

3.5 防火設備との CLT パネル壁の取合い部の加熱試験

3.5.1 実験概要

CLT パネルに防火設備を設ける場合、防火性能を確保する上で明確になっていない課題として防火設備の枠から CLT 躯体への伝熱の影響や枠と CLT 躯体接続部の火炎貫通の有無といったものが挙げられる。本実験では CLT の壁体に例示仕様の特定防火設備を取り付けて 1 時間加熱試験を行い、CLT パネルと防火設備取合い部の防火措置に関する基礎的知見を得た。

3.5.2 試験体概要

(1) 防火戸の仕様

防火戸は図 3.5-2～3.5-5 に示す 2 種類の仕様とし(SD1、SD1A)、いずれも平成 12 年 5 月 25 日建設省告示第 1369 号「特定防火設備の構造方法を定める件」第 1 項第二号に定める鉄製で鉄板の厚さが 1.5mm 以上の防火戸の規定に適合する仕様とした。即ち扉の障子部分の鏡板を厚さ 1.6mm の鋼板製としたフラッシュ戸、枠は上枠、縦枠を厚さ 1.6mm 鋼板、下枠を厚さ 2.0mm ステンレス鋼板とした。SD1 は片開きドアタイプ(枠外寸法幅 1020mm×高さ 2120mm)で、枠が壁厚の中に納まる形状とし、SD1A は片開きドアタイプ(枠外寸法幅 1010mm×高さ 2110mm)で、枠が壁厚から偏芯し扉の障子部分が壁厚の外側に位置する形状とした。

(2) 試験体仕様

図 3.5-1 に示す幅 3200mm×高さ 3000mm×厚さ 150mm の CLT 壁体に SD1 と SD1A を併設した試験体を 2 体(試験体 A、試験体 B) 作製した。試験体 A の納まりを図 3.5-2～3.5-3、試験体 B の納まりを図 3.5-4～3.5-5 に示す。

試験体 A は CLT 躯体開口に直接鋼製枠を取り付け、胴径 5mm、長さ 100mm のねじで CLT に固定した。また鋼製枠の周囲には枠廻りの取合い部経由の火炎貫通対策として当て木による額縁を回した。SD1 は丁番側(非加熱側)の額縁として 24mm×24mm の杉材を胴径 3.8mm、長さ 45mm のビスで四周に取り付け、丁番と反対側(加熱側)は 37mm×24mm の杉材を四周に取り付けた。SD1A は丁番側(非加熱側)の額縁として 35mm×24mm の杉材を胴径 3.8mm、長さ 45mm のビスで下枠を除く三周に取り付け、丁番と反対側(加熱側)は 47mm×24mm の杉材を四周に取り付けた。

試験体 B は CLT 躯体開口に厚さ 8mm のケイ酸カルシウム板を取り付けた上から鋼製枠を取り付け、胴径 5mm、長さ 100mm のねじでケイ酸カルシウム板を貫通し CLT に固定した。また防火戸の枠以外の部分は CLT 躯体にせっこうボード 12.5mm2 枚重ね張りの被覆を行った。

(3) 試験体温度測定位置

試験体の温度測定位置を図 3.5-2～3.5-5 に示す。鋼製枠と躯体取合い部温度、鋼製枠と扉障子の隙間温度、扉障子の非加熱側表面温度を計測した。

3.5.3 試験方法

独立行政法人建築研究所の壁炉を使用し、特定防火設備の遮炎性能試験法に準拠した試験を実施した。即ち IS0834 の標準加熱曲線による 1 時間加熱を実施し、試験体各部温度、扉障子の面外変位測定、目視による経過観察を行い遮炎性能を評価した。但し加熱は試験体 A, B 共に丁番と反対側からの片面のみの加熱試験とした。

3.5.4 試験結果

試験体 A

SD1、SD1A 共に加熱 10 分に加熱側の鋼製扉障子下端の変形、15 分には加熱側鋼製下枠の変形が観察される。23 分 30 秒に扉上部の木製額縁に着火した後、順次額縁の燃焼範囲が拡大して 42 分に非加熱側の鋼製枠と躯体取り付け部から継続して火炎が噴出し不合格となった。また加熱終了後の CLT は鋼製枠周囲が広範囲に炭化していた。

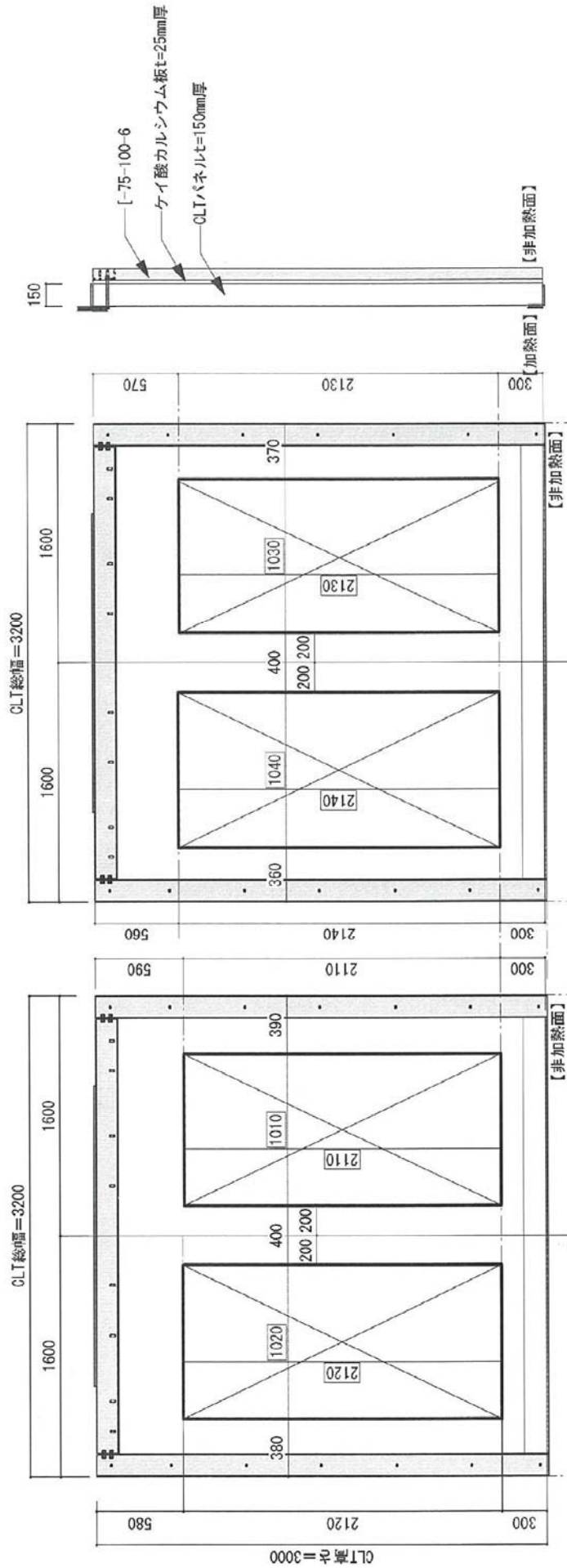
試験体 B

SD1、SD1A 共に加熱 2 分 30 秒に加熱側の鋼製扉障子下端の変形が観察される。その後鋼製枠と扉障子の変形が徐々に拡大し、SD1 は 1 時間 2 分に鋼製下枠と扉障子の隙間から非加熱側に継続した炎が噴出し、SD1A は 1 時間 4 分に同様に鋼製下枠と扉障子の隙間から非加熱側に継続した炎が噴出した。SD1、SD1A 共に丁番と反対側からの加熱に対し 1 時間の遮炎性が確認された。

3.5.5 考察

試験体 A による CLT の躯体に直接防火戸の鋼製枠を取り付け CLT 現し仕上げにする場合、鋼製枠と CLT の取り付け部から火炎貫通し 1 時間の遮炎性能が得られなかった。この理由として加熱により枠が早期に変形し枠裏面の CLT が加熱を受けた。鋼製枠からの熱伝導により枠裏面の CLT が加熱された。枠周囲に設けた木製額縁の火炎貫通抑制も十分ではなかったといったことが複合的に影響したと思われる。

上記の結果を受け、試験体 B では鋼製枠と CLT 躯体との間にケイ酸カルシウム板 8mm を挟み、防火戸の枠以外の部分は CLT 躯体にせっこうボード 12.5mm2 枚重ね張りの被覆を行った。この結果、1 時間の遮炎性能が得られ、対策の効果が確認される結果となった。



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
 幅はぎ接着：あり

試験体B(二体目)

試験体A(一体目)

