

付.3 実験報告書 鋼板挿入ドリフトピン接合部の引張実験および CLT グラウト接合の引張・圧縮実験  
<実験③-1>

## 実験③-1

鋼板挿入ドリフトピン接合部の引張実験

および

CLT グラウト接合の引張・圧縮実験

実験報告書



## 目次

1. 一般事項 .....	1
2. 試験体 .....	3
3. 実験方法 .....	9
4. 実験結果 .....	12
5. 実験写真 .....	15



1. 一般事項

<p>(1) 件名</p>	<p>グラウトジョイントを用いた CLT パネル工法引張接合部の開発 鋼板挿入ドリフトピン接合部の引張実験および CLT グラウト接合の引張・圧縮実験</p>
<p>(2) 実験概要</p>	<p>[1] 目的 グラウトジョイントを用いた CLT パネル工法構造計算の技術資料とすることを目的とする。</p> <p>[2] 実験実施期間 試験体製作：11月24日～12月8日 (CLT パネル製作・加工期間除く、 グラウト養生期間：12日程度) 実験実施：12月13日、14日、15日</p> <p>[3] 試験体 1) 試験体名</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>試験体名の説明</p> <p>TDP シリーズの場合</p> <p>T DP 4d  <math>\phi 16</math> ドリフトピンの間隔 (4d: <math>4 \times 16 = 64\text{mm}</math>、5d: <math>5 \times 16 = 80\text{mm}</math>)          接合仕様 (DP: 鋼板挿入ドリフトピン接合)          加力方法 (T: 引張)</p> <p>TCGB シリーズ及び TCGD シリーズの場合</p> <p>TC G B- SB 6k          コブの個数 (6k: 6箇所)          開き止め仕様 (SB: ボルト1列、DS: 長ビス2列)          鋼棒仕様 (B: ボルト、D: 異形鉄筋)          接合仕様 (G: コブ定着接合)          加力方法 (TC: 引張圧縮)</p> </div> <p>TDP シリーズ TDP4d          挿入鋼板 : PL-9 (SS400)          接合具 : ドリフトピン 10-<math>\phi 16</math> (SS400) @4d チドリ          鋼棒 : ボルト (M27, 強度区分 8.8)</p> <p>TDP5d          挿入鋼板 : PL-9 (SS400)          接合具 : ドリフトピン 10-<math>\phi 16</math> (SS400) @5d チドリ          鋼棒 : ボルト (M27, 強度区分 8.8)</p> <p>TCGB シリーズ TCGB-SB6k          鋼棒 : ボルト (M27, ABR490)          開き止め : 開止めボルト (1-M12 強度区分 8.8、座金ナット) <math>\times 6</math> 箇所 (コブ数 6)</p>

	<p>TCGD シリーズ</p> <p>TCGD-SB6k  鋼棒 : 異形鉄筋 (D25,SD345)  開き止め : 開止めボルト (1-M12 強度区分 8.8、座金ナット)  ×6箇所(コブ数 6)</p> <p>TCGD-DS6k  鋼棒 : 異形鉄筋 (D25,SD345)  開き止め : 開止め長ビス (2-PS8-140、片面打ち)  ×6箇所(コブ数 6)</p> <p>2) 使用材料</p> <p>モルタルグラウト : SS モルタル 120N  (日本プライススリーブ株式会社)  実験時の圧縮応力度 108.5N/mm<sup>2</sup>  (テストピース 6 体の平均値)</p> <p>CLT パネル : S90-5-5(厚さ 150mm) 樹種ヒノキ  挿入鋼板 : PL-9 SS400  ドリフトピン : φ16(長さ 140mm) SS400  異形鉄筋 : D25 SD345 JIS G 3112  ボルト : M27 強度区分 8.8 JIS B 1180  M27 ABR490 JIS B 1220  六角ナット : M27 強度区分 8T JIS B 1181  開止めボルト : M12 強度区分 8.8 JIS B 1180  座金ナット : PZ カットスクリュー・ミドル  (BX カネシン株式会社)  開止め長ビス : パネリード S PS8-140  (シネジック株式会社)</p> <p>3) 試験体数及び加力方法</p> <p>TDP4d, TDP5d : 各 1 体(合計 2 体)  一方向繰返し加力</p> <p>TCGB-SB6k, TCGB-DS6k : 各 1 体(合計 2 体)  引張圧縮繰返し加力※</p> <p>TCGD-SB6k, TCGD-DS6k : 各 1 体(合計 2 体)  引張圧縮繰返し加力※</p> <p>※: 鋼棒(ABR 又は異形鉄筋)の伸び変形後に圧縮力が作用した際の接合部の構造性能への影響を確認することを目的とする。</p> <p>[4] 載荷方法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・引張方向の一方向繰返し</li> <li>・引張方向と圧縮方向の繰返し</li> </ul>
(3) 実験実施機関 及び実施場所	株式会社エヌ・シー・エヌ 埼玉県川口市本蓮 1-12-13 木構造技術センター(Timber Structure Lab.)

## 2. 試験体

(1) 試験体の詳細は、表 2.1～2.6 及び図 2.1～図 2.6 に示す。

表 2.1 : TDP4d 試験体の詳細

項目	仕様詳細
接合部位	引張接合部
载荷方法	引張
試験体記号	TDP4d
試験体数	一方向繰返し加力 1 体
接合部	挿入鋼板 : PL-9(SS400) ドリフトピン : 10-φ16(長さ 140mm、SS400) 配置間隔 4d(=64mm)チドリ 鋼棒 : ボルト(M27、強度区分 8.8)
接合方法	挿入鋼板ドリフトピン接合

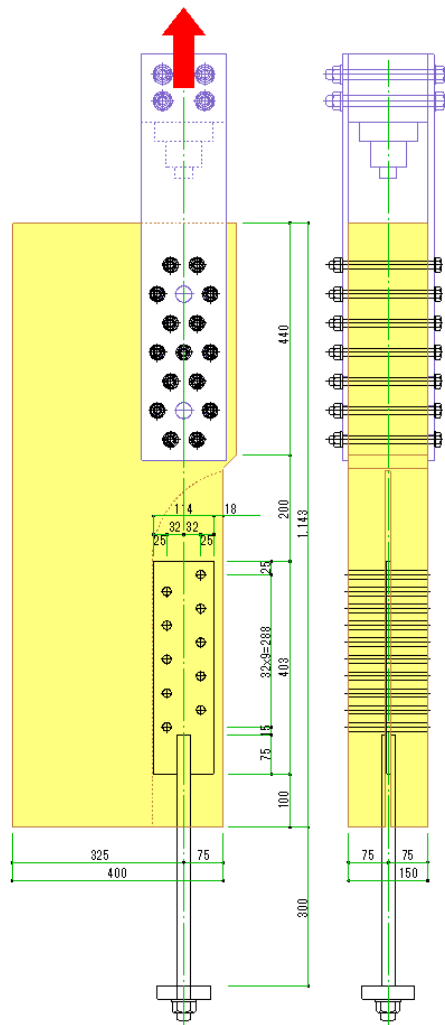


図 2.1 : TDP4d 試験体の詳細 (mm)

表 2.2 : TDP5d 試験体の詳細

項目	仕様詳細
接合部位	引張接合部
载荷方法	引張
試験体記号	TDP5d
試験体数	一方向繰返し加力 1体
接合部	挿入鋼板 : PL-9(SS400) ドリフトピン : 10-φ16(長さ 140mm、SS400) 配置間隔 5d(=80mm)チドリ 鋼棒 : ボルト(M27、強度区分 8.8)
接合方法	挿入鋼板ドリフトピン接合

