

|         |                         |
|---------|-------------------------|
| 試 験 番 号 | : II J - 2 4 - 0 0 0 8  |
| 受 付 日   | : 2 0 2 4 年 1 2 月 2 0 日 |
| 報 告 日   | : 2 0 2 5 年 3 月 1 9 日   |

# 鉄骨梁に施工する CLT 床の 面内せん断実験 報 告 書

試験結果は、本報告のとおりであることを証明します。

大阪府吹田市藤白台五丁目 8 番 1 号

一般財団法人 日 本 建 築 総 合 試 験 所

試 験 研 究 セ ン タ ー

センター長

博士（工学） 西山 峰広

報告書発行責任者

構造試験室長

博士（工学） 足立 将人

## 目 次

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 1 はじめに .....                | 3  |
| 2 実験計画                      |    |
| 2.1 試験体および実験因子 .....        | 3  |
| 2.2 使用材料 .....              | 11 |
| 3 実験方法                      |    |
| 3.1 載荷方法 .....              | 12 |
| 3.2 測定項目 .....              | 12 |
| 4 実験結果                      |    |
| 4.1 荷重－変形関係および破壊状況 .....    | 20 |
| 4.2 鉄骨フレームの各辺の回転角の推移 .....  | 25 |
| 4.3 CLT パネルのずれ量の推移 .....    | 25 |
| 4.4 CLT パネルのせん断変形角の推移 ..... | 26 |
| 4.5 鉄骨フレームのひずみの推移 .....     | 26 |
| 5 まとめ .....                 | 28 |
| 資料 実験データ集 .....             | 29 |

## 1 はじめに

本報告は、一般社団法人日本 CLT 協会（東京都中央区日本橋茅場町 3-9-10）および国立大学法人岡山大学学術研究院（岡山市北区津島中 3 丁目 1-1）の依頼により、当試験所が 2025 年 1 月 15 日～2025 年 1 月 17 日に大型構造試験室で行った「鉄骨梁に施工する CLT 床の面内せん断実験」の結果について述べたものである。

鉄骨構造架構の床部材に CLT パネルを使用すると、水平構面の剛性確保やせん断力の伝達に有効に機能すると考えられる。一方で、鉄骨構造に CLT 床を用いた実験データは少なく、特に面内せん断力に対する構造的性状に関する知見も少ない。そこで、依頼者は構造解析により、構造設計手法の構築に向けた検討を行っている。

本実験では、実験結果との比較により、構造解析の妥当性を確認するために、鉄骨梁による床架構に CLT パネルを床版として設置した実大試験体を用いた面内せん断実験を行い、荷重－変形関係、最大荷重、ひずみ状況および破壊性状を確認することを目的とする。

## 2 実験計画

### 2.1 試験体および実験因子

試験体一覧を表 2.1 に、試験体の形状寸法を図 2.1～図 2.2 に、部材詳細図を図 2.3～図 2.6 に、接合部詳細を図 2.7 に示す。

実験因子は、CLT パネル同士および CLT パネルと鉄骨梁を接合する接合鋼板と接合具（以降、ビスと称す）とし、試験体数は、各 1 体ずつの計 2 体とした。

試験体は、4m×4m の床架構を設定し、2 本の大梁の間に、3 本の小梁を架け、この小梁と直交する方向に幅 2m、長さ 4m の CLT パネルを 2 枚配置する床架構試験体とした。CLT パネルと鉄骨大梁との接合は鉄骨梁フランジ上面に溶接した接合鋼板とビスにより接合するものとし、CLT パネル同士の接合は、接合鋼板を介したスプライン接合とした。

表 2.1 試験体一覧

| 試験体     |      | No.1                             | No.2        |
|---------|------|----------------------------------|-------------|
| 大梁      |      | H-300×150×6.5×9                  |             |
| 小梁      |      | H-250×125×5×9                    |             |
| CLT パネル |      | 4000×2000×150<br>(強度等級：Mx60-5-5) |             |
| 鉄骨梁上接合  | 接合鋼板 | PL-9                             | PL-4.5      |
|         | ビス   | パネリード<br>PK8-90@100              | STS・C65@100 |
| スプライン接合 | 接合鋼板 | PL-6                             | PL-4.5      |
|         | ビス   | パネリード<br>PK8-90@100              | STS・C65@100 |

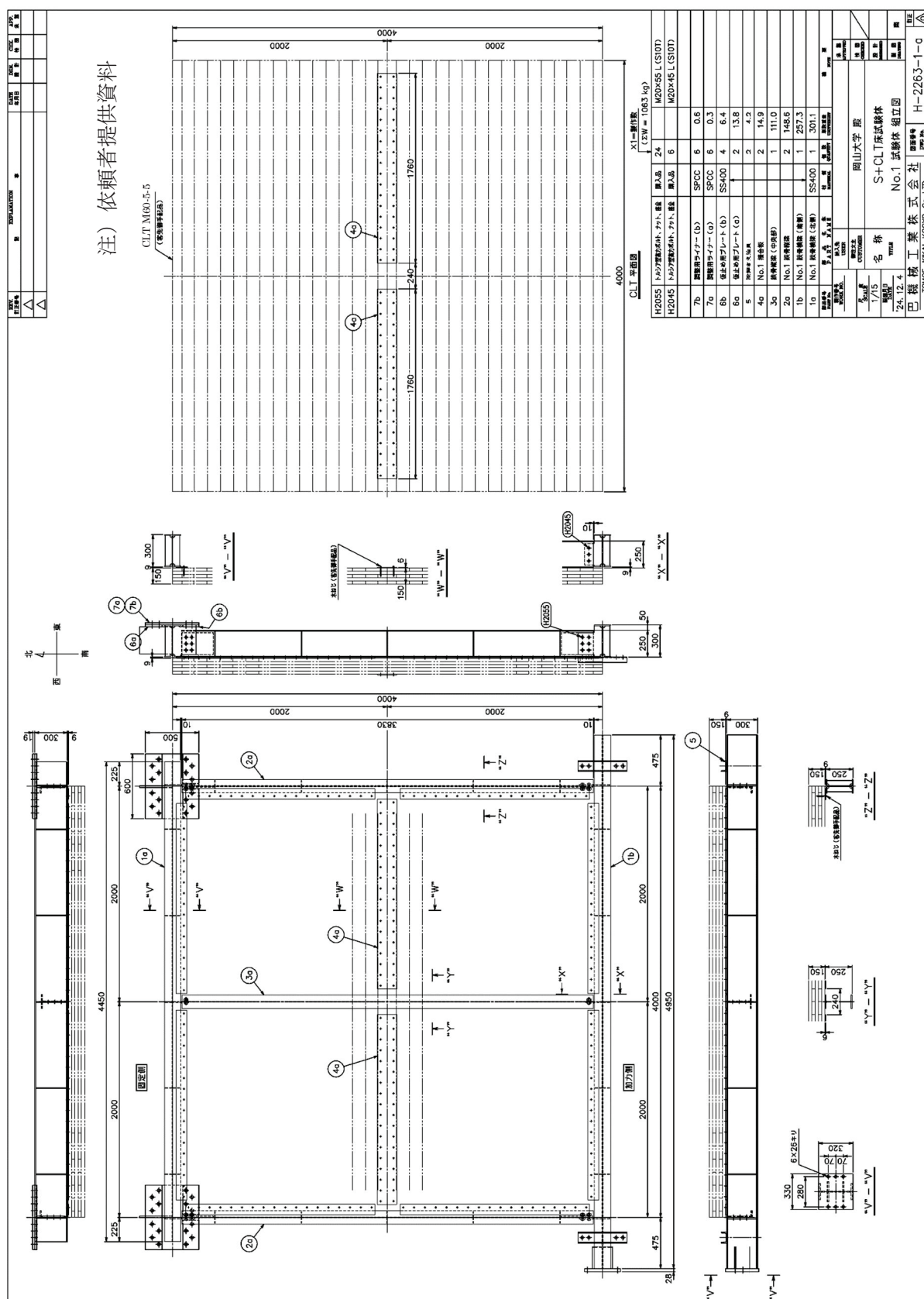


図2.1 試験体の形状寸法 [試験体 No.1]

(寸法単位: mm)



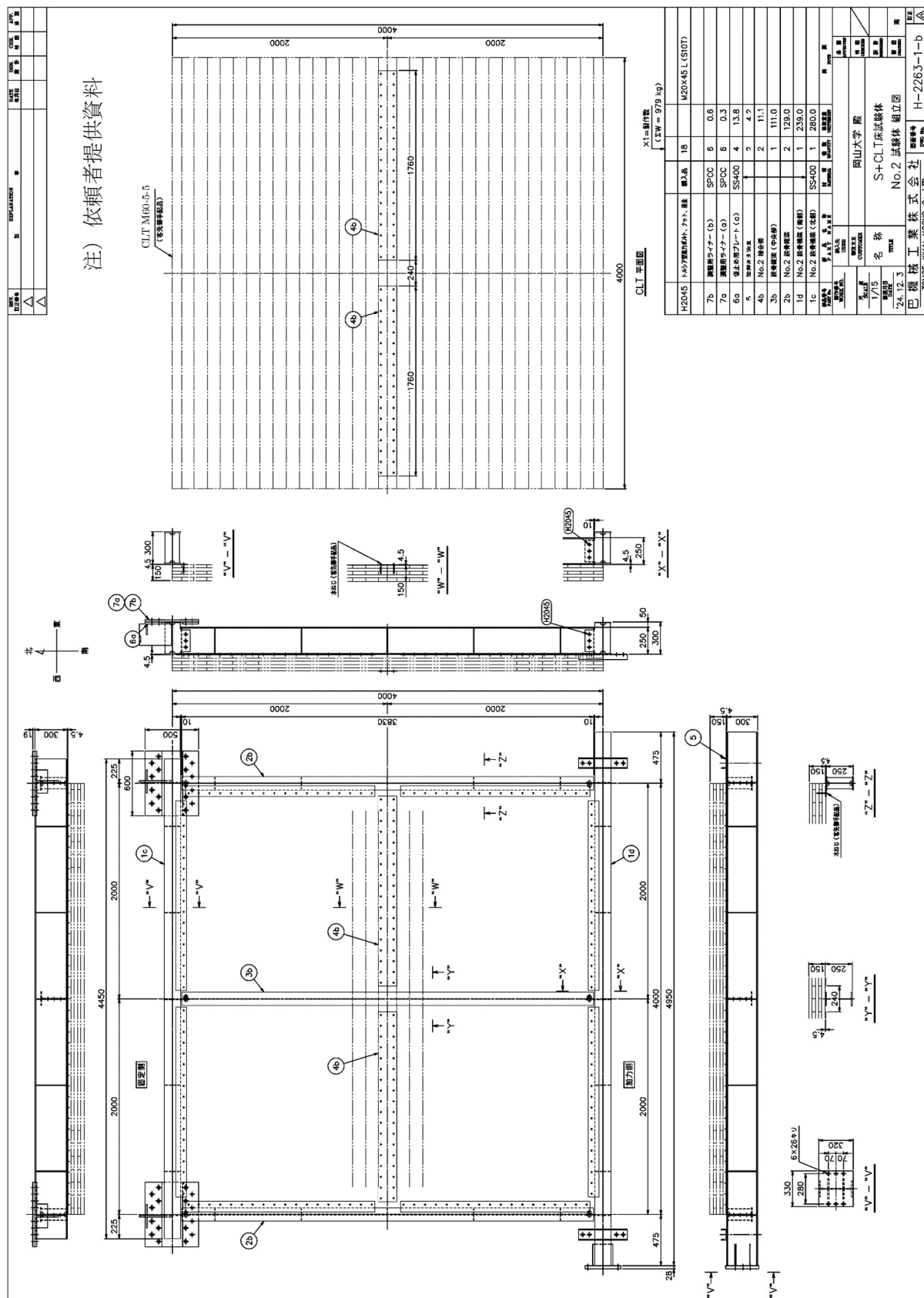
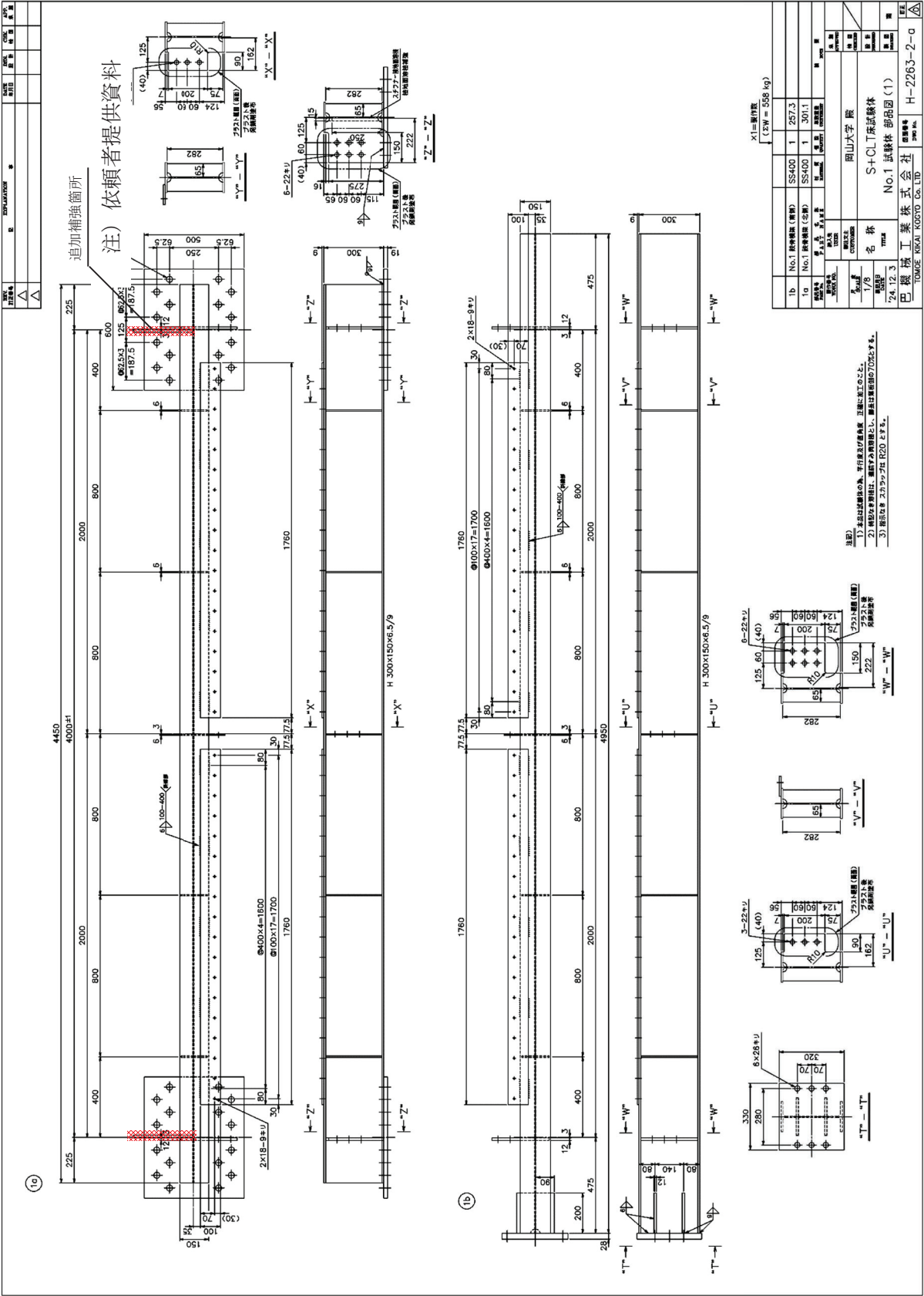
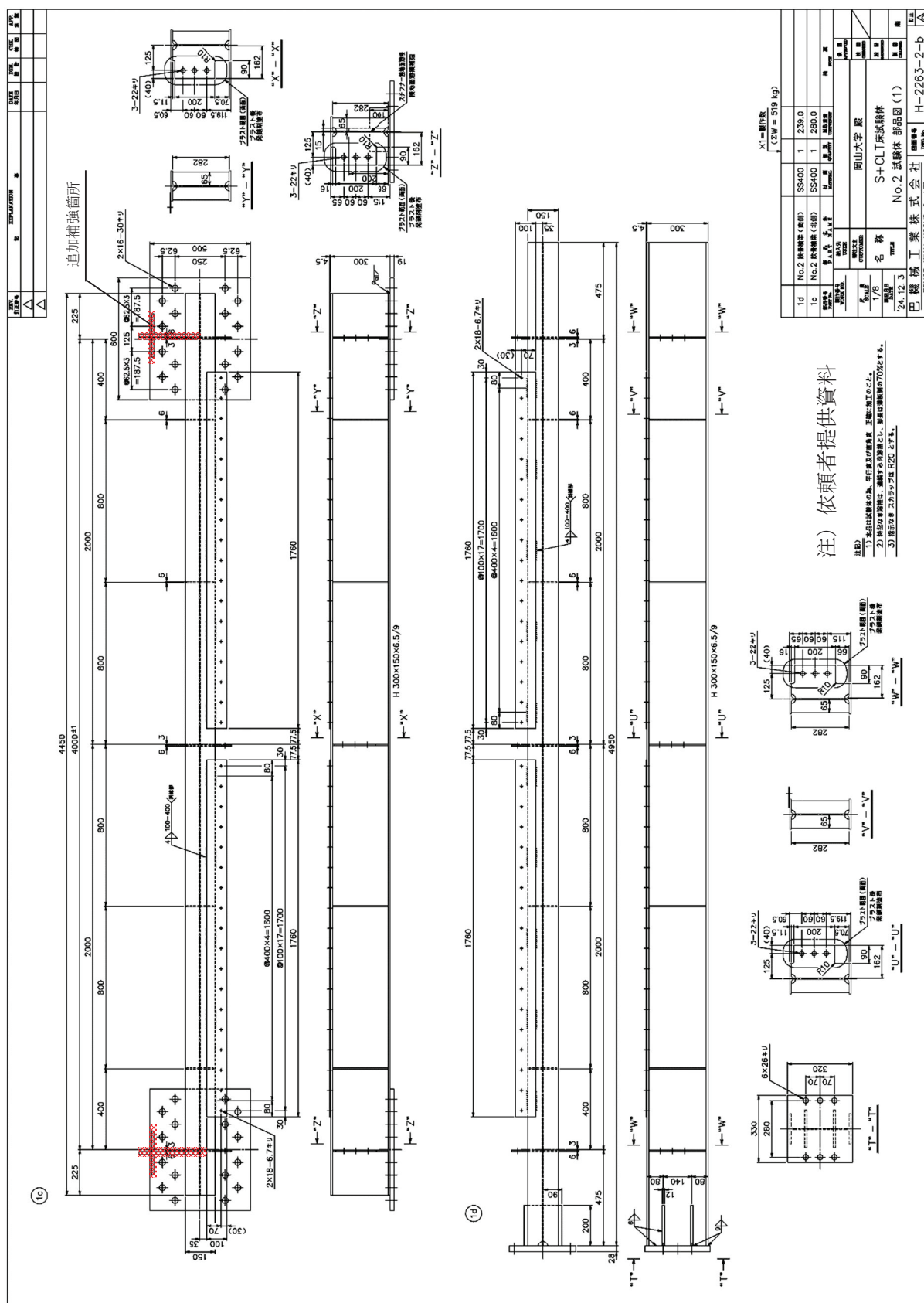