図 3.5-1 試験体図

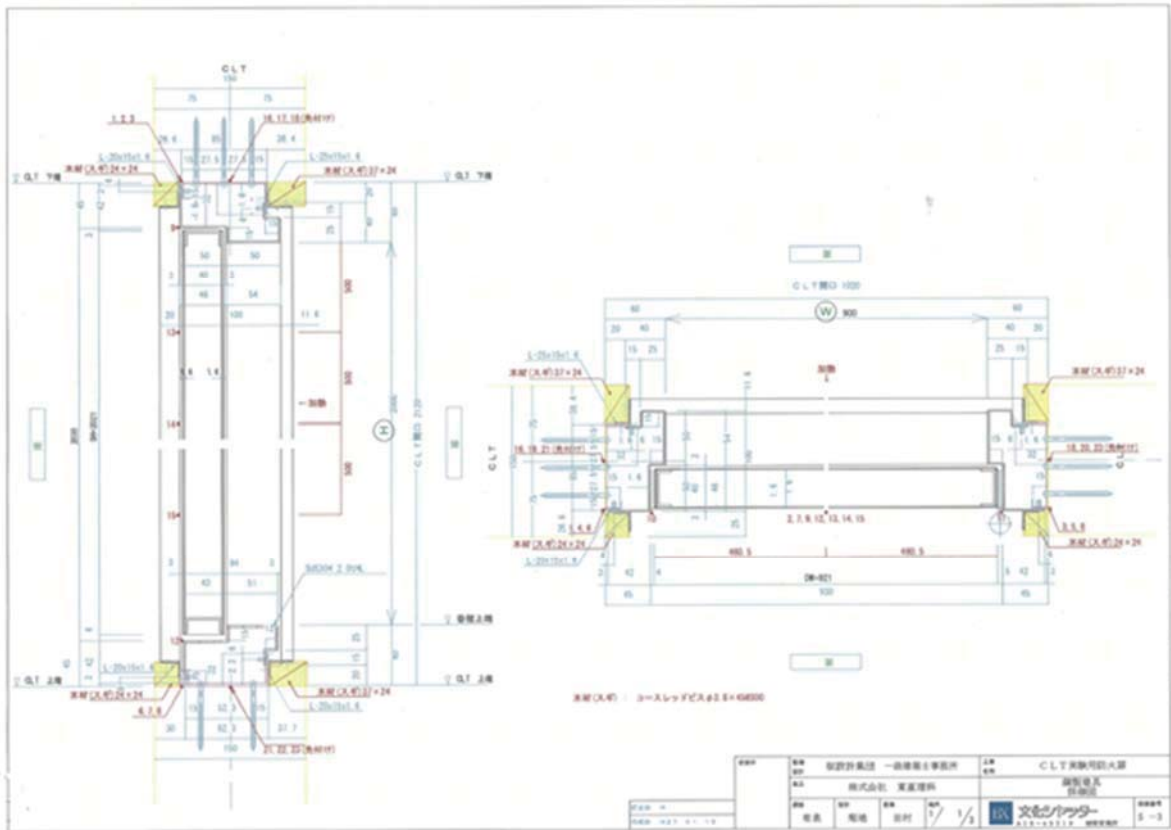


図 3.5-2 試験体 A SD1

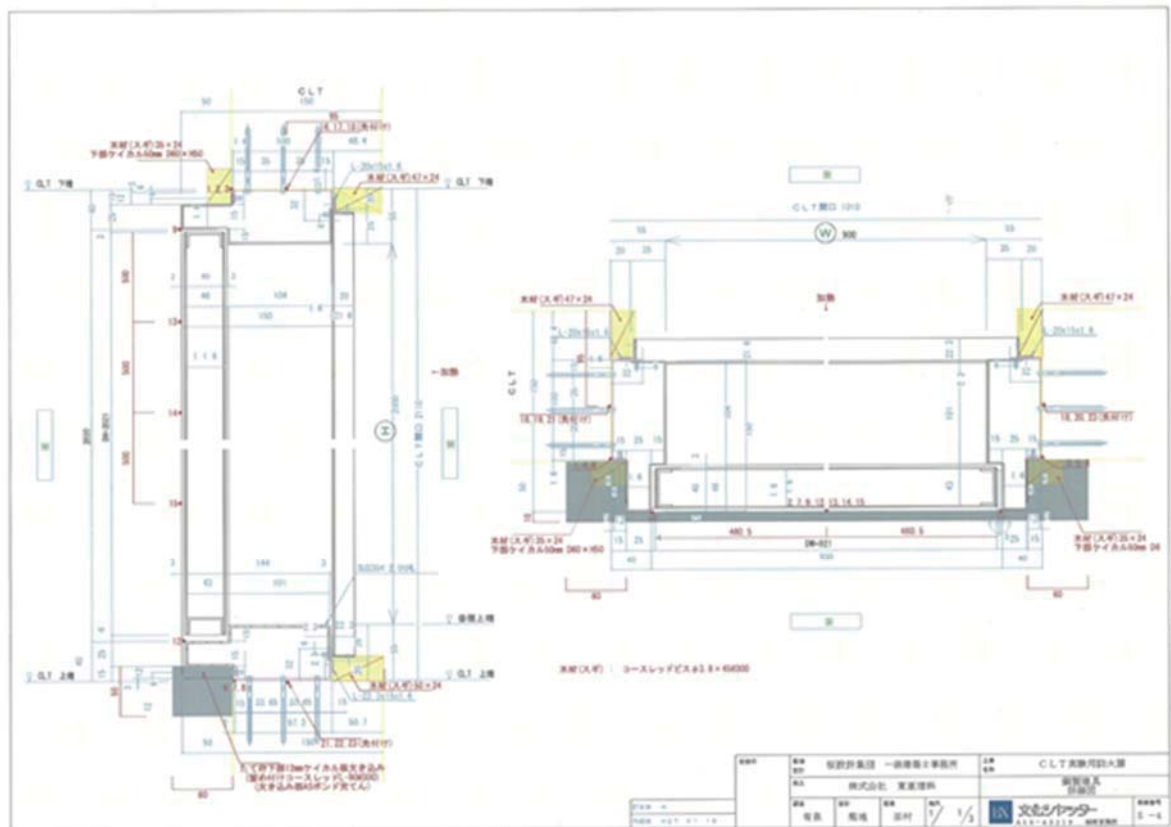


図 3.5-3 試験体 A SD1A

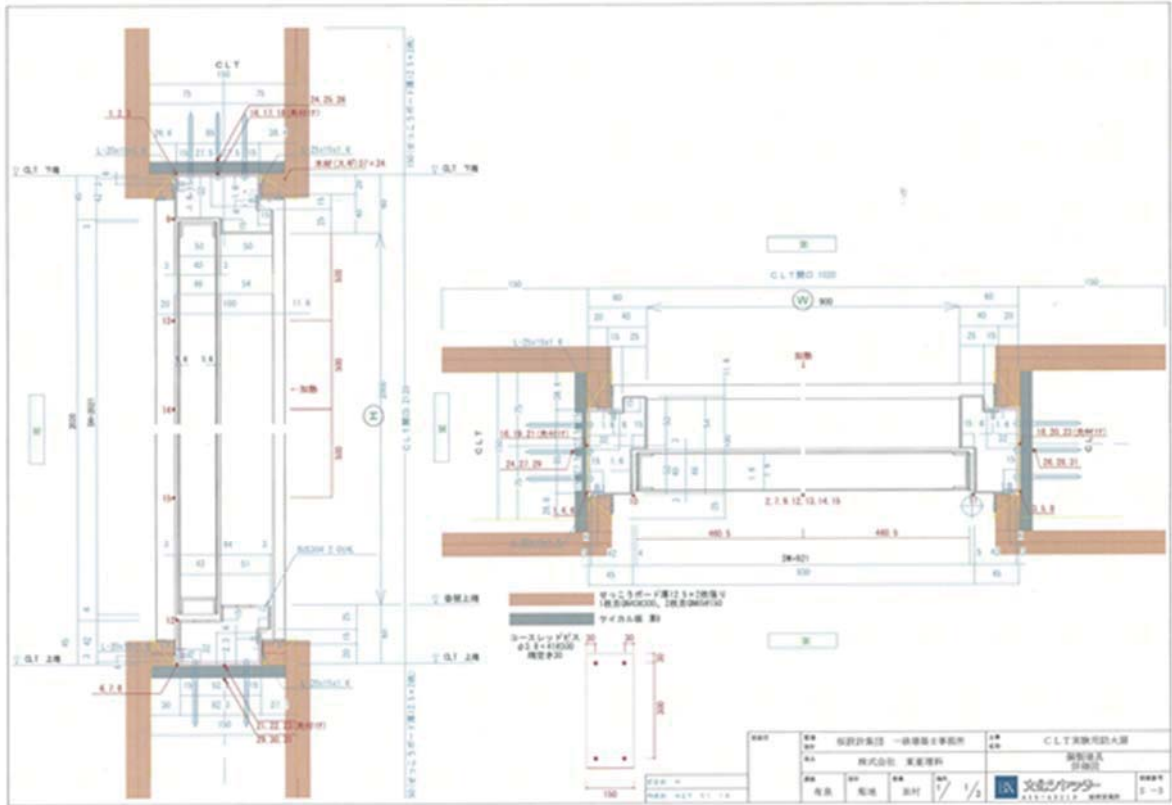


図 3.5-4 試験体 B SD1

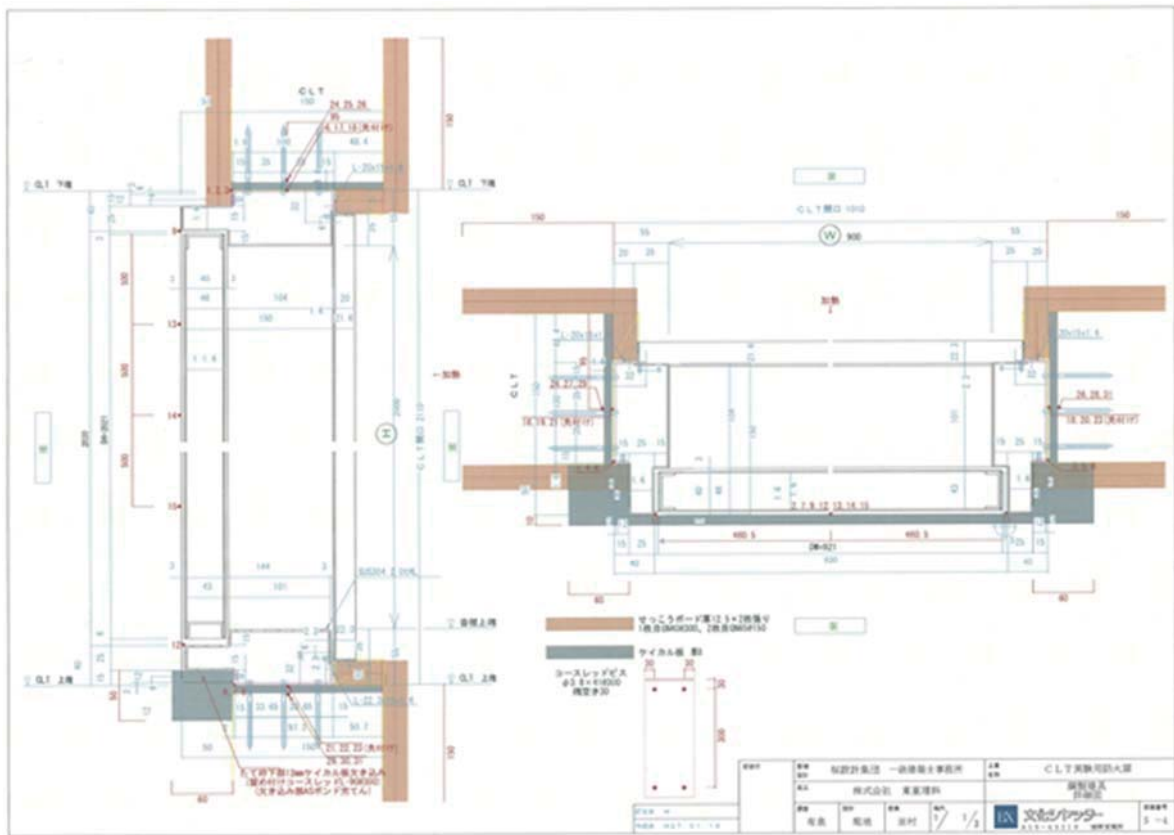


図 3.5-5 試験体 B SD1A

試験体 A



写真 3.5-1 CLT 防火設備(加熱前)



写真 3.5-2 CLT 防火設備(加熱前)



写真 3.5-3 CLT 防火設備(加熱後)



写真 3.5-4 CLT 防火設備試験体(加熱後)



写真 3.5-5 試験体 SD1(床上想定 PB)



写真 3.5-6 試験体 SD1A(枠上部炭化範囲)



写真 3.5-7 試験体 SD1A(丁番脇炭化範囲)



写真 3.5-8 試験体 SD1(丁番脇)



写真 3.5-9 試験体 SD1(右壁枠取合部隙間)



写真 3.5-10 試験体 SD1(左壁枠取合部隙間)



写真 3.5-11 試験体 SD1A(右壁枠取合部隙間)



写真 3.5-12 試験体 SD1A(左壁枠取合部隙間)



写真 3.5-13 試験体 SD1(水平断面)



写真 3.5-14 試験体 SD1(鉛直断面)



写真 3.5-15 試験体 SD1A(水平断面)



写真 3.5-16 試験体 SD1A(鉛直断面)

表 3.5-1 観察記録

時間	コメント
10分	SD1、SD1A 共に、丁番逆側下端が開く。扉障子裏面温度が剥落する。
15分	SD1A、丁番逆側下端の鋼製枠変形して、沓摺のケイカル割れる
23分30秒	SDA、丁番逆側上端の廻縁に着火
29分	SDA、丁番逆側の縦縁に着火
35分	SDA、丁番逆側の縦縁に沿って炎が走る
41分	SDA、扉障子裏面温度を可動熱電対により測定 (518℃)
42分	SDA、SD1A 共に、この後非加熱側に継続して火炎が噴出。

