

3.2 CLT パネルを用いた耐力壁の載荷加熱試験

3.2.1 実験概要

燃えしろ設計法は、部材断面を、荷重支持断面に炭化速度×耐火時間で表される燃えしろ寸法を付加した断面より大きくなるように設計することで、要求時間の耐火性能を担保するものである（図 3.2.1-1）。現状では、柱や梁など軸組材のみに対応しているが、壁や床などの面材として使用が可能な CLT パネルを対象を拡大する際には、荷重支持断面の算定に幾つかの注意点が挙げられる。1 つには、CLT パネルは集成材と異なり、隔層で荷重を支持しない直交層が入るため、材料構成が均一でないこと。もう 1 つには、壁として用いる際には、加熱による偏心によって加わる曲げ応力を考慮する必要があると考えられる。そこで本節では、載荷荷重をパラメータに CLT パネルで構成した壁の載荷加熱試験を行い、燃えしろ設計を行う際の荷重支持断面の算定手法について検討する。また接着剤と樹種の影響についても検討する。

荷重支持断面 + 燃えしろ寸法 ≤ 部材断面

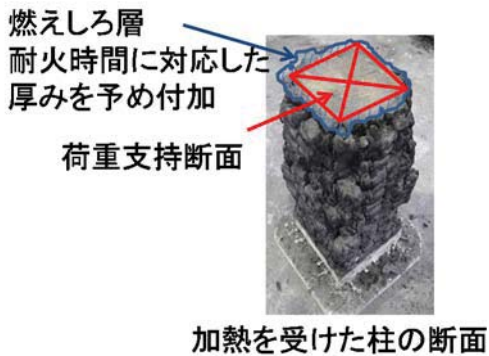


図 3.2.1-1 燃えしろ設計法の概念図

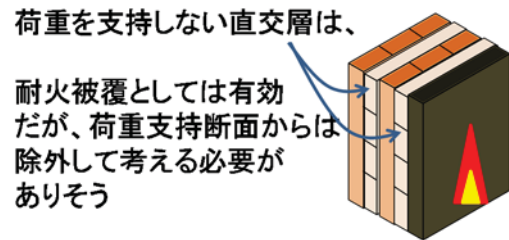


図 3.2.1-2 荷重支持断面算定の注意点①

柱	床	壁
		
<p>4周均等加熱 単純に燃えしろ寸法を差し引いた断面で鉛直荷重を支持できればよい</p>	<p>片面加熱のため加熱による断面消失で重心が移動するが、荷重の方向と平行であるため、やはり同様でよいと考えられる</p>	<p>片面加熱による重心移動が荷重の方向と直角となり、偏心により新たに加わる曲げ応力を考慮する必要があると考えられる</p>

図 3.2.1-3 荷重支持断面算定の注意点②

3.2.2 試験体概要

(1) 試験体

試験体は、表 3.2.2-1 に示すとおりとした。

表 3.2.2-1 試験体表

記号	パネル構成	厚さ (mm)	樹種	接着剤	目地	載荷荷重 (kN)	含水比	試験時比重	全乾比重	偏心 (+加熱側)	崩壊時間 (min)
W-CLT-1	Mx60-5-5	150	スギ	API	構造用合板 28mm	539	9.54	0.39	0.36	-30	74.0
W-CLT-2	Mx60-5-5	150	スギ	API	構造用合板 28mm	603	9.11	0.32	0.29	-30	77.5
W-CLT-3	Mx60-5-5	150	スギ	API	セラミックファイバ 25mm	603	10.77	0.40	0.36	0	70.0
W-CLT-4	Mx60-5-5	150	スギ	RF	構造用合板 28mm	603	9.03	0.46	0.42	0	68.75
W-CLT-5	Mx60-5-5	150	スギ	API	構造用合板 28mm	402	10.27	0.43	0.40	0	80.0
W-CLT-6	Mx60-5-5	150	カラマツ	API	構造用合板 28mm	603	12.37	0.48	0.43	0	75.25

(2) 積載荷重の設定

Mx60-5-5 を用いた CLT パネル壁の燃えしろ設計荷重・耐力を以下の仮定に基づき算定する。

- ・燃えしろ寸法は、加熱時間を 60 分として、小型パネル、壁実験の加熱試験結果に基づき、炭化速度を設定する。
- ・CLT パネルのヤング係数は、炭化後も表の値を保つと仮定する。
- ・荷重は、図心に作用するものとする。

表 3.2.2-2 弾性係数

条件	構成/厚さ	ヤング係数 E (平均) N/mm ²	ヤング係数 E (下限) N/mm ²
1. JAS 規格値	Mx60-5-5	4,200	3,400
2. 実測(Efr)	150mm	4,700, c.o.v.7.56%	4,130~5,340

- ・断面諸元は、以下の条件に基づき算定した。
 - －座屈長さ L : 試験体高さ
 - －残存断面積 A : A は、残存後の全断面積
 - －有効断面二次モーメント I_{eff} I_{eff} は、以下の断面に基づくものとする。

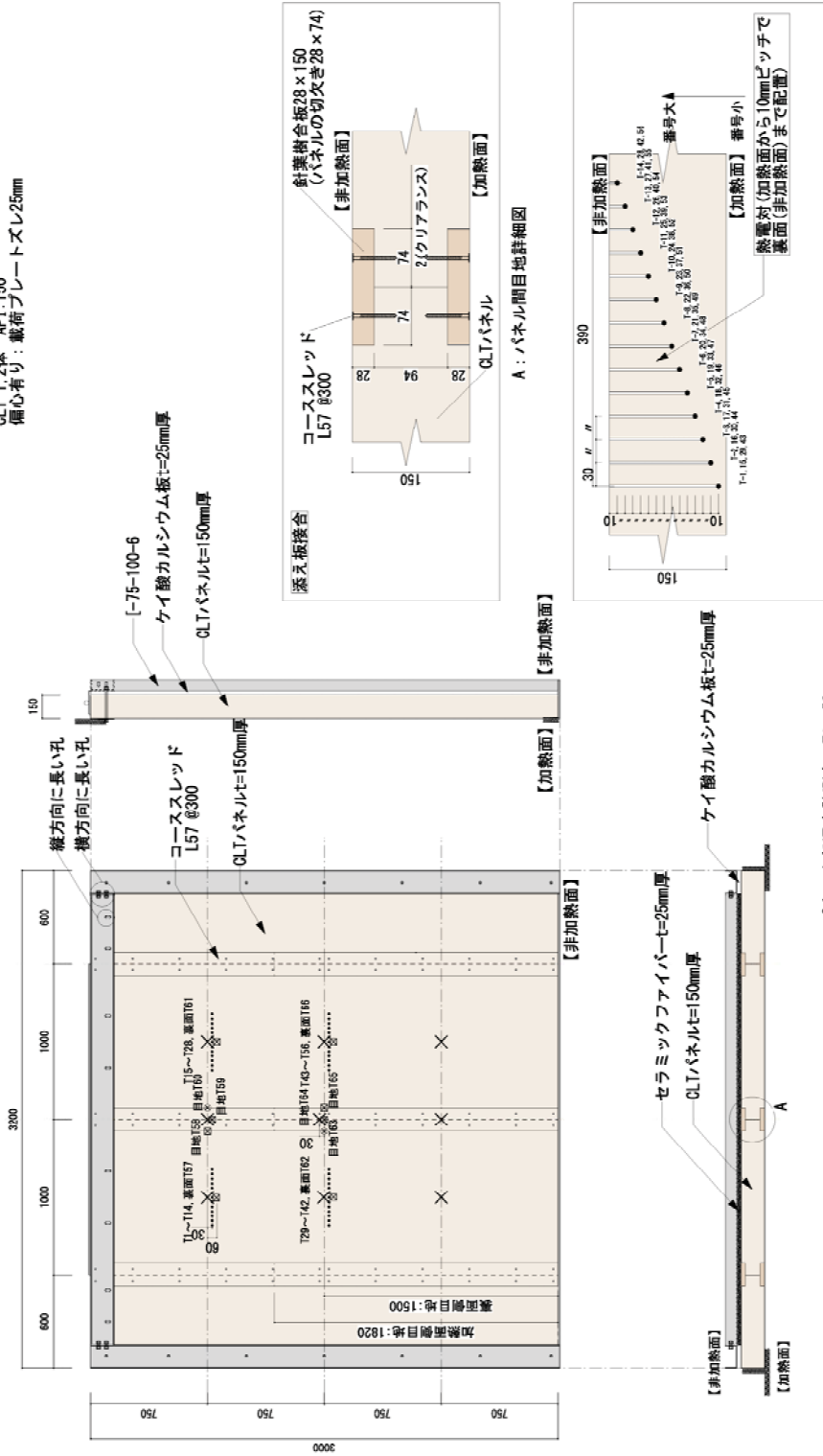
	60分時点	厚さ(mm)		実験前		60分時点
有効		30	有効		有効	
有効		30	無視		無視	
有効		30	有効		有効	
炭化		30	無視		炭化	
炭化		30	有効		炭化	

a) 断面積

b) 断面 2 次モーメントの算定

図 3.2.2-1 加熱 60 分後の残存断面

使用接着剤：API接着剤
 CLTパネル仕様：ラミナ厚30mm、5層、パネル厚150mm
 幅ばき接着：あり
 CLT 1.2体系 API:150
 偏心有り：載荷プレートズレ25mm



- : パネル内新温度計測点 T1~56
 - : 裏面温度 (パッドあり)
 - ⊗: 裏面温度 (パッドなし) T57~66
 - ×: 裏面温度 (パッドなし) T9計9点
 - ※幅1000mmのパネルはヤング係数計測
- 計64点

図 3.2.2-2 試験体図 1 (CLT 載荷壁①、②、④、⑤、⑥)

Title	CLT妻大壁パネル試験体図	Scale	1/20 (A3)
		Date	2014.11.12

3.2.3 試験方法

耐火試験は、独立行政法人 建築研究所の壁炉（図 3.2.3-1）を使用し、「防耐火性能試験・評価業務方法書」に準拠した载荷加熱実験より求めた。

（1）加熱方法

IS0834 に規定する標準加熱曲線に準拠した加熱を行い、以下の場合に試験を中止する事とした。

- ・ 試験体非加熱面への火炎貫通により実験の継続が困難となった場合。
- ・ 壁の座屈による変形が進み、载荷の継続が困難となった場合。
- ・ 上記以外で安全上問題があるとした場合。

（2）载荷方法

加熱される試験体に油圧ジャッキを用いて鉛直荷重を加えた。各試験体の载荷荷重の設定方法は試験体ごとに次項の実験目的に記す。

（3）測定項目

①試験体内部温度

CA 熱電対を深さ方向に 10mm ピッチで設置し、内部温度の変化を 15 秒間隔で測定した。

②炉内温度

シース型 K 熱電対を試験体の加熱面から約 10cm 離れた位置に 20 点配置し、試験中の耐火炉内温度を 15 秒間隔で測定した。

③鉛直変位および面外たわみ量

試験体下部に摺り式変位計を設置し、鉛直変位の変化を 15 秒間隔で測定した。

試験体非加熱面に巻き取り式変位計を設置し、面外方向のたわみ量を 15 秒間隔で測定した。

④炭化状況

試験終了後、試験体各部を切断し、加熱後の炭化深さ及び残存断面を測定した。

⑤炭化速度

試験体内部に配した熱電対の温度上昇履歴より、木材の着火温度とされる 260℃に達するまでに要した時間から炭化速度を求めることとした。ただし、後に示す温度上昇履歴をみると分かるように、260℃付近で温度停滞を示す傾向が見られたため、200℃到達時間から求めた炭化速度も併記することとした。炭化速度の算定には、切片を 0 とする 1 次式を想定し、各断面における温度到達時間を対象として、最小二乗法により傾きを求めた。

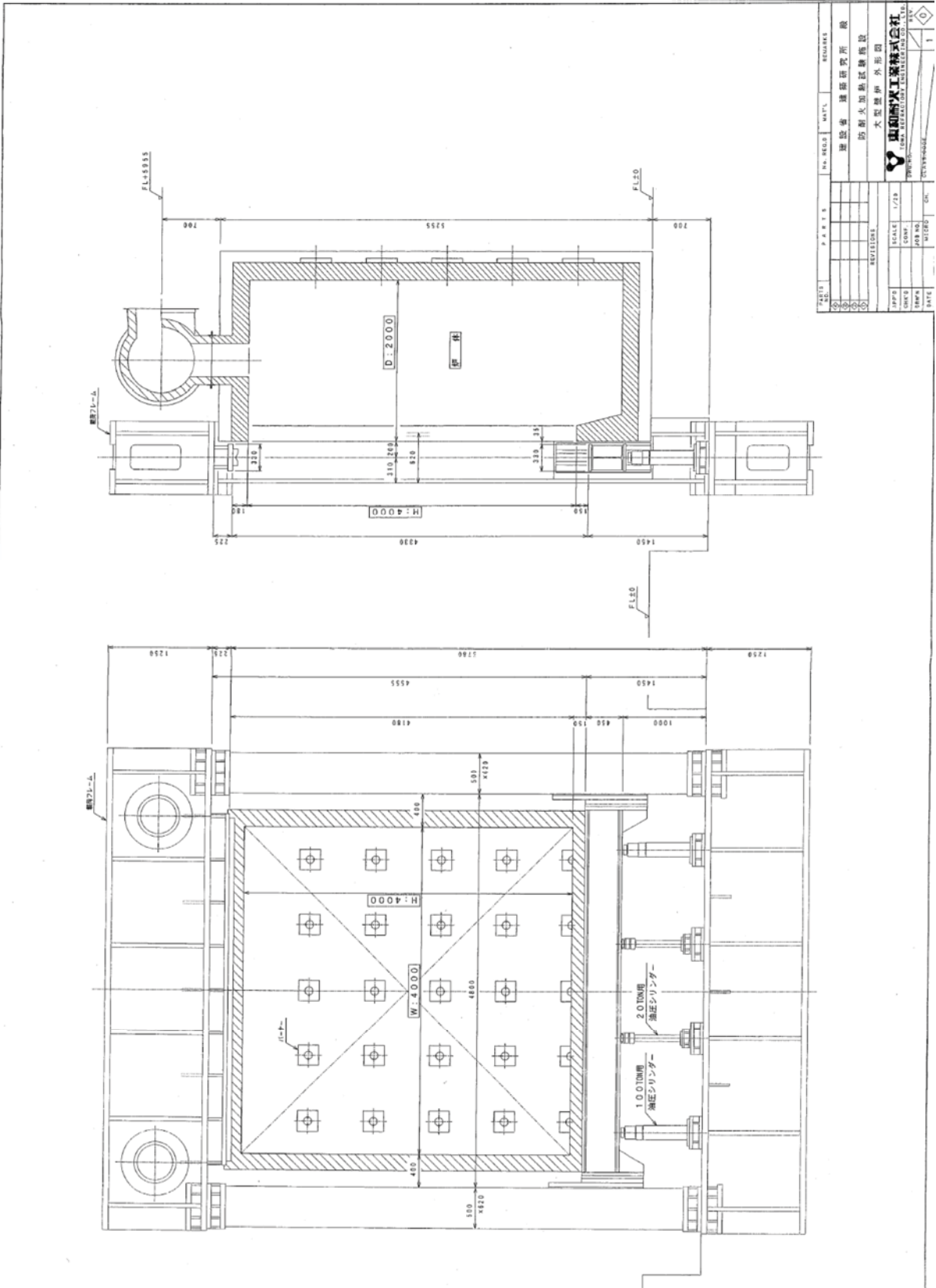
⑥含水率

試験体に使用した CLT パネルと同時期に作成されたサンプルを、試験体と同条件下で養生し、105℃の絶乾状態に設定した恒温恒湿器を用いて5日間養生した後、重量減少を測定して、含水率を測定した。含水率の計算式を以下に示す。

$$\text{含水率(\%)} = \{ (\text{絶乾前の重量} - \text{絶乾後の重量}) / \text{絶乾後の重量} \} \times 100$$