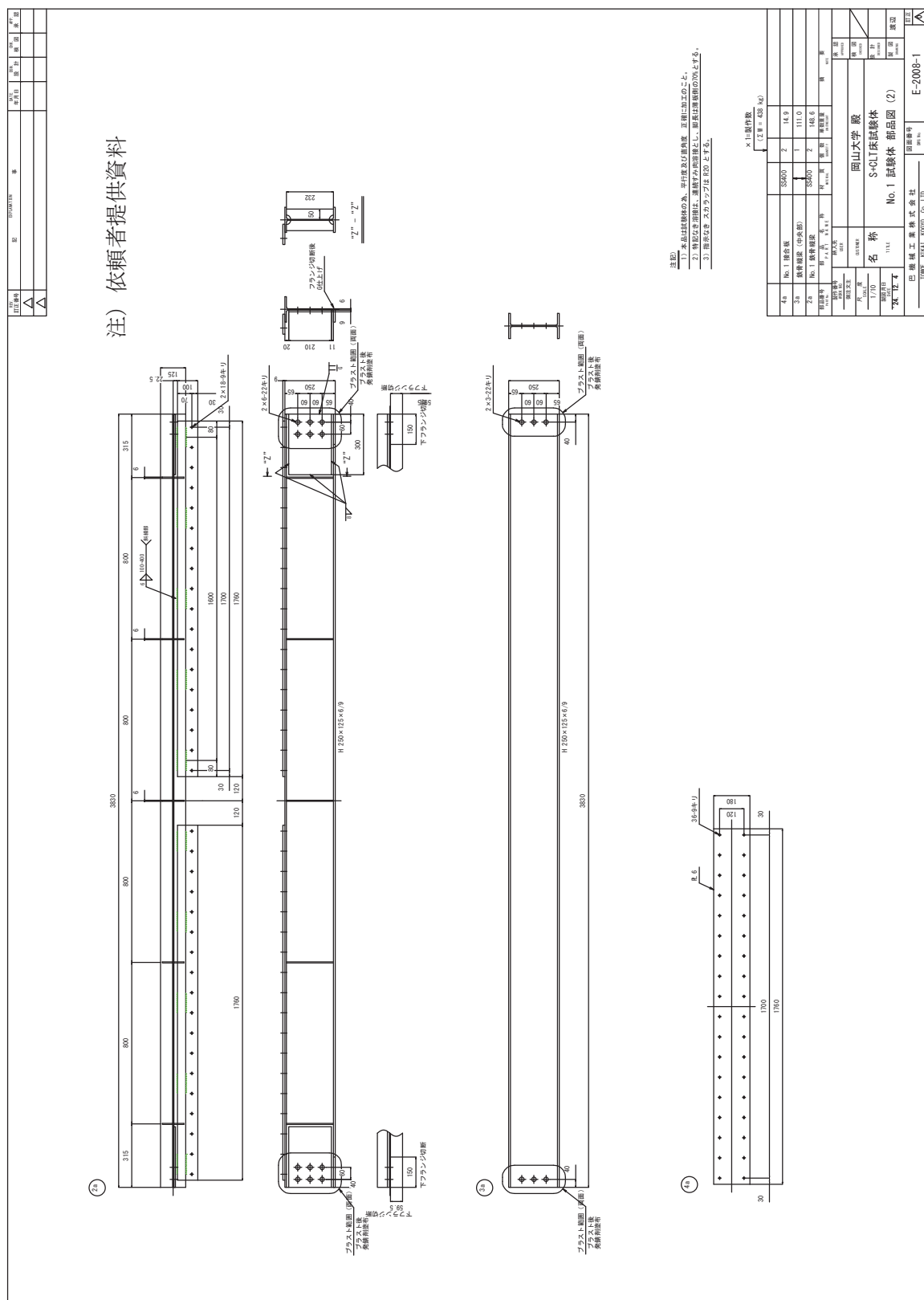
図 2.2 試験体の形状寸法 [試験体 No.2]



(寸法単位: mm)

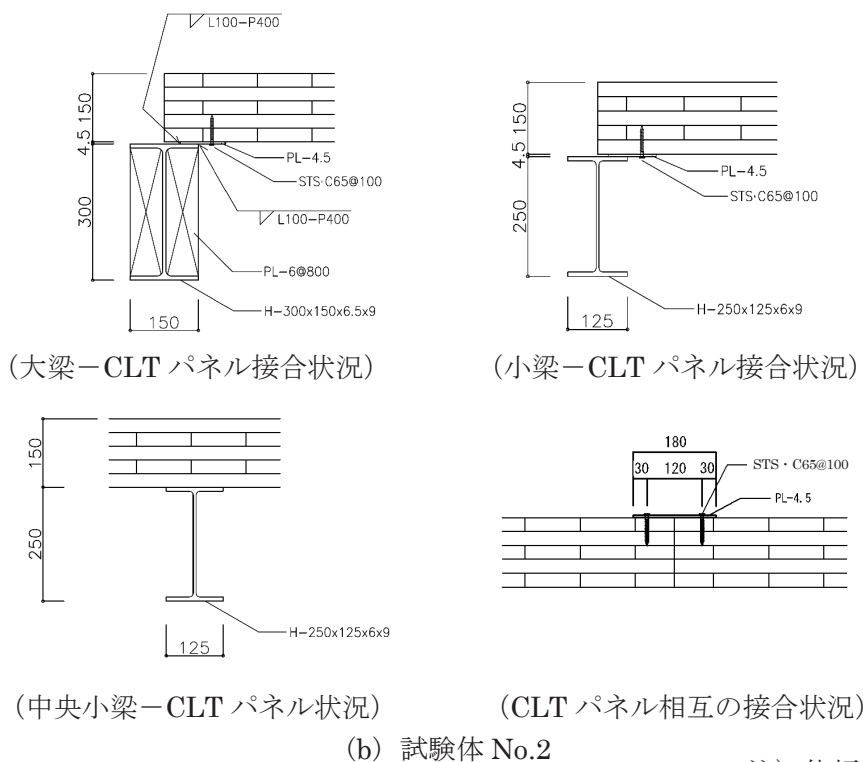
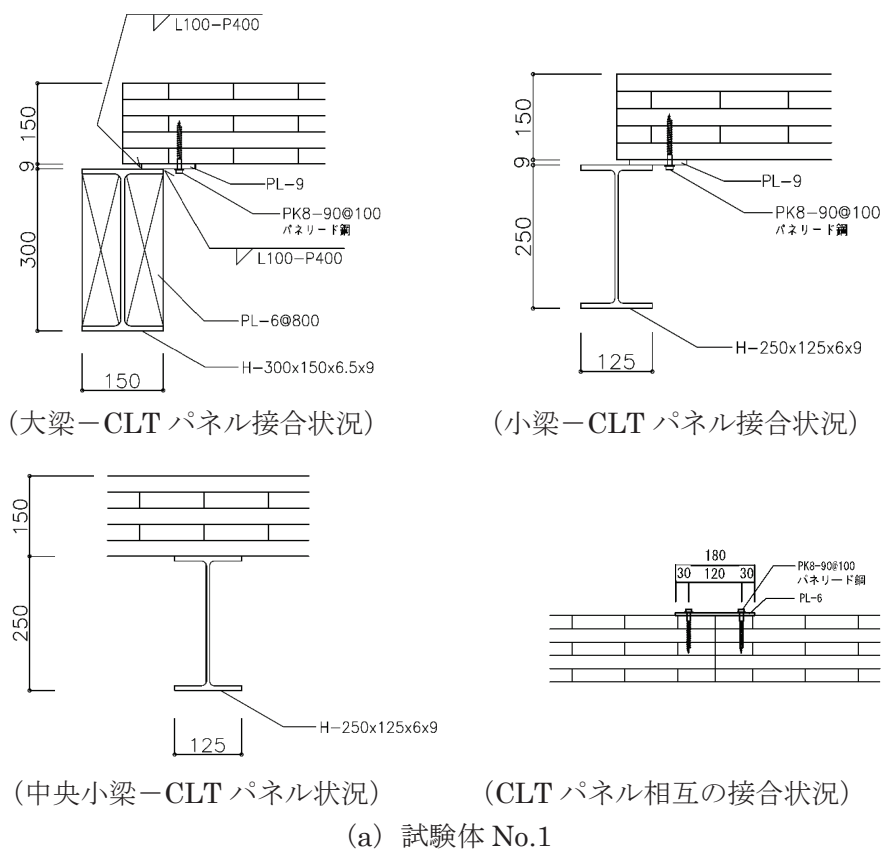


(寸法単位: mm)



(寸法単位: mm)





注) 依頼者提供資料

(寸法単位 : mm)

図 2.7 接合部詳細

## 2.2 使用材料

各使用材料の一覧を表 2.2 に示す。

表 2.2 使用材料

| No. | 部品名称            |         |                   | 材料名                                            | 規格                                       |
|-----|-----------------|---------|-------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1   | CLTパネル          |         |                   | 4000×2000×150<br>樹種：杉<br>接着剤：水性高分子ーイソシアネート系接着剤 | 強度等級：Mx60-5-5<br>(JAS 3079)              |
| 2   | 大梁              |         |                   | H-300×150×6.5×9                                | SS400<br>(JIS G 3101)                    |
| 3   | 小梁              |         |                   | H-250×125×5×9                                  |                                          |
| 4   | 接合鋼板            | 試験体No.1 | 鉄骨梁上接合            | PL-9-180×1760                                  |                                          |
| 5   |                 |         | スプライン接合           | PL-6-180×1760                                  |                                          |
| 6   |                 | 試験体No.2 | 鉄骨梁上接合<br>スプライン接合 | PL-4.5-180×1760                                |                                          |
| 7   | トルシア形<br>高力ボルト  | 試験体No.1 |                   | M20×55                                         | S10T<br>(JIS B 1186)                     |
| 8   |                 | 試験体No.2 |                   | M20×45                                         |                                          |
| 9   | CLTパネル<br>接合用ビス | 試験体No.1 |                   | パネリード鋼<br>PK8-90<br>(シネジック(株)製)                | 冷間圧造用炭素鋼線<br>SWCH22A相当<br>(JIS G 3507-2) |
| 10  |                 | 試験体No.2 |                   | 四角穴付きタッピンねじ<br>STS・C65<br>((株)天野製作所製)          | Xマーク表示金物                                 |

### 3 実験方法

#### 3.1 載荷方法

実験装置を図 3.1、写真 3.1～写真 3.2 に示す。載荷は、図 3.1 に示すように、試験体北側の大梁（固定側大梁）に溶接接合したベースプレートを鋼製土台にボルトで固定し、南側の大梁（加力側大梁）の西端部に水平方向にせん断力を与える方法により行った。加力には押 1000kN 引 500kN の油圧ジャッキを用い、油圧ジャッキの押し方向を正方向とした。加力側大梁には、両端部にローラー支承および振れ止め装置を配置した。

載荷履歴は、目標層間変形角  $R=1/400, 1/200, 1/100, 1/50, 1/40 \times 10^{-3}\text{rad}$  で 2 サイクルずつの正負繰返し載荷とすることを原則とし、途中で最大荷重の 80% 程度の耐力低下が生じた場合は、破壊状況を確認した上で実験終了とした。

#### 3.2 測定項目

測定項目を以下に示す。

##### (1) 荷重

せん断力  $Q$  は図 3.1 に示すロードセルの読み値（正：油圧ジャッキの押し方向）を用いた。

##### (2) 変位

図 3.2 に示す変位計を用いて、各部の変位を測定し、表 3.1 に示す項目を求めた。また、各項目の正值の定義については表 3.2 に示す。なお、加力方向に平行な方向を  $X$  方向、加力方向に直交する方向を  $Y$  方向と定義した。

##### (3) ひずみ

ひずみ測定位置を図 3.3 に示す。同図に示すように、西側の小梁（加力側小梁）、固定側大梁および中央小梁の各ひずみを、ひずみゲージを用いて測定した。ひずみゲージ一覧を表 3.3 に示す。なお、ひずみは 1 箇所につき 1 枚のひずみゲージを貼付しており、その読み値をひずみの測定値とした。



表 3.1 計算式一覧

| 項目               |         | 計算式                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 荷重               | せん断力    | $Q$ : ロードセルの読み                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 鉄骨<br>フレーム<br>変形 | 層間変形角   | $R=(D_1-D_2+D_3-D_4)/(2 \cdot V)$                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                  | 各辺の回転角  | $\theta_w=(D_1+D_3)/V$ , $\theta_e=(-D_2-D_4)/V$ , $\theta_s=(D_5-D_6)/H_1$ ,<br>$\theta_n=(-D_7+D_8)/H_2$ ,                                                                                                                                                                                         |
| CLTパネル<br>変形     | Y方向の変形角 | $\theta_y=(D_9-D_{10}-D_{11}+D_{12})/2/D_{v2}$                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                  | X方向の変形角 | $\theta_x=(D_{13}-D_{14}-D_{15}+D_{16})/2/D_{h2}$                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                  | せん断変形角  | $\gamma_{p1}=\theta_x-\theta_y$                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                  |         | $\gamma_{p2}=\gamma_x+\gamma_y=\left\{\left(\sqrt{D_{v1}^2+D_{h1}^2}\right)/(D_{v1} \cdot D_{h1})\right\} \cdot (D_{22}-D_{21})/2$<br>$\gamma_x=D_{h1}(D_{22}-D_{21})/\left(2D_{v1}\sqrt{D_{h1}^2+D_{v1}^2}\right)$<br>$\gamma_y=D_{v1}(D_{22}-D_{21})/\left(2D_{h1}\sqrt{D_{h1}^2+D_{v1}^2}\right)$ |
|                  |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| CLTパネル-小梁の相対ずれ量  |         | $\delta_{17}=-D_{17}$<br>$\delta_{18}=D_{18}$                                                                                                                                                                                                                                                        |
| CLTパネル相互の相対ずれ量   |         | $\delta_{19}=D_{19}$                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| CLTパネル-大梁の相対ずれ量  |         | $\delta_{20}=D_{20}$                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

(注) 1.  $V$  : 大梁の  $X$  方向変位測定点間距離 (=4060mm)

2.  $H_1$  : 加力側大梁の  $Y$  方向変位測定点間距離 (=3900mm)

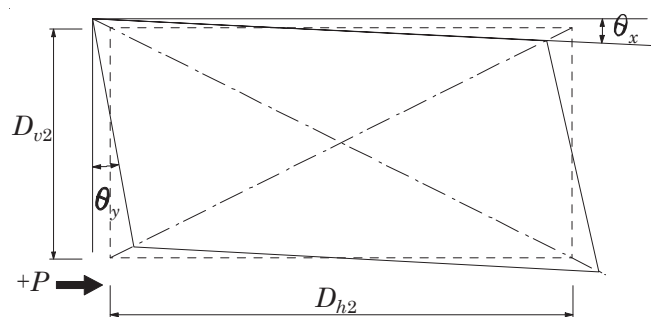
3.  $H_2$  : 固定側大梁の  $Y$  方向変位測定点間距離 (=4100mm)

4.  $D_{h1}$  : DT21、DT22 の  $X$  方向測定点間距離 (=1600mm)

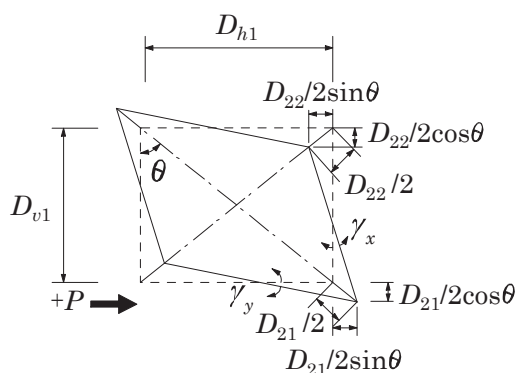
5.  $D_{v1}$  : DT21、DT22 の  $Y$  方向測定点間距離 (=1600mm)

6.  $D_{h2}$  : CLT パネルの  $Y$  方向変位測定点間距離 (=3700mm)

7.  $D_{v2}$  : CLT パネルの  $X$  方向変位測定点間距離 (=1700mm)



【CLTパネルのせん断変形角  $\gamma_{p1}$  の定義】



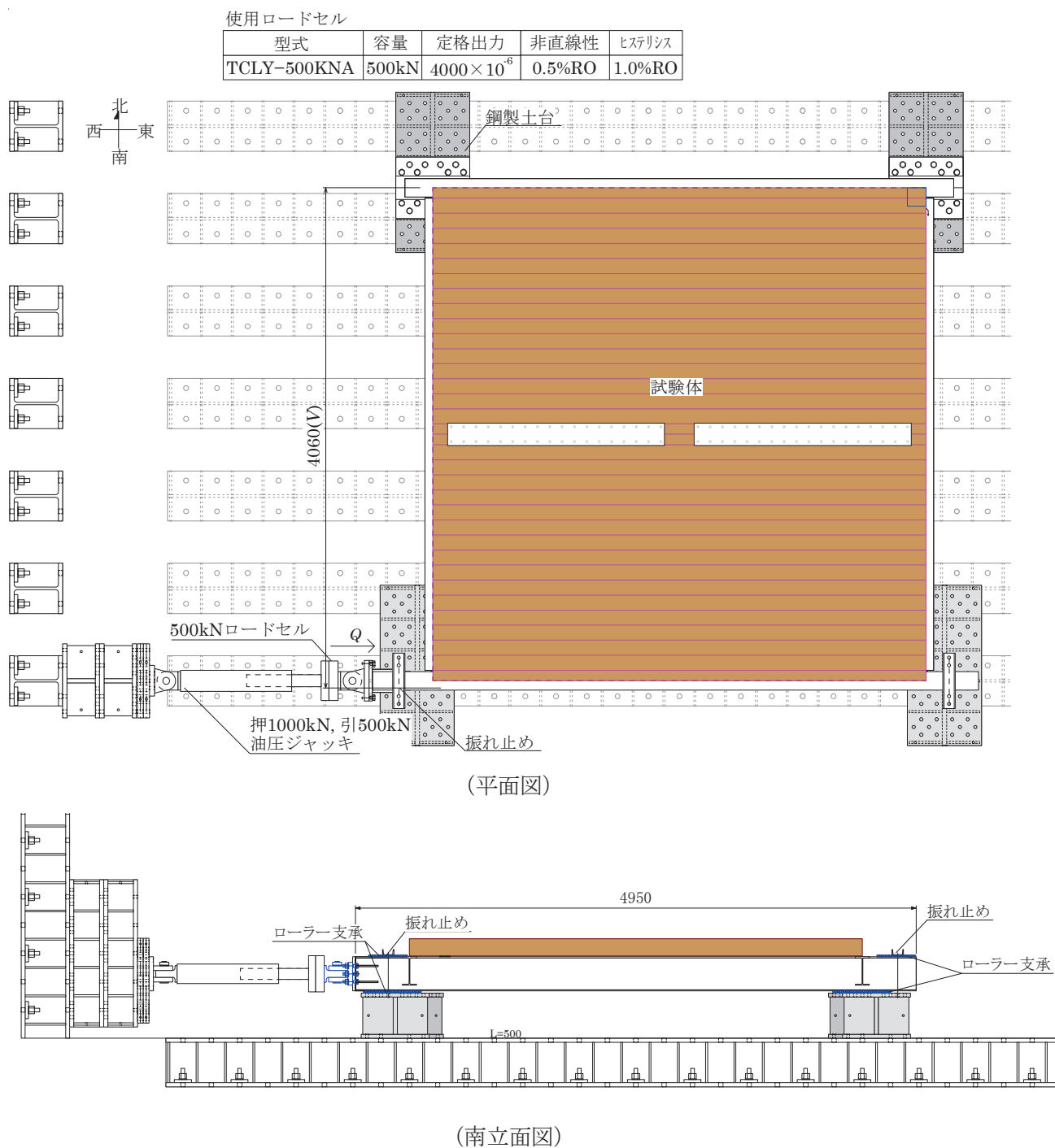
【CLTパネルのせん断変形角  $\gamma_{p2}$  の定義】

表 3.2 正值の定義

| 項目        | ロードセル<br>による読み | 変位計に<br>よる読み     | ひずみゲージ<br>による読み | $R, \theta_\omega, \theta_e, \theta_s$<br>$, \theta_n, \theta_x$ | $\theta_y$     | $\gamma_{p1}, \gamma_{p2}, \gamma_x,$<br>$\gamma_y$ | $\delta_i$  |
|-----------|----------------|------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------|-------------|
|           | $Q$            | $D_i$            | $\varepsilon_i$ |                                                                  |                |                                                     |             |
| 正值の<br>定義 | ジャッキの<br>押し方向  | スピンドルの<br>押し込み方向 | 引張ひずみ           | 上面を基準に<br>反時計回り                                                  | 上面を基準に<br>時計回り | 正加力時の<br>変形                                         | 図3.2に<br>示す |

