

付.3 実験報告書

直接グラウト接合(側面加工および表面加工)全体の引張実験<実験 C>

実験 C

直接グラウト接合(側面加工および表面加工)

全体の引張実験

実験報告書

## 目次

1. 一般事項 .....	付 3-1
2. 試験体 .....	付 3-3
3. 実験方法 .....	付 3-8
4. 実験結果 .....	付 3-11
5. 実験写真 .....	付 3-13

1. 一般事項

<p>(1) 件名</p>	<p>CLT パネル工法等による中層建築物に適したグラウトジョイントの開発と設計情報整備に関する検討 直接グラウト接合(側面加工および表面加工)全体の引張実験</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 パネル工法等の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 ・側面加工 試験体製作：9月19日～9月20日 (CLT パネル製作・加工期間等除く、グラウト養生期間：10日～12日間程度) 実験実施：10月1日 ・表面加工 試験体製作：11月13日～11月14日 (CLT パネル製作・加工期間等除く、グラウト養生期間：10日～12日間程度) 実験実施：11月28日</p> <p>[3] 試験体 1) 試験体名</p> <div data-bbox="536 1032 1350 1267" style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <p>試験体名の説明</p> <p>↑ 実験方法 (TC: 引張圧縮)</p> <p>↑ コブの節数 (末尾 A,B,無: コブ間隔と縁あきタイプ)</p> <p>↑ コブの加工方向 (s: 側面、f: 表面)</p> <p>↑ 接合仕様 (S: スリーブ接合(使用無)、D: 直接グラウト接合)</p> <p>↑ 木材仕様 (C: CLT、L: 集成材(使用無))</p> </div> <p>CDs6TC (側面加工) コブ形状 : 横長丸形 2-φ50 中心距離 50mm 間隔 100mm 縁あき 25mm (深さ 150mm, グラウト注入範囲 141mm) 鋼棒 : 異形鉄筋 (D29, SD490)</p> <p>CDf3ATC (表面加工) コブ形状 : 長丸形 2-φ100 中心距離 20mm 間隔 180mm 縁あき 25mm (深さ 125mm, グラウト注入範囲 100mm) 鋼棒 : 異形鉄筋 (D25, SD490)</p> <p>CDf3BTC (表面加工) コブ形状 : 長丸形 2-φ100 中心距離 20mm 間隔 160mm 縁あき 75mm (深さ 125mm, グラウト注入範囲 100mm) 鋼棒 : 異形鉄筋 (D25, SD490)</p>

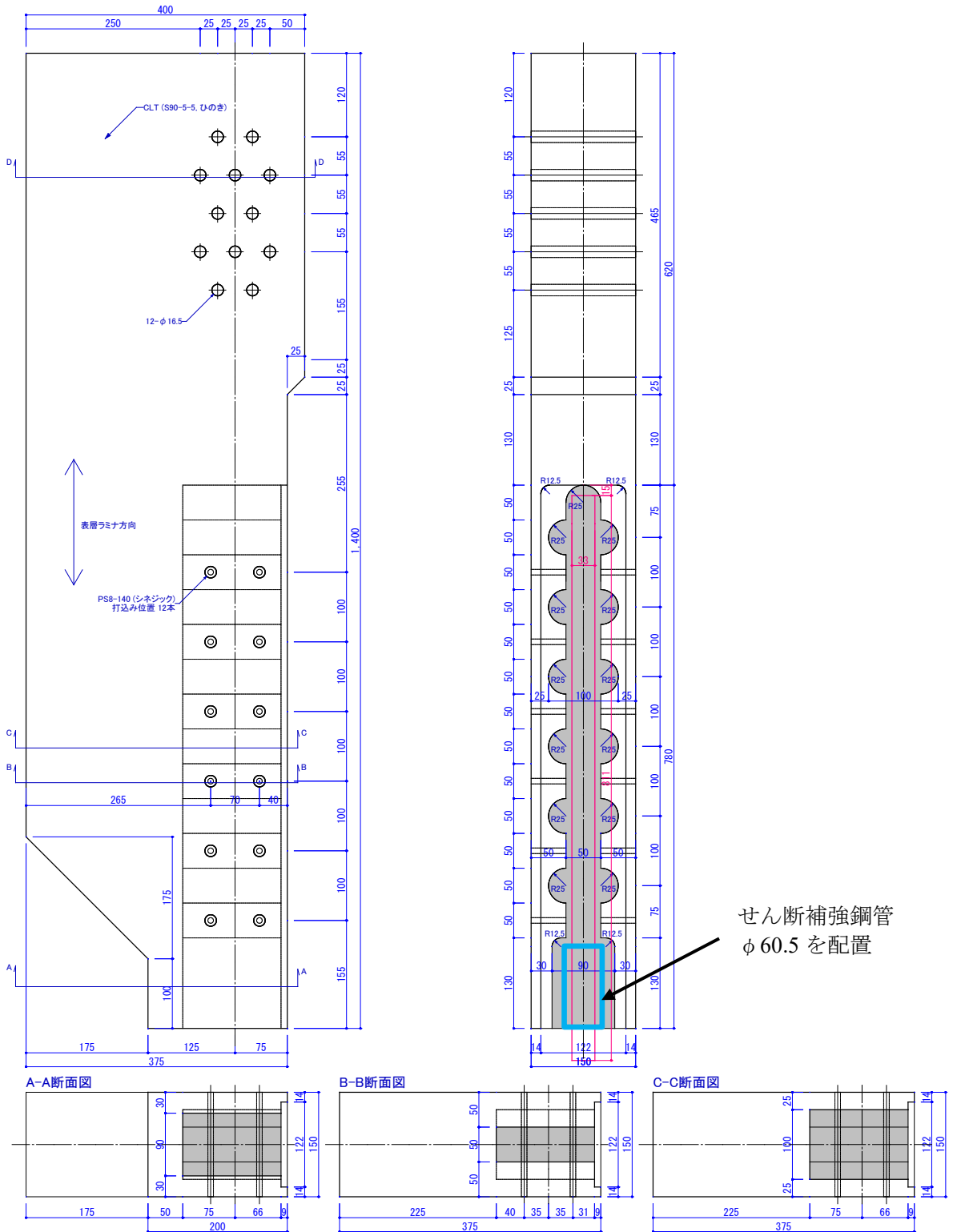
	<p>2) 使用材料</p> <p>モルタルグラウト : SS モルタル 120N  (日本プラインススリーブ株式会社)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・側面加工  実験時の圧縮応力度 116.3N/mm<sup>2</sup>  (テストピース 3 体の平均値)</li> <li>・表面加工  実験時の圧縮応力度 105.3N/mm<sup>2</sup>  (テストピース 3 体の平均値)</li> </ul> <p>CLT 壁パネル : S90-5-5(厚さ 150mm)  樹種ヒノキ</p> <p>異形鉄筋 : D29 SD490  D25 SD490</p> <p>エンドプレート : PL-48 260×290  SM490</p> <p>3) 試験体数</p> <p>側面加工 CDs6TC : 1 体  表面加工 CDf3ATC、CDf3BTC : 各 1 体 (合計 2 体)</p> <p>[4] 荷重方法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・引張圧縮加力</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