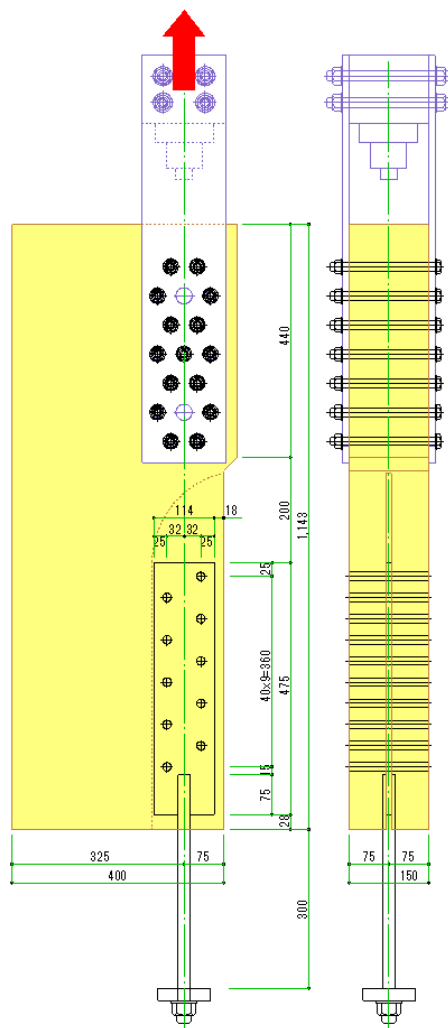


図 2.2 : TDP5d 試験体の詳細 (mm)



表 2.3 : TCGB-SB6k 試験体の詳細

項目	仕様詳細
接合部位	引張接合部
载荷方法	引張圧縮繰返し
試験体記号	TCGB-SB6k
試験体数	引張圧縮繰返し加力 1 体
鋼棒	ボルト (M27、ABR490)、六角ナット (8T) × 1
開き止め	開止めボルト (M12、強度区分 8.8、両端座金ナット) × 6
接合方法	グラウトジョイント

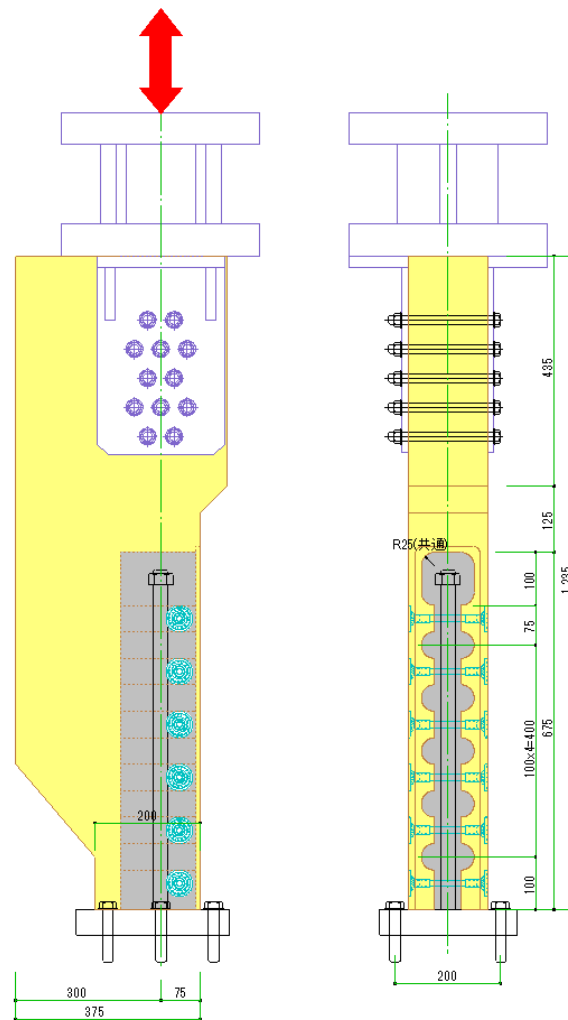


図 2.3 : TCGB-SB6k 試験体の詳細 (mm)

表 2.4 : TCGB-DS6k 試験体の詳細

項目	仕様詳細
接合部位	引張接合部
载荷方法	引張圧縮繰返し
試験体記号	TCGB-DS6k
試験体数	引張圧縮繰返し加力 1 体
鋼棒	ボルト (M27、ABR490)、六角ナット (8T) ×1
開き止め	開止め長ビス (PS8-140、片面打ち) ×12
接合方法	グラウトジョイント

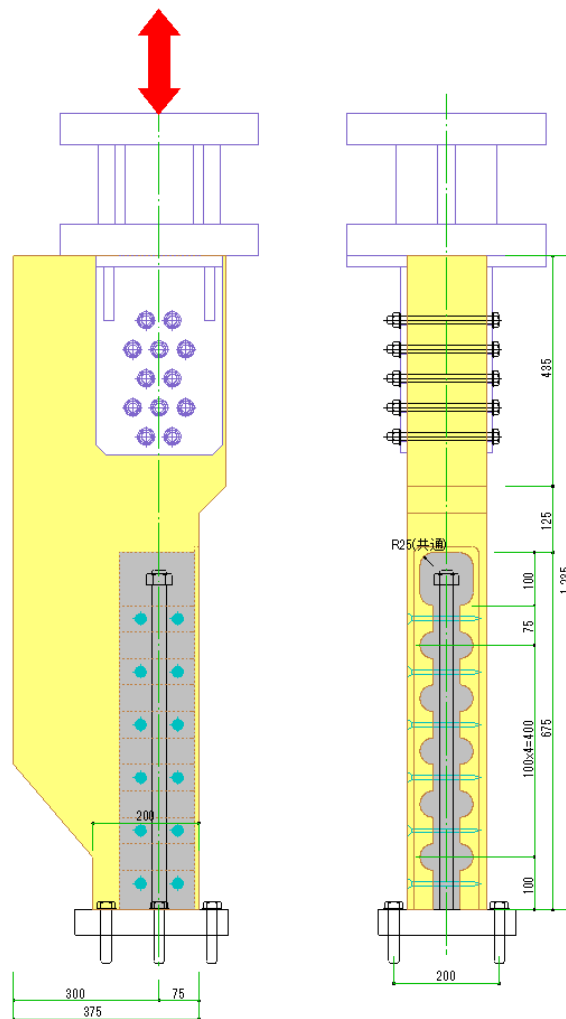


図 2.4 : TCGB-DS6k 試験体の詳細 (mm)

表 2.5 : TCGD-SB6k 試験体の詳細

項目	仕様詳細
接合部位	引張接合部
载荷方法	引張圧縮繰返し
試験体記号	TCGD-SB6k
試験体数	引張圧縮繰返し加力 1 体
鋼棒	異形鉄筋(D25、SD345)
開き止め	開止めボルト (M12、強度区分 8.8、両端座金ナット) ×6
接合方法	グラウトジョイント

