-3 試験後



写真 8.4.1-5 00-55-4 試験後



写真 8.4.1-6 00-55-5 試験後



写真 8.4.1-7 00-55-6 試験後

## 8.4.2.00(45)-55

荷重変位曲線を図 8.4.3-1 に、破壊性状を写真 8.4.2-1~8.4.2-8 に示す。

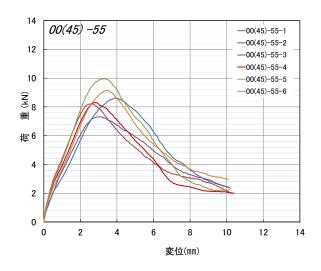


図 8.4.3-1 00(45)-55 の荷重変形曲線

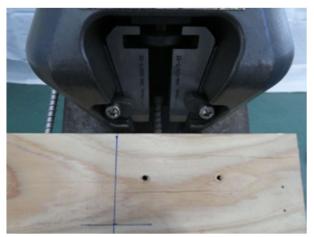


写真 8.4.2-1 00(45)-55-1 試験前



写真 8.4.2-2 00(45)-55-1 試験前



写真 8.4.2-3 00(45)-55-1 試験後

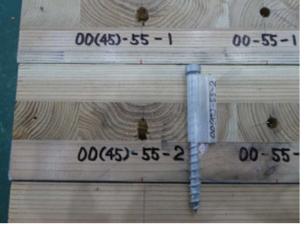


写真 8.4.2-4 00(45)-55-2 試験後

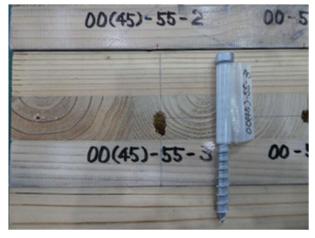


写真 8.4.2-5 00(45)-55-3 試験後

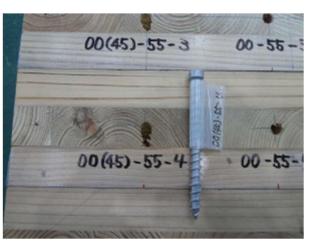


写真 8.4.2-6 00(45)-55-4 試験後

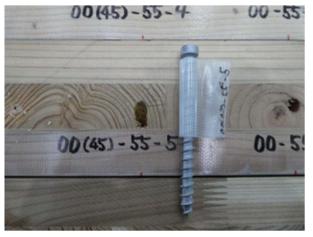


写真 8.4.2-7 00(45)-55-5 試験後



写真 8.4.2-8 00(45)-55-6 試験後

## 8.4.3. 90-55

荷重変位曲線を図 8.4.3-1 に、破壊性状を写真 8.4.3-1~8.4.3-8 に示す。

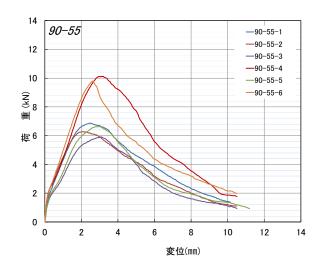


図 8.4.3-1 90-55 の荷重変形曲線



写真 8.4.3-1 90-55-1 試験前



写真 8.4.3-2 90-55-1 試験後



写真 8.4.3-3 90-55-2 試験後



写真 8.4.3-4 90-55-3 試験後



写真 8.4.3-5 90-55-4 試験後



写真 8.4.3-6 90-55-5 試験後



写真 8.4.3-7 90-55-6 試験後



写真 8.4.3-8 90-55-6 試験後

## 8.4.4. 90(45)-55

荷重変位曲線を図 8.4.4-1 に、破壊性状を写真 8.4.4-1~8.4.4-7 に示す。

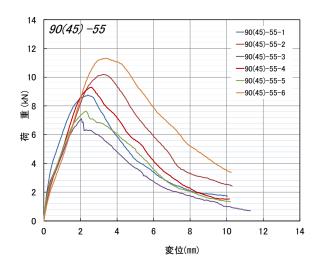


図 8.4.4-1 90(45)-55 の荷重変形曲線



写真 8.4.4-1 90(45)-55-1 試験前



写真 8.4.4-2 90(45)-55-1 試験後



写真 8.4.4-3 90(45)-55-2 試験後



写真 8.4.4-4 90(45)-55-3 試験後



写真 8.4.4-45 90(45)-55-4 試験後



写真 8.4.4-6 90(45)-55-5 試験後



写真 8.4.4-7 90(45)-55-6 試験後

## 8.4.5. 00-160

荷重変位曲線を図 8.4.5-1 に、破壊性状を写真 8.4.5-1~8.4.5-8 に示す。

5 体目はビスが引き抜かれないまま、荷重が大きく上昇し(図 8.4.5-1)、ビスが引張破断した (写真 8.4.5-6~写真 8.4.5-7)。

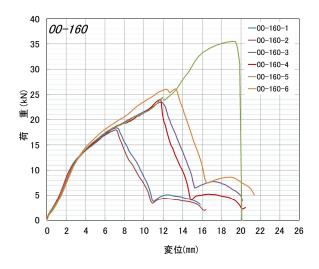


図 8.4.5-1 00-160 の荷重変形曲線



写真 8.4.5-1 00-160-1 試験前



写真 8.4.5-2 00-160-1 試験後