表3.3 ひずみゲージ一覧

| 試験体名      | 加力側小梁                   |      | 固定側大梁     |      | 中央小梁       |      |
|-----------|-------------------------|------|-----------|------|------------|------|
|           | 測定番号                    | 測定点数 | 測定番号      | 測定点数 | 測定番号       | 測定点数 |
| 全試験体      | W1wu～W4eb               | 24   | N1nu～N1sb | 4    | C1wu, C1eu | 2    |
| ひずみゲージの仕様 | 型式：FLAB-3-11 (株)東京測器研究所 |      |           |      |            |      |



(単位寸法 : mm)

図 3.1 実験装置

注) 1.図中のDTは変位計番号を表す。

| 変位計                        | 型式       | 感度                             | 非直線性     | F.S.  |
|----------------------------|----------|--------------------------------|----------|-------|
| DT1,DT2                    | SDP-200D | $50 \times 10^{-6}/\text{mm}$  | 0.3%F.S. | 200mm |
| DT3,DT4,DT7~DT14,DT20~DT22 | CDP-25   | $500 \times 10^{-6}/\text{mm}$ | 0.1%F.S. | 25mm  |
| DT5,DT6,DT15~DT19          | CDP-50   | $200 \times 10^{-6}/\text{mm}$ | 0.1%F.S. | 50mm  |

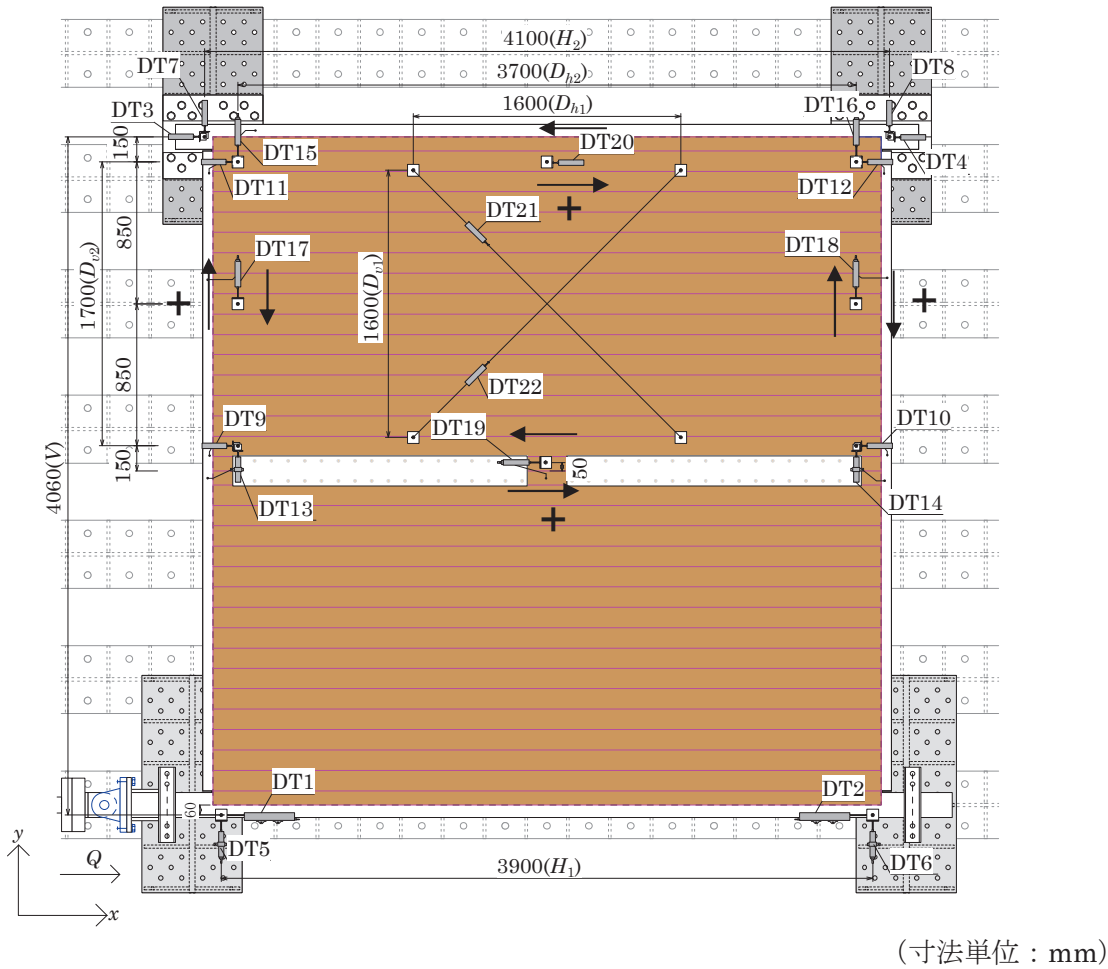
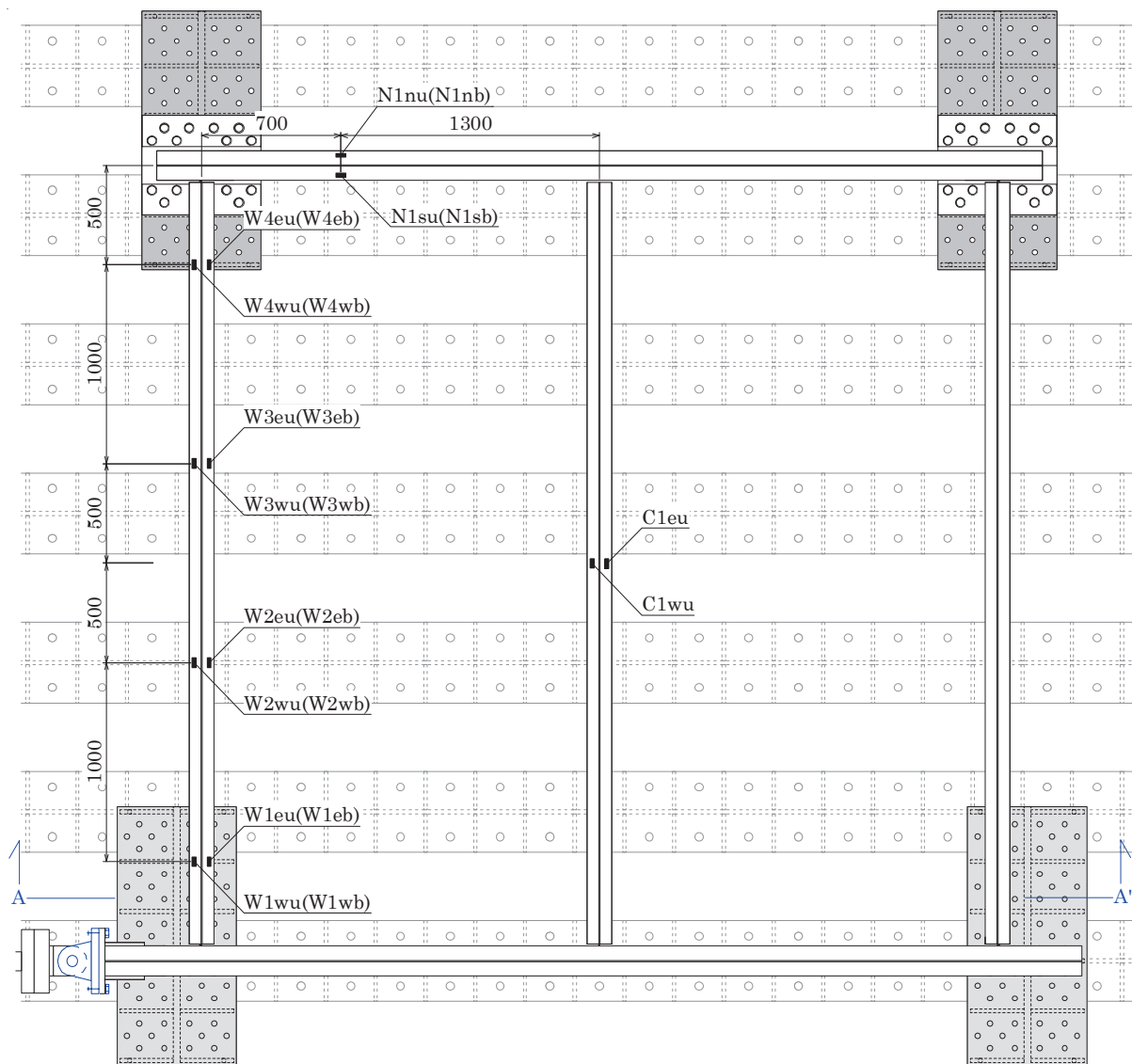
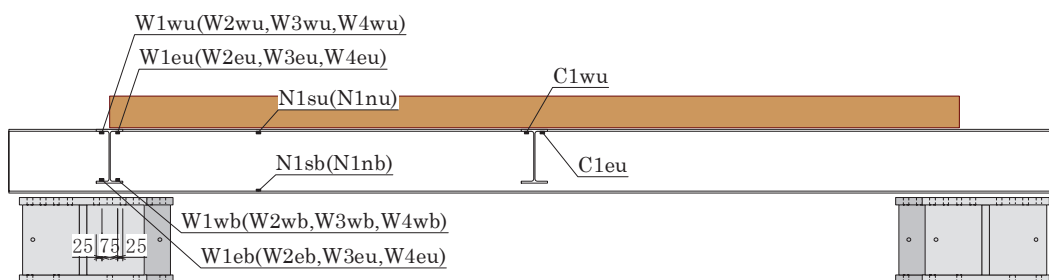


図 3.2 変位測定位置



(平面図)



(A-A' 矢視図)

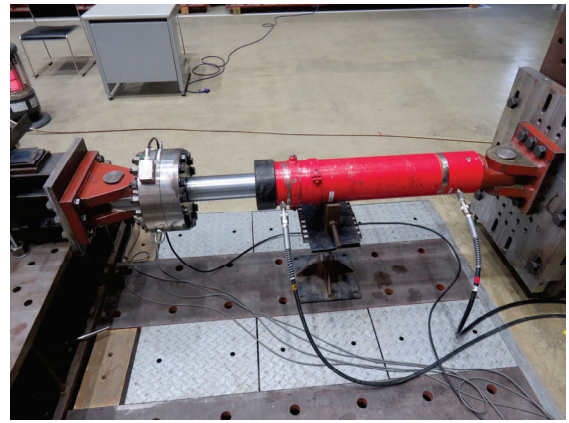
(寸法単位 : mm)

図 3.3 ひずみ測定位置





(a) 全景



(b) 加力部の状況



(c) 振れ止めの状況 [加力側]



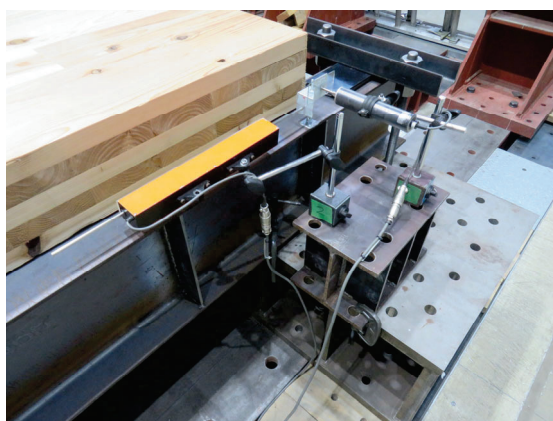
(d) 振れ止めの状況 [非加力側]



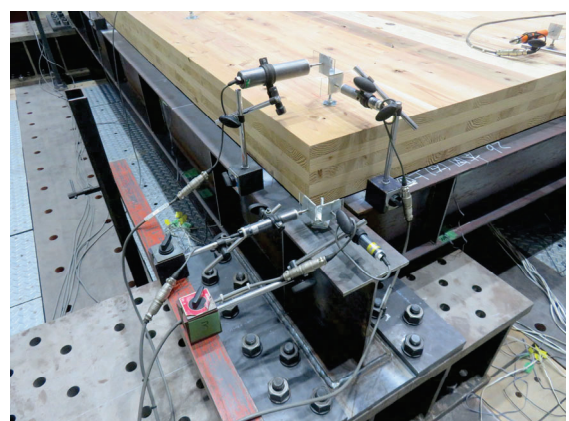
(e) 固定側の状況



(f) 変位計設置状況 [DT1, DT5]



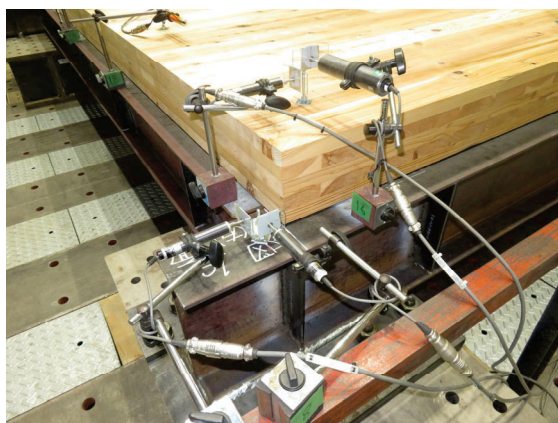
(g) 変位計設置状況 [DT2, DT6]



(h) 変位計設置状況 [DT3, DT7, DT11, DT15]

写真3.1 実験装置 (その1)

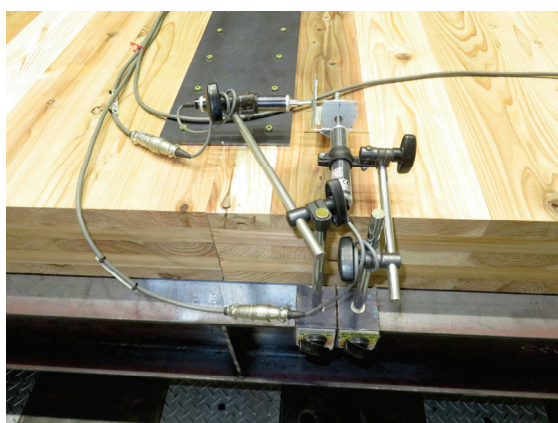




(a) 変位計設置状況 [ DT4, DT8, DT12, DT16]



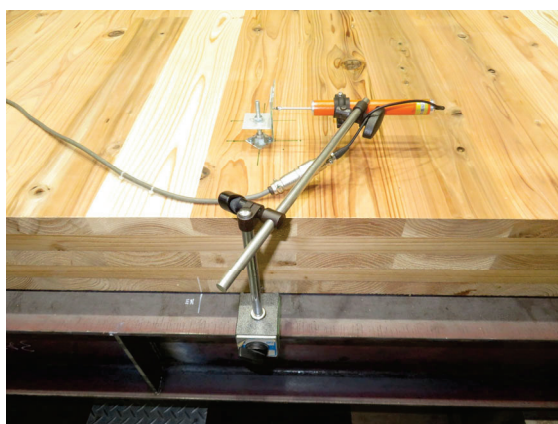
(b) 変位計設置状況 [ DT9, DT13]



(c) 変位計設置状況 [ DT10, DT14]



(d) 変位計設置状況 [ DT17]



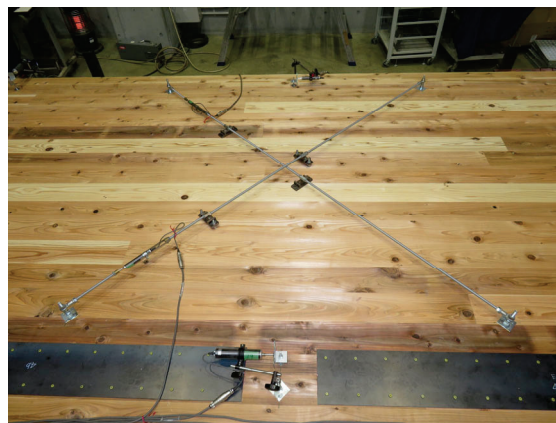
(e) 変位計設置状況 [ DT18]



(f) 変位計設置状況 [ DT19]



(g) 変位計設置状況 [ DT20]



(h) 変位計設置状況 [ DT21, DT22]

写真3.2 実験装置 (その2)

## 4 実験結果

### 4.1 荷重－変形関係および破壊状況

試験体 No.1、No.2 のせん断力  $Q$ －層間変形角  $R$  関係および発生現象を図 4.1.1～図 4.1.2 に、実験終了後の試験体状況を図 4.1.3～図 4.1.4 に示す。

#### 【試験体 No.1】

図 4.1.1 に示すように、試験体 No.1 は、1 サイクル目負加力  $R=-2.5 \times 10^{-3} \text{rad}$  までに CLT パネルと大梁、小梁の接合鋼板の間に浮き上がりが生じ、3 サイクル目正加力  $R=5 \times 10^{-3} \text{rad}$  までに CLT パネルと大梁、小梁の接合ビスの曲げ変形が生じた。7 サイクル目正加力  $R=12 \times 10^{-3} \text{rad}$  に CLT パネル上面に割り裂きが生じ、 $R=15 \times 10^{-3} \text{rad}$  時に最大荷重 431kN に達した直後に CLT パネルと固定側大梁、加力側小梁の接合ビスの抜け出しおよび破断が生じ、荷重が急激に低下した。

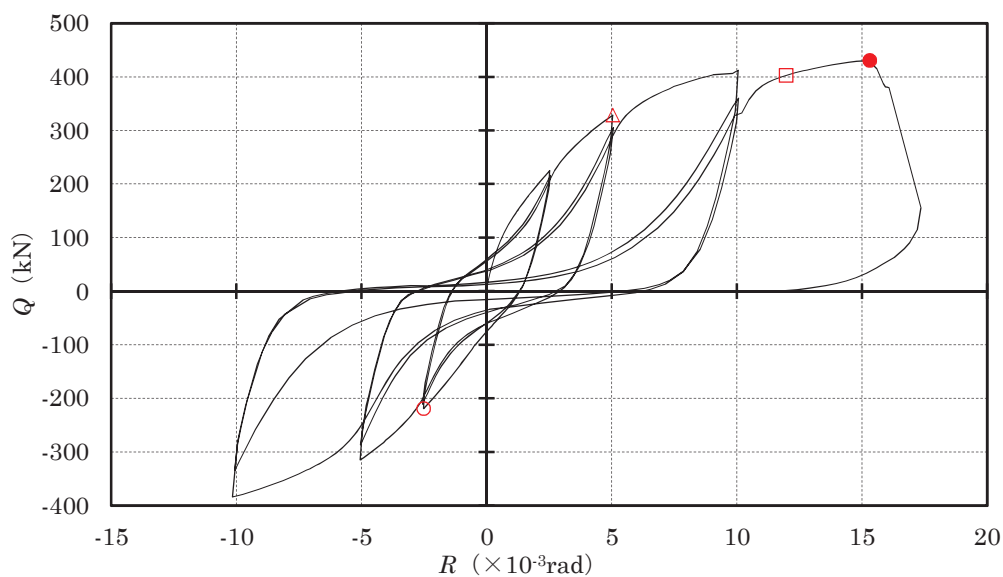
また、図 4.1.3 に示すように、実験終了後に接合ビスの破断、南北両方の CLT パネルに加力平行方向の割り裂きおよび固定側大梁のガセットプレートに曲げ変形が確認された。

