

新しい木質材料を活用した混構造建築物の  
設計・施工技術の開発  
—木質系混構造建築物の構造設計に資する技術資料—

参考資料:プロトタイプⅡ(RC+CLT 耐力壁)実験報告

# 内容

1.	はじめに	3
1.1.	研究背景	3
1.2.	研究対象	3
2.	架構実験	5
2.1.	設計の考え方	5
2.2.	試験体の概要	7
2.2.1.	試験体の形状	7
2.2.2.	CLT 耐力壁のラミナの配置	19
2.3.	施工実験	22
2.3.1.	CLT 袖壁の製作及び接合金物の設置	22
2.3.2.	全体の工程について	24
2.3.3.	作業の詳細について	24
2.3.4.	ボルトの締め付け	32
2.4.	材料試験	33
2.4.1.	コンクリート	33
2.4.2.	モルタル	35
2.4.3.	鋼材	37
2.4.4.	CLT パネル	39
2.4.5.	ドリフトピン面圧試験	51
2.5.	鋼板挿入ドリフトピン接合部の剛性と耐力の評価	63
2.5.1.	概要	63
2.5.2.	計算式を用いたドリフトピン1本あたりの降伏強度の評価	63
2.5.3.	数値解析によるドリフトピン1本あたりの荷重変形関係の評価	65
2.5.4.	鋼板挿入ドリフトピン接合部の耐力と剛性の評価	69
2.6.	加力実験	72
2.6.1.	載荷方法	72
2.6.2.	計測計画	72
2.6.3.	損傷状況	92
2.6.4.	荷重変形関係と補強効果の比較	117
2.6.5.	柱はりの主筋、せん断補強筋の降伏状況	120
2.6.6.	変形成分	124
2.6.7.	各部位のひずみの推移	135
2.6.8.	各部材に作用する軸力、せん断力の推定	148
2.6.9.	等価粘性減衰定数の推移	153
3.	まとめ	155
3.1.	謝辞	158
3.2.	参考文献	158
3.3.	評価式に用いた記号の一覧	159

## 1. はじめに

### 1.1. 研究背景

国土交通省では、木材の利用の促進や使用ニーズに対応するため、直交集成材（CLT）パネル工法に関する設計基準告示の制定や、木質材料をあらわしで使用できる防耐火設計法の告示改正を進めてきた。一方で、木材の需要拡大に繋がり、社会からの要望も大きい中高層木造建築物に関しては、主要構造部を耐火構造とする必要があるなどの制約がある。国土技術政策総合研究所では、プロジェクト研究「新しい木質材料を活用した混構造建築物の設計・施工技術の開発」（以下、木質混構造総プロと称す）において、鉄筋コンクリート（RC）造等の他の構造形式を組み合わせた混構造とすることで、木質材料を使用した中高層建築物を実現するための検討を行った。

本報告書では、木質混構造総プロで提案されたプロトタイプ（設計例）のうち、RC ラーメンと CLT 耐力壁を組み合わせた構造形式（タイプⅡ）を対象とした構造設計法の提案を目的とした架構実験に関する検討内容を報告する。

### 1.2. 研究対象

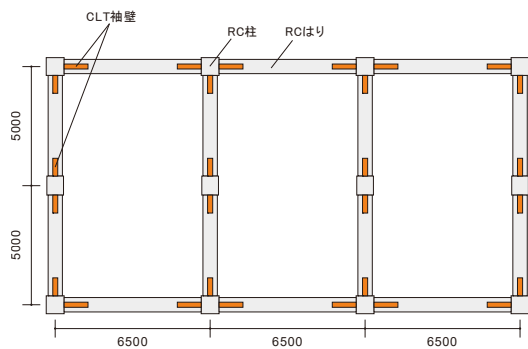
本報告書では、既に提案済みの図 1-1 に示す RC ラーメンに CLT 袖壁を挿入する構造形式について、張間方向の CLT 袖壁を CLT 耐力壁に置き換えた図 1-2 のような構造形式を対象に、構造設計の考え方の整理を行うものとする。なお、RC と木質材料を組み合わせた混構造建築物に関する研究事例や設計実績が現状では少なく、構造設計の考え方が十分に整理されていないことを踏まえ、CLT 袖壁を用いた構造形式の場合と同じように、ここでは最低限必要な耐震性能（例えば、保有水平耐力計算では、 $D_s=0.3$  相当の保有水平耐力）は RC ラーメンのみで確保し、CLT 耐力壁を追加の耐震要素として付与する場合の考え方を示すこととする。なお、耐力壁を RC から CLT に変更した場合に、想定される利点と欠点の一例は以下の通りである。

#### （利点）

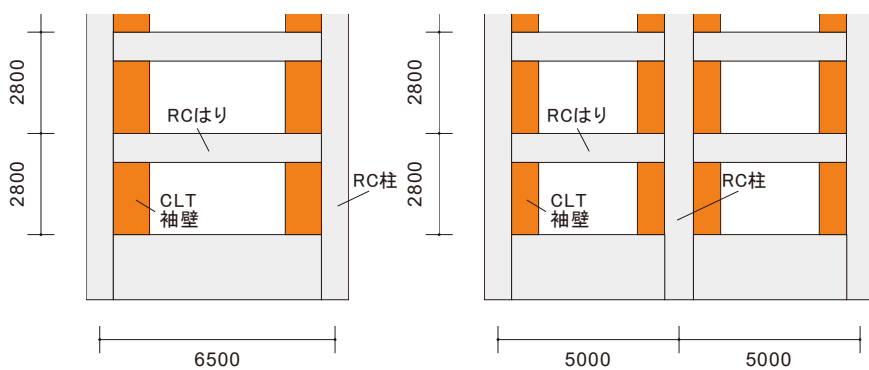
- CLT 耐力壁は RC 耐力壁と比較して軽量であり、地震時の慣性力が低減できる。
- RC 耐力壁と比較して CLT 耐力壁は剛性が低いため、CLT 耐力壁が耐力を発揮するまでにある程度の変形が必要となることから、周辺架構による耐力の発現が期待できる。
- RC 耐力壁では比較的小さい変形でせん断ひび割れやせん断破壊が生じるが、CLT 耐力壁の場合は、弾性域が広く、損傷が目立ちにくい。
- 将来の用途変更や地震等で損傷を受けた場合に、CLT 耐力壁は取り換えが容易に行える。

#### （欠点）

- RC 耐力壁と比較して CLT 耐力壁は剛性が低く、接合部分においてめり込み等が生じるため、水平耐力を発揮するためある程度の変形が必要となる。
- CLT 耐力壁は大変形時まで弾性的な挙動を示すため、RC 耐力壁と比較して、減衰が小さくなる可能性がある。
- RC 柱－CLT 耐力壁間の鉛直接合部、RC はり、基礎はり－CLT 耐力壁間の水平接合部に関する設計、施工時の配慮が必要となる。

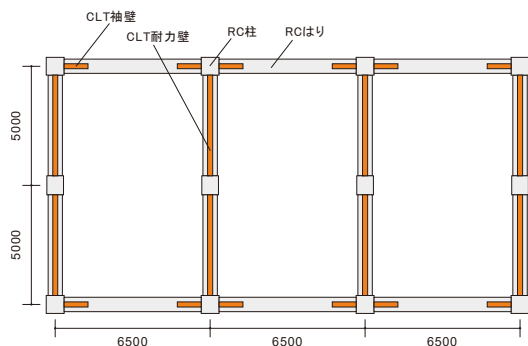


(a) 平面図

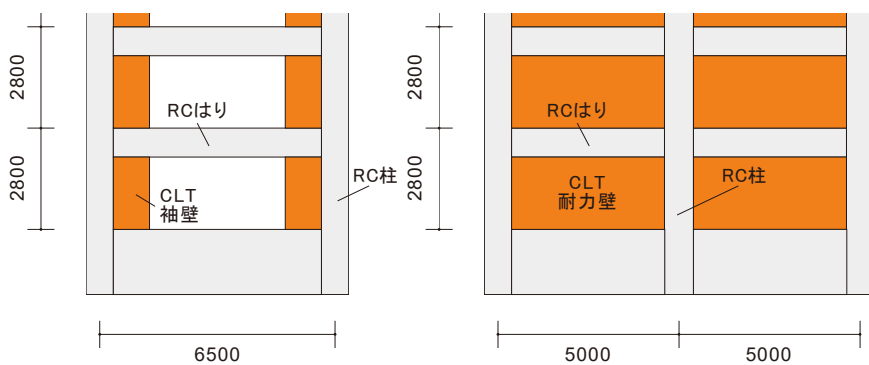


(b) 立面図

図 1-1 CLT 袖壁を活用した想定建物のイメージ



(a) 平面図



(b) 立面図

図 1-2 CLT 袖壁と CLT 耐力壁を活用した想定建物のイメージ



## 2. 架構実験

### 2.1. 設計の考え方

1章で示した想定建物の張間方向のRCラーメンにCLT耐力壁を設置する場合の構造計算の方法や設計上の留意点の検証を行うことを目的とした架構実験を実施する。試験体は、想定建物の下層を取り出した2層1スパンの部分架構とし、RCラーメンの形状や寸法は、同じ想定建物の桁行方向を対象にRCラーメンにCLT袖壁を設置する場合の検証を行った架構試験体A、Bと同じとした。

表2-1に実験変数を示す。架構実験では2体の試験体WA、WBの検証を行う。なお、試験体数が限られるため、RCフレームのみの場合の挙動との比較には、上述した架構試験体A、Bと同時に載荷実験を実施した架構試験体Cの実験結果を用いることとする。本検討における架構試験体WA、WBに関する構造設計上の基本的な考え方は以下に示す通りである。

(試験体の形状について)

RCラーメンにCLT耐力壁を設ける既往の構造実験<sup>例えば、[3-1]、[3-2]、[3-3]</sup>は、単層を対象としたものが大部分であり、層間の応力伝達機構に着目したものが少ない。そこで、本実験では、2層1スパンの部分架構とし、2階から1階への水平せん断力の伝達経路の検証を行うこととする。なお、検討で対象とする想定建物は、実験試験体のような低層のものを想定している訳ではないが、試験体の3階RC大はりに隣接するCLT耐力壁が下側のみとなるため、中間階とは異なった最上階に近い挙動が得られるものと考えられる。

(CLT耐力壁における水平せん断力の伝達機構について)

図2-1に示すCLT耐力壁の対角方向に形成される圧縮ストラットを介した水平せん断力の伝達機構、水平接合部に設けた滑り止めを介した水平せん断力の伝達機構の二つを想定する。

(載荷方法と鉛直接合部の役割について)

層間の応力伝達機構に着目するため、試験体に作用させる水平荷重は2本の柱に均等に入力するものとする。そのため、CLT耐力壁の対角方向に形成される圧縮ストラットを介した水平せん断力の伝達が行われると、それに比例する形で中間階のRCはりに引張軸力が作用するため、RCはり主筋の引張降伏が生じ、CLT耐力壁によって伝達されるせん断力が頭打ちとなる可能性がある。施工性やコストの問題を考えると、本来であれば、RCラーメンとCLT耐力壁の接合はできるだけ簡素化されるべきであるが、本検討では、圧縮ストラットの水平成分に対して、RCはりのみでなく、CLT袖壁自体が抵抗できるように、鋼板挿入ドリフトピンを鉛直接合部に設けることとする。なお、鉛直接合部は圧縮ストラットの鉛直成分に対しても抵抗可能であり、RCはりに作用する鉛直方向のせん断力の低減にも寄与するものと考えられる。

(実験変数について)

実験変数は、水平接合部に設ける滑り止めの有無と、CLT耐力壁の外層ラミナの向きとする。試験体WBは、施工性やコストに配慮し、水平接合部には金物を用いず、CLT耐力壁の対角方向に形成される圧縮ストラットを介した水平せん断力の伝達のみを期待する試験体である。外層ラミナの向きは一般的な耐力壁部材と同様に鉛直方向とする。一方、試験体WAは、水平接合部に滑り止めを設けた試験体であり、CLT耐力壁の対角方向に形成される圧縮ストラットに加え、滑り止めを介した応力伝

達に期待する。また、滑り止めや圧縮ストラットによる水平せん断力の伝達に配慮し、外層ラミナの向きは水平方向とする。

(RC ラーメンと CLT 耐力壁の接合方法について)

本検討の対象は新築であるが、既存建築物への適用も想定し、RC ラーメンの打設後に CLT 耐力壁を設置できる工法を対象とする。施工誤差を吸収し、RC ラーメンと CLT 耐力壁が一体で挙動できるように、境界面の水平目地、鉛直目地には無収縮モルタルを充填する。これは、耐震改修の場合は問題ないが、新築の場合は接着や充填にエポキシ樹脂を使用しようとした場合、大臣認定等の特別な対応が必要となる可能性があるためである。なお、RC 柱-金物間は寸切りボルトにより接合するが、寸切りボルトは RC 柱内のシースに挿入した後、鉛直目地と同時にシース内も無収縮モルタルで充填する。また、試験体 WA では水平接合部に滑り止めを設けるが、CLT 耐力壁-滑り止め間には、無収縮モルタルではなく、こて塗りが可能な不陸調整モルタルを充填する。これは、滑り止めとの接合部分については形状が複雑であることに加え、試験体に正負交番漸増载荷を行い、境界面の離間、接触が繰り返し生じた場合にも、モルタル内へのひび割れの進展を抑制し、剥落が生じないように配慮する。

表 2-1 実験変数

試験体名	CLT耐力壁		接合方法		充填	
	壁厚	外層ラミナの向き	水平	鉛直	水平目地, 鉛直目地	滑り止め-CLT耐力壁
WA	120mm	水平方向	滑り止め	ドリフトピン	無収縮モルタル (プレタスコNTYPE-1S)	不陸調整モルタル (RISフィニッシュエース)
WB		鉛直方向	なし			なし

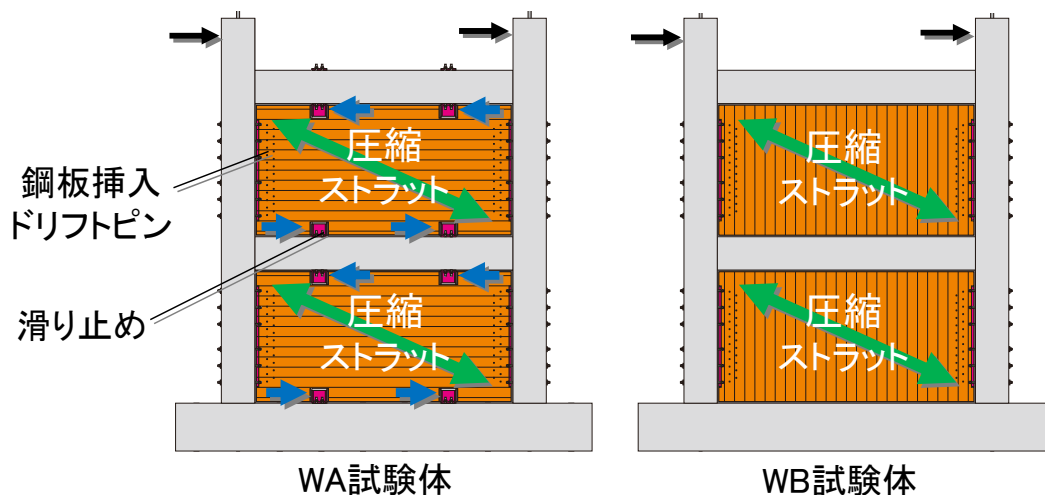


図 2-1 架構試験体における CLT 耐力壁によるせん断力の伝達

## 2.2. 試験体の概要

表 2-2 に実験試験体の概要を示す。

表 2-2 実験試験体

試験体名	柱	梁	耐力壁	水平接合部			鉛直接合部			充填		
				金物	RC-金物	金物-CLT	金物	RC-金物	金物-CLT	水平接合部		鉛直接合部
										RC-CLT間	滑り止め-CLT間	
WA	400mm×400mm 主筋 16-D16 (SD345) $p_g=1.99\%$	300mm×400mm 上, 下端筋 4-D16 (SD345) $p_t=0.74\%$	120mm ×3060mm ×1560mm (S60-3-4)	滑り止め (SS400)	ボルト 4-M20 (S45C)	滑り止め (SS400) による支圧	T形金物 (SS400)	ボルト 12-M16 (S45C)	ドリフトピン 25-Φ12 (SS400)	無収縮 モルタル (プレタスコン TYPE-1S)	不陸調整 モルタル (RISフィニッ シュエース)	無収縮 モルタル (プレタスコン TYPE-1S)
WB	帯筋 4-D10@100 (SD295A) $p_w=0.71\%$	帯筋 3-D10@100 (SD295A) $p_w=0.71\%$		なし						無収縮 モルタル (プレタスコン TYPE-1S)	なし	無収縮 モルタル (プレタスコン TYPE-1S)

### 2.2.1. 試験体の形状

図 2-2 に RC 柱の断面図を、図 2-3 に RC はりの断面図を、図 2-4 に RC スタブの断面図を示す。試験体の縮尺は 2/3 で、補強対象となる柱は 400mm×400mm 角の寸法で、主筋は 16-D16、帯筋は加力方向に対して 4-D10@100 としている。また、軸力導入用にアンボンド加工を施した PC 鋼棒を設けている。はりに関しては、断面寸法は 300mm×400mm、上下端筋はそれぞれ 4-D16、あばら筋は 3-D10@100 とした。CLT 袖壁の検証に用いた架構試験体 A、B、C との違いは、RC はりのあばら筋が 2-D10@100 から 3-D10@100 に変更されている点である。下スタブの断面は、575mm×850mm とし、上下端筋はそれぞれ 6-D25 とした。

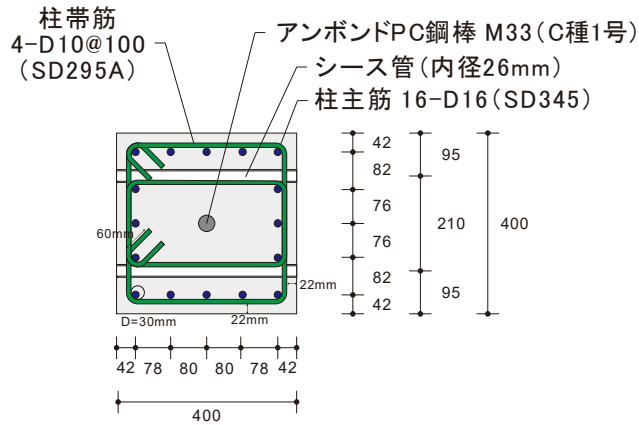


図 2-2 RC 柱の断面図 (単位:mm)

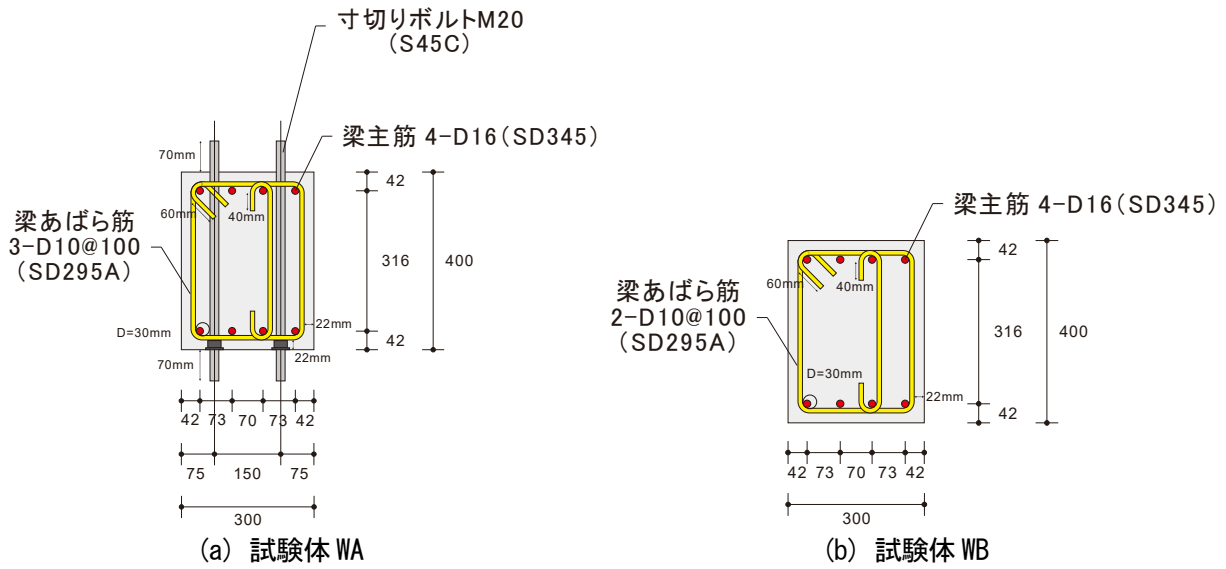


図 2-3 RC はりの断面図 (単位:mm)

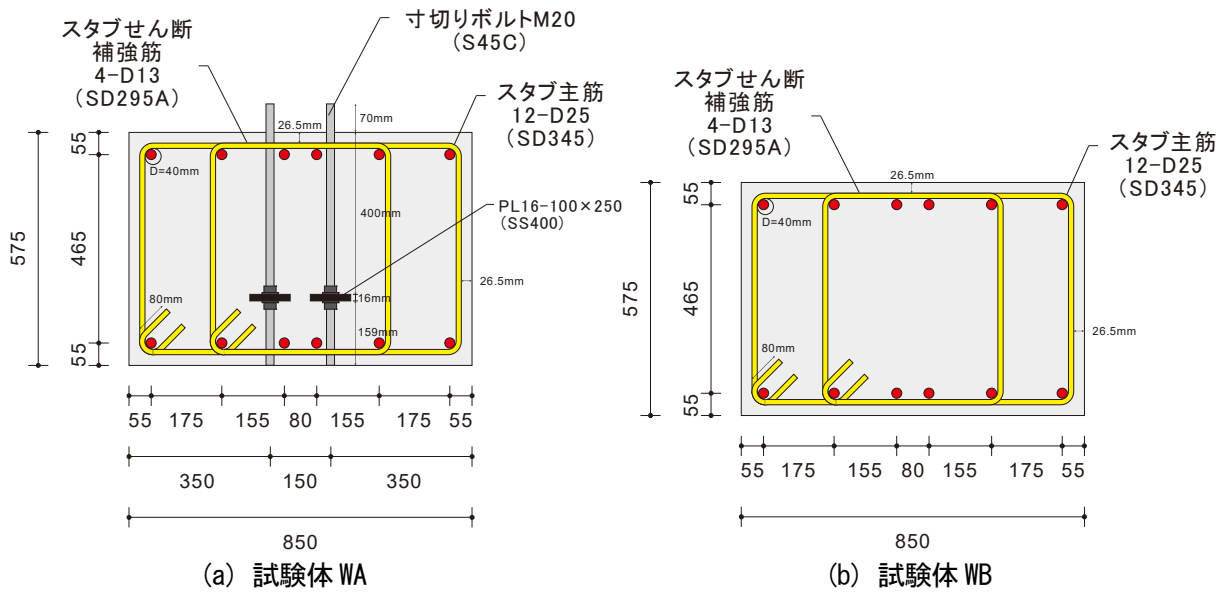


図 2-4 RC スタブの断面図 (単位:mm)

図 2-5、図 2-6 に各試験体の RC 部分の寸法図を、図 2-7、図 2-8 に各試験体の配筋図を示す。いずれの試験体も柱間の中心距離は 3500mm、階高は 2000mm である。

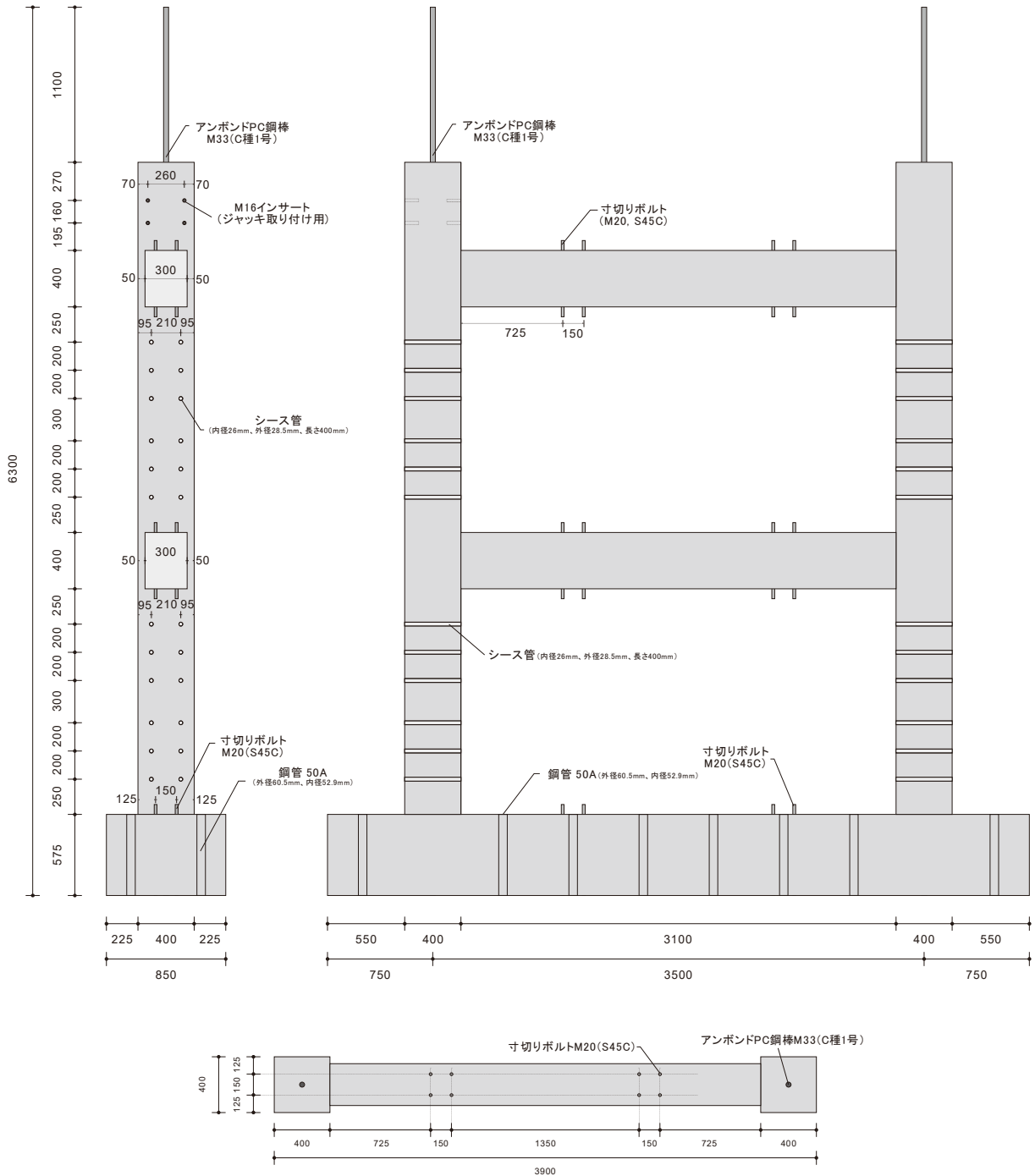


図 2-5 試験体 WA の RC 部分の寸法図 (単位:mm)

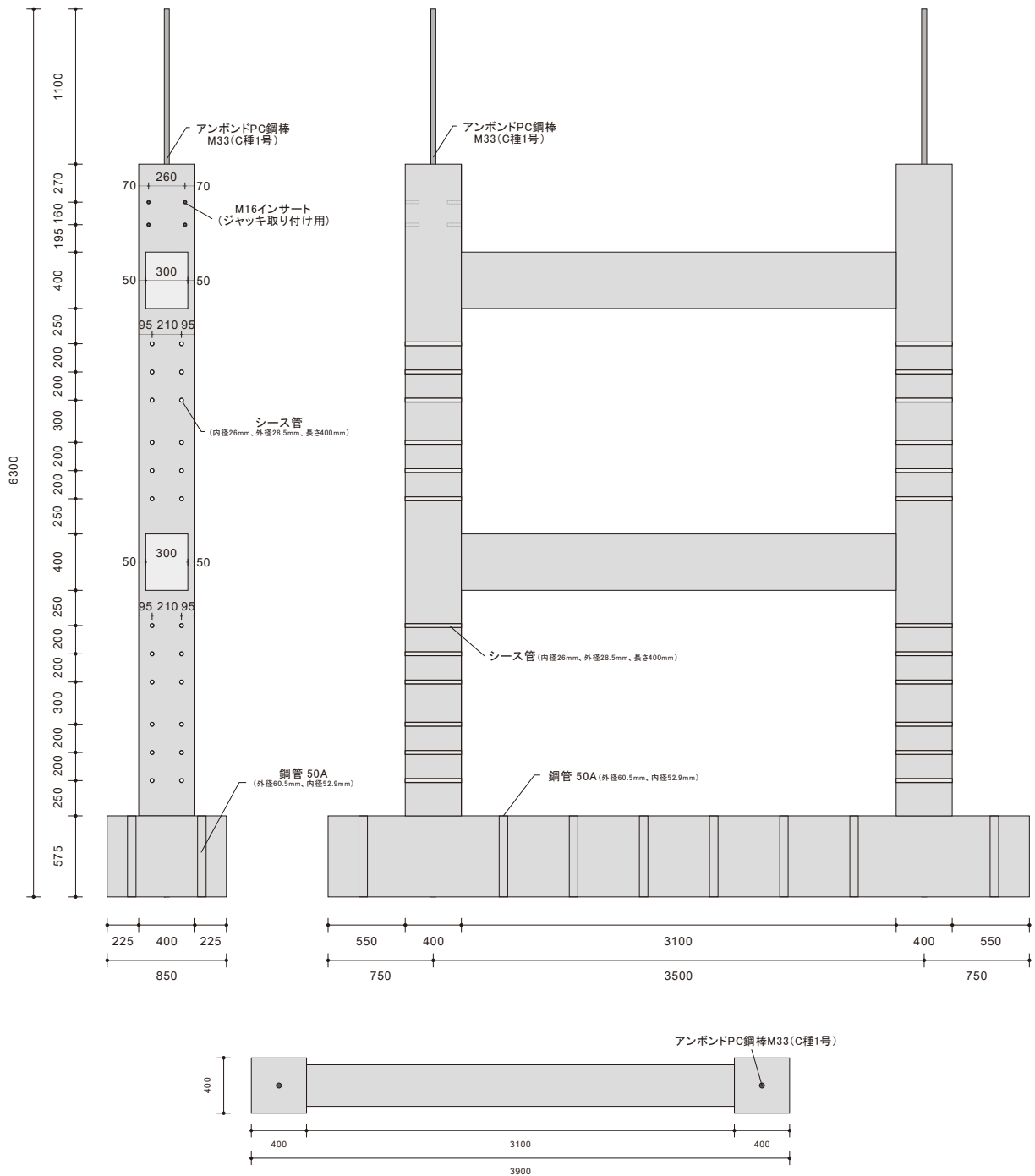


図 2-6 試験体 WB の RC 部分の寸法図 (単位:mm)

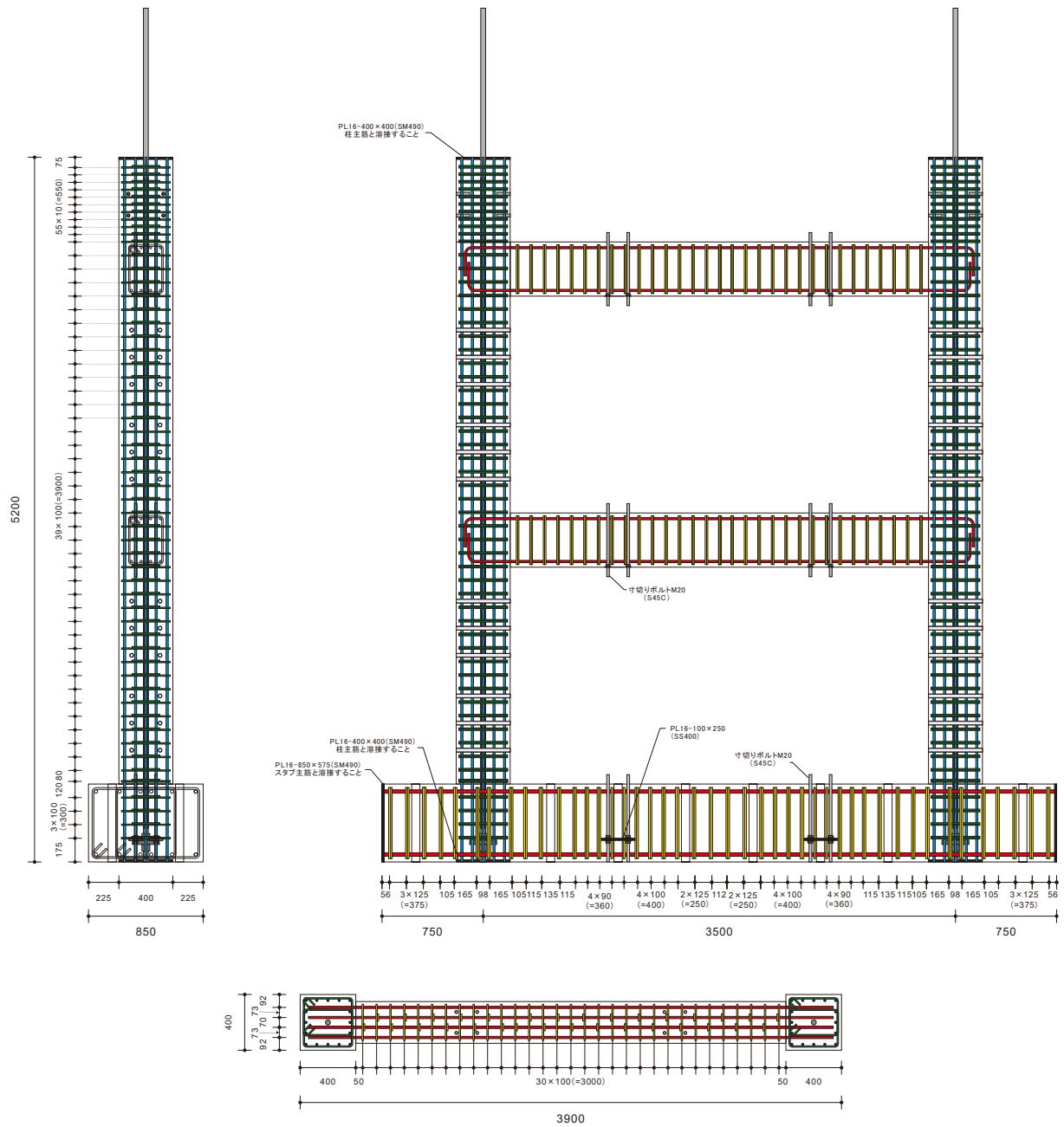


図 2-7 試験体 WA の RC 部分の配筋図 (単位:mm)

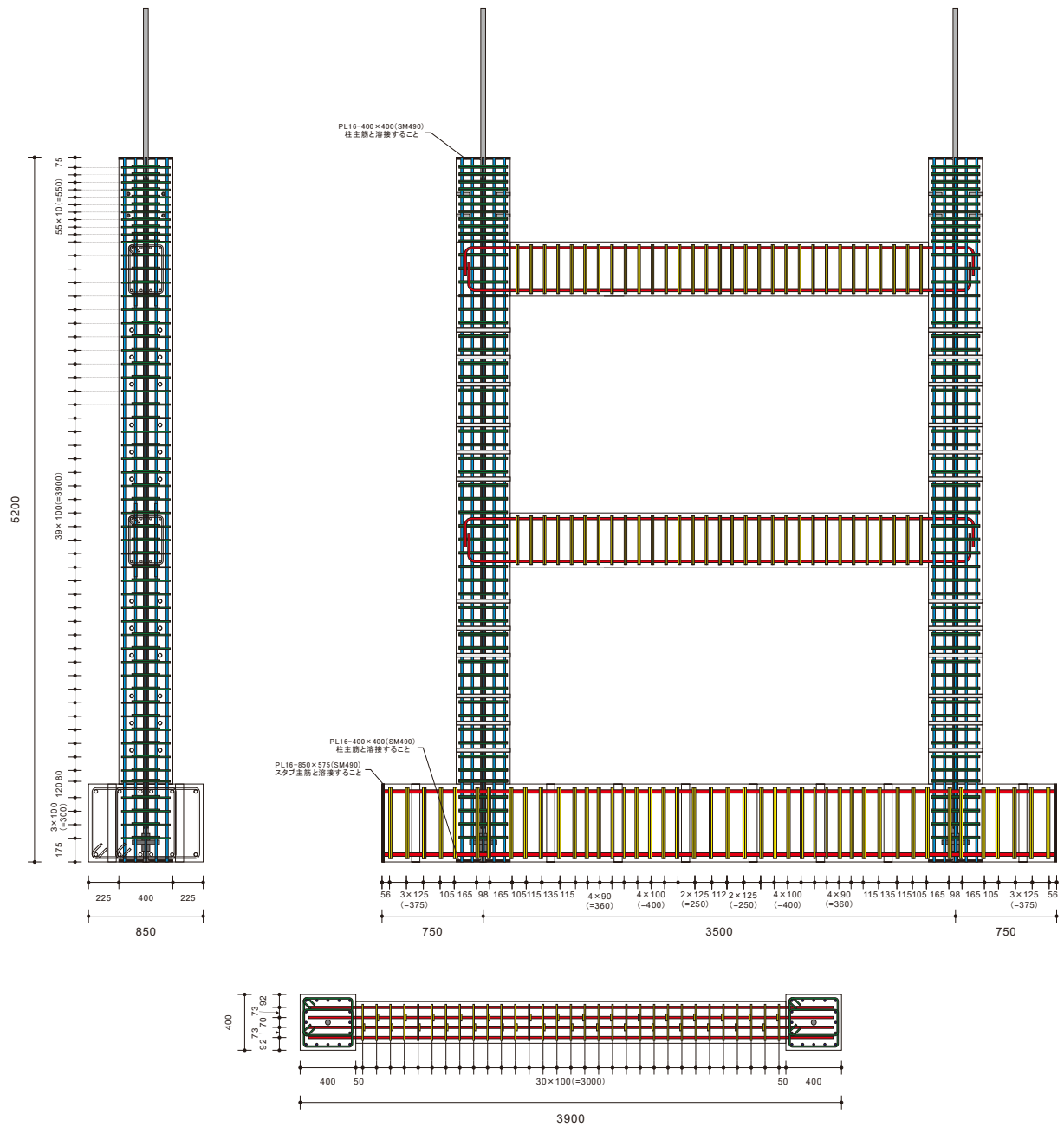


図 2-8 試験体 WB の RC 部分の配筋図 (単位:mm)



試験体 WA、WB の CLT 袖壁取り付け後の柱の断面図を 図 2-9、図 2-10 に、はりの断面図を 図 2-11、図 2-12 に、スタブの断面図を 図 2-13、図 2-14 に示す。CLT 耐力壁は、RC ラーメン内の長さ 3100mm、高さ 1600mm の空間に挿入するものとし、厚さは 120mm (S60-3-4) である。試験体 WA では、水平接合部 (RC はりと CLT 耐力壁の境界部分) に水平せん断力の伝達を目的とした滑り止めを設置しており、RC はりに埋め込んだ寸切りボルト (4-M20) によって緊結している。また、試験体 WA、WB では、鉛直接合部 (RC 柱と CLT 耐力壁の境界部分) に水平、鉛直方向のせん断力の伝達を目的とした T 形の接合金物を設置しており、RC 柱とはシーズ内に設ける寸切りボルト (12-M16) によって、また、CLT 耐力壁とはドリフトピン (25-M12) によって緊結している。なお、ドリフトピンの径、本数や、鉛直接合部の形状は CLT 袖壁の検証に用いた架構試験体 A、B、C と同一である。

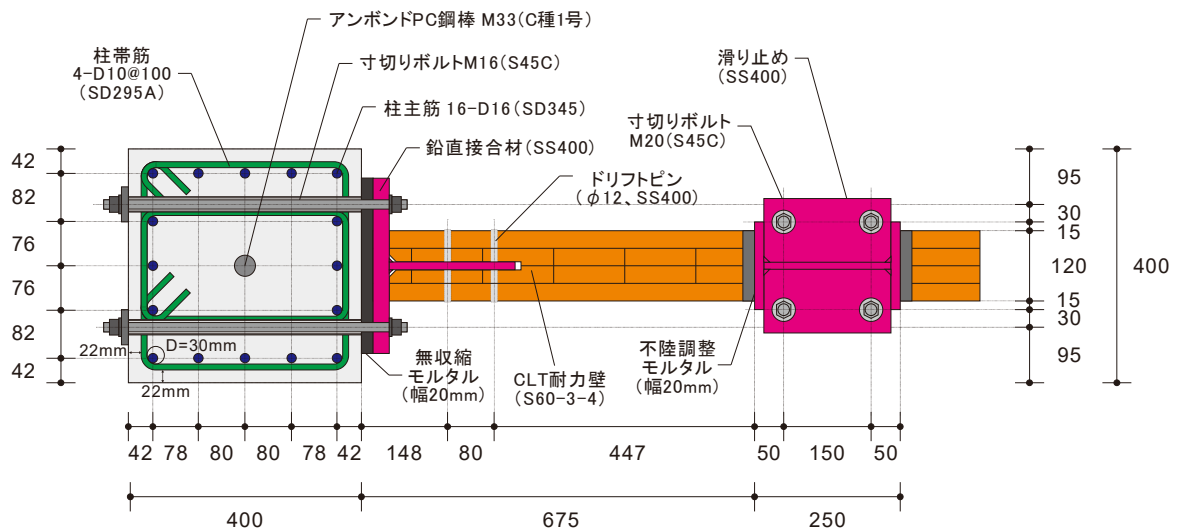


図 2-9 試験体 WA の CLT 耐力壁取り付け後の柱の断面図

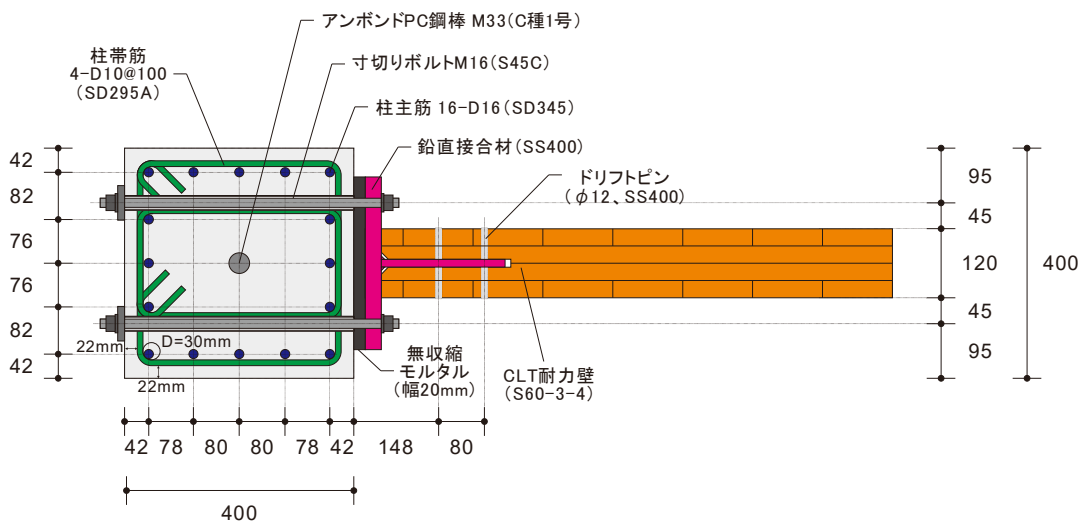


図 2-10 試験体 WB の CLT 耐力壁取り付け後の柱の断面図

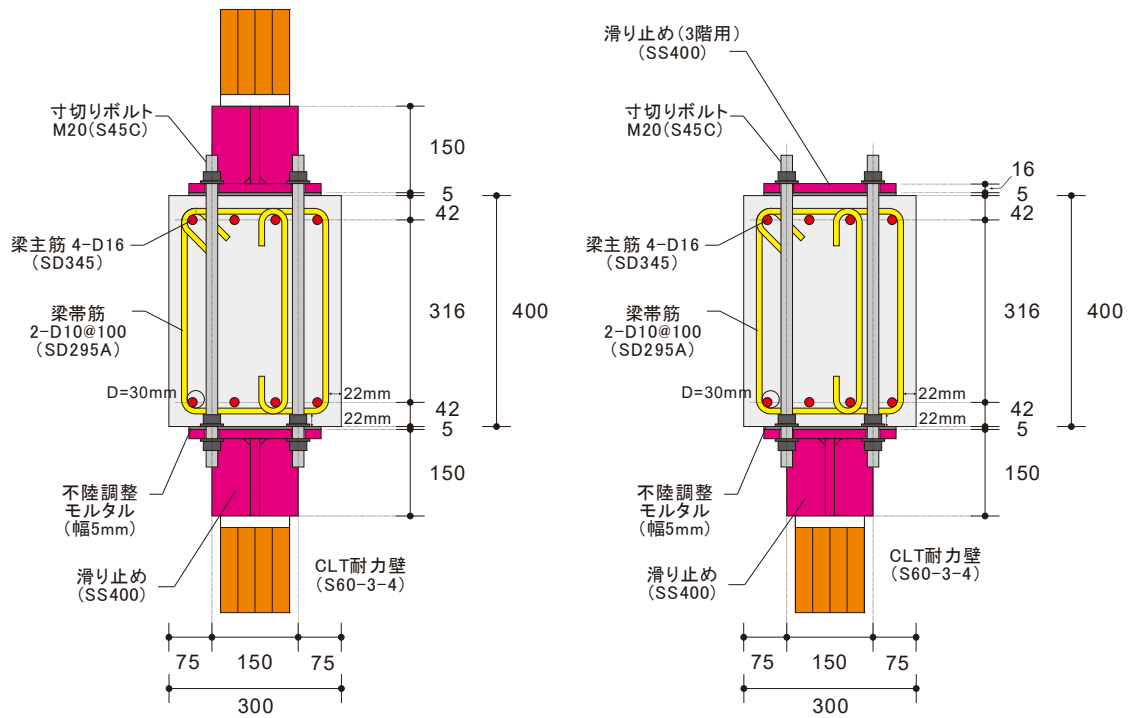


図 2-11 試験体 WA の CLT 耐力壁取り付け後のはりの断面図

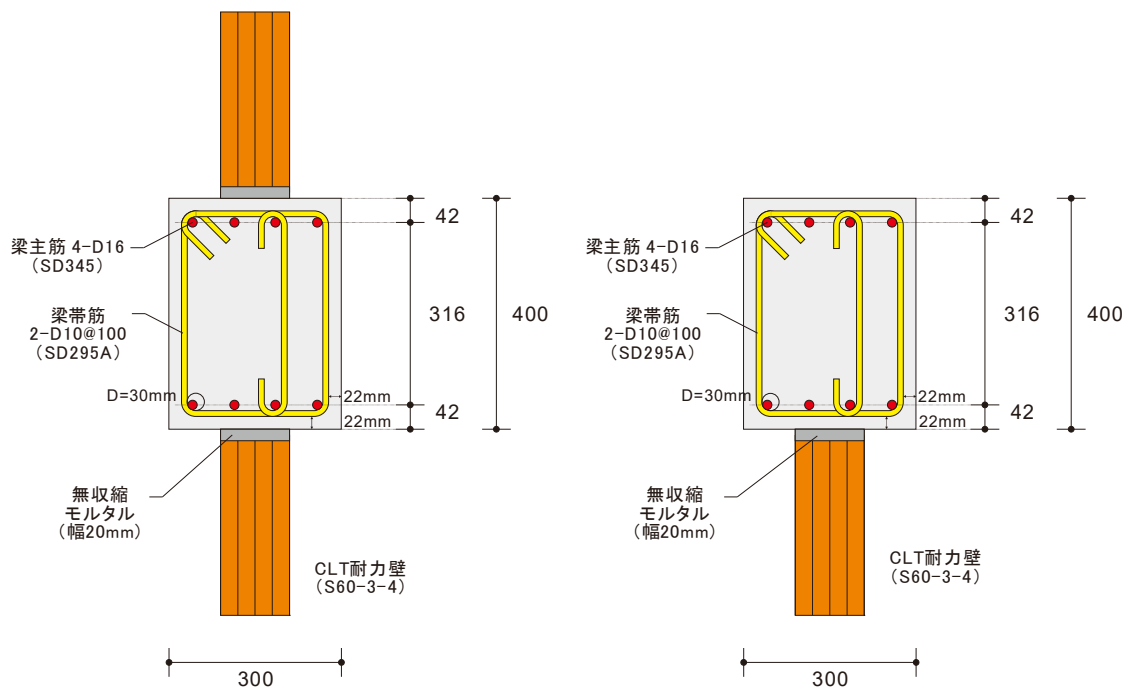


図 2-12 試験体 WB の CLT 耐力壁取り付け後のはりの断面図

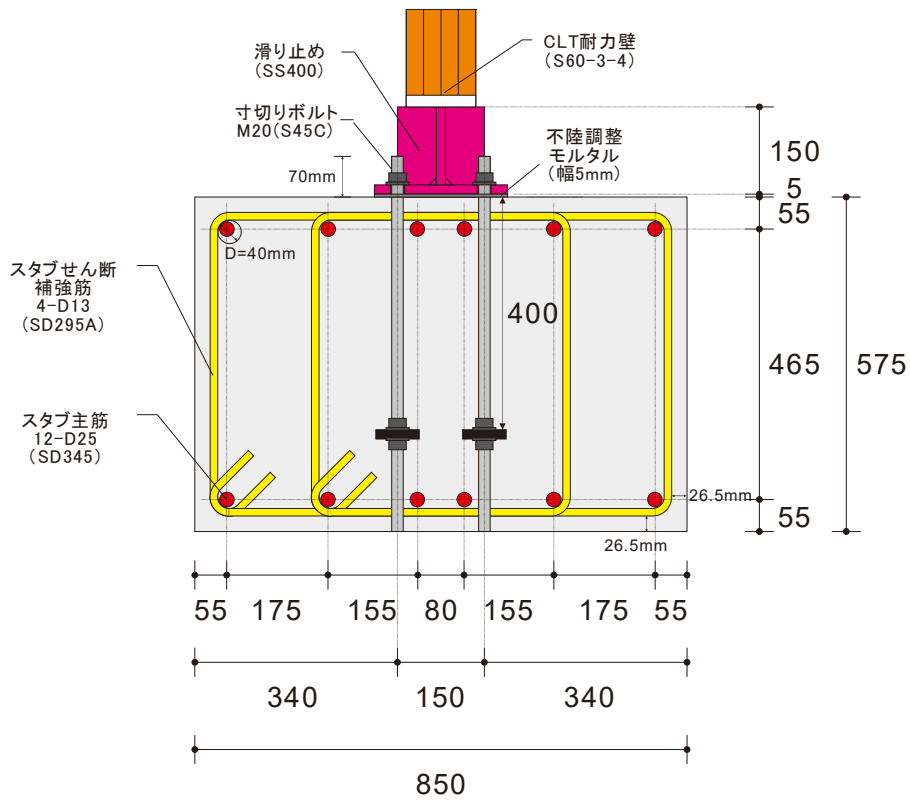


図 2-13 試験体 WA の CLT 耐力壁取り付け後のスタブの断面図

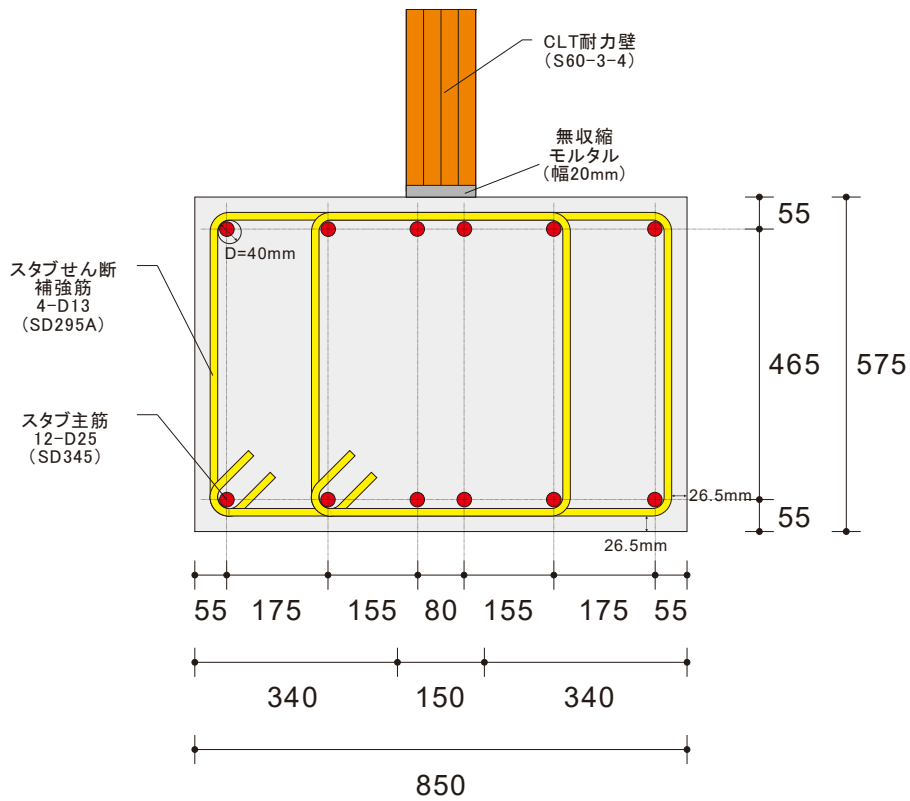


図 2-14 試験体 WB の CLT 耐力壁取り付け後のスタブの断面図

図 2-15、図 2-16 に A、B 試験体の CLT 袖壁取り付け後の全景を示す。

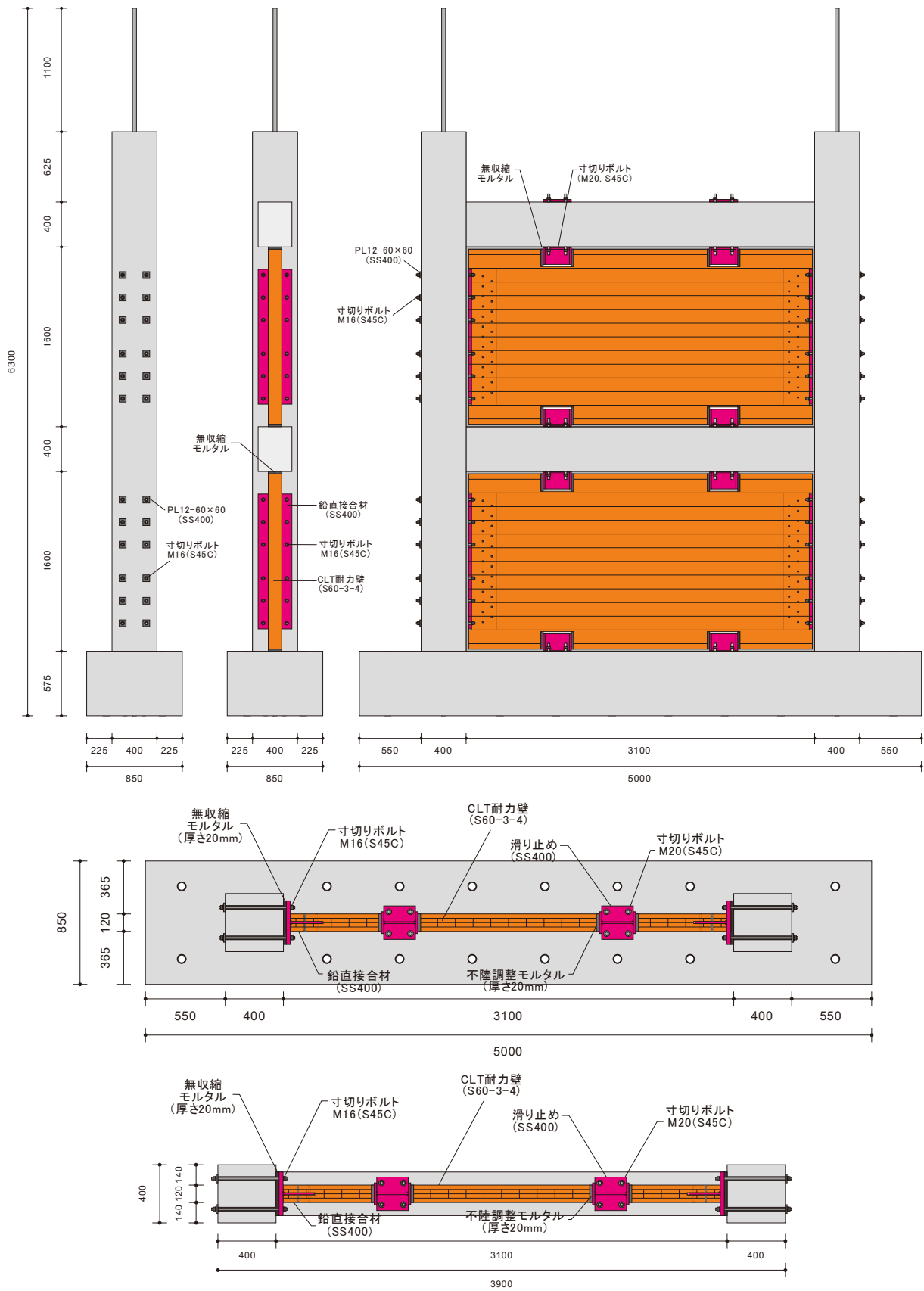


図 2-15 試験体の CLT 袖壁取り付け後の全景

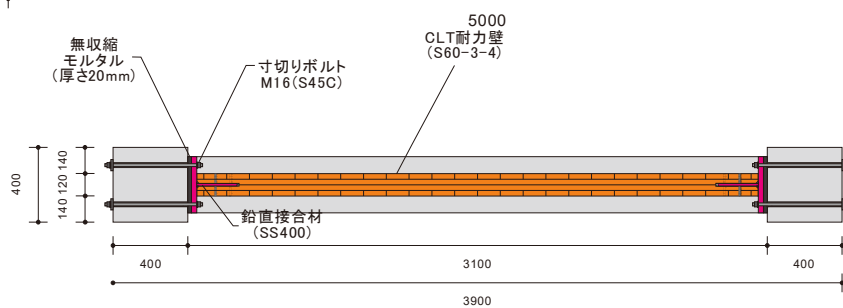
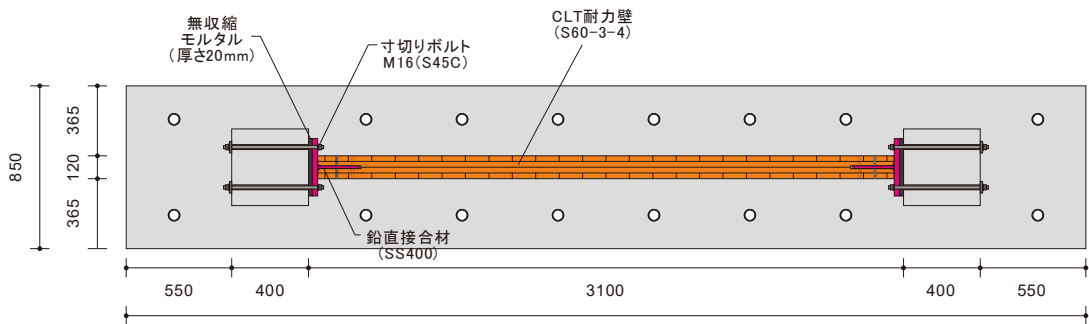
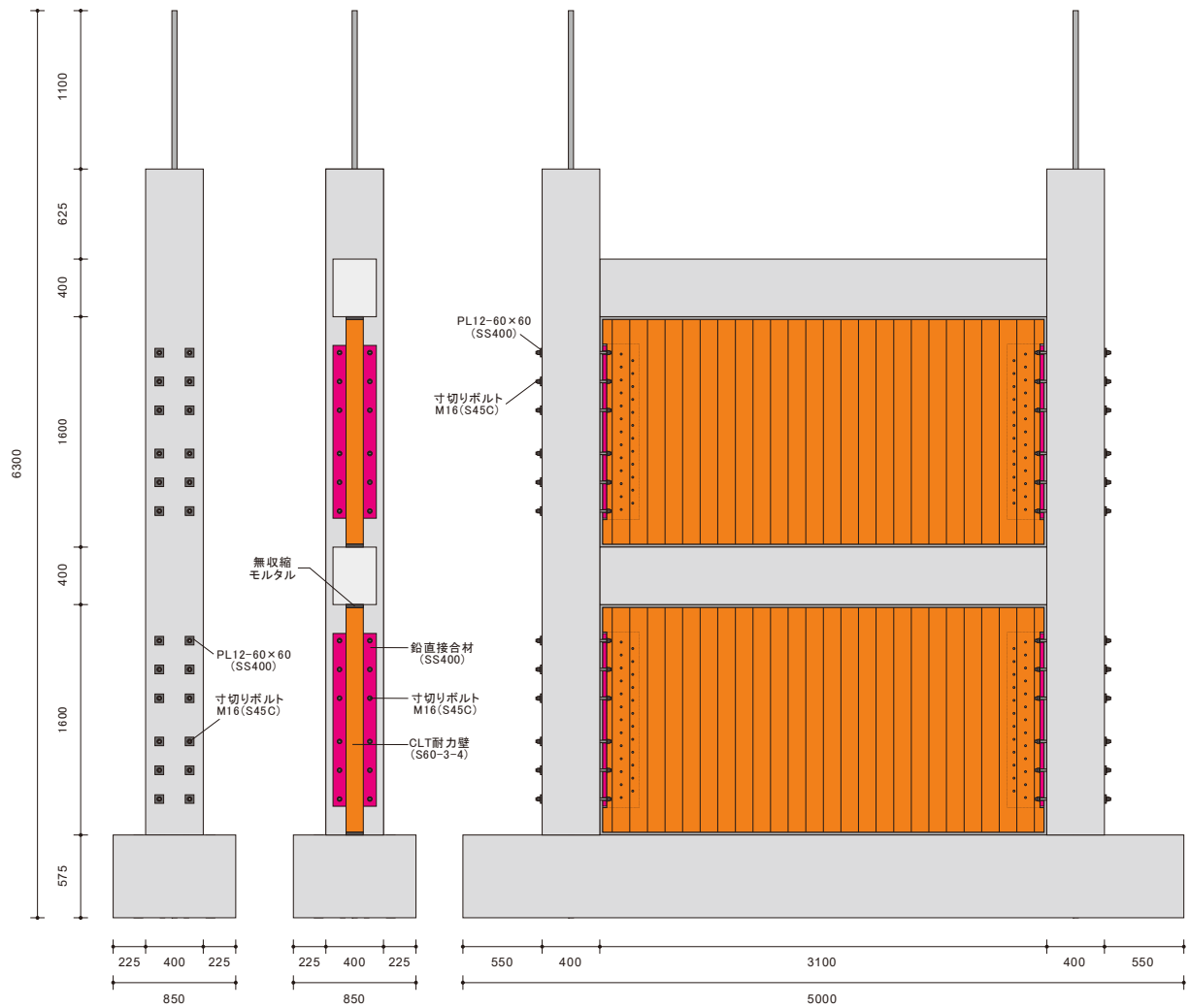


図2-16 試験体WBのCLT袖壁取り付け後の全景

参考として、比較対象となる RC ラーメンの試験体 C の柱、はりの断面図、寸法図、配筋図を図 2-17、図 2-18、図 2-19 に示す。

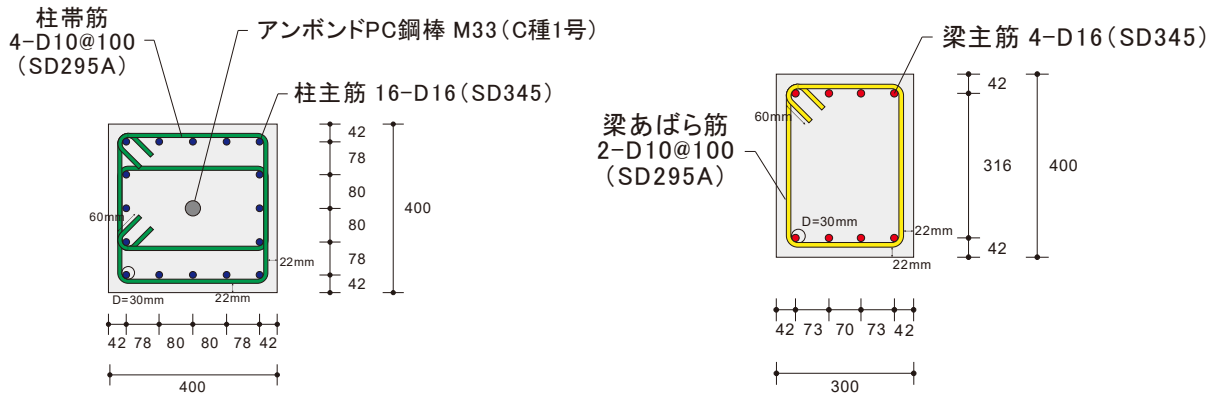


図 2-17 試験体 C の RC 柱、RC はりの断面図 (単位:mm)

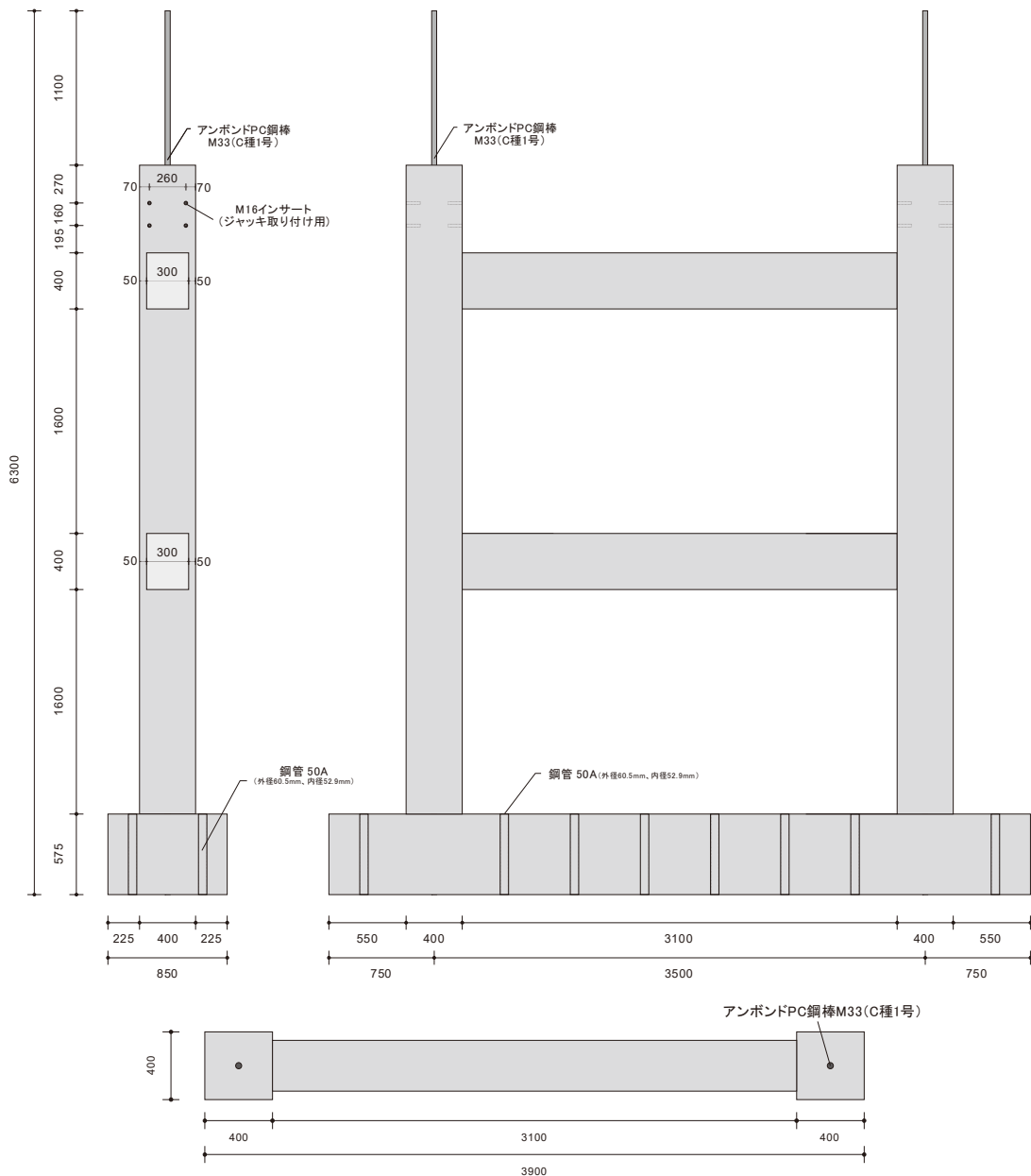


図 2-18 試験体 C の寸法図 (単位:mm)

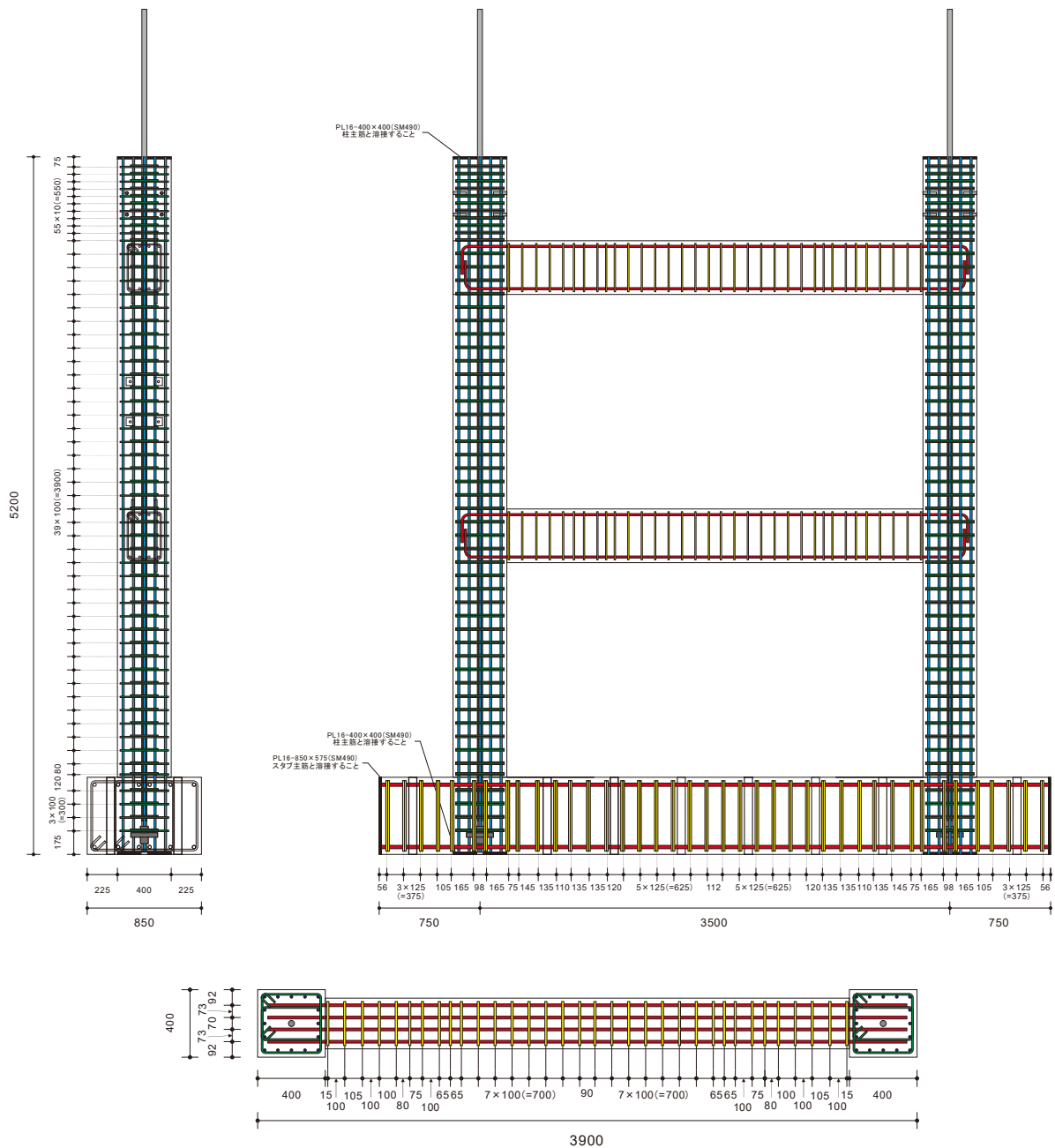


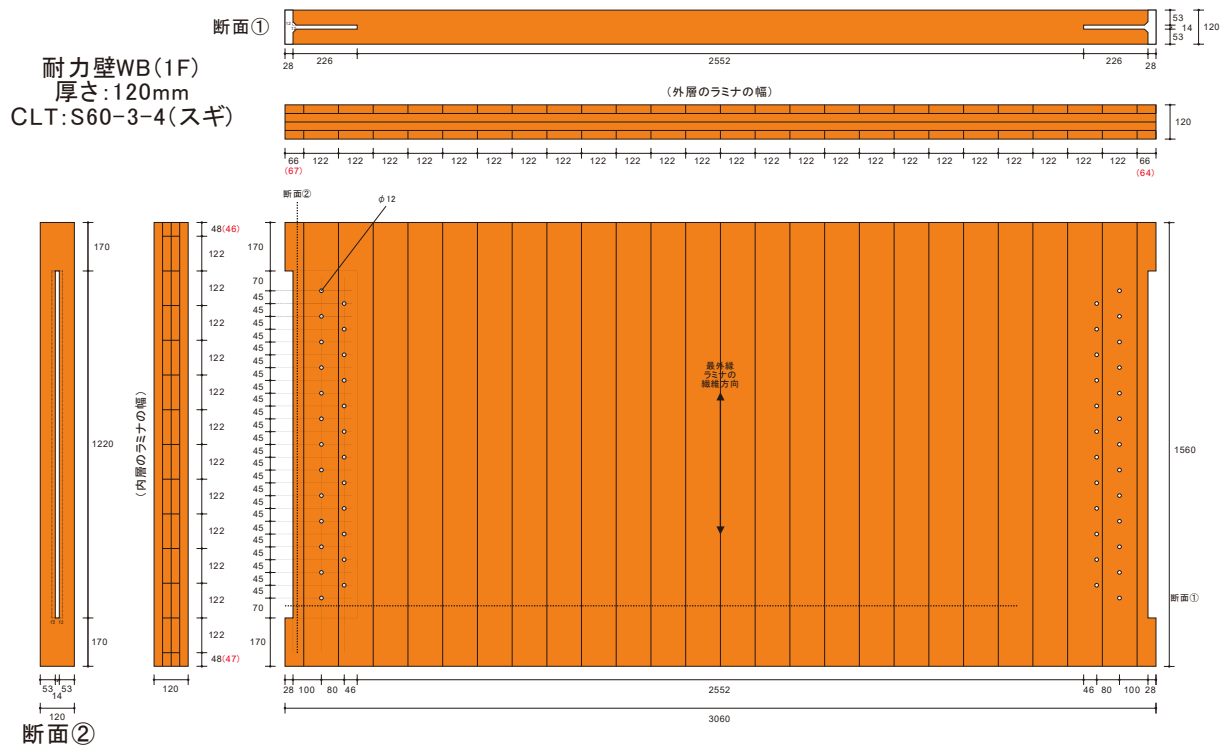
図 2-19 試験体 C の配筋図 (単位:mm)