写真 8.4.5-3 00-160-2 試験後



写真 8.4.5-4 00-160-3 試験後



写真 8.4.5-5 00-160-4 試験後

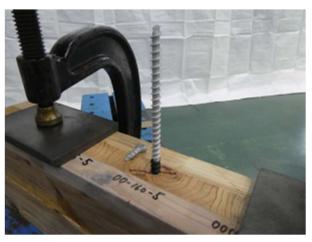


写真 8.4.5-6 00-160-5 試験後 ビスの引張破断



写真 8.4.5-7 00-160-5 試験後 ビスの引張破断

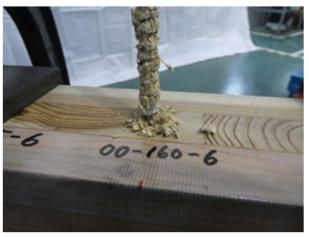


写真 8.4.5-8 00-160-6 試験後

## 8.4.6. 00 (45) -160

荷重変位曲線を図 8.4.6-1 に、破壊性状を写真 8.4.6-1~8.4.6-8 に示す。

4 体目はビスが引き抜かれないまま、荷重が上昇し(図 8.4.6-1)、ビスが引張破断した(写真 8.4.6-5~写真 8.4.6-6)。

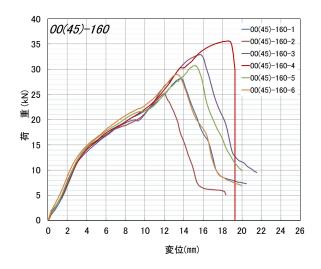


図 8.4.6-1 00(45)-160 の荷重変形曲線



写真 8.4.6-1 00(45)-160-1 試験前



写真 8.4.6-2 00(45)-160-1 試験後



写真 8.4.6-3 00(45)-160-2 試験後



写真 8.4.6-4 00(45)-160-3 試験後



写真 8.4.6-5 00(45)-160-4 試験後 ビスの引張破断



写真 8.4.6-6 00(45)-160-4 試験後 ビスの引張破断



写真 8.4.6-7 00(45)-160-5 試験後



写真 8.4.6-8 00(45)-160-6 試験後

# 8.4.7. 90-160

荷重変位曲線を図 8.4.7-1 に、破壊性状を写真 8.4.7-1~8.4.7-7 に示す。

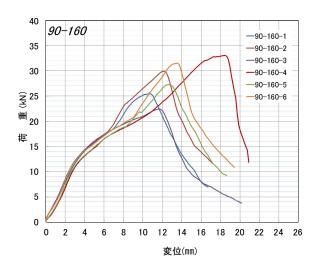


図 8.4.7-1 90-160 の荷重変形曲線



写真 8.4.7-1 90-160-1 試験前



写真 8.4.7-2 90-160-1 試験後



写真 8.4.7-3 90-160-1 試験後



写真 8.4.7-4 90-160-2 試験後



写真 8.4.7-5 90-160-2 試験後



写真 8.4.7-6 90-160-3 試験後



写真 8.4.7-7 90-160-4 試験後



写真 8.4.7-8 90-160-5 試験後

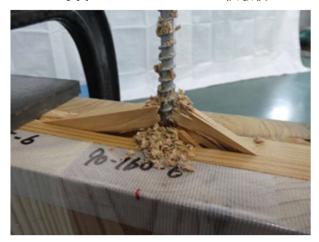


写真 8.4.7-9 90-160-6 試験後

## 8.4.8. 90 (45) -160

荷重変位曲線を図 8.4.8-1 に、破壊性状を写真 8.4.8-1~8.4.8-8 に示す。

6 体目はビスが引き抜かれないまま、荷重が上昇し(図 8.4.8-1)、ビスが引張破断した(写 4.4.8-70 写真 8.4.8-70 。

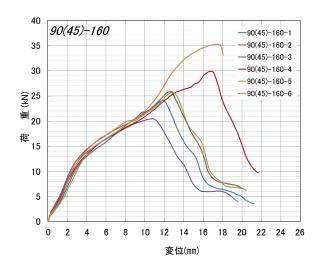


図 8.4.8-1 90(45)-160 の荷重変形曲線

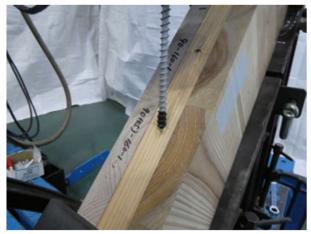


写真 8.4.8-1 90(45)-160-1 試験前



写真 8.4.8-2 90(45)-160-1 試験後



写真 8.4.8-3 90(45)-160-2 試験後



写真 8.4.8-4 90(45)-160-3 試験後



写真 8.4.8-5 90(45)-160-4 試験後



写真 8.4.8-6 90(45)-160-5 試験後



写真 8.4.8-7 90(45)-160-6 試験後 ビスの引張破断



