

令和3年度 木材製品の消費拡大対策のうち
CLT 建築実証支援事業のうち CLT 等木質建築部材開発・普及事業

地域材の難燃薬剤処理 L V L を用いた
被覆型 2 時間耐火構造の開発

実績報告書

令和5年 3月

一般社団法人全国 LVL 協会

目次

1. はじめに	---	P01
2. 目的・体制	---	P03
3. 2時間耐火性能の検討		
3. 1 被覆材の製造	---	P06
3. 2 性能確認試験・小断面 210 角	---	P12
3. 3 性能確認試験・大断面 600 角	---	P34
3. 4 性能確認試験・大断面 500 角	---	P59
3. 5 性能確認試験・大断面 500 角	---	P76
3. 6 まとめ	---	P95
4. 被覆材の準不燃認定取得		
4. 1 材内の薬剤含浸量の検討	---	P97
4. 2 発熱性予備試験	---	P122
4. 3 性能評価用含浸	---	P130
4. 4 まとめ	---	P134
5. まとめと今後の課題	---	P135
6. 別添資料		

1 はじめに

2000年の建築基準法改正から2005年に耐火建築物としての都市木造が登場以降、木質系耐火部材の大臣認定取得により、数多くの都市木造が実現されてきた。都市木造実現から10年以上が経過し、一般被覆型、鋼材内蔵型、燃えどまり型の木質系耐火部材は、初期の認定仕様から実物件の現場での課題を反映して、防耐火性能だけでなく、施工性、意匠性を考慮した改良がすすめられている。

LVLを用いた木質系耐火部材では、基礎的な研究開発として単板への薬剤含侵処理による準不燃材料の実現に成功しており、この技術を応用した木質系耐火部材の開発を行ってきた。また、これからの木質系耐火部材開発においては、既存の技術との違いを明確にした開発目標が重要なため、本研究では、既存の木質系耐火建築に用いられてきた部材の特徴・課題を踏まえ、以下の特徴をもつ木質系耐火部材を目指すものとしている。

- ・木質系材料のみの構成による耐火部材

既存の木質系耐火部材は、せっこうボードなどの無機材料を被覆層として用い、その上に、仕上げ材として木質材料を付加することが多い。しかし、木造建築では、無機材料や鋼材を用いない木質系耐火部材が期待されている。

木質系材料による被覆は、被覆層の厚みによっては将来的に、火災後の鉛直荷重支持以外の構造機能を付加することが可能である。

- ・現場施工による新設・交換可能な燃えしろ・燃えどまり層

被覆材が仕上げ材を兼ねるため、施工時の養生に手間がかかるほか、施工時の損傷、汚れに対して修復が困難であった。また、火災後の建物の修復においても交換可能な耐火被覆となる。

- ・鉄骨造の耐火被覆として使用可能な木質系被覆材

内部の木材の耐火性能を満足できるのであれば、ほぼ同一の仕様で鉄骨造の耐火被覆材としても使用が可能である。

- ・仕上げ材として特徴のある耐火部材

LVLは、通常の板目面を仕上げ面とするだけでなく、製造によって生まれる特徴的な積層面を仕上げ面とすることができる。積層面を仕上げ面とする内装材としては、準不燃材料として既に実用化されており多くの建築で用いられるようになっている。

本研究では、木造の柱、梁の線材が中心であるが、被覆材の基本性能、部材の断面構成による弱点になりやすい箇所が整理されれば、今後さまざまな部位への適用も可能である。特に、柱・梁の線材と壁・床の面材の両方が実現可能な LVL では、面材への適用も期待される。

本年度は、これまで研究を続けて来た仕様を基本とした LVL 被覆 2 時間耐火構造を開発し、大臣認定を取得すれば、全木の木造ビルが 14 階まで建てることができ、耐火木造の設計が広げられる。耐火木造建築物の建設により、地球温暖化対策への促進、SDGs 効果もつながらる。今後、本部材が木造建築の普及とともに、森林資源の有効活用、森林の活性化に寄与できることを期待している。

2. 目的と実施体制

当協会では、単板積層材（以下、LVL）を中大規模耐火建築物用の構造部材及び耐火被覆材として使用するために 1 時間耐火構造の開発を行い国産材の需要開発を行ってきた。木質耐火構造の 1 時間耐火構造（柱・梁）の大臣認定まで取得したが、設計や施工における知見やデータが乏しいことを否めない。また、純木による 14 階までの耐火構造を実現可能にするには 2 時間耐火構造の大臣認定取得が必要である。また、耐火構造に使用する難燃薬剤処理 LVL の準不燃材料認定を取得すれば、耐火被覆材であるとともに内装制限がかかるインテリア材料としての利用ができる。

この二つの課題を解決するために、2 時間耐火構造の中で設計に入る可能性の高い柱の耐火性能を検討し、また難燃薬剤処理 LVL の準不燃材料の認定を取得するためのデータ収集および予備試験を実施した。

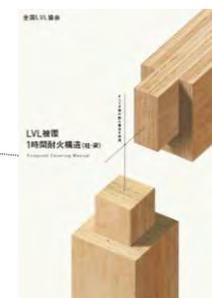
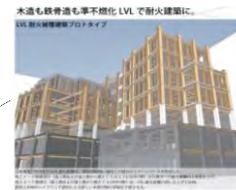
本事業は以下の防耐火委員会で内容検討・実施した。

会議名	令和4年度	全国LVL協会 技術部会 防耐火委員会
1.	委員長 東京大学生産技術研究所	腰原幹雄 教授
2.	委員 桜設計集団	安井 昇 代表
3.	ビルディングランドスケープ	山代 悟 建築家
4.	国立研究開発法人建築研究所	成瀬友宏 防火研究グループ グループ長
5.	国立研究開発法人建築研究所	鈴木淳一 防火研究グループ 主任研究員
6.	国土技術政策総合研究所	水上点晴 建築研究部 防火基準研究室 主任研究官
7.	秋田県立大学	板垣直行 建築環境システム学科 建築材料学グループ 教授
8.	坂田涼太郎構造設計事務所	坂田涼太郎 代表取締役
9.	鍋野友哉アトリエ / TMYA	鍋野 友哉 主宰
10.	藤田K林産技術士事務所	藤田和彦 所長
11.	日本ツーバイフォー建築協会	橋本 由樹 技術部
12.	日本木造住宅産業協会	高木 郷 技術開発委員
13.	日本建築総合試験所	小宮祐人 試験研究センター
会員会社		
14.	株式会社オーシカ	小竹宏明 建材事業部 係長
15.	株式会社ウッドワン	牧野克己 構造システム営業部 シニアマネージャー
16.	株式会社ウッドワン	菅田啓子 技術開発部 課長
17.	株式会社ウッドワン	泉谷 龍彦 技術開発部 係長
18.	株式会社ウッドワン	岡本 肇 構造システム営業部 課長
19.	株式会社ウッドワン	疋田慎二 構造システム営業部 係長
20.	丸菱油化工業株式会社	亀岡祐史 研究本部 主席研究員
21.	株式会社ザイエンス	茂山知己 技術開発部 マネージャー
22.	シネジック株式会社	寺澤正広 R&D推進室 リーダー
23.	株式会社オロチ	滝田哲也 品質管理部 次長
24.	光洋産業株式会社	釜澤友樹 KR化成部品 次長
25.	セメダイン株式会社	久住 明 技術部 専任部長
26.	セメダイン株式会社	倉内晴久 技術部開発グループ第四チーム チームリーダー
27.	セメダイン株式会社	紺野 誠 技術部開発グループ第四チーム
28.	セメダイン株式会社	高橋 駿 技術部開発グループ第四チーム
29.	セメダイン株式会社	橋向秀治 技術部開発グループ グループリーダー
30.	齋藤木材工業株式会社	志村 智 建築部 課長
31.	齋藤木材工業株式会社	貴船 達也 建築部 課長
32.	株式会社 日新	黄 箭波 常務
33.	株式会社 日新	松下 清 NS木質科学研究所 次長
34.	メツァ・ウッド (Metsa Wood)	田邊公彰 ケルトLVL部門
オブザーバー		
35.	林野庁木材産業課	原田憲佑 住宅資材班 住宅資材企画係長
36.	林野庁木材産業課	横江美幸 木材製品調査班 企画係長
37.	木構造振興株式会社	平原章雄 常務取締役
38.	日本住宅・木材技術センター	高橋秀樹 研究技術部
39.	桜設計集団	加來千紘
40.	ビルディングランドスケープ	西澤高男
41.	ビルディングランドスケープ	吉田京平
42.	丸菱油化工業株式会社	中嶋貴裕 研究本部 研究第1グループ
事務局		
43.	全国LVL協会	平沼孝太 事務局長
44.		李 元羽 技術部長
45.		成田敏基 技術課長
46.		崔 華暉
47.		井上天仁

本耐火構造を含む LVL の準耐火・耐火・防火材料に関する開発の歴史を示した。

全国LVL協会 防耐火委員会
2023.03

年度	LVL等トピックス	LVL協会技術部会			建築等 ※内装準不燃は多数実績有
		防耐火	成果物等	外部事業	
H21	2009				
H22	2010 東日本大震災	準耐火60分(LVL厚板) ○	木層ウォールブック	木構造振興1件(防耐火)・国交省1件(構造利用)	
H23	2011				
H24	2012	内装準不燃30mm厚 ○		林野庁(防耐火・内装、5団体・構造利用)	
H25	2013 LVLのJAS改正 B種LVL 規格化	内装準不燃15mm厚 ○	内装材ハンドブック	千葉県(会員会社受託防耐火) 林野庁(4団体・構造利用)	
H26	2014	準耐火60分(厚板) ○ 耐火1H床(石膏ボード) ○ 耐火被覆検討	耐火構造ハンドブック	千葉県(会員会社受託防耐火・構造)	7F混構造 試験設計
H27	2015	耐火1H床(石膏ボード) ○× 耐火1H柱 小断面 ×		林野庁(材料強度・接合部データ収集)	みやむら動物病院
H28	2016 壁・床・屋根 燃え代告示化	耐火1H柱 小断面 ○	LVL耐火・準耐火構造マニュアル	木構造振興(防耐火)	
H29	2017	耐火1H柱 大断面 ○	LVL防耐火ハンドブック改定	6社出資事業(防耐火・耐火柱1H大断面)	
H30	2018	耐火2H柱 小断面 ×		林野庁(防耐火)	
R01	2019	耐火1H梁 小断面 ○		林野庁(防耐火)	やはた幼稚園 耐火柱
R02	2020 LVLのJAS改正 新強度区分 単板シミュレーション等	耐火1H梁 大断面 ○	LVL耐火構造プロモビデオ	林野庁(防耐火)	
R03	2021	耐火1H 接合部 被覆材LCA評価	LVL耐火構造接合部ハンドブック	木構造振興(防耐火)	
R04	2022 LVLJAS 寸法許容差拡大・2次接着	耐火2H柱 小・大断面 被覆材準不燃		木構造振興(防耐火)	



3. 2時間耐火性能の検討

3.1 被覆材の製造

被覆材として採用した難燃薬剤処理 LVL は、平成 28 年度に開発した 1 時間耐火構造の柱、梁の被覆材と同じ仕様とした。厚 30mm のスギ LVL の製品に減圧加圧法により難燃薬剤を含浸した。難燃薬剤は丸菱油化工業製のリン酸・窒素系 W2-50 とした。含浸量は平均値 136 kg/m^3 を目標とした。含浸後に乾燥したスギ LVL をレゾルシノール樹脂で 2 次接着し、3 枚または 4 枚合わせて厚 90mm、厚 120mm とした。

難燃薬剤の含浸、乾燥は茨城県小美玉市の株式会社森久で行った。30mm 厚の難燃処理 LVL を 2 次接着する工程は長野県小県郡の齋藤木材工業株式会社の工場で行った。接着剤はレゾルシノール樹脂を用い、温度 20°C で圧縮圧 1.0MPa、24 時間以上とした。解圧後、厚みは削らずに長さや幅の寸法を荷重支持部材の断面寸法に合わせてカットし、試験体製作を行う東亜理科に搬入した。

3.1.1 難燃薬剤含浸

含浸前の LVL の重量を測定してから難燃薬剤を減圧加圧釜で含浸し、含浸直後の重量を測定して薬剤含浸量を算出した。含浸した LVL は 1 か月程度の乾燥を行って二次接着を行った。含浸は 2022 年 8 月 29 日から 5 日間かけて行った。

材料：スギ B 種構造用 LVL 厚 30×幅 410×長 3200 86 本
厚 30×幅 320×長 3200 86 本
体積：6.02m³ 平均密度 0.52

難燃薬剤：W2-50（丸菱油化製） 目標含浸量：平均 136/m³

結果：平均 135 kg/m³（125～145 kg/m³）



写真 3.1.1 含浸前重量測定



写真 3.1.2 比重計による難燃薬剤の濃度確認



写真 3.1.3 薬剤含浸



写真 3.1.4 含浸後重量測定

3.1.2 結果

表 3.1.1、表 3.1.2 に各試験体の薬剤含浸量を示した。この中から試験体の含浸量を満たせる組み合わせを選択し、2 時間耐火仕様の被覆材として採用した。

表 3.1.1 含浸結果

番号	種類	厚さ mm	幅 mm	長さ mm	かさ比重	質量 kg/m ²	含水率			体積 m ³	初期重量 W1 kg	含浸後重量 W2 kg	薬剤量 W2-W1 kg/m ³	薬剤量 kg/m ³	含浸量 ① kg/m ³	乾燥後重量 W3 kg	比重	含浸量 ②			含水率 %		
							左	中	右									左	中	右			
1	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.528	15.84	9.5%	13.0%	7.5%	0.03936	20.78	45.28	24.50	622.46	136.94	26.020	0.661	133.13	13.5%	17.5%	12.5%		
2	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.528	15.85	8.5%	10.5%	7.0%	0.03936	20.80	45.40	24.60	625.00	137.50	26.020	0.661	132.62	12.5%	16.0%	11.0%		
3	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.537	16.10	10.0%	11.5%	13.0%	0.03936	21.12	45.18	24.06	611.28	134.46	26.300	0.668	131.61	14.0%	18.5%	12.0%		
4	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.531	15.93	9.5%	12.5%	13.0%	0.03936	20.90	45.18	24.28	616.87	135.71	26.180	0.665	134.15	13.5%	16.0%	12.5%		
5	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.518	15.55	9.5%	13.5%	10.0%	0.03936	20.40	44.88	24.48	621.95	136.83	25.920	0.659	140.24	13.5%	16.0%	11.5%		
6	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.515	15.44	9.0%	13.0%	12.0%	0.03936	20.26	44.80	24.54	623.48	137.16	25.920	0.659	143.80	13.5%	16.5%	12.0%		
7	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.517	15.52	10.0%	11.5%	12.0%	0.03936	20.36	44.52	24.16	613.82	135.04	25.580	0.650	132.62	14.0%	16.0%	12.5%		
8	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.514	15.43	9.0%	11.0%	10.0%	0.03936	20.24	44.38	24.14	613.31	134.93	25.580	0.650	135.67	13.0%	16.0%	12.0%		
9	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.504	15.11	11.0%	14.0%	9.5%	0.03936	19.82	44.72	24.90	632.62	139.18	25.400	0.645	141.77	13.0%	16.5%	12.0%		
10	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.505	15.14	7.5%	12.5%	8.5%	0.03936	19.86	44.78	24.90	632.62	139.18	26.600	0.676	171.24	13.5%	16.5%	12.5%		
11	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.549	16.46	12.5%	11.5%	6.5%	0.03936	21.60	45.12	23.52	597.56	131.46	26.840	0.682	133.13	12.0%	16.0%	12.5%		
12	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.550	16.49	11.0%	10.0%	8.0%	0.03936	21.64	45.24	23.60	599.59	131.91	26.980	0.685	135.67	13.0%	16.0%	12.5%		
13	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.519	15.58	9.0%	10.0%	10.0%	0.03936	20.44	43.90	23.46	596.04	131.13	25.680	0.652	133.13	12.0%	15.0%	12.5%		
14	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.511	15.32	7.0%	9.0%	6.5%	0.03936	20.10	43.64	23.54	598.07	131.58	25.440	0.646	135.67	14.0%	16.5%	12.5%		
15	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.516	15.47	7.0%	13.0%	8.0%	0.03936	20.30	43.94	23.64	600.61	132.13	25.800	0.655	139.74	13.0%	16.0%	12.0%		
16	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.511	15.32	4.0%	9.0%	7.5%	0.03936	20.10	43.92	23.82	605.18	133.14	26.760	0.654	143.80	13.5%	16.5%	12.0%		
17	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.522	15.67	8.0%	11.0%	9.0%	0.03936	20.56	44.96	24.30	617.36	135.62	26.700	0.657	130.95	13.5%	16.0%	12.5%		
18	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.519	15.56	7.0%	9.0%	6.5%	0.03936	20.42	45.08	24.66	626.52	137.84	26.740	0.654	135.16	12.0%	16.0%	12.5%		
19	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.535	16.04	7.0%	11.0%	9.0%	0.03936	21.04	44.18	23.14	587.91	129.34	26.260	0.667	132.62	13.0%	16.5%	12.5%		
20	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.532	15.96	6.0%	10.0%	8.5%	0.03936	20.94	44.24	23.30	591.97	130.23	26.200	0.666	133.64	13.0%	16.0%	12.5%		
21	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.496	14.88	8.5%	10.0%	7.5%	0.03936	19.52	43.54	24.02	610.26	134.26	24.760	0.629	133.13	13.5%	16.0%	12.0%		
22	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.485	14.54	7.0%	8.0%	6.0%	0.03936	19.08	43.32	24.24	615.85	135.49	24.620	0.626	140.75	12.0%	17.0%	12.0%		
23	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.527	15.82	10.0%	12.0%	10.5%	0.03936	20.76	44.68	23.90	607.22	133.59	26.220	0.666	138.72	13.5%	16.5%	12.0%		
24	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.525	15.75	7.0%	12.0%	9.0%	0.03936	20.66	45.08	24.40	619.92	136.38	26.220	0.666	141.26	14.0%	17.5%	12.0%		
25	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.512	15.35	8.0%	11.0%	9.5%	0.03936	20.14	44.18	24.04	610.77	134.37	25.620	0.651	139.23	14.0%	15.5%	12.0%		
26	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.509	15.26	7.0%	9.0%	8.0%	0.03936	20.02	44.38	24.34	618.39	136.05	25.560	0.649	140.75	12.0%	16.5%	11.5%		
27	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.529	15.87	8.0%	12.5%	9.0%	0.03936	20.82	44.30	23.48	596.54	131.24	26.200	0.666	136.69	12.0%	16.0%	12.0%		
28	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.528	15.84	7.0%	12.0%	9.0%	0.03936	20.78	44.38	23.60	599.59	131.91	26.080	0.663	134.65	14.5%	15.0%	12.5%		
29	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.497	14.92	7.0%	12.0%	9.0%	0.03936	19.58	43.80	24.22	615.35	135.38	25.040	0.636	138.72	13.5%	16.0%	11.5%		
30	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.499	14.98	7.0%	11.0%	6.5%	0.03936	19.66	43.98	24.32	617.89	135.93	25.160	0.639	139.74	13.5%	16.5%	12.0%		
31	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.524	15.72	8.0%	12.0%	8.0%	0.03936	20.62	44.24	23.62	600.10	132.02	25.880	0.657	133.13	13.5%	16.0%	12.5%		
32	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.522	15.66	6.0%	13.0%	6.5%	0.03936	20.54	44.68	24.14	613.31	134.93	25.980	0.660	137.70	14.0%	16.0%	12.0%		
33	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.491	14.73	9.0%	10.0%	9.5%	0.03936	19.32	44.38	25.04	636.18	139.96	25.320	0.643	152.44	14.0%	16.0%	12.0%		
34	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.506	15.18	6.0%	10.0%	9.0%	0.03936	19.92	44.52	24.60	625.00	137.50	25.180	0.640	133.64	13.5%	16.5%	11.5%		
35	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.509	15.27	9.0%	13.0%	8.5%	0.03936	20.04	44.08	24.04	610.77	134.37	25.520	0.648	139.23	13.0%	16.0%	12.5%		
36	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.507	15.21	8.0%	12.0%	7.5%	0.03936	19.96	44.32	24.36	618.90	136.16	25.440	0.646	139.23	13.0%	16.0%	11.0%		
37	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.499	14.98	7.0%	13.0%	12.0%	0.03936	19.66	43.62	23.96	608.74	133.92	24.920	0.633	133.64	12.0%	16.0%	11.0%		
38	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.503	15.09	7.0%	10.0%	9.5%	0.03936	19.80	44.08	24.26	616.36	135.60	25.140	0.639	135.67	14.5%	16.0%	11.0%		
39	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.539	16.17	10.0%	9.0%	10.0%	0.03936	21.22	44.58	23.36	593.50	130.57	26.240	0.667	127.54	14.5%	16.5%	12.0%		
40	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.533	15.99	8.0%	10.0%	10.0%	0.03936	20.98	44.72	23.74	603.15	132.69	26.080	0.663	129.57	14.0%	15.5%	12.0%		
41	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.518	15.53	10.0%	12.0%	9.5%	0.03936	20.38	44.78	24.40	619.92	136.38	25.800	0.655	137.70	13.0%	16.0%	12.0%		
42	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.520	15.61	9.0%	12.5%	8.5%	0.03936	20.48	44.74	24.26	616.36	135.60	25.880	0.657	136.69	13.0%	16.5%	12.0%		
43	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.525	15.75	8.0%	12.0%	10.0%	0.03936	20.66	44.34	24.68	627.03	137.95	26.360	0.670	144.82	14.0%	16.5%	12.5%		
44	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.517	15.50	8.0%	10.0%	10.5%	0.03936	20.34	46.00	25.66	651.93	143.42	26.080	0.663	145.83	12.0%	16.5%	12.5%		
45	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.524	15.96	11.0%	13.0%	9.5%	0.03936	20.84	45.90	24.96	634.15	138.51	26.440	0.672	139.74	13.5%	16.0%	12.0%		
46	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.529	15.87	11.0%	9.0%	7.0%	0.03936	20.82	46.18	25.30	642.78	141.41	26.440	0.672	142.78	13.0%	16.0%	12.5%		
47	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.512	15.37	8.0%	13.0%	8.0%	0.03936	20.16	45.88	25.72	653.46	143.76	26.620	0.651	138.72	13.5%	16.0%	12.0%		
48	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.510	15.29	6.0%	11.0%	9.0%	0.03936	20.06	46.00	25.94	659.04	144.99	25.640	0.651	141.77	13.0%	16.0%	12.5%		
49	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.520	15.61	10.0%	11.5%	10.0%	0.03936	20.48	45.78	25.30	642.78	141.41	26.220	0.666	145.83	14.5%	16.5%	12.0%		
50	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.524	15.73	8.0%	10.0%	9.5%	0.03936	20.64	46.02	25.38	644.82	141.86	26.080	0.663	138.21	13.0%	16.5%	12.5%		
51	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.514	15.43	8.0%	12.5%	9.0%	0.03936	20.24	44.92	24.68	627.03	137.95	25.600	0.650	136.18	13.0%	16.0%	12.0%		
52	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.515	15.46	7.0%	11.0%	8.5%	0.03936	20.28	44.92	24.64	626.02	137.72	25.540	0.649	133.64	12.5%	16.0%	11.5%		
53	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.528	15.84	10.0%	12.0%	10.0%	0.03936	20.78	46.50	25.72	653.46	143.76	26.140	0.664	136.18	13.0%	16.0%	12.5%		
54	杉LVL	30.0	410.0	3200.0	0.522	15.66	8.0%	13.0%	9.0%	0.03936	20.54	46.38	25.84	656.50	144.43	26.080	0.663	140.75	13.0%	16.0%	12.0%		
55	杉LVL	30.0</																					

表 3.1.2 含浸結果

番号	種類	厚さ mm	幅 mm	長さ mm	かさ比重	質量 kg/m ²	含水率			体積 m ³	初期	含浸後	薬剤量 W2-W1	薬剤量 kg/m ³	乾燥後		比重	含浸量 ②			含水率		
							重量 W1	重量 W2	含浸量 ① kg/m ³		重量 W3	含浸量 kg/m ³			左	中		右					
							kg	kg					kg/m ³	kg/m ³					kg/m ³	左	中	右	
87	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.528	15.84	8.0%	10.0%	7.0%	0.03072	16.22	35.50	19.28	627.60	138.07	20.640	0.672	143.88	13.0%	16.5%	11.5%		
88	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.525	15.76	8.0%	8.0%	8.0%	0.03072	16.14	35.42	19.28	627.60	138.07	20.640	0.672	145.48	13.5%	16.5%	11.0%		
89	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.525	15.76	9.0%	9.0%	7.0%	0.03072	16.14	35.58	19.44	629.21	138.22	20.680	0.673	147.79	13.0%	18.0%	12.0%		
90	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.516	15.47	9.5%	12.5%	4.0%	0.03072	15.84	34.70	18.88	613.93	135.07	20.540	0.669	152.99	13.5%	15.0%	12.5%		
91	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.516	15.49	10.0%	12.0%	6.0%	0.03072	15.86	34.70	18.84	613.28	134.92	20.500	0.667	151.04	13.0%	16.5%	12.5%		
92	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.499	14.98	8.0%	7.0%	6.0%	0.03072	15.34	33.94	18.60	605.47	133.20	19.780	0.644	144.53	14.0%	16.0%	11.5%		
93	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.505	15.14	10.5%	10.0%	7.0%	0.03072	15.50	34.28	18.78	611.33	134.49	19.960	0.650	145.18	13.0%	16.5%	12.5%		
94	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.519	15.57	10.5%	13.0%	7.0%	0.03072	15.94	34.50	18.56	604.17	132.92	20.520	0.668	149.09	14.5%	15.0%	12.5%		
95	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.544	16.31	9.5%	9.0%	5.0%	0.03072	16.70	35.52	18.82	612.63	134.78	21.020	0.684	140.63	12.5%	16.0%	12.5%		
96	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.535	16.04	10.5%	10.0%	5.0%	0.03072	16.42	35.42	19.00	618.49	136.07	20.620	0.671	136.72	13.0%	16.5%	12.5%		
97	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.500	15.00	7.5%	8.0%	7.0%	0.03072	15.36	33.96	18.60	605.47	133.20	19.760	0.643	143.23	13.5%	16.5%	12.5%		
98	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.499	14.98	6.5%	8.0%	6.0%	0.03072	15.34	34.28	18.94	616.54	135.64	19.900	0.648	148.44	14.0%	15.0%	12.5%		
99	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.500	15.00	6.5%	10.0%	10.0%	0.03072	15.36	34.34	18.98	617.84	135.92	19.840	0.646	145.83	14.5%	15.0%	12.5%		
100	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.537	16.11	11.0%	10.0%	6.0%	0.03072	16.50	35.28	18.76	610.68	134.35	20.760	0.676	138.67	14.5%	16.5%	12.5%		
101	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.528	15.84	7.0%	8.0%	9.0%	0.03072	16.22	34.88	18.66	607.42	133.63	20.720	0.674	146.48	13.0%	16.0%	12.0%		
102	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.533	15.98	6.5%	8.0%	8.0%	0.03072	16.38	35.18	18.82	612.63	134.78	21.060	0.686	152.99	13.5%	17.0%	12.0%		
103	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.507	15.21	7.0%	8.0%	8.0%	0.03072	15.58	34.30	18.72	609.38	134.08	19.880	0.646	139.32	14.0%	16.0%	12.0%		
104	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.511	15.33	8.5%	10.0%	5.0%	0.03072	15.70	34.94	19.14	623.05	137.07	20.280	0.660	148.44	14.5%	16.0%	11.0%		
105	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.508	15.23	7.5%	10.0%	4.0%	0.03072	15.60	34.92	19.32	628.91	138.36	20.120	0.655	147.14	12.0%	16.5%	11.5%		
106	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.538	16.15	7.5%	9.0%	6.0%	0.03072	16.50	35.08	18.54	603.52	132.77	21.060	0.686	147.14	12.0%	16.0%	12.0%		
107	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.521	15.63	8.5%	11.0%	6.0%	0.03072	16.00	35.28	19.26	626.95	137.93	20.580	0.670	149.09	13.5%	16.0%	11.5%		
108	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.533	16.00	10.5%	11.0%	7.0%	0.03072	16.38	35.00	18.62	606.12	133.35	20.900	0.680	147.14	14.5%	16.5%	12.5%		
109	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.521	15.64	8.5%	10.0%	5.0%	0.03072	16.02	35.04	19.02	619.14	136.21	20.260	0.660	138.02	13.0%	16.0%	12.5%		
110	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.536	16.07	11.0%	12.0%	7.0%	0.03072	16.46	35.58	19.10	621.74	136.78	20.980	0.683	147.14	13.5%	16.0%	12.5%		
111	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.527	15.82	9.5%	12.0%	8.0%	0.03072	16.20	34.74	18.54	603.52	132.77	20.200	0.658	130.21	13.5%	16.5%	12.5%		
112	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.523	15.70	7.5%	13.0%	10.0%	0.03072	16.08	35.88	19.78	643.88	141.65	20.700	0.674	150.39	13.0%	16.5%	11.5%		
113	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.515	15.45	8.0%	13.0%	9.0%	0.03072	15.82	35.14	19.32	628.91	138.36	20.080	0.654	138.67	14.0%	15.5%	12.5%		
114	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.536	16.09	8.5%	13.0%	13.0%	0.03072	16.48	35.00	18.52	602.86	132.63	20.580	0.670	133.66	12.0%	16.5%	12.0%		
115	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.522	15.66	6.5%	12.0%	10.0%	0.03072	16.04	35.24	19.20	625.00	137.50	20.420	0.665	142.58	13.5%	16.0%	12.5%		
116	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.529	15.88	8.5%	13.0%	10.0%	0.03072	16.28	34.88	18.62	606.12	133.35	20.400	0.664	134.77	14.0%	16.5%	12.5%		
117	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.519	15.57	9.0%	12.0%	10.0%	0.03072	15.84	34.40	18.46	600.91	132.20	20.100	0.654	135.42	14.5%	16.5%	12.5%		
118	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.518	15.53	7.5%	12.5%	10.0%	0.03072	15.80	35.28	19.38	630.66	136.79	20.280	0.660	142.58	14.5%	18.0%	12.5%		
119	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.512	15.35	9.0%	13.0%	9.0%	0.03072	15.72	34.98	18.66	607.42	133.63	19.940	0.649	137.37	14.0%	15.5%	12.0%		
120	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.522	15.66	9.0%	12.0%	8.0%	0.03072	16.04	34.60	18.56	604.17	132.92	20.120	0.655	132.81	13.0%	16.0%	11.5%		
121	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.518	15.55	8.5%	10.0%	8.5%	0.03072	15.92	34.78	18.86	613.93	135.07	20.060	0.653	134.77	12.5%	16.0%	12.0%		
122	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.520	15.59	7.5%	10.0%	10.0%	0.03072	15.86	35.44	19.48	634.11	139.51	20.220	0.658	138.67	12.5%	16.0%	12.5%		
123	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.503	15.08	9.5%	13.0%	10.0%	0.03072	15.44	34.50	19.06	620.44	136.50	19.620	0.639	136.07	14.0%	16.5%	11.5%		
124	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.519	15.57	7.5%	11.0%	8.5%	0.03072	15.94	34.38	18.42	599.61	131.91	19.980	0.650	131.51	13.5%	16.0%	11.0%		
125	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.516	15.47	8.0%	9.5%	11.5%	0.03072	15.84	34.52	18.68	608.07	133.78	19.840	0.646	130.21	13.5%	16.5%	12.0%		
126	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.550	16.50	10.5%	12.5%	7.5%	0.03072	16.90	35.14	18.24	593.75	130.63	20.960	0.682	132.16	14.5%	16.0%	11.0%		
127	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.516	15.47	8.5%	12.5%	9.0%	0.03072	15.84	34.88	19.02	619.14	136.21	20.000	0.651	136.42	13.5%	16.0%	12.5%		
128	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.531	15.92	11.5%	12.0%	10.5%	0.03072	16.30	35.80	19.50	634.77	139.65	20.740	0.675	144.53	12.0%	16.5%	12.0%		
129	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.512	15.35	7.5%	13.5%	9.0%	0.03072	15.72	34.18	18.46	600.91	132.20	20.020	0.652	139.97	13.0%	16.0%	12.0%		
130	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.518	15.55	8.0%	12.5%	13.0%	0.03072	15.92	35.54	19.62	638.67	140.51	20.580	0.670	151.89	13.5%	16.0%	11.5%		
131	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.515	15.45	9.0%	12.5%	11.5%	0.03072	15.82	35.06	19.84	645.83	142.08	20.520	0.668	152.99	14.5%	16.5%	12.5%		
132	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.513	15.39	7.5%	11.5%	9.0%	0.03072	15.76	34.78	19.02	619.14	136.21	20.580	0.670	156.90	13.5%	18.5%	11.0%		
133	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.521	15.64	8.0%	12.0%	12.5%	0.03072	16.02	35.34	19.32	628.91	138.36	20.540	0.669	147.14	13.0%	16.0%	12.0%		
134	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.524	15.72	9.0%	12.0%	13.0%	0.03072	16.10	35.84	19.74	642.58	141.37	20.800	0.677	152.99	14.5%	15.5%	12.0%		
135	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.518	15.53	11.0%	11.5%	7.0%	0.03072	15.90	35.38	19.46	633.46	139.36	20.360	0.663	145.18	13.5%	16.5%	11.0%		
136	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.516	15.49	10.0%	12.0%	13.0%	0.03072	15.86	35.28	19.42	632.16	139.08	20.200	0.658	141.28	12.0%	16.0%	12.5%		
137	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.531	15.92	10.0%	13.0%	11.5%	0.03072	16.30	35.90	19.60	638.02	140.36	21.020	0.684	156.65	12.5%	16.0%	11.5%		
138	杉VL	30.0	320.0	3200.0	0.533	15.98	6.0%	10.5%	9.5%	0.03072	16.36	34											

3.1.3 被覆材の2次接着

含浸して乾燥した難燃薬剤処理 LVL を厚 90mm、120mm の被覆材とするため、耐火性能の高いレゾルシノール樹脂を使用し、2次接着を行った。2次接着は長野県の斎藤木材工業の工場で行った。

接着仕様：

接着剤：レゾルシノール樹脂系

塗布量： $350 \pm 35 \text{ g/m}^2$ 以下

圧縮圧：0.98MPa (10 kgf/cm^2)

養生期間：解圧後 24 時間以上



写真 3.1.5 2次接着前のLVL



写真 3.1.6 レゾルシノール樹脂塗布

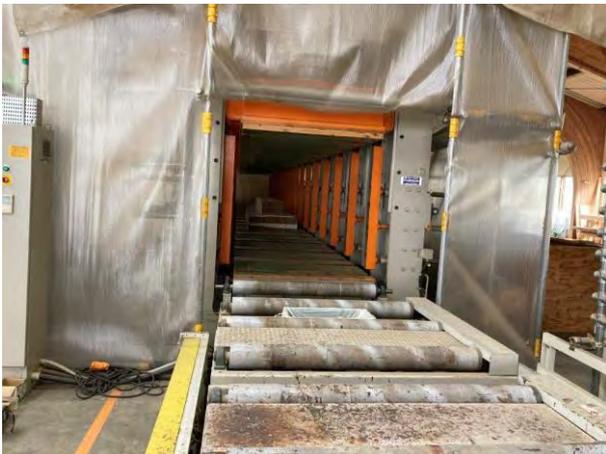


写真 3.1.7 圧縮



写真 3.1.8 2次接着後

3. 2 性能確認試験・小断面 210 角

3. 2. 1 試験体

2時間耐火柱の耐火試験 2 仕様の予備試験を実施した。1時間耐火構造の被覆仕様 難燃薬剤処理 LVL60mm 厚にプラス α を付加して、2時間耐火の性能を有するかどうかを検討した。柱は3M高の柱の中間点で耐火的に縁を切り、上下で異なる被覆仕様とした。試験体図面を図3.2.1～3.2.5に示した。

・仕様1(上) :

難燃薬剤処理 LVL 厚 60mm + スギ LVL 厚 40mm
(4面のうち2面積層面、2面を板目)

・仕様2(下) :

難燃薬剤処理 LVL 厚 90mm + スギ LVL 厚 15mm (4面すべて積層面)

写真3.2.1に試験体製作の様子を示した。令和4年7月26日～27日に大阪府の東亜理科で試験体を製作した。荷重支持部材は国産スギ集成材 E65-F225 (異等級構成)、210mm角、面取りなしとした。仕様1は被覆材厚60mmを現場用ウレタン接着剤とビスで柱に取り付けた。その外側に厚40mmの無処理スギLVLを現場用ウレタン接着剤とビスにて被覆材に取り付けた。仕様2は被覆材厚90mmを現場用ウレタン接着剤とビスで柱に取り付け、その外側に厚15mmの無処理スギLVLを現場用ウレタン接着剤とビスにて被覆材に取り付けた。

日本建築総合試験所の柱炉を使用し、一般社団法人日本建築総合試験所の「防耐火性能・標準業務方法書」に準拠した耐火試験とした。被覆2仕様の差を純粹に判断するため、無載荷で加熱試験を行った。

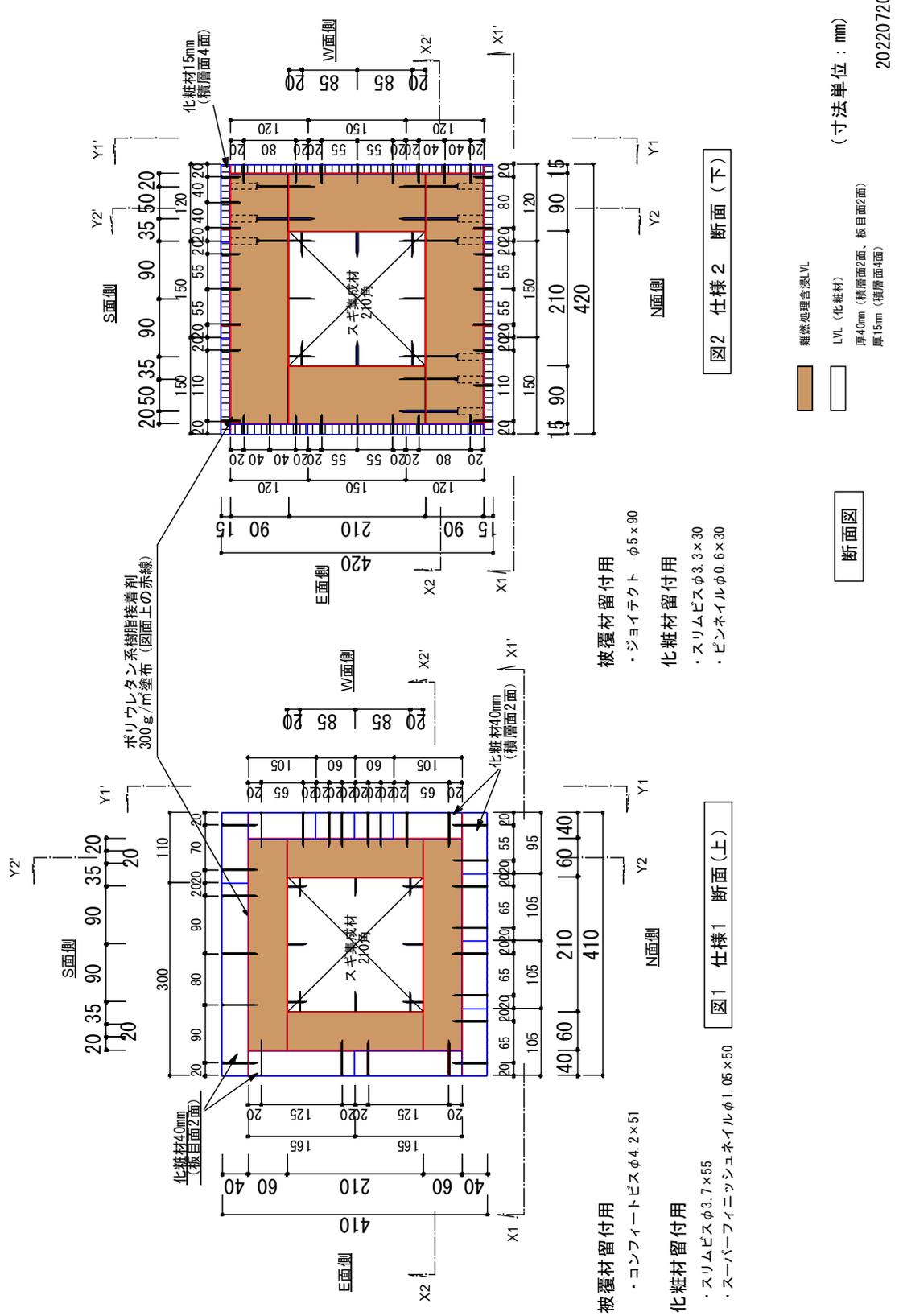


図 3.2.1 試験体の構造及び寸法

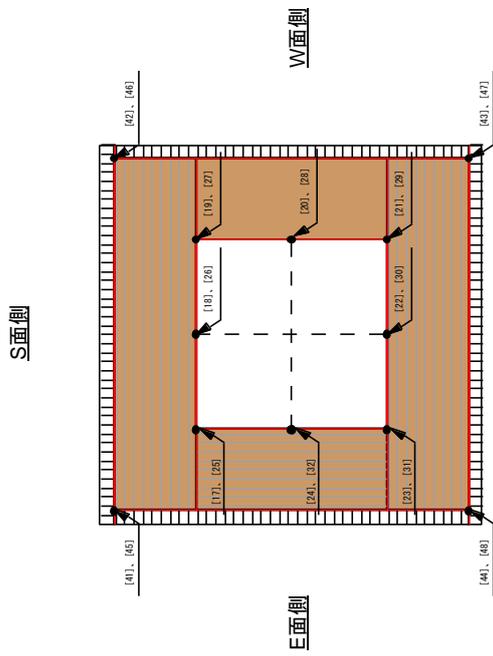


図4 仕様2 断面（下）
熱電対配置

- 難燃処理含浸LVL
- LVL（化粧材）
厚40mm（積層面2面、板目面2面）
厚15mm（積層面4面）
- 熱電対

（寸法単位：mm）

20220720

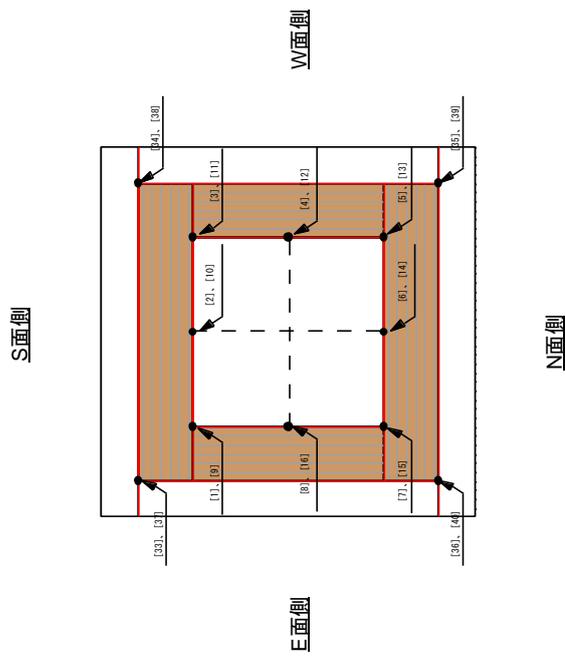


図3 仕様1 断面（上）
熱電対配置

熱電対の断面図

図 3. 2. 2 試験体の構造及び寸法

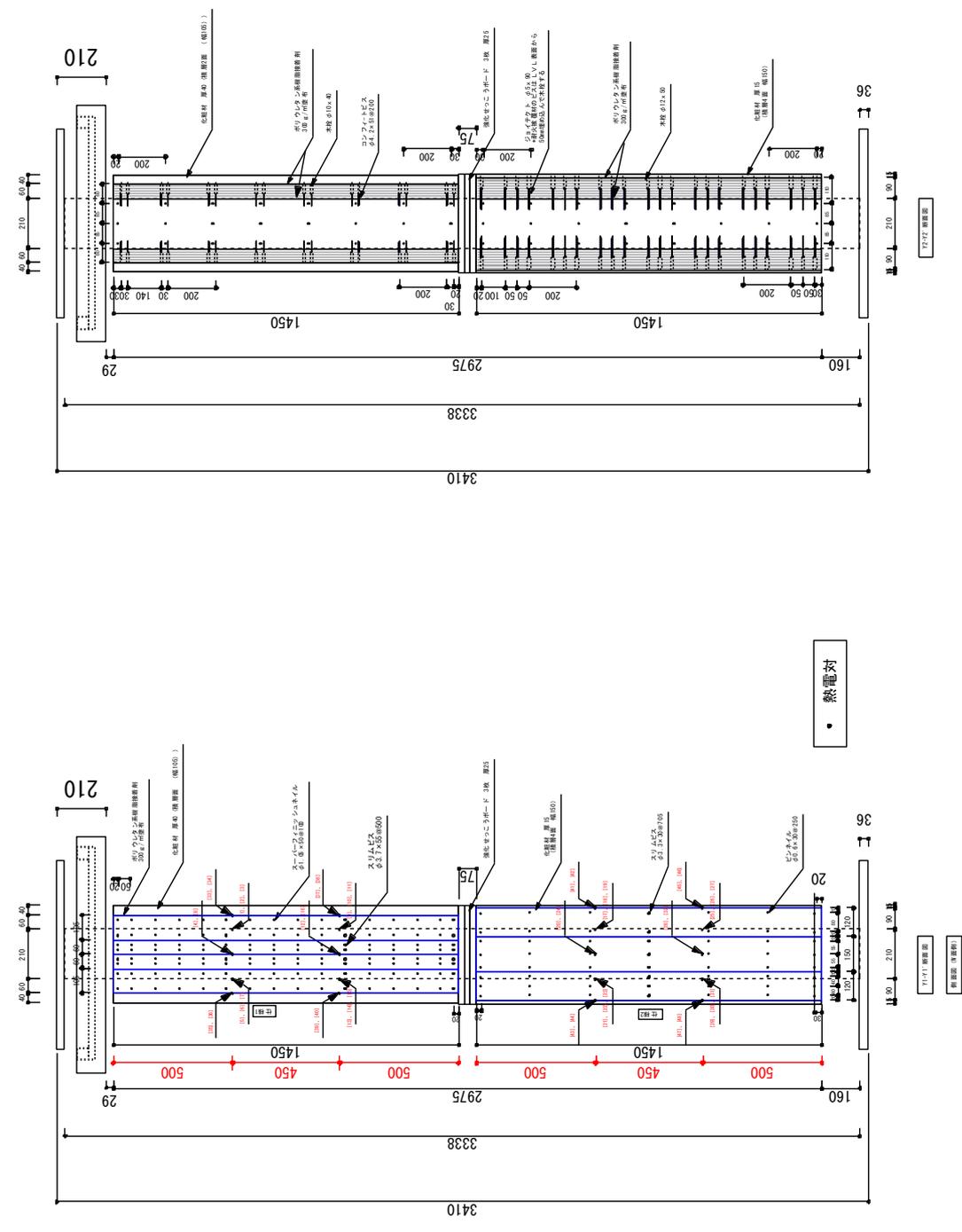
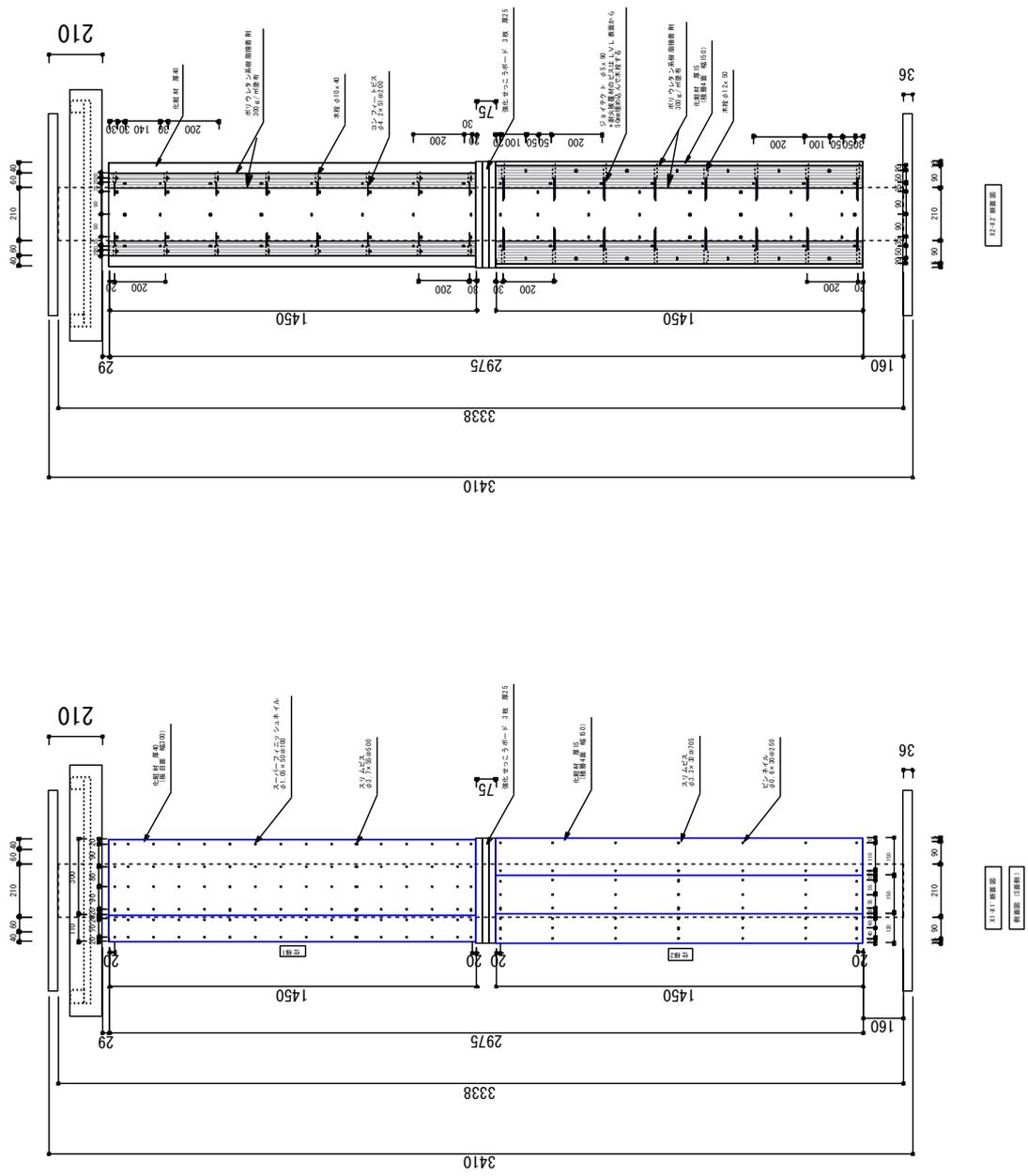


図 3.2.3 試験体の構造及び寸法



20220720

図 3.2.4 試験体の構造及び寸法

表 3.2.1 各材料の含水率

試験日	申請者名	管理箱	保管箱	計測者	気乾測定日	絶乾測定予定日	絶乾測定日	乾燥日数	製作立会者	製作立会日	試験番号
2022/7/26	全国LVL協会	-		高橋	2022/7/22	2022/8/1	2022/8/2	11			3A220022

サンプル名: ①荷重支持部材 スギ 210×210 公差範囲・公称値: 乾燥温度: 105℃ 恒温器 ②

サンプル	寸法(cm)				体積 (cm ³)	気乾質量 (g)	絶乾質量 (g)	含水量 (g)	気乾比重 (g/cm ³¹)	絶乾比重 (g/cm ³)	含水率 (%)
	縦	横	厚さ	断面欠損率 容積欠損率							
No.A	10.00	10.90	5.10	0.00	555.9	204.8	182.7	22.1	0.37	0.33	12.10
No.B	10.10	10.00	5.10	0.00	515.1	194.8	174.5	20.3	0.38	0.34	11.63
No.C	10.10	10.00	5.10	0.00	515.1	196.1	175.7	20.4	0.38	0.34	11.61
平均			5.10		528.7	198.6	177.6	20.9	0.38	0.34	11.78

サンプル名: 仕様1 難燃処理含浸LVL60mm 公差範囲・公称値: 乾燥温度: 105℃ 恒温器 ②

サンプル	寸法(cm)				体積 (cm ³)	気乾質量 (g)	絶乾質量 (g)	含水量 (g)	気乾比重 (g/cm ³¹)	絶乾比重 (g/cm ³)	含水率 (%)
	縦	横	厚さ	断面欠損率 容積欠損率							
No.A	20.10	20.00	6.30	0.00	2532.6	1532.0	1324.0	208.0	0.60	0.52	15.71
No.B	20.10	20.00	6.30	0.00	2532.6	1588.6	1371.3	217.3	0.63	0.54	15.85
No.C	20.10	20.00	6.30	0.00	2532.6	1496.5	1277.1	219.4	0.59	0.50	17.18
平均			6.30		2532.6	1539.0	1324.1	214.9	0.61	0.52	16.25

サンプル名: 仕様1 LVL(化粧材)40mm(積層面2面) 公差範囲・公称値: 乾燥温度: 105℃ 恒温器 ②

サンプル	寸法(cm)				体積 (cm ³)	気乾質量 (g)	絶乾質量 (g)	含水量 (g)	気乾比重 (g/cm ³¹)	絶乾比重 (g/cm ³)	含水率 (%)
	縦	横	厚さ	断面欠損率 容積欠損率							
No.A	10.50	10.50	4.00	0.00	441.0	202.8	186.7	16.1	0.46	0.42	8.62
No.B	10.50	10.50	4.00	0.00	441.0	206.0	189.5	16.5	0.47	0.43	8.71
No.C	10.50	10.50	4.00	0.00	441.0	207.5	191.8	15.7	0.47	0.43	8.19
平均			4.00		441.0	205.4	189.3	16.1	0.47	0.43	8.51

サンプル名: 仕様1 LVL(化粧材)40mm(板目面2面) 公差範囲・公称値: 乾燥温度: 105℃ 恒温器 ②

サンプル	寸法(cm)				体積 (cm ³)	気乾質量 (g)	絶乾質量 (g)	含水量 (g)	気乾比重 (g/cm ³¹)	絶乾比重 (g/cm ³)	含水率 (%)
	縦	横	厚さ	断面欠損率 容積欠損率							
No.A	20.00	20.00	4.00	0.00	1600.0	683.5	620.0	63.5	0.43	0.39	10.24
No.B	20.00	20.00	4.00	0.00	1600.0	688.3	625.7	62.6	0.43	0.39	10.00
No.C	20.00	20.00	4.00	0.00	1600.0	671.9	611.5	60.4	0.42	0.38	9.88
平均			4.00		1600.0	681.2	619.1	62.2	0.43	0.39	10.04

サンプル名: 仕様2 難燃処理含浸LVL90mm 公差範囲・公称値: 乾燥温度: 105℃ 恒温器 ②

サンプル	寸法(cm)				体積 (cm ³)	気乾質量 (g)	絶乾質量 (g)	含水量 (g)	気乾比重 (g/cm ³¹)	絶乾比重 (g/cm ³)	含水率 (%)
	縦	横	厚さ	断面欠損率 容積欠損率							
No.A	20.10	20.00	9.50	0.00	3819.0	2315.7	1940.4	375.3	0.61	0.51	19.34
No.B	20.10	20.00	9.50	0.00	3819.0	2209.7	1895.0	314.7	0.58	0.50	16.61
No.C	20.10	20.00	9.50	0.00	3819.0	2468.6	2091.6	377.0	0.65	0.55	18.02
平均			9.50		3819.0	2331.3	1975.7	355.7	0.61	0.52	17.99

サンプル名: 仕様2 LVL(化粧材)15mm 公差範囲・公称値: 乾燥温度: 105℃ 恒温器 ②

サンプル	寸法(cm)				体積 (cm ³)	気乾質量 (g)	絶乾質量 (g)	含水量 (g)	気乾比重 (g/cm ³¹)	絶乾比重 (g/cm ³)	含水率 (%)
	縦	横	厚さ	断面欠損率 容積欠損率							
No.A	15.10	15.00	1.50	0.00	339.8	169.1	152.5	16.6	0.50	0.45	10.89
No.B	15.10	15.00	1.50	0.00	339.8	170.3	154.0	16.3	0.50	0.45	10.58
No.C	15.10	15.00	1.50	0.00	339.8	168.2	152.5	15.7	0.50	0.45	10.30
平均			1.50		339.8	169.2	153.0	16.2	0.50	0.45	10.59

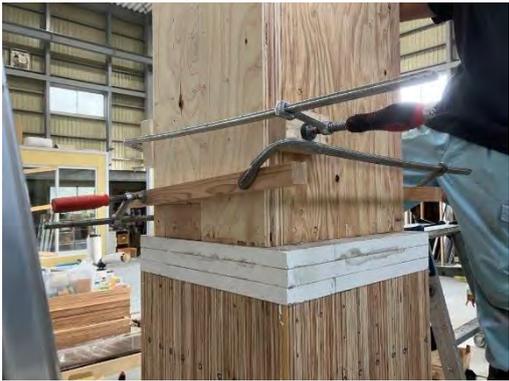


写真 3.2.1 試験体製作

3.2.2 結果および考察

(1) 結果

加熱開始後 811 分で仕様 2（下）の内部温度が上昇し、脱炉した。炉内温度を図 3.2.6、熱電対の内部温度曲線を図 3.2.7～図 3.2.10 に示す。試験体写真を写真 3.2.2～3.2.26 に示す。

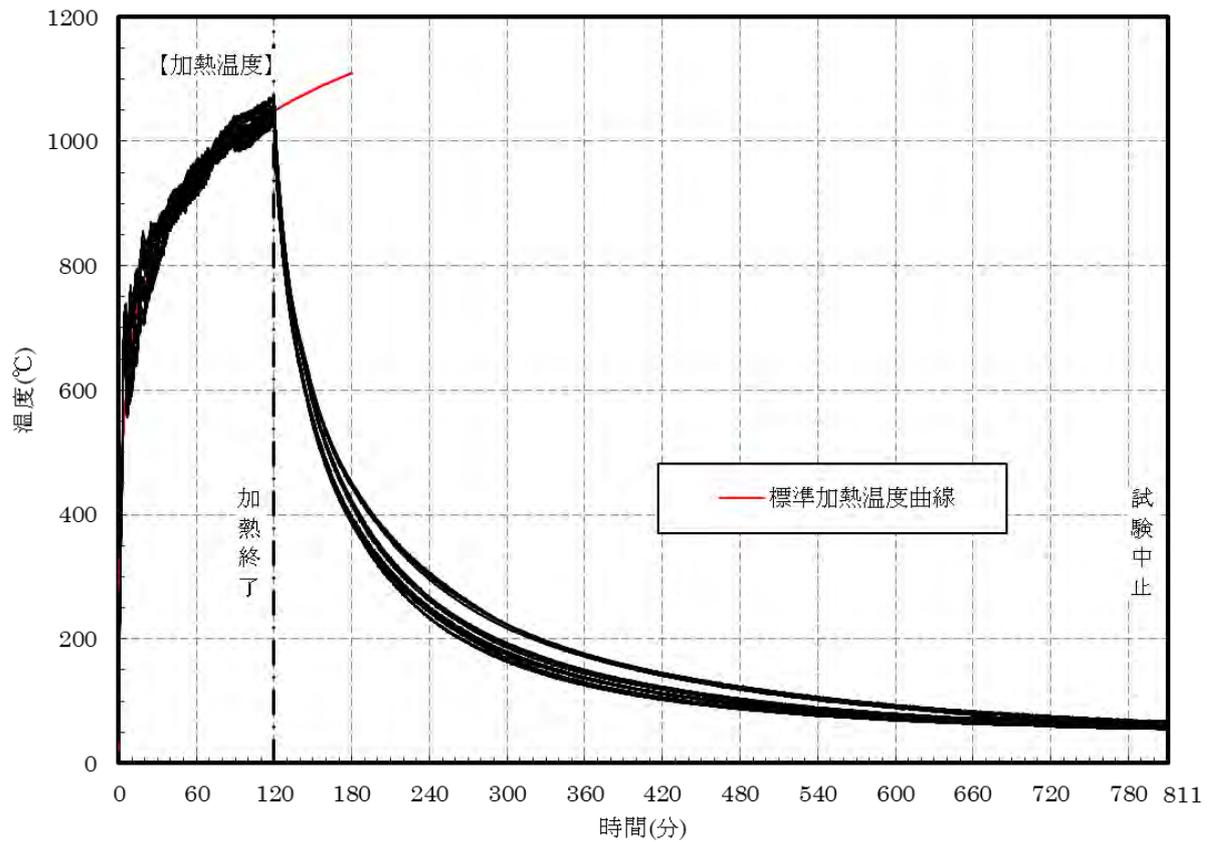


図 3.2.6 加熱温度測定曲線

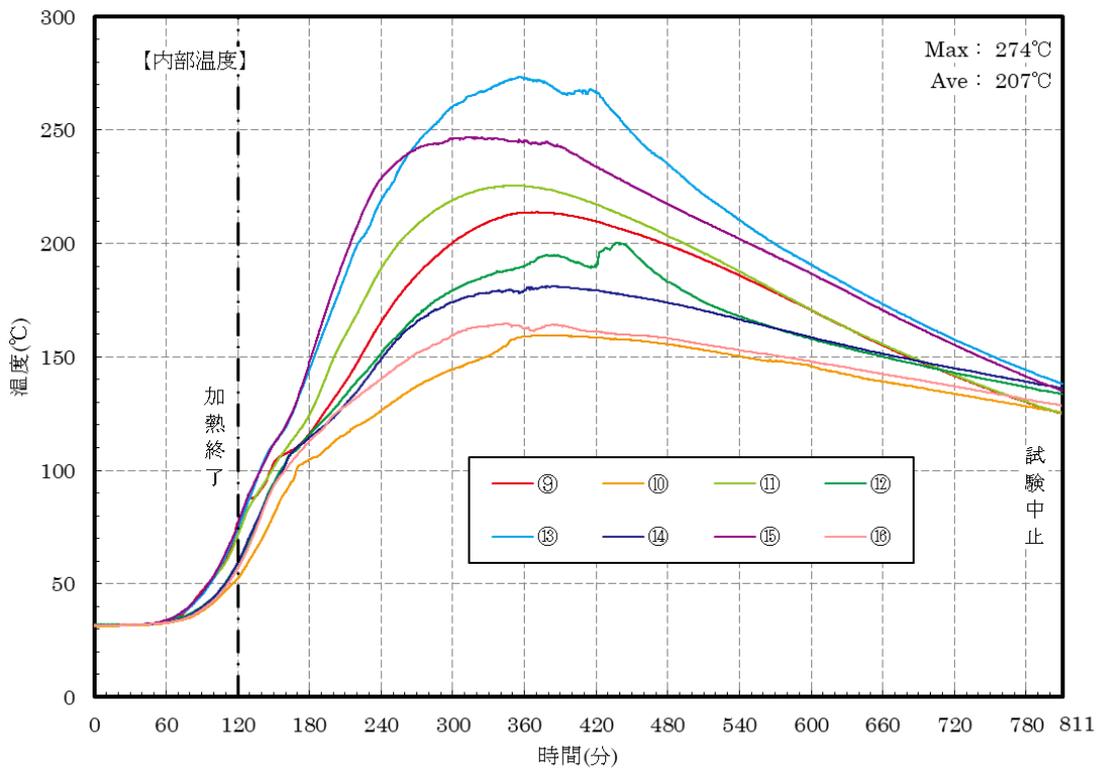
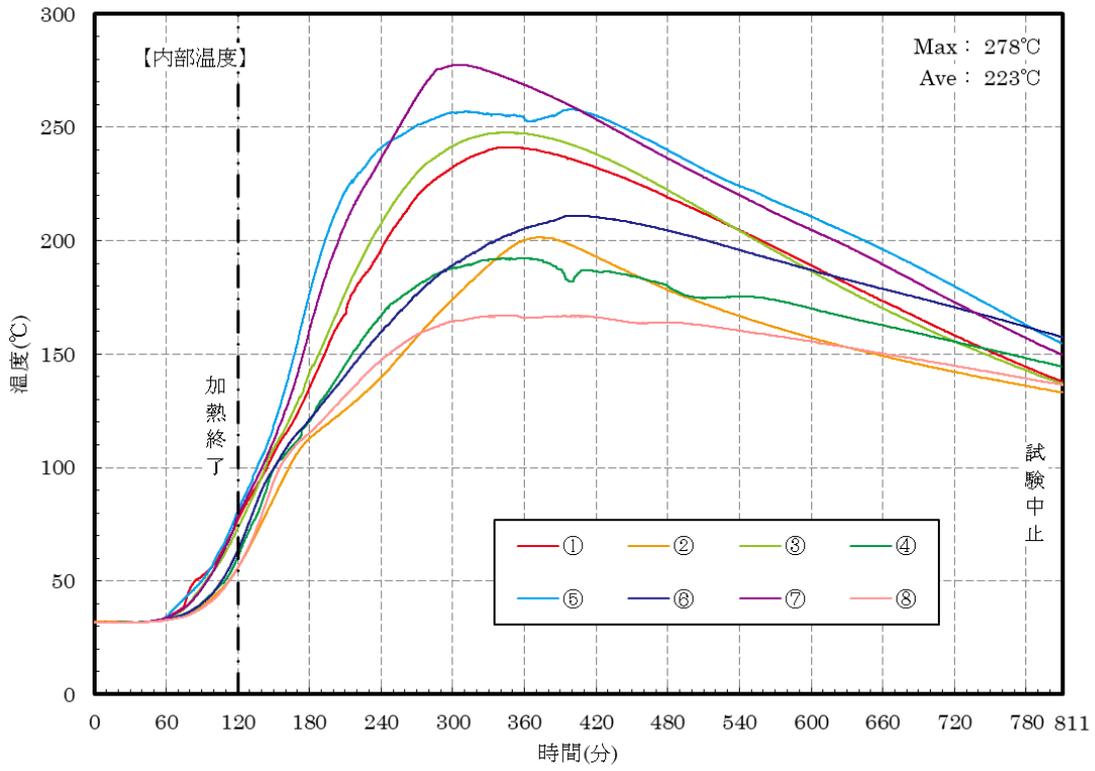