#### 【試験体 No.2】

図 4.1.2 に示すように、試験体 No.2 は、3 サイクル目正加力  $R=4.4 \times 10^{-3} \text{rad}$  時に固定側大梁の東側ガセットプレートの曲げ変形により荷重が低下し、3 サイクル目正加力  $R=5 \times 10^{-3} \text{rad}$  までに CLT パネルと大梁、小梁の接合鋼板の間に浮き上がり、CLT パネルと大梁、小梁の接合ビスの曲げ変形が生じた。 $R=5.0 \times 10^{-3} \text{rad}$  の所定到達時に、曲げ変形した東側ガセットプレートの溶接部が破断していたことが確認されたため、荷重を除荷したのち実験を一時中断し、溶接破断箇所の溶接増し補強とその周囲を追加補強した（図 2.4 参照）。その後の載荷履歴は、荷重を除荷した時点の層間変形角  $R=3.1 \times 10^{-3} \text{rad}$  を基点とし、そこから正負に  $R=2.5, 5.0 \times 10^{-3} \text{rad}$  を 1 サイクルずつ繰返し載荷 ( $R=5.6, 0.6, 8.1, -1.9 \times 10^{-3} \text{rad}$ ) し、正加力方向への単調載荷を行った。 $R=11 \times 10^{-3} \text{rad}$  時に接合ビスの抜け出しおよび CLT パネルの浮き上がりが進展し、 $R=13.7 \times 10^{-3} \text{rad}$  時に最大荷重 273kN に達した後、CLT パネルの割り裂きおよび接合ビスの破断が生じた。その後、 $R=17.6 \times 10^{-3} \text{rad}$  時に追加補強した固定側大梁の東側ガセットプレートの溶接部に再度曲げ変形が発生したため、 $R=19.7 \times 10^{-3} \text{rad}$  時に実験を終了した。

また、図 4.1.4 に示すように、実験終了後に CLT パネル接合ビスの破断、南北両方の CLT パネルに加力平行方向の割り裂き、固定側大梁ガセットプレートおよび非加力側小梁のウェブに曲げ変形が確認された。





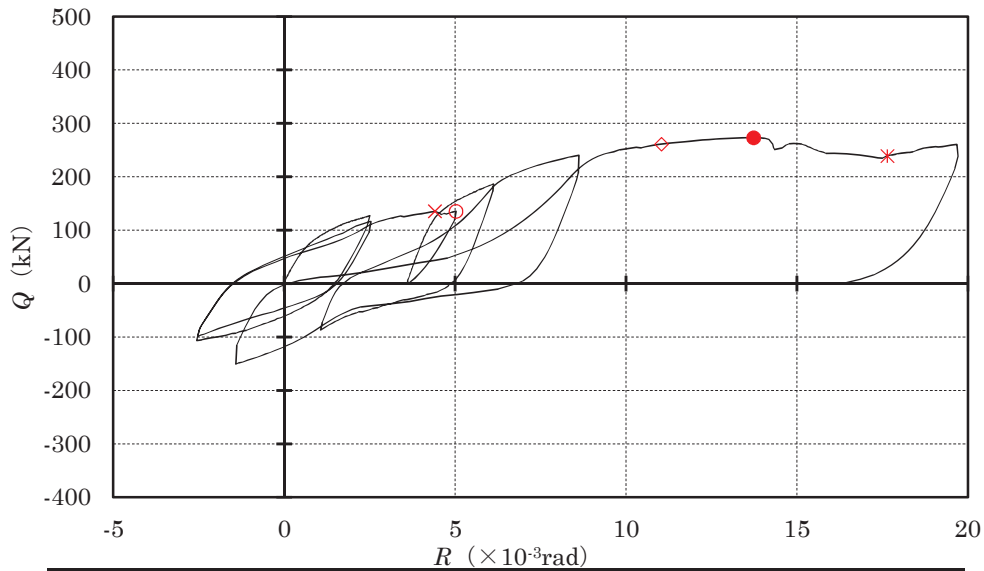
| 図中<br>記号 | サイクル<br>数 | Q<br>(kN) | R<br>( $\times 10^{-3}$ rad) | 発生現象          |
|----------|-----------|-----------|------------------------------|---------------|
| ○        | 1         | -219      | -2.5                         | ①             |
| △        | 3         | 329       | 5.0                          | ②             |
| □        | 7         | 403       | 12.0                         | ③             |
| ●        | 7         | 431       | 15.3                         | $Q_{max}$ , ④ |

〔試験体：No.1〕

表中の発生現象番号の定義を以下に示す。(P<sub>max</sub>:最大荷重時)



図4.1.1 Q-R関係（主な発生現象，試験体No.1）



| 図中<br>記号 | サイクル<br>数 | Q<br>(kN) | R<br>( $\times 10^{-3}$ rad) | 発生現象                    |
|----------|-----------|-----------|------------------------------|-------------------------|
| ×        | 3         | 135       | 4.4                          | ⑤                       |
| ○        | 3         | 135       | 5.0                          | ①, ②, ⑦                 |
| ◇        | 6         | 261       | 11.0                         | ④, ⑧                    |
| ●        | 6         | 273       | 13.7                         | Q <sub>max</sub> , ③, ⑨ |
| *        | 6         | 239       | 17.6                         | ⑥                       |

[試験体：No.2]

表中の発生現象番号の定義を以下に示す。(Q<sub>max</sub>:最大荷重時)

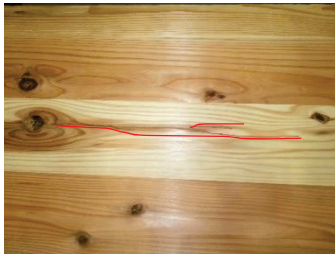
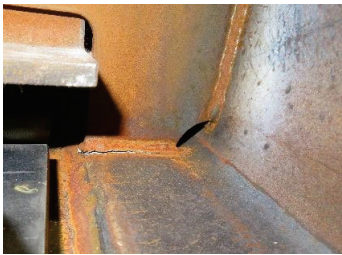
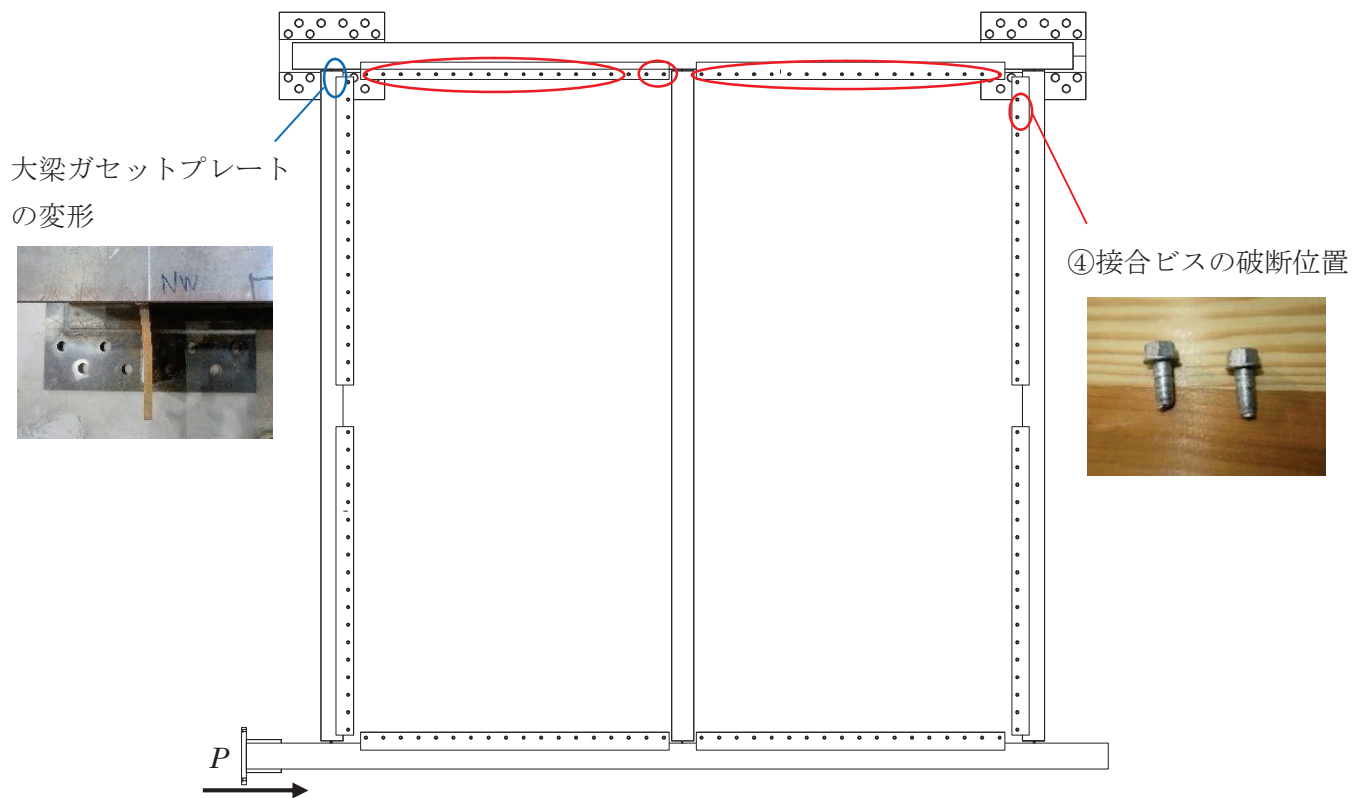
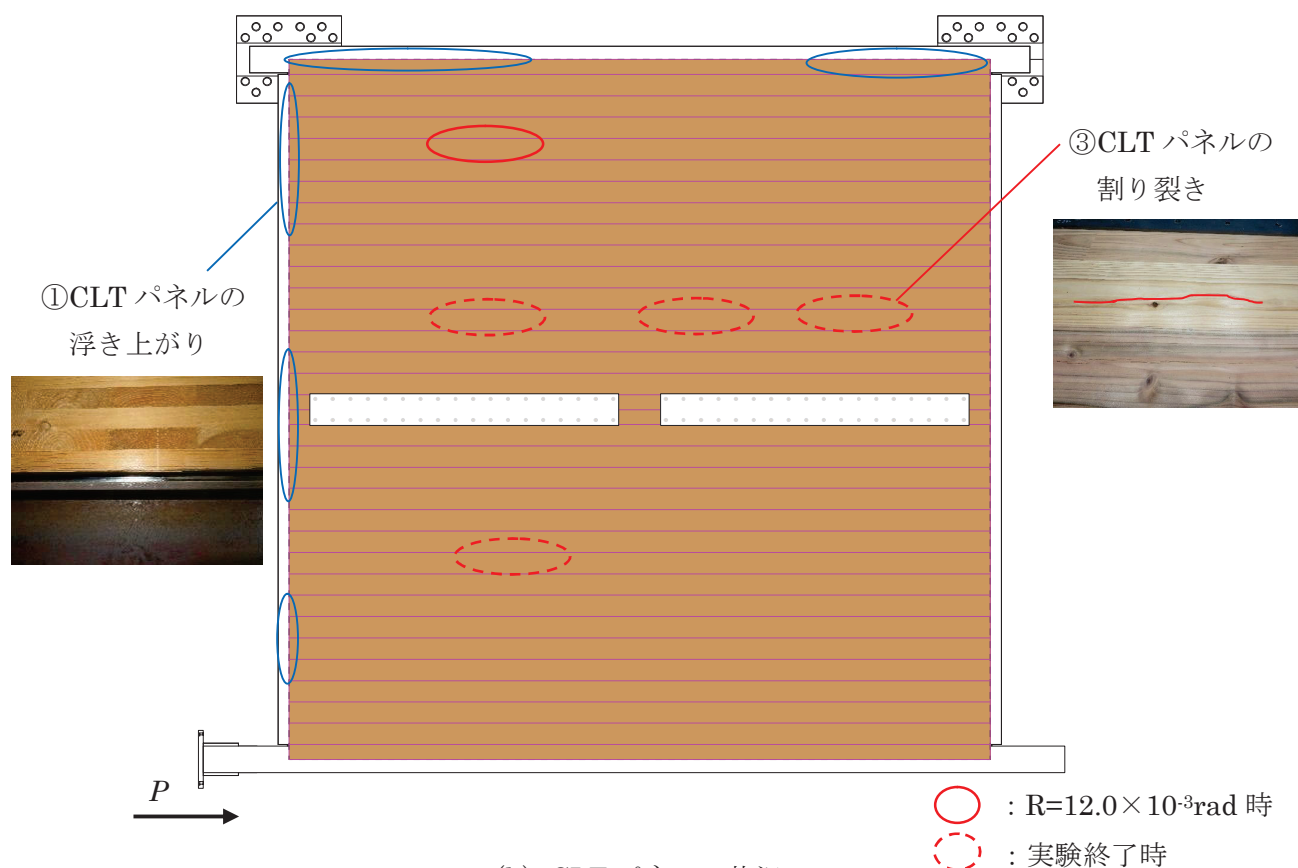
|                                                                                                                                                            |                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>①：CLTパネルの浮き上がり<br/>⑧：①進展</p>                                        |  <p>②：接合ビスの曲げ変形</p>                            |
|  <p>③：CLTパネルの割り裂き</p>                                                   |  <p>④：接合ビスの抜け出し<br/>⑨：接合ビスの破断<br/>(試験後に確認)</p> |
|  <p>⑤：固定側大梁ガセットプレートの<br/>曲げ変形(追加補強前)<br/>⑦：固定側大梁ガセットプレート<br/>溶接部の破断</p> |  <p>⑥：大梁-小梁接合具溶接部の<br/>曲げ変形(追加補強後)</p>         |

図4.1.2 Q-R 関係 (主な発生現象, 試験体No.2)

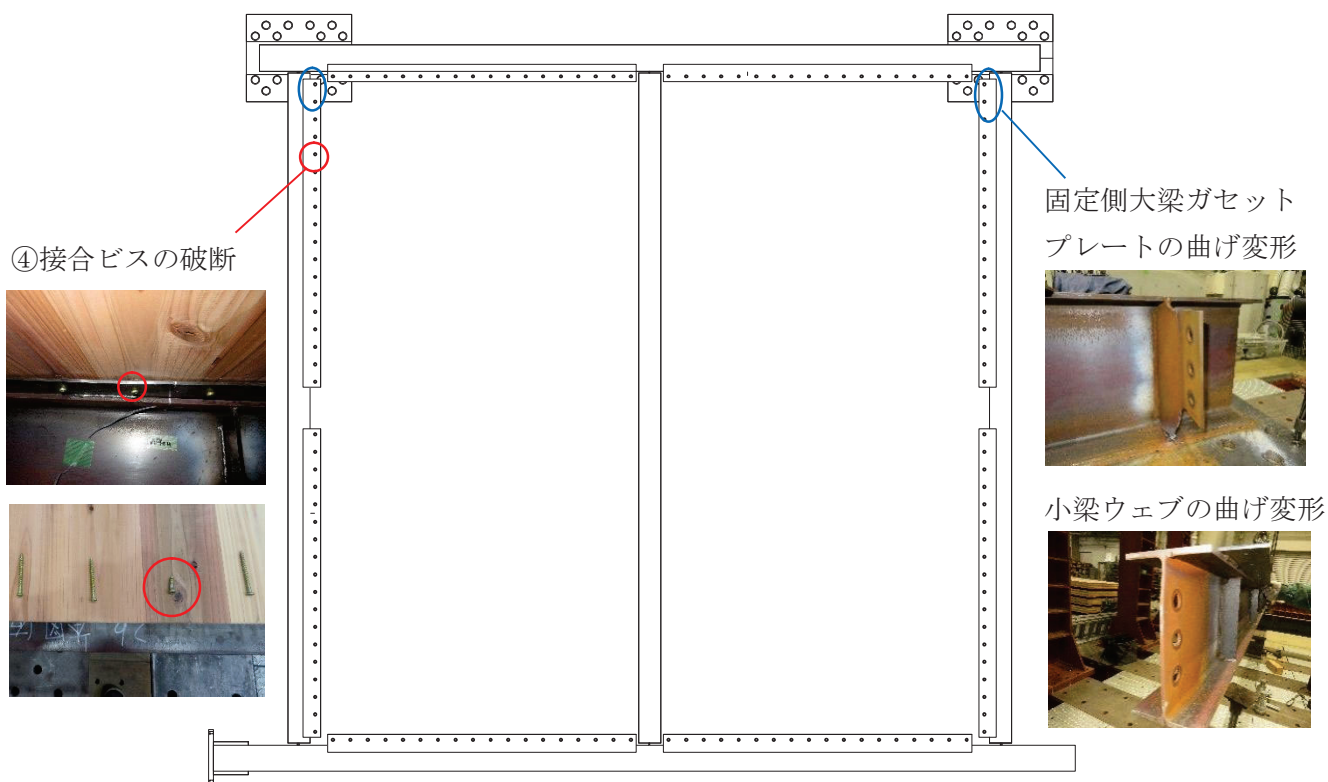


(a) 鉄骨フレームおよび接合ビスの状況

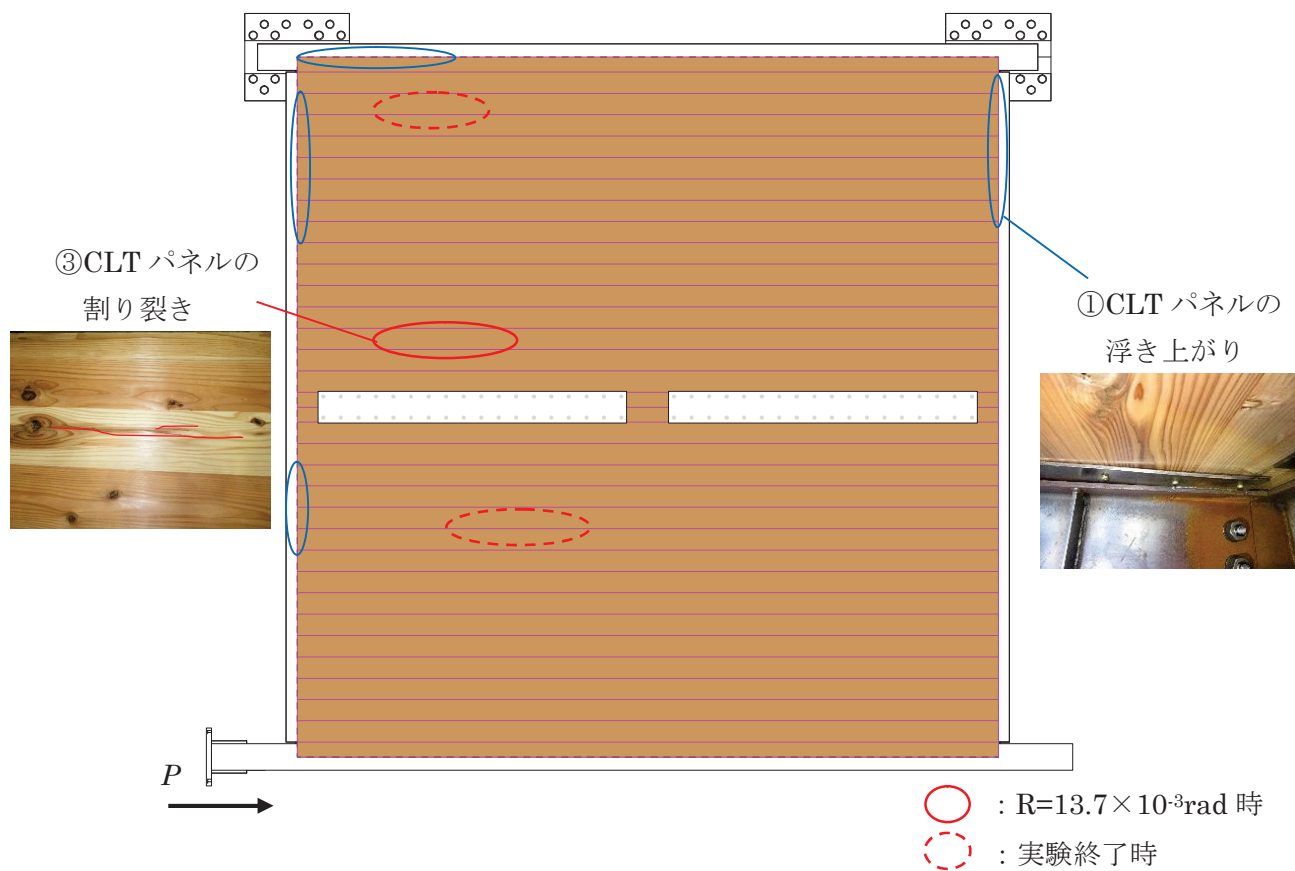


(b) CLT パネルの状況

図 4.1.3 実験終了後の試験体状況 (試験体 No.1)