### 2.2.2. CLT 耐力壁のラミナの配置

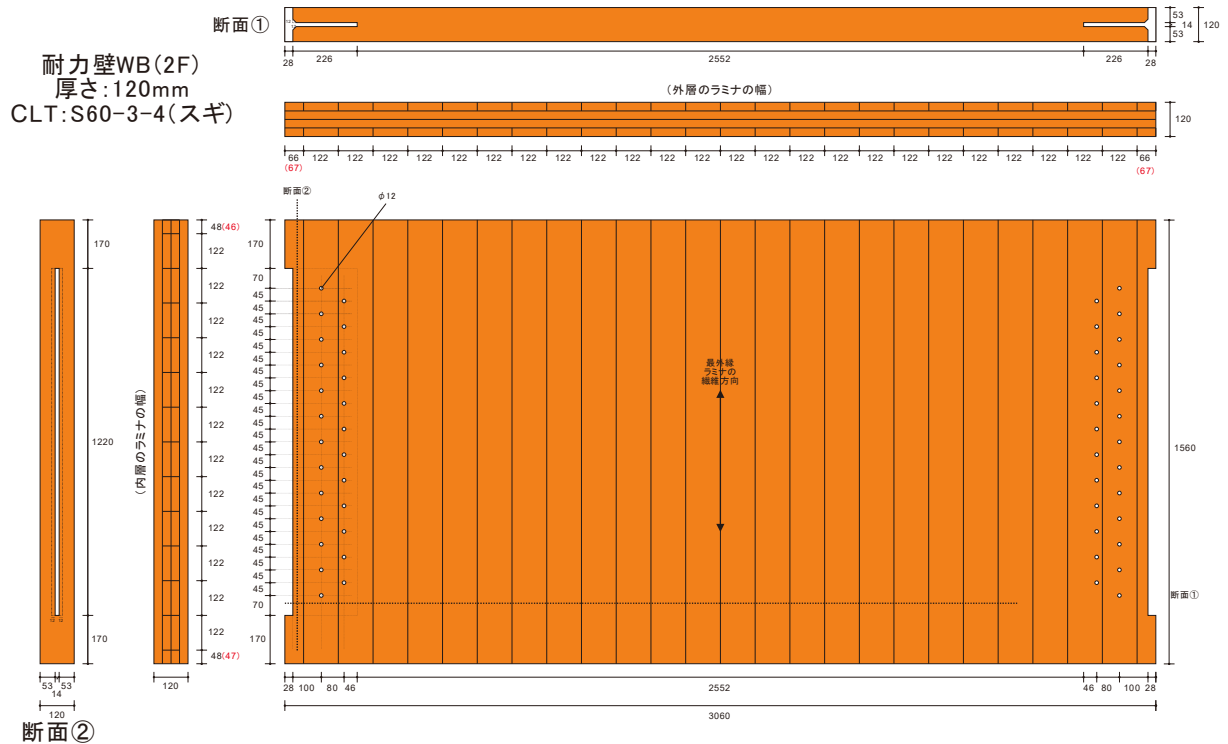
図 2-20、図 2-21 に今回使用した CLT 耐力壁におけるラミナの割り付け状況を示す。同図は CLT 耐力壁の設計図面であるが、図中の括弧内には、実測によって確認した寸法を赤字で示している。今回使用したラミナの幅は 122mm を基準としており、WA 試験体の最外縁のラミナ、WB 試験体の中間層のラミナの幅方向の数は 12.8 枚 (≒1560mm/122mm)、WA 試験体の中間層のラミナ、WB 試験体の最外層のラミナのせい方向の数は 25.1 枚 (≒3060mm/122mm) である。なお、いずれの耐力壁についても、水平方向に配置されたラミナ (WA 試験体の外層、WB 試験体の内層) については、引張力の伝達に期待していることから、フィンガージョイントは設けておらず、縦継ぎは行っていない。また、幅はぎ (厚さ方向の接着) については、今回の実験では行わなかった。







(a) 1F



(b) 2F

図 2-21 WB 試験体に使用した CLT 袖壁におけるラミナの割り付け (単位 : mm)

## 2.3. 施工実験

### 2.3.1. CLT 袖壁の製作及び接合金物の設置

写真 2-1、写真 2-2、写真 2-3 に CLT 耐力壁の加工時、金物（鉛直接合材、滑り止め）の製作時、CLT 耐力壁への金物の取り付け時の作業の様子を示す。CLT 耐力壁の両端には、鋼板挿入ドリフトピン接合を行う T 形断面の鉛直接合部を設けるためのスリット孔を設けており、工場において、鉛直接合材の取り付けを行った写真 2-3(b)の状態、CLT 耐力壁の取り付けを行う実験棟に搬入されている。



(a) 鉛直接合部取り付け用のスリット孔の加工



(b) 加工後の CLT 耐力壁の状況 (左側: WA 試験体、右側: WB 試験体)

写真 2-1 CLT 耐力壁の加工



写真 2-2 金物の製作 (左側: 鉛直接合部、右側: 滑り止め)



(a) 鉛直接合部取り付け用のスリット孔の加工



(b) 取り付け後の CLT 耐力壁の状況(左側:WA 試験体、右側:WB 試験体)

写真 2-3 金物の取り付け

### 2.3.2. 全体の工程について

本実験では、CLT 耐力壁を設置する実験試験体 2 体 (WA、WB) に対して、各階に 1 枚の CLT 耐力壁の設置、および鉛直、水平の目地へのモルタル充填、試験体 WA に対して滑り止めの取り付け及び CLT 耐力壁周辺部のモルタル充填を行った。以下に作業の工程を示す。

表 2-3 作業工程 (2021/6/23~7/14)

作業日	作業時間	作業人数	作業内容
6/23	3:00	2 人	RC 試験体への CLT 設置位置の墨出し (目荒らし用)
6/24	3:00	3 人	同上
	3:00	2 人	グラインダーを用いた RC 試験体の目荒らし
6/28	3:00	1 人	同上
	4:00	1 人	プライマー塗布
	2:30	2 人	清掃、RC 試験体への CLT 設置位置の墨出し (位置合わせ用)、養生
	2:00	3 人	滑り止めの設置 (試験体 WA)
6/30	1:00	3 人	清掃、RC 試験体への CLT 設置位置の墨出し (位置合わせ用)、養生
	3:00	1 人	同上
	2:00	3 人	CLT 耐力壁を RC 試験体へ設置 (試験体 WA : 1 枚)
	5:00	4 人	同上 (試験体 WA : 1 枚、試験体 WB : 2 枚)
7/01	7:00	3 人	無収縮モルタル充填 (1 回目) のための型枠設置、養生
7/02	2:00	3 人	同上
	2:00	6 人	無収縮モルタル充填 (1 回目)
7/04	9:00	2 人	無収縮モルタル充填 (2 回目) のための型枠設置、養生
7/05	7:00	3 人	同上
7/07	5:00	6 人	無収縮モルタル充填 (2 回目、試験体 WA、WB の 2F)
7/08	3:00	6 人	無収縮モルタル充填 (2 回目、試験体 WA、WB の 1F)
	4:00	3 人	無収縮モルタル充填 (3 回目) のための型枠設置、養生
7/09	5:30	3 人	同上、脱型 (1、2 回目充填分)
7/12	3:00	6 人	無収縮モルタル充填 (3 回目)
	4:00	4 人	脱型、目地部修復
7/13	7:00	4 人	滑り止め-CLT 耐力壁間の不陸調整モルタル充填 (試験体 WA)、滑り止め板 (最上階) の設置、清掃
7/14	1:00	5 人	目地部修復、清掃

### 2.3.3. 作業の詳細について

写真 2-4 に RC 試験体の墨出し、目荒らしの様子を示す。試験体の目荒らしは、RC 試験体-CLT 耐力壁のモルタルを注入する箇所を対象にグラインダーで行った。





写真 2-4 墨出し、目荒らし

写真 2-5 にプライマー塗布の様子を示す。写真に示すように、養生テープにより塗布部の養生を行い、RC 試験体と CLT 耐力壁のモルタルが接触する部分にのみプライマーを塗布した。なお、CLT 耐力壁の仕口面にも同じプライマーを塗布したが、接合金物には塗布しなかった。



写真 2-5 プライマー塗布の状況

写真 2-6 に試験体 WA における滑り止めの設置状況を示す。RC はりー滑り止め間には、後述する CLT 耐力壁ー滑り止め間の充填に用いる不陸調整用モルタル（厚さ 5mm）を充填して、位置の調整を行い、ボルト締めをした。



写真 2-6 滑り止めの設置 (WA 試験体)

写真 2-7 に CLT 耐力壁の設置の様子を示す。本実験では、実験棟のクレーンにより、CLT 耐力壁を RC ラーメン近傍まで移動させたが、現場ではクレーンが使用できないこと、実大スケールでは更に重量が大きくなることなどを考えると、この施工手順は今後の検討課題である。

CLT 耐力壁を設置位置近傍まで移動した後は、荷物の固定等に用いられるラッシングベルトとリニアスライダを用いて、CLT 耐力壁を所定の位置に移動させた。また、CLT 耐力壁の周囲で所定の目地厚（20mm）が確保できるように、写真に示すように、不陸調整用モルタル（厚さ 5mm）を用いたスペーサーを目地部分に挿入し、十分に硬化した後に、目地部に挟み込んでいた木製の栈木や楔を撤去した。





(a) クレーンによる CLT 耐力壁の吊り込み



(b) ラッシングベルトを用いた CLT 耐力壁の RC ラーメン内への挿入



(c) 挿入時に用いたリニアスライダーと不陸調整モルタルによるスペーサー  
写真 2-7 CLT 耐力壁の設置

写真 2-8、写真 2-9、写真 2-10 に CLT 耐力壁の周辺の水平目地および鉛直目地への無収縮モルタルの充填時の写真を示す。モルタルの充填は、脚部の水平目地と鉛直目地の一部（高さ 100mm 程度まで）を対象とした 1 回目、鉛直目地の一部（高さ 1500mm 程度まで）を対象とした 2 回目、頂部の水平目地と残りの鉛直目地の一部を対象とした 3 回目に分けて行った。目地部の淵を養生テープで保護した後、漏れ止めテープを貼った上で、型枠をねじで CLT 耐力壁に固定し、周囲のコーキングを行っている。また、モルタルの圧入は、型枠の端部に設置した塩ビパイプとホースから行い、もう一方には、空気抜きおよび充填の確認することを目的として、同様の塩ビパイプとホースを設けるか、もしくは、型枠に蓋をせず、開口部を設けた。型枠設置後、ビニールにより、CLT 耐力壁を養生した。水平目地に充填する無収縮モルタルにはプレタスコン TYPE-1S（デンカ社製）を用いた。圧入は、圧入用ポンプにモルタルを移し、ポンプのレバーを押し引きすることで徐々に圧入していった。この時、充填性を向上させるため、型枠を木づちで叩いたり、バイブレーターで振動させたりした。

なお、鉛直接合部の固定に用いた寸切りボルト（M16、S45C）は、引張だけでなく、せん断に対しても抵抗させる必要があるため、RC 柱に設けたシース管と寸切りボルトの間の空隙にも、モルタルを充填させる必要がある。そこで、鉛直目地を対象とした 2 回目の充填時には、鉛直目地部分からシース管内にモルタルが十分に充填されるように、時間をかけて作業を行った。なお、寸切りボルトの固定に用いた定着板には溝を設けており、モルタルがシース管内に充填されると定着板からモルタルが溢れる形となっている。なお、圧入の高さが 1m を超えると充填が難しくなり、計 12 本あるうちの上側の 4 本のシース間については、充填作業に手間が掛かった。また、当初は RC 柱のシース間と同じくらいの高さまでモルタルを圧入した上で、バイブレーターによって充填を行っていたが、途中から、モルタルを高い位置まで一度に充填した上で、バイブレーターを補助的に使って充填したことにより、充填性が高まり、作業の効率が大幅に改善した。





写真 2-8 CLT 耐力壁周囲への無収縮モルタルの充填(1 回目)





写真 2-9 CLT 耐力壁周囲への無収縮モルタルの充填(2 回目)



写真 2-10 CLT 耐力壁周囲への無収縮モルタルの充填(3 回目)

写真 2-11 に、CLT 耐力壁－滑り止め間への不陸調整モルタルの充填状況を示す。CLT 耐力壁－滑り止め間の 20mm の空隙に、不陸調整モルタルを充填した。CLT 耐力壁－滑り止め間では、加力実験の際に離間と接触が繰り返し生じるものと考えられたため、混入されたファイバーの効果により、ひび割れの発生が抑制され、充填部分が一体で挙動することに期待して、水平、鉛直目地部に用いた未収縮モルタルと異なるポリマーセメントモルタルを採用した。使用したのは、RIS フィニッシュエース（デンカ社製）である。写真に示すように、固練りしたモルタルを空隙にこてを用いて押し込む形で充填を行った。



写真 2-11 CLT 耐力壁－滑り止め間の不陸調整モルタルの充填

写真 2-12 に CLT 耐力壁設置後の各試験体の状況を示す。脱型時にモルタルの充填が不十分な箇所については、欠損部分の補修を行っている。



(a) WA 試験体

(b) WB 試験体

写真 2-12 CLT 耐力壁の設置後の状況



#### 2.3.4. ボルトの締め付け

試験体 WA、WB では、長期軸力の入力前に、水平接合材、鉛直接合材の固定に用いている寸切りボルトの締め付けを行い、初期トルクを導入した。CLT 耐力壁をより効果的に水平力に抵抗させることを意図し、CLT 耐力壁に損傷を与えない範囲で、大きなトルクで締め付けを行うこととする。具体的な方法を以下に示す。

##### 試験体 WA

- ① 鉛直目地を横切る寸切りボルト (M16、S45C)、滑り止め固定用の寸切りボルト (M20、S45C) にトルク 70Nm で一次締め付けを行う。
- ② 鉛直目地を横切る寸切りボルト (M16、S45C)、滑り止め固定用の寸切りボルト (M20、S45C) にトルク 95Nm で本締め付けを行う。

##### 試験体 B

- ① 鉛直目地を横切る寸切りボルト (M16、S45C) にトルク 70Nm で一次締め付けを行う。
- ② 鉛直目地を横切る寸切りボルト (M16、S45C) にトルク 95Nm で本締め付けを行う。

## 2.4. 材料試験

### 2.4.1. コンクリート

表 2-4 にコンクリートの圧縮、割裂試験の結果を、図 2-22、図 2-23、図 2-24、図 2-25 に圧縮試験におけるコンクリートの応力-ひずみ関係を示す。試験区間となる 1、2 階のコンクリートの圧縮強度の平均値は、試験体 WA、WB で  $38.6\text{N/mm}^2$ 、 $38.5\text{N/mm}^2$  とほぼ等しいが、下スタブ、3 階のコンクリートについては、材齢の短い試験体 WA よりも、材齢の長い試験体 WB の方が高い圧縮強度を示している。なお、比較対象となる RC ラーメンの試験体 C については、試験区間となる 1、2 階のコンクリートの圧縮強度の平均値が  $36.1\text{N/mm}^2$  であり、試験体 WA、WB と比較すると若干低い。

表 2-4 コンクリートの試験結果

試験体名		割線剛性 ( $\text{kN/mm}^2$ )	圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	割裂強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	材齢(日)
WA	下スタブ	28.9	36.2	2.7	197
	1階	28.8	38.9	3.0	182
	2階	25.9	38.3	2.6	168
	3階	29.2	34.5	2.7	155
WB	下スタブ	29.9	38.8	2.9	224
	1階	29.2	40.4	2.9	209
	2階	28.1	36.7	2.6	195
	3階	30.2	38.3	2.9	182

参考：RC ラーメン試験体 C

試験体名		割線剛性 ( $\text{kN/mm}^2$ )	圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	割裂強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	材齢(日)
C	下スタブ	32.2	39.1	3.0	197
	1階	32.0	36.3	2.7	183
	2階	32.0	35.8	3.0	163

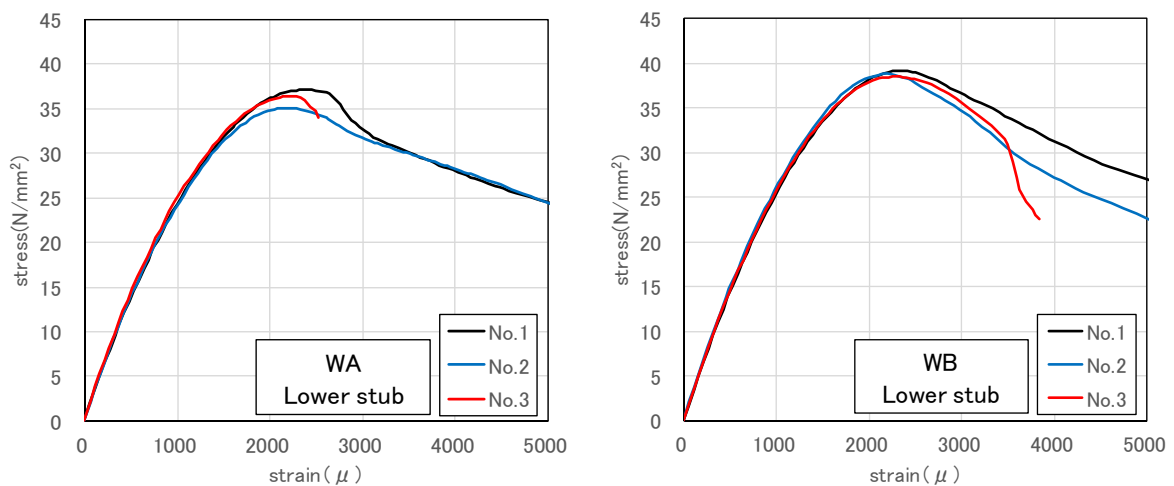


図 2-22 コンクリートの応力-ひずみ関係 (下スタブ)

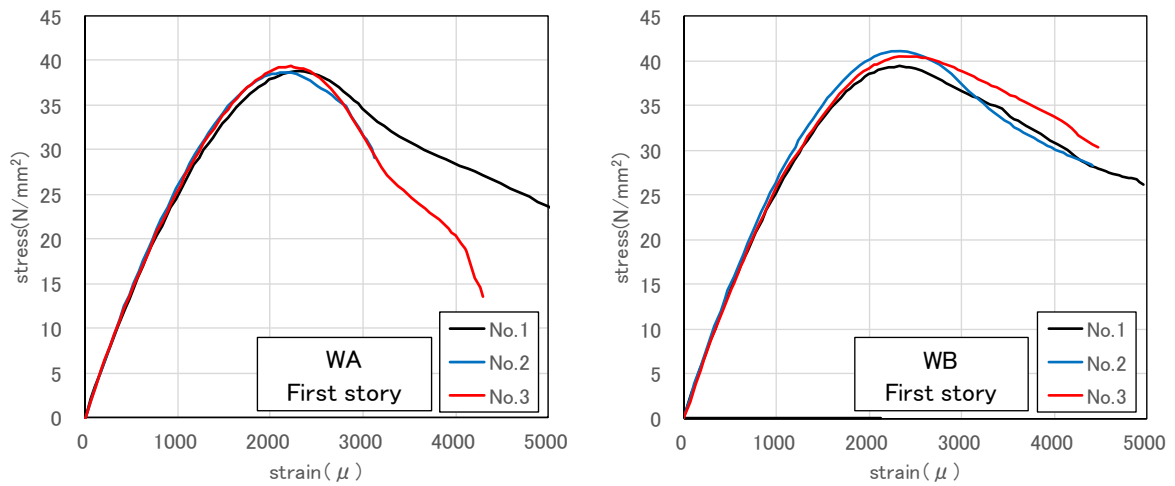


図 2-23 コンクリートの応カーひずみ関係 (1 階)

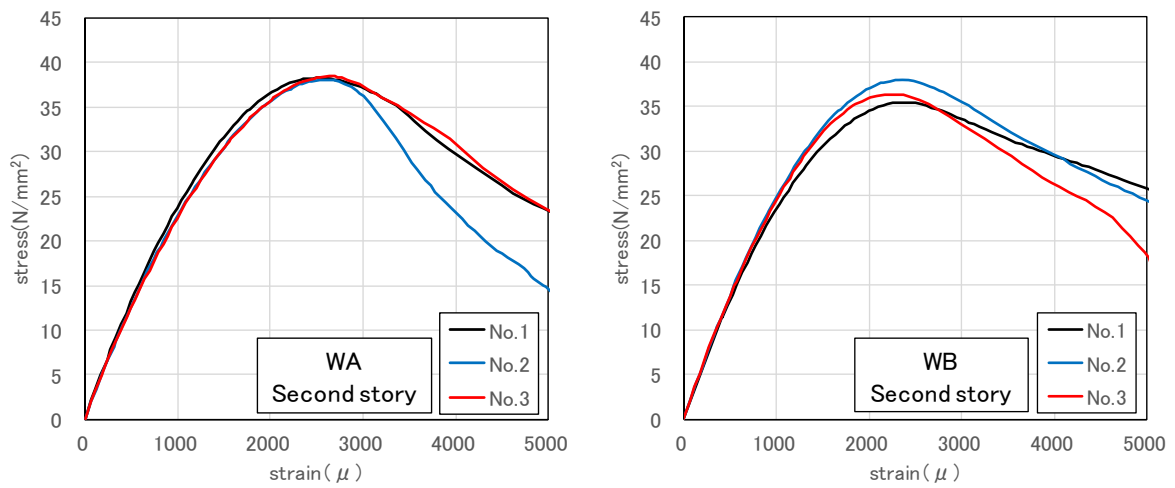


図 2-24 コンクリートの応カーひずみ関係 (2 階)

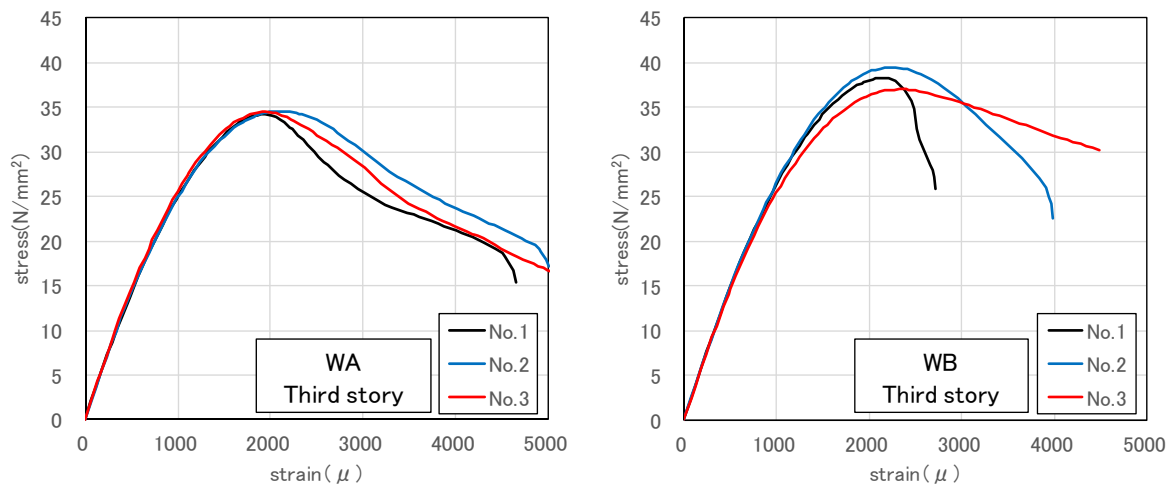


図 2-25 コンクリートの応カーひずみ関係 (3 階)

## 2.4.2. モルタル

表 2-5 にモルタルの圧縮試験の結果を、図 2-26、図 2-27、図 2-28、図 2-29、図 2-30 に圧縮試験におけるモルタルの応力-ひずみ関係を示す。無収縮モルタルに関しては、CLT 耐力壁の周囲に計 3 回の充填（2 回目については、1 階と 2 階で充填日が異なるため、圧縮試験も別途実施）を行ったが、圧縮強度のばらつきが比較的小さかったため、ここでは 1 回目、2 回目、3 回目の充填におけるそれぞれの割線剛性、圧縮強度の平均値を平均した値を採用することとした。また、CLT 耐力壁-滑り止め間に用いた不陸調整モルタルについては、試験体 WA のみに使用しているが、試験体のコンクリートと同程度の圧縮強度を示している。

表 2-5 モルタルの試験結果

試験体名		割線剛性 (kN/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )
WA	不陸調整モルタル	18.3	34.7
	無収縮モルタル	23.0	73.3
WB	不陸調整モルタル	—	—
	無収縮モルタル	23.6	76.4

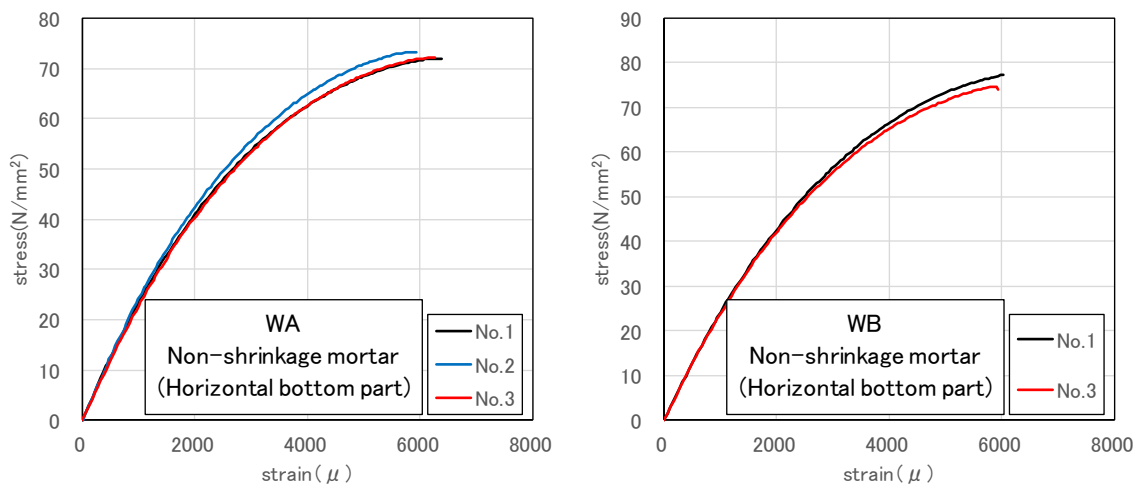


図 2-26 無収縮モルタル（1 回目充填時、水平目地脚部、鉛直目地一部）の応力-ひずみ関係

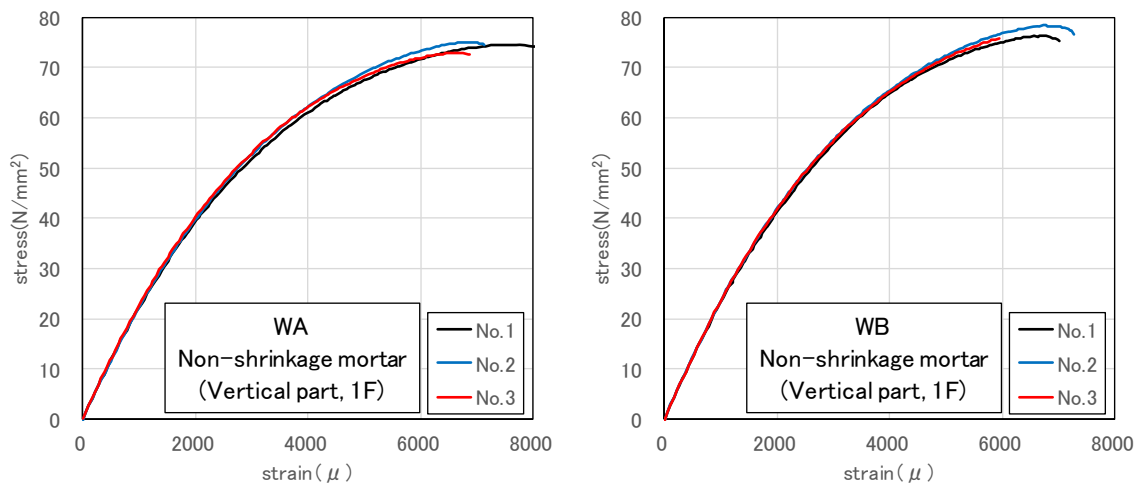


図 2-27 無収縮モルタル（2 回目充填時、鉛直目地一部、1 階）の応力-ひずみ関係

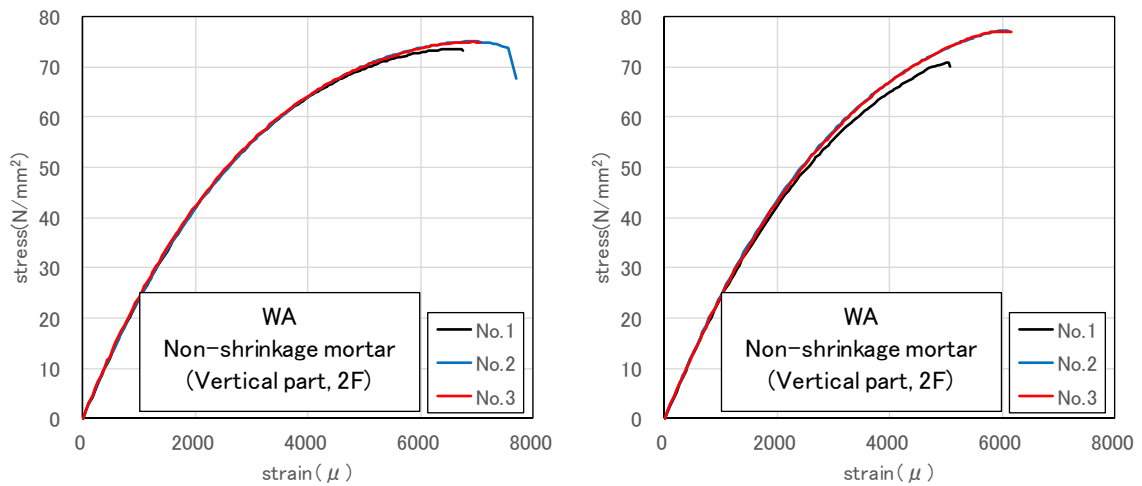


図 2-28 無収縮モルタル（2 回目充填時、鉛直目地一部、2 階）の応力-ひずみ関係

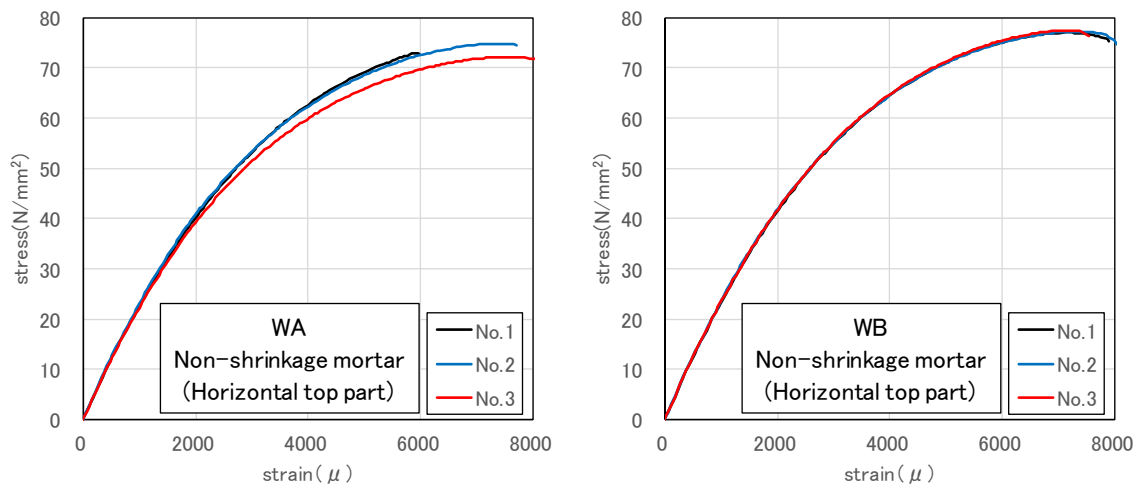


図 2-29 無収縮モルタル（3 回目充填時、水平目地頂部、鉛直目地一部）の応力-ひずみ関係

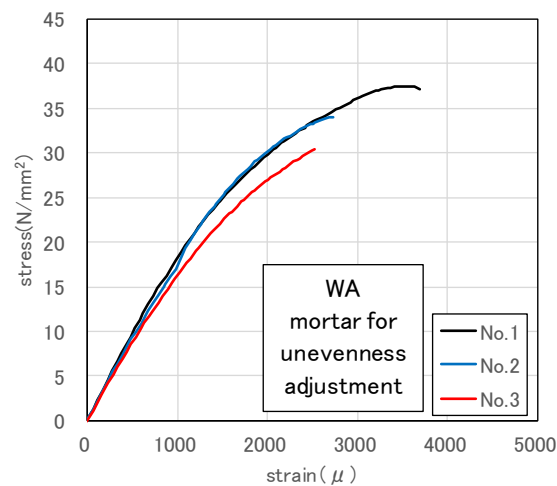


図 2-30 不陸調整モルタル（試験体 WA、CLT 耐力壁-滑り止め間）の応力-ひずみ関係



### 2.4.3. 鋼材

表 2-6 に鋼材の引張試験の結果を、図 2-31、図 2-32 に引張試験における鋼材の応力-ひずみ関係を示す。なお、ドリフトピンには SS400 を用いたが、加工によって、 $400\text{N/mm}^2$  を超える降伏強度が得られている。また、下記表とは別に、RC 柱への軸力の導入に用いた PC 鋼棒 (M32) の弾性域における引張試験 (3 体) も別途実施しており、ヤング係数の平均値として  $196\text{kN/mm}^2$  が得られている。

表 2-6 鉄筋、ドリフトピン、寸切りボルトの試験結果

	試験体名	部位	材種	ヤング係数 ( $\text{kN/mm}^2$ )	降伏強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	引張強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	降伏ひずみ ( $\mu$ )
D10	共通	柱帯筋、大梁あばら筋	SD295A	182	356	500	1952
D13		スタブせん断補強筋	SD295A	185	340	477	1836
D16		柱主筋、大梁主筋	SD345	177	374	556	2115
D25		スタブ主筋	SD345	180	377	579	2095
$\Phi 12$		ドリフトピン*	SS400	200	438	528	2193
M16		寸切りボルト*	S45C	177	687	829	3874
M20	WA	寸切りボルト*	S45C	182	580	790	3188

\* 0.2%オフセット法による。

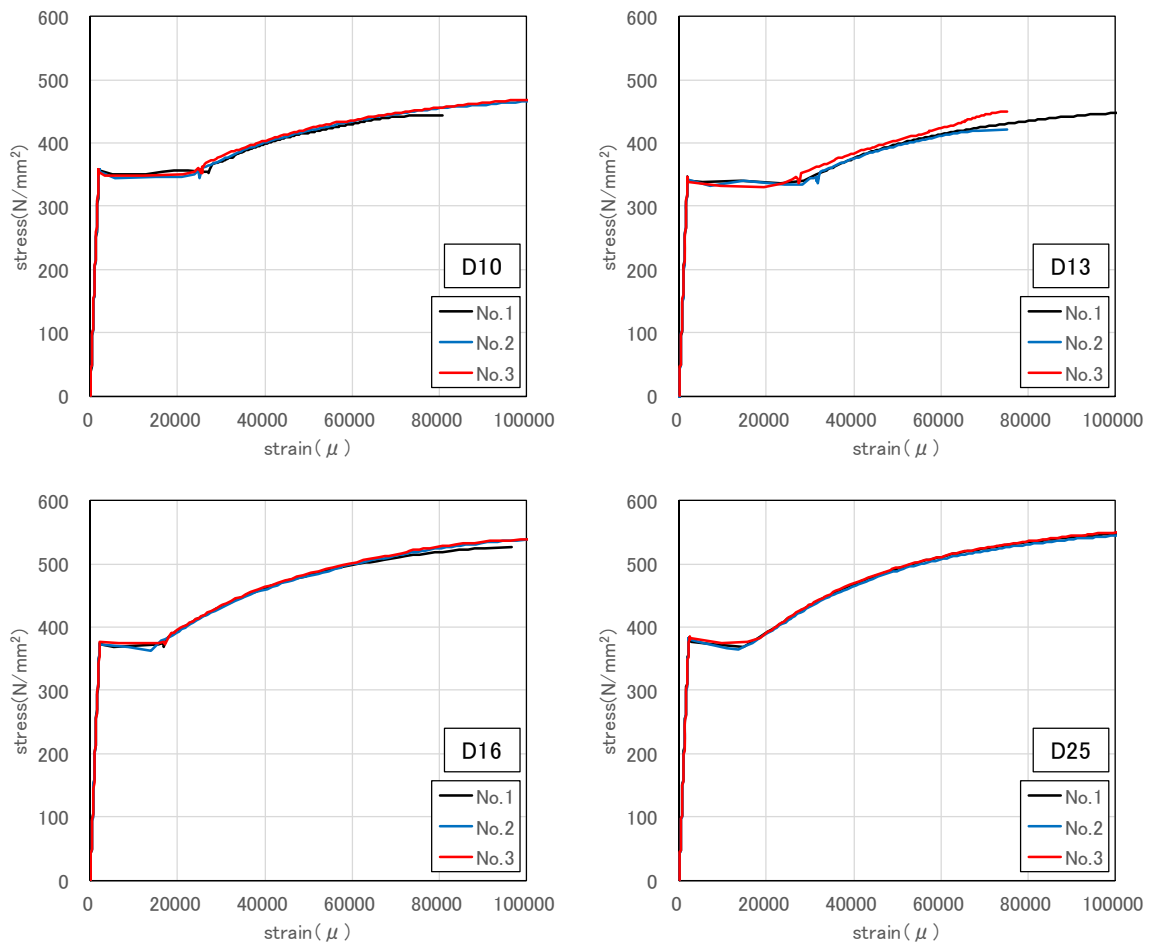


図 2-31 鉄筋の応力-ひずみ関係

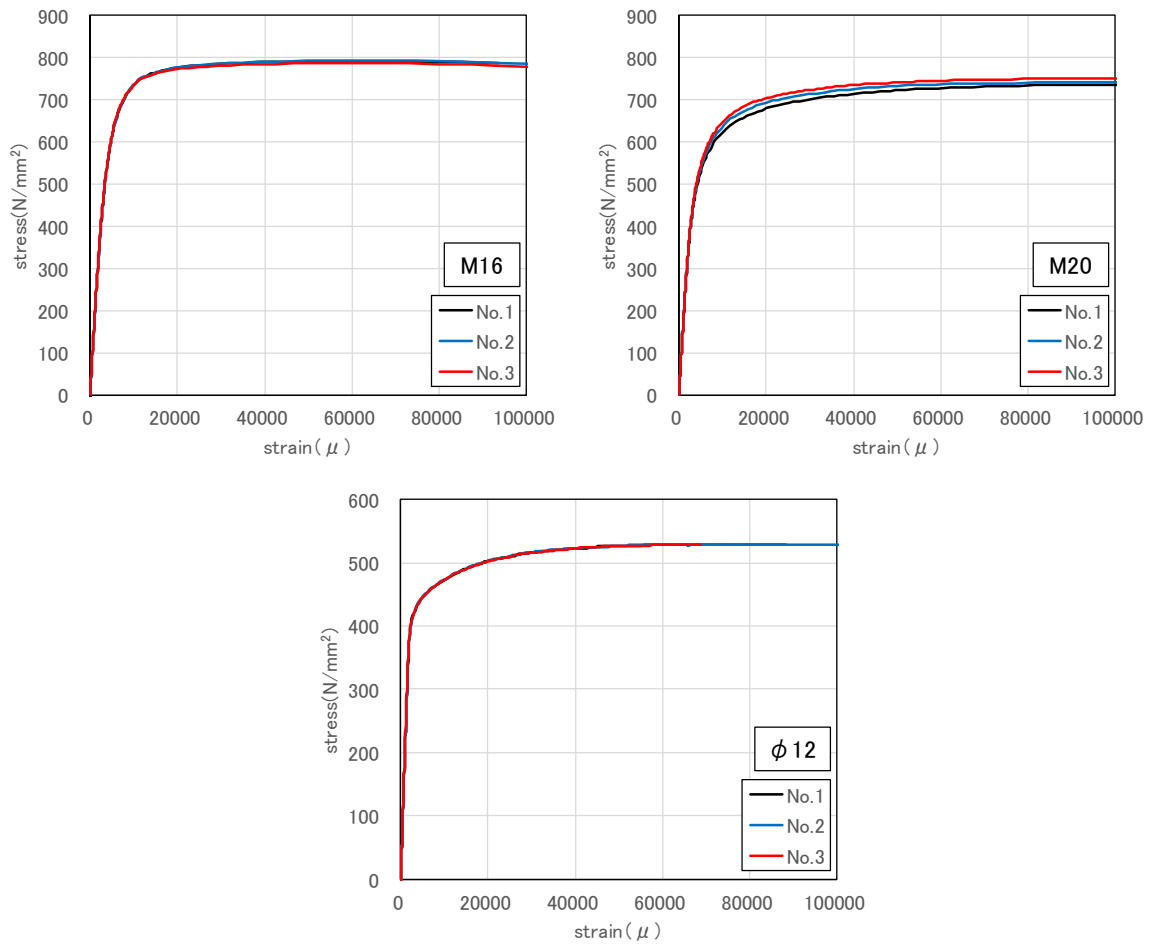


図 2-32 ドリフトピン、寸切りボルトの応力-ひずみ関係

## 2.4.4. CLT パネル

### 2.4.4.1. 圧縮試験

スギ S60-3-4 の CLT について、断面寸法が幅 160mm、厚さ 120mm となる材料試験片を用いた圧縮試験を実施した。実験変数は、表層ラミナの繊維方向（加力方向に対して平行、直交）と試験体の全長（360mm、720mm）であり、合計 4 種類×4 体の材料試験片を用いた。全長が 720mm の試験片では、構造用木材の強度試験マニュアル<sup>3-4)</sup>に従い、試験体の全長を断面の短辺長さの 6 倍とした。また、試験体の全長が大きい場合、座屈変形が起これり実験の特性値に影響が起これる可能性があるため、全長を半分の 360mm とした試験片も用意した。

試験方法は単調载荷で加力速度は 0.5mm/min とし、試験体が破壊するまでの時間が 1 分以上になるようにした。試験体の変形は、相対する 2 材面について、全長を対象とした絶対軸ひずみと、試験体の中央部分のみを対象とした相対軸ひずみの 2 種類を計測した。このうち相対軸ひずみの計測長さについては、強度試験マニュアル<sup>3-4)</sup>では、計測長が短い場合、ひずみの評価が局所的となる可能性があるため、短辺長さの 4 倍（480mm）の長さが計測長の目安として示されているが、ここでは全長が 360mm の試験片もあることから、全長の半分を計測長とした。

相対軸ひずみを用いた縦圧縮（加力方向に対して繊維方向が平行）、横圧縮（加力方向に対して繊維方向が直交）の場合の応力-ひずみ関係を図 2-34、図 2-35 に、各試験体の損傷状況を写真 2-13、写真 2-14 に示す。全長 720mm の試験片では全長 360mm の試験片と比較して、圧縮強度到達後の耐力低下が大きく、座屈により試験片の中央部分が湾曲している試験片もあるが、割線剛性や圧縮強度には繊維方向や試験片の全長の違いによる影響はあまり現れなかった。

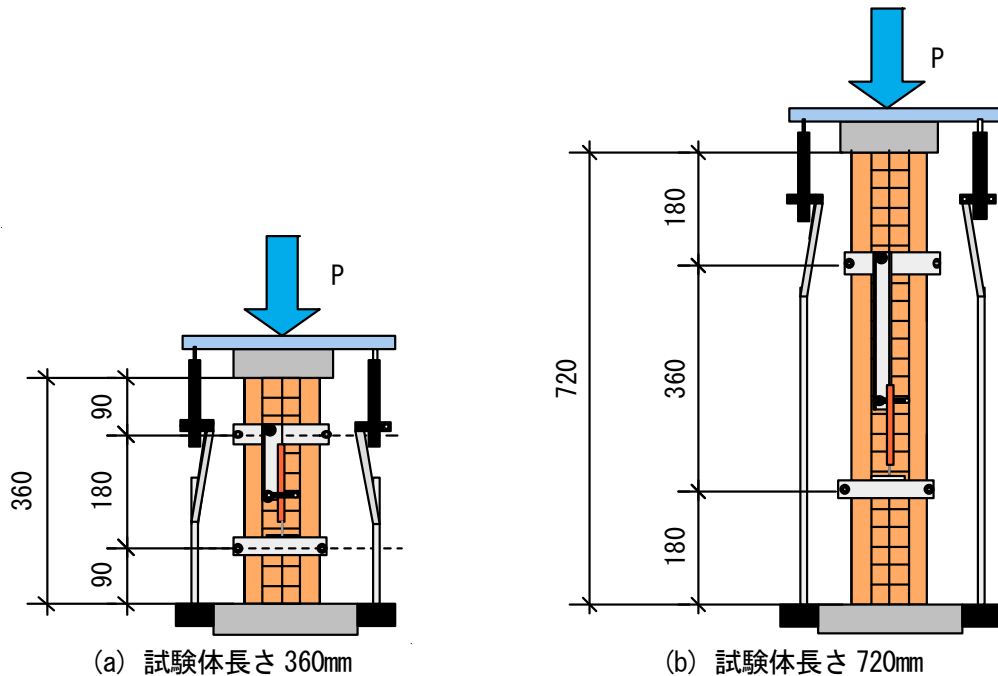


図 2-33 圧縮試験片の概要（単位:mm）

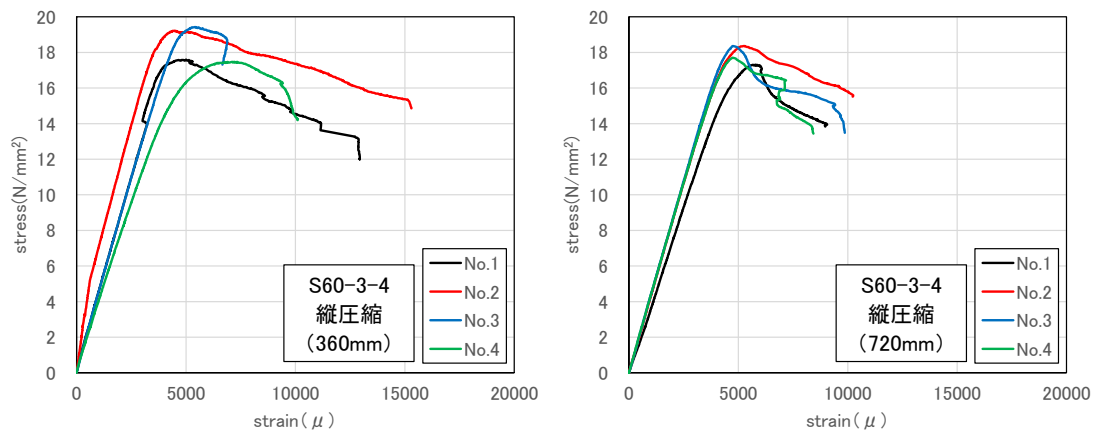
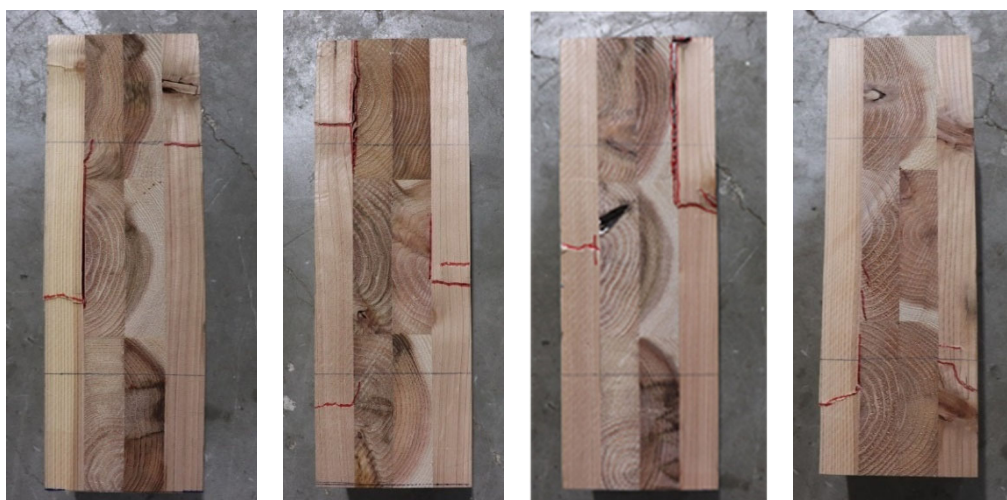
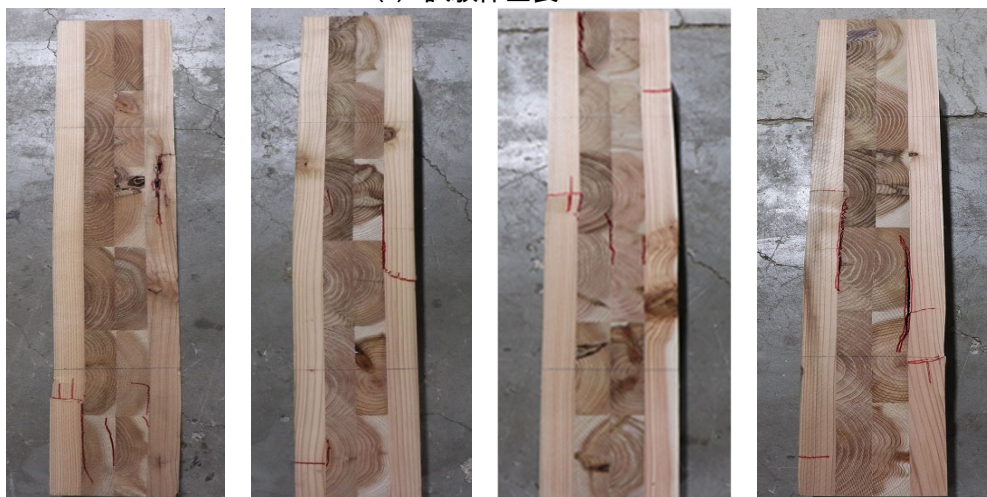


図 2-34 縦圧縮試験の応力-ひずみ関係 (相対軸ひずみを使用)



(a) 試験体全長 360mm



(b) 試験体全長 720mm

写真 2-13 縦圧縮試験の様子

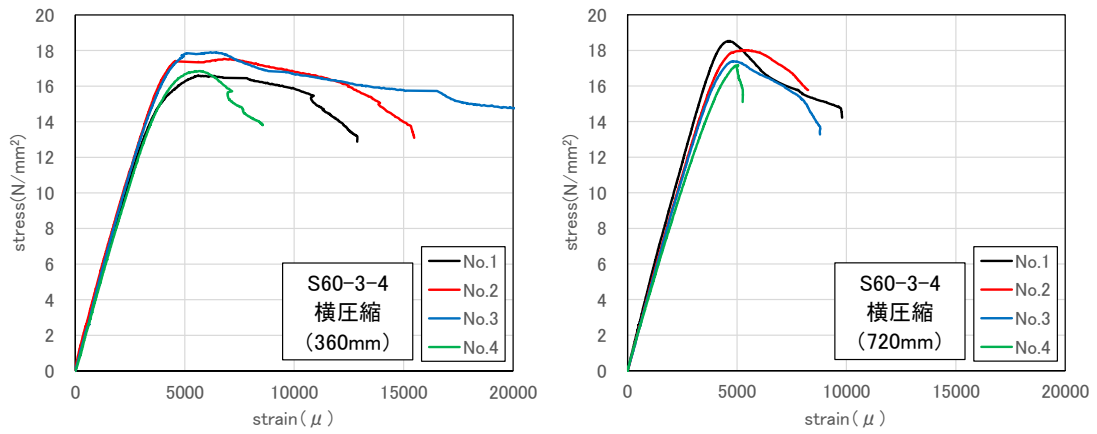
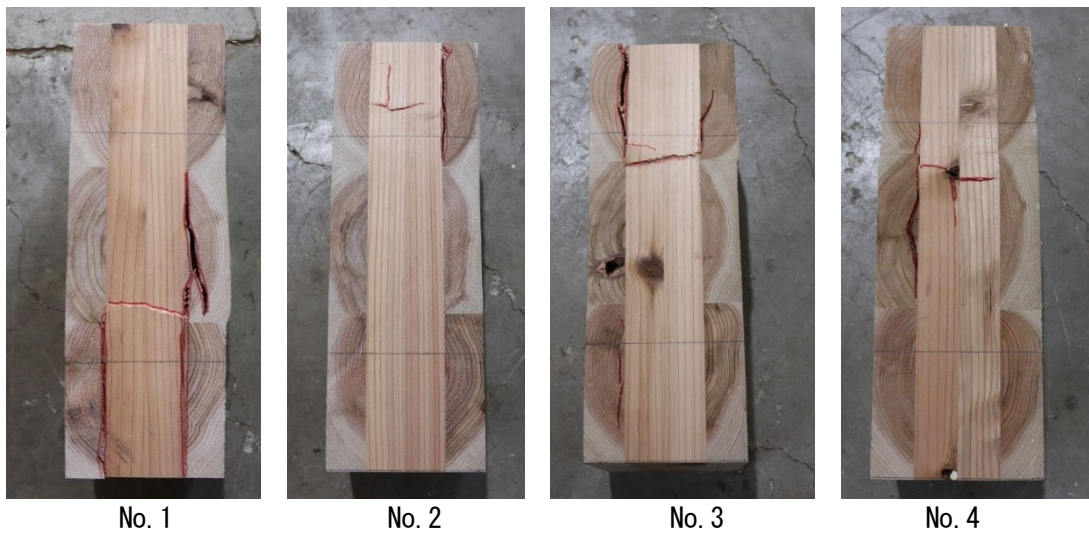


図 2-35 横圧縮試験の応力-ひずみ関係 (相対軸ひずみを使用)



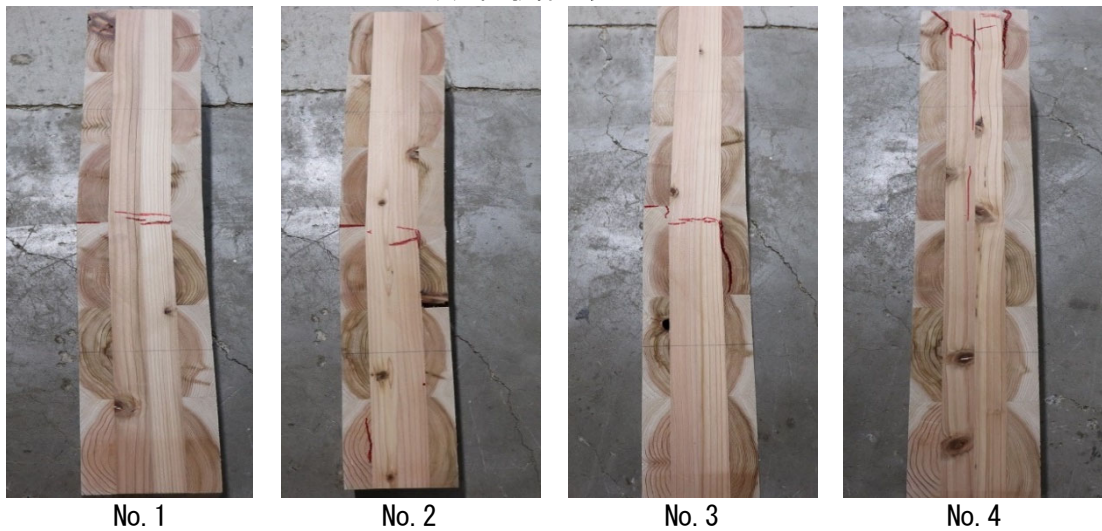
No. 1

No. 2

No. 3

No. 4

(a) 試験体全長 360mm



No. 1

No. 2

No. 3

No. 4

(b) 試験体全長 720mm

写真 2-14 横圧縮試験の様子



表 2-7 に相対軸ひずみを用いた場合の割線剛性、圧縮強度、圧縮強度時のひずみの一覧を示す。割線剛性は圧縮強度の 0.1 倍と 0.4 倍の応力点を結ぶ直線の傾きから求めた。上述したように、繊維方向や試験片の全長の違いが、割線剛性や圧縮強度に及ぼす影響は小さく、いずれの試験体でも 5000  $\mu$  前後で圧縮強度に到達した。

表 2-7 CLT の試験結果（相対軸ひずみを使用）

(a) 全体の平均値

方向	全長 (mm)	割線剛性 (kN/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度時ひずみ ( $\mu$ )
縦圧縮	360	4.66	18.4	5423
横圧縮		4.47	17.2	6005
縦圧縮	720	4.16	17.9	5094
横圧縮		4.47	17.8	4922

(b) 全長 360mm の試験片の個別の計測結果

		割線剛性 (kN/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度時ひずみ ( $\mu$ )
S60-3-4 縦圧縮	No.1	4.30	17.6	5000
	No.2	6.18	19.2	4386
	No.3	4.34	19.4	5406
	No.4	3.80	17.5	6900
	平均	4.66	18.4	5423
	標準偏差	0.91	0.90	927
	変動係数	0.19	0.05	0.17
S60-3-4 横圧縮	No.1	4.43	16.6	5611
	No.2	4.51	17.5	6775
	No.3	4.60	17.9	6175
	No.4	4.36	16.8	5458
	平均	4.47	17.2	6005
	標準偏差	0.09	0.52	519
	変動係数	0.02	0.03	0.09

(c) 全長 720mm の試験片の個別の計測結果

		割線剛性 (kN/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度時ひずみ ( $\mu$ )
S60-3-4 縦圧縮	No.1	3.78	17.3	5678
	No.2	4.29	18.4	5229
	No.3	4.31	18.4	4729
	No.4	4.26	17.7	4739
	平均	4.16	17.9	5094
	標準偏差	0.22	0.45	393
	変動係数	0.05	0.03	0.08
S60-3-4 横圧縮	No.1	4.78	18.5	4588
	No.2	4.50	18.0	5311
	No.3	4.46	17.4	4764
	No.4	4.13	17.2	5025
	平均	4.47	17.8	4922
	標準偏差	0.23	0.53	273
	変動係数	0.05	0.03	0.06



表 2-8 に示す圧縮強度と座屈強度の関係を用いて、材料試験の結果（座屈強度）から、CLT の圧縮強度を計算する。CLT の圧縮強度の計算結果を表 2-9 に示す。ここでは、材料試験片の境界条件が両端固定となることから、座屈長さを試験片の長さの半分とした。いずれの試験片についても有効細長比  $\lambda$  が 30 を上回っていることから、圧縮強度は材料試験の結果（座屈強度）と同じ値となる。ここでは、以前実施した CLT 袖壁の加力実験との連続性も踏まえ、全長 720mm の実験結果（表 2-7、表 2-8 の黄色の塗り潰し）を用いて、以後の検討を行うこととする。

また、CLT の圧縮強度を用いて、架構実験に使用する CLT 耐力壁の座屈強度を計算した結果を表 2-10 に示す。ここでは、耐力壁の境界条件が両端固定となるものと仮定し、座屈長さを耐力壁の全せい (3100mm) の 0.5 倍もしくは内法高さ (1600mm) の 0.5 倍とした場合の結果を示している。表中では WA 試験体の CLT 耐力壁の水平方向の有効細長比が最も小さく、計算上の座屈強度は材料試験結果から推定した圧縮強度の半分以下となるが、CLT 袖壁を用いた架構実験では CLT 袖壁の水平断面に相応の圧縮軸力が作用したのに対し、後述の検討結果に示すように、CLT 耐力壁を用いた架構実験では CLT 耐力壁の水平断面及び鉛直断面に作用する圧縮軸力の比率は小さく、座屈挙動が生じる恐れは小さい。実験中に CLT 耐力壁が面外方向に座屈するような挙動も確認されていないことから、ここでは表 2-9 で示した材料試験結果から推定した圧縮強度を CLT 耐力壁の圧縮強度としてそのまま用いることとした。

表 2-8 圧縮材（座屈）の材料強度<sup>[3-5]</sup>

有効細長比	圧縮材（座屈）の材料強度
$\lambda \leq 30$ の場合	$tF_c$
$30 < \lambda \leq 100$ の場合	$(1.3 - 0.01 \lambda) tF_c$
$100 < \lambda$ の場合	$(3000 / \lambda^2) tF_c$

ここで、 $tF_c$  : 圧縮に関する基準強度、 $\lambda$  : 有効細長比 ( $= l_b \sqrt{A/I_e}$ )、 $l_b$  : 座屈長さ、 $A$  : 強軸方向の許容応力度を計算する場合は全断面積、弱軸方向の許容応力度を計算する場合は外層を除いた部分の断面積、 $I_e$  : 強軸方向の許容応力度を計算する場合は全断面の断面二次モーメント、弱軸方向の許容応力度を計算する場合は外層を除いた部分の断面二次モーメントとする。

表 2-9 材料試験から推定した CLT の圧縮強度

	全長 (mm)	推定した圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	材料試験の最大圧縮応力 (= 座屈強度) (N/mm <sup>2</sup> )	$\lambda$	$l_e$ (mm <sup>4</sup> )	A (mm <sup>2</sup> )	$l_b$ (mm)
S60-3-4 縦圧縮	360	18.4	18.4	5.2	23040000	19200 = 160 × 120	180
S60-3-4 横圧縮		17.2	17.2	10.4	2880000	9600 = 160 × 60	180
S60-3-4 縦圧縮	720	17.9	17.9	10.4	23040000	19200 = 160 × 120	360
S60-3-4 横圧縮		17.8	17.8	20.8	2880000	9600 = 160 × 60	360

表 2-10 架構実験の検討に使用する CLT の座屈強度

	繊維方向	推定した圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	架構試験の座屈強度 (N/mm <sup>2</sup> )	$\lambda$	$l_e$ (mm <sup>4</sup> )	A (mm <sup>2</sup> )	$l_b$ (mm)
WA 水平方向	横圧縮	17.8	7.2	89.5	28800000	96000 = 1600 × 60	1550
WA 鉛直方向	縦圧縮	17.9	17.9	23.1	446400000	372000 = 3100 × 120	800
WB 水平方向	縦圧縮	17.9	15.3	44.7	230400000	192000 = 1600 × 120	1550
WB 鉛直方向	横圧縮	17.8	14.9	46.2	55800000	186000 = 3100 × 60	800

#### 2.4.4.1. 面内せん断試験

スギ S60-3-4 の CLT 面内せん断試験の模式図を図 2-36、図 2-37 に示す。使用する試験片の寸法は幅 720mm、高さ 160mm である。試験体数は表面の繊維方向が平行のものと、直交のものを各 4 体ずつ用意した。また、試験体名は表面の繊維方向が加力方向と平行のものを S60-SO シリーズ、直交のものを S60-SP シリーズとした。試験方法はスパン 320mm の逆対称 4 点荷重法で、載荷方法は単調載荷であり、試験時間が 10 分前後となるように加力速度は 0.5mm/分とした。なお、加力終了は  $0.8P_{max}$  以下まで荷重が低下したときとした。測定変位は試験体の両面に計測した斜めせん断変位とした。

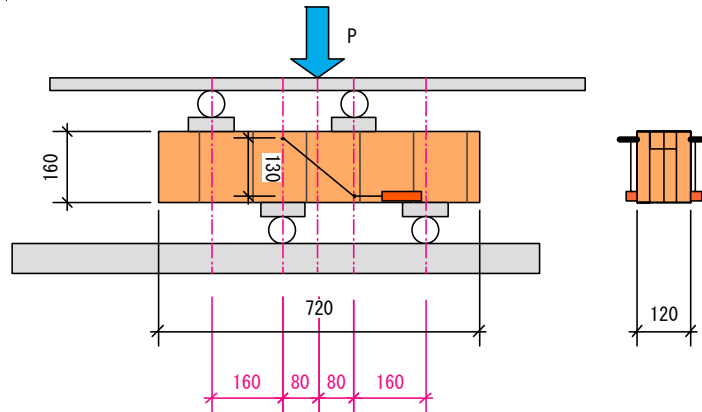


図 2-36 S60-SO シリーズの試験模式図

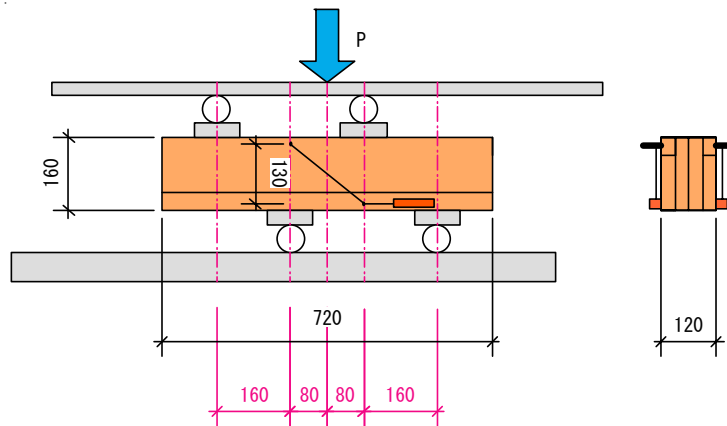


図 2-37 S60-SP シリーズの試験模式図

平均せん断応力度は、試験区間に作用するせん断力0.5Pを試験片の断面積(幅120mm×高さ160mm)で除した値とした。また、最大せん断応力度は、平均せん断応力度に形状係数1.5を乗じた値とした。

試験区間のせん断変形は、試験体の側面に斜め方向に設置した変位計によって計測し、せん断ひずみは以下の算定式で計算した。なお、せん断弾性係数は、平均せん断応力度－せん断ひずみ関係において、平均せん断応力度の最大値の40%と60%に相当する点を結んだ時の傾きとした。

また、応力の下限值は母集団を正規分布と仮定した場合の信頼水準75%の95%下側許容限界値とし、せん断弾性係数の下限値は信頼水準75%の50%下側許容限界値とした。

$$\gamma = \frac{\Delta q}{p} = \frac{\sqrt{(l + \delta_d)^2 - p^2} - q}{p}$$

(2.1)

l、p、q、Δqについては、図2-38を参照されたい。

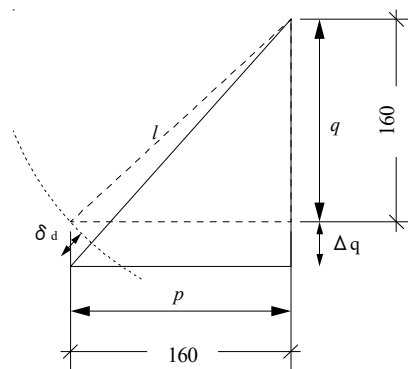
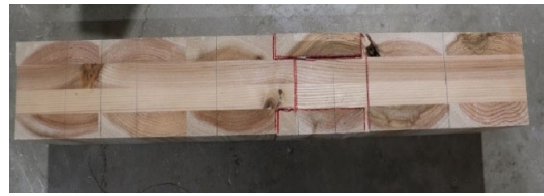


図2-38 せん断ひずみ算出補足 (単位: mm)

各シリーズにおける破壊性状を写真 2-15 に示す。本材料試験で使用している CLT は幅はぎ接着なしのものとなっており、S60-SO シリーズと S60-SP シリーズ両方ともすべての試験体においてラミナの幅はぎ面でのずれが破壊性状として確認された。



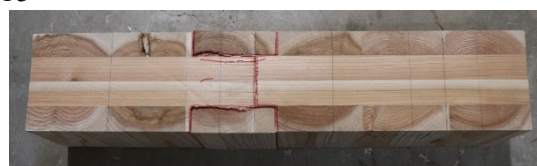
S60-SO1



S60-SO2



S60-SO3



S60-SO4



S60-SP1



S60-SP2



S60-SP3



S60-SP4

写真 2-15 試験体の破壊性状

各試験体の平均せん断力-せん断ひずみ関係を図 2-39 に、各試験体の特性値を表 2-11 に示す。表面の繊維方向をパラメータにとり、面内せん断試験を行ったが、平均せん断応力度、最大せん断応力度は、層構成に関わらず概ね同程度の値を示した。また、一方で、せん断弾性係数に関しては、SO シリーズと比較して、SP シリーズの方が高い値を示しており、文献[3-5]に示されている  $500\text{N/mm}^2$  と比較すると、かなりばらつきが大きい結果となった。したがって、以後の検討では、上記の  $500\text{N/mm}^2$  を用いることとする。