図 3.2.7 内部温度 (仕様 1)

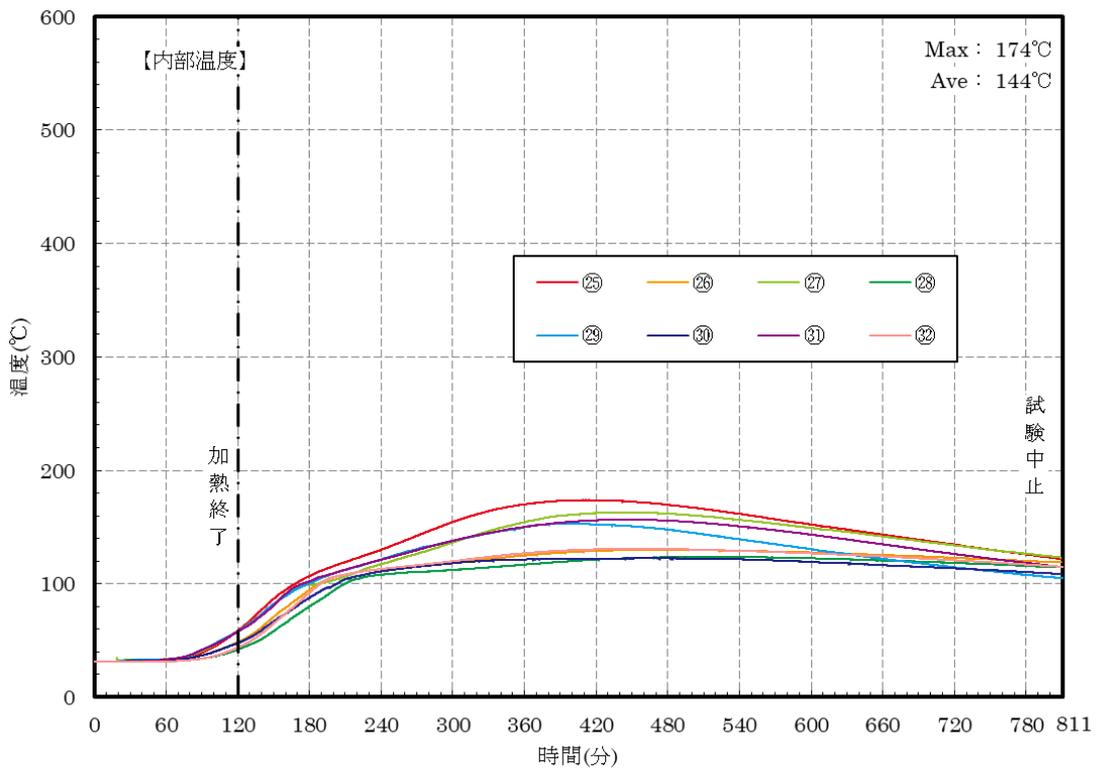
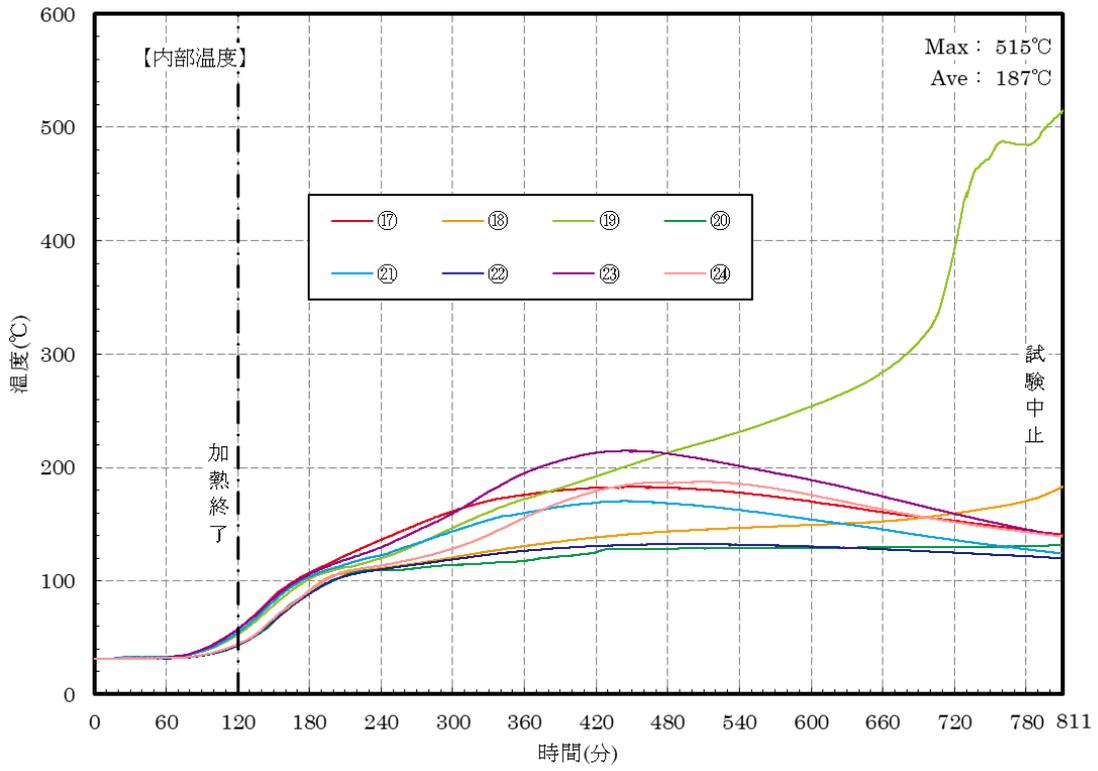


図 3.2.8 内部温度 (仕様 2)

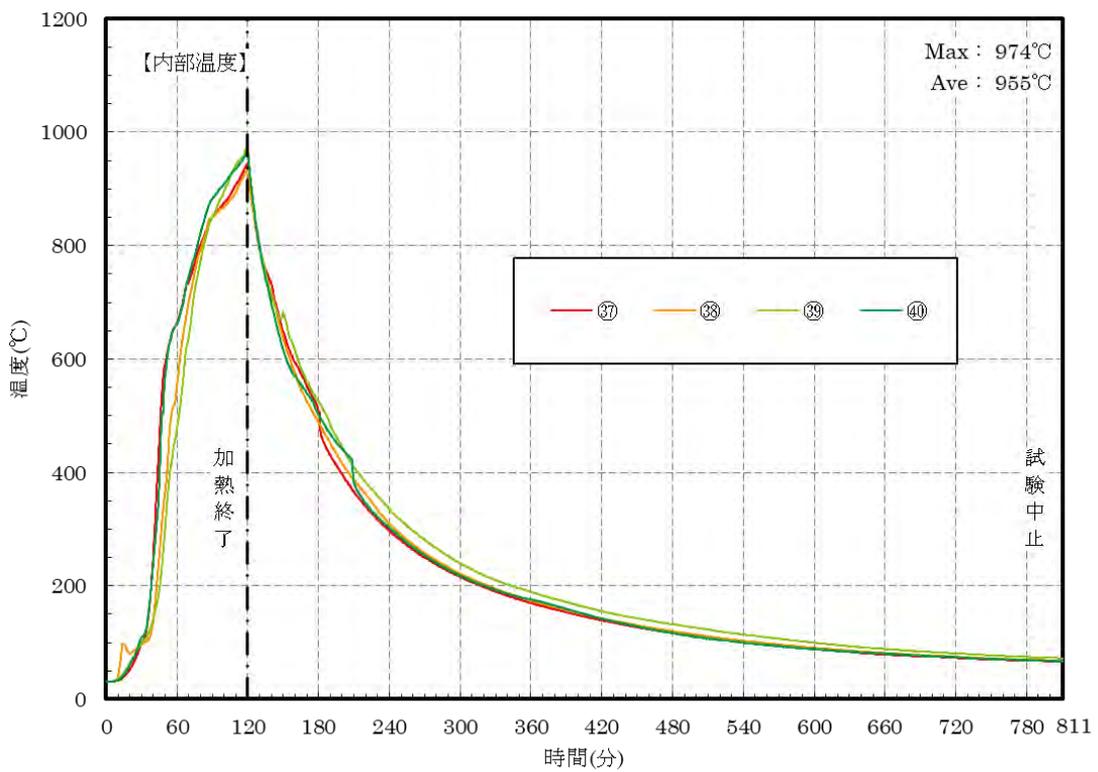
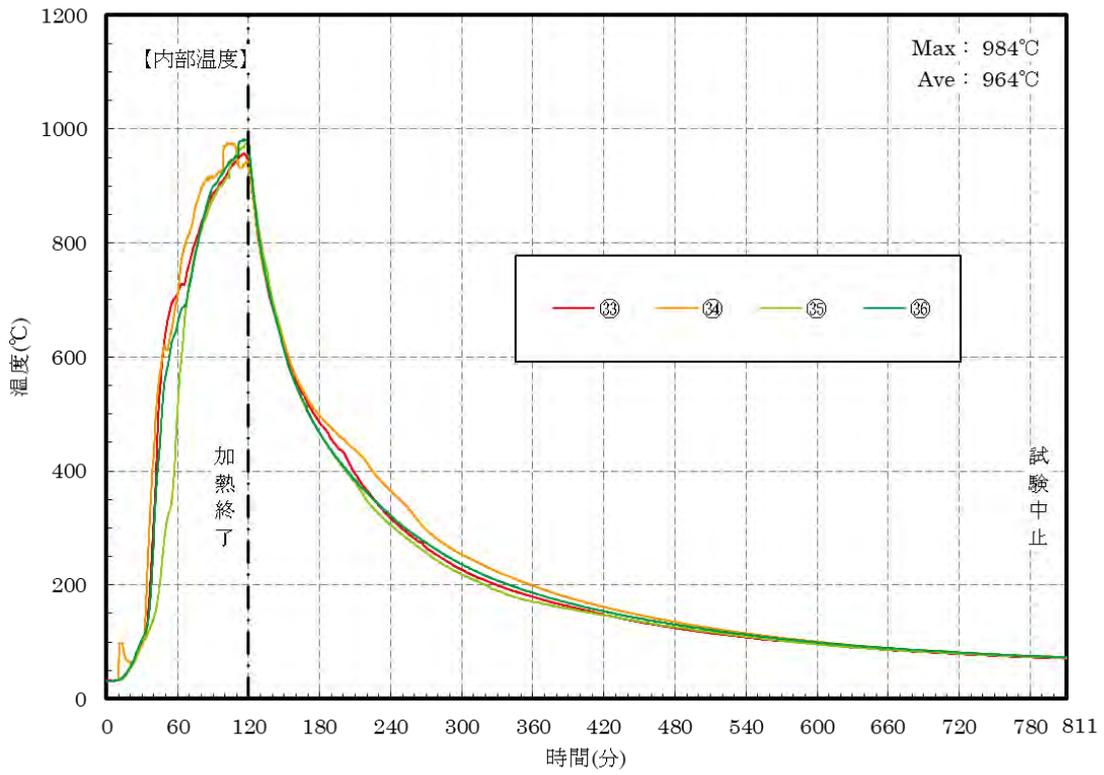


図 3.2.9 内部温度 (仕様 1 被覆材外部)

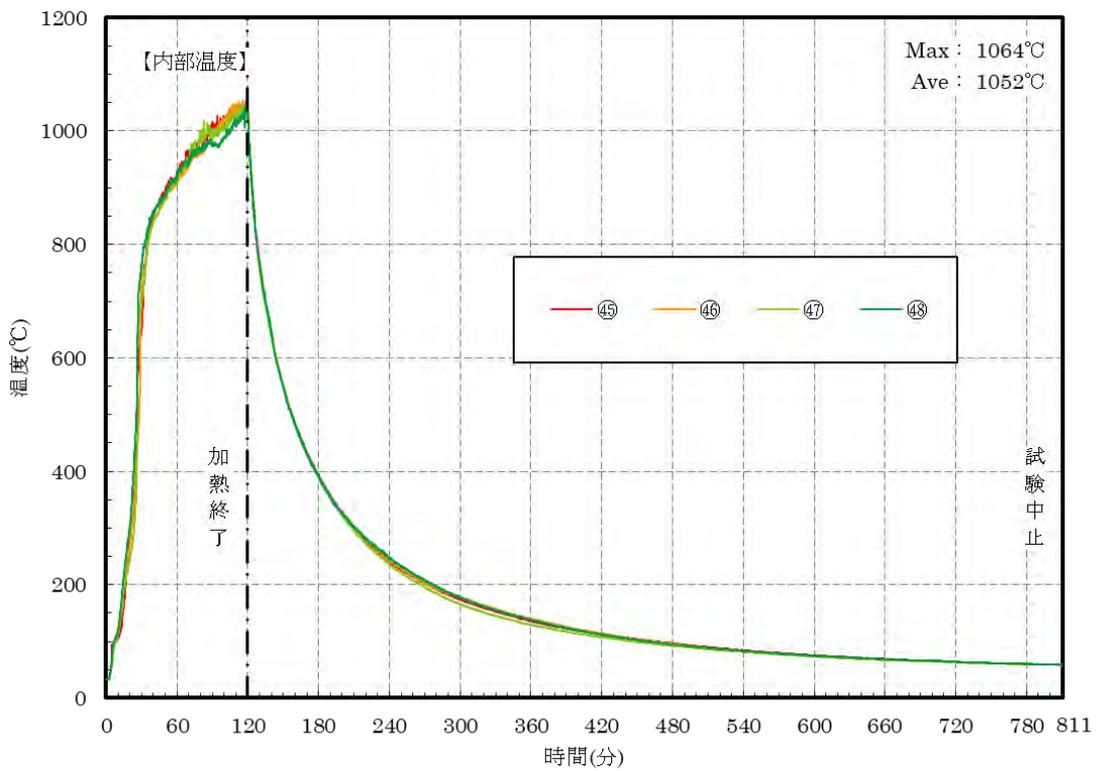
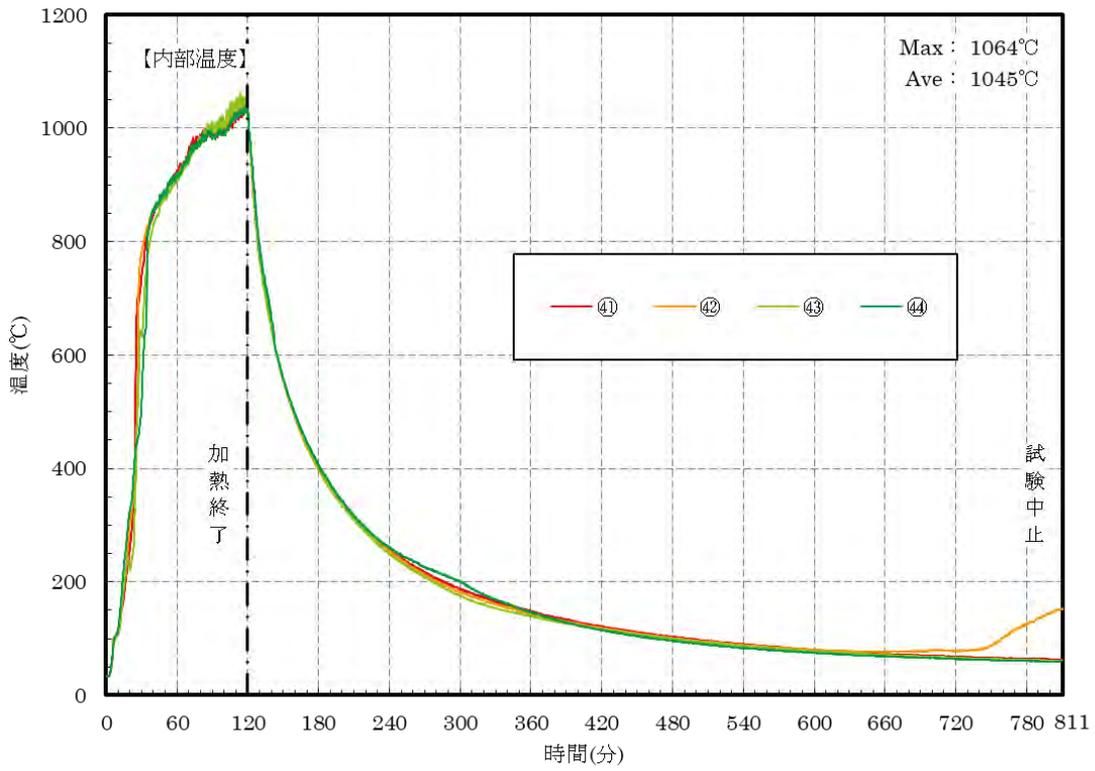


図 3. 2. 10 内部温度測定曲線（仕様 2 被覆材外部）



写真 3.2.2 試験前



写真 3.2.3 試験後

- 仕様 1 難燃薬剤処理材 60mm 厚+LVL40mm 厚 (上半分)
- 仕様 2 難燃薬剤処理材 90mm 厚+LVL15mm 厚 (下半分)



写真 3. 2. 4 加熱開始直後



写真 3. 2. 5

加熱 35 分 下半の 15mm ほとんど脱落



写真 3. 2. 6

加熱 118 分上半の 40 mm は半分残っている



写真 3. 2. 7 加熱終了(120 分)



(赤熱 西面)



(赤熱 南面)

写真 3. 2. 8 写真難燃薬剤処理材 90mm 厚+LVL15mm 厚 (下半分)



写真 3.2.9 脱炉 東面



写真 3.2.10 脱炉 南面



写真 3.2.11 脱炉 西面



写真 3.2.12 脱炉 北面



写真 3. 2. 13 試験体解体



写真 3. 2. 14 仕様 2 下段 (熱電対)



写真 3. 2. 15 仕様 2 上段 (熱電対)



写真 3. 2. 16 仕様 2 上段 (熱電対) 炭化部



写真 3. 2. 17 仕様 2 上段炭化部 断面



写真 3. 2. 18 仕様 2 炭化部 側面



写真 3. 2. 19 仕様 2 荷重支持部炭化状況



写真 3. 2. 20 仕様 1 (上側)



写真 3. 2. 21 仕様 1 (下側)



写真 3. 2. 22 柱表面 N側は最大280度近くまで上昇

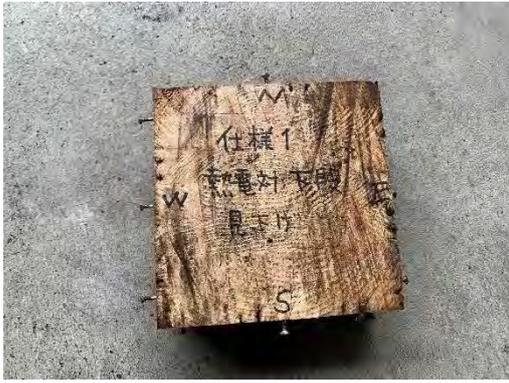


写真 3.2.23 仕様1 下段 (南面及び西面)



写真 3.2.24 解体後 荷重支持部 (上半分)



写真 3.2.25 仕様1 (南面) 上部熱電対から下へ 400mm 程度



写真 3.2.26 仕様1 (西面) 上部熱電対から下へ 50mm 程度

(2) 考察

仕様1：難燃薬剤処理材 60mm 厚+LVL40mm 厚（上半分）

表面の LVL40mm は 120 分の加熱で燃え尽き、脱炉時に赤熱は見られなかった。荷重支持部の内部温度のうち隅部は試験開始 5 時間で 280℃（7 番、13 番 北側面）近くまで上昇したがすべての場所において温度が低下した。被覆材をはがしたところ、柱表面は茶色に変色していたが炭化は見られなかった。

荷重支持部の炭化判定について、写真 3.2.25、写真 3.2.26 により、仕様1の炭化が疑われる個所について炭化判定の測定を実施され、判定値である 0.6mm に至る箇所はなかったため、「炭化無し」との判断であった。

仕様2：難燃薬剤処理材 90mm 厚+LVL15mm 厚（下半分）

表面の 15mm は 25 分ほどで燃え尽きた。荷重支持部の内部温度隅部は試験開始 300 分で 210℃まで上昇した。420 分ごろからに柱の隅部 19 番の温度が上がり始め、温度が下がらなかったため赤熱していると判断して 811 分で後追いを中止し、水をかけて消火した。

耐火試験の結果、仕様1は合格の判定ではあったが隅部温度が 280 度まで上がり、炭化ぎりぎりの温度であったため採用するには難しいと考えた。仕様2のうち難燃薬剤処理 LVL90mm 厚の外側に配置した無処理スギ LVL は厚 15mm では性能を満たさなかったため、無処理スギ LVL の厚みを増す方向で耐火性能を確保する方向性が考えられた。

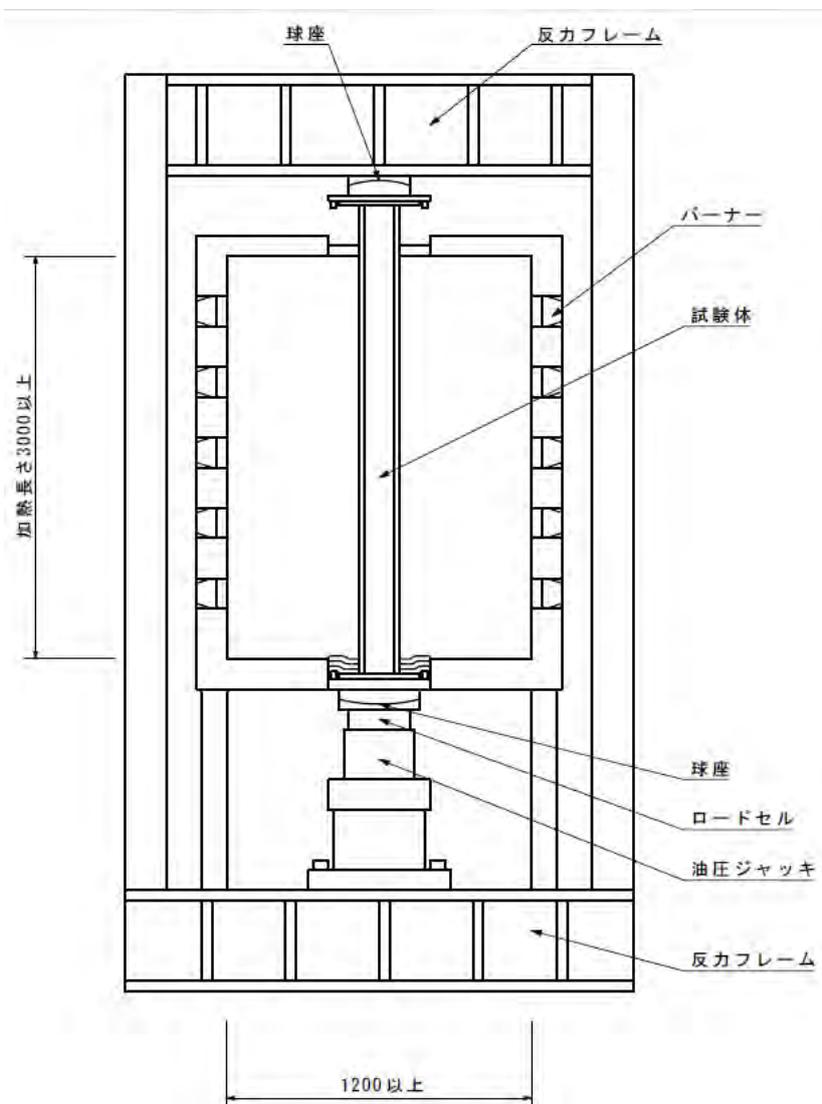
3.3 性能確認試験・大断面 600 角

3.3.1 試験体

3.2で被覆仕様を検討した結果、難燃薬剤処理 LVL90mm の外側の無処理スギ LVL の厚みを 30mm に増やして取付ける仕様で 2 時間耐火の性能を検討した。荷重支持柱は柱炉におさまる最大寸法の 600 角とし、加熱量が一番大きい危険側の検討を行った。

3.3.2 実験概要

日本建築総合試験所の柱炉を使用し、一般社団法人日本建築総合試験所の「防耐火性能・標準業務方法書」に準拠して載荷加熱試験を行った。図 3.3.1 に柱炉の試験装置図を示した。試験実施日は令和 4 年 9 月 15 日であった。



柱用試験装置図 (寸法単位:mm)

図 3.3.1 試験装置図

(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行った。たわみ変形が進み、載荷の継続が困難となった場合、または内部温度が炭化温度を大幅に超えた場合に試験を中止する事とした。

(2) 載荷方法

試験荷重は、荷重支持部材の構造用集成材 E65-F255 の基準曲げ強度($F_b=22.6\text{N/mm}^2$)より長期許容曲げ応力度がかかるよう算出し載荷した。

(3) 測定項目

- ①試験体内部温度
- ②炉内温度
- ③軸方向収縮(変形)量
- 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含水率

試験体に使用した構造用集成材の端部から作成されたサンプルを 105°Cの絶乾状態に設定した恒温器を用いて乾燥した後の重量から、含水率を測定した。

- ⑥その他

試験体の目視観察、写真撮影等を行った。

3.3.3 試験体概要

試験体の構成部材、組立仕様などの試験体仕様の一覧を製作時の様子を表 3.3.1～3.3.2 と図 3.3.2～3.3.6、写真 3.3.1～3.3.3 に示す。

表 3.3.1 試験体構成材料 (寸法単位:mm)

項目	試験体の構造
荷重支持部材	<ul style="list-style-type: none"> ・材質 同一構成構造用集成材(日本農林規格に適合するもの) ・樹種 スギ ・密度 0.39g/cm³(気乾、実測値) ・断面寸法 600×600
被覆材	<ul style="list-style-type: none"> ・材質 りん・窒素系薬剤処理単板積層材 ・薬剤含浸量 134-182kg/m³ ・厚さ 90(厚さ 30 の板を積層)

表 3.3.2 試験体構成材料留付材 (寸法単位:mm)

項目	試験体の構造
留付材	<p>[1]被覆材留付用</p> <p>[1]-1 ねじ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 鉄鋼(防錆処理をしたもの) ・寸法 φ5 mm×L90 mm ・留付間隔 200 以下 <p>[1]-2 接着剤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 ウレタン系樹脂接着剤 ・塗布量 300g/m² <p>[1]-3 木栓</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 ブナ(広葉樹) ・寸法 φ10
表面塗装	なし

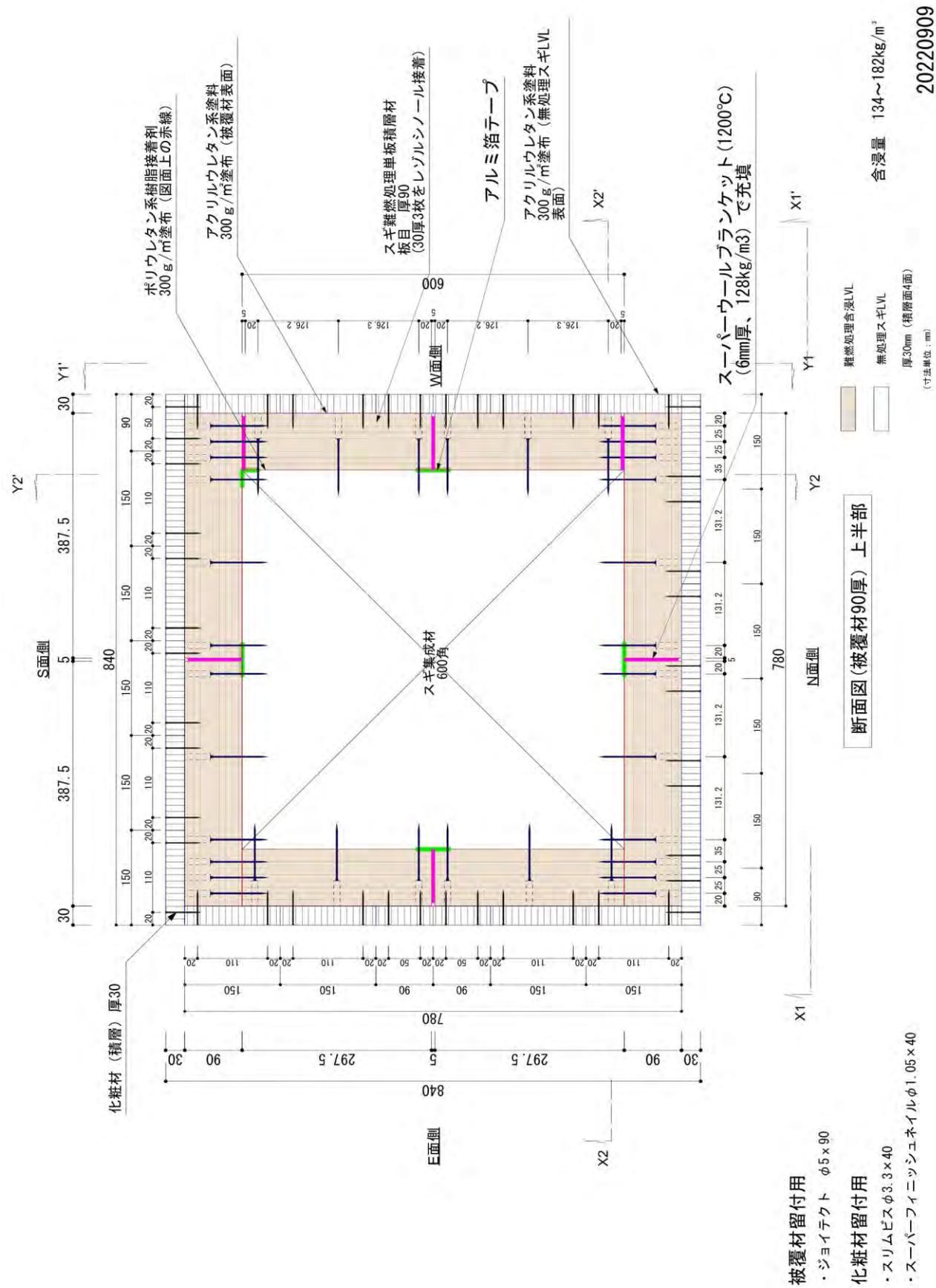


図 3.3.2 試験体の構造及び寸法

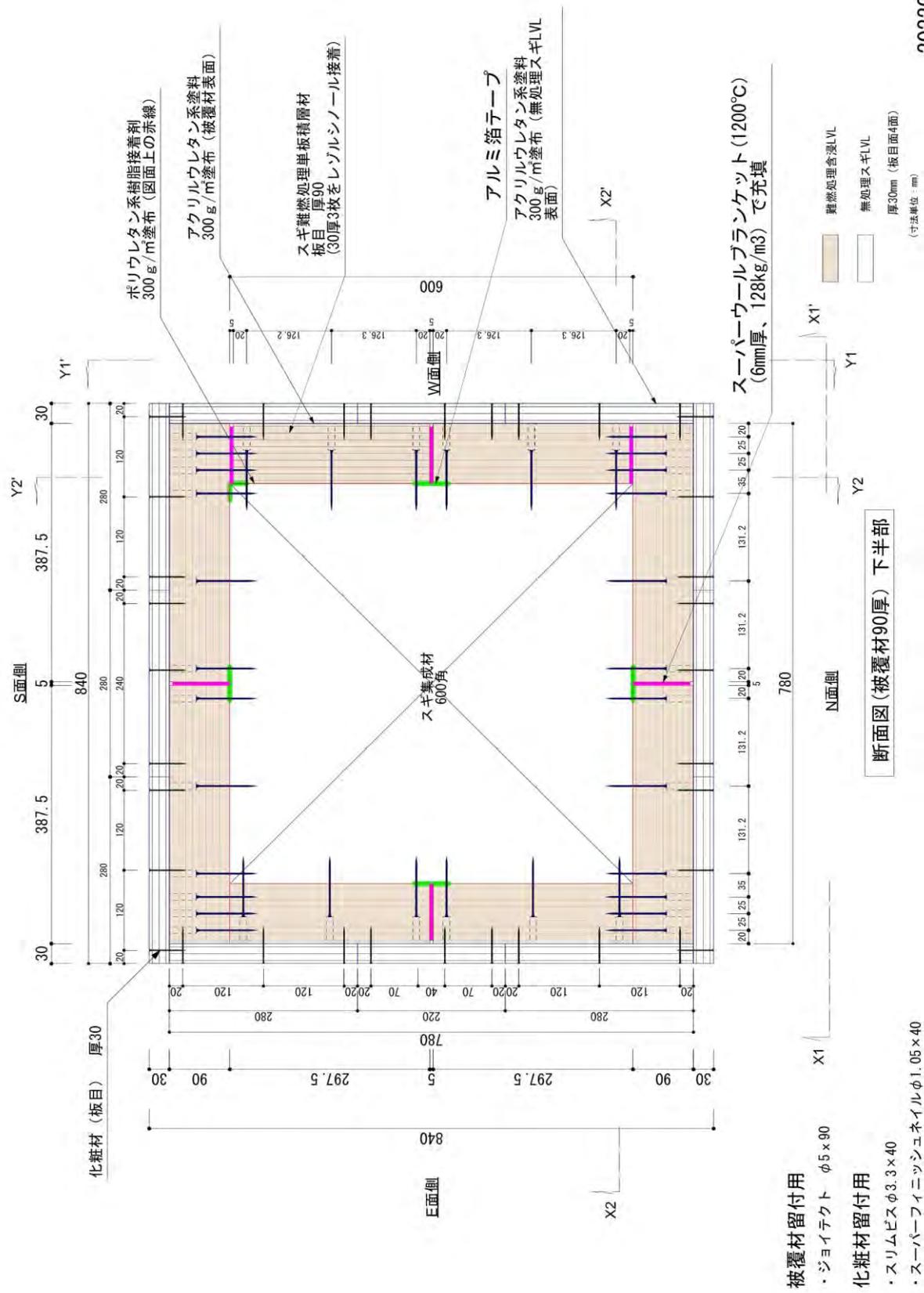
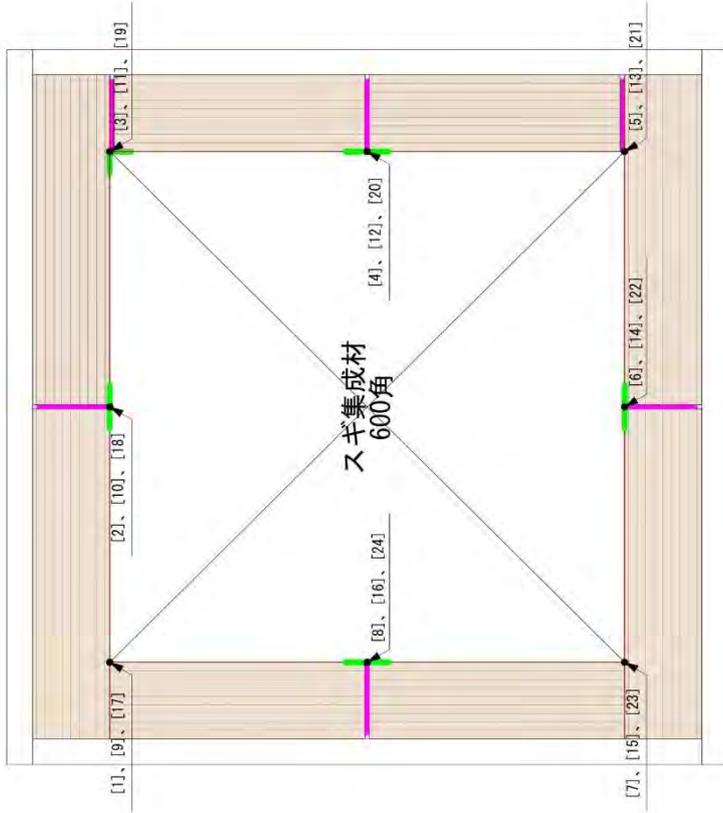


図 3.3.3 試験体の構造及び寸法

20220909

S面側



E面側

W面側

N面側

- 難燃処理済LVL
- 無処理スギLVL
厚30mm
- 熱電対

図3 断面600°角(被覆厚90) 熱電対配置

熱電対の断面図

(寸法単位：mm)

図 3.3.4 試験体の構造及び寸法

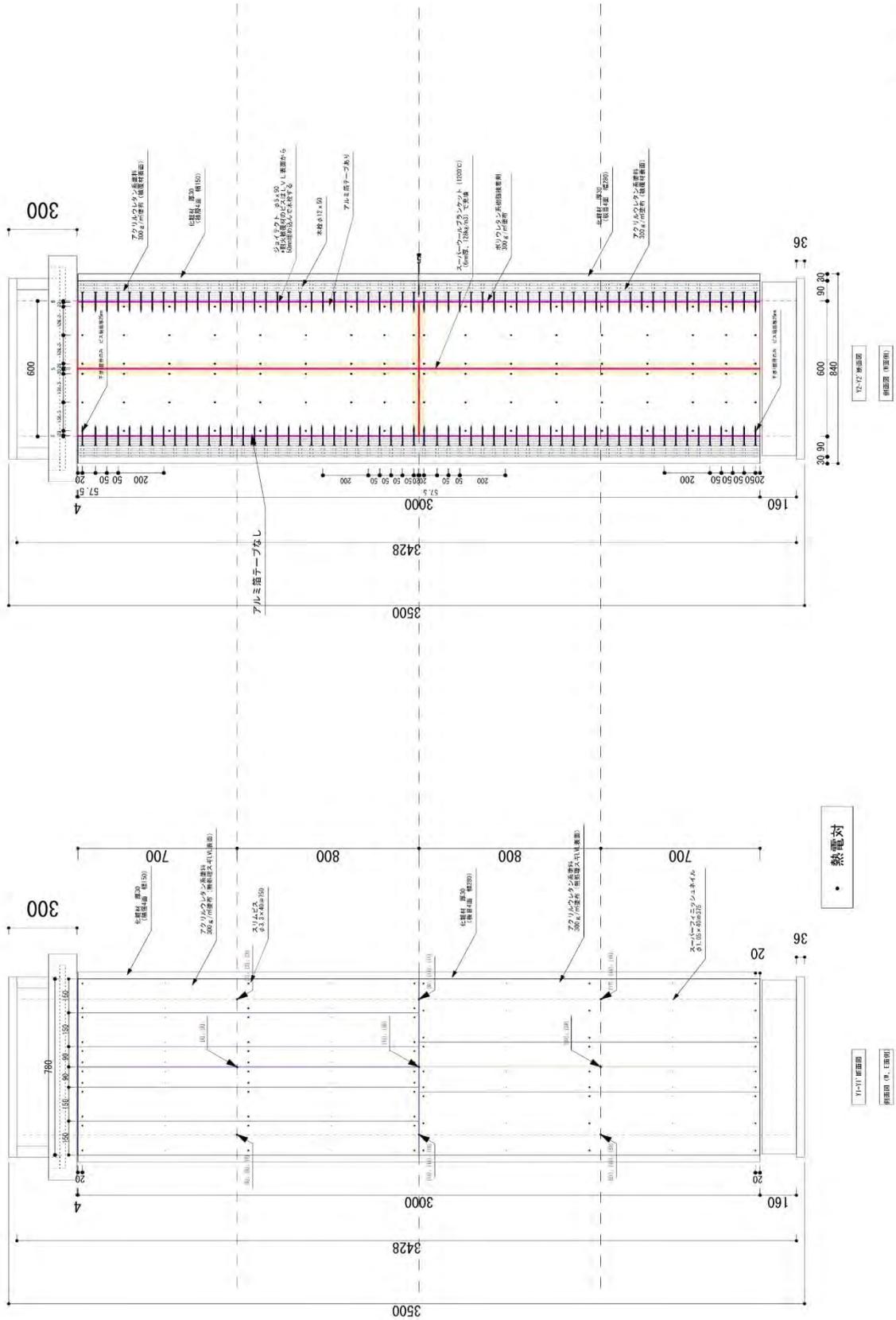


図 3.3.5 試験体の構造及び寸法



写真 3.3.1 製作時の様子



写真 3.3.2 製作時の様子



写真 3.3.3 製作時の様子

3.3.4 結果及び考察

(1) 結果

10時34分に加熱を開始し、2時間後の12時34分に加熱を終了した。加熱を終了しても炉内温度が下がらず、炉内が赤く燃え上がっていたので、加熱開始後180分で試験を終了し脱炉した。加熱温度測定曲線を図3.3.7、軸方向変形測定結果を図3.3.8、熱電対の内部温度曲線を図3.3.9に示す。試験体写真を写真3.3.4～写真3.3.25に示した。

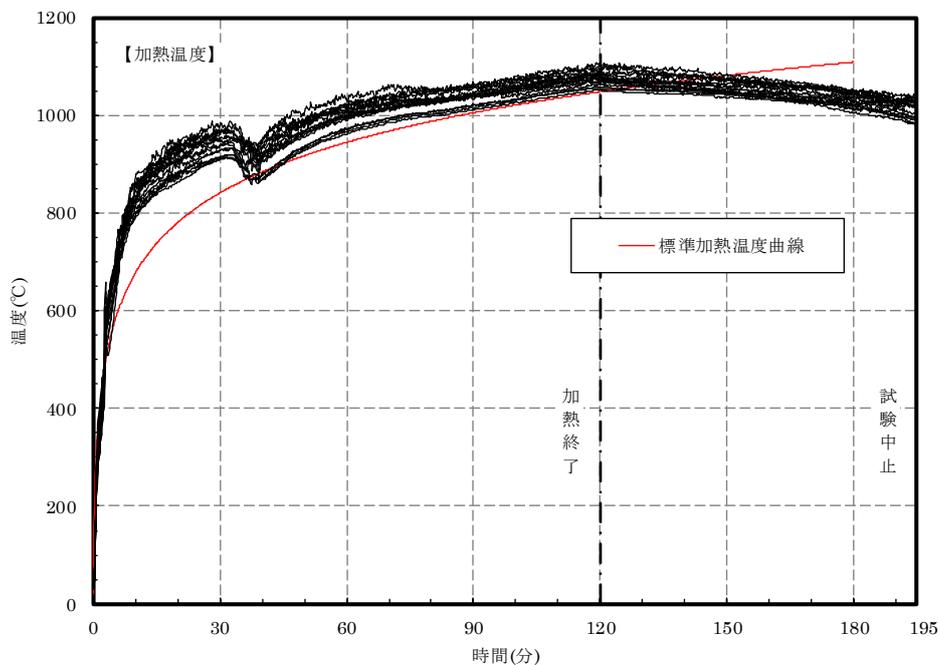


図 3.3.7 加熱温度測定曲線

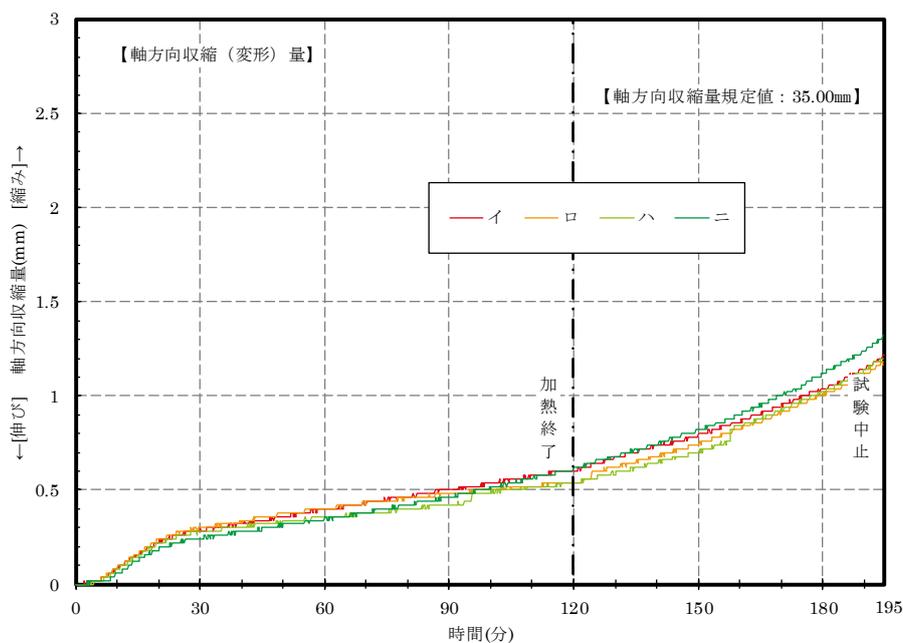


図 3.3.8 軸方向変形量測定曲線

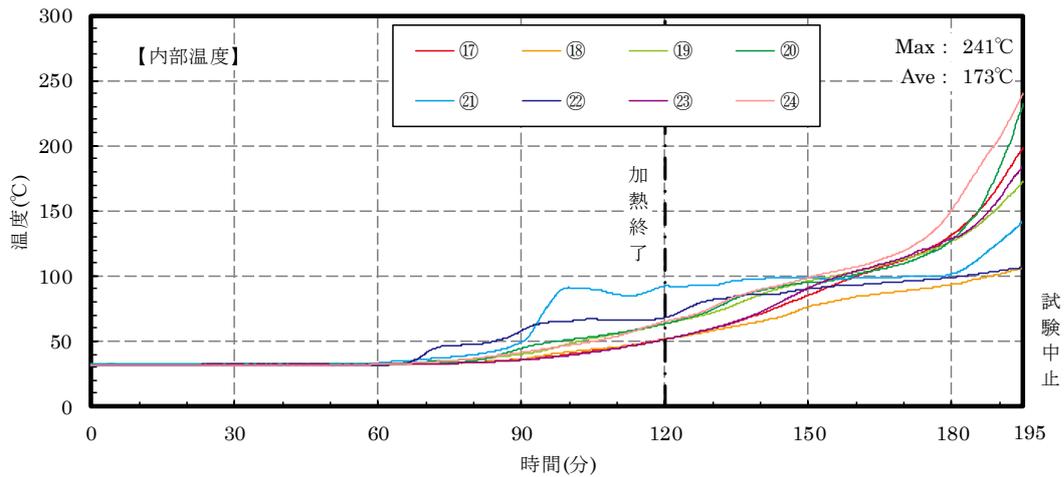
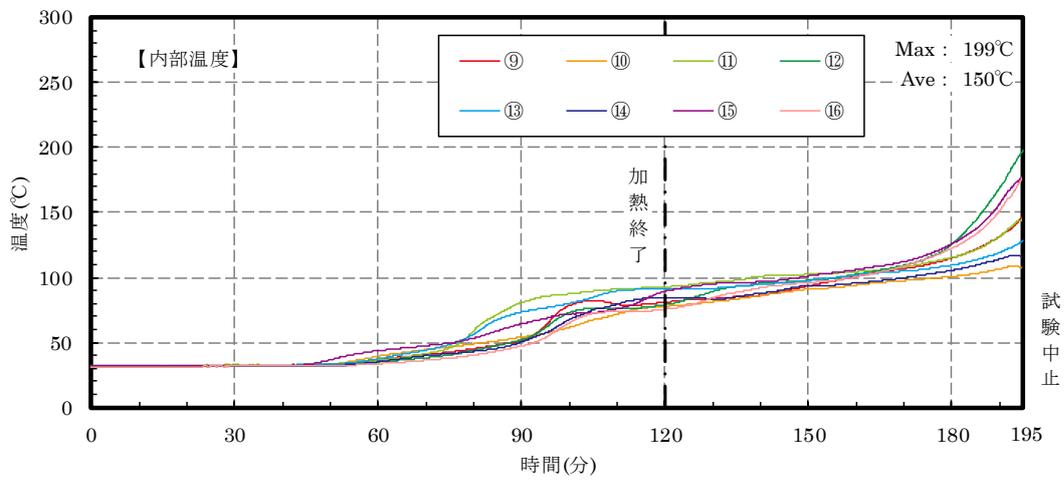
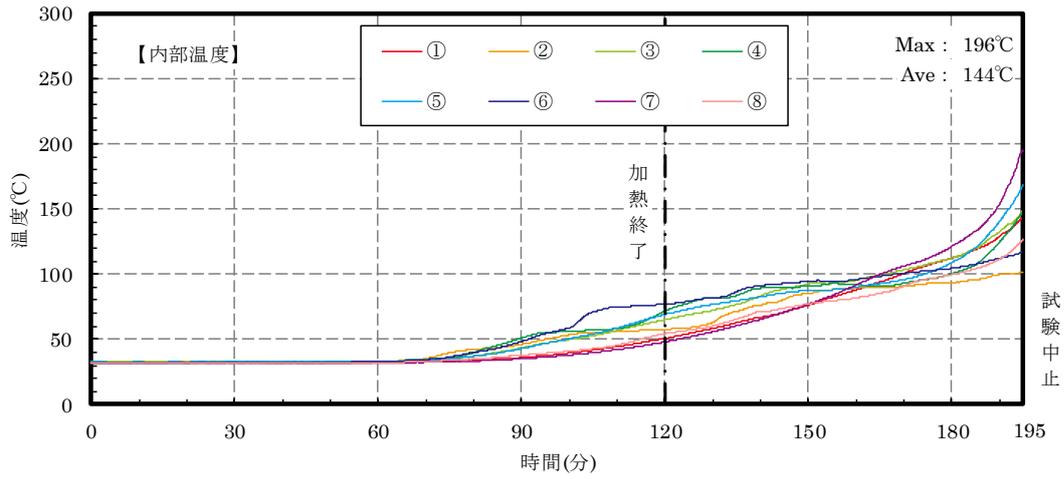


図 3.3.9 内部温度測定曲線 (部位毎)



写真 3. 3. 4 試験体 (加熱前)



写真 3.3.5 開始 15 分

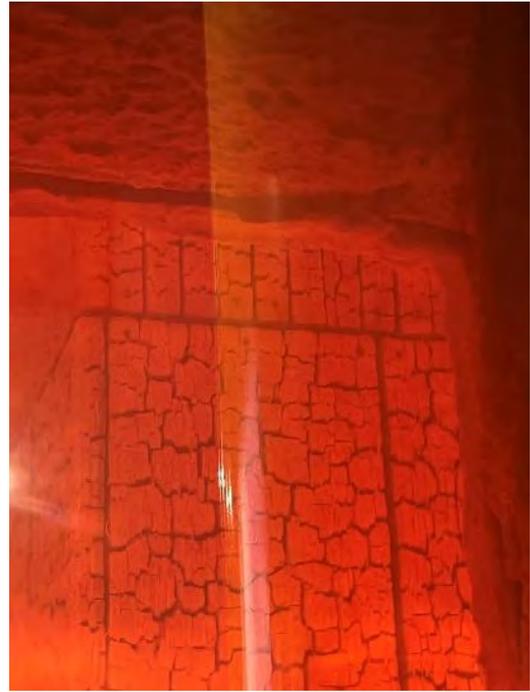


写真 3.3.6 開始 21 分 表面 LVL の割れ



写真 3.3.7 開始 29 分 表面変わらず



写真 3.3.8 開始 65 分 薬剤による窓の汚れ

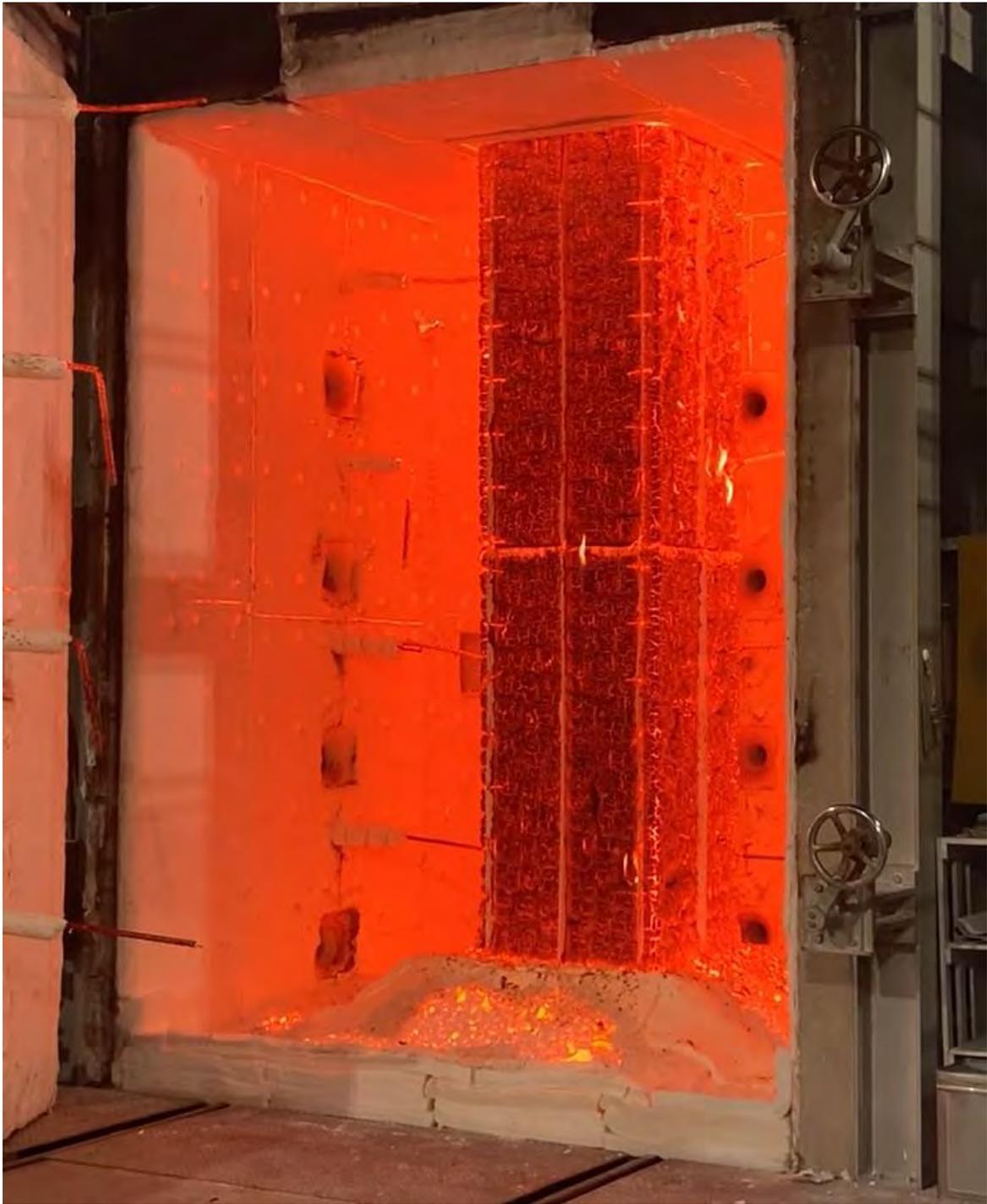


写真 3.3.9 脱炉時 (180 分)



写真 3.3.10 試験体上部 消火後



写真 3.3.11 試験体下部 消火後



写真 3.3.12 表面の無処理LVLはほぼ脱落 処理LVL表面に薬剤が白く析出



写真 3.3.13 隅部目地



写真 3. 3. 14 目地 中間点 下部



写真 3. 3. 15 目地 中間点 中心



写真 3.3.16 断面切断



写真 3.3.17 断面（中央部）



写真 3. 3. 18 隅部 (中央部)



写真 3. 3. 19 隅部 (中央部)



写真 3.3.20 隅部 (中央部)



写真 3.3.21 隅部 (中央部)



写真 3. 3. 22 荷重支持部材 中間点



写真 3. 3. 23 隅部のアルミテープをはがしたところ



写真 3.3.24 断面 (上部)



写真 3.3.25 断面 (下部)

(2) 考察

加熱開始後表面の 30mm 厚の無処理 LVL が燃えはじめ 30 分までは上部の積層面、下部の板目面ともに脱落はほとんどなかった。60 分を過ぎたところで窓が難燃薬剤で黒くすすけて内部の観察が困難になった。120 分で加熱を終了した。炉内温度は加熱を止めても下がらず、窓内部は赤いままで何かが燃焼していることが考えられた。試験を中断して消火することとし、180 分で脱炉した。扉をあけたところ、試験体表面全体が赤熱していた。また下部には落下した LVL が赤熱して残っていた。被覆材勝ち負け部のビスが見えていたことから、30mm 厚の無処理 LVL は上部の積層面、下部の板目面ともに脱落して下部で赤熱していたと考えられる。

水をかけて消火し、試験体を観察した。表面には難燃薬剤が析出して白い粒となって残っていた。これは今までの耐火試験体と同様の現象である。目地の表面での開き具合も、今までの試験と比べて大きく変わったところはなかった。中間点、1/4 点の断面 3 か所を切断して、荷重支持部材を観察した。180 分で早めに脱炉したこともあり、スギ集成材の炭化は見られなかった。

今回の試験体では、隅部の目地を 6mm 厚 AES を挟みこみ、柱をアルミテープで補強した仕様も検討した。温度上昇が一番大きかった下部 1/4 点の内部温度 17 番から 24 番を観察した。加熱 60 分から 120 分にかけて、6mm 厚 AES を挿入した 21 番が 100 度近くまで上昇していたのに対し、挟んでいない部位は上がり方が少なかった。柱中間点においては、AES を挿入した 11 番と 13 番でも、挟んでいない部位にくらべて加熱中の温度上昇が大きかった。被覆材同士を勝ち負けで突き付けた従来の隅部と AES とアルミテープで補強した隅部は、加熱中についてはそれほど性能に差がなかったのではないかと考えられた。

600 角柱を難燃薬剤処理 90mm 厚と無処理 LVL30mm 厚で被覆した仕様では加熱を止めても表面の赤熱が止まらず、試験体は燃焼した。1 月から試験を実施する性能評価試験の仕様は、無処理材を表面に配置せずに薬剤処理層を増やし、3 年前に 2 時間耐火の性能を確認した難燃薬剤処理 120mm 厚とした仕様で行いたいと考えた。

3.4 性能確認試験・大断面 500 角（柱）

3.4.1 試験体

3.3での被覆仕様の結果、被覆材を難燃薬剤処理 LVL を 90mm 厚から 120mm 厚に増やすこととした。4 年前に 2 時間耐火を検討した際、同様の仕様で耐火性能を満たすことを確認している。また、大断面柱の寸法を 600mm 角から 500mm 角と小さくして、試験体が受ける熱量を少しでも減らした。500mm 角を運用上最大寸法とできることを評価機関に確認した上で試験に臨んだ。

3.4.2 実験概要

日本建築総合試験所の柱炉を使用し、一般社団法人日本建築総合試験所の「防耐火性能・標準業務方法書」に準拠して載荷加熱試験を行った。図 3.4.1 に柱炉の試験装置図を示した。試験実施日は令和 5 年 1 月 4 日であった。