⑦その他

試験体加熱面及び非加熱面の目視観察、VTR 撮影、写真撮影、試験体非加熱面の熱映像撮影等を行った。



NO.	REV.	DATE	BY	CHKD.	REMARKS
1					
PARTS					
NO.	QTY.	DESCRIPTION	REMARKS		
1	1	壁炉			
REVISIONS					
NO.	DATE	DESCRIPTION	BY	CHKD.	
1					
DRAWING INFORMATION					
SCALE	1/20				
PROJECT	防衛火加熱試験施設				
DESIGNER	本野健和 外形図				
CHECKER					
DATE					
DRAWING COMPANY					
東京防衛工業株式会社					

図 3.2.3-1 壁炉図面

3.2.4 試験結果

耐火試験は合計6回行っている。各回にA. 実験目的および載荷荷重、B. 試験写真、C. 加熱温度、D. 炭化状況、E. 試験体内部および裏面温度、F. 鉛直及び面外変位量、G. 各断面の炭化温度到達時間と炭化速度を示し、次項でまとめて考察を行う。

(1) 壁載荷加熱試験①

A. 実験目的および載荷荷重

樹種がスギ、接着剤がAPI、ラミナ積層数が30mm・5層(総厚150mm)のCLTパネルで構成した壁に対して、載荷加熱実験を行い、座屈に至る時間を測定する。

載荷荷重は、ヤング係数を4,200N/mm²(JASにおける平均値)加熱60分で60mm燃えこむ(炭化速度1mm/分)と仮定した場合の残存断面の座屈荷重とした。

載荷板が非加熱側に30mmオフセットして、設置されていたことが実験後に判明した。

	60分時点	厚さ(mm)		実験前		60分時点
有効		30	有効		有効	
有効		30	無視		無視	
有効		30	有効		有効	
炭化		30	無視		炭化	
炭化		30	有効		炭化	

a) 断面積

b) 断面2次モーメントの算定

図 3.2.4-1 積載荷重算定における60分後の残存断面

表 3.2.4-1 積載荷重の設定(No.1)

パネル幅	b	1,000	mm
試験体幅	B	2,000	mm
残存厚さ	D_non charred	90	mm
断面係数	Z _{eff}	2,400,000	mm ³
燃えしろ寸法	d _{char}	60	mm
全断面	I	121,500,000	mm ⁴
有効	I _{eff}	117,000,000	mm ⁴
断面積	A _{non charred}	180,000	mm ²
回転半径	i	25	mm
試験体長さ	L	3000	mm
有効細長比	λ _{eff}	117.7	
座屈応力	σ _{cb_avg}	2.99	N/mm ²
載荷荷重	P _{cr_avg}	538.9	kN
単位長さあたりの載荷荷重	P _{cr_avg}	269.4	kN/m

B. 試験写真



写真 3. 2. 4-1
CLT 載荷壁①試験体 (加熱前)



写真 3. 2. 4-2
CLT 載荷壁①試験体 (加熱前)



写真 3. 2. 4-3
CLT 載荷壁①試験体 (加熱後)

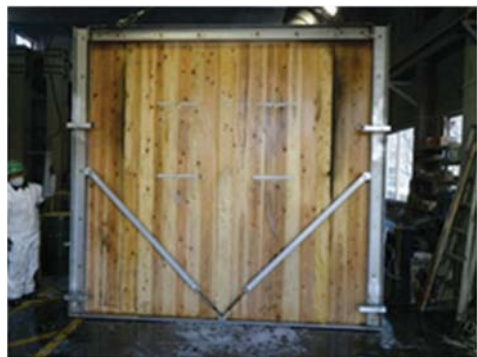


写真 3. 2. 4-4
CLT 載荷壁①試験体 (加熱後)

C. 加熱温度

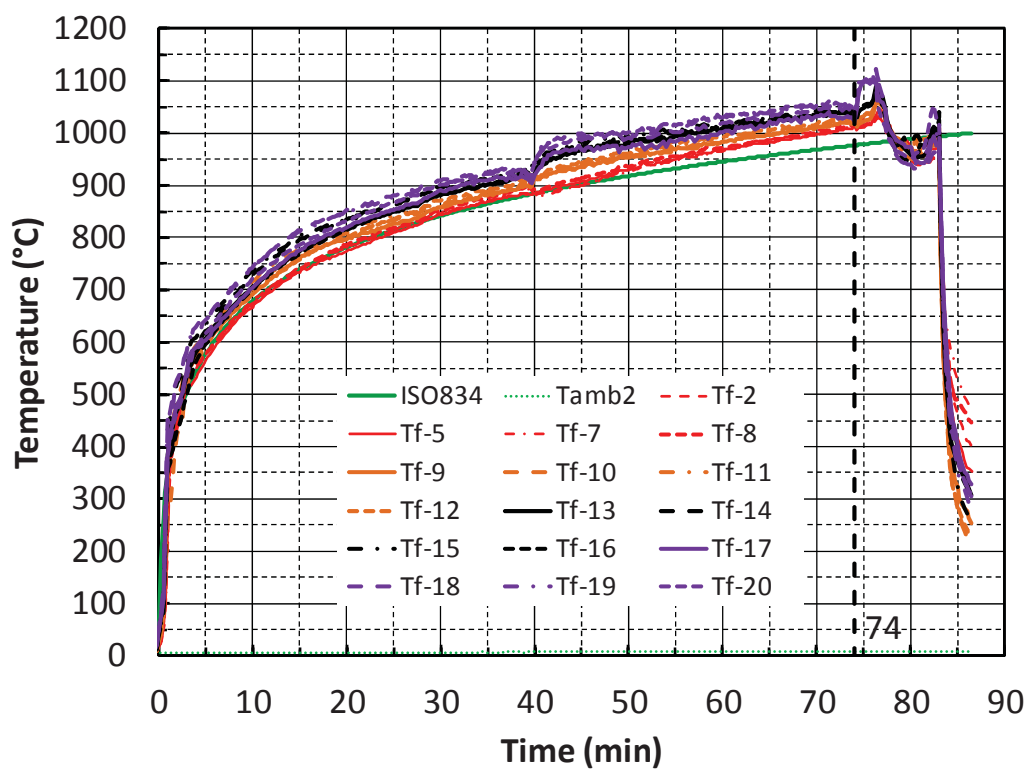


图 3.2.4-2 加熱温度

D. 炭化状況



写真 3.2.4-5 CLT 荷壁①試験体(スギ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 539kN



写真 3.2.4-6 CLT 荷壁①試験体(スギ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 539kN



写真 3.2.4-7 CLT 荷壁①試験体(スギ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 539kN