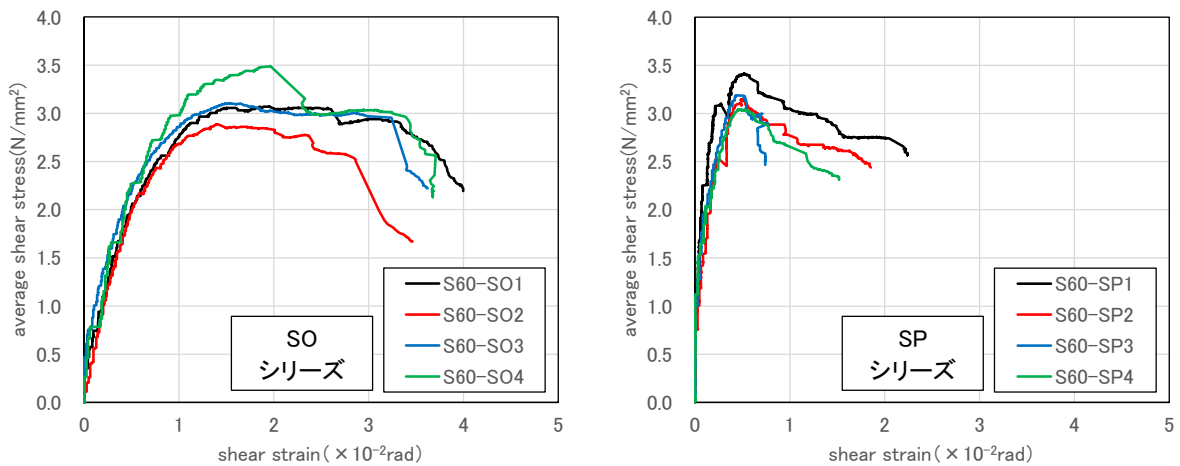


図 2-39 各試験体の平均せん断応力-せん断ひずみ関係

表 2-11 各特性値一覧

(a) 全体の平均値

割線剛性 ( $\text{N/mm}^2$ )	平均せん断応力度 ( $\text{N/mm}^2$ )	最大せん断応力度 ( $\text{N/mm}^2$ )
870	3.17	4.75

(b) 各シリーズの個別の計測値

		割線剛性 ( $\text{N/mm}^2$ )	平均せん断応力度 ( $\text{N/mm}^2$ )	最大せん断応力度 ( $\text{N/mm}^2$ )
SO シリーズ	S60-SO1	296	3.07	4.61
	S60-SO2	300	2.89	4.33
	S60-SO3	348	3.10	4.65
	S60-SO4	334	3.49	5.23
	平均	320	3.14	4.71
SP シリーズ	S60-SP1	1968	3.42	5.12
	S60-SP2	917	3.15	4.72
	S60-SP3	1809	3.19	4.78
	S60-SP4	988	3.04	4.56
	平均	1421	3.20	4.80
全体	平均	870	3.17	4.75
	標準偏差	644	0.19	0.28
	変動係数	0.74	0.06	0.06
	ばらつき係数	0.81	0.87	0.87
	下限値	708	2.76	4.14

面内せん断試験では、いずれのシリーズでも、ラミナの幅はぎ面でのずれが破壊性状として確認されており、ローリングシアによるモードⅢの破壊が生じたものと考えられる。但し、材料試験片と架構実験に用いた耐力壁では、各層のラミナの幅方向の数のうち最小の値が異なるため、面内せん断試験で得られたせん断強度をそのまま用いるのは適切ではない。そこで、材料試験片と袖壁のせん断の基準強度の比率と、実際のせん断強度の比率が等しくなるものと仮定して、袖壁のせん断強度を決定することとした。

表 2-12 に推定した結果を示す。材料試験片における平均せん断強度 ( $3.17\text{N/mm}^2$ ) に対するせん断の基準強度 ( $2.20\text{N/mm}^2$ ) の比率は 1.44 であり、材料試験では、基準強度と比較して 1.5 倍近い実強度が得られている。また、材料試験片と耐力壁のせん断の基準強度の比率を計算したところ、1.01 となり、各層のラミナの幅方向の数のうち最小の値の違いによる影響は小さかった。この比率を用いて耐力壁の平均せん断強度を推定すると  $3.20\text{N/mm}^2$  となり、材料試験結果とほぼ等しい値となった。

なお、以前行った CLT 袖壁を用いた部材実験、架構実験では、部材試験において材料試験片の面内せん断試験を行っていなかったため、骨組解析による検討では、前者ではせん断の基準強度を、後者では面内せん断試験から推定した平均せん断強度を用いた。このうち、CLT 袖壁がせん断降伏したのは部材実験の試験体 (S60-3-3 の CLT 袖壁を用いた AD 試験体) のみであり、せん断の基準強度から推定した部材試験体の最大耐力は実験結果とよく整合している。後述するように、CLT 耐力壁を用いた本実験でも、面内せん断試験から推定した平均せん断強度よりも、せん断の基準強度を用いた方が架構試験体の最大耐力が精度良く推定できることから、以後の検討では、せん断の基準強度を用いることとする。

表 2-12 架構実験に用いる CLT 耐力壁のせん断強度の推定

	各層のラミナの幅方向の数のうち最小の値	せん断の基準強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	せん断強度の平均値 ( $\text{N/mm}^2$ )
材料試験片	$160\text{mm}/122\text{mm}=1.31$	2.20	3.17
耐力壁	$1600\text{mm}/122\text{mm}=13.1$	2.23	3.20 (推定値)
比率		1.01	1.01



#### 2.4.4.2. 含水率、密度の計測

表 2-13、表 2-14、表 2-15 に、圧縮試験片、面内せん断試験片、ドリフトピン面圧試験片（全層）、ドリフトピン面圧試験片（内層）を用いた CLT の密度と含水率の計測結果を示す。含水率の計測には高周波方式の木材水分計を用いた。試験片による違いは殆ど見られず、密度は  $0.41\sim 0.42\text{g/cm}^3$ 、含水率は 11~12%程度 の値となった。この結果から、密度については一般的なスギ材の密度 ( $0.38\text{g/cm}^3$ ) と同程度であり、含水率は日本農林規格で規定されている直交集成板の平均含水率 15%以下であることが確認できる。

表 2-13 密度、含水率の計測結果（圧縮試験片）

試験体		密度 ( $\text{g/cm}^3$ )	含水率 (%)
S60-3-4 縦(L)	No.1	0.41	11.7
	No.2	0.42	11.0
	No.3	0.40	10.2
	No.4	0.40	10.0
S60-3-4 横(L)	No.1	0.40	12.0
	No.2	0.41	12.3
	No.3	0.40	11.8
	No.4	0.40	12.7
S60-3-4 縦(S)	No.1	0.41	10.8
	No.2	0.42	10.3
	No.3	0.42	11.8
	No.4	0.39	11.5
S60-3-4 横(S)	No.1	0.41	11.5
	No.2	0.40	11.0
	No.3	0.43	11.5
	No.4	0.41	12.0
平均		0.40	11.4

表 2-14 密度、含水率の計測結果（面内せん断試験片）

試験体		密度 ( $\text{g/cm}^3$ )	含水率 (%)
S60-SP シリーズ	No.1	0.40	11.2
	No.2	0.40	10.7
	No.3	0.41	11.7
	No.4	0.40	10.5
S60-SO シリーズ	No.1	0.40	10.8
	No.2	0.39	12.8
	No.3	0.40	11.5
	No.4	0.41	12.3
平均		0.40	11.4

表 2-15 密度、含水率の計測結果（ドリフトピン面圧試験片：全層）

試験体		密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)
S60-DPC-O シリーズ	No.1	0.39	13.3
	No.2	0.40	12.5
	No.3	0.41	13.8
	No.4	0.40	11.0
S60-DPC-P シリーズ	No.1	0.41	11.3
	No.2	0.41	12.8
	No.3	0.43	13.0
	No.4	0.41	12.3
平均		0.41	12.5

表 2-16 密度、含水率の計測結果（ドリフトピン面圧試験片：内層）

試験体		密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)
S60-DPC-O (内) シリーズ	No.1	0.43	11.5
	No.2	0.40	10.8
	No.3	0.41	12.5
	No.4	0.51	15.0
S60-DPC-P (内) シリーズ	No.1	0.41	11.0
	No.2	0.40	10.5
	No.3	0.48	14.8
	No.4	0.43	15.3
平均		0.41	12.7

## 2.4.5. ドリフトピン面圧試験

### 2.4.5.1. 概要

ここでは、試験体 A の鋼板挿入ドリフトピン単位接合部の強度及び剛性の推定に必要な CLT ラミナの支圧強度及び剛性を要素実験によって確認する。ラミナの支圧強度及び剛性は、以下の手順で算定した。

- ① 架構実験で用いた 3 層 4 プライ CLT を用いた面圧試験を行い、強度を求める。
- ② ①で行った各試験体から内層部分を切り出し、①と同様に面圧試験を行い、内層部分の支圧強度及び剛性を求める。
- ③ CLT の支圧強度が構成するラミナの支圧強度の平均であると仮定し、下式に示す連立方程式を立て、その解から繊維方向及び繊維直角方向の支圧強度及び剛性を求める。

$$\begin{aligned} 2_m f_o + 2_m f_i &= 4_m F_{all} \\ 2_m f_i &= 2_m F_{in} \end{aligned} \tag{2.2}$$

$$\begin{aligned} 2_m k_o + 2_m k_i &= 4_m K_{all} \\ 2_m k_i &= 2_m K_{in} \end{aligned} \tag{2.3}$$

ここで、 $_m F$ 、 $_m K$  : CLT の支圧強度 (N/mm<sup>2</sup>)、支圧剛性 (N/mm<sup>3</sup>) の実験値 (添字 *all* : CLT 全層、*in* : CLT 内層のみ)、 $_m f$ 、 $_m k$  : ラミナの支圧強度 (N/mm<sup>2</sup>)、支圧剛性 (N/mm<sup>3</sup>) の実験値 (添字 *o* : 外層ラミナ、*i* : 内層ラミナ) である。

### 2.4.5.1. CLT 全層の面圧試験

実験パラメータは 2 ケースを設定し、各 4 体ずつ試験を行う。表 2-17、表 2-18 に各試験体の概要を示す。表に示すように、各試験体上面にはドリフトピン径 φ12 の半円に相当する溝を加工している。なお、CLT 外層ラミナの繊維方向が加力方向に対して平行方向のものを S60-DPC-P シリーズ、外層ラミナの繊維方向が加力方向に対して直交のものを S60-DPC-O シリーズと名付けた。

表 2-17 S60-DPC-O 試験体概要

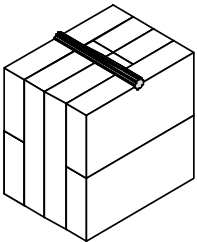
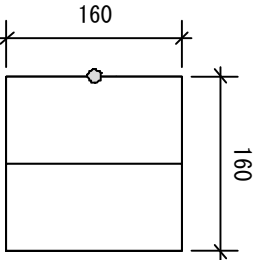
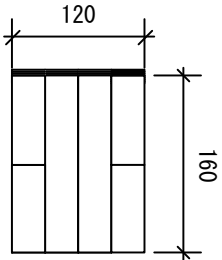
S60-DPC-O			
	ドリフトピン径	12mm	
	CLT 強度等級	S60-3-4	
	樹種	スギ	

表 2-18 S60-DPC-P 試験体概要

S60-DPC-P	ドリフトピン径	12mm
	CLT 強度等級	S60-3-4
	樹種	スギ

加力方法の模式図を図 2-40 に示す。加力は単調加力とし、加力速度は 1mm/min で 15mm を超えるまで加力した。変位計による計測は、加力用治具－基盤間の絶対変位と、加力用治具と試験体表面の相対変位の二つとした。また、面圧による圧縮応力度はロードセルで計測した値を用いて、下式によって算出した。初期剛性はロードセル計測値の最大値または 15mm 変位時の強度の 30%と 50%の値を結んだ直線の傾きとし、面圧強度は ASTM によって定義されている初期剛性の直線をドリフトピンの直径 ( $d$ ) の 5%の長さだけ変位の正方向へ移動した直線と応力変位関係との関係から導かれる強度<sup>[3-6]</sup> (5%offset 強度 ( $\sigma_{5\%offset}$ )) 及び、Hwang らの報告にある 2%オフセットさせた直線と応力変位関係の交点の強度 (2%offset 強度 ( $\sigma_{2\%offset}$ ))<sup>[3-7]</sup>によって評価した。

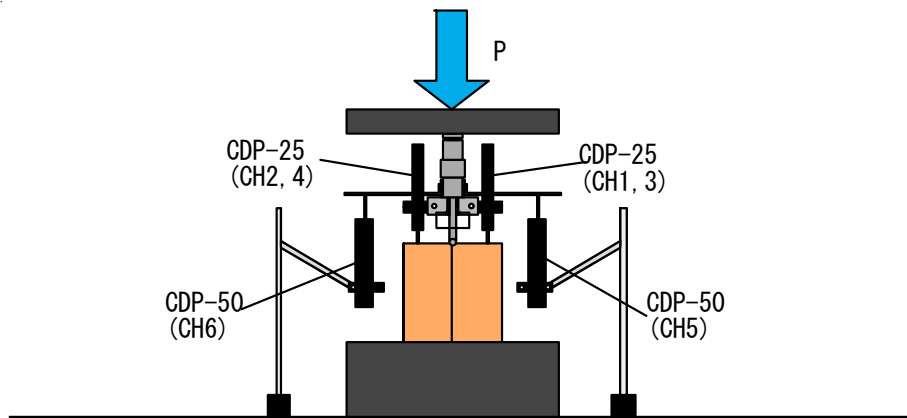


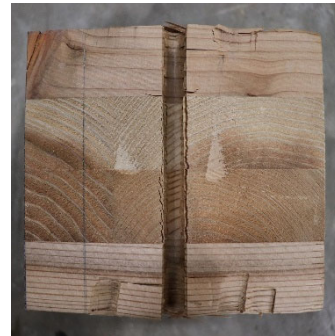
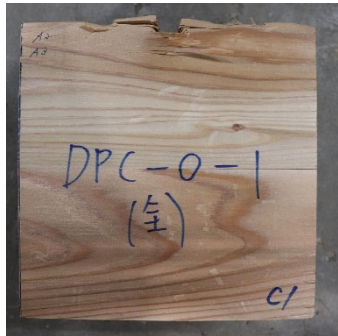
図 2-40 加力方法の模式図

$$\sigma_{DPC} = \frac{P}{A}$$

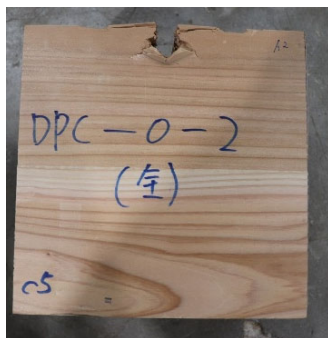
(2.4)

ここで、 $\sigma_{DPC}$  : CLT の面圧強度 (N/mm<sup>2</sup>)、 $P$  : ロードセルで計測された荷重 (N)、 $A_d$  : ドリフトピンの水平投影面積 (mm<sup>2</sup>) とする。

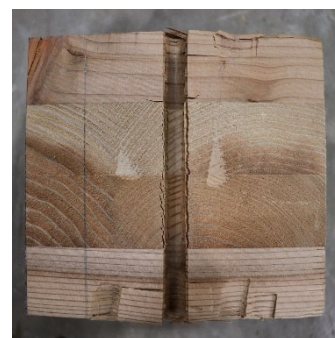
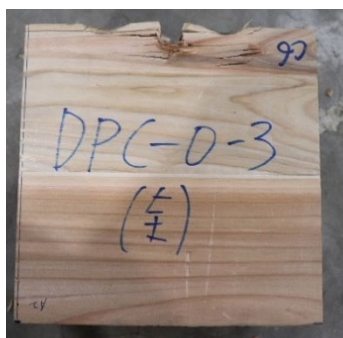
写真 2-16、写真 2-17 に各試験体の破壊性状を、図 2-41、図 2-42 に各試験体の応力-変位関係を示す。得られた応力-変位関係は、最大強度のないめり込み型の曲線となった。また、破壊性状については、基本的にすべての試験体で同じような破壊性状が見られたが、S60-DPC-O シリーズの試験体ではめり込みによって表面のラミナが浮き上がるような破壊が見られた。



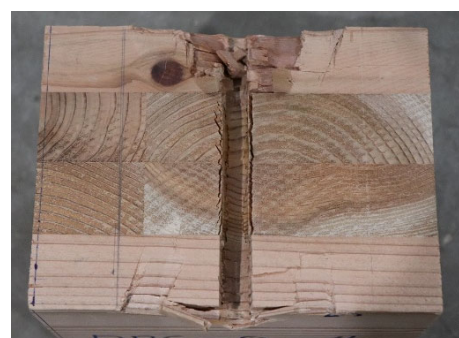
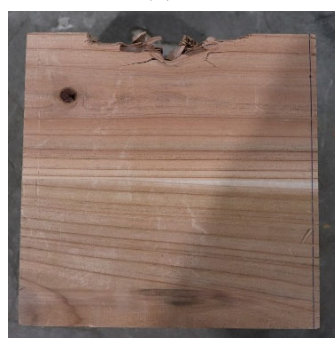
(a) S60-DPC-01



(b) S60-DPC-02



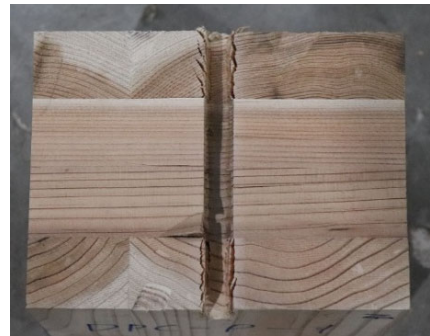
(c) S60-DPC-03



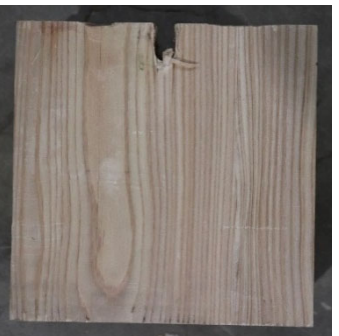
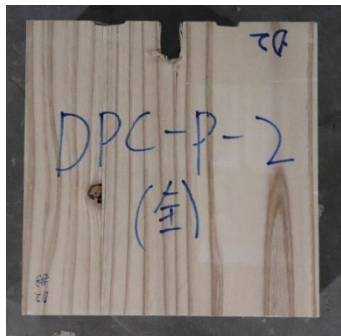
(d) S60-DPC-04

写真 2-16 ドリフトピン面圧試験における破壊性状 (S60-DPC-0 シリーズ)

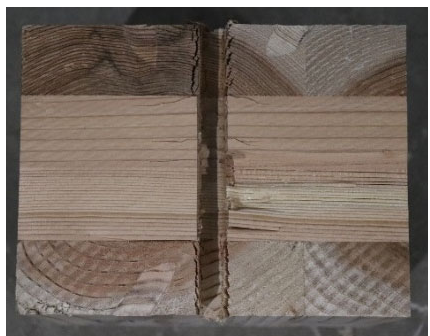
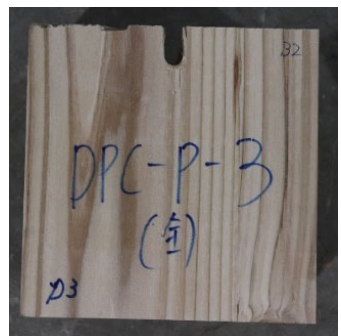




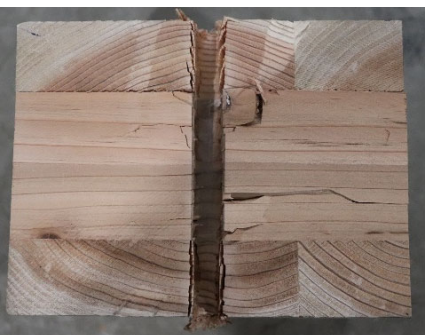
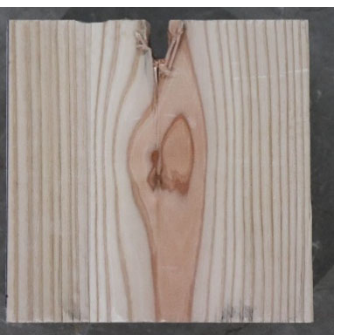
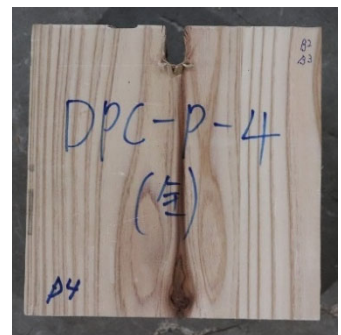
(a) S60-DPC-P1



(b) S60-DPC-P2



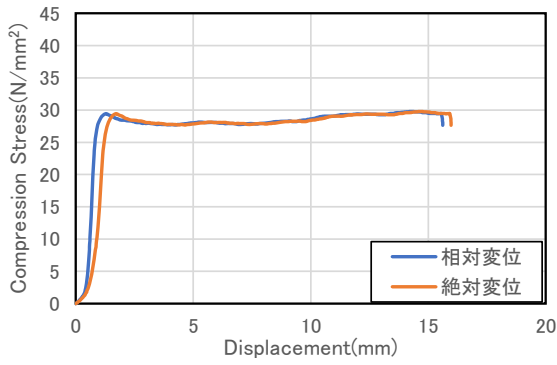
(c) S60-DPC-P3



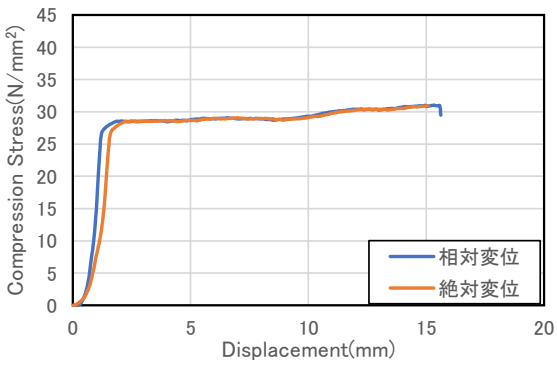
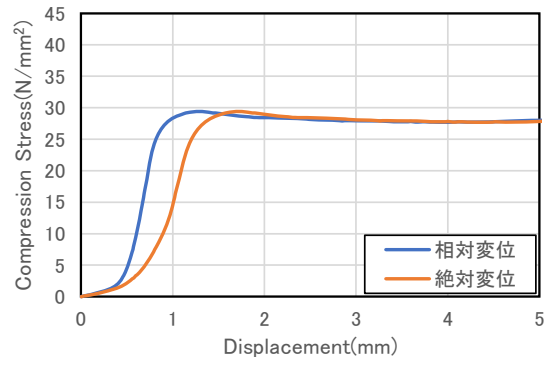
(d) S60-DPC-P4

写真 2-17 ドリフトピン面圧試験における破壊性状 (S60-DPC-P シリーズ)

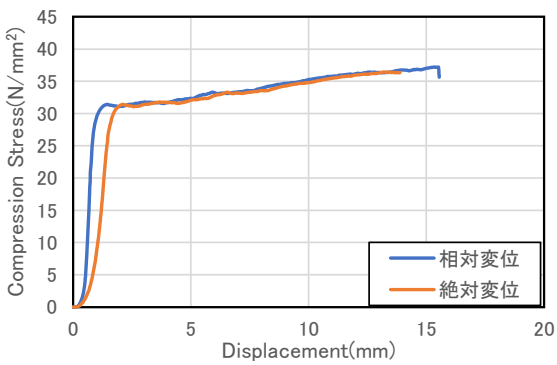
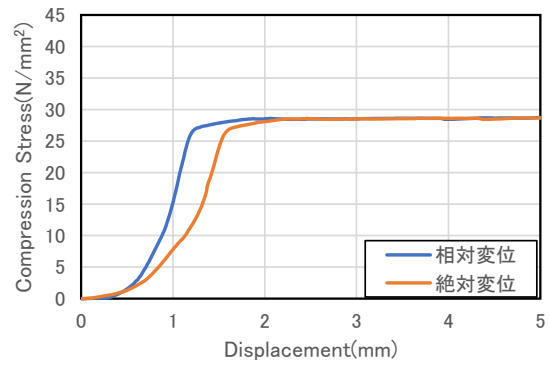




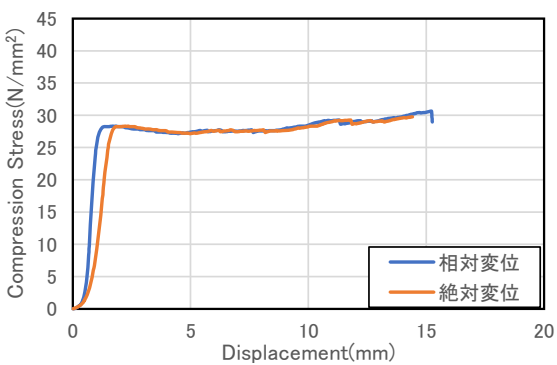
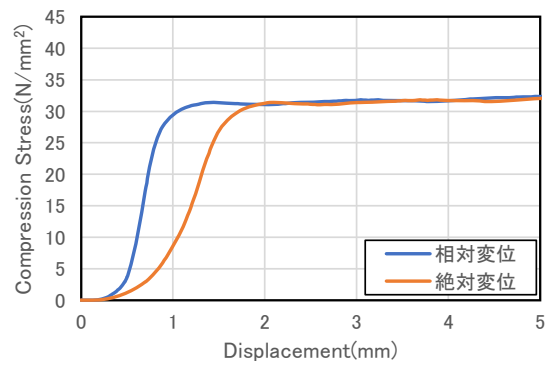
(a) S60-DPC-01



(b) S60-DPC-02



(c) S60-DPC-03



(d) S60-DPC-04

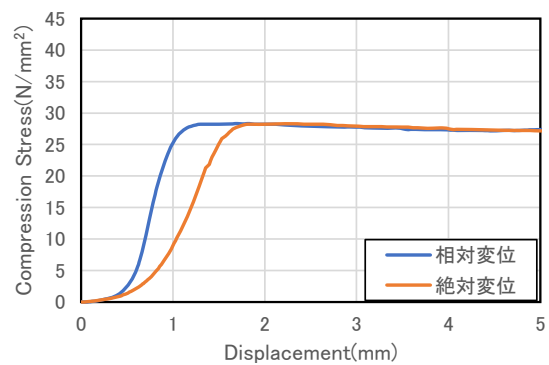
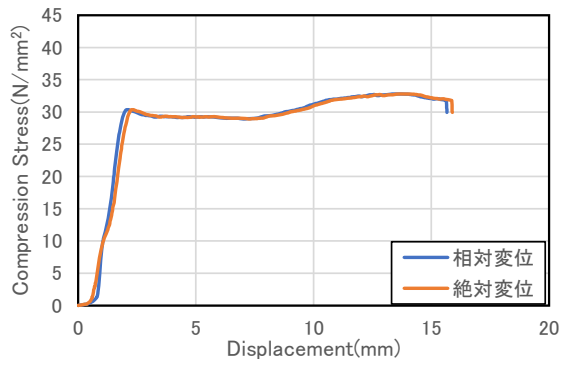
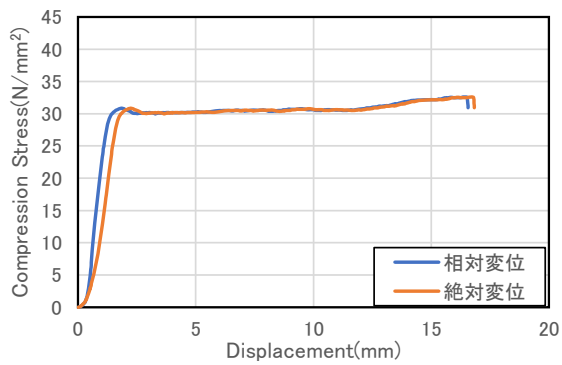
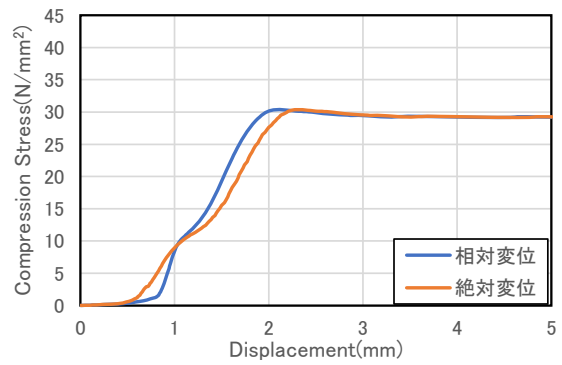


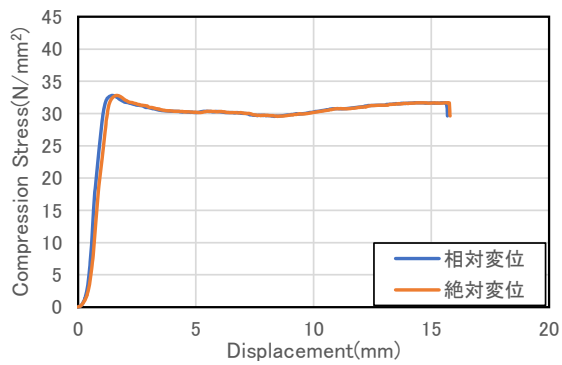
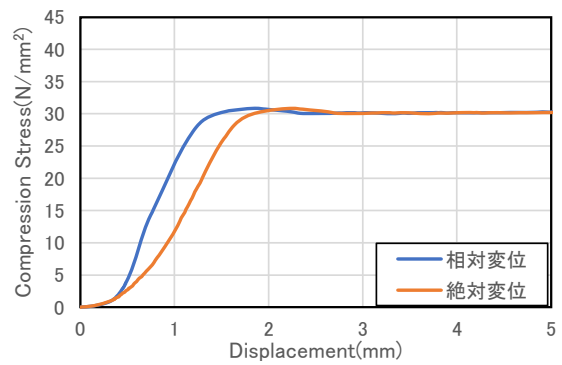
図 2-41 ドリフトピン面圧試験における応力-変形関係 (S60-DPC-0 シリーズ)



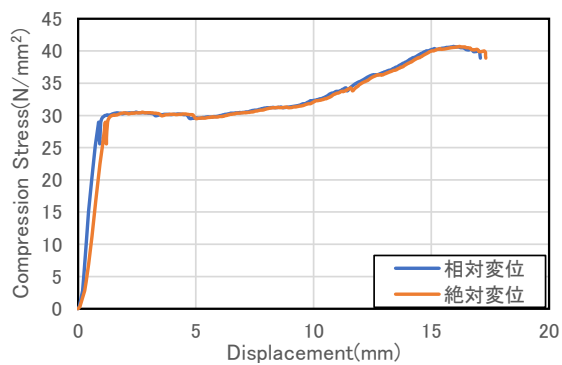
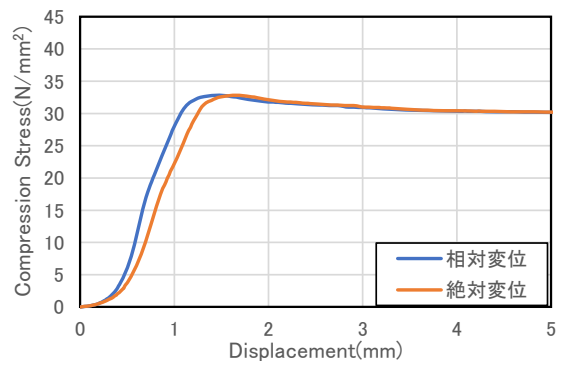
(a) S60-DPC-P1



(b) S60-DPC-P2



(c) S60-DPC-P3



(d) S60-DPC-P4

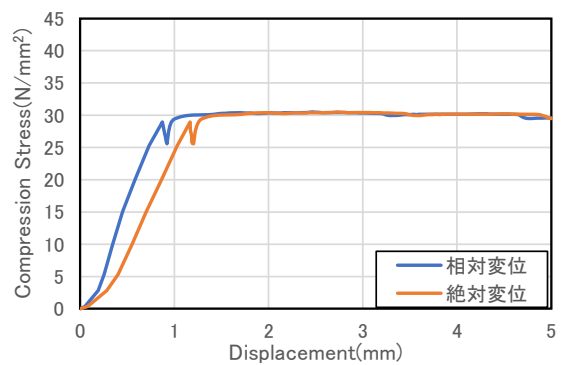


図 2-42 ドリフトピン面圧試験における応力-変形関係 (S60-DPC-P シリーズ)

表 2-19、表 2-20 に特性値の一覧を示す。ここで、 $\delta_R$ 、 $\delta_A$  はそれぞれ加力治具－試験体表面の相対変位、加力治具－基盤間の絶対変位を示している。载荷方向が CLT 内層ラミナの繊維方向と一致する S60-DPC-O シリーズの方が、繊維方向が CLT 外層ラミナの繊維方向と一致する S60-DPC-P シリーズよりも支圧強度がやや小さくなった。また、相対変位から求めた特性値と絶対変位から求めた特性値とを比較すると、最大耐力時の変形量には大きな差は見られないが、変形が小さい範囲では、加力用治具－試験体表面の相対変位の方が加力治具－基盤間の絶対変位よりも小さい。これは、前者は計測区間が短く、試験片のめり込み部周辺の変形が含まれていないことが関係しているものと思われるが、一方で変形が大きくなると、S60-DPC-O シリーズで見られた損傷（表面のラミナの浮き上がり）の影響が少なからず生じることが懸念される。したがって、以後の検討では、加力治具－基盤間の絶対変位を用いることとする。なお、試験体 S60-DPC-P3 に関しては、変位が 1.5mm 前後に最大支圧応力に達した後、最大支圧応力が更新されなかったため、最大応力時の変位が小さくなっている。

表 2-19 相対変位から求めた特性値

試験体名	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{R2\%offset}$	$\sigma_{R5\%offset}$	$\delta_{Rmax}$	$\delta_{R2\%offset}$	$\delta_{R5\%offset}$
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm
S60-DPC-O1	29.79	29.00	29.15	14.33	1.10	1.47
S60-DPC-O2	31.02	27.99	28.52	15.33	1.54	1.91
S60-DPC-O3	37.22	30.28	31.41	15.36	1.09	1.46
S60-DPC-O4	30.66	27.94	28.25	15.23	1.21	1.57
平均	32.17	28.80	29.33	15.06	1.24	1.60
S60-DPC-P1	32.82	30.05	29.59	13.72	2.39	2.73
S60-DPC-P2	32.60	29.93	30.84	16.42	1.43	1.82
S60-DPC-P3	32.81	31.97	32.72	1.45	1.19	1.57
S60-DPC-P4	40.70	29.74	30.16	15.94	1.07	1.44
平均	34.73	30.42	30.83	11.88	1.52	1.89

表 2-20 絶対変位から求めた特性値

試験体名	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{A2\%offset}$	$\sigma_{A5\%offset}$	$\delta_{Amax}$	$\delta_{A2\%offset}$	$\delta_{A5\%offset}$
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm
S60-DPC-O1	29.79	29.23	29.09	14.72	1.60	1.95
S60-DPC-O2	31.02	28.24	28.57	15.69	2.07	2.44
S60-DPC-O3	37.22	30.74	31.32	16.00	1.83	2.21
S60-DPC-O4	30.66	28.23	28.32	15.67	1.86	2.22
平均	32.17	29.11	29.32	15.52	1.84	2.21
S60-DPC-P1	32.82	29.79	29.47	13.96	2.78	3.12
S60-DPC-P2	32.60	30.36	30.79	16.70	1.94	2.31
S60-DPC-P3	32.81	32.07	32.69	1.64	1.40	1.77
S60-DPC-P4	40.70	29.97	30.29	16.19	1.42	1.79
平均	34.73	30.55	30.81	12.12	1.88	2.25

### 2.4.5.1. CLT 内層の面圧試験

面圧試験の試験体から内層部分を切り出し、それらに対して再び面圧試験を行った。表 2-21、表 2-22 に各試験体の概要を示す。実験パラメータは2 ケースを設定し、各 4 体ずつ試験を行う。表に示すように、各試験体上面にはドリフトピン径  $\phi 12$  の半円に相当する溝を加工している。なお、CLT ラミナの繊維方向が加力方向に対して平行方向のものを S60-DPC-PI シリーズ、ラミナの繊維方向が加力方向に対して直交のものを S60-DPC-OI シリーズと名付けた。試験方法、変位計測、特性値の算出方法は CLT 全層面圧試験と同様とした。

表 2-21 S60-DPC-OI 試験体概要

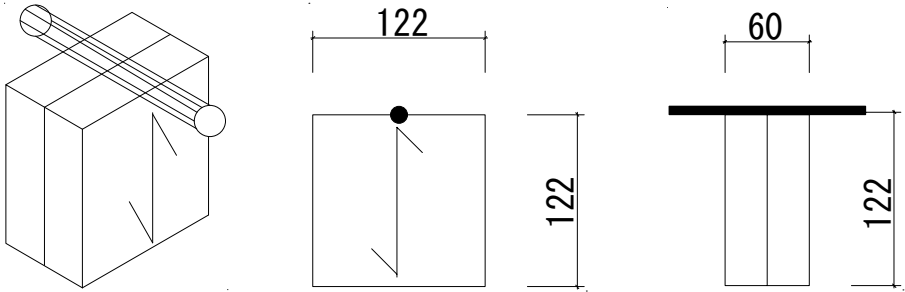
S60-DPC-OI		
	ドリフトピン径	12mm
	CLT 強度等級	S60-3-4 の内層
	樹種	スギ

表 2-22 S60-DPC-PI 試験体概要

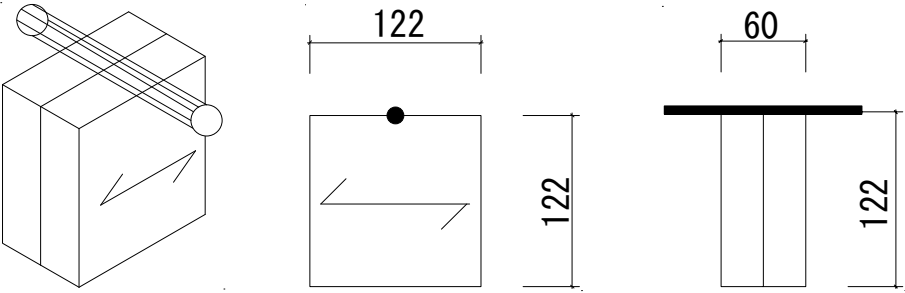
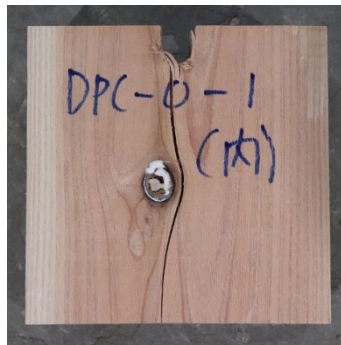
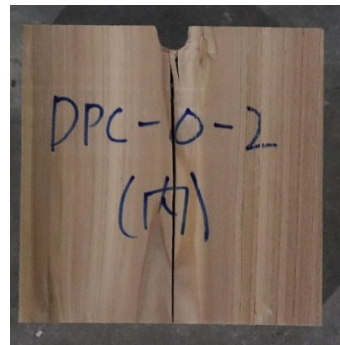
S60-DPC-PI		
	ドリフトピン径	12mm
	CLT 強度等級	S60-3-4 の内層
	樹種	スギ

写真 2-18 に各試験体の破壊性状を、図 2-43 に各試験体の応力-変位関係を示す。S60-DPC-OI シリーズでは、剛性が高く、最大応力に達した後、徐々に応力が低下したような曲線となった。最大応力に関しては多少ばらつきが見られたが、これはせん断面や加力位置に節があったことが原因と考えられる。一方で、S60-DPC-PI シリーズでは、最大応力のないめり込み型の曲線となった。破壊性状については、S60-DPC-OI シリーズでは、繊維方向に沿った集合型せん断破壊が見られ、S60-DPC-PI シリーズでは、めり込み破壊が見られた。なお、S60-DPC-OI シリーズでは相対変位

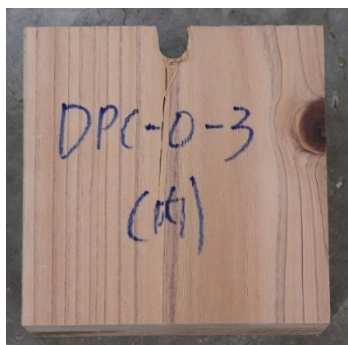
と絶対変位の差は殆ど見られなかったが、S60-DPC-OI シリーズでは両者の間に明確な差が見られた。



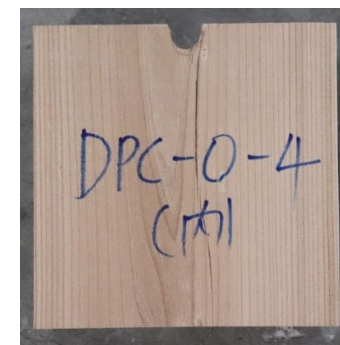
(a) S60-DPC-O11



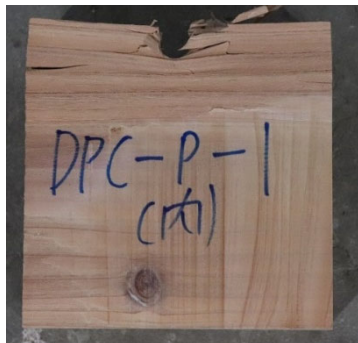
(b) S60-DPC-O12



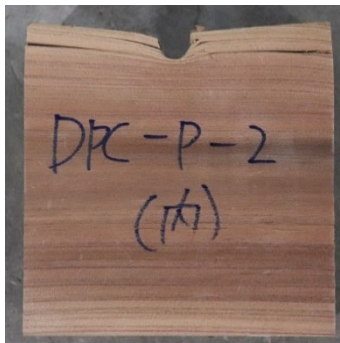
(c) S60-DPC-O13



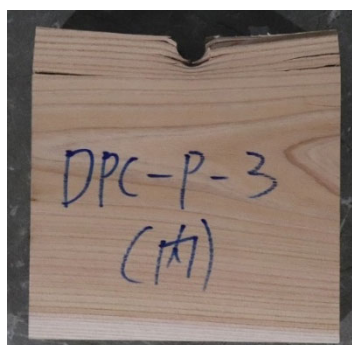
(d) S60-DPC-O14



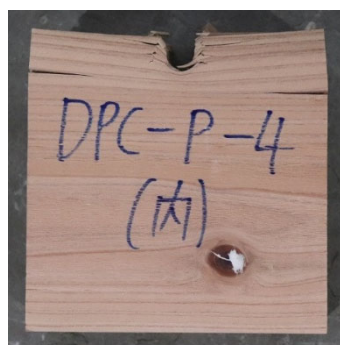
(e) S60-DPC-P11



(f) S60-DPC-P12



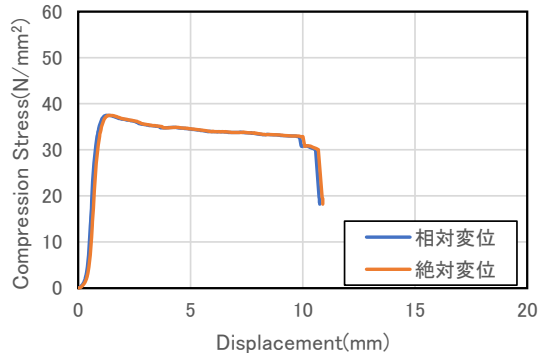
(g) S60-DPC-P13



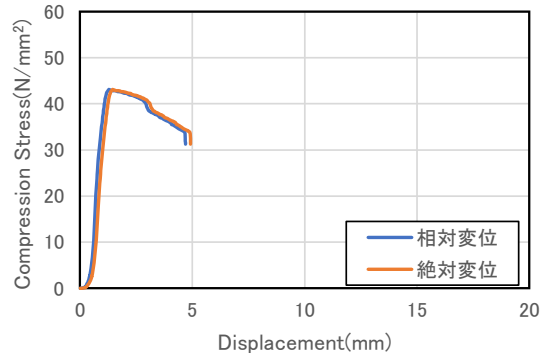
(h) S60-DPC-P14



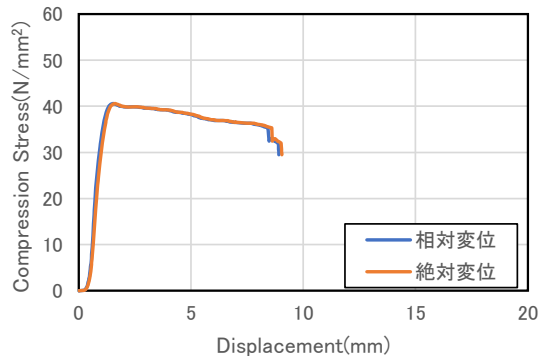
写真 2-18 ドリフトピン面圧試験(内層のみ)における破壊性状



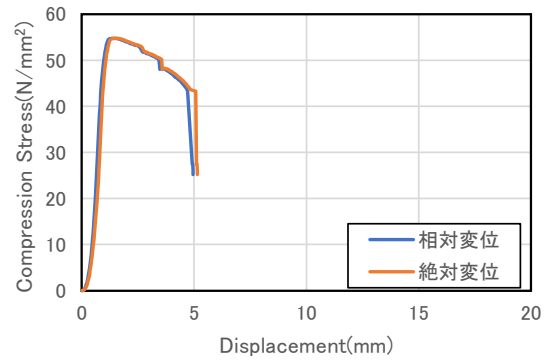
(a) S60-DPC-011



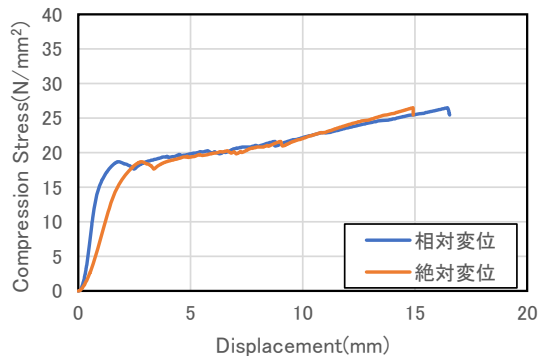
(b) S60-DPC-012



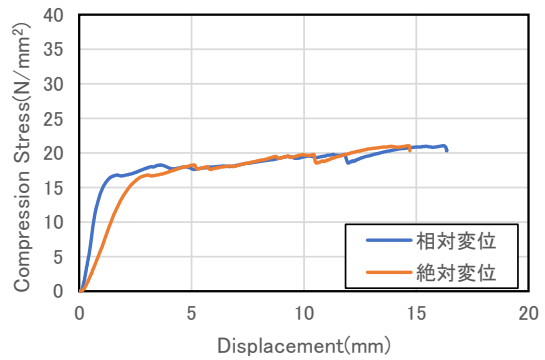
(c) S60-DPC-013



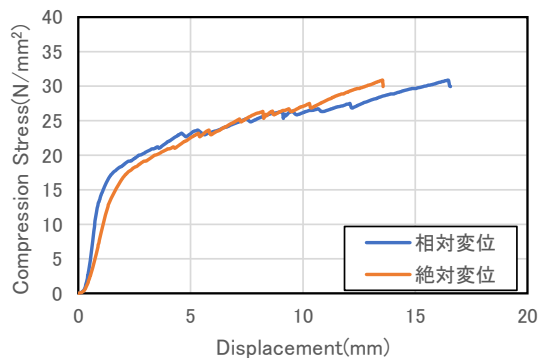
(d) S60-DPC-014



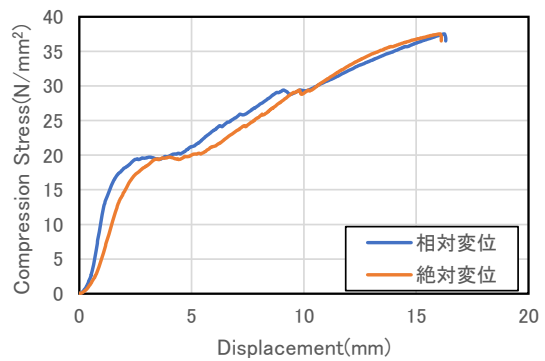
(e) S60-DPC-P11



(f) S60-DPC-P12



(g) S60-DPC-P13



(h) S60-DPC-P14

図 2-43 ドリフトピン面圧試験 (内層のみ) における応力-変形関係



表 2-23、表 2-24 に試験結果の特性値を整理する。ここで、 $\delta_R$  及び  $\delta_A$  はそれぞれ、加力治具－試験体表面の相対変位及び加力治具－基盤の絶対変位を意味する。荷重変形関係において、剛性が高く、急激な耐力低下が見られる S60-DPC-OI シリーズの方が、めり込み形の荷重変形関係となる S60-DPC-PI シリーズと比較して、全体的に高い大きな支圧強度を示したが、いずれのシリーズでも支圧強度のばらつきは比較的大きかった。

表 2-23 相対変位から求めた特性値（内層のみ）

試験体名	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{R2\%offset}$	$\sigma_{R5\%offset}$	$\delta_{Rmax}$	$\delta_{R2\%offset}$	$\delta_{R5\%offset}$
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm
S60-DPC-OI1	37.48	36.42	37.42	1.25	1.04	1.41
S60-DPC-OI2	43.10	42.13	42.82	1.29	1.17	1.54
S60-DPC-OI3	40.60	37.98	40.55	1.52	1.18	1.57
S60-DPC-OI4	54.77	54.58	54.73	1.43	1.21	1.57
平均	43.99	42.78	43.88	1.37	1.15	1.52
S60-DPC-PI1	26.51	16.69	18.42	16.45	1.17	1.61
S60-DPC-PI2	21.04	15.30	16.66	16.25	1.10	1.51
S60-DPC-PI3	30.87	17.52	18.57	16.46	1.56	1.99
S60-DPC-PI4	37.56	19.38	19.67	16.27	2.62	3.02
平均	29.00	17.23	18.33	16.36	1.61	2.04

表 2-24 絶対変位から求めた特性値（内層のみ）

試験体名	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{A2\%offset}$	$\sigma_{A5\%offset}$	$\delta_{Amax}$	$\delta_{A2\%offset}$	$\delta_{A5\%offset}$
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm
S60-DPC-OI1	37.48	36.63	37.42	1.36	1.16	1.53
S60-DPC-OI2	43.10	42.59	42.80	1.45	1.37	1.73
S60-DPC-OI3	40.60	38.63	40.49	1.60	1.30	1.69
S60-DPC-OI4	54.77	54.71	54.65	1.53	1.37	1.73
平均	43.99	43.14	43.84	1.49	1.30	1.67
S60-DPC-PI1	26.51	16.61	18.34	14.91	2.06	2.58
S60-DPC-PI2	21.04	14.92	16.52	14.68	2.20	2.74
S60-DPC-PI3	30.87	17.54	18.61	13.54	2.21	2.69
S60-DPC-PI4	37.56	19.38	19.68	16.08	3.50	3.92
平均	29.00	17.11	18.29	14.80	2.49	2.98

#### 2.4.5.1. 支圧強度及び支圧剛性の推定

CLT 全層の面圧試験、CLT 内層の面圧試験の試験結果の平均値を用いて、式(2.2)、(2.3)を解き、各試験体の繊維平行方向及び繊維直交方向の支圧強度と支圧剛性を計算した。表 2-25 に S60-DPC-O、S60-DPC-OI シリーズ、S60-DPC-P、S60-DPC-PI シリーズで求めた支圧強度及び支圧剛性の計算結果を示す。計算には CLT 全層の面圧試験、CLT 内層の面圧試験の各実験で計測された絶対変位から求めた 2%オフセット値の平均値を用いた。

S60-DPC-O シリーズと S60-DPC-P シリーズの全層面圧試験の結果を比較すると、 $F_{all}$  や  $K_{all}$  は比較的近い値を示しており、外層と内層のラミナの向きの影響はあまり大きくないことが分かる。また、S60-DPC-O、S60-DPC-OI シリーズの内層と S60-DPC-OI シリーズと S60-DPC-P シリーズの外層、S60-DPC-O、S60-DPC-OI シリーズの外層と S60-DPC-OI シリーズと S60-DPC-P シリーズの内層の支圧強度も非常に近い値を示しており、両シリーズの試験結果が概ね整合している。一方で、内層と外層の支圧剛性に関しては、S60-DPC-P、S60-DPC-PI シリーズでは内層、外層とも正值が得られているのに対し、S60-DPC-O、S60-DPC-OI シリーズでは外層が負値となっており、不自然な結果となっている。これは、S60-DPC-O、S60-DPC-OI シリーズでは、剛性の高い繊維方向の内層の支圧剛性から、剛性の低い繊維直交方向の外層の支圧剛性を推定するため、影響が小さい外層の支圧剛性を精度良く算定するのが難しいものと考えられる。そこで、今後の検討では、信頼性の高い支圧剛性、支圧強度が得られているものと考えられる S60-DPC-P、S60-DPC-PI シリーズの結果を用いるものとする。

表 2-25 実験値から求めた支圧強度及び剛性

試験体名	$F_{all}$	$f_i$	$f_o$	$K_{all}$	$k_i$	$k_o$
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>3</sup>	N/mm <sup>3</sup>	N/mm <sup>3</sup>
S60-DPC-O、S60-DPC-OI シリーズ	29.1	43.1	15.1	15.8	33.2	-1.5
S60-DPC-P、S60-DPC-PI シリーズ	30.6	17.1	44.0	16.3	6.9	25.6

## 2.5. 鋼板挿入ドリフトピン接合部の剛性と耐力の評価

### 2.5.1. 概要

試験体 WA、WB では、鉛直接合部に用いた鋼板挿入ドリフトピン接合部の剛性や耐力を評価することが設計やモデル化で不可欠となるが、本研究では、接合部自体の要素実験は実施していない。そこで、ドリフトピン1本あたりの特性値を数値解析によって求めた上で、その解析結果を用いて、接合部の剛性や耐力の評価を行うものとする。なお、数値解析は、設計時に参照可能な情報（材料の基準強度や規格強度、弾性係数等の標準的な特性値等）に基づいて検討する場合と、材料試験の結果等、実態に応じた情報に基づき、実験結果の検証を目的とする場合に分けて考えることができる。ここでは、前者を設計値、後者を試験値と区別して、議論を行うものとする。

### 2.5.2. 計算式を用いたドリフトピン1本あたりの降伏強度の評価

後述する 2.5.3 では、要素実験の結果を基に、鋼板挿入ドリフトピンの強度及び剛性を推定しているが、構造設計時には、CLT やドリフトピンの実強度が明確でないこと、また、数値解析で強度の計算を行うのは煩雑であることから、計算式等により、強度の概算を行うことが現実的である。ここでは、文献[3-8]を参考に、3層4プライの場合の YET による降伏荷重の計算式を誘導した。以下に誘導した算定式を示す。なお、文献[3-8]では5層5プライの場合を対象としているため、ここでは、図 2-44 に示す最外縁の第1層のラミナを無視し、第1層のラミナに起因する破壊モードとなる Mode 2.2 や Mode 3.3 は計算対象としていない。また、Mode 2.1、3.1、3.2 に関しては、位置情報を示す  $x$  の値に条件を設けており、条件を満足しない場合には当該する破壊モードは存在しないものとする。

#### Mode 1

$$0 = \frac{P_y}{2} - f_2 \cdot t_2 \cdot d - f_3 \cdot t_3 \cdot d \rightarrow P_y = 2(f_2 \cdot t_2 + f_3 \cdot t_3) \cdot d \quad (2.5)$$

#### Mode 2.1

$$\begin{cases} 0 = \frac{P_y}{2} + f_2 \cdot (t_2 - x) \cdot d - f_2 \cdot x \cdot d - f_3 \cdot t_3 \cdot d \\ 0 = M_y + f_2 \cdot (t_2 - x) \cdot d \cdot \left(\frac{t_2}{2} + \frac{x}{2} + t_3\right) - f_2 \cdot x \cdot d \cdot \left(\frac{x}{2} + t_3\right) - f_3 \cdot \frac{t_3^2}{2} \cdot d \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} P_y = 2(-f_2 \cdot (t_2 - x) \cdot d + f_2 \cdot x \cdot d + f_3 \cdot t_3 \cdot d) \\ f_2 \cdot d \cdot x^2 + 2f_2 \cdot d \cdot t_3 \cdot x + \left\{ -M_y - f_2 \cdot t_2 \cdot d \cdot \left(\frac{t_2}{2} + t_3\right) + f_3 \cdot \frac{t_3^2}{2} \cdot d \right\} = 0 \end{cases} \quad (2.6)$$

#### Mode 3.1

$$\begin{cases} 0 = \frac{P_y}{2} - f_3 \cdot x \cdot d \\ 0 = 2M_y - f_3 \cdot \frac{x^2}{2} \cdot d \end{cases} \rightarrow \begin{cases} P_y = 2f_3 \cdot x \cdot d \\ x = 2\sqrt{\frac{M_y}{f_3 \cdot d}} \end{cases} \quad (2.7)$$

#### Mode 3.2

$$\begin{cases} 0 = \frac{P_y}{2} - f_2 \cdot x \cdot d - f_3 \cdot t_3 \cdot d \\ 0 = 2M_y - f_2 \cdot x \cdot d \cdot \left(\frac{x}{2} + t_3\right) - f_3 \cdot \frac{t_3^2}{2} \cdot d \end{cases} \rightarrow \begin{cases} P_y = 2(f_2 \cdot x + f_3 \cdot t_3) \cdot d \\ \frac{f_2 \cdot d}{2} x^2 + f_2 \cdot t_3 \cdot d \cdot x - 2M_y + f_3 \cdot \frac{t_3^2}{2} \cdot d = 0 \end{cases}$$

(2.8)

Mode 2.1、 Mode 3.2

$$0 < x < t_2$$

(2.9)

Mode 3.1

$$0 < x < \frac{t_3}{2}$$

(2.10)

ここで、 $d$ ：ドリフトピンの径 (=12mm)、 $F$ ：ドリフトピンの曲げ強度、 $t_2$ ：外層の厚さ (=30mm)、 $t_3$ ：内層の厚さ (=24mm)、 $f_2$ ：外層の支圧強度、 $f_3$ ：内層の支圧強度、 $M_y$ ：ドリフトピンの曲げ降伏モーメント (CLT 袖壁を用いた架構実験では、降伏点付近の比較的小さい状況に着目するため、降伏モーメント  $\pi d^3/32 \cdot F$  を採用したが、CLT 耐力壁を用いる本実験では、降伏点以降のより変形が大きい状況も含めて考察を行うため、参考文献で用いられている全塑性モーメント  $F \cdot d^3/6$  を用いた場合の結果も算定することとした)、 $x$ ：ドリフトピンの回転中心や塑性ヒンジの位置情報を表わすための変数である。

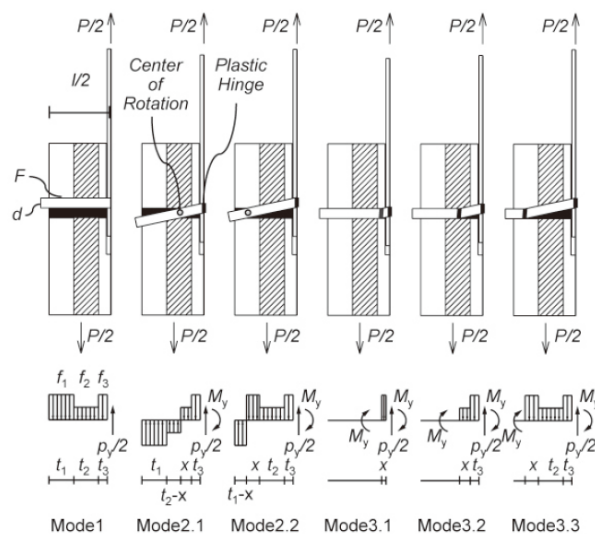


図 2-44 5 層 5 プライの場合のドリフトピン接合部の破壊モード<sup>[3-8]</sup>

表 2-26 に、上記の計算式で求めたドリフトピン 1 本あたりの降伏荷重を示す。ここでは、支圧強度及び曲げ強度に基準強度を用いた場合 (設計値) と材料試験の結果を用いた場合 (試験値)、ドリフトピンの降伏モーメントを用いた場合と全塑性モーメントを用いた場合についての結果について示す。なお、スギの基準支圧強度は、文献[3-9]より、繊維方向で  $19.4\text{N/mm}^2$ 、繊維直交方向で  $9.7\text{N/mm}^2$ 、ドリフトピンの曲げ強度は  $235\text{N/mm}^2$  とした。また、材料試験の結果を用いる場合には、スギの支圧強度は、繊維方向で  $44.0\text{N/mm}^2$ 、繊維直交方向で  $17.1\text{N/mm}^2$ 、ドリフトピンの曲げ強度は  $438\text{N/mm}^2$  とした。

表中に示すように、いずれのケースでも、降伏荷重は Mode 2.1 (ドリフトピン中央に塑性ヒンジが形成され、回転変形するドリフトピンにより木材にめり込み降伏が生じる状態) で決定する。最外縁のラミナが繊維方向となるケース 1 と比較して、最外縁のラミナが繊維直交方向となるケース 2 では、降伏荷重は平均で 2.0 倍程度となった。また、設計値を用いた場合に対して試験値を用いた場合では降伏荷重は平均で 1.4 倍程度、ドリフトピンの降伏モーメントを用いた場合に対して全塑性モーメントを用いた場合では降伏荷重は平均で 1.1 倍程度となった。

表 2-26 計算式によるドリフトピン 1 本あたりの降伏荷重

(a) ドリフトピンの降伏モーメントを用いた場合

	設計値		試験値	
	ケース 1 $f_2=19.4\text{N/mm}^2$ $f_3=9.7\text{N/mm}^2$ $F=235\text{N/mm}^2$	ケース 2 $f_2=9.7\text{N/mm}^2$ $f_3=19.4\text{N/mm}^2$ $F=235\text{N/mm}^2$	ケース 1 $f_2=44.0\text{N/mm}^2$ $f_3=17.1\text{N/mm}^2$ $F=438\text{N/mm}^2$	ケース 2 $f_2=17.1\text{N/mm}^2$ $f_3=44.0\text{N/mm}^2$ $F=438\text{N/mm}^2$
$P_y$	8.5kN/本	11.1kN/本	16.4kN/本	23.7kN/本
Mode 1	19.6	18.2	41.5	37.7
Mode 2.1	8.5	11.1	16.5	23.7
Mode 3.1	—	—	—	—
Mode 3.2	8.9	12.1	16.4	25.1

ケース 1 : 外層が繊維方向、内層が繊維直交方向、ケース 2 : 外層が繊維直交方向、内層が繊維方向

(b) ドリフトピンの全塑性モーメントを用いた場合

	設計値		試験値	
	ケース 1 $f_2=19.4\text{N/mm}^2$ $f_3=9.7\text{N/mm}^2$ $F=235\text{N/mm}^2$	ケース 2 $f_2=9.7\text{N/mm}^2$ $f_3=19.4\text{N/mm}^2$ $F=235\text{N/mm}^2$	ケース 1 $f_2=44.0\text{N/mm}^2$ $f_3=17.1\text{N/mm}^2$ $F=438\text{N/mm}^2$	ケース 2 $f_2=17.1\text{N/mm}^2$ $f_3=44.0\text{N/mm}^2$ $F=438\text{N/mm}^2$
$P_y$	9.8kN/本	12.5kN/本	18.9kN/本	26.4kN/本
Mode 1	19.6	18.2	41.5	37.7
Mode 2.1	9.8	12.5	18.9	26.4
Mode 3.1	—	—	—	—
Mode 3.2	12.1	15.3	22.7	31.7

ケース 1 : 外層が繊維方向、内層が繊維直交方向、ケース 2 : 外層が繊維直交方向、内層が繊維方向

2.5.3. 数値解析によるドリフトピン 1 本あたりの荷重変形関係の評価

接合部設計で必要となる鋼板挿入ドリフトピン単位接合部の荷重変形関係を弾塑性モデルによって求めた。図 2-45 に解析モデルを示す。ドリフトピンははり要素で置換し、ラミナの支圧を表現した単軸ばねの配置間隔 (120mm/40 分割=3mm) ごとにモデル化した。なお、ドリフトピン ( $\phi 12$ ) に作用する曲げモーメントが、降伏モーメントもしくは全塑性モーメント (CLT 袖壁を用いた架構実験では、降伏点付近の比較的変形が小さい状況に着目するため、降伏モーメント  $\pi d^3/32 \cdot F$  を採用したが、CLT 耐力壁を用いる本実験では、降伏点以降のより変形が大きい状況も含めて考察を行うため、全塑性モーメント  $F \cdot d^3/6$  を用いた場合の結果も算定することとした) で頭打ちになるように、はり要素の両端には塑性ヒンジを設けている。また、鋼板が挿入される中央の 12mm の範囲には単軸ばねは設けず、荷重  $P$  を 4 分割して 4 つの節点に与えて増分解析を行うことで、荷重  $P$  と中央に最も近い節点の変位  $\delta$  の関係を求めた。なお、2.5.2 と同様に、ラミナの外層、内層をそれぞれ繊維方向、繊維直交方向とする解析ケース 1 と、ラミナの外層、内層をそれぞれ繊維直交方向、繊維方向とする解析ケース 2 を対象とした。材料の特性値としては、ラミナの支圧強度、剛性、ドリフトピンの曲げ強度に基準値や標準的な値を用いた設計値と、材料試験の結果を用いた試験値の 2 通りとし、解析ケース 1、2 と組み合わせた計 4 通りについての解析を実施した。

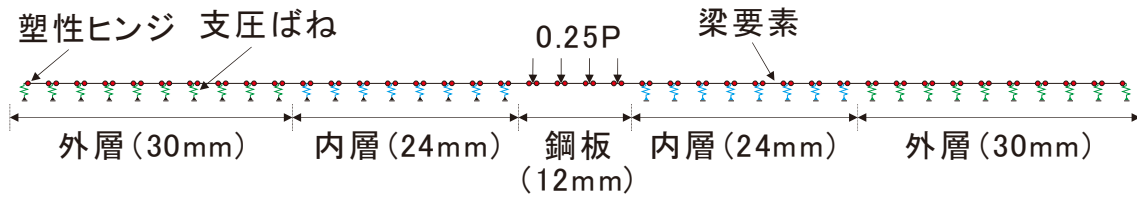


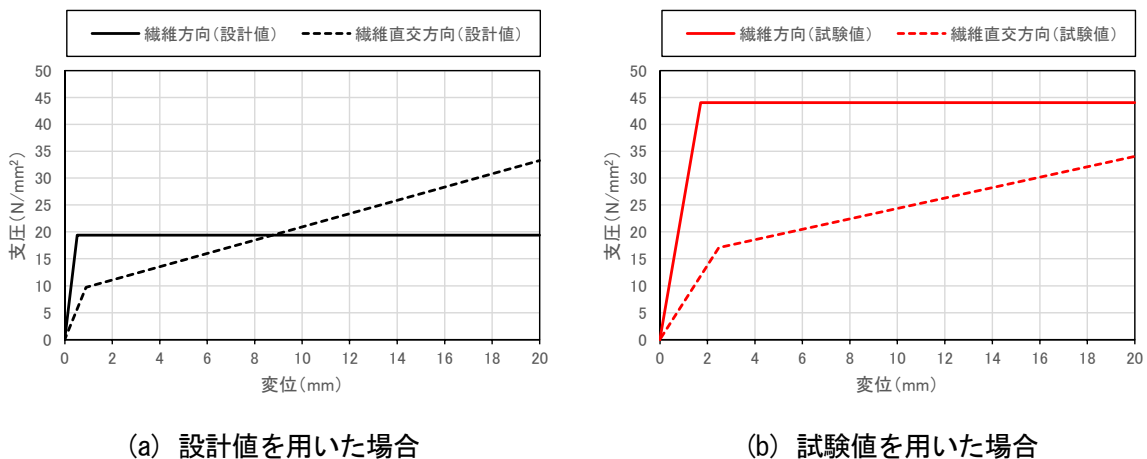
図 2-45 解析モデル

ラミナの支圧を表現する単軸ばねはバイリニアでモデル化した。ラミナの支圧強度に関しては、設計値は、文献[3-9]の基準支圧強度のスギの値（繊維方向：19.4N/mm<sup>2</sup>、繊維直角方向：9.7N/mm<sup>2</sup>）、試験値は、面圧試験の結果から繊維方向を 44.0N/mm<sup>2</sup>、繊維直角方向を 17.1N/mm<sup>2</sup> とした。ラミナの支圧剛性に関しては、設計値は、文献[3-10]より、繊維方向を式(2.11)から 36.9N/mm<sup>3</sup>、繊維直角方向を式(2.12)から 10.9N/mm<sup>3</sup> とした。試験値は、面圧試験の結果から、繊維方向を 25.6N/mm<sup>3</sup>、繊維直角方向を 6.9N/mm<sup>3</sup> とした。支圧の初期剛性に対する二次剛性の比率  $p$  に関しては、繊維方向に関しては、面圧試験から求めることができなかったため、設計値、試験値とも、文献[3-10]より 0 とした。繊維直角方向に関しては、設計値は文献[3-10]による値 (1/8.8=0.11) を、試験値は表 2-24 で示した S60-DPC-PI シリーズの面圧試験の結果から求めた値 (0.14) を用いた。図 2-46 に単軸ばねの荷重変形関係を示す。なお、単軸ばねのモデル化では、図中に示した支圧応力にドリフトピンの径 (12mm) と単軸ばねの間隔 (3mm) を乗じた支圧力を軸ばねに与えている。

$$k_{s0} = \frac{E_w}{3.16 + 10.9d} \quad (2.11)$$

$$k_{s90} = \frac{k_{s0}}{3.4} \quad (2.12)$$

ここで、 $E_w$ ：木材の繊維方向のヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>) で、文献[3-5]におけるラミナ M60A の圧縮弾性係数 (6000N/mm<sup>2</sup>) とした、 $d$ ：ドリフトピンの径 (mm) である。



(a) 設計値を用いた場合

(b) 試験値を用いた場合

図 2-46 単軸ばねモデル

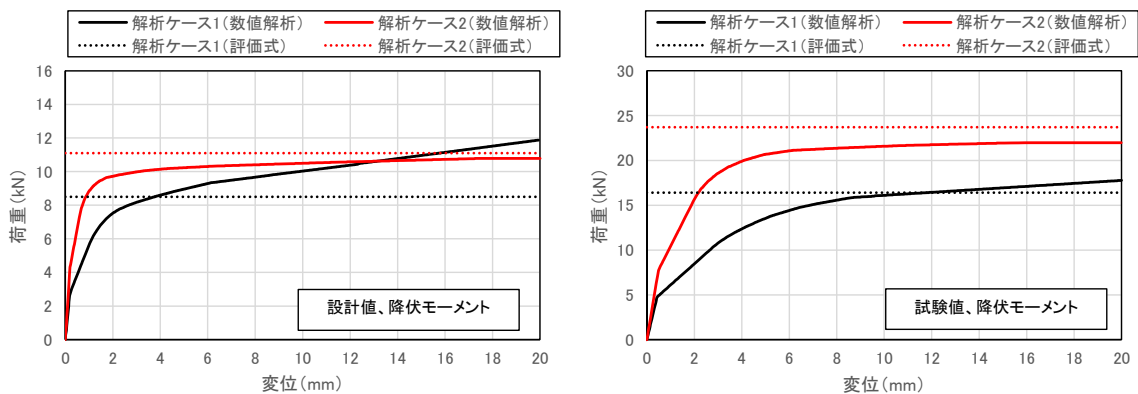
表 2-27、図 2-47 に解析結果を示す。初期剛性は、荷重変位関係から最大荷重  $P_{max}$  (20mm 変位時荷重) の 0.1 倍の点と 0.4 倍の点を結んだ直線の傾きとした。降伏耐力は 5%オフセット値によって求め



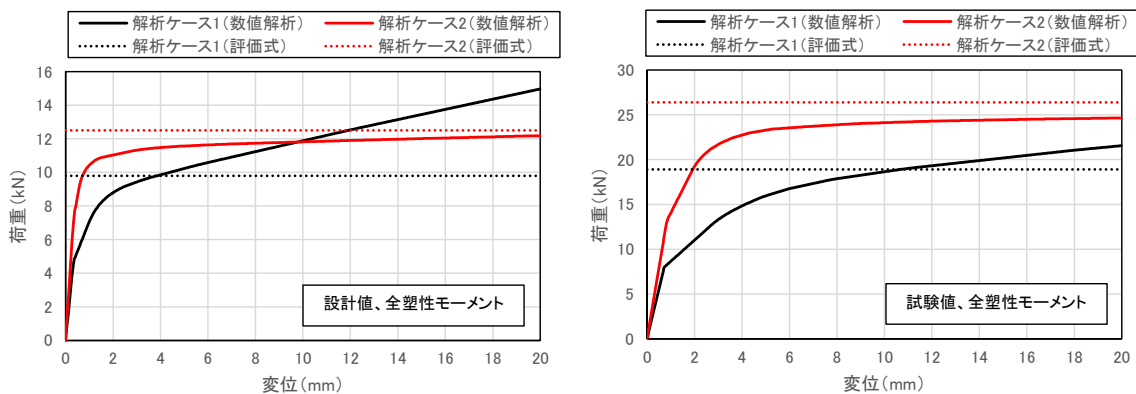
た。また、二次剛性は、変位 20mm 時点での荷重と変形を基に求めた。なお、図中には、表 2-26 で示した評価式による降伏荷重の計算値も合わせて示している。