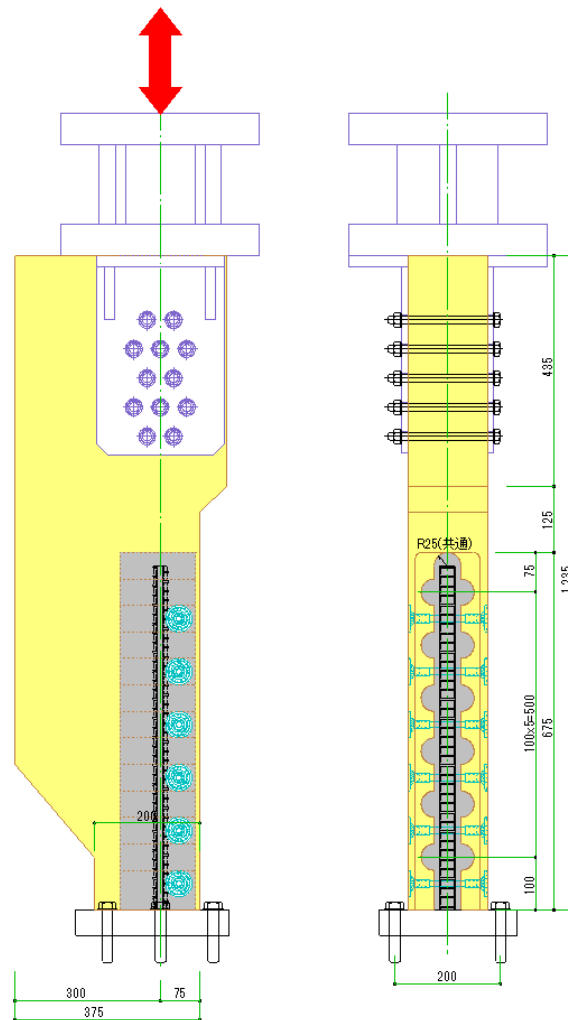


図 2.5 : TCGD-SB6k 試験体の詳細 (mm)

表 2.6 : TCGD-DS6k 試験体の詳細

項目	仕様詳細
接合部位	引張接合部
载荷方法	引張圧縮繰返し
試験体記号	TCGD-DS6k
試験体数	引張圧縮繰返し加力 1 体
鋼棒	異形鉄筋(D25、SD345)
開き止め	開止め長ビス (PS8-140、片面打ち) ×12
接合方法	グラウトジョイント

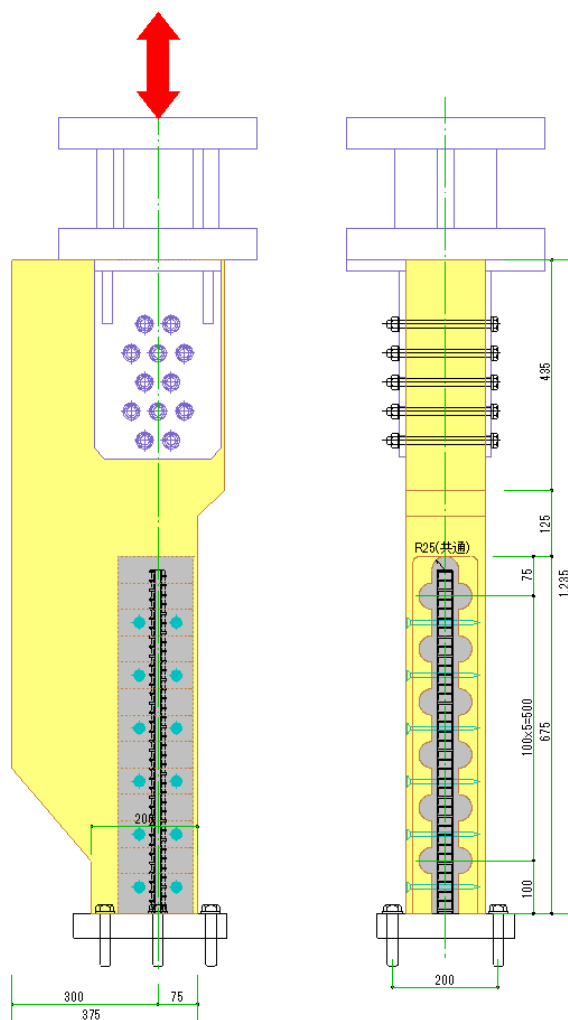


図 2.6 : TCGD-DS6k 試験体の詳細 (mm)

### 3. 実験方法

#### (1) 実験方法

実験は、接合部の引張実験とし(財)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」の「第10章 CLTパネル工法における接合部試験・評価方法」を参考にして行う。なお、実験の種類は、上記マニュアルの「10.3.1 試験の種類」の試験方法B(接合部の一部分を評価するための試験)とする。

#### (2) 試験体の設置

試験体は、以下に示す万能試験機に設置した。



(株式会社エヌ・シー・エヌ  
木構造技術センターHPより)

#### (3) 荷重及び変位の計測

荷重及び変位の計測を図3.1～図3.2に示す。

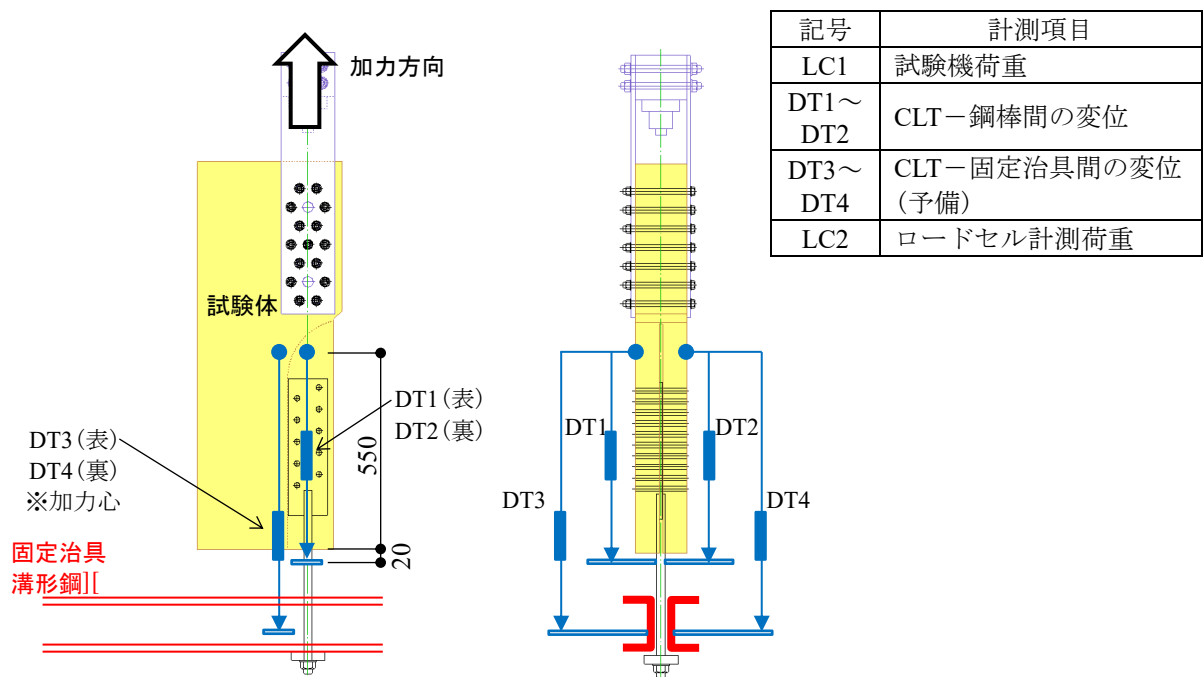


図 3.1 : 試験装置及び計測計画(TDP シリーズ試験体共通)