E. 試験体内部および裏面温度

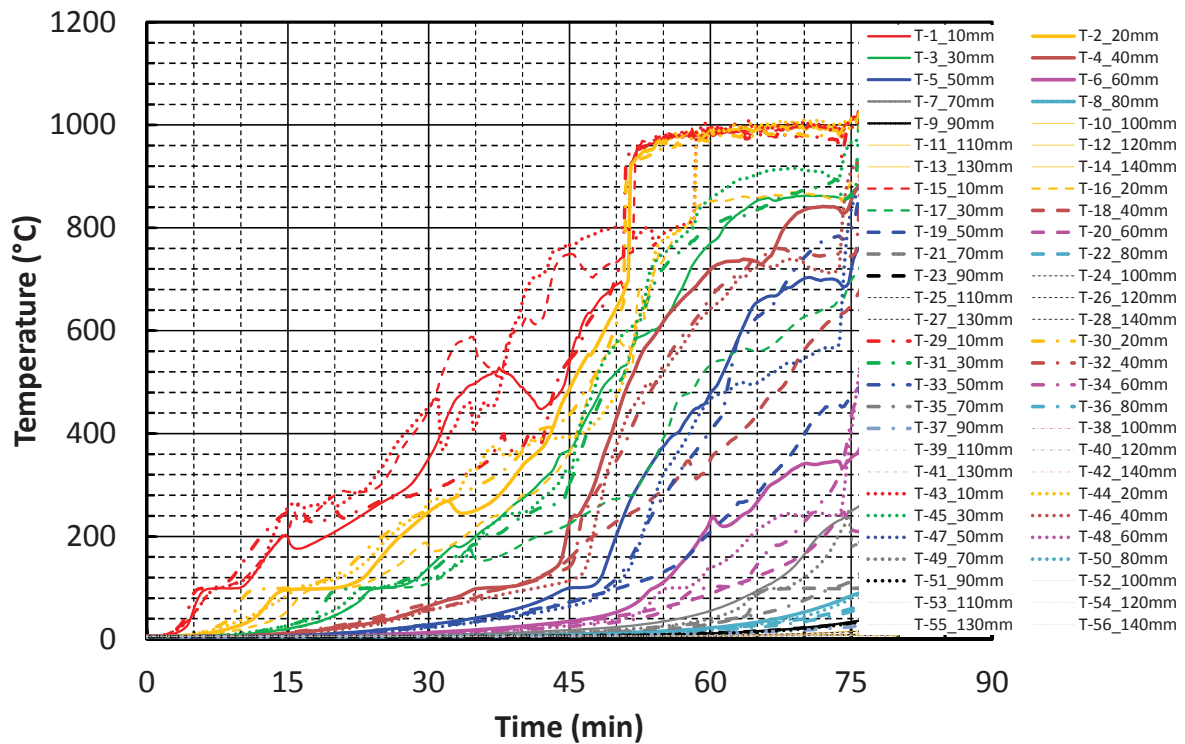


図 3. 2. 4-3 断面内部温度

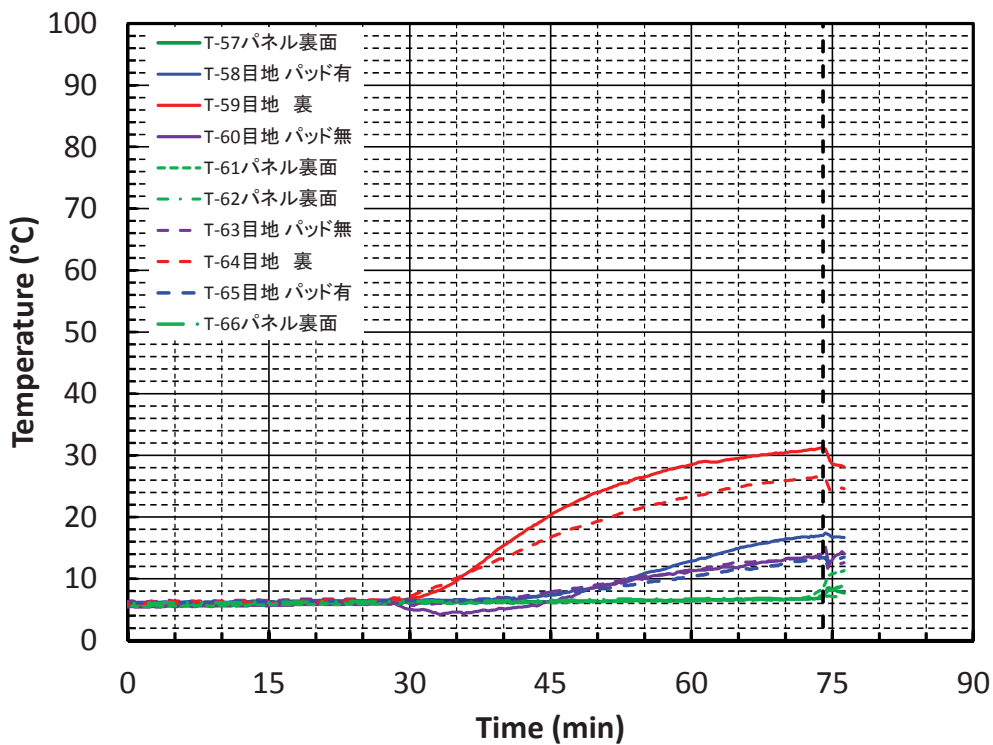


図 3. 2. 4-4 裏面温度

F. 鉛直及び面外変位量

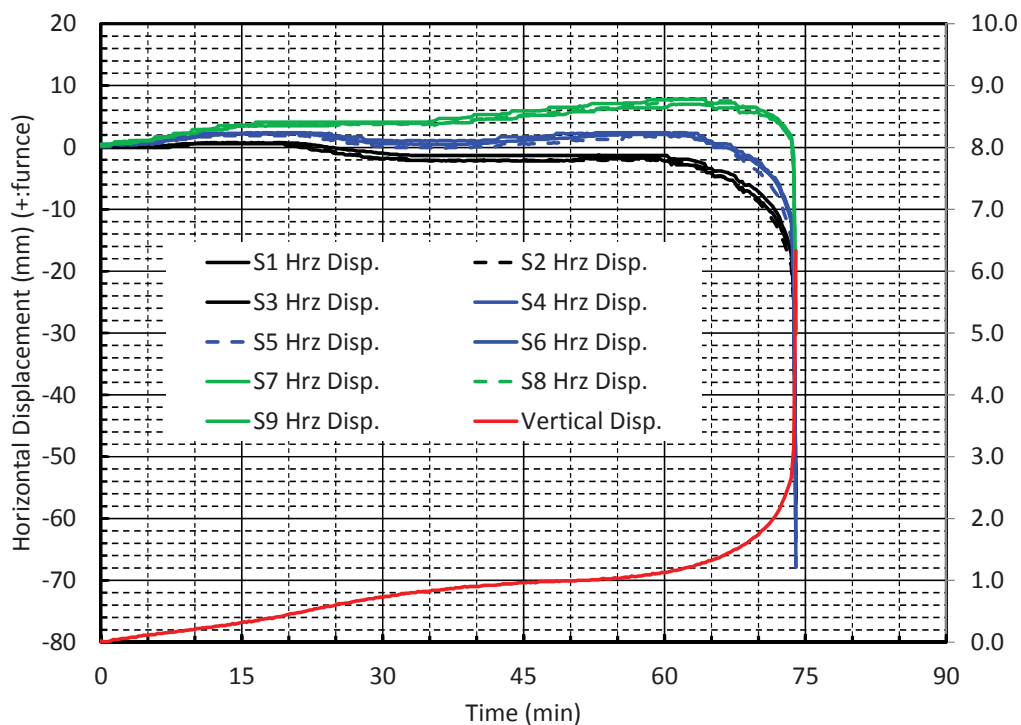


図 3. 2. 4-5 鉛直および面外変位量

G. 各断面の炭化温度到達時間と炭化速度

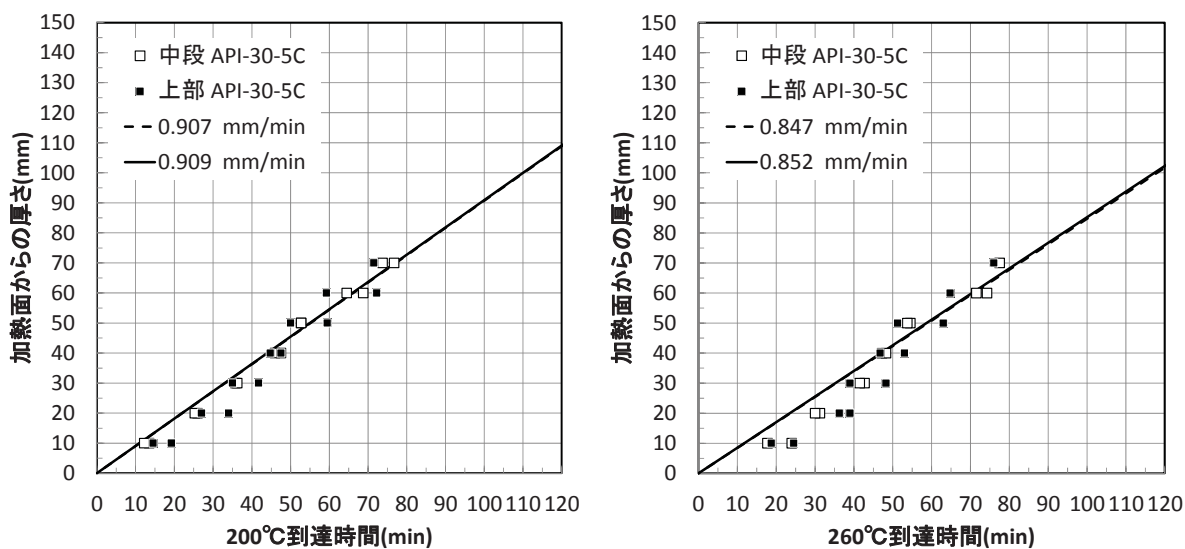


図 3. 2. 4-6 スギ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5層 539kN

(2) 壁載荷加熱試験②

A. 実験目的および載荷荷重

樹種がスギ、接着剤がAPI、ラミナ積層数が30mm・5層（総厚150mm）のCLTパネルで構成した壁に対して、載荷加熱実験を行い、座屈に至る時間を測定する。

載荷荷重は、No.1試験体で60分を超える耐火時間が得られたため、加熱60分での燃えしろを51mm（炭化速度0.85mm/分）と実態に即した値で算定し、ヤング率もパネル制作時の実測値の平均（4,700N/mm²）とした場合の残存断面の座屈荷重とした。

載荷板が非加熱側に30mmオフセットして、設置されていたことが実験後に判明した。

60分時点		0.85mm/min 60分時点			
有効		厚さ(mm)	実験前		
有効		30 有効		有効	
有効		30 無視		無視	
9mm有効		30 有効		有効	
炭化		30 無視		9mm残存(無視)	
		30 有効		炭化	

a) 断面積

b) 断面2次モーメントの算定

図 3.2.4-7 積載荷重算定における60分後の残存断面

表 3.2.4-2 積載荷重の設定(No.2)

パネル幅	b	1,000	mm
試験体幅	B	2,000	mm
残存厚さ	D _{non charred}	99	mm
断面係数	Z _{eff}	2,400,000	mm ³
燃えしろ寸法	d _{char}	51	mm
全断面	I	161,716,500	mm ⁴
有効	I _{eff}	117,000,000	mm ⁴
断面積	A _{non charred}	198,000	mm ²
回転半径	i	24	mm
試験体長さ	L	3000	mm
有効細長比	λ _{eff}	123.4	
座屈応力	σ _{cb_avg}	3.05	N/mm ²
載荷荷重	P _{cr_avg}	603.0	kN
単位長さあたりの載荷荷重	P _{cr_avg}	301.5	kN/m

B. 試験写真



写真 3. 2. 4-8
CLT 載荷壁②試験体 (加熱前)



写真 3. 2. 4-9
CLT 載荷壁②試験体 (加熱前)



写真 3. 2. 4-10
CLT 載荷壁②試験体 (加熱後)



写真 3. 2. 4-11
CLT 載荷壁②試験体 (加熱後)

C. 加熱温度

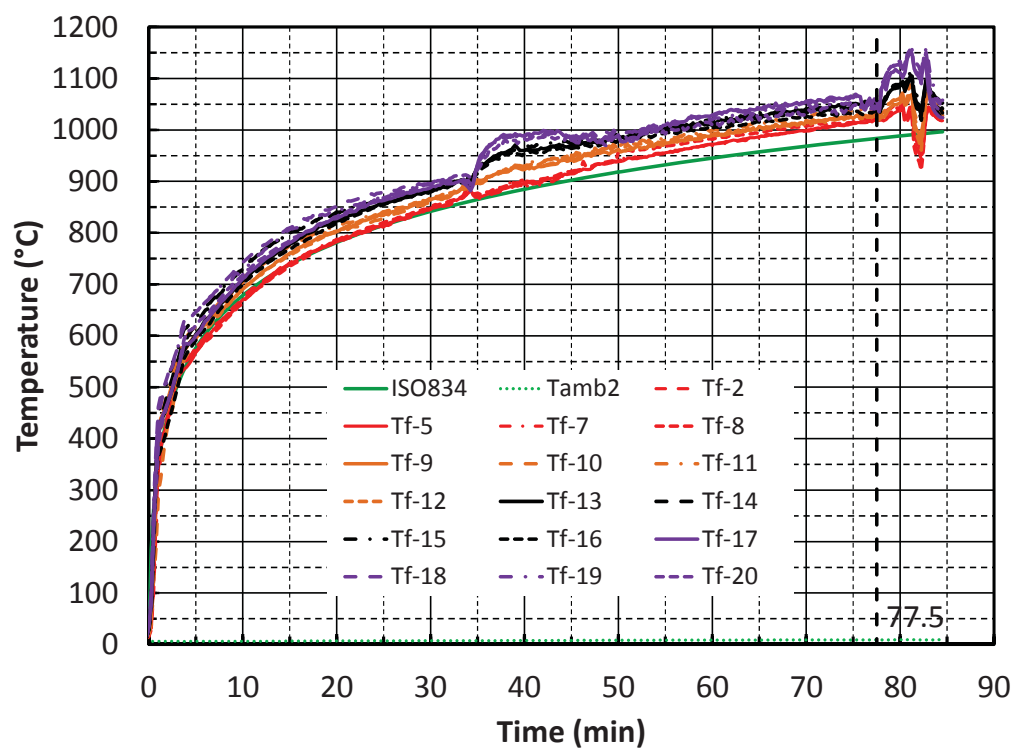


图 3.2.4-8 加熱温度

D. 炭化状況



写真 3.2.4-12 CLT 荷重壁②試験体(スギ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 603kN



写真 3.2.4-13 CLT 荷重壁②試験体(スギ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 603kN



写真 3.2.4-14 CLT 荷重壁②試験体(スギ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 603kN