設計値と試験値を比較すると、降伏耐力に関しては、ケース 1 で 1.5 倍、ケース 2 で 1.8 倍となっており、ケース 2 の方が両者の差が大きくなっている。また、内層の方が外層と比較して変形量が大きいため、支圧強度到達後も耐力上昇が望める繊維直交方向が内層にあるケース 1 の方が、外層にあるケース 2 よりも降伏耐力到達後の荷重の増大が大きくなっている。

また、2.5.2 で示した評価式による降伏耐力と比較すると、数値解析における塑性ヒンジの形成箇所は鋼板挿入箇所のみであり、評価式で崩壊機構として想定した Mode 2.1 と一致した。一方で、評価式は、ケース 1 に関しては数値解析の降伏耐力を概ね評価できているのに対し、ケース 2 に関しては数値解析の結果を過大に評価する傾向が見られており、不整合が見られた。数値解析では、内層の単軸ばねは支圧強度に概ね到達しているが、繊維方向では支圧強度到達後の耐力上昇がないため、変形量が大きくなっても、耐力の増大が見られない。加えて、外層の単軸ばねに、負担応力が支圧強度に到達していないものがあることに加え、変形量が小さいことによって、繊維直交方向における支圧強度到達後の耐力上昇にも期待できないため、評価式で想定した応力状況が再現できておらず、評価式の値が大きくなったものと考えられる。したがって、ケース 2 に関しては、評価式の値を用いる場合には、降伏耐力をやや過大に評価する可能性がある点に注意が必要である。



(a) 設計値を用いた場合 (b) 試験値を用いた場合  
(i) ドリフトピンの降伏モーメントを用いた場合



(a) 設計値を用いた場合 (b) 試験値を用いた場合  
(ii) ドリフトピンの全塑性モーメントを用いた場合

図 2-47 ドリフトピン 1 本あたりの荷重－変位関係

表 2-27 ドリフトピン 1 本あたりの特性値  
(a) ドリフトピンの降伏モーメントを用いた場合

	設計値		試験値	
	ケース 1	ケース 2	ケース 1	ケース 2
	$f_2=19.4\text{N/mm}^2$ $E_2=36.9\text{N/mm}^3$ $\rho_2=0$ $f_3=9.7\text{N/mm}^2$ $E_3=10.9\text{N/mm}^3$ $\rho_3=1/8.8$ $F=235\text{N/mm}^2$	$f_2=9.7\text{N/mm}^2$ $E_2=10.9\text{N/mm}^3$ $\rho_2=1/8.8$ $f_3=19.4\text{N/mm}^2$ $E_3=36.9\text{N/mm}^3$ $\rho_3=0$ $F=235\text{N/mm}^2$	$f_2=44.0\text{N/mm}^2$ $E_2=25.6\text{N/mm}^3$ $\rho_2=0$ $f_3=17.1\text{N/mm}^2$ $E_3=6.9\text{N/mm}^3$ $\rho_3=0.14$ $F=438\text{N/mm}^2$	$f_2=17.1\text{N/mm}^2$ $E_3=6.9\text{N/mm}^3$ $\rho_3=0.14$ $f_3=44.0\text{N/mm}^2$ $E_2=25.6\text{N/mm}^3$ $\rho_2=0$ $F=438\text{N/mm}^2$
初期剛性 (kN/mm)	5.43	21.60	4.30	12.26
二次剛性 (kN/mm)	0.24	0.10	0.39	0.39
初期剛性に対する 二次剛性の比率	0.04	0.005	0.09	0.03
5%offset 降伏耐力 (kN)	7.50	8.86	10.96	14.58
5%offset 変位 (mm)	1.38	0.41	2.55	1.19
20mm 変形時荷重 (kN)	11.9	10.8	17.8	22.0

ケース 1 : 外層が繊維方向、内層が繊維直交方向、ケース 2 : 外層が繊維直交方向、内層が繊維方向

(b) ドリフトピンの全塑性モーメントを用いた場合

	設計値		試験値	
	ケース 1	ケース 2	ケース 1	ケース 2
	$f_2=19.4\text{N/mm}^2$ $E_2=36.9\text{N/mm}^3$ $\rho_2=0$ $f_3=9.7\text{N/mm}^2$ $E_3=10.9\text{N/mm}^3$ $\rho_3=1/8.8$ $F=235\text{N/mm}^2$	$f_2=9.7\text{N/mm}^2$ $E_2=10.9\text{N/mm}^3$ $\rho_2=1/8.8$ $f_3=19.4\text{N/mm}^2$ $E_3=36.9\text{N/mm}^3$ $\rho_3=0$ $F=235\text{N/mm}^2$	$f_2=44.0\text{N/mm}^2$ $E_2=25.6\text{N/mm}^3$ $\rho_2=0$ $f_3=17.1\text{N/mm}^2$ $E_3=6.9\text{N/mm}^3$ $\rho_3=0.14$ $F=438\text{N/mm}^2$	$f_2=17.1\text{N/mm}^2$ $E_3=6.9\text{N/mm}^3$ $\rho_3=0.14$ $f_3=44.0\text{N/mm}^2$ $E_2=25.6\text{N/mm}^3$ $\rho_2=0$ $F=438\text{N/mm}^2$
初期剛性 (kN/mm)	7.48	21.61	8.34	15.88
二次剛性 (kN/mm)	0.34	0.08	0.58	0.37
初期剛性に対する 二次剛性の比率	0.05	0.004	0.07	0.02
5%offset 降伏耐力 (kN)	8.53	10.59	10.76	17.63
5%offset 変位 (mm)	1.14	0.49	1.29	1.11
20mm 変形時荷重 (kN)	15.0	12.2	21.6	24.7

ケース 1 : 外層が繊維方向、内層が繊維直交方向、ケース 2 : 外層が繊維直交方向、内層が繊維方向

#### 2.5.4. 鋼板挿入ドリフトピン接合部の耐力と剛性の評価

ここでは、ドリフトピン1本あたりの耐力、剛性から、鉛直接合部の耐力、剛性を決定する。各ドリフトピンが先穴に密着するような精密な施工を行った場合には、接合部の耐力は、各ドリフトピンの耐力の和としてもよいとされているが、複数のドリフトピンを使用する場合で、力の作用条件、使用状況、施工精度によって、ドリフトピン1本あたりの耐力が低下する恐れがある場合には、耐力の適切な低減が求められる。ここでは、ドリフトピン1本あたりの耐力を低減する場合と、低減を行わない場合の2通りについて、算定を行うこととした。耐力を低減する場合には、文献[3-9]の式(2.13)に則って計算した。1列のドリフトピン本数による低減係数には、表2-28に示す値を用いることができるが、試験体WA、WBの鉛直接合部では水平方向では一列に最大で2本、鉛直方向では一列に最大で13本のドリフトピンが設置されている。表には対応する低減係数が記載されていないため、表2-28の値を考える上で参考にされた文献[3-9]に記載された実験結果から得られた実験式(2.14)を用いて算定することとした。なお、この実験式で想定している主材厚とボルト径の比( $l/d$ )は8であるが、試験体Aにおける比は9となっており、両者に大きな差がないことに加え、評価としては安全側となることから、主材厚と接合具径の比( $l/d$ )が8の時の式を用いて計算した低減係数とした。

$$P_{uj} = \sum_{i=1}^m {}_jK_n \cdot n_i \cdot d P_y \quad (2.13)$$

ここで、 $q_{py}$ ：単位接合部の降伏せん断耐力（ドリフトピンの単位接合部の降伏荷重は、数値解析で求めた(1)の荷重変形関係から定めた）、 $n_i$ ：1列のドリフトピン本数、 ${}_jK_n$ ：1列のドリフトピン本数による耐力の低減係数で、表2-28及び式(2.14)による（降伏モードはⅢ）。

$${}_jK_n = n_i^{-0.081} \quad (2.14)$$

ここで、 ${}_jK_n$ ：1列のドリフトピン本数による耐力の低減係数、 $n_i$ ：1列のドリフトピン本数とする。

表2-28 1列の接合具本数 ( $n_i$ ) による耐力の低減係数 ( ${}_jK_n$ ) [3-9]

単位接合部の降伏モード	1列の接合具本数 ( $n_i$ )			
	1~2	3~4	5~6	7~10
I	1.0	0.90	0.80	0.70
II、III	1.0	0.92	0.85	0.80
IV	1.0	0.95	0.90	0.90

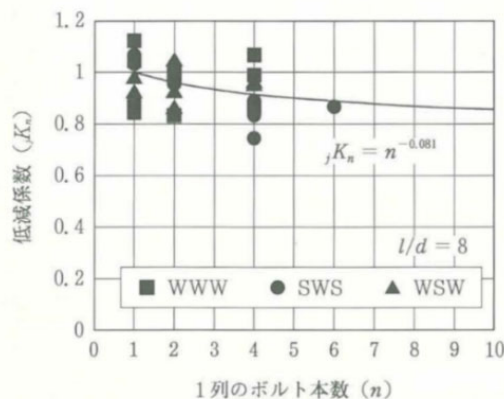
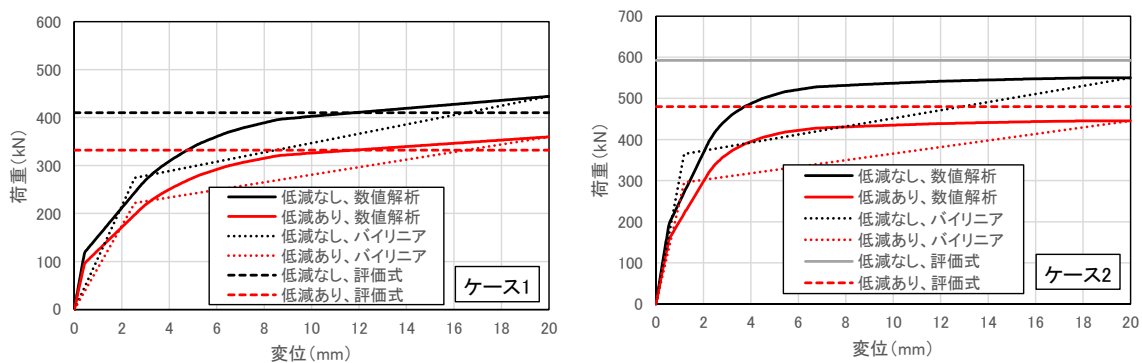
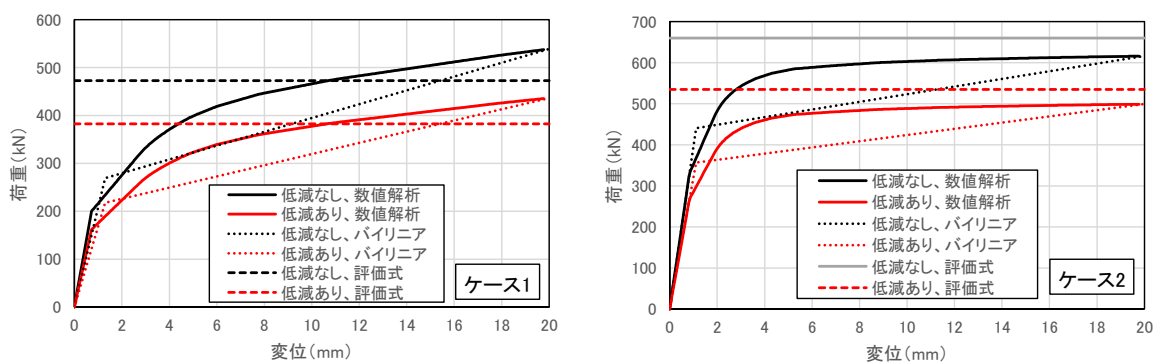


図2-48 1列の接合具本数と耐力低減係数の関係[3-9]

単位接合部の荷重変位関係にケース1、2の結果を用いた鉛直接合部の荷重—変位関係、特性値を図2-49（試験値を用いた場合の結果のみ）、表2-29に示す。せん断耐力の低減係数は、鉛直接合部の一列あたりの最大のドリフトピンの本数（13本）から、式(2.14)より0.81としている。図2-49には、骨組解析で用いた鉛直接合部の復元力特性のバイリニアモデルも示している。



(a) ドリフトピンの降伏モーメントを用いた場合



(b) ドリフトピンの全塑性モーメントを用いた場合

図2-49 鉛直接合部の荷重変位関係とモデル化（試験値を用いた場合）

表 2-29 鉛直接合部の各特性値

(a) ドリフトピンの降伏モーメントを用いた場合

			層の構成	本数	低減係数	設計値		試験値	
						低減あり	低減なし	低減あり	低減なし
WA 水平方向	数値解析	初期剛性 (kN/mm)	ケース1 外層：平行 内層：直交	25	0.81	110.0	135.8	87.1	107.5
		二次剛性 (kN/mm)				4.8	5.9	7.9	9.8
		降伏耐力 (kN)				152	187	222	274
		最大耐力 (kN)				241	297	360	444
	評価式	降伏耐力 (kN)	172	213	332	410			
WA 鉛直方向	数値解析	初期剛性 (kN/mm)	ケース2 外層：直交 内層：平行	25	0.81	437.4	540.0	248.2	306.4
		二次剛性 (kN/mm)				2.0	2.5	8.0	9.8
		降伏耐力 (kN)				179	221	295	365
		最大耐力 (kN)				218	270	445	550
	評価式	降伏耐力 (kN)	225	278	480	593			
WB 水平方向	数値解析	初期剛性 (kN/mm)	ケース2 外層：直交 内層：平行	25	0.81	437.4	540.0	248.2	306.4
		二次剛性 (kN/mm)				2.0	2.5	8.0	9.8
		降伏耐力 (kN)				179	221	295	365
		最大耐力 (kN)				218	270	445	550
	評価式	降伏耐力 (kN)	225	278	480	593			
WB 鉛直方向	数値解析	初期剛性 (kN/mm)	ケース1 外層：平行 内層：直交	25	0.81	110.0	135.8	87.1	107.5
		二次剛性 (kN/mm)				4.8	5.9	7.9	9.8
		降伏耐力 (kN)				152	187	222	274
		最大耐力 (kN)				241	297	360	444
	評価式	降伏耐力 (kN)	172	213	332	410			

(b) ドリフトピンの全塑性モーメントを用いた場合

			層の構成	本数	低減係数	設計値		試験値	
						低減あり	低減なし	低減あり	低減なし
WA 水平方向	数値解析	初期剛性 (kN/mm)	ケース1 外層：平行 内層：直交	25	0.81	151.5	187.1	168.9	208.5
		二次剛性 (kN/mm)				6.9	8.5	11.7	14.4
		降伏耐力 (kN)				173	213	218	269
		最大耐力 (kN)				303	374	436	539
	評価式	降伏耐力 (kN)	198	245	383	473			
WA 鉛直方向	数値解析	初期剛性 (kN/mm)	ケース2 外層：直交 内層：平行	25	0.81	437.5	540.2	321.6	397.0
		二次剛性 (kN/mm)				1.7	2.0	7.5	9.3
		降伏耐力 (kN)				214	265	357	441
		最大耐力 (kN)				247	305	499	616
	評価式	降伏耐力 (kN)	253	313	535	660			
WB 水平方向	数値解析	初期剛性 (kN/mm)	ケース2 外層：直交 内層：平行	25	0.81	437.5	540.2	321.6	397.0
		二次剛性 (kN/mm)				1.7	2.0	7.5	9.3
		降伏耐力 (kN)				214	265	357	441
		最大耐力 (kN)				247	305	499	616
	評価式	降伏耐力 (kN)	253	313	535	660			
WB 鉛直方向	数値解析	初期剛性 (kN/mm)	ケース1 外層：平行 内層：直交	25	0.81	151.5	187.1	168.9	208.5
		二次剛性 (kN/mm)				6.9	8.5	11.7	14.4
		降伏耐力 (kN)				173	213	218	269
		最大耐力 (kN)				303	374	436	539
	評価式	降伏耐力 (kN)	198	245	383	473			

## 2.6. 加力実験

### 2.6.1. 載荷方法

図 2-50 に加力装置図を示す。加力方法はいずれの試験体でも共通である。2本の700kN センターホールジャッキを用いて、長期荷重を作用させた後に、2本の1000kN 水平ジャッキを用いて水平荷重を作用させた。この際、水平ジャッキに作用する水平荷重は、南北のジャッキで同じ値となるように制御した。長期荷重は、以前実施した CLT 袖壁付き RC ラーメンの架構実験（試験体 A、B、C）と同じ条件となるように、いずれの試験体でも 535kN とした。試験区間における柱の軸力比に換算すると、試験体 WA、WB のいずれについても 0.087 となり、当初想定していた 0.100 よりもやや小さい値となった。水平加力の高さは、下スタブ上端面から 4275mm とした。

加力は、正負交播の漸増繰り返し載荷とし、反力床に緊結した計測フレームに取り付けた変位計を用いて計測した水平変位（但し、下スタブのずれ変形を差し引いたもの）を、3階はりの中心高さ 3800mm で除した変形角  $R$  で制御した。

加力サイクルは、 $R=\pm 1/800\text{rad}$  で 1 回、 $R=\pm 1/400$ 、 $\pm 1/200$ 、 $\pm 1/133$ 、 $\pm 1/100$ 、 $\pm 1/50$ 、 $\pm 1/33\text{rad}$  で 2 回ずつ繰り返した後、 $R=+1/29\text{rad}$  (3.5%) まで押切載荷を行った。

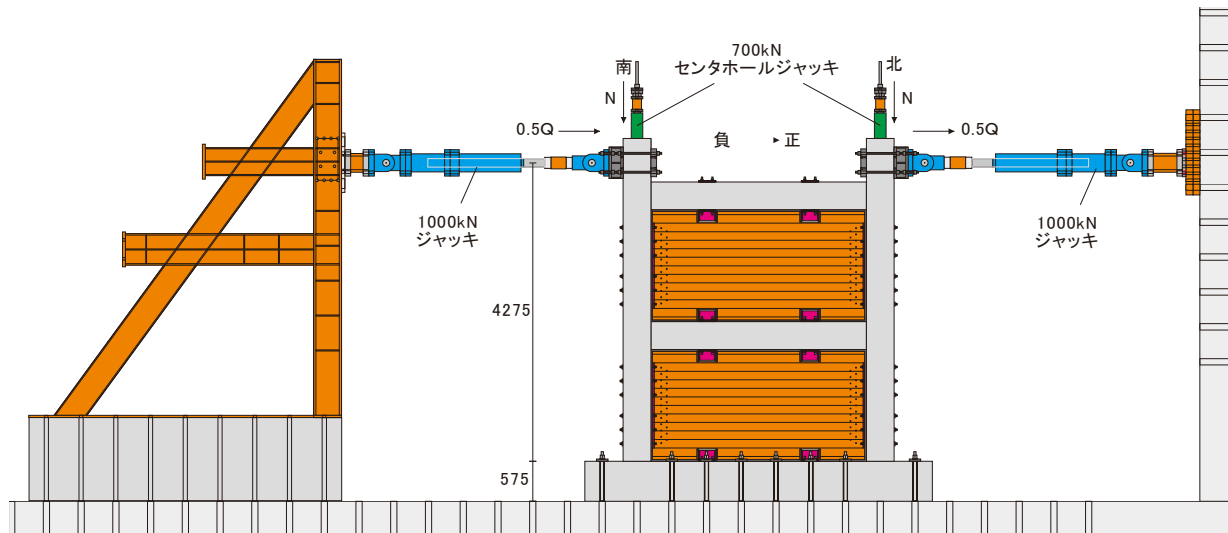


図 2-50 加力装置図 (単位 : mm)

### 2.6.2. 計測計画

表 2-30、表 2-31 に各実験における計測項目の一覧を示す。表中の変位計、ひずみゲージの名前、ひずみゲージの番号は、後述する図の記載と対応している。

図 2-51 に水平変位の計測に用いた変位計の設置位置を示す。加力の制御に用いた水平変位を計測するための変位計は、3階はりの中心高さに設置した。南北から水平変位を計測することで、RC はりの伸び量の計測も行う。

図 2-52、図 2-53 に RC 柱、RC はり、CLT 耐力壁に取り付けた変位計の設置位置を示す。計測点数の制約のため、RC ラーメンに関しては、部材端のヒンジ領域を中心に計測を行うこととした。また、CLT 耐力壁に関しては、パネルのせん断変形に加え、鉛直接合部のドリフトピン接合部の変形状況を確認するための曲げ、せん断変形、水平接合部の離間や、滑り止めのめり込み変形（試験体 WA）もしくは滑り変形（試験体 WB）を計測するための変位計を設置した。なお、鉛直接合部に関しては、



寸切りボルトによる接合を行う RC 柱-T 形金物間の変形は生じないものと仮定し、T 形金物-CLT 耐力壁間の変形のみを計測する形としている。また、滑り止めを設置していない試験体 WB については、CLT 耐力壁が面外方向に座屈する可能性が考えられたため、CLT 耐力壁の面外方向変形を計測するための変位計を RC ラーメンと CLT 耐力壁の間に設けた。

図 2-54 に柱主筋、はり主筋、帯筋、あばら筋および軸力導入用のアンボンド鋼材に貼付したひずみゲージの位置を、図 2-55 に CLT 耐力壁の表面に貼付したひずみゲージの位置を示す。CLT 耐力壁内に形成される圧縮ストラットの形成状況を把握するため、耐力壁 1 枚につき、計 12 箇所 で 3 軸ゲージによる計測を行っている。試験体 WA に関しては、滑り止めに生じる支圧応力の分布を計測するためのひずみゲージを追加しているが、その他の計測箇所については、試験体 WB と同じである。

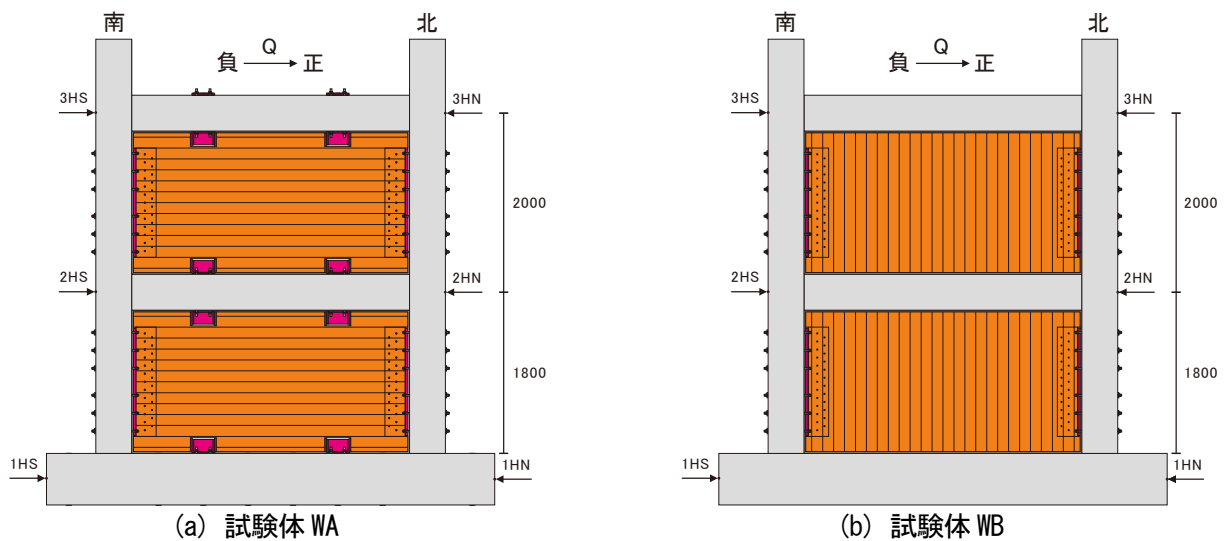
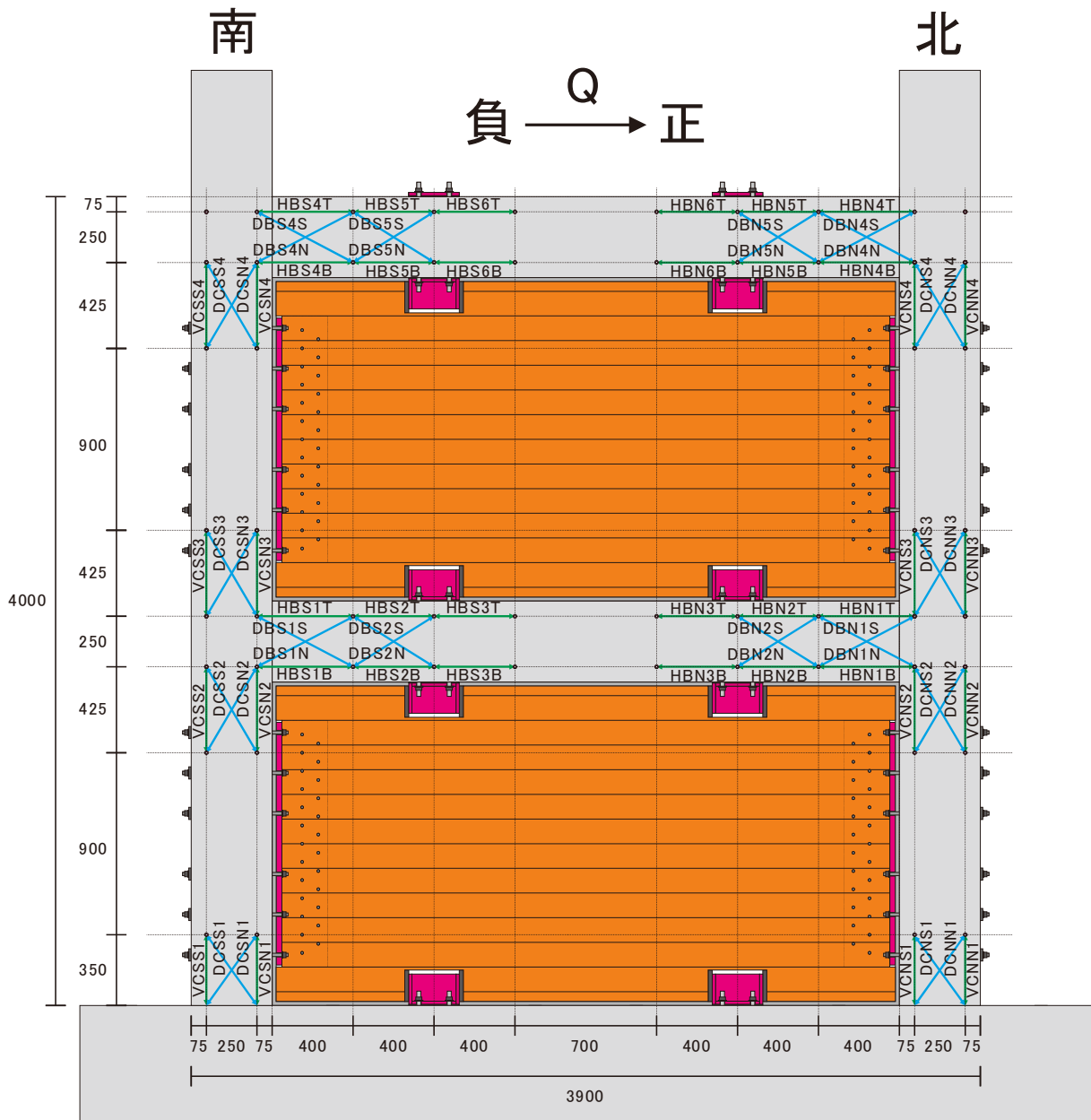
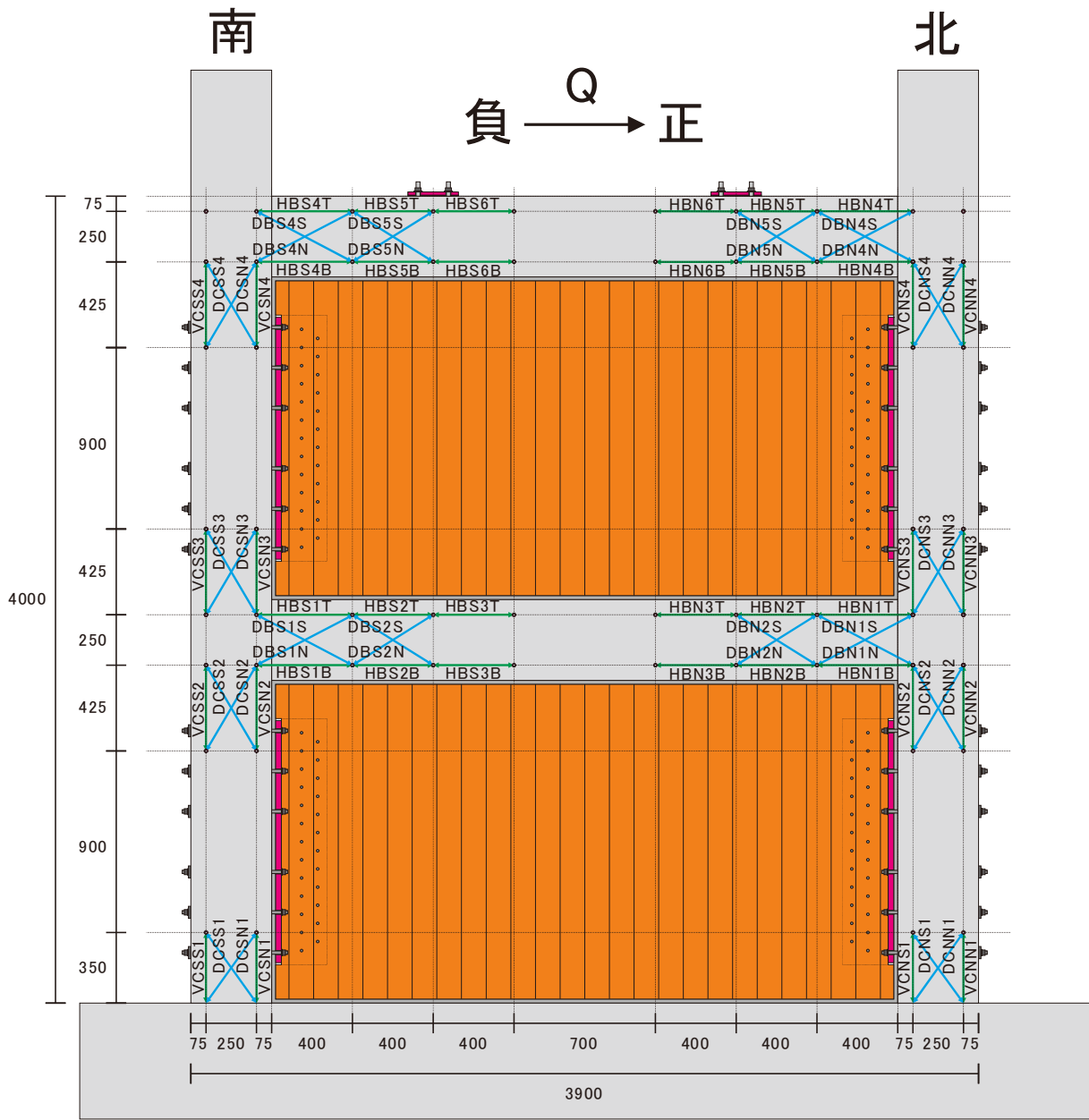


図 2-51 水平変位の計測用変位計の位置 (単位 : mm)



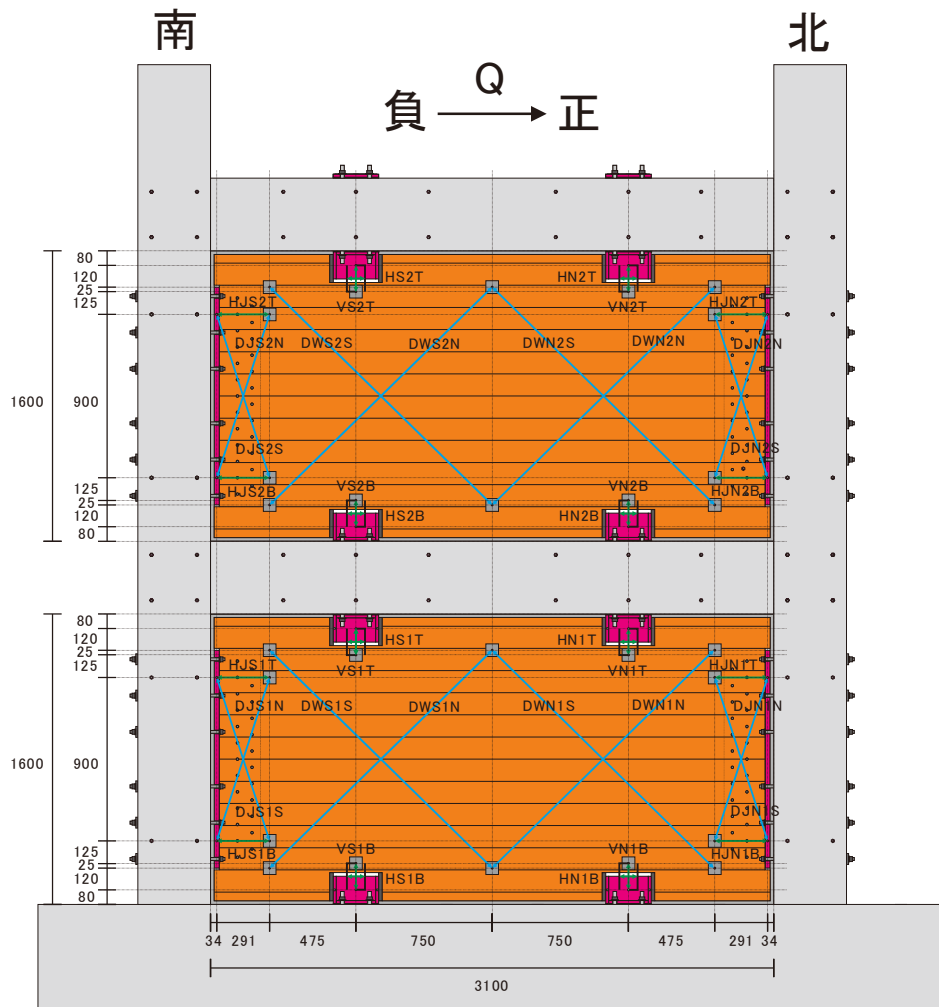
(a) 試験体 WA

図 2-52 RC ラーメンの計測用変位計の位置 (単位 : mm)



(b) 試験体 WB

図 2-52 RC ラーメンの計測用変位計の位置 (単位 : mm)



(a) 試験体 WA

図 2-53 CLT 耐力壁の計測用変位計の位置 (単位 : mm)

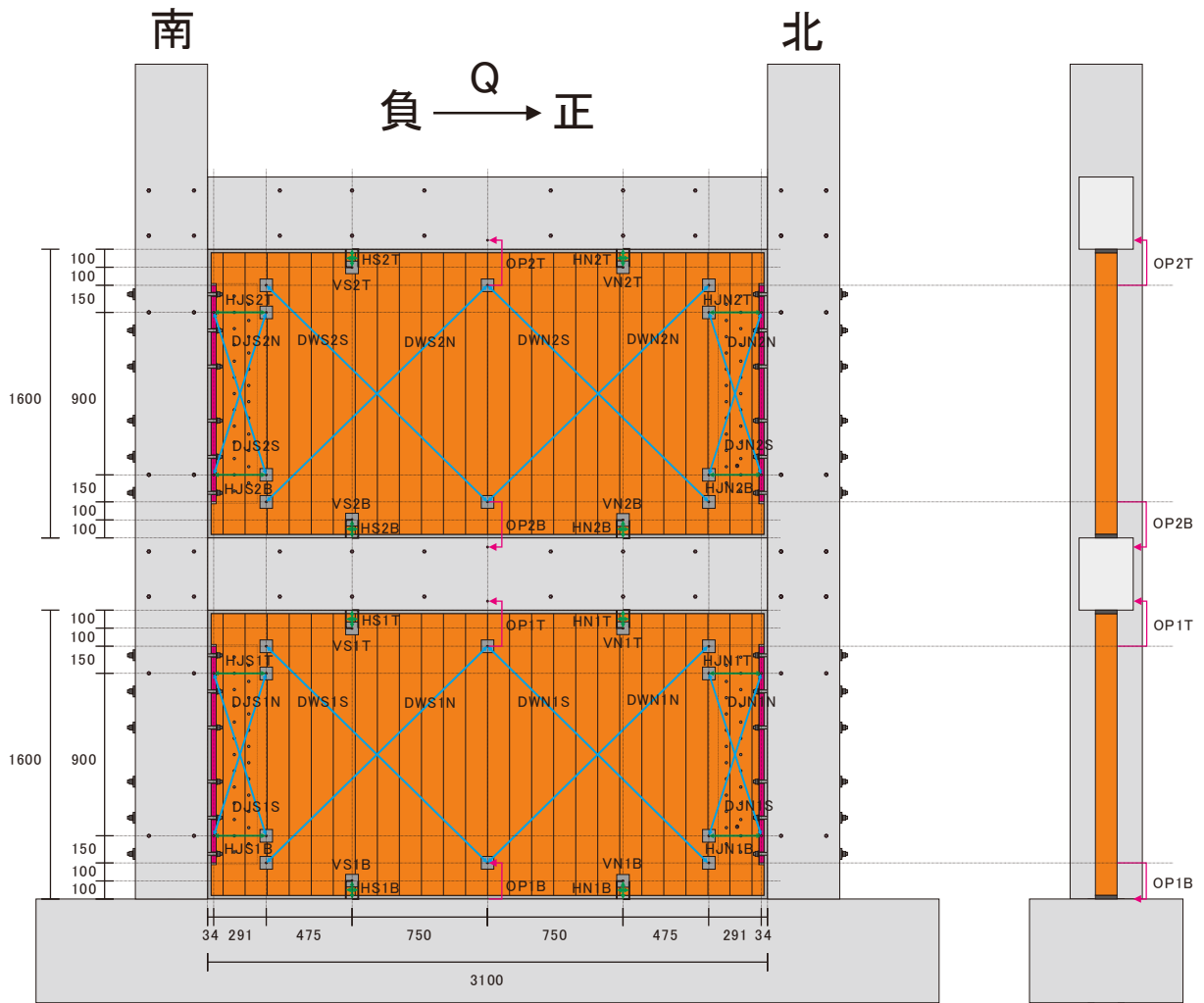
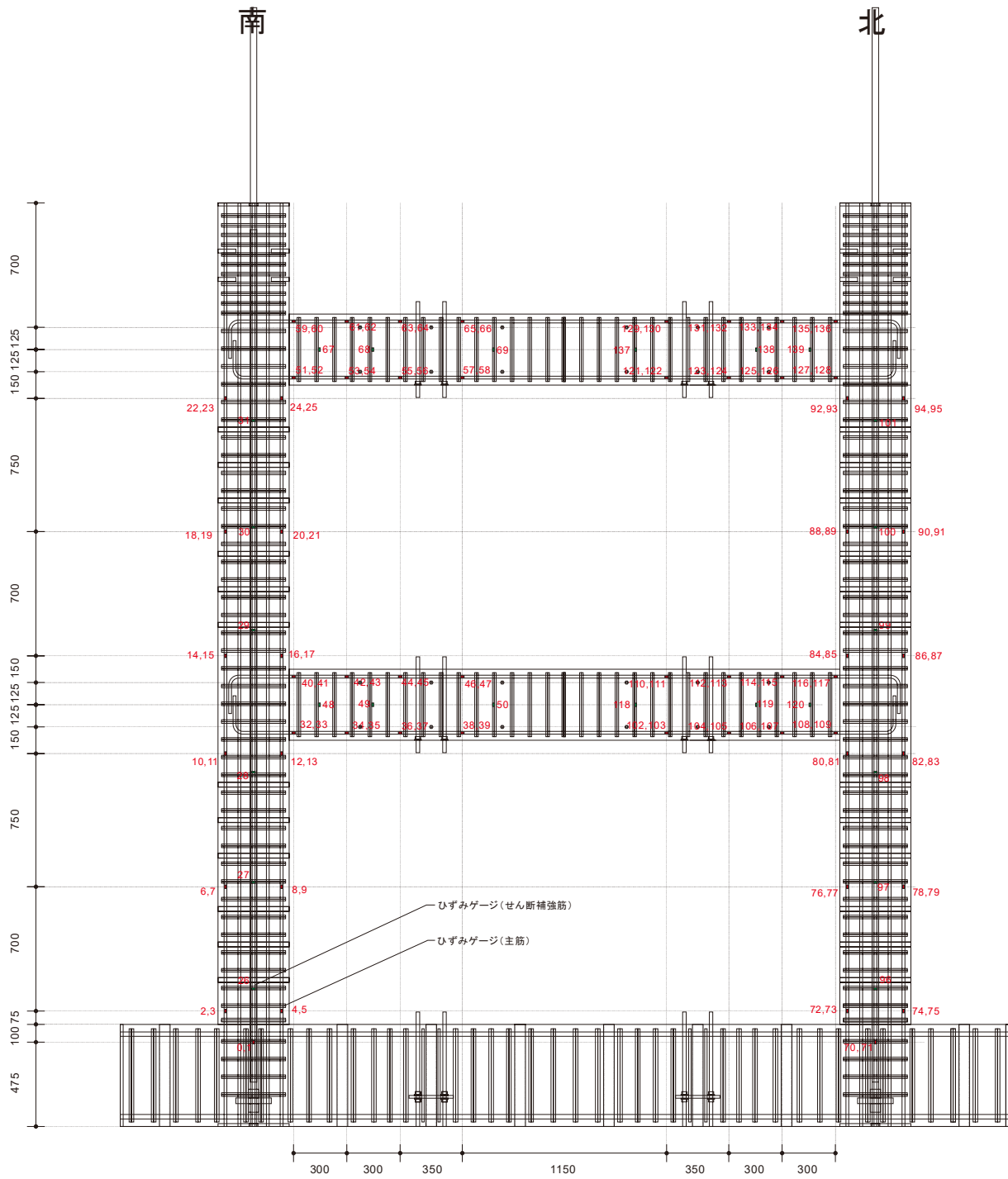


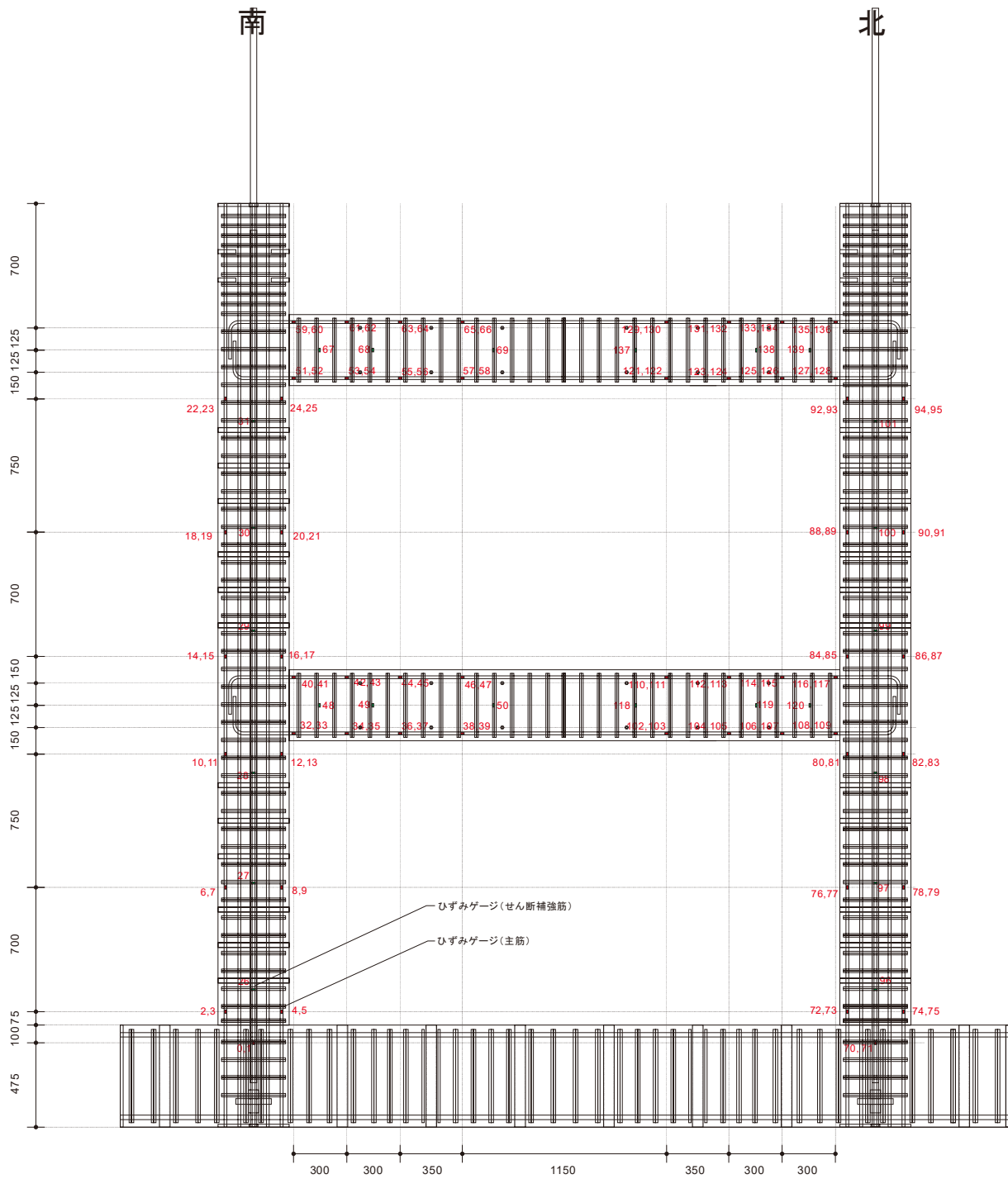
図 2-53 CLT 耐力壁の計測用変位計の位置 (単位 : mm)



(a) 試験体 WA

図 2-54 柱主筋、はり主筋、帯筋、あばら筋、アンボンド鋼材に貼付したひずみゲージの位置  
(単位 : mm)





(b) 試験体 WB

図 2-54 柱主筋、はり主筋、帯筋、あばら筋、アンボンド鋼材に貼付したひずみゲージの位置  
(単位 : mm)

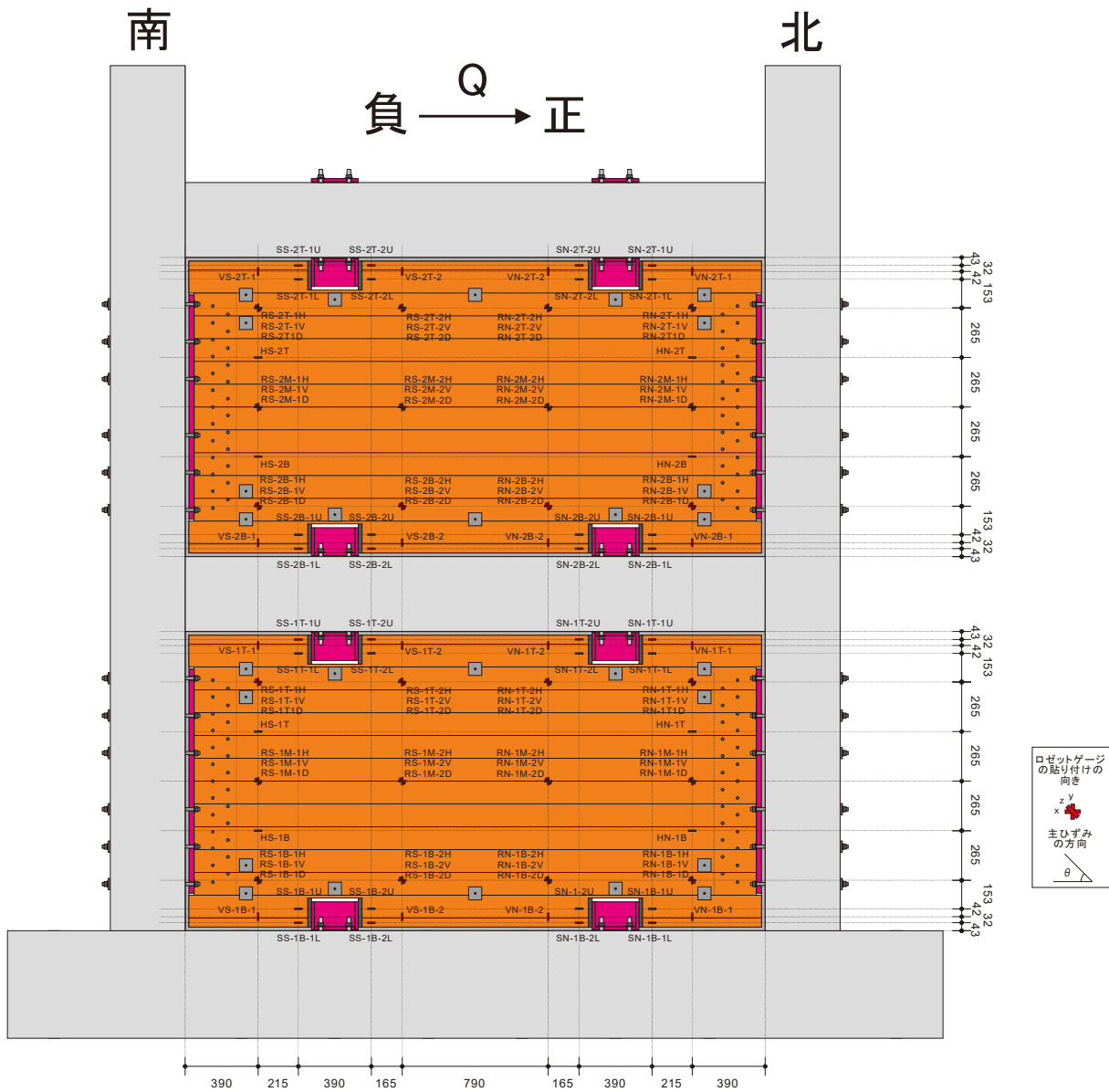
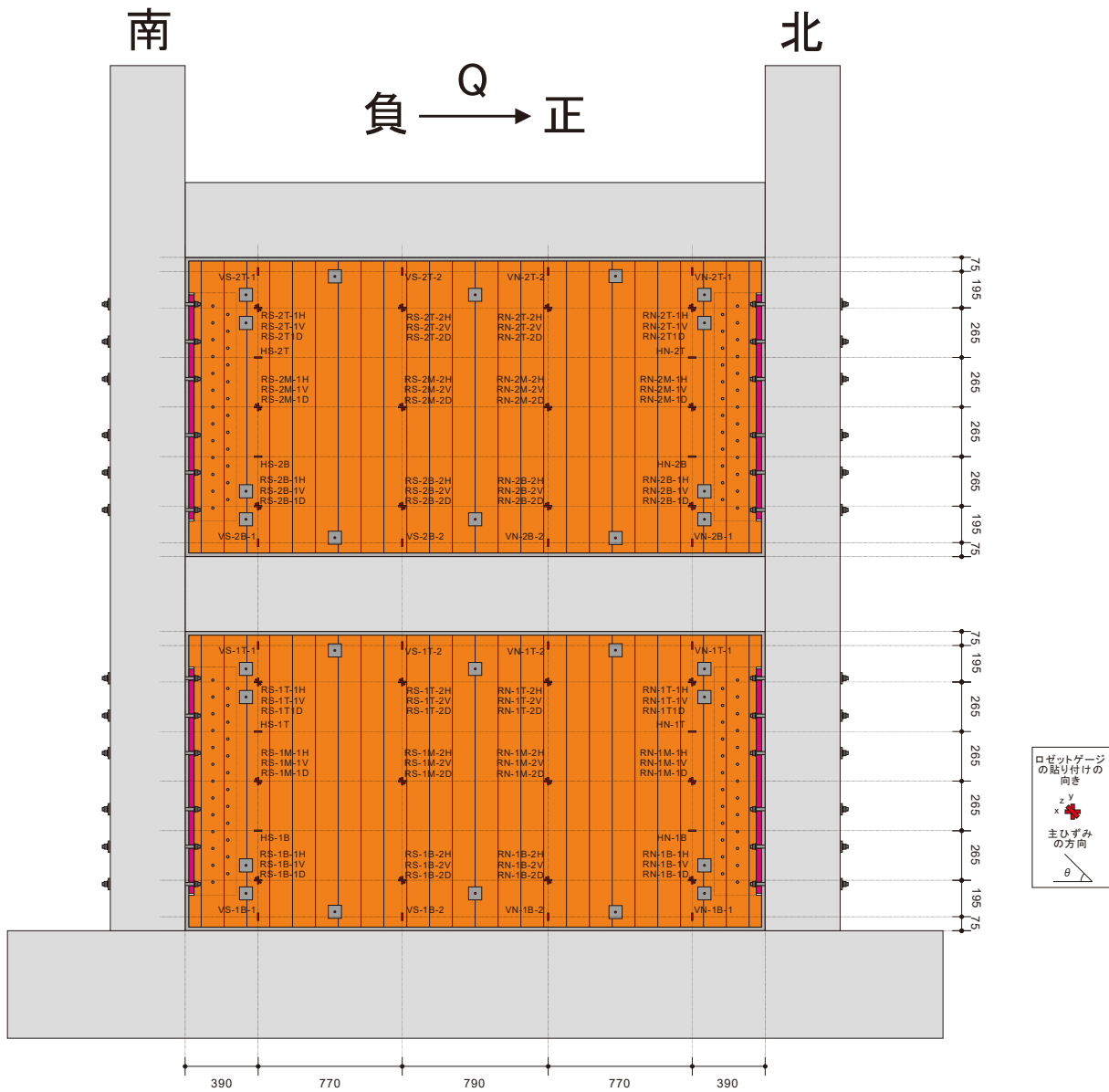


図 2-55 CLT 耐力壁に貼付したひずみゲージの位置 (単位 : mm)



(b) WB 試験体

図 2-55 CLT 耐力壁に貼付したひずみゲージの位置 (単位 : mm)

表 2-30 試験体 WA の計測項目

CH. No.	計測項目	名称	校正係数	単位	メジャーモード	センサモード	計測機器名	ゲージNo.	インサート距離
0	軸力 北側 (AL180053)	NN	0.333	kN	メジャー	4GAGE		—	
1	水平力 北側 (XS8015-A)	QN	0.491	kN	メジャー	4GAGE		—	
2	水平変位 (3F) 北側	3HN	-0.03	mm	メジャー	4GAGE	SDP-300	—	
3	水平変位 (2F) 北側	2HN	-0.03	mm	メジャー	4GAGE	SDP-300	—	
4	水平変位 (1F) 北側	1HN	-0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25	—	
5	面外変位 北	ON	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50	—	
6									
7	軸変位 北柱 北側(脚部)	VCNN1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		350
8	軸変位 北柱 北側	VCNN2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
9	軸変位 北柱 北側	VCNN3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
10	軸変位 北柱 北側	VCNN4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
11	軸変位 北柱 南側(脚部)	VCNS1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		350
12	軸変位 北柱 南側	VCNS2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
13	軸変位 北柱 南側	VCNS3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
14	軸変位 北柱 南側	VCNS4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
15	せん断変位 北柱 北上(脚部)	DCNN1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		430
16	せん断変位 北柱 北上	DCNN2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
17	せん断変位 北柱 北上	DCNN3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
18	せん断変位 北柱 北上	DCNN4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
19	せん断変位 北柱 南上(脚部)	DCNS1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		430
20	せん断変位 北柱 南上	DCNS2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
21	せん断変位 北柱 南上	DCNS3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
22	せん断変位 北柱 南上	DCNS4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
23									
24	軸変位 2F梁 北側下端(外側)	HBN1B	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
25	軸変位 2F梁 北側上端	HBN2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
26	軸変位 2F梁 北側下端(内側)	HBN3B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
27	軸変位 2F梁 北側上端(外側)	HBN1T	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
28	軸変位 2F梁 北側下端	HBN2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
29	軸変位 2F梁 北側上端(内側)	HBN3T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
30	せん断変位 2F梁 北側北上(外側)	DBN1N	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
31	せん断変位 2F梁 北側北上	DBN2N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
32									
33	せん断変位 2F梁 北側南上(外側)	DBN1S	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
34	せん断変位 2F梁 北側南上	DBN2S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
35									
36									
37	軸変位 3F梁 北側下端(外側)	HBN4B	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
38	軸変位 3F梁 北側上端	HBN5B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
39	軸変位 3F梁 北側下端(内側)	HBN6B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
40	軸変位 3F梁 北側上端(外側)	HBN4T	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
41	軸変位 3F梁 北側下端	HBN5T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
42	軸変位 3F梁 北側上端(内側)	HBN6T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
43	せん断変位 3F梁 北側北上(外側)	DBN4N	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
44	せん断変位 3F梁 北側北上	DBN5N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
45									
46	せん断変位 3F梁 北側南上(外側)	DBN4S	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
47	せん断変位 3F梁 北側南上	DBN5S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
48									
49									
50	軸力 南側 (AL180052)	NS	0.333	kN	メジャー	4GAGE		—	
51	水平力 南側 (XS8017-A)	QS	-0.492	kN	メジャー	4GAGE		—	
52	水平変位 (3F) 南側	3HS	0.03	mm	メジャー	4GAGE	SDP-300	—	
53	水平変位 (2F) 南側	2HS	0.03	mm	メジャー	4GAGE	SDP-300	—	
54	水平変位 (1F) 南側	1HS	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25	—	
55	面外変位 南	OS	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50	—	
56									
57	軸変位 南柱 北側(脚部)	VCSN1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		350
58	軸変位 南柱 北側	VCSN2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
59	軸変位 南柱 北側	VCSN3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
60	軸変位 南柱 北側	VCSN4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
61	軸変位 南柱 南側(脚部)	VCSS1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		350
62	軸変位 南柱 南側	VCSS2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
63	軸変位 南柱 南側	VCSS3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
64	軸変位 南柱 南側	VCSS4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
65	せん断変位 南柱 北上(脚部)	DCSN1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		430
66	せん断変位 南柱 北上	DCSN2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
67	せん断変位 南柱 北上	DCSN3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
68	せん断変位 南柱 北上	DCSN4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
69	せん断変位 南柱 南上(脚部)	DCSS1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		430
70	せん断変位 南柱 南上	DCSS2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
71	せん断変位 南柱 南上	DCSS3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
72	せん断変位 南柱 南上	DCSS4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
73									
74	軸変位 2F梁 南側下端(外側)	HBS1B	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
75	軸変位 2F梁 南側上端	HBS2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
76	軸変位 2F梁 南側下端(内側)	HBS3B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
77	軸変位 2F梁 南側上端(外側)	HBS1T	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
78	軸変位 2F梁 南側下端	HBS2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
79	軸変位 2F梁 南側上端(内側)	HBS3T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
80	せん断変位 2F梁 南側北上(外側)	DBS1N	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
81	せん断変位 2F梁 南側北上	DBS2N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
82									
83	せん断変位 2F梁 南側南上(外側)	DBS1S	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
84	せん断変位 2F梁 南側南上	DBS2S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
85									
86									
87	軸変位 3F梁 南側下端(外側)	HBS4B	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
88	軸変位 3F梁 南側上端	HBS5B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
89	軸変位 3F梁 南側下端(内側)	HBS6B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
90	軸変位 3F梁 南側上端(外側)	HBS4T	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
91	軸変位 3F梁 南側下端	HBS5T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
92	軸変位 3F梁 南側上端(内側)	HBS6T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
93	せん断変位 3F梁 南側北上(外側)	DBS4N	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
94	せん断変位 3F梁 南側北上	DBS5N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
95									
96	せん断変位 3F梁 南側南上(外側)	DBS4S	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
97	せん断変位 3F梁 南側南上	DBS5S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
98									
99									

表 2-30 試験体 WA の計測項目

CH. No.	計測項目	名称	校正係数	単位	メジャーモード	センサモード	計測機器名	ゲージ No.	インサート距離
100	せん断変位 1F壁北側 北上	DWN1N	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
101	せん断変位 1F壁北側 南上	DWN1S	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
102	せん断変位 1F壁南側 北上	DWS1N	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
103	せん断変位 1F壁南側 南上	DWS1S	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
104	せん断変位 2F壁北側 北上	DWN2N	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
105	せん断変位 2F壁北側 南上	DWN2S	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
106	せん断変位 2F壁南側 北上	DWS2N	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
107	せん断変位 2F壁南側 南上	DWS2S	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
108									
109	鉛直接合部 水平 1F北側 脚部	HJN1B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
110	鉛直接合部 水平 1F北側 頂部	HJN1T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
111	鉛直接合部 水平 2F北側 脚部	HJN2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
112	鉛直接合部 水平 2F北側 頂部	HJN2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
113	鉛直接合部 せん断 1F北側 北上	DJN1N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
114	鉛直接合部 せん断 1F北側 南上	DJN1S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
115	鉛直接合部 せん断 2F北側 北上	DJN2N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
116	鉛直接合部 せん断 2F北側 南上	DJN2S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
117	鉛直接合部 水平 1F南側 脚部	HJS1B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
118	鉛直接合部 水平 1F南側 頂部	HJS1T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
119	鉛直接合部 水平 2F南側 脚部	HJS2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
120	鉛直接合部 水平 2F南側 頂部	HJS2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
121	鉛直接合部 せん断 1F南側 北上	DJS1N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
122	鉛直接合部 せん断 1F南側 南上	DJS1S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
123	鉛直接合部 せん断 2F南側 北上	DJS2N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
124	鉛直接合部 せん断 2F南側 南上	DJS2S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
125									
126	滑り止め 鉛直 1F北側 脚部	VN1B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
127	滑り止め 鉛直 1F北側 頂部	VN1T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
128	滑り止め 鉛直 2F北側 脚部	VN2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
129	滑り止め 鉛直 2F北側 頂部	VN2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
130	滑り止め 鉛直 1F南側 脚部	VS1B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
131	滑り止め 鉛直 1F南側 頂部	VS1T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
132	滑り止め 鉛直 2F南側 脚部	VS2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
133	滑り止め 鉛直 2F南側 頂部	VS2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
134									
135	滑り止め 水平 1F北側 脚部	HN1B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
136	滑り止め 水平 1F北側 頂部	HN1T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
137	滑り止め 水平 2F北側 脚部	HN2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
138	滑り止め 水平 2F北側 頂部	HN2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
139	滑り止め 水平 1F南側 脚部	HS1B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
140	滑り止め 水平 1F南側 頂部	HS1T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
141	滑り止め 水平 2F南側 脚部	HS2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
142	滑り止め 水平 2F南側 頂部	HS2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
143									
144									
145									
146									
147									
148									
149									
150	PC鋼棒 北側	PN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	70	
151	PC鋼棒 北側	PN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	71	
152	柱主筋 1F脚部 北側南端	C1NS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	72	
153	柱主筋 1F脚部 北側北端	C1NS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	73	
154	柱主筋 1F脚部 北側北端	C1NN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	74	
155	柱主筋 1F脚部 北側北端	C1NN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	75	
156	柱主筋 1F中央 北側南端	C2NS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	76	
157	柱主筋 1F中央 北側南端	C2NS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	77	
158	柱主筋 1F中央 北側北端	C2NN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	78	
159	柱主筋 1F中央 北側北端	C2NN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	79	
160	柱主筋 1F頂部 北側南端	C3NS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	80	
161	柱主筋 1F頂部 北側南端	C3NS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	81	
162	柱主筋 1F頂部 北側北端	C3NN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	82	
163	柱主筋 1F頂部 北側北端	C3NN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	83	
164	柱主筋 2F脚部 北側南端	C4NS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	84	
165	柱主筋 2F脚部 北側南端	C4NS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	85	
166	柱主筋 2F脚部 北側北端	C4NN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	86	
167	柱主筋 2F脚部 北側北端	C4NN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	87	
168	柱主筋 2F中央 北側南端	C5NS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	88	
169	柱主筋 2F中央 北側南端	C5NS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	89	
170	柱主筋 2F中央 北側北端	C5NN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	90	
171	柱主筋 2F中央 北側北端	C5NN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	91	
172	柱主筋 2F頂部 北側南端	C6NS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	92	
173	柱主筋 2F頂部 北側南端	C6NS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	93	
174	柱主筋 2F頂部 北側北端	C6NN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	94	
175	柱主筋 2F頂部 北側北端	C6NN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	95	
176	柱帯筋 1F脚部 北側	CS1N	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	96	
177	柱帯筋 1F中央 北側	CS2N	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	97	
178	柱帯筋 1F頂部 北側	CS3N	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	98	
179	柱帯筋 2F脚部 北側	CS4N	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	99	
180	柱帯筋 2F中央 北側	CS5N	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	100	
181	柱帯筋 2F頂部 北側	CS6N	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	101	
182	梁下端筋 2F 北側南端	B1L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	102	
183	梁下端筋 2F 北側南端	B1L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	103	
184	梁下端筋 2F 北側	B2L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	104	
185	梁下端筋 2F 北側	B2L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	105	
186	梁下端筋 2F 北側	B3L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	106	
187	梁下端筋 2F 北側	B3L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	107	
188	梁下端筋 2F 北側北端	B4L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	108	
189	梁下端筋 2F 北側北端	B4L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	109	
190	梁上端筋 2F 北側南端	B1U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	110	
191	梁上端筋 2F 北側南端	B1U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	111	
192	梁上端筋 2F 北側	B2U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	112	
193	梁上端筋 2F 北側	B2U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	113	
194	梁上端筋 2F 北側	B3U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	114	
195	梁上端筋 2F 北側	B3U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	115	
196	梁上端筋 2F 北側北端	B4U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	116	
197	梁上端筋 2F 北側北端	B4U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	117	
198									
199									

表 2-30 試験体 WA の計測項目

CH. No.	計測項目	名称	校正係数	単位	メジャーモード	センサモード	計測機器名	ゲージNo.	インサート距離
200	梁あばら筋 2F 北側南端	BS1	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	118	
201	梁あばら筋 2F 北側	BS2	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	119	
202	梁あばら筋 2F 北側北端	BS3	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	120	
203	梁下端筋 3F 北側南端	B9L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	121	
204	梁下端筋 3F 北側南端	B9L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	122	
205	梁下端筋 3F 北側	B10L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	123	
206	梁下端筋 3F 北側	B10L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	124	
207	梁下端筋 3F 北側	B11L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	125	
208	梁下端筋 3F 北側	B11L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	126	
209	梁下端筋 3F 北側北端	B12L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	127	
210	梁下端筋 3F 北側北端	B12L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	128	
211	梁上端筋 3F 北側南端	B9U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	129	
212	梁上端筋 3F 北側南端	B9U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	130	
213	梁上端筋 3F 北側	B10U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	131	
214	梁上端筋 3F 北側	B10U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	132	
215	梁上端筋 3F 北側	B11U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	133	
216	梁上端筋 3F 北側	B11U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	134	
217	梁上端筋 3F 北側北端	B12U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	135	
218	梁上端筋 3F 北側北端	B12U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	136	
219	梁あばら筋 3F 北側南端	BS7	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	137	
220	梁あばら筋 3F 北側	BS8	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	138	
221	梁あばら筋 3F 北側北端	BS9	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	139	
222									
223	滑り止め 北側 1F脚部 北側下	SN-1B-1L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
224	滑り止め 北側 1F脚部 北側上	SN-1B-1U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
225	滑り止め 北側 1F脚部 南側下	SN-1B-2L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
226	滑り止め 北側 1F脚部 南側上	SN-1B-2U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
227	滑り止め 北側 1F頂部 北側下	SN-1T-1L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
228	滑り止め 北側 1F頂部 北側上	SN-1T-1U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
229	滑り止め 北側 1F頂部 南側下	SN-1T-2L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
230	滑り止め 北側 1F頂部 南側上	SN-1T-2U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
231	滑り止め 北側 2F脚部 北側下	SN-2B-1L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
232	滑り止め 北側 2F脚部 北側上	SN-2B-1U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
233	滑り止め 北側 2F脚部 南側下	SN-2B-2L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
234	滑り止め 北側 2F脚部 南側上	SN-2B-2U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
235	滑り止め 北側 2F頂部 北側下	SN-2T-1L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
236	滑り止め 北側 2F頂部 北側上	SN-2T-1U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
237	滑り止め 北側 2F頂部 南側下	SN-2T-2L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
238	滑り止め 北側 2F頂部 南側上	SN-2T-2U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
239									
240									
241									
242									
243									
244									
245									
246									
247									
248									
249									
250	PC鋼棒 南側	PS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	0	
251	PC鋼棒 南側	PS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	1	
252	柱主筋 1F脚部 南側南端	C1SS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	2	
253	柱主筋 1F脚部 南側北端	C1SS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	3	
254	柱主筋 1F脚部 南側北端	C1SN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	4	
255	柱主筋 1F脚部 南側北端	C1SN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	5	
256	柱主筋 1F中央 南側南端	C2SS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	6	
257	柱主筋 1F中央 南側南端	C2SS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	7	
258	柱主筋 1F中央 南側北端	C2SN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	8	
259	柱主筋 1F中央 南側北端	C2SN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	9	
260	柱主筋 1F頂部 南側南端	C3SS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	10	
261	柱主筋 1F頂部 南側南端	C3SS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	11	
262	柱主筋 1F頂部 南側北端	C3SN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	12	
263	柱主筋 1F頂部 南側北端	C3SN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	13	
264	柱主筋 2F脚部 南側南端	C4SS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	14	
265	柱主筋 2F脚部 南側南端	C4SS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	15	
266	柱主筋 2F脚部 南側北端	C4SN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	16	
267	柱主筋 2F脚部 南側北端	C4SN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	17	
268	柱主筋 2F中央 南側南端	C5SS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	18	
269	柱主筋 2F中央 南側南端	C5SS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	19	
270	柱主筋 2F中央 南側北端	C5SN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	20	
271	柱主筋 2F中央 南側北端	C5SN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	21	
272	柱主筋 2F頂部 南側南端	C6SS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	22	
273	柱主筋 2F頂部 南側南端	C6SS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	23	
274	柱主筋 2F頂部 南側北端	C6SN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	24	
275	柱主筋 2F頂部 南側北端	C6SN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	25	
276	柱帯筋 1F脚部 南側	CS1S	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	26	
277	柱帯筋 1F中央 南側	CS2S	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	27	
278	柱帯筋 1F頂部 南側	CS3S	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	28	
279	柱帯筋 2F脚部 南側	CS4S	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	29	
280	柱帯筋 2F中央 南側	CS5S	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	30	
281	柱帯筋 2F頂部 南側	CS6S	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	31	
282	梁下端筋 2F 南側南端	B5L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	32	
283	梁下端筋 2F 南側南端	B5L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	33	
284	梁下端筋 2F 南側	B6L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	34	
285	梁下端筋 2F 南側	B6L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	35	
286	梁下端筋 2F 南側	B7L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	36	
287	梁下端筋 2F 南側	B7L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	37	
288	梁下端筋 2F 南側北端	B6L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	38	
289	梁下端筋 2F 南側北端	B6L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	39	
290	梁上端筋 2F 南側南端	B5U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	40	
291	梁上端筋 2F 南側南端	B5U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	41	
292	梁上端筋 2F 南側	B6U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	42	
293	梁上端筋 2F 南側	B6U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	43	
294	梁上端筋 2F 南側	B7U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	44	
295	梁上端筋 2F 南側	B7U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	45	
296	梁下端筋 2F 南側北端	B8U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	46	
297	梁下端筋 2F 南側北端	B8U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	47	
298									
299									