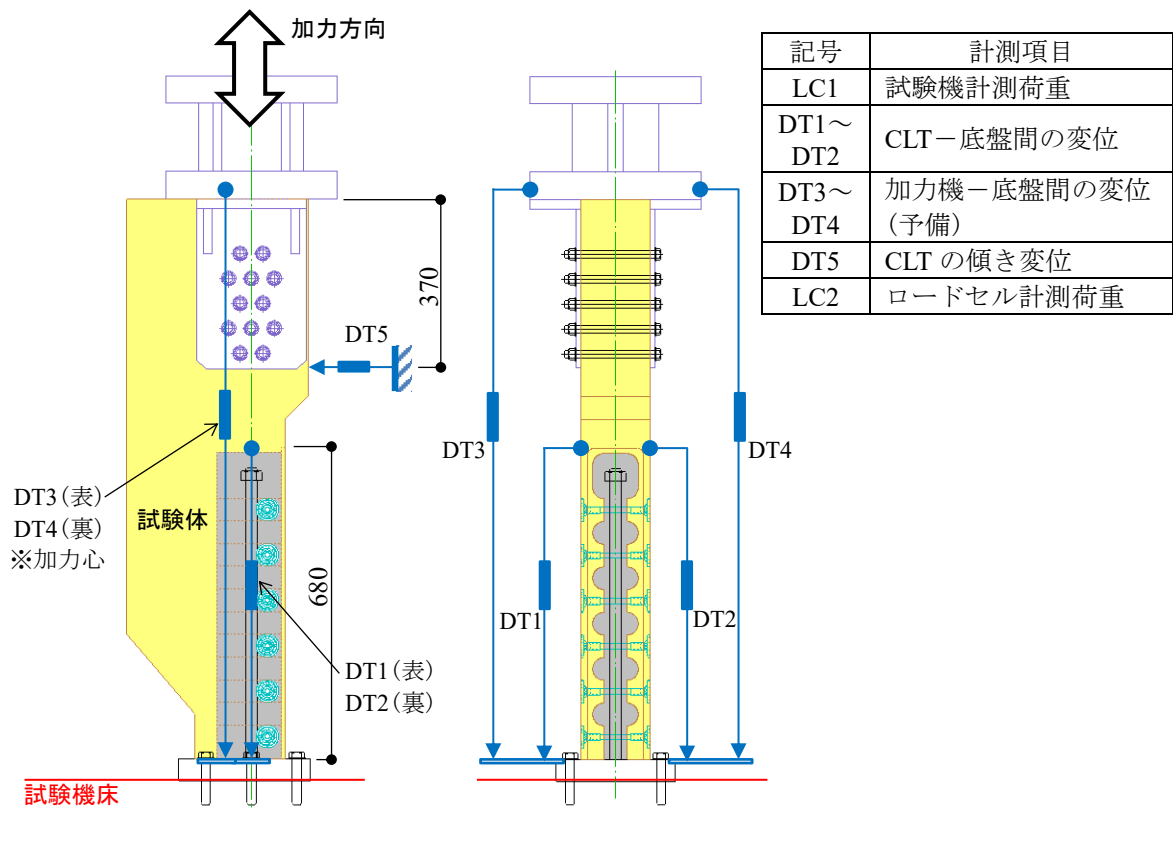


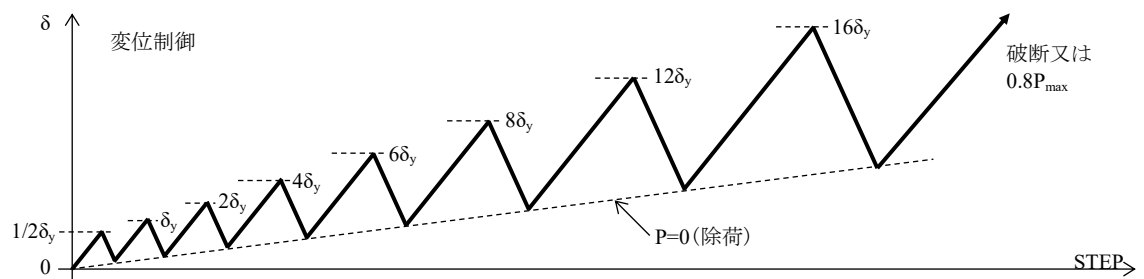
図 3.2 : 試験装置及び計測計画 (TCGB 及び TCGD シリーズ試験体共通)

#### (4) 荷重方法

荷重方法を以下に示す。

##### ・ TDP シリーズの場合の荷重方法

引張方向の一方方向繰り返し加力とし、履歴は降伏変位  $\delta_y$  の固定数列方式で、降伏変位  $\delta_y$  の 1/2 倍、1 倍、2 倍、4 倍、6 倍、8 倍、12 倍、16 倍の変形まで順に 1 回ずつ繰り返し加力を行う。なお、最大荷重に達した後は、最大荷重の 80% に荷重が低下するまで行う。



降伏変位  $\delta_y$  は、試験体数が 1 体であることから、文献 1) に示される推定方法で算定した降伏耐力  $P_y$  と初期剛性  $K$  (算定値を 1/2 に低減) の関係から求める。

$$\delta y = P_y / K = 1.48 \text{ mm} \rightarrow 1.5 \text{ mm}$$

1 本あたりの降伏耐力  $P_y = 27.9 \text{ kN} (\times n = 279 \text{ kN})$

1 本あたりの初期剛性  $K = 37.6 \times 1/2 = 18.8 \text{ kN/mm} (\times n = 188 \text{ kN/mm})$

接合具(ドリフトピン)本数  $n = 10$  本

文献 1) 中島昌一、三木徳人、秋山信彦、荒木康弘：鋼板挿入 CLT ドリフトピン接合部の最大耐力、降伏耐力および初期剛性の推定と実験による検証、日本建築学会構造系論文集 第 86 巻 第 783 号, 793-803, 2021.5

・TCGB シリーズ及び TCGD シリーズの場合の荷重方法

鋼棒 (ABR 又は異形鉄筋) の伸び変形後に圧縮が作用した際の接合部の構造性能への影響を確認するため引張圧縮繰返し加力とする。

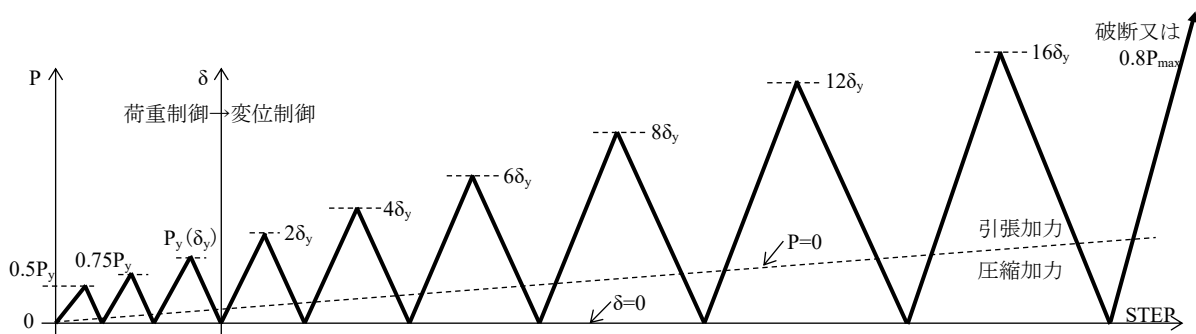
履歴は以下に示す荷重又は変形まで順に 1 回ずつ繰り返し加力を行う。

・降伏荷重  $P_y$  まで

降伏荷重  $P_y$  の固定数列方式で、降伏荷重  $P_y$  の 0.5 倍、0.75 倍、1.0 倍の荷重まで行う。

・降伏荷重  $P_y$  以降

降伏変位  $\delta_y$  (降伏荷重  $P_y$  時の変形(実験値)とする) の固定数列方式で、降伏変位  $\delta_y$  の 2 倍、4 倍、6 倍、8 倍、12 倍、16 倍の変形まで行う。なお、引張方向の最大荷重に達した後は、最大荷重の 80% に荷重が低下するまで行う。



降伏荷重  $P_y$  は、試験体数が 1 体であることから、鋼棒の断面性能の規格値(基準強度  $F$  の 1.1 倍を採用)から算定した。

TCGB シリーズ(鋼棒 ABR490, M27) の  $P_y : 173.4 \text{ kN}$

TCGD シリーズ(鋼棒 SD345, D25) の  $P_y : 192.3 \text{ kN}$

(5) データの集録

変位計、ロードセルを静デジタルひずみ測定器、コンピュータシステムに接続して行う。

#### 4. 実験結果

##### (1) 破壊状況

TDP シリーズの試験体 (TDP4d、TDP5d) の破壊性状は、試験体 TDP4d では挿入鋼板の破断であり、試験体 TDP5d では CLT パネルの集合型破断であった。