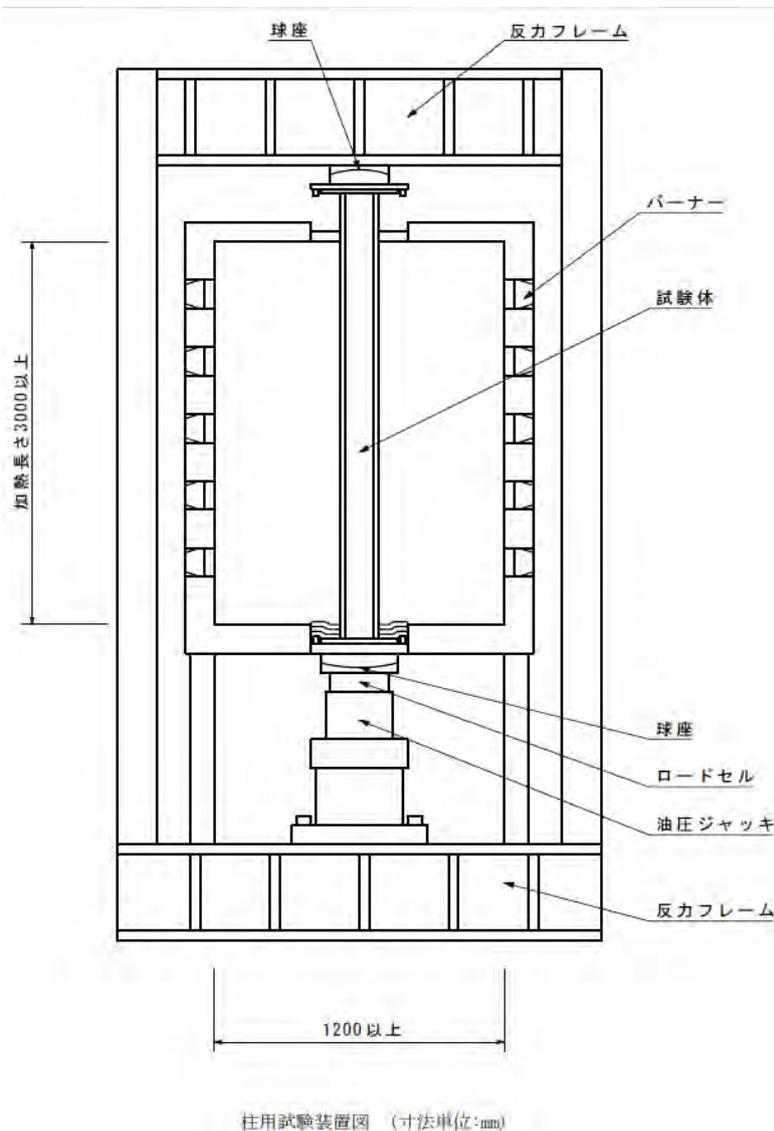


図 3.4.1 試験装置図

(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行った。たわみ変形が進み、载荷の継続が困難となった場合、または内部温度が炭化温度を大幅に超えた場合に試験を中止する事とした。

(2) 载荷方法

試験荷重は、荷重支持部材の構造用集成材 E65-F255 の基準曲げ強度($F_b=22.6\text{N/mm}^2$)より長期許容曲げ応力度がかかるよう、算出し载荷した。

(3) 測定項目

- ①試験体内部温度
- ②炉内温度
- ③軸方向収縮(変形)量
- 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含水率

試験体に使用した構造用集成材の端部から作成されたサンプルを 105°Cの絶乾状態に設定した恒温器を用いて乾燥した後の重量から、含水率を測定した。

- ⑥その他

試験体の目視観察、写真撮影等を行った。

3.4.3 試験体概要

試験体の構成部材、組立仕様などの試験体仕様の一覧を製作時の様子を表 3.4.1～3.4.2 と図 3.4.2～3.4.4、写真 3.4.1 に示す。

表 3.4.1 試験体構成材料 (寸法単位:mm)

項目	試験体の構造
荷重支持部材	<ul style="list-style-type: none"> ・材質 同一構成構造用集成材(日本農林規格に適合するもの) ・樹種 スギ ・密度 0.39g/cm³(気乾、実測値) ・断面寸法 500×500
被覆材	<ul style="list-style-type: none"> ・材質 りん・窒素系薬剤処理単板積層材 ・薬剤含浸量 131-140kg/m³ ・厚さ 120(厚さ 30 の板を積層)

表 3.4.2 試験体構成材料留付材 (寸法単位:mm)

項目	試験体の構造
留付材	<p>[1]被覆材留付用</p> <p>[1]-1 ねじ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 鉄鋼(防錆処理をしたもの) ・寸法 φ5 mm×L105 mm ・留付間隔 200 以下 <p>[1]-2 接着剤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 ウレタン系樹脂接着剤 ・塗布量 300g/m² <p>[1]-3 木栓</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 ブナ(広葉樹) ・寸法 φ12
表面塗装	<p>[1]アクリル・ウレタン樹脂系塗料</p> <ul style="list-style-type: none"> ・塗布量 300g/m²

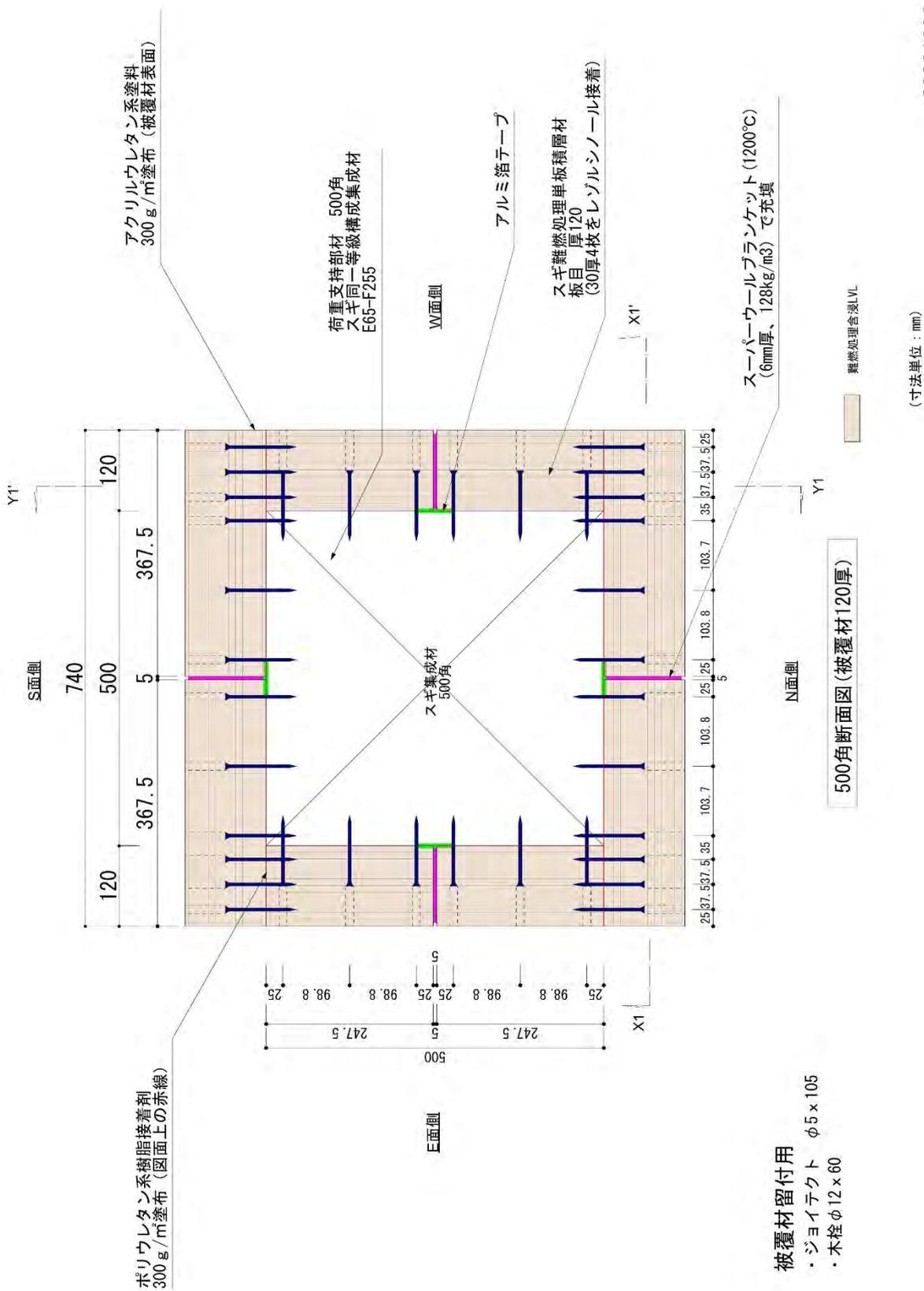


図 3.4.2 試験体の構造及び寸法

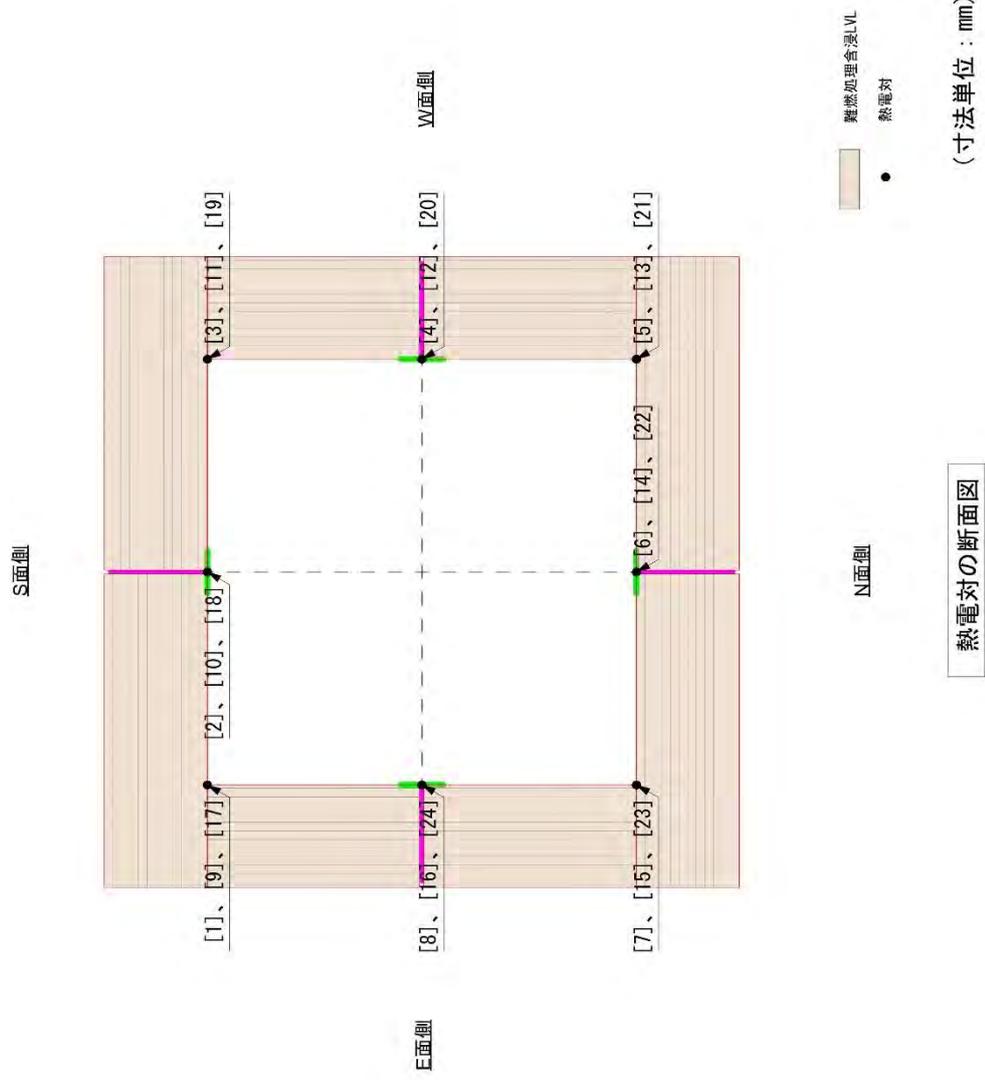


図 3.4.3 試験体の構造及び寸法

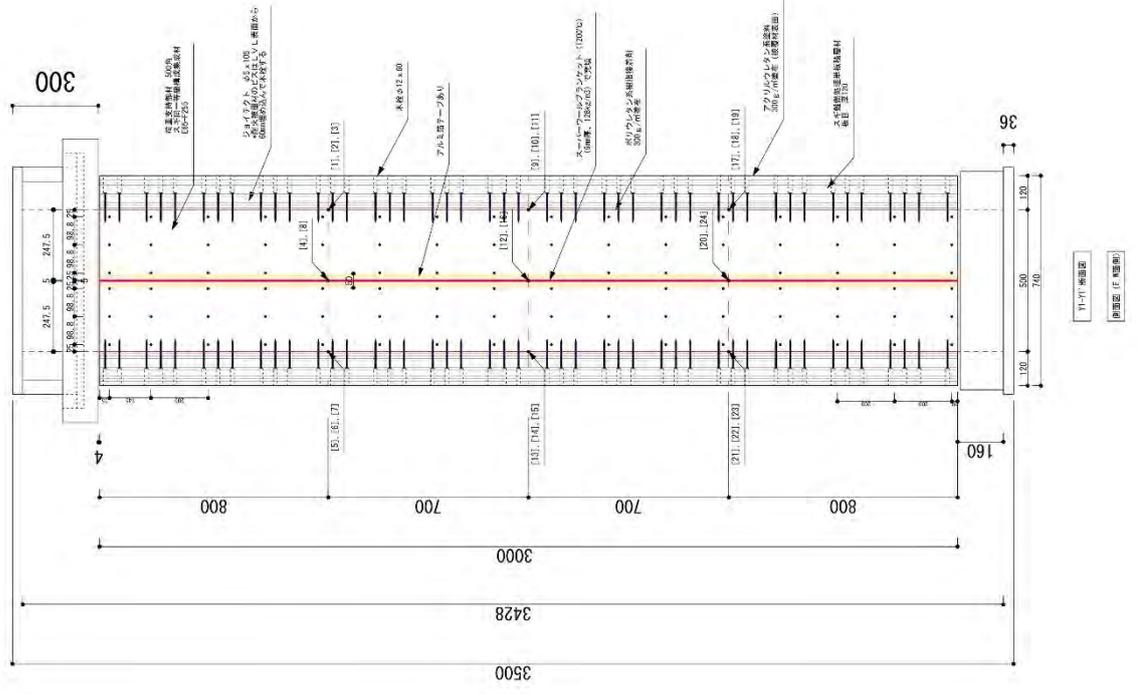
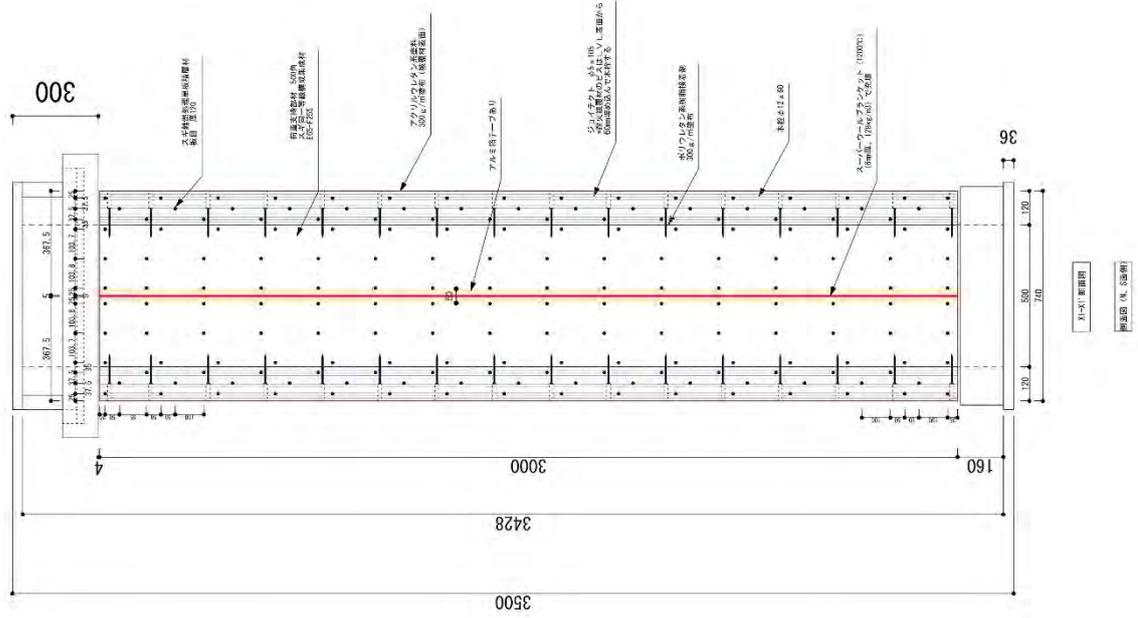


図 3.4.4 試験体の構造及び寸法



写真 3. 4. 1 製作時の様子

3.4.4 結果及び考察

(1) 結果

10時27分に加熱を開始し、2時間後の12時27分に加熱を終了した。内部温度が上昇ははじめ、赤熱が確認されたため1090分で試験を終了し脱炉した。加熱温度測定結果を図3.4.5、軸方向変形測定結果を図3.4.6、熱電対の内部温度曲線を図3.4.7に示す。試験体写真を写真3.4.7～写真3.4.21に示した。

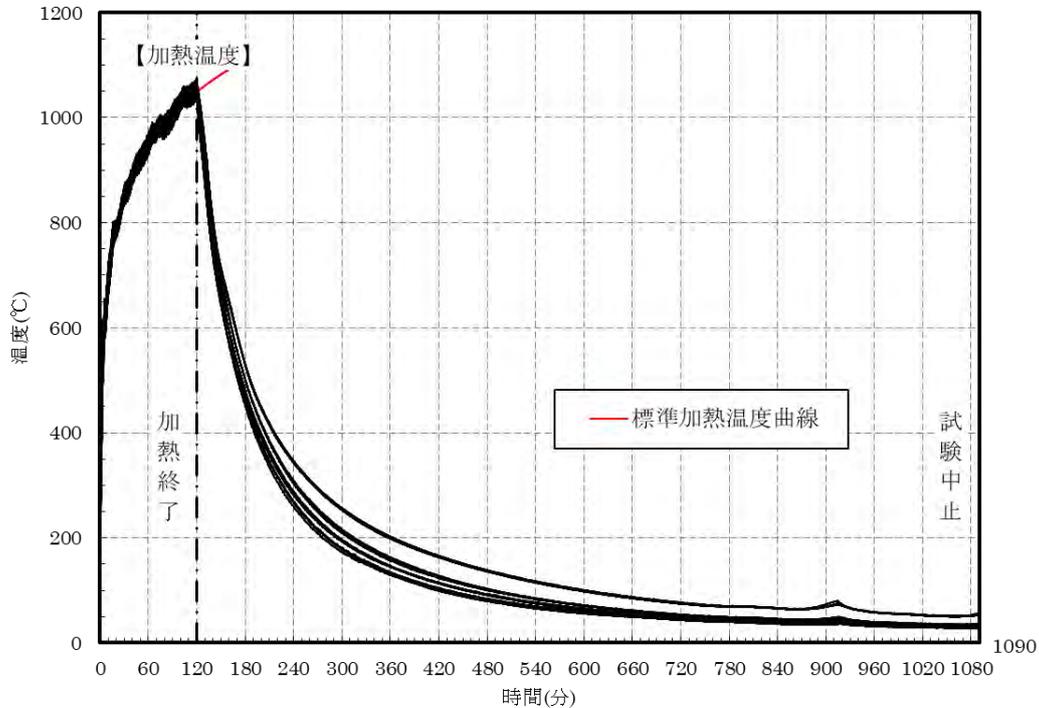


図 3.4.5 加熱温度測定曲線

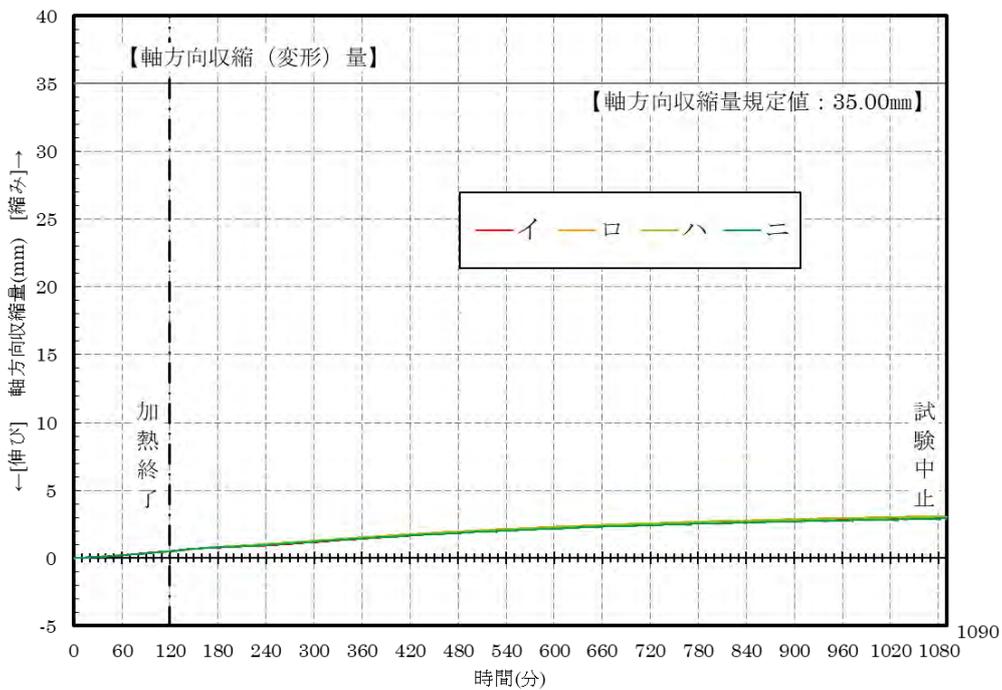


図 3.4.6 軸方向変形量測定曲線

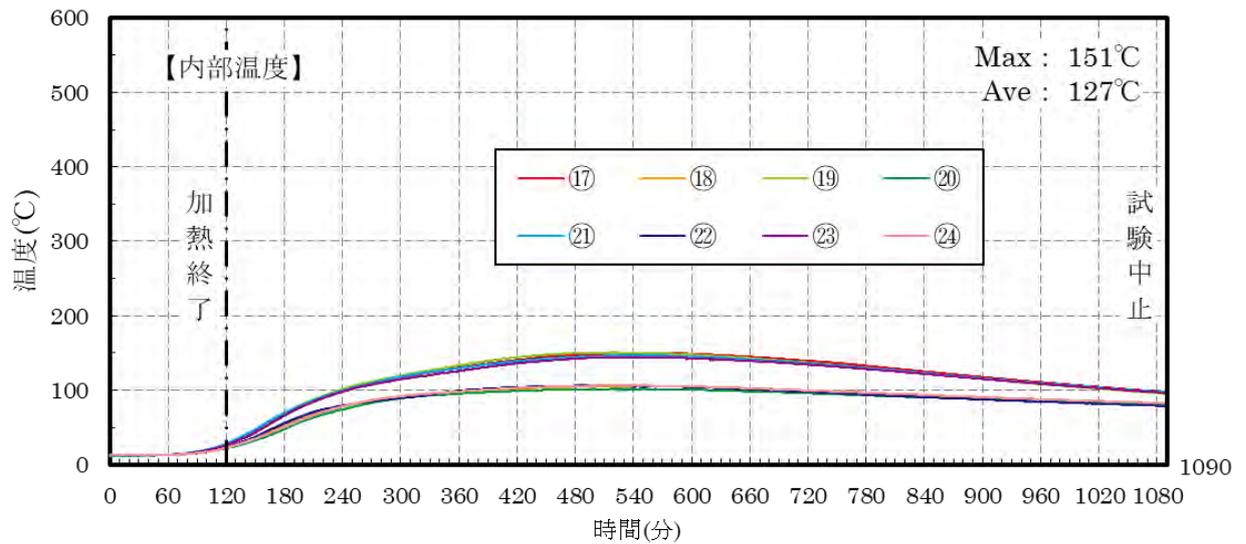
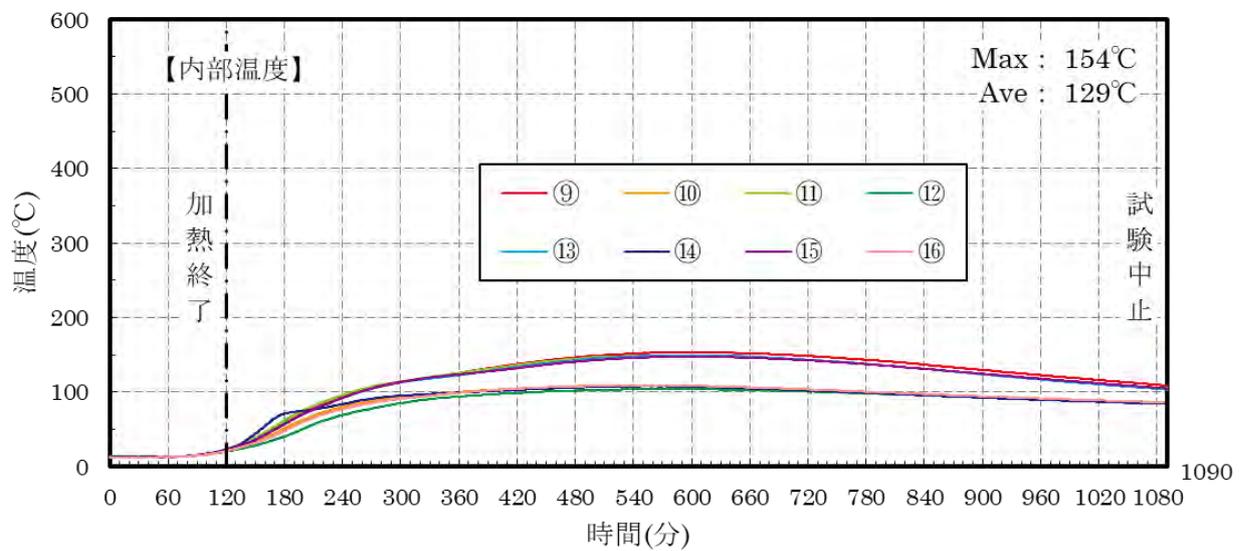
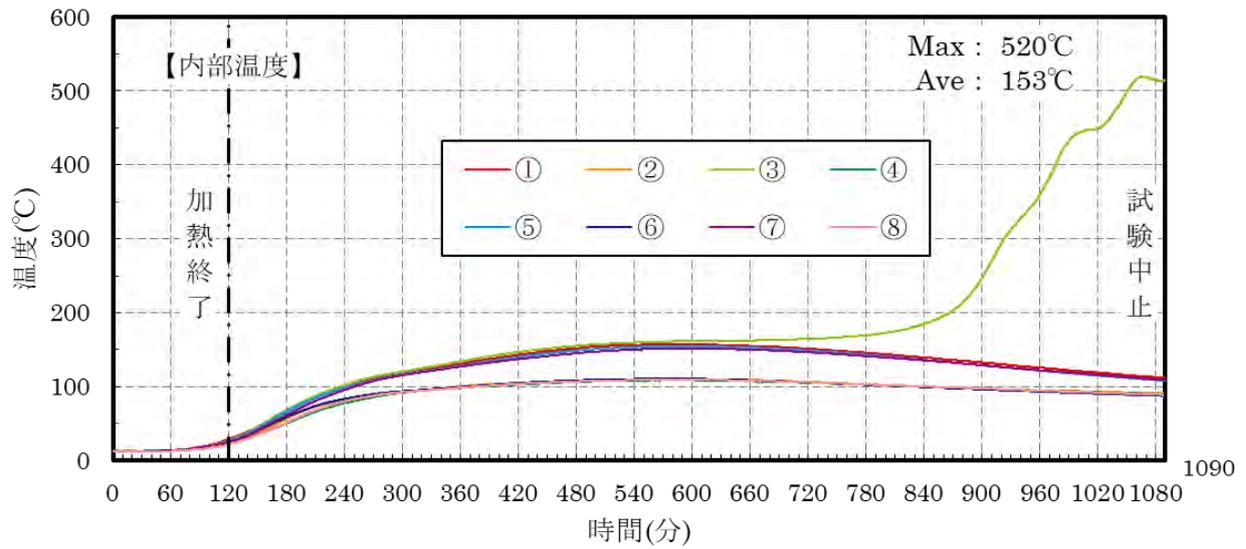


図 3.4.7 内部温度測定曲線 (部位毎)



写真 3.4.7 試験体 (加熱前)



写真 3.4.8 加熱開始 15 分

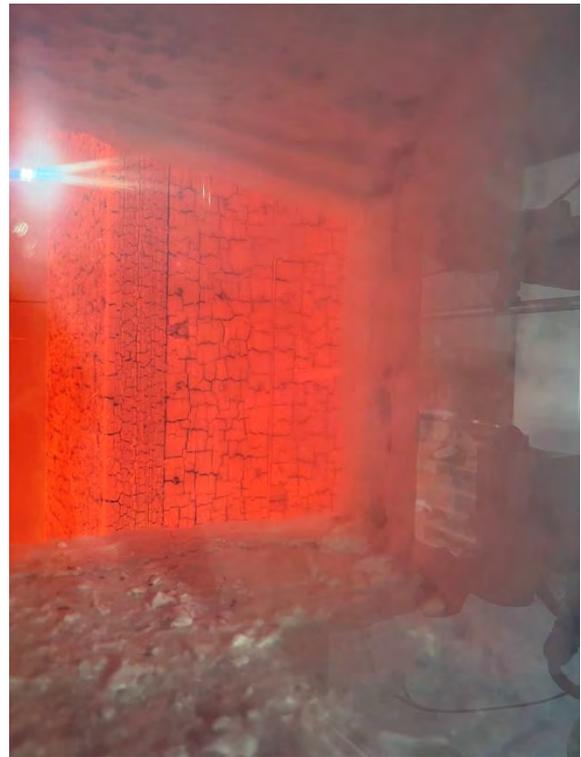


写真 3.4.9 加熱開始 28 分

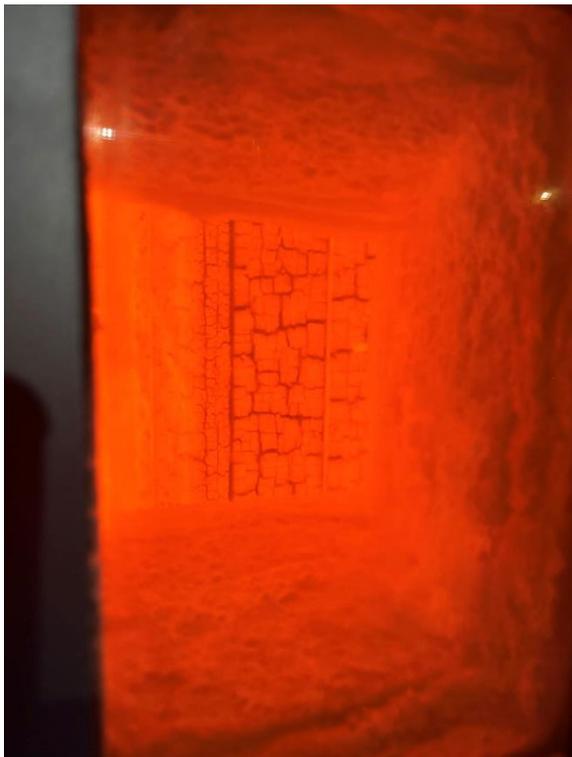


写真 3.4.10 加熱停止直前



写真 3.4.11 加熱終了後

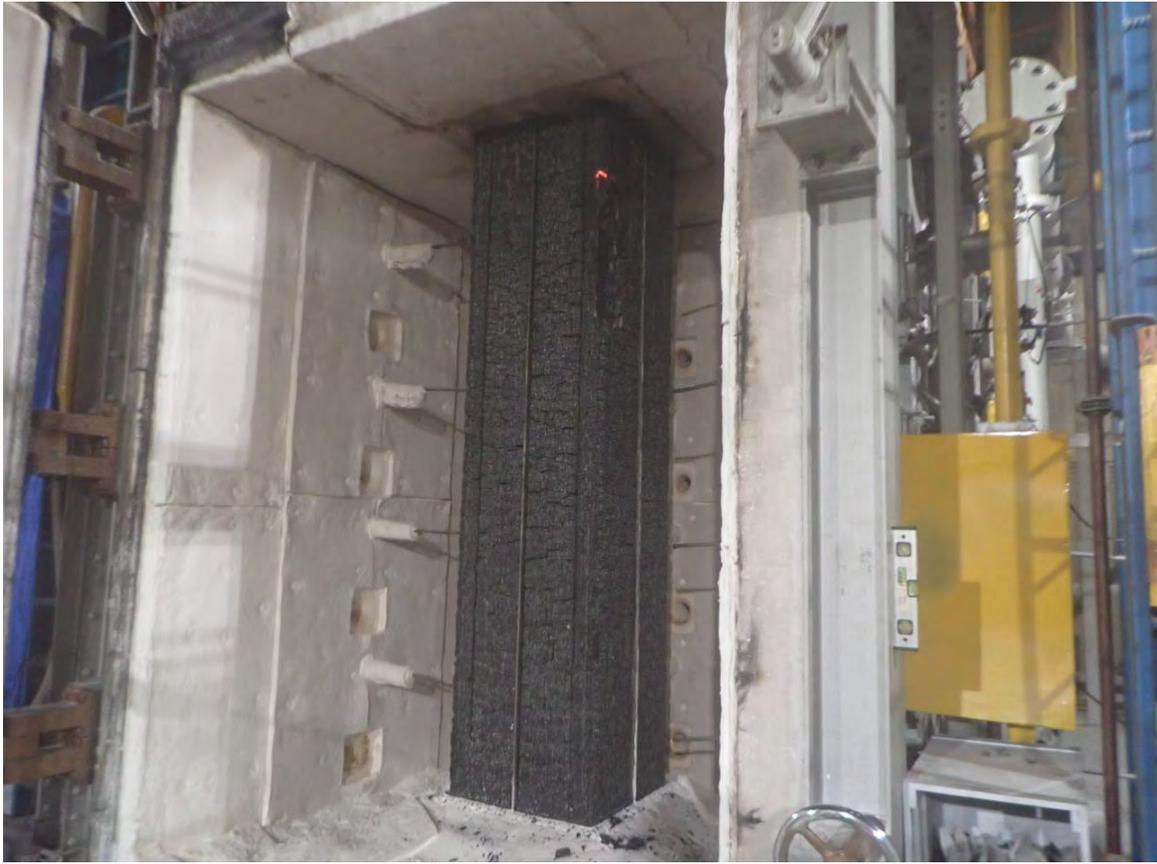


写真 3.4.12 1090 分後脱炉 上部赤熱



写真 3.4.13 試験体南面



写真 3.4.14 燃え込み場所



写真 3.4.15 同側面



写真 3.4.16 目地部分



写真 3.4.17 断面（中段）



写真 3.4.18 断面切断



写真 3.4.19 断面（上段） 左上燃え込み



写真 3.4.20 炭化隅部（上段）



写真 3.4.21 一番燃え込があった部位

(2) 考察

10時27分に加熱開始、2時間後に加熱を終了した。加熱5分で被覆材表面において難燃薬剤が発泡しているのが観察された。

加熱開始後1090分で脱炉した。隅部の上部分に1カ所の赤熱燃焼が続けていることが確認された。内部温度の最大値は、柱上部の隅部熱電対3番の520℃(1066分)であり、それ以外の隅部では1番の158℃(573分)、平部の最大温度は6番のである110℃(568分)が最大温度であった。

軸方向変形量の最大値は4mmであった。燃え込んだ箇所を切断し、上段部の隅部1番の部位で荷重支持柱に20mm程度の炭化が確認された。

4年前に検討した2時間耐火仕様は小断面150mm角であった。500mm角と減じても大断面試験体で加熱中に受ける熱量は思ったより多かった。また被覆材断面寸法は分厚い120mm厚かつ幅が368mmと幅広く、被覆材が加熱中に思ったより収縮して集中的に亀裂が多く入り、予想以上に熱が被覆材に入った場所があるのではないかと考えられた。加熱中は側面で2次接着のラインで若干開いているのが観察された。過去の耐火試験時の加熱中写真でも2次接着ラインが若干開いており、ここも熱が入る可能性があったと考えられる。

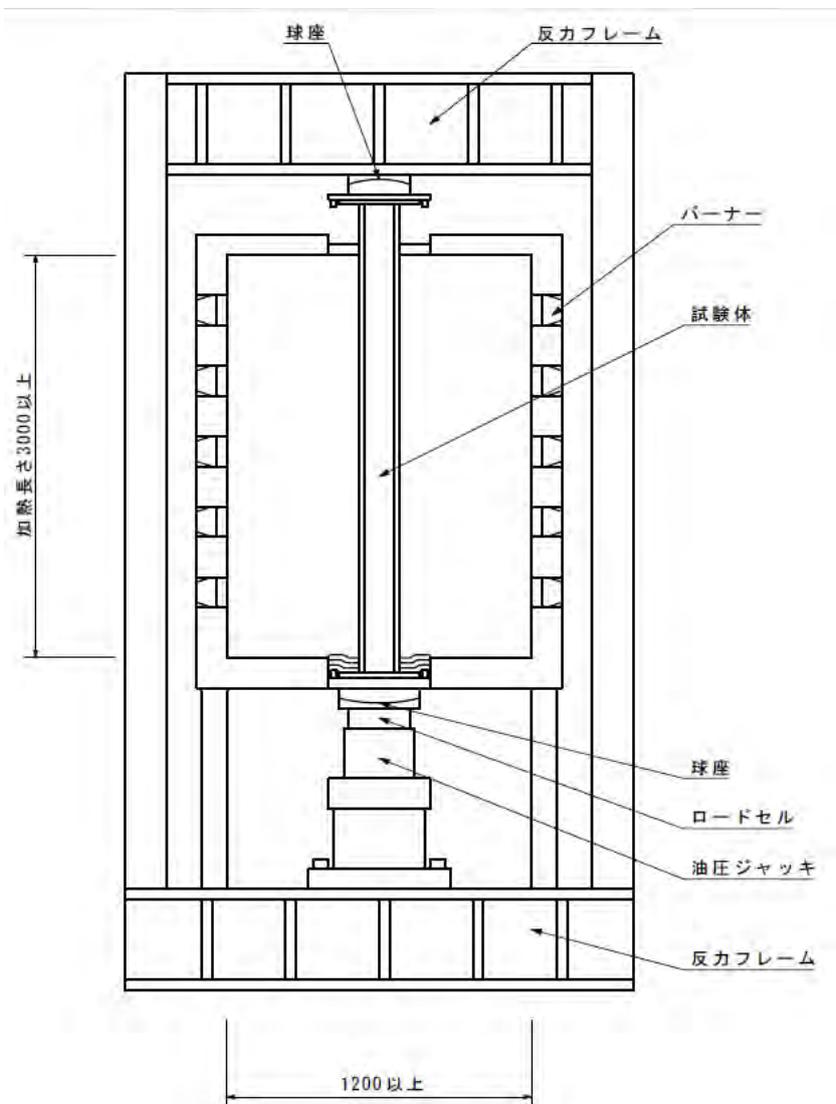
3.5 性能確認試験・大断面 500 角（柱）

3.5.1 試験体

3.4での被覆仕様の結果、幅広による集中的な亀裂の発生の可能性が考えられた。幅広部材にあえて目地を設け、収縮を吸収し集中的な亀裂の発生を防ぐ手段をとった。一辺にたいし目地を1か所としていたのを2か所とし、3.4で突破された被覆材勝ち部分の被覆材幅を制限して目地を設けた仕様とした。

3.5.2 実験概要

日本建築総合試験所の柱炉を使用し、一般社団法人日本建築総合試験所の「防耐火性能・標準業務方法書」に準拠して載荷加熱試験を行った。図 3.5.1 に柱炉の試験装置図を示した。試験実施日は令和5年2月8日であった。



柱用試験装置図（寸法単位:mm）

図 3.5.1 試験装置図

(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行った。たわみ変形が進み、載荷の継続が困難となった場合、または内部温度が炭化温度を大幅に超えた場合に試験を中止する事とした。

(2) 載荷方法

試験荷重は、荷重支持部材の構造用集成材 E65-F255 の基準曲げ強度($F_b=22.6\text{N/mm}^2$)より長期許容曲げ応力度がかかるよう、算出し載荷した。

(3) 測定項目

- ①試験体内部温度
- ②炉内温度
- ③軸方向収縮(変形)量
- 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含水率

試験体に使用した構造用集成材の端部から作成されたサンプルを 105°Cの絶乾状態に設定した恒温器を用いて乾燥した後の重量から、含水率を測定した。

- ⑥その他

試験体の目視観察、写真撮影等を行った。

3.5.3 試験体概要

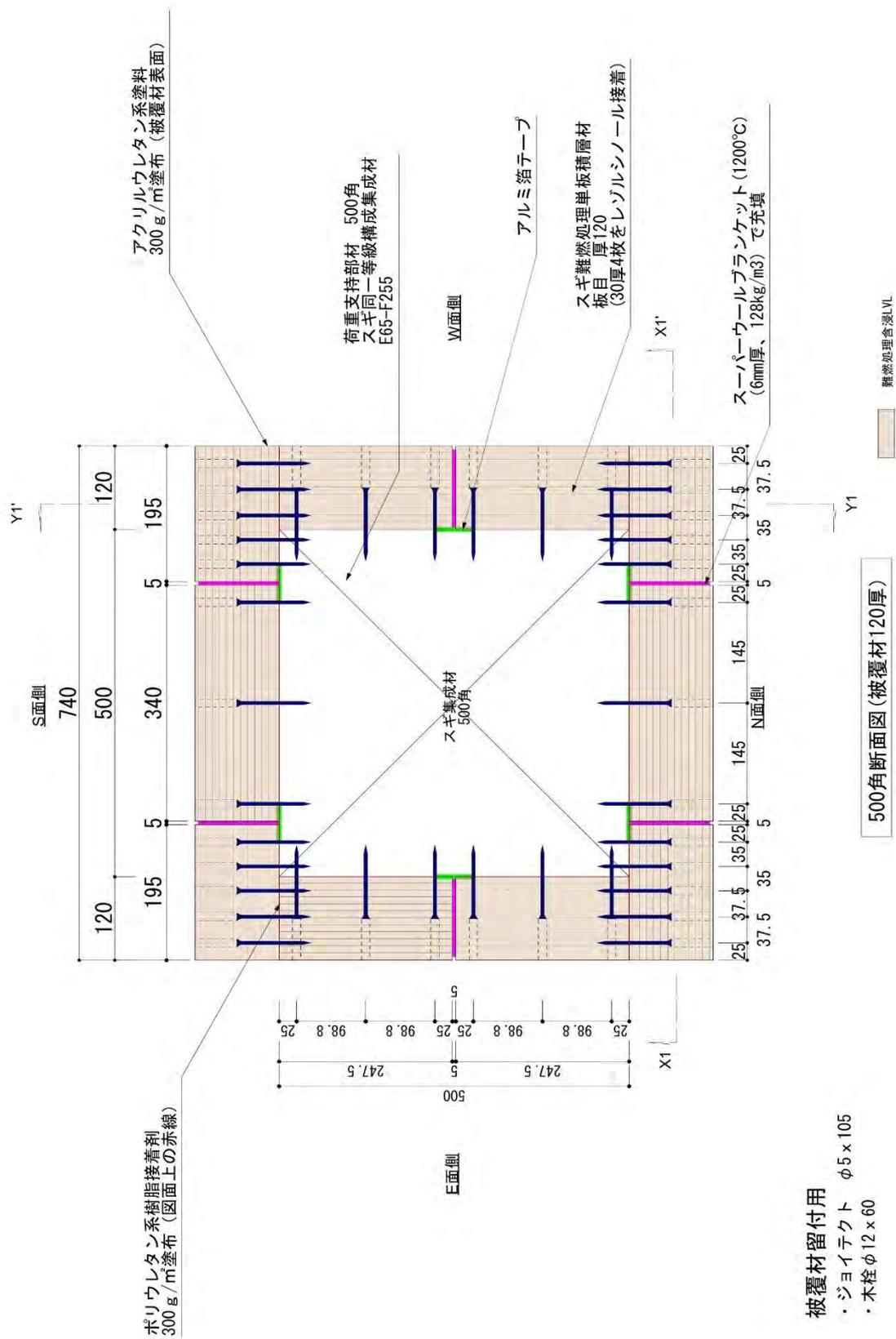
試験体の構成部材、組立仕様などの試験体仕様の一覧を製作時の様子を表 3.5.1～3.5.2 と図 3.5.2～3.5.4、写真 3.5.1 に示す。

表 3.5.1 試験体構成材料 (寸法単位:mm)

項目	試験体の構造
荷重支持部材	<ul style="list-style-type: none"> ・材質 同一構成構造用集成材(日本農林規格に適合するもの) ・樹種 スギ ・密度 0.39g/cm³(気乾、実測値) ・断面寸法 500×500
被覆材	<ul style="list-style-type: none"> ・材質 りん・窒素系薬剤処理単板積層材 ・薬剤含浸量 131-140kg/m³ ・厚さ 120(厚さ 30 の板を積層)

表 3.5.2 試験体構成材料留付材 (寸法単位:mm)

項目	試験体の構造
留付材	<p>[1]被覆材留付用</p> <p>[1]-1 ねじ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 鉄鋼(防錆処理をしたもの) ・寸法 φ5 mm×L105 mm ・留付間隔 200 以下 <p>[1]-2 接着剤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 ウレタン系樹脂接着剤 ・塗布量 300g/m² <p>[1]-3 木栓</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 ブナ(広葉樹) ・寸法 φ12
表面塗装	<p>[1]アクリル・ウレタン樹脂系塗料</p> <ul style="list-style-type: none"> ・塗布量 300g/m²



20230123

図 3.5.2 試験体の構造及び寸法

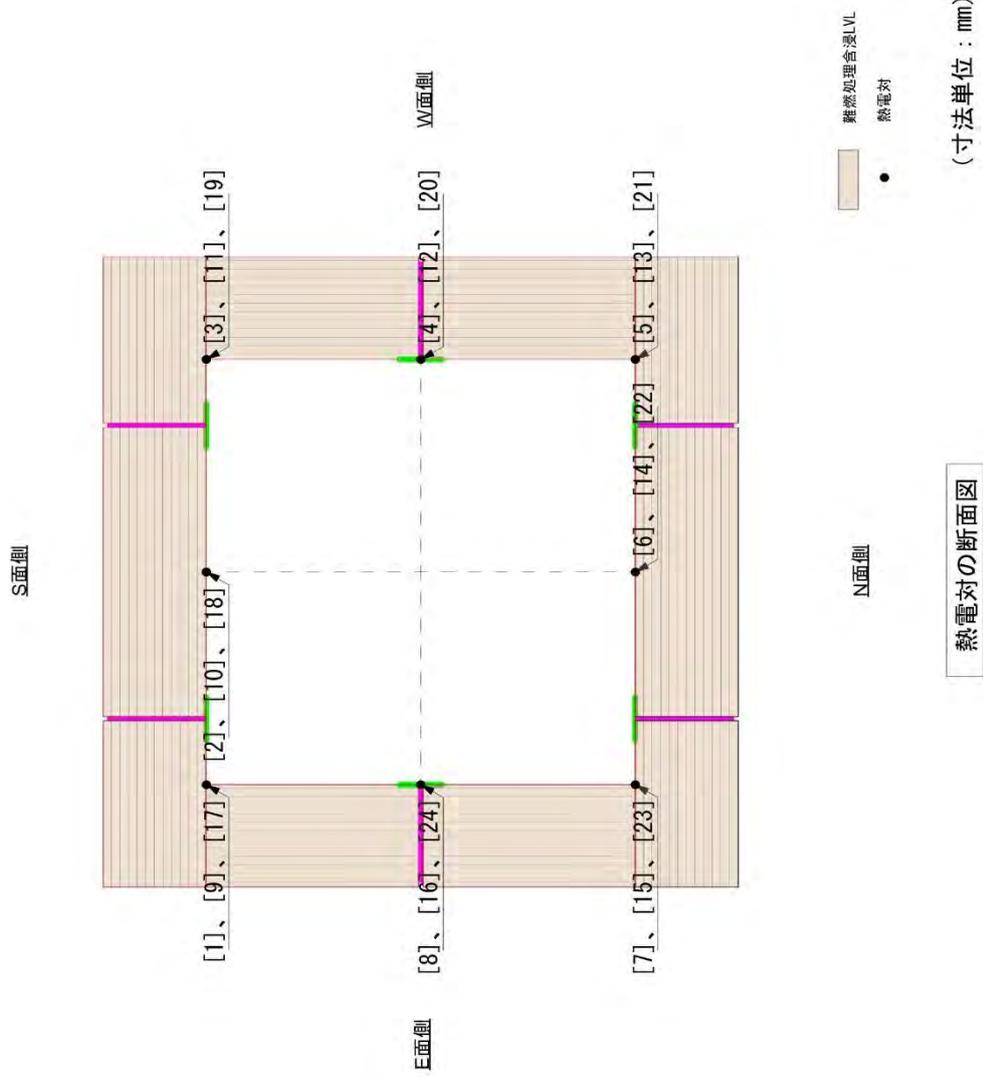


図 3.5.3 試験体の構造及び寸法



写真 3.5.1 製作時の様子

3.5.4 結果及び考察

(1) 結果

10時00分に加熱を開始した。360分頃から中間点隅部15番の温度が上がり始め、720分で300度に達して停滞したがまた上がり始めた。15番と同じラインで下部の23番も960分頃から温度が急激にあがりはじめた。1380分で試験を終了して脱炉した。脱炉時、試験体隅部中段周辺が赤く燃え上がっていた。加熱温度測定結果を図3.5.5、軸方向変形測定結果を図3.5.6、熱電対の内部温度曲線を図3.5.7に示す。試験体写真を写真3.5.2～3.5.23に示した。

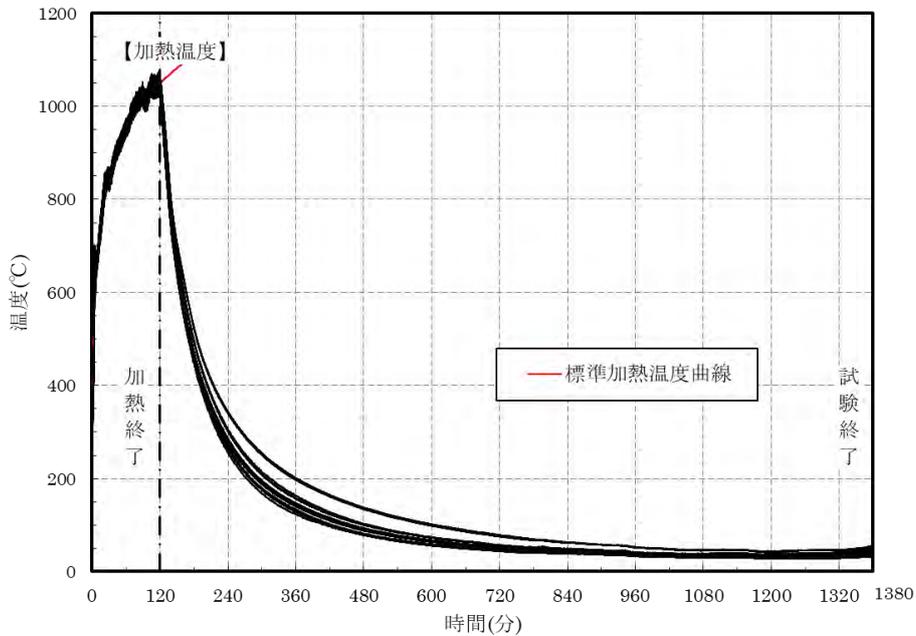


図 3.5.5 加熱温度測定曲線

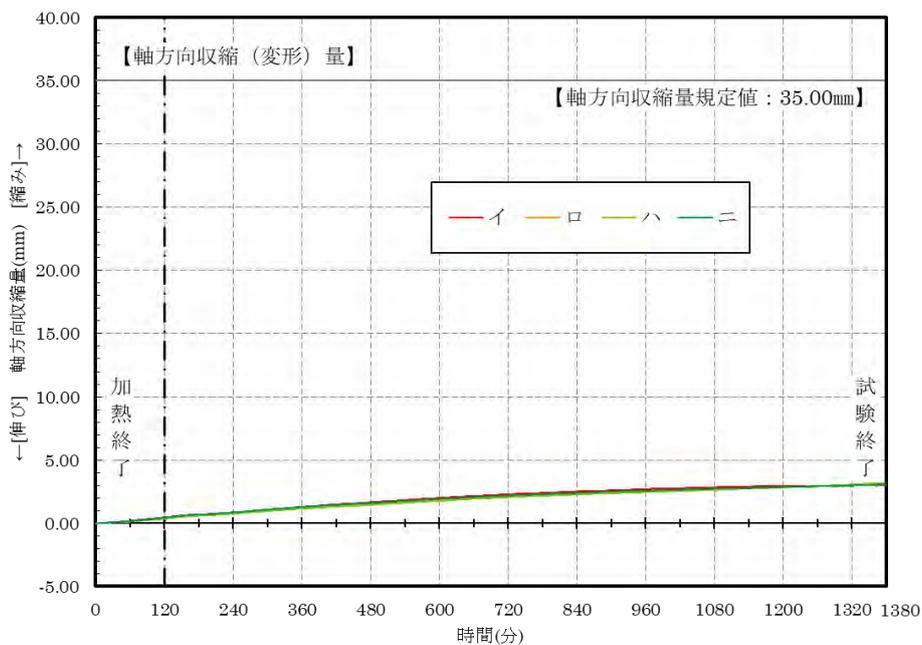


図 3.5.6 軸方向変形量測定曲線

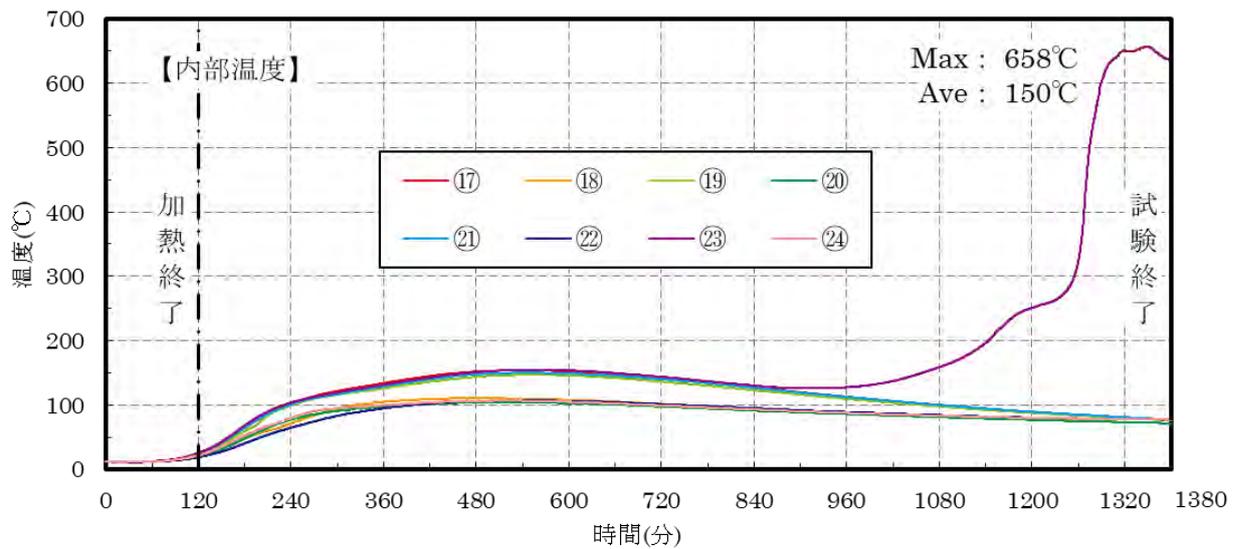
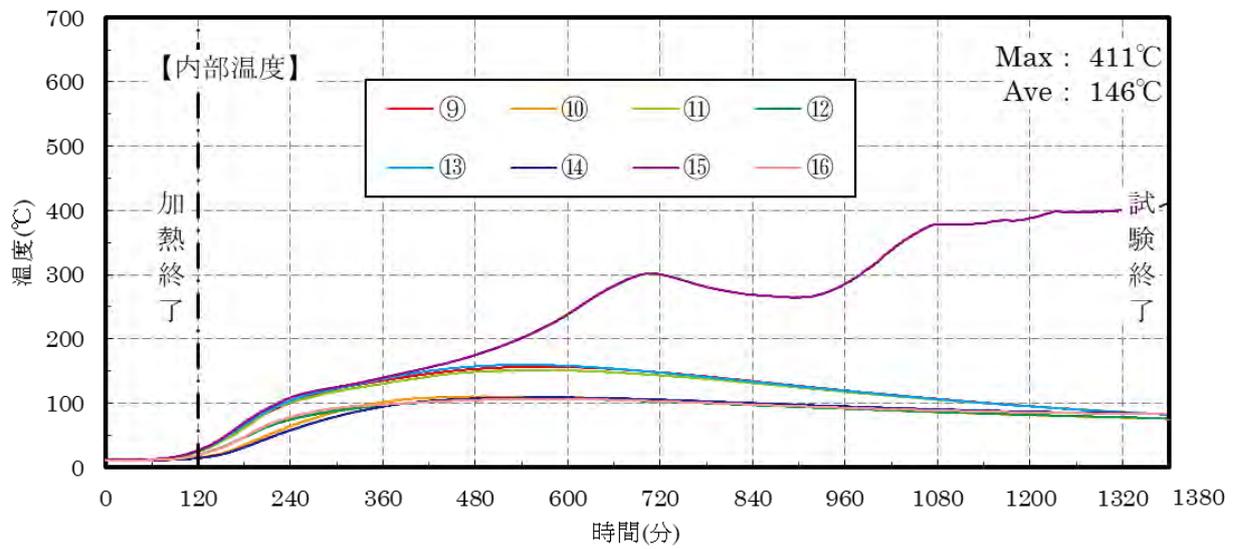
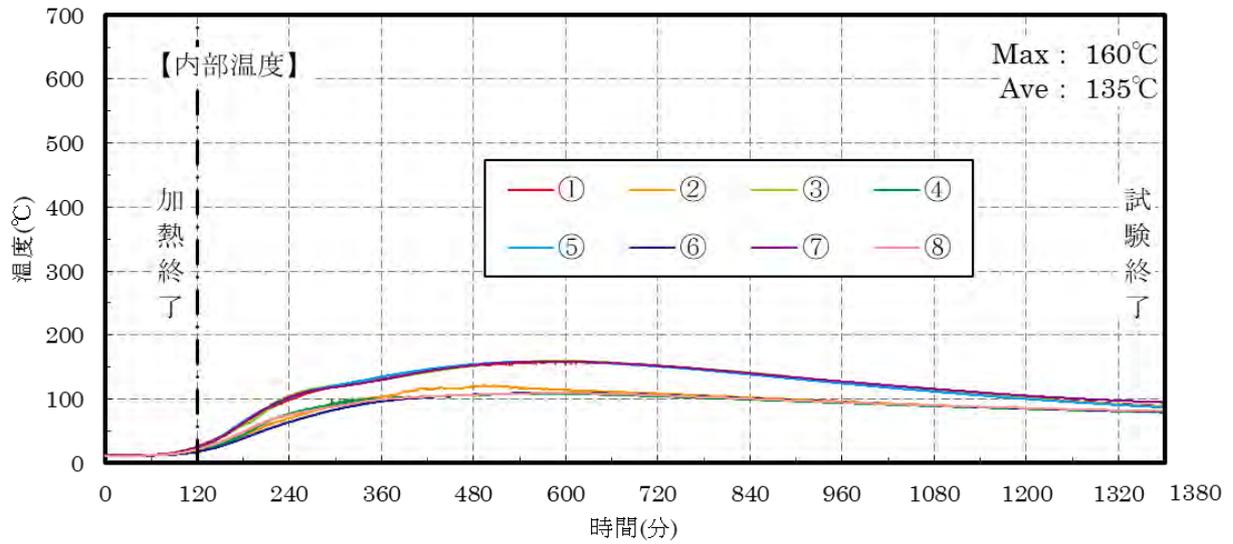


図 3.5.7 内部温度測定曲線 (部位毎)