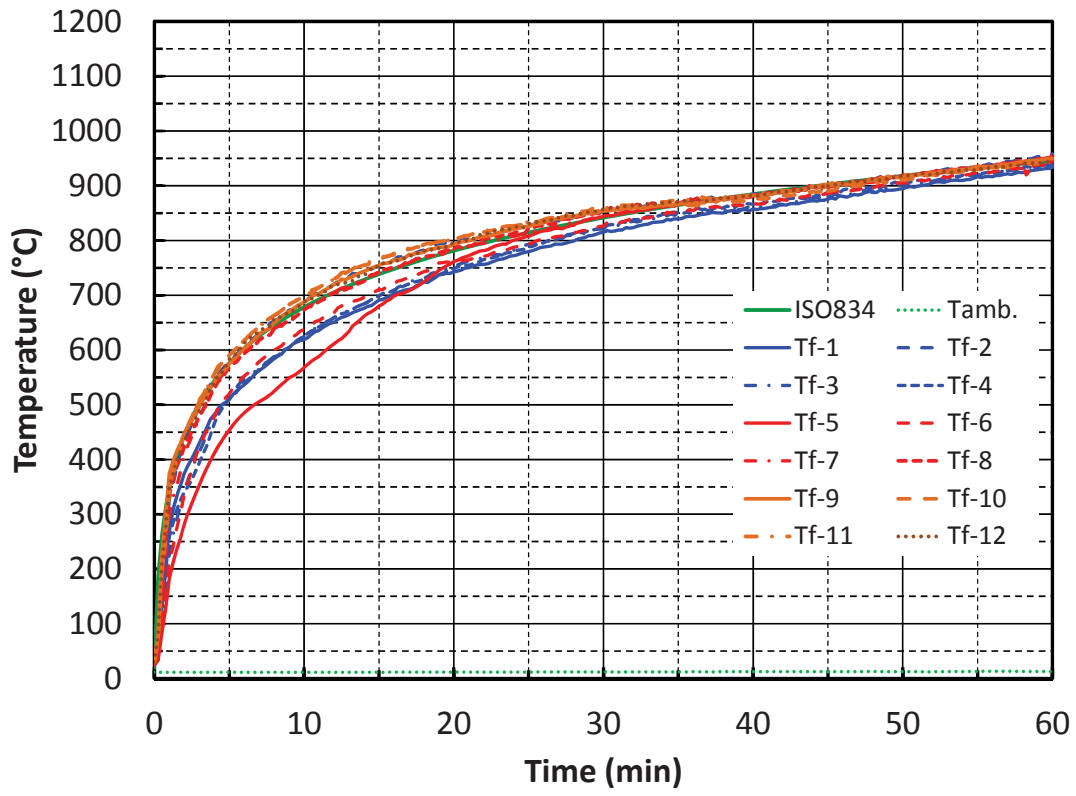


图 3.5-6 加热温度

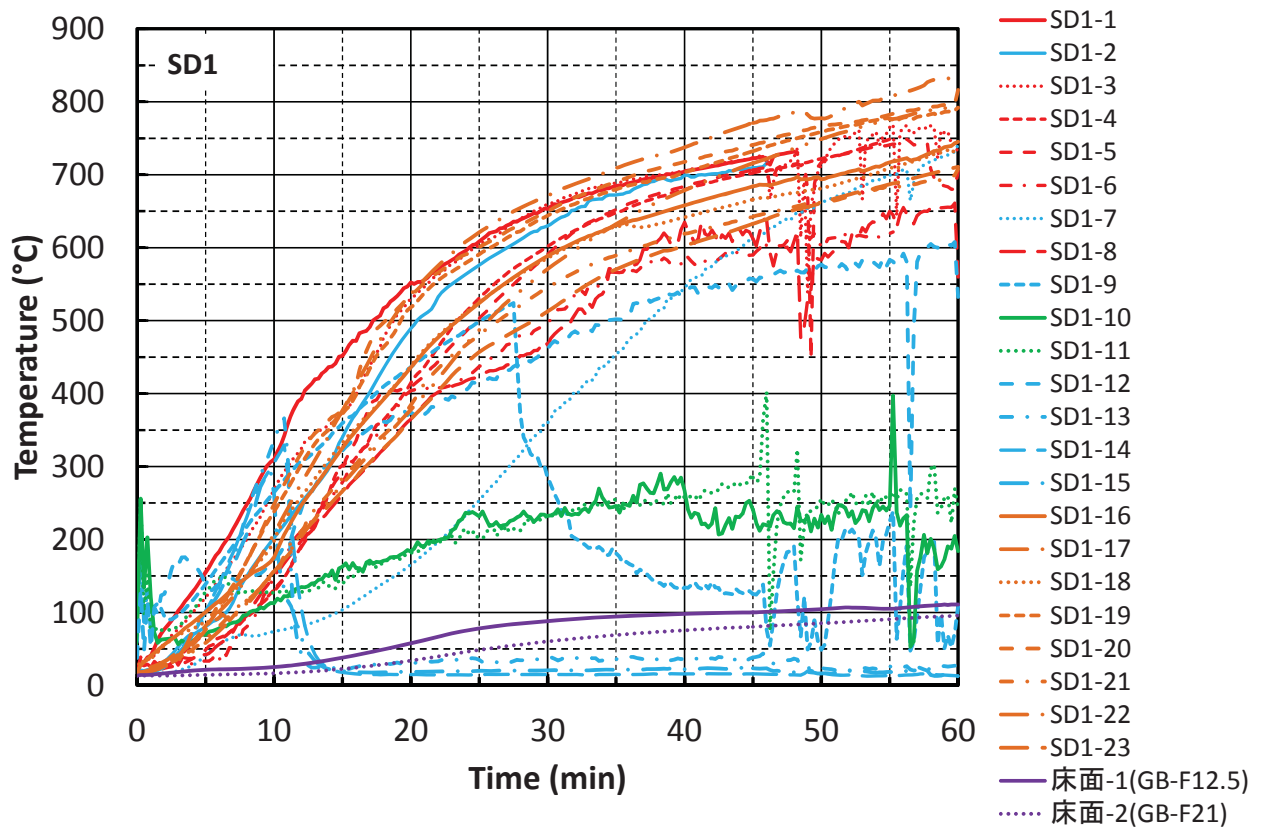


図 3.5-7 試験体 SD1 温度測定結果

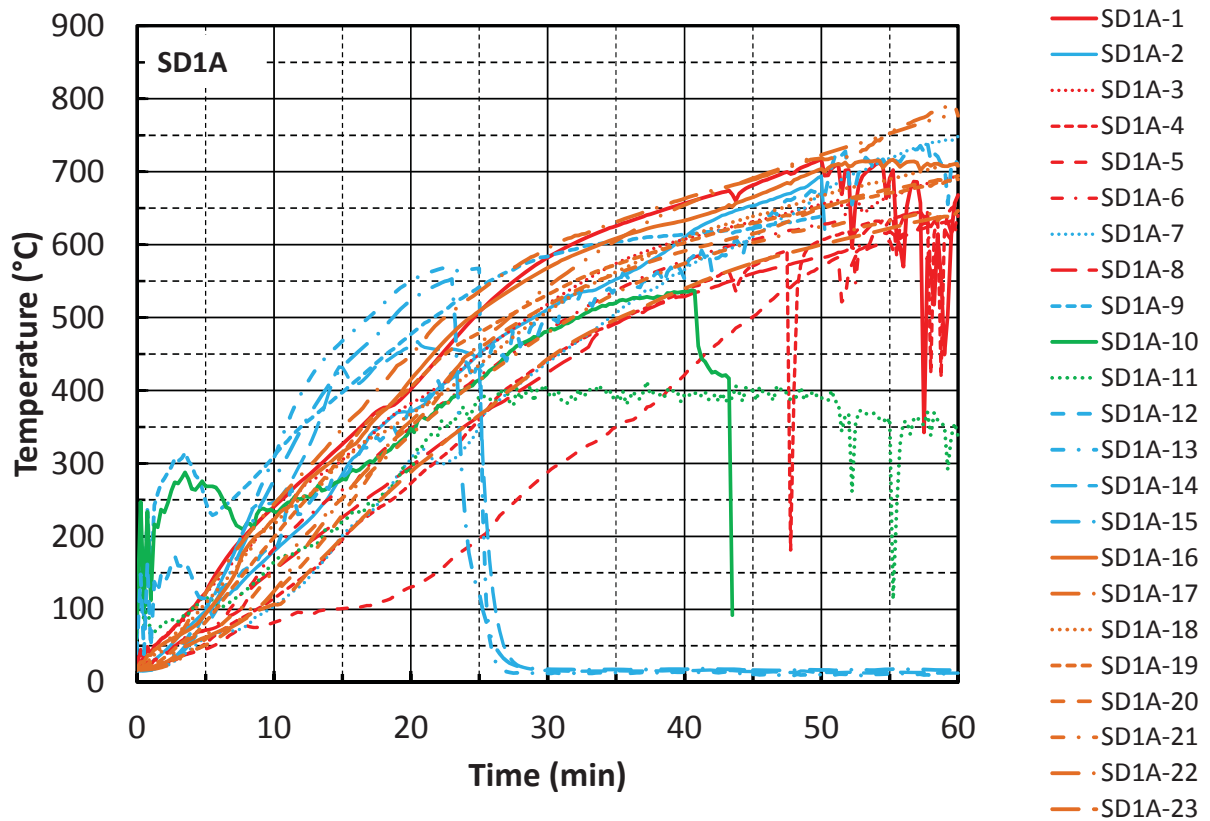


図 3.5-8 試験体 SD1A 温度測定結果

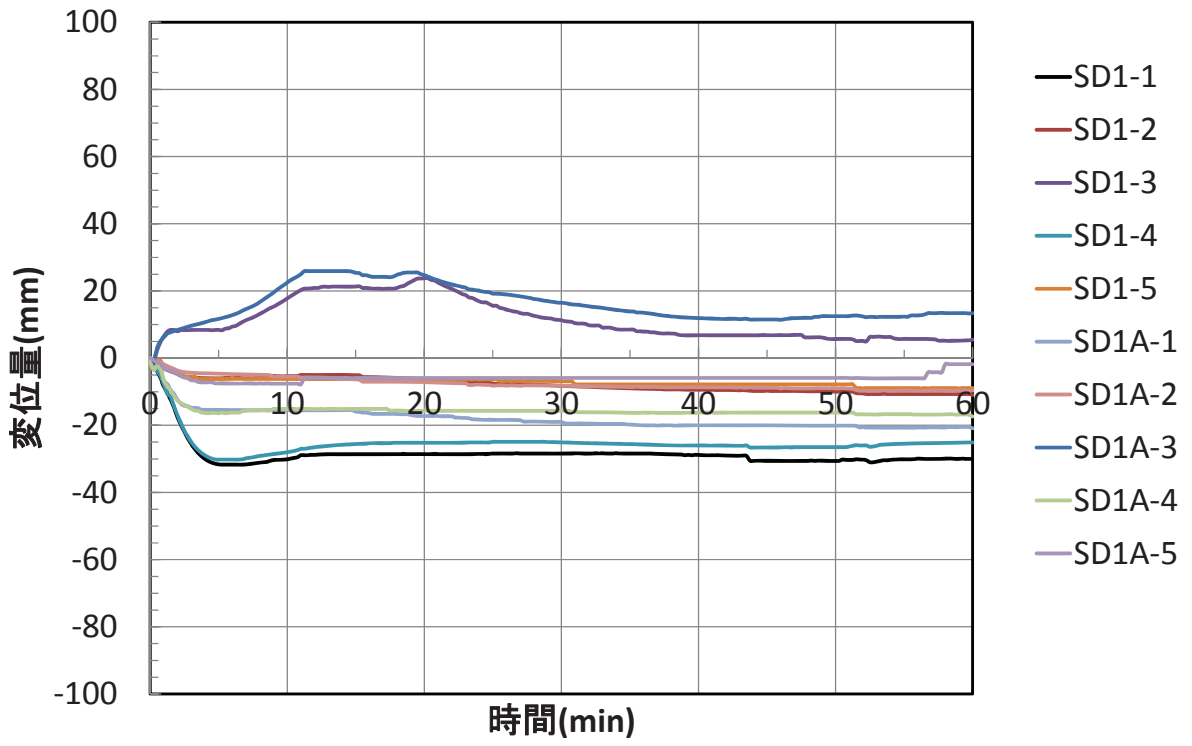


图 3.5-9 變位量測定結果

試験体 B



写真 3.5-17 CLT 防火設備(加熱前)



写真 3.5-18 CLT 防火設備(加熱前)



写真 3.5-19 CLT 防火設備(加熱後)



写真 3.5-20 CLT 防火設備試験体(加熱後)



写真 3.5-21 試験体 SD1(発炎部)



写真 3.5-22 試験体 SD1(発炎部加熱面)



写真 3.5-23 試験体 SD1A(発炎部)



写真 3.5-24 試験体 SD1A(発炎部加熱面)



写真 3.5-25 試験体 SD1(水平断面)



写真 3.5-26 試験体 SD1(鉛直断面)



写真 3.5-27 試験体 SD1A(水平断面)



写真 3.5-28 試験体 SD1A(鉛直断面)

表 3.5-2 観察記録

時間	コメント
2分30秒	SD1、SD1A 共に、丁番逆側下端が開き始める。
17分	SD1、SD1A 共に、丁番逆側下端の隙間よりドア枠が赤熱しているのが見える。
29分	SD1A、縦枠に接する小口より縦に配した石膏ボードのボード紙が変色する。
50分	SD1、SD1A 共に、丁番側にも隙間が生じ、ドア枠の赤熱が見られる。
58分	SD1、丁番逆側下端の隙間よりフラッシュ炎が見られる。
1時間1分	SD1、丁番側上端の隙間よりガス化した炎が噴出。
1時間2分	SD1、丁番逆側下端の隙間より継続して炎が噴出。
1時間4分	SD1A、中央下端部より継続して炎が噴出。
1時間5分	加熱終了。