TCGB シリーズ及び TCGD シリーズの試験体 (TCGB-SB6k、TCGB-DS6k、TCGD-SB6k、TCGD-DS6k) の破壊性状は、いずれもグラウトモルタルにひび割れが発生し、最終的には CLT パネルに割れが生じた。

##### (2) 荷重－変位関係

荷重 (kN)－変位 (mm) 関係を以下に示す。なお、荷重はロードセルにより測定された値とし、変位は下式による。

$$\text{変位 } \delta = (\delta_1 + \delta_2) / 2$$

ここで、 $\delta_1$  : 変位計 DT1 による計測値       $\delta_2$  : 変位計 DT2 による計測値

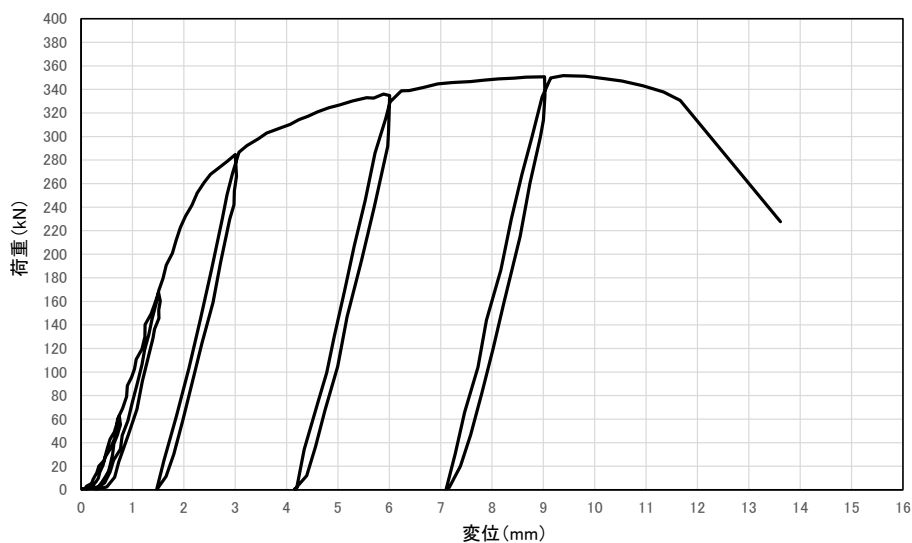


図 4.1 : 試験体 TDP4d の荷重－変位関係



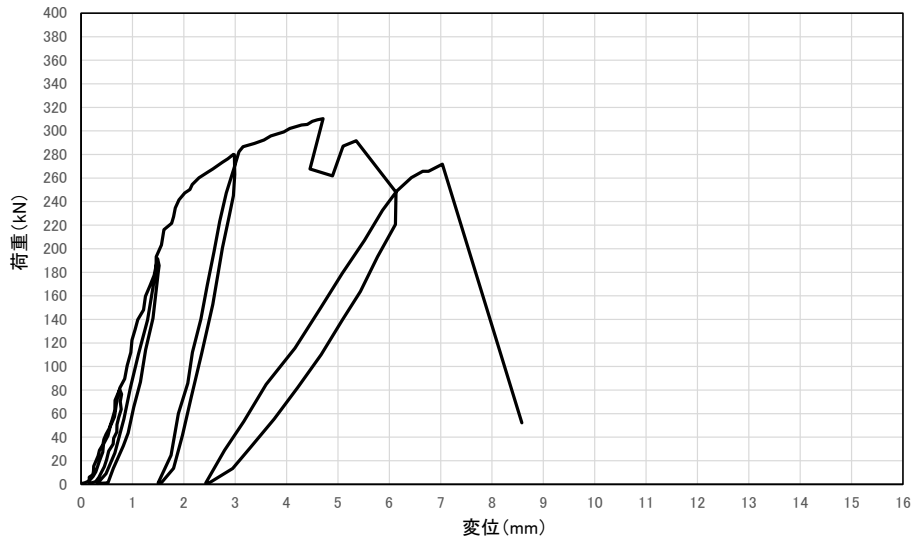


図 4.2 : 試験体 TDP5d の荷重－変位関係