写真 3.5.2 試験体（加熱前）

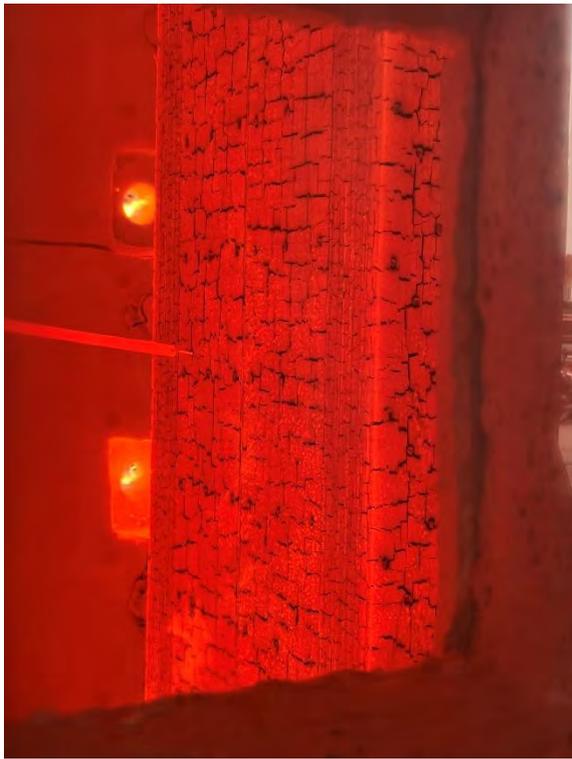


写真 3.5.3 加熱開始 24 分



写真 3.5.4 加熱開始 31 分

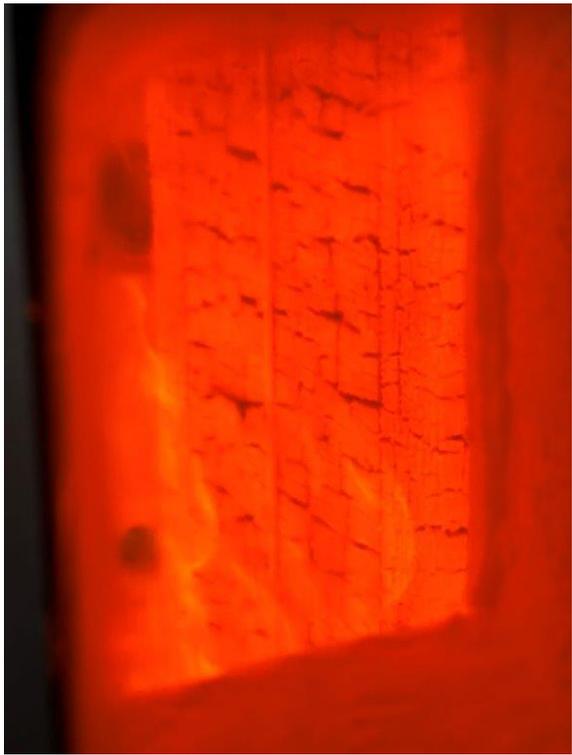


写真 3.5.5 加熱開始 96 分

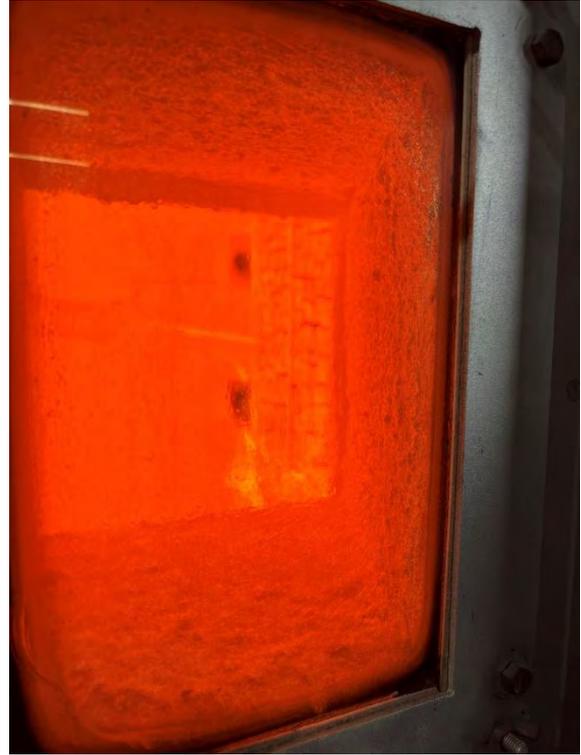


写真 3.5.6 加熱終了後



写真 3.5.7 脱炉直後

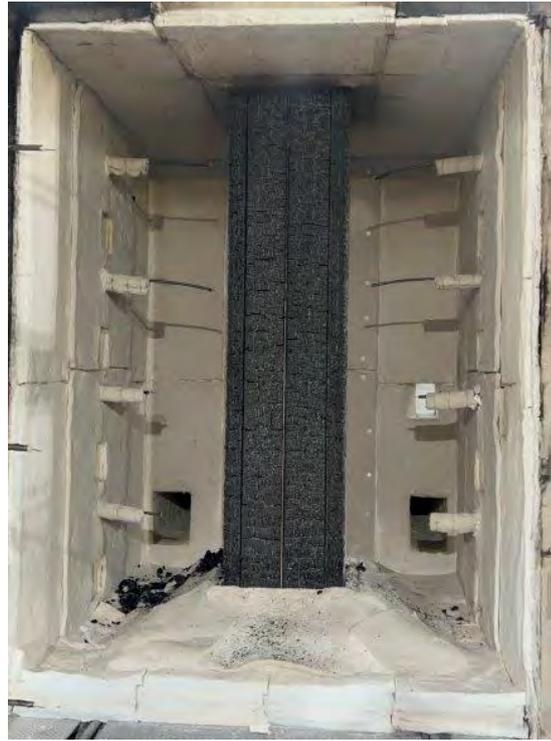


写真 3.5.8 脱炉前



写真 3.5.9 脱炉直後

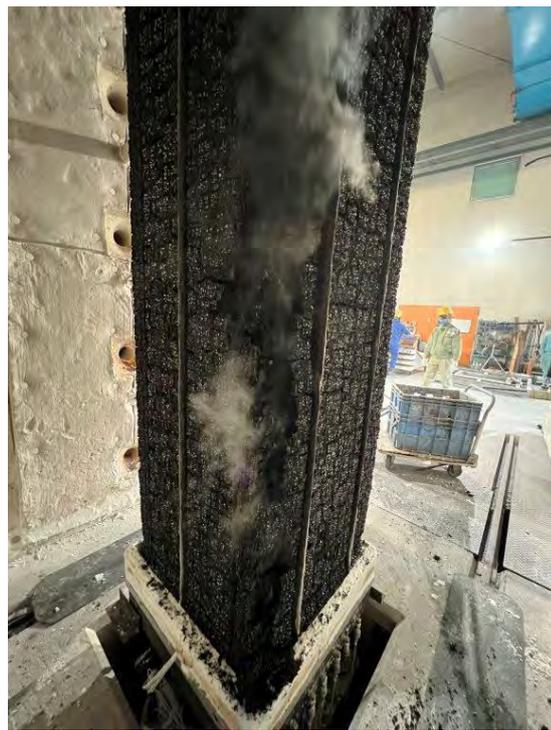


写真 3.5.10 消火後



写真 3.5.11 脱炉後（東側）



写真 3.5.12 脱炉後（南側）



写真 3.5.13 脱炉後（西側）



写真 3.5.14 脱炉後（北側）



写真 3.5.15 燃え込んだ側



写真 3.5.16 燃え込んだ側



写真 3.5.17 断面切断



写真 3.5.18 燃え込んだ側



写真 3.5.19 燃え込んだ側



写真 3.5.20 試験体下端から 1000mm



写真 3.5.21 試験体下端から 1400mm



写真 3.5.22 試験体下端から 1700mm



写真 3.5.23 試験体下端から 2400mm

(2) 考察

10 時00 分に加熱開始して2 時間後に加熱を終了し、加熱開始後1380分で脱炉した。内部温度の最大値は、隅部の中段部分に最高温度は中間点隅部23番の658℃、赤熱が確認された。平部の最高温度は熱電対2番121℃（492分）であった。軸方向収縮量は1000分で3mmに達した。360分後から内部温度の15番（試験体中央・隅部）が上がり始め、続いて同じところ（下部・隅部）の23番の温度も840分後から上昇し始めた。脱炉直前、外側のガラス戸から試験体中央部に赤熱が見えた。

試験体のうち下端から1000mm、1400mm、1700mm、2400mmの断面を切り出し、荷重支持部の炭化を確認した。一番炭化が進んでいたのは、被覆材最下部から1400mmのところであった。荷重支持部へ炭化は50mm程が見られた。

目地を設けて被覆材の加熱中の収縮への対策を講じても、燃え止まらなかった。対策としては、被覆材勝ち負け部の目地に対して、石膏ボード被覆のやり方と同様にさらに勝ち負けをつけて一番の弱点である隅部への温度到達を少しでも遅らせること、また薬剤含浸量を上げて被覆材全体の耐火性能を上昇させる等の手段が考えられた。

3.6 まとめ（2時間耐火構造検討）

難燃薬剤処理 LVL 被覆の2時間耐火構造柱の検討に際し、4回の耐火試験を実施し、5つの被覆仕様を検討した結果、残念ながらどの仕様も2時間耐火性能を有する結果が得られなかった。今回得られた知見は、2時間の耐火性能をみたすためにはどのようにしたらよいかとの次へのチャレンジのステップとして位置付けるべきであると考え。同じような耐火被覆材を使用して耐火構造性能の検討をする方々へ積極的に公開し、共有していきたい。

4. 被覆材の準不燃認定取得

中高層建築では木表しの耐火部材としても、内装制限に対応するべく表面を防火材料とする必要がせまられる場合が多い。被覆材である難燃薬剤処理 LVL は準不燃相当の性能を持つことは過去に確認しているが、認定を取得していないので表しの防火材料として設計に提案できない現状がある。そこで、大臣認定番号を取得している LVL 被覆耐火構造の「りん窒素系薬剤処理単板積層材被覆／木製はり」(FP060BM-0683(1)(2)) の製造フローに準拠して製造する難燃薬剤処理 LVL の準不燃認定の性能評価を受け、被覆材の準不燃認定の取得も目的とした。

4. 1 材内の薬剤含浸量の検討

性能評価を受けるにあたって、より正確な薬剤含浸量とばらつきを評価するために、含浸前後の材料に対して絶乾法による薬剤含浸量推定を行った。

4. 1. 1 910mm 幅の含浸する材の仕様

材は耐火被覆材で使用するスギ単板積層材とした。寸法は厚 30mm×幅 910mm×長 4000mm とした。幅と寸法は、製造上最大寸法および薬剤含浸釜のサイズから決定した。



写真 4. 1-1 スギ単板積層材(幅 910mm)

4. 1. 2 幅 910mm 材内の絶乾密度の分布

表 4. 1-1 に測定値を示す。材料 910mm 幅の気乾密度の平均は 0. 514、高周波含水率計による含水率の平均値は 7. 5%であった。No. 5、No. 9 は 4. 1. 2 における 455 幅の検討で使用したために除いた。

表 4. 1-1 材の寸法・密度・含水率

番 号	厚さ	幅	長さ	体積	初期重量	初期比重	含水率 (含水率計)
	T	W	L	V	W1	R1	平均M1
	mm			m3	kg	g/cm3	%
1	30.0	910	4,000	0.10920	56.73	0.520	7.2%
2	30.0	910	4,000	0.10920	55.41	0.507	7.2%
3	30.0	910	4,000	0.10920	57.27	0.524	7.8%
4	30.0	910	4,000	0.10920	55.78	0.511	7.7%
5	30.0	910	4,000	0.10920	55.35	0.507	7.7%
6	30.0	910	4,000	0.10920	55.66	0.510	6.8%
7	30.0	910	4,000	0.10920	54.72	0.501	7.0%
8	30.0	910	4,000	0.10920	57.28	0.525	7.3%
9	30.0	910	4,000	0.10920	57.90	0.530	8.0%
10	30.0	910	4,000	0.10920	57.53	0.527	7.5%
					min	0.501	6.8%
					ave	0.516	7.4%
					max	0.530	8.0%

全 10 枚の辺端部のすぐ横から 100mm 角を切り出し、質量、密度及び絶乾法による含水率を測定した。また、No. 4 を 1 枚すべて、図 4. 1-1 に示すように幅 100mm×長 100mm にカットし同様に測定した。103±2℃で 72 時間乾燥させ、乾燥器から出した直後に測定した。全 304 枚の絶乾密度の平均値は 0. 458g/cm³ となった。表 4. 1-2 から表 4. 1-3 に各データを、図 4. 1-2 から図 4. 1-5 に分布を示した。

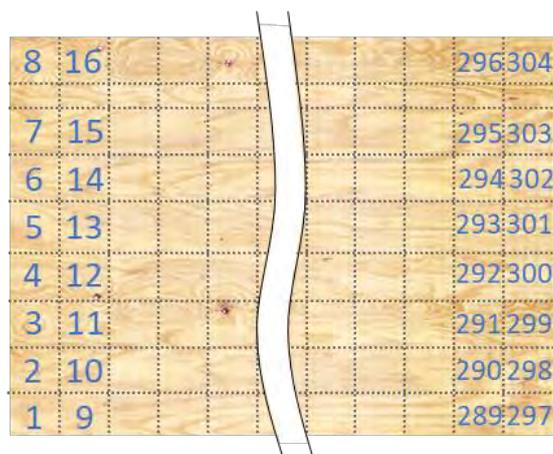


図 4. 1-1 細断・番号付けイメージ

表 4.1-2 一部切り出した小片の測定値

材番号	寸法			質量		密度		含水率	
	厚さ mm	幅 mm	長さ mm	気乾 g	絶乾 g	気乾 g/cm ³	絶乾 g/cm ³	絶乾法 %	含水率計 %
1	30.0	100	100	152.4	138.8	0.508	0.463	9.8	10.5
2	30.0	100	100	154.8	140.2	0.516	0.467	10.4	12.0
3	30.0	100	100	155.9	142.6	0.520	0.475	9.3	10.5
4	30.0	100	100	156.3	141.6	0.521	0.472	10.4	10.0
5	30.0	100	100	151.4	138.4	0.505	0.461	9.4	11.0
6	30.0	100	100	153.3	139.6	0.511	0.465	9.8	9.5
7	30.0	100	100	154.6	141.2	0.515	0.471	9.5	10.0
8	30.0	100	100	155.4	139.5	0.518	0.465	11.4	10.5
9	30.0	100	100	152.8	140.4	0.509	0.468	8.8	10.0
10	30.0	100	100	157.7	144.9	0.526	0.483	8.8	9.5
最小				151.4	136.0	0.505	0.453	8.8	9.5
平均				154.0	140.0	0.514	0.467	10.0	10.7
最大				157.7	144.9	0.526	0.483	11.8	12.5
標準偏差				2.04	2.41	0.007	0.008	0.95	1.01
ばらつき				0.013	0.017	0.013	0.017	0.095	0.094

表 4.1-3 No.4 の重量及び密度

No.4 N=304	重量		密度	
	気乾	絶乾	気乾	絶乾
最小	144.0	125.2	0.480	0.417
平均	154.1	137.3	0.514	0.458
最大	161.8	144.8	0.539	0.483
標準偏差	3.4	3.4	0.011	0.011
変動係数	0.022	0.025	0.022	0.025

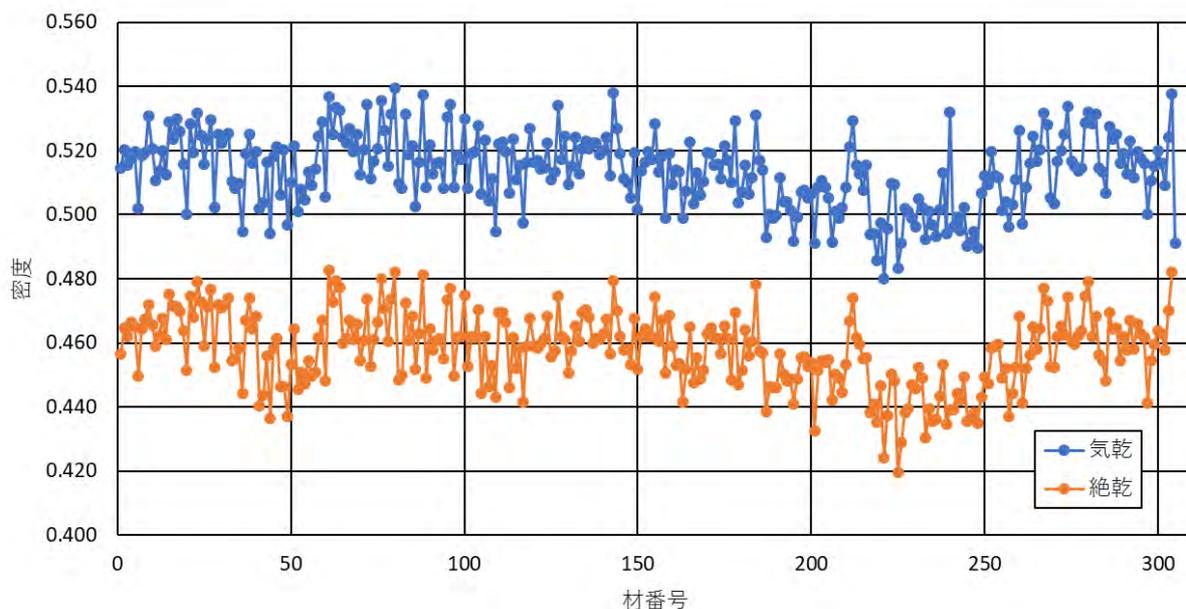


図 4.1-2 No.4 材内 (気乾状態) の密度分布 (幅 910×長 4000 : 304 個)

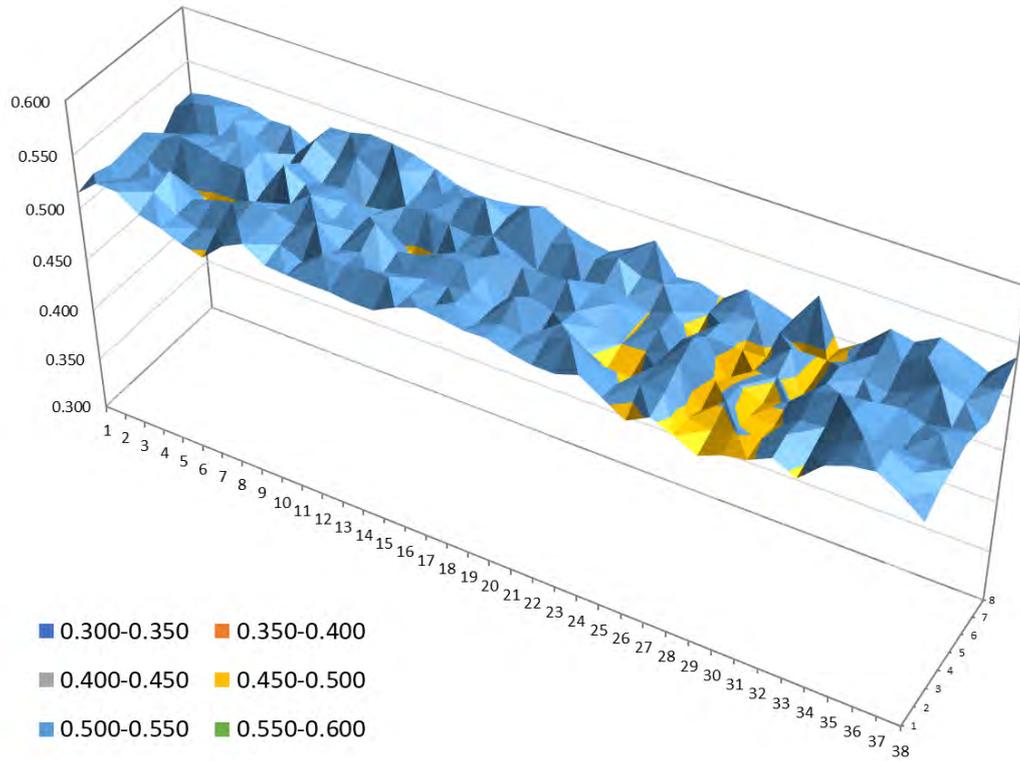


図 4.1-3 No. 4 気乾密度分布

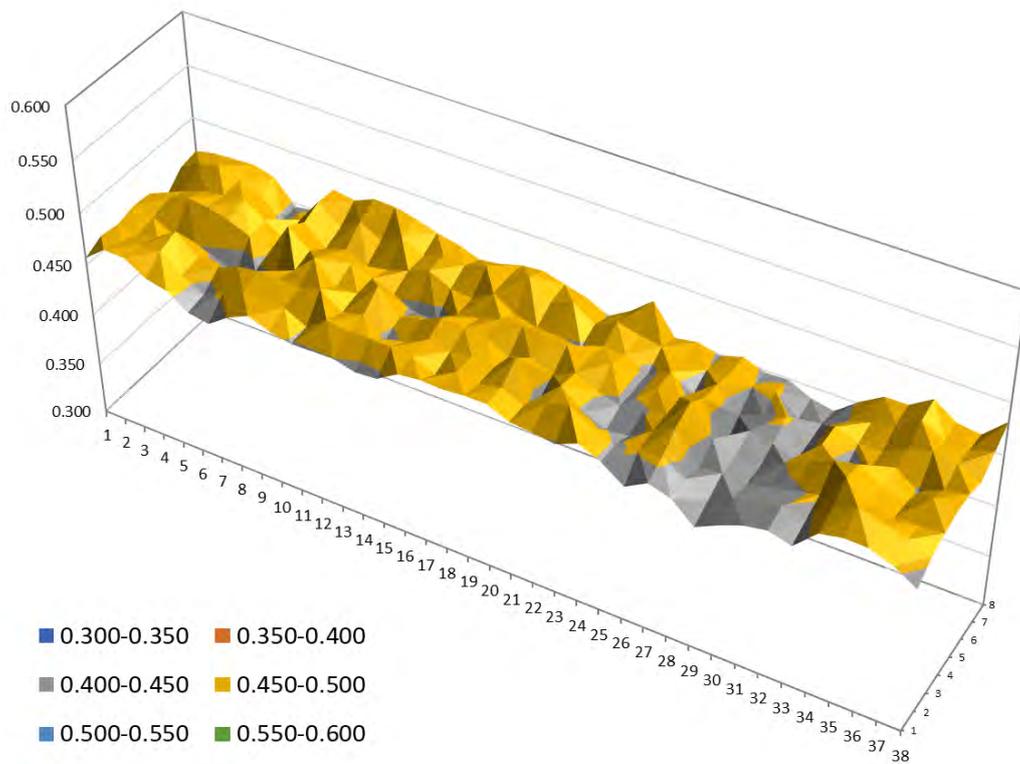


図 4.1-4 No. 4 絶乾密度分布

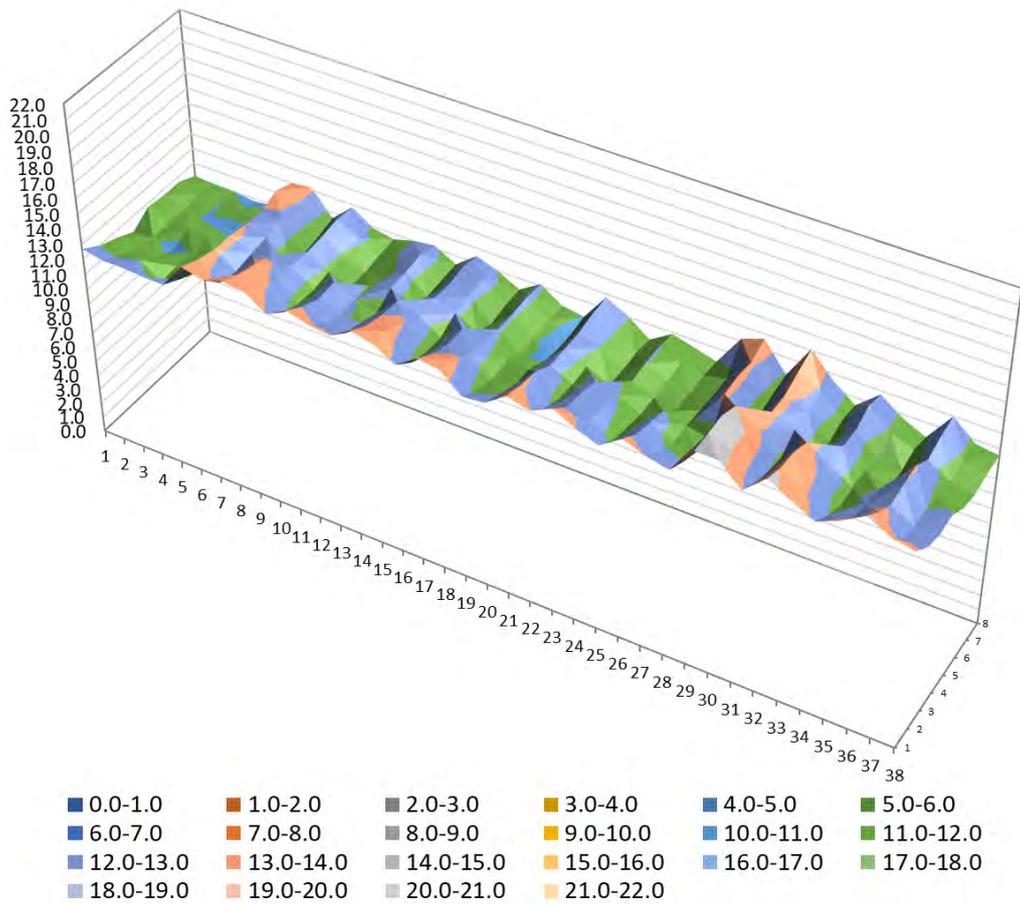


图 4.1-5 No. 4 含水率（絕乾法）分布

4. 1. 3 幅 910mm (含浸前) 絶乾法と含水率計による含水率比較

4. 1. 2でカットした小試験体 304 枚について、絶乾法による含水率と、含水率計で測定した含水率を比較した。表 4. 1-4 に絶乾法による含水率およびケット HM-520 を用いて測定した含水率を示し、図 4. 1-6 に含水率分布を示した。

表 4. 1-4 小試験体 No. 4 の含水率

No.4 N=304	含水率	
	絶乾	高周波
最小	10.7	8.3
平均	12.2	10.8
最大	14.5	13.3
標準偏差	0.88	0.93
変動係数	0.072	0.087

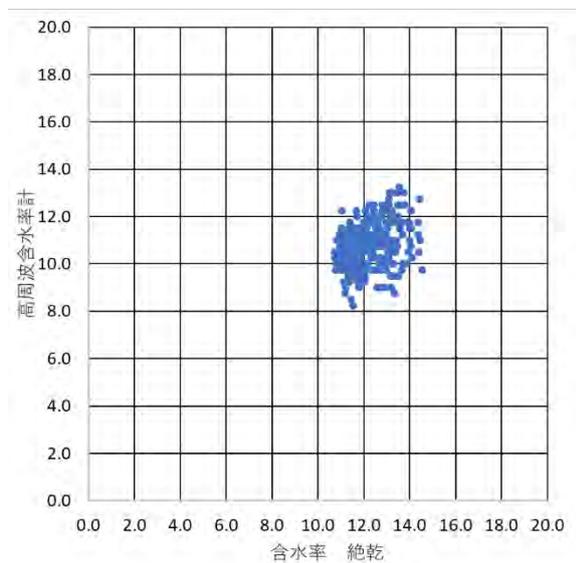


図 4. 1-6 No. 4 小試験体の分布

4. 1. 4 幅 910mm (含浸後) 難燃薬剤含浸量

耐火被覆材の製造方法を踏襲し、スギLVLに難燃薬剤を含浸した。

日時：2022/7/6-7/7

場所：茨城県小美玉市 株式会社森久

難燃薬剤：W2-50 (丸菱油化工業製)

目標としていた含浸量：136kg/m³

管理値：含浸直後の重量 W2 による含浸量 G1

(この時点では (W2-W0) / V0 × 23% (準不燃) で管理)

スギLVL：厚 30mm × 幅 910 mm × 長 4000 mm 9 枚

含浸直後の表乾重量 W2 による含浸量 G1 は、131~146kg/m³ と目標含浸量を達成した。1枚あたりの重量が 125kg 前後とフォークリフトでの運搬を前提としており、移動と寸法カットなどの工場内での取り扱いを考え、幅を半分の 455mm として再検討を行うこととした。

表 4.1-5 1枚毎の含浸量

番号	初期重量	初期比重	含浸後重量	重量差	薬剤量	含浸量	乾燥後重量	比重	含浸量
	W1	R1	W2						
	kg	g/cm ³	kg	W2-W1	(W2-W1)/V	G1	W3	g/cm ³	kg/m ³
1	56.7	0.520	124.9	68.2	624.5	143.6	72.1	0.661	141.0
2	55.4	0.507	124.2	68.8	630.2	145.0	70.6	0.647	139.3
3	57.3	0.524	125.2	68.0	622.3	143.1	72.5	0.664	139.7
5	55.4	0.507	123.8	68.4	626.6	144.1	69.9	0.640	133.6
6	55.7	0.510	121.2	65.5	600.1	138.0	70.1	0.642	132.2
7	54.7	0.501	123.6	68.9	630.8	145.1	70.2	0.643	141.5
8	57.3	0.525	119.8	62.5	572.5	131.7	71.2	0.652	127.7
9	57.9	0.530	123.9	66.0	604.7	139.1	73.2	0.670	139.7
10	57.5	0.527	123.1	65.6	600.8	138.2	72.8	0.667	140.0

4. 1. 5 455mm 幅の含浸する材の仕様

材はスギ LVL、樹種はスギとした。寸法は厚 30mm×幅 455mm×長 4000mm とした。



写真 4. 1-2 スギ単板積層材(幅 455mm)

4. 1. 6 455 幅材内の絶乾密度の分布

含浸前の材料の重量と含水率を測定した。455mm 幅の気乾密度の平均は 0.517、高周波含水率計による含水率の平均値は 9.7%であった。

表 4.1-6 材の寸法・密度・含水率

番号	厚さ	幅	長さ	体積	初期重量	初期比重	含水率 (含水率計)
	T	W	L	V	W1	R1	平均M1
	mm			m3	kg	g/cm3	%
1	30.0	455	4,000	0.05460	28.60	0.524	8.7%
2	30.0	455	4,000	0.05460	28.12	0.515	10.3%
3	30.0	455	4,000	0.05460	27.66	0.507	10.7%
4	30.0	455	4,000	0.05460	28.76	0.527	8.7%
5	30.0	455	4,000	0.05460	28.16	0.516	10.0%
6	30.0	455	4,000	0.05460	28.50	0.522	9.8%
7	30.0	455	4,000	0.05460	28.18	0.516	12.2%
8	30.0	455	4,000	0.05460	28.16	0.516	10.7%
9	30.0	455	4,000	0.05460	29.02	0.532	9.3%
10	30.0	455	4,000	0.05460	28.32	0.519	10.3%
11	30.0	455	4,000	0.05460	26.89	0.492	8.3%
12	30.0	455	4,000	0.05460	28.15	0.516	7.5%
					min	0.492	7.5%
					ave	0.517	9.7%
					max	0.532	12.2%



図 4.1-6 使用した高周波木材水分計（ケット HM-520）

全 12 枚の内、No. 11、No.12 の 2 枚を図 4.1-7 に示すように幅 100mm×長 100mm にカットし、絶乾法による密度と含水率を測定した。103±2℃で 72 時間乾燥させ、乾燥器から出した直後に測定した。全 304 枚の絶乾密度の平均値は 0.455g/cm³ となった。この数値を 4.1.9 で採用した含浸前密度とした。

表 4.1-7 から表 4.1-11 に各データを、図 4.1-8 から図 4.1-12 に分布を示した。

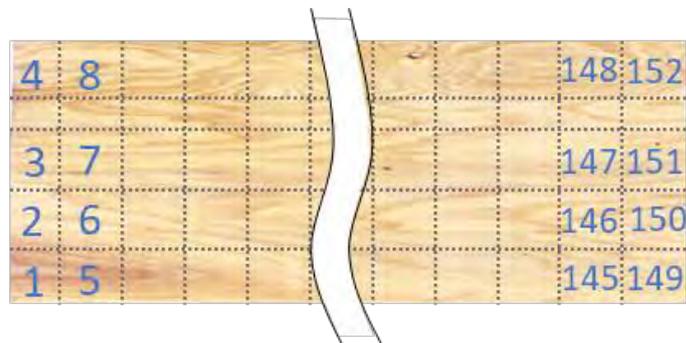


図 4.1-7 細断・番号付けイメージ

表 4.1-7 重量および密度 (No. 11、No. 12)

全体 N=304	重量		密度	
	気乾	絶乾	気乾	絶乾
最小	140.6	124.2	0.469	0.414
平均	152.4	136.4	0.508	0.455
最大	164.6	148.2	0.549	0.494
標準偏差	5.2	5.1	0.017	0.017
変動係数	0.034	0.037	0.034	0.037

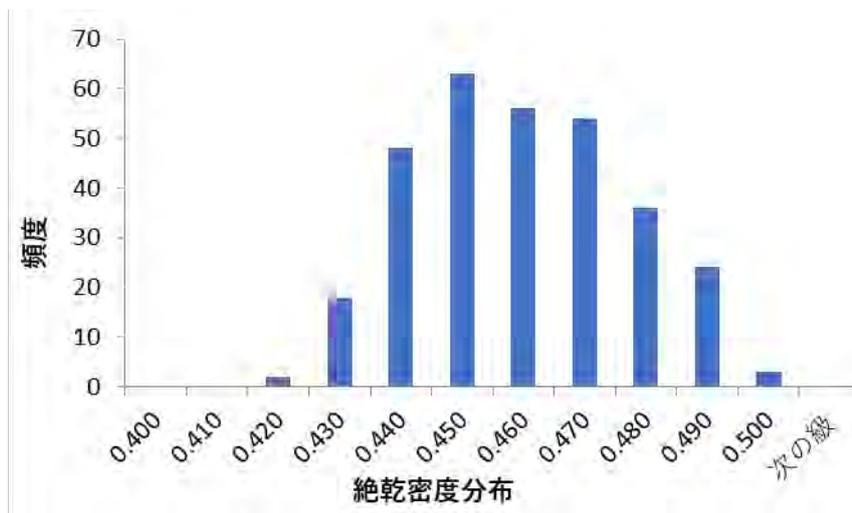


図 4.1-8 絶乾密度分布 (No. 11、No. 12)

表 4.1-8 重量および密度 (No. 11)

No.11 N=152	重量		密度	
	気乾	絶乾	気乾	絶乾
最小	140.6	124.2	0.469	0.414
平均	148.6	132.7	0.495	0.442
最大	161.9	146.5	0.540	0.488
標準偏差	3.5	3.5	0.012	0.012
変動係数	0.023	0.026	0.023	0.026

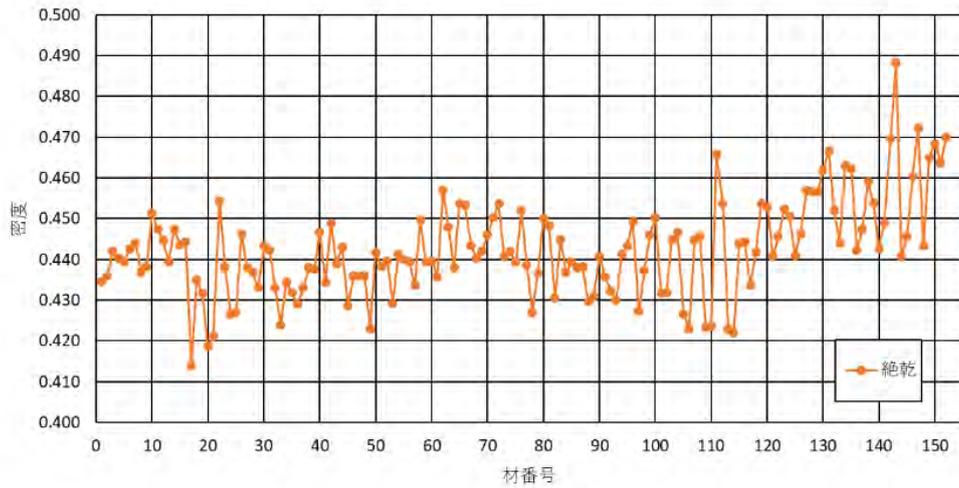


図 4.1-9 絶乾密度 (No. 11)

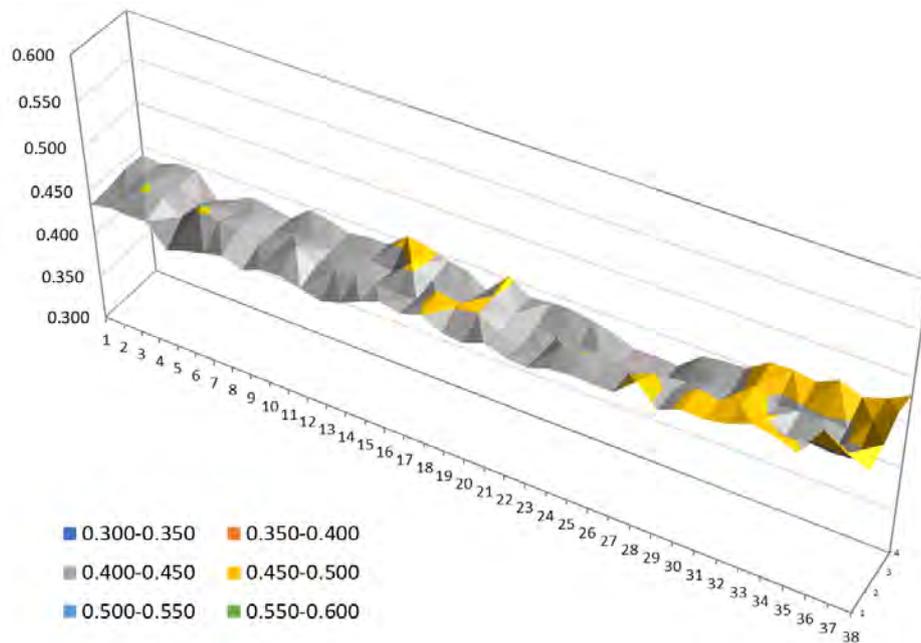


図 4.1-10 絶乾密度分布 (No. 11)

表 4.1-9 重量および密度 (No.12)

No.12 N=152	重量		密度	
	気乾	絶乾	気乾	絶乾
最小	147.0	131.8	0.490	0.439
平均	156.2	140.0	0.521	0.467
最大	164.6	148.2	0.549	0.494
標準偏差	3.7	3.7	0.012	0.012
変動係数	0.024	0.026	0.024	0.026

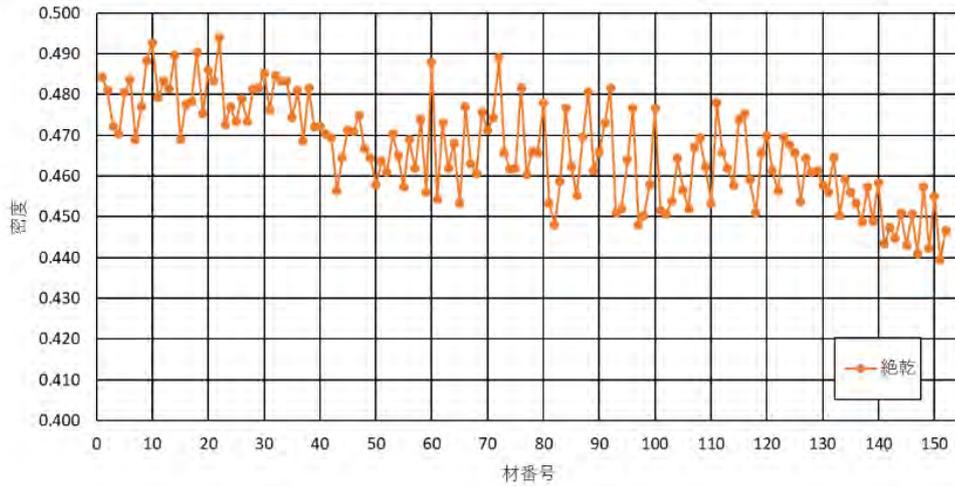


図 4.1-11 絶乾密度 (No.12)

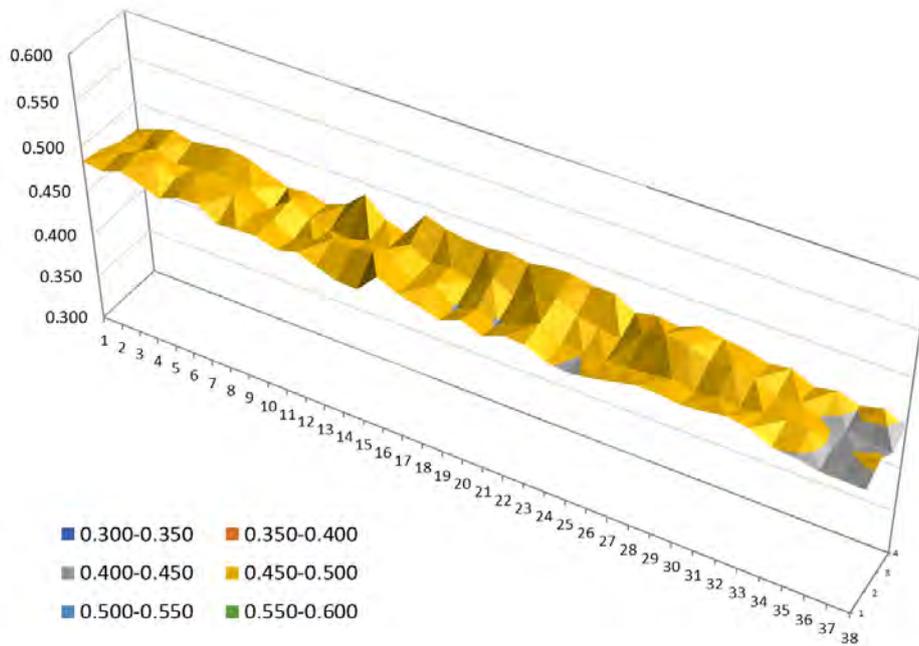


図 4.1-12 絶乾密度分布 (No.12)

表 4.1-10 1枚毎の重量・含水率データ (No. 11)

No.11 N=152	気乾重量 g	乾燥重量 g	密度 g/cm ³		高周波 %	総乾含水率 %
			気乾	総乾		
最小	140.6	124.2	0.469	0.414	7.0	10.5
平均	148.6	132.7	0.495	0.442	9.2	11.9
最大	161.9	146.5	0.540	0.488	12.5	13.3
標準偏差	3.5	3.5	0.012	0.012	1.14	0.61
変動係数	0.023	0.026	0.023	0.026	0.123	0.051
1	147.3g	130.4g	0.491	0.435	7.5%	13.0
2	146.6g	130.8g	0.489	0.436	7.5%	12.1
3	148.4g	132.6g	0.495	0.442	7.5%	11.9
4	147.8g	132.1g	0.493	0.440	7.0%	11.9
5	148.6g	131.8g	0.495	0.439	8.5%	12.7
6	148.7g	132.8g	0.496	0.443	7.0%	12.0
7	149.1g	133.2g	0.497	0.444	8.0%	11.9
8	146.7g	131.1g	0.489	0.437	8.0%	11.9
9	148.5g	131.5g	0.495	0.438	9.5%	12.9
10	151.4g	135.4g	0.505	0.451	8.0%	11.8
11	150.0g	134.2g	0.500	0.447	8.0%	11.8
12	149.1g	133.4g	0.497	0.445	8.0%	11.8
13	148.8g	131.8g	0.496	0.439	8.5%	12.9
14	150.7g	134.2g	0.502	0.447	9.0%	12.3
15	149.0g	133.1g	0.497	0.444	8.5%	11.9
16	149.4g	133.3g	0.498	0.444	9.0%	12.1
17	140.6g	124.2g	0.469	0.414	8.5%	13.2
18	146.6g	130.5g	0.489	0.435	8.0%	12.3
19	145.2g	129.5g	0.484	0.432	7.5%	12.1
20	140.8g	125.6g	0.469	0.419	8.0%	12.1
21	142.7g	126.4g	0.476	0.421	8.0%	12.9
22	152.8g	136.3g	0.509	0.454	9.5%	12.1
23	147.0g	131.5g	0.490	0.438	8.5%	11.8
24	143.4g	128.0g	0.478	0.427	8.0%	12.0
25	144.7g	128.1g	0.482	0.427	8.5%	13.0
26	150.2g	133.9g	0.501	0.446	10.0%	12.2
27	146.9g	131.4g	0.490	0.438	9.0%	11.8
28	146.7g	131.1g	0.489	0.437	9.0%	11.9
29	146.6g	129.9g	0.489	0.433	10.0%	12.9
30	148.8g	133.0g	0.496	0.443	7.5%	11.9
31	147.7g	132.7g	0.492	0.442	7.5%	11.3
32	144.6g	129.9g	0.482	0.433	7.5%	11.3
33	143.5g	127.2g	0.478	0.424	9.5%	12.8
34	145.8g	130.3g	0.486	0.434	9.0%	11.9
35	144.7g	129.6g	0.482	0.432	8.0%	11.7
36	143.3g	128.7g	0.478	0.429	8.0%	11.3
37	146.5g	129.9g	0.488	0.433	11.0%	12.8
38	147.2g	131.4g	0.491	0.438	10.5%	12.0
39	146.8g	131.3g	0.489	0.438	11.0%	11.8
40	149.4g	134.0g	0.498	0.447	10.0%	11.5
41	147.0g	130.3g	0.490	0.434	11.0%	12.8
42	150.6g	134.7g	0.502	0.449	10.0%	11.8
43	147.0g	131.7g	0.490	0.439	9.5%	11.6
44	148.3g	132.9g	0.494	0.443	10.0%	11.6
45	145.0g	128.6g	0.483	0.429	9.5%	12.8
46	146.7g	130.8g	0.489	0.436	9.5%	12.2
47	146.0g	130.8g	0.487	0.436	9.0%	11.6
48	146.2g	130.8g	0.487	0.436	8.5%	11.8
49	143.7g	126.9g	0.479	0.423	9.0%	13.2
50	148.4g	132.5g	0.495	0.442	9.5%	12.0
51	146.8g	131.5g	0.489	0.438	9.0%	11.6
52	147.2g	131.9g	0.491	0.440	9.0%	11.6
53	145.1g	128.8g	0.484	0.429	9.5%	12.7
54	148.2g	132.4g	0.494	0.441	8.5%	11.9
55	147.7g	132.0g	0.492	0.440	9.0%	11.9
56	147.1g	131.8g	0.490	0.439	8.0%	11.6
57	146.8g	130.1g	0.489	0.434	8.5%	12.8
58	150.9g	134.9g	0.503	0.450	10.0%	11.9
59	146.1g	131.8g	0.487	0.439	7.5%	10.8
60	147.1g	131.9g	0.490	0.440	8.5%	11.5
61	147.3g	130.7g	0.491	0.436	9.5%	12.7
62	153.2g	137.1g	0.511	0.457	9.5%	11.7
63	149.4g	134.4g	0.498	0.448	8.0%	11.2
64	146.4g	131.4g	0.488	0.438	7.5%	11.4
65	153.2g	136.1g	0.511	0.454	9.5%	12.6
66	152.0g	136.0g	0.507	0.453	9.5%	11.8
67	148.1g	133.0g	0.494	0.443	8.5%	11.4
68	147.1g	132.1g	0.490	0.440	8.0%	11.4
69	149.0g	132.6g	0.497	0.442	10.0%	12.4
70	149.3g	133.8g	0.498	0.446	7.5%	11.6
71	150.7g	135.1g	0.502	0.450	8.5%	11.5
72	151.8g	136.1g	0.506	0.454	7.0%	11.5
73	149.3g	132.2g	0.498	0.441	8.5%	12.9
74	148.6g	132.6g	0.495	0.442	9.5%	12.1
75	147.2g	131.8g	0.491	0.439	9.0%	11.7
76	151.3g	135.6g	0.504	0.452	8.0%	11.6
77	148.5g	131.6g	0.495	0.439	10.0%	12.8
78	144.2g	128.1g	0.481	0.427	8.5%	12.6
79	146.8g	131.0g	0.489	0.437	8.0%	12.1
80	150.2g	135.0g	0.501	0.450	8.0%	11.3
81	151.9g	134.5g	0.506	0.448	11.0%	12.9
82	145.6g	129.2g	0.485	0.431	9.5%	12.7
83	149.9g	133.5g	0.500	0.445	9.0%	12.3
84	147.0g	131.1g	0.490	0.437	9.0%	12.1
85	149.0g	131.8g	0.497	0.439	10.5%	13.1
86	148.0g	131.4g	0.493	0.438	9.5%	12.6
87	147.6g	131.5g	0.492	0.438	8.5%	12.2
88	144.6g	128.9g	0.482	0.430	8.0%	12.2
89	146.1g	129.3g	0.487	0.431	11.5%	13.0
90	148.7g	132.2g	0.496	0.441	10.0%	12.5
91	146.7g	130.7g	0.489	0.436	9.5%	12.2
92	145.3g	129.7g	0.484	0.432	8.5%	12.0
93	145.5g	129.0g	0.485	0.430	10.5%	12.8
94	148.4g	132.4g	0.495	0.441	10.0%	12.1
95	149.0g	133.0g	0.497	0.443	10.0%	12.0
96	150.6g	134.8g	0.502	0.449	10.0%	11.7
97	145.3g	128.2g	0.484	0.427	11.5%	13.3
98	147.4g	131.2g	0.491	0.437	10.5%	12.3
99	150.2g	133.8g	0.501	0.446	10.5%	12.3
100	151.0g	135.1g	0.503	0.450	9.5%	11.8
101	145.8g	129.5g	0.486	0.432	10.5%	12.6
102	145.5g	129.6g	0.485	0.432	9.5%	12.3
103	149.4g	133.5g	0.498	0.445	10.0%	11.9
104	150.0g	134.0g	0.500	0.447	10.0%	11.9
105	144.2g	128.0g	0.481	0.427	11.0%	12.7
106	142.2g	126.9g	0.474	0.423	10.0%	12.1
107	148.9g	133.4g	0.496	0.445	11.0%	11.6
108	148.9g	133.7g	0.496	0.446	10.5%	11.4
109	143.0g	127.0g	0.477	0.423	11.5%	12.6
110	142.6g	127.1g	0.475	0.424	11.5%	12.2
111	156.0g	139.7g	0.520	0.466	12.5%	11.7
112	151.9g	136.1g	0.506	0.454	11.0%	11.6
113	143.0g	126.9g	0.477	0.423	12.0%	12.7
114	141.7g	126.6g	0.472	0.422	10.5%	11.9
115	148.7g	133.2g	0.496	0.444	10.0%	11.6
116	149.0g	133.3g	0.497	0.444	10.0%	11.8
117	146.1g	130.1g	0.487	0.434	9.5%	12.3
118	147.8g	132.5g	0.493	0.442	10.0%	11.5
119	151.2g	136.1g	0.504	0.454	11.0%	11.1
120	151.3g	135.9g	0.504	0.453	9.5%	11.3
121	148.4g	132.2g	0.495	0.441	11.0%	12.3
122	149.1g	133.7g	0.497	0.446	9.0%	11.5
123	151.1g	135.7g	0.504	0.452	9.0%	11.3
124	150.0g	135.2g	0.500	0.451	8.5%	10.9
125	148.7g	132.3g	0.496	0.441	10.0%	12.4
126	149.2g	133.9g	0.497	0.446	9.5%	11.4
127	152.6g	137.1g	0.509	0.457	9.0%	11.3
128	152.2g	137.0g	0.507	0.457	9.5%	11.1
129	153.4g	137.0g	0.511	0.457	11.0%	12.0
130	154.1g	138.6g	0.514	0.462	9.5%	11.2
131	154.8g	140.0g	0.516	0.467	9.0%	10.6
132	150.0g	135.6g	0.500	0.452	8.0%	10.6
133	149.3g	133.2g	0.498	0.444	9.5%	12.1
134	154.4g	138.9g	0.515	0.463	8.5%	11.2
135	154.0g	138.7g	0.513	0.462	8.0%	11.0
136	147.6g	132.7g	0.492	0.442	7.5%	11.2
137	150.7g	134.2g	0.502	0.447	10.0%	12.3
138	153.2g	137.7g	0.511	0.459	9.0%	11.3
139	150.8g	136.2g	0.503	0.454	8.5%	10.7
140	147.4g	132.8g	0.491	0.443	8.0%	11.0
141	150.6g	134.7g	0.502	0.449	9.5%	11.8
142	156.6g	140.9g	0.522	0.470	8.0%	11.1
143	161.9g	146.5g	0.540	0.488	10.0%	10.5
144	146.2g	132.2g	0.487	0.441	8.0%	10.6
145	150.3g	133.7g	0.501	0.446	9.5%	12.4
146	154.0g	138.1g	0.513	0.460	10.0%	11.5
147	157.1g	141.7g	0.524	0.472	9.0%	10.9
148	147.9g	133.0g	0.493	0.443	8.5%	11.2
149	156.3g	139.5g	0.521	0.465	10.0%	12.0
150	156.8g	140.5g	0.523	0.468	10.5%	11.6
151	154.8g	139.1g	0.516	0.464	10.0%	11.3
152	157.1g	141.0g	0.524	0.470	9.0%	11.4

表 4.1-11 1枚毎の重量・含水率データ (No. 12)

No.12 N = 152	気乾重量 g	乾燥重量 g	密度 g/cm ³		高周波 %	絶乾含水率 %
			気乾	絶乾		
最小	147.0	131.8	0.490	0.439	8.0	10.4
平均	156.2	140.0	0.521	0.467	10.0	11.6
最大	164.6	148.2	0.549	0.494	13.0	13.2
標準偏差	3.7	3.7	0.012	0.012	1.04	0.61
変動係数	0.024	0.026	0.024	0.026	0.104	0.052

1	162.1g	145.3g	0.540	0.484	9.5%	11.6
2	159.9g	144.3g	0.533	0.481	9.0%	10.8
3	157.0g	141.7g	0.523	0.472	8.5%	10.8
4	156.4g	141.1g	0.521	0.470	8.0%	10.8
5	161.6g	144.2g	0.539	0.481	9.5%	12.1
6	161.3g	145.1g	0.538	0.484	9.0%	11.2
7	156.2g	140.7g	0.521	0.469	9.0%	11.0
8	158.7g	143.1g	0.529	0.477	10.0%	10.9
9	164.1g	146.5g	0.547	0.488	12.0%	12.0
10	164.0g	147.8g	0.547	0.493	11.0%	11.0
11	159.5g	143.8g	0.532	0.479	10.0%	10.9
12	160.4g	145.0g	0.535	0.483	10.0%	10.6
13	161.5g	144.4g	0.538	0.481	12.0%	11.8
14	163.2g	146.9g	0.544	0.490	10.5%	11.1
15	156.2g	140.7g	0.521	0.469	10.0%	11.0
16	158.0g	143.3g	0.529	0.478	11.5%	10.7
17	160.1g	143.5g	0.534	0.478	12.5%	11.6
18	163.4g	147.1g	0.545	0.490	9.5%	11.1
19	158.2g	142.6g	0.527	0.475	10.0%	10.9
20	161.3g	145.8g	0.538	0.486	12.0%	10.6
21	161.9g	145.0g	0.540	0.483	13.0%	11.7
22	164.6g	148.2g	0.549	0.494	9.0%	11.1
23	157.2g	141.8g	0.524	0.473	9.5%	10.9
24	158.5g	143.1g	0.528	0.477	10.0%	10.8
25	158.9g	142.0g	0.530	0.473	9.5%	11.9
26	160.2g	143.7g	0.534	0.479	12.0%	11.5
27	157.7g	142.0g	0.526	0.473	9.5%	11.1
28	160.0g	144.4g	0.533	0.481	10.5%	10.8
29	161.4g	144.5g	0.538	0.482	11.0%	11.7
30	161.8g	145.6g	0.539	0.485	9.5%	11.1
31	158.7g	142.9g	0.529	0.476	8.5%	11.1
32	161.0g	145.4g	0.537	0.485	10.0%	10.7
33	162.3g	145.0g	0.541	0.483	12.5%	11.9
34	161.2g	145.0g	0.537	0.483	10.5%	11.2
35	157.7g	142.3g	0.526	0.474	9.0%	10.8
36	159.9g	144.3g	0.533	0.481	9.0%	10.8
37	157.2g	140.6g	0.524	0.469	11.0%	11.8
38	160.7g	144.5g	0.536	0.482	10.0%	11.2
39	157.3g	141.6g	0.524	0.472	9.5%	11.1
40	157.3g	141.7g	0.524	0.472	9.0%	11.0
41	158.1g	141.1g	0.527	0.470	12.0%	12.0
42	156.7g	140.8g	0.522	0.469	10.0%	11.3
43	153.7g	136.9g	0.512	0.456	11.0%	12.3
44	155.4g	139.4g	0.518	0.465	9.5%	11.5
45	157.6g	141.4g	0.525	0.471	9.5%	11.5
46	157.1g	141.3g	0.524	0.471	9.0%	11.2
47	158.8g	142.5g	0.529	0.475	9.0%	11.4
48	156.1g	140.0g	0.520	0.467	9.5%	11.5
49	156.5g	139.3g	0.522	0.464	11.0%	12.3
50	153.5g	137.4g	0.512	0.458	10.0%	11.7
51	155.1g	139.1g	0.517	0.464	9.5%	11.5
52	153.9g	138.3g	0.513	0.461	9.5%	11.3
53	158.3g	141.1g	0.528	0.470	10.5%	12.2
54	155.7g	139.5g	0.519	0.465	9.0%	11.6
55	153.0g	137.2g	0.510	0.457	9.0%	11.5
56	156.8g	140.7g	0.523	0.469	9.5%	11.4
57	155.5g	138.6g	0.518	0.462	11.5%	12.2
58	158.6g	142.2g	0.529	0.474	9.5%	11.5
59	152.6g	136.8g	0.509	0.456	10.0%	11.5
60	162.8g	146.4g	0.543	0.488	10.5%	11.2
61	153.0g	136.3g	0.510	0.454	10.0%	12.3
62	158.3g	141.9g	0.528	0.473	9.5%	11.6
63	154.8g	138.6g	0.516	0.462	10.5%	11.7
64	156.4g	140.4g	0.521	0.468	9.0%	11.4
65	152.8g	136.0g	0.509	0.453	11.5%	12.4
66	159.4g	143.1g	0.531	0.477	10.0%	11.4
67	154.2g	138.9g	0.514	0.463	9.5%	11.0
68	153.8g	138.2g	0.513	0.461	9.5%	11.3
69	160.0g	142.7g	0.533	0.476	11.5%	12.1
70	157.8g	141.4g	0.526	0.471	11.0%	11.6
71	158.4g	142.3g	0.528	0.474	10.0%	11.3
72	163.0g	146.7g	0.543	0.489	10.5%	11.1
73	156.7g	139.7g	0.522	0.466	10.0%	12.2
74	153.8g	138.5g	0.513	0.462	9.0%	11.0
75	153.5g	138.6g	0.512	0.462	8.5%	10.8
76	159.6g	144.5g	0.532	0.482	9.0%	10.4

77	154.5g	138.1g	0.515	0.460	11.0%	11.9
78	155.6g	139.8g	0.519	0.466	11.5%	11.3
79	155.2g	139.7g	0.517	0.466	10.5%	11.1
80	158.9g	143.4g	0.530	0.478	11.0%	10.8
81	152.9g	136.0g	0.510	0.453	12.0%	12.4
82	149.4g	134.4g	0.498	0.448	11.5%	11.2
83	153.2g	137.6g	0.511	0.459	10.5%	11.3
84	158.7g	143.0g	0.529	0.477	10.0%	11.0
85	155.3g	138.7g	0.518	0.462	10.5%	12.0
86	152.2g	136.6g	0.507	0.455	11.0%	11.4
87	156.2g	140.9g	0.521	0.470	10.0%	10.9
88	160.2g	144.2g	0.534	0.481	10.5%	11.1
89	155.4g	138.4g	0.518	0.461	10.0%	12.3
90	155.7g	139.8g	0.519	0.466	9.5%	11.4
91	157.6g	141.9g	0.525	0.473	10.5%	11.1
92	159.7g	144.5g	0.532	0.482	10.0%	10.5
93	151.8g	135.3g	0.506	0.451	10.5%	12.2
94	151.3g	135.6g	0.504	0.452	9.5%	11.6
95	154.8g	139.2g	0.516	0.464	9.0%	11.2
96	158.6g	143.0g	0.529	0.477	8.5%	10.9
97	151.3g	134.4g	0.504	0.448	10.5%	12.6
98	151.4g	135.1g	0.505	0.450	8.5%	12.1
99	153.7g	137.4g	0.512	0.458	9.5%	11.9
100	159.0g	143.0g	0.530	0.477	9.0%	11.2
101	152.2g	135.5g	0.507	0.452	9.5%	12.3
102	151.2g	135.2g	0.504	0.451	8.5%	11.8
103	152.2g	136.2g	0.507	0.454	9.0%	11.7
104	155.7g	139.3g	0.519	0.464	9.5%	11.8
105	154.1g	137.0g	0.514	0.457	10.5%	12.5
106	151.8g	135.6g	0.506	0.452	8.5%	11.9
107	156.4g	140.1g	0.521	0.467	8.5%	11.6
108	157.1g	140.8g	0.524	0.469	8.0%	11.6
109	155.5g	138.7g	0.518	0.462	10.0%	12.1
110	151.8g	136.0g	0.506	0.453	8.5%	11.6
111	159.2g	143.4g	0.531	0.478	8.5%	11.0
112	155.5g	139.7g	0.518	0.466	8.0%	11.3
113	155.6g	138.6g	0.519	0.462	11.5%	12.3
114	153.4g	137.3g	0.511	0.458	9.0%	11.7
115	158.5g	142.2g	0.528	0.474	8.5%	11.5
116	158.8g	142.6g	0.529	0.475	9.5%	11.4
117	154.4g	137.7g	0.515	0.459	9.5%	12.1
118	151.8g	135.3g	0.506	0.451	8.5%	12.2
119	156.4g	139.7g	0.521	0.466	9.5%	12.0
120	157.4g	141.0g	0.525	0.470	8.5%	11.6
121	155.9g	138.4g	0.520	0.461	11.0%	12.6
122	153.9g	136.9g	0.513	0.456	10.0%	12.4
123	158.1g	140.9g	0.527	0.470	10.0%	12.2
124	157.1g	140.3g	0.524	0.468	10.5%	12.0
125	158.0g	139.7g	0.527	0.466	11.5%	13.1
126	153.5g	136.1g	0.512	0.454	9.5%	12.8
127	156.1g	139.3g	0.520	0.464	11.0%	12.1
128	155.1g	138.3g	0.517	0.461	10.5%	12.1
129	156.7g	138.4g	0.522	0.461	11.5%	13.2
130	154.7g	137.3g	0.516	0.458	10.0%	12.7
131	153.4g	136.8g	0.511	0.456	10.5%	12.1
132	155.9g	139.4g	0.520	0.465	9.5%	11.8
133	153.0g	135.1g	0.510	0.450	10.5%	13.2
134	155.3g	137.8g	0.518	0.459	9.5%	12.7
135	153.6g	136.8g	0.512	0.456	11.0%	12.3
136	152.5g	136.0g	0.508	0.453	11.0%	12.1
137	152.2g	134.6g	0.507	0.449	11.0%	13.1
138	154.3g	137.2g	0.514	0.457	9.5%	12.5
139	150.7g	134.7g	0.502	0.449	11.5%	11.9
140	153.6g	137.5g	0.512	0.458	10.5%	11.7
141	150.1g	133.0g	0.500	0.443	11.5%	12.9
142	150.4g	134.2g	0.501	0.447	10.0%	12.1
143	149.3g	133.4g	0.498	0.445	11.5%	11.9
144	151.1g	135.3g	0.504	0.451	10.0%	11.7
145	149.9g	132.9g	0.500	0.443	10.0%	12.8
146	151.3g	135.2g	0.504	0.451	8.5%	11.9
147	147.7g	132.3g	0.492	0.441	9.5%	11.6
148	152.8g	137.2g	0.509	0.457	10.0%	11.4
149	149.4g	132.7g	0.498	0.442	10.5%	12.6
150	152.7g	136.5g	0.509	0.455	9.0%	11.9
151	147.0g	131.8g	0.490	0.439	10.0%	11.5
152	149.3g	134.0g	0.498	0.447	10.0%	11.4