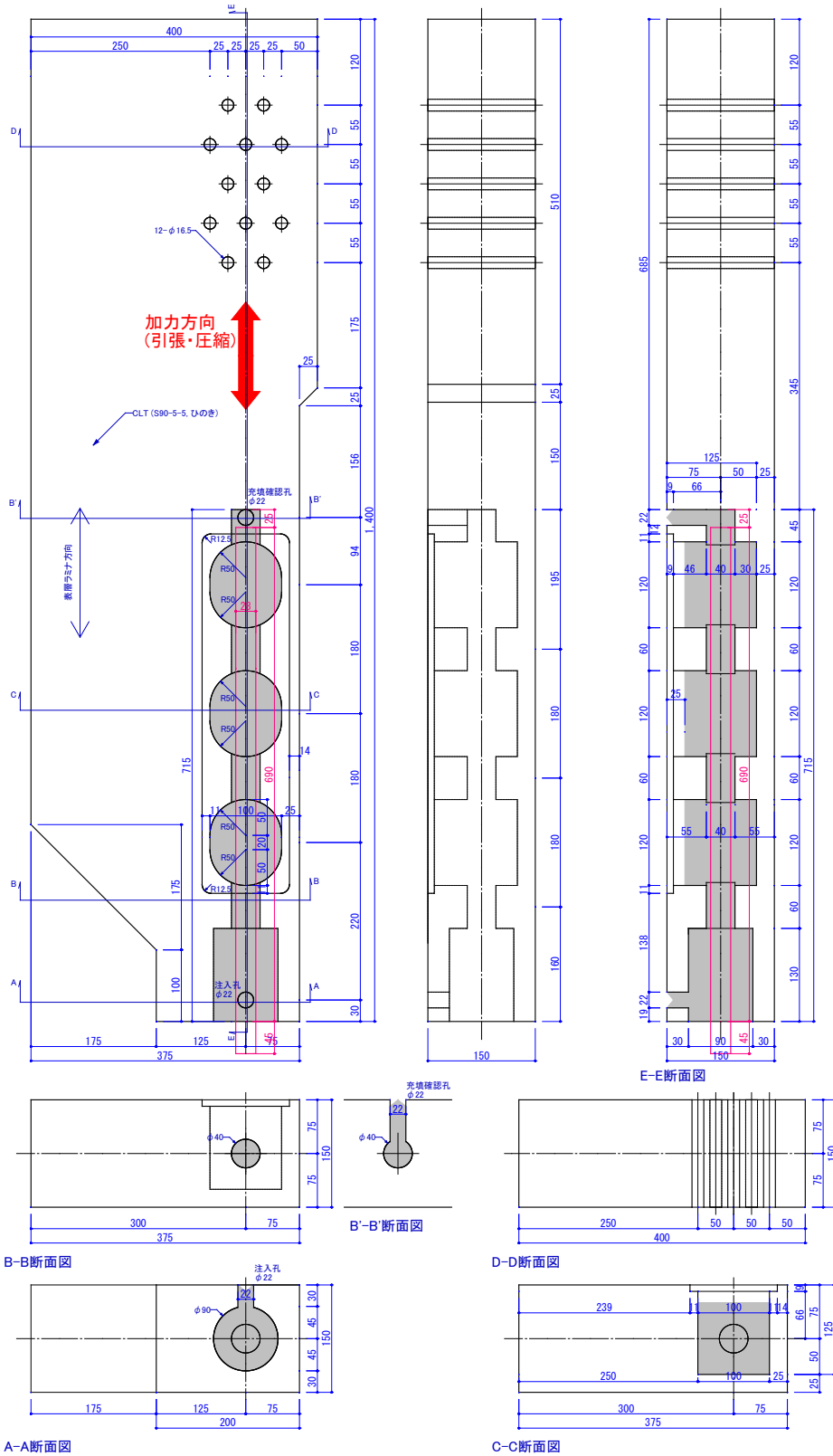
(1) 試験体図を以下に示す。

・側面加工

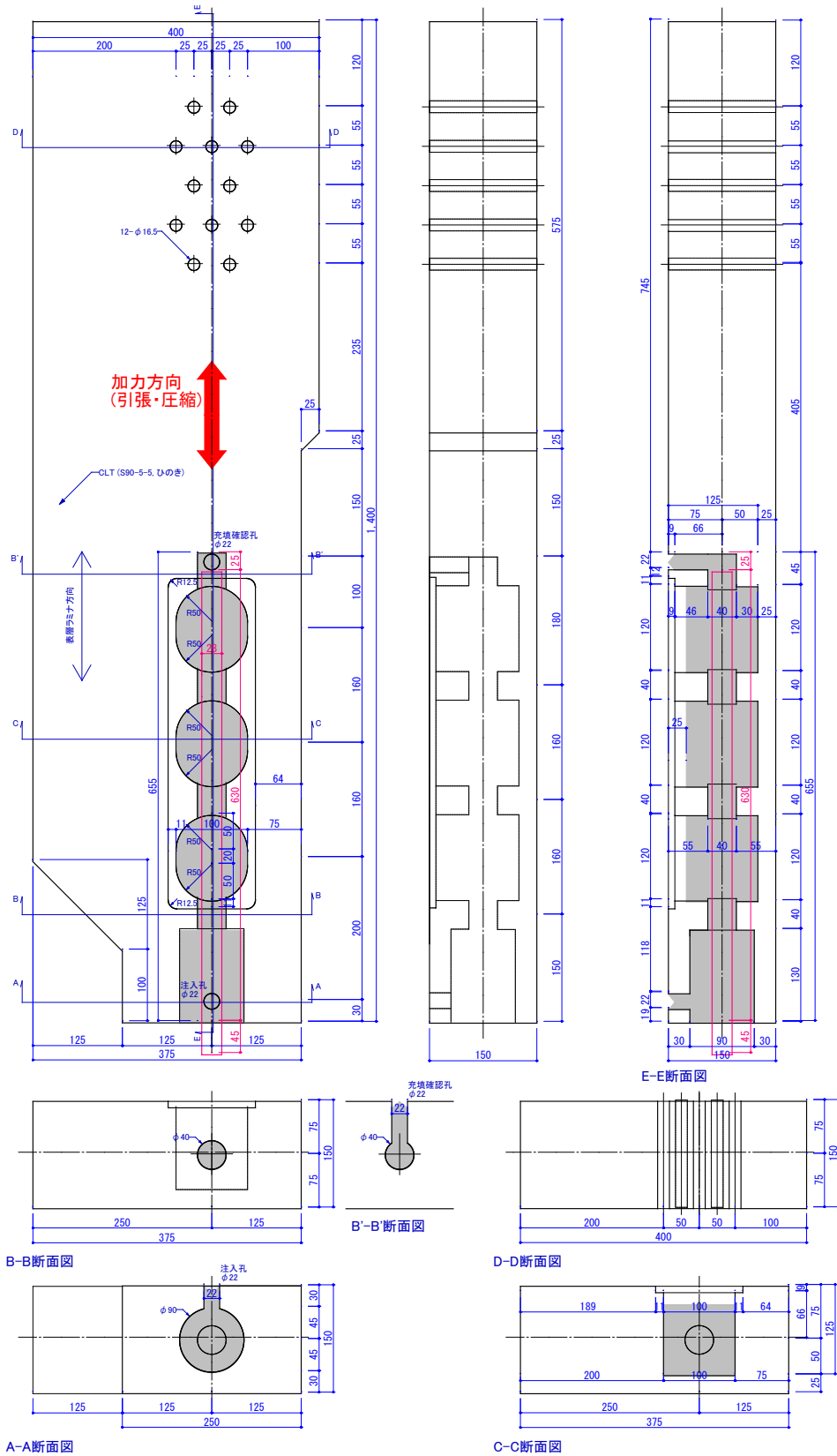
CDs6TC



・表面加工  
CD3ATC



CD3BTC



表面加工の試験体の仕様は、以下に示す経緯で決定した。

表面加工の試験体は、以下に示すコブ一節の引張実験の結果からコブの節数を検討した。

- ・コブ一節の引張実験による最大荷重及び破壊状況

#### 円形コブ仕様

試験体		最大荷重 (kN)	実験での 破壊状況	予測耐力 (kN)	予測耐力 破壊箇所
CDfICT	縁あき 有効	56.3	グラウトモルタル(CLT厚さ 方向)の曲げによる割れ →CLT平行層(中)の割れ破壊	42.4	CLT直交層 の引張破壊
CDfICeT	縁あき 無効	51.5	グラウトモルタル(CLT厚さ 方向)の曲げによる割れ →CLT平行層(中)の割れ破壊	42.4	CLT直交層 の引張破壊

#### 四角形コブ仕様

試験体		最大荷重 (kN)	実験での 破壊状況	予測耐力 (kN)	予測耐力 破壊箇所
CDfIST	縁あき 有効	70.0	グラウトモルタル(CLT厚さ 方向)の曲げによる割れ →CLT平行層(中)の割れ破壊	48.1	異形鉄筋の 付着破壊
CDfISeT	縁あき 無効	54.5	グラウトモルタル(CLT厚さ 方向)の曲げによる割れ →CLT平行層(中)の割れ破壊	44.7	モルタル (側)のせん 断破壊