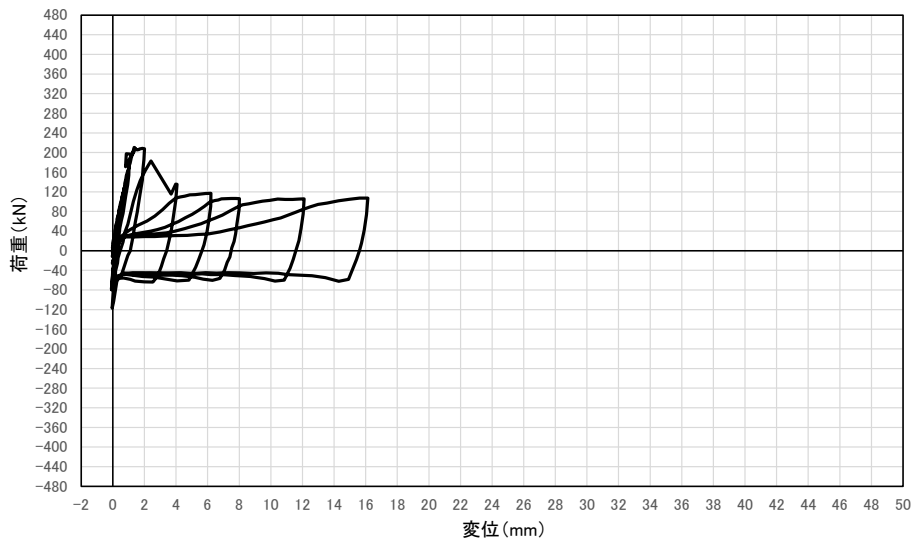


図 4.3 : 試験体 TCGB-SB6k の荷重－変位関係

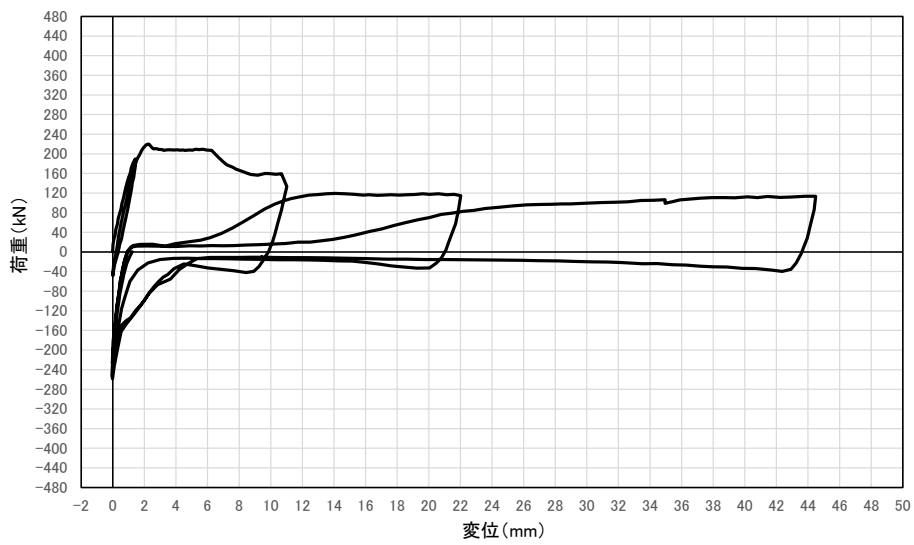


図 4.4 : 試験体 TCGB-DS6k の荷重－変位関係

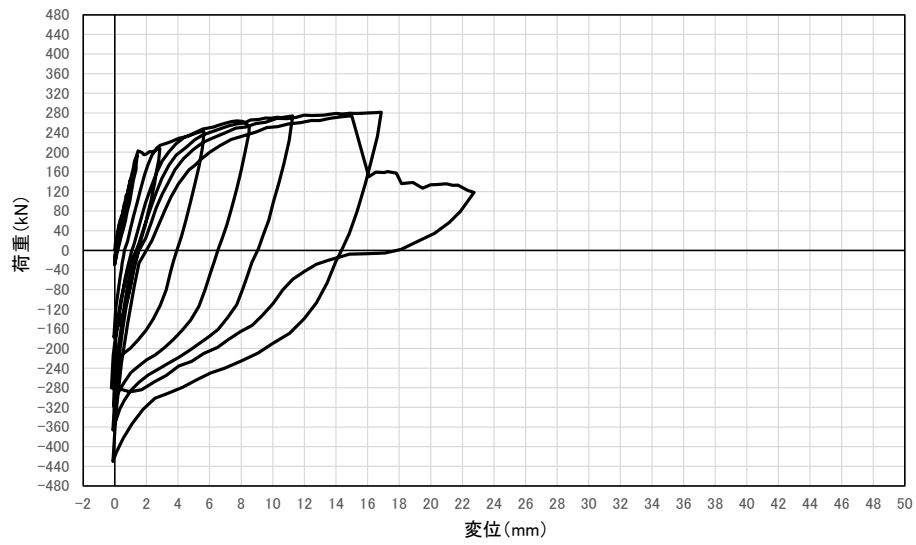


図 4.5 : 試験体 TCGD-SB6k の荷重－変位関係

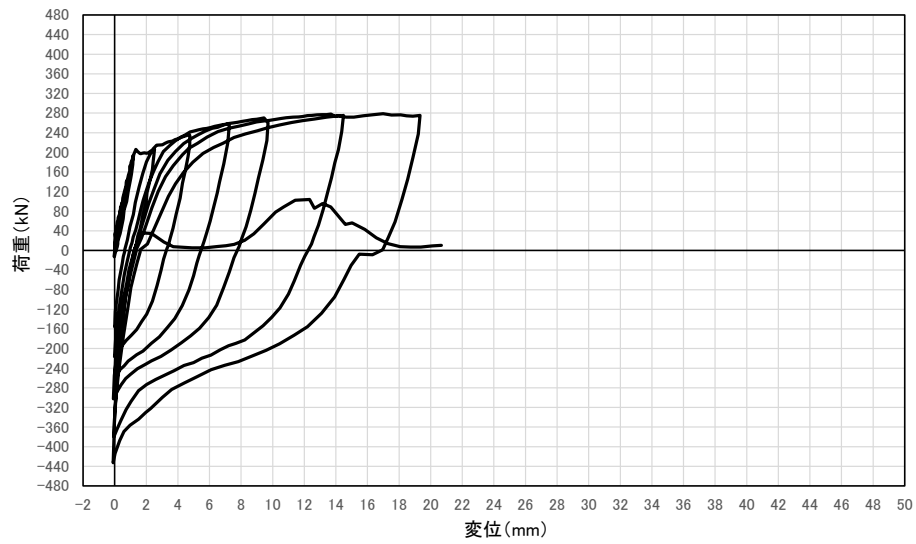
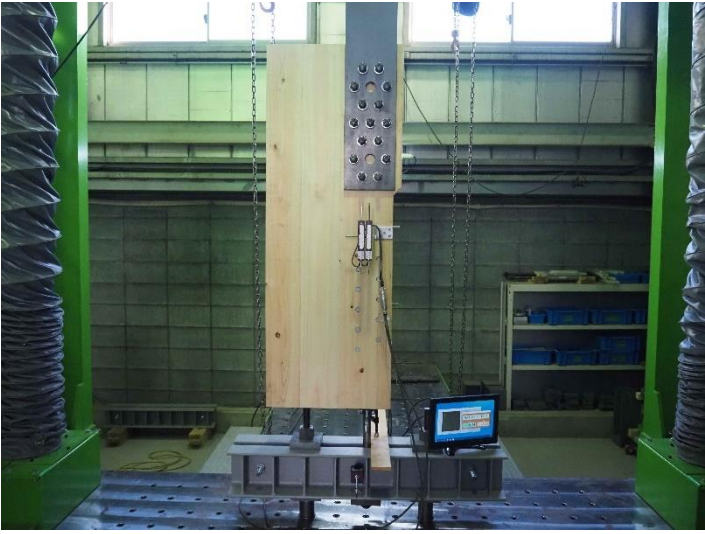
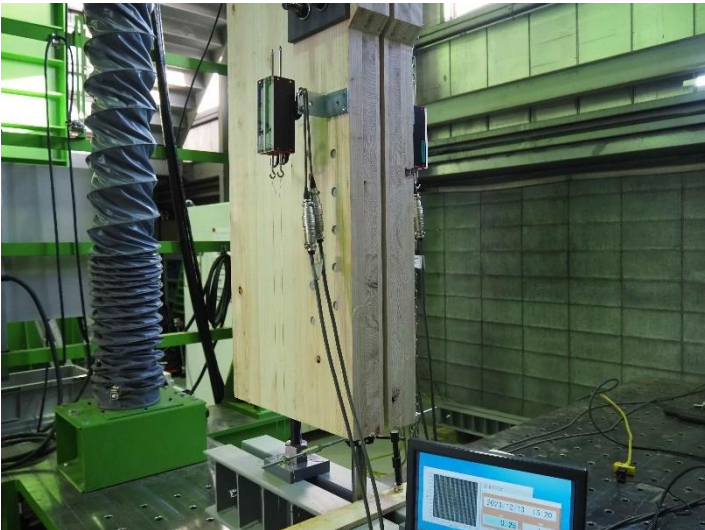




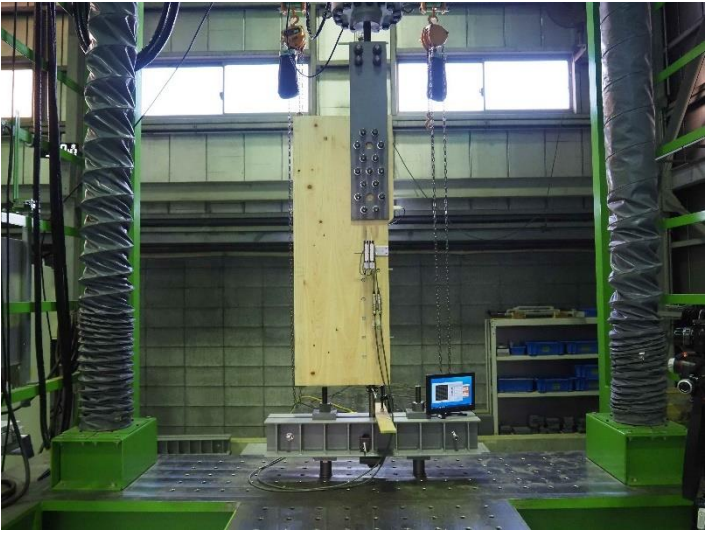
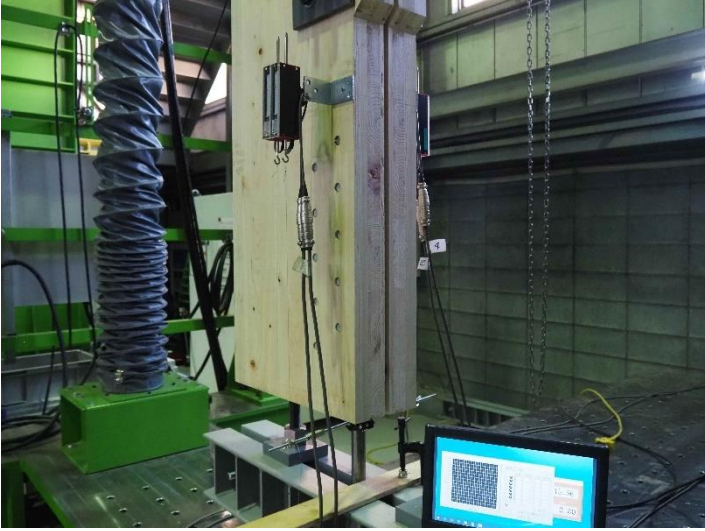