4. 1. 7 高周波木材水分計の測定値と絶乾法で算出した含水率の比較

4. 1. 6でカットした100mm角の小試験体304枚について、絶乾法による含水率と、高周波木材水分計（ケット HM-520）で測定した含水率を比較した。

表4.1-12～4.1-14にそれぞれを用いて測定した含水率を示し、図4.1-13～4.1-15にそれぞれの含水率分布を示した。高周波水分計の平均値は9.6%と絶乾法の11.5%より若干低めの数値を示したが、正確な含水率をほぼ推定できていると考えられる。1枚毎の重量と含水率データは4. 1. 6の表4.1-10および4.1-11に示した通りである。

表 4. 1-12 小試験体の含水率
(No. 11、No. 12)
(絶乾法と含水率計)

全体 N=304	含水率	
	絶乾	高周波
最小	10.5	7.0
平均	11.5	9.6
最大	13.1	13.0
標準偏差	0.84	1.16
変動係数	0.086	0.120

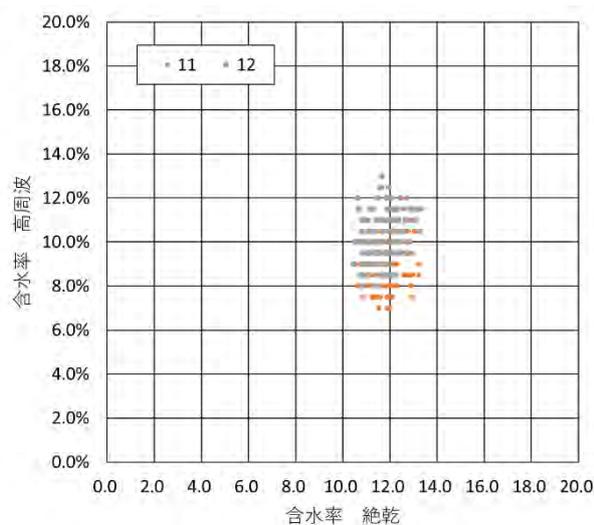


図 4. 1-13 小試験体の含水率相関
(No. 11、No. 12)

表 4.1-13 小試験体 No. 11 の含水率

No.11 N=152	含水率	
	絶乾	高周波
最小	10.5	7.0
平均	11.8	9.2
最大	13.1	12.5
標準偏差	0.57	1.14
変動係数	0.048	0.123

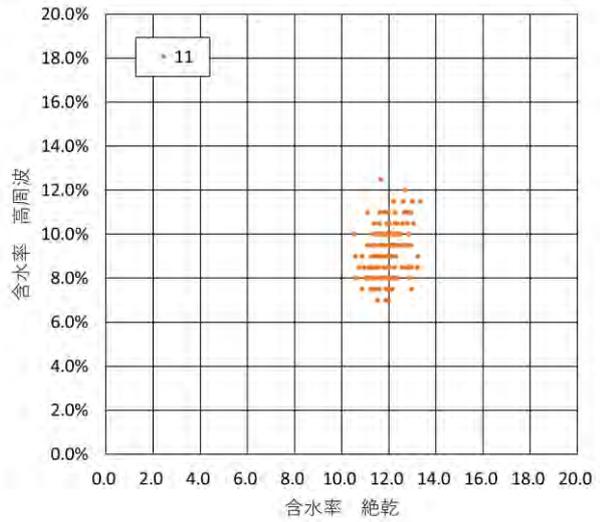


図 4.1-14 No. 11 小試験体の含水率相関

表 4.1-14 小試験体 No. 12 の含水率

No.12 N=152	含水率	
	絶乾	高周波
最小	10.6	8.0
平均	11.2	10.0
最大	12.1	13.0
標準偏差	0.43	1.04
変動係数	0.038	0.104

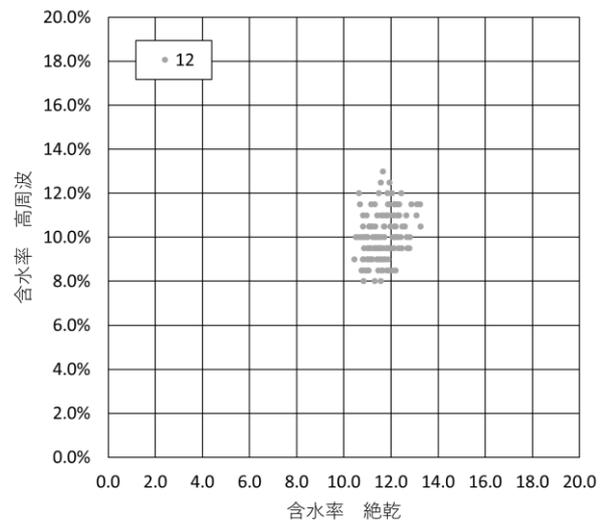


図 4.1-15 No. 12 小試験体の含水率相関

4. 1. 8 含浸後の難燃薬剤含浸量

日時：2022/9/29-9/30

場所：茨城県小美玉市 株式会社森久

難燃薬剤：W2-50（丸菱油化工業製） 濃度 22%

管理値：含浸直後の重量 W2 による表乾含浸量 G1

スギ L V L：厚 30mm×幅 455 mm×長 4000 mm 10 枚

含浸直後の重量 W2 による含浸量 G1 は、準不燃では 135.8～138.4kg/m³であった。

表 4.1-15 1 枚毎の含浸量

番号	厚さ	幅	長さ	体積	初期重量	初期比重	含水率 (含水率計)	含浸後重量	重量差	薬剤量	含浸量
	T	W	L	V	W1	R1	平均M1	W2	W2-W1	(W2-W1)/V	G1
	mm			m3	kg	g/cm3	%	kg	kg	kg/m3	kg/m3
1	30.0	455	4,000	0.05460	28.60	0.524	8.7%	62.54	33.94	621.61	136.7
2	30.0	455	4,000	0.05460	28.12	0.515	10.3%	61.84	33.72	617.58	135.8
3	30.0	455	4,000	0.05460	27.66	0.507	10.7%	61.82	34.16	625.64	137.6
4	30.0	455	4,000	0.05460	28.76	0.527	8.7%	62.78	34.02	623.08	137.0
5	30.0	455	4,000	0.05460	28.16	0.516	10.0%	62.52	34.36	629.30	138.4
6	30.0	455	4,000	0.05460	28.50	0.522	9.8%	62.54	34.04	623.44	137.1
7	30.0	455	4,000	0.05460	28.18	0.516	12.2%	62.06	33.88	620.51	136.5
8	30.0	455	4,000	0.05460	28.16	0.516	10.7%	62.38	34.22	626.74	137.8
9	30.0	455	4,000	0.05460	29.02	0.532	9.3%	62.90	33.88	620.51	136.5
10	30.0	455	4,000	0.05460	28.32	0.519	10.3%	62.46	34.14	625.27	137.5
										min	135.8
										ave	137.1
										max	138.4

4. 1. 9 材内の薬剤含浸量の分布

含浸後の LVL を含浸前と同様に細かくカットして絶乾法による重量と密度を測定し、含浸前の絶乾法による密度を差し引いて薬剤含浸量の分布を確認した。103±2℃で 72 時間乾燥させ、乾燥器から出した直後の重量を測定した。切り出す前の試験体は表 4. 1-16 に示したように 4. 1. 8 で薬剤を含浸した試験体のうちから含浸量で最小の 2 枚、平均値に近いものを 1 枚、最大の 1 枚、計 4 枚を選択した。図 4. 2-11 に示したように幅 100mm×長 100mm にカットし、一番端の列から 2 列おきに選択し、乾燥して重量を測定した。含浸前の絶乾密度は、4. 1. 6 で得られた 304 枚の平均値 0. 455 とした。

表 4. 1-17 に、各試験体の表乾重量による含浸量 G1 と絶乾法による含浸量最小値、およびその差を示した。試験体のうち一番差が大きかったのは G1 が 138. 4kg/m³、絶乾法含浸量最小値が 107. 3kg/m³ の No. 5 で、差は-31. 1kg/m³であった。本申請では絶乾法による含浸量最小値に 32kg/m³を加えた含浸量を、表乾重量による管理含浸量 G1 とするのがよいと考えた。

表 4. 1-18 から表 4. 1-21 に各試験体の薬剤含浸量を、図 4. 1-17 から図 4. 1-24 に含浸量と含浸量分布を示した。含浸量の分布をみると含浸量の最小値が観測された部位は端側または内部の両方であり両端と中間点の明確な差異は見られず、本材料の LVL は難燃薬剤が比較的均一に含浸されていると考えられる。

表 4. 1-22、23 にそれぞれの絶乾重量を示した。

表 4. 1-16 試験体の選択

No	薬剤含浸量
2	135.8
9	136.5
7	136.5
1	136.7
4	137.0
6	137.1
10	137.5
3	137.6
8	137.8
5	138.4



図 4. 1-16 小試験体の選択

表 4. 1-17 表乾の含浸量と絶乾による含浸量最小値の比較

試験体番号	No.2	No.4	No.5	No.9
表乾による 含浸量G1	135.8	137.00	138.4	136.5
絶乾法による 含浸量最小値	106.6	118.3	107.3	115.6
差	29.2	18.7	31.1	20.9

表 4.1-18 No.2 (G1=135.8kg/m³)

No.2 N=52	気乾重量	乾燥重量	気乾密度	絶乾密度	薬剤含浸量
	g	g	g/cm ³	g/cm ³	kg/m ³
最小	187.3	168.5	0.624	0.562	106.6
平均	198.1	177.9	0.660	0.593	138.0
最大	211.6	191.5	0.705	0.638	183.3
標準偏差	5.5	5.35	0.018	0.018	17.8
変動係数	0.028	0.030	0.028	0.030	0.129

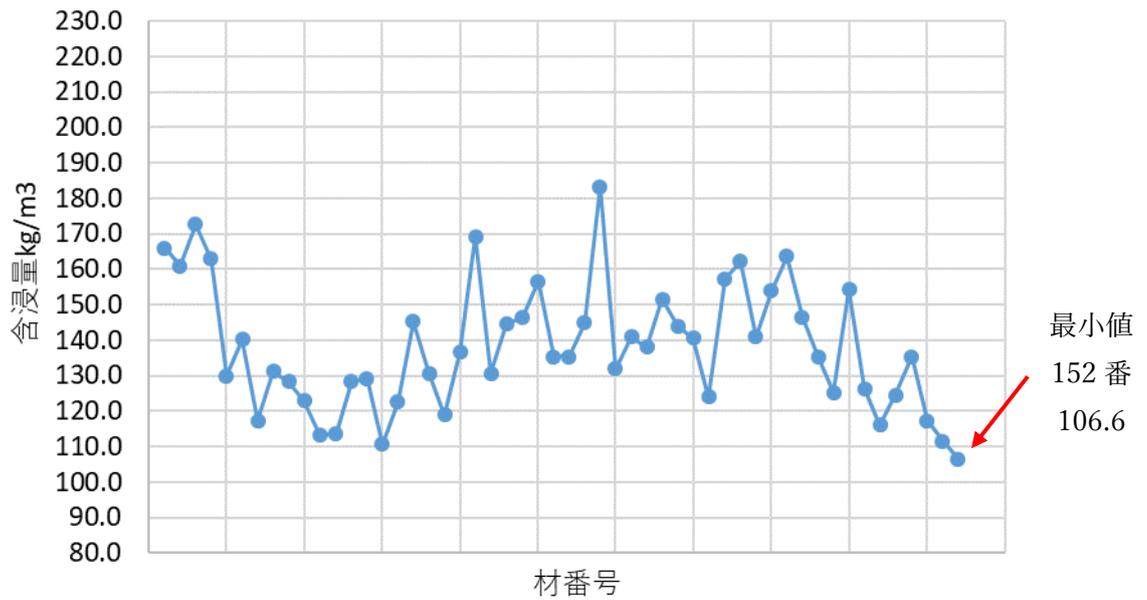


図 4.1-17 含浸量 (No. 2)

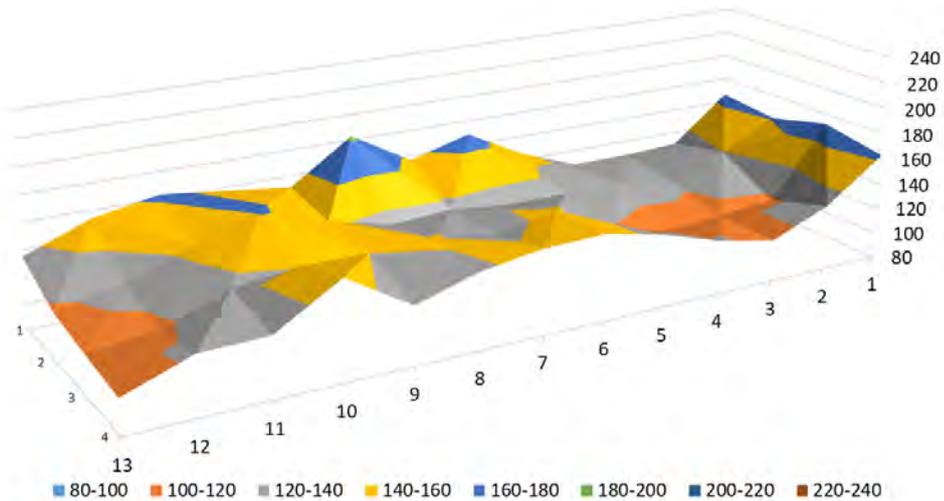


図 4.1-18 含浸量分布 (No. 2)

表 4.1-19 No. 4 (G1=137.1kg/m3)

No.4 N=52	気乾重量	乾燥重量	気乾	絶乾	薬剂含浸量
	g	g	g/cm3	g/cm3	kg/m3
最小	190.6	172.0	0.635	0.573	118.3
平均	202.6	181.9	0.675	0.606	151.3
最大	215.4	199.6	0.718	0.665	210.3
標準偏差	5.7	6.0	0.019	0.020	20.1
変動係数	0.028	0.033	0.028	0.033	0.133

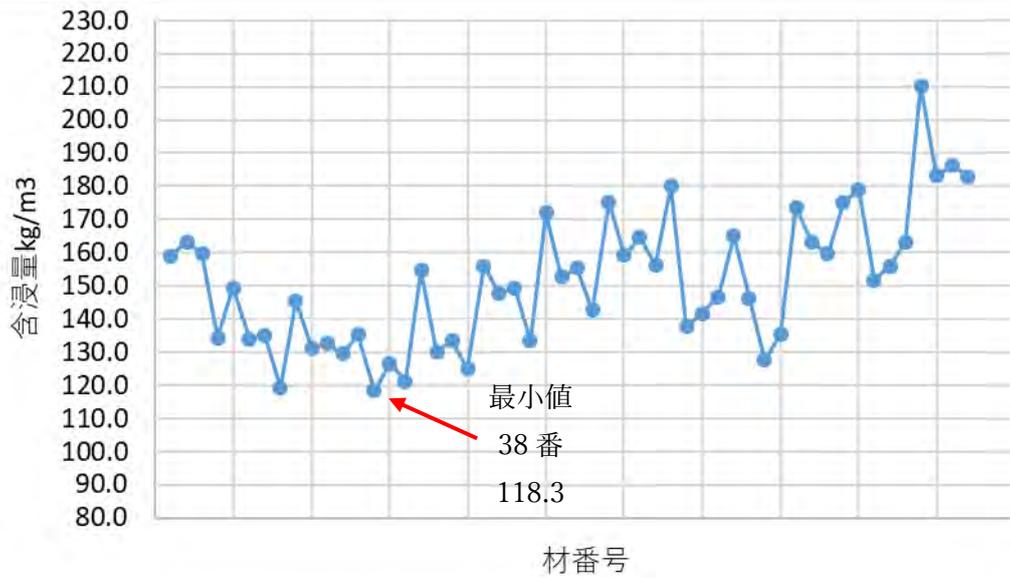


図 4.1-19 含浸量 (No. 4)

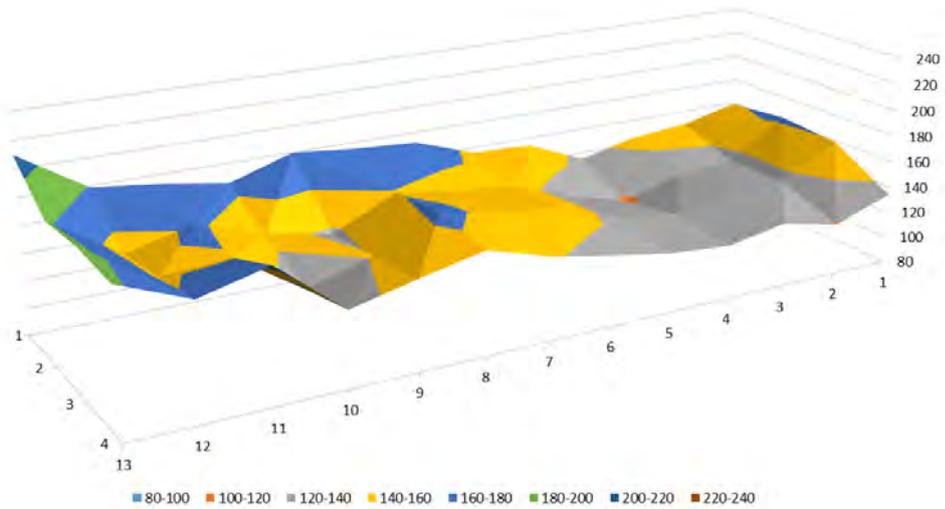


図 4.1-20 含浸量分布 (No. 4)

表 4.1-20 No.5 (G1=138.4kg/m3)

No.5 N=52	気乾重量 g	乾燥重量 g	気乾 g/cm3	絶乾 g/cm3	薬剂含浸量 kg/m3
最小	188.9	168.7	0.630	0.562	107.3
平均	199.7	178.7	0.666	0.596	140.8
最大	216.9	196.3	0.723	0.654	199.3
標準偏差	7.0	7.2	0.023	0.024	23.9
変動係数	0.035	0.040	0.035	0.040	0.170

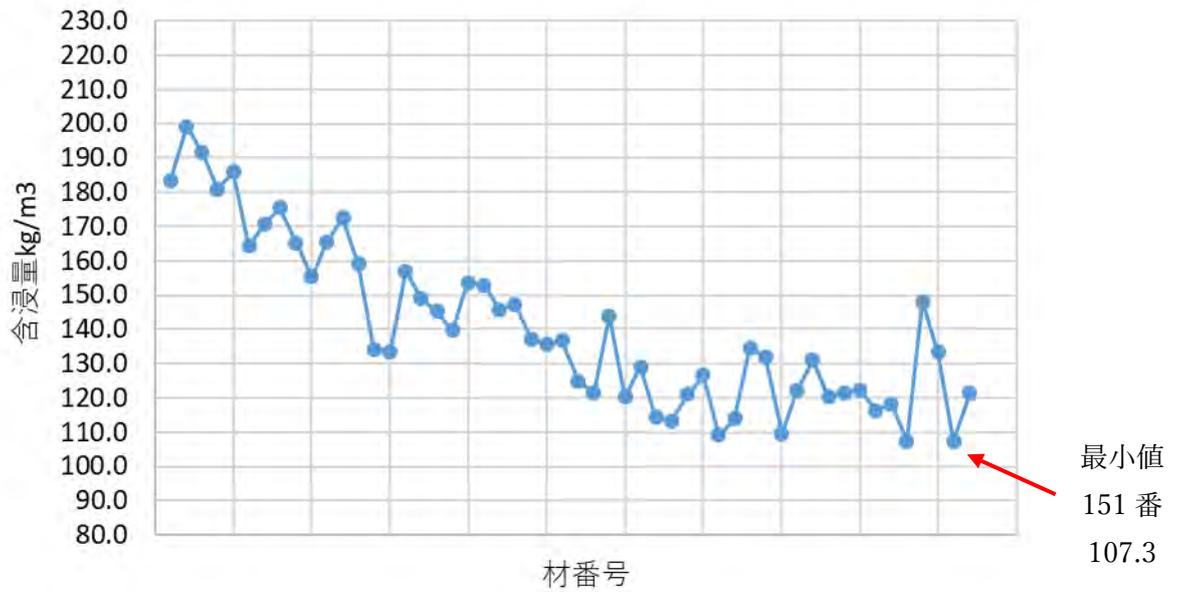


図 4.1-21 含浸量 (No.5)

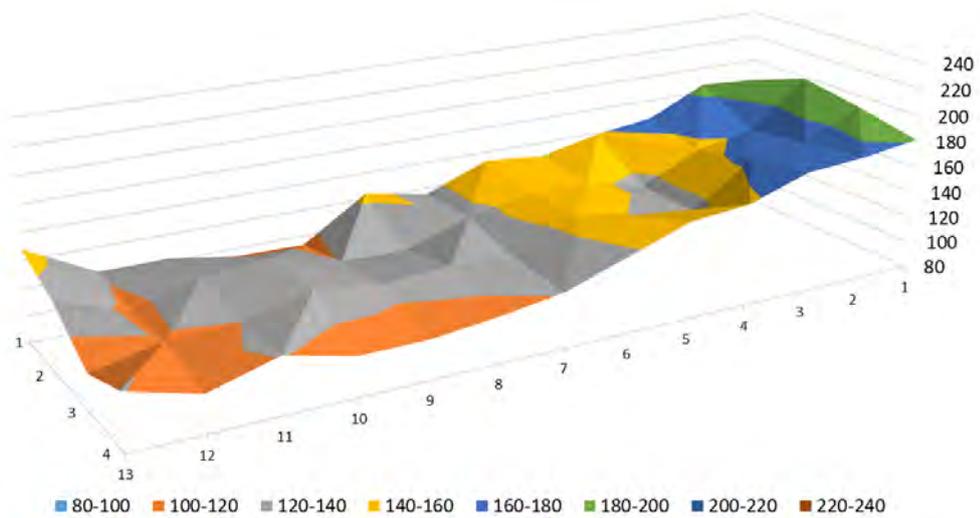


図 4.1-22 含浸量分布 (No.5)

表 4.1-21 No.9 (G1=136.5kg/m³)

No.9 N=52	気乾重量	乾燥重量	気乾	絶乾	薬剂含浸量
	g	g	g/cm ³	g/cm ³	kg/m ³
最小	192.7	171.2	0.642	0.571	115.6
平均	205.3	182.9	0.684	0.610	154.6
最大	220.5	202.9	0.735	0.676	221.3
標準偏差	5.9	6.7	0.020	0.022	22.3
変動係数	0.029	0.037	0.029	0.037	0.144

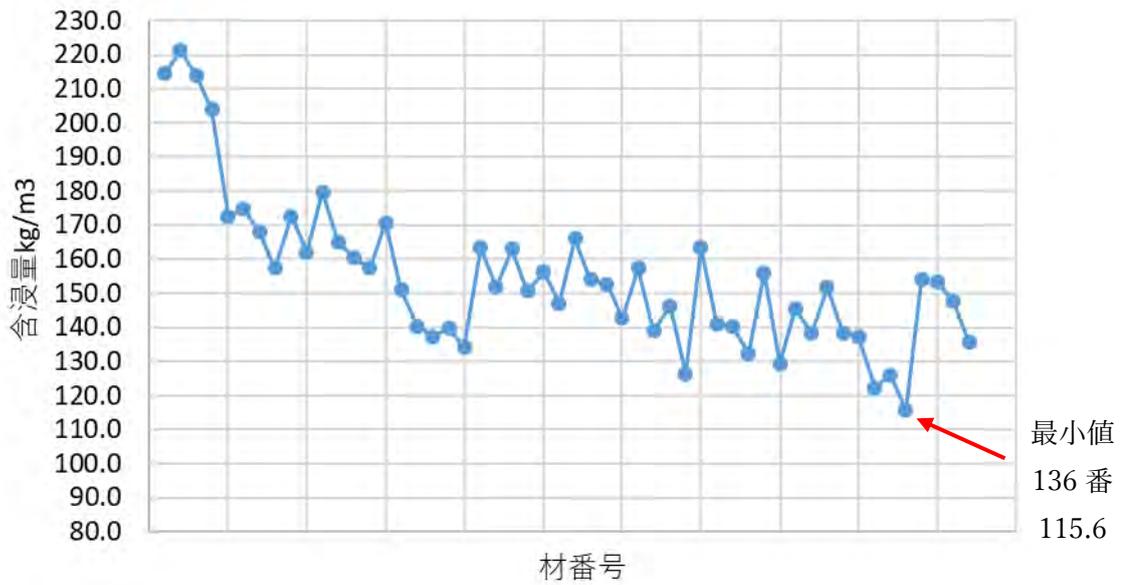


図 4.1-23 含浸量 (No. 9)

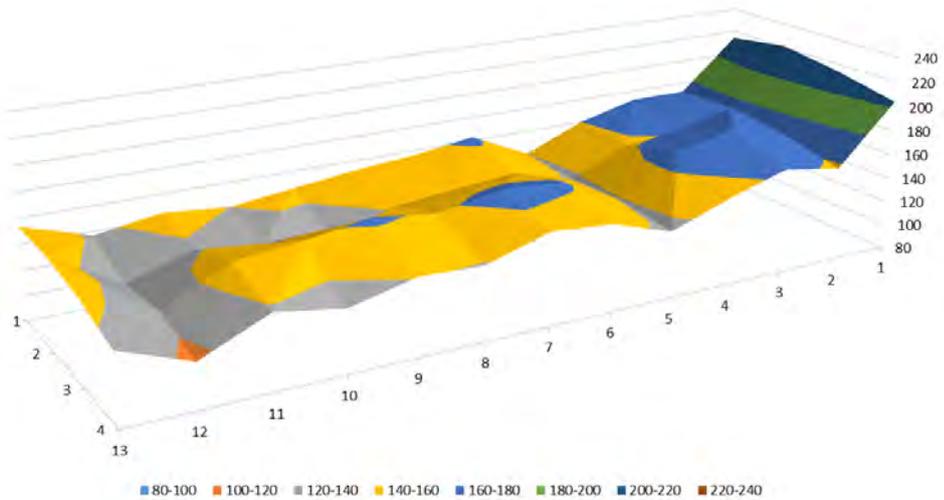


図 4.1-24 含浸量分布 (No. 9)

表 4.1-22 絶乾重量リスト 1

No. 2 (1~152)、No. 4 (1~152)

No.2 N=52	気乾重量 g	乾燥重量 g	密度 g/cm3		含浸量 kg/m3
			気乾	絶乾	
最小	187.3	168.5	0.624	0.562	106.6
平均	198.1	177.9	0.660	0.593	138.0
最大	211.6	191.5	0.705	0.638	183.3
標準偏差	5.5	5.4	0.018	0.018	17.8
変動係数	0.028	0.030	0.028	0.030	0.129
1	199.2	186.3	0.664	0.621	166.0
2	199.1	184.8	0.664	0.616	161.0
3	203.4	188.3	0.678	0.628	172.6
4	199.4	185.4	0.665	0.618	163.0
13	190.1	175.5	0.634	0.585	130.0
14	198.9	178.6	0.663	0.595	140.3
15	192.1	171.7	0.640	0.572	117.3
16	193.6	175.9	0.645	0.586	131.3
25	190.4	175.0	0.635	0.583	128.3
26	191.8	173.4	0.639	0.578	123.0
27	189.8	170.5	0.633	0.568	113.3
28	187.3	170.6	0.624	0.569	113.6
37	191.0	175.0	0.637	0.583	128.3
38	194.6	175.3	0.649	0.584	129.3
39	189.3	169.7	0.631	0.566	110.6
40	191.0	173.3	0.637	0.578	122.6
49	195.7	180.1	0.652	0.600	145.3
50	195.4	175.7	0.651	0.586	130.6
51	192.9	172.2	0.643	0.574	119.0
52	196.3	177.5	0.654	0.592	136.6
61	205.1	187.3	0.684	0.624	169.3
62	195.7	175.7	0.652	0.586	130.6
63	200.0	179.9	0.667	0.600	144.6
64	199.3	180.5	0.664	0.602	146.6
73	203.0	183.5	0.677	0.612	156.6
74	198.4	177.1	0.661	0.590	135.3
75	200.0	177.1	0.667	0.590	135.3
76	201.6	180.0	0.672	0.600	145.0
85	211.6	191.5	0.705	0.638	183.3
86	198.7	176.1	0.662	0.587	132.0
87	201.2	178.8	0.671	0.596	141.0
88	198.2	177.9	0.661	0.593	138.0
97	200.7	182.0	0.669	0.607	151.6
98	203.2	179.7	0.677	0.599	144.0
99	202.0	178.7	0.673	0.596	140.6
100	194.8	173.7	0.649	0.579	124.0
109	204.5	183.7	0.682	0.612	157.3
110	209.7	185.2	0.699	0.617	162.3
111	203.0	178.8	0.677	0.596	141.0
112	205.3	182.7	0.684	0.609	154.0
121	206.0	185.6	0.687	0.619	163.6
122	205.0	180.5	0.683	0.602	146.6
123	201.4	177.1	0.671	0.590	135.3
124	196.1	174.1	0.654	0.580	125.3
133	205.0	182.8	0.683	0.609	154.3
134	200.0	174.4	0.667	0.581	126.3
135	196.5	171.3	0.655	0.571	116.0
136	197.9	173.9	0.660	0.580	124.6
149	197.2	177.1	0.657	0.590	135.3
150	195.3	171.7	0.651	0.572	117.3
151	193.8	170.0	0.646	0.567	111.6
152	189.3	168.5	0.631	0.562	106.6

No.4 N=52	気乾重量 g	乾燥重量 g	密度 g/cm3		含浸量 kg/m3
			気乾	絶乾	
最小	190.6	172.0	0.635	0.573	118.3
平均	202.6	181.9	0.675	0.606	151.3
最大	215.4	199.6	0.718	0.665	210.3
標準偏差	5.7	6.0	0.019	0.020	20.1
変動係数	0.028	0.033	0.028	0.033	0.133
1	201.7	184.2	0.672	0.614	159.0
2	207.9	185.5	0.693	0.618	163.3
3	206.0	184.4	0.687	0.615	159.6
4	193.9	176.8	0.646	0.589	134.3
13	201.1	181.3	0.670	0.604	149.3
14	204.5	176.7	0.682	0.589	134.0
15	203.2	177.0	0.677	0.590	135.0
16	193.3	172.3	0.644	0.574	119.3
25	197.2	180.2	0.657	0.601	145.6
26	196.7	175.9	0.656	0.586	131.3
27	197.1	176.3	0.657	0.588	132.6
28	194.8	175.4	0.649	0.585	129.6
37	195.2	177.1	0.651	0.590	135.3
38	192.4	172.0	0.641	0.573	118.3
39	194.4	174.5	0.648	0.582	126.6
40	190.6	172.9	0.635	0.576	121.3
49	201.1	182.9	0.670	0.610	154.6
50	196.6	175.5	0.655	0.585	130.0
51	198.7	176.5	0.662	0.588	133.3
52	193.8	174.0	0.646	0.580	125.0
61	200.7	183.3	0.669	0.611	156.0
62	202.0	180.8	0.673	0.603	147.6
63	202.0	181.3	0.673	0.604	149.3
64	195.1	176.5	0.650	0.588	133.3
73	206.2	188.1	0.687	0.627	172.0
74	203.5	182.3	0.678	0.608	152.6
75	205.4	183.1	0.685	0.610	155.3
76	199.8	179.3	0.666	0.598	142.6
85	207.1	189.1	0.690	0.630	175.3
86	207.8	184.3	0.693	0.614	159.3
87	210.3	185.9	0.701	0.620	164.6
88	204.0	183.4	0.680	0.611	156.3
97	207.5	190.5	0.692	0.635	180.0
98	200.3	177.8	0.668	0.593	137.6
99	204.3	179.0	0.681	0.597	141.6
100	202.4	180.5	0.675	0.602	146.6
109	205.8	186.0	0.686	0.620	165.0
110	206.0	180.4	0.687	0.601	146.3
111	200.5	174.8	0.668	0.583	127.6
112	198.6	177.1	0.662	0.590	135.3
121	206.9	188.6	0.690	0.629	173.6
122	208.1	185.5	0.694	0.618	163.3
123	207.6	184.4	0.692	0.615	159.6
124	211.0	189.0	0.703	0.630	175.0
133	207.9	190.2	0.693	0.634	179.0
134	204.2	182.0	0.681	0.607	151.6
135	207.6	183.3	0.692	0.611	156.0
136	207.9	185.4	0.693	0.618	163.0
149	215.4	199.6	0.718	0.665	210.3
150	209.3	191.5	0.698	0.638	183.3
151	210.9	192.4	0.703	0.641	186.3
152	208.1	191.4	0.694	0.638	183.0

表 4.1-23 絶乾重量リスト 2

No. 5(1~152)、No. 9(1~152)

No.5 N=52	気乾重量 g	乾燥重量 g	密度 g/cm3		含浸量 kg/m3
			気乾	絶乾	
最小	188.9	168.7	0.630	0.562	107.3
平均	199.7	178.7	0.666	0.596	140.8
最大	216.9	196.3	0.723	0.654	199.3
標準偏差	7.0	7.2	0.023	0.024	23.9
変動係数	0.035	0.040	0.035	0.040	0.170
1	209.7	191.5	0.699	0.638	183.3
2	216.9	196.3	0.723	0.654	199.3
3	213.1	194.0	0.710	0.647	191.6
4	208.0	190.8	0.693	0.636	181.0
13	211.1	192.3	0.704	0.641	186.0
14	208.0	185.8	0.693	0.619	164.3
15	209.0	187.7	0.697	0.626	170.6
16	209.2	189.2	0.697	0.631	175.6
25	206.1	186.1	0.687	0.620	165.3
26	207.3	183.1	0.691	0.610	155.3
27	210.4	186.2	0.701	0.621	165.6
28	211.4	188.3	0.705	0.628	172.6
37	203.9	184.2	0.680	0.614	159.0
38	198.8	176.8	0.663	0.589	134.3
39	198.1	176.6	0.660	0.589	133.6
40	205.3	183.6	0.684	0.612	157.0
49	199.5	181.2	0.665	0.604	149.0
50	201.9	180.1	0.673	0.600	145.3
51	200.8	178.4	0.669	0.595	139.6
52	202.3	182.6	0.674	0.609	153.6
61	201.3	182.4	0.671	0.608	153.0
62	201.0	180.2	0.670	0.601	145.6
63	201.6	180.7	0.672	0.602	147.3
64	196.6	177.7	0.655	0.592	137.3
73	197.0	177.2	0.657	0.591	135.6
74	199.6	177.5	0.665	0.592	136.6
75	195.8	174.0	0.653	0.580	125.0
76	193.4	172.9	0.645	0.576	121.3
85	200.5	179.7	0.668	0.599	144.0
86	194.6	172.6	0.649	0.575	120.3
87	197.4	175.2	0.658	0.584	129.0
88	191.7	170.8	0.639	0.569	114.3
97	189.9	170.5	0.633	0.568	113.3
98	193.6	172.8	0.645	0.576	121.0
99	195.6	174.5	0.652	0.582	126.6
100	188.9	169.2	0.630	0.564	109.0
109	190.0	170.7	0.633	0.569	114.0
110	198.0	176.9	0.660	0.590	134.6
111	197.6	176.1	0.659	0.587	132.0
112	189.0	169.4	0.630	0.565	109.6
121	192.4	173.2	0.641	0.577	122.3
122	197.3	175.8	0.658	0.586	131.0
123	193.4	172.6	0.645	0.575	120.3
124	192.8	173.0	0.643	0.577	121.6
133	194.4	173.2	0.648	0.577	122.3
134	194.7	171.4	0.649	0.571	116.3
135	196.3	172.0	0.654	0.573	118.3
136	191.0	168.7	0.637	0.562	107.3
149	200.9	180.9	0.670	0.603	148.0
150	198.8	176.5	0.663	0.588	133.3
151	191.6	168.7	0.639	0.562	107.3
152	194.4	172.9	0.648	0.576	121.3

No.9 N=52	気乾重量 g	乾燥重量 g	密度 g/cm3		含浸量 kg/m3
			気乾	絶乾	
最小	192.7	171.2	0.642	0.571	115.6
平均	205.3	182.9	0.684	0.610	154.6
最大	220.5	202.9	0.735	0.676	221.3
標準偏差	5.9	6.7	0.020	0.022	22.3
変動係数	0.029	0.037	0.029	0.037	0.144
1	216.1	200.9	0.720	0.670	214.6
2	220.5	202.9	0.735	0.676	221.3
3	218.1	200.7	0.727	0.669	214.0
4	214.6	197.7	0.715	0.659	204.0
13	209.5	188.3	0.698	0.628	172.6
14	215.9	188.9	0.720	0.630	174.6
15	207.8	186.9	0.693	0.623	168.0
16	209.1	183.7	0.697	0.612	157.3
25	209.4	188.3	0.698	0.628	172.6
26	212.1	185.1	0.707	0.617	162.0
27	211.8	190.4	0.706	0.635	179.6
28	212.2	186.0	0.707	0.620	165.0
37	206.6	184.6	0.689	0.615	160.3
38	211.4	183.7	0.705	0.612	157.3
39	210.5	187.7	0.702	0.626	170.6
40	208.0	181.8	0.693	0.606	151.0
49	200.2	178.6	0.667	0.595	140.3
50	204.9	177.7	0.683	0.592	137.3
51	199.3	178.4	0.664	0.595	139.6
52	203.7	176.8	0.679	0.589	134.3
61	206.3	185.5	0.688	0.618	163.3
62	208.8	182.0	0.696	0.607	151.6
63	206.3	185.4	0.688	0.618	163.0
64	206.9	181.7	0.690	0.606	150.6
73	204.5	183.4	0.682	0.611	156.3
74	206.4	180.6	0.688	0.602	147.0
75	205.9	186.3	0.686	0.621	166.0
76	207.5	182.7	0.692	0.609	154.0
85	203.0	182.3	0.677	0.608	152.6
86	204.0	179.3	0.680	0.598	142.6
87	203.0	183.7	0.677	0.612	157.3
88	200.0	178.2	0.667	0.594	139.0
97	199.8	180.4	0.666	0.601	146.3
98	199.2	174.4	0.664	0.581	126.3
99	205.8	185.5	0.686	0.618	163.3
100	202.8	178.8	0.676	0.596	141.0
109	197.8	178.6	0.659	0.595	140.3
110	201.3	176.2	0.671	0.587	132.3
111	203.5	183.3	0.678	0.611	156.0
112	199.4	175.3	0.665	0.584	129.3
121	199.6	180.1	0.665	0.600	145.3
122	204.1	178.0	0.680	0.593	138.3
123	203.0	182.0	0.677	0.607	151.6
124	204.8	178.0	0.683	0.593	138.3
133	196.4	177.7	0.655	0.592	137.3
134	196.3	173.2	0.654	0.577	122.3
135	192.7	174.3	0.642	0.581	126.0
136	194.9	171.2	0.650	0.571	115.6
149	202.3	182.7	0.674	0.609	154.0
150	205.9	182.5	0.686	0.608	153.3
151	201.5	180.8	0.672	0.603	147.6
152	201.4	177.2	0.671	0.591	135.6

4. 2 発熱性予備試験

防火材料の性能評価試験で採用される発熱性試験を行い、準不燃性能を有する目標含浸量を検討した。

4. 2. 1 薬剤含浸

難燃薬剤の含浸は下記の通り実施した。表 4. 2-1～4. 2-2 に 1 枚ごとの重量・密度・含浸量を示した。

日時：2023 年 9 月 28 日 - 9 月 30 日

場所：茨城県小美玉市 株式会社森久

難燃薬剤：W2-50（丸菱油化工業製） 濃度 22%

含浸量管理：含浸直後の重量 W2 による表乾含浸量 G1

スギ L V L：厚 30mm×幅 100 mm×長 315 mm 102 枚



写真 4. 2-1 試験体

表 4.2-1 1 枚毎の重量・密度・含浸量

	気乾重量 g	乾燥重量 g	気乾密度 g/cm ³	絶乾密度 g/cm ³	薬剤含浸量 kg/m ³
最小	180.7	170.8	0.602	0.569	130.9
平均	189.0	178.5	0.630	0.595	137.4
最大	197.3	187.0	0.658	0.623	142.0
標準偏差	3.9	3.8	0.013	0.013	2.6
変動係数	0.021	0.021	0.021	0.021	0.019
1	183.9g	173.9	0.613	0.580	139.2
2	188.1g	177.3	0.627	0.591	135.4
3	184.0g	173.6	0.613	0.579	130.9
4	191.3g	181.0	0.638	0.603	138.6
5	195.8g	184.8	0.653	0.616	141.5
6	188.0g	178.6	0.627	0.595	139.1
7	194.4g	185.1	0.648	0.617	135.9
8	196.2g	186.8	0.654	0.623	139.9
9	186.0g	175.1	0.620	0.584	133.9
10	190.6g	178.8	0.635	0.596	136.4
11	192.6g	182.1	0.642	0.607	134.6
12	188.3g	177.8	0.628	0.593	139.9
13	193.2g	182.0	0.644	0.607	133.1
14	197.3g	187.0	0.658	0.623	134.5
15	185.2g	174.8	0.617	0.583	133.6
16	189.3g	179.6	0.631	0.599	136.2
17	189.3g	179.0	0.631	0.597	138.7
18	189.1g	178.4	0.630	0.595	135.0
19	188.3g	177.9	0.628	0.593	138.9
20	188.1g	176.9	0.627	0.590	132.9
21	189.9g	179.4	0.633	0.598	134.5
22	185.7g	176.2	0.619	0.587	139.3
23	190.0g	180.0	0.633	0.600	136.9
24	191.0g	181.0	0.637	0.603	138.9
25	189.3g	178.1	0.631	0.594	137.4
26	186.9g	176.8	0.623	0.589	138.5
27	189.0g	178.3	0.630	0.594	136.5
28	188.4g	176.9	0.628	0.590	140.6
29	188.9g	177.3	0.630	0.591	138.3
30	184.1g	173.6	0.614	0.579	137.6
31	187.3g	177.8	0.624	0.593	135.1
32	193.8g	183.8	0.646	0.613	139.0
33	181.6g	172.3	0.605	0.574	136.5
34	189.3g	179.4	0.631	0.598	140.6
35	192.2g	181.3	0.641	0.604	138.8
36	195.1g	184.4	0.650	0.615	137.5
37	191.7g	180.2	0.639	0.601	136.3
38	190.5g	179.4	0.635	0.598	136.6
39	181.5g	171.1	0.605	0.570	135.6
40	194.2g	183.3	0.647	0.611	133.5
41	189.2g	179.4	0.631	0.598	142.0
42	192.2g	181.1	0.641	0.604	139.0
43	191.0g	179.9	0.637	0.600	135.8
44	188.6g	178.2	0.629	0.594	142.0
45	188.4g	178.1	0.628	0.594	137.2
46	183.0g	173.1	0.610	0.577	136.1
47	180.7g	170.8	0.602	0.569	140.1
48	186.9g	176.5	0.623	0.588	138.0
49	185.9g	175.5	0.620	0.585	137.0
50	190.7g	180.2	0.636	0.601	140.7
51	182.1g	171.6	0.607	0.572	141.0

表 4.2-2 1 枚毎の重量・密度・含浸量

	気乾重量 g	乾燥重量 g	気乾密度 g/cm ³	絶乾密度 g/cm ³	薬剤含浸量 kg/m ³
最小	179.6	168.7	0.599	0.562	98.0
平均	187.8	177.0	0.626	0.590	132.0
最大	199.6	188.8	0.665	0.629	180.7
標準偏差	3.9	4.0	0.013	0.013	15.7
変動係数	0.021	0.023	0.021	0.023	0.119
1	190.4g	180.4	0.635	0.601	137.3
2	193.9g	183.0	0.646	0.610	158.7
3	186.4g	176.2	0.621	0.587	151.0
4	189.7g	179.8	0.632	0.599	137.3
5	188.8g	177.8	0.629	0.593	121.0
6	187.5g	177.3	0.625	0.591	127.3
7	189.4g	179.7	0.631	0.599	146.0
8	189.2g	180.2	0.631	0.601	134.3
9	188.9g	178.7	0.630	0.596	149.3
10	195.7g	184.5	0.652	0.615	160.3
11	199.6g	188.8	0.665	0.629	180.7
12	197.4g	187.0	0.658	0.623	157.0
13	188.5g	177.7	0.628	0.592	148.7
14	189.5g	179.1	0.632	0.597	148.7
15	181.2g	170.6	0.604	0.569	123.3
16	193.6g	182.9	0.645	0.610	155.7
17	186.9g	176.6	0.623	0.589	126.3
18	184.1g	173.6	0.614	0.579	128.7
19	188.4g	178.2	0.628	0.594	131.0
20	185.7g	174.9	0.619	0.583	140.0
21	192.6g	180.2	0.642	0.601	152.3
22	189.5g	178.8	0.632	0.596	131.7
23	185.9g	175.2	0.620	0.584	127.7
24	190.1g	179.5	0.634	0.598	135.3
25	179.6g	168.7	0.599	0.562	104.3
26	191.1g	179.8	0.637	0.599	137.7
27	189.2g	177.5	0.631	0.592	136.7
28	188.0g	175.6	0.627	0.585	116.7
29	186.4g	173.9	0.621	0.580	118.7
30	185.2g	173.3	0.617	0.578	119.0
31	182.6g	172.6	0.609	0.575	125.0
32	189.7g	179.3	0.632	0.598	134.3
33	186.7g	176.3	0.622	0.588	132.7
34	190.3g	179.3	0.634	0.598	129.0
35	188.3g	176.6	0.628	0.589	126.0
36	190.2g	178.9	0.634	0.596	138.0
37	187.6g	176.2	0.625	0.587	133.0
38	185.6g	174.6	0.619	0.582	126.7
39	183.3g	172.2	0.611	0.574	122.0
40	184.5g	173.3	0.615	0.578	132.7
41	184.3g	174.1	0.614	0.580	107.0
42	186.4g	175.5	0.621	0.585	121.7
43	186.0g	175.4	0.620	0.585	132.0
44	188.6g	177.7	0.629	0.592	119.0
45	184.5g	173.6	0.615	0.579	121.3
46	185.7g	174.8	0.619	0.583	129.0
47	186.5g	175.4	0.622	0.585	117.7
48	183.9g	174.2	0.613	0.581	120.7
49	183.9g	172.8	0.613	0.576	119.3
50	183.8g	172.7	0.613	0.576	106.7
51	183.9g	170.4	0.613	0.568	98.0

4. 2. 2 試験結果および考察

試験は日本建築総合試験所で実施した。試験体の写真を写真4.2-1～4.2-9に示した。試験結果を表4.2-3、4.2-4に、発熱速度および総発熱量を図4.2-1～4.2-6に示した。表4.2-3は塗装した試験体、表4.2-4は塗装しない試験体とした。含浸量は目標とする管理含浸量前後の試験体を選択した。総発熱量は最大でも6.6MJと基準値を下回った。



写真 4.2-1 塗装



写真 4.2-2 発熱性試験



写真 4.2-3 試験後



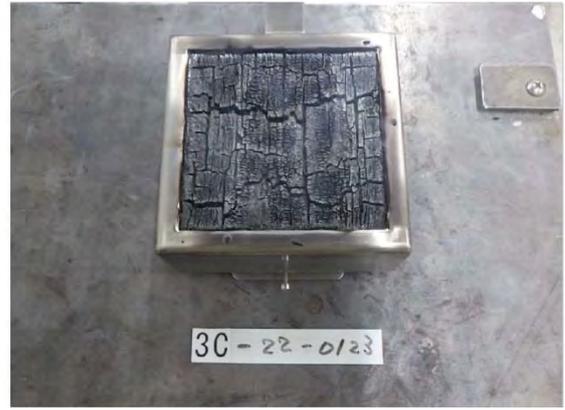


写真 4.2-4 試験体 A 試験後



写真 4.2-5 試験体 B 試験後



写真 4.2-6 試験体 C 試験後

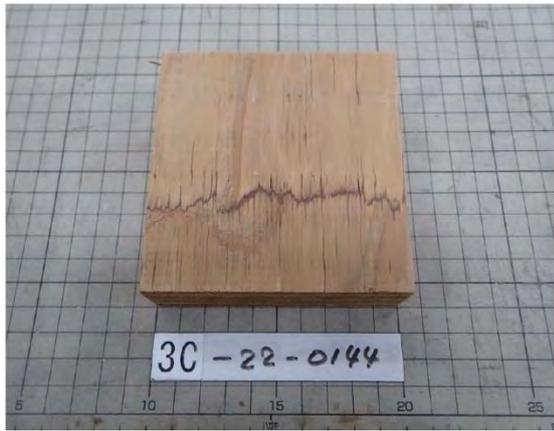


写真 4.2-7 試験体 A 試験後



写真 4.2-8 試験体 B 試験後



写真 4.2-9 試験体 C 試験後

表 4.2-3 試験結果

		質量 [g]	総発熱量 [MJ/m ²]	最高発熱速度 [kW/m ²]	防火上有害な 変形の有無	最高発熱速度が継続して200kW/m ² を超過した時間	着火時間 [秒]
規定値		-	8 MJ/m ²	-	なし	10 秒	-
試験体	A	185.7	6.6	59.84	なし	0	25~57
	B	192.3	5.1	21.57	なし	0	38~104
	C	188.3	3.3	10.99	なし	0	16~25

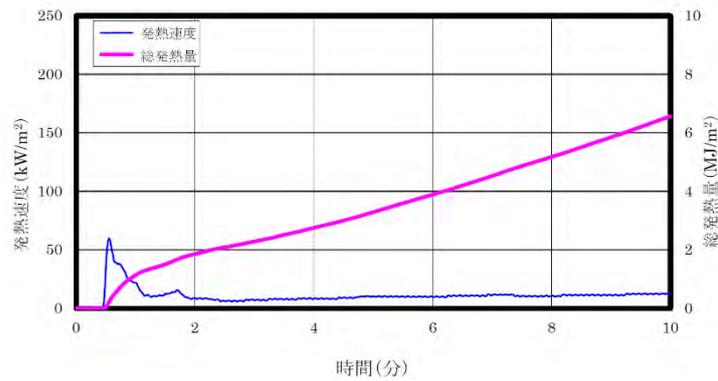


図 4.2-1 発熱速度および総発熱量 (試験体 A)

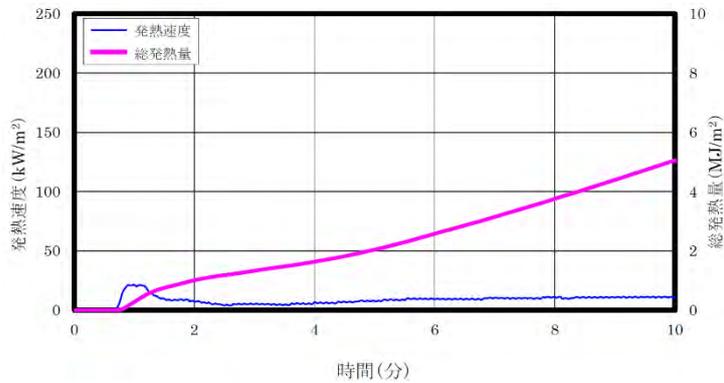


図 4.2-2 発熱速度および総発熱量 (試験体 B)

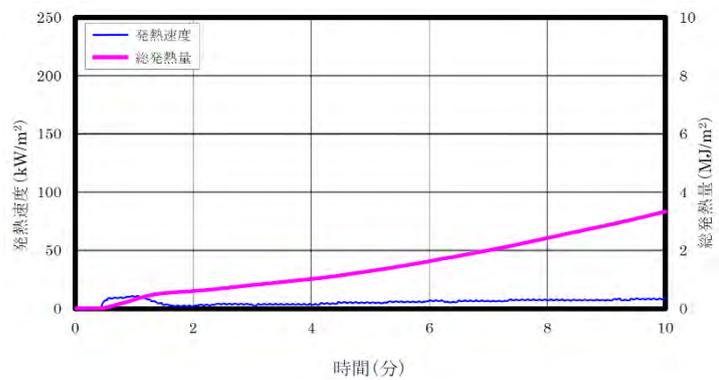


図 4.2-3 発熱速度および総発熱量 (試験体 C)

表 4.2-4 試験結果

		質量 [g]	総発熱量 [MJ/m ²]	最高発熱速度 [kW/m ²]	防火上有害な 変形の有無	最高発熱速度が連続して200kW/m ² を超過した時間	着火時間 [秒]
規定値		-	8 MJ/m ²	-	なし	10 秒	-
試験体	A	191.3	6.1	18.34	なし	0	21~32 41~163
	B	196.4	4.5	12.47	なし	0	31~182
	C	195.1	3.4	12.05	なし	0	24(フラッシュ)

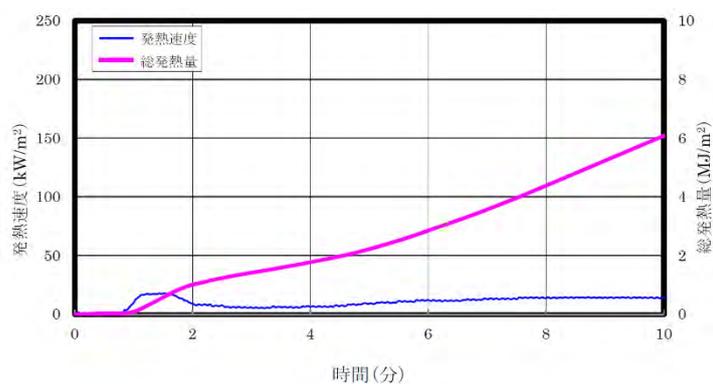


図 4.2-4 発熱速度および総発熱量 (試験体 A)

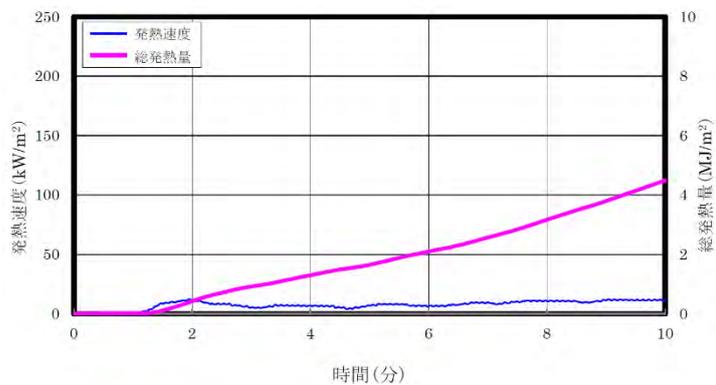


図 4.2-5 発熱速度および総発熱量 (試験体 B)

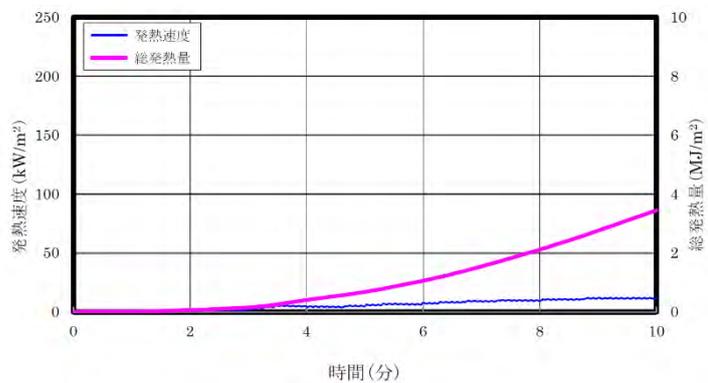


図 4.2-6 発熱速度および総発熱量 (試験体 C)

4. 3 性能評価用含浸

性能評価試験として、日本建築総合試験所の立ち会いの下、発熱性試験体およびガス有害性試験体に難燃薬剤含浸を行った。

仕様は下記の通りとした。試験体の写真を写真 4. 3-1～4. 3-4 に示した。発熱性試験体の推定含浸量を表 4. 3-1 および表 4. 3-2 に、ガス有害性試験体の推定含浸量を表 4. 3-3 に示す。

日時：2023/01/31～02/03

場所：茨城県小美玉市 株式会社森久

難燃薬剤：W2-50（丸菱油化工業製） 濃度 22%

管理値：含浸直後の重量 W2 による表乾含浸量 G1

スギ L V L：厚 30 mm×幅 99 mm×長 314 mm 201 枚… 発熱性試験

厚 30 mm×幅 220 mm×長 261 mm 102 枚… ガス有害性試験

目標含浸量：G1=142kg/m³



写真 4. 3-1 難燃薬剤含浸



写真 4. 3-2 寸法重量測定立ち合い



写真 4. 3-3 発熱性試験試験体



写真 4. 3-4 ガス有害性試験体

表 4.3-1 発熱性試験体の測定値 (No. 1~No. 100)