#### 長丸形コブ仕様

試験体		最大荷重 (kN)	実験での 破壊状況	予測耐力 (kN)	予測耐力 破壊箇所
CDfILT	縁あき 有効	102.0	グラウトモルタル(CLT厚さ 方向)の曲げによる割れ →CLTラミナ間の割れ破壊	52.5	CLTラミナ へのめり込 み破壊
CDfILeT	縁あき 無効	63.2	グラウトモルタル(CLT厚さ 方向)の曲げによる割れ →CLTラミナ間の割れ破壊	52.5	CLTラミナ へのめり込 み破壊

コブ形状及び節数は、コブ一節の引張実験の結果で性能のよかった長丸形仕様でコブ3節の最大荷重(102.0kN + 102.0kN + 102.0kN = 303kN)が目標耐力(アンカー鉄筋 D22(SD345)の推定上限破断耐力 232.2kN)よりも大きくなると考えられるため、長丸形コブ3節を採用した。なお、採用した実験の最大荷重は、縁あき有効の場合のものであるため、接合部全体の試験体としては、縁あき 75mm を確保する。⇒タイプ B 試験体

ただし、接合部の納まりを考慮すると、CLT壁パネル端部からパネル厚さ(150mm)の半分の位置に接合部心を配置することが望ましいことから、接合部全体の試験体としては、縁あき 25mm の場合についても実施する。⇒タイプ A 試験体

コブの間隔は、接合部全体として集合型せん断破壊耐力から検討した。各タイプのコブ間隔は、以下のとおりとする。

タイプ A : 縁あき 25mm、コブ間隔 180mm

タイプ B : 縁あき 75mm、コブ間隔 160mm

集合型せん断破壊耐力の検討結果を以下に示す。



アンカー鉄筋D22(SD345)の設計用最大引張耐力

$T_u=1.3A \cdot F$	173.6 kN	<< タイプAとタイプBともに満足
A	387 mm <sup>2</sup>	
F	345 N/mm <sup>2</sup>	

アンカー鉄筋D22(SD345)の引張破断耐力(推定上限)

$T_s=A \cdot F$	232.2 kN	<< タイプBのみ満足
A	387 mm <sup>2</sup>	
F(推定上限)	600 N/mm <sup>2</sup>	

・ CLTの集合型せん断破壊耐力

コブ3節 タイプA

縁あき25mm - コブ間隔180mm

Pug	227.1 kN
Aes	61000 mm <sup>2</sup>
Aet	7500 mm <sup>2</sup>
cltFs	2.59 N/mm <sup>2</sup>
cltFt	9.22 N/mm <sup>2</sup>
有効部材厚さl	100 mm
パネル厚さt	150 mm
欠損表	25 mm
欠損裏	25 mm
$\Sigma si$	610 mm
コブ1せい	120 mm
コブ1内法間隔	60 mm
コブ2せい	120 mm
コブ2内法間隔	60 mm
コブ3せい	120 mm
コブ3内法間隔	60 mm
コブ4せい	0 mm
コブ4内法間隔	0 mm
せん断補強部	130 mm
$\Sigma ri$	75 mm
コブ幅	100 mm
縁あき	25 mm

コブ3節 タイプB

縁あき75mm - コブ間隔160mm

Pug	257.7 kN
Aes	55000 mm <sup>2</sup>
Aet	12500 mm <sup>2</sup>
cltFs	2.59 N/mm <sup>2</sup>
cltFt	9.22 N/mm <sup>2</sup>
有効部材厚さl	100 mm
パネル厚さt	150 mm
欠損表	25 mm
欠損裏	25 mm
$\Sigma si$	550 mm
コブ1せい	120 mm
コブ1内法間隔	40 mm
コブ2せい	120 mm
コブ2内法間隔	40 mm
コブ3せい	120 mm
コブ3内法間隔	40 mm
コブ4せい	0 mm
コブ4内法間隔	0 mm
せん断補強部	130 mm
$\Sigma ri$	125 mm
コブ幅	100 mm
縁あき	75 mm

タイプAは、孔内法間隔を60mmとすれば、改訂版CLTマニュアルに掲載される算定式による集合型せん断耐力がD22(SD345)の1.3FA(=173.6kN)を上回る。ただし、D22(SD345)の推定上限破断耐力232.2kNまで引張力が上昇するとCLTパネルの縁切れ・集合型せん断破壊が生じる可能性がある。

タイプBは、縁距離を125mmとすれば、改訂版CLTマニュアルに掲載される算定式による集合型せん断耐力がD22(SD345)の1.3FA(=173.6kN)を上回る。さらに、算定式による集合型せん断耐力は、アンカー鉄筋の引張破断耐力232.3kNを上回り、アンカー鉄筋の先行破壊がほぼ確実になる。

集合型せん断破壊検定の際のCLT強度は、基準強度を用いており実強度はその2倍程度であることを考えればタイプAでも、アンカー鉄筋の引張破断耐力232.3kNを上回る耐力が得られる可能性がある。