(a) 鉄骨フレームおよび接合ビスの状況



(b) CLT パネルの状況

図 4.1.4 実験終了後の試験体状況 (試験体 No.2)

## 4.2 鉄骨フレームの各辺の回転角の推移

各所定時および最大荷重時の試験体 No.1、No.2 の鉄骨フレームの各辺の回転角の推移を図 4.2 に示す。

試験体 No.1、No.2 とともに回転角  $\theta_w$  および  $\theta_e$  が最大荷重時に  $15 \times 10^{-3} \text{rad}$  程度となり、Y 方向の回転角が大きくなる傾向となった。また、試験体 No.2 では回転角  $\theta_s$  および  $\theta_n$  が層間変形角  $R=5 \times 10^{-3} \text{rad}$  までの間に  $5 \times 10^{-3} \text{rad}$  程度まで増加したが、これは固定側大梁のガセットプレートの損傷に起因すると考えられる。

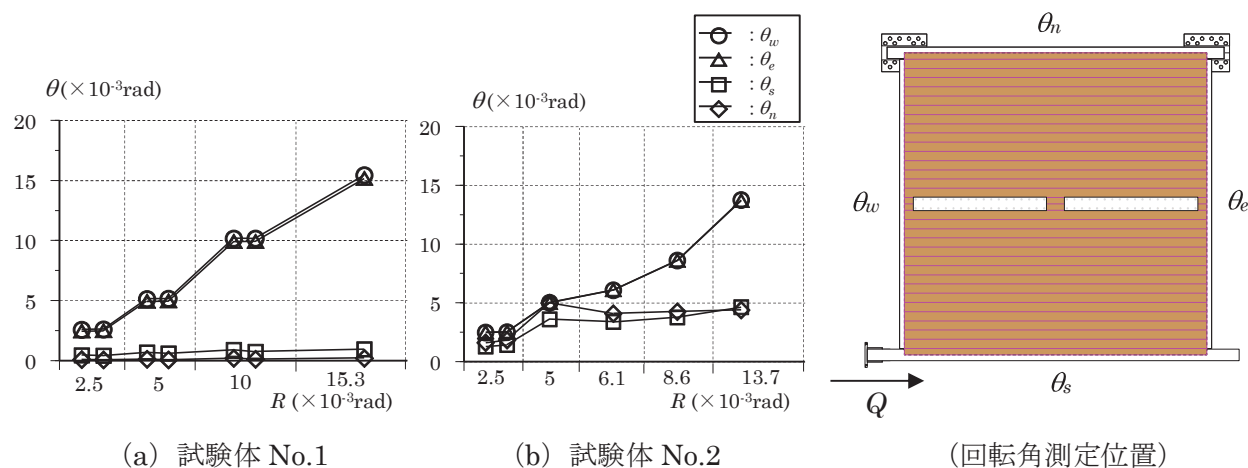


図 4.2 鉄骨フレームの各辺の回転角の推移

## 4.3 CLT パネルのずれ量の推移

各所定時および最大荷重時の試験体 No.1、No.2 の北側の CLT パネルと小梁、固定側大梁および南側 CLT パネルとのずれ量の推移を図 4.3 に示す。

試験体 No.1 では、 $\delta_{17}$ 、 $\delta_{19}$  に対して、 $\delta_{18}$ 、 $\delta_{20}$  のずれ量が最大荷重時には  $5 \text{mm}$  程度大きくなり、加力平行方向のずれ量が大きくなった。試験体 No.2 では、 $\delta_{17} \sim \delta_{20}$  のずれ量は概ね同程度の推移となった。

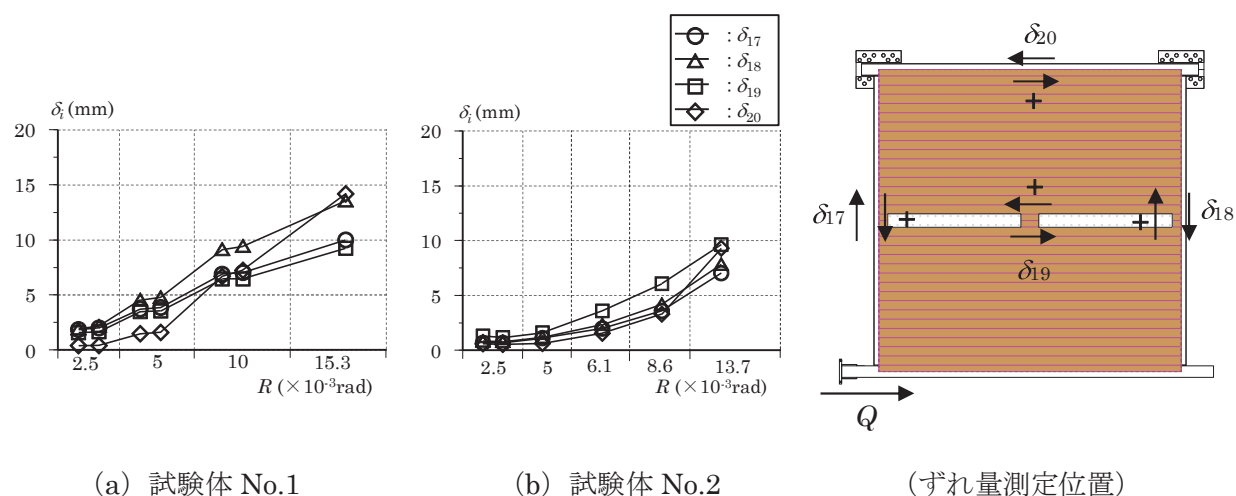


図 4.3 CLT パネルのずれ量の推移



#### 4.4 CLT パネルのせん断変形角の推移

各所定時および最大荷重時の試験体 No.1、No.2 の CLT パネルのせん断変形角 $\gamma_{p2}$ の推移を図 4.4 に示す。

図 4.4 に示すように、両試験体ともに、層間変形角 $R$ の増加に伴い、せん断変形角 $\gamma_{p2}$ は増加していき、最大荷重時では試験体 No.1 は $1.02 \times 10^{-3}\text{rad}$ 、試験体 No.2 は $0.67 \times 10^{-3}\text{rad}$  となった。

試験体 No.1 は、 $2.5 \sim 10 \times 10^{-3}\text{rad}$ にかけて、せん断変形角 $\gamma_{p2}$ の増加が大きかったが、試験体 No.2 では $5.0 \times 10^{-3}\text{rad}$ 以降にせん断変形角 $\gamma_{p2}$ の増加が大きくなる傾向が見られた。

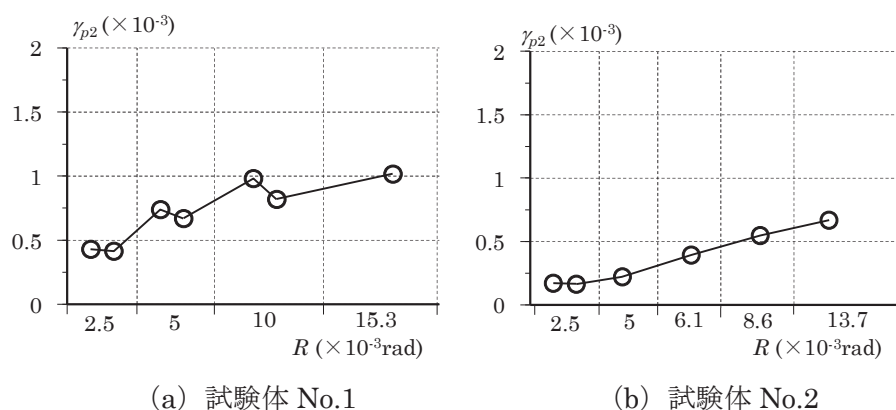


図 4.4 CLT パネルのせん断変形角 $\gamma_{p2}$ の推移

#### 4.5 鉄骨フレームのひずみの推移

各所定時および最大荷重時の試験体 No.1、No.2 の加力側小梁、固定側大梁および中央小梁のひずみの推移を図 4.5.1～図 4.5.2 に示す。

両試験体ともに、ひずみは $1.0 \times 10^{-3}$ を超えた点はなく、 $0.5 \times 10^{-3}$ 未満の点がほとんどであり、すべて弾性の範囲内であった。

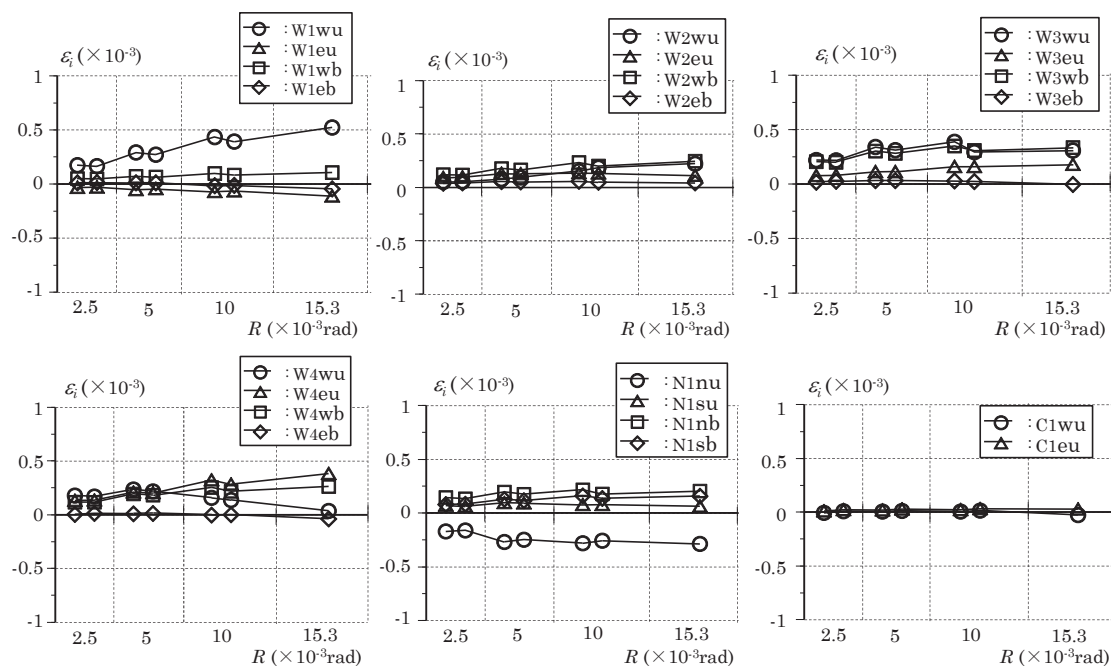
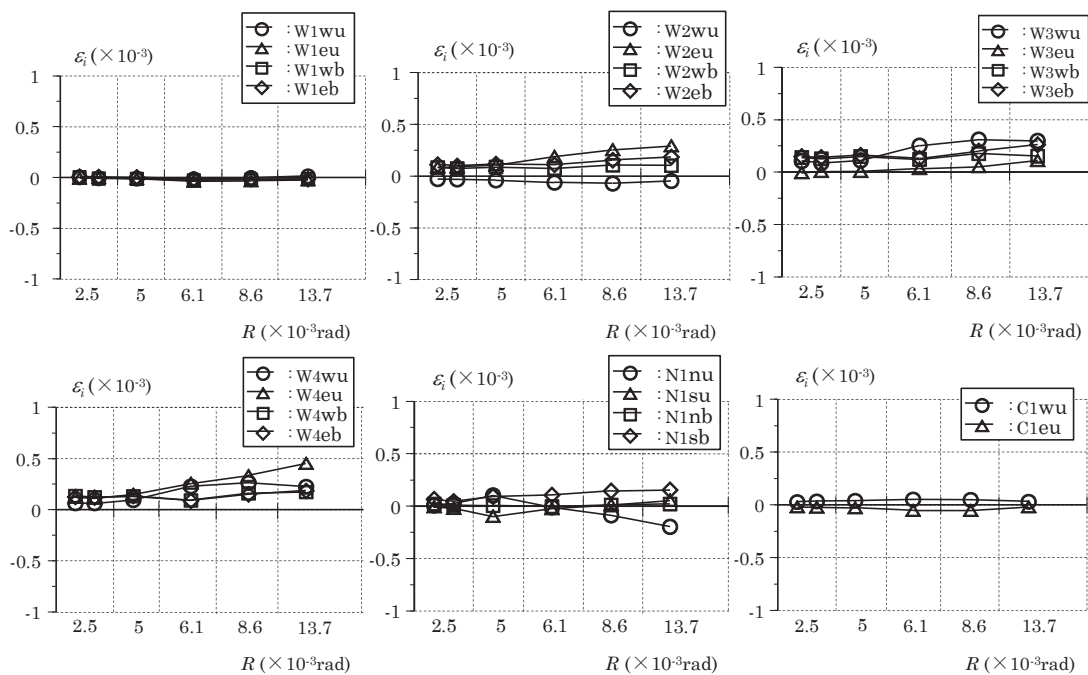


図 4.5.1 鉄骨フレームのひずみの推移



(b) 試験体 No.2

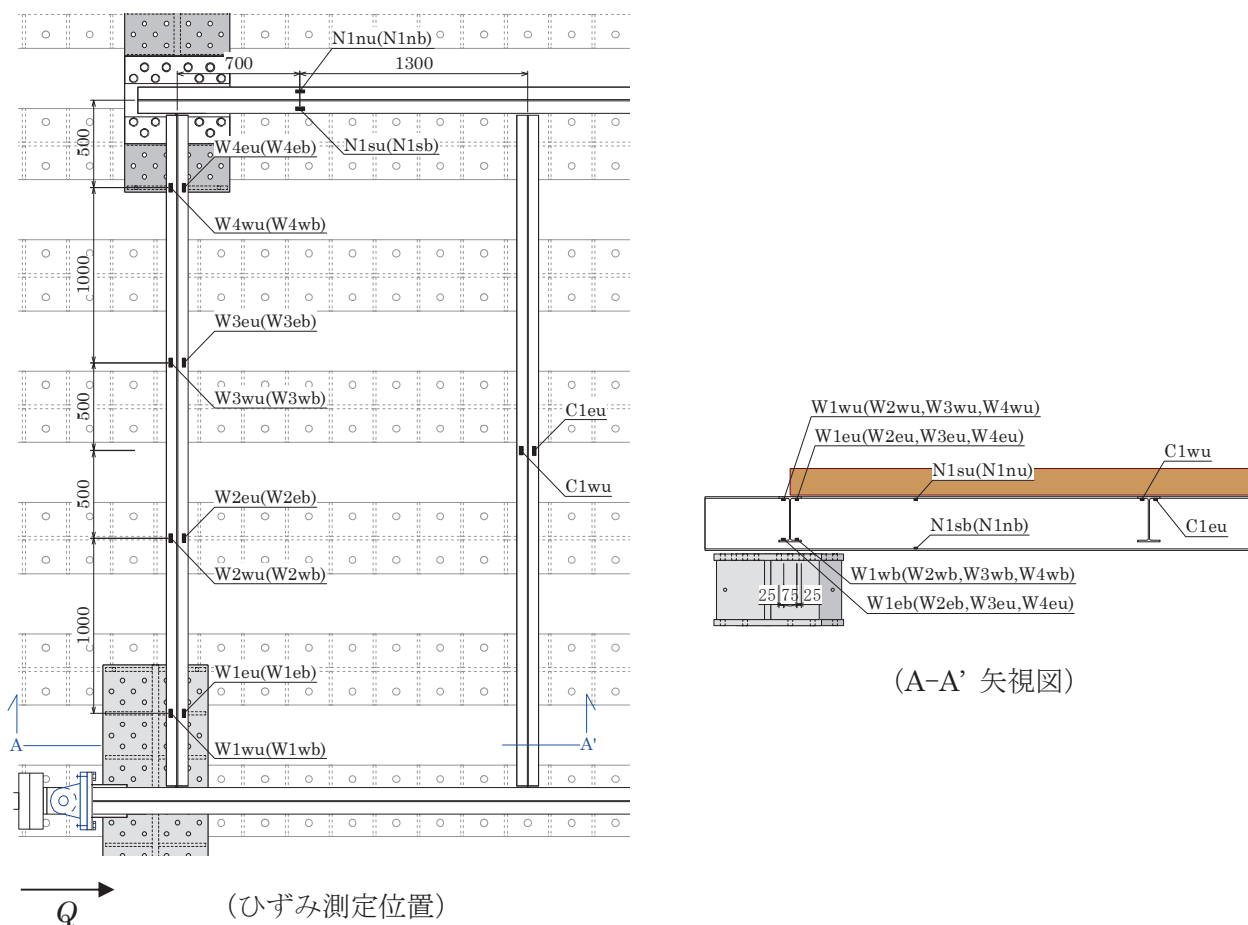


図 4.5.2 鉄骨フレームのひずみの推移

## 5 まとめ

本実験では、鉄骨梁による床架構に CLT パネルを床版として設置した実大試験体を用いた面内せん断実験を行い、最大荷重、ひずみ状況および破壊性状を確認した。本実験により得られた結果を以下にまとめる。

### 【最大荷重および破壊性状】

- ・試験体 No.1 は、7 サイクル目正加力  $R=12 \times 10^{-3} \text{rad}$  に CLT パネル上面に割り裂きが生じ、 $R=15 \times 10^{-3} \text{rad}$  時に最大荷重 431kN に達した直後に CLT パネルと固定側大梁、加力側小梁の接合ビスの抜け出しおよび破断が生じ、荷重が急激に低下した。
- ・試験体 No.1 では、実験終了後に接合ビスの破断、南北両方の CLT パネルに加力平行方向の割り裂きおよび固定側大梁のガセットプレートに曲げ変形が確認された。
- ・試験体 No.2 は、3 サイクル目正加力  $R=4.4 \times 10^{-3} \text{rad}$  時に固定側大梁の東側ガセットプレートの曲げ変形により荷重が低下し、 $R=5.0 \times 10^{-3} \text{rad}$  所定到達時に固定側大梁の東側ガセットプレートの溶接部が破断していたため、荷重除荷後に溶接部の増し補強および周囲の追加補強を施した。その後、 $R=13.7 \times 10^{-3} \text{rad}$  時に最大荷重 273kN に達した後、CLT パネルの割り裂きおよび接合ビスの破断が生じ、 $R=17.6 \times 10^{-3} \text{rad}$  時に追加補強した固定側大梁の東側ガセットプレートの溶接部に再度曲げ変形が発生した。
- ・試験体 No.2 では、実験終了後に CLT パネル接合ビスの破断、南北両方の CLT パネルに加力平行方向の割り裂き、固定側大梁ガセットプレートおよび非加力側小梁のウェブに曲げ変形が確認された。