番号	厚さ mm	幅 mm	長さ mm	含水率 (含水率計)		初期 重量 kg	初期 比重 g/cm3	含浸後 重量 kg	重量差 kg	含浸量 kg/m3	乾燥後 重量 kg	比重 g/cm3	含浸量 kg/m3	含水率 (含水率計)		管理試験体 絶乾時含浸量 kg/m3
				%	%									%	%	
1	30.00	99.4	314.0	9.0%	0.000936	0.519	0.554	1.057	0.54	126.406	0.653	0.697	143.11	11.5	11.5	118.5
2	29.80	99.4	313.5	9.0%	0.000929	0.488	0.526	1.060	0.57	135.512	0.623	0.671	145.38	11.5	11.5	114.0
3	30.10	98.7	313.5	7.5%	0.000931	0.508	0.545	1.082	0.57	135.586	0.650	0.698	152.46	11.0	11.0	134.1
4	30.10	99.3	314.0	9.5%	0.000939	0.522	0.566	1.056	0.53	125.175	0.653	0.695	138.52	14.0	14.0	126.0
5	30.00	99.3	314.0	10.5%	0.000935	0.495	0.529	1.062	0.57	133.354	0.633	0.675	145.39	15.0	15.0	128.4
6	30.00	99.2	314.0	7.0%	0.000934	0.532	0.569	1.110	0.58	136.078	0.674	0.721	151.96	10.5	10.5	130.7
7	30.00	98.6	313.5	9.5%	0.000927	0.507	0.547	1.049	0.54	128.584	0.643	0.693	146.66	14.5	14.5	119.0
8	30.30	99.2	314.0	10.0%	0.000944	0.497	0.527	1.071	0.57	133.798	0.633	0.671	144.10	15.0	15.0	131.4
9	29.90	98.9	314.0	7.5%	0.000929	0.517	0.557	1.068	0.55	130.550	0.650	0.700	143.24	10.5	10.5	119.8
10	29.90	99.4	314.0	8.0%	0.000933	0.503	0.539	1.078	0.58	135.551	0.647	0.693	154.30	11.5	11.5	104.9
11	30.30	99.4	314.0	9.5%	0.000946	0.465	0.492	1.061	0.60	138.647	0.609	0.644	152.27	10.5	10.5	112.3
12	29.90	99.2	314.0	10.5%	0.000931	0.526	0.565	1.087	0.56	132.517	0.659	0.708	142.80	10.0	10.0	127.0
13	30.00	99.3	314.0	8.5%	0.000935	0.486	0.520	1.062	0.58	135.471	0.624	0.667	147.53	14.0	14.0	126.0
14	30.10	99.0	313.5	9.0%	0.000934	0.485	0.519	1.057	0.57	134.704	0.622	0.666	146.85	12.0	12.0	115.0
15	29.90	99.1	313.5	9.5%	0.000929	0.493	0.531	1.066	0.57	135.705	0.630	0.678	147.48	13.0	13.0	142.4
16	29.90	99.2	313.5	10.0%	0.000930	0.493	0.530	1.079	0.59	138.644	0.628	0.675	145.18	7.5	7.5	115.1
17	30.20	99.3	314.0	10.5%	0.000942	0.487	0.517	1.065	0.58	135.041	0.620	0.658	141.24	12.5	12.5	136.1
18	29.90	98.9	313.5	9.0%	0.000927	0.499	0.538	1.061	0.56	133.369	0.630	0.680	141.31	11.5	11.5	121.9
19	29.70	99.2	314.0	10.5%	0.000925	0.509	0.550	1.088	0.58	137.690	0.643	0.694	143.77	11.5	11.5	139.0
20	30.00	98.9	314.0	9.0%	0.000932	0.489	0.525	1.073	0.58	137.908	0.622	0.668	142.76	13.5	13.5	121.0
21	30.00	98.9	314.0	8.5%	0.000932	0.500	0.537	1.081	0.58	137.199	0.623	0.674	137.39	7.5	7.5	124.0
22	30.00	99.0	314.0	8.0%	0.000933	0.502	0.538	1.064	0.56	132.578	0.636	0.685	146.90	8.0	8.0	113.8
23	29.90	99.0	314.0	9.5%	0.000929	0.459	0.494	1.052	0.59	140.359	0.600	0.646	151.70	11.0	11.0	113.6
24	29.80	99.0	314.0	10.0%	0.000926	0.518	0.559	1.058	0.54	128.243	0.653	0.704	144.65	15.5	15.5	126.8
25	30.10	98.9	313.5	8.5%	0.000933	0.487	0.522	1.048	0.56	132.247	0.623	0.673	151.08	13.0	13.0	111.7
26	29.80	98.6	313.5	9.0%	0.000921	0.493	0.535	1.070	0.58	137.806	0.620	0.680	144.38	9.5	9.5	114.5
27	30.00	99.1	313.5	10.0%	0.000932	0.493	0.529	1.062	0.57	134.308	0.623	0.674	144.84	16.0	16.0	113.1
28	30.10	98.7	313.5	9.0%	0.000931	0.505	0.542	1.070	0.57	133.460	0.641	0.688	146.02	17.5	17.5	147.2
29	29.90	99.0	313.5	10.5%	0.000928	0.510	0.550	1.085	0.58	136.316	0.638	0.688	137.93	8.0	8.0	135.4
30	29.90	99.2	314.0	10.5%	0.000931	0.524	0.563	1.073	0.55	129.683	0.653	0.701	138.51	15.5	15.5	125.0
31	30.10	99.3	314.0	10.0%	0.000939	0.514	0.548	1.069	0.56	130.098	0.641	0.683	135.32	8.0	8.0	146.3
32	30.00	99.2	314.0	10.0%	0.000934	0.486	0.520	1.037	0.55	129.721	0.620	0.670	149.82	13.5	13.5	130.5
33	30.00	99.4	314.0	10.5%	0.000936	0.499	0.533	1.031	0.53	124.996	0.635	0.678	145.25	13.5	13.5	127.9
34	30.00	99.3	314.0	11.5%	0.000935	0.503	0.538	1.045	0.54	127.474	0.639	0.683	145.39	12.5	12.5	140.5
35	29.80	99.3	314.0	11.5%	0.000929	0.507	0.546	1.059	0.55	130.697	0.642	0.691	145.29	15.5	15.5	120.2
36	29.60	99.2	314.0	8.5%	0.000922	0.484	0.525	1.050	0.57	135.054	0.622	0.675	149.67	13.5	13.5	125.0
37	30.40	99.1	313.5	8.5%	0.000944	0.475	0.503	1.052	0.58	134.404	0.619	0.655	152.47	14.5	14.5	109.8
38	29.80	98.9	313.5	11.0%	0.000924	0.509	0.551	1.048	0.54	128.340	0.638	0.691	139.82	20.0	20.0	122.1
39	29.60	98.7	313.5	8.0%	0.000916	0.481	0.525	1.059	0.58	138.837	0.616	0.673	147.40	10.0	10.0	139.6
40	30.00	99.1	314.0	8.5%	0.000934	0.483	0.517	1.062	0.58	136.451	0.623	0.667	149.97	13.5	13.5	149.2
41	30.10	99.0	314.0	9.5%	0.000936	0.501	0.535	1.050	0.55	129.081	0.629	0.672	136.80	10.0	10.0	126.5
42	30.30	99.4	314.0	8.0%	0.000946	0.478	0.505	1.064	0.59	136.321	0.614	0.649	143.81	8.5	8.5	121.3
43	30.10	99.5	314.0	8.0%	0.000940	0.481	0.511	1.067	0.59	137.089	0.616	0.655	143.55	7.5	7.5	115.2
44	30.10	99.1	314.0	11.0%	0.000937	0.505	0.539	1.055	0.55	129.186	0.643	0.685	146.27	13.5	13.5	129.2
45	30.00	99.1	313.5	11.0%	0.000932	0.492	0.528	1.047	0.56	131.004	0.623	0.674	145.92	16.5	16.5	129.9
46	30.10	99.3	314.0	10.5%	0.000939	0.495	0.527	1.051	0.56	130.332	0.621	0.668	140.85	12.5	12.5	125.6
47	30.20	99.4	314.0	10.5%	0.000943	0.492	0.522	1.060	0.57	132.571	0.633	0.670	148.53	14.5	14.5	145.4
48	30.10	99.3	314.0	9.5%	0.000939	0.481	0.513	1.059	0.58	135.489	0.621	0.662	149.17	14.5	14.5	134.6
49	30.00	99.2	313.5	10.5%	0.000933	0.506	0.542	1.092	0.59	138.181	0.643	0.691	148.99	10.0	10.0	111.8
50	29.90	99.4	314.0	9.0%	0.000933	0.500	0.536	1.074	0.57	135.315	0.633	0.678	142.52	12.5	12.5	117.8
51	30.00	99.0	314.0	10.0%	0.000933	0.490	0.525	1.034	0.54	128.332	0.623	0.668	142.62	12.0	12.0	123.7
52	30.20	99.4	314.0	11.5%	0.000943	0.504	0.535	1.074	0.57	133.038	0.633	0.672	136.86	7.5	7.5	130.6
53	30.20	99.2	314.0	10.5%	0.000941	0.506	0.538	1.074	0.57	132.838	0.643	0.684	145.64	9.0	9.0	119.3
54	30.20	99.3	314.0	10.0%	0.000941	0.500	0.531	1.062	0.56	131.369	0.633	0.673	141.31	11.0	11.0	125.8
55	30.00	99.3	314.0	10.0%	0.000935	0.461	0.493	1.066	0.61	142.291	0.604	0.646	152.87	12.5	12.5	128.1
56	30.10	99.1	313.5	9.5%	0.000935	0.493	0.527	1.060	0.57	133.391	0.633	0.676	148.64	13.0	13.0	125.0
57	29.90	99.2	313.5	7.5%	0.000930	0.490	0.527	1.043	0.55	130.836	0.619	0.665	137.65	11.5	11.5	122.0
58	30.20	99.2	314.0	9.5%	0.000941	0.506	0.538	1.068	0.56	131.435	0.638	0.678	140.32	15.0	15.0	127.6
59	29.90	99.0	313.5	9.0%	0.000928	0.519	0.559	1.084	0.57	133.945	0.655	0.706	148.55	14.5	14.5	102.0
60	30.00	99.1	314.0	9.0%	0.000934	0.516	0.553	1.077	0.56	132.209	0.652	0.698	145.68	14.0	14.0	109.4
61	29.90	99.2	314.0	9.0%	0.000931	0.481	0.516	1.021	0.54	127.557	0.609	0.653	136.36	13.5	13.5	124.0
62	30.00	99.5	314.0	11.0%	0.000937	0.509	0.543	1.047	0.54	126.279	0.636	0.679	135.50	10.5	10.5	128.3
63	30.10	99.4	314.0	12.5%	0.000939	0.511	0.544	1.071	0.56	131.138	0.644	0.685	141.57	13.0	13.0	135.4
64	30.10	99.4	314.0	11.0%	0.000939	0.483	0.514	1.044	0.56	131.372	0.616	0.658	143.70	16.5	16.5	121.5
65	29.90	99.3	313.5	9.5%	0.000931	0.495	0.532	1.049	0.55	130.941	0.623	0.676	143.96	15.0	15.0	112.5
66	29.60	99.4	314.0	9.0%	0.000924	0.495	0.536	1.054	0.56	133.115	0.634	0.686	150.46	15.5	15.5	148.9
67	30.20	99.3	314.0	9.5%	0.000942	0.508	0.539	1.069	0.56	131.069	0.643	0.685	145.49	11.5	11.5	120.6
68	30.00	99.5	313.5	10.5%	0.000936	0.495	0.529	1.076	0.58	136.589	0.633	0.674	145.33	13.0	13.0	122.7
69	30.10	99.1	314.0	11.0%	0.000937	0.502	0.536	1.096	0.59	139.521	0.638	0.682	146.27	14.0	14.0	144.1
70	30.00	99.5	314.0	11.0%	0.000937	0.500	0.533	1.101	0.60	141.066	0.636	0.68				

表 4.3-2 発熱性試験体の測定値 (No. 101~No. 201)

番号	厚さ mm	幅 mm	長さ mm	含水率 (含水率計)		初期 重量 kg	初期 比重 g/cm3	含浸後 重量 kg	重量差 kg	含浸量 kg/m3	乾燥後 重量 kg	比重 g/cm3	含浸量		含水率 (含水率計)		含浸量 kg/m3
				%	m3								kg	%	%	kg/m3	
101	30.00	99.3	314.0	10.5%	0.000935	0.517	0.550	1.059	0.54	127.474	0.653	0.698	145.39	15.0	15.0	149.1	
102	29.90	99.1	314.0	11.0%	0.000930	0.514	0.552	1.084	0.57	134.779	0.652	0.701	148.32	12.5	12.5	115.8	
103	29.90	98.8	314.0	10.5%	0.000928	0.518	0.556	1.080	0.56	133.291	0.651	0.702	143.38	9.0	9.0	110.9	
104	30.00	99.3	314.0	12.0%	0.000935	0.496	0.530	1.071	0.58	135.235	0.636	0.680	149.67	14.5	14.5	123.8	
105	29.80	99.1	314.0	11.0%	0.000927	0.490	0.526	1.082	0.59	140.451	0.630	0.679	150.98	12.0	12.0	132.3	
106	29.90	99.2	314.0	12.0%	0.000931	0.510	0.549	1.060	0.55	129.919	0.652	0.700	152.47	20.5	20.5	143.3	
107	30.00	99.3	314.0	11.5%	0.000935	0.519	0.555	1.082	0.56	132.413	0.655	0.700	145.39	17.0	17.0	127.1	
108	30.00	99.3	314.0	11.0%	0.000935	0.491	0.525	1.065	0.57	135.000	0.631	0.675	149.67	17.0	17.0	117.1	
109	29.80	99.2	313.5	10.0%	0.000927	0.491	0.530	1.073	0.58	138.159	0.627	0.677	146.75	14.5	14.5	128.9	
110	29.90	99.2	313.5	10.5%	0.000930	0.496	0.533	1.085	0.59	139.353	0.639	0.687	153.79	16.0	16.0	121.8	
111	29.90	98.9	313.5	6.5%	0.000927	0.483	0.521	1.069	0.59	139.064	0.631	0.681	159.65	13.5	13.5	121.5	
112	30.20	99.0	313.5	8.5%	0.000937	0.457	0.488	1.045	0.59	138.013	0.601	0.641	153.63	12.0	12.0	155.5	
113	29.90	99.2	313.5	11.5%	0.000930	0.502	0.540	1.067	0.57	133.675	0.646	0.695	154.86	18.0	18.0	122.5	
114	30.00	99.2	313.5	10.5%	0.000933	0.494	0.529	1.075	0.58	137.002	0.642	0.688	158.63	13.0	13.0	118.0	
115	30.00	99.0	313.5	9.0%	0.000931	0.482	0.518	1.063	0.58	137.279	0.629	0.676	157.88	13.5	13.5	135.6	
116	29.90	99.2	313.5	8.5%	0.000930	0.487	0.524	1.029	0.54	128.234	0.627	0.674	150.56	20.0	20.0	123.1	
117	29.80	99.2	313.5	9.5%	0.000927	0.480	0.518	1.026	0.55	129.613	0.629	0.679	160.78	26.0	26.0	125.9	
118	29.80	99.0	313.5	11.0%	0.000925	0.494	0.534	1.043	0.55	130.589	0.636	0.688	153.63	20.0	20.0	135.3	
119	29.80	99.1	313.5	9.5%	0.000926	0.499	0.539	1.047	0.55	130.219	0.638	0.689	150.14	22.0	22.0	136.0	
120	29.80	98.9	313.5	10.0%	0.000924	0.504	0.545	1.050	0.55	130.007	0.643	0.696	150.44	20.5	20.5	146.4	
121	30.10	99.1	313.5	8.0%	0.000935	0.507	0.542	1.054	0.55	128.686	0.646	0.691	148.64	12.0	12.0	111.4	
122	30.30	99.2	313.5	9.5%	0.000942	0.510	0.541	1.068	0.56	130.276	0.653	0.693	151.76	13.5	13.5	129.9	
123	30.00	99.2	313.5	9.5%	0.000937	0.512	0.549	1.074	0.56	132.522	0.647	0.693	144.70	11.0	11.0	138.9	
124	30.00	99.2	313.5	12.0%	0.000933	0.505	0.541	1.066	0.56	132.286	0.645	0.691	150.06	13.0	13.0	128.7	
125	30.20	99.0	313.5	9.0%	0.000937	0.507	0.541	1.078	0.57	134.023	0.654	0.698	156.83	11.5	11.5	133.9	
126	30.00	98.8	313.5	9.5%	0.000929	0.501	0.539	1.082	0.58	137.557	0.647	0.696	157.12	14.0	14.0	134.9	
127	29.90	99.2	313.5	12.0%	0.000930	0.511	0.550	1.067	0.56	131.546	0.655	0.704	154.86	22.0	22.0	127.8	
128	29.80	99.3	313.5	9.5%	0.000928	0.526	0.567	1.075	0.55	130.194	0.663	0.715	147.68	15.5	15.5	139.7	
129	30.00	99.0	313.5	10.0%	0.000931	0.495	0.532	1.052	0.56	131.608	0.639	0.686	154.66	19.0	19.0	156.1	
130	30.00	99.0	313.5	7.0%	0.000931	0.479	0.514	1.034	0.56	131.136	0.626	0.672	157.88	18.0	18.0	128.9	
131	29.90	99.2	313.5	9.5%	0.000930	0.480	0.516	1.081	0.60	142.193	0.618	0.665	148.41	11.5	11.5	134.5	
132	29.90	99.2	313.5	11.0%	0.000930	0.486	0.523	1.037	0.55	130.363	0.620	0.667	144.11	9.5	9.5	118.9	
133	29.90	99.1	313.5	10.5%	0.000929	0.485	0.522	1.070	0.59	138.547	0.625	0.673	150.71	13.5	13.5	119.7	
134	30.10	99.2	313.5	11.0%	0.000936	0.505	0.539	1.063	0.56	131.142	0.642	0.686	146.35	13.5	13.5	128.6	
135	30.00	99.2	313.5	10.5%	0.000933	0.484	0.519	1.115	0.63	148.793	0.655	0.702	183.28	17.5	17.5	144.9	
136	30.00	99.2	313.5	9.5%	0.000933	0.482	0.517	1.119	0.64	150.208	0.663	0.711	194.00	18.5	18.5	150.8	
137	30.00	99.2	313.5	11.0%	0.000933	0.485	0.488	1.085	0.63	148.557	0.640	0.686	198.29	19.0	19.0	165.6	
138	29.90	99.0	313.5	10.0%	0.000928	0.473	0.510	1.076	0.60	142.954	0.644	0.694	184.27	19.5	19.5	145.1	
139	30.00	99.2	313.5	9.5%	0.000933	0.502	0.538	1.115	0.61	144.548	0.675	0.723	185.43	19.5	19.5	152.9	
140	29.90	99.2	313.5	10.5%	0.000930	0.489	0.526	1.096	0.61	143.612	0.664	0.714	188.20	24.0	24.0	138.9	
141	30.00	99.1	313.5	8.5%	0.000932	0.475	0.510	1.075	0.60	141.626	0.639	0.686	175.96	14.5	14.5	132.6	
142	30.10	99.1	313.5	12.0%	0.000935	0.495	0.529	1.116	0.62	146.095	0.662	0.708	178.58	14.0	14.0	172.5	
143	30.00	99.2	313.5	11.5%	0.000933	0.486	0.521	1.115	0.63	148.321	0.656	0.703	182.21	13.5	13.5	163.0	
144	30.00	99.1	313.5	10.5%	0.000932	0.504	0.541	1.107	0.60	142.334	0.668	0.717	175.96	16.5	16.5	140.5	
145	30.00	99.1	313.5	10.0%	0.000932	0.459	0.492	1.082	0.62	147.054	0.630	0.676	183.47	16.5	16.5	139.0	
146	30.00	99.1	313.5	10.5%	0.000932	0.472	0.506	1.106	0.63	149.651	0.650	0.697	190.98	12.0	12.0	149.0	
147	30.00	99.1	313.5	12.5%	0.000932	0.514	0.551	1.111	0.60	140.917	0.683	0.733	181.32	13.0	13.0	137.4	
148	30.30	99.2	313.5	10.5%	0.000942	0.505	0.536	1.100	0.60	138.915	0.674	0.715	179.35	17.0	17.0	144.8	
149	30.30	99.2	313.5	9.5%	0.000942	0.502	0.533	1.091	0.59	137.514	0.664	0.705	171.92	13.5	13.5	130.5	
150	30.00	99.2	313.5	9.5%	0.000933	0.489	0.524	1.070	0.58	137.002	0.655	0.702	177.93	16.0	16.0	118.0	
151	30.00	99.3	313.5	8.0%	0.000934	0.492	0.527	1.087	0.60	140.162	0.648	0.694	167.04	12.5	12.5	136.0	
152	29.80	99.0	313.5	8.5%	0.000925	0.501	0.542	1.112	0.61	145.337	0.658	0.711	169.75	12.5	12.5	142.1	
153	29.80	99.3	313.5	10.5%	0.000928	0.496	0.535	1.089	0.59	140.629	0.655	0.706	171.39	16.5	16.5	131.5	
154	29.90	99.0	313.5	8.0%	0.000928	0.490	0.528	1.100	0.61	144.613	0.647	0.697	169.18	12.5	12.5	142.6	
155	30.00	99.2	313.5	11.0%	0.000933	0.521	0.558	1.099	0.58	136.295	0.670	0.718	159.70	13.0	13.0	122.7	
156	30.00	99.1	313.5	11.0%	0.000932	0.485	0.520	1.107	0.62	146.818	0.654	0.702	181.32	16.0	16.0	148.8	
157	30.00	98.8	313.5	9.0%	0.000929	0.493	0.531	1.094	0.60	142.292	0.650	0.700	168.96	11.5	11.5	147.5	
158	29.70	99.2	313.5	11.0%	0.000924	0.509	0.551	1.097	0.59	140.054	0.662	0.717	165.65	14.5	14.5	149.6	
159	29.80	99.3	313.5	10.5%	0.000928	0.511	0.551	1.095	0.58	138.494	0.660	0.711	160.81	14.0	14.0	150.2	
160	30.00	99.2	313.5	9.0%	0.000933	0.510	0.547	1.076	0.57	133.465	0.661	0.708	161.85	12.5	12.5	152.5	
161	29.80	99.1	313.5	10.0%	0.000926	0.507	0.548	1.114	0.61	144.239	0.656	0.709	160.94	8.5	8.5	153.3	
162	30.00	99.2	313.5	10.0%	0.000933	0.484	0.519	1.069	0.59	137.946	0.634	0.680	160.78	13.5	13.5	126.8	
163	29.90	99.1	313.5	10.0%	0.000929	0.496	0.534	1.086	0.59	139.731	0.647	0.697	162.55	11.5	11.5	156.1	
164	30.00	99.0	313.5	9.5%	0.000931	0.491	0.527	1.106	0.62	145.313	0.650	0.698	170.77	14.0	14.0	128.8	
165	30.00	99.2	313.5	10.0%	0.000933	0.458	0.491	1.080	0.62	146.670	0.626	0.671	180.07	17.5	17.5	126.7	
166	30.00	99.2	313.5	10.0%	0.000933	0.519	0.556	1.076	0.56	131.343	0.669	0.717	160.78	11.0	11.0	136.6	
167																	

表 4.3-3 ガス有害性試験体の測定値

番号	厚さ mm	幅 mm	長さ mm	含水率 (含水率計)	体積 m ³	初期 重量	初期 比重	含浸後 重量	重量差 kg	含浸量	乾燥後 重量	比重 g/cm ³	含浸量	含水率 (含水率計)		含浸量 kg/m ³
				%		kg	g/cm ³	kg		kg/m ³			kg/m ³	%	%	
1	30.00	220.5	260.5	10.0	0.001723	0.860	0.499	1.952	1.09	139.414	1.168	0.678	178.74	32.5	32.5	105.3
2	29.70	220.0	261.0	8.0	0.001705	0.868	0.509	1.957	1.09	140.485	1.175	0.689	180.02	25.0	25.0	159.9
3	29.70	220.0	261.0	8.0	0.001705	0.914	0.536	1.999	1.09	139.969	1.218	0.714	178.26	23.5	23.5	111.3
4	29.70	220.5	261.0	8.5	0.001709	0.936	0.548	1.988	1.05	135.404	1.222	0.715	167.32	20.0	20.0	95.8
5	29.60	220.5	261.0	8.5	0.001703	0.885	0.520	1.881	1.00	128.630	1.167	0.685	165.54	31.5	31.5	105.4
6	29.70	220.5	261.0	9.5	0.001709	0.903	0.528	1.916	1.01	130.385	1.188	0.695	166.74	24.5	24.5	93.8
7	29.70	220.5	260.5	9.5	0.001706	0.862	0.505	1.988	1.13	145.207	1.167	0.684	178.78	26.0	26.0	101.7
8	29.70	220.5	261.0	8.5	0.001709	0.856	0.501	1.949	1.09	140.682	1.163	0.680	179.61	24.5	24.5	89.5
9	29.80	220.5	261.0	9.5	0.001715	0.841	0.490	1.903	1.06	136.233	1.126	0.657	166.18	23.0	23.0	70.9
10	29.50	220.5	261.0	9.0	0.001698	0.860	0.507	1.945	1.09	140.599	1.141	0.672	165.51	24.5	24.5	115.5
11	29.50	220.5	261.0	10.5	0.001698	0.887	0.522	1.944	1.06	136.970	1.157	0.681	159.03	27.5	27.5	68.2
12	29.80	220.5	261.0	8.5	0.001715	0.890	0.519	1.927	1.04	133.026	1.138	0.664	144.61	18.0	18.0	73.9
13	29.60	220.5	261.0	7.5	0.001703	0.886	0.520	1.950	1.06	137.412	1.150	0.675	154.98	24.5	24.5	114.4
14	29.60	220.5	261.0	7.0	0.001703	0.958	0.562	2.012	1.05	136.120	1.249	0.733	170.83	20.0	20.0	123.6
15	29.60	220.5	262.0	8.0	0.001710	0.882	0.516	1.961	1.08	138.817	1.176	0.688	171.93	29.0	29.0	111.3
16	29.80	220.5	261.0	9.5	0.001715	0.929	0.542	1.939	1.01	129.562	1.197	0.698	156.27	29.5	29.5	81.8
17	29.60	220.5	261.0	8.0	0.001703	0.902	0.529	1.966	1.06	137.412	1.177	0.691	161.43	26.5	26.5	99.8
18	29.60	220.5	261.0	9.5	0.001703	0.907	0.532	1.906	1.00	129.017	1.185	0.696	163.19	34.5	34.5	85.2
19	29.70	220.0	261.0	7.0	0.001705	0.863	0.506	1.913	1.05	135.454	1.149	0.674	167.71	25.5	25.5	87.2
20	29.80	220.5	261.0	9.0	0.001715	0.903	0.527	1.930	1.03	131.743	1.169	0.682	155.10	26.5	26.5	99.1
21	29.80	220.0	261.0	9.0	0.001711	0.858	0.501	1.943	1.09	139.500	1.170	0.684	162.34	38.0	38.0	109.0
22	29.50	220.5	261.0	9.5	0.001698	0.866	0.522	1.941	1.06	136.711	1.162	0.684	162.57	30.0	30.0	90.1
23	29.60	220.5	260.5	9.5	0.001700	0.891	0.524	1.967	1.08	139.228	1.183	0.696	171.74	33.5	33.5	84.4
24	29.70	220.5	261.0	9.5	0.001709	0.895	0.524	1.913	1.02	131.028	1.184	0.693	169.08	31.5	31.5	93.3
25	29.70	220.0	261.0	8.0	0.001705	0.840	0.493	1.949	1.11	143.065	1.126	0.660	167.71	19.0	19.0	129.3
26	29.70	220.0	261.0	8.5	0.001705	0.854	0.501	1.905	1.05	135.583	1.142	0.670	168.88	30.5	30.5	85.7
27	29.70	220.0	261.0	10.0	0.001705	0.890	0.522	1.959	1.07	137.905	1.185	0.695	172.98	33.0	33.0	91.0
28	29.70	220.0	261.0	9.0	0.001705	0.875	0.513	1.967	1.09	140.872	1.205	0.707	193.51	39.5	39.5	125.4
29	29.70	220.5	261.0	7.0	0.001709	0.853	0.499	1.880	1.03	132.187	1.148	0.672	172.59	33.0	33.0	86.4
30	29.60	220.0	261.0	8.0	0.001700	0.872	0.513	1.883	1.01	130.864	1.159	0.682	168.86	28.5	28.5	71.4
31	29.80	220.0	261.0	8.0	0.001711	0.863	0.504	1.964	1.10	141.557	1.172	0.685	180.58	29.5	29.5	100.8
32	29.70	220.5	261.0	8.5	0.001709	0.867	0.507	1.952	1.09	139.652	1.190	0.696	188.97	29.5	29.5	113.2
33	29.60	220.0	261.0	8.0	0.001700	0.896	0.527	1.932	1.04	134.100	1.240	0.730	202.40	31.0	31.0	95.9
34	29.50	220.0	261.0	11.5	0.001694	0.874	0.516	1.912	1.04	134.814	1.176	0.694	178.29	41.0	41.0	80.1
35	29.50	220.5	261.0	10.0	0.001698	0.862	0.508	1.888	1.03	132.953	1.148	0.676	168.46	35.0	35.0	74.7
36	29.50	220.0	261.0	9.5	0.001694	0.854	0.504	1.919	1.07	138.321	1.118	0.660	155.85	32.5	32.5	91.8
37	29.70	220.0	261.0	9.5	0.001705	0.881	0.517	1.927	1.05	134.938	1.170	0.686	169.46	38.0	38.0	69.8
38	29.50	220.0	261.0	8.5	0.001694	0.858	0.507	1.953	1.10	142.217	1.136	0.671	164.12	28.5	28.5	100.1
39	29.70	220.0	261.0	8.5	0.001705	0.872	0.511	1.977	1.11	142.549	1.176	0.690	178.28	28.5	28.5	88.7
40	29.70	220.5	261.0	8.5	0.001709	0.896	0.524	2.034	1.14	146.474	1.215	0.711	186.63	33.0	33.0	133.9
41	29.50	220.5	261.0	10.5	0.001698	0.899	0.530	1.958	1.06	137.230	1.177	0.693	163.75	34.0	34.0	110.9
42	29.70	220.5	261.5	7.5	0.001713	0.934	0.545	1.993	1.06	136.045	1.217	0.711	165.25	34.5	34.5	91.0
43	29.50	220.5	261.0	11.5	0.001698	0.942	0.555	1.960	1.02	131.917	1.214	0.715	160.21	39.0	39.0	104.0
44	29.70	220.0	261.0	9.0	0.001705	0.880	0.516	1.911	1.03	133.003	1.157	0.678	162.43	31.0	31.0	84.1
45	29.70	220.0	261.0	8.5	0.001705	0.919	0.539	1.981	1.06	137.002	1.195	0.701	161.84	31.5	31.5	101.7
46	29.80	220.5	261.0	9.0	0.001715	0.871	0.508	1.984	1.11	142.775	1.161	0.677	169.10	25.5	25.5	101.4
47	29.60	220.5	261.0	8.5	0.001703	0.873	0.512	1.975	1.10	142.319	1.179	0.692	179.63	36.5	36.5	105.1
48	29.70	220.0	261.0	7.5	0.001705	0.846	0.496	1.961	1.12	143.839	1.145	0.671	175.33	28.0	28.0	91.8
49	29.70	220.0	261.0	8.5	0.001705	0.906	0.531	1.952	1.05	134.938	1.185	0.695	163.60	30.5	30.5	62.7
50	29.70	220.5	261.0	10.0	0.001709	0.884	0.517	1.983	1.10	141.454	1.171	0.685	167.91	31.0	31.0	108.6
51	29.60	220.0	261.0	8.0	0.001700	0.860	0.506	1.974	1.11	144.196	1.165	0.685	179.45	31.5	31.5	107.4
52	29.60	220.0	261.0	10.0	0.001700	0.871	0.512	1.991	1.12	144.973	1.192	0.701	188.88	30.5	30.5	103.6
53	29.60	220.0	261.0	8.5	0.001700	0.858	0.505	1.965	1.11	143.290	1.177	0.693	167.69	31.0	31.0	99.0
54	29.70	220.0	261.0	10.0	0.001705	0.906	0.531	1.950	1.04	134.680	1.210	0.710	178.26	43.5	43.5	82.6
55	29.50	220.0	261.0	9.5	0.001700	0.886	0.521	1.942	1.06	136.688	1.190	0.700	178.86	38.5	38.5	99.8
56	29.50	220.0	261.0	10.0	0.001694	0.871	0.514	1.867	1.00	129.359	1.122	0.662	148.18	35.0	35.0	83.9
57	29.40	220.0	261.0	9.5	0.001688	0.890	0.527	1.869	0.98	127.584	1.152	0.682	155.20	34.5	34.5	68.0
58	29.60	220.0	261.0	7.5	0.001700	0.883	0.520	1.877	0.99	128.663	1.148	0.675	155.92	37.0	37.0	97.5
59	29.60	220.0	261.0	9.0	0.001700	0.891	0.524	1.962	1.07	138.630	1.175	0.691	167.09	33.5	33.5	94.4
60	29.70	220.0	261.0	8.5	0.001705	0.882	0.517	1.958	1.08	138.808	1.172	0.687	170.05	34.0	34.0	96.4
61	29.50	220.5	261.0	10.0	0.001698	0.887	0.522	2.008	1.12	145.264	1.170	0.689	166.69	34.5	34.5	81.8
62	29.60	220.0	261.0	11.0	0.001700	0.878	0.517	1.965	1.09	140.701	1.155	0.680	162.98	33.0	33.0	100.5
63	29.60	220.0	261.0	8.5	0.001700	0.876	0.515	1.964	1.09	140.830	1.154	0.679	163.56	35.0	35.0	96.7
64	29.70	220.0	261.0	8.5	0.001705	0.898	0.527	2.004	1.11	142.678	1.184	0.694	167.71	28.5	28.5	99.4
65	29.70	220.5	261.0	11.0	0.001709	0.908	0.531	1.920	1.01	130.256	1.174	0.687	155.62	43.0	43.0	79.5
66	29.40	220.5	261.0	9.0	0.001692	0.888	0.525	1.945	1.06	137.436	1.158	0.684	159.58	36.0	36.0	74.2
67	29.70	220.0	261.0	9.0	0.001705	0.933	0.547	1.979	1.05	134.938	1.200	0.704	156.56	32.0	32.0	101.0
68	29.60	220.0	260.5	10.5	0.001696	0.940	0.554	1.940	1.00	129.688	1.209	0.713	158.57	35.0	35.0	52.0
69	29.90	220.0	261.0	6.5	0.001717	0.867	0.505	1.889	1.02	130.960	1.132	0.659	154.35	29.0	29.0	78.2
70	29.80	220.5	261.0	7.0	0.001715	0.864	0.504									

4. 4 まとめ

中大規模建築の内装制限に対応するため、準不燃認定の取得を目指した。認定を取得するうえで必要な材内の難燃薬剤の含浸量分布を検討したところ、ばらつきの少ないことが把握でき、管理含浸量と一番実際に近い含浸量との差を明確にした。発熱性予備試験を行い、認定取得における目標含浸量を決定した。今後は含浸した材料を塗装し、発熱性試験およびガス有害性試験に供して認定取得を進めていく。各試験は2023年4月以降に実施予定である。

5. まとめと今後の課題

本事業では、難燃薬剤処理 LVL を被覆材とした 2 時間耐火構造（柱）に関して、様々な仕様を実施し、試験体断面・耐火試験炉の制限等色々な知見を。試行錯誤の中に、2 時間耐火性能が有ることが分かった。

また、LVL 被覆耐火構造の被覆材の材料を準不燃材料の大臣認定を取得している。大臣認定を取得すれば、厚さ 30mm から（60 mm）2 次接着し、1 時間耐火構造・準不燃材料 両方とも同時に使用ができ、設計者・建設業者などに設計しやすくなる。木材の利用促進等につながる。

来年度、建築基準法の改正により耐火構造 30 分刻みの耐火性能が新設され、90 分・120 分耐火構造の大臣認定を取得すれば、それぞれ 9 階建て、14 階建てまでの木造建築が建てられる。今後は、90 分・120 分耐火構造の仕様にもチャレンジしていきたい。

6. 別添資料

試験番号：ⅢA-22-0022

受付日：2022年 7月 14日

報告日：2022年 12月 22日

耐火性能試験 成績書

大阪府池田市豊島南二丁目204番地

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

工学博士 川瀬 博

報告書発行責任者

耐火構造試験室長

田中 義昭

依頼者	社名	一般社団法人全国LVL協会			
	所在地	東京都江東区新木場1-7-22			
構造名	・試験体A 仕様1：スギ単板積層材(40mm)・難燃処理スギ単板積層材(60mm)被覆/スギ集成材柱 仕様2：スギ単板積層材(15mm)・難燃処理スギ単板積層材(90mm)被覆/スギ集成材柱 ・試験体B 仕様1：スギ単板積層材(30mm)・難燃処理スギ単板積層材(90mm)被覆/スギ集成材柱 仕様2：スギ単板積層材(30mm)・難燃処理スギ単板積層材(90mm)被覆/スギ集成材柱				
商品名	—				
建築物の部分	柱	耐火性能	2時間		
試験体	材令	試験体製作日：2022年 7月 13日(試験体A), 2022年 9月 6日(試験体B)			
	比重	試験体A	仕様1,2	スギ集成材(荷重支持部材)	: 0.38 (気乾), 0.34 (105℃・11日間乾燥)
				難燃処理スギ単板積層材(被覆材,t=60mm)	: 0.61 (気乾), 0.52 (105℃・11日間乾燥)
			仕様1	スギ単板積層材(化粧材,t=40mm,積層面)	: 0.47 (気乾), 0.43 (105℃・11日間乾燥)
				スギ単板積層材(化粧材,t=40mm,板目面)	: 0.43 (気乾), 0.39 (105℃・11日間乾燥)
			仕様2	難燃処理スギ単板積層材(被覆材,t=90mm)	: 0.61 (気乾), 0.52 (105℃・11日間乾燥)
				スギ単板積層材(化粧材,t=15mm)	: 0.50 (気乾), 0.45 (105℃・11日間乾燥)
	比重	試験体B	仕様1,2	スギ集成材(荷重支持部材)	: 0.39 (気乾), 0.35 (105℃・14日間乾燥)
				難燃処理スギ単板積層材(被覆材,t=90mm)	: 0.60 (気乾), 0.52 (105℃・14日間乾燥)
			仕様1	スギ単板積層材(化粧材,t=30mm,積層面)	: 0.50 (気乾), 0.46 (105℃・14日間乾燥)
				スギ単板積層材(化粧材,t=30mm,板目面)	: 0.51 (気乾), 0.46 (105℃・14日間乾燥)
			仕様2	スギ単板積層材(化粧材,t=30mm,積層面)	: 0.50 (気乾), 0.46 (105℃・14日間乾燥)
				スギ単板積層材(化粧材,t=30mm,板目面)	: 0.51 (気乾), 0.46 (105℃・14日間乾燥)
	含水率 (%)	試験体A	仕様1,2	スギ集成材(荷重支持部材)	: 11.78 (105℃・11日間乾燥)
				難燃処理スギ単板積層材(被覆材,t=60mm)	: 16.25 (105℃・11日間乾燥)
			仕様1	スギ単板積層材(化粧材,t=40mm,積層面)	: 8.51 (105℃・11日間乾燥)
				スギ単板積層材(化粧材,t=40mm,板目面)	: 10.04 (105℃・11日間乾燥)
			仕様2	難燃処理スギ単板積層材(被覆材,t=90mm)	: 17.99 (105℃・11日間乾燥)
スギ単板積層材(化粧材,t=15mm)				: 10.59 (105℃・11日間乾燥)	
試験体B		仕様1,2	スギ集成材(荷重支持部材)	: 12.74 (105℃・14日間乾燥)	
			難燃処理スギ単板積層材(被覆材,t=90mm)	: 15.35 (105℃・14日間乾燥)	
		仕様1	スギ単板積層材(化粧材,t=30mm,積層面)	: 10.30 (105℃・14日間乾燥)	
			スギ単板積層材(化粧材,t=30mm,板目面)	: 10.63 (105℃・14日間乾燥)	
		仕様2	スギ単板積層材(化粧材,t=30mm,積層面)	: 10.30 (105℃・14日間乾燥)	
			スギ単板積層材(化粧材,t=30mm,板目面)	: 10.63 (105℃・14日間乾燥)	
備考	—				

試験体の材料および構成 (試験体図, 単位:mm)

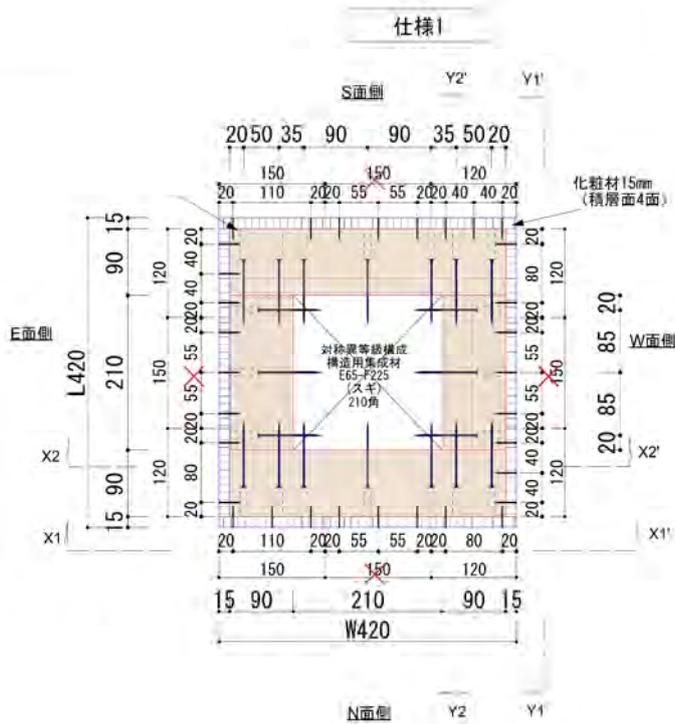
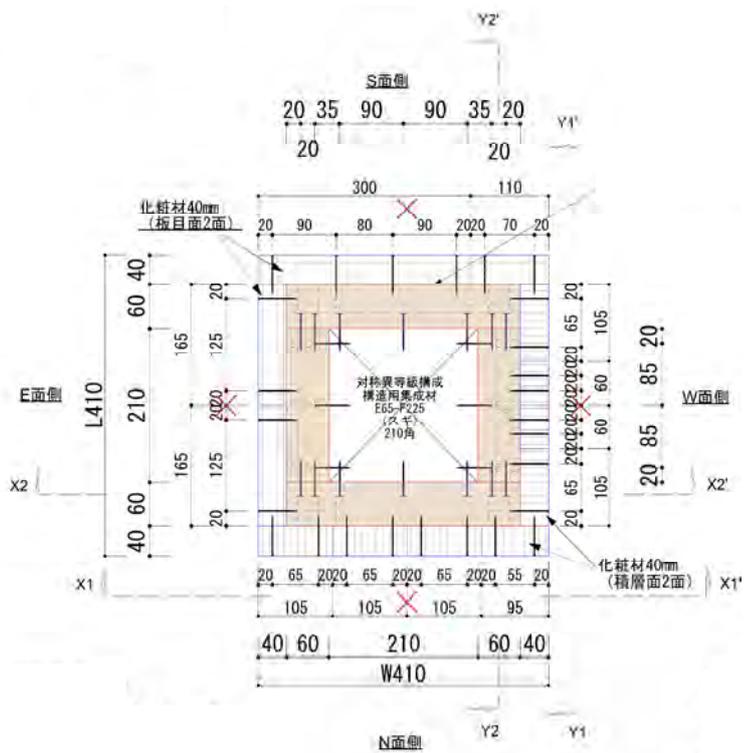
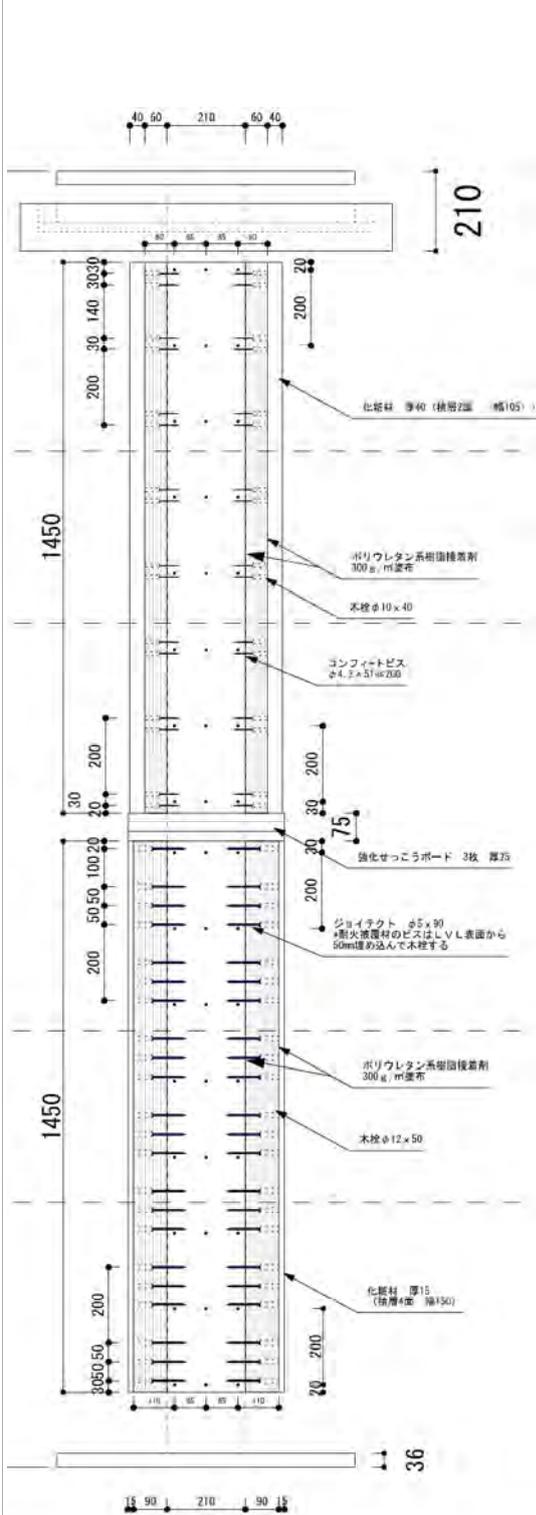
詳細を図-1~5に示す。
(全て依頼者の提出資料による。)

試験体A

試

験

体



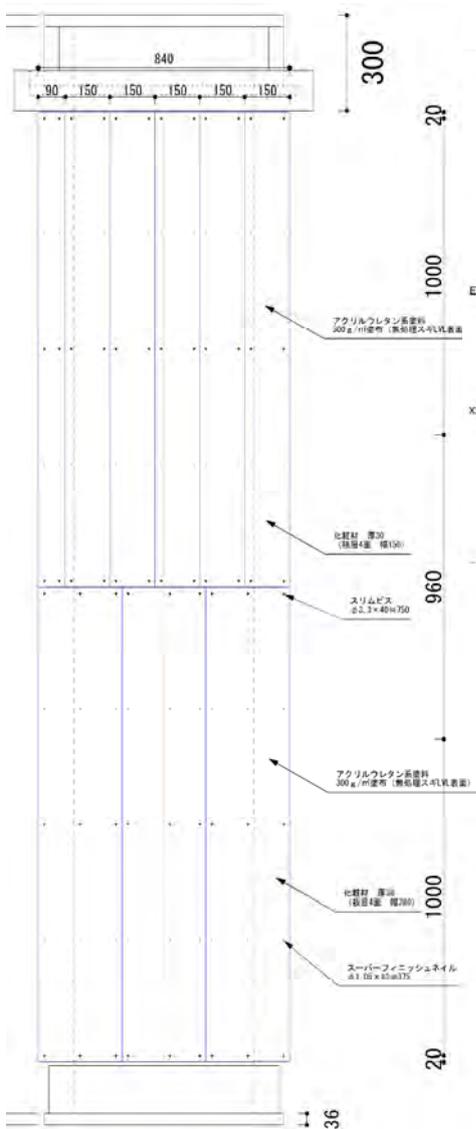
✕: 加熱温度測定位置 (16ヶ所)

試験体の材料および構成 (試験体図, 単位:mm)

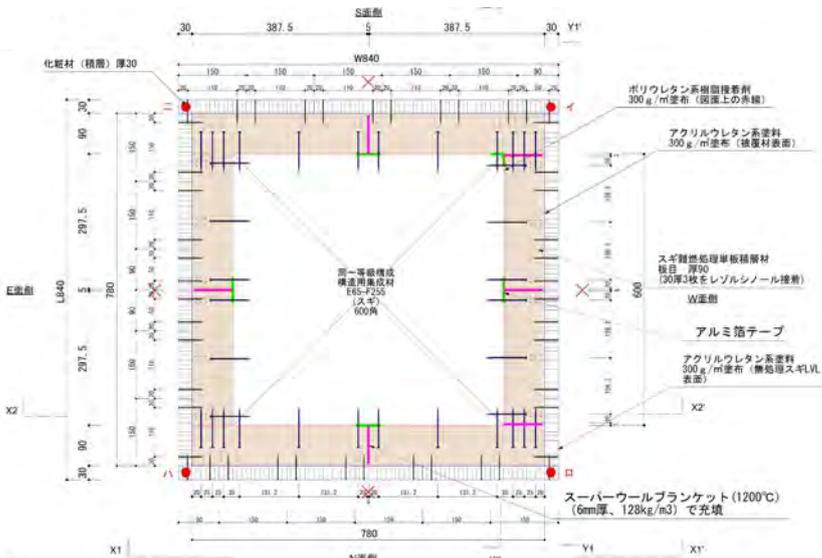
詳細を図-6~10に示す。
(全て依頼者の提出資料による。)

試験体B

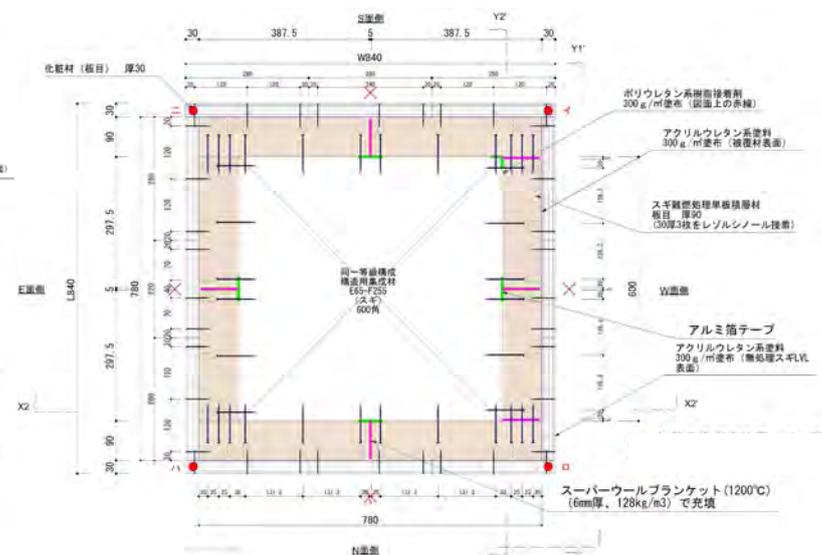
試験体



立面図



仕様1



仕様2

断面図

×: 加熱温度測定位置 (16ヶ所)
●: 軸方向収縮量測定位置 (イ~ニ)

試験規格	一般財団法人 日本建築総合試験所制定 「防耐火性能試験・評価業務方法書」 4.1 耐火性能試験方法
加熱炉の熱源	都市ガス (46090 kJ/m ³)
加熱温度の測定	加熱面から10cm離れた位置の火炎温度
加熱温度測定位置	試験体Aは図-1,3に、試験体Bは図-6,7,9にそれぞれ示す。
試験荷重	試験体Aは載荷なし、試験体Bは2720 kN ^{*1} (載荷装置図を図-11に示す。)
軸方向収縮量測定位置	試験体Aは測定なし、試験体Bは図-6,7,9に示す。

試験体記号		試験体A	
		仕様1	仕様2
試験年月日		2022年 7月 26日	
試験体の大きさ (mm)		W 410 × L 410 × h ₁ 1450	W 420 × L 420 × h ₂ 1450
加熱面		4面	
試験時間		811分 ^{*2}	
加熱時間		120分	
加熱温度測定曲線		図-12に示す。	
結果	非損傷	軸方向収縮量測定曲線	
		試験体初期高さ (h)	
		最大軸方向収縮量 [規定値 35.00 mm]	
		最大軸方向収縮速度 [規定値 10.50 mm/分]	
	傷材温度	測定曲線	
		最高	
平均			
その他の		荷重支持部材が炭化していないことを確認した。(写真-9,10参照)	荷重支持部材が炭化していることを確認した。(写真-11,12参照)
判定		—	—
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・ *2 : 依頼者と協議の上、試験を中止した時間を示す。 ・ 内部温度測定位置を図-2,3に示す。 ・ 内部温度測定曲線を図-13~20に示す。 ・ 内部温度の測定には、依頼者が設置した熱電対を使用した。 ・ 試験状況を写真-1~12に示す。 		

	試験体記号	試験体B		
		仕様1	仕様2	
試験	試験年月日	2022年 9月 15日		
	試験体の大きさ (mm)	W 840 × L 840 × h ₁ 1500	W 840 × L 840 × h ₂ 1500	
	加熱面	4面		
	試験時間	195分*2		
	加熱時間	120分		
	加熱温度測定曲線	図-21 に示す。		
	結果	軸方向収縮量測定曲線	図-22 に示す。	
試験体初期高さ (h)		3500 mm		
最大軸方向収縮量 [規定値 35.00 mm]		1.24 mm		
最大軸方向収縮速度 [規定値 10.50 mm/分]		0.03 mm/分		
傷 材 性 温 度	鋼測定曲線	/		
	最高			
	平均			
その他	—	—		
判定	—	—		
備考	<ul style="list-style-type: none"> *1：試験荷重Nは、圧縮材の座屈の長期許容応力度f_cより、下式を用いて算出した。 $N = f_c \times A = 2720 \text{ kN}$ ただし、$f_c = 7.553 \text{ N/mm}^2$, $A = 360000 \text{ mm}^2$ (有効断面積) とした。 f_c は、$F_c = 20.6 \text{ N/mm}^2$ (基準強度), $l_k = 3500 \text{ mm}$ (座屈長さ) から算出した。 *2：依頼者と協議の上、試験を中止した時間を示す。 内部温度測定位置を図-8,9に示す。 内部温度測定曲線を図-23~25に示す。 内部温度の測定には、依頼者が設置した熱電対を使用した。 試験状況を写真-13~23に示す。 			
	試験機関	一般財団法人 日本建築総合試験所		
	試験実施場所	池田事業所 大阪府池田市豊島南二丁目204番地 使用炉：柱炉		
	試験担当者	試験責任者： 岸 仁志 試験担当者： 東 翔太		

以上

注：被覆材・化粧材
樹種：スギ

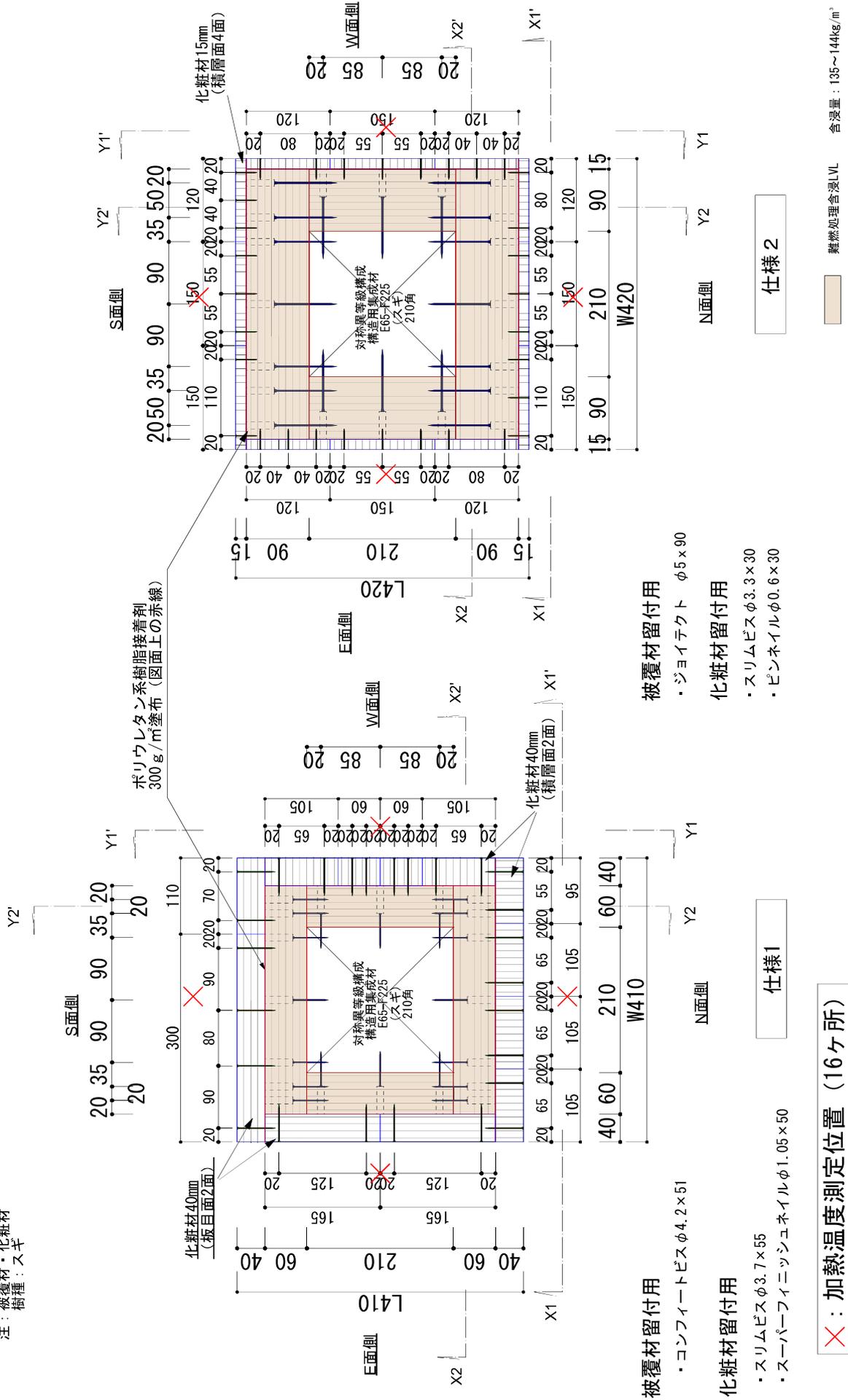


図1 試験体Aの構造・寸法・各種測定位置(寸法単位：mm)

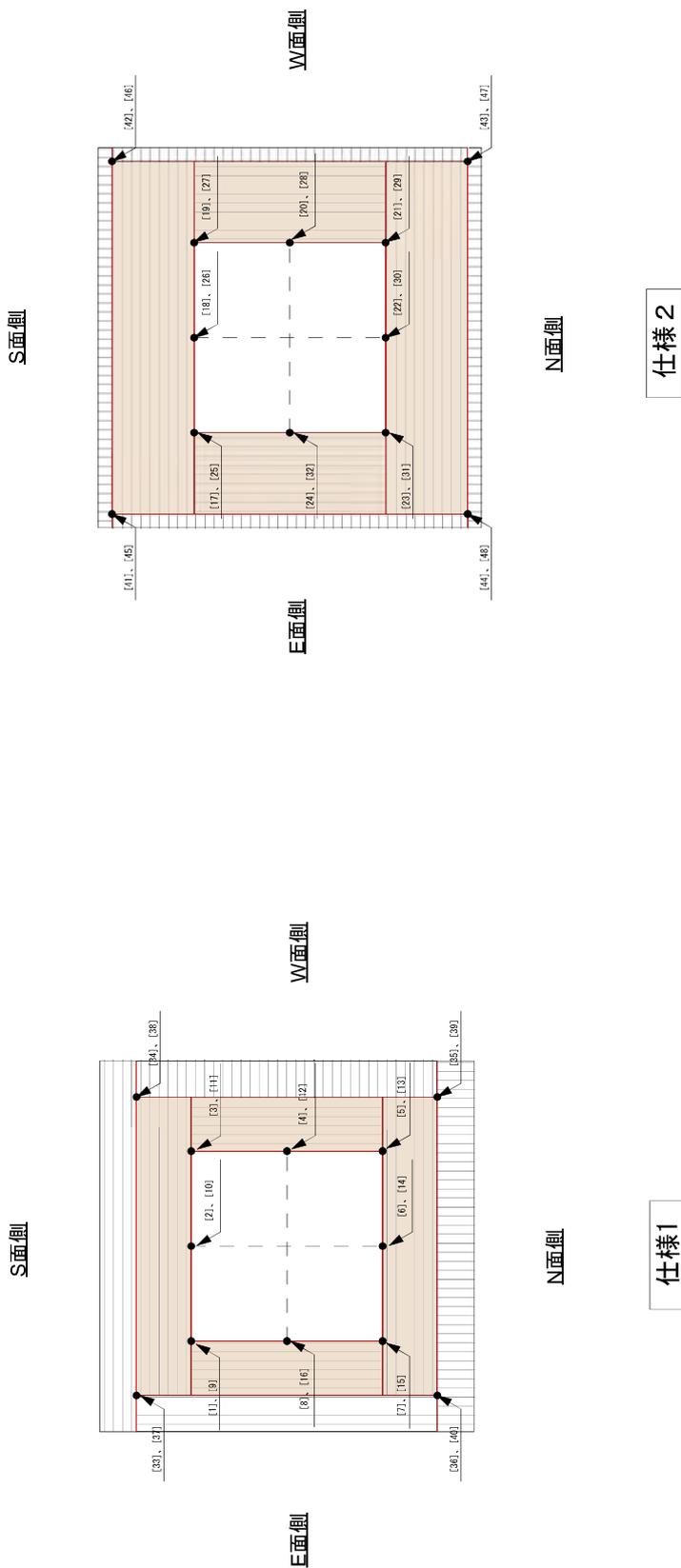


図-2 試験体Aの構造・内部温度測定位置(寸法単位:mm)

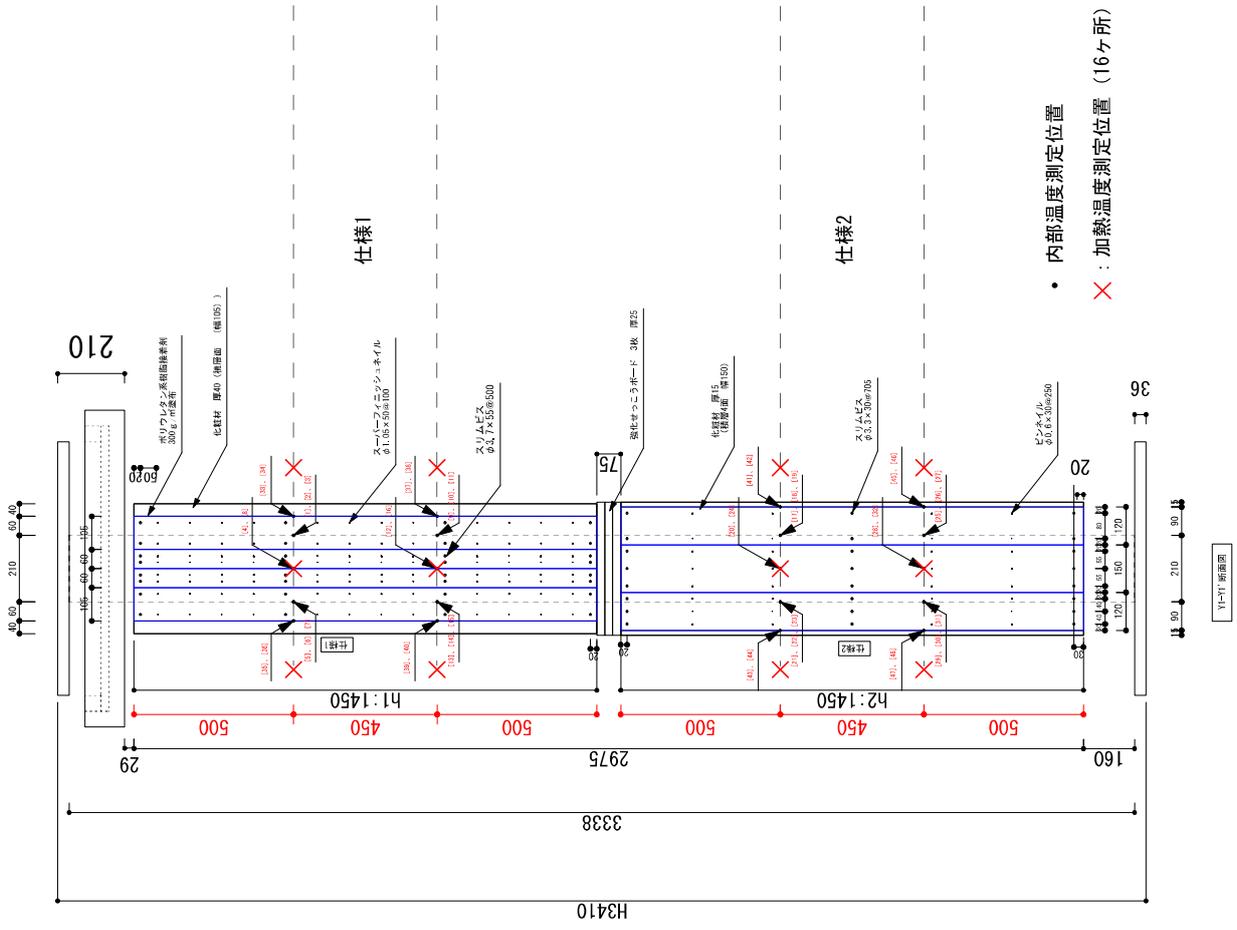
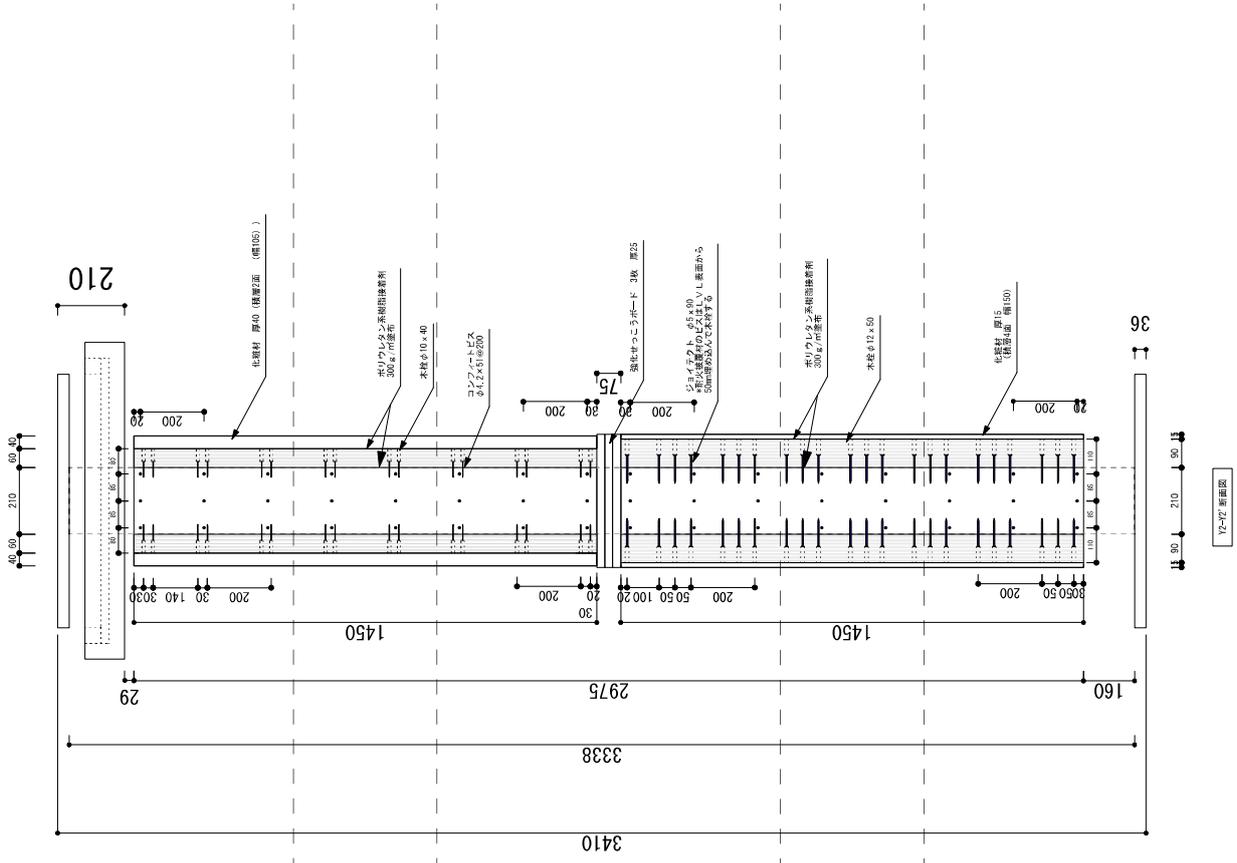