### 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

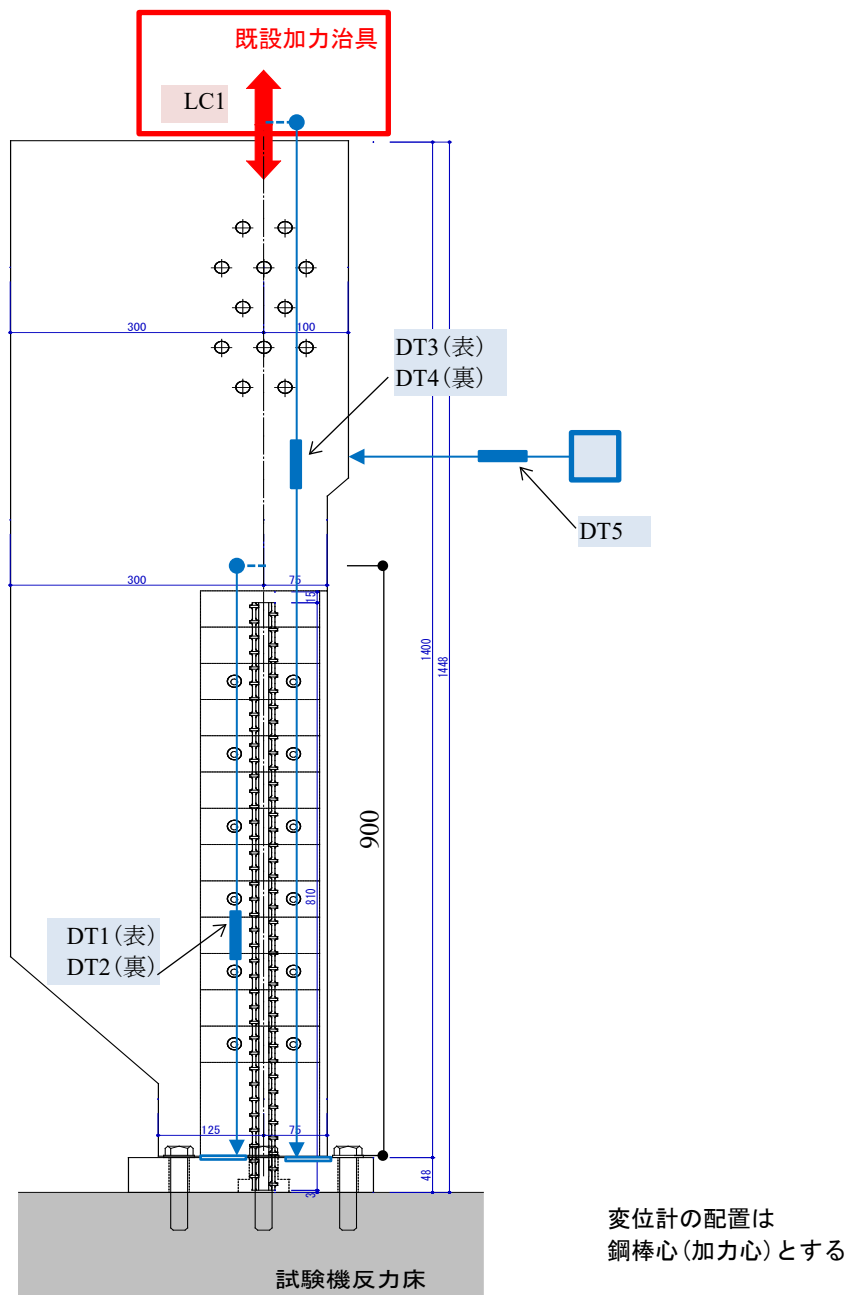
試験体は、以下に示す万能試験機に設置した。



（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以下に示す。



記号	計測項目
LC1	鉛直荷重(kN) 試験機荷重計
DT1、DT2	接合部上部(CLT 底部から高さ 900mm)の鉛直方向変位【底盤との相対変位】
DT3、DT4	加力治具の鉛直方向変位【底盤との相対変位】
DT5	CLT パネルの水平方向変位【絶対変位】

#### (4) 載荷方法

鋼棒(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。

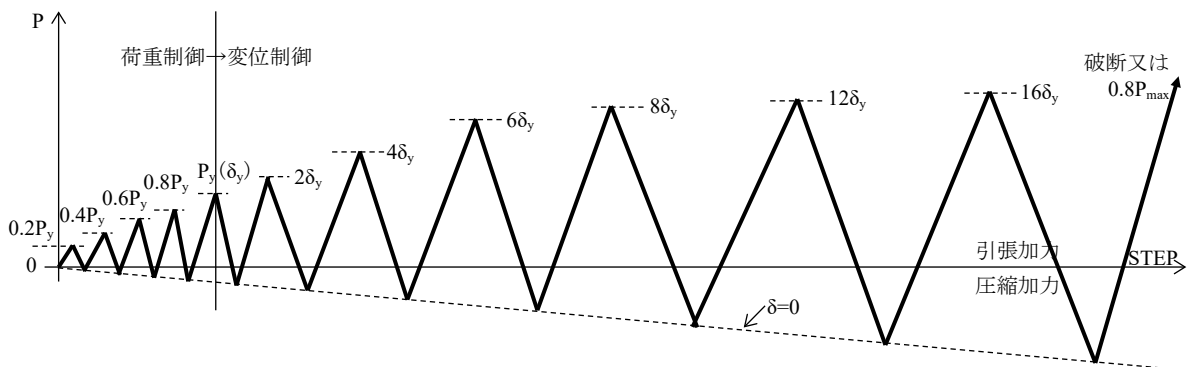
履歴は以下に示す荷重又は変形まで順に1回ずつ繰り返し加力を行う。

- ・ 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 0.2 倍、0.4 倍、0.6 倍、0.8 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。