### 【変形およびひずみ性状】

- ・試験体 No.1 では、加力直交方向の  $\delta_{17}$ 、 $\delta_{19}$  に対して、加力平行方向の  $\delta_{18}$ 、 $\delta_{20}$  のずれ量が最大荷重時には 5mm 程度大きくなり、加力平行方向のずれ量が大きくなった。試験体 No.2 では、 $\delta_{17} \sim \delta_{20}$  のずれ量は概ね同程度の推移となった。
- ・せん断変形角  $\gamma_{p2}$  は層間変形角  $R$  の増加に伴い、試験体 No.1 では  $1.02 \times 10^{-3} \text{rad}$ 、試験体 No.2 では  $0.67 \times 10^{-3} \text{rad}$  まで増加した。
- ・せん断変形角  $\gamma_{p2}$  は、最大荷重時に試験体 No.1 では  $1.02 \times 10^{-3} \text{rad}$ 、試験体 No.2 では  $0.67 \times 10^{-3} \text{rad}$  となった。
- ・鉄骨フレームのひずみは、両試験体ともに  $1.0 \times 10^{-3}$  を超えた点はなく、 $0.5 \times 10^{-3}$  未満の点がほとんどであり、すべて弾性の範囲内であった。

## 資料 実験データ集

## 1 測定結果

- ・ CLT パネル間の開き量 .....付表 1
- ・  $\gamma_{pi} - R$  関係 .....付図 1
- ・  $Q - \varepsilon_i$  関係 .....付図 2.1.1～2.2.2

## 2 写真記録

- ・ 試験体製作状況 .....写真 1.1、写真 1.2
- ・ 実験時の試験体の状況 .....写真 2.1.1～写真 2.2.5
- ・ 解体後の試験体の状況 .....写真 3.1.1～写真 3.2.4

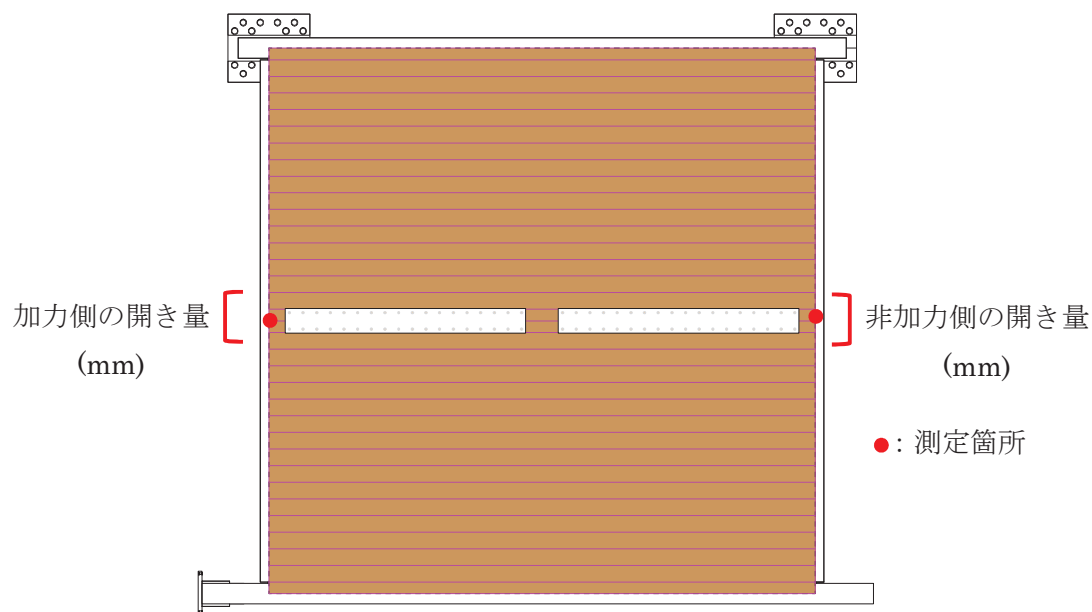
付表1 正加力時の CLT パネル間の開き量

【試験体：No.1】

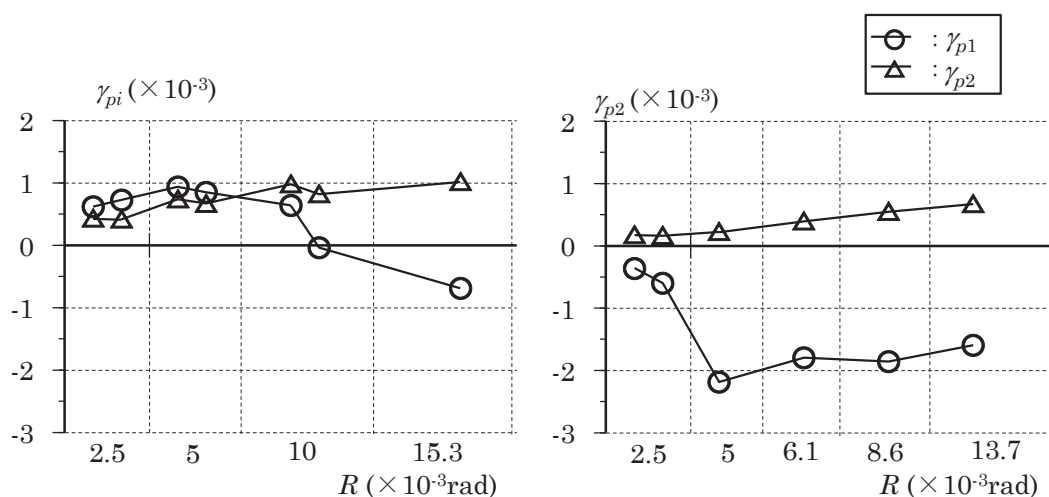
【試験体：No.2】

| サイクル | 層間変形角<br>$R(\times 10^{-3} \text{ rad})$ | 加力側<br>(mm) | 非加力側<br>(mm) |
|------|------------------------------------------|-------------|--------------|
| 開始前  | 0                                        | 0           | 1            |
| 1    | 2.5                                      | 0           | 1.5          |
| 3    | 5                                        | 0           | 2            |
| 5    | 10                                       | 0           | 2            |
| 7    | 17.4                                     | 0           | 2.5          |

| サイクル | 層間変形角<br>$R(\times 10^{-3} \text{ rad})$ | 加力側<br>(mm) | 非加力側<br>(mm) |
|------|------------------------------------------|-------------|--------------|
| 開始前  | 0                                        | 0           | 0            |
| 1    | 2.5                                      | 0           | 0            |
| 3    | 5                                        | 0           | 0            |
| 4    | 5.6                                      | 0           | 0            |
| 5    | 8.1                                      | 0           | 0            |
| 6    | 19.7                                     | 0           | 0            |



注) 鋼尺 (最小目盛: 1mm) を用いて目視により測定した。



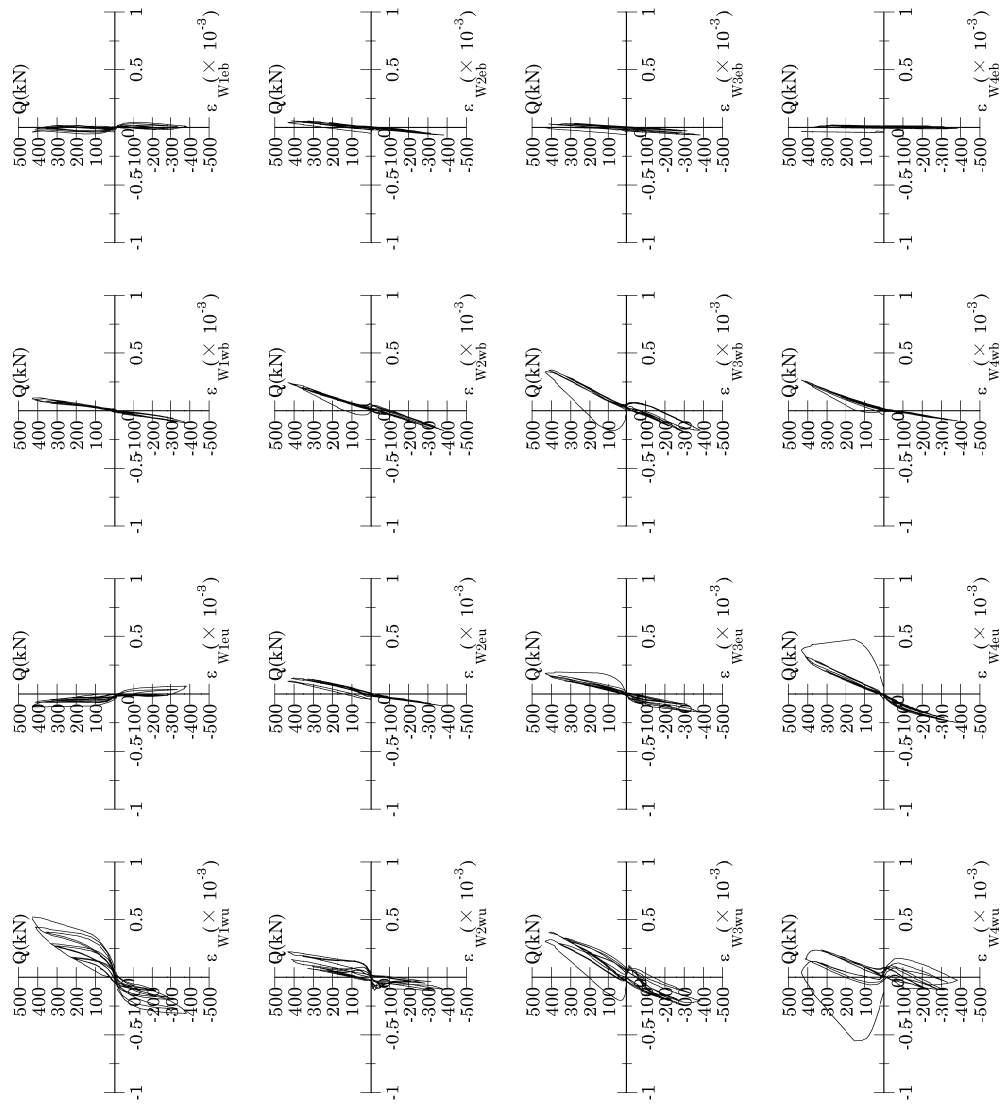
【試験体：No.1】

【試験体：No.2】

付図1  $\gamma_{pi}-R$  関係

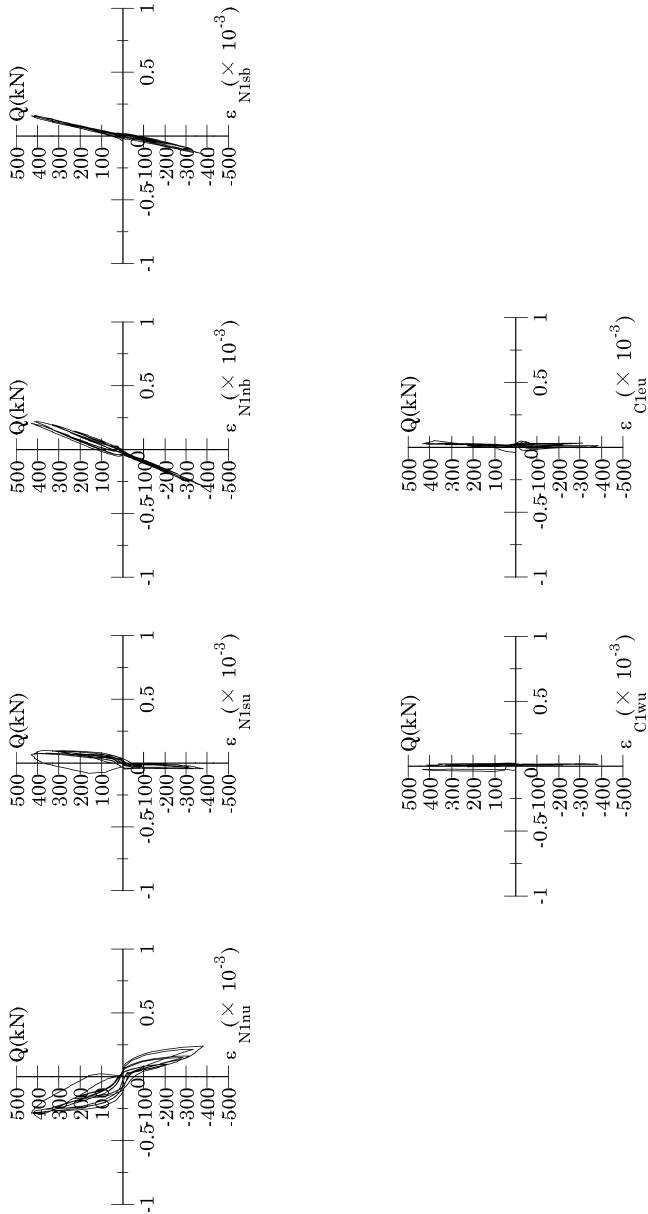


(注) 1. 引張ひずみを正とする。  
2. ×：ひずみゲージの断線を示す。



【試験体：No.1】

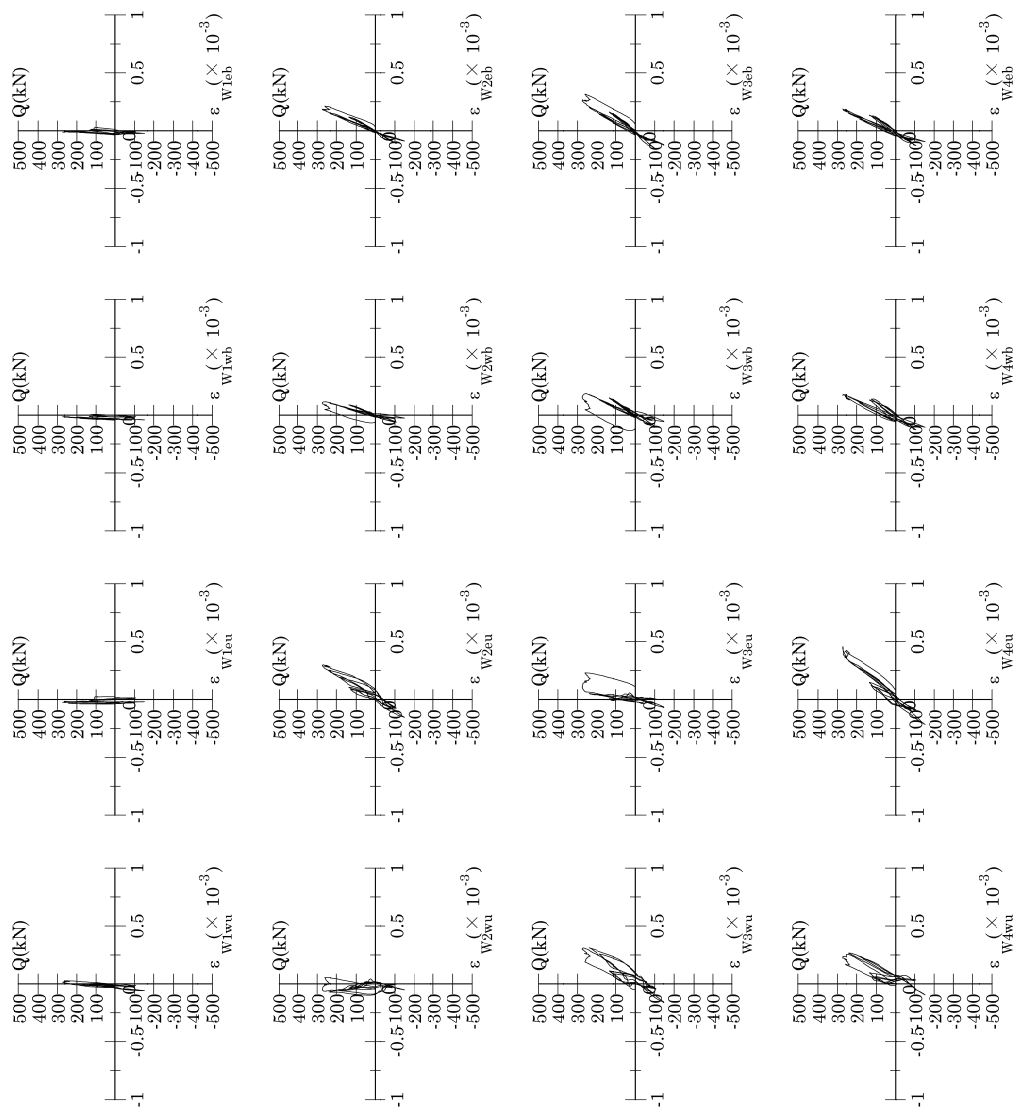
付図 2.1.1  $Q-\varepsilon_i$  関係



【試験体：No.1】

付図 2.1.2  $Q-\epsilon_i$ 関係

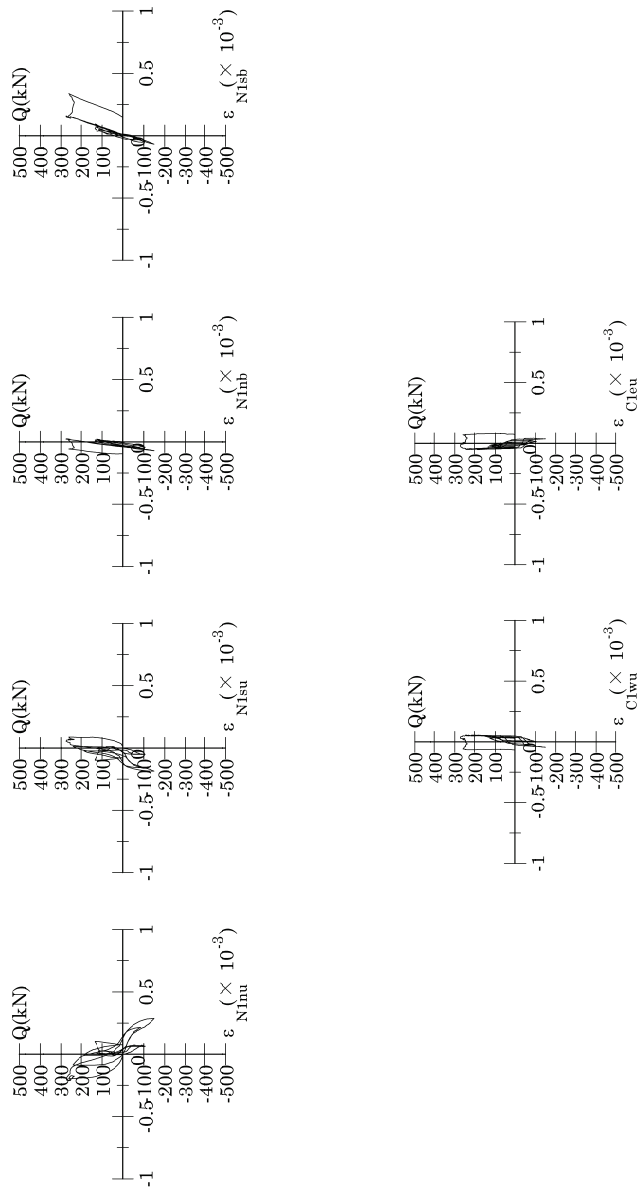
(注) 1. 引張ひずみを正とする。  
2.  $\times$  : ひずみゲージの断線を示す。