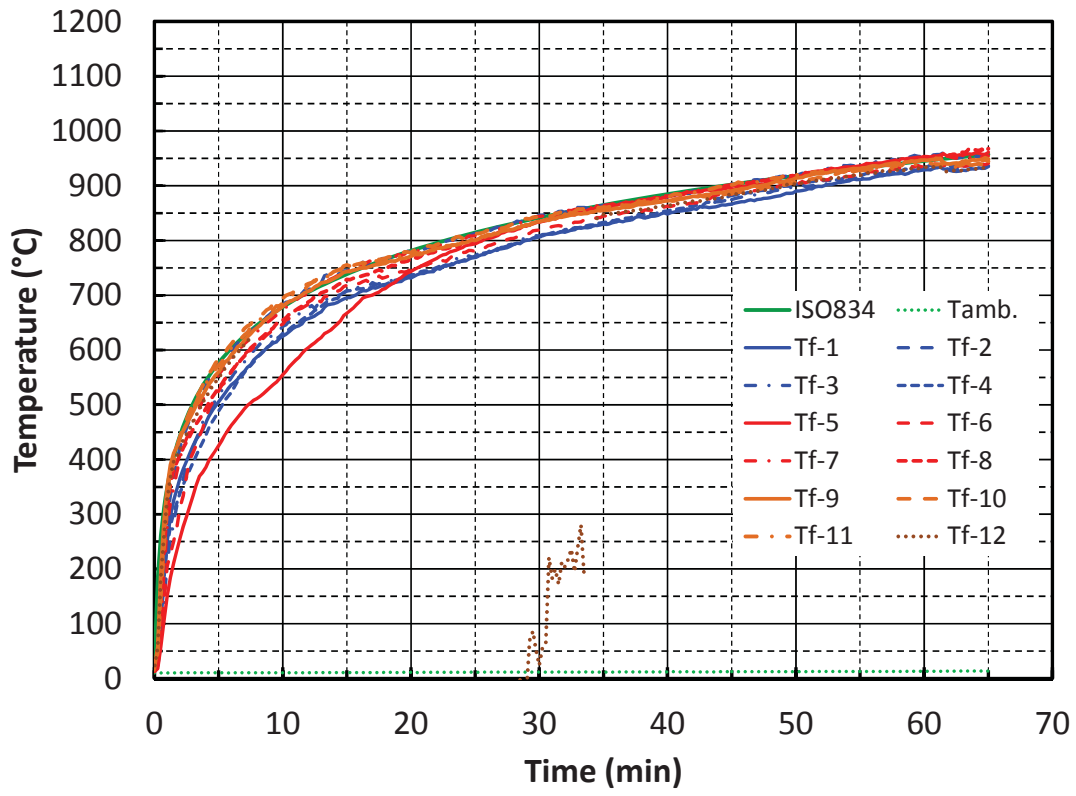


图 3.5-10 加热温度

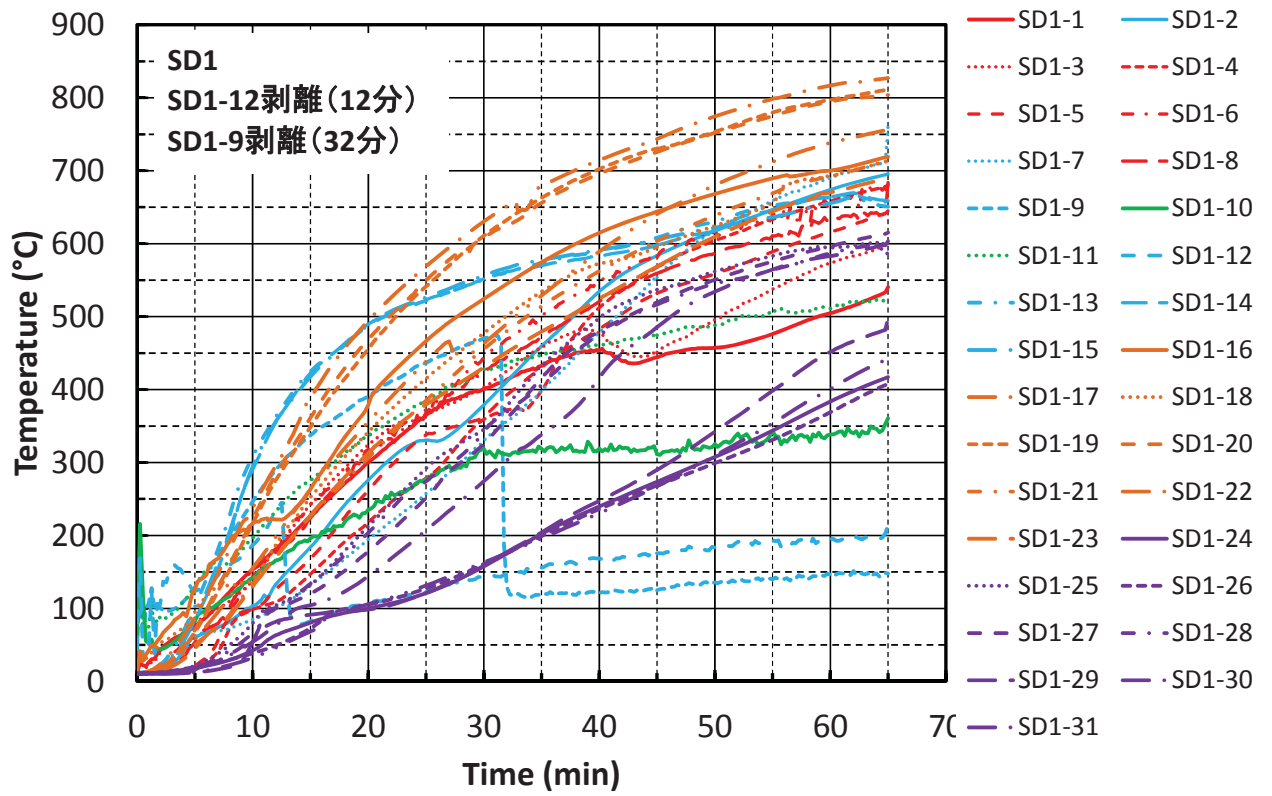


図 3.5-11 試験体 SD1 温度測定結果

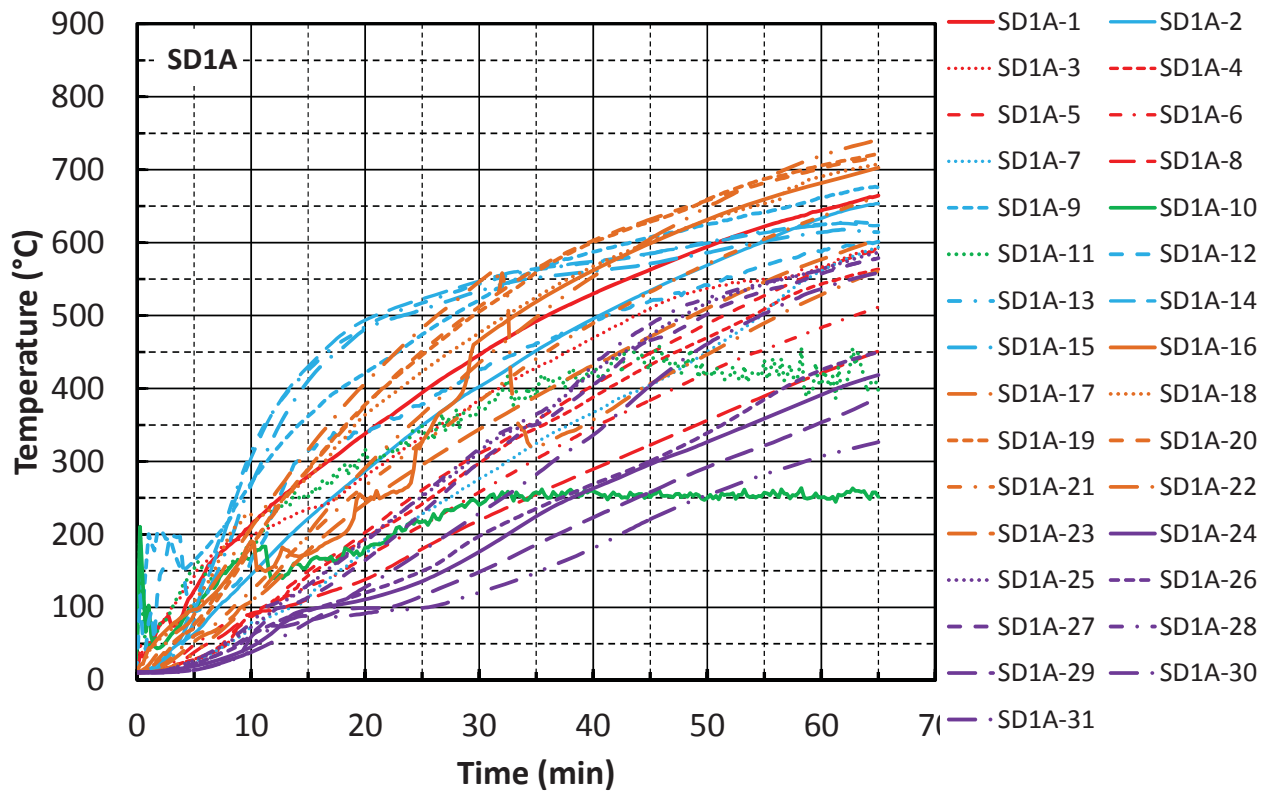


図 3.5-12 試験体 SD1A 温度測定結果

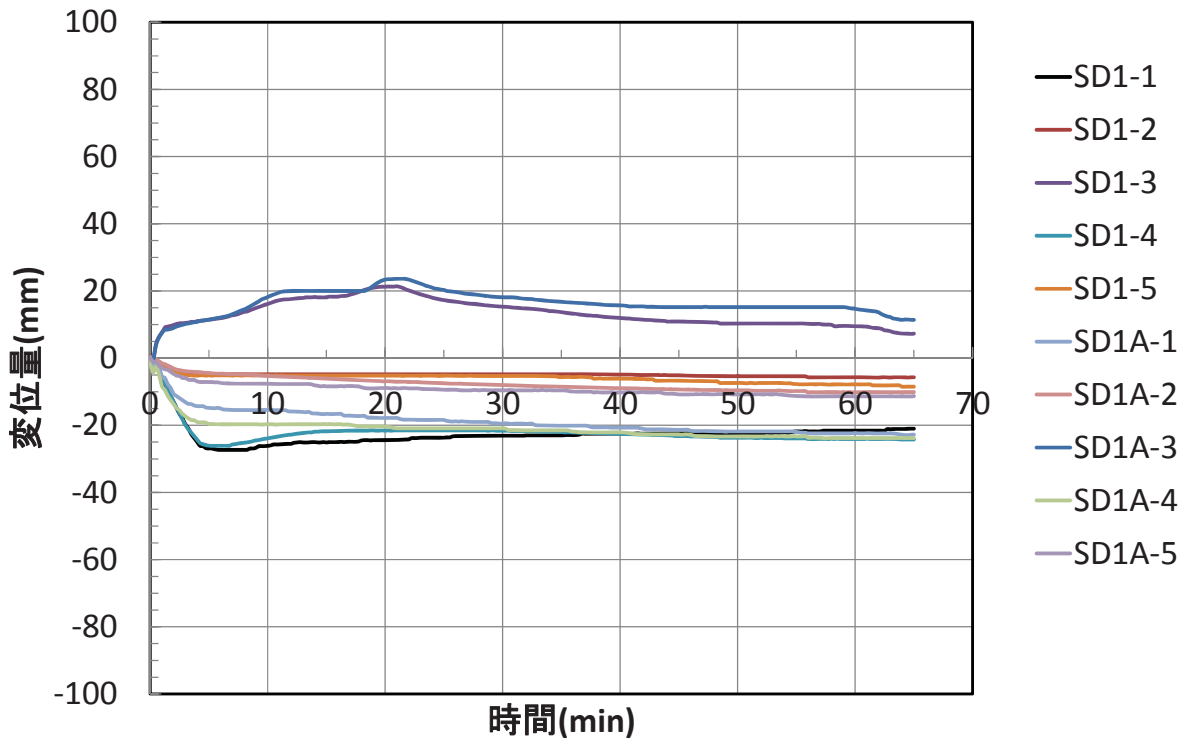


图 3.5-13 変位量測定結果

3.6 床の区画貫通部の加熱試験

3.6.1 実験概要

CLTの床を貫通する設備配管の納まりについて耐火加熱実験を行ない、60分間の遮炎性を確保できるか検証を行った。

3.6.2 試験体概要

試験体は第3章3.4.3床目地の加熱試験で用いたものを使って、図3.6.2-1～7に示す試験体AとBの2体とし、それぞれ2m四方のCLTの床の中に試験体Aは6仕様、Bは4仕様の貫通部を施工した。床に用いたCLTはスギラミナを水性高分子イソシアネートで接着した5層5プライ、厚さ150mmである。貫通部の仕様は表3.6.2-1に示すとおりで、鋼管や硬質ポリ塩化ビニル管の周囲に孔を開け、管とCLTの隙間にロックウール(密度36kg/m³)やモルタルを充填した。さらに試験体Aの仕様③～⑥は鋼管の中に電気配線を入れ、管の出口部分は管と配線の隙間に長さ100mmだけロックウール(密度36kg/m³)を充填した。配管の長さは加熱面から300mm、非加熱面から800mm出る長さとした。

表 3.6.2-1 貫通部仕様一覧

		配管の種類	配管の大きさ	貫通孔の大きさ	配管内部	隙間充填材
試験体 A	①	鋼管(厚さ1.6mm)	100A	φ150	無し	ロックウール36kg/m ³
	②	硬質塩化ビニル管	VP100	φ150	無し	ロックウール36kg/m ³
	③	鋼管(厚さ1.6mm)	75A	φ150	電気配線 CVV 2×8mm ² ×4条	ロックウール36kg/m ³
	④	鋼管(厚さ1.6mm)	100A	φ200	電気配線 600V CVT 325mm ²	ロックウール36kg/m ³
	⑤	鋼管(厚さ1.6mm)	75A	φ150	電気配線 CVV 5×2mm ² ×9条	ロックウール36kg/m ³
	⑥	鋼管(厚さ1.6mm)	100A	φ200	電気配線 600V CV 250mm ² ×3芯	ロックウール36kg/m ³
試験体 B	①	鋼管(厚さ1.6mm)	100A	φ150	無し	モルタル
	②	硬質塩化ビニル管	VP100	φ150	無し	モルタル
	③	鋼管(厚さ1.6mm)	200A	φ250	無し	モルタル
	④	鋼管(厚さ1.6mm)	200A	φ250	無し	ロックウール36kg/m ³