異形鉄筋 SD490, D29 の  $P_y$  : 346.06kN

異形鉄筋 SD490, D25 の  $P_y$  : 273.24kN

#### 実験部材の性能値

- ・ 上記  $P_y$  の 1.5 倍(鋼棒の破断荷重を想定)程度である 500kN と推測
- ・ 昨年度の実験では 280kN 程度(SD345, D25, 異形鉄筋の伸び変形によるモルタルひび割れ確認) SD345, D25 の  $P_y$  : 192.3kN(基準強度  $F$  の 1.1 倍を採用)
- ・ 異形鉄筋(D29)とプレート(SM490)の溶接部(サイズ 16、プレート裏表、溶接棒 490 級)の短期許容耐力

$$2 \times 325 \text{N/mm}^2 / \sqrt{3} \times ((29 \text{mm} + 2 \times 16 \text{mm} / \sqrt{2})^2 \times \pi / 4 - 29 \text{mm}^2 \times \pi / 4) / 1000$$

$$= 2 \times 187 \text{N/mm}^2 \times (2093 - 660) / 1000 = 535 \text{kN}$$

#### (5) データの集録

変位計、ひずみゲージ、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

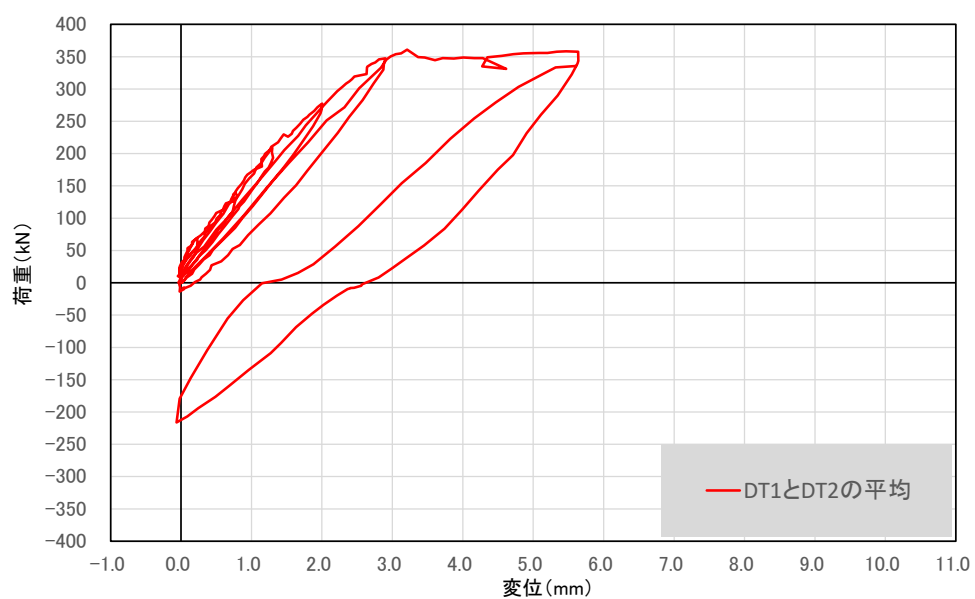