E. 試験体内部および裏面温度

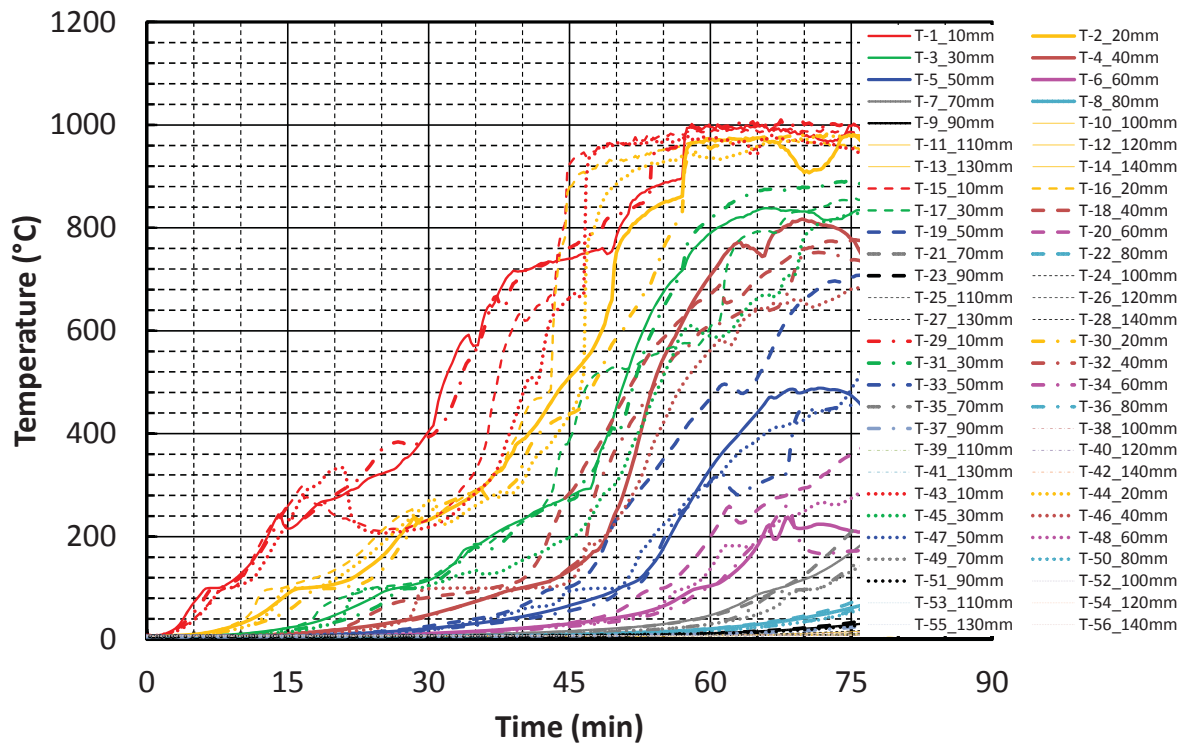


図 3. 2. 4-9 断面内部温度

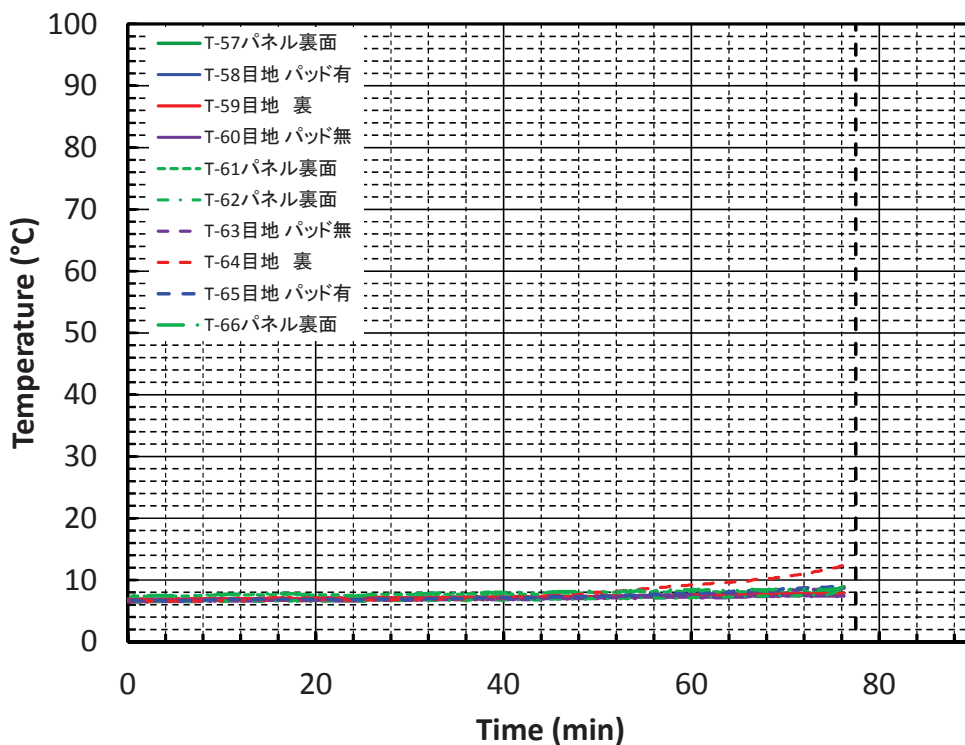


図 3. 2. 4-10 裏面温度

F. 鉛直及び面外変位量

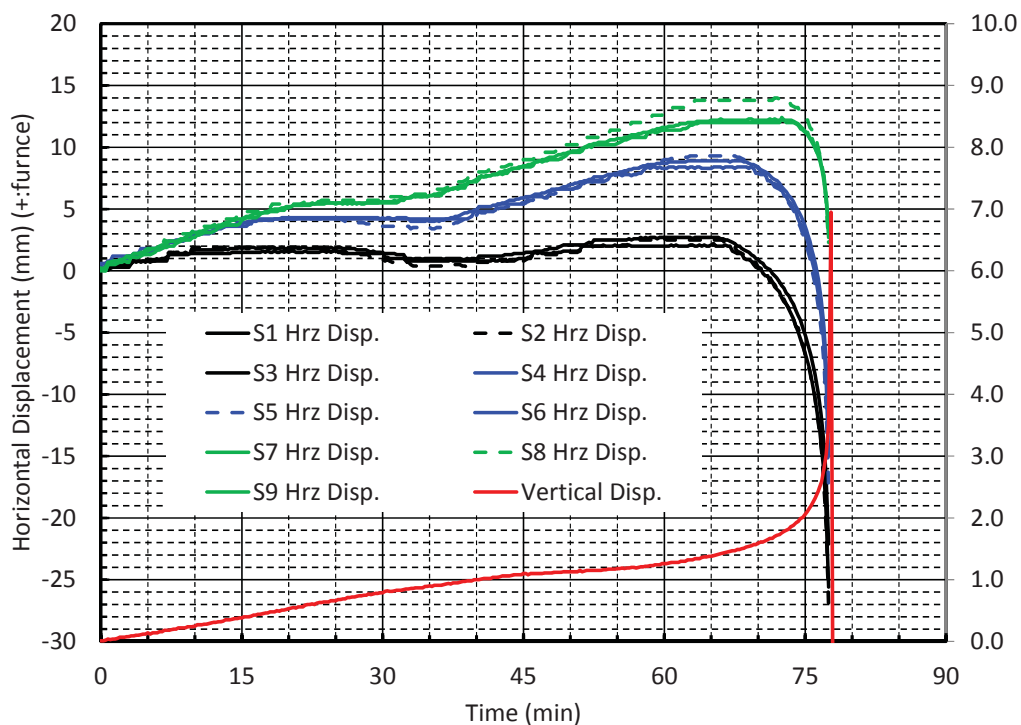


図 3. 2. 4-11 鉛直および面外変位量

G. 各断面ごとの炭化温度到達時間と炭化速度

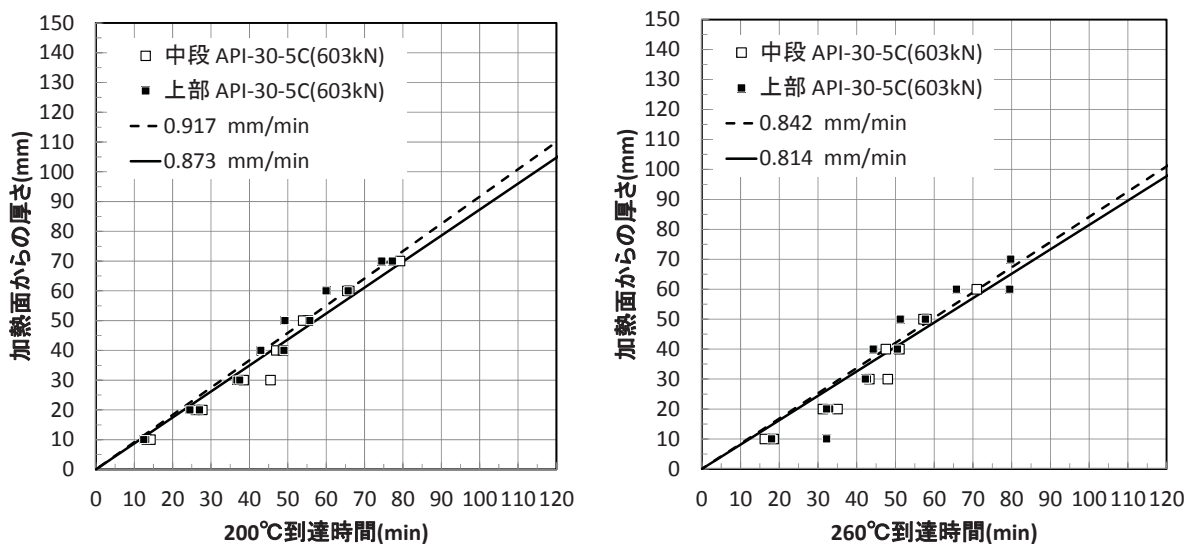


図 3. 2. 4-12 スギ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5層 603kN

(3) 壁載荷加熱試験③

A. 実験目的および載荷荷重

樹種がスギ、接着剤がAPI、ラミナ積層数が30mm・5層（総厚150mm）のCLTパネルで構成した壁に対して、偏心による曲げ応力を考慮した荷重を載荷して加熱実験を行い、座屈に至る時間を測定する。

載荷荷重は、試験体No.2と同じ条件とした。No.1およびNo.2において、載荷板のオフセットが確認されたため、それを修正した。目地部の添え板が面外変形を拘束する影響を排除するため、目地に設けた構造用合板の当て木をセラミックウールに変更した。

表 3.2.4-3 積載荷重の設定 (No.3)

パネル幅	b	1,000	mm
試験体幅	B	2,000	mm
残存厚さ	D_non charred	99	mm
断面係数	Z _{eff}	2,400,000	mm ³
燃えしろ寸法	d _{char}	51	mm
全断面	I	161,716,500	mm ⁴
有効	I _{eff}	117,000,000	mm ⁴
断面積	A_non charred	198,000	mm ²
回転半径	i	24	mm
試験体長さ	L	3000	mm
有効細長比	λ _{eff}	123.4	
座屈応力	σ _{cb_avg}	3.05	N/mm ²
載荷荷重	P _{cr_avg}	603.0	kN
単位長さあたりの載荷荷重	P _{cr_avg}	301.5	kN/m

B. 試験写真



写真 3. 2. 4-15
CLT 載荷壁③試験体 (加熱前)



写真 3. 2. 4-16
CLT 載荷壁③試験体 (加熱前)



写真 3. 2. 4-17
CLT 載荷壁③試験体 (加熱後)



写真 3. 2. 4-18
CLT 載荷壁③試験体 (加熱後)

C. 加熱温度

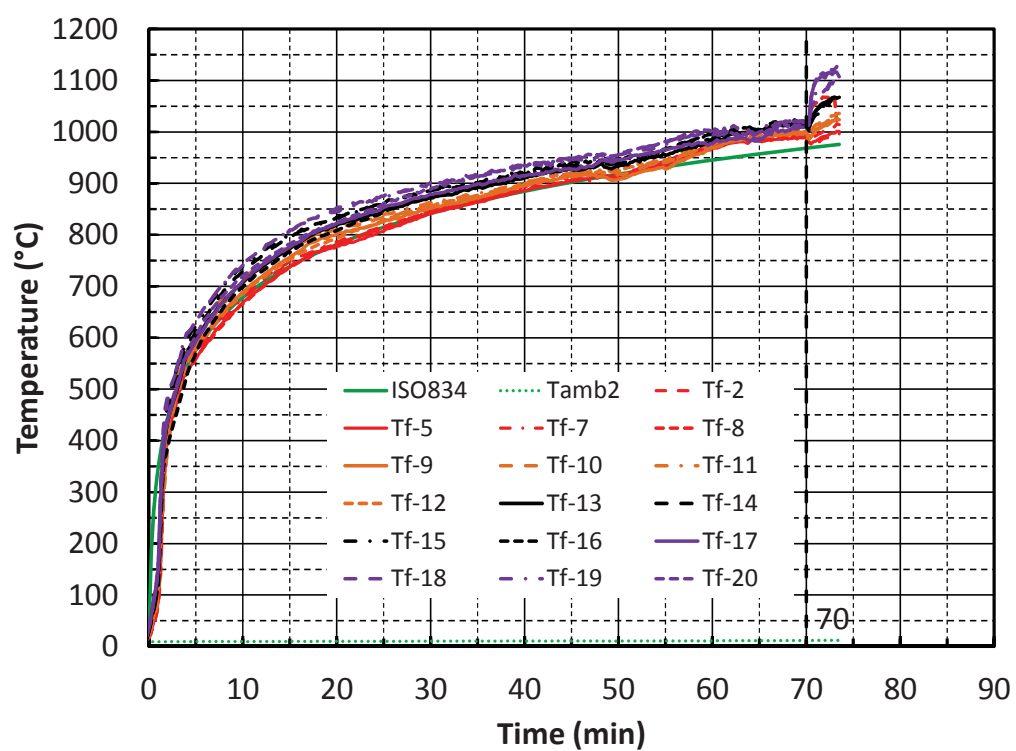


图 3.2.4-13 加熱温度

D. 炭化状況



写真 3.2.4-19 CLT 載荷壁③試験体(スギ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5層) 603kN

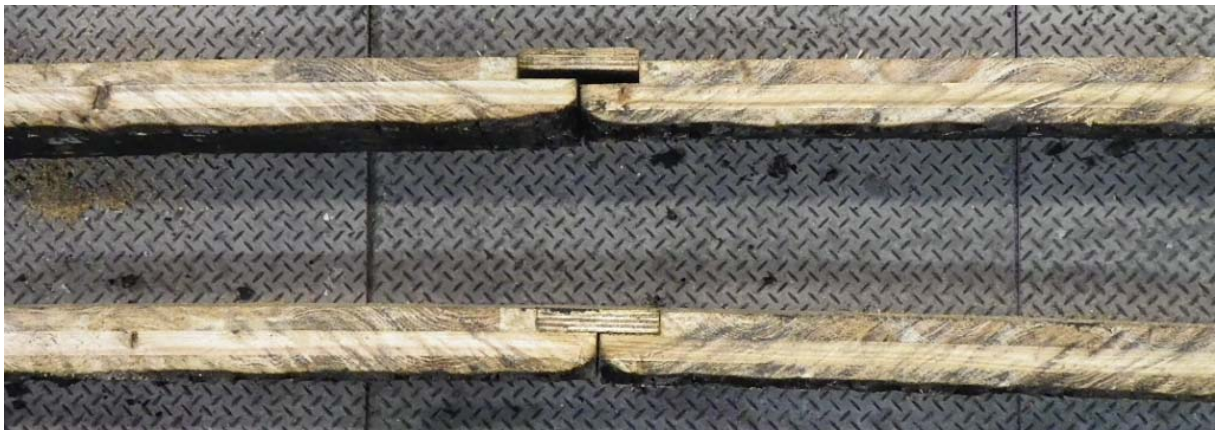


写真 3.2.4-20 CLT 載荷壁③試験体(スギ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5層) 603kN

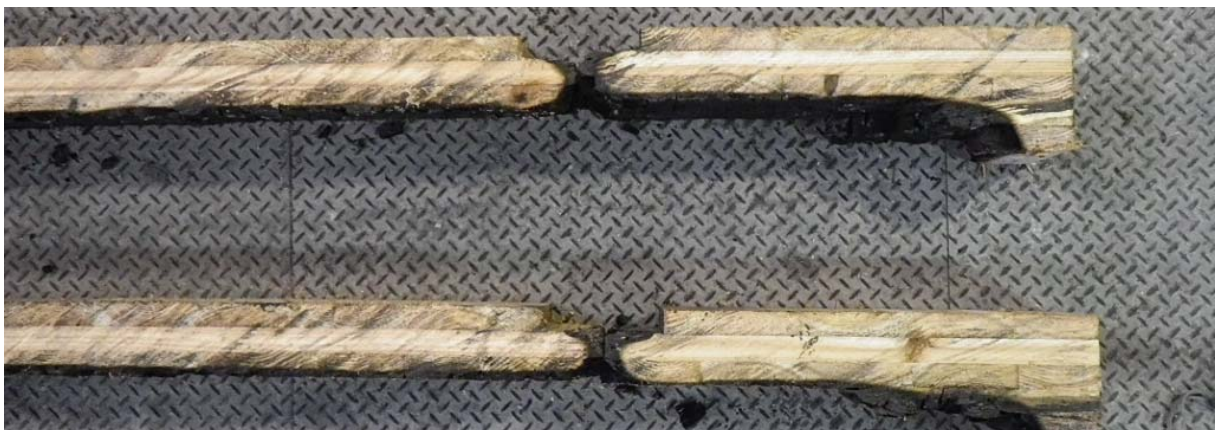


写真 3.2.4-21 CLT 載荷壁③試験体(スギ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5層) 603kN