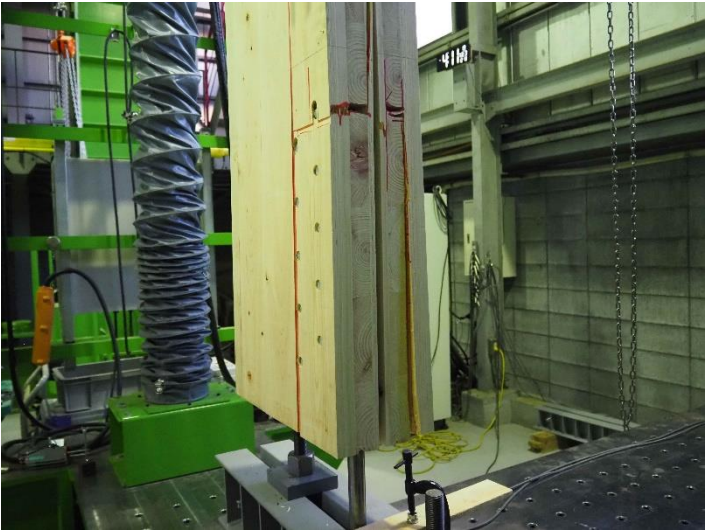


図 4.6 : 試験体 TCGD-DS6k の荷重－変位関係


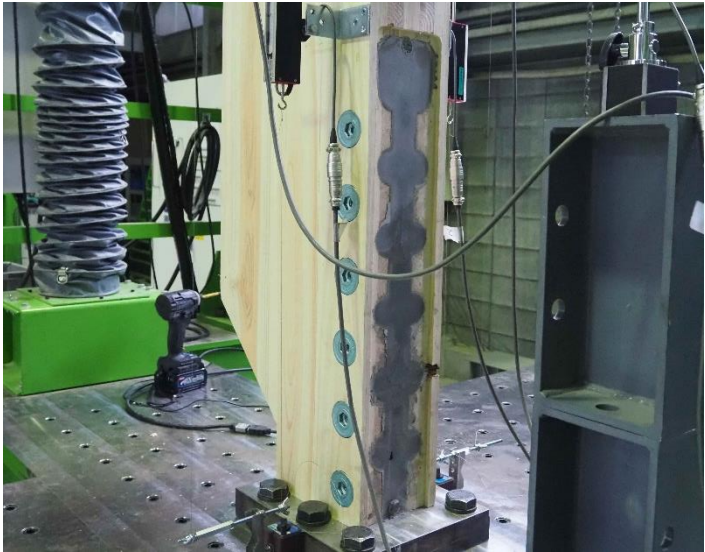
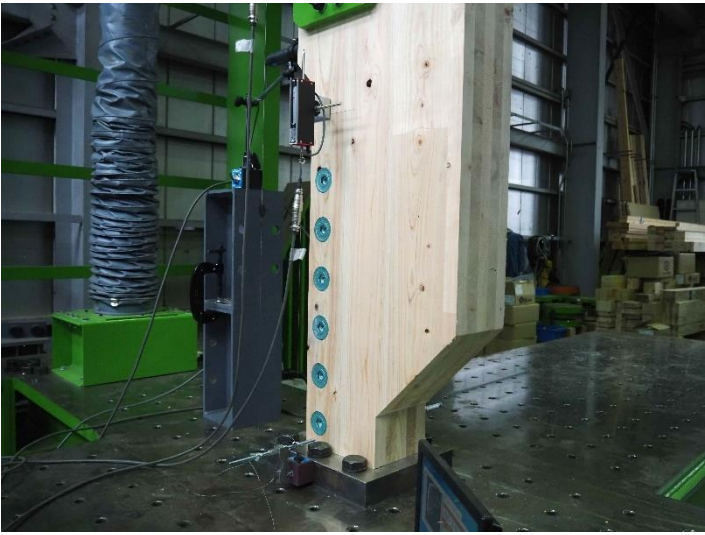
5. 実験写真

<p>写真番号 1-1</p>	
<p>[試験体記号] TDP4d</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>実験前</p>	
<p>写真番号 1-2</p>	
<p>[試験体記号] TDP4d</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>実験前</p>	
<p>写真番号 1-3</p>	
<p>[試験体記号] TDP4d</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>実験前</p>	

写真番号 1-4	
[試験体記号] TDP4d	
概要説明	
実験後 ・ CLT パネル損傷なし	
写真番号 1-5	
[試験体記号] TDP4d	
概要説明	
実験後 ・ CLT パネル損傷なし	
写真番号 1-6	
[試験体記号] TDP4d	
概要説明	
実験後(ドリフトピン及び 挿入鋼板取外し) ・ ドリフトピンの曲がり ・ 挿入鋼板孔破断	

写真番号 2-1	
[試験体記号] TDP5d	
概要説明	
実験前	
写真番号 2-2	
[試験体記号] TDP5d	
概要説明	
実験前	
写真番号 2-3	
[試験体記号] TDP5d	
概要説明	
実験前	


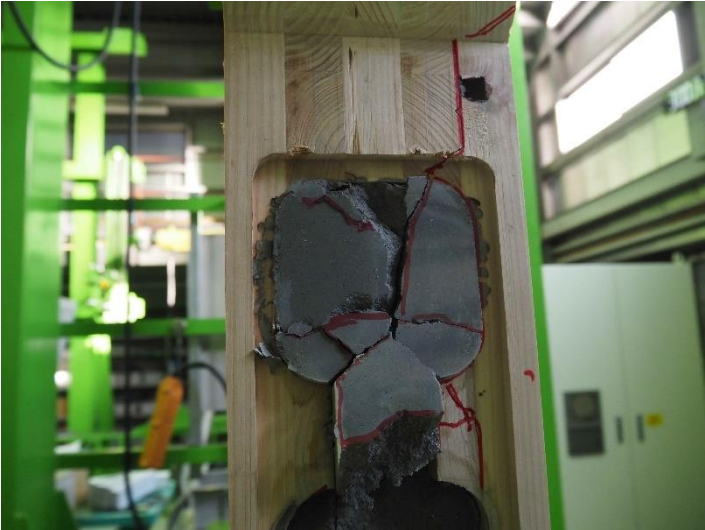

写真番号 2-4	
[試験体記号] TDP5d	
概要説明	
実験後 ・ CLT パネルの鋼板挿入ドリフトピン接合部割れ	
写真番号 2-5	
[試験体記号] TDP5d	
概要説明	
実験後 ・ CLT パネルの鋼板挿入ドリフトピン接合部割れ ・ CLT パネルの側面割れ	
写真番号 2-6	
[試験体記号] TDP5d	
概要説明	
実験後(ドリフトピン及び挿入鋼板取外し) ・ ドリフトピンの曲がり ・ 挿入鋼板孔変形	