表 2-30 試験体 WA の計測項目

CH. No.	計測項目	名称	校正係数	単位	メジャーモード	センサモード	計測機器名	ゲージ No.	インサート距離
300	梁あばら筋 2F 南側南端	BS4	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	48	
301	梁あばら筋 2F 南側	BS5	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	49	
302	梁あばら筋 2F 南側北端	BS6	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	50	
303	梁下端筋 3F 南側南端	B13L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	51	
304	梁下端筋 3F 南側南端	B13L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	52	
305	梁下端筋 3F 南側	B14L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	53	
306	梁下端筋 3F 南側	B14L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	54	
307	梁下端筋 3F 南側	B15L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	55	
308	梁下端筋 3F 南側	B15L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	56	
309	梁下端筋 3F 南側北端	B16L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	57	
310	梁下端筋 3F 南側北端	B16L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	58	
311	梁上端筋 3F 南側南端	B13U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	59	
312	梁上端筋 3F 南側南端	B13U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	60	
313	梁上端筋 3F 南側	B14U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	61	
314	梁上端筋 3F 南側	B14U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	62	
315	梁上端筋 3F 南側	B15U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	63	
316	梁上端筋 3F 南側	B15U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	64	
317	梁上端筋 3F 南側北端	B16U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	65	
318	梁上端筋 3F 南側北端	B16U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	66	
319	梁あばら筋 3F 南側南端	BS10	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	67	
320	梁あばら筋 3F 南側	BS11	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	68	
321	梁あばら筋 3F 南側北端	BS12	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	69	
322									
323	滑り止め 南側 1F脚部 南側下	SS-1B-1L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
324	滑り止め 南側 1F脚部 南側上	SS-1B-1U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
325	滑り止め 南側 1F脚部 北側下	SS-1B-2L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
326	滑り止め 南側 1F脚部 北側上	SS-1B-2U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
327	滑り止め 南側 1F頂部 南側下	SS-1T-1L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
328	滑り止め 南側 1F頂部 南側上	SS-1T-1U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
329	滑り止め 南側 1F頂部 北側下	SS-1T-2L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
330	滑り止め 南側 1F頂部 北側上	SS-1T-2U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
331	滑り止め 南側 2F脚部 南側下	SS-2B-1L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
332	滑り止め 南側 2F脚部 南側上	SS-2B-1U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
333	滑り止め 南側 2F脚部 北側下	SS-2B-2L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
334	滑り止め 南側 2F脚部 北側上	SS-2B-2U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
335	滑り止め 南側 2F頂部 南側下	SS-2T-1L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
336	滑り止め 南側 2F頂部 南側上	SS-2T-1U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
337	滑り止め 南側 2F頂部 北側下	SS-2T-2L	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
338	滑り止め 南側 2F頂部 北側上	SS-2T-2U	0.9390	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
339									
340									
341									
342									
343									
344									
345									
346									
347									
348									
349									
350	ロゼット 1F 水平 北北下	RN-1B-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
351	ロゼット 1F 鉛直 北北下	RN-1B-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
352	ロゼット 1F 対角 北北下	RN-1B-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
353	ロゼット 1F 水平 北南下	RN-1B-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
354	ロゼット 1F 鉛直 北南下	RN-1B-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
355	ロゼット 1F 対角 北南下	RN-1B-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
356	ロゼット 1F 水平 北北中	RN-1M-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
357	ロゼット 1F 鉛直 北北中	RN-1M-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
358	ロゼット 1F 対角 北北中	RN-1M-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
359	ロゼット 1F 水平 北南中	RN-1M-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
360	ロゼット 1F 鉛直 北南中	RN-1M-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
361	ロゼット 1F 対角 北南中	RN-1M-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
362	ロゼット 1F 水平 北北上	RN-1T-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
363	ロゼット 1F 鉛直 北北上	RN-1T-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
364	ロゼット 1F 対角 北北上	RN-1T-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
365	ロゼット 1F 水平 北南上	RN-1T-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
366	ロゼット 1F 鉛直 北南上	RN-1T-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
367	ロゼット 1F 対角 北南上	RN-1T-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
368									
369	ロゼット 2F 水平 北北下	RN-2B-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
370	ロゼット 2F 鉛直 北北下	RN-2B-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
371	ロゼット 2F 対角 北北下	RN-2B-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
372	ロゼット 2F 水平 北南下	RN-2B-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
373	ロゼット 2F 鉛直 北南下	RN-2B-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
374	ロゼット 2F 対角 北南下	RN-2B-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
375	ロゼット 2F 水平 北北中	RN-2M-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
376	ロゼット 2F 鉛直 北北中	RN-2M-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
377	ロゼット 2F 対角 北北中	RN-2M-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
378	ロゼット 2F 水平 北南中	RN-2M-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
379	ロゼット 2F 鉛直 北南中	RN-2M-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
380	ロゼット 2F 対角 北南中	RN-2M-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
381	ロゼット 2F 水平 北北上	RN-2T-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
382	ロゼット 2F 鉛直 北北上	RN-2T-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
383	ロゼット 2F 対角 北北上	RN-2T-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
384	ロゼット 2F 水平 北南上	RN-2T-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
385	ロゼット 2F 鉛直 北南上	RN-2T-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
386	ロゼット 2F 対角 北南上	RN-2T-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
387									
388	鉛直 1F 北北下	VN-1B-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
389	鉛直 1F 北南下	VN-1B-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
390	鉛直 1F 北北上	VN-1T-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
391	鉛直 1F 北南上	VN-1T-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
392	鉛直 2F 北北下	VN-2B-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
393	鉛直 2F 北南下	VN-2B-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
394	鉛直 2F 北北上	VN-2T-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
395	鉛直 2F 北南上	VN-2T-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
396	水平 1F 北下	HN-1B	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
397	水平 1F 北上	HN-1T	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
398	水平 2F 北下	HN-2B	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
399	水平 2F 北上	HN-2T	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		

表 2-30 試験体 WA の計測項目

CH. No.	計測項目	名称	校正係数	単位	メジャーモード	センサモード	計測機器名	ゲージ No.	インサート距離
400	ロゼット 1F 水平 南南下	RS-1B-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
401	ロゼット 1F 鉛直 南南下	RS-1B-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
402	ロゼット 1F 対角 南南下	RS-1B-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
403	ロゼット 1F 水平 南北下	RS-1B-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
404	ロゼット 1F 鉛直 南北下	RS-1B-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
405	ロゼット 1F 対角 南北下	RS-1B-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
406	ロゼット 1F 水平 南南中	RS-1M-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
407	ロゼット 1F 鉛直 南南中	RS-1M-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
408	ロゼット 1F 対角 南南中	RS-1M-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
409	ロゼット 1F 水平 南北中	RS-1M-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
410	ロゼット 1F 鉛直 南北中	RS-1M-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
411	ロゼット 1F 対角 南北中	RS-1M-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
412	ロゼット 1F 水平 南南上	RS-1T-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
413	ロゼット 1F 鉛直 南南上	RS-1T-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
414	ロゼット 1F 対角 南南上	RS-1T-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
415	ロゼット 1F 水平 南北上	RS-1T-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
416	ロゼット 1F 鉛直 南北上	RS-1T-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
417	ロゼット 1F 対角 南北上	RS-1T-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
418									
419	ロゼット 2F 水平 南南下	RS-2B-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
420	ロゼット 2F 鉛直 南南下	RS-2B-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
421	ロゼット 2F 対角 南南下	RS-2B-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
422	ロゼット 2F 水平 南北下	RS-2B-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
423	ロゼット 2F 鉛直 南北下	RS-2B-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
424	ロゼット 2F 対角 南北下	RS-2B-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
425	ロゼット 2F 水平 南南中	RS-2M-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
426	ロゼット 2F 鉛直 南南中	RS-2M-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
427	ロゼット 2F 対角 南南中	RS-2M-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
428	ロゼット 2F 水平 南北中	RS-2M-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
429	ロゼット 2F 鉛直 南北中	RS-2M-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
430	ロゼット 2F 対角 南北中	RS-2M-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
431	ロゼット 2F 水平 南南上	RS-2T-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
432	ロゼット 2F 鉛直 南南上	RS-2T-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
433	ロゼット 2F 対角 南南上	RS-2T-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
434	ロゼット 2F 水平 南北上	RS-2T-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
435	ロゼット 2F 鉛直 南北上	RS-2T-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
436	ロゼット 2F 対角 南北上	RS-2T-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
437									
438	鉛直 1F 南南下	VS-1B-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
439	鉛直 1F 南北下	VS-1B-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
440	鉛直 1F 南南上	VS-1T-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
441	鉛直 1F 南北上	VS-1T-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
442	鉛直 2F 南南下	VS-2B-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
443	鉛直 2F 南北下	VS-2B-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
444	鉛直 2F 南南上	VS-2T-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
445	鉛直 2F 南北上	VS-2T-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
446	水平 1F 南下	HS-1B	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
447	水平 1F 南上	HS-1T	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
448	水平 2F 南下	HS-2B	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
449	水平 2F 南上	HS-2T	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		

表 2-31 試験体 WB の計測項目

CH. No.	計測項目	名称	校正係数	単位	メジャーモード	センサモード	計測機器名	ゲージNo.	インサート距離
0	軸力 北側 (AL180053)	NN	0.333	kN	メジャー	4GAGE		—	
1	水平力 北側 (XS8015-A)	QN	0.491	kN	メジャー	4GAGE		—	
2	水平変位 (3F) 北側	3HN	-0.03	mm	メジャー	4GAGE	SDP-300	—	
3	水平変位 (2F) 北側	2HN	-0.03	mm	メジャー	4GAGE	SDP-300	—	
4	水平変位 (1F) 北側	1HN	-0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25	—	
5	面外変位 北	ON	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50	—	
6									
7	軸変位 北柱 北側(脚部)	VCNN1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		350
8	軸変位 北柱 北側	VCNN2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
9	軸変位 北柱 北側	VCNN3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
10	軸変位 北柱 北側	VCNN4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
11	軸変位 北柱 南側(脚部)	VCNS1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		350
12	軸変位 北柱 南側	VCNS2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
13	軸変位 北柱 南側	VCNS3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
14	軸変位 北柱 南側	VCNS4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
15	せん断変位 北柱 北上(脚部)	DCNN1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		430
16	せん断変位 北柱 北上	DCNN2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
17	せん断変位 北柱 北上	DCNN3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
18	せん断変位 北柱 北上	DCNN4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
19	せん断変位 北柱 南上(脚部)	DCNS1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		430
20	せん断変位 北柱 南上	DCNS2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
21	せん断変位 北柱 南上	DCNS3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
22	せん断変位 北柱 南上	DCNS4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
23									
24	軸変位 2F梁 北側下端(外側)	HBN1B	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
25	軸変位 2F梁 北側上端	HBN2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
26	軸変位 2F梁 北側下端(内側)	HBN3B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
27	軸変位 2F梁 北側上端(外側)	HBN1T	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
28	軸変位 2F梁 北側下端	HBN2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
29	軸変位 2F梁 北側上端(内側)	HBN3T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
30	せん断変位 2F梁 北側北上(外側)	DBN1N	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
31	せん断変位 2F梁 北側北上	DBN2N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
32									
33	せん断変位 2F梁 北側南上(外側)	DBN1S	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
34	せん断変位 2F梁 北側南上	DBN2S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
35									
36									
37	軸変位 3F梁 北側下端(外側)	HBN4B	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
38	軸変位 3F梁 北側上端	HBN5B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
39	軸変位 3F梁 北側下端(内側)	HBN6B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
40	軸変位 3F梁 北側上端(外側)	HBN4T	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
41	軸変位 3F梁 北側下端	HBN5T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
42	軸変位 3F梁 北側上端(内側)	HBN6T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
43	せん断変位 3F梁 北側北上(外側)	DBN4N	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
44	せん断変位 3F梁 北側北上	DBN5N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
45									
46	せん断変位 3F梁 北側南上(外側)	DBN4S	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
47	せん断変位 3F梁 北側南上	DBN5S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
48									
49									
50	軸力 南側 (AL180052)	NS	0.333	kN	メジャー	4GAGE		—	
51	水平力 南側 (XS8017-A)	QS	-0.492	kN	メジャー	4GAGE		—	
52	水平変位 (3F) 南側	3HS	0.03	mm	メジャー	4GAGE	SDP-300	—	
53	水平変位 (2F) 南側	2HS	0.03	mm	メジャー	4GAGE	SDP-300	—	
54	水平変位 (1F) 南側	1HS	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25	—	
55	面外変位 南	OS	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50	—	
56									
57	軸変位 南柱 北側(脚部)	VCSN1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		350
58	軸変位 南柱 北側	VCSN2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
59	軸変位 南柱 北側	VCSN3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
60	軸変位 南柱 北側	VCSN4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
61	軸変位 南柱 南側(脚部)	VCSS1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		350
62	軸変位 南柱 南側	VCSS2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
63	軸変位 南柱 南側	VCSS3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
64	軸変位 南柱 南側	VCSS4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		425
65	せん断変位 南柱 北上(脚部)	DCSN1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		430
66	せん断変位 南柱 北上	DCSN2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
67	せん断変位 南柱 北上	DCSN3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
68	せん断変位 南柱 北上	DCSN4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
69	せん断変位 南柱 南上(脚部)	DCSS1	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		430
70	せん断変位 南柱 南上	DCSS2	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
71	せん断変位 南柱 南上	DCSS3	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
72	せん断変位 南柱 南上	DCSS4	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		493
73									
74	軸変位 2F梁 南側下端(外側)	HBS1B	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
75	軸変位 2F梁 南側上端	HBS2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
76	軸変位 2F梁 南側下端(内側)	HBS3B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
77	軸変位 2F梁 南側上端(外側)	HBS1T	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
78	軸変位 2F梁 南側下端	HBS2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
79	軸変位 2F梁 南側上端(内側)	HBS3T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
80	せん断変位 2F梁 南側北上(外側)	DBS1N	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
81	せん断変位 2F梁 南側北上	DBS2N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
82									
83	せん断変位 2F梁 南側南上(外側)	DBS1S	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
84	せん断変位 2F梁 南側南上	DBS2S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
85									
86									
87	軸変位 3F梁 南側下端(外側)	HBS4B	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
88	軸変位 3F梁 南側上端	HBS5B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
89	軸変位 3F梁 南側下端(内側)	HBS6B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
90	軸変位 3F梁 南側上端(外側)	HBS4T	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		475
91	軸変位 3F梁 南側下端	HBS5T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
92	軸変位 3F梁 南側上端(内側)	HBS6T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		400
93	せん断変位 3F梁 南側北上(外側)	DBS4N	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
94	せん断変位 3F梁 南側北上	DBS5N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
95									
96	せん断変位 3F梁 南側南上(外側)	DBS4S	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		537
97	せん断変位 3F梁 南側南上	DBS5S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		472
98									
99									

表 2-31 試験体 WB の計測項目

CH. No.	計測項目	名称	校正係数	単位	メジャーモード	センサモード	計測機器名	ゲージ No.	インサート距離
100	せん断変位 1F壁北側 北上	DWN1N	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
101	せん断変位 1F壁北側 南上	DWN1S	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
102	せん断変位 1F壁南側 北上	DWS1N	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
103	せん断変位 1F壁南側 南上	DWS1S	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
104	せん断変位 2F壁北側 北上	DWN2N	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
105	せん断変位 2F壁北側 南上	DWN2S	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
106	せん断変位 2F壁南側 北上	DWS2N	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
107	せん断変位 2F壁南側 南上	DWS2S	0.01	mm	メジャー	4GAGE	CDP-100		1715
108									
109	鉛直接合部 水平 1F北側 脚部	HJN1B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
110	鉛直接合部 水平 1F北側 頂部	HJN1T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
111	鉛直接合部 水平 2F北側 脚部	HJN2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
112	鉛直接合部 水平 2F北側 頂部	HJN2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
113	鉛直接合部 せん断 1F北側 北上	DJN1N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
114	鉛直接合部 せん断 1F北側 南上	DJN1S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
115	鉛直接合部 せん断 2F北側 北上	DJN2N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
116	鉛直接合部 せん断 2F北側 南上	DJN2S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
117	鉛直接合部 水平 1F南側 脚部	HJS1B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
118	鉛直接合部 水平 1F南側 頂部	HJS1T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
119	鉛直接合部 水平 2F南側 脚部	HJS2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
120	鉛直接合部 水平 2F南側 頂部	HJS2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		290
121	鉛直接合部 せん断 1F南側 北上	DJS1N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
122	鉛直接合部 せん断 1F南側 南上	DJS1S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
123	鉛直接合部 せん断 2F南側 北上	DJS2N	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
124	鉛直接合部 せん断 2F南側 南上	DJS2S	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		946
125									
126	鉛直 1F北側 脚部	VN1B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
127	鉛直 1F北側 頂部	VN1T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
128	鉛直 2F北側 脚部	VN2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
129	鉛直 2F北側 頂部	VN2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
130	鉛直 1F南側 脚部	VS1B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
131	鉛直 1F南側 頂部	VS1T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
132	鉛直 2F南側 脚部	VS2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
133	鉛直 2F南側 頂部	VS2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
134									
135	水平 1F北側 脚部	HN1B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
136	水平 1F北側 頂部	HN1T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
137	水平 2F北側 脚部	HN2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
138	水平 2F北側 頂部	HN2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
139	水平 1F南側 脚部	HS1B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
140	水平 1F南側 頂部	HS1T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
141	水平 2F南側 脚部	HS2B	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
142	水平 2F南側 頂部	HS2T	0.002	mm	メジャー	4GAGE	CDP-25		145
143									
144	パネル面外1F脚部	OP1B	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		
145	パネル面外1F頂部	OP1T	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		
146	パネル面外2F脚部	OP2B	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		
147	パネル面外2F頂部	OP2T	0.005	mm	メジャー	4GAGE	CDP-50		
148									
149									
150	PC鋼棒 北側	PN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	70	
151	PC鋼棒 北側	PN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	71	
152	柱主筋 1F脚部 北側南端	C1NS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	72	
153	柱主筋 1F脚部 北側北端	C1NS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	73	
154	柱主筋 1F脚部 北側北端	C1NN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	74	
155	柱主筋 1F脚部 北側北端	C1NN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	75	
156	柱主筋 1F中央 北側南端	C2NS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	76	
157	柱主筋 1F中央 北側南端	C2NS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	77	
158	柱主筋 1F中央 北側北端	C2NN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	78	
159	柱主筋 1F中央 北側北端	C2NN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	79	
160	柱主筋 1F頂部 北側南端	C3NS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	80	
161	柱主筋 1F頂部 北側南端	C3NS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	81	
162	柱主筋 1F頂部 北側北端	C3NN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	82	
163	柱主筋 1F頂部 北側北端	C3NN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	83	
164	柱主筋 2F脚部 北側南端	C4NS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	84	
165	柱主筋 2F脚部 北側南端	C4NS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	85	
166	柱主筋 2F脚部 北側北端	C4NN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	86	
167	柱主筋 2F脚部 北側北端	C4NN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	87	
168	柱主筋 2F中央 北側南端	C5NS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	88	
169	柱主筋 2F中央 北側南端	C5NS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	89	
170	柱主筋 2F中央 北側北端	C5NN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	90	
171	柱主筋 2F中央 北側北端	C5NN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	91	
172	柱主筋 2F頂部 北側南端	C6NS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	92	
173	柱主筋 2F頂部 北側南端	C6NS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	93	
174	柱主筋 2F頂部 北側北端	C6NN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	94	
175	柱主筋 2F頂部 北側北端	C6NN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	95	
176	柱帯筋 1F脚部 北側	CS1N	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	96	
177	柱帯筋 1F中央 北側	CS2N	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	97	
178	柱帯筋 1F頂部 北側	CS3N	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	98	
179	柱帯筋 2F脚部 北側	CS4N	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	99	
180	柱帯筋 2F中央 北側	CS5N	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	100	
181	柱帯筋 2F頂部 北側	CS6N	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	101	
182	梁下端筋 2F 北側南端	B1L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	102	
183	梁下端筋 2F 北側南端	B1L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	103	
184	梁下端筋 2F 北側	B2L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	104	
185	梁下端筋 2F 北側	B2L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	105	
186	梁下端筋 2F 北側	B3L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	106	
187	梁下端筋 2F 北側	B3L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	107	
188	梁下端筋 2F 北側北端	B4L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	108	
189	梁下端筋 2F 北側北端	B4L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	109	
190	梁上端筋 2F 北側南端	B1U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	110	
191	梁上端筋 2F 北側南端	B1U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	111	
192	梁上端筋 2F 北側	B2U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	112	
193	梁上端筋 2F 北側	B2U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	113	
194	梁上端筋 2F 北側	B3U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	114	
195	梁上端筋 2F 北側	B3U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	115	
196	梁上端筋 2F 北側北端	B4U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	116	
197	梁上端筋 2F 北側北端	B4U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	117	
198									
199									

表 2-31 試験体 WB の計測項目

CH. No.	計測項目	名称	校正係数	単位	メジャーモード	センサモード	計測機器名	ゲージNo.	インサート距離
200	梁あばら筋 2F 北側南端	BS1	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	118	
201	梁あばら筋 2F 北側	BS2	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	119	
202	梁あばら筋 2F 北側北端	BS3	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	120	
203	梁下端筋 3F 北側南端	B9L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	121	
204	梁下端筋 3F 北側南端	B9L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	122	
205	梁下端筋 3F 北側	B10L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	123	
206	梁下端筋 3F 北側	B10L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	124	
207	梁下端筋 3F 北側	B11L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	125	
208	梁下端筋 3F 北側	B11L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	126	
209	梁下端筋 3F 北側北端	B12L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	127	
210	梁下端筋 3F 北側北端	B12L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	128	
211	梁上端筋 3F 北側南端	B9U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	129	
212	梁上端筋 3F 北側南端	B9U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	130	
213	梁上端筋 3F 北側	B10U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	131	
214	梁上端筋 3F 北側	B10U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	132	
215	梁上端筋 3F 北側	B11U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	133	
216	梁上端筋 3F 北側	B11U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	134	
217	梁上端筋 3F 北側北端	B12U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	135	
218	梁上端筋 3F 北側北端	B12U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	136	
219	梁あばら筋 3F 北側南端	BS7	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	137	
220	梁あばら筋 3F 北側	BS8	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	138	
221	梁あばら筋 3F 北側北端	BS9	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	139	
222									
223									
224									
225									
226									
227									
228									
229									
230									
231									
232									
233									
234									
235									
236									
237									
238									
239									
240									
241									
242									
243									
244									
245									
246									
247									
248									
249									
250	PC鋼棒 南側	PS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	0	
251	PC鋼棒 南側	PS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	1	
252	柱主筋 1F脚部 南側南端	C1SS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	2	
253	柱主筋 1F脚部 南側南端	C1SS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	3	
254	柱主筋 1F脚部 南側北端	C1SN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	4	
255	柱主筋 1F脚部 南側北端	C1SN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	5	
256	柱主筋 1F中央 南側南端	C2SS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	6	
257	柱主筋 1F中央 南側南端	C2SS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	7	
258	柱主筋 1F中央 南側北端	C2SN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	8	
259	柱主筋 1F中央 南側北端	C2SN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	9	
260	柱主筋 1F頂部 南側南端	C3SS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	10	
261	柱主筋 1F頂部 南側南端	C3SS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	11	
262	柱主筋 1F頂部 南側北端	C3SN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	12	
263	柱主筋 1F頂部 南側北端	C3SN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	13	
264	柱主筋 2F脚部 南側南端	C4SS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	14	
265	柱主筋 2F脚部 南側南端	C4SS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	15	
266	柱主筋 2F脚部 南側北端	C4SN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	16	
267	柱主筋 2F脚部 南側北端	C4SN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	17	
268	柱主筋 2F中央 南側南端	C5SS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	18	
269	柱主筋 2F中央 南側南端	C5SS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	19	
270	柱主筋 2F中央 南側北端	C5SN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	20	
271	柱主筋 2F中央 南側北端	C5SN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	21	
272	柱主筋 2F頂部 南側南端	C6SS-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	22	
273	柱主筋 2F頂部 南側南端	C6SS-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	23	
274	柱主筋 2F頂部 南側北端	C6SN-f	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	24	
275	柱主筋 2F頂部 南側北端	C6SN-b	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	25	
276	柱帯筋 1F脚部 南側	CS1S	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	26	
277	柱帯筋 1F中央 南側	CS2S	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	27	
278	柱帯筋 1F頂部 南側	CS3S	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	28	
279	柱帯筋 2F脚部 南側	CS4S	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	29	
280	柱帯筋 2F中央 南側	CS5S	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	30	
281	柱帯筋 2F頂部 南側	CS6S	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	31	
282	梁下端筋 2F 南側南端	B5L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	32	
283	梁下端筋 2F 南側南端	B5L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	33	
284	梁下端筋 2F 南側	B6L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	34	
285	梁下端筋 2F 南側	B6L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	35	
286	梁下端筋 2F 南側	B7L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	36	
287	梁下端筋 2F 南側	B7L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	37	
288	梁下端筋 2F 南側北端	B6L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	38	
289	梁下端筋 2F 南側北端	B6L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	39	
290	梁上端筋 2F 南側南端	B5U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	40	
291	梁上端筋 2F 南側南端	B5U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	41	
292	梁上端筋 2F 南側	B6U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	42	
293	梁上端筋 2F 南側	B6U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	43	
294	梁上端筋 2F 南側	B7U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	44	
295	梁上端筋 2F 南側	B7U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	45	
296	梁下端筋 2F 南側北端	B8U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	46	
297	梁下端筋 2F 南側北端	B8U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	47	
298									
299									

表 2-31 試験体 WB の計測項目

CH. No.	計測項目	名称	校正係数	単位	メジャーモード	センサモード	計測機器名	ゲージ No.	インサート距離
300	梁あばら筋 2F 南側南端	BS4	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	48	
301	梁あばら筋 2F 南側	BS5	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	49	
302	梁あばら筋 2F 南側北端	BS6	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	50	
303	梁下端筋 3F 南側南端	B13L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	51	
304	梁下端筋 3F 南側南端	B13L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	52	
305	梁下端筋 3F 南側	B14L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	53	
306	梁下端筋 3F 南側	B14L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	54	
307	梁下端筋 3F 南側	B15L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	55	
308	梁下端筋 3F 南側	B15L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	56	
309	梁下端筋 3F 南側北端	B16L-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	57	
310	梁下端筋 3F 南側北端	B16L-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	58	
311	梁上端筋 3F 南側南端	B13U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	59	
312	梁上端筋 3F 南側南端	B13U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	60	
313	梁上端筋 3F 南側	B14U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	61	
314	梁上端筋 3F 南側	B14U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	62	
315	梁上端筋 3F 南側	B15U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	63	
316	梁上端筋 3F 南側	B15U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	64	
317	梁上端筋 3F 南側北端	B16U-f	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	65	
318	梁上端筋 3F 南側北端	B16U-b	0.9434	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	66	
319	梁あばら筋 3F 南側南端	BS10	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	67	
320	梁あばら筋 3F 南側	BS11	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	68	
321	梁あばら筋 3F 南側北端	BS12	0.9615	μ	メジャー	1G3W120Ω	鉄筋用	69	
322									
323									
324									
325									
326									
327									
328									
329									
330									
331									
332									
333									
334									
335									
336									
337									
338									
339									
340									
341									
342									
343									
344									
345									
346									
347									
348									
349									
350	ロゼット 1F 水平 北北下	RN-1B-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
351	ロゼット 1F 鉛直 北北下	RN-1B-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
352	ロゼット 1F 対角 北北下	RN-1B-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
353	ロゼット 1F 水平 北南下	RN-1B-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
354	ロゼット 1F 鉛直 北南下	RN-1B-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
355	ロゼット 1F 対角 北南下	RN-1B-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
356	ロゼット 1F 水平 北北中	RN-1M-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
357	ロゼット 1F 鉛直 北北中	RN-1M-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
358	ロゼット 1F 対角 北北中	RN-1M-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
359	ロゼット 1F 水平 北南中	RN-1M-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
360	ロゼット 1F 鉛直 北南中	RN-1M-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
361	ロゼット 1F 対角 北南中	RN-1M-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
362	ロゼット 1F 水平 北北上	RN-1T-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
363	ロゼット 1F 鉛直 北北上	RN-1T-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
364	ロゼット 1F 対角 北北上	RN-1T-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
365	ロゼット 1F 水平 北南上	RN-1T-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
366	ロゼット 1F 鉛直 北南上	RN-1T-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
367	ロゼット 1F 対角 北南上	RN-1T-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
368									
369	ロゼット 2F 水平 北北下	RN-2B-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
370	ロゼット 2F 鉛直 北北下	RN-2B-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
371	ロゼット 2F 対角 北北下	RN-2B-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
372	ロゼット 2F 水平 北南下	RN-2B-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
373	ロゼット 2F 鉛直 北南下	RN-2B-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
374	ロゼット 2F 対角 北南下	RN-2B-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
375	ロゼット 2F 水平 北北中	RN-2M-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
376	ロゼット 2F 鉛直 北北中	RN-2M-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
377	ロゼット 2F 対角 北北中	RN-2M-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
378	ロゼット 2F 水平 北南中	RN-2M-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
379	ロゼット 2F 鉛直 北南中	RN-2M-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
380	ロゼット 2F 対角 北南中	RN-2M-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
381	ロゼット 2F 水平 北北上	RN-2T-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
382	ロゼット 2F 鉛直 北北上	RN-2T-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
383	ロゼット 2F 対角 北北上	RN-2T-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
384	ロゼット 2F 水平 北南上	RN-2T-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
385	ロゼット 2F 鉛直 北南上	RN-2T-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
386	ロゼット 2F 対角 北南上	RN-2T-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
387									
388	鉛直 1F 北北下	VN-1B-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
389	鉛直 1F 北南下	VN-1B-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
390	鉛直 1F 北北上	VN-1T-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
391	鉛直 1F 北南上	VN-1T-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
392	鉛直 2F 北北下	VN-2B-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
393	鉛直 2F 北南下	VN-2B-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
394	鉛直 2F 北北上	VN-2T-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
395	鉛直 2F 北南上	VN-2T-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
396	水平 1F 北下	HN-1B	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
397	水平 1F 北上	HN-1T	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
398	水平 2F 北下	HN-2B	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
399	水平 2F 北上	HN-2T	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		

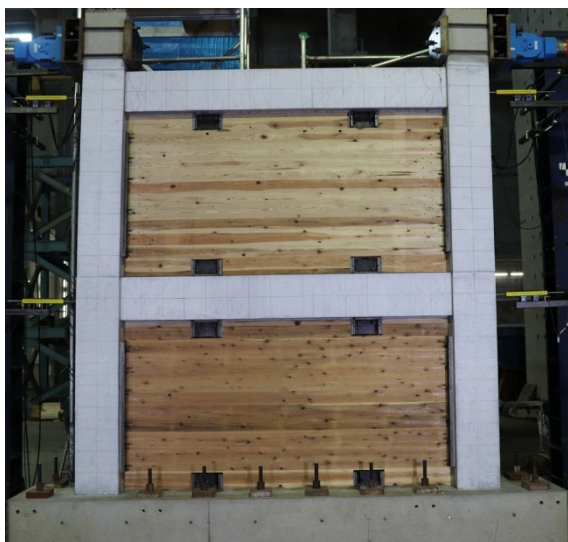


表 2-31 試験体 WB の計測項目

CH. No.	計測項目	名称	校正係数	単位	メジャーモード	センサモード	計測機器名	ゲージ No.	インサート距離
400	ロゼット 1F 水平 南南下	RS-1B-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
401	ロゼット 1F 鉛直 南南下	RS-1B-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
402	ロゼット 1F 対角 南南下	RS-1B-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
403	ロゼット 1F 水平 南北下	RS-1B-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
404	ロゼット 1F 鉛直 南北下	RS-1B-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
405	ロゼット 1F 対角 南北下	RS-1B-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
406	ロゼット 1F 水平 南南中	RS-1M-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
407	ロゼット 1F 鉛直 南南中	RS-1M-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
408	ロゼット 1F 対角 南南中	RS-1M-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
409	ロゼット 1F 水平 南北中	RS-1M-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
410	ロゼット 1F 鉛直 南北中	RS-1M-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
411	ロゼット 1F 対角 南北中	RS-1M-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
412	ロゼット 1F 水平 南南上	RS-1T-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
413	ロゼット 1F 鉛直 南南上	RS-1T-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
414	ロゼット 1F 対角 南南上	RS-1T-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
415	ロゼット 1F 水平 南北上	RS-1T-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
416	ロゼット 1F 鉛直 南北上	RS-1T-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
417	ロゼット 1F 対角 南北上	RS-1T-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
418									
419	ロゼット 2F 水平 南南下	RS-2B-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
420	ロゼット 2F 鉛直 南南下	RS-2B-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
421	ロゼット 2F 対角 南南下	RS-2B-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
422	ロゼット 2F 水平 南北下	RS-2B-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
423	ロゼット 2F 鉛直 南北下	RS-2B-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
424	ロゼット 2F 対角 南北下	RS-2B-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
425	ロゼット 2F 水平 南南中	RS-2M-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
426	ロゼット 2F 鉛直 南南中	RS-2M-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
427	ロゼット 2F 対角 南南中	RS-2M-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
428	ロゼット 2F 水平 南北中	RS-2M-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
429	ロゼット 2F 鉛直 南北中	RS-2M-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
430	ロゼット 2F 対角 南北中	RS-2M-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
431	ロゼット 2F 水平 南南上	RS-2T-1H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
432	ロゼット 2F 鉛直 南南上	RS-2T-1V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
433	ロゼット 2F 対角 南南上	RS-2T-1D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
434	ロゼット 2F 水平 南北上	RS-2T-2H	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
435	ロゼット 2F 鉛直 南北上	RS-2T-2V	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
436	ロゼット 2F 対角 南北上	RS-2T-2D	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
437									
438	鉛直 1F 南南下	VS-1B-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
439	鉛直 1F 南北下	VS-1B-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
440	鉛直 1F 南南上	VS-1T-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
441	鉛直 1F 南北上	VS-1T-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
442	鉛直 2F 南南下	VS-2B-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
443	鉛直 2F 南北下	VS-2B-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
444	鉛直 2F 南南上	VS-2T-1	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
445	鉛直 2F 南北上	VS-2T-2	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
446	水平 1F 南下	HS-1B	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
447	水平 1F 南上	HS-1T	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
448	水平 2F 南下	HS-2B	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		
449	水平 2F 南上	HS-2T	0.9569	μ	メジャー	1G3W120Ω	CLT用		

### 2.6.3. 損傷状況

写真 2-19、写真 2-20 に各試験体のサイクルピーク時の全景写真を示す。いずれの試験体でも、 $R=1/100\text{rad}$  付近までの間に、2、3F のはり端主筋が降伏し、1 階と 2 階の層間変形角の比率が概ね 1:2 の割合を保持しながら、設計時の想定通りに試験体全体で変形が生じた。一方で、 $R=1/100\text{rad}$  以降は、2 階の CLT 耐力壁において、ラミナの亀裂やラミナ間のずれ等の損傷が進展し、2 階に層間変形角が集中する形となった。そのため、2 階柱脚の主筋が降伏し、最終的に 2 階柱脚と 3 階はり端の塑性ヒンジの回転角が卓越する部分崩壊形に推移した。以降は、試験体ごとに損傷状況を確認する。



(a)  $R=+1/100$



(b)  $R=+1/50$



(c)  $R=+1/33$



(d)  $R=+1/29$  (押し切り)

写真 2-19 試験体 WA の損傷状況 (全景)



(a) R=-1/100



(b) R=+1/50



(c) R=+1/33



(d) R=+1/29 (押し切り)

写真 2-20 試験体 WB の損傷状況 (全景)

### 2.6.3.1. 試験体 WA

図 2-56 に各変形角繰り返し載荷後に観察されたひび割れの状況を、写真 2-21 から写真 2-23 に全体変形角  $R=1/100\text{rad}$ 、 $1/50\text{rad}$ 、 $1/33\text{rad}$  時の RC ラーメンの塑性ヒンジ部の損傷状況を示す。なお、図 2-56 の黒線は初期ひび割れを、赤線は正方向載荷時のひび割れ（亀裂）を、青線は負方向載荷時のひび割れ（亀裂）を表している。

$R=1/800\text{rad}$  サイクルの正方向では、水平荷重  $175\text{kN}$  において 3F の RC はりの上端に、 $263\text{kN}$  において 2F の RC はりの上端に曲げひび割れが発生した。また、サイクルピークでは、全てのはり端に加え、加力方向に対して引張側の 1F の RC 柱脚部でも曲げひび割れが発生した。負方向では、水平荷重  $-175\text{kN}$  において 3F の RC はりの上端に、 $-189\text{kN}$  において 3F の RC はりの下端に、 $-264\text{kN}$  において 2F の RC はりの上端に曲げひび割れが発生している。曲げひび割れは、RC 柱フェイス近傍だけでなく、滑り止めの近傍にも発生していた。

$R=1/400\text{rad}$  サイクルでは、2、3F の RC はりにおいて、曲げひび割れの本数の増加や曲げひび割れの曲げひび割れへの進展が見られた。また、RC はりに曲げひび割れが発生した箇所の近傍では、隣接する水平目地部分のモルタルにもひび割れが発生していた。加力方向に対して引張側の 1F の RC 柱脚部でも、曲げひび割れの進展が見られた。また、CLT 耐力壁—モルタル間、もしくは、モルタル—滑り止め間では、繰返し載荷による境界面の離間と接触が確認された。

$R=1/200\text{rad}$  サイクルでは、柱はり接合部内や、加力方向に対して圧縮側の 1F の RC 柱脚部でもひび割れの進展が見られた。また、 $R=0.375 \times 10^{-2}\text{rad}$  において、3F 頂部の滑り止め下のラミナが節に沿って割れ、下側のラミナとの境界部分が開いている様子が確認された（写真 2-24）。

$R=1/133\text{rad}$  サイクルでは、3F の RC はりでは、大きく開いたひび割れの近傍のカバーコンクリートがわずかに剥落の様子が確認された。また、RC 柱については、1F では加力方向に対して引張側の曲げひび割れが、2F では加力方向に対して圧縮側の曲げひび割れが進展する特徴的な損傷となった。2F の RC 柱—CLT 耐力壁間の鉛直接合部では、鉛直接合部の鋼板と CLT 耐力壁の仕口面の間で離間が生じた（写真 2-24）。同離間は、加力方向に対して引張側では試験体の脚部、圧縮側では試験体の頂部で生じており、CLT 耐力壁が RC ラーメンの変形に追従できない部分で離間が生じているものと考えられる。また、同離間が生じることで近傍のドリフトピンにも水平方向の変形が強制され、CLT 耐力壁内に挿入した鋼板によってドリフトピンが少し内側に引き込まれる様子が確認されている。滑り止め横の不陸調整モルタルは、滑り止めと CLT 耐力壁が離間と接触を繰り返すことで、厚さ方向にひび割れが貫通し、RC はりの下端に取り付けた滑り止めでは、不陸調整モルタルの下方へのずれが生じた（写真 2-26）。滑り止めの近傍では、CLT 耐力壁に隅角部に亀裂が生じている箇所もあった（写真 2-26）。

$R=1/100\text{rad}$  サイクルでは、CLT 耐力壁において、最外縁のラミナ間で水平方向のずれ変形が生じる様子が確認された。ラミナ間のずれ変形は、滑り止めを設置するために CLT 耐力壁に設けた凸凹の境界部分で大きくなっており、最大で  $5\text{mm}$  程度のずれが生じていた（写真 2-27）。また、RC はりの下端に取り付けた滑り止めでは、滑り止め横の不陸調整モルタルが完全に脱落した（写真 2-27）。2F の RC 柱—CLT 耐力壁間の鉛直接合部では、鉛直接合部の鋼板と CLT 耐力壁の仕口面の間で離間がさらに大きくなり、内層のラミナが外側から確認できる程、外層と内層のラミナのずれが大きくなった（写真 2-28）。

$R=1/50\text{rad}$  サイクルでは、2 階に層間変形が集中したことで、2F の柱はり接合部や柱脚において、ひび割れの進展が見られた。RC はりや 2F の柱はり接合部では、カバーコンクリートの剥落が見られた

(写真 2-29)。CLT 耐力壁では、 $R=1/100\text{rad}$  サイクルと同様に、滑り止めを設置するために CLT 耐力壁に設けた凸凹の境界部分におけるラミナ間の離間およびずれ変形が大きく (写真 2-30)、また、2F の RC 柱-CLT 耐力壁間の鉛直接合部においても、目視でラミナ間のずれ変形が明らかに確認できるようになった (写真 2-31)。

$R=1/33\text{rad}$  サイクルでは、3F のはりや 2F の柱はり接合部において、カバーコンクリートの剥落によって、主筋の露出が見られた (写真 2-32)。RC ラーメンと CLT 耐力壁の間の離間は、左右の鉛直目地のみでなく、上下の水平目地においても確認できる (写真 2-33)。2F の RC 柱-CLT 耐力壁間の鉛直接合部では、離間の増大に伴って、ドリフトピンが内部に大きく引き込まれる形となったが、ドリフトピン周辺の外層ラミナには、亀裂等の損傷は確認されなかった (写真 2-34)。



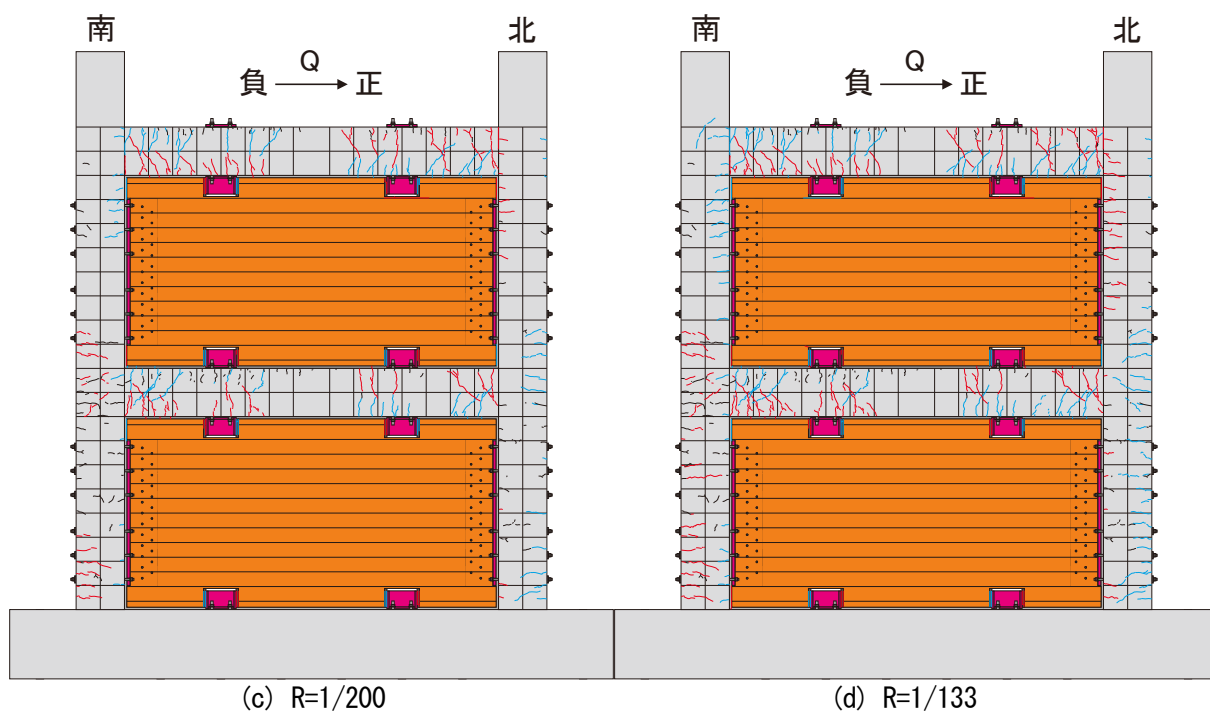
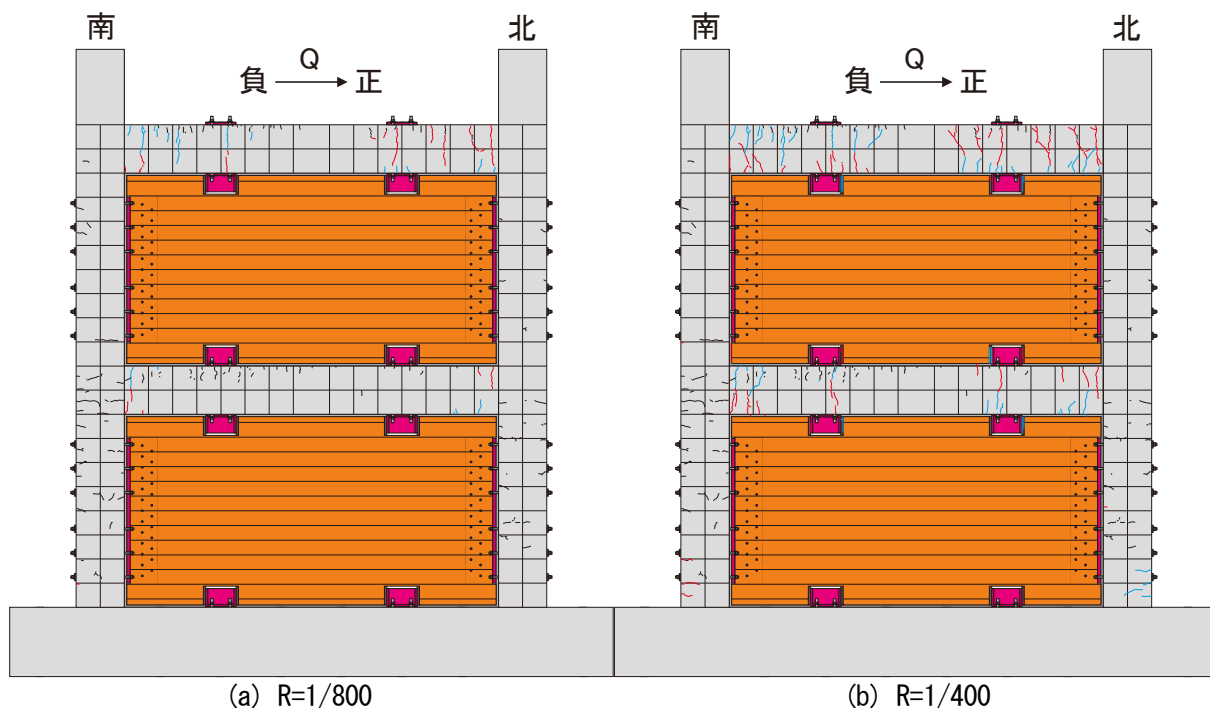


図 2-56 試験体 WA のひび割れ図



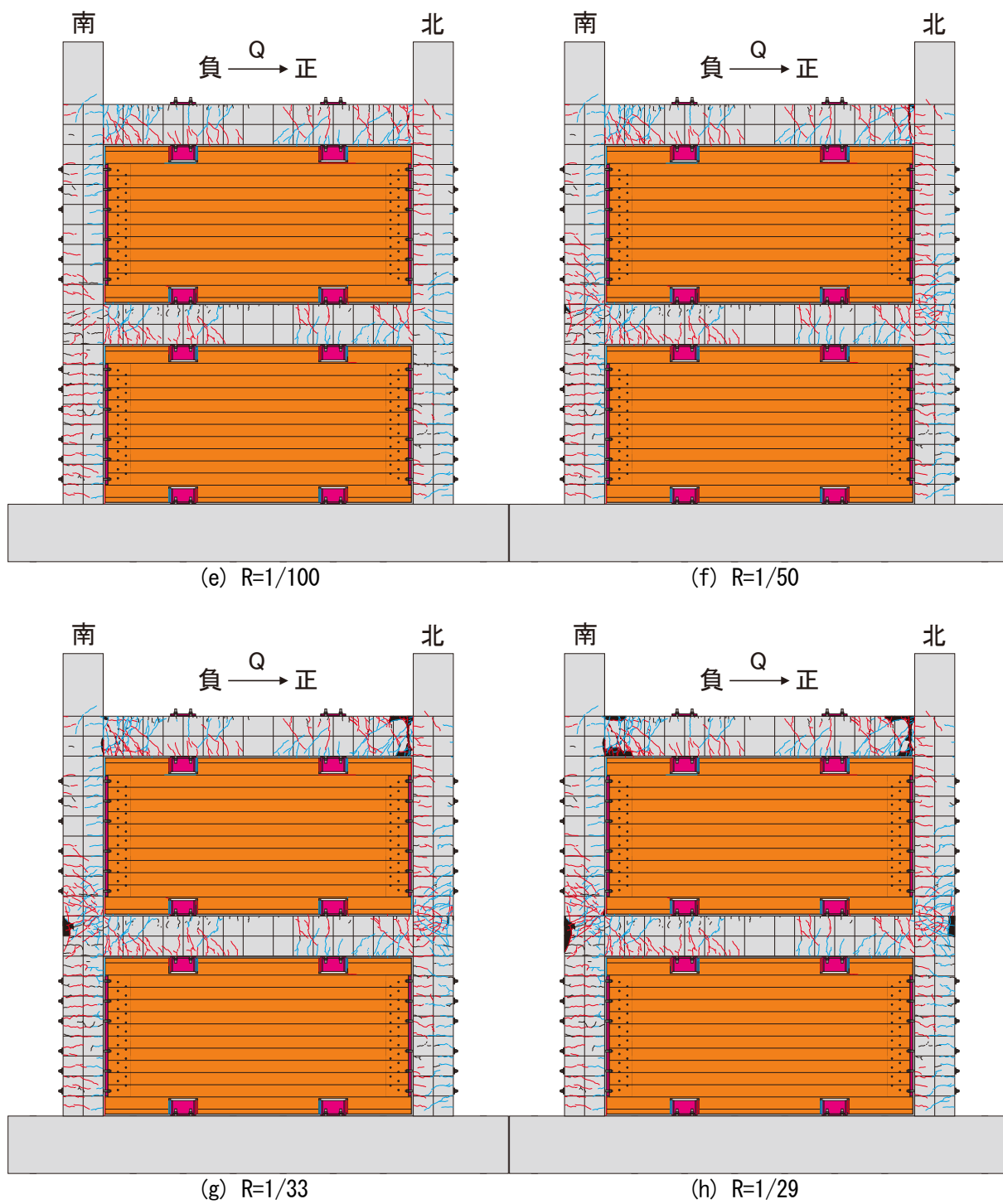
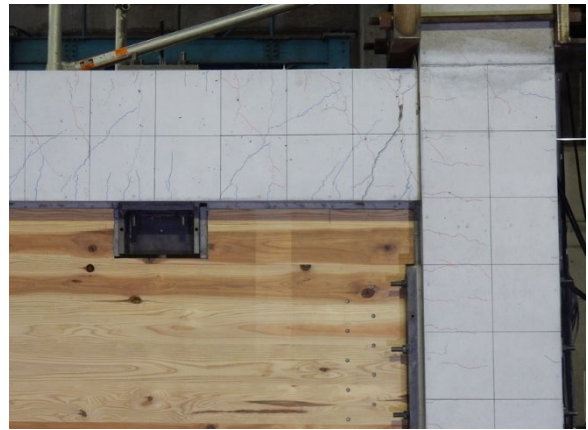
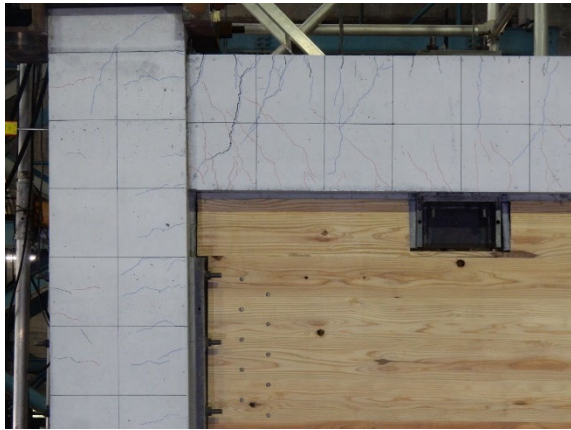
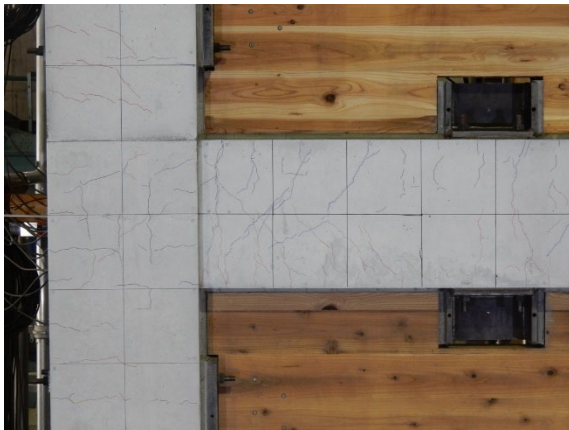


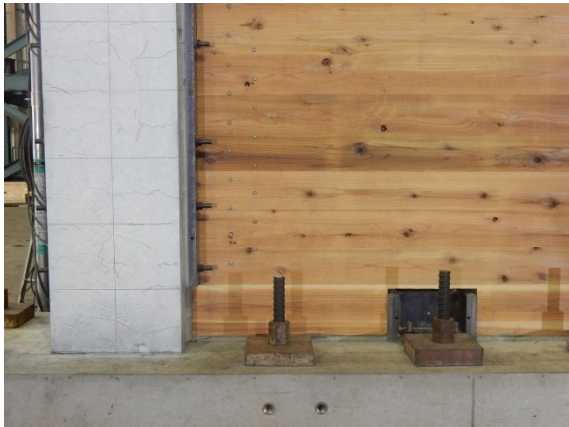
図 2-56 試験体 WA のひび割れ図



3F はり

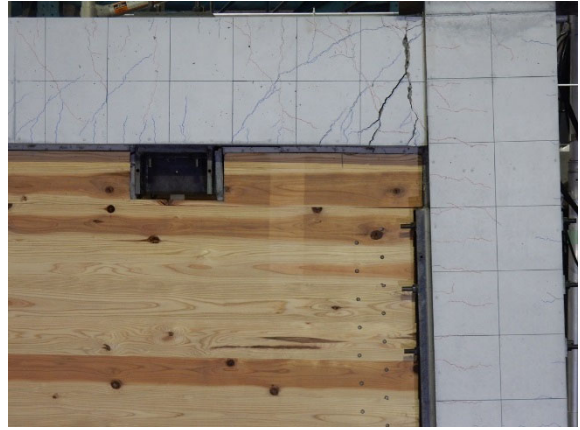
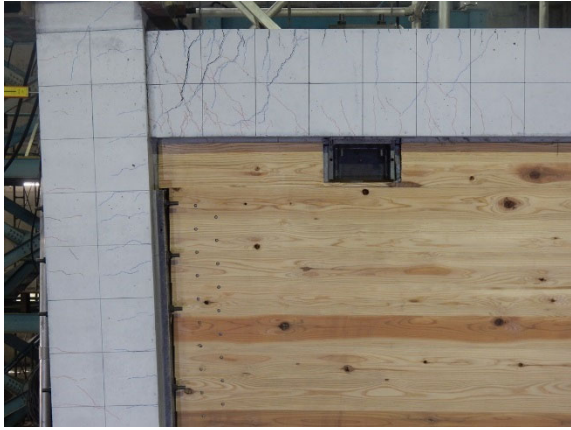


2F はり

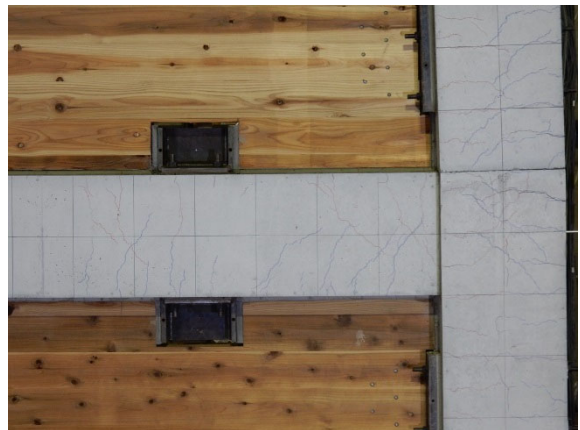
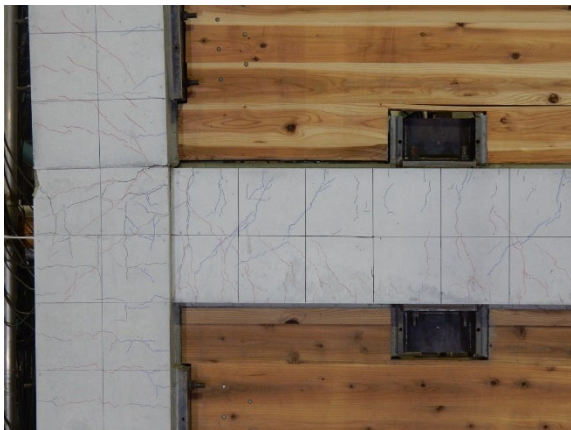


1F 柱脚

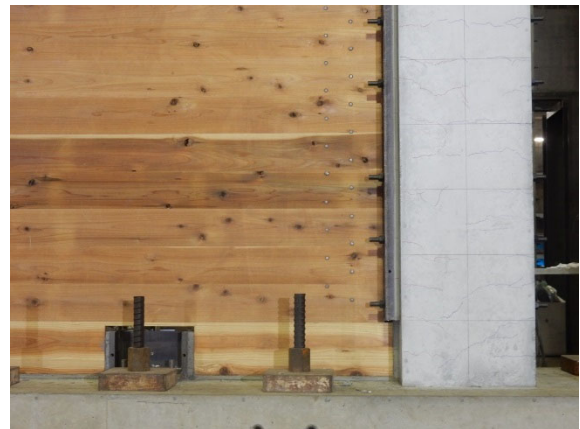
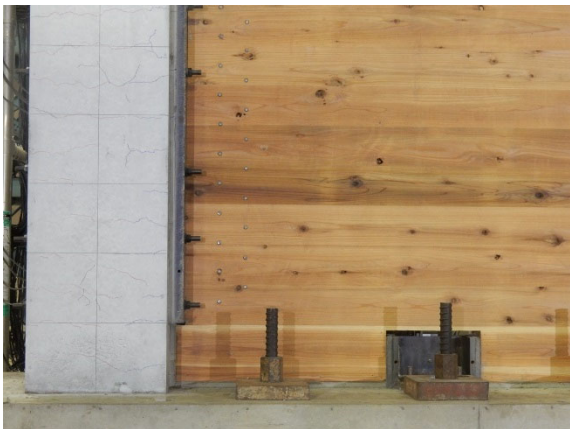
写真 2-21 試験体 A の塑性ヒンジ部の損傷状況 (R=1/100)



3F はり



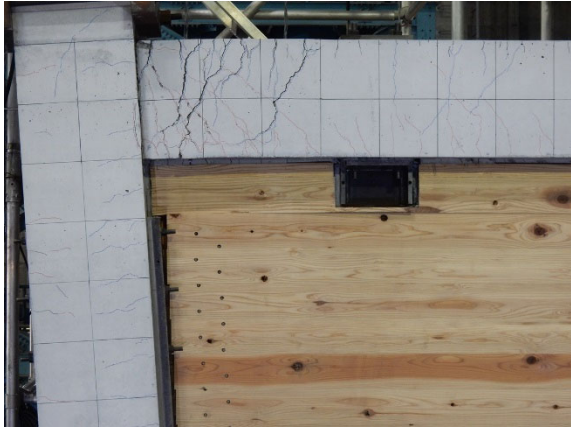
2F はり



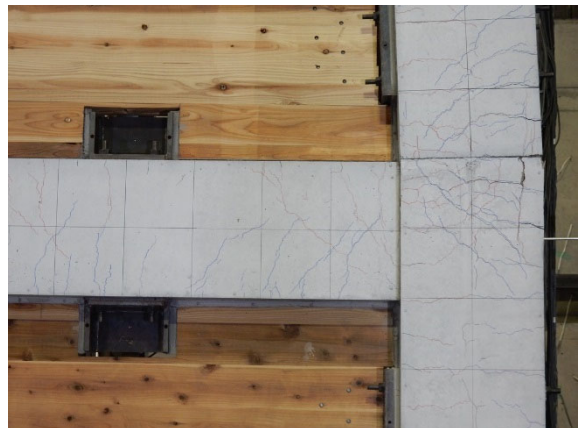
1F 柱脚

写真 2-22 試験体 A の塑性ヒンジ部の損傷状況 (R=1/50)

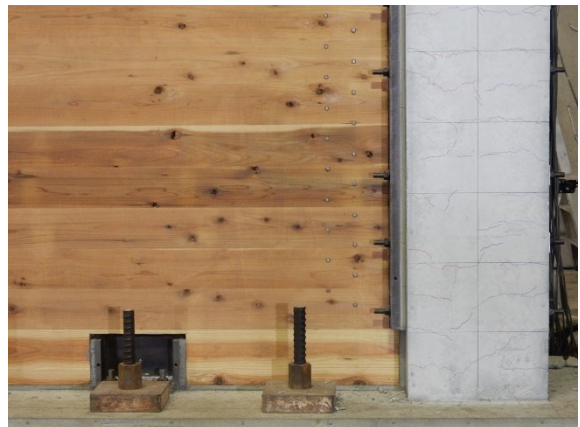
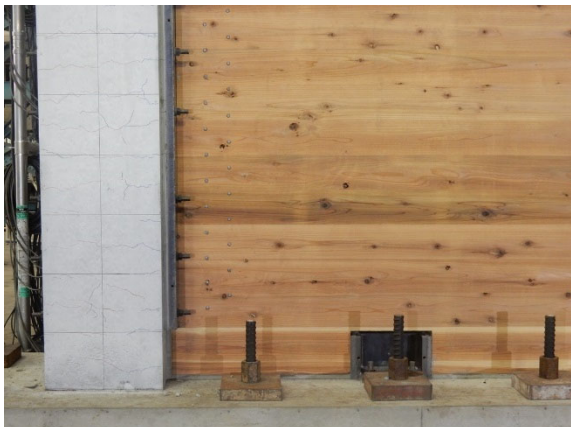




3F はり



2F はり



1F 柱脚

写真 2-23 試験体 A の塑性ヒンジ部の損傷状況 (R=1/33)

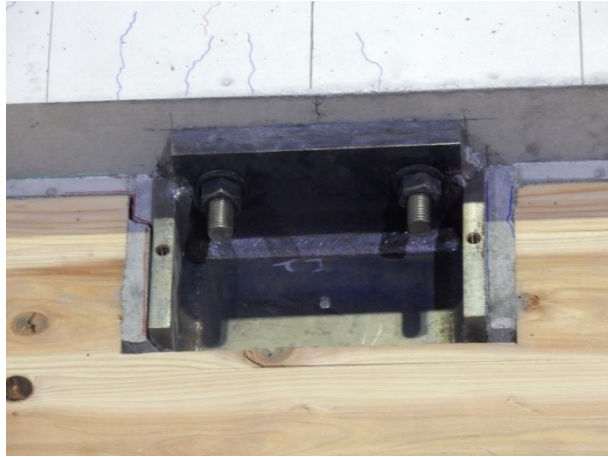


写真 2-24 滑り止め下の節に沿ったラミナの亀裂とラミナ間の開き (R=1/200)

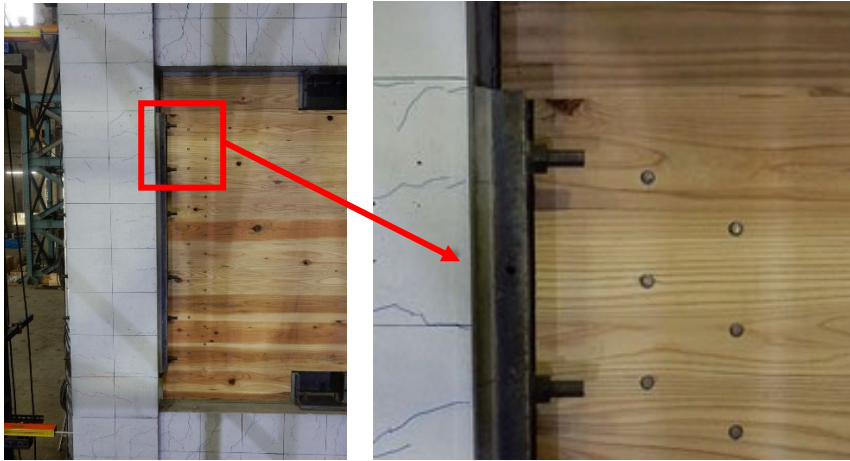


写真 2-25 2F の鉛直接合部における鉄板-CLT 耐力壁間の離間 (R=1/133)

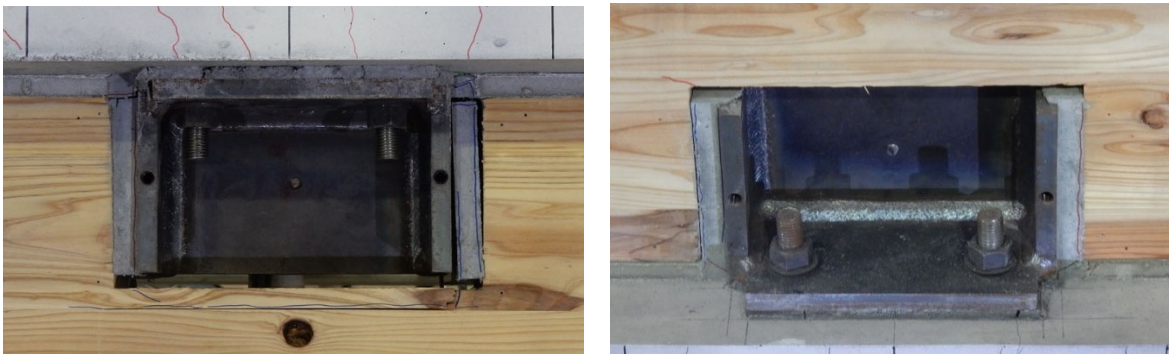


写真 2-26 滑り止め横の不陸調整モルタルの下方へのずれ、CLT の隅角部の亀裂 (R=1/133)



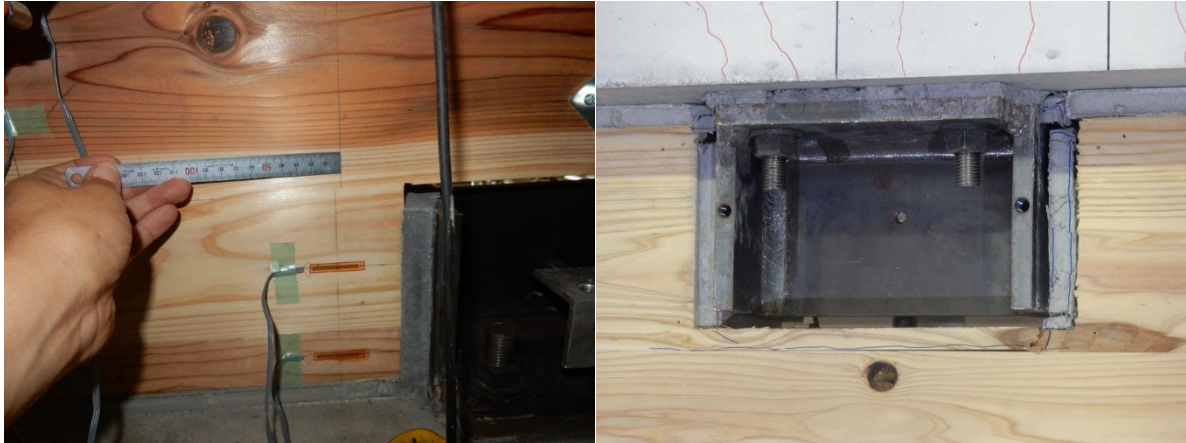


写真 2-27 CLT 耐力壁のラミナ間のずれ、滑り止め横の不陸調整モルタルの損傷 (R=1/100)

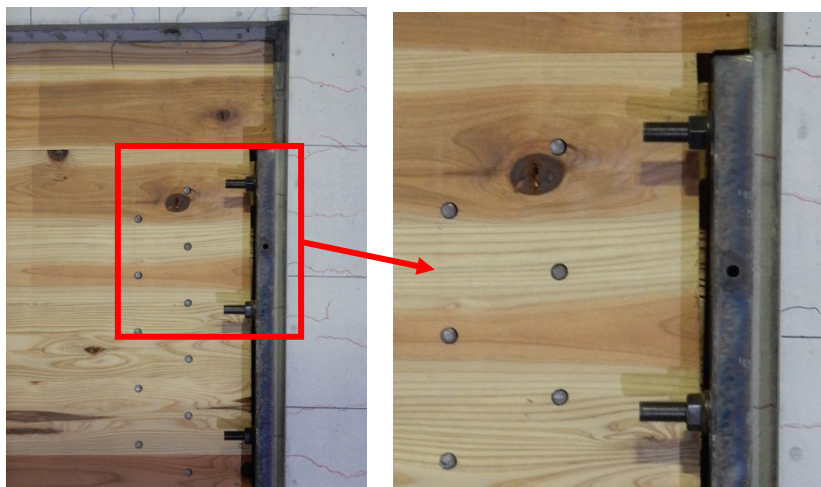


写真 2-28 2F の鉛直接合部における鉄板-CLT 耐力壁間の離間 (R=1/100)



写真 2-29 3F はり、2F 柱はり接合部におけるコンクリートの剥落 (R=1/50)

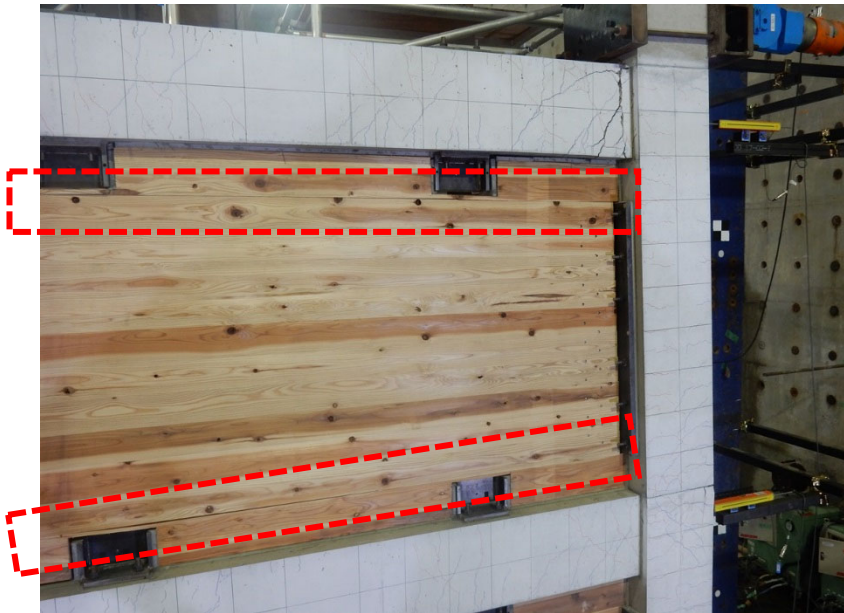


写真 2-30 2F の CLT 耐力壁の境界部分における離間とずれ (R=1/50)

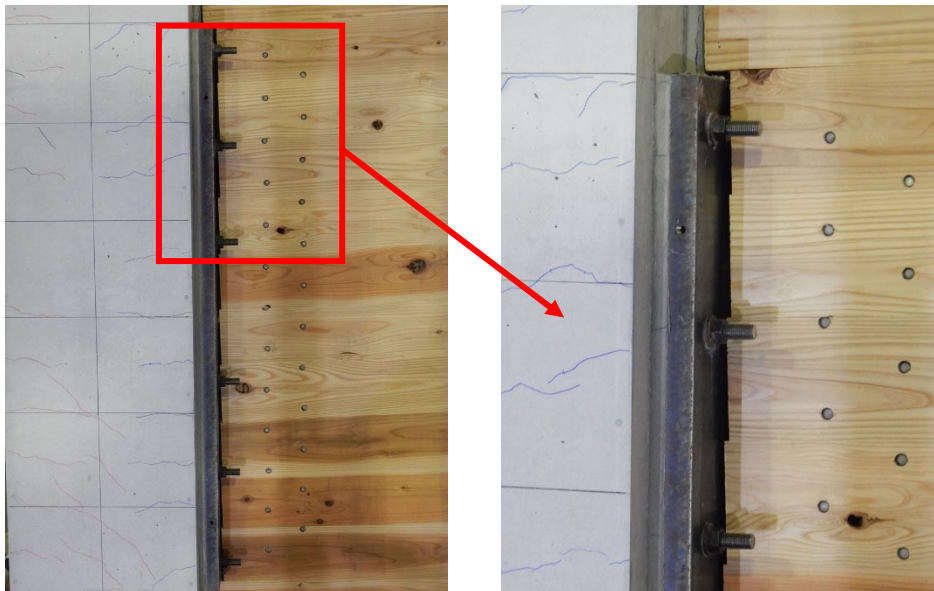


写真 2-31 2F の鉛直接合部における鉄板—CLT 耐力壁間の離間 (R=1/50)





写真 2-32 3F はり、2F 柱はり接合部における主筋の露出 (R=1/33)