E. 試験体内部および裏面温度

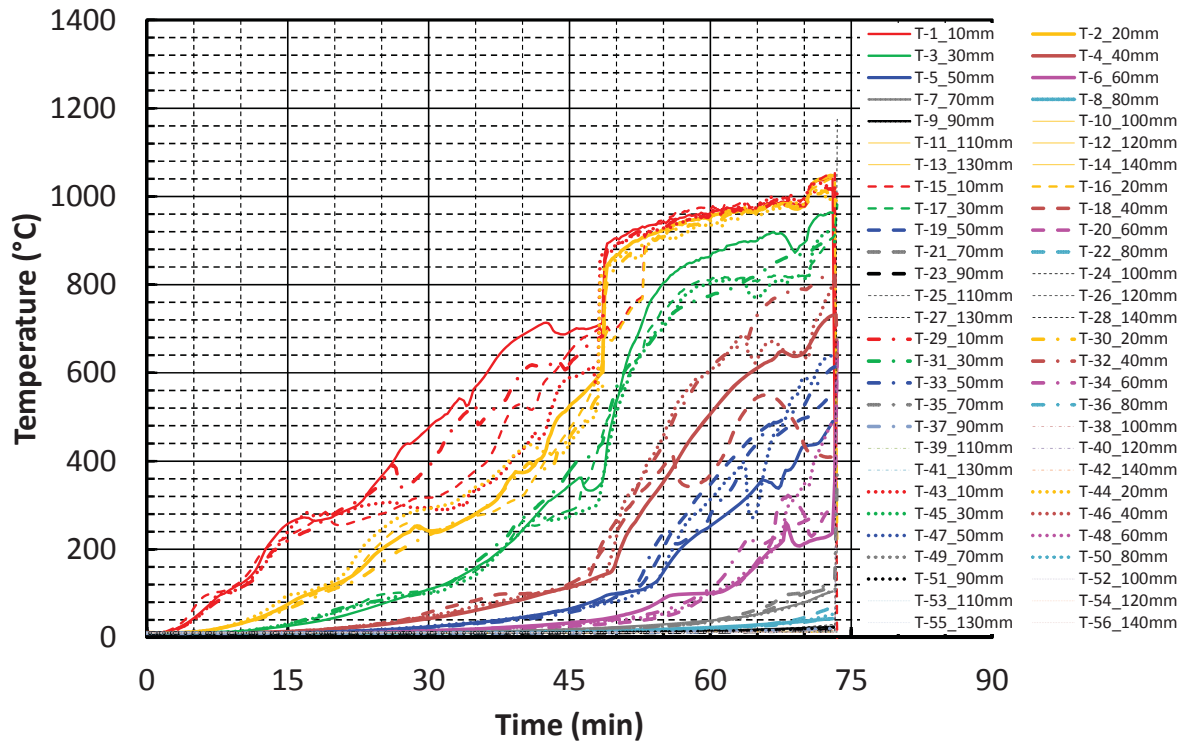


図 3. 2. 4-14 断面内部温度

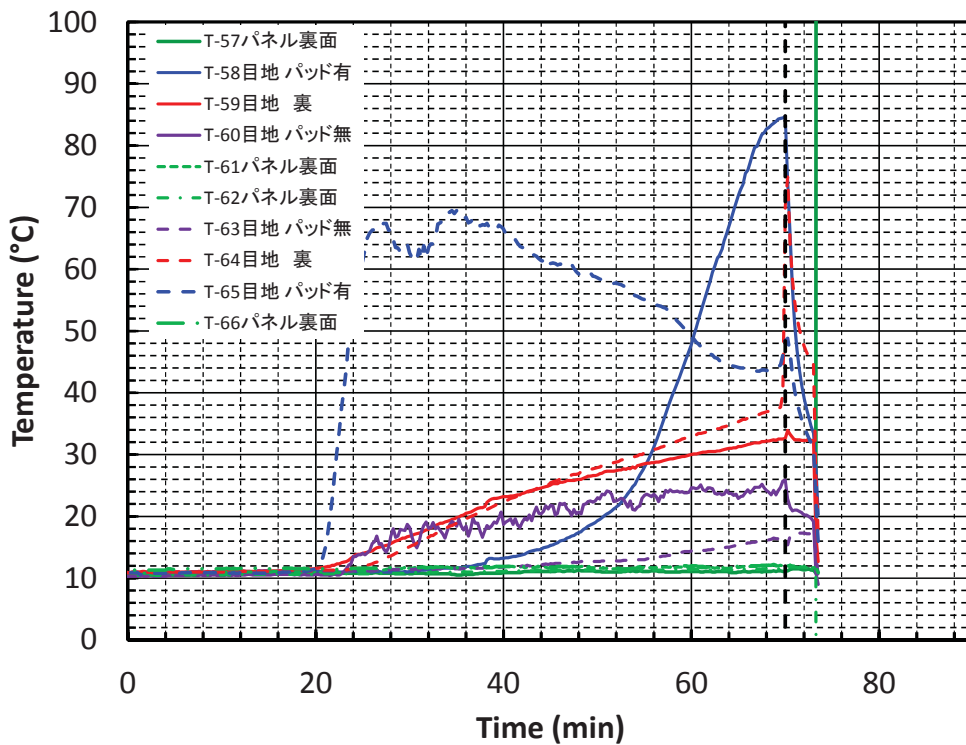


図 3. 2. 4-15 裏面温度

F. 鉛直及び面外変位量

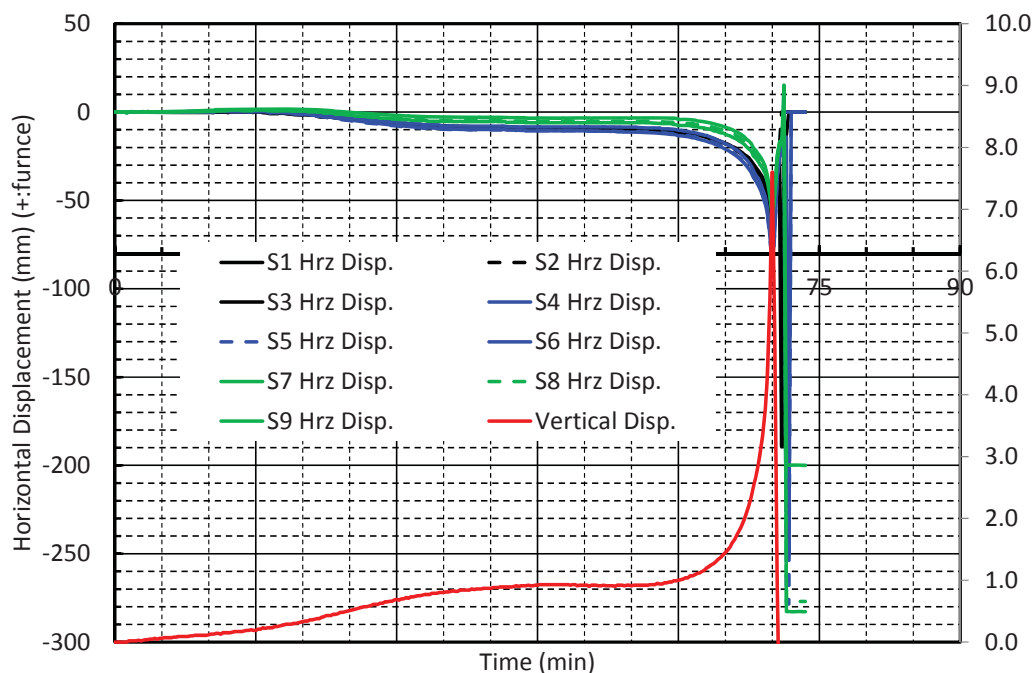


図 3. 2. 4-16 鉛直および面外変位量

G. 各断面の炭化温度到達時間と炭化速度

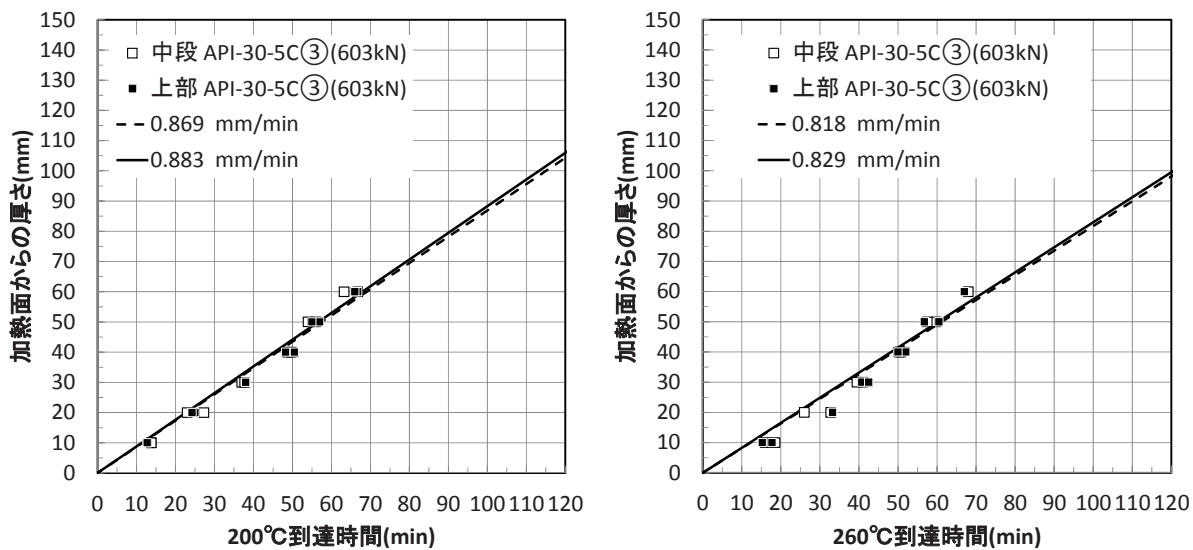


図 3. 2. 4-17 スギ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5層 603kN

(4) 壁載荷加熱試験④

A. 実験目的および載荷荷重

樹種がスギ、接着剤を RF に変更して、ラミナ積層数が 30mm・5 層（総厚 150mm）の CLT パネルで構成した壁に対して、載荷加熱実験を行い、座屈に至る時間を測定する。

載荷荷重は、No. 2 と同値 (603kN) として加熱前断面に対する中心載荷を行った。目地部の添え板の拘束の影響は大きくないと判明したため、構造用合板とした。

表 3.2.4-4 積載荷重の設定 (No. 4)

パネル幅	b	1,000	mm
試験体幅	B	2,000	mm
残存厚さ	D non charred	99	mm
断面係数	Z _{eff}	2,400,000	mm ³
燃えしろ寸法	dchar	51	mm
全断面	I	161,716,500	mm ⁴
有効	I _{eff}	117,000,000	mm ⁴
断面積	A non charred	198,000	mm ²
回転半径	i	24	mm
試験体長さ	L	3000	mm
有効細長比	λ _{eff}	123.4	
座屈応力	σ _{cb_avg}	3.05	N/mm ²
載荷荷重	P _{cr_avg}	603.0	kN
単位長さあたりの載荷荷重	P _{cr_avg}	301.5	kN/m

B. 試験写真



写真 3. 2. 4-22
CLT 載荷壁④試験体 (加熱前)



写真 3. 2. 4-23
CLT 載荷壁④試験体 (加熱前)



写真 3. 2. 4-24
CLT 載荷壁④試験体 (加熱後)



写真 3. 2. 4-25
CLT 載荷壁④試験体 (加熱後)

C. 加熱温度

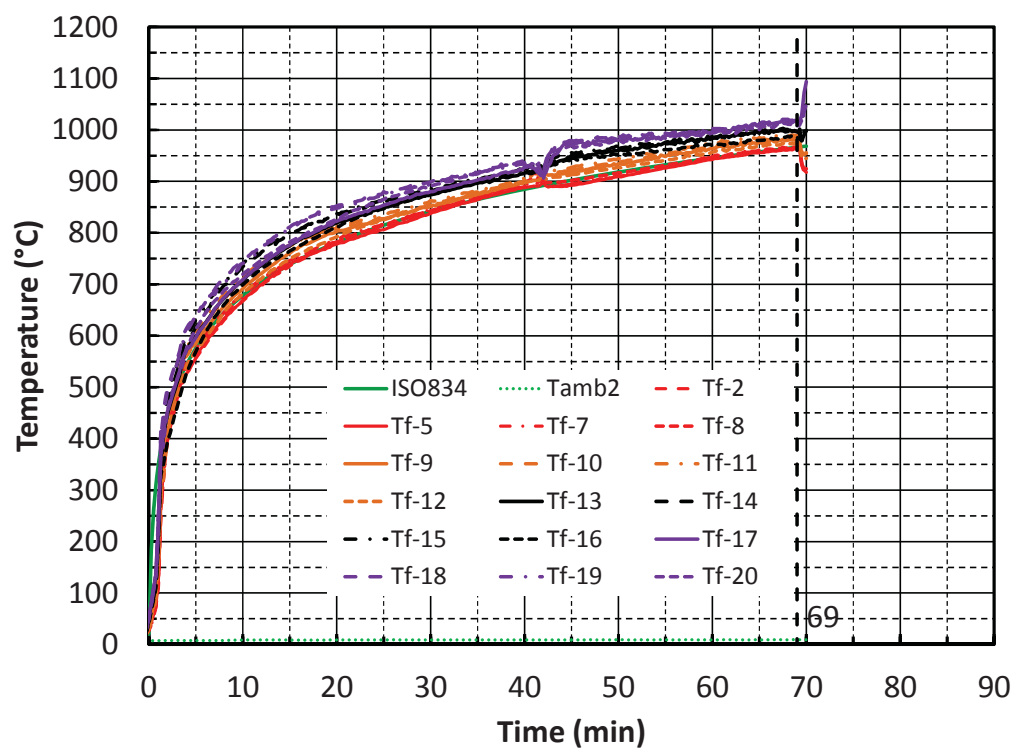


图 3.2.4-18 加熱温度

D. 炭化状況



写真 3.2.4-26 CLT 載荷壁④試験体(スギ・RF 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 603kN



写真 3.2.4-27 CLT 載荷壁④試験体(スギ・RF 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 603kN



写真 3.2.4-28 CLT 載荷壁④試験体(スギ・RF 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 603kN