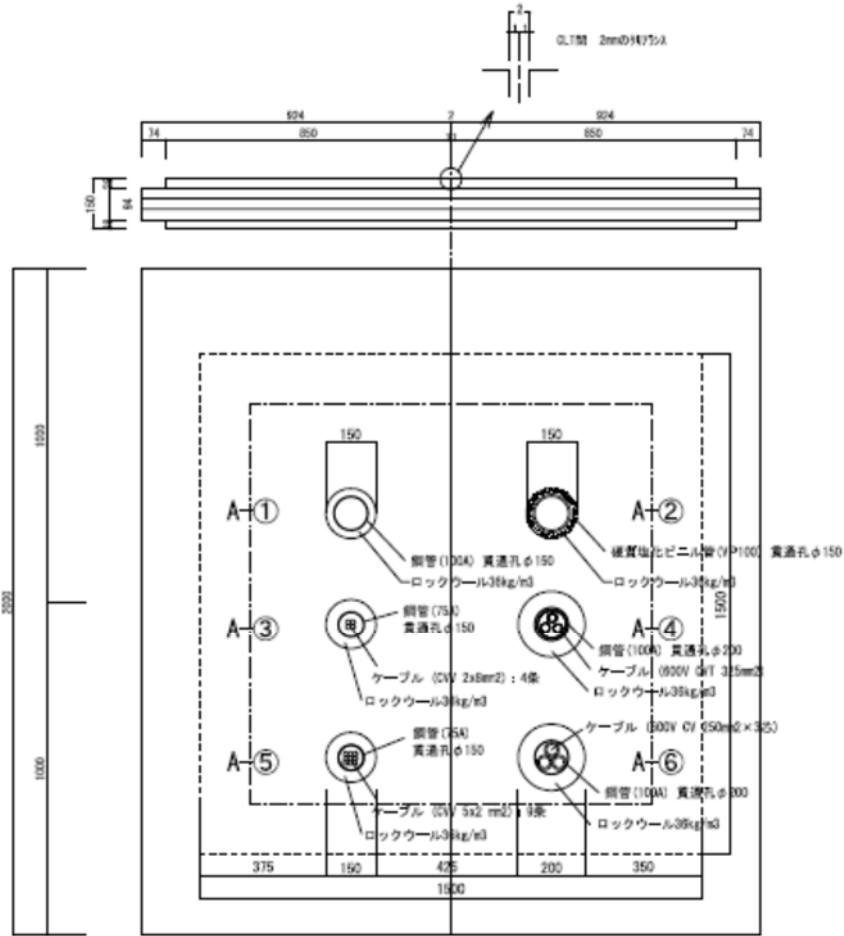


図 3.6.2-1 試験体 A の水平方向断面図

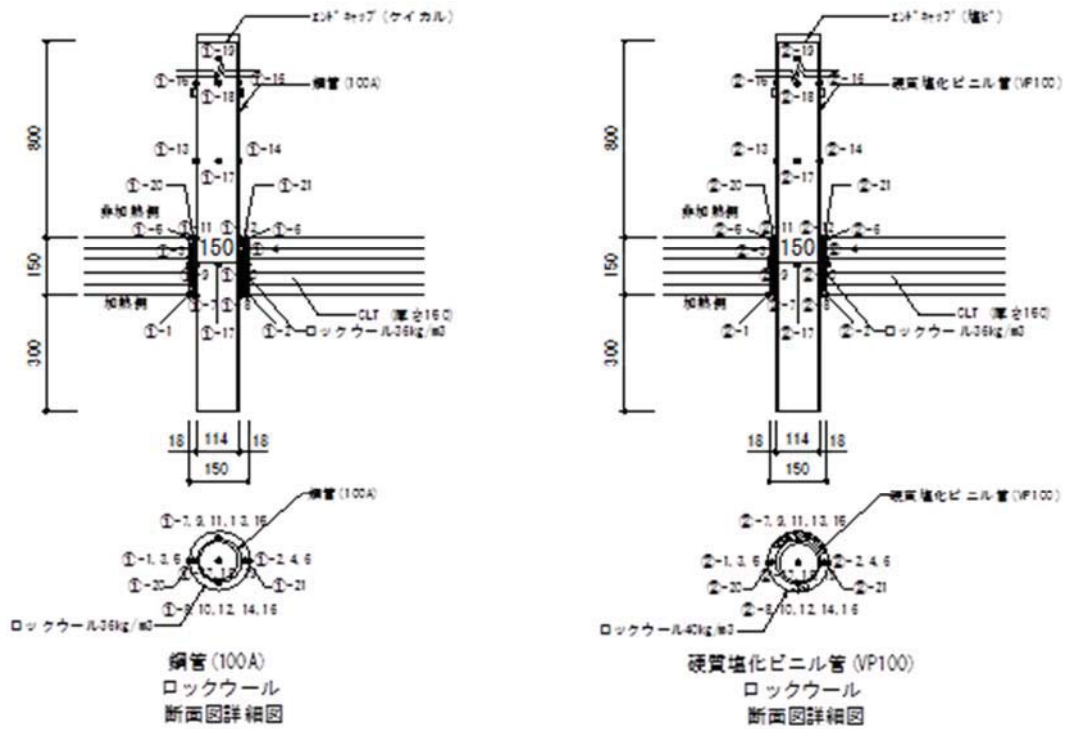


図 3.6.2-2 試験体 A の仕様①（左）、仕様②（右）の鉛直方向断面図

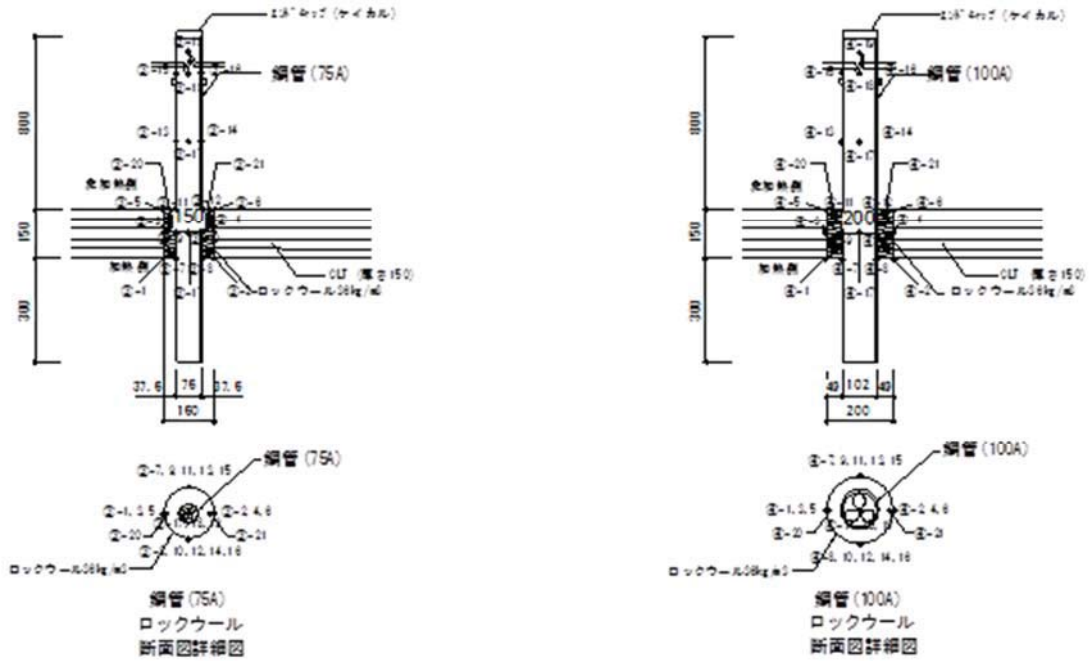


図 3.6.2-3 試験体 A の仕様③、仕様④の鉛直方向断面図

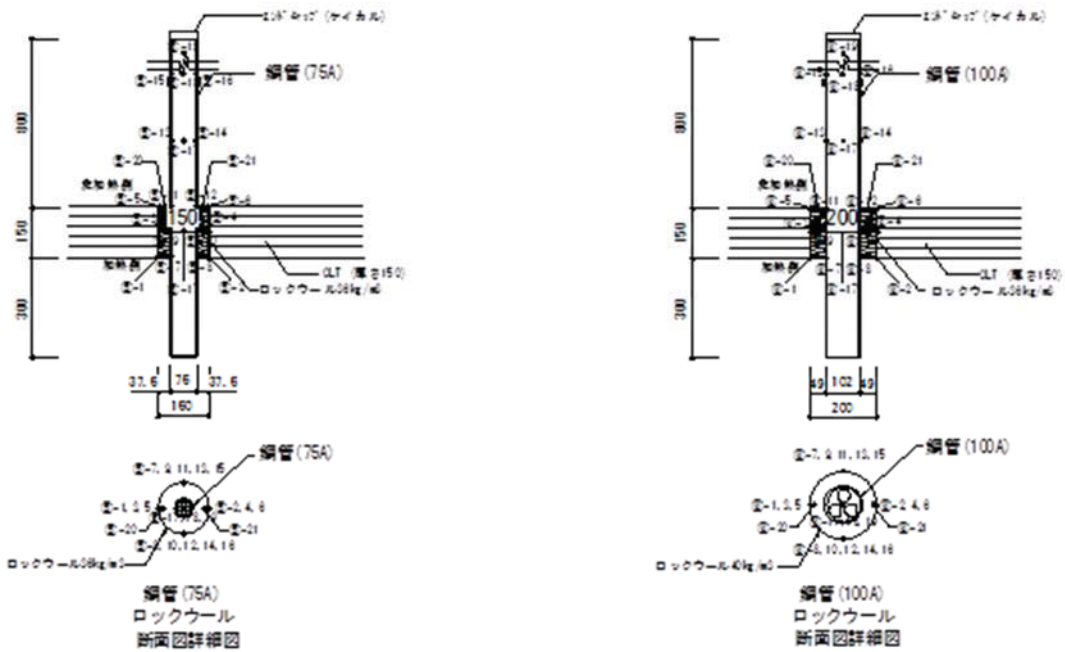


図 3.6.2-4 試験体 A の仕様⑤、仕様⑥の鉛直方向断面図

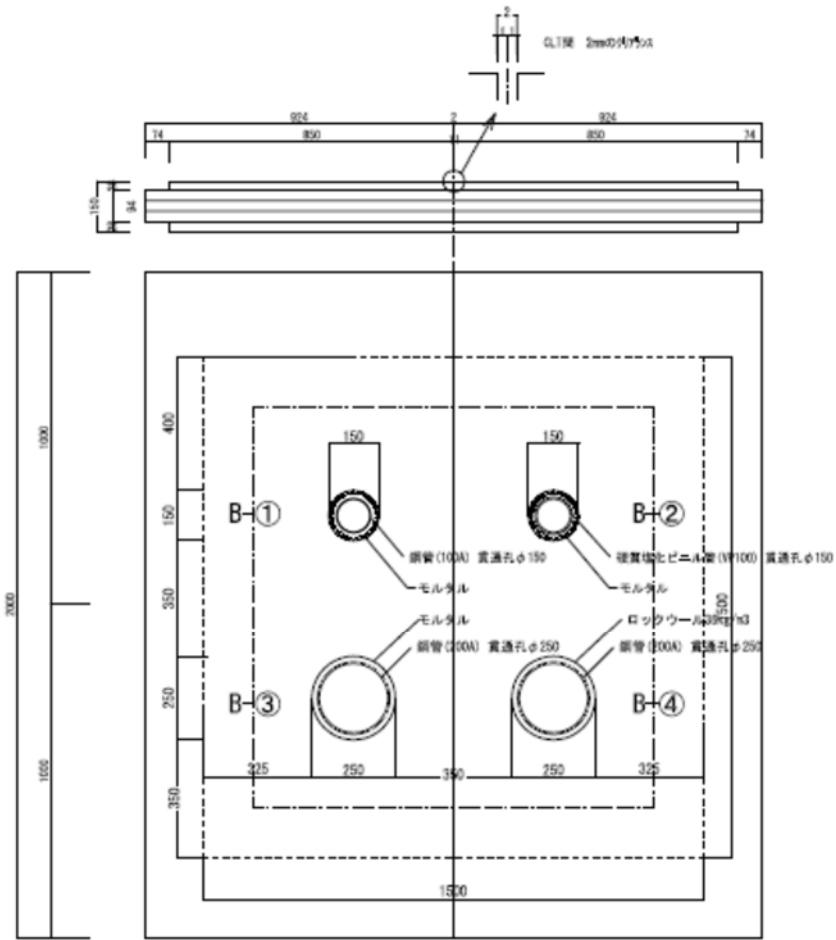


図 3. 6. 2-5 試験体 B の水平方向断面図

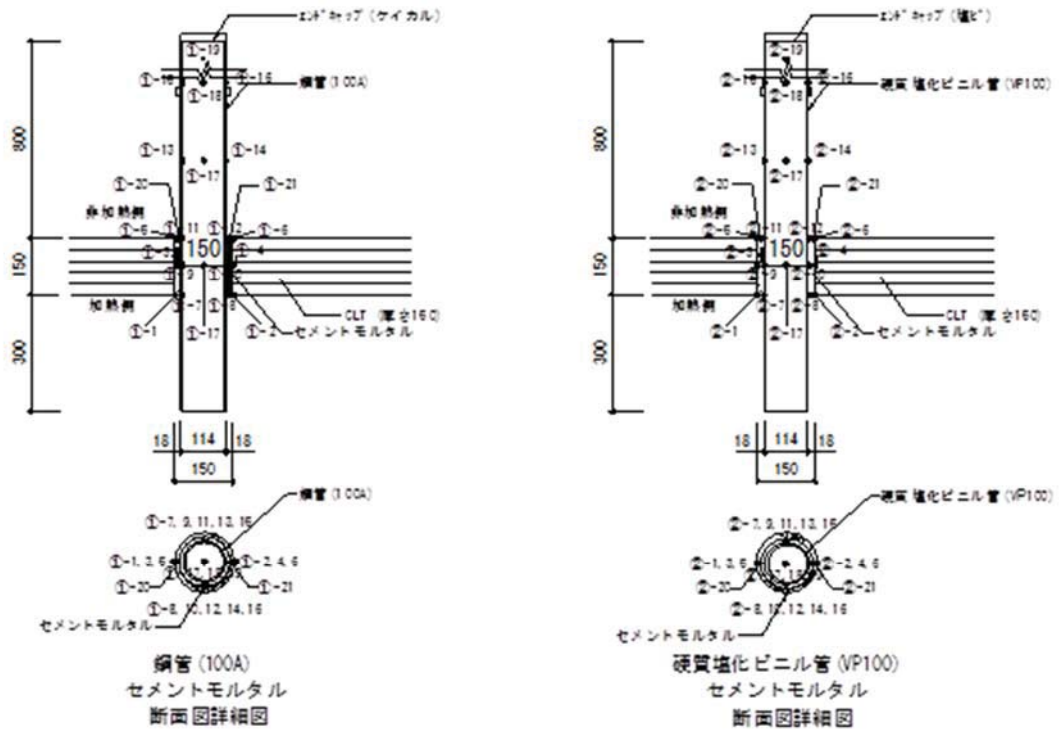


図 3.6.2-6 試験体 B の仕様①、仕様②の鉛直方向断面図

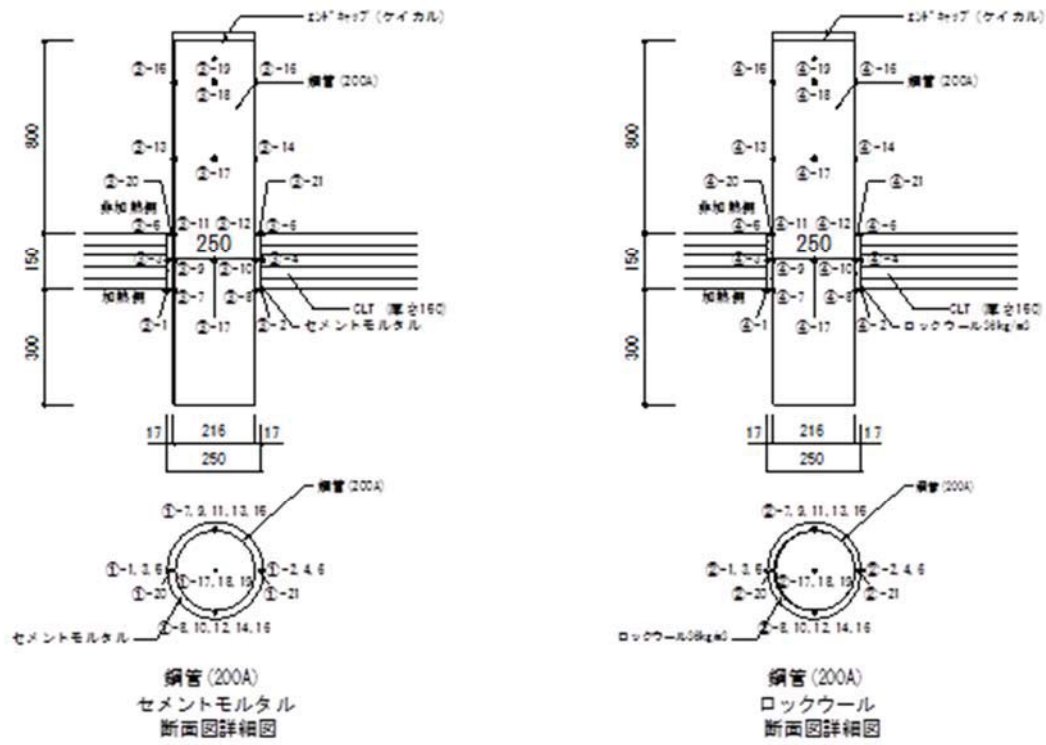


図 3. 6. 2-7 試験体 B の仕様③、仕様④の鉛直方向断面図



写真 3.6.2-1 試験体 A 全景



写真 3.6.2-2 試験体 A 非加熱側



写真 3.6.2-3 試験体 A 加熱側



写真 3.6.2-4 試験体 A 仕様① 非加熱側



写真 3.6.2-5 試験体 A 仕様① 非加熱側拡大



写真 3.6.2-6 試験体 A 仕様① 加熱側拡大



写真 3.6.2-7 試験体 A 仕様② 非加熱側



写真 3.6.2-8 試験体 A 仕様② 非加熱側拡大



写真 3.6.2-9 試験体 A 仕様② 加熱側拡大



写真 3. 6. 2-10 試験体 A 仕様③ 非加熱側



写真 3. 6. 2-11 試験体 A 仕様③ 非加熱側拡大



写真 3. 6. 2-12 試験体 A 仕様③ 加熱側拡大



写真 3.6.2-13 試験体 A 仕様④ 非加熱側



写真 3.6.2-14 試験体 A 仕様④ 非加熱側拡大

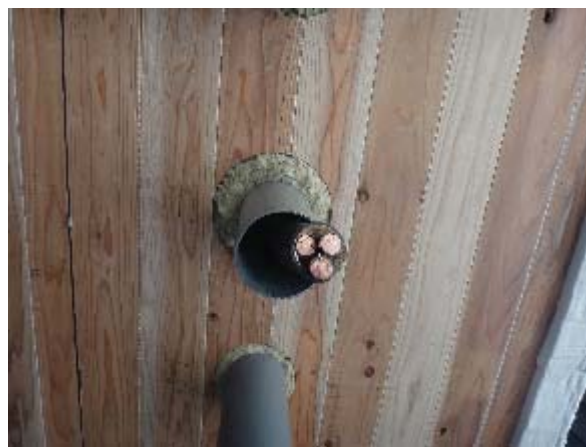


写真 3.6.2-15 試験体 A 仕様④ 加熱側拡大



写真 3. 6. 2-16 試験体 A 仕様⑤ 非加熱側

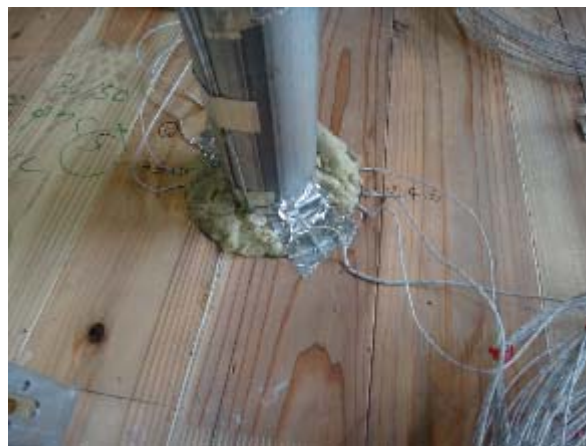


写真 3. 6. 2-17 試験体 A 仕様⑤ 非加熱側拡大



写真 3. 6. 2-18 試験体 A 仕様⑤ 加熱側拡大



写真 3. 6. 2-19 試験体 A 仕様⑥ 非加熱側



写真 3. 6. 2-20 試験体 A 仕様⑥ 非加熱側拡大



写真 3. 6. 2-21 試験体 A 仕様⑥ 加熱側拡大



写真 3. 6. 2-22 試験体 B 全景



写真 3. 6. 2-23 試験体 B 非加熱側



写真 3. 6. 2-24 試験体 B 加熱側



写真 3. 6. 2-25 試験体 B 仕様① 非加熱側



写真 3. 6. 2-26 試験体 B 仕様① 非加熱側拡大



写真 3. 6. 2-27 試験体 B 仕様① 加熱側拡大



写真 3. 6. 2-28 試験体 B 仕様② 非加熱側



写真 3. 6. 2-29 試験体 B 仕様② 非加熱側拡大



写真 3. 6. 2-30 試験体 B 仕様② 加熱側拡大



写真 3. 6. 2-31 試験体 B 仕様③ 非加熱側



写真 3. 6. 2-32 試験体 B 仕様③ 非加熱側拡大



写真 3. 6. 2-33 試験体 B 仕様③ 加熱側拡大



写真 3. 6. 2-34 試験体 B 仕様④ 非加熱側



写真 3. 6. 2-35 試験体 B 仕様④ 非加熱側拡大



写真 3. 6. 2-36 試験体 B 仕様④ 加熱側拡大

3.6.3 試験方法

試験は住友林業株式会社筑波研究所（茨城県つくば市緑ヶ原 3-2）内の中型複合耐火炉を用いて行った。加熱面積は 1.5m×1.5m で、非載荷の試験とした。

(1) 加熱方法

ISO834 に規定する標準加熱曲線に準拠した加熱を 90 分間行った。

(2) 測定項目

① 試験体内部温度

図 3.6.2-1、3.6.2-2 に示すとおり各貫通部で 21 点ずつ測定し、試験体 A では計 126 点、試験体 B では計 84 点について 15 秒間隔で測定を行った。

② 炉内温度

試験体床加熱面から 10cm 離れた位置の 2 点について 15 秒間隔で測定を行った。

③ 燃えぬけ時間（遮炎性）

貫通部で非加熱面への火炎の貫通がないか目視観察を行った。

④ 炭化状況

試験後の貫通部について CLT を切断し、炭化状況を確認した。

⑤ その他

写真撮影、ビデオ撮影を行った。

3.6.4 試験結果

表 3.6.4-1 に試験結果、図 3.6.4-1~12 に温度グラフ、写真 3.6.4-1~42 に試験中、試験後の状態写真を示す。表 3.6.4-1 より、全ての試験体で目標とする 60 分間において非加熱面側へ火炎が貫通する燃えぬけはなかった。試験体 A の仕様②のみ 76 分に燃えぬけがあったため 81 分に仕様②のみ消火したが（写真 3.6.4-3、4 参照）、残りの仕様では試験終了の 90 分まで燃えぬけはなかった。

ただし、試験体 B では 70 分過ぎから仕様①、③、④でモルタルと CLT の接する部分で炭化が生じ始め（写真 3.6.4-27 参照）、加熱終了 90 分時には接する CLT 非加熱面温度が 200℃を超えていた。試験後の解体した貫通部の CLT 断面は、燃えぬけた試験体 A の仕様②と試験体 B の仕様①、③、④では全体が炭化していたことが確認された。

表 3.6.4-1 試験結果一覧

試験体仕様				結果				
	配管の種類	配管の大きさ	隙間充填材	燃えぬけの有無 (燃えぬけ時間)	CLT裏面取り合い部* の最高温度 (60分時の最高温度)	充填材表面の** 最高温度 (60分時の最高温度)	非加熱面鋼管の*** 最高温度 (60分時の最高温度)	貫通部CLT断面 炭化状況
試験体 A	① 鋼管(厚さ1.6mm)	100A	ロックウール36kg/m ³	無し	192℃(135℃)	490℃(417℃)	519℃(448℃)	加熱面から 140~150mm炭化
	② 硬質塩化ビニル管	VP100	ロックウール36kg/m ³	有り(76分)	866℃(77℃)	740℃(105℃)	866℃(168℃)	全体炭化 (炭化150mm)
	③ 鋼管(厚さ1.6mm)	75A	ロックウール36kg/m ³	無し	95℃(72℃)	230℃(184℃)	383℃(313℃)	加熱面から 90~100mm炭化
	④ 鋼管(厚さ1.6mm)	100A	ロックウール36kg/m ³	無し	96℃(66℃)	670℃(186℃)	378℃(304℃)	加熱面から 約90mm炭化
	⑤ 鋼管(厚さ1.6mm)	75A	ロックウール36kg/m ³	無し	70℃(58℃)	215℃(177℃)	339℃(283℃)	加熱面から 90~95mm炭化
	⑥ 鋼管(厚さ1.6mm)	100A	ロックウール36kg/m ³	無し	73℃(56℃)	288℃(355℃)	448℃(209℃)	加熱面から 55~80mm炭化
試験体 B	① 鋼管(厚さ1.6mm)	100A	モルタル	無し	217℃(123℃)	402℃(237℃)	428℃(265℃)	全体炭化 (炭化150mm)
	② 硬質塩化ビニル管	VP100	モルタル	無し	90℃(65℃)	118℃(91℃)	153℃(121℃)	加熱面から 75~100mm炭化
	③ 鋼管(厚さ1.6mm)	200A	モルタル	無し	299℃(193℃)	520℃(379℃)	488℃(413℃)	全体炭化 (炭化150mm)
	④ 鋼管(厚さ1.6mm)	200A	ロックウール36kg/m ³	無し	253℃(159℃)	443℃(381℃)	550℃(488℃)	全体炭化 (炭化150mm)