図-3 試験体Aの構造・寸法・各種測定位置 (寸法単位: mm)

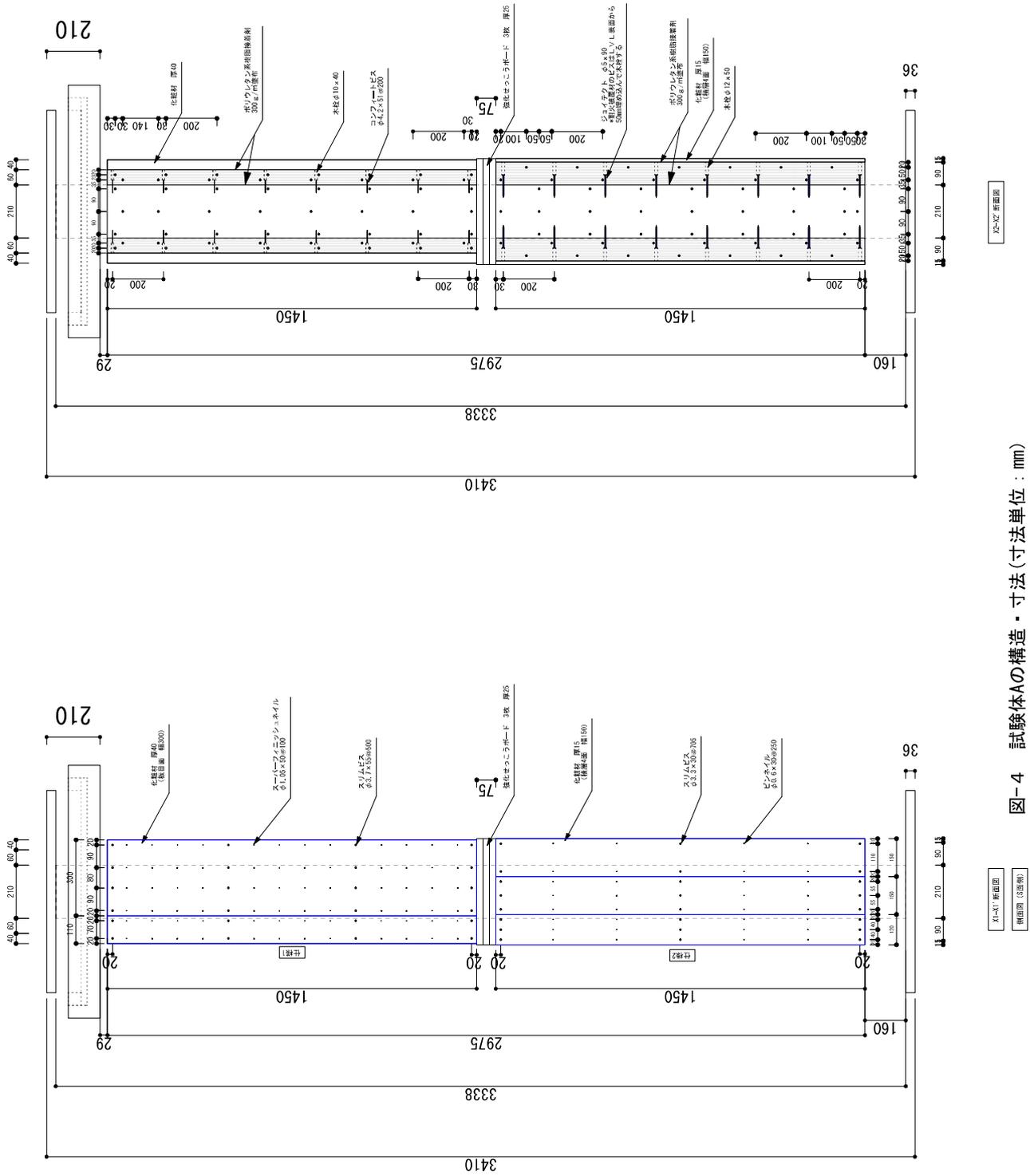
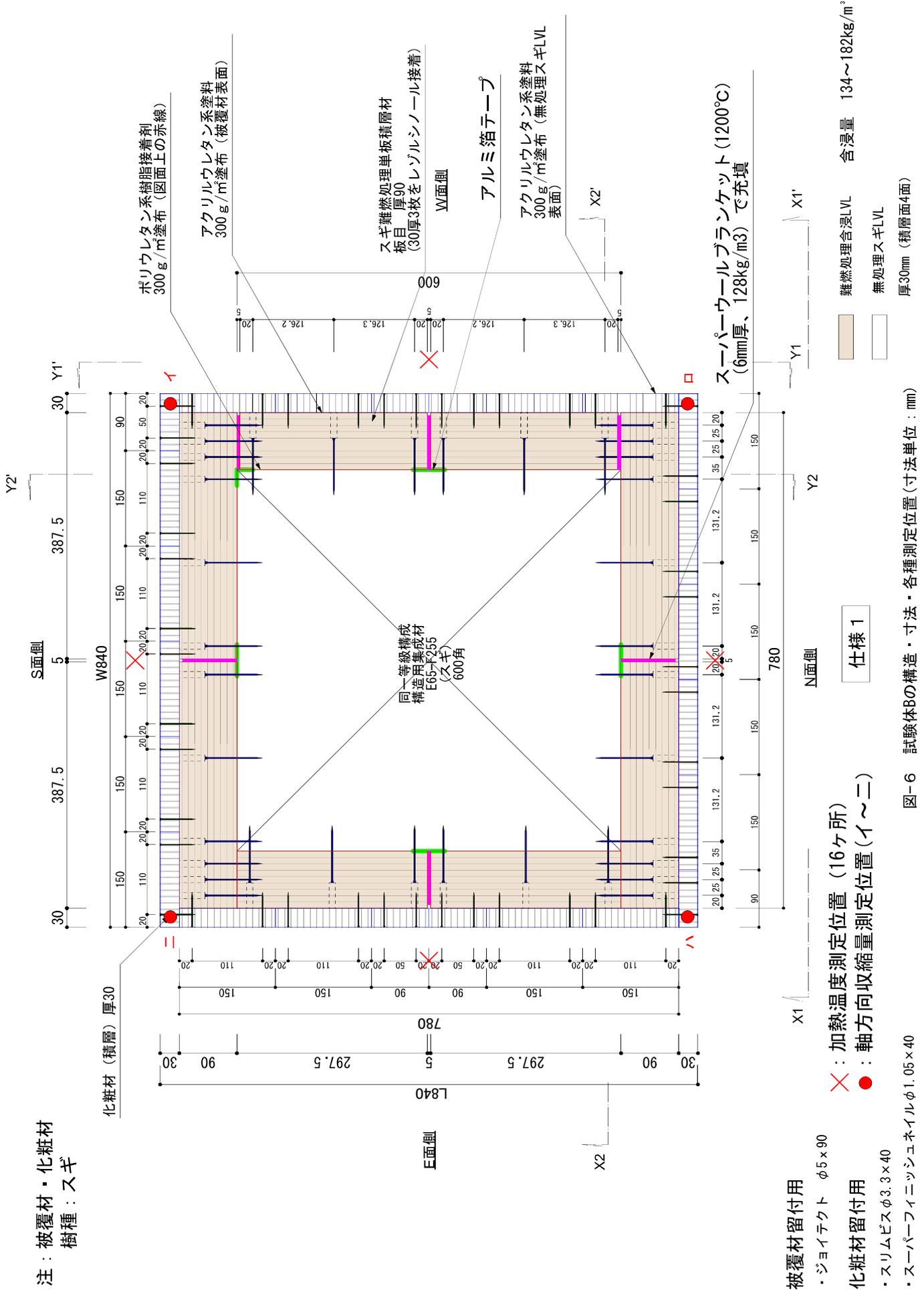


図-4 試験体Aの構造・寸法 (寸法単位: mm)



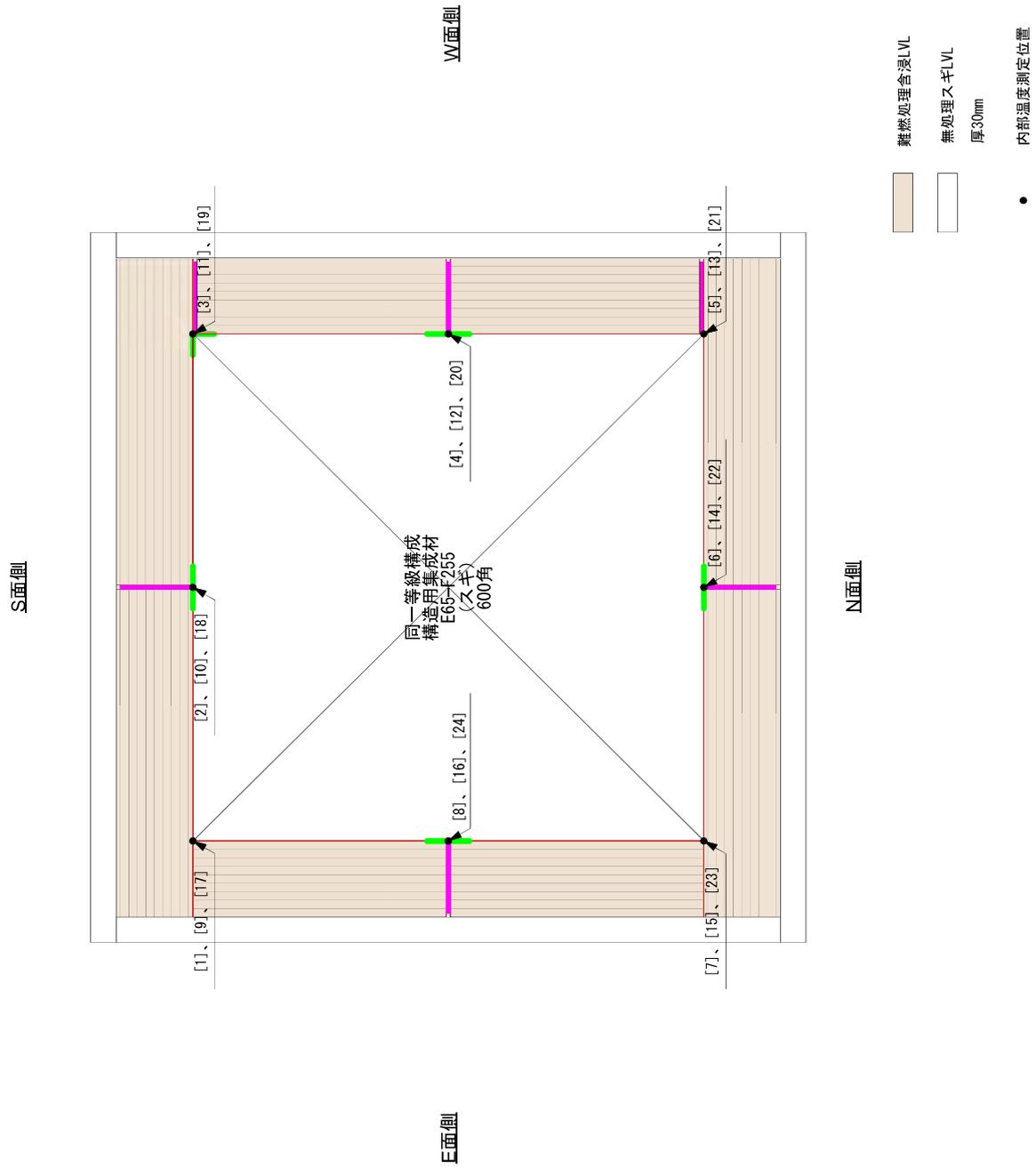


図-8 試験体Bの構造・内部温度測定位置(寸法単位: mm)

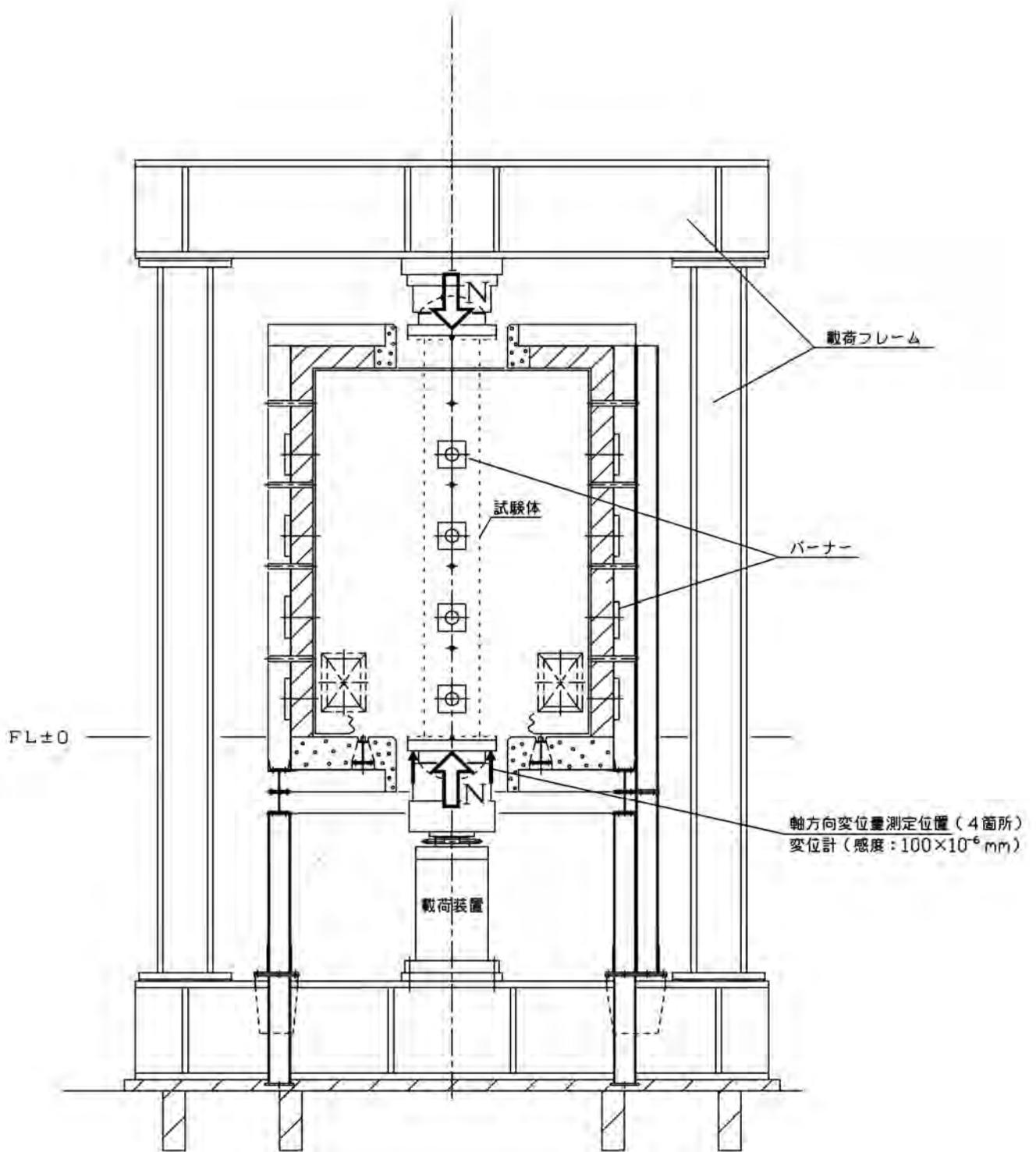


図-11 載荷装置図

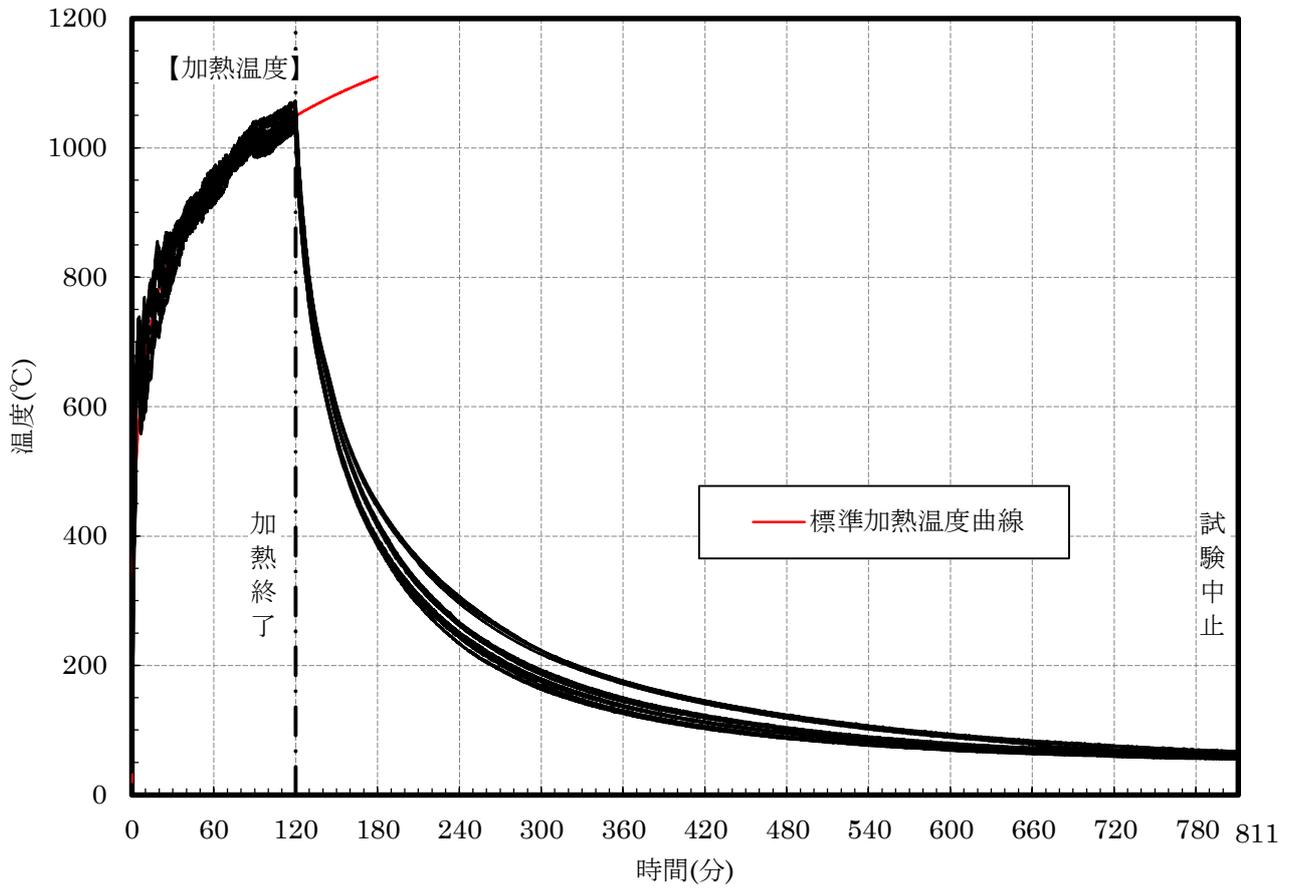


図-12 加熱温度測定曲線 (試験体A-仕様1,2)

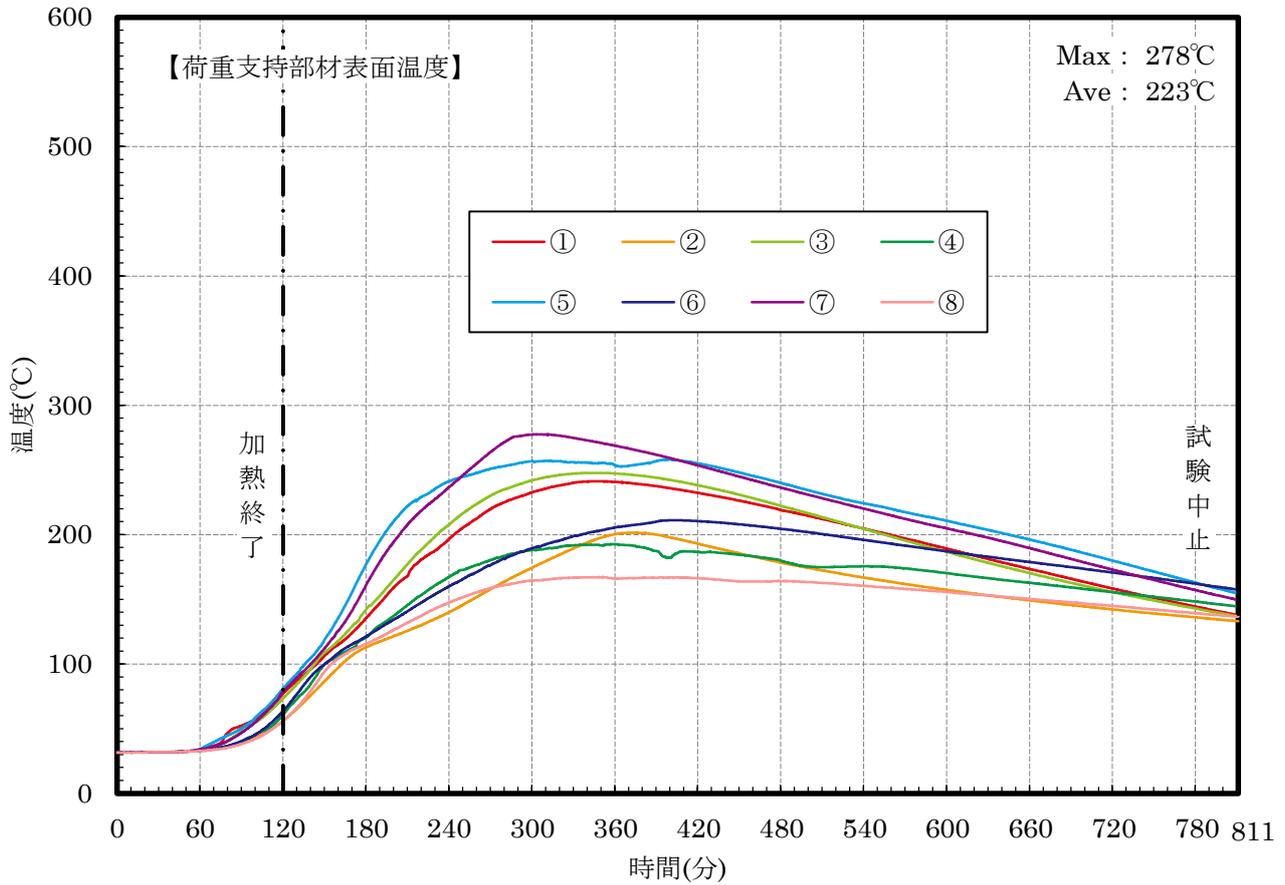


図-13 内部温度測定曲線 (試験体A-仕様1)

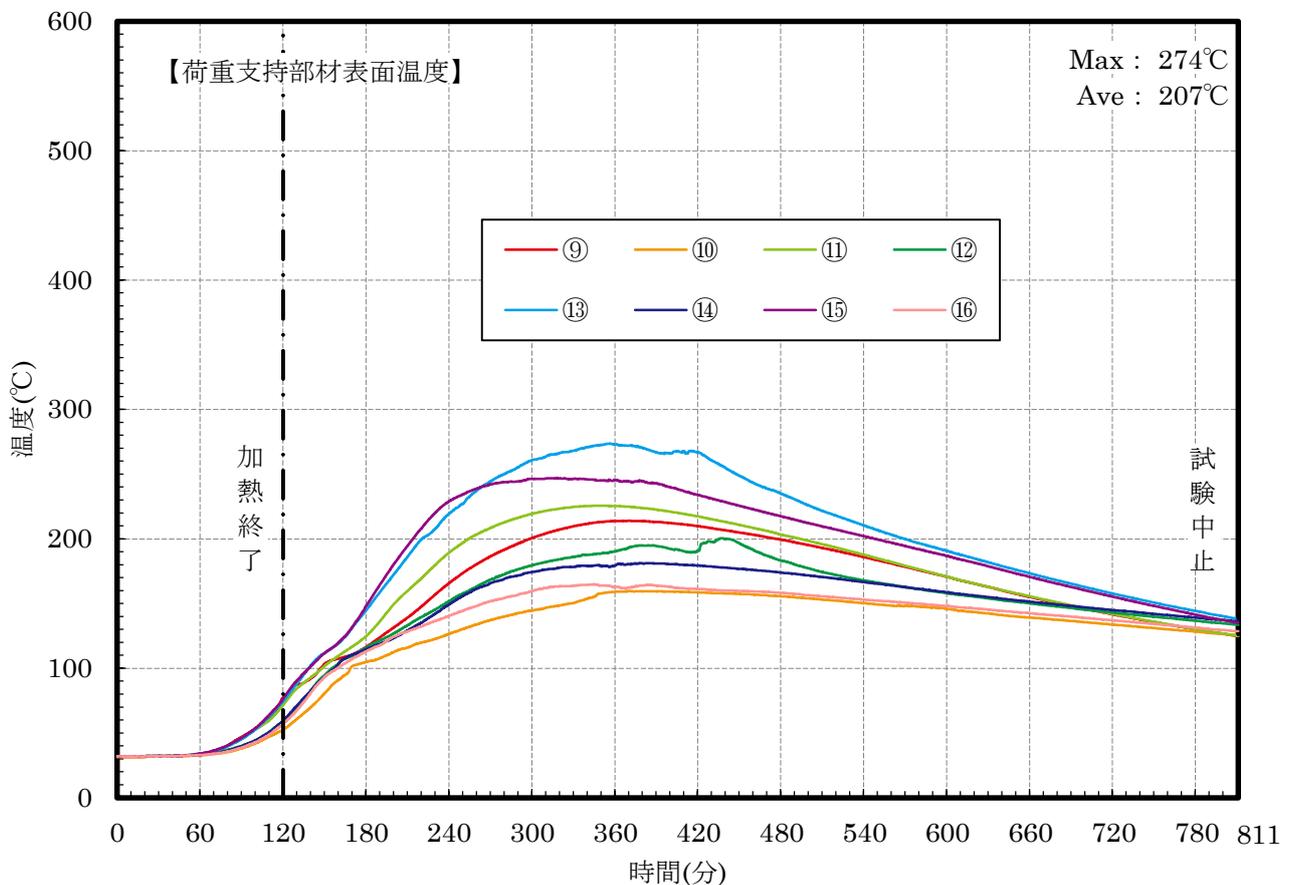


図-14 内部温度測定曲線 (試験体A-仕様1)

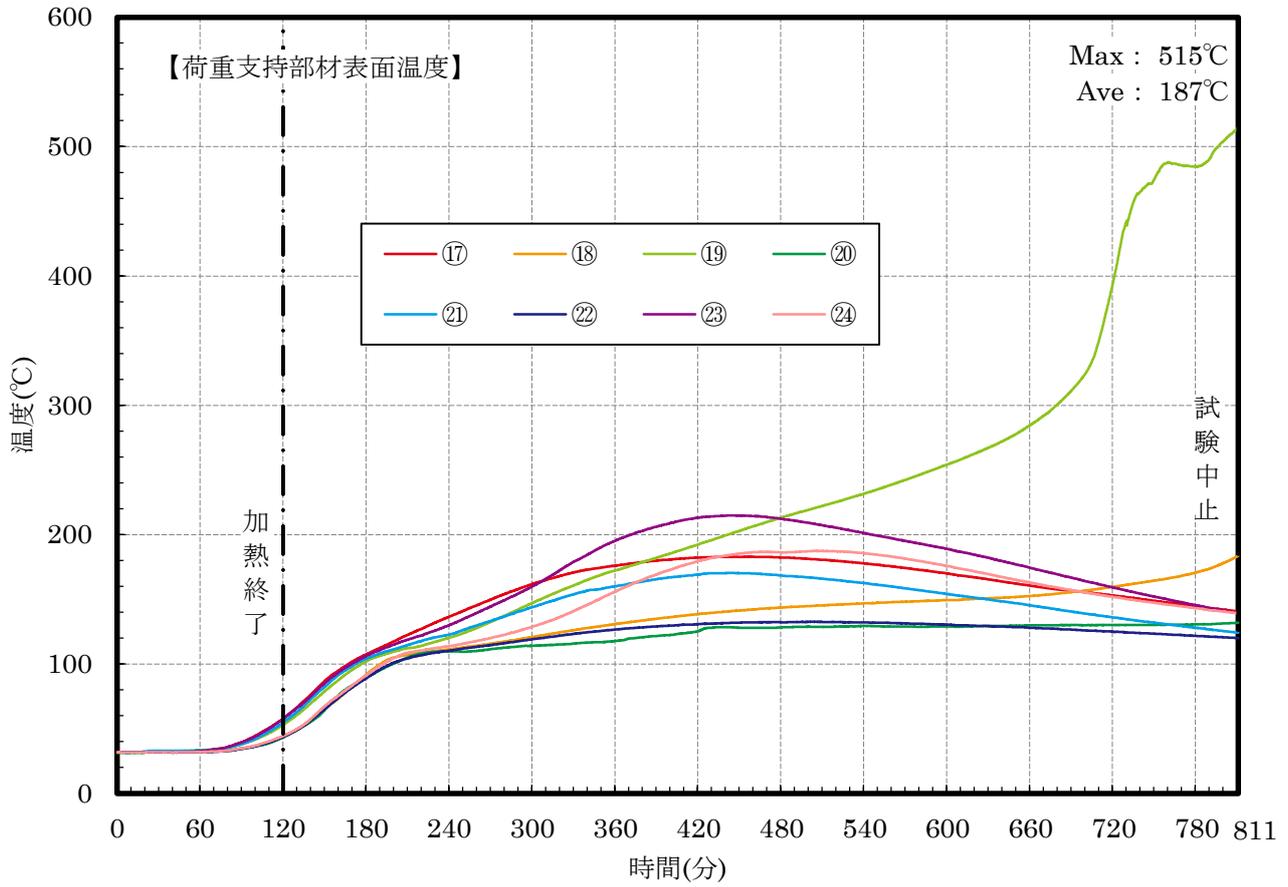


図-15 内部温度測定曲線 (試験体A-仕様2)

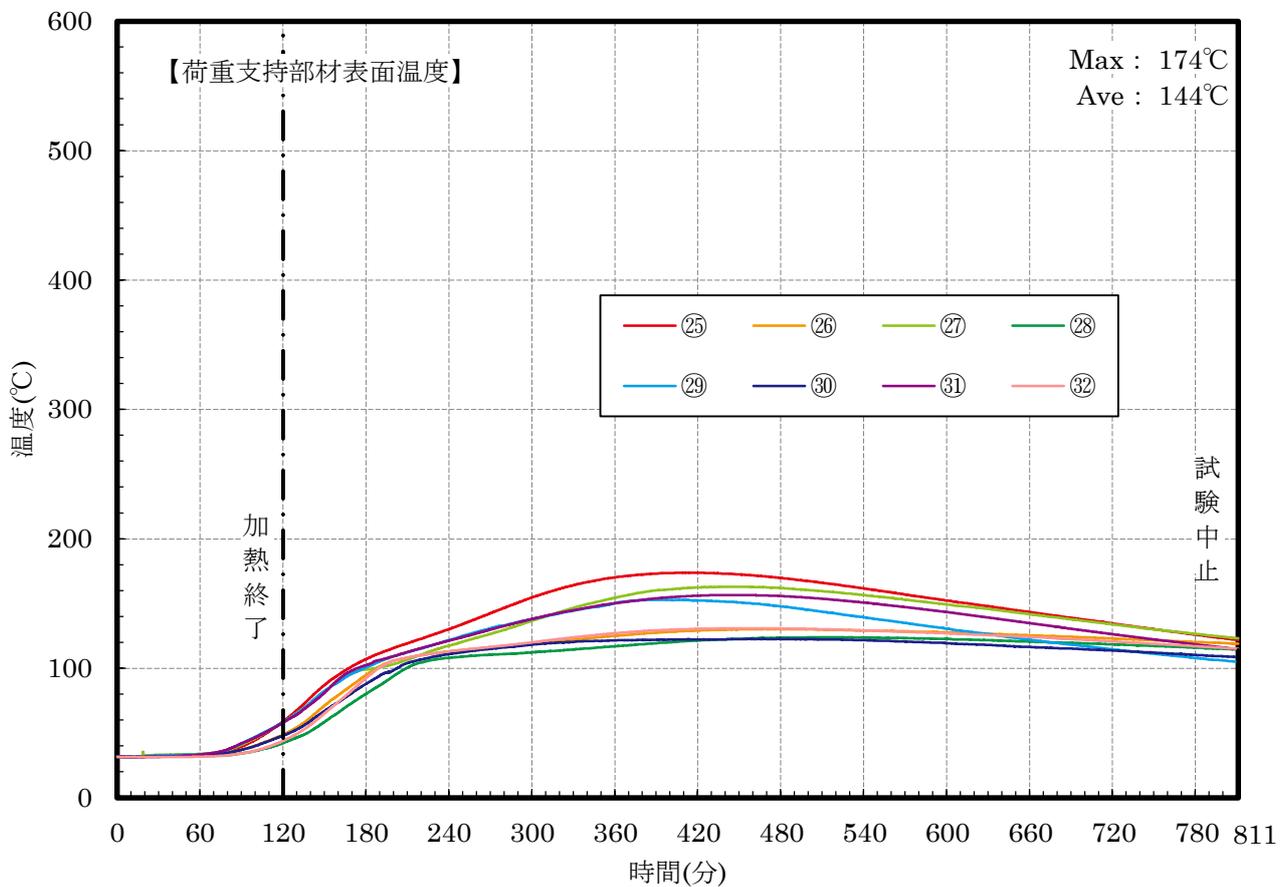


図-16 内部温度測定曲線 (試験体A-仕様2)

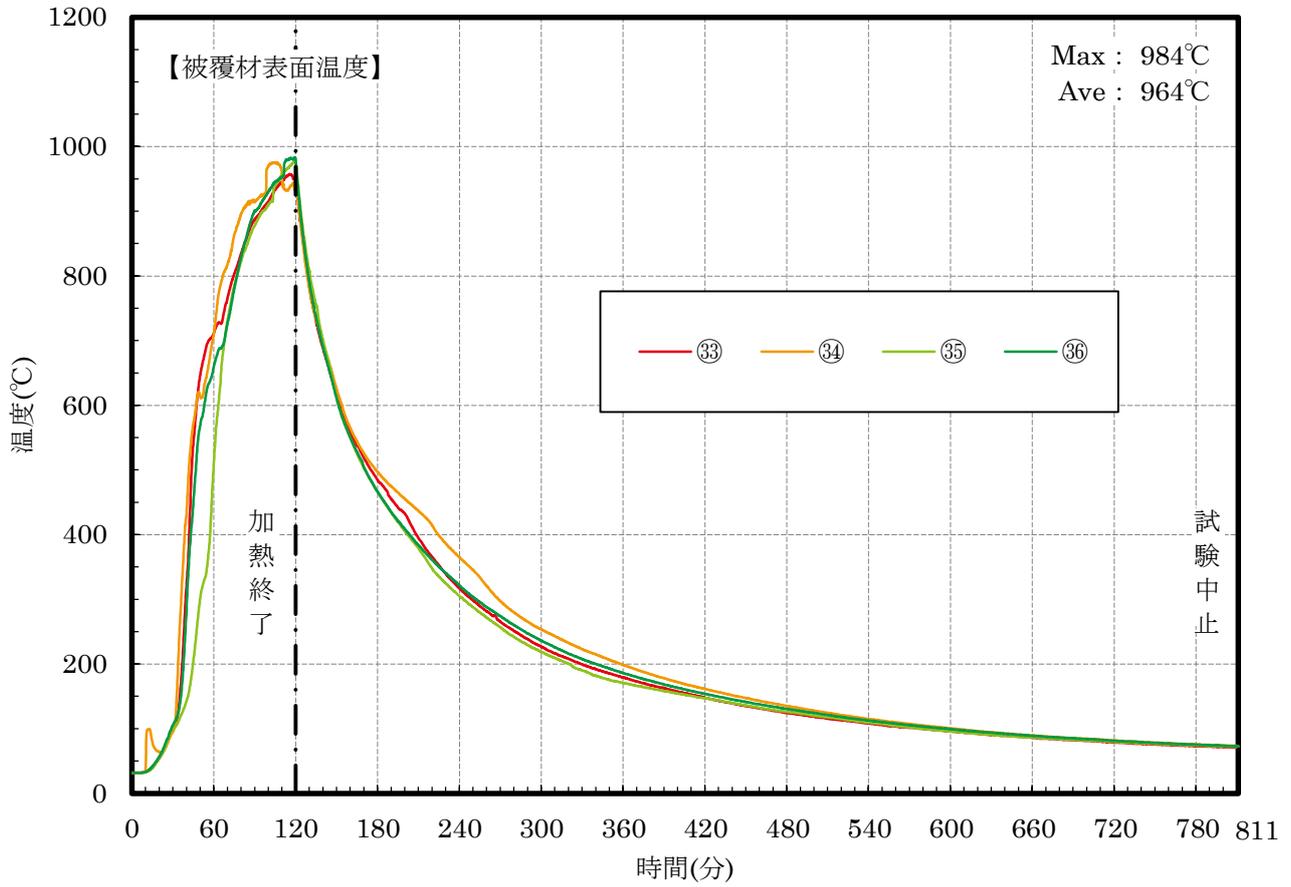


図-17 内部温度測定曲線 (試験体A-仕様1)

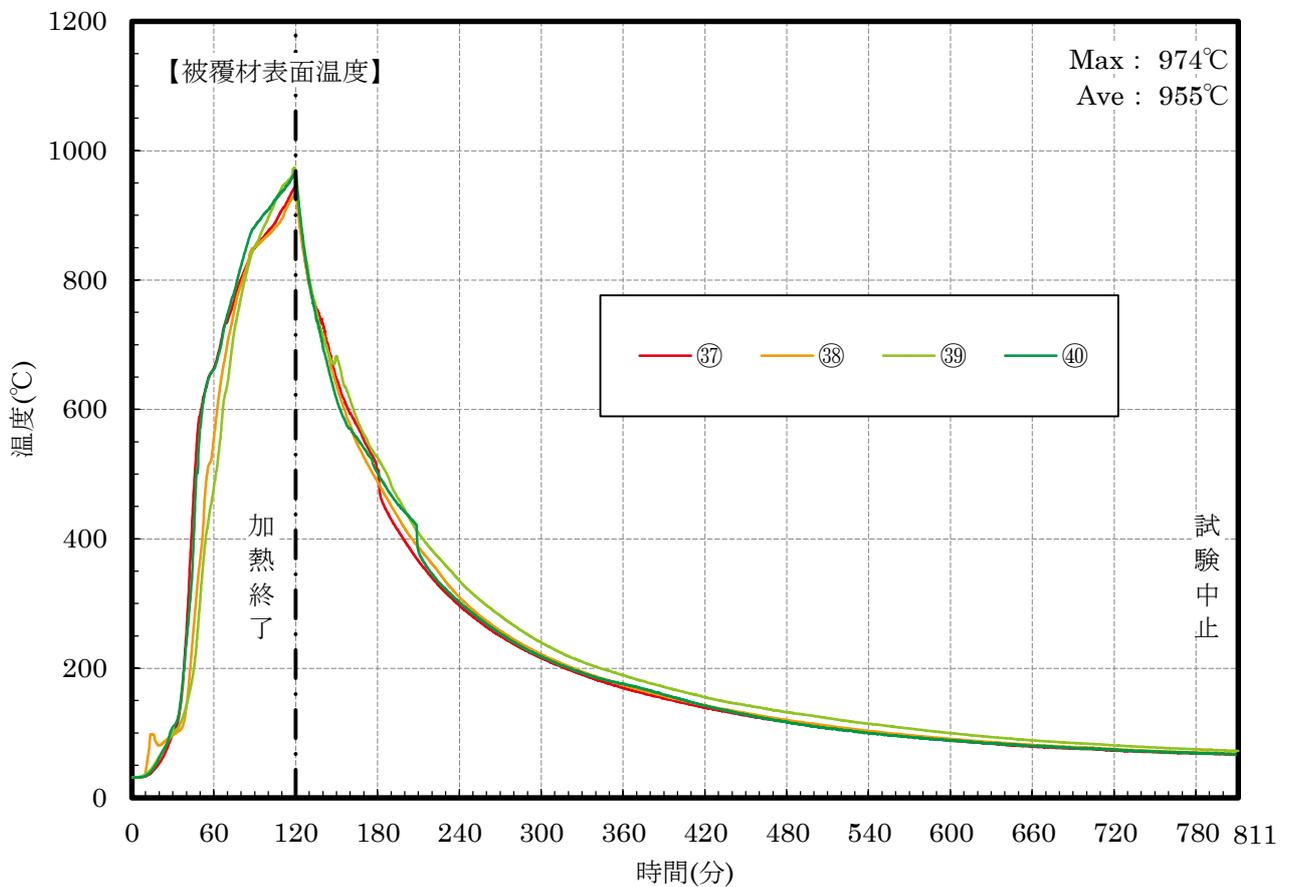


図-18 内部温度測定曲線 (試験体A-仕様1)

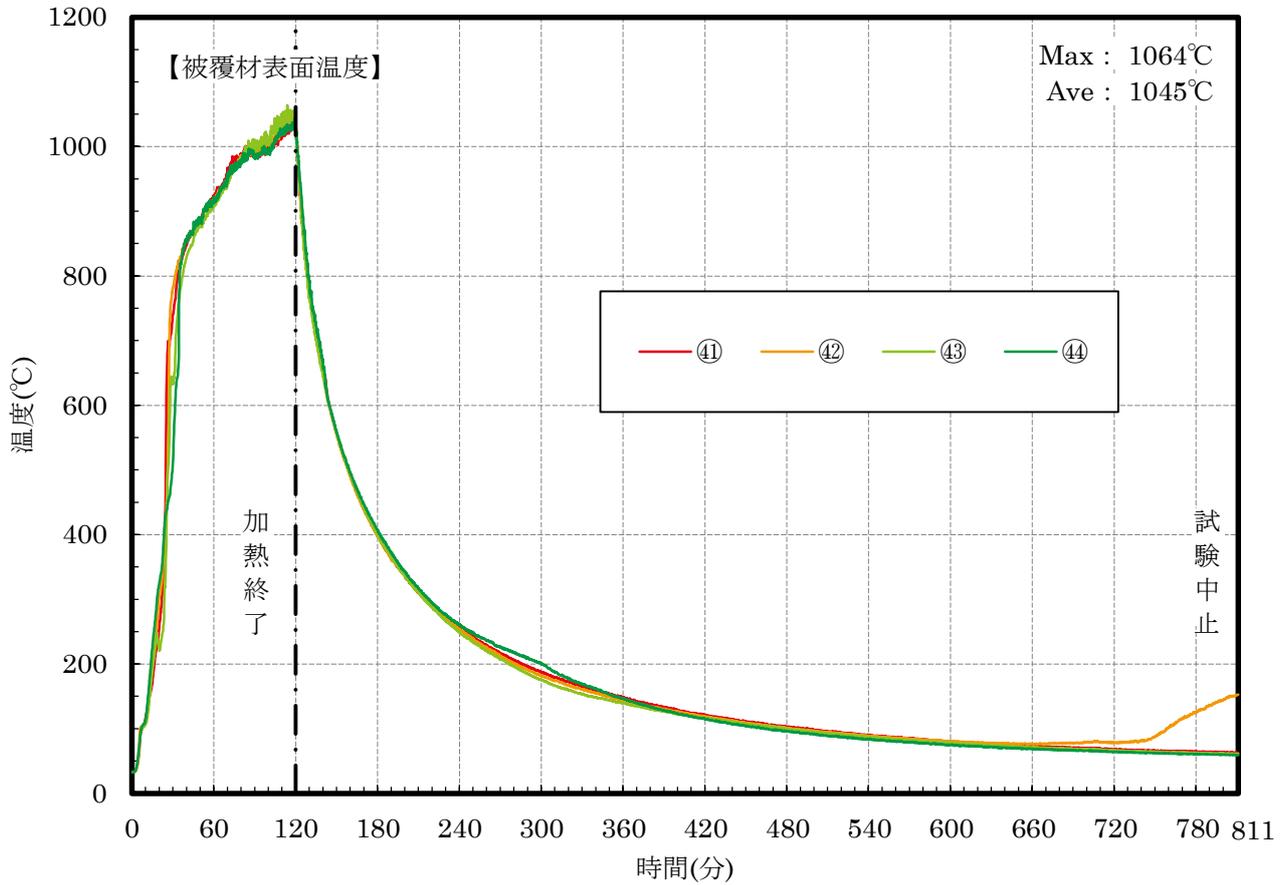


図-19 内部温度測定曲線 (試験体A-仕様2)

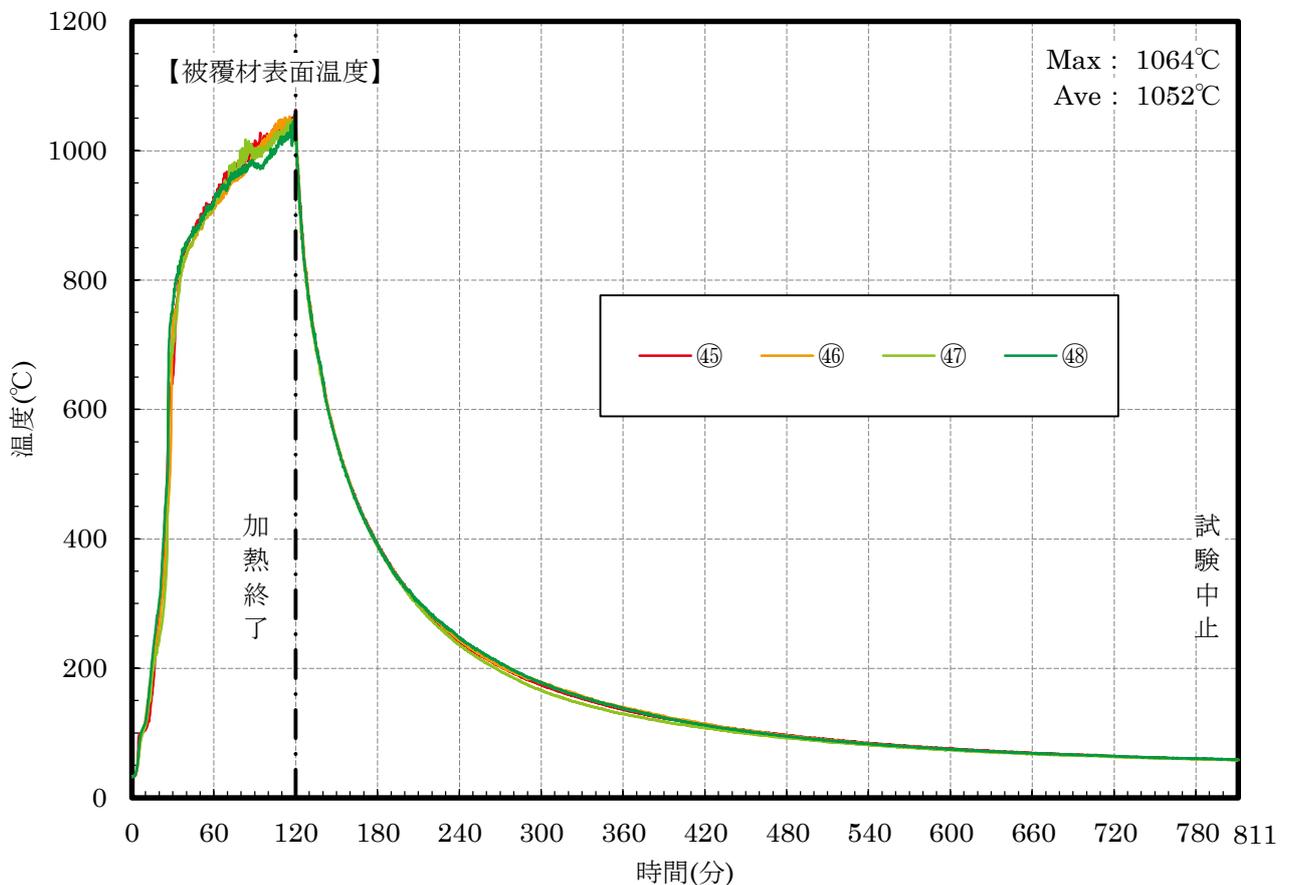


図-20 内部温度測定曲線 (試験体A-仕様2)

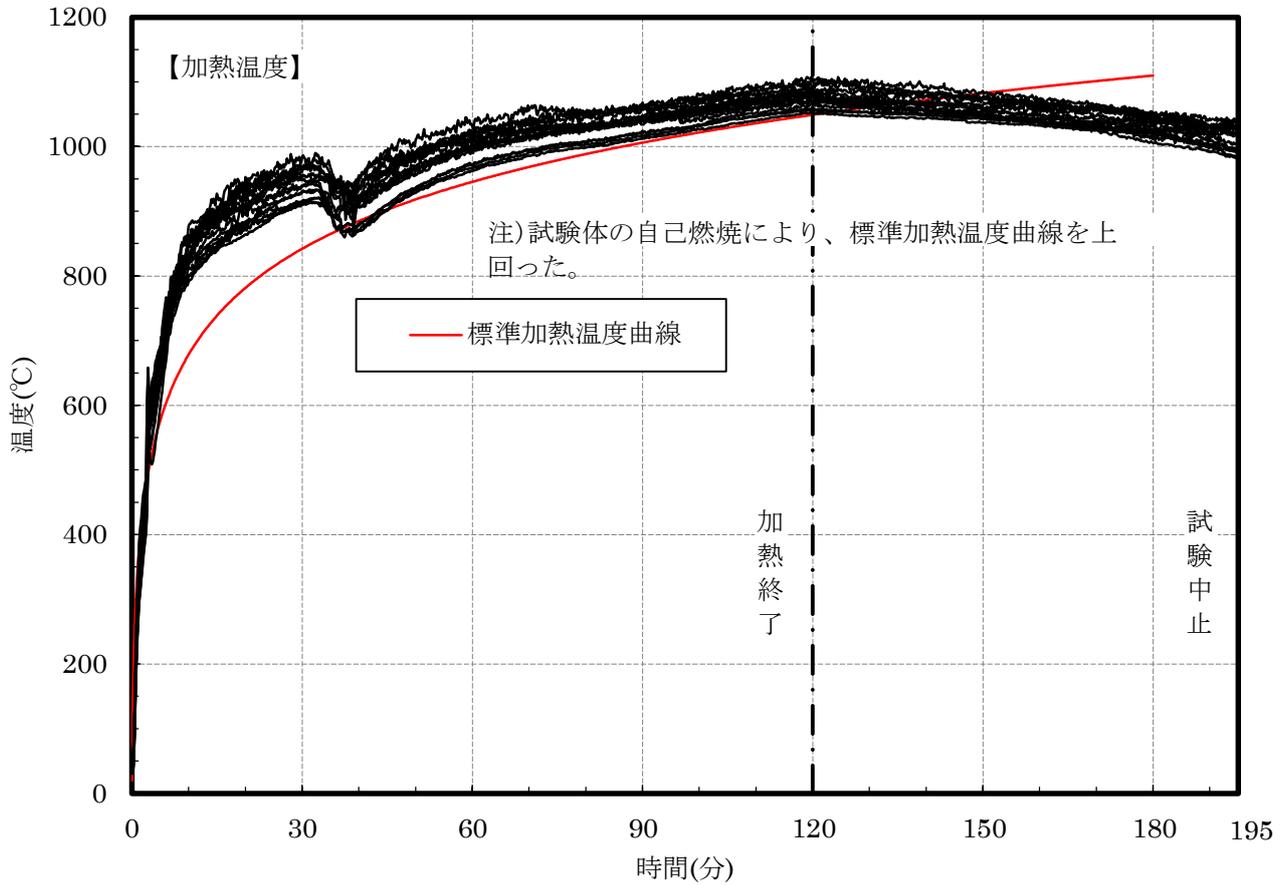


図-21 加熱温度測定曲線 (試験体B-仕様1,2)

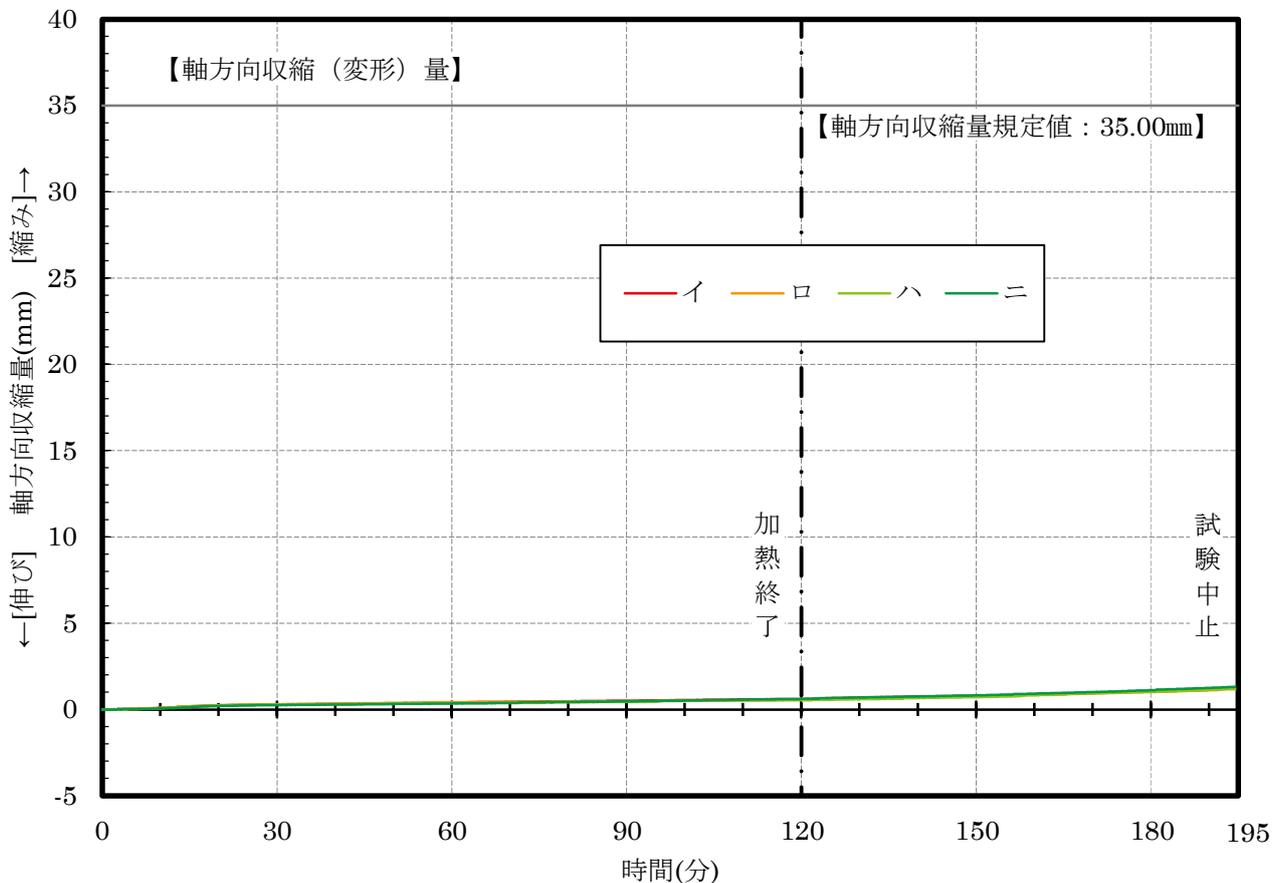


図-22 軸方向収縮量測定曲線 (試験体B-仕様1,2)

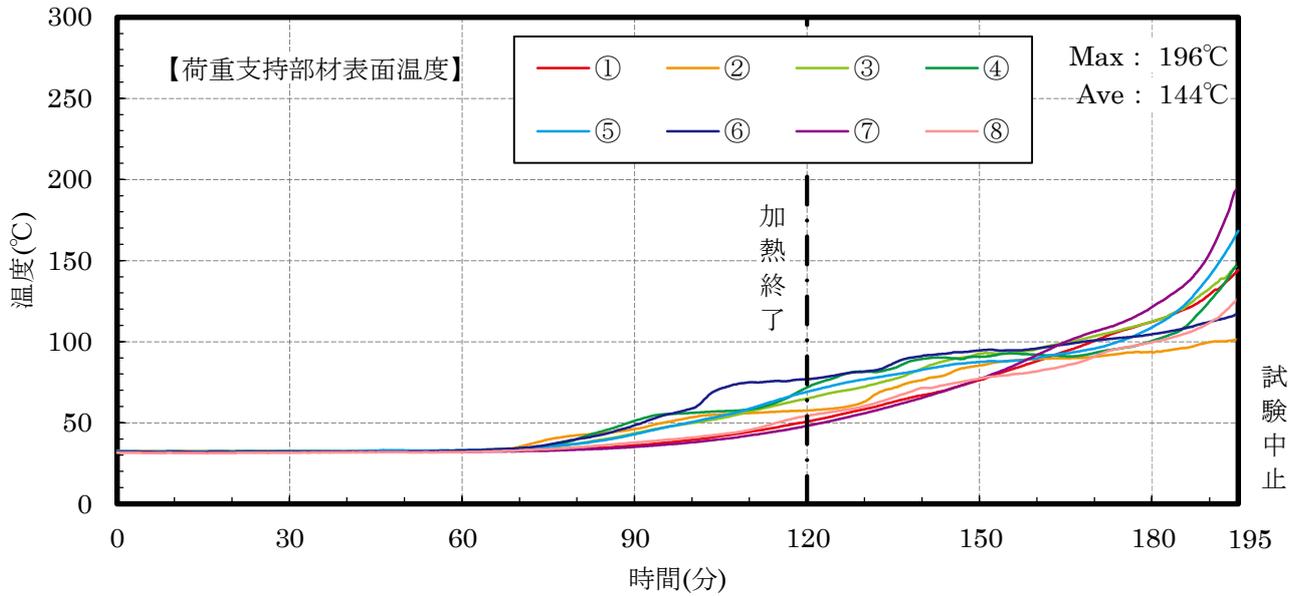


図-23 内部温度測定曲線 (試験体B-仕様1)

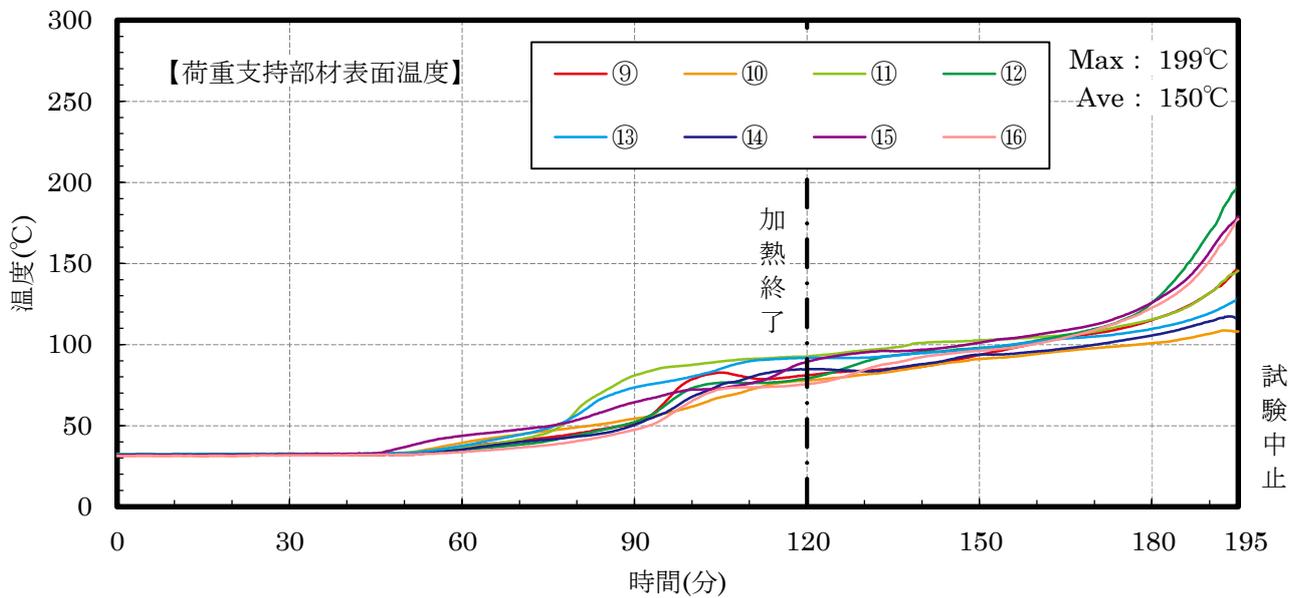


図-24 内部温度測定曲線 (試験体B-仕様1,2の取り合い部)