E. 試験体内部および裏面温度

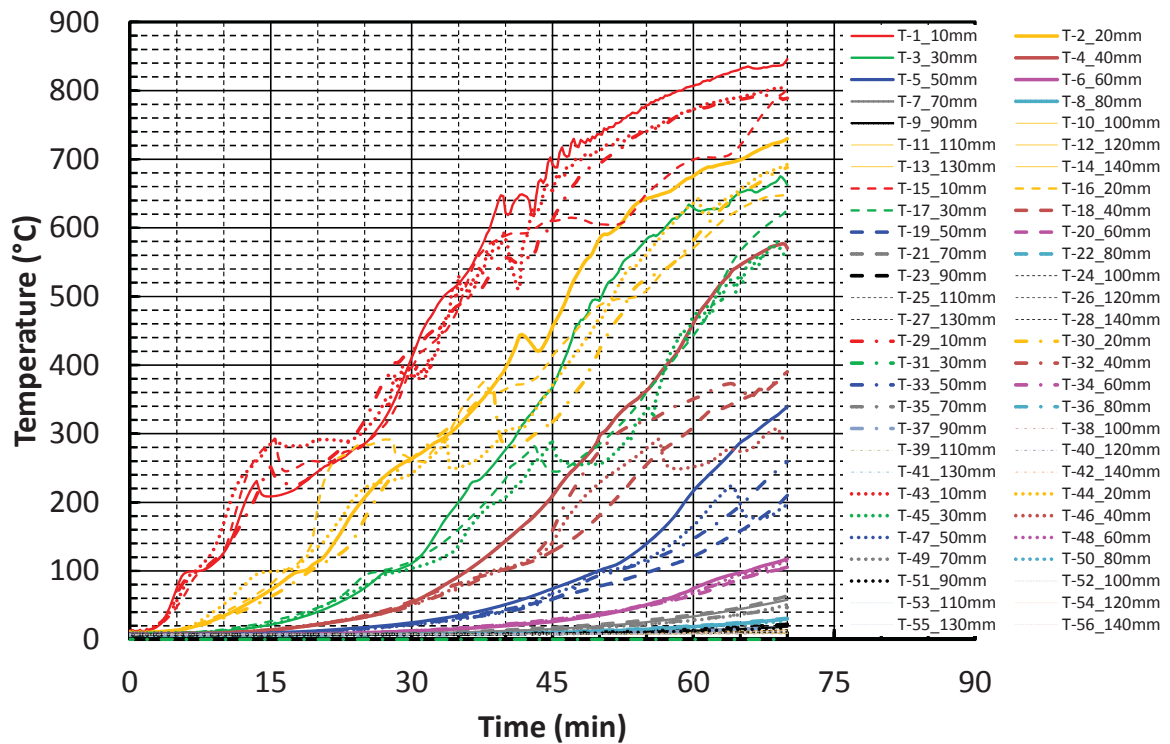


図 3. 2. 4-19 断面内部温度

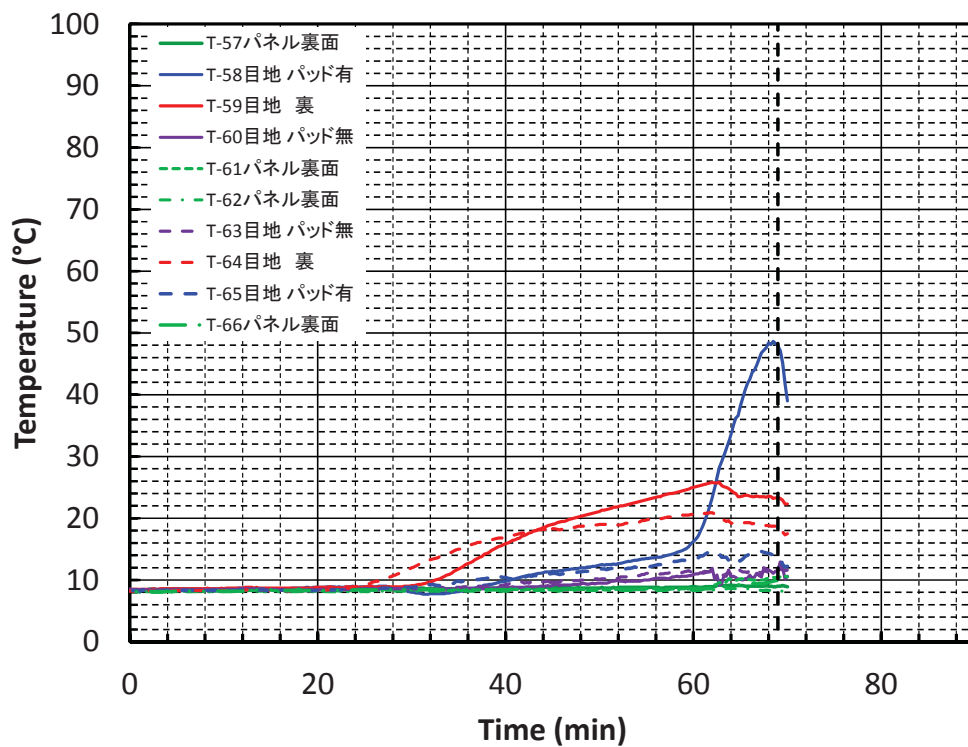


図 3. 2. 4-20 裏面温度

F. 鉛直及び面外変位量

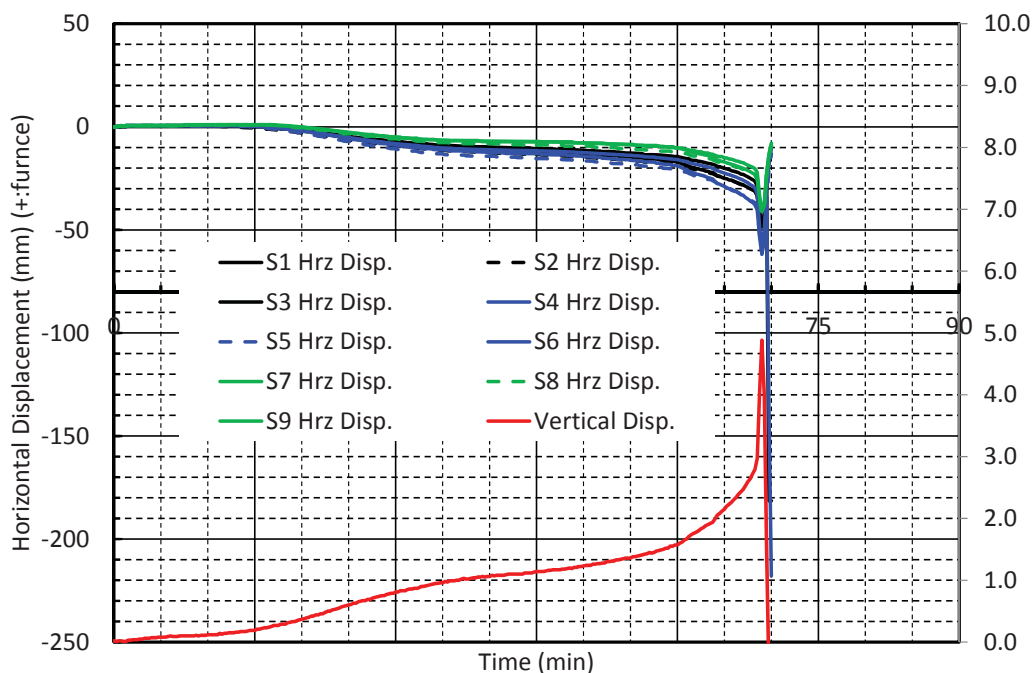


図 3. 2. 4-21 鉛直および面外変位量

G. 各断面の炭化温度到達時間と炭化速度

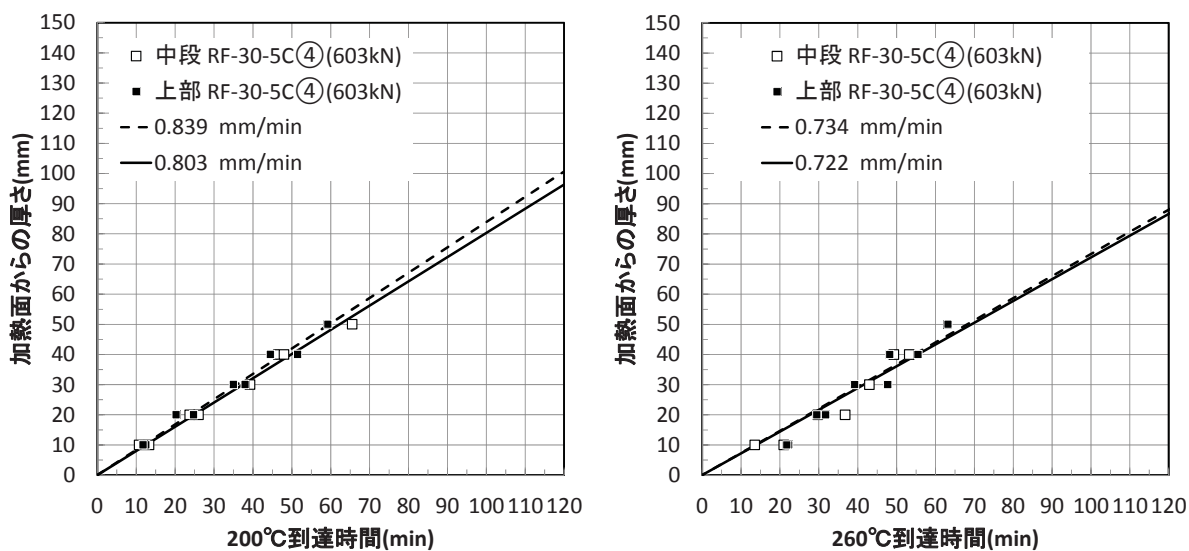


図 3. 2. 4-22 スギ・RF 接着剤・ラミナ厚 30mm・5層 603kN

(5) 壁載荷加熱試験⑤

A. 実験目的および載荷荷重

樹種がスギ、接着剤が RF、ラミナ積層数が 30mm・5 層（総厚 150mm）の CLT パネルで構成した壁に対して、偏心による曲げ応力を考慮した荷重を載荷して加熱実験を行い、座屈に至る時間を測定する。

載荷荷重は、加熱 60 分での燃えしろを 51mm（炭化速度 0.85mm/分）と実態に即した値で算定し、ヤング率も実測値の平均を用いて、残存後の座屈荷重を算定し、それに対して、2/3 の安全率を乗じた荷重とした。

表 3.2.4-5 積載荷重の設定 (No. 5)

パネル幅	b	1,000	mm
試験体幅	B	2,000	mm
残存厚さ	D non charred	99	mm
断面係数	Z _{eff}	2,400,000	mm ³
燃えしろ寸法	d _{char}	51	mm
全断面	I	161,716,500	mm ⁴
有効	I _{eff}	117,000,000	mm ⁴
断面積	A non charred	198,000	mm ²
回転半径	i	24	mm
試験体長さ	L	3000	mm
有効細長比	λ _{eff}	123.4	-
座屈応力	σ _{cb avg}	3.05	N/mm ²
安全係数	係数(2/3)	0.667	-
載荷荷重	P _{cr avg} (x2/3)	402.0	kN
単位長さあたりの載荷荷重	P _{cr avg}	201.0	kN/m

B. 試験写真



写真 3. 2. 4-29
CLT 載荷壁⑤試験体 (加熱前)



写真 3. 2. 4-30
CLT 載荷壁⑤試験体 (加熱前)



写真 3. 2. 4-31
CLT 載荷壁⑤試験体 (加熱後)



写真 3. 2. 4-32
CLT 載荷壁⑤試験体 (加熱後)

C. 加熱温度

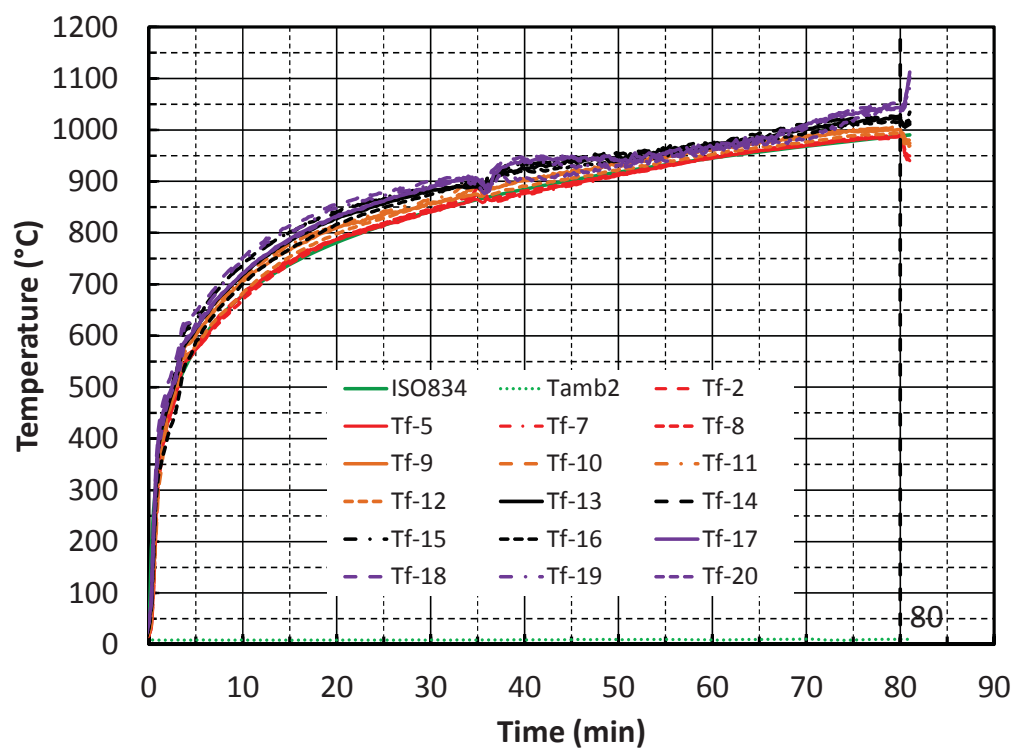


图 3.2.4-23 加熱温度

D. 炭化状況

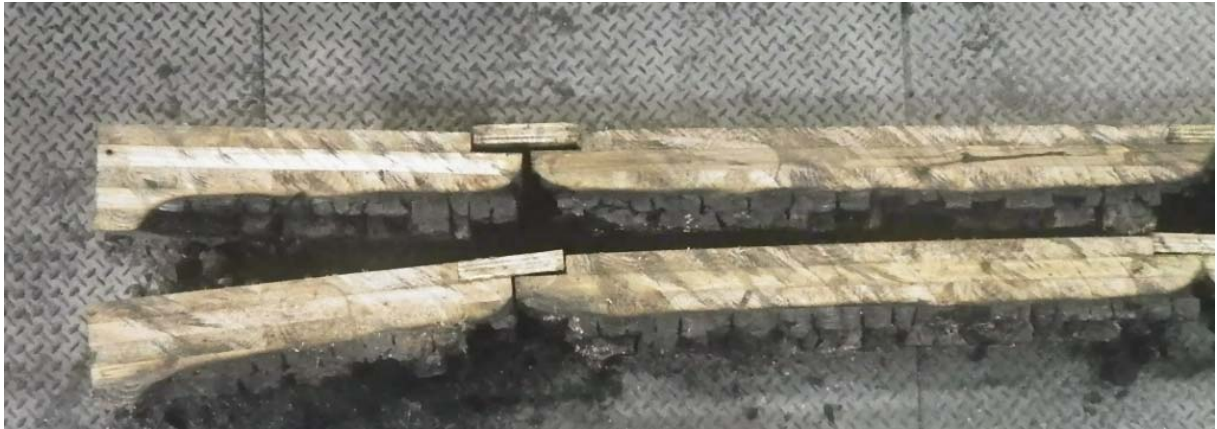


写真 3.2.4-33 CLT 載荷壁⑤試験体(スギ・RF 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 402kN