荷重はロードセルにより測定された値とし、変位は下式による。

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

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

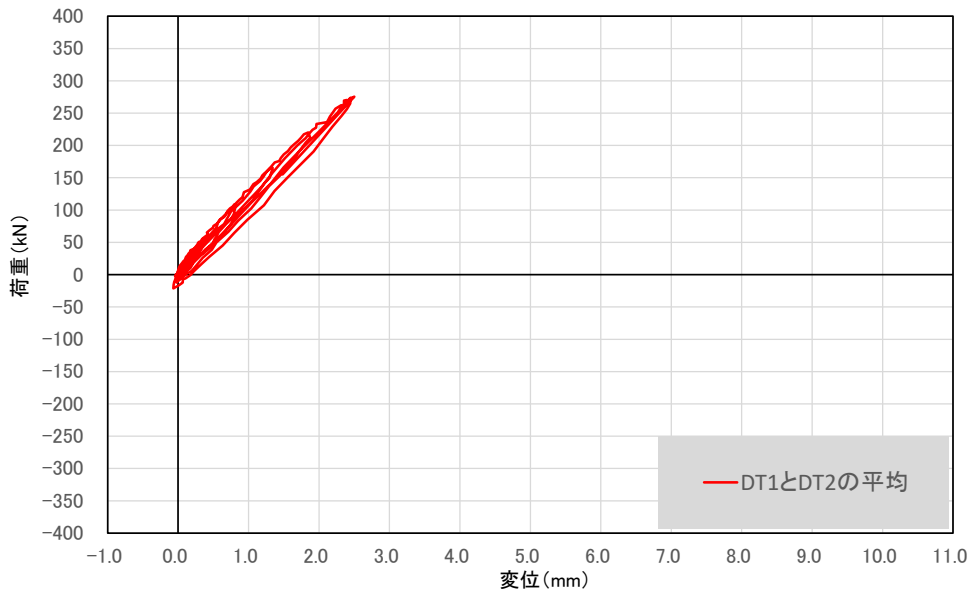
・側面加工

CDs6TC



・表面加工

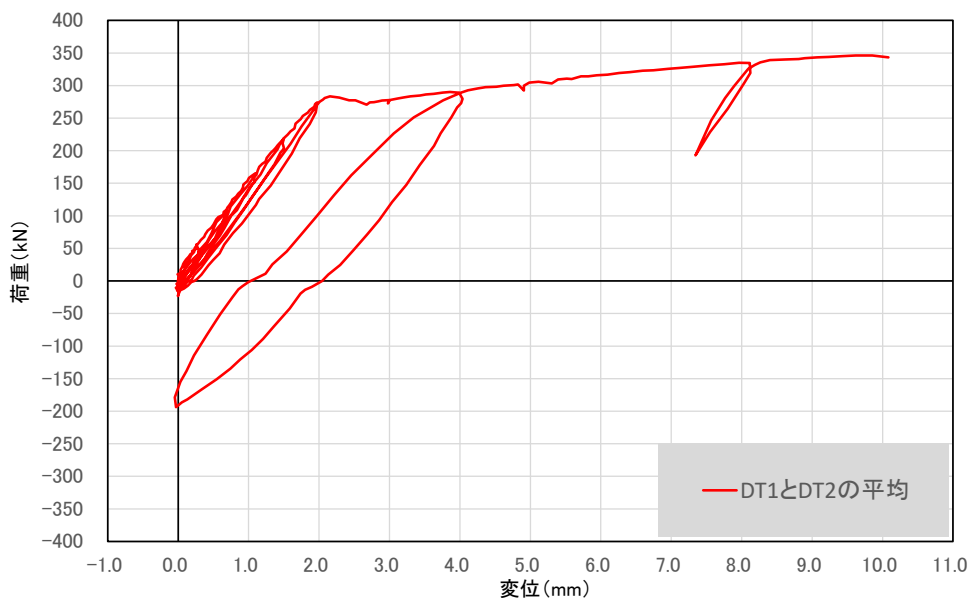
CDf3ATC (縁あき 25mm)





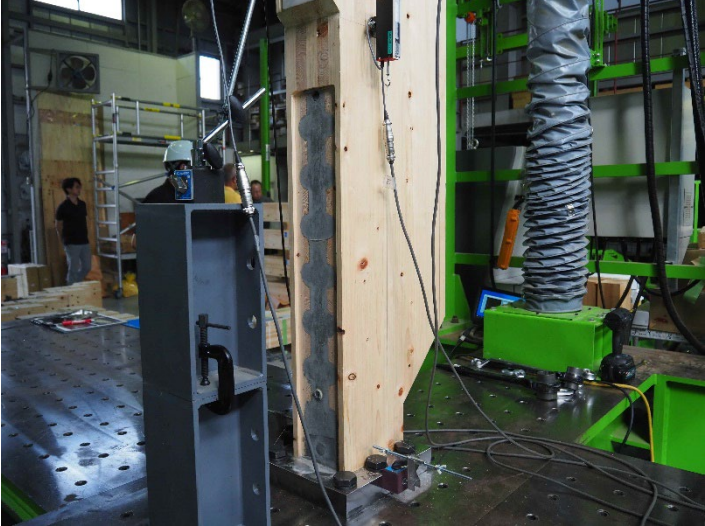
加力機接合用の貫通ボルト部の CLT の割れで実験が終了し、終局状態までの確認ができていないが、以下に示す項目より、縁あき 25mm の場合でも縁あき 75mm の場合と同程度の変形性能があると推測させる。

- ・ CDf3BTC (縁あき 75mm) の結果から CLT 定着鉄筋 (D25-SD490) 降伏引張耐力以降は、異形鉄筋の伸び変形が進み大きく耐力向上が見られない。
- ・ 実験終了時に CLT およびグラウトモルタル部分に大きな損傷が見られない。




CDf3BTC (縁あき 75mm)





5. 実験写真

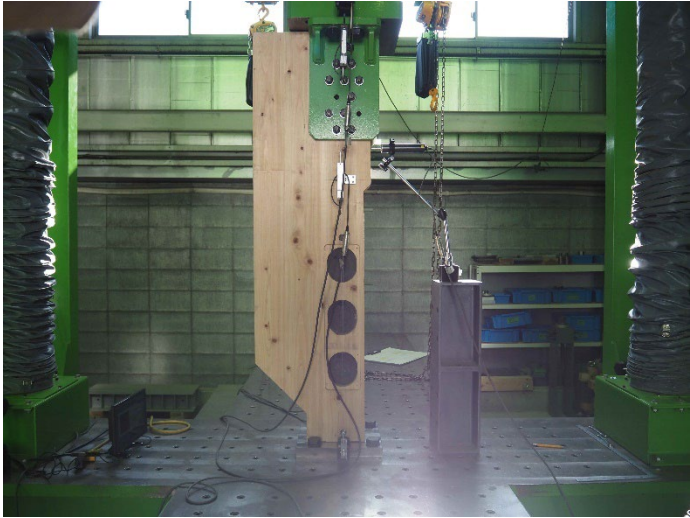
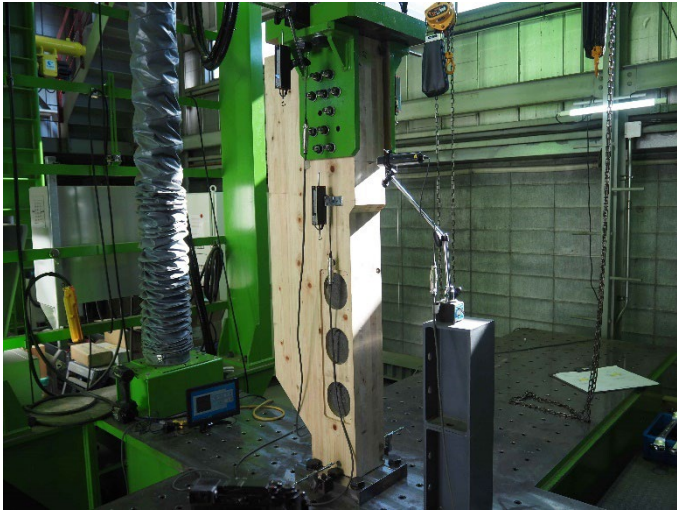