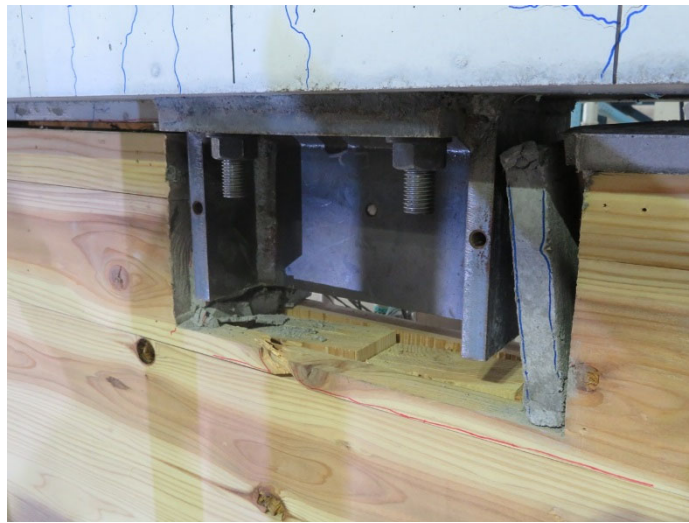


写真 2-33 滑り止め近傍における損傷状況 (R=1/33)



写真 2-34 2F の鉛直接合部における鉄板-CLT 耐力壁間の離間 (R=1/33)

### 2.6.3.2. 試験体 WB

図 2-57 に各変形角繰り返し載荷後に観察されたひび割れの状況を、写真 2-35 から写真 2-37 に全体変形角  $R=1/100\text{rad}$ 、 $1/50\text{rad}$ 、 $1/33\text{rad}$  時の RC ラーメンの塑性ヒンジ部の損傷状況を示す。なお、図 2-57 の黒線は初期ひび割れを、赤線は正方向載荷時のひび割れ（亀裂）を、青線は負方向載荷時のひび割れ（亀裂）を、灰色の塗りつぶしは実験中に脱落した最外縁のラミナもしくは脱落はしなかったものの、外層のラミナが面外方向に飛び出し、内層ラミナとの一体性がほぼ全面に渡って損なわれたものと判断した最外層のラミナを示したものである。

$R=1/800\text{rad}$  サイクルの正方向では、水平荷重  $100\text{kN}$  において 3F の RC はりの上端に、 $180\text{kN}$  において 3F の RC はりの下端に、 $208\text{kN}$  において 2F のはりの上端に曲げひび割れが発生し、サイクルピークでは、全てのはり端に曲げひび割れが発生した。負方向では、水平荷重  $-94\text{kN}$  において 3F の RC はりの上端および下端に、 $-196\text{kN}$  において 2F の RC はりの上端および下端に曲げひび割れが発生している。なお、同試験体では、水平荷重  $180\text{kN}$  において、荷重低下が生じ、一時的に荷重変形関係がほぼ横ばいとなる場面があった。試験体 WA ではこのような挙動は見られなかった。試験体 WB では、水平接合面にせん断伝達の金物を設定していなかったため、水平目地において、CLT 耐力壁—モルタル間もしくはモルタル—RC はり間の滑りが生じたものと考えられる。

$R=1/400\text{rad}$  サイクルでは、加力方向に対して引張側となる 1F の RC 柱脚部において、曲げひび割れの発生が確認され、RC はりの曲げひび割れの本数も増加した。RC はりに曲げひび割れが発生した箇所の近傍では、隣接する水平目地部分のモルタルにもひび割れが発生していた。また、2F の RC 柱—CLT 耐力壁間の鉛直目地では、鉛直接合部が取り付けしていない上下の部分でモルタル—CLT 耐力壁間で離間が生じていた。

$R=1/200\text{rad}$  サイクルでは、柱はり接合部内や、1、2F の RC 柱でもひび割れの進展が見られた。また、RC はりでは、曲げひび割れが曲げせん断ひび割れに進展した。RC ラーメン—CLT 耐力壁間では、鉛直接合部が取り付けしていない上下の部分において、モルタル—CLT 耐力壁間の鉛直目地の離間が確認された。

$R=1/133\text{rad}$  サイクルでは、1F の RC 柱において、曲げひび割れの進展が見られた。加力方向に対して引張側では曲げひび割れが 1F 全体に進展したのに対し、加力方向に対して圧縮側では曲げひび割れの進展が階高の  $2/3$  程度までに留まった。2F の RC 柱—CLT 耐力壁間の鉛直接合部では、鉛直接合部の鋼板と CLT 耐力壁の仕口面の間で離間が生じ、ドリフトピンが孔内を水平方向に若干移動する様子が確認された（写真 2-38）。また、僅かではあるが、最外縁のラミナ間で若干のずれが生じていることも確認された。

$R=1/100\text{rad}$  サイクルでは、2F の RC 柱—CLT 耐力壁間の鉛直接合部における離間がさらに大きくなった。同離間は、加力方向に対して引張側では試験体の脚部、圧縮側では試験体の頂部で生じており、CLT 耐力壁が RC ラーメンの変形に追従できない部分で離間が生じているものと考えられる。また、同離間が生じることで近傍のドリフトピンにも水平方向の変形が強制され、CLT 耐力壁内に挿入した鋼板によってドリフトピンが少し内側に引き込まれる様子が確認されている（写真 2-39）。

$R=1/50\text{rad}$  サイクルでは、2 階に層間変形が集中したことで、2F の柱はり接合部や柱脚において、ひび割れの進展が見られた。RC はりでは、ひび割れ周辺のカバーコンクリートで剥落が見られた。CLT 耐力壁では、 $R=1/100\text{rad}$  サイクルでも見られた最外縁のラミナ間のずれがより顕著に見られるようになった（写真 2-40）。また、2F の RC 柱—CLT 耐力壁間の鉛直接合部では、ドリフトピン周辺のラミナにおいて、ドリフトピン間を繋ぐような鉛直方向の亀裂の進展が見られた（写真 2-41）。

$R=1/33\text{rad}$  サイクルでは、3F のはりにおいて、カバーコンクリートの剥落によって、主筋が露出し、座屈する様子が確認された (写真 2-42)。CLT 耐力壁では、2F における最外縁のラミナ間のずれがより顕著となったが (写真 2-43)、1 回目の負方向荷重時に 2F の最外縁ラミナの一部が面外方向にとび出し、内層ラミナとの一体性が失われた (写真 2-44)。その後、2 回目の正方向荷重時に一部のラミナが脱落した (写真 2-45)。また、2F の RC 柱-CLT 耐力壁間の鉛直接合部では、左右二列に並んだドリフトピンのほぼ全てを横切る形で、ラミナの亀裂がさらに進展した (写真 2-46)。

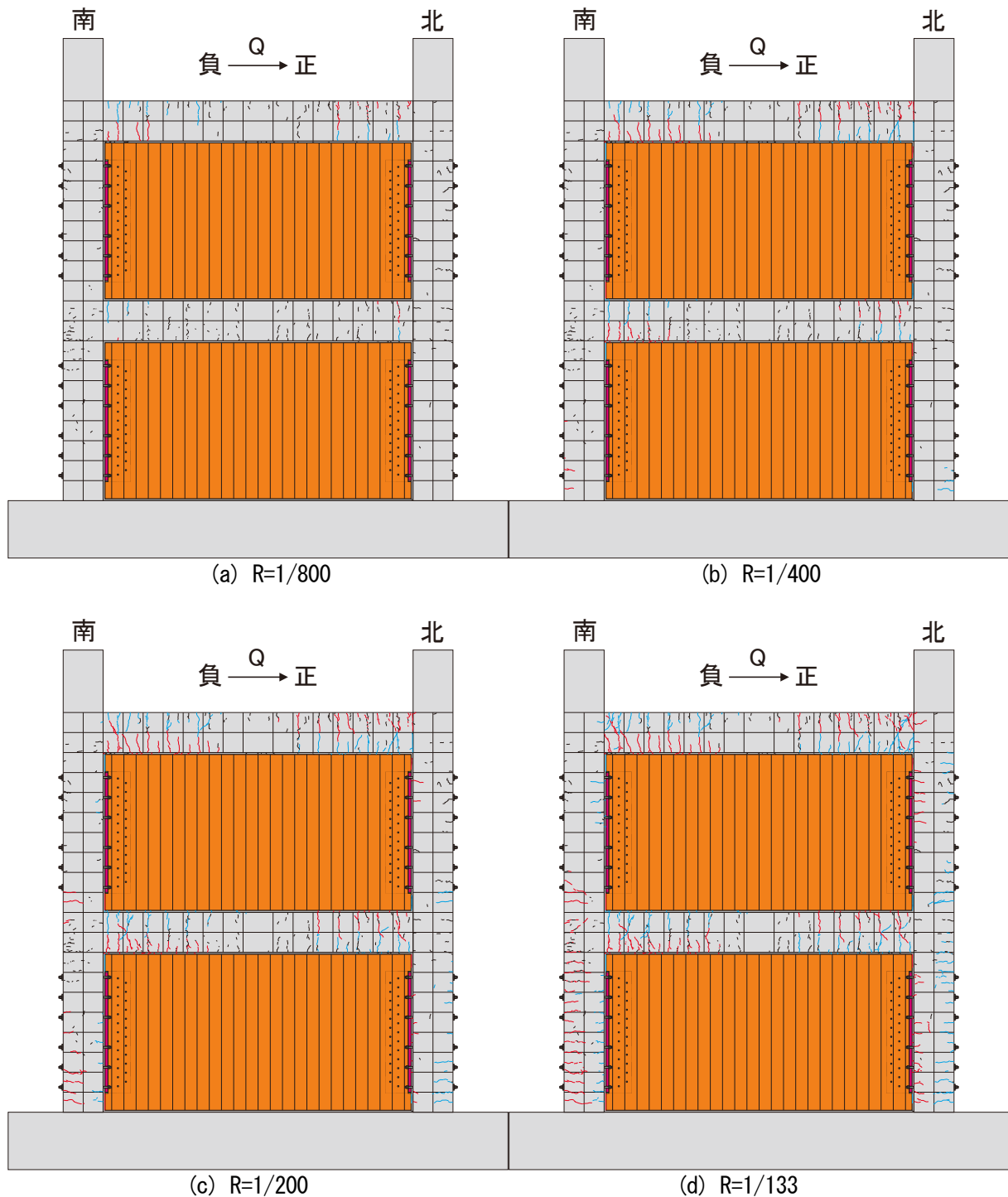


図 2-57 試験体 WB のひび割れ図

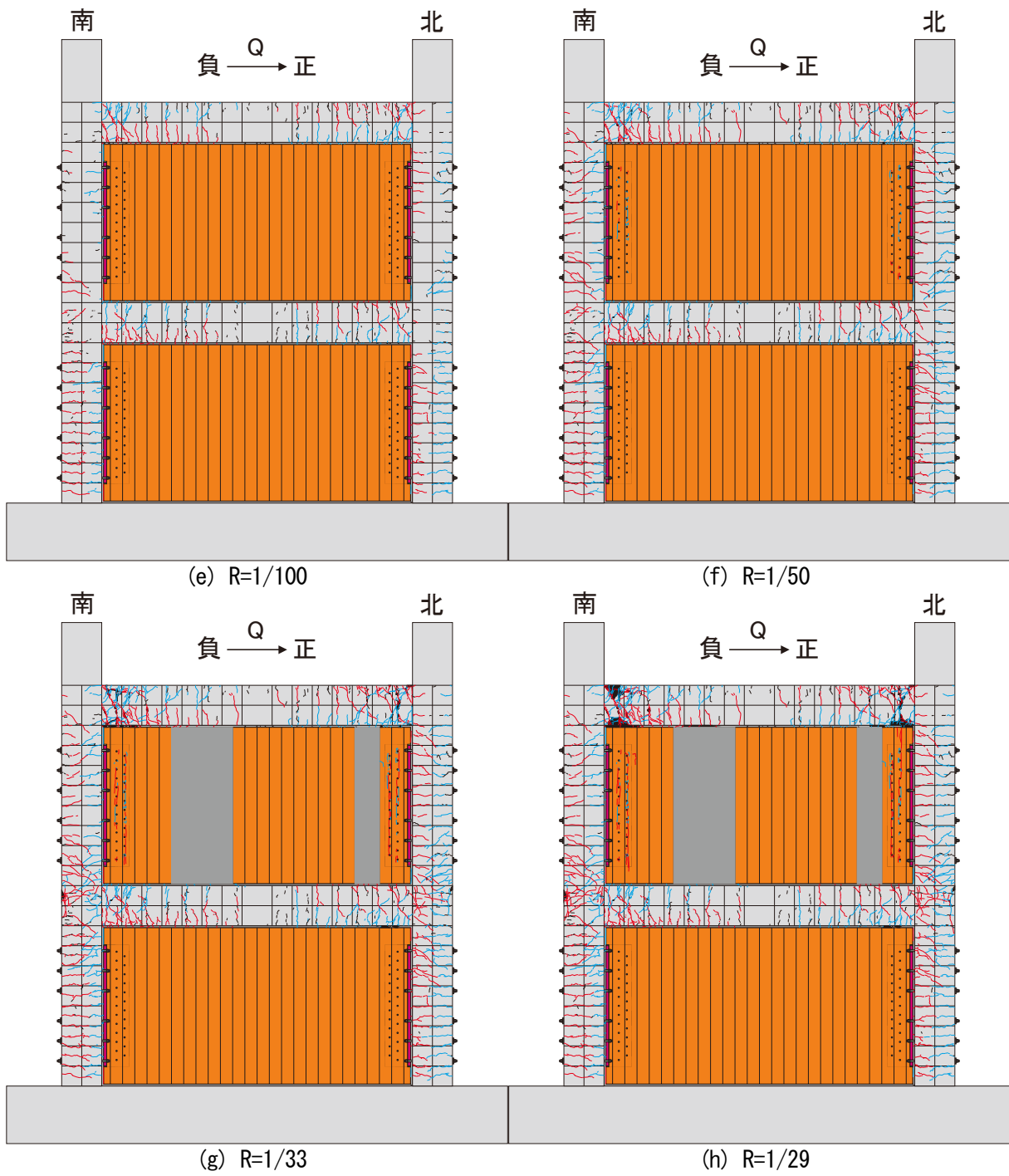
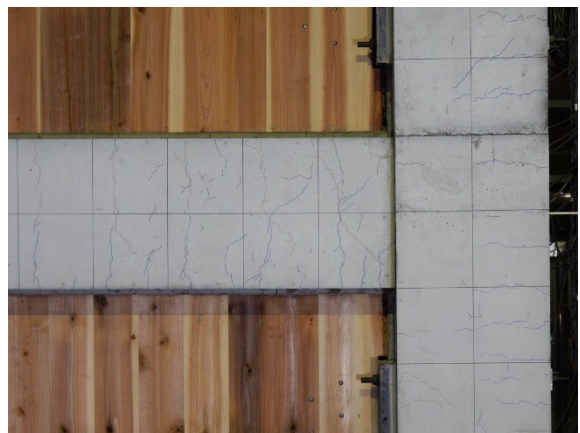


図 2-57 試験体 WB のひび割れ図

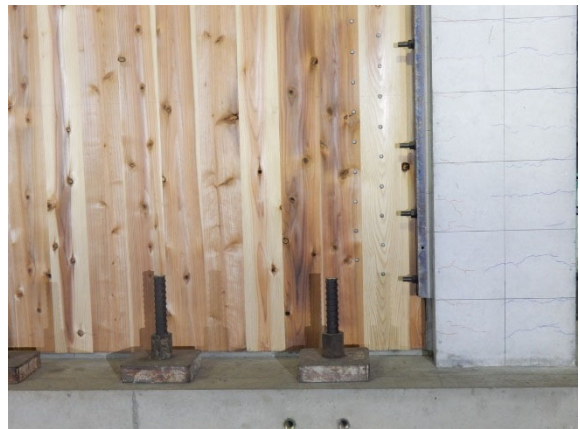
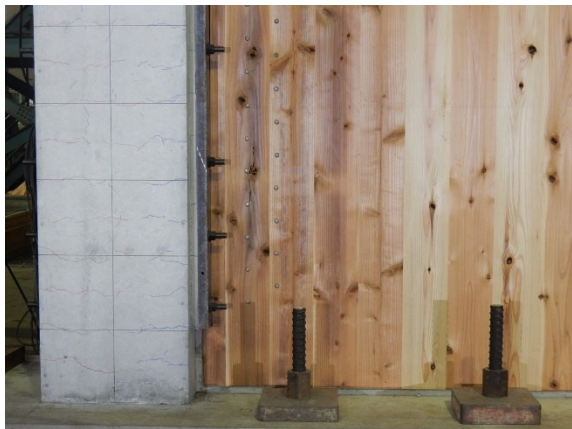




3F はり



2F はり

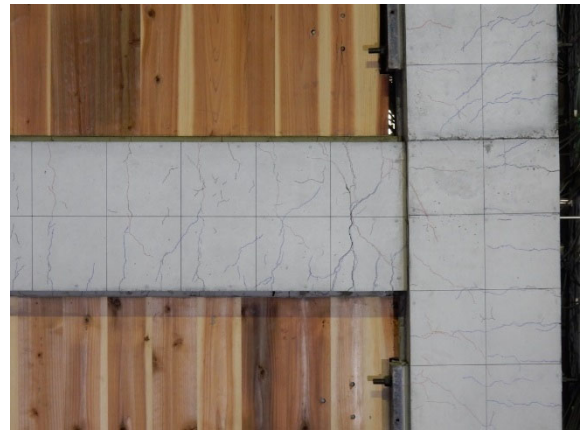


1F 柱脚

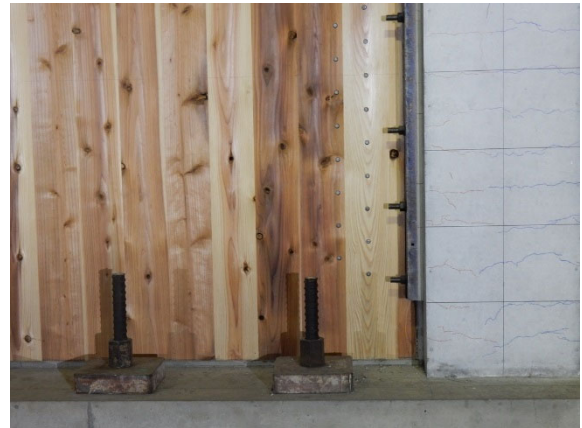
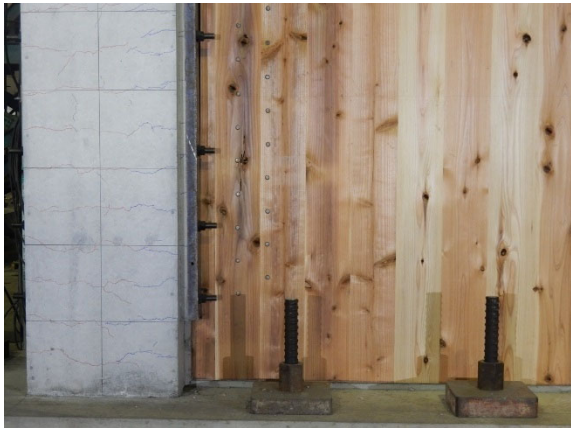
写真 2-35 試験体 WB の塑性ヒンジ部の損傷状況 (R=1/100)



3F はり



2F はり



1F 柱脚

写真 2-36 試験体 B の塑性ヒンジ部の損傷状況 (R=1/50)

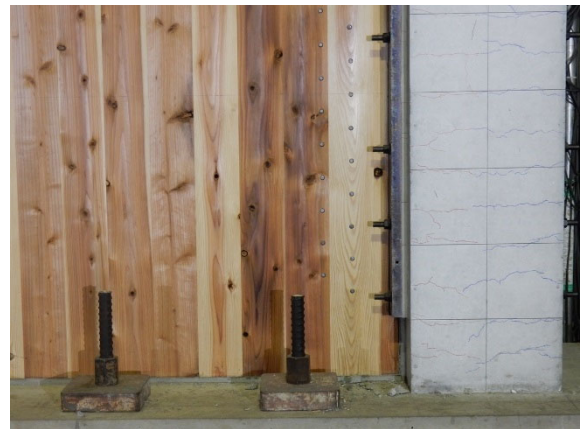
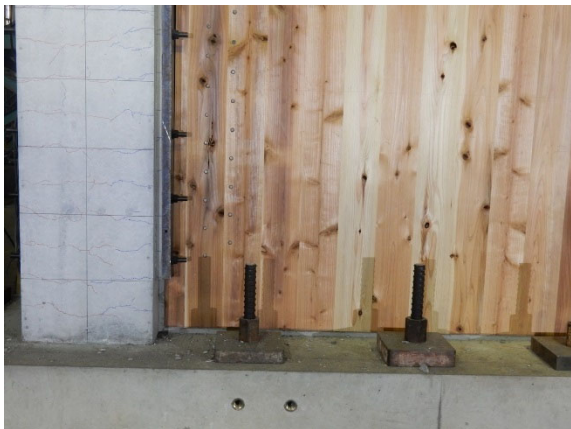




3F はり



2F はり



1F 柱脚

写真 2-37 試験体 B の塑性ヒンジ部の損傷状況 (R=1/33)





写真 2-38 2F の鉛直接合部における鉄板-CLT 耐力壁間の離間 (R=1/133)



写真 2-39 2F の鉛直接合部における鉄板-CLT 耐力壁間の離間 (R=1/100)

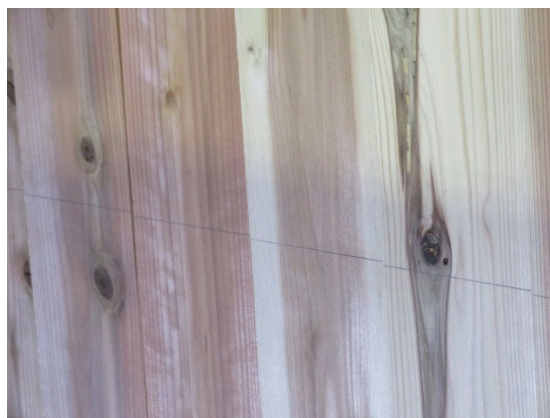


写真 2-40 2F の CLT 耐力壁のラミナ間のずれ (R=1/50)



写真 2-41 2F の鉛直接合部における鉄板-CLT 耐力壁間の離間とラミナの亀裂 (R=1/50)



写真 2-42 3F はりにおけるコンクリートの剥落 (R=1/33)

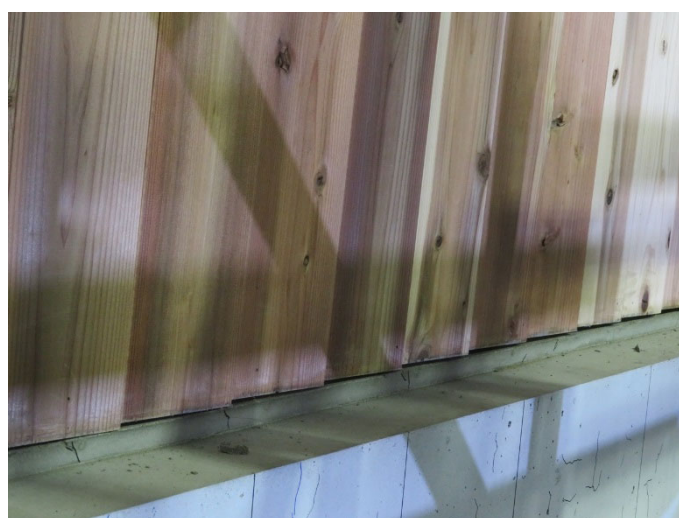


写真 2-43 3F の CLT 耐力壁におけるラミナ間のずれ (R=1/33)





写真 2-44 2F の CLT 耐力壁における最外縁ラミナの面外方向へのとび出し (R=1/33)



写真 2-45 2F の CLT 耐力壁における最外縁ラミナの脱落 (R=1/33)

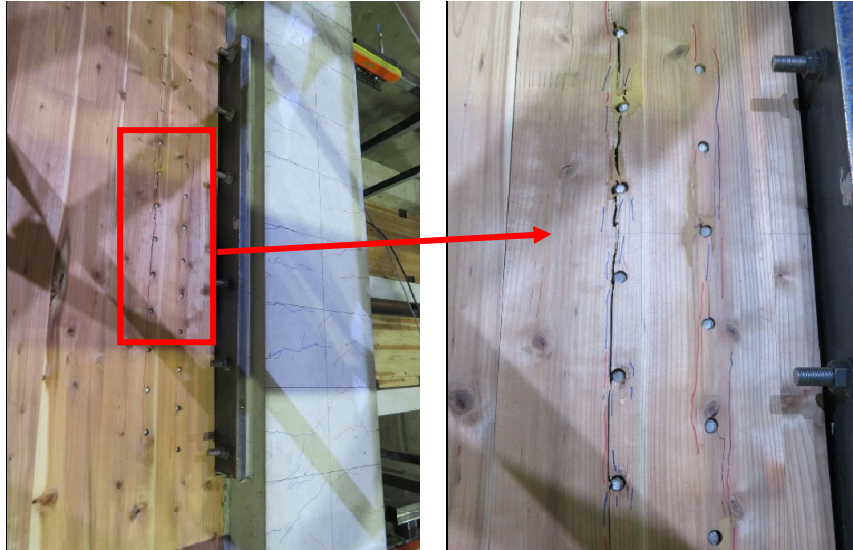


写真 2-46 2F の鉛直接合部におけるドリフトピン周辺のラミナの亀裂 (R=1/33)

### 2.6.3.3. ひび割れ幅の推移

表 2-32 に各試験体の柱、はりにおける最大ひび割れ幅、残留ひび割れ幅の推移を示す。ここで、最大ひび割れ幅は、各サイクルの 2 回目の負方向加力時のサイクルピークにおいて観測した最大のひび割れ幅を、残留ひび割れ幅は、同サイクルの負方向加力後の除荷時（水平荷重ゼロ時）に観測した最大のひび割れ幅を示しており、曲げひび割れとせん断ひび割れに分類して計測した。表 2-33 には、柱、はりを階ごとに分類した計測の詳細を示す。また、ここでは参考として、比較対象となる RC ラーメン試験体 C の結果も示す。

補修の目安となる残留ひび割れ幅として 0.2~0.3mm を想定し、実験試験体の縮尺 2/3 を乗じて、寸法効果の影響を簡易的に評価すると、本実験では 0.15~0.20mm 程度が修復の目安となるひび割れ幅となる。はりに関しては、1/200~1/133rad のサイクルで目安となるひび割れ幅に到達したが、試験体 WB と比較して、試験体 WA の方がひび割れ幅の増大が早かった。これは、試験体 WA では滑り止めを設けたことで、3F はり端において引張軸力が作用しやすい状況となっていたことが原因として考えられる。一方で、柱では 1/50rad のサイクルまで目安のひび割れ幅には到達しなかった。

全体変形角と最大ひび割れ幅、残留ひび割れ幅の関係を見ると、1/100rad サイクルまでは試験体間で顕著な違いは見られないが、試験体 WA では、1/50rad サイクル以降は、2 階に層間変形角が集中する傾向がより早く現れたため、最大ひび割れ幅、残留ひび割れ幅共に大きくなる傾向が見られた。

表 2-32 各サイクルにおける最大ひび割れ幅、残留ひび割れ幅のまとめ（単位：mm）

		柱			梁		
		WA	WB	C	WA	WB	C
-1/800	最大	-	-	-	0.1	0.05	0.2
	残留	-	-	-	0.05未満	0.05	0.1
-1/400 ②	最大	0.05	0.05未満	-	0.15	0.15	0.35
	残留	0.05	0	-	0.05	0.1	0.1
-1/200 ②	最大	0.1	0.05	0.05	1.3	0.3	0.55
	残留	0.05未満	0.05未満	0	0.8	0.05	0.2
-1/133 ②	最大	0.1	0.1	0.1	1.8	1.2	1.9
	残留	0.05	0.05	0	1.3	1.1	1.4
-1/100 ②	最大	0.15	0.15	0.25	2.5	2.5	2
	残留	0.05未満	0.05未満	0	1.6	2.5	1.4
-1/50 ②	最大	3	0.65	0.7	5	3.5	4
	残留	3	0.2	0.25	4	3	3

表 2-33 各サイクルにおける最大ひび割れ幅、残留ひび割れ幅の推移（単位：mm）

WA試験体		柱				梁				柱				梁			
		1F北		2F北		2F北		3F北		1F南		2F南		2F南		2F南	
		曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断
-1/800	最大	-	-	-	-	0.05未満	-	0.05	-	-	-	-	-	0.05	-	0.1	-
	残留	-	-	-	-	0	-	0.05未満	-	-	-	-	-	0.05未満	-	0.05未満	-
-1/400 ②	最大	0.05	0.05未満	-	-	0.1	0.05未満	0.15	0.05未満	-	-	-	-	0.15	0.1	0.15	0.05未満
	残留	0.05	0	-	-	0.05	0	0.05未満	0.05未満	-	-	-	-	0.05	0.05未満	0.05	0.05未満
-1/200 ②	最大	0.05	0.05	0.05	-	0.15	0.1	0.7	0.75	0.05未満	-	0.1	-	0.15	0.2	1.3	0.2
	残留	0	0	0.05未満	-	0.05	0.05	0.35	0.45	0	-	0.05未満	-	0.05	0.05	0.8	0.05
-1/133 ②	最大	0.1	0.05	0.05	-	0.2	0.1	0.8	1	0.05	-	0.1	0.05未満	0.5	0.3	1.8	0
	残留	0.05	0.05未満	0.05未満	-	0.1	0.1	0.35	0.7	0.05未満	-	0.05未満	-	0	1.15	0.1	1.3
-1/100 ②	最大	0.1	0.05	0.15	0.1	0.2	0.23	2	2	0.05	0.05未満	0.15	0.05未満	0.7	0.3	2.5	1.8
	残留	0.05未満	0	0.05未満	0.05未満	0.05	0.1	1.2	1.1	0.05未満	0	0.05未満	0	0.6	0.1	1.6	1
-1/50 ②	最大	0.2	0.1	1.4	0.3	0.3	0.3	5	5	0.05	0.05未満	3	0.5	1	0.3	5	5
	残留	0.05	0.05未満	0.8	0.25	0.15	0.2	4	3	0.05	0.05未満	3	0.5	0.8	0.1	3	1.5

WB試験体		柱				梁				柱				梁			
		1F北		2F北		2F北		3F北		1F南		2F南		2F南		2F南	
		曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断
-1/800	最大	-	-	-	-	0.05	-	0.05	-	-	-	-	-	0.05	-	0.05	-
	残留	-	-	-	-	0.05未満	-	0.05未満	-	-	-	-	-	0.05	-	0.05	-
-1/400 ②	最大	0.05未満	-	-	-	0.1	-	0.15	-	-	-	-	-	0.1	-	0.15	-
	残留	0	-	-	-	0.05未満	-	0.05未満	-	-	-	-	-	0.05	-	0.1	-
-1/200 ②	最大	0.05	-	0.05未満	-	0.25	0.05	0.2	0.15	0.05未満	-	0.05未満	-	0.3	0.1	0.2	0.05
	残留	0	-	0	-	0.05	0.05未満	0.05未満	0.05未満	0	-	0.05未満	-	0.05	0.05	0.05	0.05未満
-1/133 ②	最大	0.1	-	0.05	-	0.3	0.1	1	0.6	0.05	-	0.05	-	1.2	0.15	1	1
	残留	0.05未満	-	0.05未満	-	0.05	0.05未満	0.3	0.3	0.05	-	0.05未満	-	1.1	0.05	0.8	0.6
-1/100 ②	最大	0.15	-	0.05	-	0.95	0.1	2	1.6	0.1	-	0.1	-	2	0.2	2.5	1.3
	残留	0.05未満	-	0.05未満	-	0.75	0.05未満	1.1	0.85	0.05未満	-	0.05未満	-	1.6	0.05	2.5	0.4
-1/50 ②	最大	0.65	0.15	0.15	0.1	3	1.2	3.5	3	0.1	0.1	0.15	0.05	3	1.1	3.5	2.5
	残留	0.2	0.05未満	0.05未満	0.05未満	2.5	0.95	2	1.7	0.1	0.05	0.05未満	0.05未満	2.5	0.25	3	1.2

C試験体		柱				梁				柱				梁			
		1F北		2F北		2F北		3F北		1F南		2F南		2F南		2F南	
		曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断
-1/800	最大	-	-	-	-	0.1	-	0.2	-	-	-	-	-	0.05	-	0.05	-
	残留	-	-	-	-	0.05未満	-	0.1	-	-	-	-	-	0.05未満	-	0	-
-1/400 ②	最大	-	-	-	-	0.15	-	0.35	-	-	-	-	-	0.1	-	0.15	-
	残留	-	-	-	-	0.05	-	0.1	-	-	-	-	-	0.05未満	-	0.05未満	-
-1/200 ②	最大	0.05	-	-	-	0.2	0.05	0.55	0.2	0.05	-	-	-	0.2	-	0.3	0.1
	残留	0	-	-	-	0.05	0	0.2	0.1	0	-	-	-	0.05未満	-	0.1	0.05
-1/133 ②	最大	0.1	-	0.1	-	0.95	0.1	1.9	0.25	0.1	-	0.05	-	0.6	-	1	0.15
	残留	0	-	0	-	0.6	0.05未満	1.4	0.1	0	-	0	-	0.3	-	0.8	0.05
-1/100 ②	最大	0.15	-	0.25	-	1.6	0.1	2	0.3	0.15	-	0.05	-	1	-	2	0.2
	残留	0	-	0	-	1.3	0.05	1.4	0.1	0	-	0	-	0.5	-	1.1	0.05
-1/50 ②	最大	0.6	-	0.3	-	2	0.15	4	0.3	0.7	-	0.15	-	2	-	4	0.2
	残留	0.25	-	0	-	1.5	0.05	3	0.1	0.25	-	0	-	1.5	-	2.5	0.05



#### 2.6.4. 荷重変形関係と補強効果の比較

図 2-58、図 2-59 に試験体 WA、WB の荷重変形関係を示す。各図には、最大耐力点に加え、柱主筋、はり主筋の降伏点を示している。また、これらの特性点をまとめたものを表 2-34 に示す。なお、柱帯筋、はりあばら筋の降伏は生じなかった。ここでは参考の情報として、図 2-60 に RC ラーメンの試験体 C の荷重変形関係を、表 2-34 には試験体 C に加え、CLT 袖壁を設置した試験体 A、B の特性点も示している。

試験体 WA では、 $R=0.2\sim 0.4\times 10^2\text{rad}$  付近で 3F の RC はり主筋が、 $R=0.5\sim 0.7\times 10^2\text{rad}$  付近で 2F の RC はり主筋が降伏した。1F では RC 柱主筋の降伏は見られず、 $R=1.0\sim 1.8\times 10^2\text{rad}$  付近で 2F 脚部の RC 柱主筋が降伏した。試験体 WB でも、 $R=0.2\sim 0.4\times 10^2\text{rad}$  付近で 3F の RC はり主筋が降伏したが、2F の RC はり主筋の降伏は  $R=0.4\sim 0.5\times 10^2\text{rad}$  付近と試験体 WA よりもやや早まった。試験体 WA と異なり、1F 脚部でも  $R=1.4\sim 2.0\times 10^2\text{rad}$  付近で RC 柱主筋の降伏が生じたが、 $R=1.9\sim 2.5\times 10^2\text{rad}$  付近で 2F 脚部の RC 柱主筋が降伏するとそちらに塑性ヒンジの回転が集中した。なお、RC ラーメンの試験体 C では、 $R=0.4\sim 0.6\times 10^2\text{rad}$  付近で 2、3F の RC はりの主筋が、 $R=1.0\sim 1.5\times 10^2\text{rad}$  付近で 1F 脚部の RC 柱主筋が降伏しており、CLT 袖壁を設けた試験体 A、B でもほぼ同様の傾向を示している。

試験体の最大耐力が高い試験体 WA、WB では、油圧ジャッキによる水平荷重の一部が引張力として作用する、加力方向に対して圧縮側となる 3F 上端筋の降伏時の全体変形角がやや小さくなっている印象を受けるが、その他の RC はり主筋が降伏する際の変形角には、試験体 A、B、C と顕著な差は見られなかった。RC 柱主筋が降伏する際の全体変形角はいずれの試験体でも  $R=1.0\times 10^2\text{rad}$  を上回る比較的大きい値となっているが、試験体 WA、WB では 2F 柱脚の RC 柱主筋の降伏によって、試験体 A、B、C では 1F 柱脚の RC 柱主筋の降伏によって、それぞれ崩壊形が形成されている。

次に、試験体 WA、WB の補強効果について検証する。図 2-61 に各試験体の包絡線の比較を示す。表 2-34 に示すように、各試験体の初期剛性は、試験体 A で  $94.6\text{kN/mm}$ 、試験体 B で  $99.8\text{kN/mm}$  となっており、試験体 C の  $28.5\text{kN/mm}$  に対して、それぞれ 3.32 倍、3.50 倍である。なお、CLT 袖壁を設置した試験体 A、B の初期剛性は、それぞれ  $48.0\text{kN/mm}$ 、 $46.0\text{kN/mm}$  に留まっており、より高い補強効果が得られている。また、最大耐力に関しては、試験体 WA で  $825\text{kN}$ 、試験体 WB で  $767\text{kN}$  となっており、試験体 C の  $275\text{kN}$  に対して、それぞれ 3.00 倍、2.79 倍と高い補強効果が得られていることが分かる。CLT 袖壁を設置した試験体 A、B の最大耐力はそれぞれ  $493\text{kN}$ 、 $403\text{kN}$  であり、図 2-61 からも明らかなように、CLT 袖壁を CLT 耐力壁に置き換えることで、大幅な剛性、耐力の増大が見込めることが分かる。なお、試験体 WA と WB は最大耐力が比較的近いが、 $R=1/100\text{rad}$  以下の変形における最大耐力を見ると、試験体 WA は最大耐力 ( $825\text{kN}$ ) を既に発揮しているのに対し、試験体 WB では  $621\text{kN}$  と最大耐力 ( $767\text{kN}$ ) の 8 割程度の荷重に留まっており、滑り止めの設置が、早期の耐力発現に寄与しているものと考えられる。

なお、試験体 WA、WB の最大耐力から試験体 C の最大耐力を差し引くことで、CLT 耐力壁による補強効果を概算すると、それぞれ  $550\text{kN}$ 、 $492\text{kN}$  となる。これを CLT 袖壁の水平断面積 ( $120\text{mm}\times 3100\text{mm}$ ) で除したせん断応力は  $1.48\text{N/mm}^2$ 、 $1.32\text{N/mm}^2$  となる。これらの数値は、表 2-12 で示した CLT のせん断実験の結果から求められるせん断強度の推定値 ( $3.2\text{N/mm}^2$ ) だけでなく、CLT のせん断の基準強度 ( $2.2\text{N/mm}^2$ ) も下回っている。一方で、これらの試験体では CLT 耐力壁において、ラミナ間のずれ変形が生じていることから、CLT 耐力壁がせん断強度を発揮していたものと考えないと整合しない。そこで、これらのせん断強度に CLT 耐力壁の水平断面積を乗じると、前者は  $1190\text{kN}$ 、後者は  $830\text{kN}$  となる。前者は試験体 WA の最大耐力 ( $825\text{kN}$ ) を大きく上回ることから、せん断強度の推

定値に近いせん断応力を負担していたものとは考えにくい。後者は試験体 WA の最大耐力とほぼ等しい値になるため、CLT 耐力壁を設置したことで、RC 柱のモーメント分布が変化し、CLT 耐力壁を設置したいずれの高さ位置において、RC 柱がほとんど水平せん断力を負担せず、CLT 耐力壁のみでせん断力を負担している状況が生じていれば、CLT 耐力壁がせん断破壊したことを説明できるものと考えられる。

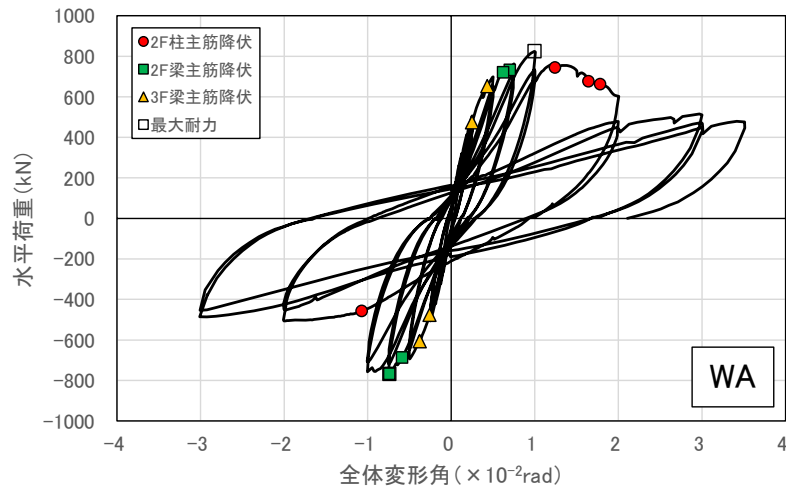


図 2-58 水平荷重－変形角関係（試験体 WA）

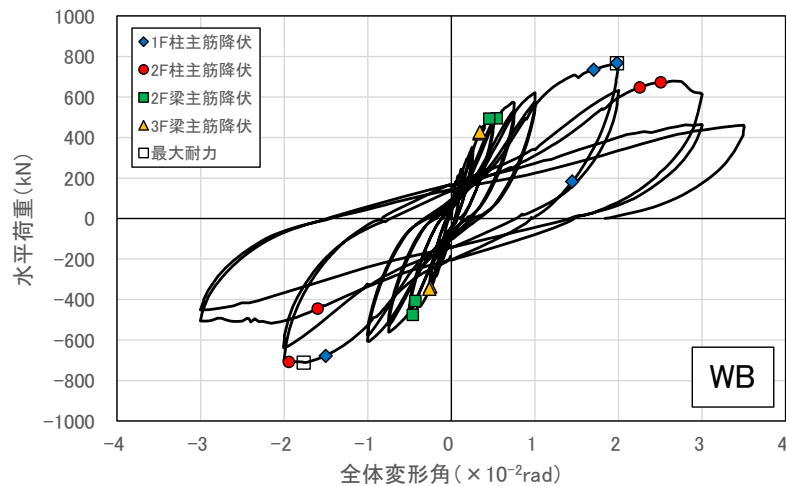


図 2-59 水平荷重－変形角関係（試験体 WB）

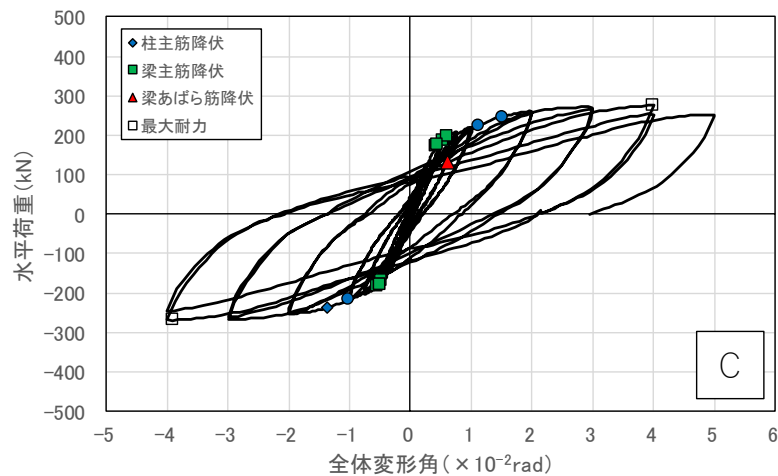


図 2-60 水平荷重－変形角関係（試験体 C、参考）

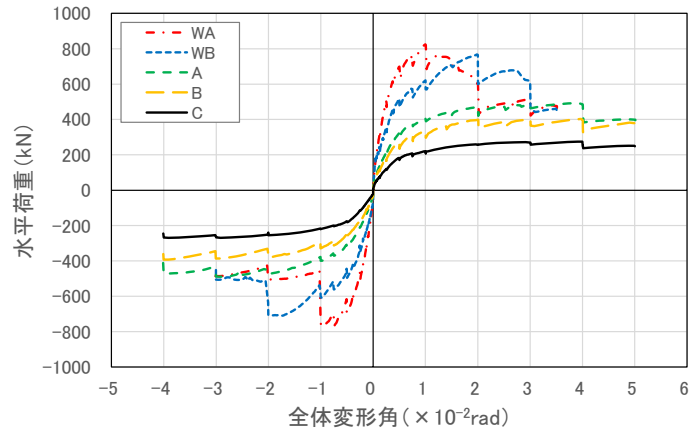


図 2-61 包絡線の比較

表 2-34 各特性点における荷重と変形

(a) 初期剛性と最大耐力

	初期剛性 (kN/mm)	最大荷重 (R=1/100radまで)		最大荷重 (R=1/50radまで)		最大耐力	
		Q (kN)	R ( $\times 10^{-2}$ rad)	Q (kN)	R ( $\times 10^{-2}$ rad)	Q (kN)	R ( $\times 10^{-2}$ rad)
WA	94.6	825	0.996	825	0.996	825	0.996
		-757	-1.003	-757	-1.003	-757	-1.003
WB	99.8	621	1.982	767	1.982	767	1.982
		-576	-1.765	-711	-1.765	-711	-1.765
A	48.0	405	3.925	469	3.925	493	3.925
		-400	-2.918	-472	-2.918	-490	-2.918
B	46.0	335	3.975	399	3.975	403	3.975
		-328	-4.005	-381	-4.005	-393	-4.005
C	28.5	220	4.001	260	4.001	275	4.001
		-220	-2.915	-255	-2.915	-269	-2.915

(b) 柱主筋の降伏点

	1F引張側柱主筋降伏		1F圧縮側柱主筋降伏		2F引張側柱主筋降伏		2F圧縮側柱主筋降伏	
	R ( $\times 10^{-2}$ rad)	Q (kN)	R ( $\times 10^{-2}$ rad)	Q (kN)	R ( $\times 10^{-2}$ rad)	Q (kN)	R ( $\times 10^{-2}$ rad)	Q (kN)
WA	-	-	-	-	1.242	744	1.643	677
	-	-	-	-	1.783*	663*	-1.071	-457
WB	1.982	767	1.702	735	2.255	647	2.505	673
	1.446*	182*	-1.503	-677	-1.942	-707	-1.599	-444
A	1.358	434	0.955	400	-	-	-	-
	-	-	-1.001	-400	-2.918	-490	-	-
B	1.354	362	1.207	347	2.642	385	-	-
	-1.150	-315	-0.999	-291	-2.415	-361	-	-
C	1.509	247	1.111	225	-	-	-	-
	-1.361	-237	-1.011	-217	-	-	-	-

\* 圧縮降伏

(c) はり主筋の降伏点

	2F梁下端筋降伏		2F梁上端筋降伏		3F梁下端筋降伏		3F梁上端筋降伏	
	R ( $\times 10^{-2}$ rad)	Q (kN)	R ( $\times 10^{-2}$ rad)	Q (kN)	R ( $\times 10^{-2}$ rad)	Q (kN)	R ( $\times 10^{-2}$ rad)	Q (kN)
WA	0.700	733	0.620	722	0.433	653	0.250	474
	-0.741	-768	-0.586	-687	-0.378	-607	-0.258	-476
WB	0.541	495	0.453	494	0.335	421	0.341	427
	-0.432	-407	-0.460	-475	-0.251	-335	-0.261	-347
A	0.601	347	0.619	352	0.493	322	0.541	323
	-0.608	-346	-0.587	-340	-0.478	-314	-0.465	-309
B	0.743	285	0.650	294	0.414	253	0.549	262
	-0.747	-313	-0.577	-275	-0.412	-233	-0.453	-246
C	0.533	185	0.606	197	0.436	172	0.446	174
	-0.539	-182	-0.468	-169	-0.498	-181	-0.486	-181

## 2.6.5. 柱はりの主筋、せん断補強筋の降伏状況

図 2-62、図 2-63、図 2-64 に各サイクル終了時の各試験体の RC 柱はりの主筋及びせん断補強筋、アンカーボルト、寸切りボルトの降伏箇所を示す。図内に示すマーク位置は実験開始前に各試験体鉄筋に設置したひずみゲージの位置である。なお、試験体 WA、WB については、梁あばら筋、柱帯筋に関しては、載荷中の引張降伏は確認されていない。

試験体 WA では、 $R=1/200\text{rad}$  時に 3F はり主筋が、 $R=1/133\text{rad}$  時に 2F はり主筋が引張降伏している。3F では RC はり主筋が引張降伏する範囲が徐々に内側に広がっていくが、3F では加力の関係上、圧縮側柱に取り付くはりが引張軸力を負担する形となること、1F と比較して、2F の層間変形角が増加したことが原因として考えられる。また、 $R=1/50\text{rad}$  で初めて RC 柱主筋の引張降伏が見られるが、1F 柱脚ではなく 2F 柱脚で引張降伏が生じており、2F に部分崩壊形が形成されている。

試験体 WB では、 $R=1/200\text{rad}$  時に 2、3F はり主筋が引張降伏している。2、3F において RC はり主筋が引張降伏する範囲が徐々に内側に広がっていくが、その範囲は WA 試験体よりも広い。これは、滑り止めを設けた WA 試験体と比較して、WB 試験体の方が RC はりに作用する引張軸力が大きくなる傾向があることが関係している可能性がある。また、 $R=1/50\text{rad}$  で RC 柱主筋の引張降伏が 1F の柱頭、柱脚の両方に見られるが、柱頭、柱脚において引張降伏が生じている主筋が同一であることから、引張側の 1F 柱には逆対称の曲げモーメントは生じておらず、柱頭柱脚ヒンジによる部分崩壊形が形成された訳でもないことが分かる。その後の  $R=1/33\text{rad}$  では 2F 柱脚で引張降伏が生じており、2F に部分崩壊形が形成されている。

ここでは参考として、RC ラーメン試験体 C の結果も示すが、CLT 耐力壁を設置した WA、WB と比較すると、RC はりや RC 柱における主筋の引張降伏の順序や引張降伏時の層間変形角には大きな差はみられないが、2F 柱主筋には引張降伏は確認されておらず、崩壊形に違いがあることが分かる。

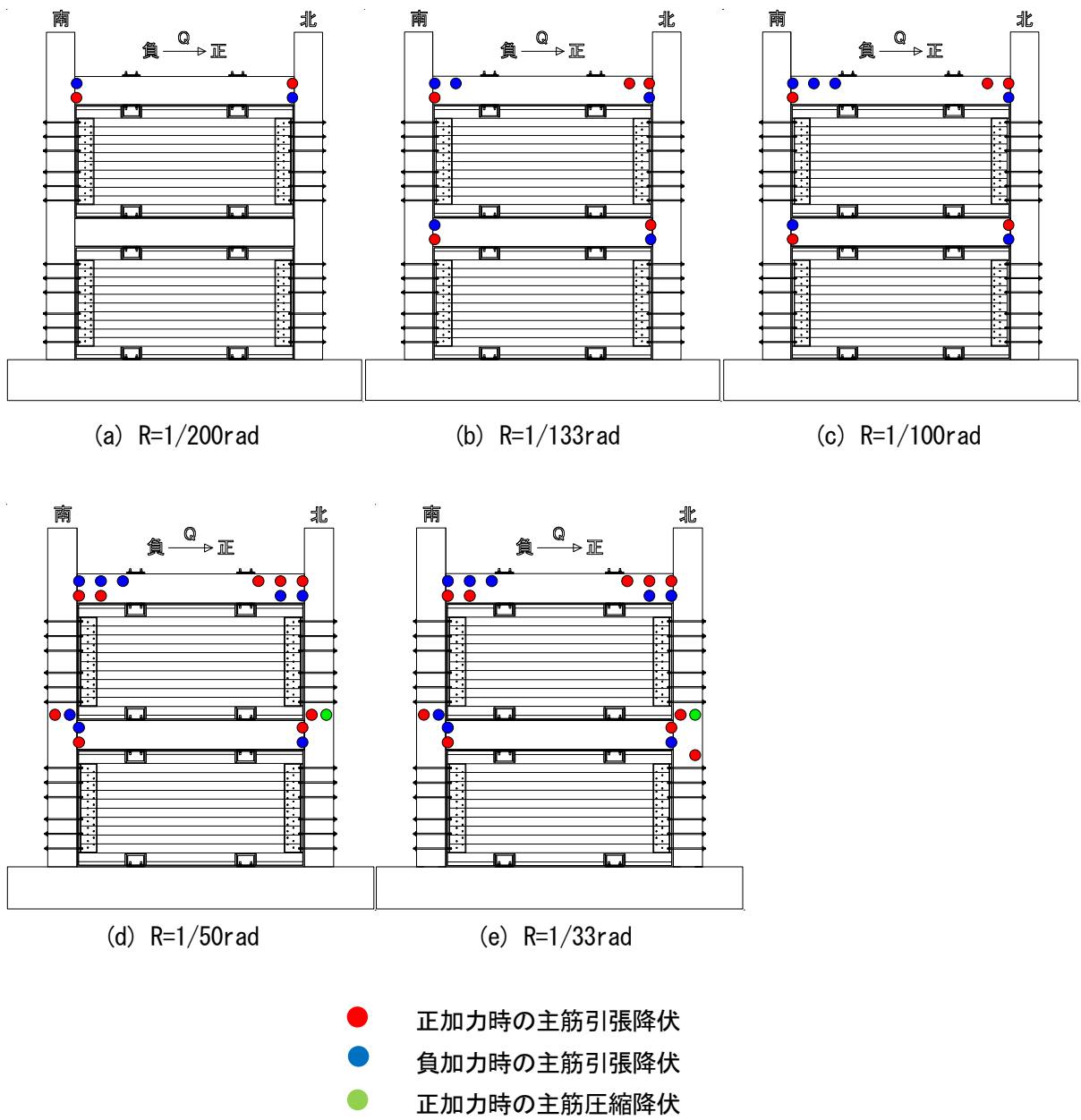


図 2-62 各変形サイクル終了時における降伏状況 (試験体 WA)

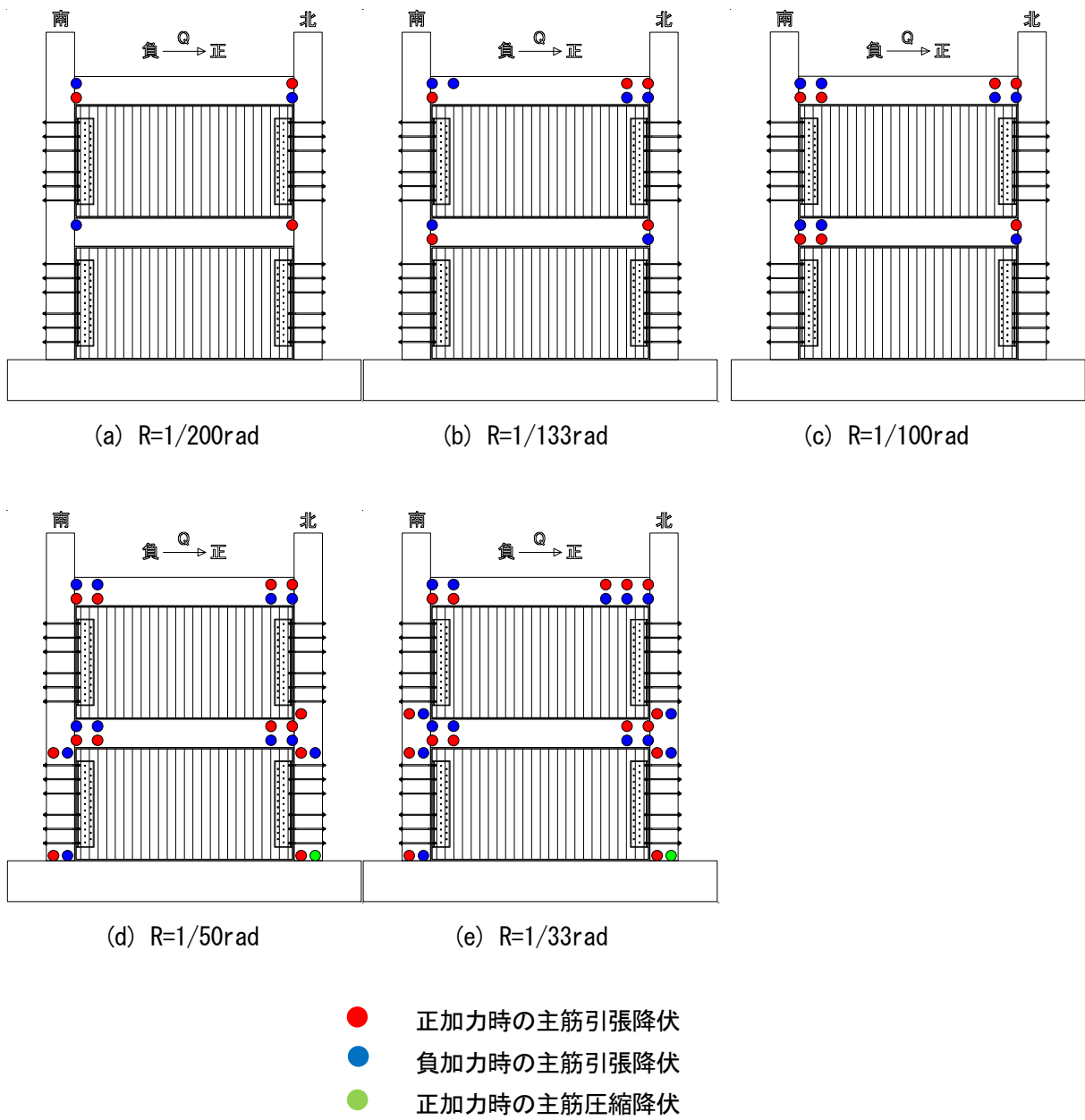


図 2-63 各変形サイクル終了時における降伏状況 (試験体 WB)



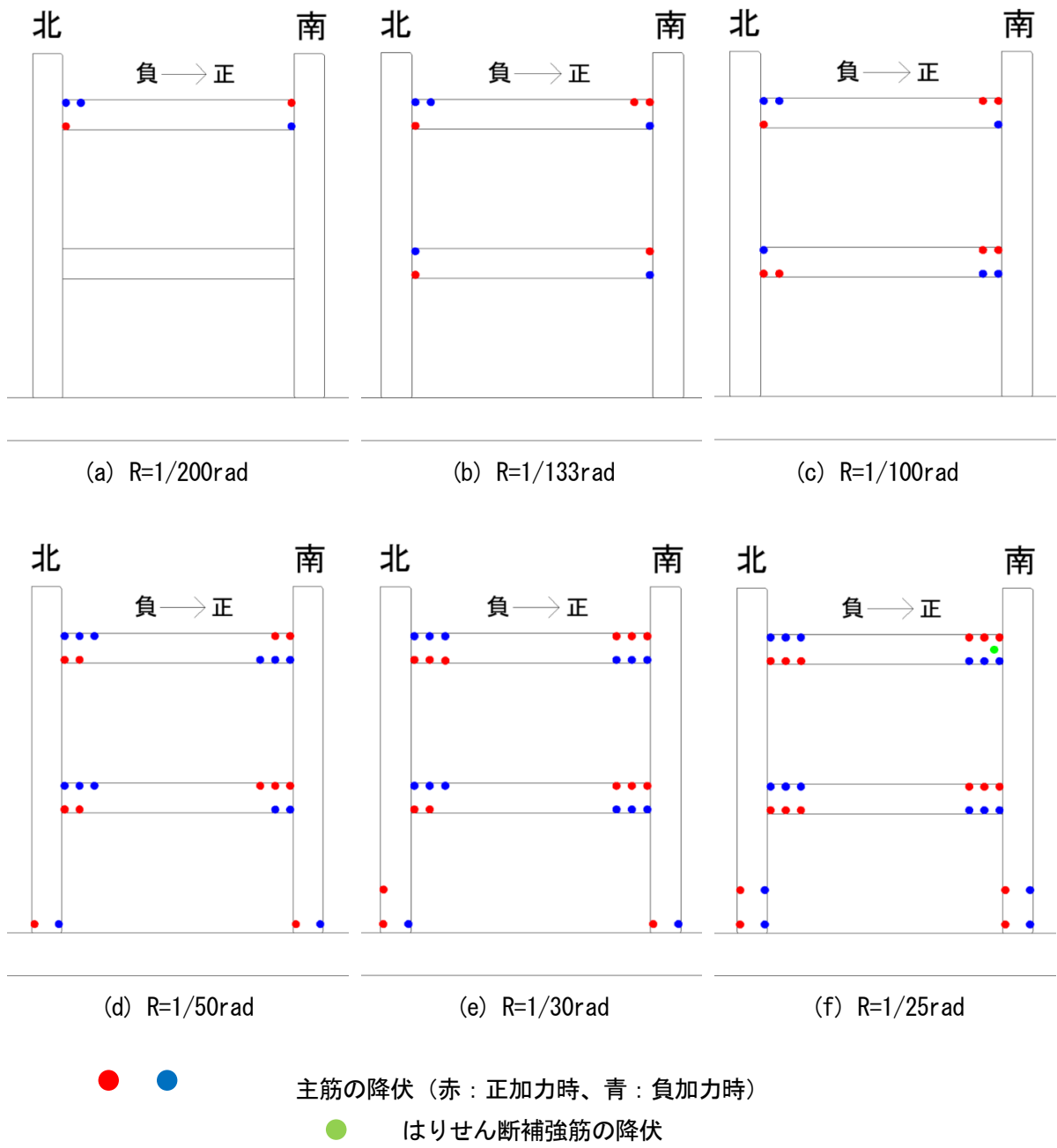


図 2-64 各変形サイクル終了時における降伏状況 (試験体 C)

## 2.6.6. 変形成分

### 2.6.6.1. 1、2階の層間変形角の比較

図 2-65 に 1、2 階の層間変形角と全体変形角の比較を、図 2-66 に 1 階の層間変形角に対する 2 階の層間変形角の比率の推移を示す。RC ラーメンの試験体 C では、1 階柱脚、各階はりの材端に塑性ヒンジが形成されることで、全体変形角の増大に比例する形で、1、2 階の層間変形角が増大したため、1、2 階の層間変形角の差は小さかった。一方、CLT 耐力壁を設けた試験体 WA、WB では、1 階と比較して 2 階の層間変形角が大きくなったが、試験体 WA では  $R=1/100\text{rad}$  付近まで、試験体 WB では  $R=1/50\text{rad}$  付近まで両者の比率は 2 に近いほぼ一定の値を示していた。しかしながら、2 階の CLT 耐力壁の損傷が進展し、耐力低下が生じると、2 階の層間変形角のみが増加し、1 階の層間変形角はほぼ頭打ちとなった。2 階への変形集中は、耐力低下が早期に生じた試験体 WA の方が試験体 WB よりも顕著であった。

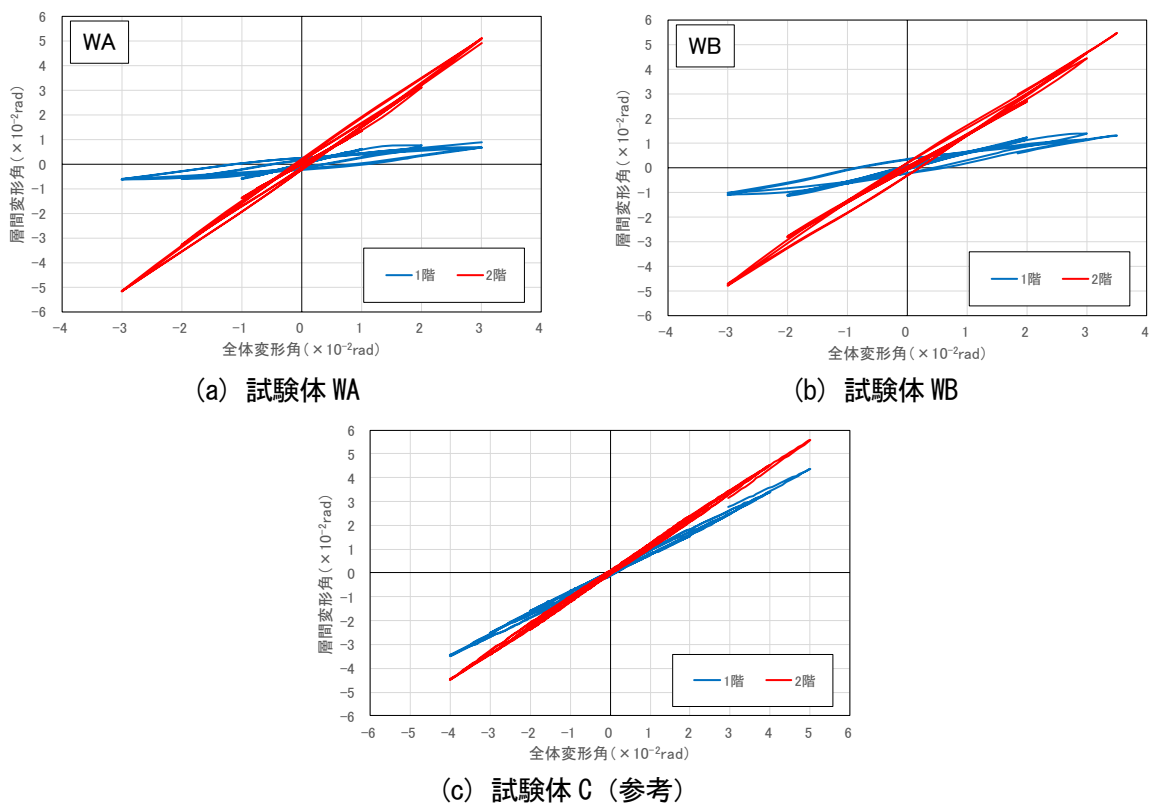


図 2-65 1、2 階の層間変形角と全体変形角の比較

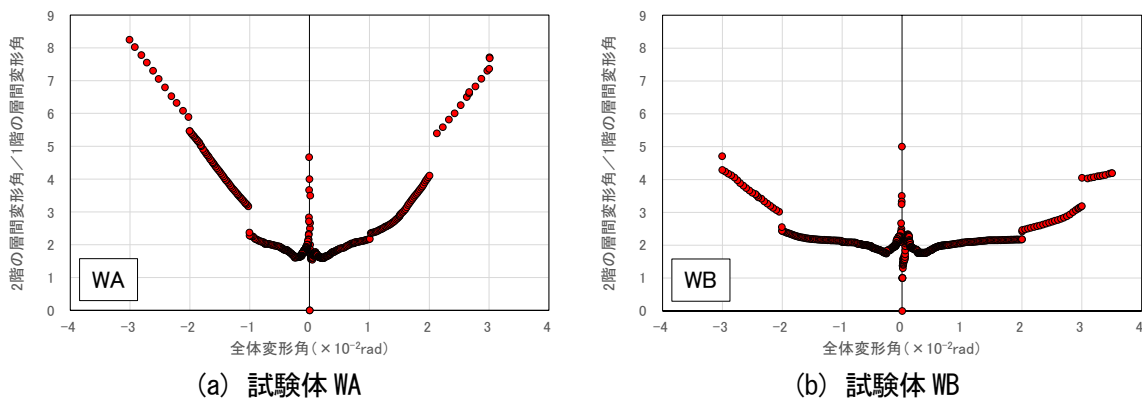


図 2-66 1、2 階の層間変形角の比率の推移

### 2.6.6.2. RC はりの軸方向の変形量の推移

図 2-67 に、試験体の両側に設置した変位計で計測した 2、3F はり中心高さにおける水平変位の差分から求めた 2、3F はりの軸方向の変形量の推移を示す。 $R=1/100\text{rad}$  付近までは、2F はりで 5mm、3F はりで 10mm 程度の伸び量に留まっており、CLT 耐力壁を設置した試験体 WA、WB と、RC ラーメンである試験体 C の間で顕著な差は見られなかったが、2 階への変形集中が見られた試験体 WA、WB では、 $R=1/100\text{rad}$  以降のサイクルにおいて 3 階はりの軸伸び量が増加した。

図 2-68 に、2、3F はりの軸伸び量をはりの材長（ここでは、内法スパン 3100mm とした）で除して求めた 2、3F はりの軸ひずみの推移を示す。いずれの試験体でも 2F はりの軸ひずみは最大でも 0.5% 程度に留まっているが、試験体 WA、WB では、 $R=1/33\text{rad}$  サイクルにおいて、3F はりに 1.0~1.5% 程度の軸ひずみが生じており、試験体 C よりも大きな軸ひずみとなっている。したがって、CLT 耐力壁を設置した試験体では、RC はりの軸伸び量が大きくなり、加力方向に対して、圧縮側と引張側の柱の水平変位量に大きな差が生じている。

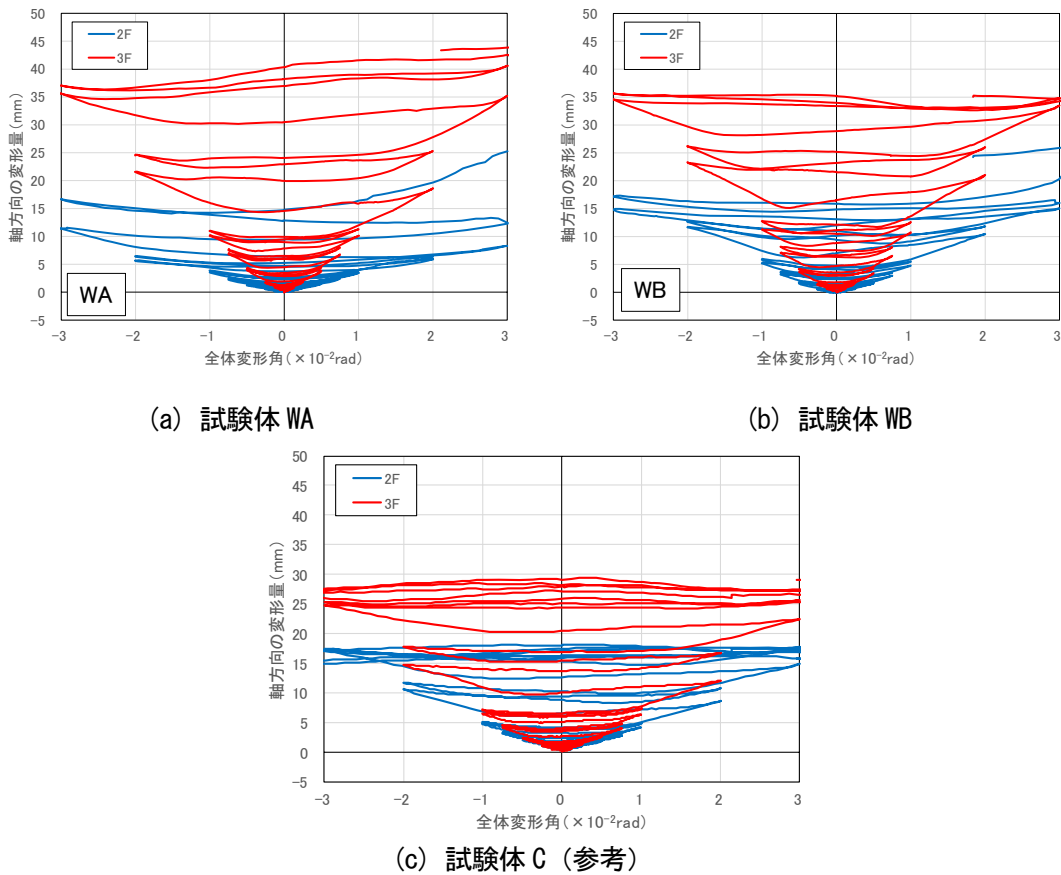
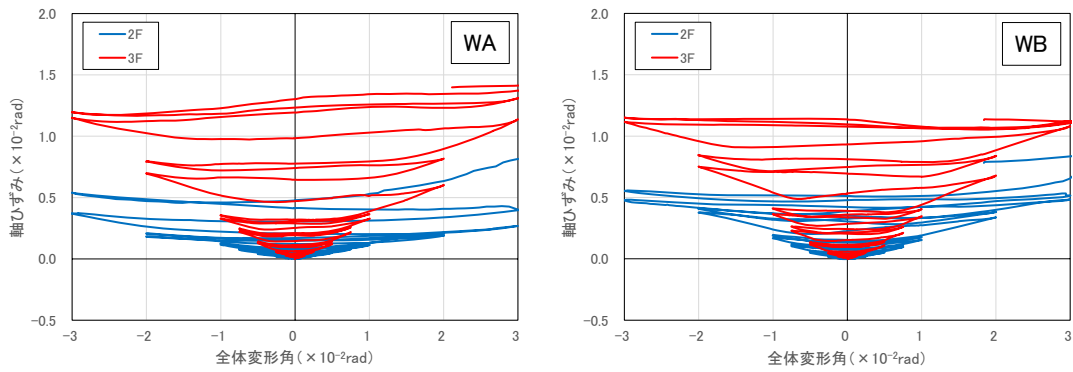
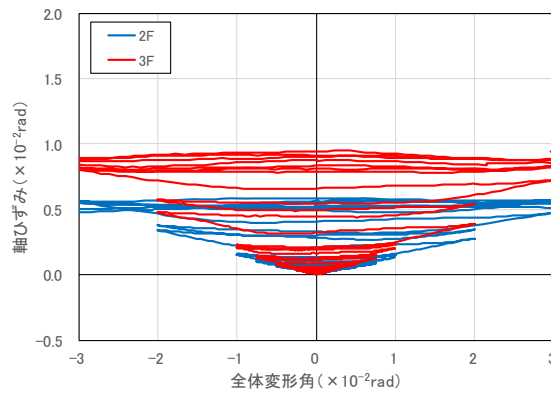