* 測定点①-5、6、②-5、6、③-5、6、④-5、6、⑤-5、6、⑥-5、6

** 測定点①-20、21、②-20、21、③-20、21、④-20、21、⑤-20、21、⑥-20、21

*** 測定点①-11、12、②-11、12、③-11、12、④-11、12、⑤-11、12、⑥-11、12

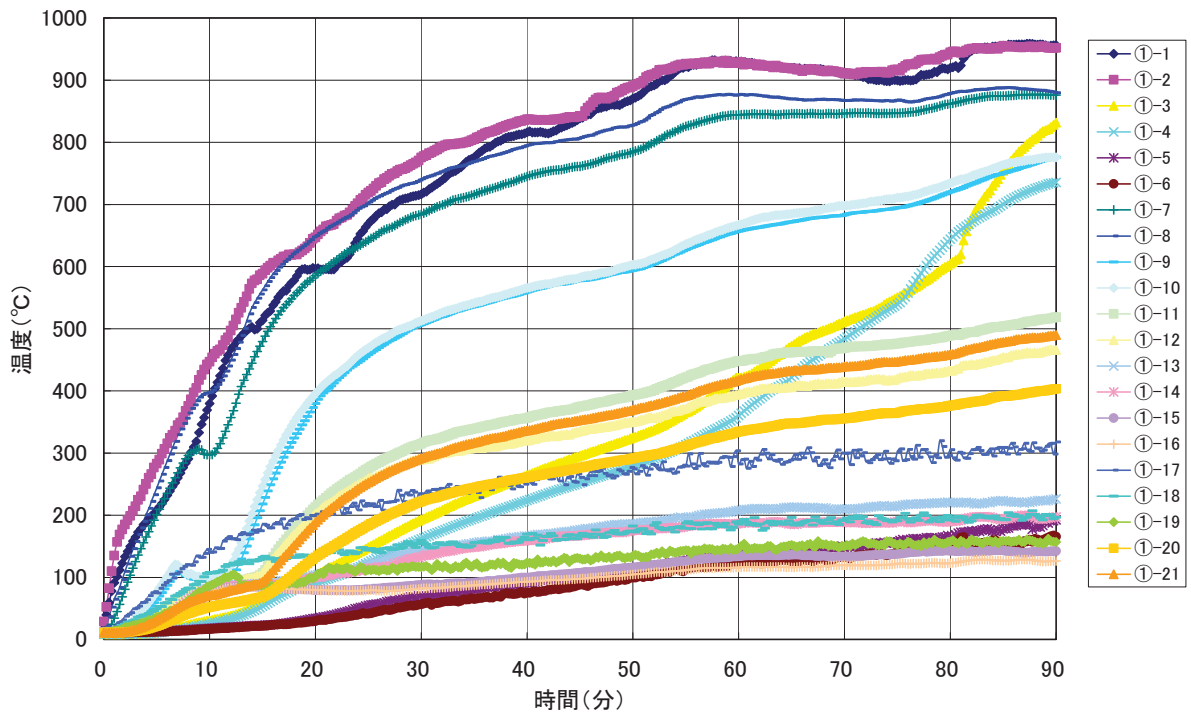


図 3.6.4-1 試験体 A 仕様①温度

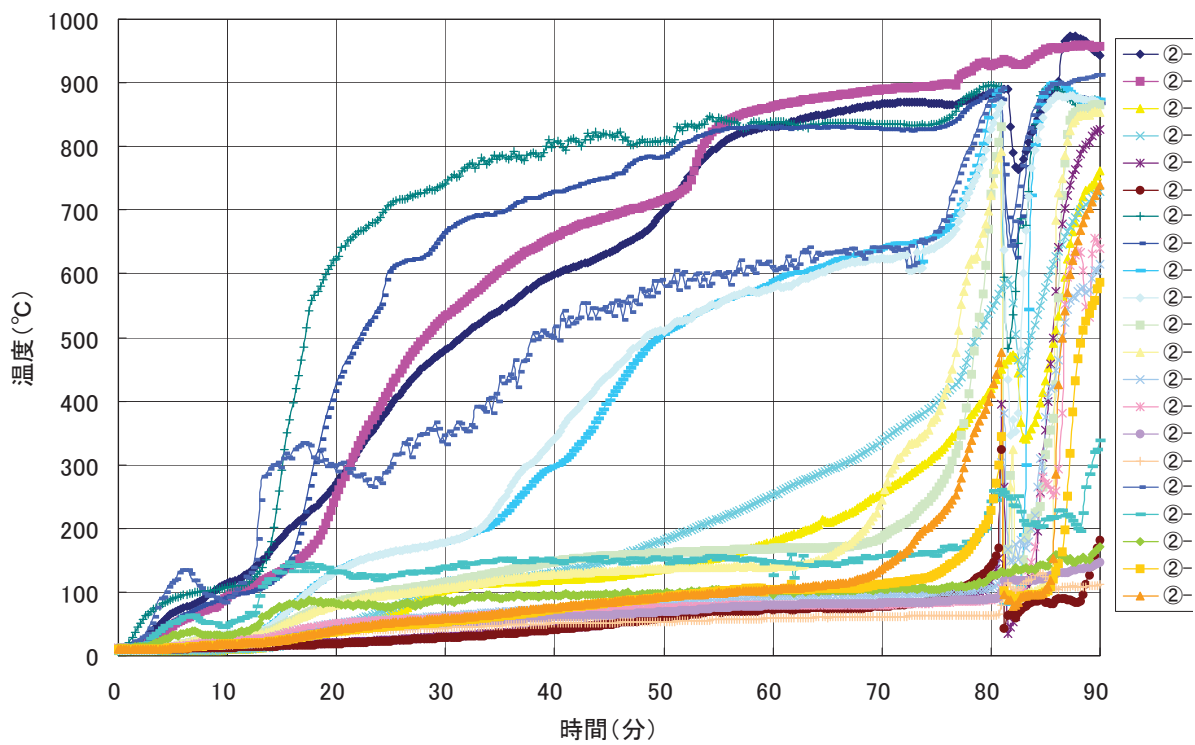


図 3.6.4-2 試験体 A 仕様②温度

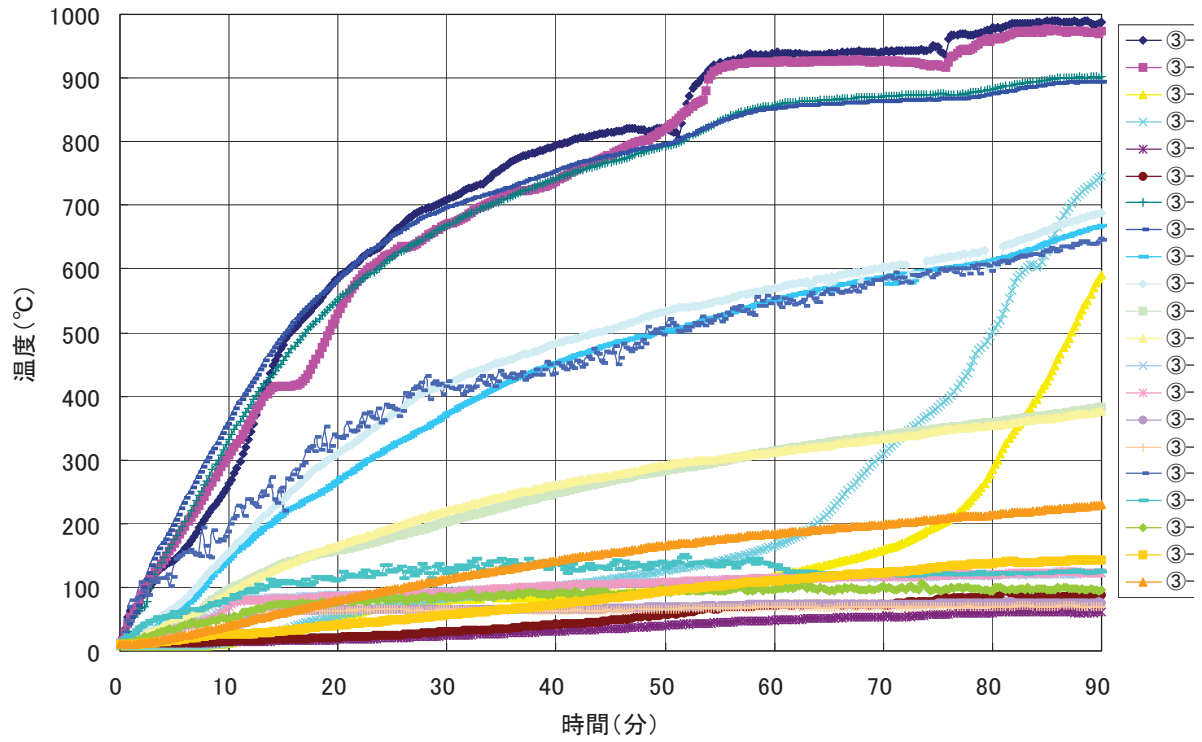


図 3.6.4-3 試験体 A 仕様③温度

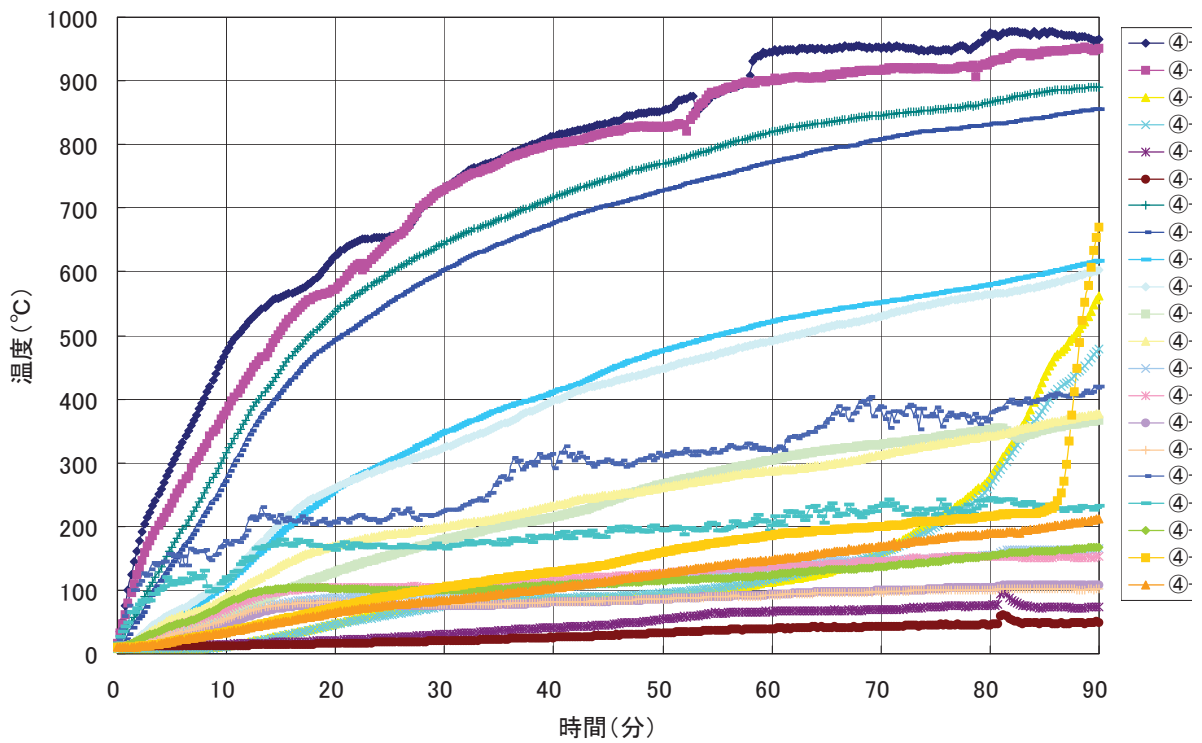


図 3.6.4-4 試験体 A 仕様④温度

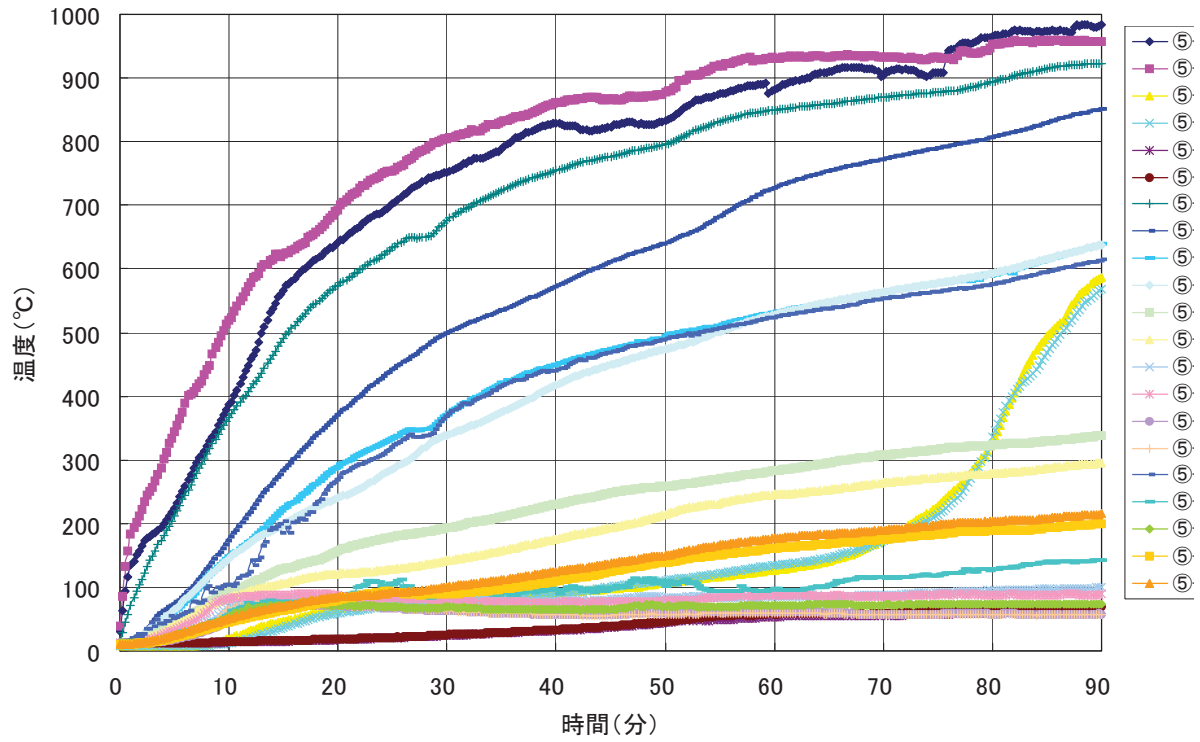


図 3.6.4-5 試験体 A 仕様⑤温度

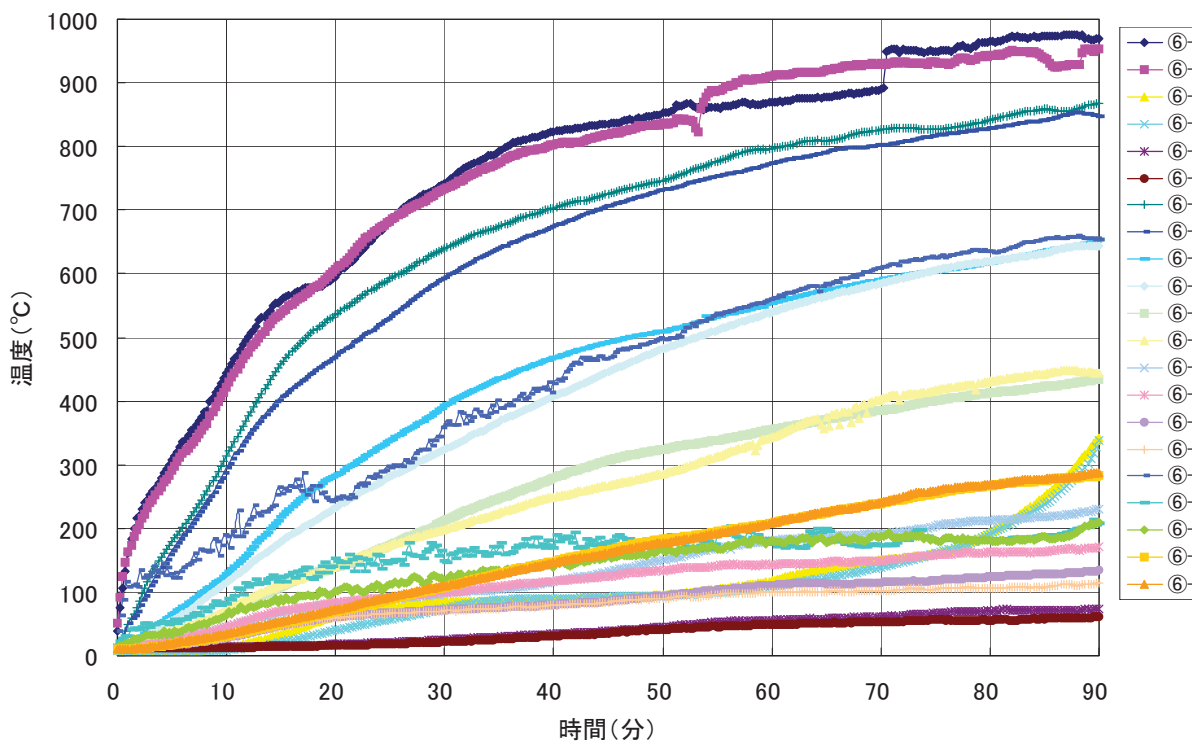


図 3.6.4-6 試験体 A 仕様⑥温度

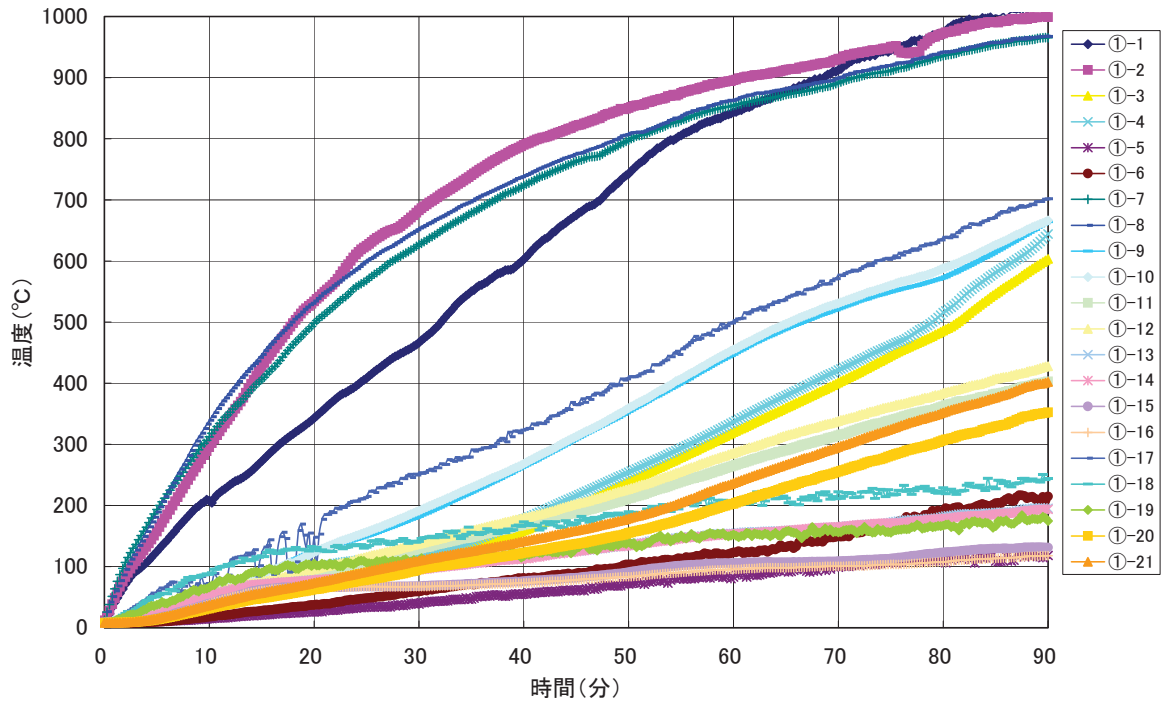


図 3.6.4-7 試験体 B 仕様①温度

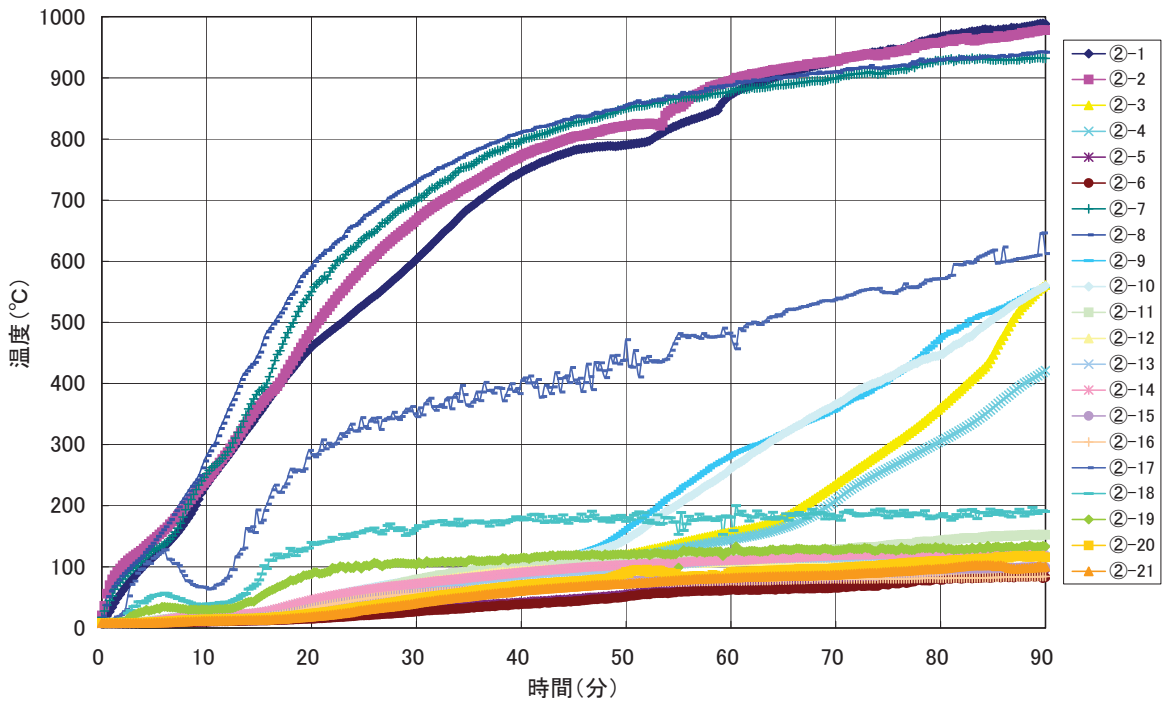


図 3.6.4-8 試験体 B 仕様②温度

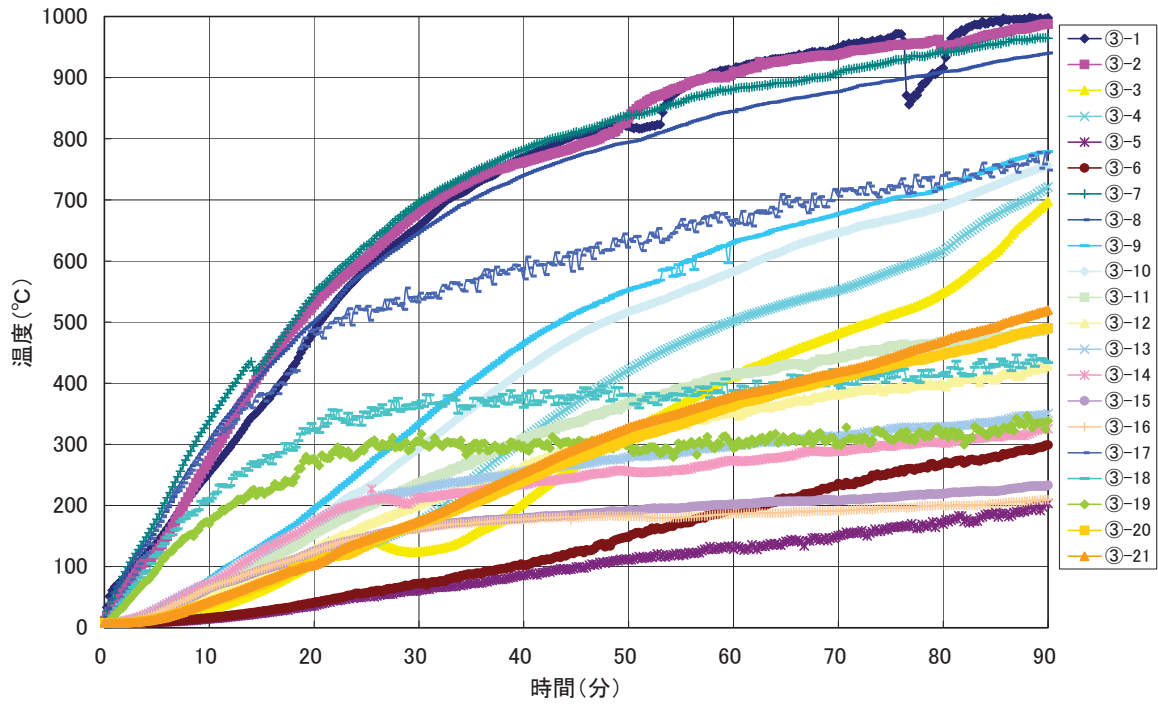


図 3.6.4-9 試験体 B 仕様③温度

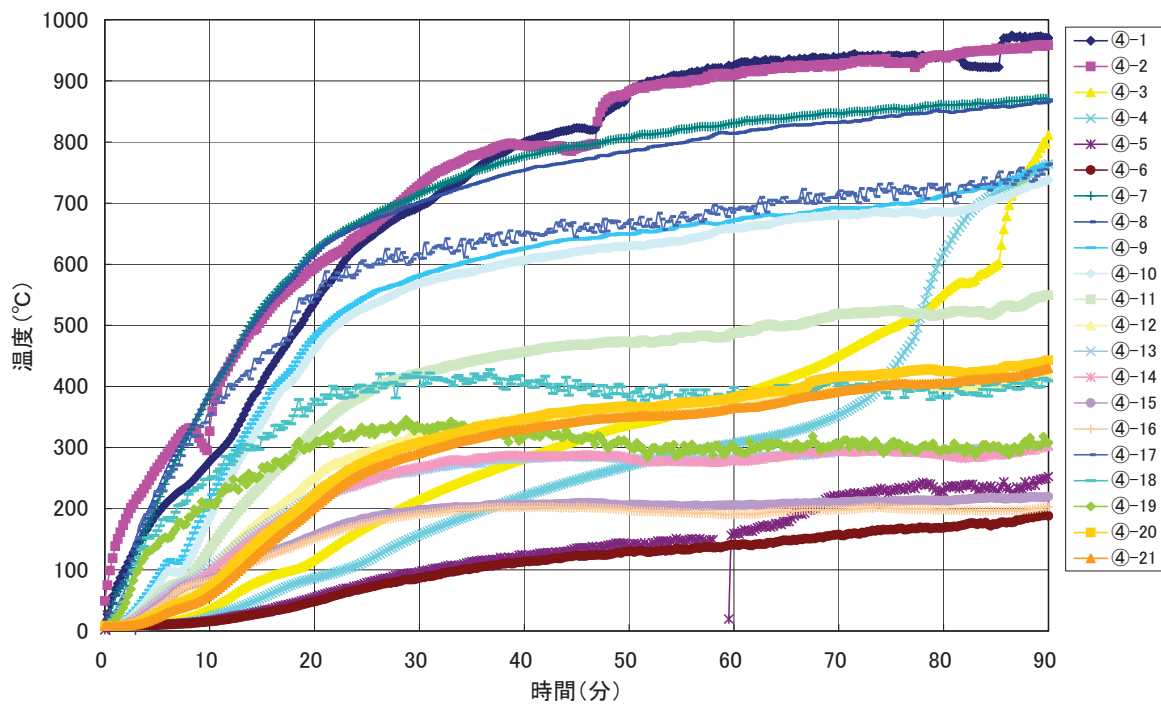


図 3.6.4-10 試験体 B 仕様④温度

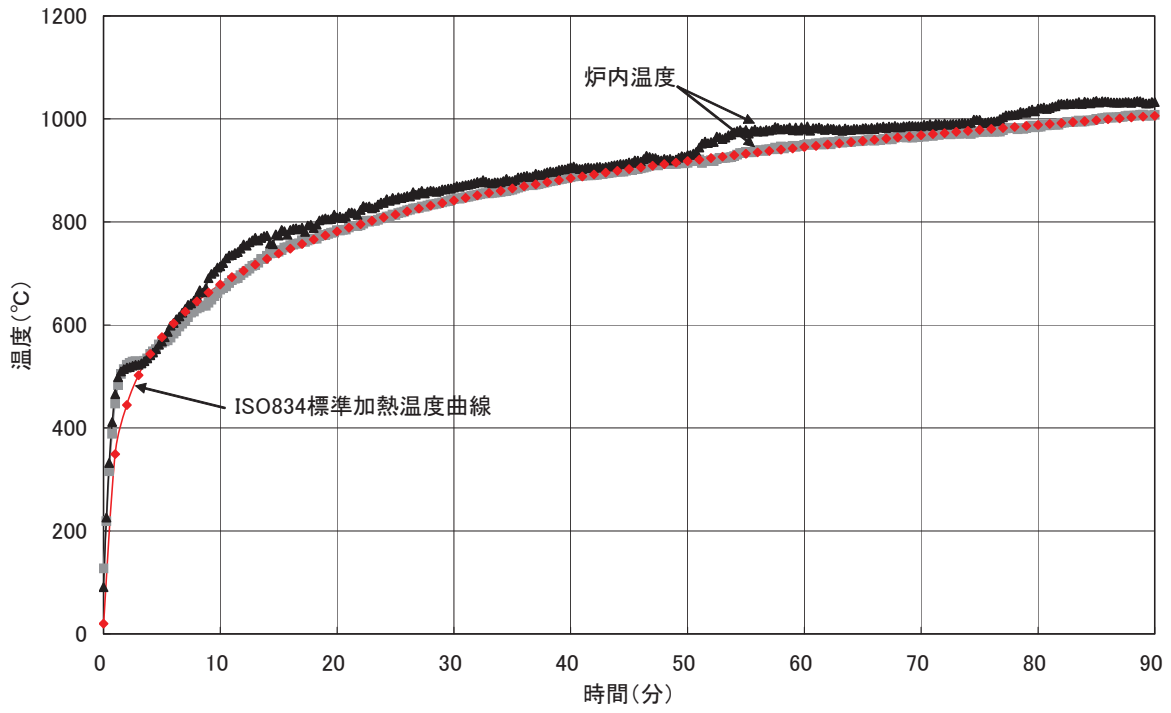


图 3.6.4-11 試驗体 A 炉内温度

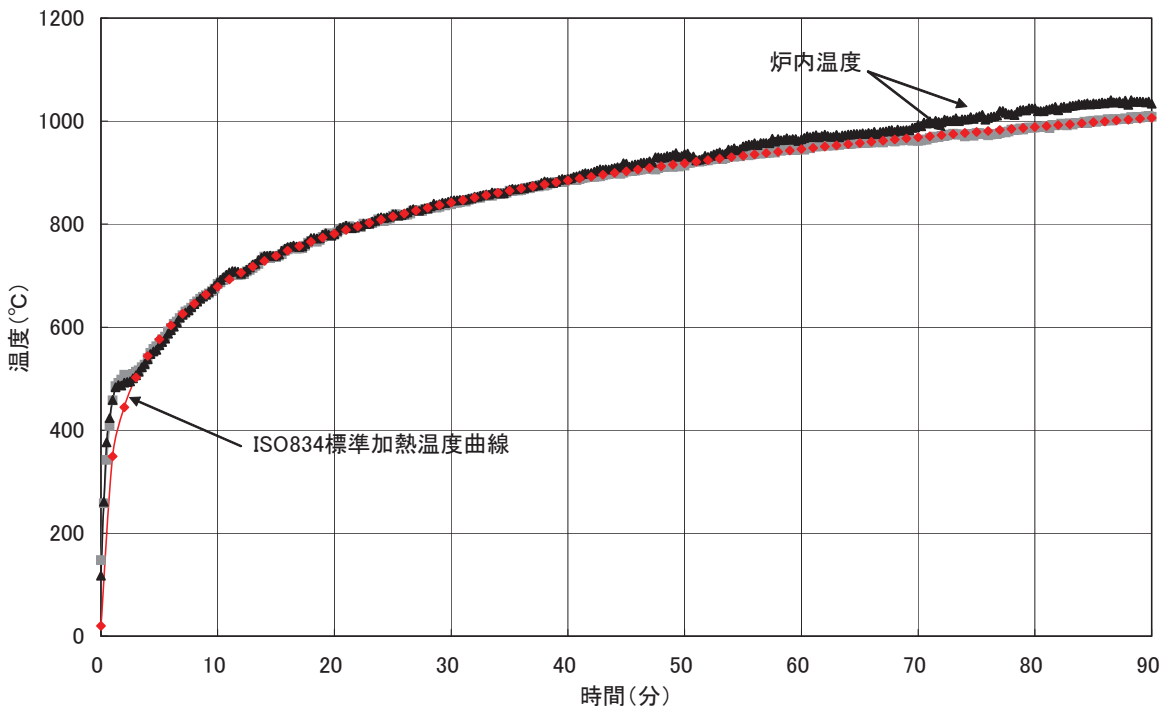


图 3.6.4-12 試驗体 B 炉内温度



写真 3.6.4-1 試験体 A 加熱開始前の非加熱面

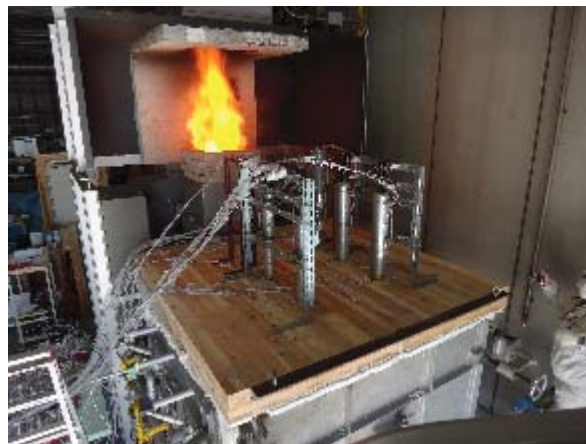


写真 3.6.4-2 試験体 A 加熱 60 分後非加熱面



写真 3.6.4-3 試験体 A 加熱 80 分後の仕様②



写真 3.6.4-4 試験体 A 加熱 81 分後の非加熱面 (仕様②を消火)



写真 3.6.4-5 試験体 A 加熱 90 分後非加熱面



写真 3.6.4-6 試験体 A 脱炉直後の加熱面



写真 3.6.4-7 試験体 A 仕様①試験後非加熱面



写真 3.6.4-8 試験体 A 仕様①試験後の CLT 断面



写真 3.6.4-9 試験体 A 仕様①試験後の貫通管



写真 3.6.4-10 試験体 A 仕様②試験後非加熱面



写真 3.6.4-11 試験体 A 仕様②試験後の CLT 断面



写真 3.6.4-12 試験体 A 仕様②試験後の貫通管



写真 3.6.4-13 試験体 A 仕様③試験後非加熱面



写真 3.6.4-14 試験体 A 仕様③試験後の CLT 断面



写真 3.6.4-15 試験体 A 仕様③試験後の貫通管



写真 3.6.4-16 試験体 A 仕様④試験後非加熱面



写真 3.6.4-17 試験体 A 仕様④試験後の CLT 断面



写真 3.6.4-18 試験体 A 仕様④試験後の貫通管



写真 3.6.4-19 試験体 A 仕様⑤試験後非加熱面



写真 3.6.4-20 試験体 A 仕様⑤試験後の CLT 断面



写真 3.6.4-21 試験体 A 仕様⑤試験後の貫通管



写真 3.6.4-22 試験体 A 仕様⑥試験後非加熱面



写真 3.6.4-23 試験体 A 仕様⑥試験後の CLT 断面



写真 3.6.4-24 試験体 A 仕様⑥試験後の貫通管



写真 3.6.4-25 試験体 B 加熱開始前の非加熱面



写真 3.6.4-26 試験体 B 加熱 60 分後非加熱面



写真 3.6.4-27 試験体 B 仕様③加熱 71 分後非加熱面