写真 3.2.4-34 CLT 載荷壁⑤試験体(スギ・RF 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 402kN



写真 3.2.4-35 CLT 載荷壁⑤試験体(スギ・RF 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 402kN

E. 試験体内部および裏面温度

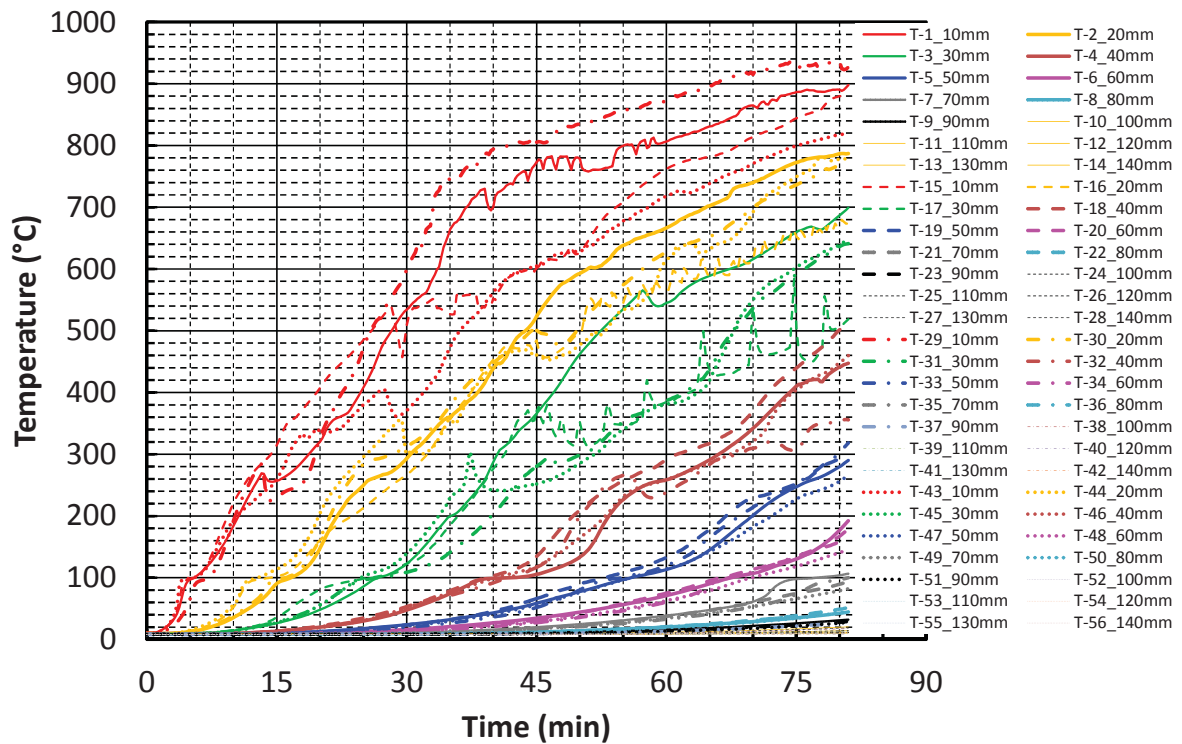


図 3. 2. 4-24 断面内部温度

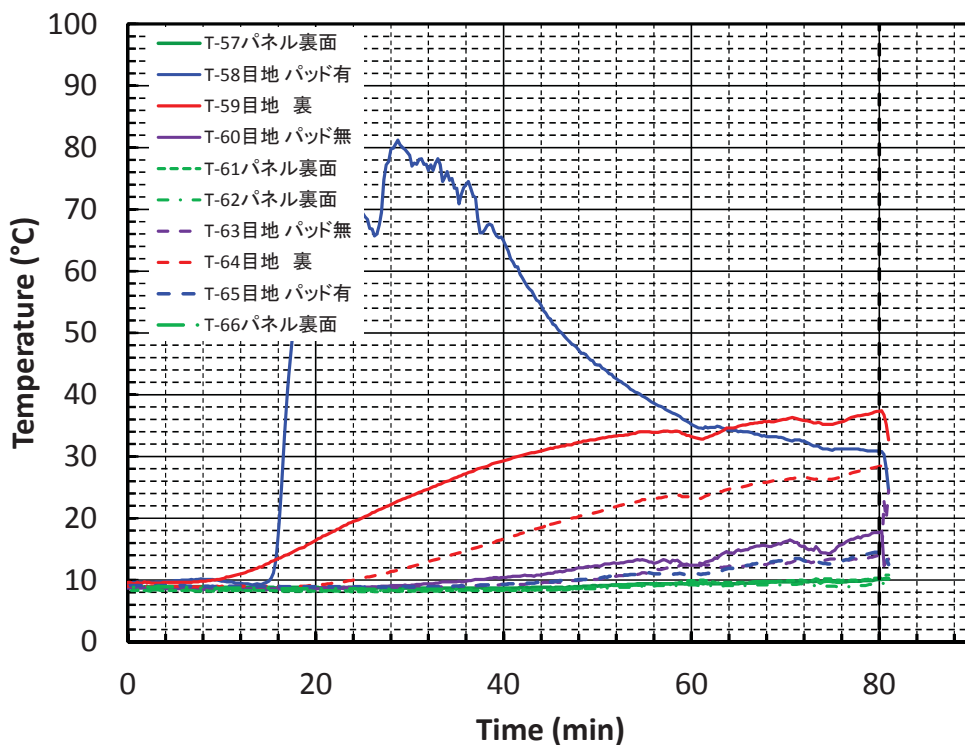


図 3. 2. 4-25 裏面温度

F. 鉛直及び面外変位量

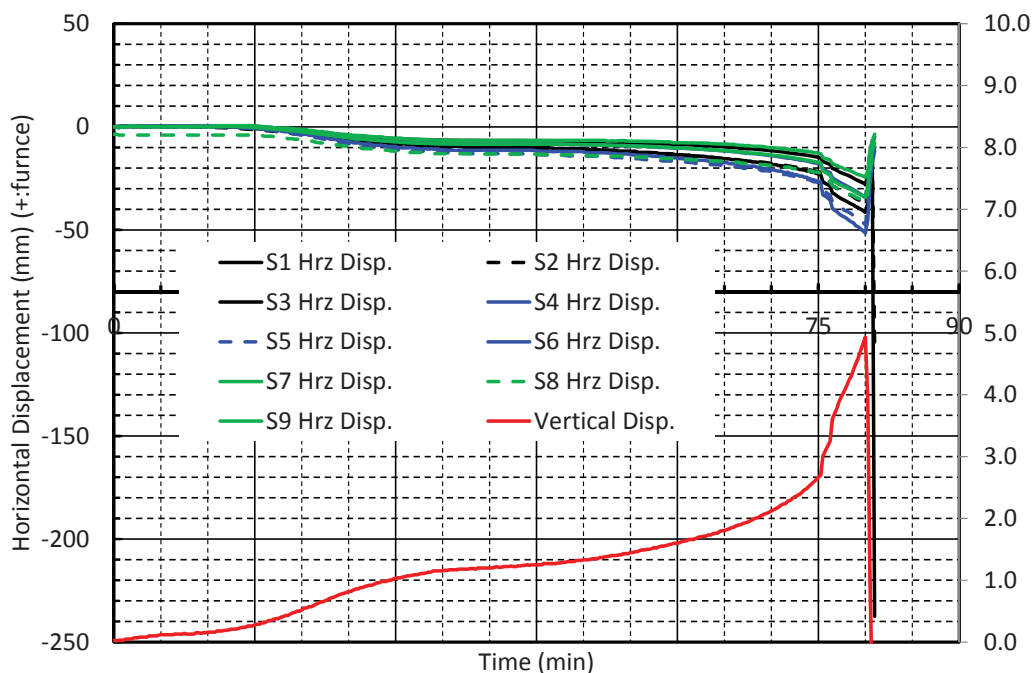


図 3. 2. 4-26 鉛直および面外変位量

G. 各断面ごとの炭化温度到達時間と炭化速度

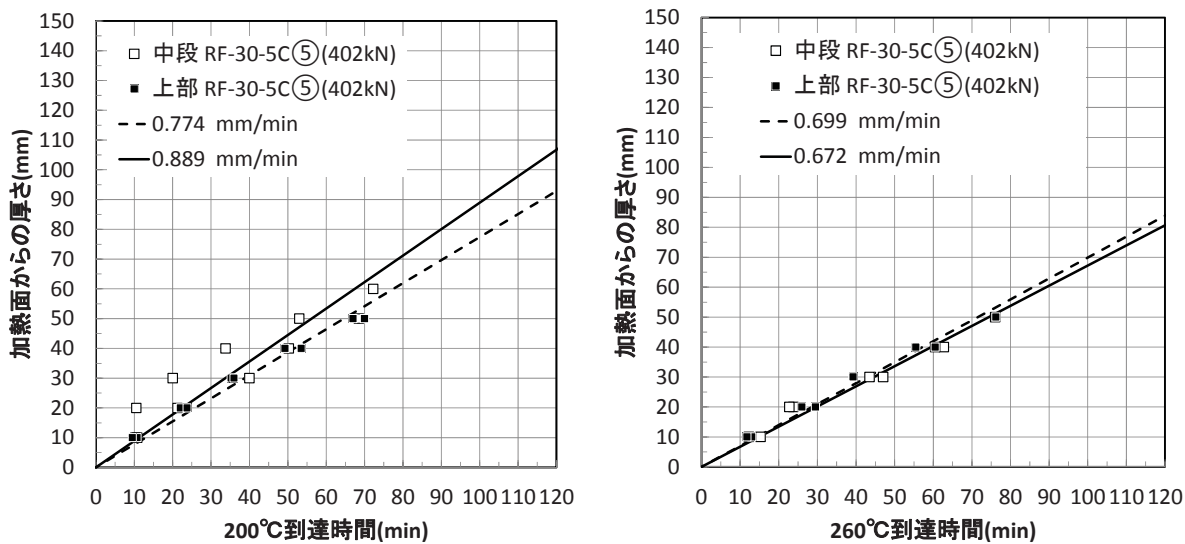


図 3. 2. 4-27 スギ・RF 接着剤・ラミナ厚 30mm・5層 402kN

(6) 壁載荷加熱試験⑥

A. 実験目的および載荷荷重

樹種をカラマツに変更して、接着剤は元の通り API、ラミナ積層数が 30mm・5 層（総厚 150mm）の CLT パネルで構成した壁に対して、偏心による曲げ応力を考慮した荷重を載荷して加熱実験を行い、座屈に至る時間を測定する。

載荷荷重は、樹種の違いを把握するため、スギ試験体の座屈荷重(603kN)と同じとした。

表 3.2.4-6 積載荷重の設定(No.6)

パネル幅	b	1,000	mm
試験体幅	B	2,000	mm
残存厚さ	D non charred	99	mm
断面係数	Z _{eff}	2,400,000	mm ³
燃えしろ寸法	dchar	51	mm
全断面	I	161,716,500	mm ⁴
有効	I _{eff}	117,000,000	mm ⁴
断面積	A non charred	198,000	mm ²
回転半径	i	24	mm
試験体長さ	L	3000	mm
有効細長比	λ _{eff}	123.4	
座屈応力	σ _{cb_avg}	3.05	N/mm ²
載荷荷重	P _{cr_avg}	603.0	kN
単位長さあたりの載荷荷重	P _{cr_avg}	301.5	kN/m

B. 試験写真



写真 3. 2. 4-36
CLT 載荷壁⑥試験体 (加熱前)



写真 3. 2. 4-37
CLT 載荷壁⑥試験体 (加熱前)



写真 3. 2. 4-38
CLT 載荷壁⑥試験体 (加熱後)



写真 3. 2. 4-39
CLT 載荷壁⑥試験体 (加熱後)