【試験体 : No.2】

(注) 1. 引張りずみを正とする。  
2. × : ひずみゲージの断線を示す。

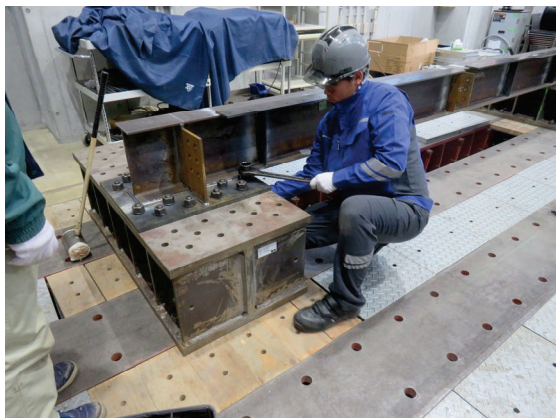
付図 2.2.1  $Q-\varepsilon_i$  関係



【試験体 : No.2】

付図 2.2.2  $Q-\epsilon_i$  関係

(注) 1. 引張ひずみを正とする。  
2.  $\times$  : ひずみゲージの断線を示す。



(a) 鉄骨フレームの施工状況



(b) ビスの打ち込み状況



(c) 全景〔施工後〕



(d) 固定部追加補強の状況

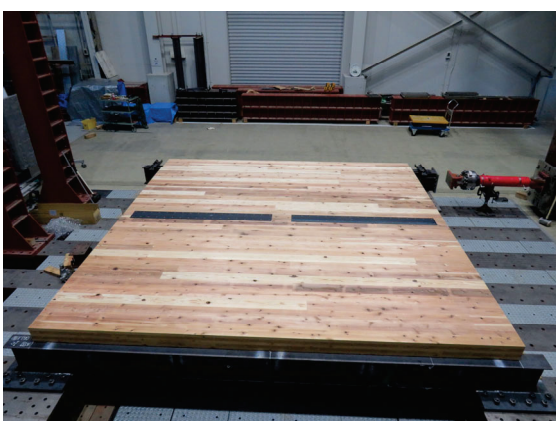
写真1.1 試験体製作状況（試験体No.1）



(a) 鉄骨フレームの施工状況



(b) ビスの打ち込み状況



(c) 全景〔施工後〕



(d) 固定部追加補強の状況

写真1.2 試験体製作状況（試験体No.2）





(a) 加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



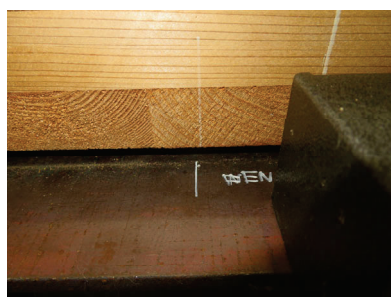
(b) 加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



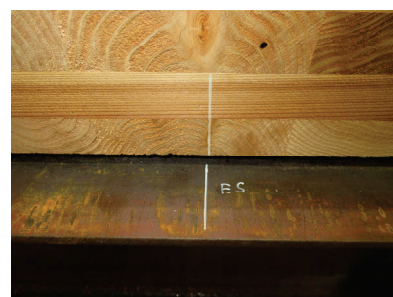
(c) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [西側]



(d) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [東側]



(e) 非加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



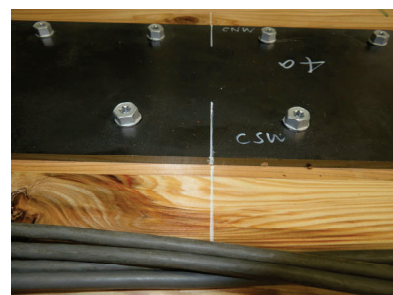
(f) 非加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(g) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [東側]



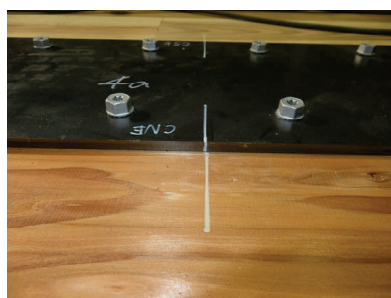
(h) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [西側]



(i) スプライン接合部のずれ [南西側]



(j) スプライン接合部のずれ [北西側]



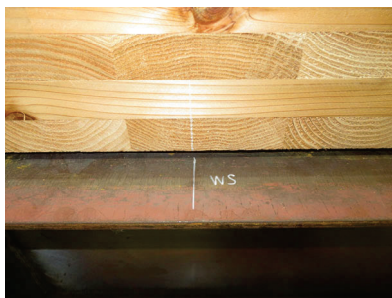
(k) スプライン接合部のずれ [南東側]



(l) スプライン接合部のずれ [北西側]

写真2.1.1 実験時の試験体の状況 [試験体No.1, 1サイクル目 : +2.5rad]





(a) 加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(b) 加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(c) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [西側]



(d) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [東側]



(e) 非加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



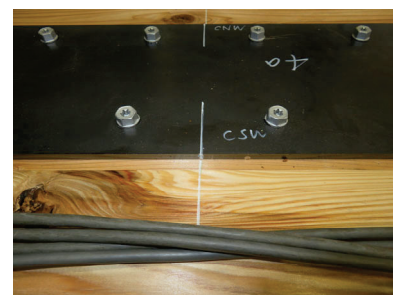
(f) 非加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



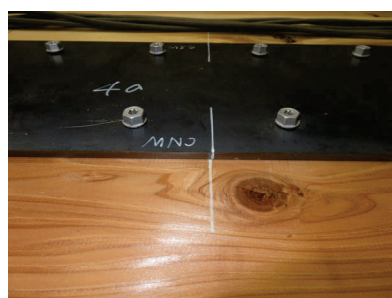
(g) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [東側]



(h) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [西側]



(i) スプライン接合部のずれ [南西側]



(j) スプライン接合部のずれ [北西側]



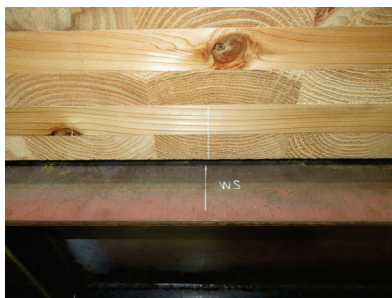
(k) スプライン接合部のずれ [南東側]



(l) スプライン接合部のずれ [北西側]

写真2.1.2 実験時の試験体の状況 [試験体No.1, 1サイクル目: -2.5rad]





(a) 加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(b) 加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(c) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [西側]



(d) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [東側]



(e) 非加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



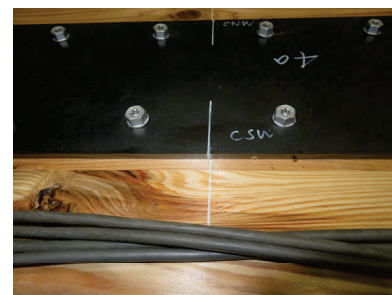
(f) 非加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(g) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [東側]



(h) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [西側]



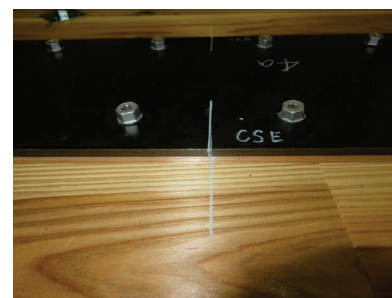
(i) スプライン接合部のずれ [南西側]



(j) スプライン接合部のずれ [北西側]



(k) スプライン接合部のずれ [南東側]



(l) スプライン接合部のずれ [北西側]

写真2.1.3 実験時の試験体の状況 [試験体No.1, 3サイクル目: +5.0rad]





(a) 加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(b) 加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(c) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [西側]



(d) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [東側]



(e) 非加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(f) 非加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(g) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [東側]



(h) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [西側]



(i) スプライン接合部のずれ [南西側]



(j) スプライン接合部のずれ [北西側]



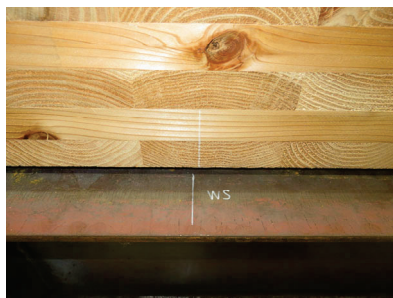
(k) スプライン接合部のずれ [南東側]



(l) スプライン接合部のずれ [北東側]

写真2.1.4 実験時の試験体の状況 [試験体No.1, 3サイクル目: -5.0rad]





(a) 加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(b) 加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(c) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [西側]



(d) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [東側]



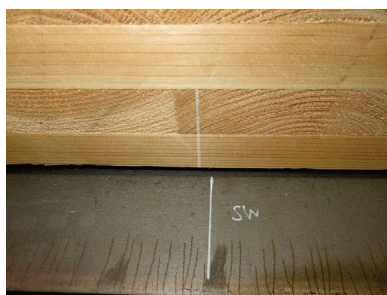
(e) 非加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



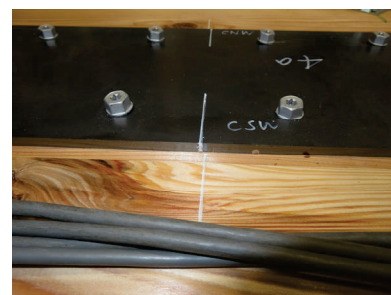
(f) 非加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(g) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [東側]



(h) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [西側]



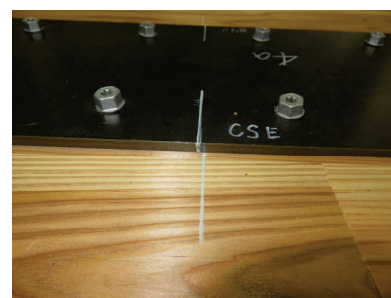
(i) スプライン接合部のずれ [南西側]



(j) スプライン接合部のずれ [北西側]



(k) スプライン接合部のずれ [南東側]



(l) スプライン接合部のずれ [北西側]

写真2.1.5 実験時の試験体の状況 [試験体No.1, 5サイクル目 : +10.0rad]

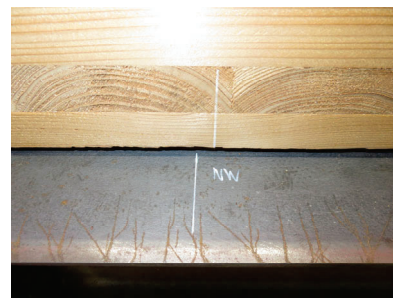




(a) 加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(b) 加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(c) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [西側]



(d) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [東側]



(e) 非加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(f) 非加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(g) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [東側]



(h) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [西側]



(i) スプライン接合部のずれ [南西側]



(j) スプライン接合部のずれ [北西側]



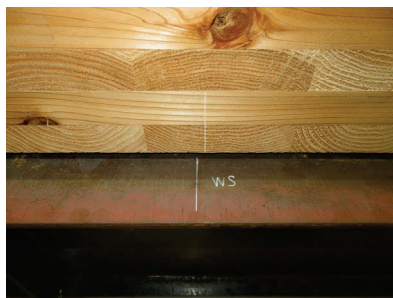
(k) スプライン接合部のずれ [南東側]



(l) スプライン接合部のずれ [北西側]

写真2.1.6 実験時の試験体の状況 [試験体No.1, 5サイクル目: -10.0rad]





(a) 加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(b) 加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(c) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [西側]



(d) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [東側]



(e) 非加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(f) 非加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(g) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [東側]



(h) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [西側]



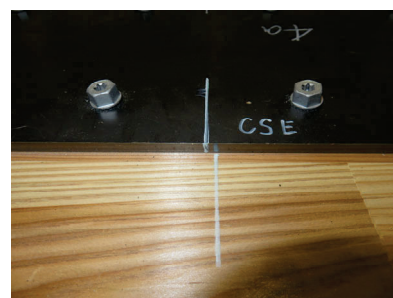
(i) スプライン接合部のずれ [南西側]



(j) スプライン接合部のずれ [北西側]



(k) スプライン接合部のずれ [南東側]



(l) スプライン接合部のずれ [北西側]

写真2.1.7 実験時の試験体の状況 [試験体No.1, 7サイクル目 : +17.0rad, その1]

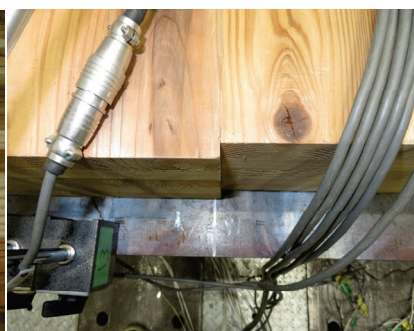




(a) 全景



(b) CLTパネルの割り裂き



(c) CLTパネル相互のずれ



(d) 接合ビスの抜け、破断

写真2.1.8 実験時の試験体の状況 [試験体No.1, 7サイクル目 : +17.0rad, その2]





(a) 加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



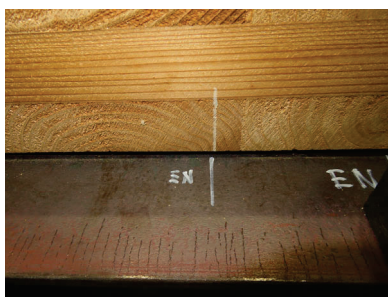
(b) 加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(c) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [西側]



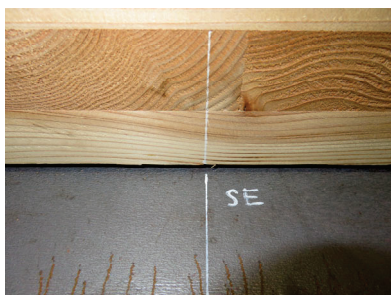
(d) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [東側]



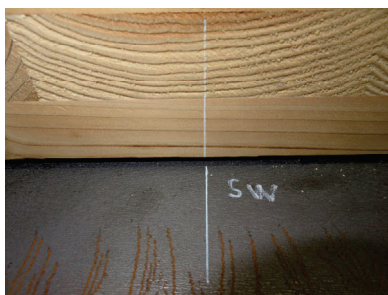
(e) 非加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(f) 非加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(g) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [東側]



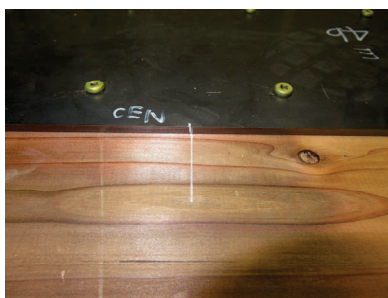
(h) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [西側]



(i) スプライン接合部のずれ [南西側]



(j) スプライン接合部のずれ [北西側]



(k) スプライン接合部のずれ [南東側]



(l) スプライン接合部のずれ [北西側]

写真2.2.1 実験時の試験体の状況 [試験体No.2, 1サイクル目: +2.5rad]





(a) 加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



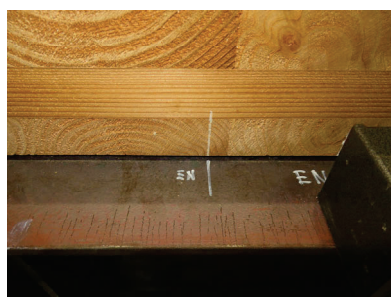
(b) 加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(c) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [西側]



(d) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [東側]



(e) 非加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(f) 非加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(g) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [東側]



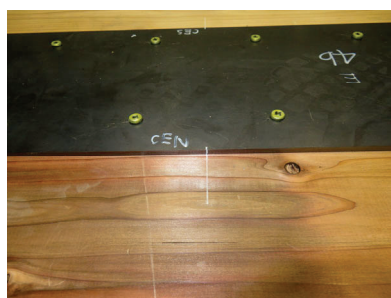
(h) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [西側]



(i) スプライン接合部のずれ [南西側]



(j) スプライン接合部のずれ [北西側]



(k) スプライン接合部のずれ [南東側]



(l) スプライン接合部のずれ [北西側]

写真2.2.2 実験時の試験体の状況 [試験体No.2, 1サイクル目: -2.5rad]





(a) 加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(b) 加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(c) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [西側]



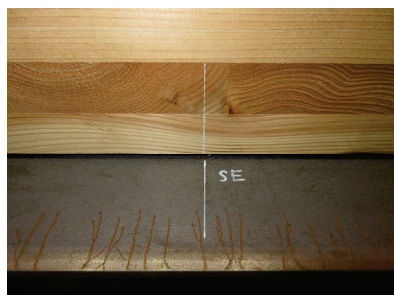
(d) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [東側]



(e) 非加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(f) 非加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(g) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [東側]



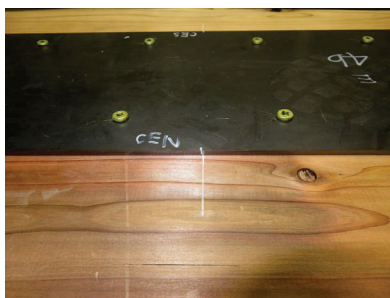
(h) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [西側]



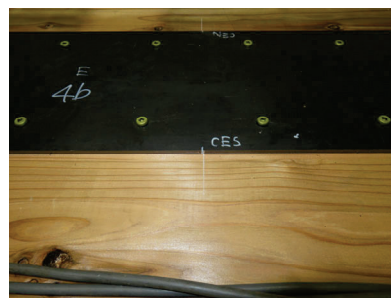
(i) スプライン接合部のずれ [南西側]



(j) スプライン接合部のずれ [北西側]



(k) スプライン接合部のずれ [南東側]



(l) スプライン接合部のずれ [北西側]

写真2.2.3 実験時の試験体の状況 [試験体No.2, 3サイクル目 : +5.0rad]





(a) 加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(b) 加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(c) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [西側]



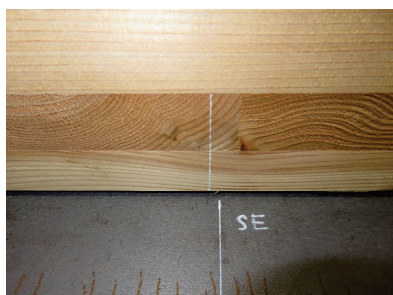
(d) 固定側大梁-北側CLTパネルのずれ [東側]



(e) 非加力側小梁-北側CLTパネルのずれ



(f) 非加力側小梁-南側CLTパネルのずれ



(g) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [東側]



(h) 加力側大梁-南側CLTパネルのずれ [西側]



(i) スプライン接合部のずれ [南西側]



(j) スプライン接合部のずれ [北西側]



(k) スプライン接合部のずれ [南東側]



(l) スプライン接合部のずれ [北西側]

写真2.2.4 実験時の試験体の状況 [試験体No.2, 6サイクル目 : +16.0rad(溶接後), その1]