写真 3.6.4-28 試験体 B 加熱 90 分後非加熱面



写真 3.6.4-29 試験体 B 脱炉直後の加熱面



写真 3.6.4-30 試験体 B 配管を外した後の非加熱面



写真 3.6.4-31 試験体 B 仕様①試験後非加熱面



写真 3.6.4-32 試験体 B 仕様①試験後の CLT 断面



写真 3.6.4-33 試験体 B 仕様①試験後の貫通管



写真 3.6.4-34 試験体 B 仕様②試験後非加熱面



写真 3.6.4-35 試験体 B 仕様②試験後の CLT 断面



写真 3.6.4-36 試験体 B 仕様②試験後の貫通管



写真 3.6.4-37 試験体 B 仕様③試験後非加熱面



写真 3.6.4-38 試験体 B 仕様③試験後の CLT 断面



写真 3.6.4-39 試験体 B 仕様③試験後の貫通管



写真 3.6.4-40 試験体 B 仕様④試験後非加熱面



写真 3.6.4-41 試験体 B 仕様④試験後の CLT 断面



写真 3.6.4-42 試験体 B 仕様④試験後の貫通管

3.6.4 考察

本実験により、CLT 床の配管による貫通部は管と CLT の間にロックウールやモルタルを充填すれば 60 分以上燃えぬけが生じないことが確認されたが、配管の種類と充填材の組み合わせによって性能に差がみられた。以下に考察する。

(3) 硬質塩化ビニル管について

硬質塩化ビニル管は試験体 A 仕様②のロックウール充填仕様では試験体の中で唯一 76 分に燃えぬけがあった。これは、硬質塩化ビニル管は耐火加熱を受けると変形して溶けていく性質があるためロックウールのようにもともと形状が変わりやすいものと組み合わせると互いの熱変形によって隙間が生じてしまったことが原因と考えられた。一方、試験体 B の仕様②のモルタル充填様では 90 分間燃えぬけがなく他のモルタル充填仕様に比べて残った CLT 断面の状態では炭化が最も少なかった。これはロックウールよりもモルタルの方が高温時の寸法安定性と遮熱性に優れていることと、鋼管に比べ硬質塩化ビニル管は熱を伝え難いことが影響したと考えられる。

従って、硬質塩化ビニル管では形状が動きやすいロックウールよりも形状が安定しているモルタルで充填した方がより好ましいと考えられた。

(4) 鋼管について

鋼管は全ての仕様について燃えぬけがなかったが、モルタルで充填した試験体 B の仕様①、③、④では 70 分過ぎから CLT との取り合いに炭化がみられ、試験後の CLT 貫通部断面は全て炭化していた。鋼管は熱を伝えやすいため充填材は加熱面と鋼管面の 2 面から加熱を受けているような状態になる。モルタルはロックウールよりも遮熱性がある一方で熱が逃げ難いため蓄熱したモルタルが最終的に CLT を炭化させたが、表 3.6.4-1 の 60 分時の CLT 裏面取り合い部温度をみると 200℃未満であったため、60 分時では炭化は起きてなかったと推測できる。ただし、表 3.6.4-1 で 60 分時の非加熱面側の鋼管表面温度をみると全て 260℃を超えているため付近に可燃物があれば引火のおそれがあると考えられた。

従って、鋼管の場合は今回のように充填材の厚さが 25mm 以上あればモルタルでもロックウールでも遮炎性に問題はないが、鋼管周りは燃えぬけていなくても高温になるため付近に可燃物を置かない配慮が必要である。

(5) 電気配線について

鋼管の周りをロックウールで充填し電気配線を入れた試験体 A の仕様③～⑥と配線を入れなかった仕様①について比較すると、表 3.6.4-1 より非加熱側各種温度で仕様③～⑥の方が充填材の幅が広がったこともあり①よりおおむね低い傾向がみられた。電気配線が遮炎性に悪影響を及ぼすことがないことが確認できた。

第4章 まとめ

第4章 まとめ

4.1 CLT を活用した燃えしろ設計法の考え方

CLT を活用した燃えしろ設計は、現状の柱・梁など軸組材の燃えしろ設計に加えて、壁・床など面材の燃えしろ設計も行うこととなる。

CLT の燃えしろ寸法は、ラミナの樹種、厚さ、接着剤の種類を変えて行った実験により求めた炭化速度から定めた。ただし、壁については、偏心による曲げ応力を考慮して、安全率をかけたものを燃えしろ寸法とする。また、CLT を構成するラミナには平行層（強軸）と直交層がある。直交層は防火被覆としては有効だが、荷重支持は期待しないので、火災後を想定して残った断面の構造安全上の確認の際は注意が必要である。