写真 8.4.8-8 90(45)-160-6 試験後 ビスの引張破断

### 9. まとめ

#### (1) 真壁耐力壁のビスー面せん断要素試験

昨年度実施したフルスレッドビス呼び径  $8 \, \text{mm}$ 、ビス長さ  $110 \, \text{mm}$ を改良し、呼び径  $9 \, \text{mm}$ としたビスで実験を実施した。

呼び径 8mm と比較して、強度性能の向上が見られた。また、軸材をスギからヒノキに変更した試験についても実施し、スギ試験体より強度性能が向上することを確認した。

#### (2) 真壁仕様耐力壁の面内せん断試験

斜め打ち長ビス仕様(表 4.4.2-1~表 4.4.2-2に記載の試験体 No.1~7の試験体)については、通常の完全弾塑性モデルでの評価では最大荷重後、0.8Pmax を下回った時点で $\delta$ uが決まってしまうため、試験体の荷重低下率等のばらつきの影響を強く受けてしまう。代替の評価方法としてビスの引き抜き性能による最大荷重部分のエネルギーをカットする評価方法を提案し、通常の完全弾塑性モデルによる評価との比較を行った(詳細は 4.5 項)。

斜め打ち長ビス仕様における柱の割裂問題については、CLTを3層3プライから3層4プライに変更することで、割裂が防げることが分かった。

耐力壁のサイズによる影響について検証を行った。今後、詳細計算法等を用いた計算結果との比較を行う。

性能のばらつきについて検証を行った。加力方向に対してビス 90° 打ち試験体の方はばらつきが少ない結果となったが、長ビス斜め打ち試験体はばらつきが大きくなることが分かった。

#### (3) 大壁仕様耐力壁のくぎ及びビスー面せん断試験

CLT 耐力壁を大壁仕様とした仕様を前提として、木造軸組工法住宅の許容応力度設計 2016 年版に掲載しているくぎ 1 本あたりのせん断性能を求めるための試験を実施した。

CLT の種類は合板と同程度の厚さとして①3 層 3 プライ 36 m、②3 層 3 プライ 60 m、③構造用合板 24 mとする。使用するビスは面材厚さに応じてくぎやフルスレッドビスを使用した。

CLT-フルスレッドビス仕様については、降伏耐力がくぎ仕様より高くなるものの、剛性が思ったよりも高くないことが分かった。

#### (4) CLT を用いた狭小壁の面内せん断試験

目標であった壁倍率 7 倍に近い倍率が得られることが分かった。壁脚部金物部分での脆性的な破壊が原因であることが分かったため、靭性が高い金物に改良することで安定した強度性能が得られるようになると思われる。

### (5) 柱頭・柱脚接合部のビス補強によるめり込み試験

ビス本数を増やすと土台材の割裂も大きくなるため、ビスの本数に応じて性能が向上する結果にはならなかった。ビス 6 本仕様が最も許容耐力が高く、打たない場合と比較して 1 割上昇することが分かった。

### (6) ビスの引き抜き試験

ビスの埋め込み長さによる最大耐力への影響については、長さ比例する結果となった。 また、繊維方向 0°よりも 90°の方が最大耐力が高くなる結果となった。

面外方向に  $45^\circ$  傾けて打った場合は、繊維方向の異なるラミナ 2 層を貫くため、繊維がめくれにくくなり、真っすぐ打つよりも最大耐力となった。

<sup>1) (</sup>公財)日本住宅・木材技術センター:木造軸組工法住宅の許容応力度設計,2017

<sup>2 ) (</sup>公財)日本住宅・木材技術センター:構造用木材の強度試験マニュアル,2011 https://www.howtec.or.jp/files/libs/1828/201712121507021978.pdf