図 2-67 RC はりの軸方向の変形量



(a) 試験体 WA

(b) 試験体 WB



(c) 試験体 C (参考)

図 2-68 RC はりの軸ひずみ

### 2.6.6.3. RC 柱の変形成分

図 2-70 に、図 2-52 に示す変位計で計測した 1、2F の RC 柱の曲げ変形角、せん断変形角と全体変形角の関係を示す。曲げ変形角、せん断変形角は、それぞれ式(2.15)、(2.16)を用いて計算した。

$$R_{cf} = \frac{\delta_{v2} - \delta_{v1}}{h_c} \tag{2.15}$$

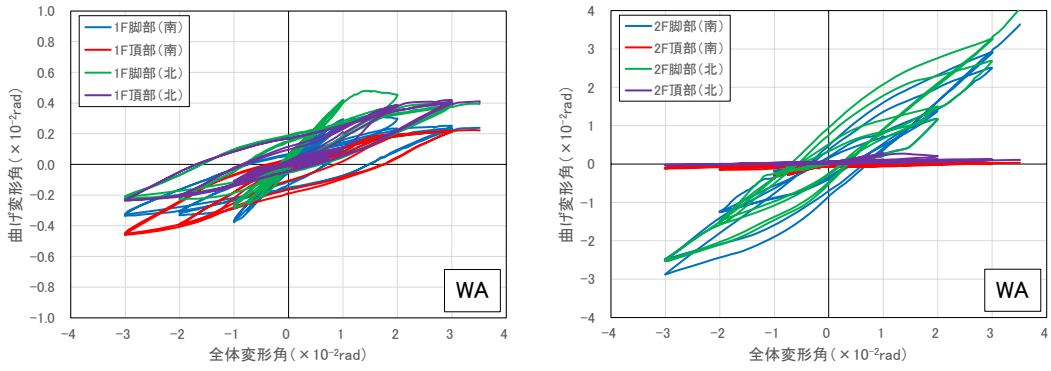
$$R_{cs} = \frac{\sqrt{h_c^2 + l_c^2}}{2 \cdot h_c} (\delta_{d2} - \delta_{d1}) \tag{2.16}$$

ここで、 $h_c$  : RC 柱の計測区間の高さ(=350mm、425mm)、 $l_c$  : RC 柱の計測区間の長さ(=250mm)、 $\delta_{v1} \sim v2$  : RC 柱の鉛直方向の変形量(mm)、 $\delta_{d1} \sim d2$  : RC 柱の対角方向の変形量(mm)である。

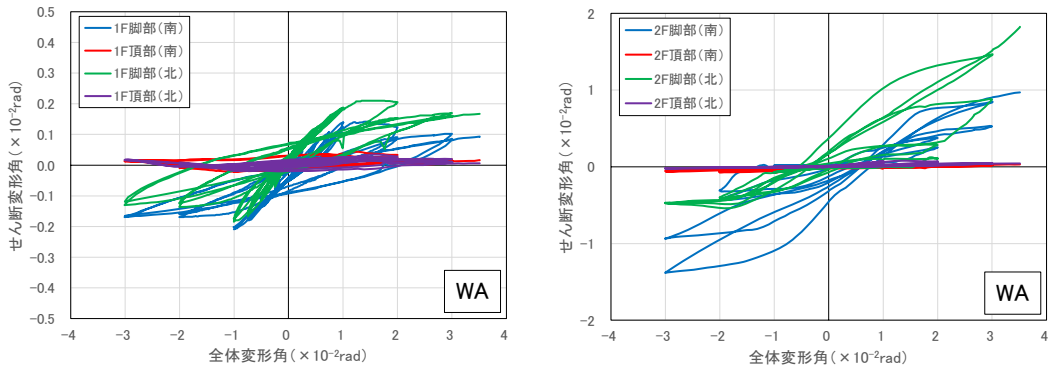
1F の RC 柱の変形を見ると、いずれの試験体でも、全体変形角の増大に伴って、曲げ変形とせん断変形が増大する傾向は見られ、せん断変形より曲げ変形の方が大きい。また、鉄筋の降伏状況からも分かるように、WB 試験体では、1F 柱脚では塑性ヒンジが生じたことから、曲げ変形角が WA 試験体よりも大きい、いずれの試験体においてもおよそ 0.01rad にとどまっている。

2F の RC 柱の変形を見ると、いずれの試験体においても 1F と比較して、材端の曲げ変形角やせん断変形角が大きく、2F の柱脚に変形が集中したことが確認できる。

南側と北側の RC 柱の回転角を見ると、いずれの試験体においては、南側では正方向載荷時と比較して、負方向載荷時の変形角が小さくなっており、北側では正方向載荷時と比較して、負方向載荷時の変形角が大きくなっている。これは、はりの軸伸びの影響により生じたものだと考えられる。

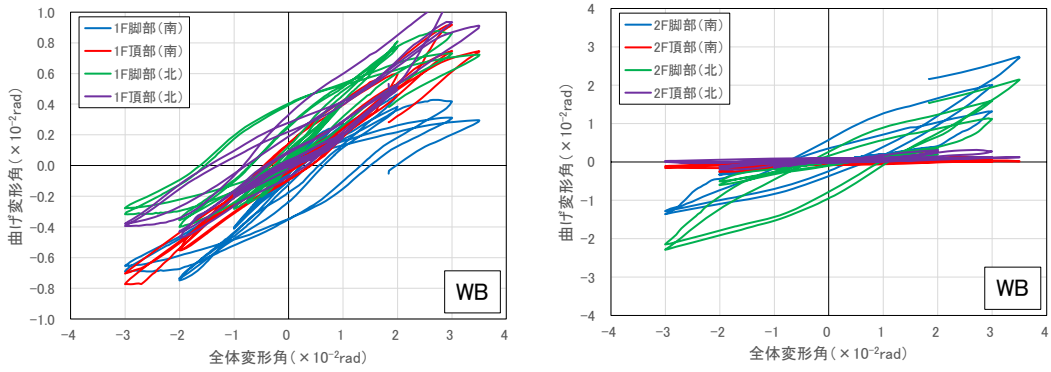


(a) 曲げ変形角

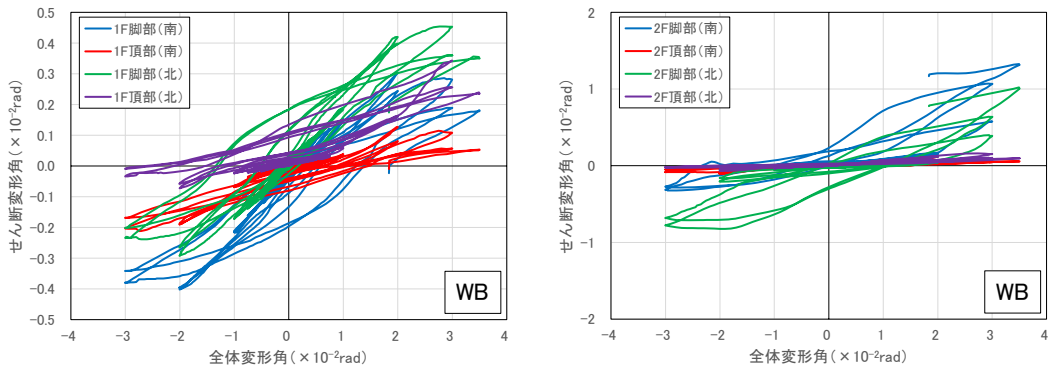


(b) せん断変形角

図 2-69 RC 柱端部の変形角 (試験体 WA)



(a) 曲げ変形角



(b) せん断変形角

図 2-70 RC 柱端部の変形角 (試験体 WB)

#### 2.6.6.4. RC はりの変形成分

図 2-71 に示す区間 (WA、WB 試験体の計測区間は同一) において変位計を用いて計測した、2F、3F の RC はりの回転角と全体変形角の関係を図 2-72、図 2-73 に示す。曲げ変形角、せん断変形角は、それぞれ式(2.17)、(2.18)で計算した。図 2-72、図 2-73 中の  $\theta$  と  $\gamma$  の添え字は、図 2-71 中の①~⑫の計測区間の番号回転角とせん断変形を示している。

$$\theta = \frac{\delta_{h2} - \delta_{h1}}{h_b} \tag{2.17}$$

$$\gamma = \frac{\sqrt{h_b^2 + l_b^2}}{2 \cdot h_b} (\delta_{d2} - \delta_{d1}) \tag{2.18}$$

ここで、 $h_b$ : RC はりの計測区間の高さ(=400mm、475mm)、 $l_b$ : RC はりの計測区間の長さ(=350mm、425mm)、 $\delta_{h1} \sim \delta_{h2}$ : RC はりの水平方向の変形量(mm)、 $\delta_{d1} \sim \delta_{d2}$ : RC はりの対角方向の変形量(mm)である。

2F の RC はりに関しては、いずれの試験体でも、計測区間 1 と 6 における RC 梁端部の曲げ変形角やせん断変形角が大きく、RC 梁端部に変形が集中していることが確認できる。また、早期に 2 階の CLT 耐力壁がせん断破壊した WA 試験体よりも、2 階の CLT 耐力壁のせん断破壊が遅れて生じた WB 試験体の方が 2F はりの変形角は大きくなった。

3F の RC はりに関しても、いずれの試験体でも、計測区間 7 と 12 における RC 梁端部の曲げ変形角やせん断変形角が大きく、RC 梁端部に変形が集中していることが確認できる。2F と比較して 3F の方が RC はりの変形角が大きいが、WA 試験体と WB 試験体の 3F の変形角と比較すると、WA 試験体の方が WB 試験体よりも変形角が大きい。なお、3F はりでは、計測区間 7 や 12 に隣接する 8 や 11 においても、変形角が大きくなっており、2 本の柱に同一の水平荷重を与える加力方法が影響を及ぼした可能性がある。

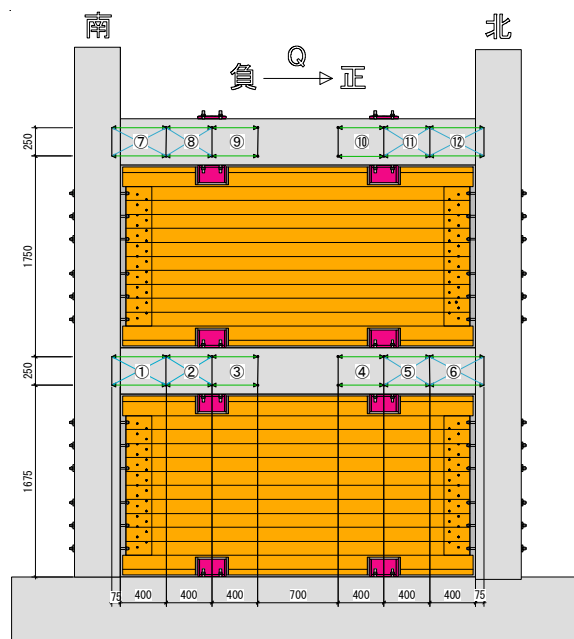
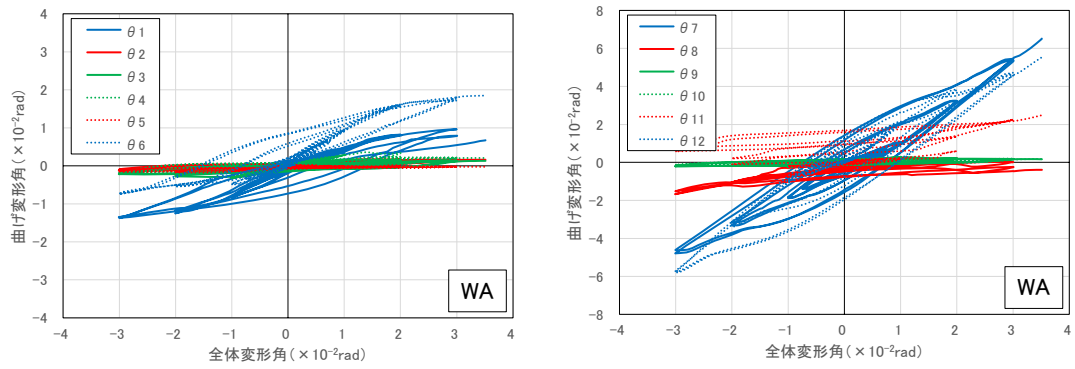
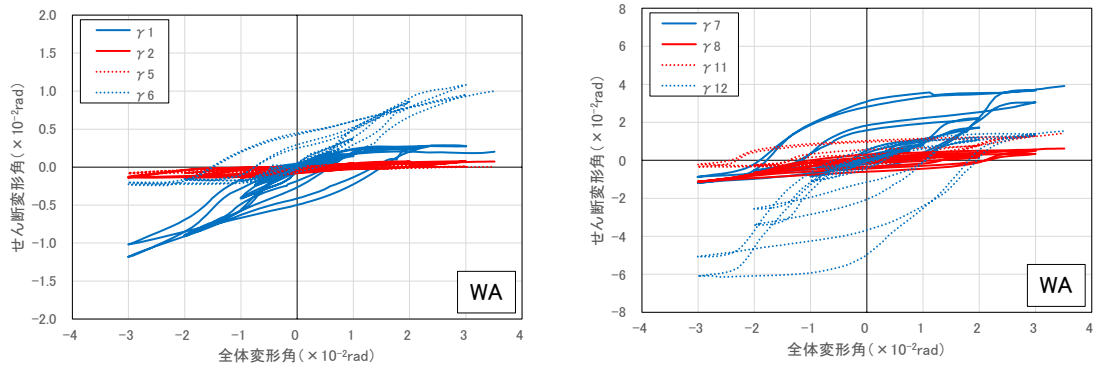


図 2-71 回転とせん断変位の測定位置 (試験体 WA の場合、単位:mm)



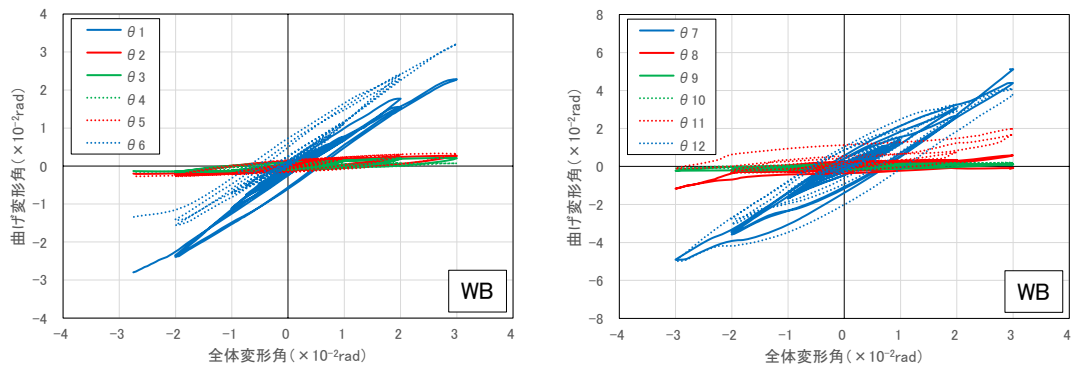


(a) 曲げ変形角

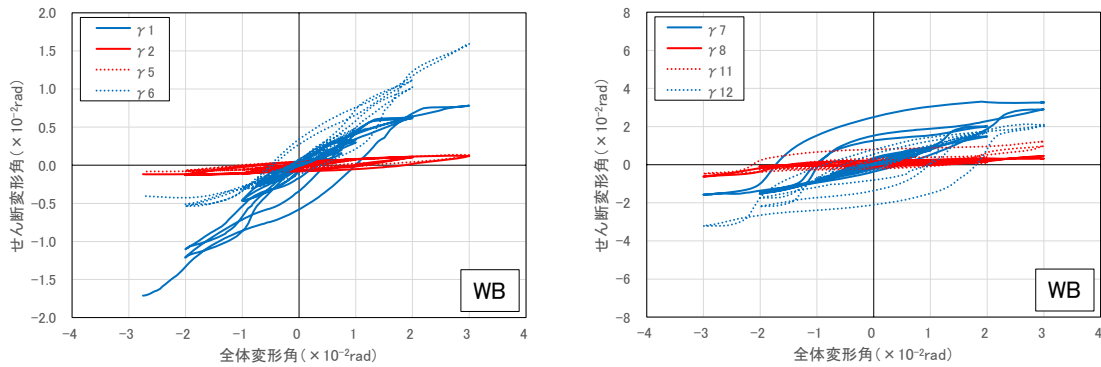


(b) せん断変形角

図 2-72 RC はりの変形角 (試験体 WA)



(a) 曲げ変形角



(b) せん断変形角

図 2-73 RC はりの変形角 (試験体 WB)

### 2.6.6.5. CLT 耐力壁のせん断ひずみ

図 2-74 に変位計で計測した 1、2F の CLT 耐力壁のせん断ひずみと全体変形角の関係を示す。CLT 耐力壁のせん断ひずみは、図 2-53 で示したように、南北に分割して計測しているが、いずれの場合においても、これらのせん断ひずみの大きさは概ね一致していることから、CLT 耐力壁のせん断ひずみは壁板全体に平均的に生じており、南北のせん断ひずみを平均化した値を用いても問題がないことが分かる。また、計測された CLT 耐力壁のせん断ひずみは 1F よりも 2F の方が大きく、1F の CLT 耐力壁のせん断ひずみは最大でも  $0.5 \times 10^{-2} \text{rad}$  程度に留まっている。2F の CLT 耐力壁に関しては、試験体 WA では全体変形角とほぼ比例するような形でせん断ひずみが増大しているが、試験体 WB では  $R=1/100 \text{rad}$  を超えるまでは、全体変形角の増大に伴うせん断ひずみの増加は小さく、滑り止めの有無による影響が見られた。

より詳細な評価を行うため、図 2-75、図 2-76 に 1、2F における CLT 耐力壁のせん断ひずみと層間変形角の関係を示す。なお、図中には層間変形角とせん断ひずみの関係が  $1:1$ 、 $1:0.5$ 、 $1:0.25$  となる時の関係を点線で示している。試験体 WA では、加力直後は CLT 耐力壁のせん断ひずみの増加がやや遅れるが、層間変形角がある程度大きくなると、CLT 耐力壁のせん断ひずみと層間変形角が比例的に増大するようになり、最終的に 1F では層間変形角の半分程度、2F では層間変形角を上回るせん断ひずみが生じていた。一方、試験体 WB では、試験体 WA と比較して、CLT 耐力壁のせん断ひずみの増加が遅く、1、2F のいずれについても、層間変形角の  $1/4$  程度のせん断ひずみしか生じていなかった。

図 2-77 には試験体に作用する水平荷重と CLT 耐力壁のせん断ひずみの関係を示している。なお、CLT 耐力壁のせん断の基準強度  $2.23 \text{N/mm}^2$  を一般的なせん断弾性係数  $500 \text{N/mm}^2$  で除したせん断ひずみは  $0.45 \times 10^{-2} \text{rad}$  となるが、試験体 WA では  $R=1/200 \text{rad}$  サイクルにおいて、試験体 WB では  $R=1/100 \text{rad}$  サイクルにおいて、当該ひずみ到達している。その後の耐力低下は、試験体 WA では  $R=1/50 \text{rad}$  サイクルにおいて、試験体 WB では  $R=1/33 \text{rad}$  サイクルにおいて生じているが、耐力低下が生じる際の CLT 耐力壁のせん断ひずみの大きさの下限はおおよそ  $1.0 \times 10^{-2} \text{rad}$  程度であった。

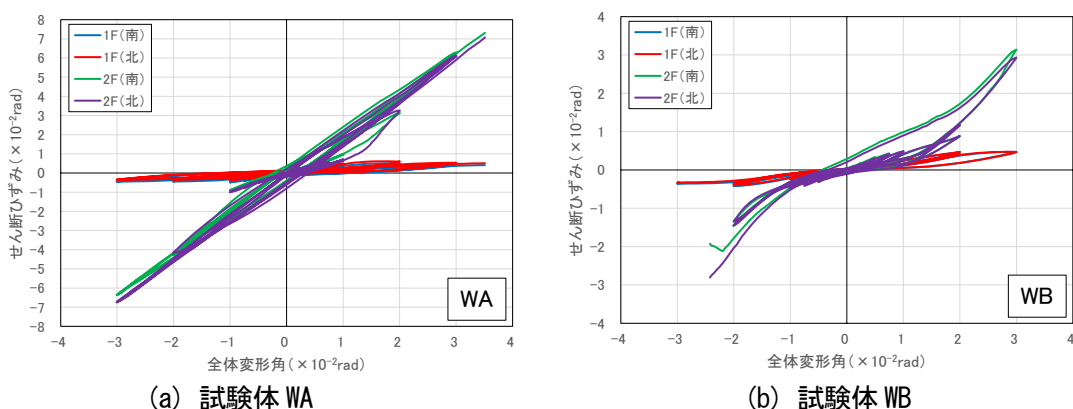
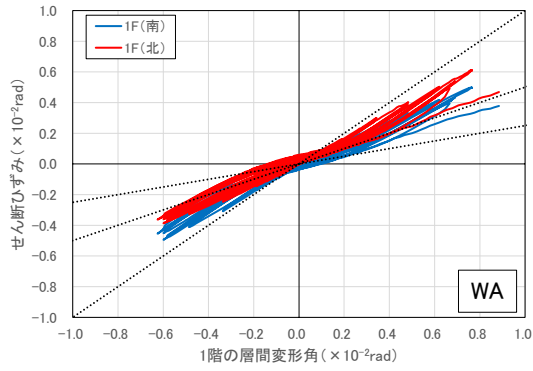
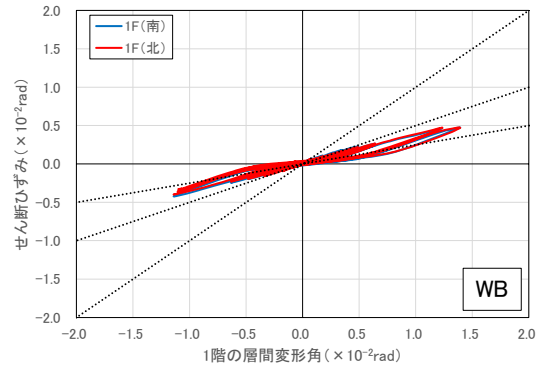


図 2-74 CLT 耐力壁のせん断ひずみ—全体変形角関係

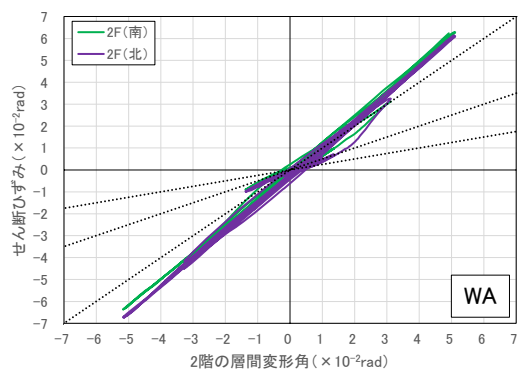


(a) 試験体 WA

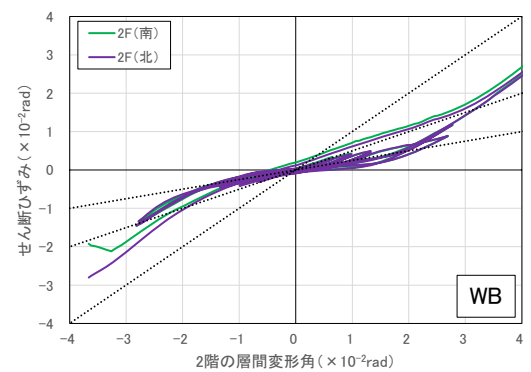


(b) 試験体 WB

図 2-75 CLT 耐力壁のせん断ひずみ一層間変形形角関係 (1F)

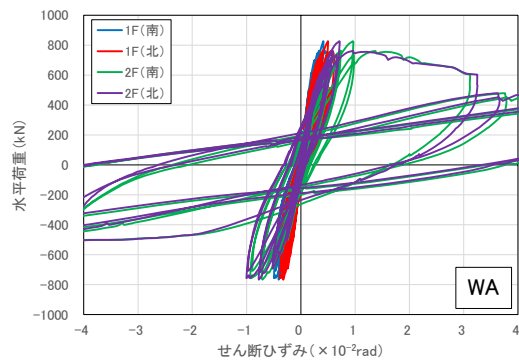


(a) 試験体 WA

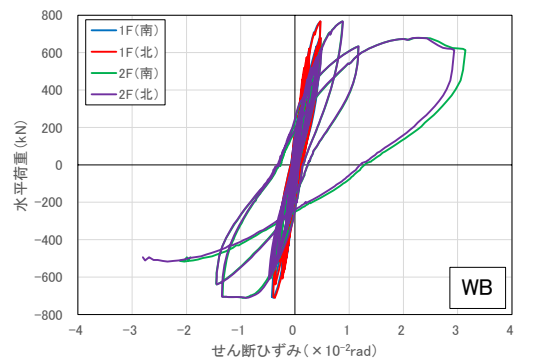


(b) 試験体 WB

図 2-76 CLT 耐力壁のせん断ひずみ一層間変形形角関係 (2F)



(a) 試験体 WA



(b) 試験体 WB

図 2-77 試験体に作用する水平荷重—CLT 耐力壁のせん断ひずみ関係

### 2.6.6.6. 鉛直接合面におけるせん断変形

図 2-78 に式(2.19)によって求めた RC 柱-CLT 耐力壁間の鉛直接合面のせん断変形の推移を示す。式(2.19)は、図 2-53 に示す鉛直接合面における水平方向の計測区間 (291mm) に設置した斜めの変位計の計測値から求めたせん断変形となっている。

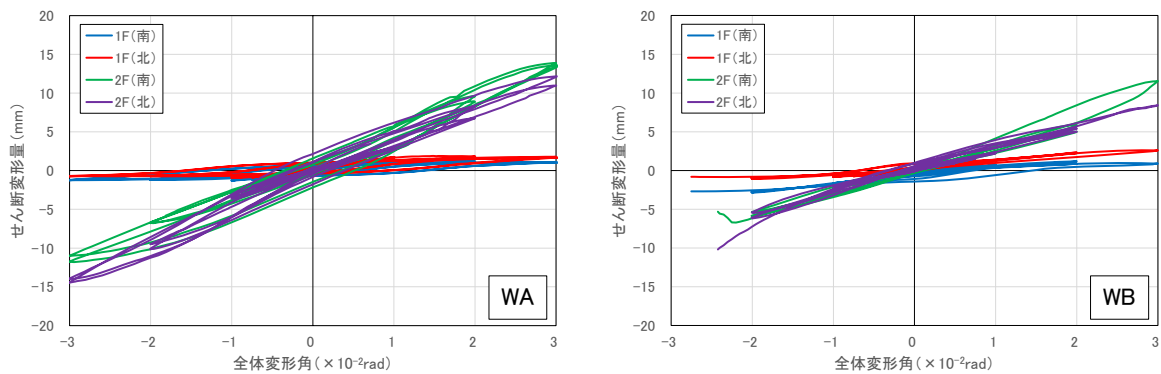
$$\delta_{js} = \frac{\sqrt{h_j^2 + l_j^2}}{2 \cdot h_j} (\delta_{d2} - \delta_{d1}) \quad (2.19)$$

ここで、 $h_j$  : 鉛直接合部の計測区間の高さ(=900mm)、 $l_j$  : 鉛直接合部の計測区間の長さ(=291mm)、 $\delta_{d1} \sim d2$  : 鉛直接合部の対角方向の変形量(mm)である。

試験体 WA では、鉛直接合部の最大せん断変形は 1F で 1.9mm、2F で 15.8mm であった。材料試験の結果に基づいた数値解析で求めたドリフトピン接合部の荷重変形関係を見ると、5%オフセット降伏耐力時の変位が 1.29mm (表 2-27 のケース 1 の全塑性モーメントの場合) となっていることから、載荷実験で鉛直接合部のドリフトピン接合部に生じたせん断力は、1F では降伏耐力程度、2F では終局耐力に近いせん断力が作用したと推測される。

試験体 WB では、鉛直接合部の最大せん断変形は 1F で 2.8mm、2F で 11.6mm であり、図 2-65 で示した各階の層間変形角に対応した大小関係となった。また、材料試験の結果に基づいた数値解析で求めたドリフトピン接合部の荷重変形関係を見ると、5%オフセット降伏耐力時の変位が 1.11mm (表 2-27 のケース 2 の全塑性モーメントの場合) となっていることから、WA 試験体と同様に、1F では降伏耐力程度、2F では終局耐力に近いせん断力が作用したと推測される。

なお、式(2.19)によるせん断変形には、計測の関係上、ドリフトピン接合部の変形のみでなく、CLT 耐力壁自体のせん断変形も含まれるものと考えられるが、今回の検討ではその影響を考慮していないため、鉛直接合部に生じたせん断変形を大きめに評価している可能性がある点には注意が必要である。



(a) 試験体 WA

(b) 試験体 WB

図 2-78 式 (2.19) による鉛直接合面におけるせん断変形量の推移

### 2.6.6.7. 鉛直接合面における離間

図2-79にRC柱-CLT耐力壁間の鉛直接合部の離間量の推移を示す。式(2.20)は、図2-53に示す鉛直接合面における水平方向の計測区間(291mm)に設置した水平方向の変位計の計測値から求めた伸び量の平均値となっている。

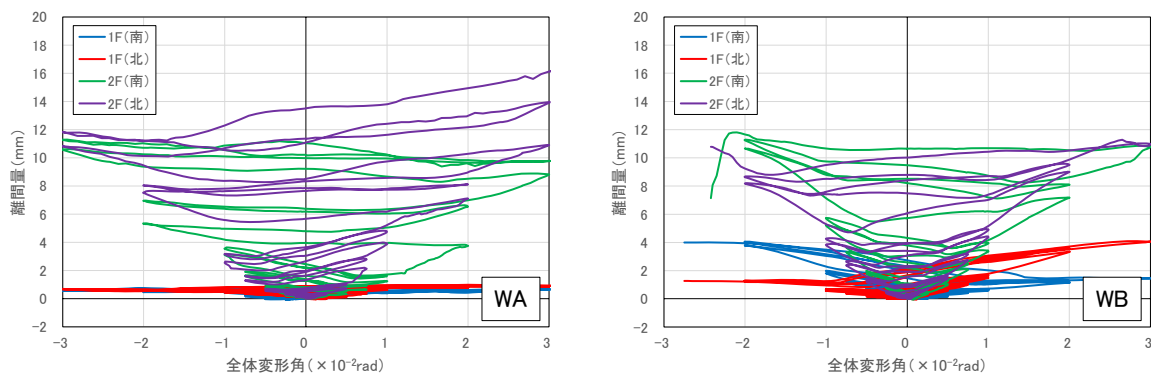
$$\delta_{jh} = \frac{\delta_{h1} + \delta_{h2}}{2} \quad (2.20)$$

ここで、 $\delta_{h1} \sim \delta_{h2}$  : 鉛直接合部の水平方向の変形量(mm)である。

いずれの試験体でも1Fよりも2Fの方が離間量が多い。試験体WAでは、最大離間量は1Fで1.0mm、2Fで17.7mmとなった。試験体WBでは、最大離間量は1Fで4.1mm、2Fで11.8mmとなり、試験体WAとWBの大小関係が1Fと2Fで入れ替わった。これは、試験体WAでは、1F柱には塑性ヒンジが生じず、2Fに変形が集中したのに対し、試験体WBでは1/50radまで全体的に変形して1Fの層間変形が試験体WAより比較的に大きいためである。1/50rad時の1Fと2Fの層間変形を比較すると、試験体WAではそれぞれ0.76%と3.12%に対して、試験体WBでは1.23%と2.69%である。

試験体WAについて、材料試験の結果に基づいた数値解析で求めたドリフトピン接合部の荷重変形関係を見ると、5%オフセット降伏耐力時の変位が1.11mm(表2-27のケース2の全塑性モーメントの場合)となっていることから、1Fでは降伏耐力程度、2Fでは終局耐力に近い引張力が作用したと推測される。また、試験体WBについて、材料試験の結果に基づいた数値解析で求めたドリフトピン接合部の荷重変形関係を見ると、5%オフセット降伏耐力時の変位が1.29mm(表2-27のケース1の全塑性モーメントの場合)となっていることから、載荷実験で鉛直接合部のドリフトピン接合部に生じたせん断力は、1F、2Fのいずれについても、降伏耐力を上回る引張力が作用したと推測される。

なお、式(2.20)による離間量には、計測の関係上、ドリフトピン接合部の変形のみでなく、CLT耐力壁自体の水平方向の軸変形も含まれるものと考えられるが、今回の検討ではその影響を考慮していないため、鉛直接合部に生じた離間量を大きめに評価している可能性がある点には注意が必要である。



(a) 試験体 WA

(b) 試験体 WB

図2-79 鉛直接合面における離間量の推移(平均)

式(2.20)では計測区間の上下で計測した離間量の平均値を用いたため、図2-79では鉛直接合面における回転の程度を把握することができない。そこで、図2-80、図2-81には、式(2.20)の計算に用いた個々の変形計による離間量の計測値と全体変形角の関係を示している。同じ鉛直接合部でも、下側と

上側の変位計では離間量の値が大きく異なっており、高さ方向の位置によって、離間量が大きく異なることが分かる。

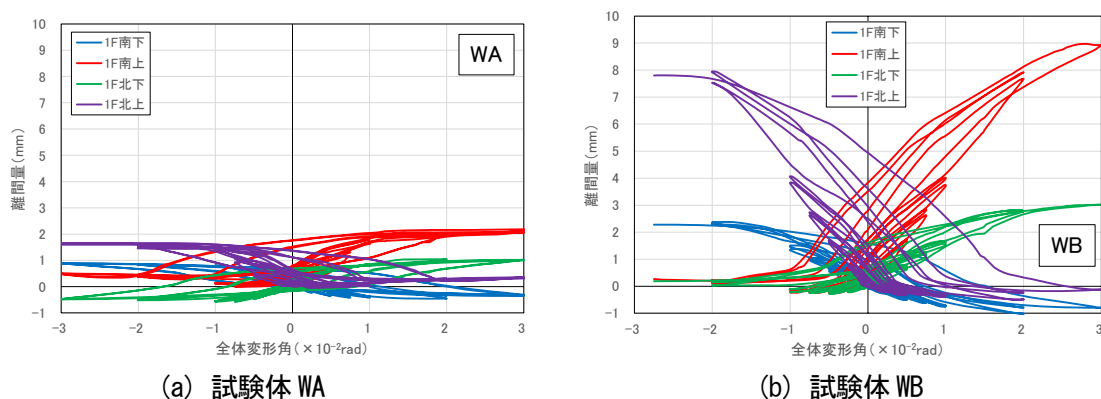


図 2-80 鉛直接合面における離間量の推移（個別、1F）

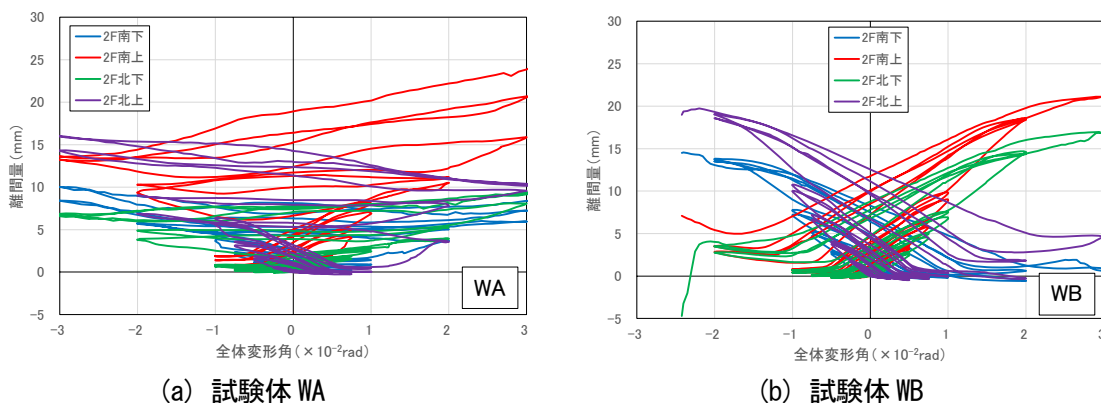


図 2-81 鉛直接合面における離間量の推移（個別、2F）

### 2. 6. 6. 8. 鉛直接合面におけるせん断変形量と離間量の関係

図 2-82 に RC 柱-CLT 耐力壁間の鉛直接合部における、式(2.20)による離間量に対する式(2.19)によるせん断変形量の比率の推移を示す。いずれの試験体でも、小変形時にはばらつきが大きいですが、全体変形角が大きくなると両者の値はほぼ一定となるが、試験体 WA では、滑り止めが鉛直接合部における離間を低減するため、せん断変形が大きくなる傾向があるのに対し、試験体 WB では、滑り止めがなく、鉛直接合部における離間が生じやすいため、せん断変形がやや小さくなる傾向が見られた。

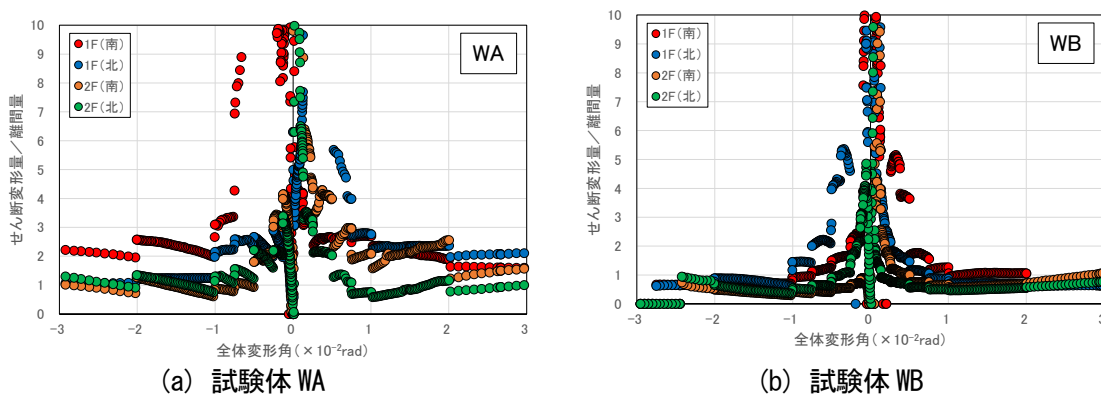


図 2-82 鉛直接合面における離間量に対するせん断変形量の比率



## 2.6.7. 各部位のひずみの推移

### 2.6.7.1. CLT 耐力壁の最小主ひずみの方向

図 2-83 に各試験体の最大耐力時における最小主ひずみの方向を示す。いずれの試験体も正方向載荷時に最大耐力に到達している。図中の矢印の長さが最小主ひずみの大きさを、矢印の向きが最小主ひずみの方向を示している。最小主ひずみ、最小主ひずみの方向は、式(2.21)、(2.22)により求めた。

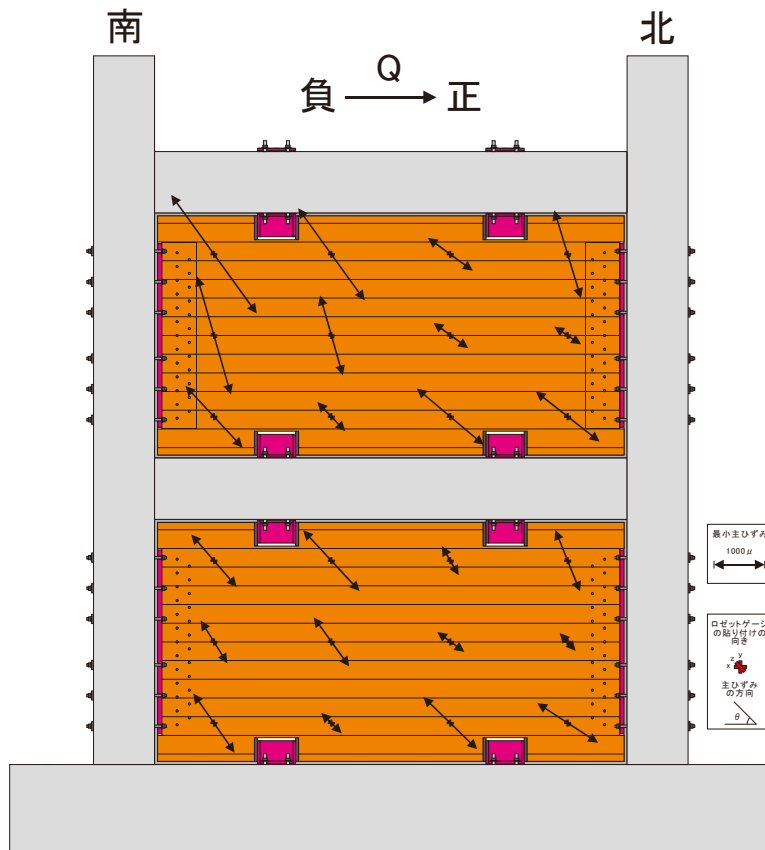
試験体 WB では、各階の壁板において、北側脚部、南側頂部における最小主ひずみが特に大きくなっており、水平加力によって壁板に対角方向の圧縮ストラットが形成されているものと推測される。試験体 WB では試験体 WA と異なり、RC はり—CLT 耐力壁間に滑り止め等の金物を設けておらず、水平せん断力の伝達が可能な接合部を設けていないため、壁板内の最小主ひずみは、それぞれの計測位置から各階の壁板の隅角部を指す方向を向いており、CLT 耐力壁によるせん断力の伝達が階ごとに行われているものと推測される。また、1 階と比較すると 2 階の壁板の最小主ひずみが大きい、これは、2 階頂部では両側の柱に均等な水平せん断力を作用させているのに対し、1 階頂部では 2 階の CLT 耐力壁を伝達されてきた水平荷重が圧縮側柱を介して 1 階に伝達されるため、1 階よりも 2 階の方が CLT 耐力壁によるせん断伝達が行いやすい状況にあることが理由として考えられる。

試験体 WA では、RC はり—CLT 耐力壁間に滑り止めを設けているため、壁板の隅角部のみでなく、滑り止め位置が、壁板内に形成される圧縮ストラットの起点となる。そのため、試験体 WB と比較すると、最小主ひずみの向きが一定しておらず、滑り止め近傍の計測点では、最小主ひずみが滑り止めを指す方向を向いている。また、試験体 WB と比較すると、1 階と 2 階の最小主ひずみの差が小さい。これは、滑り止めを介した水平せん断力の伝達が行われるため、壁板内に形成される圧縮ストラットの角度が大きくなり、連層にまたがる方向に圧縮ストラットが形成されるためと考えられる。そのため、試験体 WB と比較して、1 階の壁板が水平せん断力に対して抵抗しやすいものと考えられる。

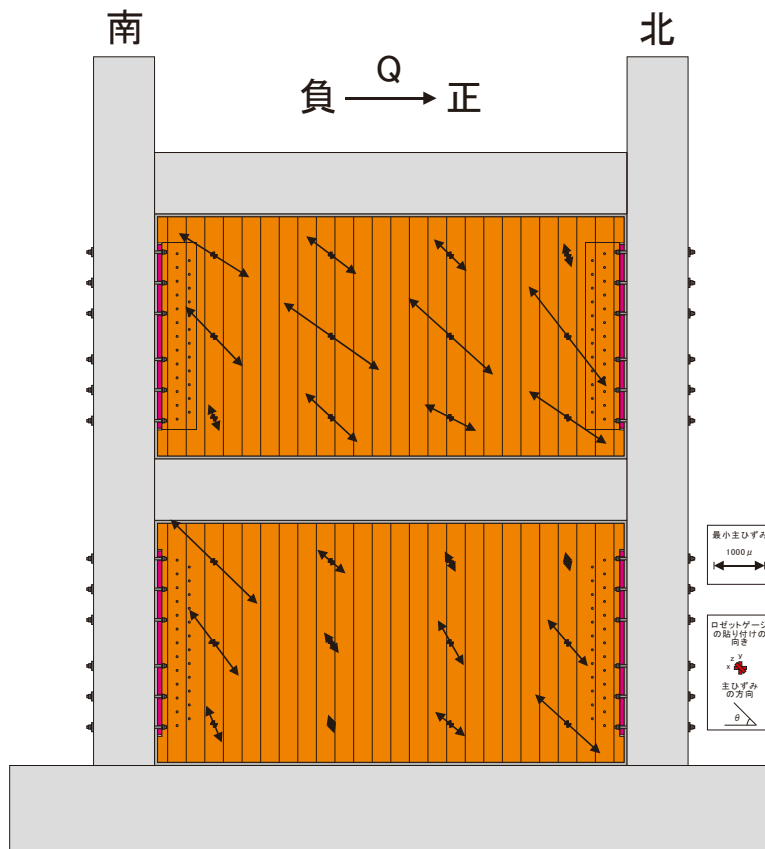
$$\varepsilon_{\min} = \frac{1}{2} \left\{ \varepsilon_h + \varepsilon_v - \sqrt{2 \left\{ (\varepsilon_h - \varepsilon_d)^2 + (\varepsilon_d - \varepsilon_v)^2 \right\}} \right\} \quad (2.21)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left\{ \frac{2\varepsilon_d - \varepsilon_h - \varepsilon_v}{\varepsilon_h - \varepsilon_v} \right\} \quad (2.22)$$

ここで、 $\varepsilon_h$  : CLT 耐力壁の水平方向のひずみ、 $\varepsilon_v$  : CLT 耐力壁の鉛直方向のひずみ、 $\varepsilon_d$  : CLT 耐力壁の 45 度方向のひずみである。



(a) 試験体 WA ( $Q=+825\text{kN}$ )



(b) 試験体 WB ( $Q=+767\text{kN}$ )

図 2-83 最大耐力時における CLT 耐力壁の最小主ひずみの方向

## 2.6.7.2. CLT 耐力壁の最大せん断ひずみ、水平、鉛直断面のせん断ひずみ

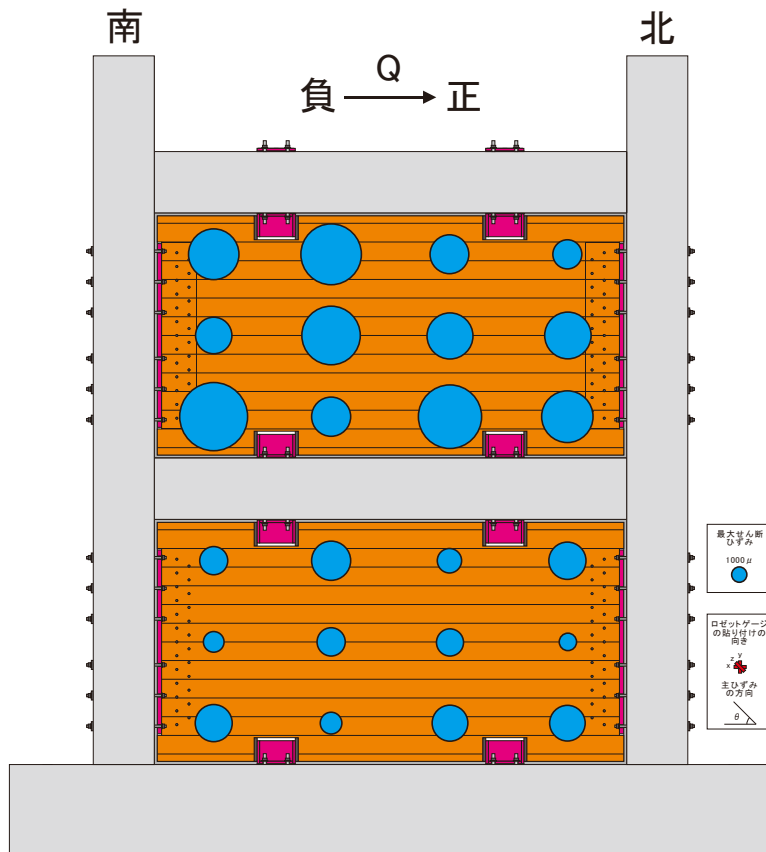
図 2-85、図 2-85 に各試験体の最大耐力時における最大せん断ひずみ、水平、鉛直断面におけるせん断ひずみを示す。いずれの試験体も正方向載荷時に最大耐力に到達している。図中の円の直径の大きさがせん断ひずみの大きさを示している。最大せん断ひずみ、水平、鉛直断面におけるせん断ひずみは、式(2.23)、(2.24)により求めた。

いずれの試験体でも、1 階よりも 2 階の壁板の方が最大せん断ひずみが大きい。また、滑り止めを設置した試験体 WA では、壁板の中央だけでなく、脚部や頂部における最大せん断ひずみが大きくなっているが、滑り止めがない試験体 WB では、RC はり—CLT 耐力壁間で直接、水平せん断力を伝達することが難しいため、壁板の中央と比較すると、脚部や頂部における最大せん断ひずみは小さくなっている。最大耐力時に計測された壁板の最大せん断ひずみは、試験体 WA で 4442 $\mu$ 、試験体 WB で 5611 $\mu$  であり、せん断の基準強度 (2.23N/mm<sup>2</sup>) と一般的なせん断弾性係数 (500N/mm<sup>2</sup>) を用いた場合のせん断強度時のせん断ひずみ (4460 $\mu$ ) に近い値が得られており、CLT 耐力壁は部分的にせん断強度に達しているものと判断できる。また、CLT 耐力壁の水平断面及び鉛直断面に作用するせん断力を推定するために算定した式(2.24)によるせん断ひずみについても、最大せん断ひずみとほぼ同様の傾向が見られた。

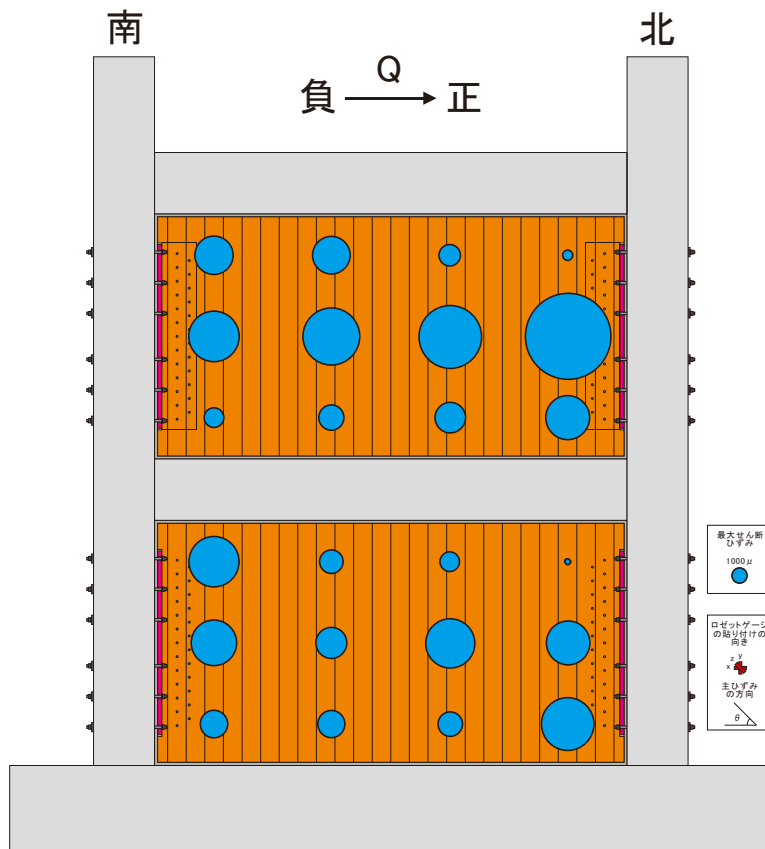
$$\gamma_{\max} = \sqrt{2\{(\varepsilon_h - \varepsilon_d)^2 + (\varepsilon_d - \varepsilon_v)^2\}} \quad (2.23)$$

$$\gamma_{h,v} = 2\varepsilon_d - \varepsilon_h - \varepsilon_v \quad (2.24)$$

ここで、 $\varepsilon_h$  : CLT 耐力壁の水平方向のひずみ、 $\varepsilon_v$  : CLT 耐力壁の鉛直方向のひずみ、 $\varepsilon_h$  : CLT 耐力壁の 45 度方向のひずみである。

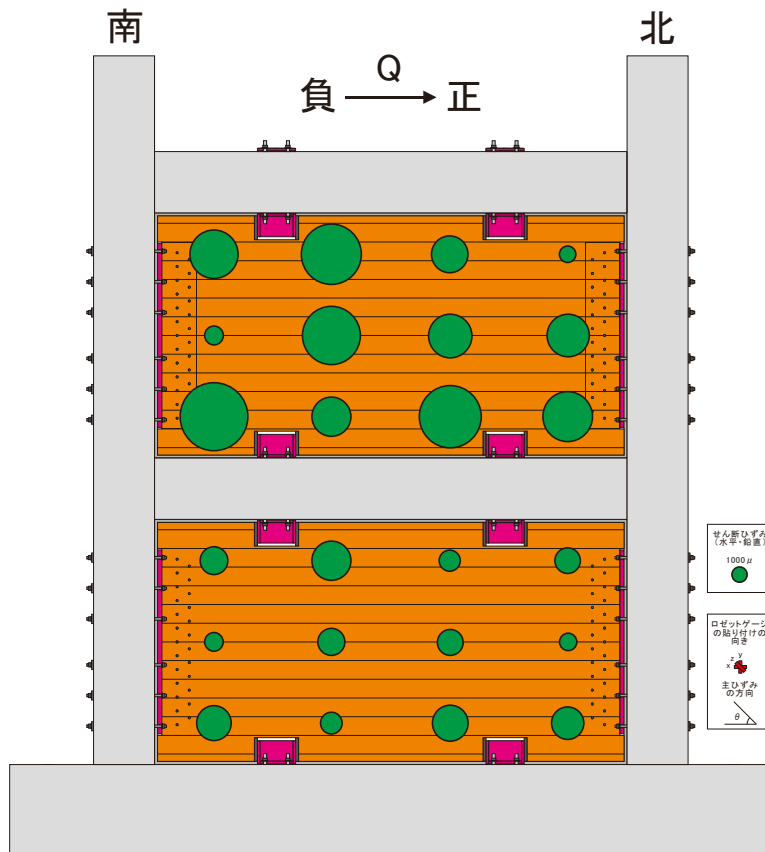


(a) 試験体 WA ( $Q=+825\text{kN}$ )

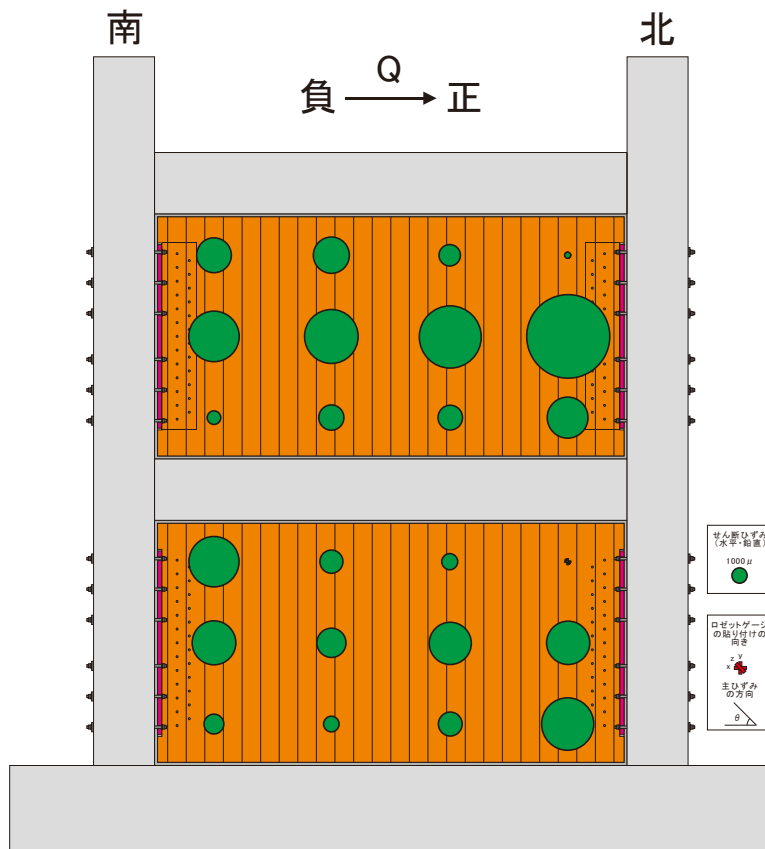


(b) 試験体 WB ( $Q=+767\text{kN}$ )

図 2-84 最大耐力時における CLT 耐力壁の最大せん断ひずみ



(a) 試験体 WA ( $Q=+825\text{kN}$ )



(b) 試験体 WB ( $Q=+767\text{kN}$ )

図 2-85 最大耐力時における CLT 耐力壁のせん断ひずみ (水平、鉛直方向)

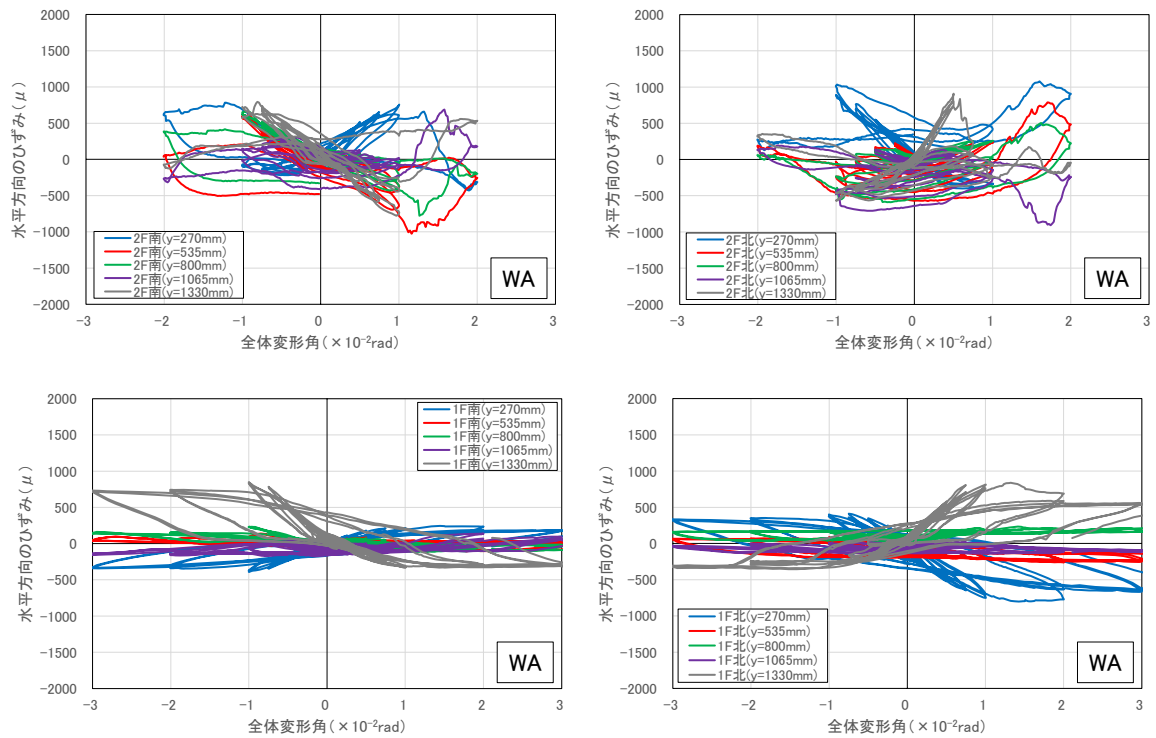
### 2.6.7.3. 鉛直接合部近傍における CLT 耐力壁の水平方向のひずみ

図 2-86 に鉛直接合部近傍においてひずみゲージを用いて計測した CLT 耐力壁の水平方向のひずみの推移を示す。ひずみゲージの配置は、図 2-55 に示す通りであり、1つの鉛直接合部に対して上下に5枚ずつ、ひずみゲージを貼りつけており、ここでは試験体に設置した計4個の全ての鉛直接合部についての結果を示している。なお、圧縮ひずみは負値、引張ひずみは正值となる。

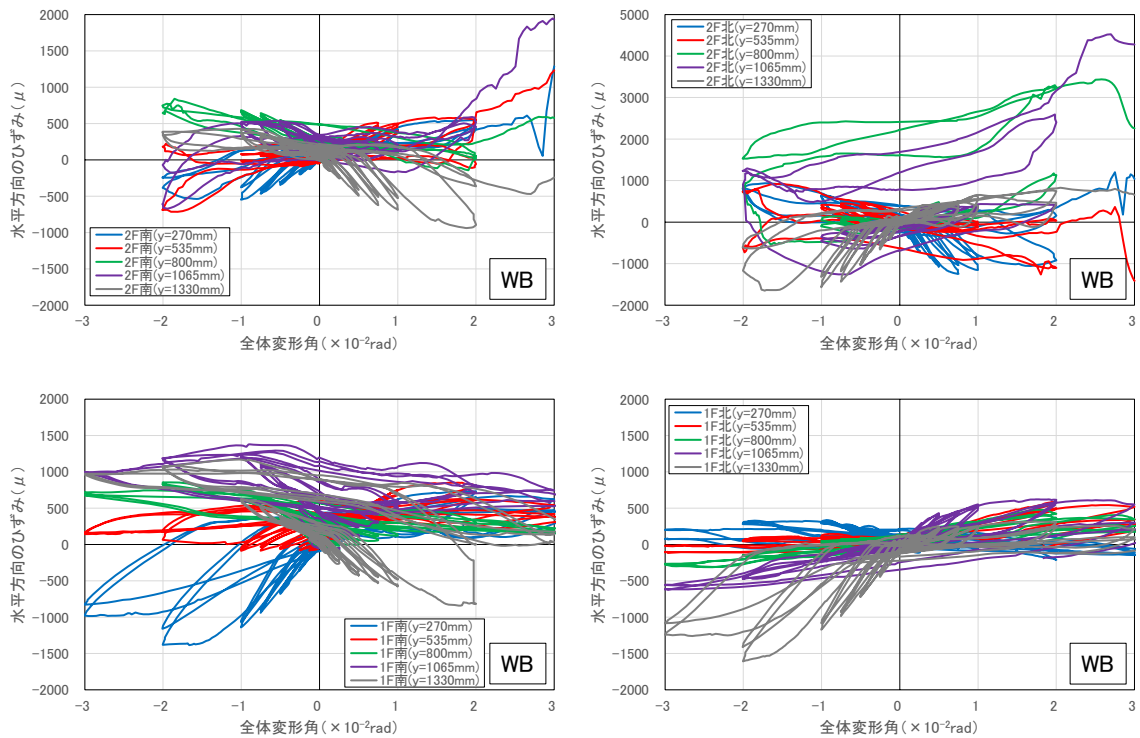
正方向加力時では南側の高い位置 ( $y=1330\text{mm}$  付近)、北側の低い位置 ( $y=270\text{mm}$  付近) において、負方向加力時では南側の低い位置 ( $y=270\text{mm}$  付近)、北側の高い位置 ( $y=1330\text{mm}$  付近) における CLT 耐力壁の圧縮ひずみが大きくなる傾向が見られる。これは、CLT 耐力壁内に対角方向の圧縮ストラットが形成され、その反力が鉛直接合部と接している RC 柱の側面に作用するためと考えられる。なお、試験体 WA と比較すると試験体 WB の方が全体的に圧縮ひずみが大きいですが、これは試験体 WB では CLT 耐力壁に作用する全ての水平せん断力を壁板の圧縮ストラットによって伝達するのに対し、試験体 WA では滑り止めを介した水平せん断力の伝達も行われるため、壁板の圧縮ストラットを介して伝達される水平せん断力が小さくなっていることが考えられる。なお、今回の実験では、鉛直接合部に設けたドリフトピンの影響を避けるために、RC 柱フェイス位置から水平方向に  $390\text{mm}$  離れた位置にひずみゲージを貼りつけていたため、計測された圧縮ひずみの大きさは後述する試験体 WA の滑り止め近傍で計測された圧縮ひずみと比較すると小さく、材料試験で求めた CLT の圧縮強度時のひずみ ( $5094\mu$ 、外層ラミナの繊維方向と平行に加力した縦圧縮の場合の値) を大きく下回っていた。

一方、正方向加力時では南側の低い位置 ( $y=270\text{mm}$  付近)、北側の高い位置 ( $y=1330\text{mm}$  付近)、負方向加力時では南側の高い位置 ( $y=1330\text{mm}$  付近)、北側の低い位置 ( $y=270\text{mm}$  付近) において、CLT 耐力壁に引張ひずみが生じている。これは RC 柱と CLT 耐力壁の間で離間が生じる際に鉛直接合部に設けたドリフトピンが水平せん断力を伝達し、CLT 耐力壁に水平方向の引張力が生じていることが原因として考えられる。





(a) 試験体 WA



(b) 試験体 WB

図 2-86 鉛直接合部近傍における CLT 耐力壁の水平方向のひずみの推移

#### 2.6.7.4. 滑り止め近傍における CLT 耐力壁の水平方向のひずみ

図 2-87 に試験体 WA の滑り止めに隣接する CLT 耐力壁の側面に貼付したひずみゲージを用いて計測した水平方向のひずみの推移を示す。ひずみゲージの配置は、図 2-55 に示す通りであり、1 つの滑り止めの左右の壁板に上下 2 枚ずつ、計 4 枚のひずみゲージを貼りつけており、ここでは試験体に設置した計 8 個の全ての滑り止めについての結果を示している。なお、圧縮ひずみは負値、引張ひずみは正値となる。

正方向加力時の脚部北側に設置されている滑り止めの南側、および頂部南側に設置されている滑り止めの北側、負方向加力時の脚部南側に設置されている滑り止めの北側、および頂部北側に設置されている滑り止めの南側では、隣接する CLT 耐力壁の水平方向の圧縮ひずみが大きくなる傾向が見られる。これは、CLT 耐力壁内に対角方向の圧縮ストラットが形成され、その反力が滑り止めの側面に作用するためと考えられる。なお、それぞれの滑り止めについて上下 2 枚の滑り止めの数値を比較すると、脚部の滑り止めでは下側、頂部の滑り止めでは上側と、RC の基礎はりやほりに近い CLT 耐力壁の上下端に近い位置において、より大きな圧縮ひずみが生じる傾向が見られた。図中には、材料試験で求めた CLT の圧縮強度時のひずみ ( $5094 \mu$ 、外層ラミナの繊維方向と平行に加力した縦圧縮の場合の値) を点線で示しているが、1 階頂部、2 階脚部、2 階頂部の滑り止めでは、圧縮強度時のひずみを上回る水平方向のひずみが生じている箇所があることから、一部の滑り止め横では CLT 耐力壁の圧縮応力が概ね支圧強度 (圧縮強度) に到達していたものと推測される。

なお、正方向加力時の脚部南側に設置されている滑り止めの南側、および頂部北側に設置されている滑り止めの北側、負方向加力時の脚部北側に設置されている滑り止めの北側、および頂部南側に設置されている滑り止めの北側でも、CLT 耐力壁には水平方向の圧縮ひずみが生じているが、上述した箇所と比較すると圧縮ひずみの大きさが小さい。これは、滑り止めを設けるために、CLT 耐力壁の上下の仕口面を凸凹の形状としたため、CLT 耐力壁が水平方向の支圧強度に達する前にせん断強度に達していることが原因として考えられる。そこで、以下の算定式に基づいて、CLT 耐力壁の凸部がせん断の基準強度に到達する際の滑り止め横の CLT 耐力壁の圧縮ひずみ (以後、せん断強度時のひずみ) を概算した。概算した圧縮ひずみ ( $2245 \mu$ ) を図中に一点鎖線で示すが、1 階頂部、2 階脚部、2 階頂部の滑り止めでは、CLT 耐力壁の水平方向のひずみがせん断強度時のひずみで概ね頭打ちとなる傾向が見られる。

以上の結果より、滑り止めのせん断伝達に対する寄与分は加力方向によって異なるが、方向ごとに CLT 耐力壁の支圧強度もしくはせん断強度に基づいたせん断耐力を設定することで、評価できるものと思われる。

$$\varepsilon_{sh} = \frac{t_w \cdot l_s \cdot {}_t F_{sl}}{t_w \cdot h_s \cdot {}_t E_c} \quad (2.25)$$

ここで、 $t_w$  : CLT 耐力壁の厚さ (=120mm)、 $l_s$  : CLT 耐力壁の滑り止め横の凸部の長さ (=675mm)、 ${}_t F_{sl}$  : CLT の面内せん断の基準強度 (=2.23N/mm<sup>2</sup>)、 $h_s$  : 滑り止めの高さ (=150mm)、 ${}_t E_c$  : CLT の縦圧縮試験におけるヤング係数 (=4470N/mm<sup>2</sup>) である。

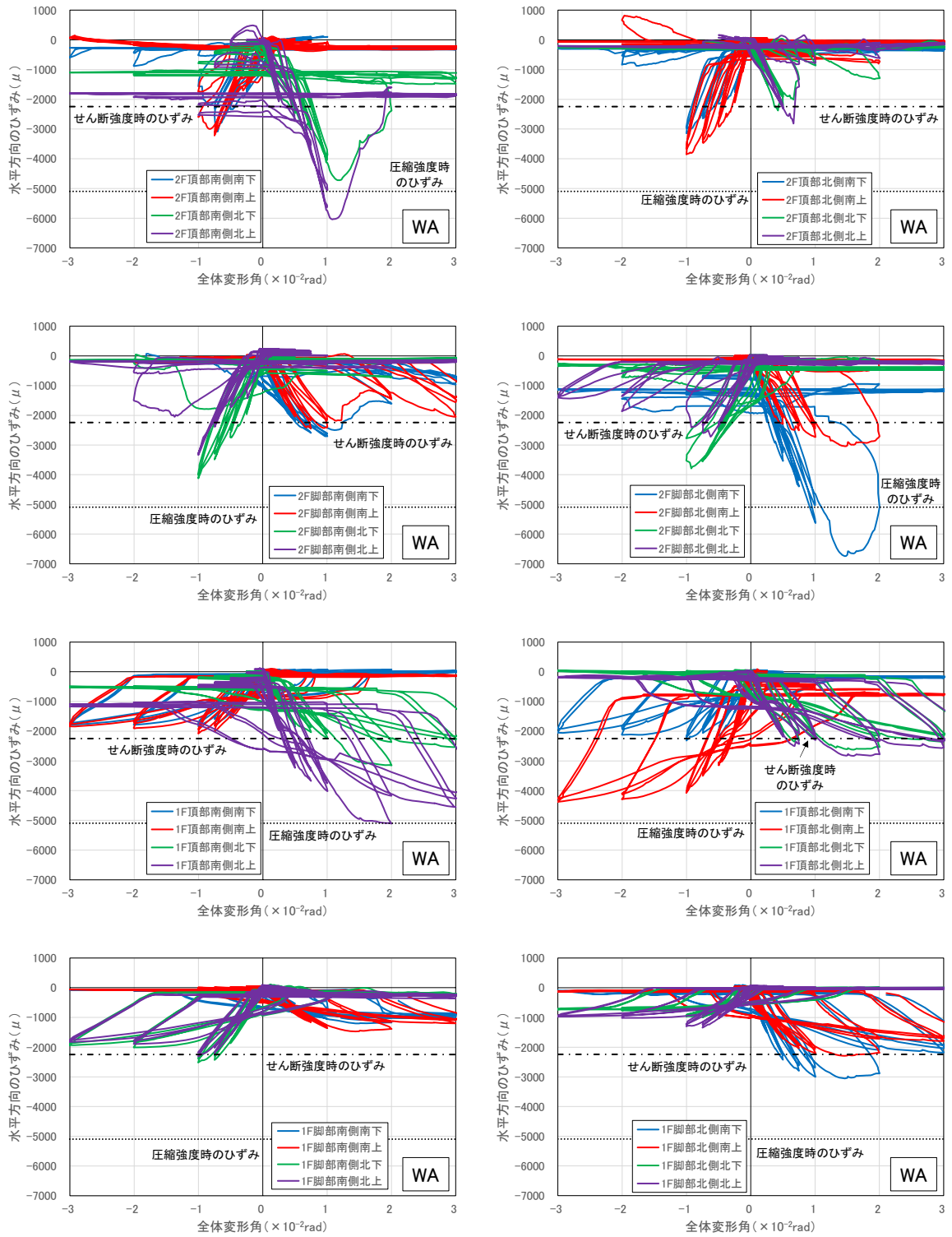


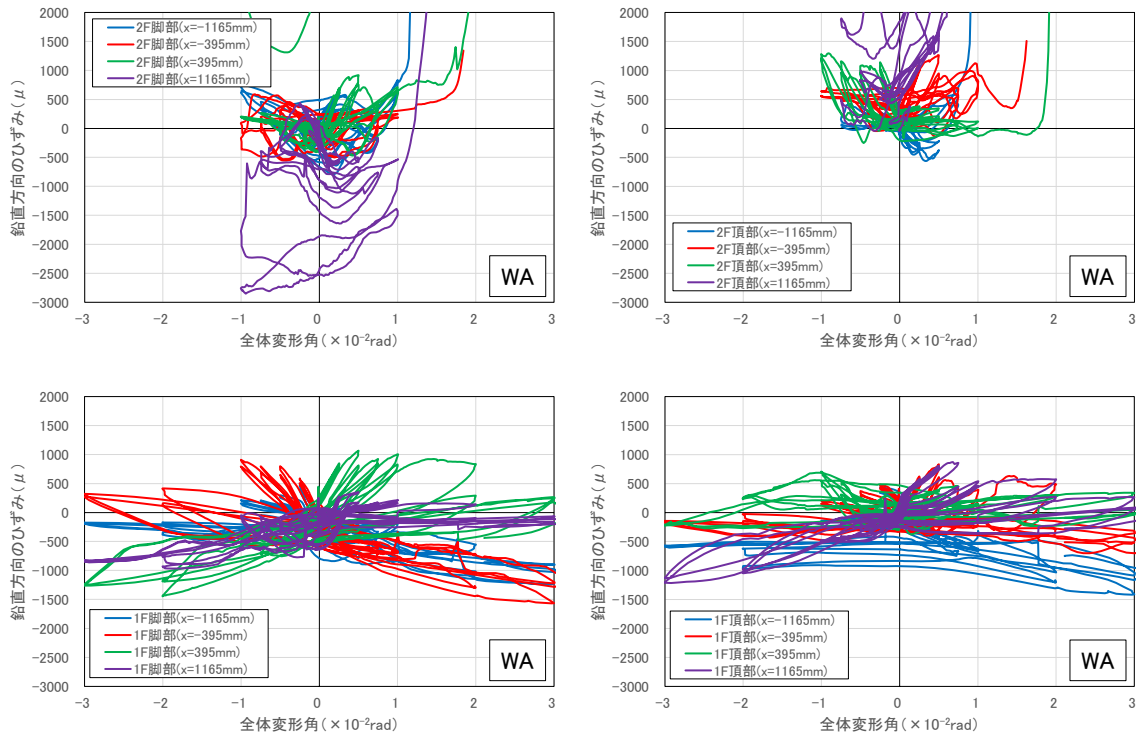
図 2-87 滑り止め近傍における CLT 耐力壁の水平方向のひずみの推移 (試験体 WA)