準耐火構造では、火災加熱が続く間、構造の自立が確保されることが要求されている。したがって、火災加熱により CLT が燃え進んだ場合でも、建物が自立できるように予め設計しておく必要がある。例えば、燃えしろ設計した壁で燃えしろ設計した床を支持している場合、燃え残った状態で床を支持できるかどうかの確認は設計上必須となり、今後の検討課題となるであろう。また、現状の燃えしろ設計のように部材の検討だけををするのではなく、常時（火災前）と火災後について構造全体の検討をするという方法についても検討を進める必要がある。

4.2 (イ)CLT パネルおよび金物等の接合部の検証

CLT パネルで構成される壁と壁の L 字接合部を想定し、壁と壁の接合部及び壁と床を構成する CLT パネルに金物等を取り付けた接合部が、加熱により構造耐力上支障のある変形、破壊等の損傷を生じないことを実験により確認した。

また、一般部の壁と壁の接合部（目地部分）及び床と床の接合部（目地部分）についての遮熱性、遮炎性を加熱試験により確認した。

目地部に、当て木、気密材を設置することで、有効に火炎の噴出を防止できる。ただし、当て木は、煙の漏出に対しては十分な効果がなく、気密材を併用するなどの対応が必要である。

金物などに関しては、早期に温度上昇するが、ビス長さまで炭化が進まなければ、脱落などは発生しない。引きボルト部分については、塞ぎ板の焼失後、パネルを切り欠き部分にはロックウールを充填したとしても、隅角部などから煙が漏出し、燃え抜きの要因となる可能性があるため注意が必要である。

以上の通り、準耐火建築物の主要構造部としての性能を確保できる接合部条件を明らかにした。

4.3 (ロ)区画貫通部等の防火処置方法の検討

CLT パネルで構成される壁の防火区画を配管等が貫通する部分の、防火処理方法の検討を行った。検討に基づき加熱試験を行い、遮熱性、遮炎性を確保し得る仕様を明らかにした。

CLT 床の配管による貫通部は管と CLT の間にロックウールやモルタルを充填すれば 60 分以上燃えぬけが生じないことが確認された。また、硬質塩化ビニル管においては、管と CLT の隙間にロックウールを充填した仕様は、76 分の遮炎性を有したが、管および充填材ともに熱収縮が生じるために注意が必要となる。

鋼管については、非加熱側の管自体の温度 260℃を超えて上昇するため、周囲の可燃物の接触や、管からの放射熱などにより CLT パネルが炭化しないことなどについて、注意が必要である。

4.4 (ハ)防火設備との取合い部分の防火処置方法の検討

防火設備を設置した CLT パネル（壁）の加熱試験を行い、火災加熱による変形等で防火設備の性能が損なわれない、防火設備との取合い部分の防火処置方法を明らかにした。

CLT パネルの躯体に直接防火戸の鋼製枠を取り付け、CLT 現し仕上げにする場合、鋼製枠と CLT の取合い部から火炎貫通し 30～40 分程度で遮炎性が失われた。しかし、鋼製枠と CLT 躯体との間にケイ酸カルシウム板 8mm を挟みこみ、防火戸の枠以外の部分を CLT 躯体にせっこうボード 12.5mm2 枚重ね張りの被覆することで、1 時間の遮炎性能が得られることがわかった。

4.5 (ニ)許容応力度に応じた作用荷重下での載荷加熱実験

CLT パネルを主要構造部としての壁、床、屋根に用いる場合について、それぞれが非損傷性、遮熱性、遮炎性を確保していることを、載荷加熱試験により確認した。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った。

CLT パネルの床の耐火性能として、非損傷性をみると、炭化後の最外層にある直交層の効果を無視し、2/3 の安全率を考慮した荷重を積載すると、崩壊時間が 83～92 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。ただし、炭化後の最外層にある直交層の効果を耐力上見込んだり、2/3 の安全率を考慮して荷重を減じない場合は、約 48 分、28 分に崩壊するなど崩壊時間が急激に低下することがわかった。