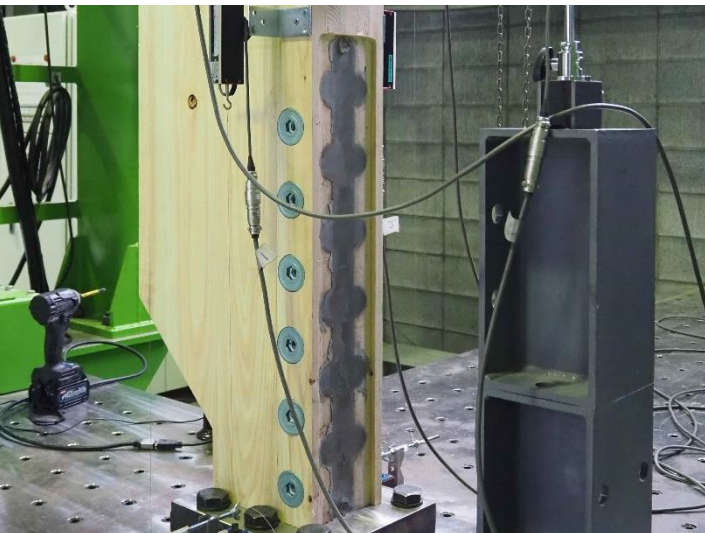
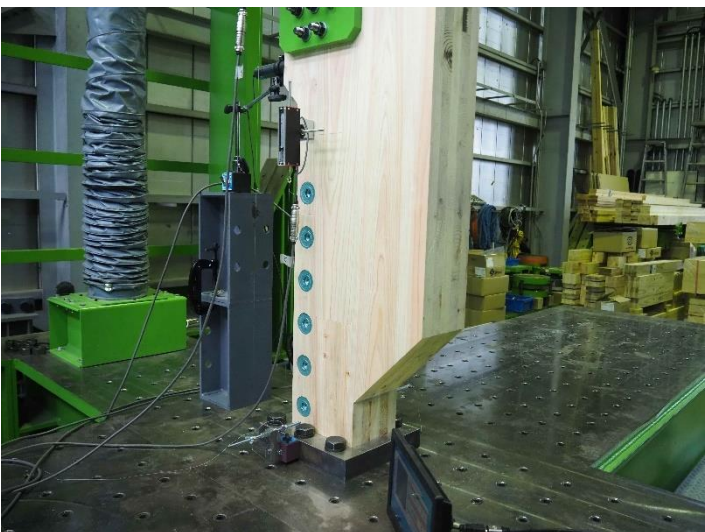
写真番号 3-1	
[試験体記号] TCGB-SB6k	
概要説明	
実験前	
写真番号 3-2	
[試験体記号] TCGB-SB6k	
概要説明	
実験前	
写真番号 3-3	
[試験体記号] TCGB-SB6k	
概要説明	
実験前	




写真番号 3-4	
[試験体記号] TCGB-SB6k	
概要説明	
実験後 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CLT パネルの側面割れ</li> <li>・ グラウトモルタル上部の CLT パネル割れ</li> <li>・ CLT パネルとグラウトモルタル間の割れ</li> </ul>	
写真番号 3-5	
[試験体記号] TCGB-SB6k	
概要説明	
実験後 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ グラウトモルタル割れ</li> <li>・ CLT パネルとグラウトモルタル間の割れ</li> <li>・ グラウトモルタル上部の CLT パネル割れ</li> </ul>	
写真番号 3-6	
[試験体記号] TCGB-SB6k	
概要説明	
実験後 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ グラウトモルタル割れ</li> <li>・ CLT パネルとグラウトモルタル間の割れ</li> </ul>	


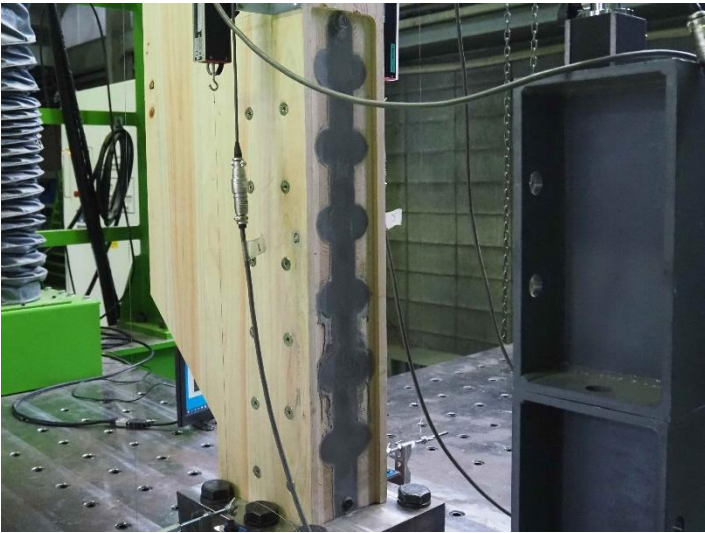



写真番号 4-1	
[試験体記号] TCGB-DS6k	
概要説明	
実験前	
写真番号 4-2	
[試験体記号] TCGB-DS6k	
概要説明	
実験前	
写真番号 4-3	
[試験体記号] TCGB-DS6k	
概要説明	
実験前	

<p>写真番号 4-4</p>	
<p>[試験体記号] TCGB-DS6k</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>実験後</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CLT パネルの側面割れ</li> <li>・ グラウトモルタル上部の CLT パネル割れ</li> <li>・ CLT パネルとグラウトモルタル間の割れ</li> </ul>	
<p>写真番号 4-5</p>	
<p>[試験体記号] TCGB-DS6k</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>実験後</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ グラウトモルタル割れ</li> <li>・ CLT パネルとグラウトモルタル間の割れ</li> <li>・ グラウトモルタル上部の CLT パネル割れ</li> </ul>	
<p>写真番号 4-6</p>	
<p>[試験体記号] TCGB-DS6k</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>実験後</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ グラウトモルタル割れ</li> <li>・ CLT パネルとグラウトモルタル間の割れ</li> </ul>	

写真番号 5-1	
[試験体記号] TCGD-SB6k	
概要説明	
実験前	
写真番号 5-2	
[試験体記号] TCGD-SB6k	
概要説明	
実験前	
写真番号 5-3	
[試験体記号] TCGD-SB6k	
概要説明	
実験前	

<p>写真番号 5-4</p>	
<p>[試験体記号] TCGD-SB6k</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>実験後</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CLT パネルの側面割れ</li> <li>・ グラウトモルタル上部の CLT パネル割れ</li> <li>・ グラウトモルタル割れ</li> </ul>	
<p>写真番号 5-5</p>	
<p>[試験体記号] TCGD-SB6k</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>実験後</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CLT パネルの側面割れ</li> </ul>	
<p>写真番号 5-6</p>	
<p>[試験体記号] TCGD-SB6k</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>実験後</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CLT パネルの側面割れ</li> </ul>	

写真番号 6-1	
[試験体記号] TCGD-DS6k	
概要説明	
実験前	
写真番号 6-2	
[試験体記号] TCGD-DS6k	
概要説明	
実験前	
写真番号 6-3	
[試験体記号] TCGD-DS6k	
概要説明	
実験前	

写真番号 6-4	
[試験体記号] TCGD-DS6k	
概要説明	
実験後 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ グラウトモルタル上部の CLT パネル割れ</li> <li>・ グラウトモルタル割れ</li> </ul>	
写真番号 6-5	
[試験体記号] TCGD-DS6k	
概要説明	
実験後 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ グラウトモルタル上部の CLT パネル割れ</li> <li>・ グラウトモルタル割れ</li> </ul>	
写真番号 6-6	
[試験体記号] TCGD-DS6k	
概要説明	
実験後 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CLT パネルの側面割れなし</li> </ul>	