#### 2.6.7.5. 水平接合部近傍における CLT 耐力壁の鉛直方向のひずみ

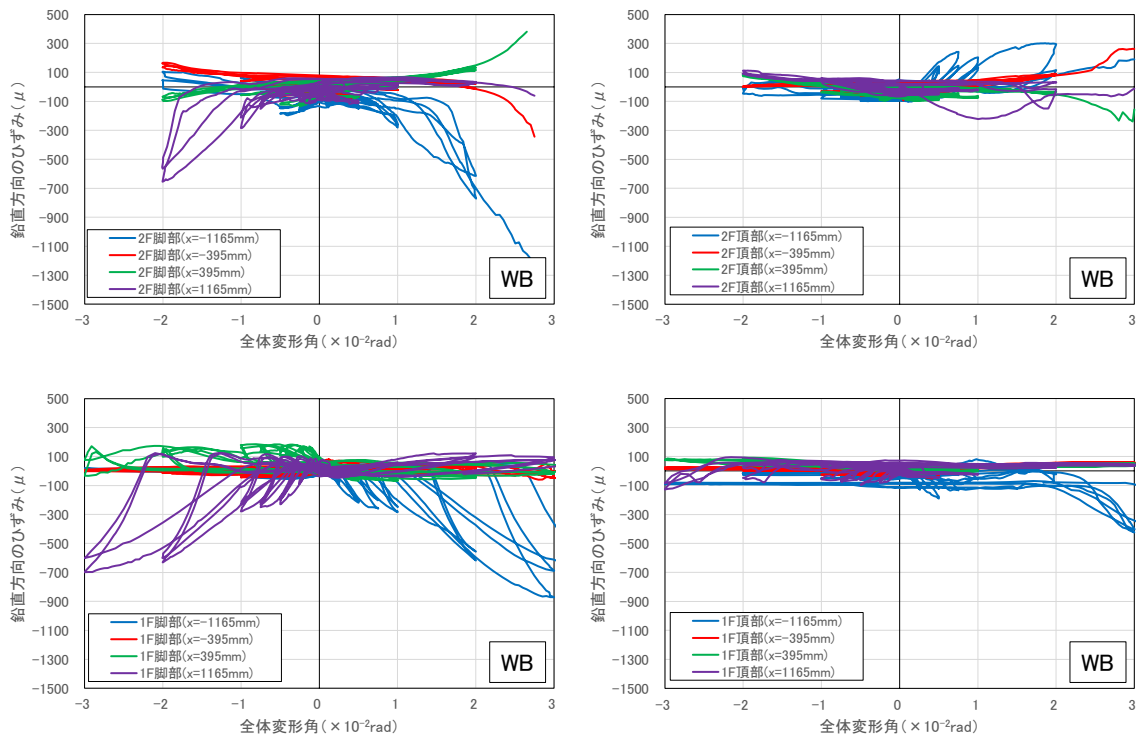
図 2-88 に水平接合部近傍の CLT 耐力壁の側面に貼付したひずみゲージを用いて計測した鉛直方向のひずみの推移を示す。ひずみゲージの配置は、図 2-55 に示す通りであり、図中凡例の x 座標は水平方向の位置（負値は南側、正值は北側）を示している。なお、圧縮ひずみは負値、引張ひずみは正值となる。

WA 試験体では、1F では CLT 耐力壁の鉛直方向ひずみと全体変形角の関係が比較的安定した形で得られているのに対し、2F では両者の関係が明確でない。これは、図 2-55 で示したとおり、WA 試験体では、滑り止めを設置するために CLT 耐力壁を不連続な形状（凹）としており、支圧力による局所的な応力伝達が行われるが、その凹部の近傍にひずみゲージを貼り付けていること、また、図 2-83 で示したように、1F と比較して加力位置に近い 2F の方が最小主ひずみの大きさや方向のばらつきが大きいことが原因として考えられる。1F 脚部では、正方向では南側（x 方向負側）、負方向では北側（x 方向正側）の圧縮ひずみが大きくなっており、CLT 耐力壁の対角方向に圧縮ストラットが形成された状態を推測することができるが、1F 頂部や 2F 脚部では、このような明確な傾向は確認できない。これは、試験体の上部ほど、RC フレームや滑り止めを起点とした複数の圧縮ストラットの始点があり、試験体の下部ほど、これらが集約された、大きな圧縮合力が水平接合部に作用するためと考えられる。

WB 試験体では、CLT 耐力壁の脚部と頂部のいずれでも、WA 試験体に比べて引張ひずみが小さいが、その原因として滑り止めを介した支圧による水平せん断力の伝達が行われていないことが挙げられる。階ごとの違いは見られないが、脚部と頂部のひずみを比較すると、脚部のうち鉛直接合部に近い箇所（ $x = \pm 1185\text{mm}$ ）では大きな圧縮ひずみが生じているが、頂部では圧縮ひずみはほとんど生じていない。WA と同様に、頂部において分散して形成された圧縮ストラットが、脚部においてある程度集約されて伝達されることがその理由として考えられる。



(a) 試験体 WA



(b) 試験体 WB

図 2-88 水平接合部近傍における CLT 耐力壁の鉛直方向のひずみの推移

### 2.6.7.6. RC柱とCLT耐力壁の断面内の軸ひずみの分布

図2-89から図2-91に、ひずみゲージで計測した試験体WAの正方向載荷時の各サイクルのピーク時におけるRC柱及びCLT耐力壁の断面内の軸ひずみの分布を示す。なお、各図の凡例は、試験体脚部からの高さ(単位: mm)を示している。

試験体WAでは、RC柱-CLT耐力壁間に鉛直接合部を設けているものの、RC柱とCLT耐力壁のひずみ分布が不連続となっている箇所が多い。また、CLT耐力壁の断面のみに着目した場合でも、CLT耐力壁の脚部や頂部では、水平接合部に滑り止めを設けたことによって、複数の圧縮ストラットが形成されたものと考えられ、鉛直方向に引張力を伝達するような接合金物を設けていないにも関わらず、引張ひずみが生じる等、軸ひずみの分布にばらつきが生じる要因となっている。なお、2FのCLT耐力壁では、最大耐力に到達し、以後、耐力低下が見られる $R=+1/100\text{rad}$  サイクル付近から、破壊が進行し、ひずみの計測ができなくなる箇所が出始めている。

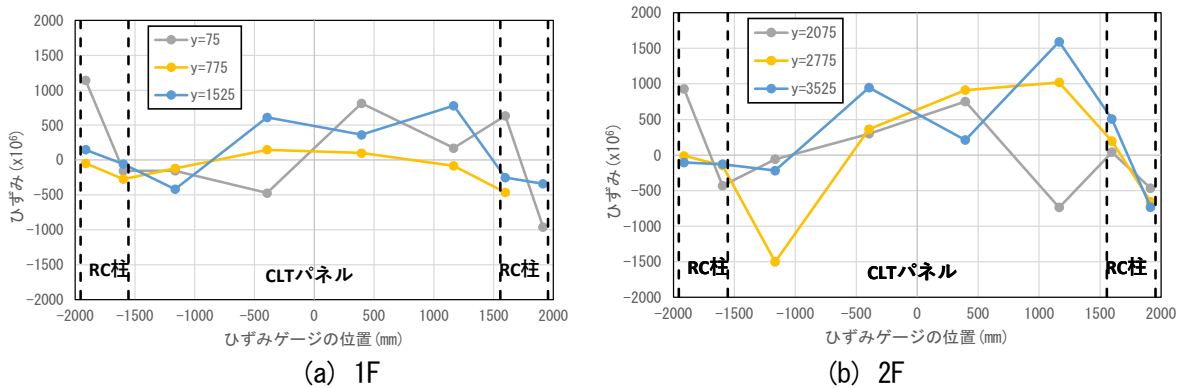


図2-89  $R=+1/200\text{rad}$  時のひずみ分布 (試験体WA、凡例の単位: mm)

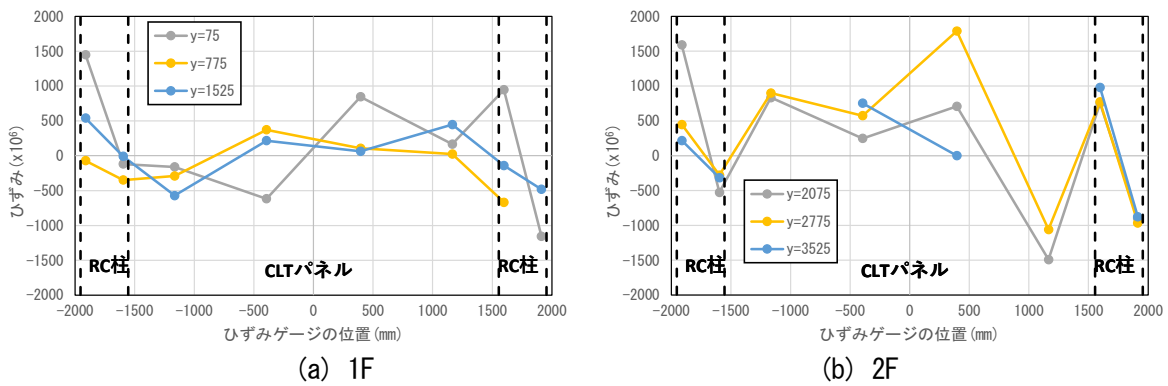


図2-90  $R=+1/100\text{rad}$  時のひずみ分布 (試験体WA、凡例の単位: mm)

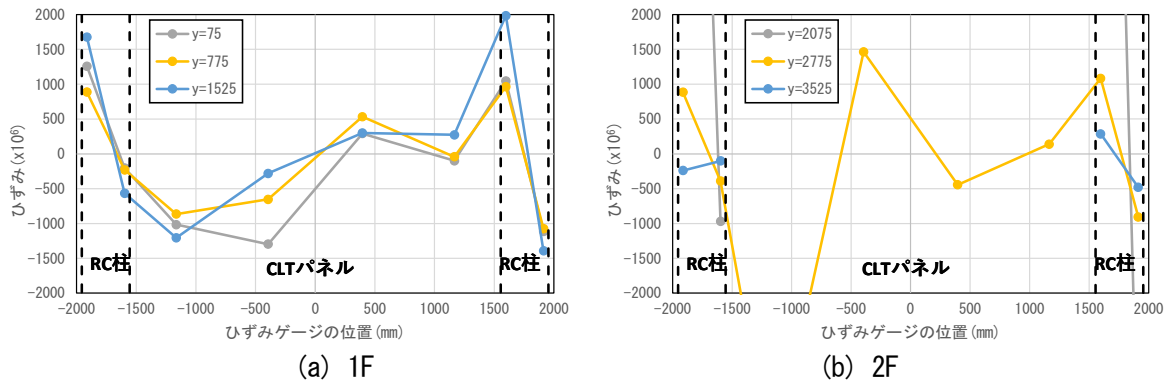


図2-91  $R=+1/50\text{rad}$  時のひずみ分布 (試験体WA、凡例の単位: mm)



図 2-92 から図 2-94 に、ひずみゲージで計測した試験体 WB の正方向載荷時の各サイクルのピーク時における RC 柱及び CLT 袖壁の断面内の軸ひずみの分布を示す。なお、各図の凡例は、試験体脚部からの高さ（単位：mm）を示している。

水平接合部に滑り止めを設けていない試験体 WB では、試験体 WA と同様に、RC 柱と CLT 耐力壁のひずみ分布が不連続となっている箇所が多いが、CLT 耐力壁の断面のみに着目すると、軸ひずみ分布は比較的直線に近い分布となっており、また、引張ひずみがほとんど生じておらず、試験体 WA との差異が見られた。

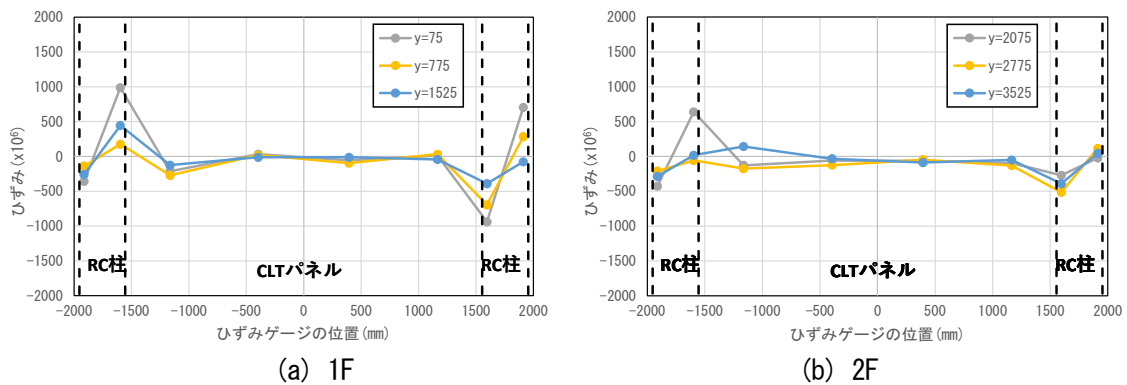


図 2-92 R=+1/200rad 時のひずみ分布（試験体 WB、凡例の単位：mm）

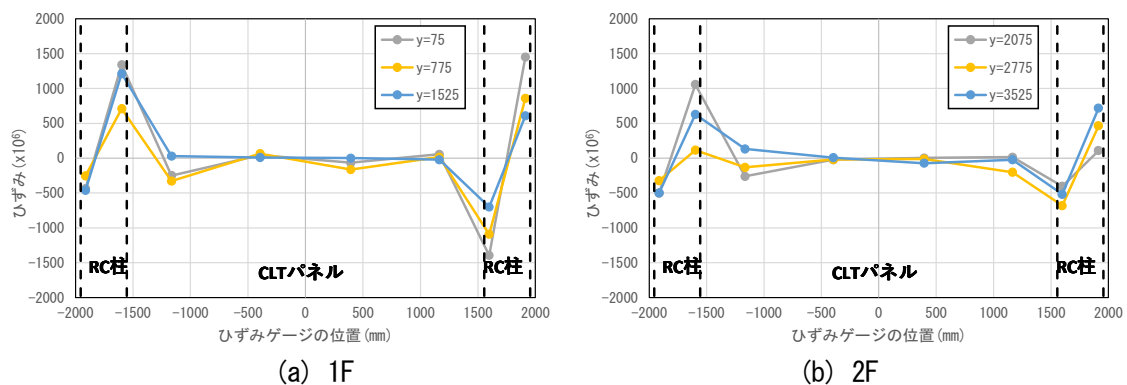


図 2-93 R=+1/100rad 時のひずみ分布（試験体 WB、凡例の単位：mm）

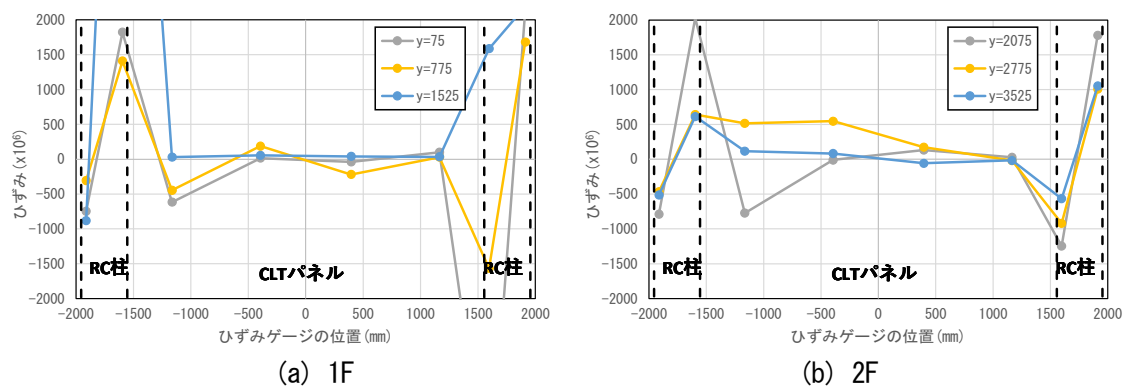


図 2-94 R=+1/50rad 時のひずみ分布（試験体 WB、凡例の単位：mm）

## 2.6.8. 各部材に作用する軸力、せん断力の推定

### 2.6.8.1. CLT 耐力壁に作用する水平せん断力の推定

図 2-95 に CLT 耐力壁に貼付したひずみゲージを用いて推定した水平せん断力を示す。ここでは図 2-55 に示す位置に貼付したロゼットゲージのうち、同じ高さに貼付した計 4 か所のせん断ひずみ (図 2-85 で示した水平断面、鉛直断面における値) を平均化したものに、CLT 耐力壁のせん断弾性係数として  $500\text{N/mm}^2$  を乗じたものを用いた。また、図 2-96 に CLT 耐力壁に取り付けた変位計を用いて推定した水平せん断力を示す。ここでは図 2-53 に示す位置に取り付けた変位計を用いて算定した各階の壁板の南北におけるせん断ひずみ (図 2-74 で示したもの) を平均化したものに、CLT 耐力壁のせん断弾性係数として  $500\text{N/mm}^2$  を乗じたものを用いた。なお、いずれの場合も推定したせん断応力に上限は設けていないが、図中には材料試験で得られた CLT 耐力壁のせん断強度の推定値 ( $3.20\text{N/mm}^2$ ) とせん断の基準強度 ( $2.23\text{N/mm}^2$ ) を点線で示している。ひずみゲージ、変位計のいずれから推定した場合も、1 階よりも 2 階の方が CLT 耐力壁に作用する水平せん断力は大きい。

図 2-95 に示すように、ひずみゲージから推定したせん断ひずみを用いた場合には、試験体 WA では、各階の脚部、中央、頂部で推定した水平せん断力の値にあまり差が見られないのに対し、試験体 WB では、各階の中央で推定した水平せん断力が脚部、頂部で推定した水平せん断力よりも大きい。これは、試験体 WA では滑り止めを設置しているため、壁板の脚部から頂部まで水平せん断力が伝達されているのに対し、試験体 WB では左右の RC 柱を介した水平せん断力の伝達が行われるため、壁板の中央部分を介して伝達される水平せん断力が大きく、壁板の脚部や頂部に作用する水平せん断力が小さくなっているものと思われる。なお、いずれの試験体においても、CLT 耐力壁に作用する水平せん断力の値は、CLT 耐力壁のせん断の基準強度 ( $2.23\text{N/mm}^2$ ) から求められるせん断耐力 ( $830\text{kN}$ ) よりも小さくなった。一方で、いずれの試験体でも 2 階の壁板では、CLT 耐力壁にラミナ間のずれが生じており、CLT 耐力壁がせん断強度に到達しているものと考えられる。せん断ひずみを過小評価している原因としては、ひずみゲージによる計測は外層ラミナの表面で行っているため、ラミナ間にずれが発生したり、外層と内層のラミナの接着面にずれが生じることで、せん断ひずみを過小評価したことが考えられる。

図 2-96 に示すように、変位計から推定したせん断ひずみを用いた場合には、ラミナだけでなく、ラミナ間のずれ変形の影響も考慮できるため、図 2-95 で示したひずみゲージから推定したせん断ひずみを用いた場合よりも水平せん断力が大きく、試験体 WA では  $R=1/200\text{rad}$  付近で、試験体 WB でも  $R=1/100\text{rad}$  付近で、CLT 耐力壁に作用する水平せん断力が CLT 耐力壁のせん断の基準強度 ( $2.23\text{N/mm}^2$ ) から求められるせん断耐力 ( $830\text{kN}$ ) に到達しており、全体変形角がさらに大きくなると、CLT 耐力壁のせん断強度の推定値 ( $3.20\text{N/mm}^2$ ) から求められるせん断耐力 ( $1190\text{kN}$ ) を上回る水平せん断力が作用することになる。一方で、試験体 WA、WB の最大耐力はそれぞれ  $825\text{kN}$ 、 $767\text{kN}$  であり、これらのせん断耐力を上回る水平せん断力を CLT 耐力壁が伝達していることは考えにくいことから、CLT 耐力壁に作用する水平せん断力は、CLT 耐力壁のせん断の基準強度 ( $2.23\text{N/mm}^2$ ) から求められるせん断耐力 ( $830\text{kN}$ ) 程度で頭打ちとなっている可能性が高い。

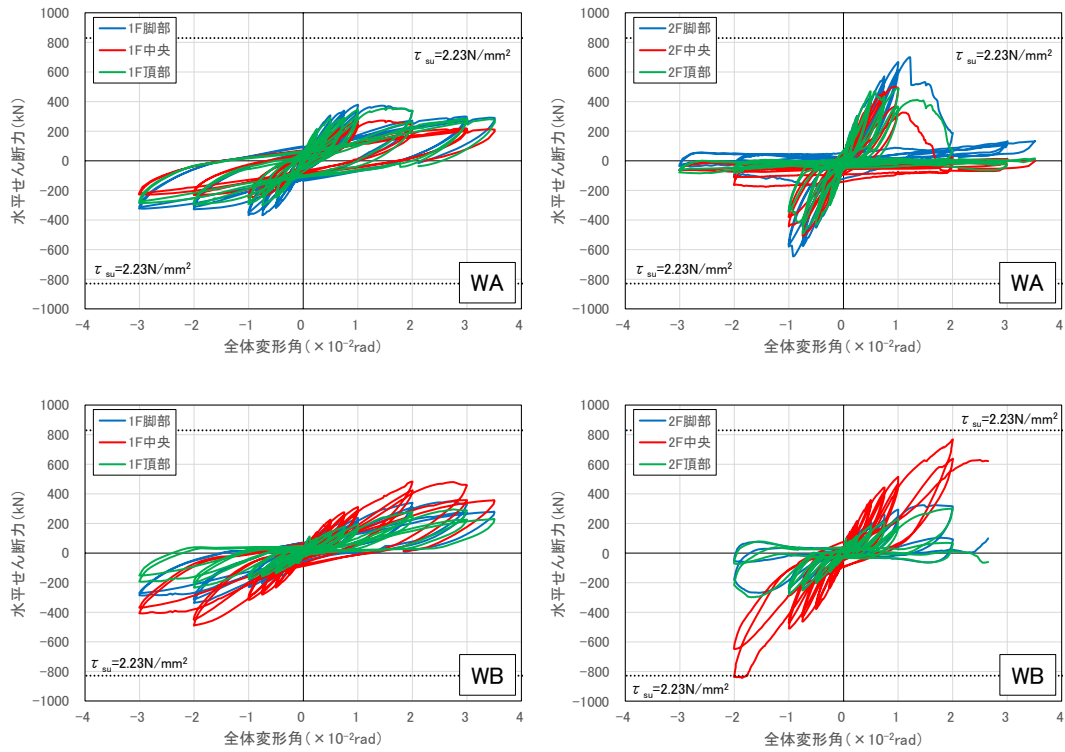


図 2-95 CLT 耐力壁に作用する水平せん断力の推定 (ひずみゲージによる推定値)

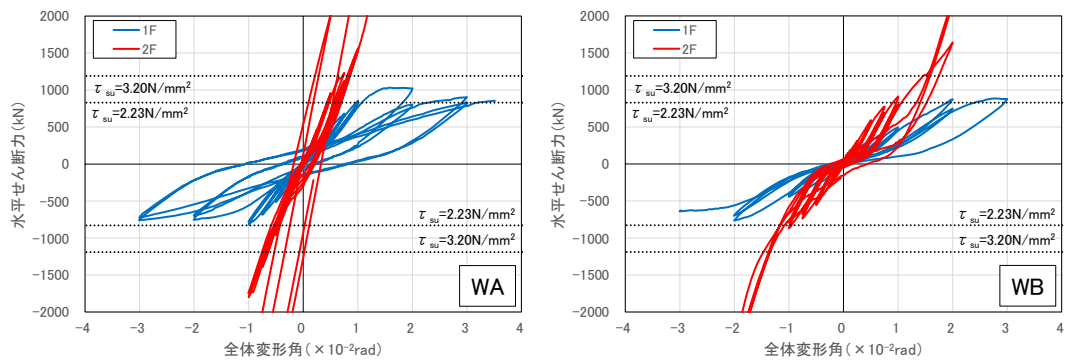


図 2-96 CLT 耐力壁に作用する水平せん断力の推定 (変位計による推定値)

### 2.6.8.2. CLT 耐力壁に作用する鉛直せん断力の推定

図 2-97 に CLT 耐力壁に貼付したひずみゲージを用いて推定した水平せん断力を示す。ここでは図 2-55 に示す位置に貼付したロゼットゲージのうち、水平方向の同じ x 座標の位置に貼付した計 3 か所のせん断ひずみ（鉛直断面における値）を平均化したものに、CLT 耐力壁のせん断弾性係数として  $500\text{N/mm}^2$  を乗じたものを用いた。なお、図中には CLT 耐力壁のせん断の基準強度 ( $2.23\text{N/mm}^2$ ) を点線で示している。試験体 WA では、1F の南、中央、北で推定した鉛直せん断力の値にあまり差が見られないのに対し、2F では南と北より中央のひずみの方がやや大きい。これは、北と南では、CLT の負担する鉛直せん断力の一部が近傍の鉛直接合部が負担しているのに対し、中央部分では CLT 耐力壁のみが鉛直せん断力を抵抗しているためと考えられる。また、2F の CLT 耐力壁は  $R=1/100\text{rad}$  でせん断破壊しているが、その後の水平耐力の低下に伴って、鉛直せん断力にも低下が見られる。

試験体 WB では、全体的に推定した鉛直せん断力には大きなばらつきが見られなかったが、1F の正側では南、2F の負側では北の鉛直せん断力がやや大きい。

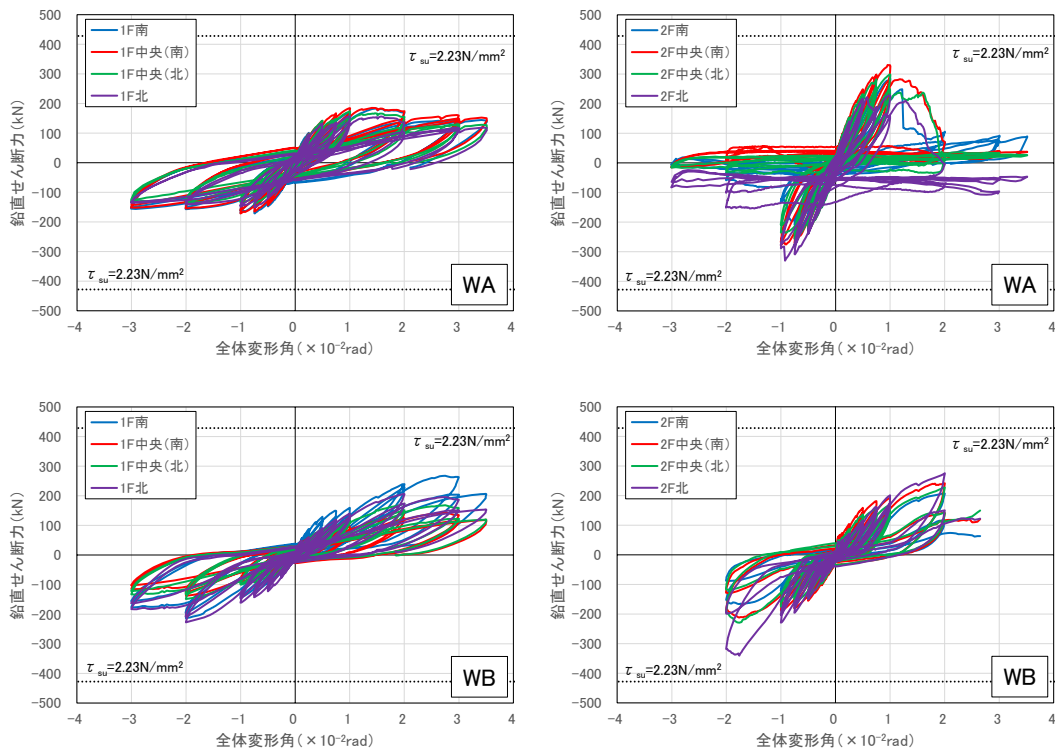


図 2-97 CLT 耐力壁に作用する鉛直せん断力の推定（ひずみゲージによる推定値）

### 2.6.8.3. 鉛直接合部に作用する鉛直方向のせん断力の推定

図 2-98 に RC 柱—CLT 耐力壁間の鉛直接合部に設置した変位計によるせん断変形量の平均値 (図 2-78 参照) を用いて推定した鉛直方向のせん断力の推移を示す。せん断力は、2.5.4 の図 2-49、表 2-29 で示した鉛直接合部の荷重変位関係 (バイリニア置換) から求めた。この際、材料強度には試験値を、ドリフトピンの曲げ終局モーメントには全塑性モーメントを使用し、ドリフトピンの本数による低減係数は乗じていない。なお、図 2-82 で示したように、鉛直接合部のドリフトピンには、鉛直方向の変位 (せん断変形) と同時に、水平方向の変位 (離間) も生じているため、ここで示したような一方のみの変位を考慮した評価方法は必ずしも適切でない (せん断力を過大評価している可能性がある) ことに留意されたい。

図中には、表 2-29 で示した鉛直接合部の荷重変位関係のうち、第一折れ点 (降伏点) の荷重  $v_{dh}Q_y$  (試験体 WA : 441kN、試験体 WB : 269kN)、第二折れ点 (20mm 変位点) の荷重  $v_{hd}Q_u$  (試験体 WA : 616kN、試験体 WB : 539kN) を示している。また、CLT 耐力壁の鉛直断面のせん断耐力  $w_vQ_{su}$  として、以下の式による値 (428kN) を示している。

$$w_vQ_{su} = t_w \cdot h_0 \cdot F_{sl} \quad (2.26)$$

ここで、 $t_w$  : CLT 耐力壁の厚さ、 $h_0$  : CLT 耐力壁の内法高さ、 $F_{sl}$  : CLT の面内せん断の基準強度 (=2.23N/mm<sup>2</sup>) である。

試験体 WA では、鉛直接合部に作用する鉛直方向のせん断力が最大耐力に到達する  $R=1/100\text{rad}$  以前にドリフトピンの降伏耐力に到達している箇所がほとんどであるが、ドリフトピンの降伏耐力と CLT 耐力壁の鉛直断面のせん断耐力がほぼ等しい値を示していることから、図中とは異なり、鉛直接合部に作用する鉛直方向のせん断力が CLT 耐力壁がせん断耐力で頭打ちとなっていた可能性がある。また、試験体 WB では、鉛直接合部に作用する鉛直方向のせん断力がドリフトピンの降伏耐力に到達すると、それ以降の増加は小さく、最大耐力以前に CLT 耐力壁のせん断耐力に到達することはなかった。

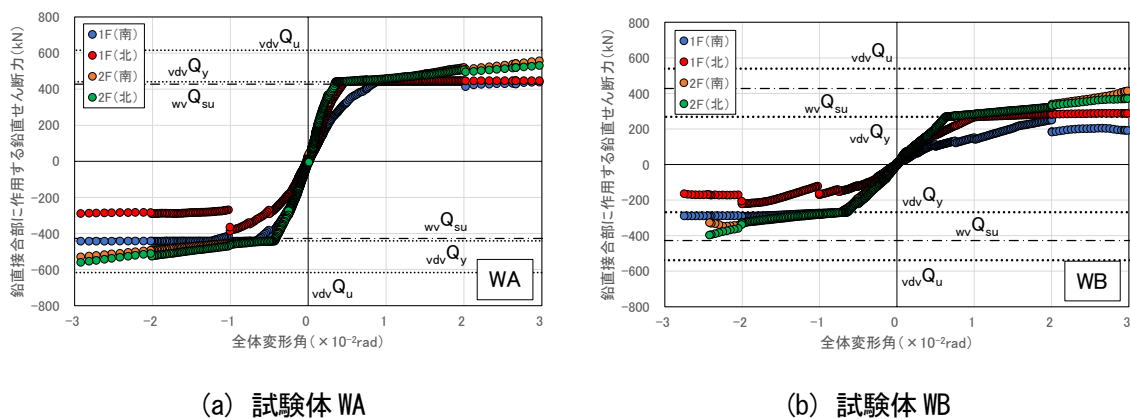


図 2-98 RC 柱—CLT 袖壁間に作用する鉛直方向のせん断力の推移 (推定)

#### 2.6.8.4. 鉛直接合部に作用する水平方向の引張力の推定

図 2-99 に RC 柱-CLT 耐力壁間の鉛直接合部に設置した変位計による離間量の平均値 (図 2-79 参照) を用いて推定した水平方向の引張力の推移を示す。引張力は、2.5.4 の図 2-49、表 2-29 で示した鉛直接合部の荷重変位関係 (バイリニア置換) から求めた。この際、材料強度には試験値を、ドリフトピンの曲げ終局モーメントには全塑性モーメントを使用し、ドリフトピンの本数による低減係数は乗じていない。なお、図 2-82 で示したように、鉛直接合部のドリフトピンには、水平方向の変位 (離間) と同時に、鉛直方向の変位 (せん断変形) も生じているため、ここで示したような一方のみの変位を考慮した評価方法は必ずしも適切でない (引張力を過大評価している可能性がある) ことに留意されたい。

図中には、表 2-29 で示した鉛直接合部の荷重変位関係のうち、第一折れ点 (降伏点) の荷重  $vdhQ_y$  (試験体 WA : 269kN、試験体 WB : 441kN)、第二折れ点 (20mm 変位点) の荷重  $vdhQ_u$  (試験体 WA : 539kN、試験体 WB : 616kN) を示している。試験体 WA では 1F と比較して、2F に作用する水平引張力が大きく、最大耐力に到達する  $R=1/100rad$  以前に 2F のみ降伏荷重に到達しているが、試験体 WB では 1F の加力方向に対して引張側の鉛直接合部に作用する水平引張力の増大がやや遅れるものの、1、2F の水平引張力の差が小さい特徴があり、最大耐力に到達する  $R=1/50rad$  以前に降伏耐力に概ね到達している。上述したように、試験体 WA では、試験体 WB と比較して、鉛直接合部の水平剛性や水平耐力が低く、また、水平接合部の滑り止めを介した水平せん断力の伝達も行われることから、鉛直接合部を介して伝達される水平引張力が小さくなっているものと推測される。

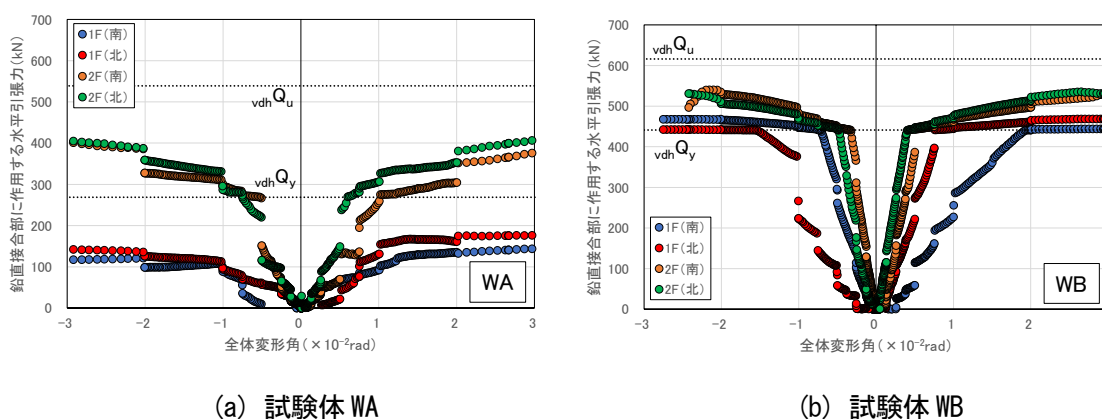


図 2-99 RC 柱-CLT 袖壁間の鉛直接合部に作用する水平方向の引張力の推移 (推定)

#### 2.6.8.5. 滑り止めに作用する水平せん断力の推定

図 2-87 で示した試験体 WA の滑り止めに隣接する CLT 耐力壁の側面に貼付した 2 枚のひずみゲージを用いて計測した水平方向のひずみの平均値に、CLT の縦圧縮試験におけるヤング係数  $E_c$  ( $=4470N/mm^2$ ) と CLT 耐力壁の厚さ  $t_w$  ( $=120mm$ )、滑り止めの高さ  $h_s$  ( $=150mm$ ) を乗じて求めた滑り止めに作用する水平せん断力の推移を図 2-100 に示す。なお、計算した水平せん断力は、後述する式(2.27)で頭打ちとした。ここでは、図 2-87 において計測された CLT 耐力壁のひずみが圧縮強度時のひずみを越える場合がほとんど見られなかったことから、2 枚のひずみゲージの平均値を用いた評価で問題ないものと判断した。図中には、滑り止めのせん断耐力として、式(2.27)による CLT の木口面の支圧耐力  $hhQ_{u1}$  と式(2.28)による滑り止め横の凸部のせん断耐力  $hhQ_{u2}$  を示した。



$${}_{hh}Q_{u1} = t_w \cdot h_s \cdot {}_{th}F_c \quad (2.27)$$

$${}_{hh}Q_{u2} = t_w \cdot l_s \cdot {}_{tt}F_{sl} \quad (2.28)$$

ここで、 $t_w$  : CLT 耐力壁の厚さ (=120mm)、 $h_s$  : 滑り止めの高さ (=150mm)、 ${}_{th}F_c$  : CLT の圧縮の基準強度 (水平方向) (=17.8N/mm<sup>2</sup>)、 $l_s$  : CLT 耐力壁の滑り止め横の凸部の長さ (=675mm)、 ${}_{tt}F_{sl}$  : CLT の面内せん断の基準強度 (=2.23N/mm<sup>2</sup>) である。

滑り止めが CLT 耐力壁と接するのは、左右いずれかの側面だけなので、滑り止めの一端 (例えば、1F 南脚部南) に水平せん断力が作用すると、もう一端 (例えば、1F 南脚部北) には水平せん断力はほとんど作用しない。CLT 耐力壁が大きくせん断変形した 2F では、脚部、頂部のいずれについても、最大耐力に到達する  $R=1/100\text{rad}$  付近で、滑り止めに作用する水平せん断力が、式(2.27)によるせん断耐力に到達している。また、1F では、脚部よりも頂部の方が滑り止めに作用する水平せん断力は大きく、上部ほど滑り止めの負担する水平せん断力が大きくなる傾向が見られる。また、最初に水平加力を行った正方向では、南側と北側 (例えば、1F 南頂部北と 1F 北頂部北) で滑り止めに作用する水平せん断力が大きく異なっており、一方は式(2.27)による支圧耐力、もう一方は式(2.28)によるせん断耐力に近い値を示しており、実験でも観測されているように、CLT 耐力壁の両側の凸部では、亀裂の進展によるせん断破壊が生じたものと考えられる。

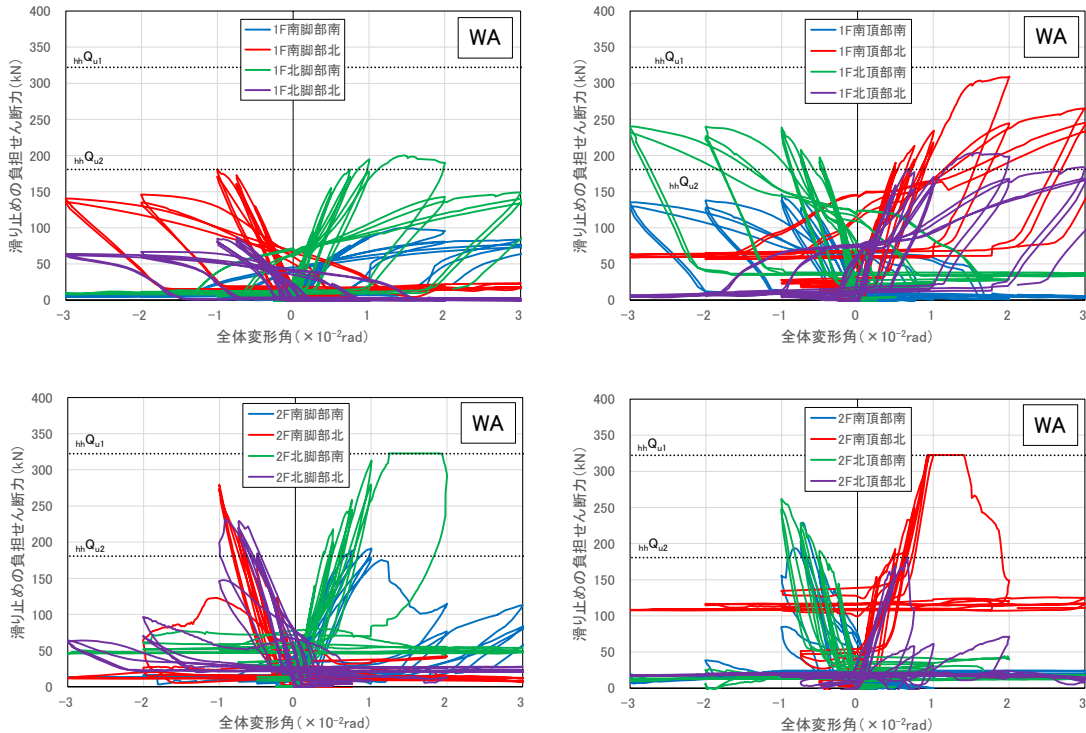


図 2-100 滑り止めに作用する水平せん断力の推移 (推定)

### 2.6.9. 等価粘性減衰定数の推移

図 2-101 に試験体 WA、WB の耐力低下前と耐力低下後の等価粘性減衰定数の推移を示す。ここでは実験の荷重変形関係から、式(2.29)を用いて等価粘性減衰定数を算定した。なお、図中には参考とし

て、CLT 袖壁を対象とした実験で使用した試験体 C (RC ラーメン) の結果も示す。また、試験体 WA、WB については、耐力低下後のプロットを灰色で示しており、耐力低下以前の値と区別している。試験体 WA、WB を比較すると、 $R=1/100\text{rad}$  までは 0.10 前後の値を示しているが、耐力低下が生じた後は (試験体 WA では  $R=1/100\text{rad}$  以降、試験体 WB は  $R=1/50\text{rad}$  以降)、等価粘性減衰定数が見かけ上大きくなるため、検討の対象外とする。なお、試験体 WA、WB では、CLT 耐力壁を設定したことで最大耐力が増大しているが、弾性的な挙動が卓越することはない、耐力低下が生じるサイクルまでは、試験体 C とほぼ同等の等価粘性減衰定数が得られている。

図中には、式(2.30)による等価粘性減衰定数の計算値の推移も示している。式(2.29)は载荷実験と同じく定常ループを想定した場合の等価粘性減衰定数に相当し、試験体 WA では  $R=1/100\text{rad}$ 、試験体 WB と C では  $R=1/50\text{rad}$  を終点とする面積等価なバイリニア置換によって求めた降伏点変形を基準に塑性率を算定した。 $R=1/100\text{rad}$  で耐力低下が生じるため、 $cal h_{eq}$  が大きい試験体 WA ではやや余裕が小さいものの、いずれの試験体でも定常ループとなる同一変形角における 2 回目のサイクルを含めて、実験値は算定値を上回っており、安全側に推定できている。

$$\exp h_{eq} = \frac{1}{4\pi} \frac{\Delta W}{W} \tag{2.29}$$

ここで、 $\Delta W$  : 履歴吸収エネルギー、 $W$  : ポテンシャルエネルギーとする。

$$cal h_{eq} = \frac{1}{\pi} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{\mu}}\right) \tag{2.30}$$

ここで、 $\mu$  : 試験体 WA では  $R=1/100\text{rad}$ 、試験体 WB 及び試験体 C では  $R=1/50\text{rad}$  を終点とする面積等価なバイリニア置換によって求めた塑性率とする。

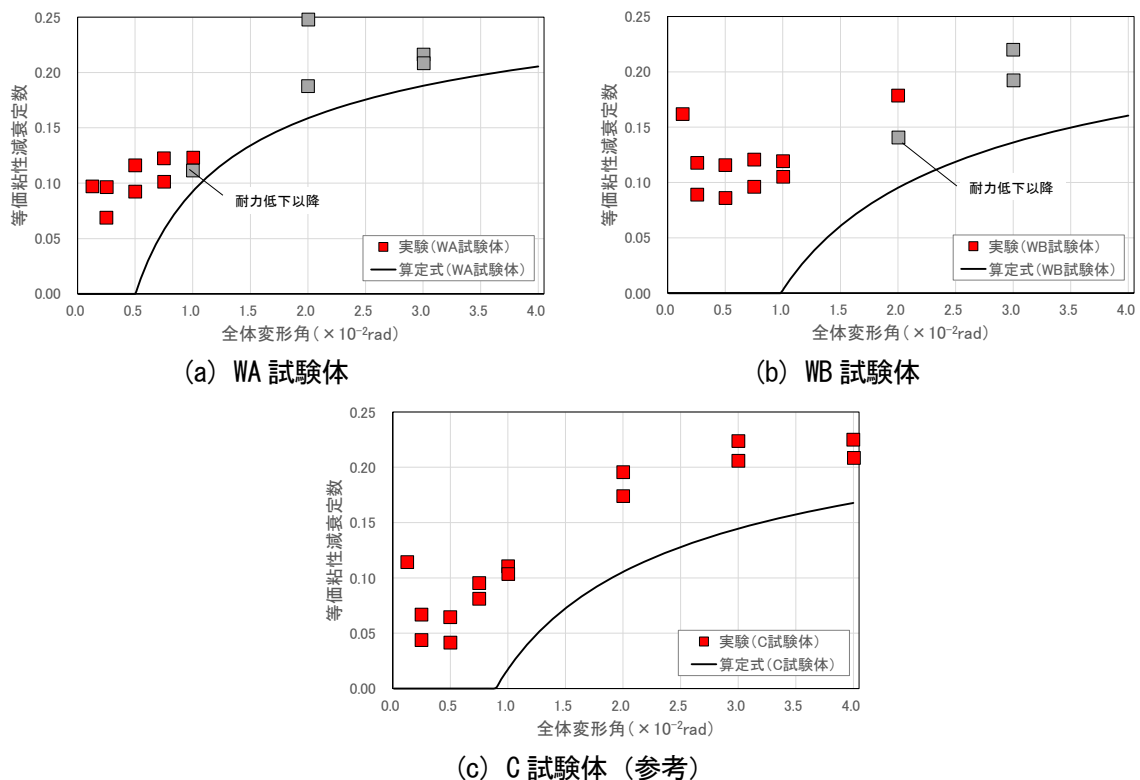


図 2-101 等価粘性減衰定数の推移

### 3. まとめ

CLT 耐力壁を取り付けた RC 柱はり架構の構造設計法の開発を目的として、計 2 体の部分架構試験体を用いた静的載荷実験を実施した。実験変数は、CLT 耐力壁の水平接合部における滑り止めの有無と、CLT 耐力壁のラミナの方向である。本稿で得られた知見を以下に示す。

なお、本報告書では、RC ラーメンと CLT 耐力壁を組み合わせた構造形式の有効性を実験によって実証し、今後検証を進める上で必要となる実験データの収集を行ったが、CLT 耐力壁のモデル化手法の提案や、実験結果及び解析結果を踏まえた設計方法の提案は今後の課題となる。

(載荷実験で得られた知見)

1. RC ラーメン試験体への CLT 耐力壁の設置施工を実際に行い、施工手順の確認、整理を行った。RC-CLT 間の水平目地、鉛直目地には無収縮モルタルを使用した。また、加力実験時の RC はりにおける引張力やせん断力の負担を低減するために、試験体 WA、WB のいずれについても、鉛直接合部には鋼板挿入ドリフトピンを採用した。この際、CLT 耐力壁を後付けできるように、RC 柱に貫通孔を設け、RC 柱と鋼板挿入ドリフトピンはボルトで接合した。また、試験体 WA では、CLT 耐力壁をより小変形時から活用するために、水平接合部において滑り止めを用いた接合を行い、滑り止め-CLT 間の鉛直目地には不陸調整モルタルを使用した。
2. CLT 耐力壁を RC ラーメンに設置した試験体 WA、WB のいずれにおいても、 $R=1/100\text{rad}$  付近までの間に、2、3F のはり端主筋が降伏し、1 階と 2 階の層間変形角の比率が概ね 1 : 2 の割合を保持しながら、設計時の想定通りに試験体全体で変形が生じた。一方で、 $R=1/100\text{rad}$  以降は、2 階の CLT 耐力壁において、ラミナの亀裂やラミナ間のずれ等の損傷が進展し、2 階に層間変形角が集中する形となった。そのため、2 階柱脚の主筋が降伏し、最終的に 2 階柱脚と 3 階はり端の塑性ヒンジの回転角が卓越する部分崩壊形に推移した。
3. 試験体 WA は CLT 耐力壁の最外層のラミナの向きが水平であり、両端が鋼板挿入ドリフトピンによって固定されていたため、ラミナ間の接着が切れた後も、ラミナの落下は生じなかった。一方、試験体 WB では CLT 耐力壁の最外層のラミナの向きが鉛直であり、多くのラミナが拘束されていなかったため、ラミナ間の接着が切れると、一部のラミナが落下した。
4. 各試験体の初期剛性は、試験体 WA で  $94.6\text{kN/mm}$ 、試験体 WB で  $99.8\text{kN/mm}$  となり、比較用の純ラーメン試験体 C の  $28.5\text{kN/mm}$  に対して、それぞれ 3.32 倍、3.50 倍と高い補強効果が得られている。なお、CLT 袖壁を設置した試験体 A、B の初期剛性は、それぞれ  $48.0\text{kN/mm}$ 、 $46.0\text{kN/mm}$  に留まっており、CLT 耐力壁を使用することでより高い補強効果が得られている。各試験体の最大耐力は、試験体 WA で  $825\text{kN}$ 、試験体 WB で  $767\text{kN}$  となり、比較用の純ラーメン試験体 C の  $275\text{kN}$  に対して、それぞれ 3.00 倍、2.79 倍と高い補強効果が得られている。なお、CLT 袖壁を設置した試験体 A、B の最大耐力は、それぞれ  $493\text{kN}$ 、 $403\text{kN}$  であり、CLT 耐力壁を使用することで、大幅な剛性、耐力の増大が見込めることが分かった。
5. 試験体 WA と試験体 WB は最大耐力が比較的近い（それぞれ  $825\text{kN}$ 、 $767\text{kN}$ ）が、 $R=1/100\text{rad}$  以下の変形における最大耐力を見ると、試験体 WA は最大耐力（ $825\text{kN}$ ）を既に発揮しているのに対し、試験体 WB では  $621\text{kN}$  と最大耐力（ $767\text{kN}$ ）の 8 割程度の荷重に留まっており、水平接合部における滑り止めの設置が、早期の耐力発現に寄与したものと考えられる。
6. 試験体 WA、WB の最大耐力から試験体 C の最大耐力を差し引くことで、CLT 耐力壁による補強効果を概算すると、それぞれ  $550\text{kN}$ 、 $492\text{kN}$  となった。これを CLT 耐力壁の水平断面積（ $120\text{mm}$

×3100mm) で除したせん断応力は  $1.48\text{N/mm}^2$ 、 $1.32\text{N/mm}^2$  となるが、これらの数値は、CLT のせん断実験の結果から求められるせん断強度の推定値 ( $3.2\text{N/mm}^2$ ) だけでなく、CLT のせん断の基準強度 ( $2.2\text{N/mm}^2$ ) も下回っていた。そこで、各試験体の最大耐力を CLT 耐力壁の水平断面積 ( $120\text{mm}\times 3100\text{mm}$ ) で除したせん断応力を別途求めると、 $2.22\text{N/mm}^2$ 、 $2.06\text{N/mm}^2$  となり、CLT のせん断の基準強度 ( $2.2\text{N/mm}^2$ ) に近い値を示していることが分かった。

7. いずれの試験体でも、CLT 耐力壁においてラミナ間のずれ変形が生じており、CLT 耐力壁がせん断強度を発揮しているものと考えられることから、CLT 耐力壁を設置したことで、RC 柱のモーメント分布が変化し、各階の中心高さ付近では、試験体に作用する水平荷重の大部分を CLT 耐力壁が負担しているものと考えられる。試験体 WB では、CLT 耐力壁内の対角方向の圧縮ストラットを介した応力伝達が支配的となるため、その起点となる RC 柱端部の側面には、試験体 WA と比較してより大きな水平せん断力が作用するものと考えられる。試験体 WB では、RC 柱の端部に作用する水平せん断力が大きくなったことで、各階の中心高さ付近で RC 柱に作用する逆方向のせん断力も大きくなり、試験体 WA よりも最大耐力が低くなった可能性が考えられる。
8. 補修の目安となる残留ひび割れ幅を  $0.15\sim 0.20\text{mm}$  (実寸の場合の  $0.2\sim 0.3\text{mm}$  に実験試験体の縮尺  $2/3$  を乗じたもの) とすると、いずれの試験体でも、はりでは  $1/200\sim 1/133\text{rad}$  のサイクルで目安となるひび割れ幅に到達したが、試験体 WB と比較して、試験体 WA の方がひび割れ幅の増大が早かった。これは、試験体 WA では滑り止めを設けたことで、3F はり端において引張軸力が作用しやすい状況となっていたことが原因として考えられる。柱では  $1/50\text{rad}$  のサイクルまで目安のひび割れ幅には到達しなかった。全体変形角と最大ひび割れ幅、残留ひび割れ幅の関係をみると、 $1/100\text{rad}$  のサイクル付近までは、いずれの試験体もほぼ同様の傾向を示していた。
9. 試験体 WA では、 $R=0.2\sim 0.4\times 10^2\text{rad}$  付近で 3F の RC はり主筋が、 $R=0.5\sim 0.7\times 10^2\text{rad}$  付近で 2F の RC はり主筋が降伏した。1F では RC 柱主筋の降伏は見られず、 $R=1.0\sim 1.8\times 10^2\text{rad}$  付近で 2F 脚部の RC 柱主筋が降伏した。試験体 WB でも、 $R=0.2\sim 0.4\times 10^2\text{rad}$  付近で 3F の RC はり主筋が降伏したが、2F の RC はり主筋の降伏は  $R=0.4\sim 0.5\times 10^2\text{rad}$  付近と試験体 WA よりもやや早まった。試験体 WA と異なり、1F 脚部でも  $R=1.4\sim 2.0\times 10^2\text{rad}$  付近で RC 柱主筋の降伏が生じたが、 $R=1.9\sim 2.5\times 10^2\text{rad}$  付近で 2F 脚部の RC 柱主筋が降伏するとそちらに塑性ヒンジの回転が集中した。なお、比較用の純ラーメン試験体 C では、 $R=0.4\sim 0.6\times 10^2\text{rad}$  付近で 2、3F の RC はり主筋が、 $R=1.0\sim 1.5\times 10^2\text{rad}$  付近で 1F 脚部の RC 柱主筋が降伏しており、試験体 WA、WB では、3F の RC はり主筋が降伏し始める時の全体変形角がやや小さかった。
10. いずれの試験体でも 2F はりの軸ひずみは最大でも  $0.5\%$  程度に留まっているが、試験体 WA、WB では、 $R=1/33\text{rad}$  サイクルにおいて、3F はりに  $1.0\sim 1.5\%$  程度の軸ひずみが生じており、試験体 C よりも大きな軸ひずみとなっている。CLT 耐力壁を設置した試験体では、RC はりの軸伸び量が大きくなり、加力方向に対して、圧縮側と引張側の柱の水平変位量に大きな差が生じている。
11. いずれの試験体でも、3 階 RC はり端では、2 階 RC はり端と比較して、変形が生じる範囲がやや広がる傾向が見られたが、RC 柱、はりの端部の曲げ変形やせん断変形は、2 階柱脚、3 階梁端に集中していた。
12. 試験体 WA では、加力直後は CLT 耐力壁のせん断ひずみの増加がやや遅れるが、層間変形角がある程度大きくなると、CLT 耐力壁のせん断ひずみと層間変形角が比例的に増大するようになり、最終的に 1F では層間変形角の半分程度、2F では層間変形角を上回るせん断ひずみが生じていた。一方、試験体 WB では、試験体 WA と比較して、CLT 耐力壁のせん断ひずみの増加が遅く、1、

- 2F のいずれについても、層間変形角の 1/4 程度のせん断ひずみしか生じておらず、滑り止めの有無が大きく影響した。
13. いずれの試験体でも、耐力低下（試験体 WA は  $R=1/100\text{rad}$ 、試験体 WB は  $R=1/50\text{rad}$ ）が生じる際の CLT 耐力壁のせん断ひずみの大きさの下限はおおよそ  $1.0 \times 10^{-2}\text{rad}$  程度であり、CLT 耐力壁のせん断の基準強度 ( $2.23\text{N/mm}^2$ ) を一般的なせん断弾性係数 ( $500\text{N/mm}^2$ ) で除して求められるせん断ひずみ ( $0.45 \times 10^{-2}\text{rad}$ ) の 2 倍程度の値を示していた。
  14. RC 柱—CLT 耐力壁間の鉛直接合面で計測した鉛直方向の最大のせん断変形は、試験体 WA では 1F で 1.9mm、2F で 15.8mm、試験体 WB では 1F で 2.8mm、2F で 11.6mm であり、各階の層間変形角に対応した大小関係となった。材料試験の結果に基づいた数値解析で求めたドリフトピン接合部の荷重変形関係を見ると、いずれの試験体でも、降伏耐力程度以上のせん断力が作用したと推測される。
  15. RC 柱—CLT 耐力壁間の鉛直接合面で計測した水平方向の最大の離間量は、試験体 WA では 1F で 1.0mm、2F で 17.7mm、試験体 WB では 1F で 4.1mm、2F で 11.8mm となり、せん断変形と同じく、各階の層間変形角に対応した大小関係となった。材料試験の結果に基づいた数値解析で求めたドリフトピン接合部の荷重変形関係を見ると、層間変形角が小さい試験体 WA の 1F を除くと、降伏耐力以上の引張力が作用したものと推測される。
  16. 上述したように、RC 柱—CLT 耐力壁間の鉛直接合面では、鉛直方向のせん断変形と水平方向の離間が同時に発生しているため、本来であれば、2 方向の変形に対応した応力評価を行う必要がある。
  17. CLT 耐力壁に貼付したひずみゲージによる計測値から最小主ひずみの大きさ、方向を求めた。試験体 WA では、試験体 WB と比較すると、最小主ひずみの向きが一定しておらず、滑り止め近傍の計測点では、最小主ひずみが滑り止めを指す方向を向いており、壁板の隅角部のみでなく、滑り止め位置が、壁板内に形成される圧縮ストラットの起点となっていたものと推測される。試験体 WB では各階の壁板において、北側脚部、南側頂部における最小主ひずみが特に大きく、それぞれの計測位置から各階の壁板の隅角部を指す方向を示していたことから、CLT 耐力壁によるせん断力の伝達が階ごとに行われているものと推測される。
  18. CLT 耐力壁に貼付したひずみゲージによる計測値からせん断ひずみの大きさを求めた。いずれの試験体でも、1 階よりも 2 階の壁板の方が最大せん断ひずみが大きく、滑り止めを設置した試験体 WA では、壁板の中央だけでなく、脚部や頂部における最大せん断ひずみが大きくなったのに対し、滑り止めがない試験体 WB では、RC はり—CLT 耐力壁間で直接、水平せん断力を伝達することが難しいため、壁板の中央と比較すると、脚部や頂部における最大せん断ひずみは小さくなった。最大耐力時に計測された壁板の最大せん断ひずみは、試験体 WA で  $4442\mu$ 、試験体 WB で  $5611\mu$  であり、せん断の基準強度 ( $2.23\text{N/mm}^2$ ) と一般的なせん断弾性係数 ( $500\text{N/mm}^2$ ) を用いた場合のせん断強度時のせん断ひずみ ( $4460\mu$ ) に近い値が得られていた。
  19. 鉛直接合部近傍においてひずみゲージを用いて計測した CLT 耐力壁の水平方向のひずみの推移から、CLT 耐力壁内に対角方向の圧縮ストラットが形成され、その反力が鉛直接合部と接している RC 柱の側面に作用すること、滑り止めがなく、対角方向の圧縮ストラットによる応力伝達が支配的となる試験体 WB の方が、試験体 WA と比較して、CLT 耐力壁の圧縮ひずみが大きくなる傾向が確認された。
  20. 試験体 WA の滑り止め近傍においてひずみゲージを用いて計測した CLT 耐力壁の水平方向のひ

ずみの推移から、滑り止めに CLT 耐力壁の木口面からの支圧力が作用し、圧縮ストラットの起点となっていること、全体の半数の滑り止めには CLT の圧縮強度に近い支圧応力が作用していたものの、CLT 耐力壁に滑り止めを設置するための凸部を設けたことにより、残りの半数の滑り止めには、CLT 耐力壁のせん断の基準強度と壁厚、凸部の長さから求められるせん断耐力に相当する支圧応力しか作用していなかった。

21. 水平接合部近傍においてひずみゲージを用いて計測した CLT 耐力壁の鉛直方向のひずみの推移から、WA 試験体では、滑り止めの設置に伴う局所的な引張応力の発生が確認されたのに対し、WB 試験体では、引張応力の作用はほとんど見られなかった。いずれの試験体でも、水平接合部の端部では、CLT 耐力壁に形成される圧縮ストラットの反力が原因と思われる圧縮ひずみが生じていた。また、いずれの試験体でも、RC 柱と CLT 耐力壁の断面内の軸ひずみの分布は不連続となっており、鉛直接合部を設けたとしても、断面内の平面保持仮定は成立していないことが確認された。
22. 荷重変形関係から、各サイクルにおける等価粘性減衰定数  $h_{eq}$  の計算を行った。試験体 WA では、最大耐力に到達する  $R=1/100rad$  における 1、2 回目のサイクルで  $h_{eq}=0.12$ 、 $0.11$  となった。試験体 WB では  $R=1/100rad$  のサイクルでは、試験体 WA と同じく  $0.1$  程度の値を示したが、最大耐力に到達する  $R=1/50rad$  における 1、2 回目のサイクルで  $h_{eq}=0.18$ 、 $0.14$  となった。比較用の純ラーメン試験体 C では、 $R=1/100rad$  における 1、2 回目のサイクルで  $h_{eq}=0.11$ 、 $0.10$ 、 $R=1/50rad$  における 1、2 回目のサイクルで  $h_{eq}=0.20$ 、 $0.17$  となった。 $R=1/100rad$  までは試験体間の差はほとんど見られないが、変形が大きくなるにつれ、CLT 耐力壁を設けた試験体では、やや  $h_{eq}$  が小さくなる傾向が見られた。一方で、いずれの試験体でも、定常ループを想定した塑性率に基づく推定式の値は上回った。

### 3.1. 謝辞

本研究は、国土技術政策総合研究所の総合技術開発プロジェクト「新しい木質材料を活用した混構造建築物の設計・施工技術の開発」(平成 29～令和 3 年度)、官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM) 「仮設・復興住宅の早期整備による応急対応促進」によって、京都大学の五十田博教授、中川貴文准教授、RICHARD YIP JE TOO 氏と共に実施しました。研究の実施に際して、全体委員会 (委員長: 河野守教授) 及び構造分科会 (主査: 五十田博教授) の委員の方々から貴重な助言を賜りました。また、京都大学の堀江優一氏、百瀬奏氏のご指導・ご協力を賜りました。関係各位に心から謝意を表します。

### 3.2. 参考文献

- [3-1] 栗原嵩明ほか: 木質系面材による RC 骨組の耐震補強工法に関する実験的研究 その 1~4、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.687-694、2015.9
- [3-2] 栗原嵩明ほか: 木質系面材による RC 骨組の耐震補強工法に関する実験的研究 その 5~7、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.193-198、2016.8
- [3-3] 栗原嵩明ほか: 木質系面材による RC 骨組の耐震補強工法に関する実験的研究 その 8、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.611-612、2017.8
- [3-4] 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、2011.3
- [3-5] 日本住宅・木材技術センター: 2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル、2016.10
- [3-6] ASTM, “Standard test method for evaluating dowel-bearing strength of wood and wood-based products



D5764”、 1997

- [3-7] Kweonhwan Hwang and Kohei Komatsu, “Bearing properties of engineered wood products I: effects of dowel diameter and loading direction”, J.Wood Sci. 48、 pp.295-301、 2002
- [3-8] 中島昌一、北守顕久、小松幸平：クロス・ラミネイティド・ティンバーを用いた鋼板挿入型ドリフトピン接合部の引張加力下の耐力指標の検討、日本建築学会構造系論文集、第 78 巻、第 687 号、pp、969-975、2013.5
- [3-9] 日本建築学会：木質構造設計規準・同解説 ―許容応力度・許容耐力設計法―、2015.11
- [3-10] 日本建築学会：木質構造接合部設計マニュアル、2017.10

### 3.3. 評価式に用いた記号の一覧

$A$	: 強軸方向の許容応力度を計算する場合は全断面積、弱軸方向の許容応力度を計算する場合は外層を除いた部分の断面積
$A_d$	: ドリフトピンの水平投影面積
$d$	: ドリフトピンの直径
$E_2$	: 外層ラミナの支圧剛性
$E_3$	: 内層ラミナの支圧剛性
$E_w$	: 木材の繊維方向のヤング係数
$E_c$	: CLT のヤング係数
$f_2$	: 外層ラミナの支圧強度
$f_3$	: 内層ラミナの支圧強度
${}_m f$	: ラミナの支圧強度の実験値
$F$	: ドリフトピンの曲げ強度
${}_m F$	: CLT の支圧強度の実験値
${}_t F_c$	: CLT の圧縮の基準強度
${}_{th} F_c$	: CLT の圧縮の基準強度（水平方向）
${}_{iv} F_c$	: CLT の圧縮の基準強度（鉛直方向）
${}_t F_{sl}$	: CLT の面内せん断の基準強度
${}_t G_c$	: CLT のせん断弾性係数
$h_0$	: 柱（耐力壁）の内法高さ
$h_b$	: RC はりの計測区間の高さ
$h_c$	: RC 柱の計測区間の高さ
$h_s$	: 滑り止めの高さ
$h_j$	: 鉛直接合部の計測区間の高さ

$I_e$	: 強軸方向の許容応力度を計算する場合は全断面の断面二次モーメント、弱軸方向の許容応力度を計算する場合は外層を除いた部分の断面二次モーメント
${}_m k$	: ラミナの支圧剛性の実験値
$k_{s0}$	: ラミナの繊維方向の支圧剛性
$k_{s90}$	: ラミナの繊維直交方向の支圧剛性
${}_m K$	: CLT の支圧剛性の実験値
${}_j K_n$	: 1 列のドリフトピン本数による耐力の低減係数
$l_b$	: 座屈長さ、もしくは RC はりの計測区間の長さ
$l_c$	: RC 柱の計測区間の長さ
$l_j$	: 鉛直接合部の計測区間の長さ
$l_s$	: CLT 耐力壁の滑り止め横の凸部の長さ
$n_i$	: 1 列のドリフトピン本数
$M_y$	: ドリフトピンの曲げ降伏モーメント
$p_2$	: 外層ラミナの支圧の初期剛性に対する二次剛性の比率
$p_3$	: 内層ラミナの支圧の初期剛性に対する二次剛性の比率
$d p_y$	: ドリフトピン 1 本あたりの降伏強度
$P$	: ロードセルで計測された荷重
$P_{uj}$	: 耐力低減を考慮したドリフトピン接合部の降伏せん断耐力
${}_w Q_{su}$	: CLT 耐力壁のせん断耐力
${}_{wv} Q_{su}$	: CLT 耐力壁の鉛直断面のせん断耐力
${}_{hh} Q_{u1}$	: 滑り止めにおける CLT の木口面の支圧耐力
${}_{hh} Q_{u2}$	: 滑り止め横の凸部のせん断耐力
${}_{vh} Q_u$	: 鉛直接合部の水平せん断耐力
${}_{vhd} Q_y$	: 鉛直接合部のドリフトピンの降伏耐力
${}_{vht} Q_y$	: 鉛直接合部の寸切りボルトの降伏耐力
${}_{vdh} Q_y$	: 鉛直接合部におけるドリフトピンの水平方向の降伏耐力
${}_{vdh} Q_u$	: 鉛直接合部におけるドリフトピンの水平方向の終局耐力
${}_{vdv} Q_y$	: 鉛直接合部におけるドリフトピンの鉛直方向の降伏耐力
${}_{vdv} Q_u$	: 鉛直接合部におけるドリフトピンの鉛直方向の終局耐力
$t_2$	: 外層の厚さ
$t_3$	: 内層の厚さ

$t_w$	: CLT 耐力壁の厚さ
$\Delta W$	: 履歴吸収エネルギー
$W$	: ポテンシャルエネルギー
$x$	: ドリフトピンの回転中心や塑性ヒンジの位置情報を表わすための変数
$\mu$	: 塑性率
$\lambda$	: 有効細長比
$\sigma_{DPC}$	: CLT の面圧強度 (N/mm <sup>2</sup> )
$\delta_{v1\sim v2}$	: RC 柱の鉛直方向の変形量
$\delta_{d1\sim d2}$	: RC 柱、はり、鉛直接合部の対角方向の変形量
$\delta_{h1\sim h2}$	: RC はり、鉛直接合部の水平方向の変形量
$\delta_R$	: 加力治具－試験体表面の相対変位
$\delta_A$	: 加力治具－基盤間の絶対変位
$\varepsilon_h$	: CLT 耐力壁の水平方向のひずみ
$\varepsilon_v$	: CLT 耐力壁の鉛直方向のひずみ
$\varepsilon_{45}$	: CLT 耐力壁の 45 度方向のひずみ