C. 加熱温度

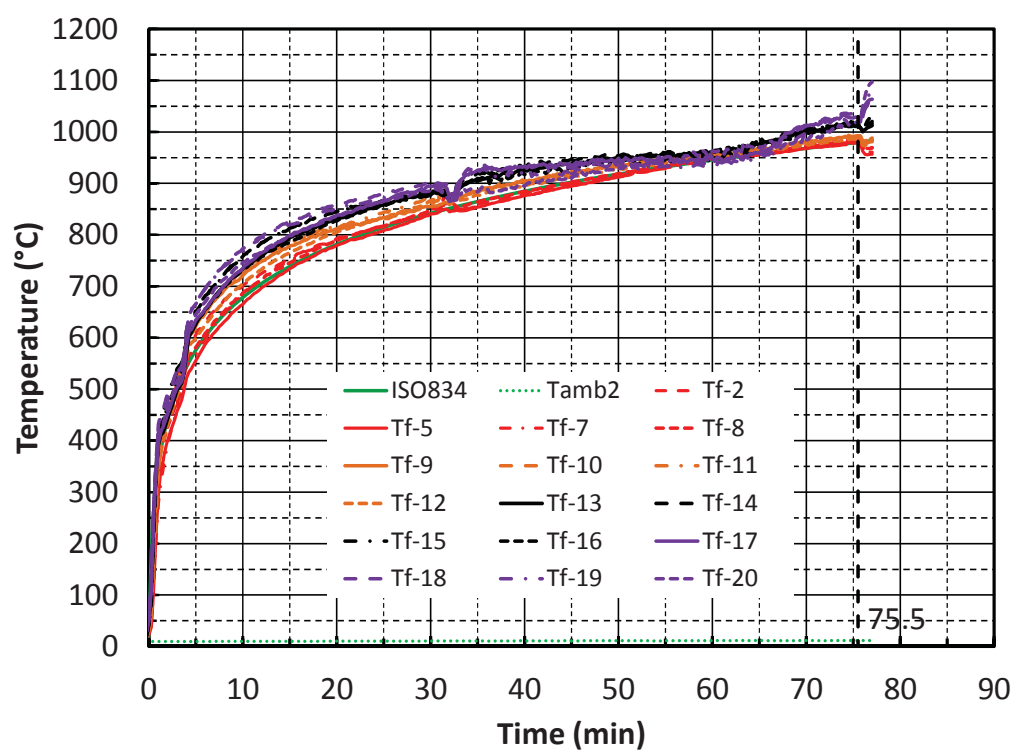


图 3.2.4-28 加熱温度

D. 炭化状況



写真 3. 2. 4-40 CLT 载荷壁⑥試験体(カラマツ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 603kN



写真 3. 2. 4-41 CLT 载荷壁⑥試験体(カラマツ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 603kN



写真 3. 2. 4-42 CLT 载荷壁⑥試験体(カラマツ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5 層) 603kN

E. 試験体内部および裏面温度

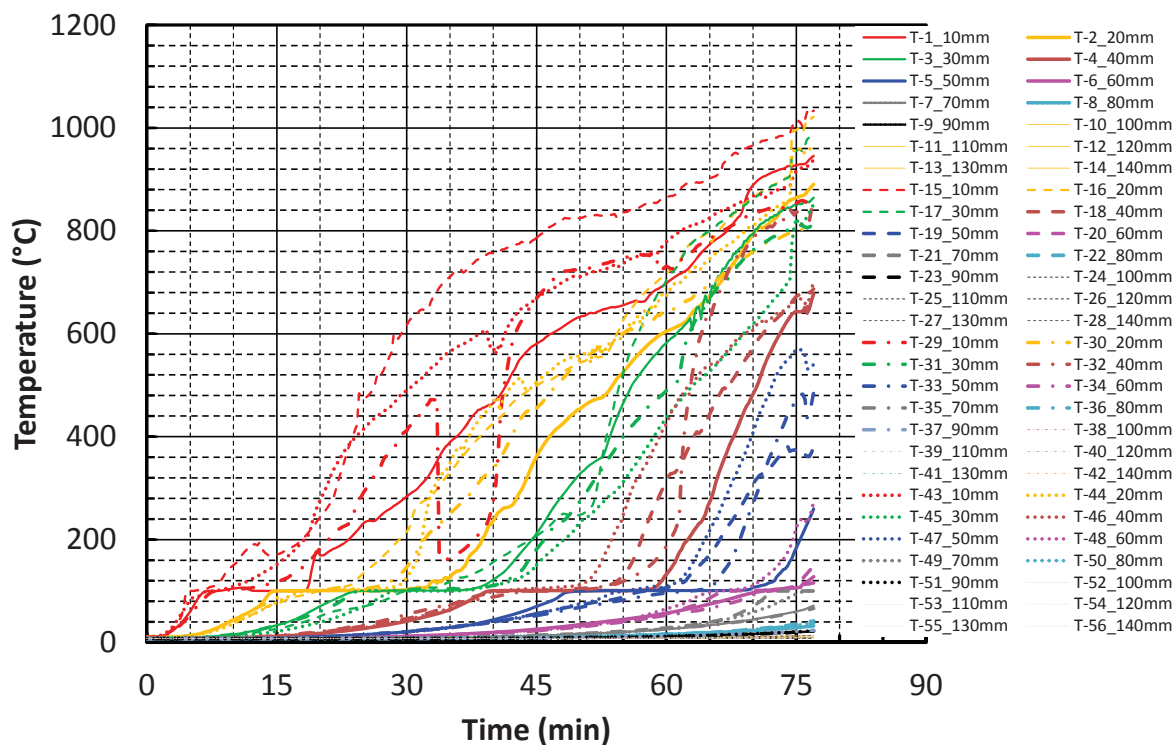


図 3. 2. 4-29 断面内部温度

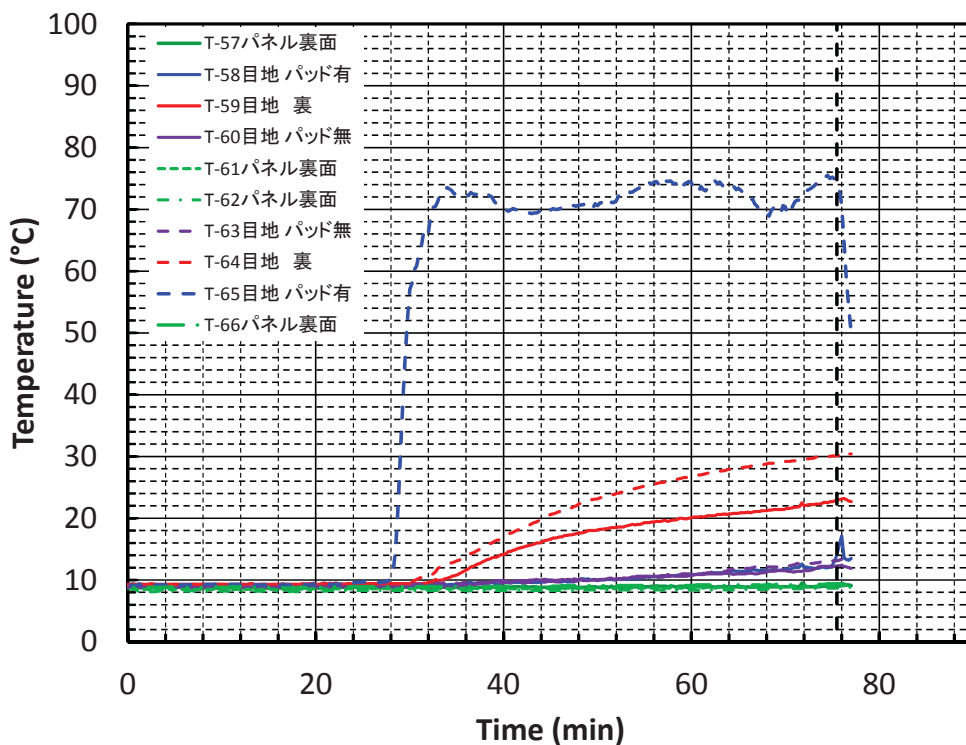


図 3. 2. 4-30 裏面温度

F. 鉛直及び面外変位量

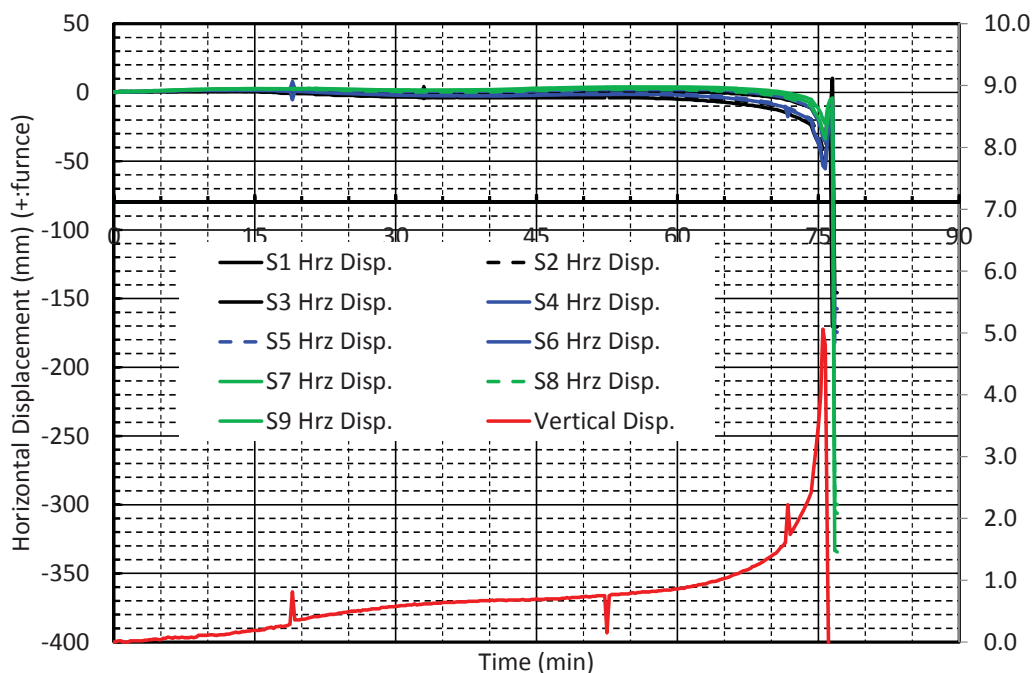


図 3.2.4-31 鉛直および面外変位量

G. 各断面の炭化温度到達時間と炭化速度

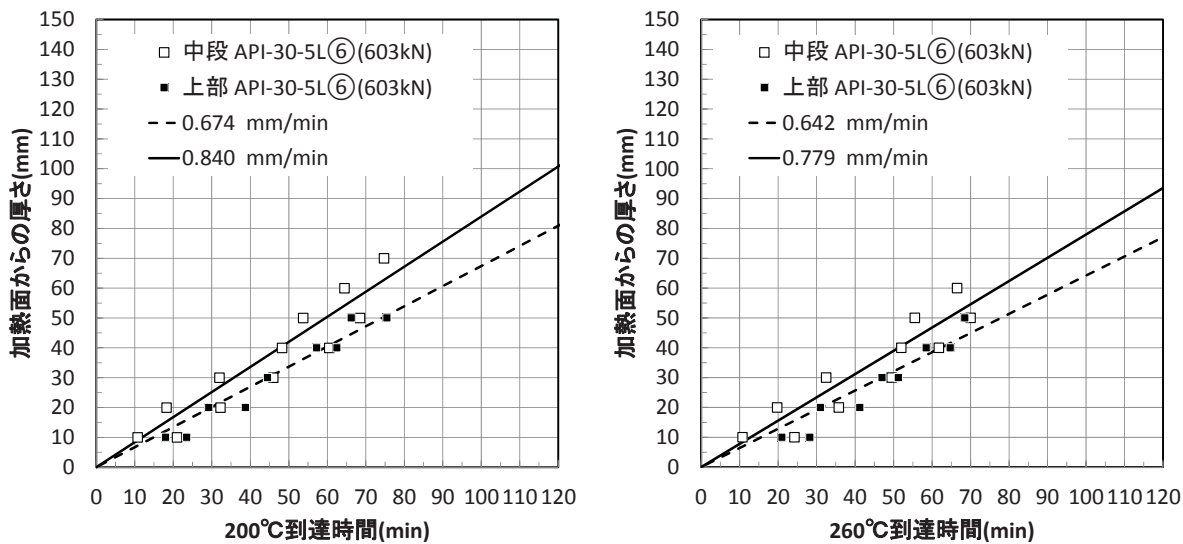


図 3.2.4-32 カラマツ・API 接着剤・ラミナ厚 30mm・5層 603kN

3.2.5 考察

表 3.2.5-1 に実験結果一覧を示す。

表 3.2.5-1 実験結果表

記号	樹種	接着剤	目地	載荷荷重 (kN)	偏心 (+加熱側)	崩壊時間 (min)	炭化速度 (mm/min)				遮熱性 (°C)
							中段 (200°C)	上部 (200°C)	中段 (260°C)	上部 (260°C)	
W-CLT-1	スギ	API	構造用合板 28mm	539	-30	74.0	0.907	0.909	0.847	0.852	31.2
W-CLT-2	スギ	API	構造用合板 28mm	603	-30	77.5	0.917	0.873	0.842	0.814	13.3
W-CLT-3	スギ	API	セラミックファイバ 25mm	603	0	70.0	0.869	0.883	0.818	0.829	84.7
W-CLT-4	スギ	RF	構造用合板 28mm	603	0	68.75	0.839	0.803	0.734	0.722	48.6
W-CLT-5	スギ	API	構造用合板 28mm	402	0	80.0	0.774	0.889	0.699	0.672	81.2
W-CLT-6	カラマツ	API	構造用合板 28mm	603	0	75.25	0.674	0.840	0.642	0.779	75.5

CLT パネルの耐力壁の耐火性能として、非損傷性をみると、崩壊時間が 70～80 分程度となっており、60 分の準耐火性能を有していることがわかる。現時点では、基準強度、許容応力度が確定していないが、大きめの荷重を載荷して、60 分以上の崩壊時間となっていることから、150mm 厚の CLT パネルに関しては、十分な余裕があることがわかる。

軸方向変形量をみると、加熱 30 分後に収縮が停滞しており、直交層が防火被覆としての効果を発揮していることがわかる。加熱 60 分後に再び軸方向変形量が増加し、座屈に至る。この特徴は、全ての試験体で確認されている。

壁の遮熱性に関しては、80 分加熱後でも 10°C 以下の上昇に留まっており、十分な遮熱性を有している。ただし、目地部に関しては、変形による隙間の影響によって煙や熱気が流出するため、注意が必要である。目地から流出する煙は、初期は水蒸気を含むため、高温ではないため 100°C 程度以下となった。