写真番号 1-1	
[試験体記号] CDs6TC	
概要説明	
実験前	
写真番号 1-2	
[試験体記号] CDs6TC	
概要説明	
実験前	
写真番号 1-3	
[試験体記号] CDs6TC	
概要説明	
実験前	






<p>写真番号 1-4</p>	
<p>[試験体記号] CDs6TC</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>実験後</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・CLT パネルの集合型せん断破壊</li> <li>・異形鉄筋の破断なし</li> </ul>	
<p>写真番号 1-5</p>	
<p>[試験体記号] CDs6TC</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>実験後</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モルタル部の損傷</li> <li>・CLT パネルの割れ</li> </ul>	
<p>写真番号 1-6</p>	
<p>[試験体記号] CDs6TC</p>	
<p>概要説明</p>	
<p>実験後</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・モルタル部の損傷</li> <li>・CLT パネルの割れ</li> </ul>	







写真番号 1-7	
[試験体記号] CDs6TC	
概要説明	
実験後 ・モルタル部の損傷 ・CLT パネルの割れ	
写真番号 1-8	
[試験体記号] CDs6TC	
概要説明	
実験後	
・モルタル部の損傷 ・CLT パネルの割れ	
写真番号 1-9	
[試験体記号] CDs6TC	
概要説明	
実験後 ・CLT パネルの割れ	
実験後	
・CLT パネルの割れ	

写真番号 2-1	
[試験体記号] CDf3ATC	
概要説明	
実験前	
写真番号 2-2	
[試験体記号] CDf3ATC	
概要説明	
実験前	
写真番号 2-3	
[試験体記号] CDf3ATC	
概要説明	
実験前	

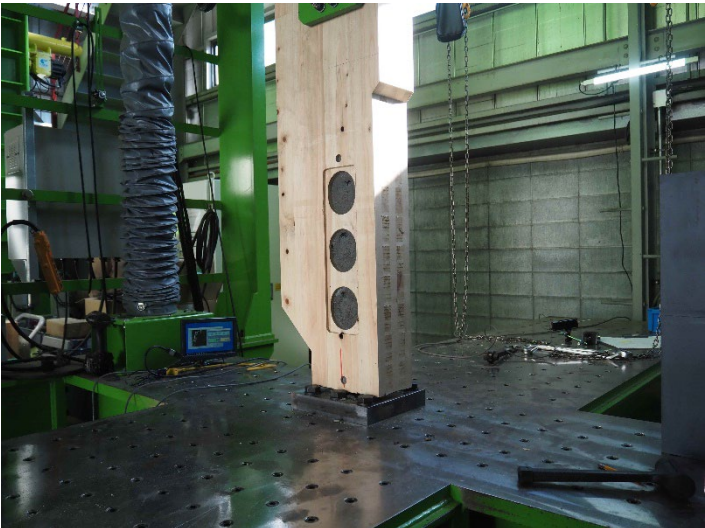



写真番号 2-4	
[試験体記号] CDf3ATC	
概要説明	
実験後 <ul style="list-style-type: none"> <li>・加力治具との接合箇所の CLT パネルの破壊(試験体組立時に心ずれしたため貫通ボルト用孔を拡張したことによる)</li> <li>・CLT パネル脚部の割れ</li> </ul>	
写真番号 2-5	
[試験体記号] CDf3ATC	
概要説明	
実験後 <ul style="list-style-type: none"> <li>・CLT パネル脚部の割れ</li> </ul>	
写真番号 2-6	
[試験体記号] CDf3ATC	
概要説明	
実験後 <ul style="list-style-type: none"> <li>・加力治具との接合箇所の CLT パネルの破壊(試験体組立時に心ずれしたため貫通ボルト用孔を拡張したことによる)</li> </ul>	

写真番号 2-7	
[試験体記号] CDf3ATC	
概要説明	
実験後 <ul style="list-style-type: none"> <li>・加力治具との接合箇所の CLT パネルの破壊(試験体組立時に心ずれしたため貫通ボルト用孔を拡張したことによる)</li> <li>・CLT パネル脚部の割れ</li> </ul>	

写真番号 3-1	
[試験体記号] CDf3BTC	
概要説明	
実験前	
写真番号 3-2	
[試験体記号] CDf3BTC	
概要説明	
実験前	
写真番号 3-3	
[試験体記号] CDf3BTC	
概要説明	
実験前	



写真番号 3-4	
[試験体記号] CDf3BTC	
概要説明	
実験後 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 異形鉄筋の破断</li> <li>・ CLT パネル脚部の割れ</li> </ul>	
写真番号 3-5	
[試験体記号] CDf3BTC	
概要説明	
実験後 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CLT パネル脚部の割れ</li> </ul>	
写真番号 3-6	
[試験体記号] CDf3BTC	
概要説明	
実験後 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 異形鉄筋の破断</li> </ul>	