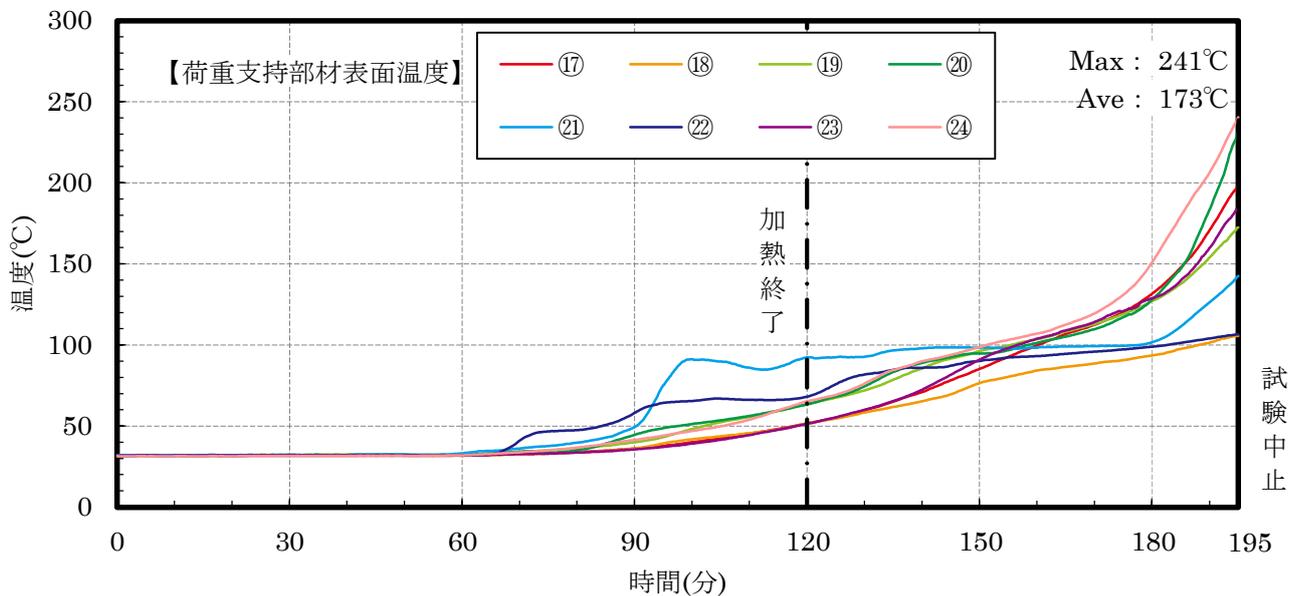


図-25 内部温度測定曲線 (試験体B-仕様2) 一般財団法人 日本建築総合試験所



写真-1 試験体A E面側
(加熱前)



写真-2 試験体A S面側
(加熱前)



写真-3 試験体A W面側
(加熱前)



写真-4 試験体A N面側
(加熱前)



写真-5 試験体A E面側
(加熱後)



写真-6 試験体A S面側
(加熱後)



写真-7 試験体A W面側
(加熱後)



写真-8 試験体A N面側
(加熱後)



写真-9 試験体A
荷重支持部材切断面(仕様1,上段)
(解体後)



写真-10 試験体A
荷重支持部材切断面(仕様1,下段)
(解体後)



写真-11 試験体A
荷重支持部材切断面(仕様2,上段)
(解体後)



写真-12 試験体A
荷重支持部材切断面(仕様2,下段)
(解体後)

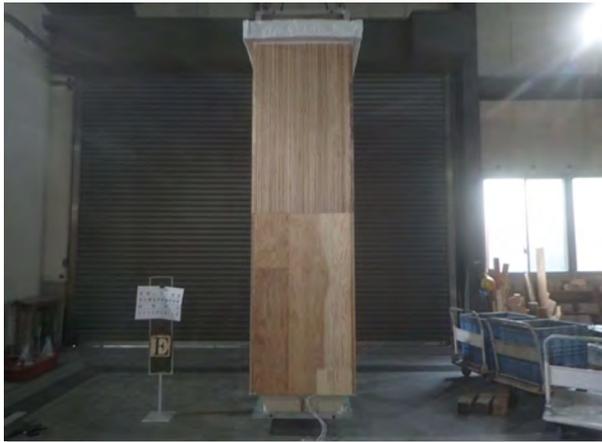


写真-13 試験体B E面側
(加熱前)



写真-14 試験体B S面側
(加熱前)



写真-15 試験体B W面側
(加熱前)



写真-16 試験体B N面側
(加熱前)

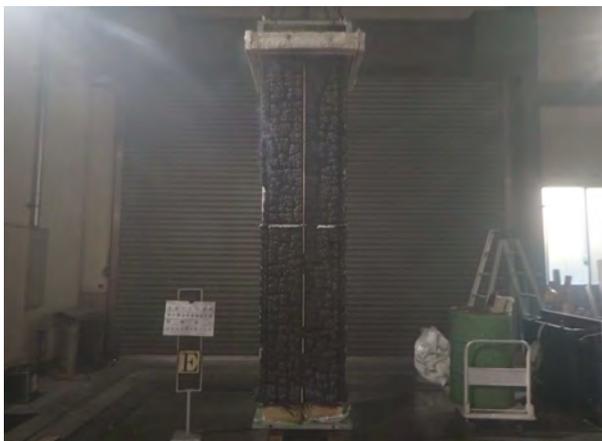


写真-17 試験体B E面側
(加熱後)



写真-18 試験体B S面側
(加熱後)



写真-19 試験体B W面側
(加熱後)



写真-20 試験体B N面側
(加熱後)

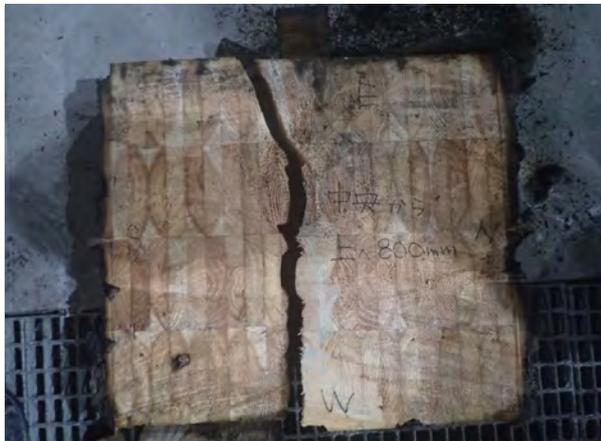


写真-21 試験体B
荷重支持部材切断面(仕様1の高さ中央付近)
(解体後)



写真-22 試験体B
荷重支持部材切断面(仕様1,2の取り合い部)
(解体後)



写真-23 試験体B
荷重支持部材切断面(仕様2の高さ中央付近)
(解体後)

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、本書中に記載の依頼者より受領した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 試験研究センター
耐火部 耐火構造試験室

T E L : 072-760-5053

F A X : 072-760-5063

試験番号：IIIJa-22-1105

受付日：2022年 8月 23日

報告日：2023年 6月 2日

耐火性能試験 成績書

大阪府池田市豊島南二丁目204番地

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

工学博士 川瀬 博

報告書発行責任者

耐火構造試験室長

田中 義昭

依頼者	社名	一般社団法人 全国LVL協会		
	所在地	東京都江東区新木場1-7-22		
構造名	りん・窒素系薬剤処理単板積層材(120mm)被覆/木製柱			
商品名	-			
建築物の部分	柱	耐火性能	2時間	
試験	材令	試験体製作日：2022年 12月 16日		
	比重	スギ集成材(荷重支持部材)	: 0.42 (気乾), 0.37 (105°C・14日間乾燥)	
		りん・窒素系薬剤処理単板積層材(被覆材, 30mm)	: 0.66 (気乾), 0.59 (105°C・14日間乾燥)	
		アルカリアースシリケートブランケット	: 0.136 (気乾)	
	含水率 (%)	スギ集成材(荷重支持部材)	: 13.19 (105°C・14日間乾燥)	
りん・窒素系薬剤処理単板積層材(被覆材, 30mm)		: 11.69 (105°C・14日間乾燥)		
備考	-			
試験体	試験体の材料および構成 (水平断面図, 単位:mm)		詳細を図-1,2および表-1,2に示す。 (全て依頼者の提出資料による。)	
試験方法	試験規格	一般財団法人 日本建築総合試験所制定 「防耐火性能試験・評価業務方法書」 4.1 耐火性能試験方法		
	加熱炉の熱源	都市ガス (46090 kJ/m ³)		
	加熱温度の測定	加熱面から10cm離れた位置の火炎温度		
	温度測定位置	図-1,2に示す。		
	試験荷重	1889 kN ^{*1} (载荷装置図を図-3に示す。)		
軸方向収縮量測定位置	図-2に示す。			

試	試験体記号	A	
	試験年月日	2023年 1月 4～5日	
	試験体の大きさ (mm)	W 740 × L 740 × H 3500	
	加熱面	4面	
	試験時間	1090 分 ^{*2}	
	加熱時間	120 分	
	加熱温度測定曲線	図-4 に示す。	
結	損	軸方向収縮量測定曲線	図-5 に示す。
		試験体初期高さ (h)	3500 mm
		最大軸方向収縮量 [規定値 35.00 mm]	3.10 mm
		最大軸方向収縮速度 [規定値 10.50 mm/分]	0.03 mm/分
果	傷 材 性 温 度	測定曲線	
		最高	
		平均	
その他	試験中止後、荷重支持部材が炭化していることを確認した。 (写真-9, 10参照)		
判定	不合格		
備考	<ul style="list-style-type: none"> *1 : 試験荷重Nは、圧縮材の座屈の長期許容応力度f_cより、下式を用いて算出した。 $N = f_c \times A = 1889 \text{ kN}$ ただし、$f_c = 7.553 \text{ N/mm}^2$, $A = 250000 \text{ mm}^2$ (有効断面積) とした。 f_c は、$F_c = 20.6 \text{ N/mm}^2$ (基準強度), $l_k = 3500 \text{ mm}$ (座屈長さ) から算出した。 *2 : 試験を中止した時間を示す。 試験状況を写真-1～12に示す。 		
試験機関	一般財団法人 日本建築総合試験所		
試験実施場所	池田事業所 大阪府池田市豊島南二丁目204番地 使用炉：柱炉		
試験担当者	試験責任者： 小宮 祐人 試験担当者： 小宮 祐人		

以上

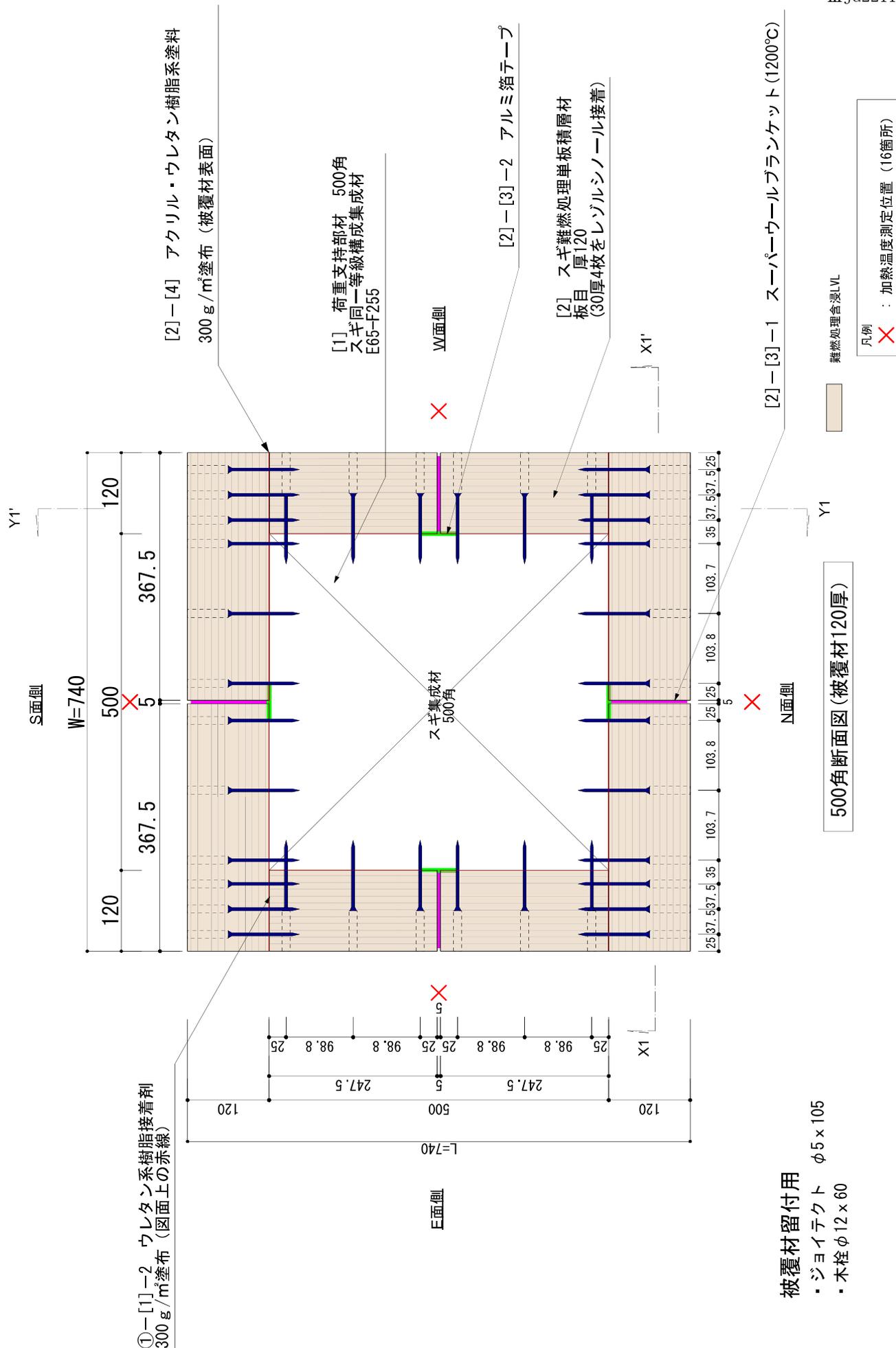


図-1 試験体の構造・寸法・温度測定位置 (寸法単位:mm)

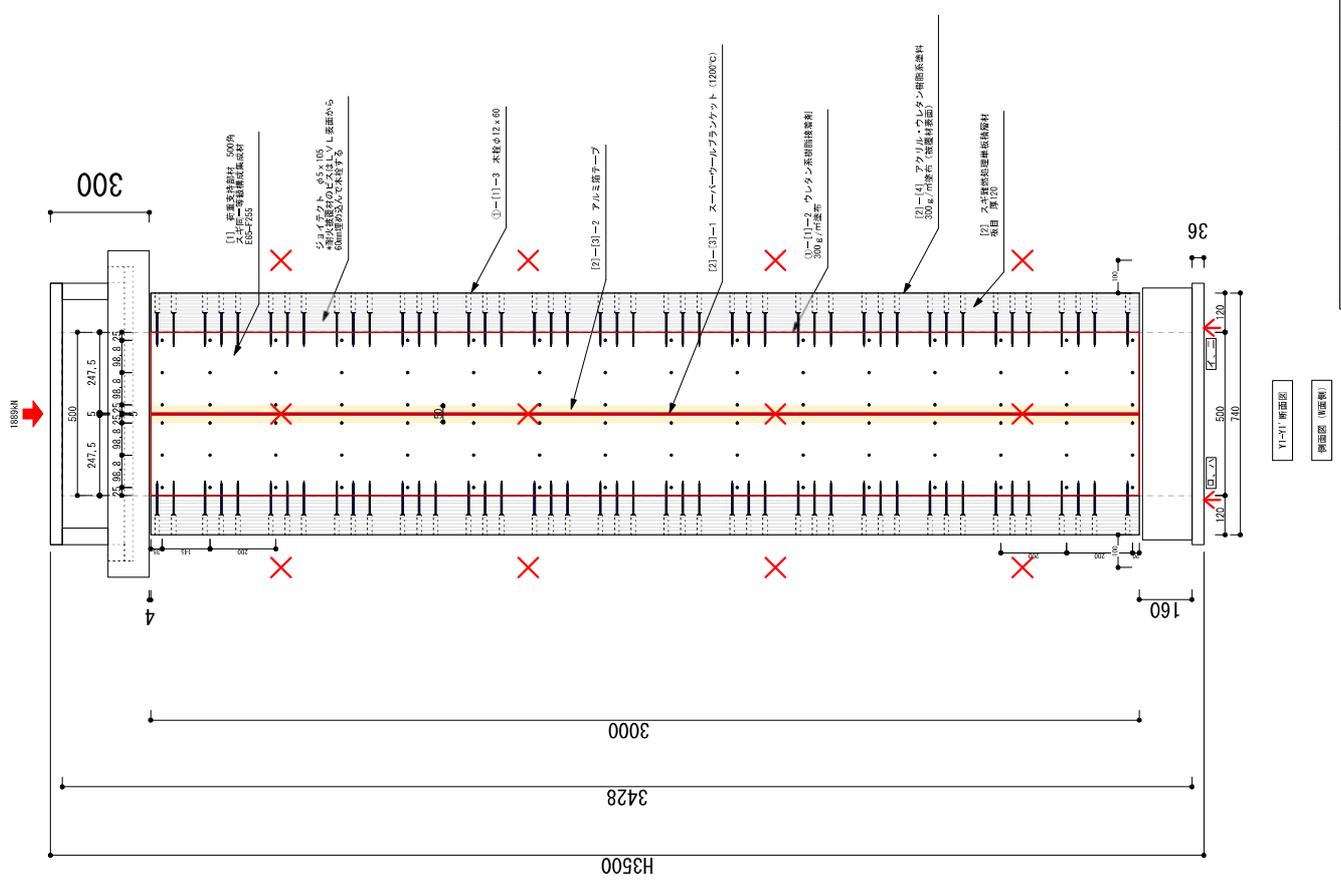
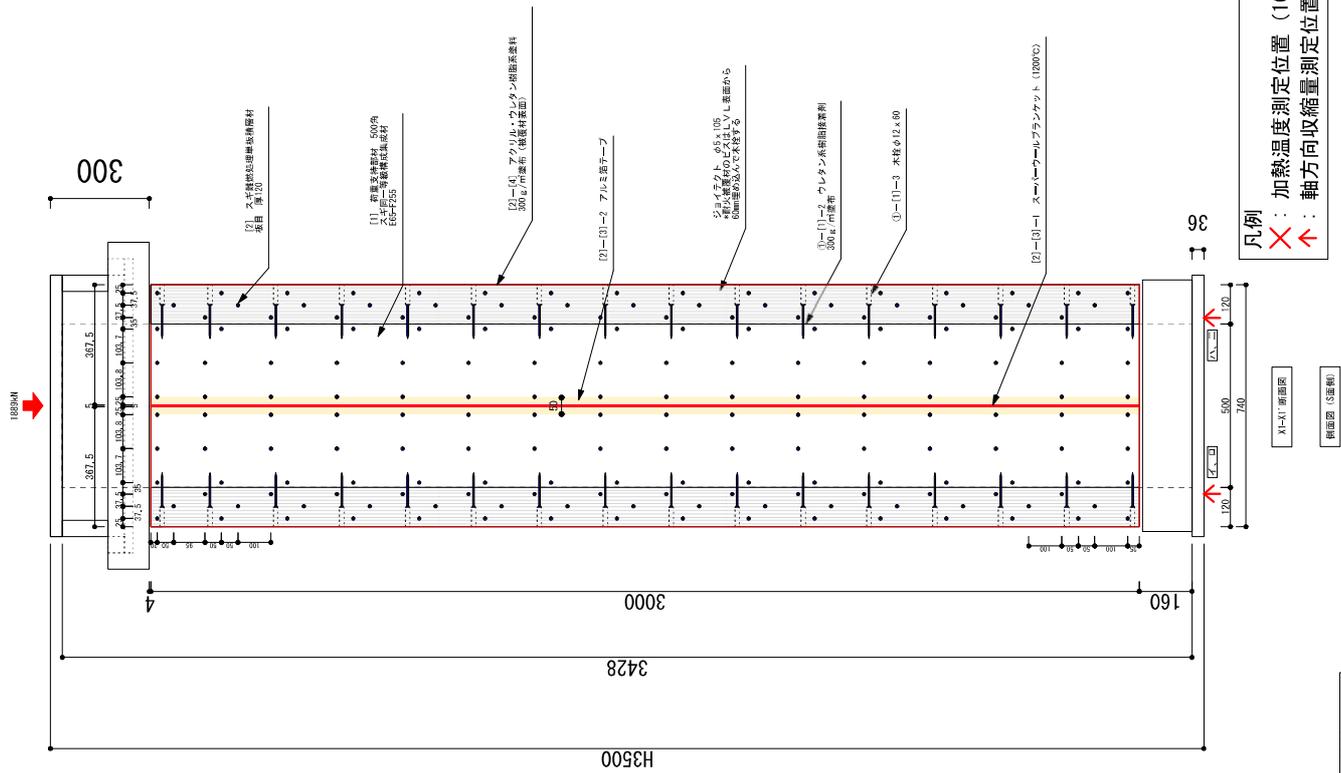


図-2 試験体の構造・寸法・温度測定位置 (寸法単位:mm)

表-1 試験体構成材料

(寸法単位：mm)

項 目	詳 細						
[1]荷重支持部材	木製柱 <ul style="list-style-type: none"> ・規格 平成13年国土交通省告示第1024号に規定する構造用集成材(強度等級 同一等級構成 E65-F255) ・樹種 スギ ・断面寸法 500×500 ・密度 0.42g/cm³(気乾、実測値) ・面取り寸法 なし 						
[2]被覆材	りん・窒素系薬剤処理単板積層材 <ul style="list-style-type: none"> ・厚さ 120(厚さ30の板を積層) ・密度 0.66g/cm³(気乾、実測値) ・幅 247.5, 367.5 ・目地数 1カ所 ・目地の寸法 5 [1]単板積層材 <ul style="list-style-type: none"> ・厚さ 30 ・樹種 スギ ・密度 0.49g/cm³ ・規格 単板積層材のJAS規格を満足する単板積層材 ・樹種 スギ ・薬剤の種類 りん・窒素系薬剤 ・薬剤の組成(質量%) ポリりん酸カルバメート 100 ・薬剤の固形量 最小値 137kg/m³ ・節 幅方向の径75, 単板積層材のJAS規格 構造用単板積層材(LVL)による [2]積層用接着剤 <ul style="list-style-type: none"> ・材質 レゾルシノール樹脂系 ・塗布量 300g/m²(有機質量 200g/m²) [3]目地充填材 [3]-1 アルカリアースシリケートブランケット(生体溶解性繊維) <ul style="list-style-type: none"> ・厚さ 6 ・密度 128 kg/m³(気乾) ・分類温度 1200℃ ・組成(質量%) <table style="border: none; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="padding-left: 5px;">二酸化けい素 70~80</td> </tr> <tr> <td></td> <td>酸化物(酸化カルシウム、酸化マグネシウム) 18~25</td> </tr> <tr> <td></td> <td>その他(無機物) 3以下</td> </tr> </table> [3]-2 アルミ箔テープ <ul style="list-style-type: none"> ・幅 50 [4]表面塗装 アクリル・ウレタン樹脂系塗料 <ul style="list-style-type: none"> ・塗布量 300 g/m²(有機質量 75g/m²) 	{	二酸化けい素 70~80		酸化物(酸化カルシウム、酸化マグネシウム) 18~25		その他(無機物) 3以下
{	二酸化けい素 70~80						
	酸化物(酸化カルシウム、酸化マグネシウム) 18~25						
	その他(無機物) 3以下						

表-2 試験体構成材料

(寸法単位：mm)

項 目	詳 細
①留付材	<p>[1]被覆材留付用</p> <p>[1]-1 ねじ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 鉄 ・寸法 $\phi 5 \times L105$ ・留付間隔 (鉛直寸法)200 (水平方向)131.1 <p>[1]-2 接着剤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 ウレタン系樹脂接着剤 ・塗布量 $300\text{g}/\text{m}^2$(有機質量 $180\text{g}/\text{m}^2$) <p>[1]-3 木栓</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 木(ブナ) ・寸法 $\phi 12 \times L60$ ・密度 $0.78\text{g}/\text{cm}^3$ <p>[2]被覆材留付用</p> <p>[2]-2 くぎ・ねじ</p> <p>(1)ねじ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 鉄 ・寸法 $\phi 3.3 \times L40$ ・留付間隔 750 <p>(2) くぎ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 鉄 ・寸法 $\phi 0.6 \times L40$ ・留付間隔 375

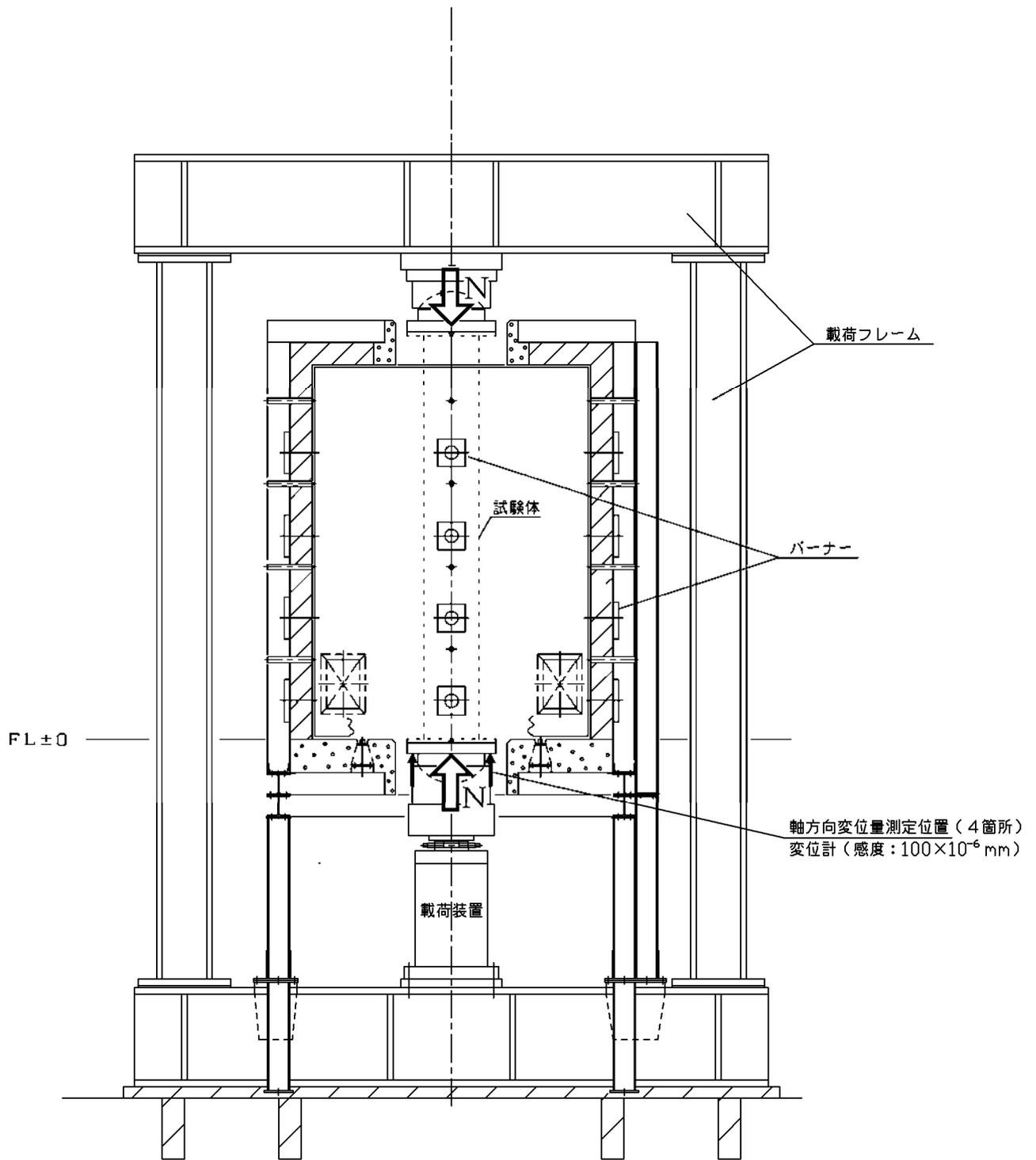


図-3 載荷装置図

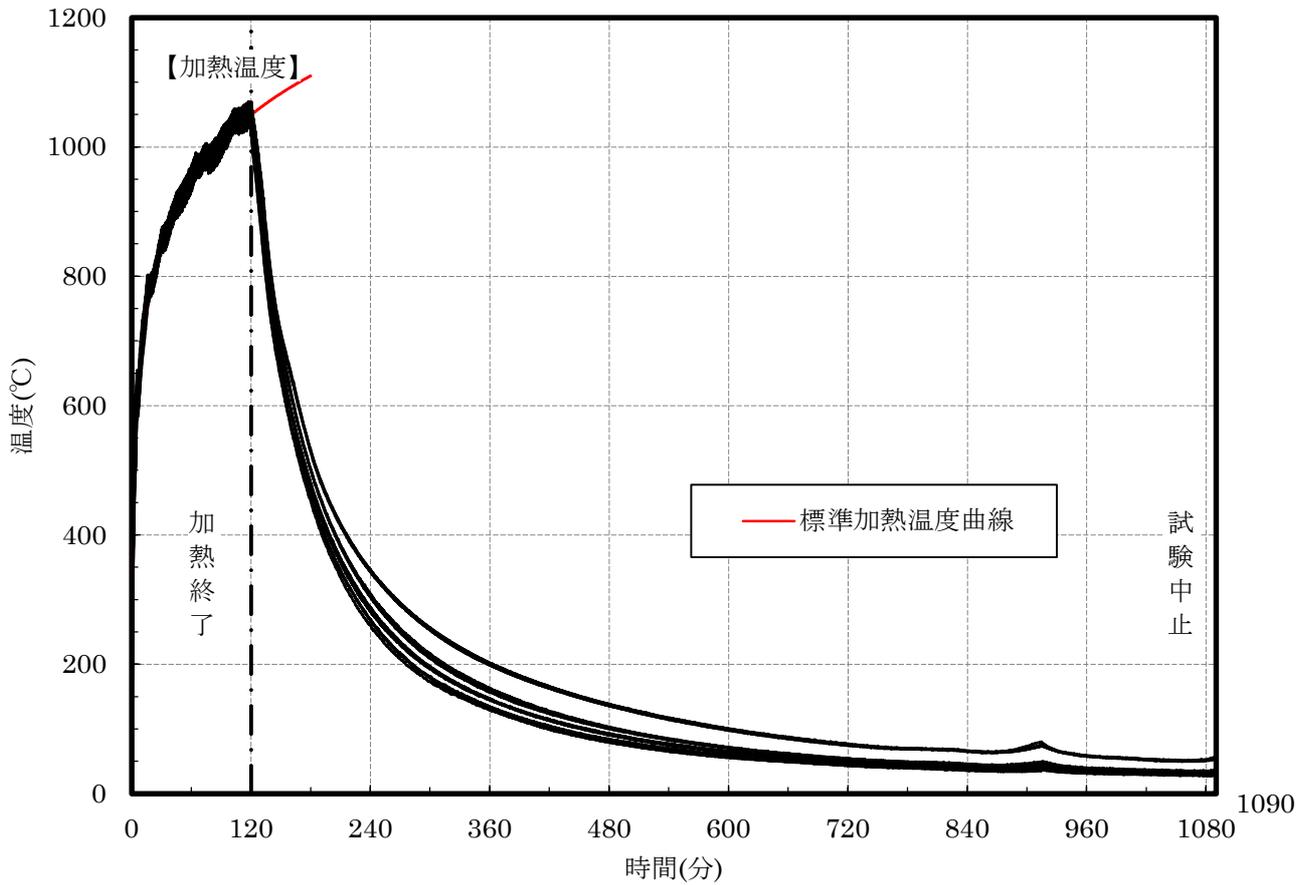


図-4 加熱温度測定曲線 (試験体A)

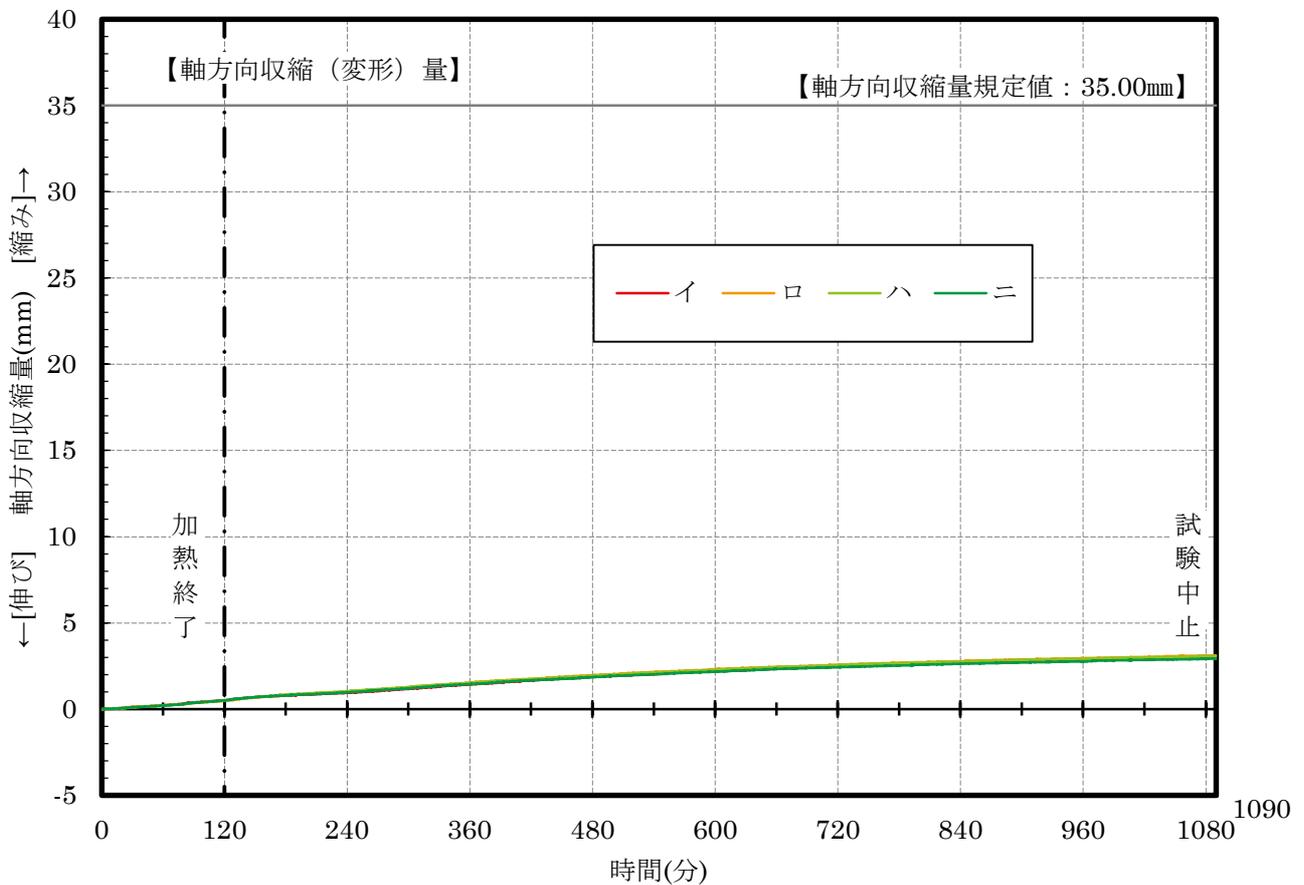


図-5 軸方向収縮量測定曲線 (試験体A)



写真-1 試験体A E面側
(加熱前)



写真-2 試験体A S面側
(加熱前)



写真-3 試験体A W面側
(加熱前)



写真-4 試験体A N面側
(加熱前)

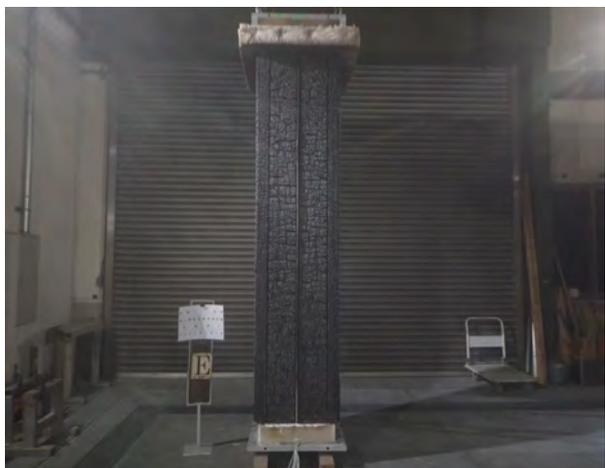


写真-5 試験体A E面側
(加熱後)



写真-6 試験体A S面側
(加熱後)



写真-7 試験体A W面側
(加熱後)



写真-8 試験体A N面側
(加熱後)



写真-9 試験体A 高さ2400mm付近の断面
(解体後)



写真-10 試験体A 高さ2200mm付近の断面
(解体後)



写真-11 試験体A 高さ1700mm付近の断面
(解体後)



写真-12 試験体A 高さ1000mm付近の断面
(解体後)

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、本書中に記載の依頼者より受領した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 試験研究センター
耐火部 耐火構造試験室

T E L : 072-760-5053

F A X : 072-760-5063

試験番号：IIIJa-22-2105

受付日：2023年 1月 10日

報告日：2023年 6月 13日

耐火性能試験 成績書

大阪府池田市豊島南二丁目204番地

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

工学博士 川瀬 博

報告書発行責任者

耐火構造試験室長

田中 義昭

依頼者	社名	一般社団法人 全国LVL協会		
	所在地	東京都江東区新木場1-7-22		
構造名	りん・窒素系薬剤処理単板積層材(120mm)被覆/木製柱			
商品名	-			
建築物の部分	柱	耐火性能	2時間	
試験	材令	試験体製作日：2023年 1月 31日		
	比重	スギ集成材(荷重支持部材)	: 0.41 (気乾), 0.36 (105℃・10日間乾燥)	
		りん・窒素系薬剤処理単板積層材(被覆材, 30mm)	: 0.65 (気乾), 0.58 (105℃・10日間乾燥)	
		アルカリアースシリケートブランケット	: 0.159 (気乾)	
	含水率 (%)	スギ集成材(荷重支持部材)	: 14.33 (105℃・10日間乾燥)	
りん・窒素系薬剤処理単板積層材(被覆材, 30mm)		: 11.66 (105℃・10日間乾燥)		
備考	-			
試験体	試験体の材料および構成 (水平断面図, 単位:mm)		詳細を図-1,2および表-1,2に示す。 (全て依頼者の提出資料による。)	
	<p>凡例 X: 加熱温度測定位置 (16箇所)</p> <p>[1]-[1]-2ウレタン系樹脂接着剤 300g/m²塗布 (図面上の赤線)</p> <p>[2]-[4]アクリル・ウレタン樹脂系塗料 300g/m²塗布 (被覆材表面)</p> <p>[1]荷重支持部材 500角 スギ同一等級構成集成材 E65-F255</p> <p>[2]-[3]-2アルミ箔テープ</p> <p>[2]スギ難燃処理単板積層材 板目 厚120 (30厚4枚をレゾルシノール接着)</p> <p>[2]-[3]-1アルカリアースシリケートブランケット (1200℃)</p> <p>図面詳細: S面側 W740, E面側 L740, N面側, Y1, X1. 寸法: 120, 195, 5, 340, 5, 195, 25, 37.5, 35, 5, 145, 145, 25, 25, 35, 37.5, 25. 高さ寸法: 120, 247.5, 98.8, 25, 98.8, 25, 247.5, 98.8, 25, 120.</p>			
試験方法	試験規格	一般財団法人 日本建築総合試験所制定 「防耐火性能試験・評価業務方法書」 4.1 耐火性能試験方法		
	加熱炉の熱源	都市ガス (46090 kJ/m ³)		
	加熱温度の測定	加熱面から10cm離れた位置の火炎温度		
	温度測定位置	図-1,2に示す。		
	試験荷重	1889 kN ^{*1} (载荷装置図を図-3に示す。)		
軸方向収縮量測定位置	図-2に示す。			

試 験	試 験 体 記 号	A	
	試 験 年 月 日	2023年2月8～9日	
	試 験 体 の 大 き さ (mm)	W 740 × L 740 × H 3500	
	加 熱 面	4面	
	試 験 時 間	1380分 ^{*2}	
	加 熱 時 間	120分	
	加 熱 温 度 測 定 曲 線	図-4 に示す。	
結 損	非	軸方向収縮量測定曲線	図-5 に示す。
		試 験 体 初 期 高 さ (h)	3500 mm
	傷	最大軸方向収縮量 [規定値 35.00 mm]	3.10 mm
		最大軸方向収縮速度 [規定値 10.50 mm/分]	0.02 mm/分
果 性 傷	鋼 材 温 度	測 定 曲 線	
		最 高	
		平 均	
そ の 他	試験中止後、荷重支持部材が炭化していることを確認した。 (写真-10～12参照)		
判 定	不合格		
備 考	<ul style="list-style-type: none"> *1：試験荷重Nは、圧縮材の座屈の長期許容応力度f_cより、下式を用いて算出した。 $N = f_c \times A = 1889 \text{ kN}$ ただし、$f_c = 7.553 \text{ N/mm}^2$, $A = 250000 \text{ mm}^2$ (有効断面積) とした。 f_c は、$F_c = 20.6 \text{ N/mm}^2$ (基準強度), $l_k = 3500 \text{ mm}$ (座屈長さ) から算出した。 *2：依頼者と協議の上、試験を中止した時間を示す。 試験状況を写真-1～12に示す。 		
	試 験 機 関	一般財団法人 日本建築総合試験所	
	試 験 実 施 場 所	池田事業所 大阪府池田市豊島南二丁目204番地 使用炉：柱炉	
	試 験 担 当 者	試験責任者： 今福 康平 試験担当者： 今福 康平	

以上

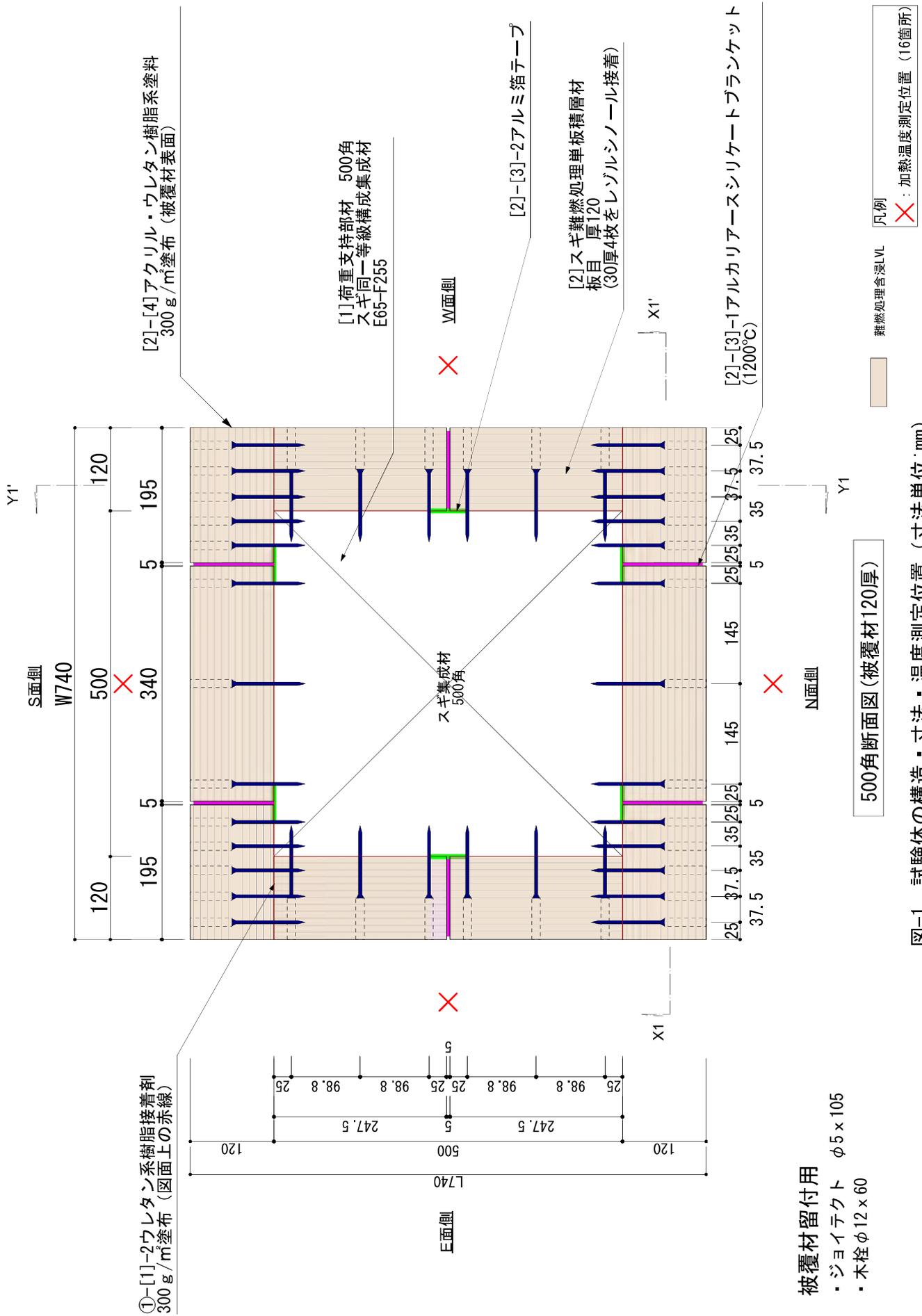


表-1 試験体構成材料

(寸法単位：mm)

項 目	詳 細
[1] 荷重支持部材	木製柱 <ul style="list-style-type: none"> ・規格 平成 13 年国土交通省告示第 1024 号に規定する構造用集成材 (強度等級 同一等級構成 E65-F255) ・樹種 スギ ・断面寸法 500×500 ・密度 0.41g/cm³(気乾、実測値)
[2] 被覆材	りん・窒素系薬剤処理単板積層材 <ul style="list-style-type: none"> ・厚さ 120(厚さ30の板を積層) ・密度 0.65g/cm³(気乾、実測値) (1) 勝ち側 <ul style="list-style-type: none"> ・幅 隅部 195 平部 340 ・目地数 2カ所 ・目地の寸法 5 (2) 負け側 <ul style="list-style-type: none"> ・幅 平部 247.5 ・目地数 1カ所 ・目地の寸法 5 [1]単板積層材 <ul style="list-style-type: none"> ・厚さ 30 ・樹種 スギ ・密度 0.49g/cm³(気乾、実測値) ・規格 単板積層材のJAS規格を満足する単板積層材 ・薬剤の種類 りん・窒素系薬剤 ・薬剤の組成(質量%) ポリりん酸カルバメート 100 ・薬剤の固形量 最小値 137kg/m³ ・節 幅方向の径75, 単板積層材のJAS規格 構造用単板積層材(LVL)による [2]積層用接着剤 <ul style="list-style-type: none"> ・材質 レゾルシノール樹脂系 ・塗布量 350g/m²(有機質量 196g/m²) [3]目地充填材 [3]-1 アルカリアースシリケートブランケット(生体溶解性繊維) <ul style="list-style-type: none"> ・厚さ 6 ・密度 128 kg/m³(気乾) ・分類温度 1200℃ ・組成(質量%) <ul style="list-style-type: none"> 二酸化けい素 70~80 酸化物(酸化カルシウム、酸化マグネシウム) 18~25 その他(無機物) 3以下 [3]-2 アルミ箔テープ <ul style="list-style-type: none"> ・幅 50 [4]表面塗装 アクリル・ウレタン樹脂系塗料 <ul style="list-style-type: none"> ・塗布量 300 g/m²(有機質量 75g/m²)

表-2 試験体構成材料

(寸法単位：mm)

項 目	詳 細
①留付材	<p>[1]被覆材留付用</p> <p>[1]-1 ねじ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 鉄 ・寸法 $\phi 5 \times L105$ ・留付間隔 (鉛直寸法)200 (水平方向)131.1 <p>[1]-2 接着剤</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 ウレタン系樹脂接着剤 ・塗布量 $300\text{g}/\text{m}^2$(有機質量 $180\text{g}/\text{m}^2$) <p>[1]-3 木栓</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 木(ブナ) ・寸法 $\phi 12 \times L60$ ・密度 $0.78\text{g}/\text{cm}^3$ <p>[2]被覆材留付用</p> <p>[2]-2 くぎ・ねじ</p> <p>(1)ねじ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 鉄 ・寸法 $\phi 3.3 \times L40$ ・留付間隔 750 <p>(2) くぎ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材質 鉄 ・寸法 $\phi 0.6 \times L40$ ・留付間隔 375

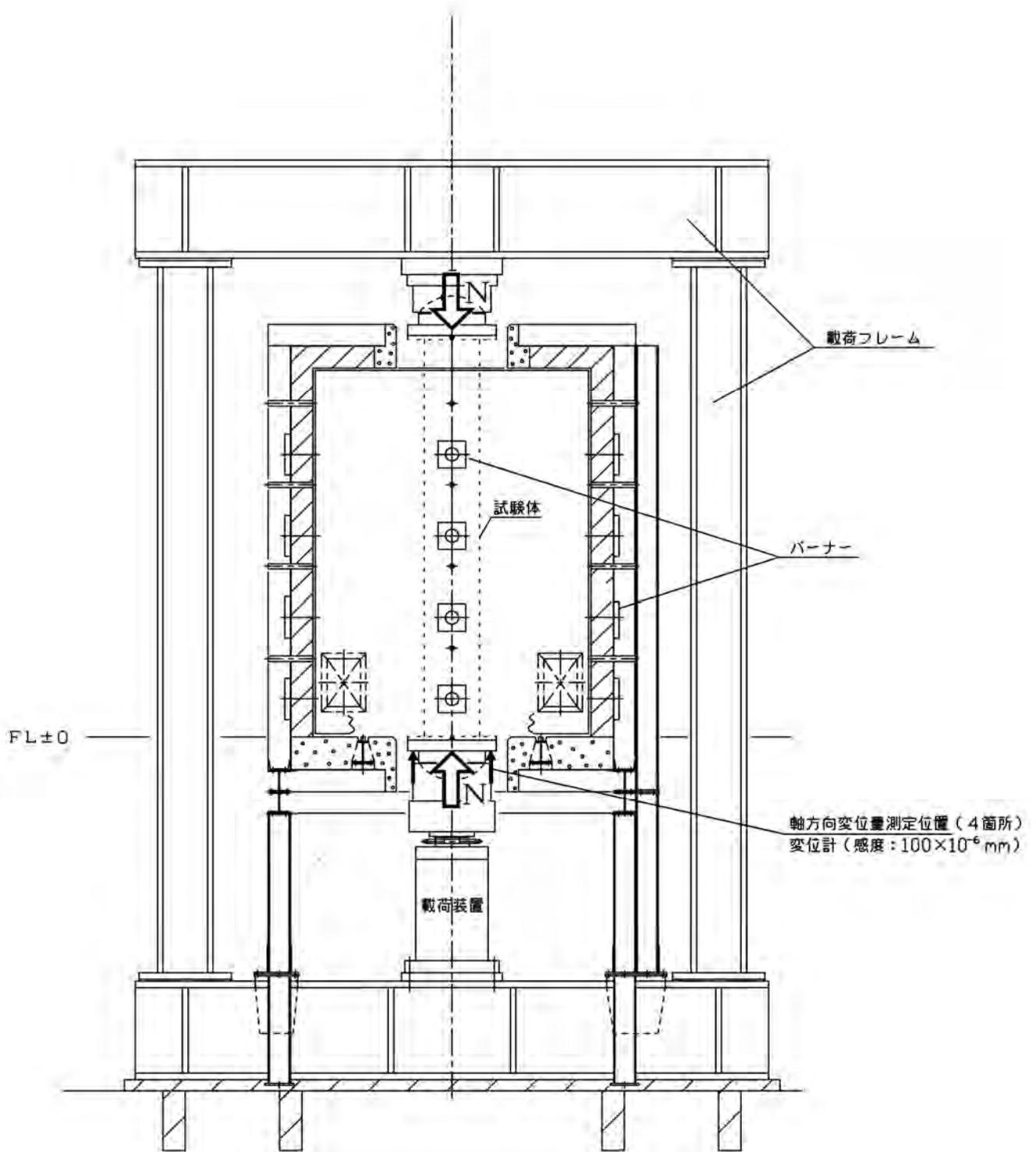


図-3 載荷装置図

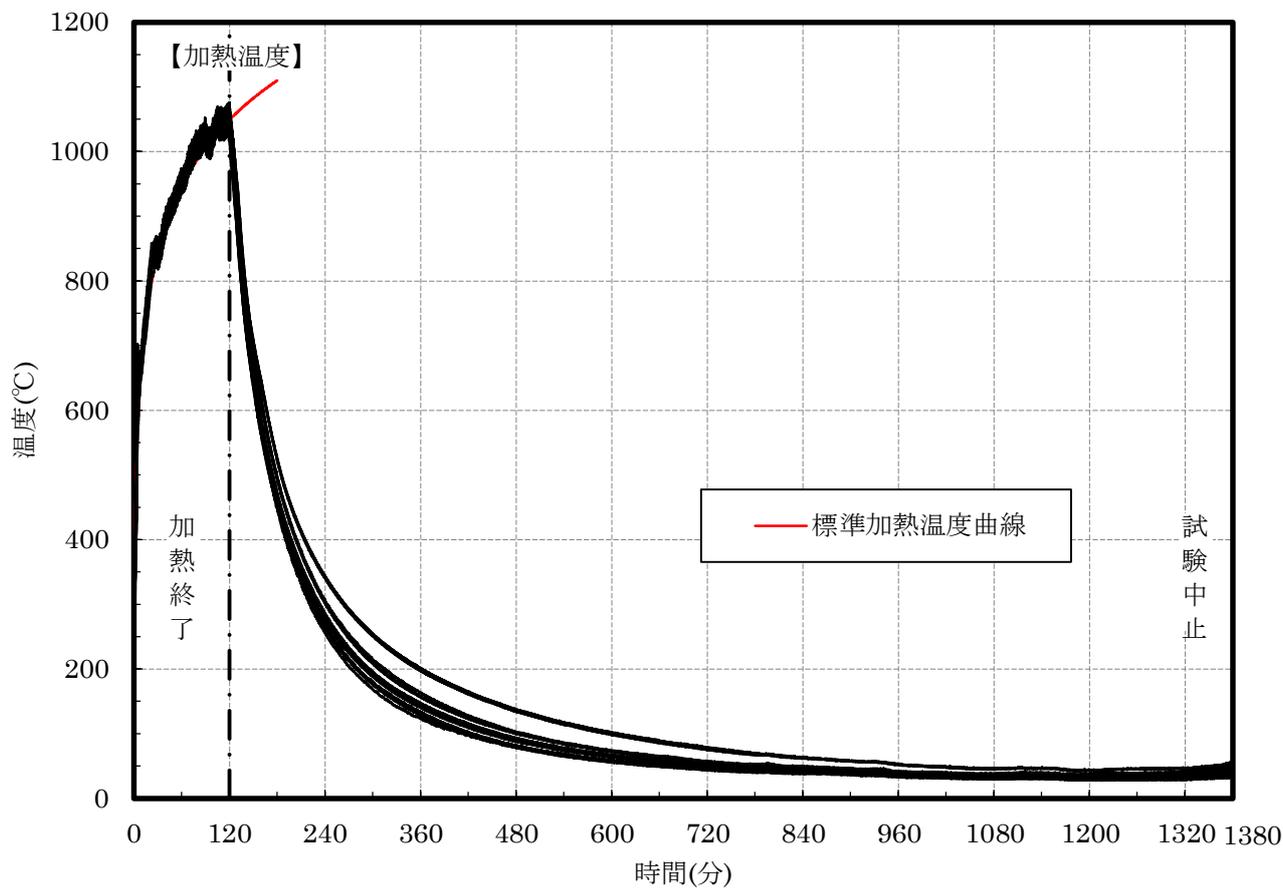


図-4 加熱温度測定曲線 (試験体A)

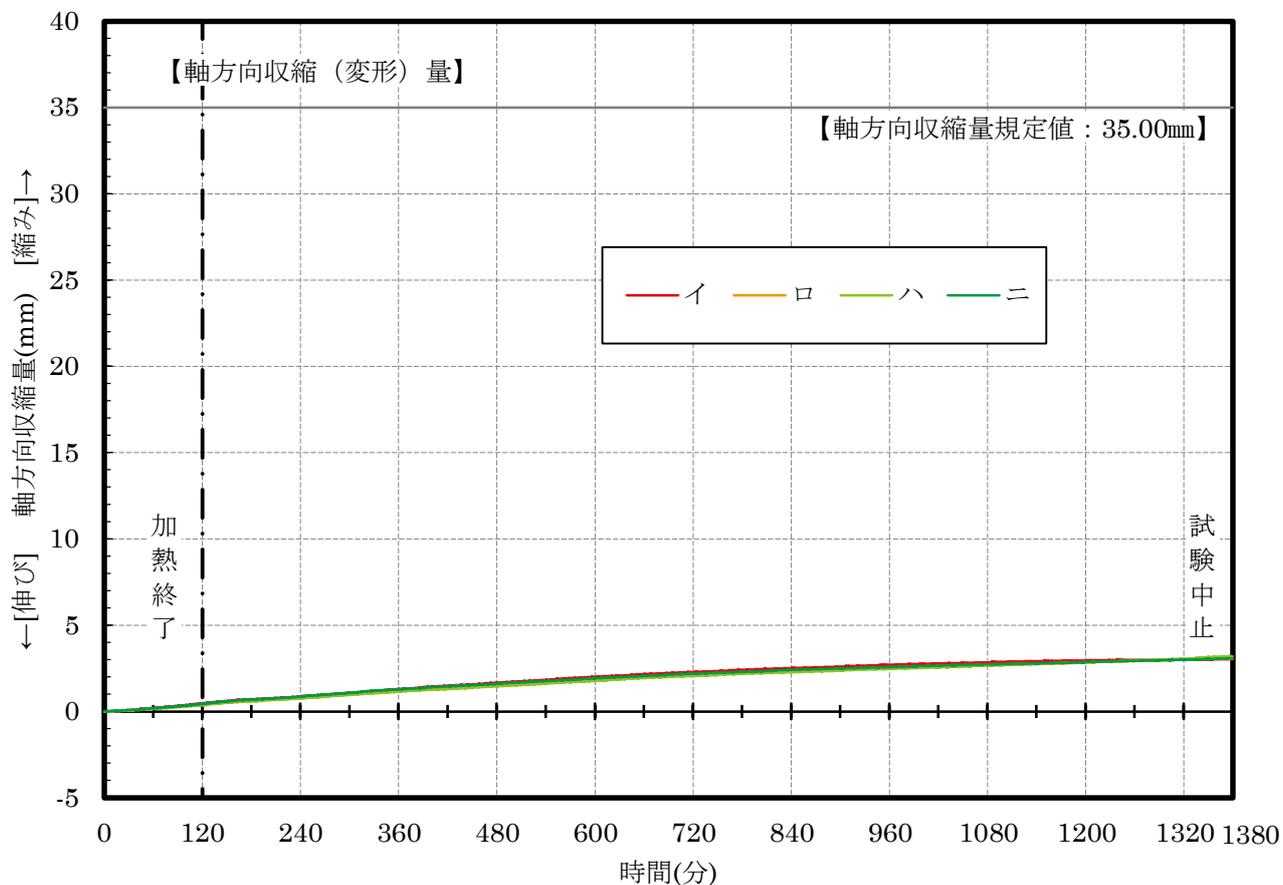


図-5 軸方向収缩量測定曲線 (試験体A)



写真-1 試験体A E面側
(加熱前)



写真-2 試験体A S面側
(加熱前)



写真-3 試験体A W面側
(加熱前)



写真-4 試験体A N面側
(加熱前)

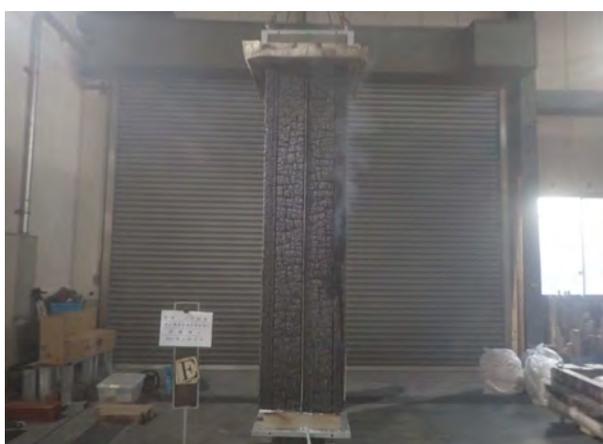


写真-5 試験体A E面側
(試験中止後)

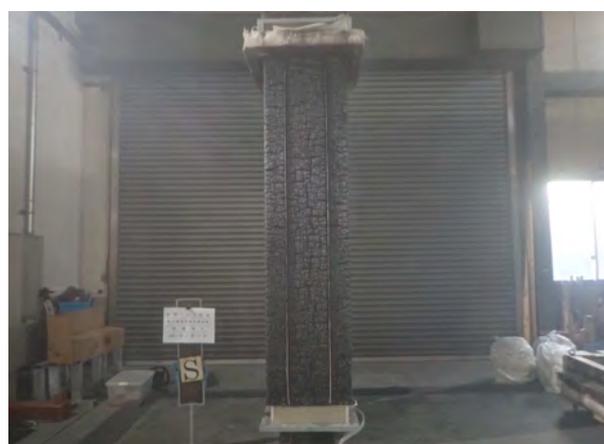


写真-6 試験体A S面側
(試験中止後)



写真-7 試験体A W面側
(試験中止後)



写真-8 試験体A N面側
(試験中止後)



写真-9 試験体A 高さ2400mm付近の断面
(解体後)



写真-10 試験体A 高さ1700mm付近の断面
(解体後)



写真-11 試験体A 高さ1400mm付近の断面
(解体後)



写真-12 試験体A 高さ1000mm付近の断面
(解体後)

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、本書中に記載の依頼者より受領した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 試験研究センター
耐火部 耐火構造試験室

T E L : 072-760-5053

F A X : 072-760-5063