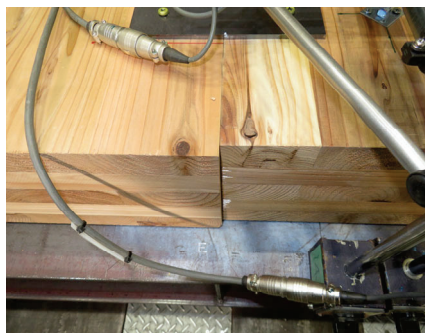




(a) 全景



(b) CLTパネルの割り裂き



(c) CLTパネル相互のずれ



(d) 固定側大梁ガセットプレート  
溶接部の曲げ変形・破断

写真2.2.5 実験時の試験体の状況 [試験体No.2, 6サイクル目 : +16.0rad(溶接後), その2]





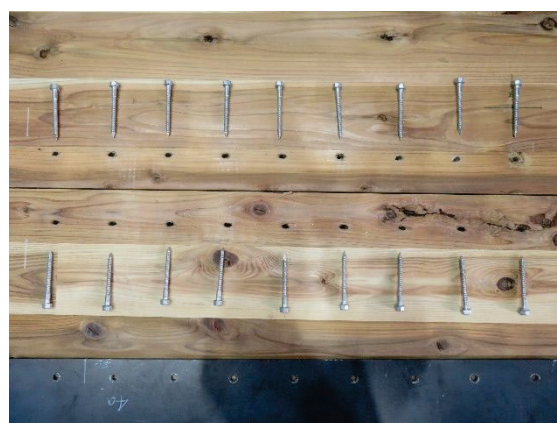
(a)ビスの状況 [スプライン接合西側端部]



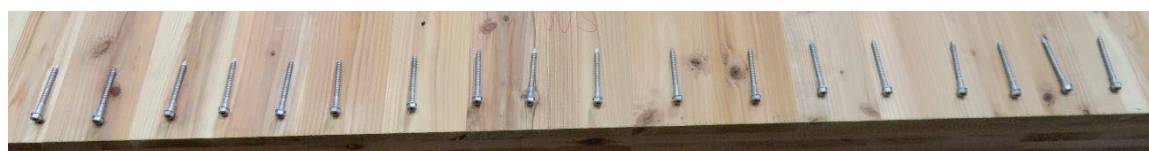
(b) ビスの状況 [スプライン接合西側中央部]



(c)ビスの状況 [スプライン接合東側中央部]



(d) ビスの状況 [スプライン接合東側端部]



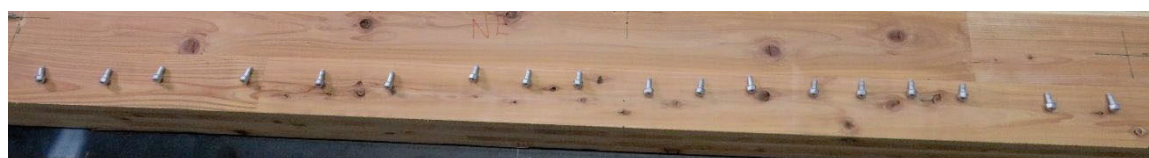
(e)ビスの状況 [加力側小梁－南側CLTパネル]



(f) ビスの状況 [加力側小梁－北側CLTパネル]



(g)ビスの状況 [固定側大梁－北側CLTパネル(西側)]



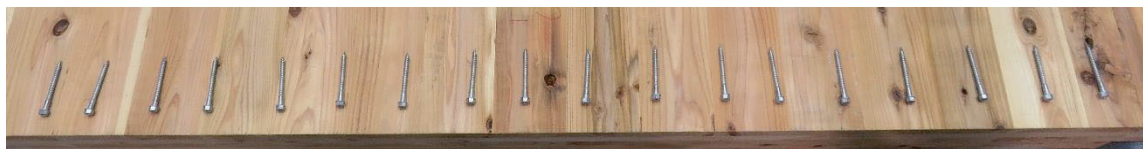
(h) ビスの状況 [固定側大梁－北側CLTパネル(東側)]

写真3.1.1 実験終了後の試験体の状況 [試験体No.1, その1]





(a)ビスの状況 [非加力側小梁－北側CLTパネル]



(b) ビスの状況 [非加力側小梁－南側CLTパネル]



(c)ビスの状況 [加力側大梁－南側CLTパネル(東側)]



(d) ビスの状況 [加力側大梁－南側CLTパネル(西側)]



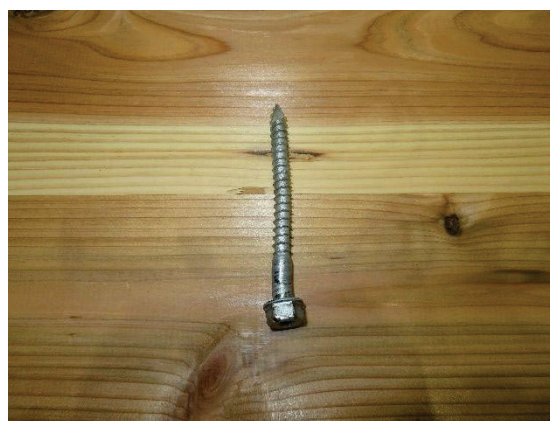
(e) 破断したビスの状況



(f) 破断したビスの状況



(g) 曲げ変形したビスの状況



(h) 曲げ変形したビスの状況

写真3.1.2 実験終了後の試験体の状況 [試験体No.1, その2]





(a)ビス孔の状況 [加力側小梁－南側CLTパネル]



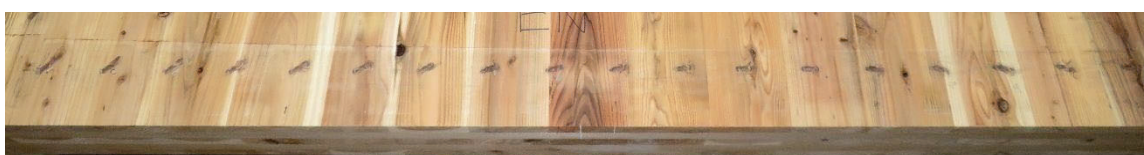
(b)ビス孔の状況 [加力側小梁－北側CLTパネル]



(c)ビス孔の状況 [固定側大梁－北側CLTパネル(西側)]



(d)ビス孔の状況 [固定側大梁－北側CLTパネル(東側)]



(e)ビス孔の状況 [非加力側小梁－北側CLTパネル]



(f)ビス孔の状況 [非加力側小梁－南側CLTパネル]



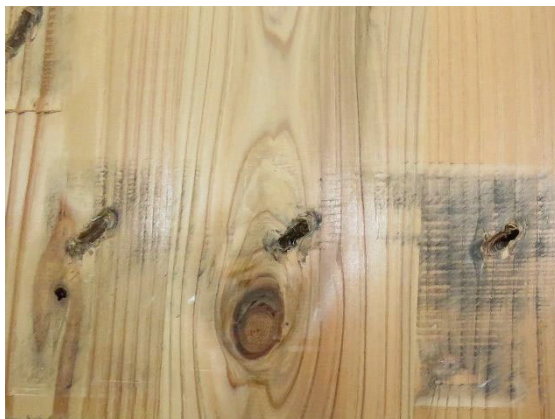
(g)ビス孔の状況 [加力側大梁－南側CLTパネル(西側)]



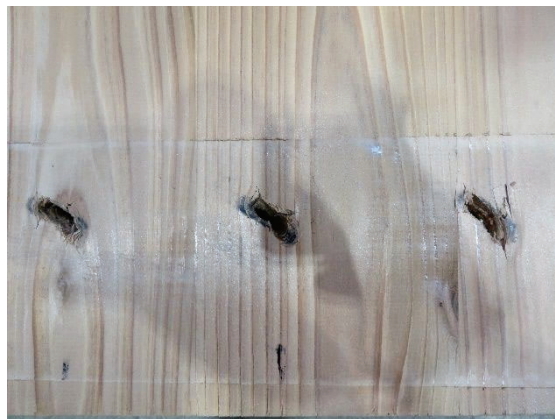
(h)ビス孔の状況 [加力側大梁－南側CLTパネル(東側)]

写真3.1.3 実験終了後の試験体の状況 [試験体No.1, その3]

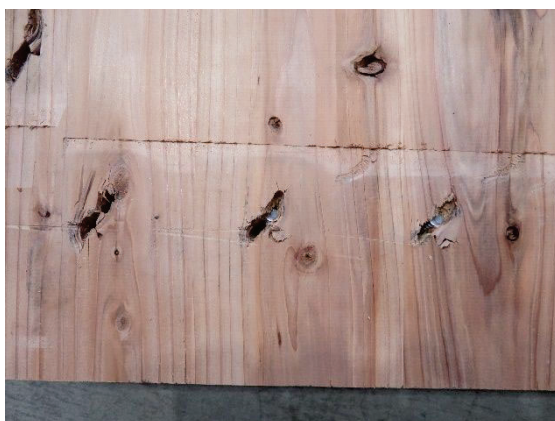




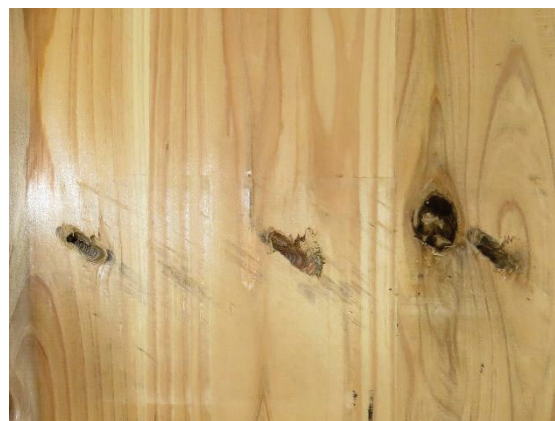
(a) ビス孔の状況 [南西端部]



(b) ビス孔の状況 [北西端部]



(c) ビス孔の状況 [北東端部]



(d) ビス孔の状況 [南東端部]



(e) 鉄骨梁上側接合の状況 [鋼板側]



(f) 固定側大梁ガセットプレートの状況 [東側]



(g) 固定側大梁ガセットプレートの状況 [西側]



(h) 固定側大梁ガセットプレートの状況 [西側]

写真3.1.4 実験終了後の試験体の状況 [試験体No.1, その4]





(a)ビスの状況 [スプライン接合西側端部]



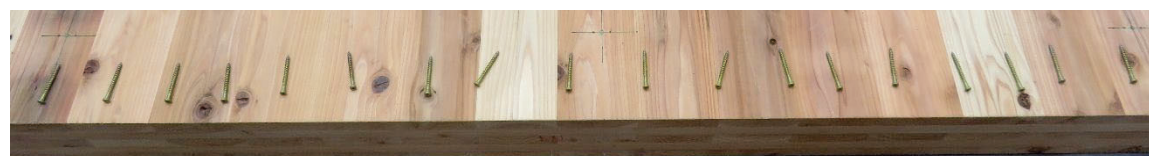
(b) ビスの状況 [スプライン接合西側中央部]



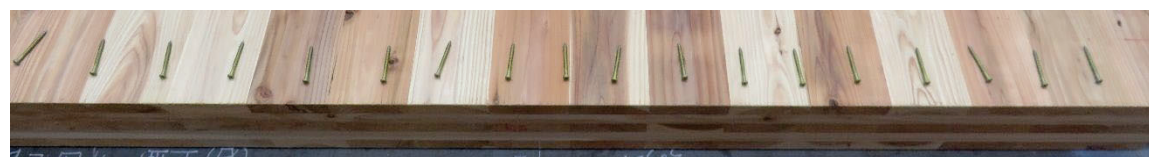
(c)ビスの状況 [スプライン接合東側中央部]



(d) ビスの状況 [スプライン接合東側端部]



(e)ビスの状況 [加力側小梁－南側CLTパネル]



(f) ビスの状況 [加力側小梁－北側CLTパネル]



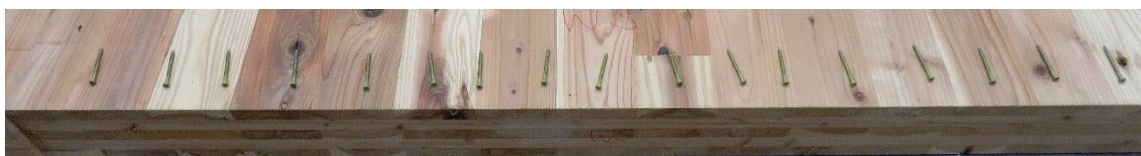
(g)ビスの状況 [固定側大梁－北側CLTパネル(西側)]



(h) ビスの状況 [固定側大梁－北側CLTパネル(東側)]

写真3.2.1 実験終了後の試験体の状況 [試験体No.2, その1]





(a)ビスの状況 [非加力側小梁－北側CLTパネル]



(b)ビスの状況 [非加力側小梁－南側CLTパネル]



(c)ビスの状況 [加力側大梁－南側CLTパネル(東側)]



(d)ビスの状況 [加力側大梁－南側CLTパネル(西側)]



(e)ビス孔の状況 [加力側小梁－南側CLTパネル]



(f)ビス孔の状況 [加力側小梁－北側CLTパネル]



(g)ビス孔の状況 [固定側大梁－北側CLTパネル(西側)]



(h)ビス孔の状況 [固定側大梁－北側CLTパネル(東側)]

写真3.2.2 実験終了後の試験体の状況 [試験体No.2, その2]





(a)ビス孔の状況〔非加力側小梁－北側CLTパネル〕



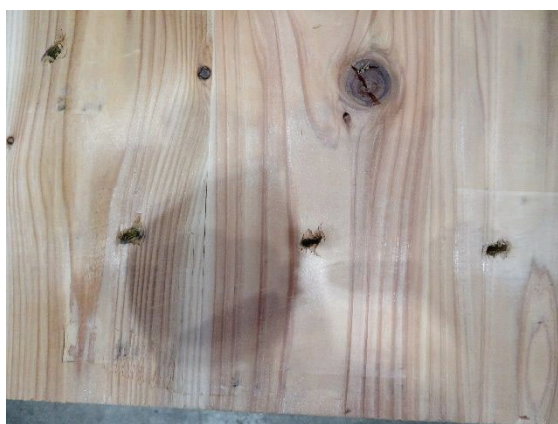
(b)ビス孔の状況〔非加力側小梁－南側CLTパネル〕



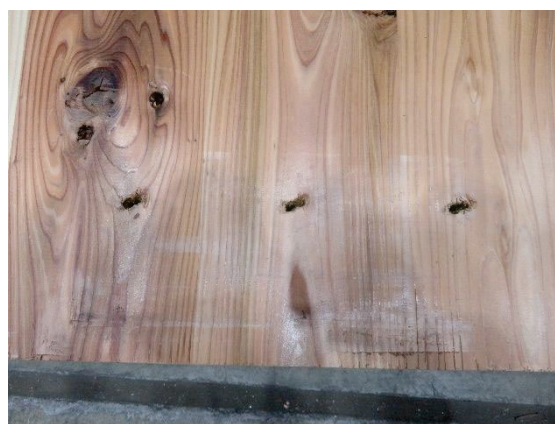
(c)ビス孔の状況〔加力側大梁－南側CLTパネル(西側)〕



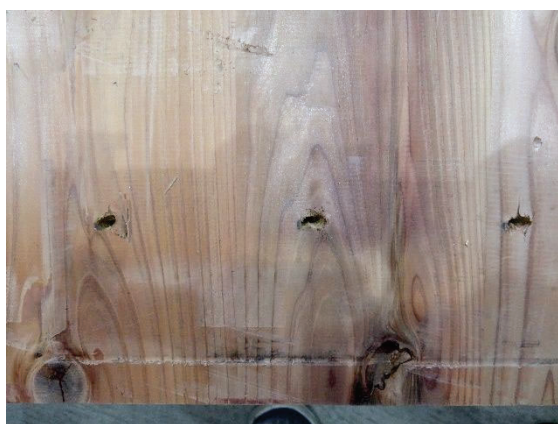
(d)ビス孔の状況〔加力側大梁－南側CLTパネル(東側)〕



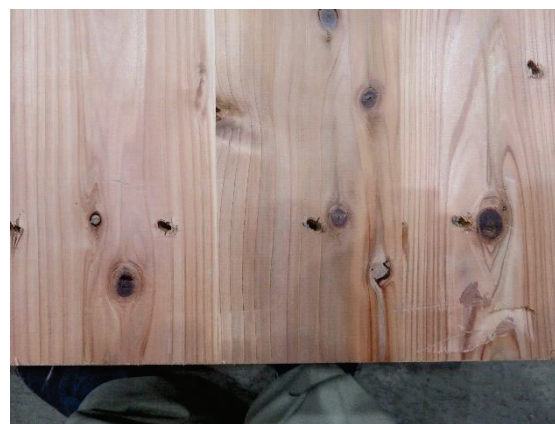
(e) ビス孔の状況〔南西端部〕



(f) ビス孔の状況〔北西端部〕



(g) ビス孔の状況〔北東端部〕



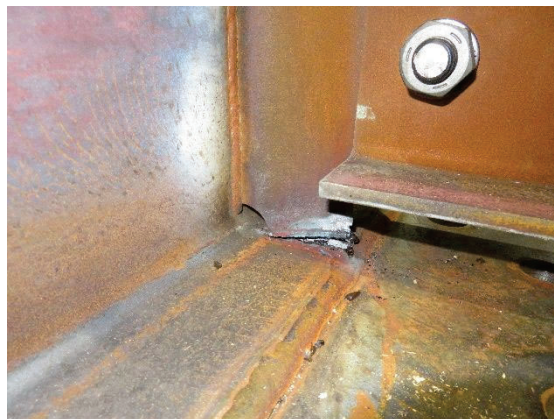
(h) ビス孔の状況〔南東端部〕

写真3.2.3 実験終了後の試験体の状況〔試験体No.2, その3〕





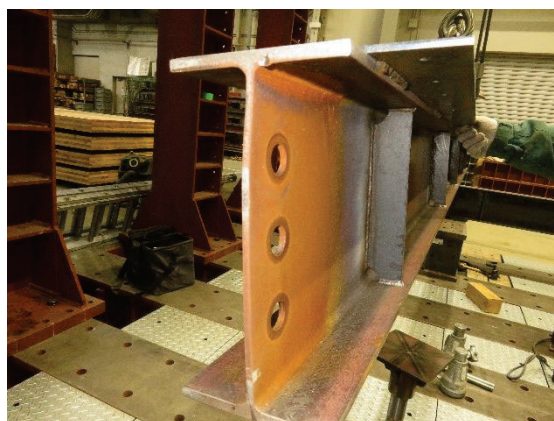
(a)固定側大梁－非加力側小梁接合部の状況



(b)固定側大梁ガセットプレートの状況〔東側〕



(c) 固定側大梁ガセットプレートの状況〔東側〕



(d)非加力側小梁の状況



(e)固定側大梁ガセットプレートの状況〔西側〕



(f)固定側大梁ガセットプレートの状況〔西側〕

写真3.2.4 実験終了後の試験体の状況〔試験体No.2, その4〕

構造部 構造試験室

試験責任者 大 山 卓 也

試験担当者 大 橋 佳 祐

以 上

### 本書の取扱いについて

- ・ 本書の最終ページは本ページです。
- ・ 本書の試験結果は、本書中に記載の試験体について得られたものです。
- ・ 本書のPDFファイルを複製したものや紙面へ印刷したものは原本ではありません。複製や印刷に対し、当試験所は責任を負いません。
- ・ 本試験結果の一部分を、当試験所の名称を付してカタログに掲載する等、一般に開示する場合は、文書によって当試験所の承認を得るようにして下さい。

本書についての問い合わせは、下記までお願いします。

一般財団法人 日本建築総合試験所  
構造部 構造試験室

TEL : 06-6834-7913 (直通)

06-6872-0391 (代表)

FAX : 06-6155-5367 (直通)

06-6872-0784 (代表)